İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TABAN İZOLASYONU İLE KLASİK GÜÇLENDİRME ARASINDA BİR MALİYET KARŞILAŞTIRILMASI

142594

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Hakan TÜRKER
501001173

142594

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Ocak 2003

Tez Danışmanı :	Prof.Dr. Antonio L. TRUPIA
Diğer Jüri Üyeleri	Prof.Dr. İlhan EREN (İ.T.Ü.)
	Prof.Dr. Tuncer ÇELİK (İ.Ü.)

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

OCAK 2003

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, depreme karşı dayanıklı bir yapı tasarımı yöntemi olarak taban izolasyon sistemleri açıklanarak tanıtılmış, binalarda taban izolasyonu uygulanarak nonlineer zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Tez çalışması boyunca emeği geçen Prof. Dr. Antonio L. Trupia'ya, aileme ve Yalçın Proje Müh. Müş. Tah. ve Ltd. Şti. çalışanlarına teşekkür ederim.

Aralık 2002 Hakan TÜRKER

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ vi
ŞEKİL LİSTESİ vii
SEMBOL LİSTESİ ix
ÖZET xi
SUMMARY xii

1. TABAN İZOLASYON SİSTEMLERİ VE TÜRLERİ 1
1.1. Giriş 1
1.2. Kauçuk Esaslı Taban İzolasyon Sistemleri 3
1.2.1. Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk izolatörler (LDRB) 4
1.2.2. Kurşun çekirdekli izolatörler 6
1.2.3. Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatörler (HDNR) 7
1.3. Kayma Esaslı İzolasyon Sistemleri 9
1.3.1. Sürtünmeli sarkaç sistemler (FPS) 10
1.3.2. Geri şekillenen sürtünmeli taban izolasyon sistemi (R-FBI) 12
1.3.3. Electricite-de France sistemi (EDF) 14
1.3.4. EERC birleşik sistemi 15
1.3.5. TASS sistemi 15
1.4. Yay Tipi Sistemler 15
1.4.1. GERB sistemi 16

2. TABAN İZOLASYONUNUN TEORİK ESASLARI 17
2.1. Lineer Teori 17
2.2. Teorinin Bina Tipi Yapılarda Uygulanması 25
2.2.1. Çok serbestlik dereceli sistemlerin hareket denklemleri 25
2.2.2. Çok serbestlik dereceli sistemlerin modal analizleri 26

3. TABAN İZOLATÖRLERİNİN MEKANİK KARAKTERİSTİKLERİ VE MODELLENMESİ 30
3.1. Giriş 30
3.2. Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri 30
3.3. Kurşun-Çekirdekli Tabakalı Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri 36
3.4. Sürtünmeli Sarkaç Tipteki İzolatör Sistemlerin Mekanik Karakteristikleri 39

4. TABAN İZOLASYON SİSTEMLERİNİN ANALİTİK MODELLENMESİ 41
4.1. Giriş 41
4.1.1. Lineer elastik elemanlar 41
4.1.2. Lineer viskoz elemanlar 41
4.1.3. İki eksenli izolatör modeli 41

4.1.3.1. Kauçuk izolatörlerin iki eksenli modellenmesi 43
4.1.3.2. Kayıcı izolatörlerin iki eksenli modellenmesi 43
4.2. Taban İzolasyonlu Yapıların Nonlineer Analizi İçin Kullanılan SAP 2000 Bilgisayar Programında, İzolatör Özelliklerinin Nonlineer Link Elemanı Olarak Atanması 44

5. A.B.D.'DE TABAN İZOLASYONLU YAPILARIN TASARIMI İLE İLGİLİ GEÇERLİ YÖNETMELİKLER 56
5.1. Giriş 56
5.2. 1997 UBC Yönetmeliği'ndeki Taban İzolasyonlu Yapılara Yönelik Şartlar 58
5.2.1. Sismik tehlike düzeyi 58
5.2.2. Tasarım yöntemleri 58
5.2.3. Statik analiz 59
5.2.3.1. Sismik bölge faktörü 61
5.2.3.2. Yerel zemin profili tipi 62
5.2.3.3. Sismik kaynak tipleri 62
5.2.3.4. Kaynak yakınlık faktörleri 62
5.2.3.5. MCE davranış katsayısı 63
5.2.3.6. Spektral sismik katsayılar 63
5.2.3.7. Sönüm katsayıları 63
5.2.3.8. Efektif sistem titreşim periyotları 64
5.2.3.9. Toplam tasarım yerdeğiştirmeleri 66
5.2.3.10. Tasarım kuvvetleri 67
5.2.3.11. Yatay deprem yükünün katlara dağılımı 69
5.2.3.12. Yerdeğiştirme sınırları 69
5.2.4. Dinamik analiz 70
5.2.4.1. Zaman tanım alanında analiz 70
5.2.4.2. Ölçeklendirme 70
5.2.5. Yapısal olmayan elemanlar için diğer gereksinimler 72
5.2.6. Gözönüne alınması gereken diğer hususlar 72
5.2.7. UBC-97 yönetmeliği statik analiz şartları kullanılarak taban izolasyonu tasarımında adım adım izlenecek yol 73
5.2.7.1. Ön tasarım adımları 73
5.2.7.2. Kesin tasarım adımları 75

6. UYGULAMA I 78
6.1. Giriş 78
6.2. UBC-97 Yönetmeliği'ne Göre Statik Analiz 79
6.3. Dört Katlı Betonarme Binada DIS Kurşun Çekirdekli Kauçuk Tabakalı Taban İzolatörü Uygulaması 80
6.4. SAP 2000 Bilgisayar Programında Taban İzolasyonlu ve Ankastre Mesnetli Yapı Analizi için Data Dosyasının Oluşturulması 84
6.5. Analiz Sonuçları 86
6.6. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 87

7. UYGULAMA II 91
7.1. Giriş 91
7.2. Ankastre Mesnetli Yapının STA4 - CAD Bilgisayar Programında Analizi 92
7.2.1. STA4 - CAD bilgisayar programı ile ankastre mesnetli yapı analizi için data dosyasının oluşturulması 92
7.2.2. STA4 - CAD bilgisayar programı ile gösterilen analiz sonuçları 93

7.3 Yedi Katlı Betonarme Binanın Güçlendirilmesi İşlemi 94
7.3.1. Güçlendirme projesinin hazırlanması 94
7.3.2. Temel sisteminin güçlendirilmesi ve analizi 97
7.4 Yedi Katlı Betonarme Eski Binada DIS Kurşun Çekirdekli Kauçuk Tabakalı Taban İzolatörü Uygulaması 100
7.5. Analiz Sonuçları 101
7.6. Maliyet Karşılaştırılması 104
7.6.1. Yedi katlı betonarme binanın güçlendirilmesi işleminin maliyeti 104
7.6.2. Yedi katlı betonarme binaya taban izolasyonu uygulanmasının maliyeti 108
7.6.3. Maliyet karşılaştırılması sonuçları 109

KAYNAKLAR **113**

EKLER **115**

ÖZGEÇMİŞ **246**

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 5.1.	Sönüm katsayıları	64
Tablo 5.2.	Ankastre mesnetli ve izolasyonlu yapı sistemleri için süneklik faktörleri	67
Tablo 5.3.	Taban izolasyonlu yapılarda dinamik analizin kullanılması halinde UBC-97 yönetmeliği minimum değerleri	71
Tablo 6.1.	Dört katlı binanın kat kütleleri	79
Tablo 6.2.	DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörü, SAP 2000 bilgisayar programında tanımlarken kullanılacak temel parametreler ve değerleri	85
Tablo 6.3.	DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörü, SAP 2000 bilgisayar programında tanımlarken kullanılacak temel parametreler ve değerleri	86
Tablo 6.4.	Yapı sistemlerine ait titreşim periyotları	87
Tablo 6.5.	Uygulama I'e ait karşılaştırmalı analiz sonuçları	89
Tablo 7.1.	Yedi katlı binanın kat kütleleri	92
Tablo 7.2.	Ana parçaların bölündükleri parça sayıları	98
Tablo 7.3.	Zemin kat kolonlarındaki eksenel yük değerleri	100
Tablo 7.4.	Yedi katlı yapı sistemlerine ait titreşim periyodu değerleri	102
Tablo 7.5.	Yedi katlı betonarme eski binaya ait metraj tablosu özeti	105
Tablo 7.6.	Güçlendirme işlemi sonunda elde edilen metraj tablosu özeti	105
Tablo 7.7.	Uygulama II'ye ait karşılaştırmalı analiz sonuçları	110
Tablo A.1.	DIS kurşun çekirdekli kauçuk izolatör test sonuçları	118
Tablo A.2.	EPS sürtünmeli sarkaç izolatör test sonuçları	123

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Düşük sönümlü doğal kauçuk izolatör sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı 5

Şekil 1.2 : Kurşun çekirdekli izolatör sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı 7

Şekil 1.3 : Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatör sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı 9

Şekil 1.4 : Sürtünmeli sarkaç sistemin kesiti 11

Şekil 1.5 : a) Basit sarkaç hareketi b) Kayıcı sarkaç hareketi..... 11

Şekil 1.6 : Geri şekillenen sürtünmeli taban izolasyon sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı..... 13

Şekil 1.7 : Electricite-de France Sistemi (EDF)'nin a) şematik modeli, b) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı..... 14

Şekil 2.1 : İzole edilmiş binanın şematik çizimi 18

Şekil 3.1 : Basınç modülü E_c 'nin izolatör geometrisine bağlı olarak azalma grafiği..... 33

Şekil 3.2 :Salt eğilme etkisi altında olan rijit tabakalar arasındaki kauçuk tampon 35

Şekil 3.3 :Kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi üzerindeki temel parametreler 37

Şekil 3.4 : Sürtünmeli sarkaç sistemin serbest cisim diyagramı ve temel parametreleri 39

Şekil 4.1 : Nllink elemanı için tanımlanan deformasyon şekilleri..... 47

Şekil 4.2 : Nllink elemanı için tanımlanan altı serbestlik dereceli yay elemanı 48

Şekil 4.3 : Nllink elemanında iç kuvvet ve momentler 49

Şekil 4.4 : Isolator1 property elemanının iki eksenli kayma davranışı idealizasyonu 52

Şekil 4.5 : Isolator2 property elemanının sürtünmeli sarkaç kayma davranışı idealizasyonu 53

Şekil 5.1 : Toplam tasarım yerdeğiştirmeleri D_{TD} ve D_{TM}' in hesaplanması için plan boyutları 66

Şekil 6.1 : DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün modellemesi için kullanılacak kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi parametreleri.. 82

Şekil 6.2 : DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün modellemesi için kullanılacak kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi parametreleri.. 84

Şekil 7.1 : Radye temel sistemine ait ana elemanlar ve parça sayıları..... 98

Şekil 7.2 : Düğüm noktası için etkili alan hesabı..... 99

Şekil 7.3 : S108 kolonu tipik uygulama kesiti..... 101

Şekil 7.4 : Yedi katlı yapı sistemlerine ait kat kesme kuvveti değerleri..... 102

SEMBOL LİSTESİ

ω_b : Doğal frekans
ξ_b : Sönüm sabiti
R : Sürtünmeli sarkacın içbükey yüzeyinin eğrilik yarıçapı
g : Yerçekimi ivmesi
k_b, c_b : İzolasyon sisteminin rijitlik ve sönüm değerleri
k_s, c_s : Üstyapının rijitlik ve sönüm değerleri
v_b : İzolasyon sisteminin göreli yerdeğiştirmesi
v_s : Üstyapının göreli kat ötelemesi
u_b : İzolasyon sisteminin mutlak deplasmanı
u_s : Üstyapının mutlak deplasmanı
γ : Taban izolasyon kütlesinin, sistemin tüm kütlesine oranı
ω_b : İzolasyon sistemi doğal frekansı
ω_s : Üstyapı doğal frekansı
β_b, β_s : İzolasyon sistemi ve üstyapı için boyutsuz sönüm faktörleri
Φ_b : İzolasyon sistemi mod şekli
Φ_s : Üstyapı mod şekli
ε : Taban izolasyonu ile üstyapının doğal frekansları oranının karesi
λ_1, λ_2 : Etkileşim katsayıları
q_1, q_2 : Zamana bağlı modal katsayılar
M_i : Modal kütle
L_i : Herhangi bir moda ait katılım faktörü
S_D : Davranış spektrumundaki spektral yerdeğiştirme
C_s : Taban kesme kuvveti katsayısı
S_A : Spektral ivme
r : Serbestlik derecesini yer hareketi ile etkinleştiren vektör
F : Atalet kuvveti
K_H : Yatay rijitlik
G : Kayma modülü
A : Kauçuğun enkesit alanı
t_r : Kauçuğun toplam kalınlığı
γ_m : Maksimum kayma şekil değiştirmesi
D : Yatay yerdeğiştirme
K_V : Düşey rijitlik
EI : Eğilme rijitliği
E_c : Düşey yük etkisi altında kauçuk ve çelikten oluşan kompozit elemanın basınç modülü
S : Şekil faktörü
γ_c : Kauçukta basınç etkisi altında meydana gelen kayma şekil değiştirmesi
ε_c : Nominal basınç şekil değiştirmesi

Δ : Basınç etkisi altında meydana gelen kısalma miktarı
α : İzolatör alt ve üst levhaları arasındaki rölatif açı
ρ : Eğrilik yarıçapı
t : Tek bir kauçuk tabakasının kalınlığı
ε_b : Eğilme nedeniyle oluşan kenar basınç şekil değiştirmesi
Q : Karakteristik dayanım
K_{eff} : Efektif rijitlik
K_1 : Elastik rijitlik
K_2 : Akma sonrası rijitlik
D_y : Akma yerdeğiştirmesi
μ : Sürtünme katsayısı
W : Taşınan yük
F : Sistemde meydana gelen tepki kuvveti
sgn : İşaret fonksiyonu
T : İzolasyonlu yapı periyodu
$\dot{D}$: Kayma hızı
δ_V : Düşey yerdeğiştirme
K_X ,K_Y : Boyuna ve enine rijitlikler
K_R : Dönme rijitliği
C_X ,C_Y : Boyuna ve enine ötelenme sönüm katsayıları
C_R : Dönme sönüm katsayısı
Θ : Kaymanın doğrultusunu veren açı
Z_X, Z_Y : Histeretik kuvvetlerin iki eksenli etkileşimiyle ilgili boyutsuz değerler
Y : Akma yerdeğiştirmesi
A, γ, β : Histeretik döngünün şeklini kontrol eden boyutsuz sabitler
F_x : İzolatörün hareketi halinde x yönünde oluşacak kuvvet
F_Y : İzolatörün hareketi halinde y yönünde oluşacak kuvvet
U_X : X doğrultusundaki yerdeğiştirme
U_Y : Y doğrultusundaki yerdeğiştirme
N : İzolatör üzerindeki eksenel düşey yük
f_{max}, f_{min} : Sürtünme kuvvetinin maksimum ve minimum değerleri
a : Sürtünme katsayısının maksimum ve minimum değerleri arasındaki geçişi kontrol eden bir katsayı
f_{u1}, f_{u2}, f_{u3} : İç yay kuvvetleri
f_{r1}, f_{r2}, f_{r3} : Yay momentleri
P,V_2, V_3 : Eleman iç kuvvetleri
T, M_2, M_3 : İç momentler
z_2 ve z_3 : İç histeretik değişkenler
D_T : Toplam tasarım yerdeğiştirmesi
D_{TM} : Toplam maksimum yerdeğiştirme
C_{VD}, C_{VM} : Sismik katsayılar
Z : Sismik bölge faktörü
N_a, N_v : Kaynak yakınlık faktörleri
R_I : Yapısal sistem azaltma faktörü

TABAN İZOLASYONU İLE KLASİK GÜÇLENDİRME ARASINDA BİR MALİYET KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Taban izolasyonunun teorisi ve uygulaması son otuz yıl içinde geliştirilmiştir. Taban izolasyonu, yapının depreme dayanma kapasitesini arttırmak yerine, depreme karşı tepkisini azaltma esasına dayanan bir yapı tasarımı yaklaşımıdır. Bunun için yapı ile temeli arasına düşük yatay rijitliği olan yapı elemanları yerleştirilir. Böylelikle yapıda yer hareketinin yani depremin neden olacağı zorlamalar azaltılabilmektedir. Taban izolasyonu ile, bir yapıda meydana gelecek göreli kat ötelemeleri ve kat ivmelerini aynı anda azaltmak mümkündür. Taban izolasyonu kullanılan bir yapıya kazandırılan esneklik sistemin izolasyon seviyesinde meydana gelen yerdeğiştirmeler yardımıyla sağlanmaktadır. Taban izolasyonunun üzerinde yer alan üstyapı neredeyse tamamen rijit bir davranış gösterir. Bu yöntem ile, yapıya aktarılan asal frekans; hem ankastre mesnetli yapı frekansından hem de yer hareketinin hakim frekansından çok daha düşüktür. Yapının en çok yerdeğiştirme üreten modu, 1. mod deformasyon şeklidir. Üst modların yapının yerdeğiştirmesinde fazla bir rolü yoktur.

Bu tez çalışmasında, taban izolasyon sistemleri esas olarak kauçuk esaslı ve kayıcı sistemler olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Taban izolasyonunun teorik esasları açıklanmış ve hareket denklemlerinin çıkarılışı sunulmuştur. İki ana gruba ait izolatörlerin, mekanik karakteristikleri ve modellenmesi konuları tarif edilmiştir. Yurdumuzda aktif ve pasif kontrol sistemlerine ilişkin geçerli bir yönetmelik henüz bulunmadığından, A.B.D.'de yürürlüğe konulmuş ve taban izolasyonlu binaların tasarımı için şartlar içeren yönetmelikler incelenmiştir.

Uygulama I'de dört katlı betonarme bir yapı için taban izolasyonu uygulanmıştır. Bunun için kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı izolatörlere ait mekanik karakteristikler belirlenmiştir. Daha sonra SAP 2000 bilgisayar programında Nllink elemanı olarak tanımlanan izolatörler aracılığı ile nonlineer zaman tanım alanında analiz yapılmıştır.

Uygulama II'de eski deprem yönetmeliğine tabi olarak inşa edildiği kabul edilen normal süneklikteki betonarme bir yapının zaman tanım alanında analizi yapılmıştır. Binanın yetersiz kesitleri STA4 – CAD bilgisayar programı ile tespit edilmiştir. Buna göre yapının kesitlerinin yeterli hale getirilmesi için önce klasik güçlendirme yöntemi uygulanmıştır. İkinci yöntem olarak da yapının altına yine kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörleri yerleştirilerek taban izolasyonu uygulanmıştır. Taban izolasyonu için yapılan dinamik analizlerin sonuçları, SAP 2000 bilgisayar programı ile tespit edilmiştir. Son olarak bu iki işlem için bir maliyet karşılaştırması yapılarak, uygulanan iki yöntemden hangisinin daha ekonomik olduğu ortaya koyulmuştur. Yapılan uygulamada, maliyet karşılaştırılması sonunda taban izolasyonu yönteminin bu yapı için daha ekonomik sonuç verdiği kanıtlanmıştır.

Uygulamalardaki analiz sonuçlarına ilişkin bilgisayar çıktıları Ek B, Ek C ve Ek D'de sunulmuştur.

A COST COMPARISON BETWEEN BASE ISOLATION AND CLASSICAL REINFORCING

SUMMARY

The theory and technology of base isolation has been increasingly developed for the last three decades. Base isolation has an approach as reducing the response of a building instead of increasing the durability of the building against earthquake. Therefore overforcing induced by ground motions, can be decreased. Base isolation gives its user the possibility of reducing simultaneously interstory drifts and floor accelerations. The base isolation system provides flexibility for the structure, by the displacements occurring at the level of isolation. The superstructure, standing above the isolation system, behaves almost completely rigid. This method, gives the structure a fundamental frequency that is much lower than both its fixed-base frequency and predominant frequencies of the ground motion. The mode shape that produces the greatest displacement, is the first mode deformation shape. Higher modes do not participate in the motion.

In this thesis study, base isolation systems are basicly classified as elastomeric-based isolation systems and the systems based on sliding. The theoretical basis of base isolation is explained and general equations of motion are presented in the following chapter. Mechanical charactestics and modelling of two basic groups are decribed. Yet, there isn't any valid guidelines, developed for active and passive control systems, in our country. Because of this; the guidelines, that are validly being used in U.S.A. including the provisions of the design of base isolated structures, are studied.

In Uygulama I, a four-story reinforced concrete structure was analysed with the application of lead-plug bearings. Afterwards, through the Nllink elements that are identified in the SAP 2000 analysis programme, a nonlinear time history analysis has been completed.

In Uygulama II, a seven-story reinforced concrete building, which is assumed to be built according to the former earthquake guidelines, was analysed by Time-history analysis. The unsufficient superstructure elements were determined by STA4 – CAD analysis programme. According to the results obtained, in order to transverse the elements into a sufficient level, firstly a method of classical reinforcing was applied. Then, as a second method using lead-rubber bearings , a base isolation has been applied, either. The results of dynamic analysis made by second application are determined by SAP 2000 analysis programme. Finally, a comparison of cost price was prepared in order to determine which method would be more economical. After the calculations for comparison of cost price, it is proved that base isolation would be a more economical solution method for this structure.

The related printouts for the analysis results, are presented in Ek B, Ek C, Ek D.

1. TABAN İZOLASYON SİSTEMLERİ VE TÜRLERİ

1.1 Giriş

Taban izolasyonu uygulaması; yapı mühendislerince kullanılan geleneksel yaklaşımlara nazaran, depreme karşı dayanıklılık sağlamak üzere köklü ve radikal bir yaklaşımdır. Geleneksel yöntem olan ankastre temelli yapı tasarımında, yapıya üstün nitelikli bir sismik performans kazandırmak üzere yapı sistemini sağlamlaştırmak; yapının daha rijit olmasına yol açmakta, bu durum yapının ve ona bağlı diğer taşıyıcı elemanların daha fazla kuvvet almasına neden olmaktadır.

Taban izolasyonu, yapının depreme dayanma kapasitesini arttırmaktan daha ziyade, yapının depreme karşı tepkisini azaltma esasına dayanan bir tür depreme dayanıklı yapı tasarımı yaklaşımıdır. Bu teknolojinin düzgün ve doğru bir şekilde uygulanması, yapıların şiddetli depremler sırasında rijit davranış göstermesine ve zorlanmanın elastik sınırlar içinde kalmasına yol açmaktadır.

Ancak bununla birlikte taban izolasyonlu yapıların tasarımı için kullanılan yönetmelik şartları zor ve mühendisler için uygulaması da güç olmaktadır. Taban izolasyonunun, teorik altyapısı ve teknolojisi; özellikle son otuz yıl içerisinde yürütülen kapsamlı deneysel çalışmalar yardımıyla oluşturulmuş ve geliştirilmiştir.

Taban izolasyonu; mühendisin düşük fiyatlı yapı sistemleri kullanarak orta ve büyük şiddetli depremlerde, hem binadaki hem de bina içindeki eşyalarda meydana gelebilecek hasarı kontrol etmesini yani sınırlandırmasını sağlar. Özellikle içinde hassas eşyaları barındıran önemli binalarda, taban izolasyonu uygulamasına

gidilmesi hiç şaşırtıcı değildir. Bir binaya; depreme karşı üstün bir dayanım kazandırmakla sorumlu olan yapı mühendisinin karşılaşacağı temel ikilem, göreli kat ötelemesini ve kat ivmelerini minimize etmektir. Büyük göreli kat ötelemeleri, yapısal olmayan elemanlarda ve katları birbirine bağlayan yapı elemanlarında hasara neden olmaktadır. Yapıyı daha rijit hale getirerek, göreli kat ötelemeleri minimize edilebilir. Ancak bu yöntem, yer hareketi etkisinin büyümesine ve hassas eşyalara zarar gelmesine neden olabilecek yüksek kat ivmelerinin meydana gelmesine yol açacaktır. Kat ivmeleri ise, sistemi daha esnek yaparak azaltılabilir. Fakat bu durum da büyük göreli kat ötelemelerine yol açacaktır. Göreli kat ötelemesini ve kat ivmelerini eş zamanlı olarak azaltmanın tek uygulanabilir yolu, taban izolasyon yöntemini kullanmaktır. İzolasyon sistemi gerekli esnekliği, izolasyon seviyesinde toplanan yerdeğiştirmeler vasıtasıyla sağlamaktadır.

Taban izolasyonu kavramı oldukça basittir. Taban izolasyon sistemi; yapı ile temeli arasına düşük yatay rijitliği olan yapı elemanlarını sokarak yapıyı, yer hareketinin yatay bileşenlerinden ayırmaktadır. Bu yöntem, yapıya; hem ankastre mesnetli sistemin frekansından hem de yer hareketinin hakim periyotlarından çok daha küçük olan bir asal frekans vermektedir. Taban izolasyonlu yapının birinci dinamik modu sırasında yerdeğiştirme sadece izolasyon sisteminde olur. Üstyapı neredeyse tamamen rijit davranış gösterir. Yapıda yerdeğiştirme üreten üst modlar, birinci moda ve dolayısıyla yer hareketine ortogonaldirler. Bu üst modların harekete katılımı düşüktür. Böylelikle, yüksek frekanslardaki yer hareketinin büyük enerjisi yapıya aktarılmamaktadır. İzolasyon sistemi, deprem enerjisini absorbe etmemekte ancak ondan ziyade sistemin dinamikleri vasıtasıyla yönünü değiştirmektedir. Bu etki sönüme bağlı değildir. Bununla birlikte belirli bir düzeydeki sönüm, izolasyonlu yapının titreşim frekansında meydana gelebilecek olası bir rezonans durumu ile karşılaşmamak için, faydalı olacaktır.

Bahsedilen tüm bu özelliklerinden ötürü taban izolasyon sistemlerinin, özellikle içerisinde hassas cihazları barındıran ve bir ülkenin siyasal ya da ekonomik yapısı için kritik öneme sahip binalarda, kullanılması kaçınılmazdır.

Taban izolasyon sistemleri, esas olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi kauçuk esaslı izolasyon sistemleri, bir diğeri ise kayma esaslı taban izolasyon sistemleridir. Kauçuk esaslı izolatörlerde ya doğal kauçuk ya da suni kauçuk (neopren) malzemeli elastomer malzeme bulunmaktadır. Kayıcı mesnetlerin,

kayıcı yüzeyi çoğu zaman Teflon ve paslanmaz çelik olmakla birlikte başka kayıcı yüzeyler de kullanılmıştır. Kauçuk ve kayma esaslı izolatör tiplerinin kombinasyonu olarak önerilmiş, başka izolasyon sistemlerine ait uygulamalar da görülmüştür.

Taban izolasyon sistemlerini tümü ile kategorize etmek gerekirse aşağıdaki gibi bir sınıflandırma yapılabilir:

a) Kauçuk Esaslı Sistemler

- Düşük Sönümlü Doğal ve Sentetik Kauçuk İzolatörler (LDRB)
- Kurşun Çekirdekli İzolatörler (LRB)
- Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk İzolatörler (HDRB)

b) Kayma Esaslı Sistemler

- Sürtünmeli Sarkaç Sistemler (FPS)
- Geri Şekillenen Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi (RFBI)
- Electiricite-de-France Sistemi (EDF)
- EERC Birleşik Sistemi
- TASS Sistemi

c) Yay Tipi Sistemler

- GERB Firmasının Ürettiği Helezonik Yay Sistemleri

1.2 Kauçuk Esaslı Taban İzolasyon Sistemleri

Tabakalı kauçuk esaslı sistemler, taban izolasyonunda en yaygın olarak kullanılan sistemdir. Bu sistemin temel elemanları, tabakalar halinde kullanılmakta olan çelik ve kauçuk plakalardır. Ayrıca bu sistemin en önemli özelliği; sönümün ve rijitliğin bu sistemlerde paralel etkilere sahip olmasıdır. Genellikle kauçuk esaslı sistemler, yatayda esneklik ve düşeyde rijitlik özelliği ile yüksek sönüm kapasitesi gösterir. Bu sistemin ayrıca iki karakteristik özelliği daha vardır ki bunlar sırasıyla doğal frekans (ω_b) ve sönüm sabiti (ξ_b)'dir. Sistemin sönüm sabiti izolatörün şekil değiştirmesine bağlıdır. Kauçuk izolasyon sisteminin bir binayı depremlerden korumak üzere ilk kullanımı, 1969 yılında Makedonya'nın başkenti Üsküp'teki bir ilkokul binasında olmuştur. Pestalozzi İlkokulu; üç katlı betonarme bir bina olup, İsviçreli mühendisler tarafından inşa edilmiştir.

1.2.1 Düşük Sönümlü Doğal ve Sentetik Kauçuk İzolatörler (LDRB)

Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk izolatörler; viskoz sönümleyiciler, çelik çubuklar, sürtünmeli aletler vb. gibi birtakım ek sönüm aletleri ile birlikte, Japonya'da yaygın olarak kullanılmıştır. Japonya'da kullanılan elastomer malzeme, doğal kauçuktan imal edilmektedir. Buna karşın Fransa'daki birkaç projede suni kauçuk (neopren) kullanılmıştır. İzolatörlerin Şekil 1.1a'da gösterildiği gibi, iki adet kalın çelikten uç levhası ve bununla birlikte bu levhaların arasında da çok sayıda ince çelikten ara sac levhaları bulunmaktadır. Kauçuk malzeme, bir kalıp içinde uygulanan sıcaklık ve basınç altında tek bir işlem dahilinde, vulkanize edilmiş ve çeliğe bağlanmıştır. Çelik ara saclar, kauçuk malzemenin iki yanından şişmesini yani yanal deformasyon yapmasını önlemekte ve yüksek bir düşey rijitlik sağlamaktadır. Ancak bununla birlikte çelik ara sacların, yatay rijitlik üzerinde hiçbir etkisi bulunmamaktadır. Yatay rijitlik, kauçuk tabakaların kalınlığına ve sayısına bağlıdır. Genellikle istenilen rijitlik; tabaka kalınlığı sabit tutularak, kauçuk tabaka sayısının değiştirilmesi ile sağlanır. Kayma durumunda malzemenin davranışı, % 100'ün üzerindeki kayma şekil değiştirmelerine kadar oldukça lineerdir. Aynı zamanda kritik sönüm miktarı % 2-3 arasında değişmektedir. İzolatörlerin yüksekliğinin artması mekanizmada burkulmaya yol açtığından, yükseklik çapın yarısıyla sınırlandırılmıştır. İzolatör çapının 1 m'den fazla ve taşıma kapasitesinin 500 ton civarında alınması genellikle uygundur.

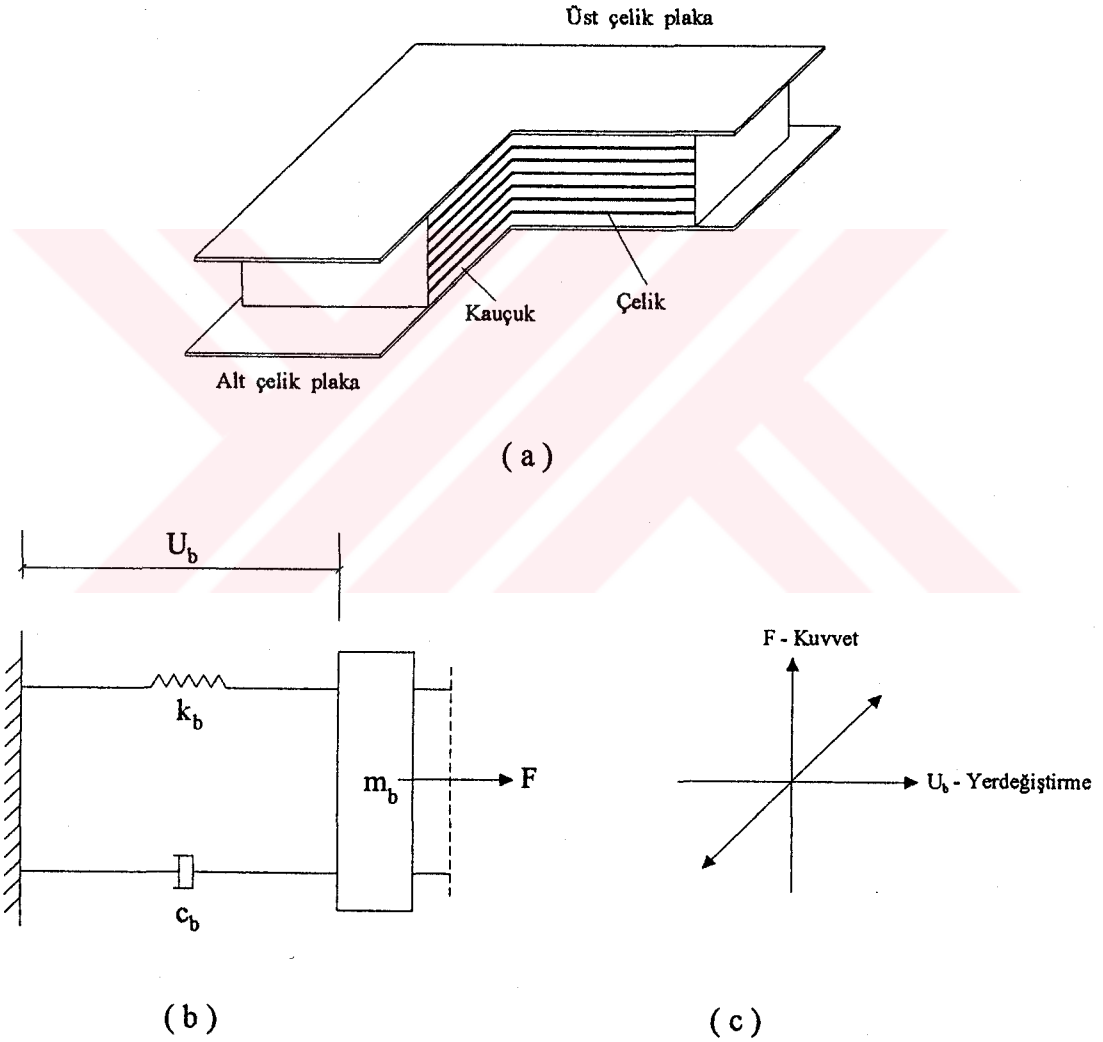
Düşük sönümlü doğal kauçuk taban izolatör sistemlerinde, yerdeğiştirme ve kuvvet birbirine bağlı olarak, lineer değişmektedir. Aşağıdaki Şekil 1.1b ve Şekil 1.1c'de düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk izolatör sistemlerinin sırasıyla şematik modeli ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı gösterilmektedir.

Düşük sönümlü doğal kauçuk izolatörlerin pek çok avantajı bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla şöyledir:

- İmal edilmesi basittir.
- Modellenmesi kolaydır.
- Mesnetlerin mekanik davranışı; hız, sıcaklık ve zamanla eskime gibi faktörlerden etkilenmemektedir.

Tek bir dezavantajları bulunmaktadır. O da ek bir sönüm sistemine ihtiyaçları olmasıdır. Bu ek sistemler; çok karmaşık ve girift bağlantılar gerektirmekte, metalik sönümleyiciler durumunda ise kısa sürede yıpranmaktadırlar.

Japonya'da bu tip sistemin pek çok uygulamaları kullanılmıştır. Enerji yutan elemanlar bir tür çelik akma aletlerinden meydana gelmektedir. Bu yaklaşımın bir başka şekli de kurşun çekirdekli izolatörlerdir. Sözkonusu izolatörler, ilk olarak 1970'li yıllarda Yeni Zelanda'da geliştirilmiştir. Kurşun çekirdekli izolatör türü şu anda en yaygın kullanılan taban izolasyon sistemidir.



Şekil 1.1 Düşük sönümlü doğal kauçuk izolatör sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı

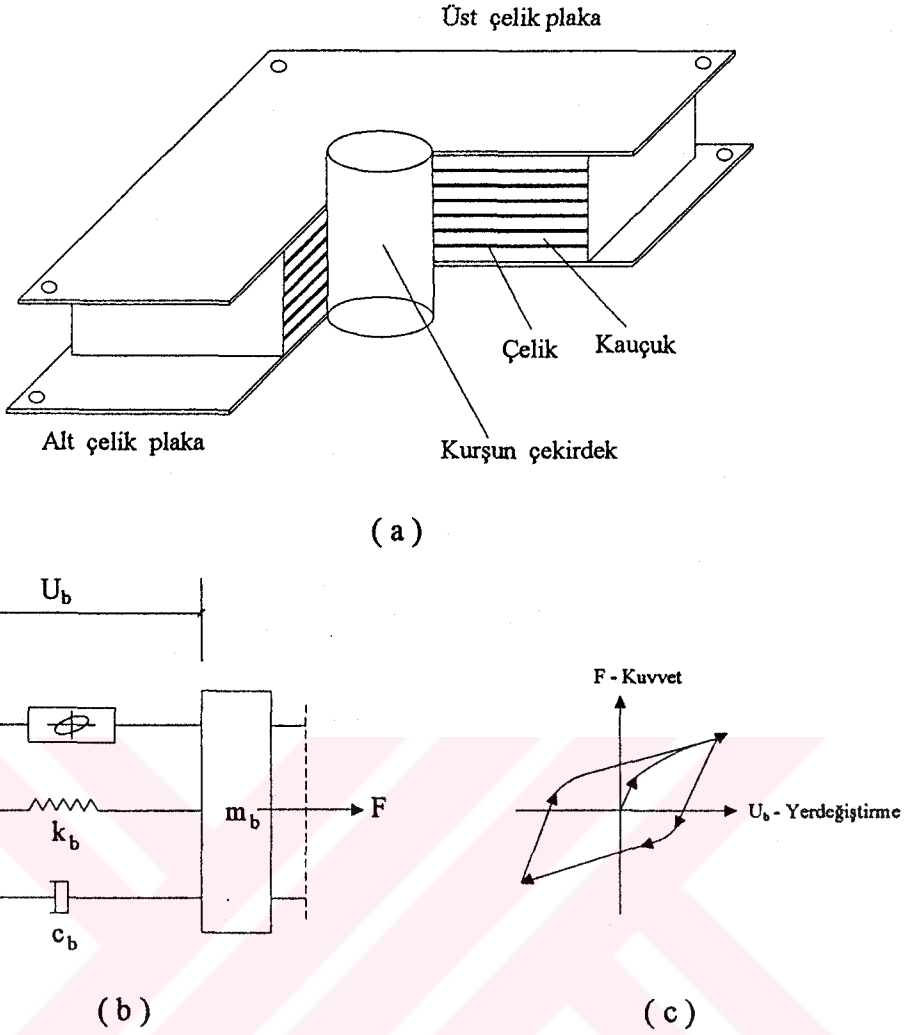
1.2.2 Kurşun Çekirdekli İzolatörler

Kurşun çekirdekli izolatör, 1975 yılında Yeni Zelanda'da icat edilmiş ve bu olayı takiben Yeni Zelanda, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmıştır. Kurşun çekirdekli izolatörler; düşük sönümlü kauçuk izolatörlere benzer olarak, ince tabakalara ayrılmış kauçuk izolatörlerdir. Ancak bu izolatörlerin düşük sönümlü kauçuk izolatörlerden farkı, Şekil 1.2a'da gösterildiği gibi, deliklerin arasına sokulmuş bir tane ya da daha fazla sayıda kurşun çekirdeklerin kullanılmasıdır. İzolatörün içindeki çelik levhalar, kurşun çekirdeği kayma sırasında şekil değiştirmeye zorlamaktadır. İzolatörün içindeki kurşun, 10 Mpa civarındaki bir akış gerilmesinde fiziksel olarak şekil değiştirmektedir. Böylelikle izolatörün bilineer bir davranış göstermesi sağlanmaktadır. Kurşun çekirdeğin enerji soğurma kapasitesi izolatörün yatay yerdeğiştirmesini azaltır. Bu sistem prensip olarak histeretik sönümleyici aletler gibi davranmaktadır. Bu nedenle kurşun çekirdekli izolatörlerin kuvvet-yerdeğiştirme karakteristik özelliği, lineer olmayan diferansiyel denklemler kurularak modellenebilmektedir. Bu izolatör sisteminin en önemli sakıncası; şiddetli yer hareketinden sonra kurşun çekirdeğin zarar görüp görmediğinin dışarıdan tespit edilememesidir.

Kurşun çekirdekli izolatörler, Yeni Zelanda'da kapsamlı bir şekilde test edilmişlerdir. Bu tür izolatörlerin tasarımı ve modellenmesi konusu üzerinde hazırlanmış ve tamamlanmış, tasarım anahatları bulunmaktadır. Bu izolatörlerle taban izolasyonu yapılan binalar, 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremlerinde iyi bir performans sergilemişlerdir.

Bu tez çalışmasında; kurşun çekirdekli izolatörleri daha detaylı göstermek üzere; "Dynamic Isolation Systems, Inc." firması tarafından üretilen ve A.B.D.'de faaliyet gösteren "The Highway Innovative Technology Evaluation Center (HITEC)" kuruluşunca bir dizi teste tabi tutulan, kurşun çekirdekli taban izolatörleri seçilmiştir. Bunlar üç farklı tiptedir. DIS tipi kurşun çekirdekli taban izolatörlerinin fiziksel özellikleri ve elemanları, Ek A'da ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

Aşağıdaki Şekil 1.2b ve Şekil 1.2c'de kurşun çekirdekli mesnet sistemlerinin, sırasıyla şematik modeli ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı gösterilmektedir.



Şekil 1.2 Kurşun çekirdekli izolatör sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı

1.2.3 Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk İzolatörler (HDNR)

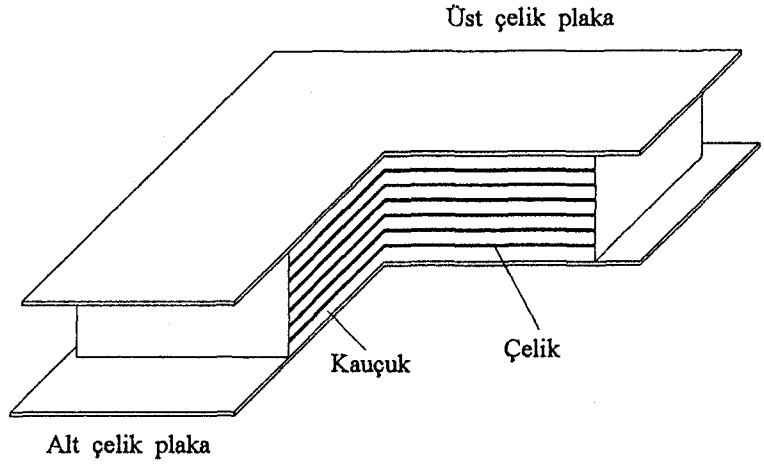
İngiltere'ye bağlı "Malaysian Rubber Producers' Research Association (MRPA)" kurumu tarafından 1982 yılında; ek sönüm elemanlarına olan ihtiyacı gidermek üzere, yeterli içsel sönümü olan doğal kauçuk bir bileşimin geliştirilmesi başarılmıştır. Sönüm miktarı; aşırı saf karbon blok, yağlar veya reçineler ve diğer patentli katkı maddeleri eklenilmesi suretiyle arttırılmaktadır. % 100 oranındaki kayma şekil değiştirmelerinde, sönüm % 10 ve % 20 arasındaki mertebelere çıkarılmıştır. Sönümün; düşük sertliğe karşı gelen (50-55 durometer) küçük değerlerinde kayma modülü 0.34 Mpa civarında olmaktadır. Bununla birlikte, sönümün yüksek katılığa karşı gelen (70-75 durometer) büyük değerlerinde ise kayma modülü de yükselmekte ve 1.40 Mpa değerine ulaşmaktadır.

Malzeme % 20'den az orandaki kayma şekil değiştirmelerinde nonlineer davranmaktadır. Bununla birlikte; rüzgar yükü ve düşük düzeyli deprem yüklemesi altındaki davranışının minimize edilmesine yol açacak şekilde, daha yüksek rijitlik ve daha yüksek sönüm vasıtasıyla karakterize edilmektedir. % 20 ila % 120 arasındaki kayma şekil değiştirme oranlarının ötesinde, kayma modülü düşük ve sabit olmaktadır. Büyük şekil değiştirmelerde, bir şekil değiştirme kristalizasyonu işlemine bağlı olarak kayma modülü artmaktadır. Bununla beraber enerji yutulmasında da bir artış meydana gelmektedir.

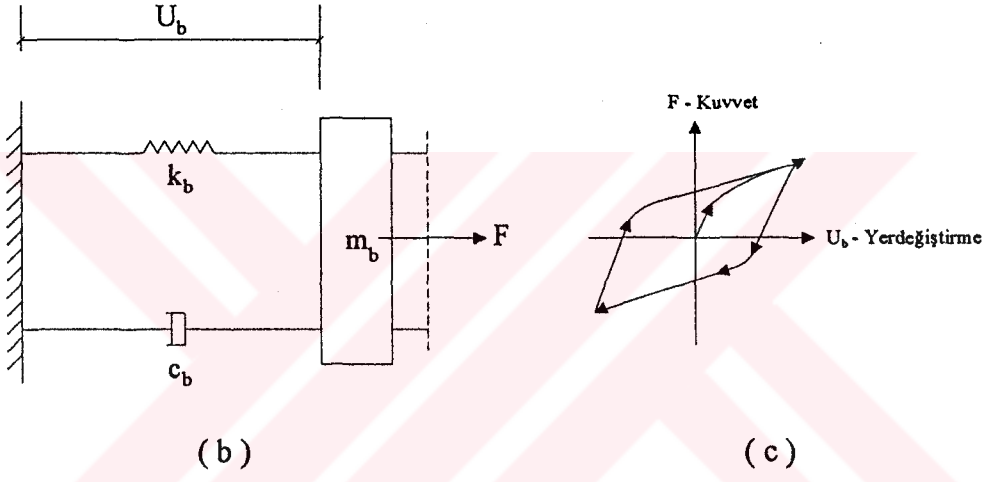
İzolatörlerdeki sönüm ne viskoz ne de histeretik karakterlidir. Ancak ikisinin arasındadır. Tamamıyla lineer viskoz bir elemandaki enerji yutulması, yerdeğiştirme durumunda kuadratiktir. Histeretik sistemde ise enerji yutulması, yerdeğiştirme durumunda lineer olma eğilimindedir.

Aşağıdaki Şekil 1.3a, Şekil 1.3b ve Şekil 1.3c'de yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnet sistemlerinin, sırasıyla kesiti, şematik modeli ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı gösterilmektedir.

Yüksek sönümlü doğal kauçuk sistemin bir diğer avantajı çevresel titreşimin azaltılmasında, bir aşama sağlamasıdır. İzolatörler; trafik ya da yakınında bulunan bir metro hattı nedeniyle meydana gelebilecek yüksek frekanslı düşey titreşimleri dışarı süzmek için harekete geçmektedir. Bu sonuç, 1985 yılında "Earthquake Engineering Research Center (EERC)" da uygulanan bir sarsma masası test programında gösterilmiştir.



(a)



(b) (c)

Şekil 1.3 Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatör sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli , c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı

1.3 Kayma Esaslı İzolasyon Sistemleri

Tamamı ile kayıcı bir sistem, önerilen en eski ve en basit taban izolasyon sistemidir. Yalnızca kaymayı kullanan bir sistem; Johannes Avetican Calantarients adında, İngiltere'de yaşayan bir tıp doktoru tarafından, 1909 yılında önerilmiştir. Johannes, talktan bir tabaka yardımı ile yapıyı temelden ayırmayı önermiştir. Bina ile temeli arasında oluşabilecek büyük yerdeğiştirmeler pahasına da olsa, izolasyon sisteminin taban izolasyonlu binadaki ivmeleri azalttığını açık bir şekilde anlamıştır.

Harmonik yükleme ya da deprem yüklemesine maruz kalmış kayıcı sistemler üzerindeki yapıların dinamiği konusu hakkında çok miktarda teorik analiz yapılmıştır. Örneğin, taban izolasyonlu bir binanın tasviri olarak ifade edilmesi için Westermo ve Udwadia, Coulomb sürtünmesi kayıcı arayüzey üzerindeki bir lineer

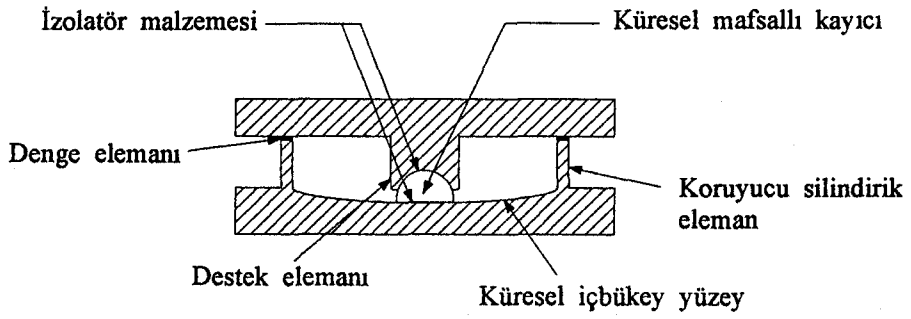
osilatörün periyodik davranışı üzerinde çalışmışlardır. Sürtünmenin daima tepkiyi azaltacağı şeklindeki genel anlayışın aksine, bu kişiler tepkinin aynı binanın ankastre temelli modelinde ortaya çıkan tepkiden çok daha büyük olabileceğini ve tek serbestlik dereceli modelin kayıcı arayüzey tarafından üretilen harmonik altı rezonans frekanslarına sahip olduğunu, bulmuşlardır. Benzer bir modelin, deprem yüklemesi altındaki davranışı konusunda da, Mostaghel çalışmıştır.

Coulomb sürtünmesi varsayımı, bu teorik analizlerde genellikle kullanılmış olmakla birlikte gerçek davranışı tam olarak doğru bir şekilde temsil edebileceği de olası değildir.

Kayıcı mesnetler için en çok kullanılan malzemeler, paslanmaz çelik üzerine kaplanan doldurulmamış ya da doldurulmuş "politetrafloraetilen"dir (PTFE ya da Teflon). Bu sistemin sürtünme karakteristikleri; sıcaklığa, arayüzey hareketinin hızına, aşınma derecesine, ve yüzeyin temizliğine bağlıdır. Buna benzer kayıcı elemanların mekanik davranışının söz konusu yönleri üzerinde kapsamlı test çalışmaları yapılmıştır.

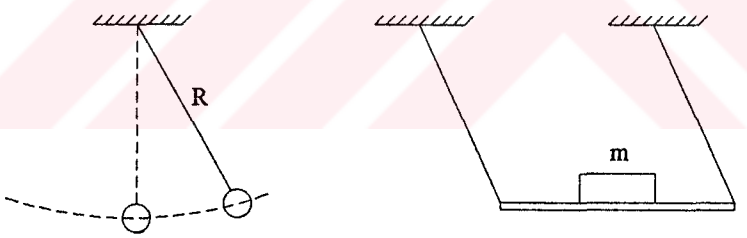
1.3.1 Sürtünmeli Sarkaç Sistemler (FPS)

Sürtünmeli sarkaç sistemi, bir kayma hareketini ve bir geri dönüş kuvvetini geometrisi yardımıyla birleştiren, sürtünmeli bir izolasyon sistemidir. Şekil 1.4'te şematik olarak gösterilen FPS izolatörü; paslanmaz çelikten küresel bir yüzey üzerinde hareket eden, mafsallı kayıcıya sahiptir. Mafsallı kayıcının kenarı, düşük sürtünmeli kompozit bir malzeme ile kaplanmıştır. Kayıcının diğer kenarı da tam küresel olup, paslanmaz çelik ile kaplıdır ve yine düşük sürtünmeli kompozit malzeme ile kaplanmış küresel bir oyuk içinde oturmaktadır. Kayıcı, küresel yüzey üzerinde hareket ettikçe taşınan kütlenin yükselmesine yol açmakta ve sistem için geri dönüş kuvveti sağlamaktadır. Mafsallı kayıcı ve küresel yüzey arasındaki sürtünme, izolatörlerde sönüm meydana getirmektedir.

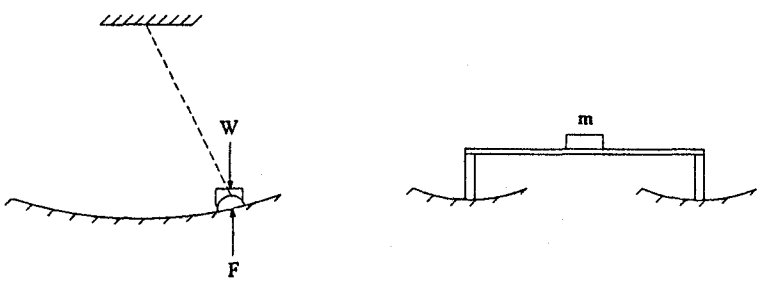


Şekil 1.4 Sürtünmeli sarkaç sistemin kesiti

Sürtünmeli sarkaç sistemlerin geometrisi ve taşıdıkları ağırlık, önemli parametrelerdir. Çünkü, bu sistemin davranışı basit bir sarkaç hareketinin temel prensiplerine dayanır. Bu durum aşağıdaki Şekil 1.5a ve Şekil 1.5b'de gösterilmiştir. Sürtünmeli sarkaç tipteki izolatör ile mesnetlenen yapı, deprem hareketine karşı, küçük genlikli sarkaç hareketi ile tepki verebilmektedir. Sürtünmeli sarkaç sistemin bir mesnete dönüştürülebilen safhaları aşağıdaki şekillerde görülmektedir. Mesnedin küresel yüzeyi aşağı ve yukarıya yönelik olabilir. Her iki tür de aynı davranışı göstermektedir.



(a)



(b)

Şekil 1.5 a) Basit sarkaç hareketi b) Kayıcı sarkaç hareketi

Sürtünmeli sarkaç sistemlerde bulunan koruyucu silindir, yatay yerdeğiştirmelerin engellenmesinde etkili olmaktadır. Ayrıca, iç elemanların çevresel kirlilikten korunmasını engellemektedir. Koruyucu silindir tarafından sağlanan yerdeğiştirme sınırlandırması, deprem yüklerinin hesap yüklerini büyük miktarda aşması halinde, çok önemli bir emniyet sağlamaktadır.

İzolatörün efektif rijitliği ve yapının izolasyon periyodu, içbükey yüzeyin eğrilik yarıçapı vasıtasıyla kontrol edilmektedir. İzolatörün titreşim periyodu,

$$T = 2\pi\sqrt{R/g} \tag{1.1}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Burada

R : Küresel yüzeyin eğrilik yarıçapı,

g : Yerçekimi ivmesini

ifade etmektedir.

Yukarıdaki ifadede görüldüğü üzere titreşim periyodu, kütleden bağımsız ancak içbükey yüzeyin eğrilik yarıçapına bağlıdır.Böylelikle yapının izolasyon periyodu tek parametreye bağlı olduğundan, değiştirilmesi kolaydır. İzolatörlerin sürtünme kuvveti aşıldığında, izolasyonlu periyot aktif hale gelmektedir. Kayma hareketi başladığında aktif olan sürtünme kuvveti, mesnet malzemesinin seçimi ile kontrol edilir. Deprem kuvvetleri sürtünme kuvvetinden az olduğu sürece, sarkaç sistemlerle mesnetlenen yapı, titreşimin izolasyonsuz periyoduna karşılık gelen bir tepki gösterecektir.

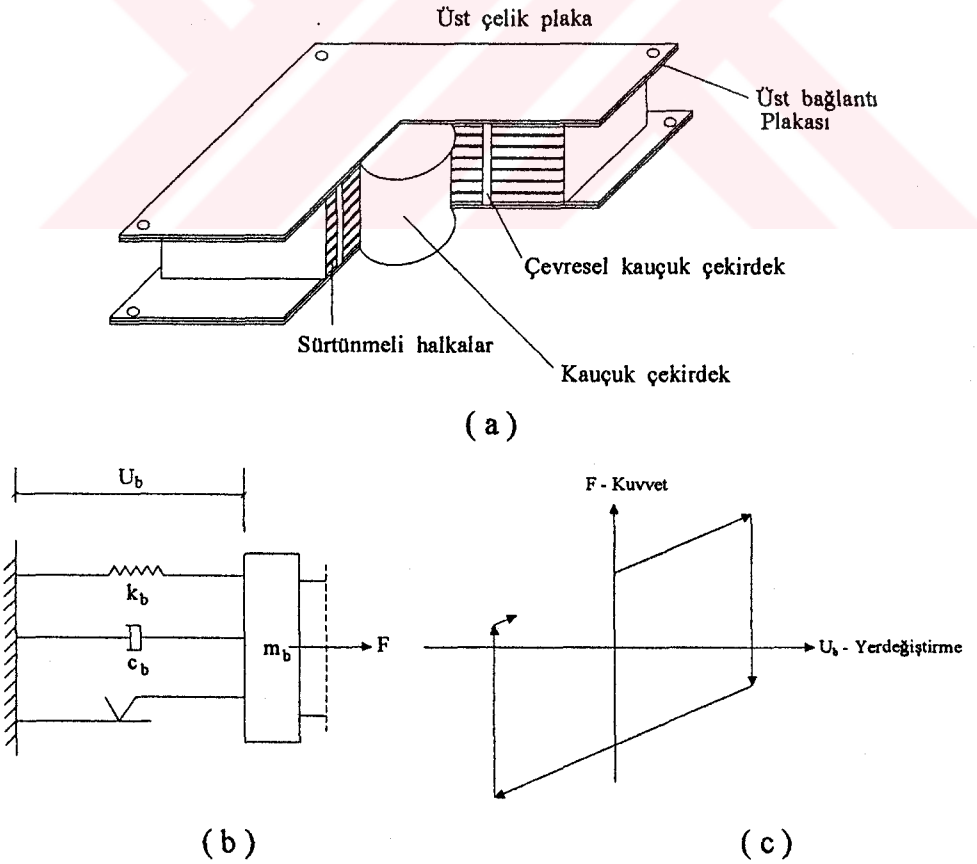
Bu tez çalışmasında; sürtünmeli sarkaç sistemleri daha detaylı göstermek üzere; "Earthquake Protection Systems, Inc." firması tarafından üretilen ve A.B.D.'de faaliyet gösteren "The Highway Innovative Technology Evaluation Center (HITEC)" kuruluşunca bir dizi teste tabi tutulan, sürtünmeli sarkaç tipteki taban izolatörleri seçilmiştir. EPS sürtünmeli sarkaç taban izolatörünün fiziksel özellikleri ve elemanları, Ek A'da ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

1.3.2 Geri Şekillenen Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi (R-FBI)

Geri şekillenen sürtünmeli taban izolasyon sistemi, yüksek kayma hızlarında paslanmaz çelik üzerindeki Teflon'un yüksek sürtünme katsayısı probleminin

üstesinden gelmeye çalışmaktadır. Bunun için, tek bir izolatör içinde çok sayıda kayıcı arayüzeyler kullanma yöntemine gidilmektedir. Böylece izolatörün üst ve alt yüzleri arasındaki hız, tabakaların sayısına bölünmektedir. Bu sayede düşük bir sürtünme katsayısı korunarak, her bir yüzdeki hız değeri küçük olmaktadır. Kayıcı elemanlara ek olarak, hiç düşey yük taşımayan ancak geri dönüş kuvveti sağlayan merkezi bir kauçuk çekirdek bulunmaktadır. Bu sistem üzerinde yapılan testlerde kauçuk çekirdeğin, yerdeğiştirmenin tek bir arayüzeyde toplanmasını önleyemediği görülmüştür. Bu nedenle kauçuk çekirdeğin içine, kayıcı tabakalar arasındaki yerdeğiştirme dağılımını düzelten, merkezi bir çelik çubuk koyulmuştur. 1988 yılında EERC'de yapılan bir deneysel çalışma dahilinde, beş katlı ve 40 ton ağırlığındaki bir çelik çerçeve modelinde geri şekillenen sürtünmeli taban izolatörleri kullanılmış ve bu model sarsma masası deneyi ile test edilmiştir.

Aşağıdaki Şekil 1.6a, Şekil 1.6b ve Şekil 1.6c'de geri şekillenen taban izolasyon sisteminin, sırasıyla kesit ve elemanları, şematik modeli ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı gösterilmektedir.



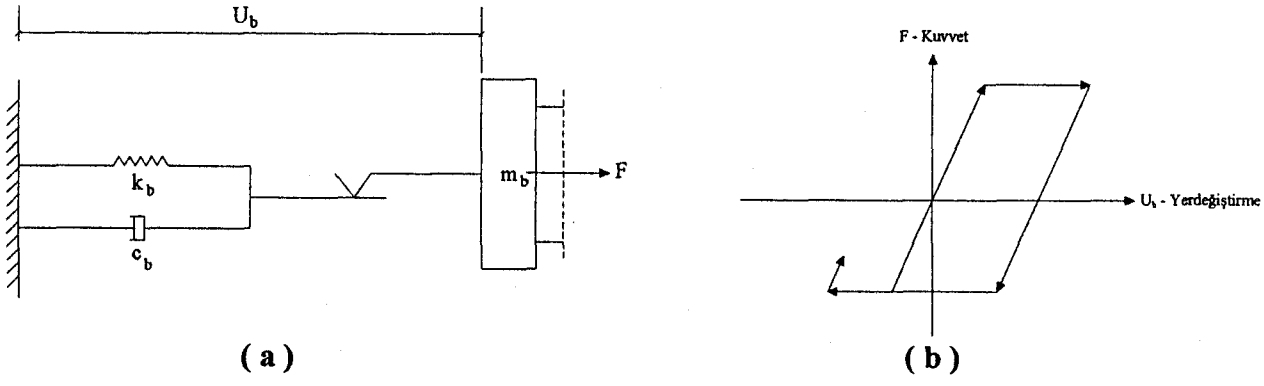
Şekil 1.6 Geri şekillenen sürtünmeli taban izolasyon sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı

1.3.3 Electricite-de France Sistemi (EDF)

Bu sistem, nükleer elektrik santrali tesislerine yapılacak uygulama için, 1970'li yılların başlarında geliştirilmiştir. Sözkonusu kuruluş, içinde güvenliğinin sağlanması gereken donanıma sahip ve 0.2 g'lik ivmeye dayanacak nitelikte, standart bir nükleer elektrik santrali geliştirmişti. Santral, daha yüksek depremselliği olan yerlere yerleştirilmek üzereyken; donanımın ivme mertebelerini binanın sahip olduğu sınır değerinin altında tutmak için izole edilmiştir.

Sistem; tabakalı suni kauçuk (neopren) izolatörleri, paslanmaz çelikle temas halinde olan kurşun-bronz alaşımı ile birleştirmektedir. Sistemin kayıcı yüzeyi ise, elastomerik izolatörün üstüne oturtulmaktadır. Kayıcı yüzeyin sürtünme katsayısının, izolatörün servis ömrü gözönüne alınarak, 0.2 olması gerekmektedir. Suni kauçuk tampon, çok düşük yerdeğiştirme kapasitesine sahip olup, yaklaşık ± 5 cm'den fazla değildir. Meydana gelen yerdeğiştirmelerin bu sınır değeri aşması halinde, kayıcı eleman öngörülen yeterli hareketi sağlamaktadır. Sistem, mesneti düzeltici yani merkeze geri çeken herhangi bir mekanizmaya sahip değildir. Bu nedenle sistemde kalıcı yerdeğiştirmeler meydana gelebilir. Sistem şimdiye kadar sadece bir kez, Güney Afrika Cumhuriyeti'ne bağlı Koeberg şehrinde inşa edilen büyük bir nükleer elektrik santralinde uygulanmıştır.

EDF sisteminin şematik modeli Şekil 1.7a'da ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı Şekil 1.7b'de gösterilmiştir.



Şekil 1.7 Electricite-de France Sistemi (EDF)'nin; (a) şematik modeli, (b) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı

1.3.4 EERC Birleşik Sistemi

Kauçuk esaslı ve kayıcı sistemlerin birleştirilmiş bir modeli geliştirilmiş ve EERC'deki sarsma masası üzerinde test edilmiştir. Bu sistemde yapının iç kolonları, Teflon malzeme ile kaplı paslanmaz çelikten yapılmış kayıcı elemanlar ile taşıttırılmıştır. Binanın dış kolonları ise, düşük sönümlü doğal kauçuk izolatörler ile taşıttırılmıştır. Kauçuk izolatörler, yapının yeniden merkezlenmesi yeteneğini sağlamakta ve yapının burulma davranışını kontrol etmektedir. Buna karşın kayıcı elemanlar ise sönümü sağlamaktadır.

Bu sistemin bir başka şekli, hem Nevada Üniversitesi Maden Fakültesi binası, hem de Kaliforniya eyaletine bağlı Willowbrook'ta inşa edilen "M.L. King, Jr. Travma Teşhis ve Tanı Merkezi Hastanesi" binasının, güçlendirilmeleri için kullanılmıştır. Her iki yapıda, yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatörler (HDNR) kullanılmıştır. Üniversite binasında, teflon yüzeyli – paslanmaz çelikten kayıcı elemanlar kullanılırken, hastane binası için ise paslanmaz çelik üzerinde kurşun-bronz alaşımlı levhalar kullanılmıştır.

1.3.5 TASS Sistemi

TASS Sistemi, Japonya'daki TAISEI A.Ş. tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde düşey yükün tamamı teflon – paslanmaz çelik elemanların üzerinde taşınmaktadır. Buna ilave olarak, hiç yük taşımayan tabakalı suni kauçuk (neopren) izolatörler, yapıyı yeniden merkezlendirecek kuvvetleri sağlamak için kullanılmaktadı . Teflon kayıcı yüzey, 10 MPa civarında bir basınca sahiptir ve sürtünme katsayısı; düşük kayma hızlarında 0.05, daha yüksek hızlarda ise 0.15 aralığındaki değerler arasında değişmektedir. Bu sistemin dezavantajları şunlardır:

- Kauçuk izolatörler, düşey yük taşımamakta ve yalnızca çekmeye çalışmaktadırlar.
- Kayıcı yüzeyin kayma hızına karşı duyarlılığı, sistemin modellenmesini oldukça zor hale getirmektedir.

1.4 Yay Tipi Sistemler

Kauçuk esaslı ve kayıcı izolasyon sistemleri genellikle, sadece yatay doğrultuda izolasyon sağlamak için düzenlenmektedirler. Üç boyutlu izolasyon gerektiğinde,

kauçuk izolatörleri kullanmak mümkündür ancak pek sıkça rastlanan bir durum değildir. Bu çalışmada yay tipi sistemler için Alman GERB firmasının ürettiği helezonik yay sistemleri tanıtılacaktır.

1.4.1 GERB Sistemi

Taban izolasyonu için GERB sistemi, başlangıçta elektrik santralı türbinine ait üretim cihazlarının titreşim izolasyonu için geliştirilmişti. Bu sistem, hem yatay hem de düşey olarak esnek davranan, büyük helezonik çelik yayları kullanmaktadır. Düşey frekansı, yatay frekansının 3-5 katı civarındadır. Çelik yaylar tamamen sönümsüzdür ve sistem daima GERB viskosönümleyicileri ile birlikte kullanılmaktadır. Tüm üç boyutlu sistemlerde olduğu gibi, sistemin yatay hareketi ile sallanma hareketi arasında çok güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Çünkü taban izolasyonlu yapının ağırlık merkezi, izolasyon sisteminin rijitlik merkezinin üstündedir. Bu tipteki bir sistem, yapının ağırlık merkezi ile izolasyon sisteminin rijitlik merkezinin aynı seviyede olduğu durumlarda pratik olmaktadır.

GERB sistemi, Makedonya'nın başkenti Üsküp şehrinde, sarsma deneyi ile test edilmiştir. Ayrıca Kaliforniya eyaletine bağlı Santa Monica'daki iki tane çelik çerçeveli binada uygulanmıştır. Sözkonusu evlerin depremlerdeki davranışı, şiddetli sarsıntı hareketini gözleyen cihazlar yardımıyla izlenmiştir. Yapılan gözlemler, izolasyon sisteminin sallanma hareketi nedeniyle binalarda ortaya çıkan ivmeleri azaltmakta etkili olmadığını göstermektedir.

2. TABAN İZOLASYONUNUN TEORİK ESASLARI

2.1 Lineer Teori

Taban izolasyonuna ait lineer teori konusu, Kelly tarafından detaylı olarak açıklanmıştır. Lineer Teori Şekil 2.1'de gösterildiği gibi iki kütleli bir yapı modeline dayanmaktadır. "m" ile Şekil 2.1'de gösterilen kütle, binanın üstyapısını temsil etmek üzere planlanmıştır. "m_b" ile ifade edilen kütle ise, izolasyon sistemi üzerindeki temel katının kütlesini göstermektedir. Yapı rijitliği ve sönüm değerleri sırasıyla k_s ve c_s ile gösterilmiştir. İzolasyona ait rijitlik ve sönüm değerleri ise k_b ve c_b ile gösterilmiştir. İki kütlenin mutlak deplasmanları "u_s" ve "u_b" sembolleri ile gösterilmektedir. Ancak, rölatif deplasmanları kullanıp ona göre tarif etmek daha elverişli olacaktır.

$$v_b = u_b - u_g \qquad v_s = u_s - u_b \tag{2.1}$$

burada u_g, zemin deplasmanıdır. Rölatif deplasmanların bu şekilde tercih edilerek kullanılması, özellikle bu analiz için çok elverişli olmaktadır. Çünkü bulunacak iki önemli sonuç şunlar olacaktır:

v_b : İzolasyon sisteminin deplasmanı, ve

v_s : Göreli kat ötelemesidir.

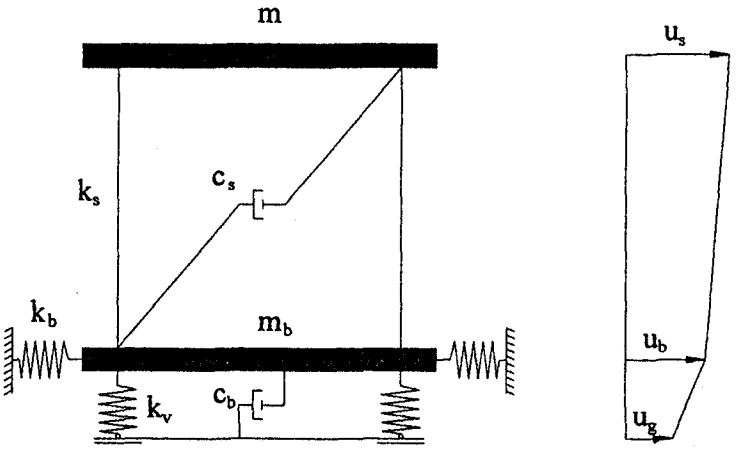
Bu nicelikler açısından iki serbestlik dereceli modelin temel hareket denklemleri

$$(m+m_b)\ddot{v}_b + m\ddot{v}_s + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = -(m+m_b)\ddot{u}_g \tag{2.2}$$

$$m\ddot{v}_b + m\ddot{v}_s + c_s\dot{v}_s + k_s v_s = -m\ddot{u}_g \tag{2.3}$$

yukarıdaki denklem takımını matris notasyonu içinde aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$\begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \ddot{v}_b \\ \ddot{v}_s \end{Bmatrix}+\begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \dot{v}_b \\ \dot{v}_s \end{Bmatrix}+\begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} v_b \\ v_s \end{Bmatrix}=\begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} -1 \\ 0 \end{Bmatrix}\ddot{u}_g \quad (2.4)$$



Şekil 2.1 İzole edilmiş binanın şematik çizimi

Burada M = m+m_b ifadesi yukarıdaki matris notasyonunda kullanılırsa aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$M\ddot{v}+C\dot{v}+Kv=-Mr\ddot{u}_g$$

γ sembolü ile gösterilen bir kütle oranı tanımlarsak

$$\gamma=\frac{m}{m+m_b}=\frac{m}{M} \quad (2.5)$$

ve nominal frekans değerleri olan ω_b ve ω_s aşağıdaki gibi verilirse

$$\left\{\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}\right\} \qquad \left\{\beta=\frac{c}{2m\omega}\right\}$$

$$\omega_b^2=\frac{k_b}{m+m_b} \qquad \omega_s^{\,2}=\frac{k_s}{m} \quad (2.6)$$

ve aşağıdaki gibi bir kabul yaparak

$$\frac{\omega_b^{\,2}}{\omega_s^{\,2}}=\varepsilon \text{ ve } \varepsilon=0(10^{-2}) \quad (2.7)$$

[$0(10^{-2})$ mertebe olarak yüzde virgülden sonra iki basamak anlamına gelmektedir. 0,01 örneğinde olduğu gibi]

Sönüm faktörleri β_b ve β_s aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$2\omega_b\beta_b = \frac{c_b}{m+m_b} \qquad 2\omega_s\beta_s = \frac{c_s}{m} \tag{2.8}$$

Bu nicelikler cinsinden [(2.1) ve (2.2)] temel hareket denklemleri aşağıdaki şekle dönüştürülerek yeniden yazılabilir.

$$\gamma\ddot{v}_s + \ddot{v}_b + 2\omega_b\beta_b\dot{v}_b + \omega_b^2 v_b = -\ddot{u}_g \tag{2.9a}$$

$$\ddot{v}_s + \ddot{v}_b + 2\omega_s\beta_s\dot{v}_s + \omega_s^2 v_s = -\ddot{u}_g \tag{2.9b}$$

Birleşik sistemin klasik modları ω_1 ve ω_2 frekansları ile birlikte, $\phi^{(1)}$ ve $\phi^{(2)}$ olarak gösterilmektedir.

$$\phi^{i^T} = (\phi_b^i, \phi_s^i) \quad i=1,2$$

Frekanslar için karakteristik denklem,

$$(1-\gamma)\omega^4 - (\omega_s^2+\omega_b^2)\omega^2 + \omega_b^2\omega_s^2 = 0 \tag{2.10}$$

bu denklemin çözümleri:

$$\omega_1^2 = \frac{1}{2(1-\gamma)}\left\{\omega_b^2 + \omega_s^2 - [(\omega_b^2-\omega_s^2)^2 + 4\gamma\omega_b^2\omega_s^2]^{1/2}\right\}$$

$$\omega_2^2 = \frac{1}{2(1-\gamma)}\left\{\omega_b^2 + \omega_s^2 + [(\omega_b^2-\omega_s^2)^2 + 4\gamma\omega_b^2\omega_s^2]^{1/2}\right\} \tag{2.11}$$

(2.7)'de ifade edilen ε tanımı kullanılırsa,

$$\omega_1^2 = \omega_b^2(1-\gamma\varepsilon)$$

$$\omega_2^2 = \frac{\omega_s^2}{1-\gamma}(1+\gamma\varepsilon) \tag{2.12}$$

formuna dönüşerek sadeleştirilebilirler.

$(\phi_b^i = 1), i = 1,2$ yardımıyla mod şekilleri belirlenir.

$\phi^{1^T} = (1,\varepsilon)$

$$\phi^{2^T} = \left\{1, -\frac{1}{\gamma}\left[1-(1-\gamma)\varepsilon\right]\right\} \tag{2.13}$$

Modal koordinatlardaki asal yer değiştirmeleri ifade etmek için,

$$v_b = q_1\phi_b^{(1)} + q_2\phi_b^{(2)} \tag{2.14}$$
$$v_s = q_1\phi_s^{(1)} + q_2\phi_s^{(2)}$$

şeklinde yazılır. Burada q_1 ve q_2 zamana bağlı modal katsayılardır. Modal büyüklükler M_i, L_i aşağıdaki gibi tanımlanmaktadırlar.

$$M_i = \phi^{i^T} M\phi^i \tag{2.15}$$
$$M_i L_i = \phi^{i^T} Mr$$

ε'da birinci dereceden olan bu ifaler yeniden düzenlenirse,

$$M_1 = M(1+2\gamma\varepsilon)$$
$$M_2 = M\frac{(1-\gamma)[1-2(1-\gamma)\varepsilon]}{\gamma} \tag{2.16}$$

ve

$$L_1 = 1-\gamma\varepsilon \qquad L_2 = \gamma\varepsilon \tag{2.17}$$

şeklini alırlar.

(2.2) ve (2.3) 'deki hareket denklemleri içinde yer alan (v_b, v_s) terimleri, $\phi^{(1)}$ ve $\phi^{(2)}$ cinsinden ifade edilerek olursa; aşağıdaki formda gösterildiği üzere, içinde modal katsayıların (q_1, q_2) yer aldığı iki tane denklem ortaya çıkacaktır :

$$\ddot{q}_1 + 2\omega_1\beta_1\dot{q}_1 + \lambda_1\dot{q}_2 + \omega_1^2 q_1 = -L_1\ddot{u}_g \tag{2.18}$$

$$\ddot{q}_2 + \lambda_2\dot{q}_1 + 2\omega_2\beta_2\dot{q}_2 + \omega_2^2 q_2 = -L_2\ddot{u}_g \tag{2.19}$$

$2\omega_1\beta_1$ ve $2\omega_2\beta_2$ terimleri aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır,

$$M_i 2\omega_i\beta_i = \phi^{i^T}\begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix}\phi^i \tag{2.20}$$

Yukarıdaki eşitlikten yararlanarak $\omega_i\beta_i$'lerin (i=1,2) çözümü

$$2\omega_1\beta_1 = 2\omega_b\beta_b(1-2\gamma\varepsilon)$$

$$2\omega_2\beta_2 = \frac{1}{1-\gamma}(2\omega_s\beta_s + 2\gamma\omega_b\beta_b) \tag{2.21}$$

ve buradan hareket ederek β_i'ler (i=1,2)

$$\beta_1 = \beta_b\left(1-\frac{3}{2}\gamma\varepsilon\right) \tag{2.22}$$

$$\beta_2 = \frac{\beta_s + \gamma\beta_2\varepsilon^{1/2}}{(1-\gamma)^{1/2}}\left(1-\frac{\gamma\varepsilon}{2}\right) \tag{2.23}$$

olarak bulunur. λ_1 ve λ_2 ile gösterilen etkileşim katsayıları aşağıdaki eşitliklerden yararlanarak hesaplanır.

$$\lambda_1 M_1 = \phi^{(1)T}\begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix}\phi^{(2)} \tag{2.24}$$

$$\lambda_2 M_2 = \phi^{(2)T}\begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix}\phi^{(1)} = \lambda_1 M_1$$

Böylece

$$\lambda_1 M_1 = (1,\varepsilon)\begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ -a \end{pmatrix} = c_b - \varepsilon a c_s \tag{2.25}$$

$$a = \frac{1}{\gamma}[1-(1-\gamma)\varepsilon]$$

Denklem (2.16)'da ifade edilen (M_1, M_2)'yi kullanarak,

$$\lambda_1 = \frac{2\omega_b\beta_b M - \varepsilon\{(1/\gamma)[1-(1-\gamma)\varepsilon]\}2\omega_s\beta_s m}{M(1+2\gamma\varepsilon)}$$

$$= 2\omega_b\beta_b(1-2\gamma\varepsilon) - \varepsilon 2\omega_s\beta_s(1-2\gamma\varepsilon)$$

$$= 2\omega_b[\beta_b(1-2\gamma\varepsilon) - \varepsilon^{1/2}\beta_s] \tag{2.26}$$

ve

$$\lambda_2 = \frac{2\omega_b\beta_b M - \varepsilon\{(1/\gamma)[1-(1-\gamma)\varepsilon]\}2\omega_s\beta_s m}{[M(1-\gamma)/\gamma][1-2(1-\gamma)\varepsilon]}$$

$$= (2\omega_b\beta_b - \varepsilon 2\omega_s\beta_s)[1+2(1-\gamma)\varepsilon]\,\frac{\gamma}{1-\gamma}$$

$$= 2\omega_b\left\{\beta_b[1+2(1-\gamma)\varepsilon] - \varepsilon^{1/2}\beta_s\right\}\frac{\gamma}{1-\gamma} \qquad (2.27)$$

şeklinde sonuçlanır.

Yapısal uygulamaların çoğunda, sönümün yeterince küçük olduğu diyagonal olmayan bileşenlerin (burada λ_1 ve λ_2'dir) etkisinin ihmal edilebilir olduğu kabul edilmektedir. Gerekli çözüm, ayrık hareket denklemlerinden elde edilebilir , yani,

$$\ddot{q}_1 + 2\omega_1\beta_1\dot{q}_1 + \omega_1^2 q_1 = -L_1\ddot{u}_g$$

$$\ddot{q}_2 + 2\omega_2\beta_2\dot{q}_2 + \omega_2^2 q_2 = -L_2\ddot{u}_g \qquad (2.28)$$

Eğer yer hareketinin zamana bağlılığı $\ddot{u}_g(t)$ biliniyorsa, $q_1(t)$ ve $q_2(t)$ olarak gösterilen modal bileşenler aşağıdaki denklemlerden hesaplanabilir.

$$q_1 = \frac{L_1}{\omega_1}\int_o^t \ddot{u}_g(t-\tau)e^{-\omega_1\beta_1\tau}\,\sin\omega_1\tau\;\,d\tau \qquad (2.29a)$$

$$q_2 = -\frac{L_2}{\omega_2}\int_o^t \ddot{u}_g(t-\tau)e^{-\omega_2\beta_2\tau}\sin\omega_2\tau\;\,d\tau \qquad (2.29b)$$

q_1 ve q_2'nin maksimum değerleri ise aşağıda gösterildiği gibi verilebilir.

$$|q_1|_{\max} = L_1 S_D(\omega_1,\beta_1) \qquad (2.30a)$$

$$|q_2|_{\max} = L_2 S_D(\omega_2,\beta_2) \qquad (2.30b)$$

Burada $S_D(\omega,\beta)$; yer hareketinin ω frekansında ve β sönüm faktörü için yerdeğiştirme davranış spektrumudur.

Sözkonusu davranış spektrumundaki pik değerlerden, yapının ve izolasyon sisteminin en büyük yer değiştirme miktarlarını tahmin etmek için "karelerin toplamının karekökü (SRSS)" yöntemini kullanmak gereklidir. İzolasyon sistemi

maksimum yerdeğiştirmesi ve yapısal şekil değiştirme değerleri aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$|v_s|_{\max} = \left[(\phi_2^{(1)}|q_1|_{\max})^2 + (\phi_2^{(2)}|q_2|_{\max})^2\right]^{1/2} \tag{2.31a}$$

$$|v_b|_{\max} = \left[(\phi_1^{(1)}|q_1|_{\max})^2 + (\phi_1^{(2)}|q_2|_{\max})^2\right]^{1/2} \tag{2.31b}$$

(2.16), (2.17), (2.31a) ve (2.31b) denklemlerinden elde edilen sonuçları çözüme dahil ederek şunu elde ederiz.

$$\begin{aligned} |v_b|_{\max} &= \left\{[L_1 S_D(\omega_1,\beta_1)]^2 + [L_2 S_D(\omega_2,\beta_2)]^2\right\}^{1/2} \\ &= \left\{(1-\gamma\varepsilon)^2[S_D(\omega_1,\beta_1)]^2 + \gamma^2\varepsilon^2[S_D(\omega_2,\beta_2)]^2\right\}^{1/2} \end{aligned} \tag{2.32}$$

ve

$$\begin{aligned} |v_s|_{\max} &= \left\{\varepsilon^2(1-\gamma\varepsilon)^2[S_D(\omega_1,\beta_1)]^2 + \gamma^2\varepsilon^2\cdot\frac{1}{\gamma^2}[1-(1-\gamma)\varepsilon]^2[S_D(\omega_2,\beta_2)]^2\right\}^{1/2} \\ &= \varepsilon\left\{(1-2\gamma\varepsilon)^2[S_D(\omega_1\beta_1)]^2 + [1-2(1-\gamma)\varepsilon]^2[S_D(\omega_2,\beta_2)]^2\right\}^{1/2} \end{aligned} \tag{2.33}$$

Genellikle, yüksek frekanslardaki (örn. ω_2) yerdeğiştirmenin, daha düşük frekanslardaki (örn. ω_1) yer değiştirmeden çok daha küçük olduğu deprem spektrumları için $\varepsilon^2[S_D(\omega_2,\beta_2)]^2$ terimi ihmal edilebilir. Bu durum aşağıdaki sonucu vermektedir.

$$|v_b|_{\max} = (1-\gamma\varepsilon)S_D(\omega_1,\beta_1) \tag{2.34}$$

Eğer ε^2'den yüksek terimleri ihmal edersek, yapısal şekil değiştirme veya üstyapıda meydana gelecek en büyük göreli kat ötelemesi,

$$|v_s|_{\max} = \varepsilon\left[S_D(\omega_1,\beta_1)^2 + S_D(\omega_2,\beta_2)^2\right]^{1/2} \tag{2.35}$$

olarak verilmektedir.

Benzer olarak taban kesme kuvveti katsayısı C_s,

$$C_s = \left|\frac{k_s v_s}{m}\right|_{\max} = \omega_s^{\,2} \, |v_s|_{\max}$$

$$= \omega_s^2 \varepsilon [S_D(\omega_1, \beta_1)^2 + S_D(\omega_2, \beta_2)^2]^{1/2}$$

$$= [\omega_b^4 S_D(\omega_1, \beta_1)^2 + \varepsilon^2 \omega_s^4 S_D(\omega_2, \beta_2)^2]^{1/2}$$

$$= [S_A(\omega_1, \beta_1)^2 + \varepsilon^2 S_A(\omega_2, \beta_2)^2]^{1/2} \qquad (2.36)$$

ifadesi ile gösterilir.

Yalnız ilk terimleri gözönünde tutarsak aşağıdaki denklemleri elde ederiz.

$$|v_s|_{\max} = \frac{\varepsilon S_V}{\omega_b} = \varepsilon S_D(\omega_b, \beta_b) \qquad (2.37a)$$

$$|v_b|_{\max} = \frac{S_V}{\omega_b} = S_D(\omega_b, \beta_b) \qquad (2.37b)$$

ve hesap taban kesme kuvveti katsayısı C_s , aşağıdaki denklem ile tarif edilir.

$$C_s = \frac{k_s v_s}{m} = \omega_s^2 v_s$$

$$= \omega_b S_V \left[1 + \varepsilon^2 \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2}\right]^{1/2} = S_A(\omega_b, \beta_b)\left(1 + \frac{\varepsilon}{1-\gamma}\right)^{1/2}$$

$$\approx S_A(\omega_b, \beta_b)$$

Yukarıdaki ifadeler şunu belirtmektedir: Küçük ε değeri ve tipik bir tasarım spektrumu için izolasyon sistemi en azından başlangıç aşamasında $S_D(\omega_b, \beta_b)$ gibi bir bağıl taban yerdeğiştirmesi için tasarlanabilir. Aynı durumda binanın tasarımı için ise $S_A(\omega_b, \beta_b)$ gibi bir taban kesme kuvveti katsayısı alınarak yapılabilir. $C_s = S_A(\omega_s, \beta_s)$ olan ankastre tabanlı bir yapı ile karşılaştırıldığında, taban kesme kuvvetinde meydana gelen azalma $S_A(\omega_b, \beta_b) / S_A(\omega_s, \beta_s)$ oranı ile verilmektedir.

Sabit-hız spektrumu için bu oran ω_b / ω_s ya da kabaca $\varepsilon^{1/2}$ ile verilmektedir. Bu durumda genellikle β_b, β_s'den daha büyük olacağı için, taban kesme kuvvetinde meydana gelen azalma, olması gerekenin altında kalır.

2.2. Teorinin Bina Tipi Yapılarda Uygulanması

2.2.1 Çok Serbestlik Dereceli Sistemlerin Hareket Denklemleri

Daha önceden geliştirilen basit lineer modelin iki serbestlik dereceli analizi, çok katlı binalar için uygulanabilir. Kütle matrisi M, sönüm matrisi C ve rijitlik matrisi K olan bir yapı sistemini ele alalım. Konvansiyonel yapı sistemi için, her bir serbestlik derecesinin yere göre göreli yerdeğiştirmesi

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -Mr\ddot{u}_g \tag{2.38}$$

formundaki hareket denklemi ile verilir. Burada r, her bir serbestlik derecesini yer hareketiyle etkinleştiren bir vektördür. Bu yapısal model, taban kütlesi m_b, rijitliği k_b ve sönümü c_b olan bir taban izolasyon sisteminin üstüne oturtulduğunda denklem (2.36)'nın yeni formu,

$$M\ddot{v} + C\dot{v} + Kv = -Mr(\ddot{u}_g + \ddot{v}_b) \tag{2.39}$$

olur. Burada,

v: Taban döşemesine göre yerdeğiştirme ve

v_b: Taban döşemesinin yere göre yerdeğiştirmesidir.

Bina ve taban izolasyon sisteminin oluşturduğu birleşik sistemin hareket denklemi:

$$r^T M(\ddot{v} + r\ddot{v}_b + r\ddot{u}_g) + m_b(\ddot{v}_b + \ddot{u}_g) + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = 0 \tag{2.40}$$

Bu başka formda,

$$r^T M\ddot{v} + (m + m_b)\ddot{v}_b + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = -(m + m_b)\ddot{u}_g \tag{2.41}$$

yazılabilir. Denklem 2.40'da verilen $r^T Mr$ üst yapının toplam kütlesi, $m + m_b$ ise izolasyon sisteminin taşıdığı toplam kütledir. Matris formunda,

$$M^*\ddot{v}^* + C^*\dot{v}^* + K^*v^* = -M^*r^*\ddot{u}_g \tag{2.42}$$

şeklini alır. Yukarıdaki ifadede yer alan matrislerin açılımları aşağıdaki gibidir:

$$M^* = \begin{bmatrix} m+m_b & r^T M \\ Mr & M \end{bmatrix} \qquad C^* = \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & C \end{bmatrix} \qquad K^* = \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & K \end{bmatrix}$$

$$r^* = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad \mathrm{v}^* = \begin{bmatrix} \mathrm{v}_b \\ \mathrm{v} \end{bmatrix}$$

2.2.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemlerin Modal Analizleri

Ankastre mesnetli yapıların doğal modlarının biliniyor olduğu varsayılır ve bu doğal modlar ϕ^i [i=1,2,.....,N] ile adlandırılırlar. Bu mod şekillerinin terimlerini kullanarak, yapının her bir serbestlik derecesindeki yerdeğiştirme aşağıda gösterildiği gibi

$$\mathrm{v} = \sum_{i=1}^{N} q_i \phi^i \tag{2.43}$$

hesaplanabilir. Doğal frekanslar, ω_i^2,

$$M\phi^i\omega_i^2 = K\phi^i \tag{2.44}$$

denklemi ile verilir. Aşağıdaki varsayım yapılmıştır.

$\phi^i C \phi^j = 0$ i ≠j ise.

Hareket denkleminin matris formu N+1 sayıda denklem takımına indirgenebilir.

$$\sum_{i=1}^{N} r^T M\phi^i \ddot{q}_i + (m+m_b)\ddot{v}_b + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = -(m+m_b)\ddot{u}_g \tag{2.45a}$$

ve

$$\ddot{q}_i + 2\omega_i\beta_i\dot{q}_i + \omega_i^2 q_i = -L_i(\ddot{v}_b + \ddot{u}_g) \qquad \text{i= 1,.....,N} \tag{2.45b}$$

yazılır. Burada L_i, ankastre mesnet durumunda modların katılım faktörleridir.

$L_i = \frac{\phi^{i^T} Mr}{\phi^{i^T} M\phi^i}$'dir. (2.46)

Ankastre mesnet durumunda modal kütleler,

$$M_i = \phi^{i^T} M\phi^i \tag{2.47}$$

olarak verilir. Denklemler aşağıdaki formda yazılabilir:

$$\sum_{i=1}^{N} \frac{L_i M_i}{m + m_b} \ddot{q}_i + \ddot{v}_b + 2\omega_b \beta_b \dot{v}_b + \omega_b^2 v_b = -\ddot{u}_g \tag{2.48}$$

ve

$$L_i \ddot{v}_b + \ddot{q}_i + 2\omega_i \beta_i \dot{q}_i + \omega_i^2 q_i = -L_i \ddot{u}_g \qquad \text{i= 1,.....,N} \tag{2.49}$$

Genelde taban izolasyonlu yapılarda birinci modun üstündeki modlar, üstyapı ve izolasyon sisteminin tasarımında hiçbir rol oynamazlar. Bu nedenle analizde birinci mod dikkate alınmalıdır. Yukarıdaki hareket denklemleri, 2.9a ve 2.9b denklemleriyle verilen tek serbestlik dereceli izole edilmiş sistemin hareket denklemleri ile karşılaştırılarak, v_b yerine $L_1 v_b$ ve $\ddot{u}_g$ yerine $L_1 \ddot{u}_g$ kullanılırsa ve

$$\gamma = \frac{m}{m + m_b} = \frac{m}{M}$$

ile

$$\gamma_1 = \frac{L_1^2 M_1}{m + m_b}$$

yerdeğiştirirse;

$$\frac{L_1^2 M_1}{m + m_b} \ddot{q}_1 + (L_1 \ddot{v}_b) + 2\omega_b \beta_b (L_1 \dot{v}_b) + \omega_b^2 (L_1 v_b) = -L_1 \ddot{u}_g$$

$$(L_1 \ddot{v}_b) + \ddot{q}_1 + 2\omega_1 \beta_1 \ddot{q}_1 = -L_1 \ddot{u}_g \tag{2.50}$$

elde edilir.

Bu denklemlerin çözümü sonucunda q_1 için sonuç, tek serbestlik dereceli sistemdeki v_s çözümüne karşı gelir.

Tek serbestlik dereceli sistem için elde edilmiş olan yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti katsayısı değerleri,

$$|v_b|_{\max} = \frac{1}{\omega_b^2} S_A(\omega_b, \beta_b) \tag{2.51}$$

ve

$$C_S = [S_A(\omega_b^*, \beta_b^*) + \varepsilon^2 (1-\gamma)^2 S_A{}^2(\omega_s^*, \beta_s^*)]^{1/2} \tag{2.52}$$

Çok serbestlik dereceli sistem için yukarıda yer alan ifadeler, aşağıdakilerle yerdeğiştirir. Maksimum göreli taban yerdeğiştirmesi aşağıdaki gibi verilir:

$$|L_1 v_b|_{\max} = \frac{1}{\omega_b^2} L_1 S_A(\omega_b, \beta_b) \tag{2.53}$$

ile verilir; fakat L_1 terimi eşitliğin her iki tarafında bulunduğu için sonuç öncekiyle aynı olur.

Taban kesme kuvvetini elde etmek için

$$|q_1|_{\max} = \left[\frac{\varepsilon^2 L_1^2 \, S_A{}^2(\omega_b^*, \beta_b^*)}{(\omega_b^*)^4} + \frac{\varepsilon^2 L_1^2 S_A{}^2(\omega_s^*, \beta_s^*)}{(\omega_s^*)^4} \right]^{1/2} \tag{2.54}$$

büyüklüğü kullanılabilir. Burada ω_s^*, β_s^* daha önce hesap edilenlerle aynıdır.

$\varepsilon, \varepsilon_1 = \omega_b^2 / \omega_1^2$ ile yerdeğiştirir. Bağıl yerdeğiştirme vektörü v,

$$v = q_1 \phi^{(1)} \tag{2.55}$$

ile verilir ve sönüm katılımları ihmal edilerek, her bir elemandaki atalet kuvvetleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F = Kv = q_1 K\phi^{(1)} = q_1 M\phi^{(1)} \omega_1^2 \tag{2.56}$$

Üstyapı için toplam yatay kuvvet

$$r^T F = q_1 \omega_1^2 L_1 M_1 \tag{2.57}$$

ile hesaplanır ve bu ifade taban kesme kuvveti katsayısı C_s cinsinden ifade edilirse,

$$C_s m = r^T F \tag{2.58}$$

Böylece,

$$C_S = \frac{L_1 M_1}{m}\left[L_1^2 S_A^2(\omega_b, \beta_b) + (l-\gamma_1)^2 \varepsilon^2 L_1^2 S_A{}^2(\omega_S{}^*, \beta_S{}^*)\right]^{1/2}$$

$$= \frac{L_1{}^2 M_1}{m}\left[S_A{}^2(\omega_b, \beta_b) + (l-\gamma_1)^2 \varepsilon^2 S_A{}^2(\omega_S^*, \beta_S^*)\right]^{1/2} \tag{2.59}$$

şeklinde yazılır. Burada, daha önce ifade edildiği gibi $\varepsilon=\omega_b{}^2/\omega_1{}^2$ dir.

3. TABAN İZOLATÖRLERİNİN MEKANİK KARAKTERİSTİKLERİ VE MODELLENMESİ

3.1 Giriş

Bir izolasyon sistemi için tasarım işlemi; önceki bir projeden ya da sistemin yapacağı olası en büyük yerdeğiştirmeyi tahmin edebilmek için üretici firmadan alınan bilgilere dayanan parametreleri kullanarak, bir ön tasarım işlemi ile başlar. Üretici firmadan alınabilecek diğer kontrol parametreleri arasında kayma şekil değiştirmesi de sıralanabilir. Burada amaç; yapının taban kesmesi ve izolatörlerin stabilitesi hakkında bir fikir sahibi olmaktır. Bu ön tasarım işlemi tamamlandıktan sonra izolatörlerin kesin yani nihai tasarımı için örnekler sipariş edilir. Daha sonra bu örnekler yönetmeliğe tabi bir test programından geçirilirler. Prototip test sonuçlarına bağlı olarak, ön tasarımın değiştirilmesi gerekecek ya da gerekmeyecektir. Tasarımdaki iterasyon adımlarının sayısını minimize etmek için, ön tasarım aşamasında mutlaka doğru bilgiye sahip olunmalı ve iyi tasarım işlemleri yapılmalıdır.

3.2 Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri

Tabakalı kauçuk esaslı izolatörlerin mekanik karakteristikleri üzerinde, uzun yıllardır çalışmalar sürdürülmektedir. Nonlineer teknikleri kullanarak kesin analizlerin yapılması hala oldukça zor olmakla birlikte, bir çok araştırmacı tarafından elastik teoriye dayalı basit tahminler geliştirilmiştir. Bu tahminler ayrıca labaratuvar testleri ve en son olarak sonlu elemanlar analizi ile doğrulanmış durumdadır. İzolatörün en önemli mekanik özelliği, izolatörün yatay rijitliğidir. Yatay rijitlik aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$K_H = \frac{G \cdot A}{t_r} \tag{3.1}$$

burada

G : Elastomer malzemenin yani kauçuğun kayma modülü,

A : Kauçuğun plandaki enkesit alanı

t_r : Kauçuğun toplam kalınlığıdır.

Maksimum yatay yerdeğiştirme değeri D, maksimum kayma şekil değiştirmesi γ_m ile ilişkilidir. Bu durum aşağıda gösterilmektedir:

$$\gamma_m = \frac{D}{t_r} \tag{3.2}$$

Düşey rijitlik K_V ve eğilme rijitliği – kiriş teorisi analojisinde EI olarak ifade edilir – değerleri de yine basit bir lineer elastik teori yardımı ile verilmektedir. Bunlar bir izolatörün tasarımı için gerekli büyüklüklerdir.

Taban izolasyonlu bir yapının düşey frekansı, izolasyon sistemini oluşturan izolatörlerin düşey rijitliği tarafından kontrol edilir. Bu düşey frekansı tahmin edebilmek için, tasarımcının; sadece belirli bir zati yük etkisi altında izolatörlerin düşey rijitliğini hesaplaması gerekmektedir. Bunun için bir lineer analiz yeterlidir. Bir izolatörün düşey yük altındaki başlangıç davranışı oldukça lineerdir ve çeşitli faktörlere bağlıdır.

Tasarım için analiz edilmesi zorunlu bir diğer önemli izolatör özelliği, taban izolatörünün burkulma davranışıdır. Bu analizin yerine getirilmesi için, basınç etkisi altında sıkıştırılmış bir izolatörün, eğilme momenti etkisi altındaki davranışının incelenmesi gerekmektedir. "Eğilme rijitliği" olarak adı geçen bu özellik, düşey rijitliğin belirlenmesi için yapılan analizin bir uzantısı yardımıyla tespit edilmektedir.

Kauçuk bir mesnetin düşey rijitliği aşağıdaki formül yardımıyla verilmektedir:

$$K_V = \frac{E_C \cdot A}{t_r} \tag{3.3}$$

burada

A : İzolatörün enkesit alanı (genellikle levhaların alanı olarak alınır),

t_r : İzolatördeki kauçuğun toplam kalınlığı,

E_c : Belirli düzeydeki bir düşey yük etkisi altında, kauçuk ve çelikten oluşan kompozit elemanın basınç modülüdür. Tek bir kauçuk tabakasına ait E_c değeri, şekil faktörü S'e bağlıdır. S, aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$S = \frac{\text{Yüklü alan}}{\text{Kuvvet uygulanmayan alan}} \tag{3.4}$$

S faktörü, elastomer kauçuk malzemenin tek bir tabakasına ait boyutsuz bir oran ölçüsüdür. Örneğin t kalınlığında ve 2b genişliğindeki, tek tabakalı sonsuz bir şerit için

$$S = \frac{b}{t} \tag{3.5}$$

Çapı Ø ya da yarıçapı R ile belirtilen ve t kalınlığındaki dairesel bir tampon için

$$S = \frac{\phi}{4t} \text{ veya } S = \frac{R}{2t} \tag{3.6}$$

Bir kenarının uzunluğu a olan, t kalınlığındaki kare bir tampon için

$$S = \frac{a}{4t} \tag{3.7}$$

Tam daire şeklindeki tek bir tamponun basınç modülü aşağıdaki gibi verilir:

$$E_c = 6GS^2 \tag{3.8}$$

Aynı değer, kare şeklindeki bir tampon için

$$E_c = 6.73GS^2 \tag{3.9}$$

ile hesaplanır.

Bazı durumlarda izolatörler, doldurulmamış bir merkezi boşlukları olacak şekilde tasarlanabilmektedir. İç yarıçapı a ve dış yarıçapı b olan, halka şeklindeki bir izolatör için basınç modülü,

$$E_c = 6\lambda GS^2 \tag{3.10}$$

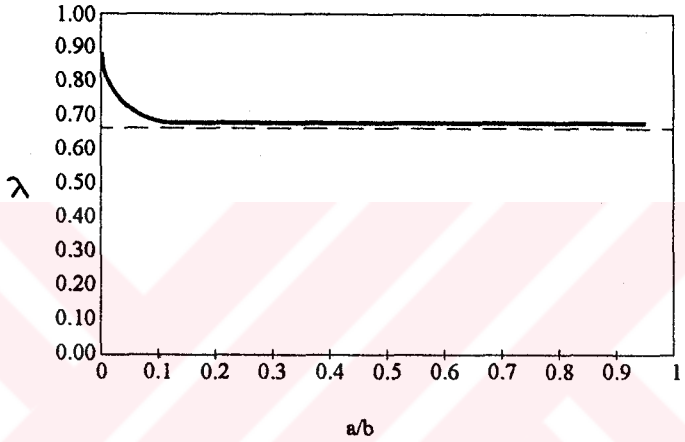
eşitliği ile hesaplanır.Burada

$$\lambda = \frac{b^2 + a^2 - \left[(b^2 - a^2)/\ln(b/a)\right]}{(b-a)^2} \tag{3.11}$$

$a/b \to 0$ ise $\lambda \to 1$ $E_c = 6GS^2$ tam dairesel bir tampon için

$a/b \to 1$ a/b = 1−ε ε→0 $\lambda = 2/3$ $E_c = 4GS^2$ sonsuz şerit için

λ, 2/3 değerine çok hızlı yaklaşmaktadır. Bu durum aşağıdaki Şekil 3.1'de grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Basınç modülü E_c'nin, izolatör geometrisine bağlı olarak azalma grafiği

Şekilde açıkça görülmektedir ki, a/b)0.10 için λ değeri neredeyse 2/3 olmaktadır. Yani, izolatör üzerindeki küçük bir deliğin bile E_c basınç modülü üzerinde çok büyük bir etkisi bulunmaktadır. O yüzden, merkezi delikleri olan izolatörler için çoğu durumda, basınç modülü yani E_c değeri $4GS^2$ olarak alınmalıdır.

Basınç etkisi altında, birbirine bağlı çelik levhalar nedeniyle kauçukta γ_c ile gösterilen bir kayma şekil değiştirmesi meydana gelir. Nominal basınç şekil değiştirmesi ε_c aşağıdaki gibi verilirse,

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta}{t_r} \tag{3.12}$$

burada Δ,basınç etkisi altında meydana gelen düşey yerdeğiştirme yani kısalma miktarıdır. Bu durumda

$$\gamma_c = 6S\varepsilon_c \tag{3.13}$$

olur. Bu değer tamponun kenarlarında meydana gelen maksimum kayma şekil değiştirmesidir ve çoğu zaman tasarımda kullanılır.

Tasarımcının üzerinde durduğu tek kayma şekil değiştirmesi değeri, basınca bağlı maksimum kayma şekil değiştirmesi değildir. Ortalama kayma şekil değiştirmesini belirlemek de ayrıca faydalı olmaktadır. Çünkü kauçuk malzeme her zaman bir şekilde, şekil değiştirmeye karşı duyarlıdır. Kayma modülü, G, özellikle çok dolu kauçuk malzemelerde olmak üzere, şekil değiştirme düzeyine bağlı olarak değiştirilmektedir. Ortalama şekil değiştirmeyi tahmin etmek için kullanılan uygun basınç modülü değeri, tamponda depolanmış elastik enerjinin hesabına dayanır.

Ortalama kayma şekil değiştirmesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$\gamma_{ort} = \sqrt{6}S\varepsilon_c \tag{3.14}$$

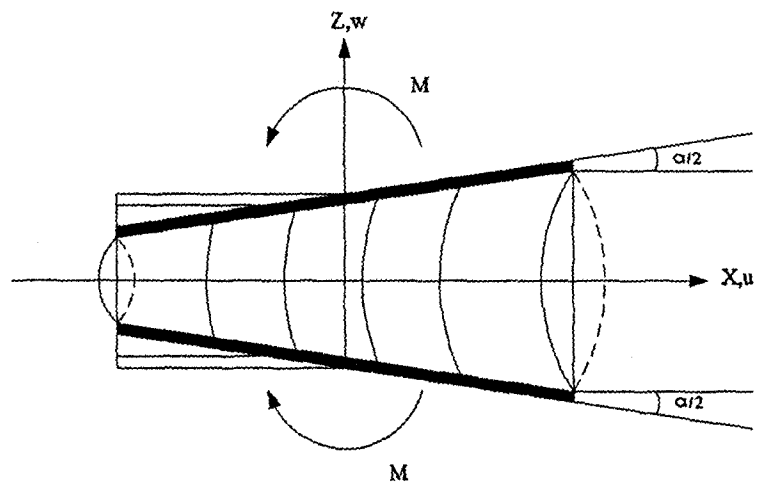
belirli bir mertebedeki deneme yanılmaya ihtiyaç olmasına karşın, bu tür hesaplamalar uygun G değerinin tahmin edilmesi için tasarımcıya kolaylık sağlamaktadır.Böylelikle bu adımdan sonra düşey rijitlik değeri belirlenebilmektedir. ε_c'yi hesaplamak için ilk olarak rastgele bir G değeri seçilmek zorundadır. Bu adımdan sonra da γ_{ort} hesaplanır. Bulunan sonuca göre kayma modülü değeri gerekirse yeni bir iterasyon daha yapılarak değiştirilir. % 20'nin üzerindeki şekil değiştirme oranlarında kayma modülü, şekil değiştirmeye karşı çok duyarlı değildir. Bu nedenle birkaç iterasyon gereklidir.

Bir tamponun eğilme rijitliği , yerdeğiştirme kabullerinde kullanılan yaklaşımla benzer bir yaklaşım kullanılarak hesaplanır. Tamponun, salt bir M momenti ile yüklü olduğu kabul edilir. Tampondaki yerdeğiştirme ise, tampona bağlı üst ve alt levhaların bir dönmesi olarak kabul edilir. Bu durum aşağıdaki Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Üst ve alt levhalar arasındaki rölatif açı α ile gösterilmektedir. Yerdeğiştirme tarafından meydana getirilen eğrilik yarıçapı ρ, α ile aşağıda gösterildiği gibi ilişkilidir.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\alpha}{t} \tag{3.15}$$

Kiriş teorisindeki analojiyi gözönüne alırsak

$$M = \frac{EI}{\rho} \tag{3.16}$$



Şekil 3.2 Salt eğilme etkisi altında olan rijit tabakalar arasındaki kauçuk tampon

Bu durumda aşağıdaki ifade ortaya çıkar:

$$M = (EI)_{eff}\,\frac{\alpha}{t} \tag{3.17}$$

Burada

M : Eğilme momenti

α : Alt ve üst levhalar arasındaki rölatif açı

t : Tek bir kauçuk tabakasının kalınlığıdır.

R yarıçaplı dairesel bir tampon için aynı sonuç aşağıdaki gibi çıkacaktır:

$$M = \frac{3\alpha G}{2t^3} \cdot \frac{\pi R^6}{12} \tag{3.18}$$

ve dairesel kesitli bir kiriş için,

$$I = \frac{\pi R^4}{4} \tag{3.19}$$

olacaktır.

Ancak bu durumda, eğilme rijitliği yani EI ifadesindeki elastisite modülü E' *i*,

$E_c = 6GS^2$ olarak almamız halinde, I için $\pi r^4/12$ sonucunu buluruz. Bulunan sonuç, yukarıda ifade edilen kiriş atalet momentinin üçte birine eşittir. Aradaki bu fark, tampon boyunca basınç dağılımının kübik parabol olarak değişmesine karşın, kirişte ise eğilme gerilmesi dağılımının lineer olması gerçeğinden kaynaklanmaktadır.

Kare şeklindeki bir tampon durumunda; efektif eğilme rijitliği, kirişin eğilme rijitliği EI'nın üçte birine çok yakındır, şöyle ki

$$(EI)_{eff} = E_c(0.329\ I) \tag{3.20}$$

Merkezi bir deliği olan dairesel tampon için benzer eşitlik aşağıda ifade edilmektedir.

$$(EI)_{eff} = 2GS^2 I \frac{(b+a)^2}{b^2 - a^2} \tag{3.21}$$

Eğilme nedeniyle oluşan kayma şekil değiştirmeleri, aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$\gamma_b = 6S\varepsilon_b \tag{3.22}$$

burada

$\varepsilon_b = R(\alpha / t)$: Eğilme nedeniyle oluşan kenar basınç şekil değiştirmesidir.

Ortalama kayma şekil değiştirmesi

$$\gamma_b^{ort} = \sqrt{2}S^2\alpha$$

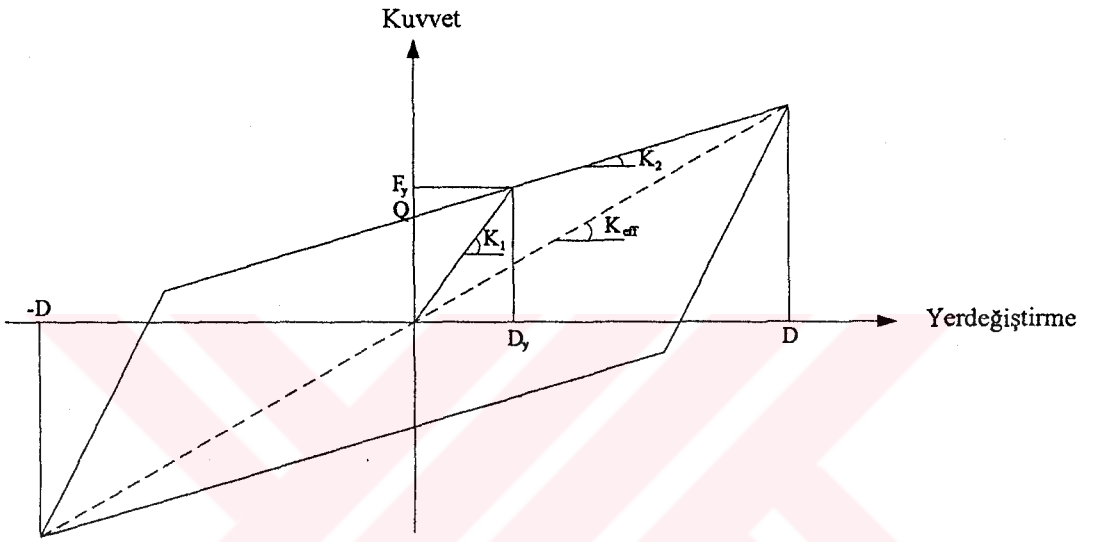
$$= \sqrt{2}S\frac{R}{4}\cdot\frac{\alpha}{t} = \frac{\sqrt{2}}{4}S\varepsilon_b \tag{3.23}$$

3.3 Kurşun-Çekirdekli Tabakalı Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri

Kurşun çekirdekli izolatörler daima bilineer elemanlar olarak modellenirler. Bu izolatörlerin karakteristikleri üç temel parametreye dayanır. Bunlar sırasıyla K_1, K_2 ve Q'dur. Elastik rijitlik K_1'in hesaplanması zordur ve genellikle K_2'nin ampirik olarak belirli bir katsayı ile çarpılması sonucunda hesaplanır. K_2 ise, kauçuğun kayma modülünden ve izolatör mesnetinin tasarım boyutlandırması sonucu kesin bir şekilde

belirlenen, "Akma sonrası rijitlik"tir. Karakteristik dayanım Q, kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisinde kuvvet ekseni üzerindeki bir büyüklüktür. Q, kurşunun akma gerilmesi (10.3 Mpa) ve kurşun çekirdeğin alanına göre belirlenir.

Kurşun çekirdekli bir izolatörün efektif rijitliği kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisinin en alt ve en üst noktalarını birleştiren doğru parçasının eğimidir, dolayısıyla yerdeğiştirme değeri arttıkça efektif rijitlik küçülür. Bu durum aşağıdaki Şekil 3.3'te gösterilen tipik bir kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisinden kolayca anlaşılabilir.



Şekil 3.3 Kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi üzerindeki temel parametreler

Temel parametreler olan K_1, K_2 ve Q cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D} \qquad D \geq D_y \tag{3.24}$$

burada D_y akma yerdeğiştirmesidir.

Doğal frekans, ω aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\omega = \sqrt{\frac{K_{eff} \cdot g}{W}}$$

$$= \sqrt{\omega_0^2 + \mu \cdot \frac{g}{D}} \tag{3.25}$$

burada $\mu = \frac{Q}{W}$, $\omega_0^2 = K_2 \cdot g / W$ ve efektif periyot T ise aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 + \mu \cdot \frac{g}{D}}} \tag{3.26}$$

$D \geq D_y$ için, efektif sönüm β_{eff} aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\beta_{eff} = \frac{\text{Histeresis eğrisinin alanı}}{2\pi K_{eff} D^2} \tag{3.27}$$

Histeresis eğrisinin alanı $4Q(D - D_y)$ çarpım ifadesi ile verilmektedir. β_{eff} 'i, bu temel parametreler cinsinden yeniden yazmak gerekirse aşağıdaki notasyon takip edilebilir.

$$D_y = \frac{F_y}{K_1} \qquad F_y = Q + K_2 D_y \tag{3.28}$$

böylelikle

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2} \tag{3.29}$$

olarak hesaplanır.

β_{eff} 'in tanımını ve Denklem (3.24)'teki sonucu kullanırsak aşağıdaki sonucu elde ederiz.

$$\beta_{eff} = \frac{4Q(D - D_y)}{2\pi(K_2 D + Q)D} \tag{3.30}$$

Genel bir kural olarak elastik rijitlik K_1, 10 K_2 olarak alınır. Bu kabul $D_y = Q/(9K_2)$ sonucunu verir ve sonuç olarak efektif sönümü aşağıdaki gibi elde ederiz.

$$\beta_{eff} = \frac{4Q[D - (Q/9)K_2]}{2\pi(K_2 D + Q)D} \tag{3.31}$$

3.4 Sürtünmeli Sarkaç Tipteki İzolatör Sistemlerin Mekanik Karakteristikleri

Sürtünmeli sarkaç tipteki bir izolatörün taşıdığı yük W, yaptığı yatay yerdeğiştirme D, sürtünme katsayısı μ ve sürtünme kuvveti F_S olsun. Aşağıdaki Şekil 3.4'te sistemin serbest cisim diyagramı ve tüm değişkenleri gösterilmektedir.

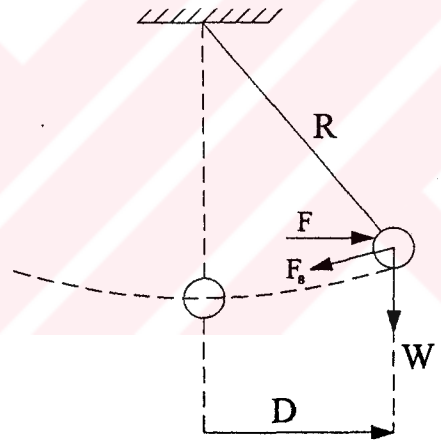
Sistemde meydana gelen F tepki kuvveti aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$F = \frac{W}{R} \cdot D + \mu \cdot W(\mathrm{sgn}(\dot{D})) \tag{3.32}$$

burada

R : Küresel yüzeyin eğrilik yarıçapını,

$\mathrm{sgn}(\dot{D})$: Kayma hızına bağlılığı gösteren bir işaret fonksiyonunu ifade etmektedir.



Şekil 3.4 Sürtünmeli sarkaç sistemin serbest cisim diyagramı ve temel parametreleri

Yukarıdaki eşitlikte yer alan ilk terim, kütlenin yükselmesinden kaynaklanan geri dönüş kuvveti yani sarkaç kuvvetidir. Bu kuvvet değeri, bir yatay rijitlik sağlamaktadır.

$$K_H = \frac{W}{R} \tag{3.33}$$

Yatay rijitlik aşağıda gösterildiği üzere "T" ile ifade edilen bir izolasyonlu yapı periyodu üretmektedir.

$$T = 2\pi\sqrt{R/g} \tag{3.34}$$

Yukarıdaki eşitlikten anlaşılacağı gibi, izolasyonlu yapı periyodu taşınan kütleden bağımsızdır. (3.31) nolu eşitlikte yer alan ikinci terim ise mafsallı kayıcı ve içbükey (konkav) yüzey arasında oluşan sürtünme kuvvetini ifade etmektedir. Sürtünme katsayısı, μ; p basıncına ve kayma hızı yani $\dot{D}$'ne bağlıdır. Basınç değeri arttıkça, sürtünme katsayısı azalmakta; 51 mm/s'nin üzerindeki hızlarda ve 14 MPa'dan daha yüksek basınçlarda ise hızdan bağımsız hale gelmektedir. Sürtünmeli sarkaç tipteki izolasyonlu sistemlerde; geri dönüş kuvvetinin çok doğrusal özellik göstermesi, kayma hareketi meydana gelmeden önce sistemin yüksek rijitliğe sahip olması ve kayma hareketi nedeniyle oluşan sürtünme dolayısıyla enerji yutulması gibi özellikler, kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrilerinin karakteristik özellikleridir.

Efektif rijitlik aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanabilir:

$$K_{eff} = \frac{W}{R} + \frac{\mu \cdot W}{D} \tag{3.35}$$

Sürtünmeli sarkaç tipteki izolasyon sistemlerinin diğer karakteristikleri aşağıdaki eşitliklerde verildiği gibidir:

Efektif sönüm değeri,

$$\beta_{eff} = \frac{4\mu W d}{2\pi[(W/R)D + \mu W]d} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\mu}{(D/R) + \mu} \tag{3.36}$$

D yatay yerdeğiştirmesinden sonra yukarı yöndeki δ_V yerdeğiştirmesi,

$$\delta_V = R\left[1 - \cos\left(\arcsin\frac{D}{R}\right)\right] \tag{3.37}$$

denklemi ile hesap edilir.

4. TABAN İZOLASYON SİSTEMLERİNİN ANALİTİK MODELLENMESİ

4.1 Giriş

Taban izolasyon sistemi, her bir izolatörün kuvvet-yerdeğiştirme eğrisine ve bir veya iki eksenli olmasına göre modellenir. İzolatörlerin düşey doğrultuda rijit olduğu ve herbirinin burulma dayanımının ihmal edildiği kabul edilmiştir.

Taban izolatörlerinin analitik modellenmesi için lineer elastik yaylar, viskoz söndürücüler, kauçuk izolatörler, kayıcı izolatörler ve sürtünmeli sarkaç izolatörler kullanılmaktadır.

4.1.1 Lineer Elastik Elemanlar

Lineer elastik elemanlar, sönümlü izolatörlerin davranışlarını yaklaşık olarak ifade edebilmek amacıyla kullanılan yaylardan ibarettir. Yayların boyuna ve enine rijitlikleri sırası ile K_x ve K_y, dönme rijitliği ise K_r olarak tanımlanır.

4.1.2 Lineer Viskoz Elemanlar

Lineer viskoz elemanlar, viskoz özellikli izolatörlerin davranışını ifade etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu elemanların boyuna ve enine ötelenme sönüm katsayıları sırası ile C_x ve C_y, dönme sönüm katsayısı ise C_r olarak tanımlanır.

4.1.3 İki Eksenli İzolatör Modeli

Enine ve boyuna doğrultuda düzlem hareketlere sahip bir izolatörde meydana gelen yatay kuvvetler, iki eksenli etkileşimi ifade etmektedir. Yatay kuvvetlere ilave olarak burulma momentleri de meydana gelebilir. Ancak bu burulma momentlerinin, toplam burulma momentlerine katkısı ihmal edilebilmektedir.

İzolatör yerleştirilmiş bir mesnetteki hareketi engelleyici kuvvetlerin yönü, hareketin yönüne karşı koymaktadır. İki doğrultuda bileşeni olan hareketin doğrultusu, aşağıda ifade edilmektedir:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\dot{U}_Y}{\dot{U}_X}\right) \tag{4.1}$$

Burada Θ, X eksenine göre kaymanın yönünü ifade etmektedir. İki doğrultuda hareketleri izole edebilecek iki eksenli izolatörler için Park, Wen ve Ang tarafından tavsiye edilen matematik model,

$$\begin{Bmatrix} \dot{Z}_X Y \\ \dot{Z}_Y X \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} A\dot{U}_X \\ A\dot{U}_Y \end{Bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_X^2(\gamma \operatorname{sgn}(\dot{U}_X Z_X) + \beta & Z_X Z_Y(\gamma \operatorname{sgn}(\dot{U}_Y Z_Y) + \beta \\ Z_X Z_Y(\gamma \operatorname{sgn}(\dot{U}_X Z_X) + \beta & Z_Y^2(\gamma \operatorname{sgn}(\dot{U}_Y Z_Y) + \beta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{U}_X \\ \dot{U}_Y \end{Bmatrix} \tag{4.2}$$

Burada;

Z_X, Z_Y : Histeretik boyutsuz değerler,

Y : Akma yerdeğiştirmesi,

A, γ, β : Histeretik döngünün şeklini kontrol eden boyutsuz sabitlerdir.

A=1, γ=0.9 ve β=0.1 değerleri hesaplar için tavsiye edilmiştir.

Akma başladığında, $\frac{A}{\beta + \gamma} = 1$ ise;

$$Z_X = Cos\ \Theta$$

$$Z_Y = Sin\ \Theta$$

özel çözümü ortaya çıkmaktadır. Burada Z_X ve Z_Y, ± 1 değerleri arasında sınırlanmıştır. Ayrıca, histeretik kuvvetlerin iki eksenli etkileşimi ve yönleri dikkate alınmaktadır. Yukarıdaki (4.2) ifadesi ile verilen histeretik eğrisi dairesel ve süreklidir.

(4.2) denkleminde verilen iki eksenli izolatör analitik modeline ait matrisin diyagonal dışı elemanlarının yerine sıfır yazılarak iki eksenli etkileşim ihmal edilebilir. Bu, iki dik doğrultuda ya sürtünmeli ya da iki doğrulu bağımsız elemanlı bir eksenli model olarak sonuçlanır.

4.1.3.1 Kauçuk İzolatörlerin İki Eksenli Modellenmesi

Bir kauçuk izolatörün hareketi halinde enine ve boyuna doğrultuda oluşan kuvvetler, aşağıda verildiği gibidir :

$$F_X = \alpha \frac{F^Y}{Y} U_X + (1-\alpha) F^Y Z_X$$

$$F_Y = \alpha \frac{F^Y}{Y} U_Y + (1-\alpha) F^Y Z_Y \qquad (4.3)$$

Burada,

F_x : Kauçuk izolatörün enine doğrultudaki hareketi halinde oluşacak kuvvet,

F_y : Kauçuk izolatörün boyuna doğrultudaki hareketi halinde oluşacak kuvvet,

α : Plastik rijitliğin elastik rijitliğe oranı,

F^Y : Akma kuvveti,

Y : Akma yerdeğiştirmesi,

Z_X : Histeretik kuvvetlerin iki eksenli etkileşimiyle ilgili boyutsuz değer,

Z_Y : Histeretik kuvvetlerin iki eksenli etkileşimiyle ilgili boyutsuz değerdir.

4.1.3.2 Kayıcı İzolatörlerin İki Eksenli Modellenmesi

x ve y doğrultularında kayabilen bir kayıcı izolatör için, kayma hareketini engelleyici kuvvetler aşağıda verilen denklemler şeklinde ifade edilebilir:

$$F_X = \frac{N}{R} U_X + \mu_s N Z_X$$

$$F_Y = \frac{N}{R} U_Y + \mu_s N Z_Y \qquad (4.4)$$

Bu denklemlerde;

F_x : Kayıcı izolatörün hareketi halinde x yönünde oluşacak kuvvet,

F_y : Kayıcı izolatörün hareketi halinde y yönünde oluşacak kuvvet,

μ_s : İzolatör basıncına, kayma hareketinin yönünü belirleyen θ kayma açısına ve kayma hızına bağlı olarak değişen sürtünme katsayısı,

Z_X : Histeretik kuvvetlerin iki eksenli etkileşimiyle ilgili boyutsuz değer,

Z_Y : Histeretik kuvvetlerin iki eksenli etkileşimiyle ilgili boyutsuz değer,

U_X : X doğrultusundaki yerdeğiştirme,

U_Y : Y doğrultusundaki yerdeğiştirme,

N : İzolatör üzerindeki eksenel düşey yük,

R : Kayıcı yüzeyin eğrilik yarıçapıdır.

İzolatör üzerindeki eksenel düşey yük,

$$N = \left(1 + \frac{\ddot{V}_g}{g} + \frac{P_S}{W} \right) \tag{4.5}$$

denklemi ile bulunur.

Sürtünme katsayısı ise,

$$\mu_S = f_{\max} - (f_{\max} - f_{\min}) \exp(a|\dot{U}|) \tag{4.6}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Burada

f_{max} : Sürtünme katsayısının maksimum değerini,

f_{min} : Sürtünme katsayısının minimum değerini göstermektedir.

a : Sürtünme katsayısının maksimum ve minimum değerleri arasındaki geçişi kontrol eden bir katsayıdır.

$\dot{U}$: Kayma hızını ifade etmektedir.

f_{max}, f_{min}, a genellikle kayma açısı θ'nın ve basıncın bir fonksiyonudur. Kayma hızı,

$$\dot{U} = \sqrt{(\dot{U}_X)^2 + (\dot{U}_Y)^2} \tag{4.7}$$

şeklinde hesap edilir.

4.2 Taban İzolasyonlu Yapıların Nonlineer Analizi İçin Kullanılan SAP2000 Bilgisayar Programında, İzolatör Özelliklerinin Nonlineer Link Elemanı Olarak Atanması

1970'li yılların başından itibaren kullanılmaya ve geliştirilmeye başlanan SAP versiyonlarından en sonuncusu, yine "Computers and Structures of Berkeley, California" tarafından geliştirilen SAP-2000'dir. Sunulan bu son versiyonun biz kullanıcılarına sağladığı en büyük yenilik, Microsoft Windows işletim sistemi altında çalıştırılabilmesidir. SAP-2000 bilgisayar programı; sonlu elemanlar yöntemini

kullanarak, yapıların üç boyutlu statik ve dinamik analizi ile tasarımlarını yapabilmektedir.

SAP-2000 bilgisayar programının da kendi içinde üç farklı versiyonu bulunmaktadır. Bunlar analiz kapasiteleri sırayla arttırılmış, birbirine benzer ve aynı grafik ortamı kullanan programlardır. Sözkonusu programın versiyonlarının isimleri; SAP-2000, SAP-2000PLUS ve SAP-2000Nonlineerdir.

SAP-2000 bilgisayar programının nonlineer versiyonunda lokal nonlineer özellikleri "Nonlineer link elemanları" ve "Nonlineer Özellikler" başlıkları altında modellemek mümkündür.

Bu program vasıtasıyla modellenebilen link elemanları aşağıda sıralanmıştır.

- Viskoelastik sönüm sağlayan "Damper" elemanı,
- Yalnız basınca çalışan "Gap", ve yalnız çekmeye çalışan "Hook" elemanları,
- Tek eksenli plastisite özelliği sağlayan "Plastic1",
- İki eksenli plastisite özelliği sağlayan "Isolator1" ve
- Sürtünmeli sarkaç tipteki taban izolatörü olan "Isolator2"dir.

Taban izolasyonlu yapılarda kullanılan izolatörler için, nonlineer karakterli kuvvet – yerdeğiştirme ilişkileri, yerel nonlineer özelliklere izin verebilme yeteneği atayabilen başka bilgisayar programları da mevcuttur. Bu programlar içinde N-PAD (Base Isolation Consultants, San Francisco, CA), ETABS (Computers and Structures, Berkeley, CA), 3D-BASIS (State University of New York, Buffalo), DRAIN-3D (University of California, Berkeley) sıralanabilir.

Bu çalışmada üç boyutlu yapı elemanlarının analitik modellenmesi için SAP-2000 bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu nedenle SAP-2000 bilgisayar programında, kurşun-kauçuk izolatörlerin ve sürtünmeli sarkaç tipteki taban izolatörlerinin nonlineer link elemanları olarak analitik modellenmesinin nasıl yapıldığından bahsedilecektir.

Şunu da belirtmek gerekmektedir ki, nonlineer davranış yalnızca nonlineer zaman tanım alanında yapılan analizler sırasında sergilenmektedir. Diğer tüm analizler için "Nonlineer link elemanı" lineer davranış gösterecektir.

Herbir nonlineer link elemanının altı adet ayrı yaydan teşkil olduğu kabul edilmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere, nonlineer link elemanı için altı serbestlik

derecesi tanımlanabilir. Sözkonusu serbestlik dereceleri sırasıyla eksenel, kayma, burulma ve salt eğilme deformasyonlarıdır. Her bir yay birtakım çift yönlü özelliklere sahiptir.

Yaylar:

- Tüm lineer analizler için kullanılan, lineer efektif rijitlik ve efektif sönüm özelliklerine ve
- Sadece nonlineer zaman tanım alanındaki analizler için kullanılan, lineer olmayan kuvvet-deformasyon ilişkisine sahiptir.

Son özellikte anlatılmak istenen şudur ki; nonlineer link elemanı, nonlineer zaman tanım alanlı analiz dışındaki diğer tüm analizlerde, lineer davranış gösterdiği kabul edilerek çözüme katılır. Herhangi bir serbestlik derecesi için nonlineer özellikler belirtilmemişse, lineer rijitlik özellikleri nonlineer zaman tanım alanındaki analizde kullanılır. Lineer efektif sönüm özelliği ise, yalnızca davranış spektrumu analizlerinde ve lineer zaman tanım alanındaki analizlerde kullanılır.

Yayların nonlineer kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisi, modellenen davranış tipine bağlı olarak ayrık ya da birleşiktir.

SAP-2000 bilgisayar programında Nllink elemanlar, iki düğüm noktalı ve tek düğüm noktalı (yere mesnetlenmiş) olmak üzere iki tiptir. Bu tez çalışmasında tek düğüm noktalı Nllink elemanlar kullanılacaktır. Nllink elamanı tek düğüm noktalı ise, uzunluğu sıfır olarak alınır ve 1 lokal koordinatı eksenel koordinattır. Z ekseni, global eksen olarak alınır ve pozitif yön yukarı yöndedir. İki eksenli izolatör modelinde uzunluk sonsuz alınırken, 1 lokal ekseni, i düğüm noktasını j düğüm noktasına bağlayan koordinat olarak alınmaktadır. 2 ve 3 lokal eksenleri, 1 lokal ekseni ve Z global eksenine göre belirlenir. 1-2 lokal düzlemi, Z global eksenine paralel ve düşey olarak alınır. Buna karşın 3 lokal ekseni ise, x-y düzlemine yatık ve daima yataydır. 2 lokal ekseni, global Z eksenine göre düşey iken; global X ekseni boyunca yatay olarak alınır.

İki düğüm noktalı izolatörlerde deformasyonlar aşağıda ifade edildiği gibidir:

Eksenel : $d_{u1} = u_{1j} - u_{1i}$

1-2 Düzleminde kayma : $d_{u2} = u_{2j} - u_{2i} - d_{j2}r_{3j} - (L - d_{j2})\, r_{3i}$

1-3 Düzleminde kayma : $d_{u3} = u_{3j} - u_{3i} - d_{j3}r_{2j} - (L - d_{j3})\, r_{2i}$

Burulma : $d_{r1} = r_{1j} - r_{1i}$

1-3 Düzleminde salt eğilme : $d_{r2} = r_{2i} - r_{2j}$

1-2 Düzleminde salt eğilme : $d_{r3} = r_{3j} - r_{3i}$

Yere mesnetlenmiş tek düğüm noktalı izolatörlerde, i düğüm noktasındaki deformasyonlar sıfırdır.

Yukarıdaki eşitliklerde yer alan parametreler aşağıda açıklanmaktadır.

$u_{1i}, u_{2i}, u_{3i},$: i düğüm noktasındaki yerdeğiştirmeler,

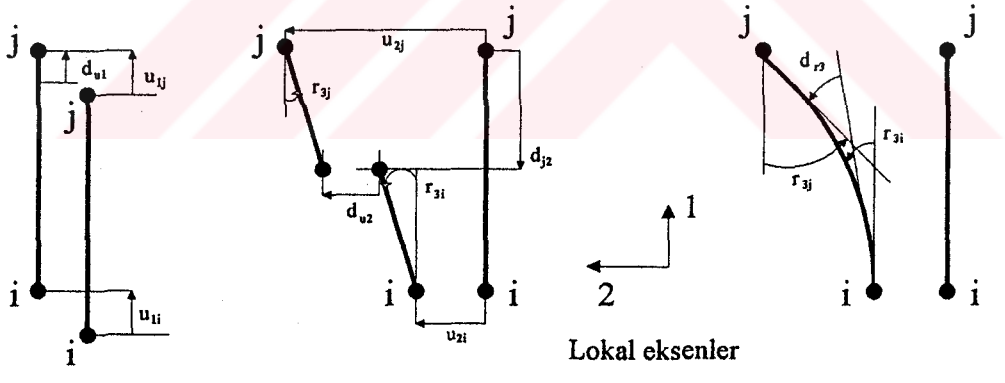
$r_{1i}, r_{2i}, r_{3i},$: i düğüm noktasındaki dönmeler,

$u_{1j}, u_{2j}, u_{3j},$: j düğüm noktasındaki yerdeğiştirmeler,

$r_{1j}, r_{2j}, r_{3j},$: j düğüm noktasındaki dönmelerdir.

d_{j2} , d_{u2} deformasyonunun oluştuğu yerin j düğüm noktasına olan uzaklığıdır ve default olarak sıfır alınır. d_{j3} , d_{u3} deformasyonunun oluştuğu yerin j düğüm noktasına olan uzaklığıdır ve yine default olarak sıfır alınır. L eleman uzunluğudur. Elemanın rijit hareketi halinde, tüm deformasyonlar sıfır olacaktır.

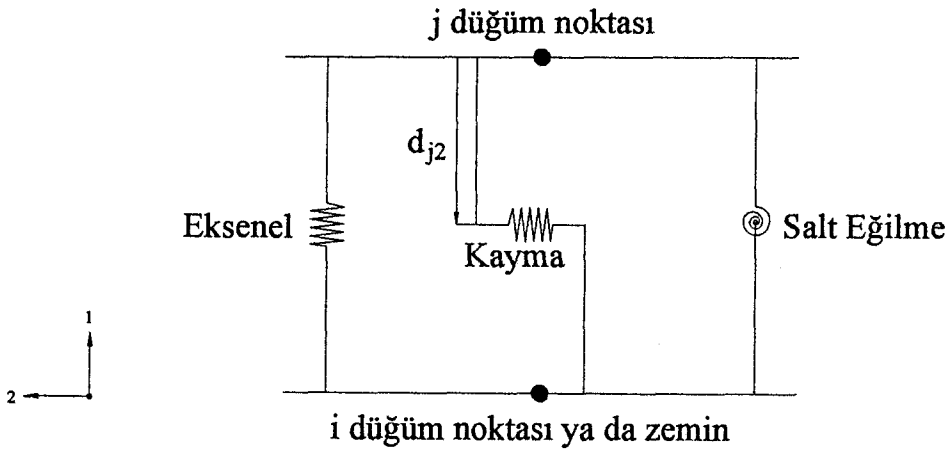
Aşağıdaki Şekil 4.1'de, Nllink elemanı için tanımlanan deformasyon şekilleri gösterilmiştir. d_{j2} ve d_{j3} farklı değerler alabilmekle beraber, genellikle sürtünmeli sarkaç izolatör tipinde olduğu gibi birbirine eşit değerdedir.



a) Eksenel Deformasyon b) Kesme Deformasyonu c) Eğilme Deformasyonu

Şekil 4.1 Nllink elemanı için tanımlanan deformasyon şekilleri

Aşağıdaki Şekil 4.2'de ise, Nllink elemanı için tanımlanan ve üzerinde serbestlik dereceleri görülen yay elemanı gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Nllink elemanı için tanımlanan altı serbestlik dereceli yay elemanı

Bu deformasyonlara karşılık gelen yay kuvvetleri, elemanın davranışını belirler.

Eksenel : d_{u1} için f_{u1}

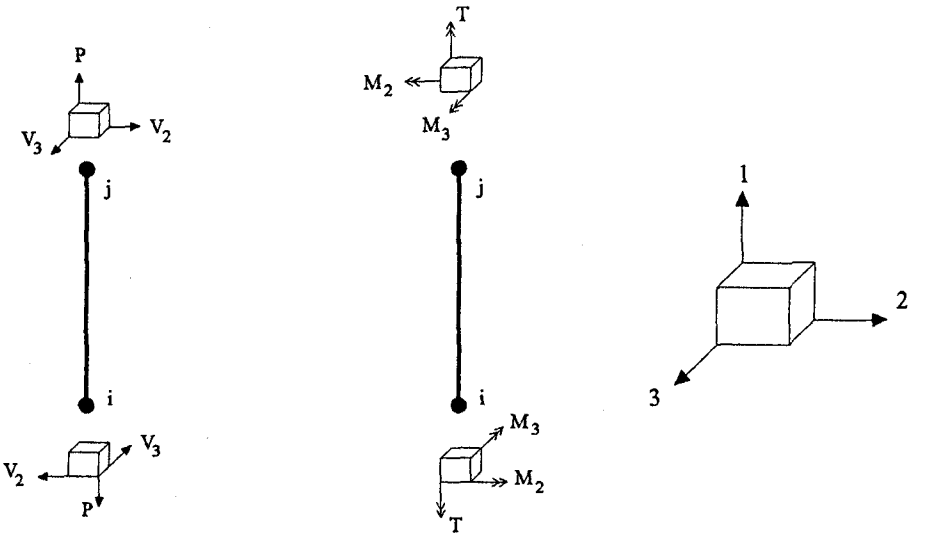
Kayma : d_{u2} için f_{u2} ve d_{u3} için f_{u3}

Burulma : d_{r1} için f_{r1}

Salt Eğilme : d_{r2} için f_{r2} ve d_{r3} için f_{r3}

Burada f_{u1}, f_{u2} ve f_{u3} iç yay kuvvetleri; f_{r1}, f_{r2} ve f_{r3} ise yay momentleridir. Bu kuvvetler sıfır, lineer ya da nonlineer olabilir. Bunun yanısıra bağımsız ya da birbirleriyle etkileşimli olabilirler.

Eleman iç kuvvetleri P, V_2, V_3 ve iç momentleri T, M_2, M_3 çubuk elemanlardaki gibidir ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Nllink elemanında iç kuvvet ve momentler

Eksenel : $P = f_{u1}$

1-2 düzleminde kayma : $V_2 = f_{u2}$ $M_{3s} = (d - d_{2j}) f_{u2}$

1-3 düzleminde kayma : $V_3 = f_{u3}$ $M_{2s} = (d - d_{3j}) f_{u3}$

Burulma : $T = f_{r1}$

1-3 Düzleminde salt eğilme : $M_{2b} = f_{r2}$

1-2 Düzleminde salt eğilme : $M_{3b} = f_{r3}$

Kayma ve salt eğilme etkileri beraber düşünüldüğünde;

$M_2 = M_{2S} + M_{2b}$

$M_3 = M_{3S} + M_{3b}$ olacaktır.

Bu iç kuvvet ve momentler, nonlineer link elemanının her enkesitinde mevcuttur.

İç yayların herbirinin lineer davranış göstermesi halinde yay kuvveti ve deformasyon ilişkileri, matris formunda aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\begin{bmatrix} f_{u1} \\ f_{u2} \\ f_{u3} \\ f_{r1} \\ f_{r2} \\ f_{r3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{u1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{u2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_{u3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_{r1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & k_{r2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{r3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{u1} \\ d_{u2} \\ d_{u3} \\ d_{r1} \\ d_{r2} \\ d_{r3} \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

Buradaki k_{u1}, k_{u2}, k_{u3}, k_{r1}, k_{r2} ve k_{r3} değerleri iç yayların lineer rijitlik katsayılarıdır.

Yere mesnetlenmiş elemanda j noktası için iç kuvvetler ve yerdeğiştirme ilişkileri matris formunda aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\begin{bmatrix} P \\ V_2 \\ V_3 \\ T \\ M_2 \\ M_3 \end{bmatrix}_j = \begin{bmatrix} k_{u1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{u2} & 0 & 0 & 0 & -d_{j2}\,k_{u2} \\ 0 & 0 & k_{u3} & 0 & -d_{j3}\,k_{u3} & 0 \\ 0 & -d_{j3}\,k_{u3} & 0 & k_{r1} & 0 & 0 \\ -d_{j2}\,k_{u2} & 0 & 0 & 0 & k_{r2} + d_{j3}^2\,k_{u3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{r3} + d_{j2}^2\,k_{u2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix}_j \quad (4.9)$$

Rijitlik terimlerinin sönüm katsayıları ile, yerdeğiştirmelerin ise kendisine karşılık gelen hız değerleri ile yerdeğiştirmesi halinde lineer sönüm davranışı için benzer matris formunu elde etmek mümkündür.

Herbir iç yaya karşılık gelen serbestlik dereceleri için altı adet lineer efektif rijitlik katsayısı belirlemek gerekir. Lineer efektif rijitlik katsayısı, Nllink elemanın toplam elastik rijitliğini ifade eder ve bu katsayı lineer analizlerin hepsinde kullanılır. Örneğin statik analiz, P-delta analizi, modal analiz, hareketli yük analizi, davranış spektrumu analizi ve, lineer ve periyodik zaman tanım alanında analiz gibi. Bu analiz tiplerinde, gerçek nonlineer özellikler dikkate alınmamaktadır. Ayrıca lineer efektif rijitlik, nonlineer zaman tanım alanında yapılan bir analiz sırasında tüm serbestlik dereceleri için, titreşim modlarının elde edilmesinde kullanılır.

Isolator1 Property; iki doğrultuda ortogonal ve etkileşimli kayma deformasyonları için plastik davranış gösteren ve diğer dört deformasyon için lineer efektif rijitlik gösteren, çift eksenli (biaxial) histeretik bir izolatördür. Bu tanımdaki histeretik kavramı, dış yükleme sonucunda elemanda oluşan iç kuvvet – şekil değiştirme ilişkisinin ortaya çıkardığı döngüsel tepki davranışıdır. Bu eleman için oluşturulan plastik model; Wen, Park ve Ang tarafından öngörülen histeretik davranışı esas alır.

Herbir kayma deformasyonu serbestlik derecesi için, lineer veya nonlineer davranış tanımlanabilir.

Eğer her iki yöndeki kayma deformasyonu serbestlik derecesi de nonlineer ise, etkileşimli kuvvet – deformasyon ilişkisi aşağıda ifade edildiği gibidir:

$$f_{u2} = \text{ratio2}\; k_{u2} d_{u2} + (1 - \text{ratio2})\,\text{yield2}\; z_2 \quad (4.10)$$

$$f_{u3} = \text{ratio3}\; k_{u3} d_{u3} + (1 - \text{ratio3})\,\text{yield3}\; z_3$$

Burada

k_2 ve k_3 : Elastik rijitlik katsayılarını,

yield2 ve yield3 : Akma kuvvetlerini,

ratio2 ve ratio3 : Akma sonrası rijitliğin akma öncesi elastik rijitliğe (k_2 ve k_3) oranlarıdır.

z_2 ve z_3 : İç histeretik değişkenlerdir. Bu değişkenler $\sqrt{z_2^2 + z_3^2} \leq 1$ aralığında değerler alırlar ve $\sqrt{z_2^2 + z_3^2} = 1$ zarfı "akma yüzeyi" olarak adlandırılır. z_2 ve z_3'ün başlangıç değerleri sıfırdır ve aşağıdaki diferansiyel denklemlere bağlı olarak, değerler alırlar.

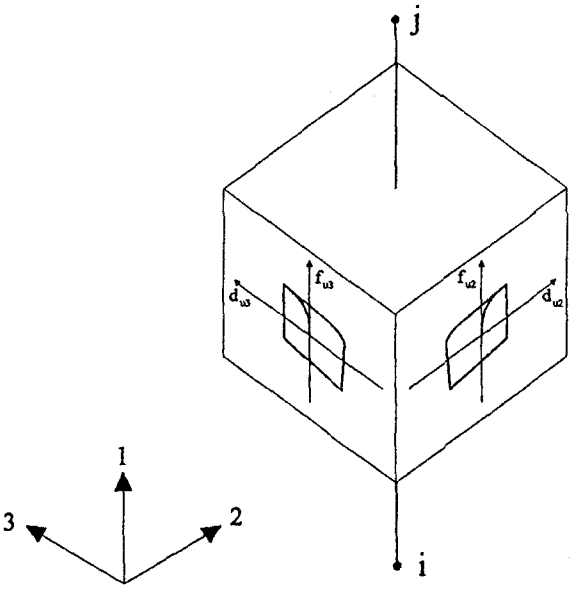
$$\begin{bmatrix} \dot{z}_2 \\ \dot{z}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - a_2 z_2^2 & -a_3 z_2 z_3 \\ -a_2 z_2 z_3 & 1 - a_3 z_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{k_2}{yield2} d\dot{u}_2 \\ \frac{k_3}{yield3} d\dot{u}_3 \end{bmatrix}$$

Burada,

$$a_2 = \begin{cases} 1, & d\dot{u}_2 z_2 \rangle 0 \\ 0, & \text{aksi durum için} \end{cases}$$

$$a_3 = \begin{cases} 1, & d\dot{u}_3 z_3 \rangle 0 \\ 0, & \text{aksi durum için} \end{cases} \qquad (4.11)$$

Aşağıdaki Şekil 4.4'te, Isolator1 Property elemanı için iki eksenli kayma davranışı idealizasyonu gösterilmiştir.

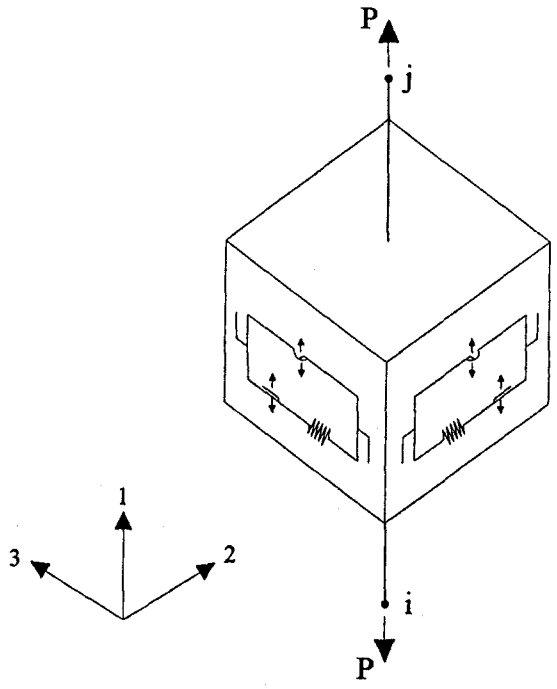


Şekil 4.4 Isolator1 property elemanının iki eksenli kayma davranışı idealizasyonu

Isolator2 Property, iki doğrultudaki ortogonal ve etkileşimli kayma deformasyonları için sürtünmeli davranış gösterir. Kayma doğrultularında kayıcı yüzeyin eğrilik yarıçapına bağlı olarak kayma sonrası rijitlik oluşturur. Bu izolatör, eksenel doğrultuda gap (boşluk – sadece basınca çalışan) eleman davranışı gösteren ve moment deformasyonları için lineer efektif rijitlik özellikleri tanımlanan çift eksenli, sürtünmeli sarkaç tipteki izolatördür. Isolator2 Property elemanının sürtünmeli sarkaç kayma davranışı idealizasyonu Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Sürtünmeli model; Wen, Park ve Ang tarafından öngörülen histeretik davranışı esas alır. Sarkaç davranışı, bu çalışmada öne çıkan Kaliforniya'lı EPS firmasının ürettiği "Friction Pendulum Seismic Isolation Bearings" izolatörünün mucidi Zayas ve firma mühendisi Low tarafından 1990 yılında önerilmiştir.

Sürtünme kuvvetleri ve sarkaç kuvvetleri, elemandaki eksenel basınç yükü ile doğru orantılıdır. Eleman çekme almaz. Eğer sürtünmeli sarkaç kullanılarak izole edilmiş bir yapıda devrilme momentleri etkili ise – örneğin plan düzleminde dar boyutlara sahip yapılarda – ve bazı kolonlarda çekme kuvveti oluşturuyorsa, modellemede Isolator2 Property elemanına ek olarak Hook (salt çakmeye çalışan) tipindeki Nllink elemanları da aynı mesnette birlikte kullanılmalıdır.



Şekil 4.5 Isolator2 property elemanının sürtünmeli sarkaç kayma davranışı idealizasyonu

Eksenel kuvvet P, her zaman nonlineerdir.

$$P \equiv f_{u1} = \begin{cases} k_1 d_{u1}, & d_{u1} < 0 \text{ için} \\ 0, & \text{aksi durum için} \end{cases} \tag{4.12}$$

k_1 rijitliği, elemanda nonlineer kayma kuvveti oluşturulması için pozitif olmalıdır. Herbir kayma deformasyonu serbestlik derecesi için lineer ya da nonlineer davranış tanımlanabilir.

Her iki yöndeki kayma deformasyonu serbestlik derecesinin nonlineer olması halinde, herbir kayma deformasyonu için sürtünme ve sarkaç etkileri birlikte oluşur. Sürtünmeli sarkaç izolatörlerde genellikle bu durum hakimdir.

$$f_{u2} = f_{u2f} + f_{u2p} \tag{4.13}$$
$$f_{u3} = f_{u3f} + f_{u3p}$$

Sürtünme kuvveti – deformasyon ilişkileri aşağıdaki gibidir:

$$f_{u2f} = -P\mu_2 z_2 \qquad (4.14)$$
$$f_{u3f} = -P\mu_3 z_3$$

Burada μ_2 ve μ_3 sürtünme katsayıları, z_2 ve z_3 ise iç histeretik değişkenlerdir.

Sürtünme katsayıları aşağıda ifade edildiği üzere hıza bağlıdırlar.

$$\mu_2 = fast2 - (fast2 - slow2)\exp(-rv) \qquad (4.15)$$
$$\mu_3 = fast3 - (fast3 - slow3)\exp(-rv)$$

Burada slow2 ve slow3 hızın sıfır olduğu andaki sürtünme katsayılarını, fast2 ve fast3 ise yüksek hızlardaki sürtünme katsayılarını gösterir. v bileşke kayma hızı ve r ise efektif ters hızdır. Bu iki değer, aşağıda gösterilen denklemler yardımı ile hesap edilir.

$$v = \sqrt{d\dot{u}_2^2 + d\dot{u}_3^2} \qquad (4.16)$$

$$r = \frac{rate2 d\dot{u}_2^2 + rate3 d\dot{u}_3^2}{v^2} \qquad (4.17)$$

rate2 ve rate3 karakteristik kayma hızlarının tersleridir.

z_2 ve z_3 iç histeretik değişkenler olup, $\sqrt{z_2^2 + z_3^2} \le 1$ aralığında değerler alırlar ve $\sqrt{z_2^2 + z_3^2} = 1$ zarfı "akma yüzeyi" olarak tanımlanır. z_2 ve z_3 'ün başlangıç değerleri sıfırdır ve aşağıdaki diferansiyel denklemlere göre değer alırlar.

$$\begin{bmatrix} \dot{z}_2 \\ \dot{z}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - a_2 z_2^2 & -a_3 z_2 z_3 \\ -a_2 z_2 z_3 & 1 - a_3 z_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{k_2}{P\mu_2} d\dot{u}_2 \\ \frac{k_3}{P\mu_3} d\dot{u}_3 \end{bmatrix} \qquad (4.18)$$

Burada k_2 ve k_3 kaymanın olmadığı durumlarda elastik kayma rijitlikleridir.

Ayrıca

$$a_2 = \begin{cases} 1, & \dot{du}_2 z_2 > 0 \text{ için} \\ 0, & \text{aksi durum için} \end{cases}$$

$$a_3 = \begin{cases} 1, & \dot{du}_3 z_3 > 0 \text{ için} \\ 0, & \text{aksi durum için} \end{cases} \qquad (4.19)$$

Bu denklemler Park, Wen ve Ang tarafından belirlenen sürtünmeli sarkaç tipteki izolatörün analitik modellenmesinde A = 1, $\gamma = 0.5$, $\beta = 0.5$ olması durumuna karşılık gelmektedir. Sarkaç kuvveti – deformasyon ilişkisi aşağıda verilmiştir.

$$f_{u2p} = -P \frac{d_{u2}}{radius2}$$

$$f_{u3p} = -P \frac{d_{u3}}{radius3} \qquad (4.20)$$

Eğer sadece bir yöndeki kayma serbestlik derecesi nonlineer ise, yukarıdaki denklemler aşağıdaki forma dönüşür.

$$\mu = fast - (fast - slow)\exp(-rate\ \dot{d})$$

$$f_r = -P\,\mu\,z$$

$$\dot{z} = \frac{k}{P\mu}\begin{Bmatrix} \dot{d}(1-z^2), & \dot{d}z > 0 \\ \dot{d}, & aksidurum \end{Bmatrix} \qquad (4.21)$$

Sarkaç denklemleri nonlineer serbestlik derecesi için aynı olur. Moment deformasyonları ve nonlineer karakterde olmayan kayma deformasyonları için lineer yay ilişkileri kullanılır. Tüm lineer serbestlik dereceleri için kendisine karşılık gelen ve önceden belirtilmiş efektif rijitlik değerleri kullanılır.

5. A.B.D.'DE TABAN İZOLASYONLU YAPILARIN TASARIMI İLE İLGİLİ GEÇERLİ YÖNETMELİKLER

5.1 Giriş

Türkiye'de; afet bölgelerinde yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek, onarılacak ya da güçlendirilecek resmi ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların bağlı olacağı teknik şartlar "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" adlı şartnamedeki ilkelere uyularak yerine getirilir. Ancak yine bu yönetmeliğin 5.2 No'lu, Kapsam Başlığı altındaki şartlardan dördüncü ve beşinci maddelerde sırası ile şöyle denilmektedir:

- *Yapı taşıyıcı sistemini deprem hareketinden yalıtmak amacı ile, temelleri ile zemin arasında özel sistem ve gereçlerle donatılan veya diğer aktif ve pasif kontrol sistemleri bulunan binalar için bu Yönetmelik hükümleri uygulanamaz.*
- *Her türlü kapsam dışı yapılara uygulanacak esaslar, kendi özel yönetmelikleri yapılıncaya dek, yapımları denetleyen Bakanlıklar tarafından çağdaş uluslararası standartlar gözönünde tutularak özel olarak saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.*

Ortaya konulan yukarıdaki şartlar doğrultusunda, bu tez çalışması için; Amerika Birleşik Devletleri'nde yürürlüğe konulmuş ve taban izolasyonlu binaların tasarımı için şartlar içeren yönetmelikler gözönüne alınmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde taban izolasyonlu binaların tasarımı için, halen kullanılmakta olan iki yönetmelik bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, Uniform Building Code'un, "International Conference of Building Officials" tarafından

yayınlanan 1997 yılı baskısıdır.Bu yönetmeliğin literatürdeki ismi UBC – 97 olarak geçmektedir. İkincisi ise "Title 24, Part 2 of the California Code of Regulations, Division III" tür. Literatürde ismi OSHPD-96 olarak geçmektedir.Title 24,UBC-94'e çok benzer olmakla birlikte, özellikle taban izolasyonlu hastane yapılarına ve Kaliforniya eyaletine bağlı diğer kamu binalarına yönelik olarak, daha özenli şartları da içermektedir.

Yeni binaların tasarımını düzenlemek amacıyla, UBC ve OSHPD-96 yönetmelikleri izolasyon yöntemi kullanılarak mevcut binaların iyileştirilmesine yönelik şartları içermemektedir. Ancak yine de pek çok iyileştirme projesinde UBC Yönetmeliği'nin ortaya koyduğu düzenlemeler yakından takip edilmektedir. Ayrıca UBC Yönetmeliği, düşey izolasyon konusuna hitap etmemektedir. Düzenlemeler, izolasyon sistemleri ile ilgili olarak kesin olmayan bir dille yazılmıştır. Yani hiçbir izolasyon sistemi "kabul edilebilir" nitelikte tanıtılmamıştır. Ancak yönetmelik şartları, tüm izolasyon sistemlerinin; gerekli deplasman için stabil olması gerektiğini, artan deplasmanla beraber artan bir dayanım temin etmesi gerektiğini ve tekrarlı yükleme durumunda özelliklerinin azalmaması gerektiğini şart kılmıştır.

Bu yönetmeliklerin altında yatan felsefe şudur ki; bu düzenlemeler kullanılarak tasarlanmış izolasyonlu bir yapının, orta ve yüksek şiddetteki depremler durumunda ankastre temelli bir yapı gibi davranış sergilemesi beklenmektedir. Yönetmeliğin amacı yapının maliyetini düşürmek değil ancak yapıya ve onun içindekilere gelecek hasarı sınırlandırmaktır. Bunu sağlarken, taban izolasyonunun şu avantajı gözden kaçmamalıdır: Taban izolasyonu, yapıda elastik bir davranışa ve büyük bir deprem itkisi için düşük kat ivmelerine izin vermektedir.

Bu yönetmelikler ve tasarım anahatları; "Structural Engineers Association of Northern California – SEAONC" nin bir alt komitesi tarafından 1980'lerde geliştirilen tasarım anahatlarından yavaş yavaş geliştirilmiştir. 1986 yılında SEAONC, "Sarı Kitap" olarak bilinen ve "Tentative Seismic Isolation Design Requirements" başlıklı bir doküman yayınladı. Bu dokümanda ortaya konulan şartlar, SEAONC tarafından tavsiye edilen muhtelif yöntemler için, kaynak vazifesi görmüştür. Ayrıca bu şartlar, Amerika Birleşik Devletleri'nde depreme dayanıklı binaların tasarımı için kullanılan UBC Yönetmeliği'nin çeşitli baskılarında yürürlüğe konulmuştur. Sarı kitapta üzerinde en çok önemle durulan konular; eşdeğer yanal kuvvet yöntemleri ve ankastre temelli yapıların tasarımı için gerekli olan sismik

taleplerin mertebesi idi. O da, 50 yıllık bir periyotta aşılması olasılığı % 10 olan bir yer hareketidir. Bu yönetmeliklerde, dinamik analiz yöntemlerine izin verilmiş ancak basitçe, statikçe eşdeğer formüller tasarıma yönelik minimum bir düzey sağlamıştır.

5.2 1997 UBC Yönetmeliği'ndeki Taban İzolasyonlu Yapılara Yönelik Şartlar

5.2.1 Sismik Tehlike Düzeyi

Model olarak alınan UBC – 97 Yönetmeliği'nde, iki düzeyli sismik tehlike yaklaşımı ele alınmaktadır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir:

- Tasarım Esaslı Deprem, "Design Basis Earthquake" (DBE)

50 yıl içinde aşılması olasılığı % 10 olan (İstatiksel olarak tekrar periyodu 475 yıl olan depreme karşılık gelen) yer sarsıntısıdır.

- Olabilecek En Büyük Deprem, "Maximum Capable Earthquke" (MCE)

Bina sahasında, meydana gelmesi beklenebilecek en büyük düzeydeki yer sarsıntısıdır. 100 yıllık zaman diliminde aşılması olasılığı % 10 olan (İstatiksel olarak tekrar periyodu 1000 yıl olan depreme karşılık gelen) yer sarsıntısıdır.

5.2.2 Tasarım Yöntemleri

UBC Yönetmeliği'nin önceki versiyonlarında basit bir, statikçe eşdeğer tasarım yönteminin üzerinde önemle durulmuştur. Bu yöntemde, taban izolasyonlu bir yapıda meydana gelen deplasmanların izolasyon seviyesinde toplanması gerçeğinden faydalanılmakta ve böylece üstyapı neredeyse rijit bir cisim gibi hareket etmektedir. Tasarım tek bir titreşim moduna dayandırılmıştı ve üstyapı için tasarım kuvvetleri, hesap yerdeğiştirme durumunda izolatörlerde ortaya çıkan kuvvetlerden hesap edilmekte idi. Bu durum çok basit bir tasarım işlemi ile sonuçlanmıştır. Yönetmelik yavaş yavaş geliştikçe, bununla beraber dinamik analizin kullanılmasının zorunlu hale geldiği durumların sayısı da artmıştır. Nihayet, gerekli olmayabilecek durumlarda dahi, dinamik analizin kullanılmasına yönelik teşvikler yönetmeliğin içine dahil edildi.

Tüm sismik izolasyon tasarımları için bir statik analiz ortaya koymak zorunludur. Bu durum, tasarım deplasmanları ve tasarım kuvvetleri için minimum bir seviye teşkil etmektedir. Statik analiz hem izolasyon sisteminin ön tasarımı ve dinamik analizin gerekli olduğu yapı için, hem de tasarımın yeniden gözden geçirilmesi adına yararlı

olmaktadır. Hatta bazı özel koşullar halinde statik analiz, kullanılan tek hesap yöntemi olabilmektedir.

UBC – 97 Yönetmeliği'nde, dinamik analiz pek çok durumda gereklidir (OSHPD-96 Yönetmeliği'nde ise her durum için). Yapılacak olan dinamik analiz, davranış spektrumu analizi ya da zaman tanım alanında yapılan analiz şeklinde yürütülebilir. Yapının bulunduğu yerel zemin koşullarına bağlı olarak aşağıdaki durumlarda spektral analiz gerekmektedir:

- İzole edilecek yapı S_3 ya da S_4 gibi yumuşak bir zemin üzerine oturuyorsa,
- İzole edilecek yapı bilinen aktif bir fay hattına 10 km mesafe yakınlığında bulunuyorsa,
- İzole edilecek yapının MCE periyodu 3 saniyeden büyükse

spektral analiz gereklidir.

Davranış spektrumu analizinin gerekli olduğu haller aşağıda sıralanmıştır:

- Yerel zemin koşullarına bağlı spektrum gerekiyorsa,
- Üstyapının yatay ya da düşey yönde düzensiz olması halinde,
- Binanın dört kattan ya da 19.8 m'den daha yüksek olması halinde,
- Yapının izolasyon periyodunun (DBE), elastik ankastre temelli yapının titreşim periyodundan en az üç kat büyük olması halinde

gereklidir.

Zaman tanım alanında analiz, davranış spektrumu analizinin yerine kullanılabilir. Ancak izolasyon sisteminin veya üstyapının yüksek derecede nonlineer olması halinde, zaman tanım alanında analiz zorunlu hale gelmektedir.

5.2.3 Statik Analiz

Statik analiz formülleri, yerdeğiştirmeleri ve kuvvetleri vermekte ve 1 sn ile 3 sn periyot aralığındaki sabit hızlı spektraya dayanmaktadır. UBC – 94 ve OSHPD – 96 Yönetmelikleri'nde, sabit hız spektrumunun değeri "Applied Technology Council – ATC – 3 – 06" şartından türetilmiştir. Z = 0.40, S = 1 ve % 5'lik bir sönüm için hız değeri 0.60 m/sn'dir. Buradan yola çıkarak S_D Yerdeğiştirme spektrumu aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$S_D = \frac{S_V}{\omega} = \frac{T}{2\pi} * \frac{Z}{4} * (0.60) = 0.25\ ZT\ \ m \qquad (5.1)$$

Spektrum; bir zemin faktörü ve bir sönüm katsayısı ile değiştirilmekte ve ardından diğer sismik bölgeler için ayarlanarak tasarım yerdeğiştirmesi D'ye ulaşılır.

Hesaplanacak üç yerdeğiştirme düzeyi aşağıda sıralanmıştır:

- *D, Tasarım yerdeğiştirmesi;* DBE mertebesindeki deprem durumu için izolasyon sisteminin rijitlik merkezindeki yerdeğiştirmedir.
- D_T, *Toplam tasarım yerdeğiştirmesi;* D yönündeki burulma yerdeğiştirmesi bileşenini de içerecek şekilde, binanın bir köşe noktasındaki mesnet yerdeğiştirmesidir.
- D_{TM} , *Toplam maksimum yerdeğiştirme;*MCE düzeyindeki bir deprem durumu için hesaplanan toplam tasarım yerdeğiştirmesidir.

UBC – 94 ve OSHPD – 96 Yönetmelikleri'nde tarif edilen tasarım yerdeğiştirmesi, D, tüm tasarım işlemi için başlangıç noktası teşkil etmekte ve dinamik analiz kullanılsın veya kullanılmasın mutlaka hesap edilmek zorundadır. Tasarım yerdeğiştirmesi kavramı, üstyapıda meydana gelen deformasyonların ihmal edilebilir düzeyde olduğu kabulüne dayanmaktadır ve aşağıdaki fomül ile hesap edilmektedir.

$$D = \frac{0.25ZNS_IT_I}{B}\ (m) \qquad (5.2)$$

Burada

Z : Sismik bölge faktörü (Örneğin 4 no'lu bölge için 0.4)

N : Aktif faya yakınlık faktörü

S_I : Zemin faktörü

T_I : Saniye cinsinden efektif periyot

B : Sönüm katsayısı

Tasarım yerdeğiştirmesi kavramı hala aynı olmakla birlikte, UBC – 97 yönetmeliğindeki formulasyon daha karmaşıktır. Birçok sayıda yeni terim yönetmeliğe dahil edilmiştir. Örneğin şu andaki yönetmelikte birbirinden farklı altı adet yerdeğiştirme değeri hesaplanmalıdır. Zemin profili tiplerinin sayısı altıya çıkmıştır. Bunlardan üçü; sert kaya, kaya ve yumuşak kayadır.

Yine aynı şekilde hesaplanması gereken dört tane sismik katsayı bulunmaktadır. Ancak 4 No'lu bölgede aşağıdaki faktörlerin hesaplanması zorunludur:

- Sismik kaynak tipine ve sismik kaynak yakınlığına bağlı olarak değişen N_a ve N_v katsayıları,
- ZN_v'ye bağlı olarak değişen C_{AM} ve C_{VM} katsayıları

Tasarlanan taban izolasyonlu projelerde halen dinamik analiz kullanılıyor olmasına rağmen, statik analiz hala zaruriyetini korumaktadır.

UBC – 97 Yönetmeliği'ne göre iki temel yerdeğiştirme değerinin hesaplanması gerekmektedir. Bunlar D_D ve D_M ya da bir başka deyişle izolasyon sisteminin rijitlik merkezinde meydana gelen DBE ve MCE yerdeğiştirmeleridir. Bu değerler aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır:

$$D_D = \frac{(g / 4\pi^2)\, C_{VD}\, T_D}{B_D} \quad \text{(mm)} \qquad (5.3a)$$

$$D_M = \frac{(g / 4\pi^2)\, C_{VM}\, T_M}{B_M} \quad \text{(mm)} \qquad (5.3b)$$

Burada

g : Yerçekimi ivmesi

C_{VD} ve C_{VM} : Sismik katsayılar

T_D ve T_M : İzolasyon periyotları

B_D ve B_M : Sırasıyla DBE ve MCE düzeyindeki deprem durumlarına karşılık gelen sönüm katsayılarıdır.

Bu förmüllerdeki C_{VD} ve C_{VM} terimleri; sismik bölge faktörü Z'nin, yerel zemin profili tipinin ve deprem fayına yakınlık faktörlerinden birisi olan N_V'nin, birer fonksiyonudurlar. Bu terimlerin ve D_D ile D_M'in hesap edilmesi için gereken diğer faktörlerin tanımlamaları aşağıdaki alt başlıklarda ifade edilmektedir.

5.2.3.1 Sismik Bölge Faktörü, Z

Sismik bölge faktörleri 1 No'lu Bölge için 0.075'ten başlayarak, 4 No'lu Bölge için 0.4'e kadar değişmektedir.

5.2.3.2 Yerel Zemin Profili Tipi

S_A'dan S_E'ye kadar yerel zemin profilleri, zeminin üst 30.5 m'lik kısmındaki ortalama kayma dalgası hızına bağlı olarak belirlenir. Bu hız yumuşak zeminler (S_E) için 180 m/s'nin altından başlayarak, sert kaya zemin profili (S_A) için 1500 m/s'nin üstüne kadar değişmektedir. Bir diğer zemin profili tipi sınıfı S_F, yerel zemin sınıfına bağlı olarak kesin bir değerlendirme gerektirir. S_F zemin profili tipi, ortalama kayma dalgası hızına dayanılarak sınıflandırılmıştır ve sıvılaşma problemlerine açık olan, kötü yerel zemin koşullarını teşkil etmektedir.

5.2.3.3 Sismik Kaynak Tipleri:A, B, C

Sismik faylar, temsil ettikleri tehlikenin ciddiyetine bağlı olarak üç farklı kategoriye ayrılırlar.

Büyük manyitüdlü ($M \geq 7.0$) depremleri üretebilecek ve yüksek oranda sismik aktiviteye sahip (yıllık ortalama sismik kayma hızı (SR) 5 mm/yıl veya daha fazla olan) fay hatları "A Tipi" kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Orta manyitüdlü depremleri ($M < 6.5$) üretebilecek ve nispeten düşük hızda bir sismik aktiviteye sahip olan ($SR \leq 2$ mm/yıl) fay hatları "C Tipi" kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. A ve C tipleri dışında kalan tüm fay hatları "B Tipi" kaynaklar olarak sınıflandırılırlar.

5.2.3.4 Kaynak Yakınlık Faktörleri: N_a ve N_v

Kaynak yakınlığı etkilerine bağlı olarak, yer hareketi büyütmesini modellemek üzere iki tane faktör kullanılmaktadır. Birincisi, N_a, davranış spektrumunun sabit ivmeli kısmına karşılık gelen kısa periyot aralığı için kullanılır. İkinci faktör, N_v, davranış spektrumunun sabit hızlı kısmına ya da orta periyot aralığına karşı gelen, taban izolasyonu uygulamalarında öncelikli olarak kullanılan kaynak yakınlığı faktörüdür.

Kaynak yakınlık faktörleri, deprem kaynağına en yakın mesafenin ve sismik kaynak tipinin birer fonksiyonudurlar. UBC – 97 Yönetmeliği'nde yerel kaynak mesafesi; yapının inşa edileceği yerel zemini ile fay kırığının yüzeydeki düşey izdüşümü arasındaki en yakın mesafe olarak tanımlanmaktadır. Yine aynı yönetmeliğe göre, yapının yerel zemin yüzeyinin altından itibaren 10 km veya daha derininde bulunan bir fay kırığı söz konusu ise, kaynak yakınlığı etkisi gözönüne alınmaz.

5.2.3.5 MCE Davranış Katsayısı, M_M

MCE davranış katsayısı olan M_M, DBE deprem seviyesinin karakteristiklerine dayanan MCE davranışını değerlendirmek üzere kullanılır. Yönetmelikte M_M, ZN_V'nin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Şöyle ki: $ZN_V = 0.075$ için 2.67'den, $ZN_V \geq 0.50$ için 1.20'ye kadar değerler almaktadır. Küçük DBE deprem durumları için, büyük M_M değerlerinin atanmasının mantığı; düşük depremselliği olan bölgelerde DBE ve MCE deprem durumları arasındaki farkın, genellikle yüksek depremselliği olan bölgelerdekinden çok daha büyük olması gerçeğinden kaynaklanmaktadır.

5.2.3.6 Spektral Sismik Katsayılar: C_{VD}, C_{VM} ve C_{AD}, C_{AM}

Bu katsayılar, tasarımda kullanılacak minimum spektral ordinatların tanımlanması amacıyla kullanılmaktadır. C_{VD} ve C_{AD} terimleri DBE deprem spektrumunun, sırasıyla sabit hızlı ve sabit ivmeli kısımlarına karşılık gelmektedir. C_{VM} ve C_{AM} katsayıları ise, MCE deprem spektrumu için aynı fonksiyonu yerine getirmektedir. Sismik izolasyonlu yapılar için tanımlanan C_{VD} ve C_{AD} katsayıları, ankastre temelli yapılar için UBC – 97 Yönetmeliği'nin 16-Q ve 16-R nolu tablolarında tanımlanmış olan C_V ve C_A katsayıları ile aynıdır.

C_{VD} ve C_{AD} katsayıları sismik bölge faktörünün ve yerel zemin profili tipinin birer fonksiyonudurlar. Ayrıca şu nokta da gözönünde tutulmalıdır ki, 4 No'lu bölge için grafiklerde gösterilen değerler, uygun kaynak yakınlık faktörü N_V veya N_A ile çarpılmak zorundadır.

Benzer bilgiler C_{VM} ve C_{AM} için de geçerlidir. Burada MCE deprem durumu için davranış katsayısı işin içine girer. M_MZN_V veya M_MZN_A değerlerinden herhangi birinin 0.40'dan büyük olması halinde ilgili grafikteki katsayı ile çarpılmalıdır.

5.2.3.7 Sönüm Katsayıları: B_D ve B_M

Sistemdeki efektif sönüm değeri yani β katsayısı, DBE ve MCE deprem davranışı seviyeleri (β_D ve β_M olarak adı geçmektedir) aşağıdaki formüllerden hesap edilir.

$$\beta_D = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{\text{histeresis eğrisinin toplam alanı}}{K_{D,\,max} * D_D^2} \right] \qquad (5.4a)$$

$$\beta_M = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{\text{histeresis eğrisinin toplam alanı}}{K_{M,\,max} * D_M^2}\right] \qquad (5.4b)$$

Burada $K_{D,\,max}$ ve $K_{M,\,max}$ bir sonraki alt başlıkta tarif edilecek olan efektif rijitlik terimleridir. Sönüm azaltma faktörü B (DBE için B_D ve MCE için B_M olarak ifade edilir) ara değerlerin lineer enterpolasyonla bulunacağı, β cinsinden UBC – 97 Yönetmeliği'nin A-16-C nolu tablosunda çizelge şeklinde verilmektedir. Tablodaki değerlere çok yakın bir tahmin, aşağıdaki formül yardımıyla verilmektedir.

$$\frac{1}{B} = 0.25\,(1 - \ln\beta) \qquad (5.5)$$

Çeşitli sönüm oranlarına karşılık gelen sönüm katsayıları Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Sönüm katsayıları

Efektif Sönüm (Kritik sönümün yüzdesi cinsinden)	**Sönüm Katsayısı**
% 2 ve aşağısı	0,8
% 5	1,0
% 10	1,2
% 20	1,5
% 30	1,7
% 40	1,9
% 50 ve yukarısı	2,0

5.2.3.8 Efektif Sistem Titreşim Periyotları: T_D ve T_M

DBE ve MCE düzeyindeki deprem durumlarına karşılık gelen, sırasıyla T_D ve T_M periyotları aşağıdaki formüllerden hesaplanır:

$$T_D = 2\pi\sqrt{\frac{W}{K_{D,\min}\cdot g}} \qquad (5.6a)$$

$$T_M = 2\pi\sqrt{\frac{W}{K_{M,\min}\cdot g}} \qquad (5.6b)$$

Burada,

W : Binanın ağırlığı

g : Yerçekimi ivmesi

$K_{D,eff}$: $(F_D^+ - F_D^-) / (D_D^+ - D_D^-)$

$K_{M,eff}$: $(F_M^+ - F_M^-) / (D_M^+ - D_M^-)$

$K_{D,min}$: Test sonucunda belirlenen D_D yerdeğiştirmesi için $K_{D,eff}$ değerinin minimumu,

$K_{D,max}$: Test sonucunda belirlenen D_D yerdeğiştirmesi için $K_{D,eff}$ değerinin maksimumu,

$K_{M,min}$: Test sonucunda belirlenen D_M yerdeğiştirmesi için $K_{M,eff}$ değerinin minimumu,

$K_{M,max}$: Test sonucunda belirlenen D_M yerdeğiştirmesi için $K_{M,eff}$ değerinin maksimumudur.

$K_{D,min}$, $K_{D,max}$,$K_{M,min}$ ve $K_{M,max}$ değerleri ön boyutlama safhasında tasarımcı tarafından bilinmezler. Tasarım işlemine; benzer elemanlar üzerinde yapılmış önceki testler veya malzeme karakteristikleri ve önerilen izolatörün şematiğinden yararlanarak, varsayımsal bir K_{eff} değeri ile başlanır. Ön boyutlama işlemi tam anlamıyla tamamlandıktan sonra, prototip izolatörler sipariş edilir ve teste tabi tutulur. Prototipler üzerinde uygulanan testlerin sonuçlarından; $K_{D,min}$, $K_{D,max}$, $K_{M,min}$ ve $K_{M,max}$ değerleri elde edilecektir. F_D^+, F_D^-, D_D^+, D_D^-, F_M^+, F_M^-, D_M^+, D_M^- terimleri sırasıyla DBE ve MCE davranış düzeylerine karşılık gelen, prototip mesnetlerdeki maksimum ve minimum kuvvet ve yerdeğiştirmelerdir. Bu değerler, sistemin mekanik karakteristiklerini belirlemek için kullanılmaktadır. Bundan sonra ön boyutlandırmaya rötuş vermek üzere prototip mesnetlerin sonuçları kullanılır ve dinamik analizin kullanılması halinde bu sonuçlar, çeşitli tasarım büyüklükleri için, sınır değerleri teşkil ederler. Genellikle efektif rijitlik ve efektif sönüm değerleri yerdeğiştirmeye bağlı olduklarından, efektif sistem periyotlarını ve efektif sönüm değerini hesaplama işlemi iterasyonla yapılabilir.

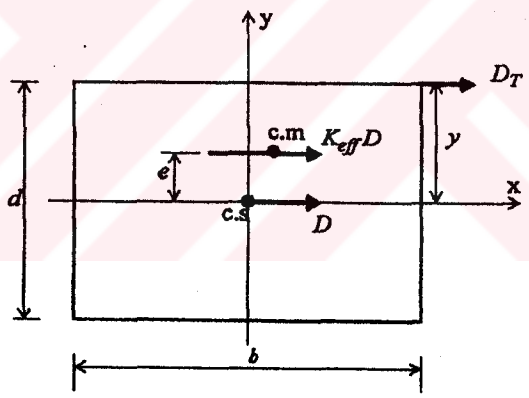
5.2.3.9 Toplam Tasarım Yerdeğiştirmeleri: D_{TD} ve D_{TM}

Burulma etkilerini de içeren toplam tasarım yerdeğiştirmeleri, D_{TD} ve D_{TM}, aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$D_{TD} = D_D\left(1+ \quad y\cdot\frac{12e}{b^2+d^2}\right) \tag{5.7a}$$

$$D_{TM} = D_M\left(1+ \quad y\cdot\frac{12e}{b^2+d^2}\right) \tag{5.7b}$$

Burada e gerçek dışmerkezlik ve onun % 5'i oranındaki ek dışmerkezliğin toplamı, ve y ise deprem yüklemesinin doğrultusuna dik kenara olan uzaklıktır. Bu formüllerde; deprem yükü $K_{eff}D$'nin, rijitlik merkezinden e mesafedeki kütle merkezinde etkidiği kabul edilmektedir . Anlatılan kavramlar aşağıdaki Şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1 Toplam tasarım yerdeğiştirmeleri D_{TD} ve D_{TM}'in hesaplanması için plan boyutları

İzolatörlerin düzgün yayılı olarak yerleştirildiği, b x d boyutlarındaki dikdörtgen bir planı varsayarsak, izolasyon sisteminin burulma rijitliği K_{eff} $(b^2 + d^2)$ / 12 olur ve böylece dönme terimi yani Θ aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\Theta = \frac{K_{eff}De}{K_{eff}\left[(b^2+d^2)/12\right]} = \frac{12De}{b^2+d^2} \tag{5.8}$$

Dönmeden kaynaklanan ek yerdeğiştirme

$$\frac{12De}{b^2 + d^2}\ y \text{ olur.} \tag{5.9}$$

Sistemin gerçek burulma rijitliği hesaplandığında, $K_{eff}D$'den kaynaklanan ek yerdeğiştirme yukarıdaki eşitliklerde verilenlerden küçük kalırsa bu değer kullanılabilir. Ancak bu değer sırasıyla D_D ve D_M'in en az 1.1 katı olmak zorundadır.

Toplam maksimum yerdeğiştirme D_{TM}, izolasyon sisteminin stabilitesinin belirlenmesi için gereklidir.

5.2.3.10 Tasarım Kuvvetleri

Üstyapı ve izolasyon arayüzeyinin altında kalan elemanların tasarımı için kullanılacak olan tasarım kuvvetleri, tasarım yerdeğiştirmesi D'ye bağlı olarak belirlenir. İzolasyon sisteminin altında kalan elemanlar aşağıdaki formülü kullanarak hesaplanır.

$$V_b = K_{D,max} \cdot D_D \tag{5.10}$$

İzolasyon sisteminin üzerinde bulunan elemanların tasarımı için kullanılacak tasarım kuvvetleri ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$V_s = \frac{K_{D,max} \cdot D_D}{R_I} \tag{5.11}$$

Burada R_I, tasarım kuvveti azaltma faktörü veya "süneklik faktörü" olarak isimlendirilir ve 1.4 ile 2 arasında değişmektedir. Aşağıdaki Tablo 5.2'de çeşitli taşıyıcı sistemler durumunda, ankastre mesnetli ve izolasyonlu sistemlere ait süneklik faktörü değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 5.2 Ankastre mesnetli ve izolasyonlu yapı sistemleri için süneklik faktörleri

Taşıyıcı Sistem	R_I	R
Moment aktaran çerçeve	2	8,5
Perde duvar	2	5,5
Merkezi çaprazlı çerçeve	1,6	5,6
Dışmerkez çaprazlı çerçeve	2	7

Hiçbir durumda V_S değeri aşağıda belirtilen değerlerden daha az olmamalıdır.

- UBC Yönetmeliği'nde, ankastre temelli bir yapı için belirlenmiş deprem kuvvetinden,
- Tasarım rüzgar yüküne karşı gelen taban kesme kuvvetinden, ve
- Kurşun-çekirdekli kauçuk izolatörler için akma yükü, kayıcı izolatör sistemleri için kayma sınırı olarak tanımlanabilen, taban izolasyon sistemini tamamıyla harekete geçirmek için gerekli olan yanal kuvvetin 1.5 katından daha az olmamalıdır.

Aynı tipteki taşıyıcı sistemlerin; ankastre temelli ve izolasyonlu tasarımı için azaltma katsayıları arasında aşağıda ifade edilen birkaç sebepten ötürü çok büyük fark bulunmaktadır.

Bu nedenlerden en önemlisi, izolasyonun yapı periyodunu arttırmasıdır. Yapı elastik sınır ötesi şekil değiştirmeler yaptıkça, periyot uzamakta ve yapıya gelecek deprem kuvveti azalmaktadır. Aynı zamanda yapı sistemindeki elastik olmayan şekil değiştirmelere bağlı olarak meydana gelen histeretik davranış nedeniyle, yapıdaki sönüm artmaktadır. Bunlara ek olarak, yeniden dağılım ilkesi gereğince, kapasite üstü etkiler taşıyıcı sistemin tüm elemanları tarafından karşılanır. Taban izolasyonlu bir yapı durumunda, sadece yeniden dağılım ilkesi sözkonusudur.

Örneğin üstyapı için; taşıyıcı sistem olarak moment aktaran çelik bir çerçevenin kullanılması halinde, yönetmelik tarafından izin verilen azaltma faktörü 2 olacaktır. Bu durum şuna işaret etmektedir:

- Yapı sistemi, nominal akma seviyesinin iki katı büyüklüğündeki bir kuvvet düzeyinde akacaktır.
- Sistem, yönetmelik formülüyle belirlenen kuvvetler etkisi altında gerçek akma sınırının eşiğindedir.

Yapı periyodunun artması, izolasyon sisteminin etkinliğini ön plana çıkarır, çünkü ankastre temelli yapı periyodu ile izolasyon periyodu arasındaki ayrım azalır ve yapıya daha büyük kuvvetler etkir. Ayrıca yüksek modların katkısı artar. Buna ek olarak, izolasyonlu yapıdaki sönüm, ankastre temelli yapıdaki sönüm kadar büyük olmayacaktır. Tüm bu sebeplerden ötürü aynı taşıyıcı sistem için R_I faktörleri, R faktörlerinden önemli ölçüde küçük alınırlar. Şunu da gözönünde tutmak gerekir ki; büyük süneklik nedeniyle, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda hasar meydana

gelebilir. Bu yüzden taban izolasyonlu sistemlerde, düşük R_I değerlerinin alınması zorunluluğu hasar kontrolüne eşdeğer bir fayda sağlamaktadır.

5.2.3.11 Yatay Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

UBC – 97 Yönetmeliği'nin önceki versiyonlarında, yapı sistemi üzerindeki atalet kuvvetlerinin düşey dağılımı, yüksek modların katılımının ihmal edilebilir düzeyde olduğu ve yapının tüm seviyelerinde ivmelerin aşağı yukarı aynı olduğu kabulüne dayanmaktaydı. Bununla birlikte kaygı duyulan bir husus daha vardı ki o da bu kabulün yeterli derecede korunumlu olmayabileceği idi. Bu nedenle UBC yönetmeliğinin sonraki baskılarında, düşey dağılım değiştirildi. X nolu kat seviyesindeki yatay deprem yükü (F_x ile gösterilen), V_S taban kesme kuvveti cinsinden aşağıdaki formülasyon ile hesaplanmaktadır.

$$F_x = V_S \frac{h_x w_x}{\sum w_i h_i} \tag{5.12}$$

Burada

w_x ve w_i : x. veya i. katın ağırlığı

h_x ve h_i : İzolasyon seviyesinden itibaren ölçülen kat yükseklikleridir.

Bu formulasyon, elastomer mesnetlerdeki kurşun çekirdekler veya kayıcı mesnetlerdeki sürtünme etkileri örneklerinde olduğu gibi izolasyon sistemindeki doğrusal olmayan davranışın neden olduğu yüksek mod katkılarını da hesaba katan düşeyde üçgensel bir dağılıma yol açmaktadır.

5.2.3.12 Yerdeğiştirme Sınırları

Taban izolasyonlu binalardaki maksimum göreli kat ötelemesi için UBC – 97'de koyulan sınırlar, yine ankastre temelli binalar için koyulan sınırlardan daha serttir. İzole edilmiş binalarda maksimum göreli kat ötelemesi 0.01 / R_I değerini aşmamalıdır. Bu sınır değeri, asal periyotları 0.70 sn'den daha az olan ankastre temelli binalar için % 2.5'un yarısından daha azdır. Yine aynı şekilde daha uzun asal periyotları olan ankastre temelli binalar için % 2'nin yarısından daha azdır.

5.2.4 Dinamik Analiz

Tasarım spektrumu ,yerel zemin koşullarına bağlı spektrumdur ve aşağıdaki hallerde gereklidir:

- MCE deprem durumunda görülen periyot değerinin (T_M) 3 saniyeden büyük veya eşit olduğu ya da,
- Zemin tipinin S_E, S_F olması durumunda veya,
- Yapı, aktif bir fay hattına 10 km mesafe dahilinde bulunuyorsa gereklidir.

UBC – 97 Yönetmeliği gereği, dinamik analiz ayrıca; izole edilmiş yapının efektif periyodunun yani T_D'nin, izolasyon sistemi üzerindeki elastik ankastre temelli yapının periyodundan üç kat daha fazla olması halinde yine gereklidir. Yerel zemin koşullarına bağlı bir spektrumun kullanılması halinde, kullanılan bu spektrum yönetmelik tarafından belirlenmiş davranış spektrumunun % 80'inin altına düşemez.

5.2.4.1 Zaman Tanım Alanında Analiz

- Zaman tanım alanında yapılacak bir analiz için en az üç adet kaydedilmiş yatay bileşen çiftleri gerekmektedir.
- Analizde gözönüne alınan bu kayıtlar; yapının üzerinde bulunduğu sahayı, zemini ve kaynak karakteristiklerini DBE ve MCE düzeyindeki deprem durumları ile tutarlı süreklilikleri olacak şekilde, temsil etmek zorundadır.
- Bir saha için, büyük bir aktif fay hattının 15 km dahilinde geliştirilmiş deprem kayıtları gerekmektedir. Böylelikle fay hattına yakınlık olgusu da yansıtılmış olacaktır.

5.2.4.2 Ölçeklendirme

Her bir yer hareketi çifti için, % 5 sönümlü spektrumların, karelerinin toplamının karekökü hesaplanmaktadır. Yer hareketleri, bu işlemden sonra ölçeklendirilmektedir (bir çarpan ile çarpılmaktadır). Burada amaç, spektrumların karelerinin toplamının karekökünün ortalamasının, DBE veya MCE depremleri için hedeflenen spektrumun 1.3 katının altına düşmemesi içindir. Dinamik analizin kullanılması halinde, tasarım değerleri aşağıda ifade edildiği gibi hesaplanmaktadır.

- Üç tane zaman kaydının kullanılması halinde; tasarım, maksimum davranış niceliklerine göre yapılmalıdır.

- Yedi tane zaman kaydının kullanılması halinde; tasarım ortalama davranış niceliklerine göre yapılmalıdır.

Dinamik analiz yapıldığında, tasarım yerdeğiştirmeleri ve tasarım yükleri için, yönetmeliğin statikçe eşdeğer formüllerince belirlenen değerlerden daha küçük değerlere ulaşmak mümkündür. Yönetmelik tarafından belirlenen sınır değerler aşağıdaki Tablo 5.3'de özetlenmiştir.

Tablo 5.3 Taban izolasyonlu yapılarda dinamik analizin kullanılması halinde UBC – 97 yönetmeliği minimum değerleri

Parametre	Statik Analiz	Davranış Spektrumu Analizi	Zaman Tanım Alanında Analiz
D_{TD}	$D_{TD} \geq 1.10\, D_D$	$0.90\, D_{TD}$	$0.90\, D_{TD}$
D_{TM}	$D_{TM} \geq 1.10\, D_M$	$0.80\, D_{TM}$	$0.80\, D_{TM}$
V_b	$V_b = k_{D,max}\, D_D$	$\geq 0.90\, V_b$	$\geq 0.90\, V_b$
V_S düzenli yapı	$V_S = k_{D,max}\, D_D / R_I$	$\geq 0.80\, V_S$	$\geq 0.60\, V_S$
V_S düzensiz yapı	$V_S = k_{D,max}\, D_D / R_I$	$\geq 1.0\, V_S$	$\geq 0.8\, V_S$
Göreli Yerdeğiştirme	$0.010 / R_I$	$0.015 / R_I$	$0.020 / R_I$

İzolasyon sistemi için belirlenecek toplam tasarım yerdeğiştirmesi, D_{TD}, statik formül tarafından belirlenen değerin % 90'ından daha aza indirilemez. Yine aynı şekilde toplam maksimum yerdeğiştirme, D_{TM}, statik formül sonucunda bulunan değerin % 80'inden daha aza indirilemez. D_{TD} ve D_{TM} yerdeğiştirme değerleri, sırasıyla D_D ve D_M çarpanlarının kullanılmasıyla hesap edilmektedir. UBC – 97 Yönetmeliği; aşağıda gösterildiği üzere, statik formüllerde geçen D_D ve D_M değerlerini, D_D' ve D_M' ile yerdeğiştirerek ilave bir azaltmaya izin vermektedir.

$$D_D' = \frac{D_D}{\sqrt{1 + (T/T_D)^2}} \tag{5.13a}$$

$$D_M' = \frac{D_M}{\sqrt{1 + (T/T_M)^2}} \tag{5.13b}$$

Burada T, yönetmelikte verilen ampirik formül yardımıyla hesaplanan, üstyapının elastik-ankastre temelli periyodudur.

Yukarıda ifade edilen azaltmaların kullanılmasının sebebi, üstyapının elastikiyetine izin vermek içindir[(5.13a) ve (5.13b) Eşitlikleri]. Statik formüllerde, üstyapının rijit

davrandığı kabul edilir. Ayrıca, üstyapıda bir miktar yerdeğiştirme meydana gelmesi halinde, izolasyon sistemindeki yerdeğiştirmenin azalacağı kabul edilir.

5.2.5 Yapısal Olmayan Elemanlar İçin Diğer Gereksinimler

Yapısal olmayan elemanların dayanım tasarımına yönelik olarak; ya ankastre temelli yapılar için belirlenen şartlar kullanılır ya da olabilecek en büyük davranış deprem yükü hesaplanır. İzolasyon arayüzeyinden geçen elemanlar, D_{TM} yerdeğiştirmesi değeri için tasarlanmalıdır. Buna karşın, izolasyon sisteminin altında, ankastre temelli tasarım yöntemleri kullanılmaktadır. Buna ek olarak gözönüne alınması zorunlu olan başka detaylı sistem gereksinimleri bulunmaktadır. Bunlar içinde; çevresel koşullar, rüzgar kuvvetleri, yangına dayanıklılık ve yatay geri döndürücü kuvvet sıralanabilir.

5.2.6 Gözönüne Alınması Gereken Diğer Hususlar

Uniform Building Code'un tüm versiyonlarında anlatılan taban izolasyonu düzenlemelerinde, üzerinde ısrarla durulan özelliklerden bir tanesi de deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesidir, yani bir davranış spektrumu gibi sunulmasıdır. Yönetmelik aslen, iki taraflı yer hareketini dikkate almak amacıyla hedef spektrumda % 30'luk bir artışı zorunlu kılmaktadır. Taban izolasyon sistemlerinin daima izotropik olmalarına karşın, maksimum izolatör yerdeğiştirmesi de her yönde olabilmektedir. Bu nedenle maksimum yerdeğiştirme için kullanılan temel statik formüllerin, her yönde uygulanması amaçlanır. Dinamik analizin, neden iki yönlü yerdeğiştirmeleri kapsaması gerektiği açık değildir. Ayrıca bu gereksinim, eski tip (konvansiyonel) yapılardaki detay sistemlerin tasarım şartları ile doğrudan çelişmektedir. Bu tasarım şartlarında şöyle ifade edilmektedir: *"Öyle elemanlar tasarlanır ki, bir yönde önceden tarif edilmiş tasarım deprem yüklerinin % 100'ü için ve buna ek olarak o yöne dik doğrultu için de önceden tarif edilmiş deprem yüklerinin % 30'u için, birbirine dik (ortogonal) etkilerin şartları yerine getirilmelidir".*

Prototip izolatörlerin kapsamlı bir şekilde test edilmesi için gereken şartlar UBC Yönetmeliği'nin önceki versiyonlarından alınmıştır. Denetleme işlemi için yeni şartlar eklenmiş ve bazı eski şartlar yenileriyle değiştirilmiştir. Bu yeni şartlar içinde; periyodik gözlemleme, izolasyon sisteminin onarımı ya da iyileştirilmesi ve yatay

yerdeğiştirme için bir gözlem cihazı kullanılması gibi konulara yönelik şartlar bulunmaktadır.

5.2.7 UBC – 97 Yönetmeliği Statik Analiz Şartları Kullanılarak Taban İzolasyonu Tasarımında Adım Adım İzlenecek Yol

5.2.7.1 Ön Tasarım Adımları

1. *Sismik Bölge Faktörü (Z) :* Taban izolasyonlu projenin bulunduğu sahanın sismik bölge sınıfı, UBC – 97 Yönetmeliği'nde Fig. 16-2'den tespit edilir. Ardından bu bölgeye karşılık gelen sismik bölge faktörü (Z) Tablo 16-I'den belirlenir.

2. *Yerel Zemin Profili Kategorisi :* UBC -97 Yönetmeliği'nde Tablo 16-J'den belirlenir.

3. *Sismik Kaynak Tipi :* Herbir sismik fay hattı için, karşılık gelen sismik kaynak tipi UBC – 97 Yönetmeliği'nde Tablo 16-U'dan seçilir.

4. *Kaynak Yakınlık Faktörleri (N_a ve N_v) :* Yukarıda seçilen herbir sismik kaynak tipi için, kendisine karşılık gelen kaynak yakınlık faktörleri, UBC - 97 Yönetmeliği'nde Tablo 16-S ve Tablo 16-T'den belirlenir.

5. *Olabilecek En Büyük Deprem Davranış Katsayısı (M_M) :* Yukarıda hesaplanan Z ve N_v değerleri çarpılarak ZN_v değeri elde edilir. Buna göre UBC – 97 Yönetmeliği'nde Tablo 16-D'den okunur.

6. *Sismik Katsayılar (C_{VD} ve C_{AD}) :* Yukarıdaki adımlarda belirlenen sismik bölge faktörü ve yerel zemin profili ile, UBC – 97 Yönetmeliği'nden C_{VD} ve C_{AD} katsayıları, sırasıyla Tablo 16-R ve 16-Q'dan elde edilir.

7. *Sismik Katsayılar (C_{VM} ve C_{AM}) :* İkinci adımda belirlenen zemin profili tipini kullanarak M_M, Z ve N_v birbiri ile çarpılır ve M_MZN_v elde edilir. C_{VM} katsayısı UBC – 97 Yönetmeliği'nde Tablo A16-G'den, C_{VM} katsayısı ise yine aynı yönetmelikteki Tablo A16-F'den hesaplanır.

8. *Yapısal Sistem Azaltma Faktörü (R_I) :* İzolasyon arayüzeyi üzerindeki yapısal sisteme karşılık gelen azaltma faktörü, R_I, UBC – 97 Yönetmeliği'nde A-16-E No'lu tablodan seçilir.

9. *İzolatör Tipinin ve Sönüm Katsayılarının (B_D ve B_M) Seçilmesi :* İzolatör tipi (Yüksek sönümlü kauçuk, kurşun çekirdekli veya kayıcı mesnet) seçilir ve seçilen bu

izolatör tipine göre UBC – 97 Yönetmeliği'nde Tablo A-16-C'den ilgili sönüm katsayısı belirlenir. Örneğin yüksek sönümlü doğal kauçuk tipteki izolatör sistemleri için % 10-12 mertebesinde sönüm katsayısı kullanılır. B_D ve B_M katsayıları için aynı değer atanır. Gerekirse ara değerler için lineer enterpolasyon kullanılır.

10. *İzolasyon Sisteminin Periyodu (T_D) :* Tasarım esaslı yerdeğiştirme düzeyi için izole edilmiş sistemin asal titreşim periyodu olarak bir ön değere karar verilir. Taban izolasyonlu sistemlerde genelde 2-3 sn arasında bir periyot değeri arzu edilir. Sürtünmeli sarkaç tipteki izolatör durumunda ise; periyot, eğrilik yarıçapı R'ye göre tayin edilir.

11. *İzolasyon Sisteminin Efektif Rijitliği (K_{eff}) :* (5.6a) Denklemi ile basitçe hesaplanan izolasyon periyoduna göre efektif rijitlik belirlenir.

12. *Minimum Tasarım Yerdeğiştirmesi (D_D) :* Minimum tasarım yerdeğiştirmesinin ilk değeri daha önceki adımlarda belirlenen parametre değerleri yardımıyla, Denklem (5.3a)'da verilen ifadeyle hesaplanır. Bu değerin projemiz için kabul edilebilecek değerden büyük olması halinde, sistemimizi daha rijit hale getirmemiz gerektiği anlaşılır. Bu yüzden 10. adıma geri dönülerek daha küçük bir izolasyon periyodu değeri seçilir ve sonraki adımlar tekrarlanır.

13. *Minimum Tasarım Yatay Kuvvetleri (V_b ve V_s) :* (5.10) ve (5.11) denklemleri kullanılarak, izolasyon sistemleri ve izolasyon arayüzeyindeki veya altındaki yapısal sistemin tasarımı için kullanılacak minimum taban kesme kuvveti, V_b, ve izolasyon arayüzeyinin üstünde bulunan yapı elemanlarının tasarımı için kullanılacak minimum taban kesme kuvveti, V_s, belirlenir. Hesap edilen V_b ve V_s değerleri; proje için kabul edilebilecek değerlerden büyük çıkarsa, rijitliği daha az olan, esnek bir izolasyon sistemine gidilmelidir. Yani titreşim periyodu daha yüksek olan bir öndeğer seçilmeli ve bu adıma kadar yapılan tüm hesaplar tekrarlanmalıdır.

14. *Üstyapı Elemanları İçin Ön Tasarım:* Bir önceki adımda hesaplanan V_s taban kesme kuvveti değeri, Denklem (5.12) yardımıyla binanın herbir katı hizasında statik yatay kuvvet olarak dağıtılır. Dağıtılan bu yatay kuvvetler, üstyapı elemanlarının gerilme tahkiki için kullanılır. Hesaba esas alınan kat yatay yerdeğiştirmesi için, izolasyon sistemi üzerinde maksimum göreli kat ötelemesi oranı "Statikçe Eşdeğer Kuvvet Yöntemi"nde 0.010 / R_I sınır değeri ile karşılaştırılmalıdır (UBC – 97 Yönetmeliği'nde Bölüm 1658.6). Yine aynı şekilde davranış spektrumu analizi ve

zaman tanım alanında analiz yöntemleri kullanılması halinde, maksimum göreli kat ötelemesi oranı için sınır değerler sırasıyla 0.015 / R_I ve 0.020 / R_I olarak alınırlar (UBC – 97 Bölüm 1659.8).

15. *İzolatör Elemanları İçin Bir Ön Tasarım ve Plan Üzerindeki Dağılımları:* Önceki adımlarda belirlenen ön tasarım yerdeğiştirmesi, rijitlik, kuvvet ve sönüm özellikleri kullanılarak; düşey yüklere, yatay yüklere ve yerdeğiştirmelere dayanabilecek yeterlilikte izolatörler tasarlanır. Ayrıca kullanılan herbir izolatör elemanı tipi için bir ön kuvvet-yerdeğiştirme histeretik eğrisi tespit edilmelidir. Bu diyagramlar, izolatörleri imal eden firmalarca, benzer tipteki ve benzer boyuttaki izolatör tipleri üzerinde yürütülen testlerden elde edilmiş sonuçlara dayanmalıdır.

5.2.7.2 Kesin Tasarım Adımları

16. *İzole Edilmiş Yapının Matematik Modelinin Oluşturulması :* UBC – 97 Yönetmeliği'nin Bölüm 1659.5 şartları doğrultusunda, ankastre temelli ve taban izolasyonlu yapıların matematiksel (örneğin bilgisayar) modelinin oluşturulması gerekir. Böyle modellerin oluşturulması için iki tane temel yöntem bulunmaktadır. Bunlar aşağıda ifade edilmektedir:

a) Üstyapının bir taban izolasyon sistemi modeli ile temsil edilmesi. Bu tür bir yaklaşım, çok sayıda model uygulamasının çeşitli deprem durumlarına maruz kalması halinde ya da minimum dışmerkezlik koşulunun yerine getirilmesi gereken durumlarda faydalı olmaktadır.

b) ETABS, SAP-2000 veya izolatörlerin nonlineer karakteristiklerini modelleme kapasitesine sahip benzer bilgisayar programları yardımıyla izolasyon sisteminin ve üstyapının bütünleştirilmiş bir modelini oluşturmaktır.

Tavsiye edilen yaklaşım şudur ki, tasarım iterasyonları sırasında birinci yöntemi kullanmak; buna karşın elde edilen sonuçların doğruluğunu teyit etmek için son aşamalarda ikinci yaklaşımı kullanmaktır ki böylelikle birinci yaklaşımdaki yaklaşıklıklar nedeniyle, yetersiz olarak temsil edilen elemanların tasarımı daha doğru bir şekilde yapılmış olacaktır.

17. *Uygun Yanal Davranış Yönteminin Seçilmesi :* UBC – 97 Yönetmeliği'nin 1657 No'lu bölümünde bildirilen şartlar doğrultusunda uygun bir tasarım yöntemi

seçilebilir. Örneğin statikçe eşdeğer yanal davranış yöntemi, davranış spektrumu analizi ya da zaman tanım alanında analiz gibi.

18. *Tasarım Yerdeğiştirmesinin ve İzolasyon Periyodunun Kesinleştirilmesi :* Projeye esas teşkil edecek yerdeğiştirme ve kuvvet davranış hedeflerini yeterli derecede karşılayan, bir üstyapıya ve taban izolasyon sistemine ait tasarım parametreleri belirlenir. Tasarım yerdeğiştirmesi, D_D ve maksimum yerdeğiştirme, D_M, proje için kesin olarak belirlenir. Bu değerler, daha önceki adımlarda hesaplanmış sınır yerdeğiştirme değerleri ile aynı değildir. D_M, D_D'den; D_D ise ön tasarım aşamasında hesaplanandan daha büyüktür. Tasarım yerdeğiştirmesi ve maksimum yerdeğiştirme düzeyleri için, taban izolasyon periyodu (T_M, T_D) belirlenir.

19. *Efektif Rijitliğin Hedef Değerlerinin Kesinleştirilmesi :* Birbirinden önemli derecede farklı pozitif ve negatif davranış karakteristikleri sergileyen bir taban izolasyon sistemi haricinde, efektif rijitlik için hedef değerleri belirlemek üzere aşağıdaki ifadeler kullanılabilir:

$$K_{D,max} = K_{D,min} = \frac{\text{DBE Taban Kesme Kuvveti}}{D_D} \qquad (5.14a)$$

$$K_{M,max} = K_{M,min} = \frac{\text{MCE Taban Kesme Kuvveti}}{D_M} \qquad (5.14b)$$

20. *Matematiksel Model Sonucu Elde Edilen Efektif Periyodun Değerlendirilmesi :* Matematiksel modelleme sonucu elde edilen periyot değerleri (T_D ve T_M), minimum değerler kullanılarak hesaplanan periyotla karşılaştırılır.

21. *Matematiksel Model Sonucu Elde Edilen Sönüm SeviyesininDeğerlendirilmesi :* Matematiksel modelleme sonucu elde edilen sönüm seviyesiyle, Denklem (5.4a) ve Denklem (5.4b) kullanılarak belirlenen sönüm katsayıları β_D ve β_M karşılaştırılır.

22. *Tasarım Yerdeğiştirmeleri ve Tasarım Kuvvetlerinin Yönetmelik Minimum Değerleri ile Karşılaştırılması :* Yapılacak karşılaştırma sonucunda, hesaplanan tasarım yerdeğiştirmesinin yönetmelik minimum şartından küçük kalması halinde tüm davranış parametreleri (eleman kuvvetleri ve deformasyonları da dahil olmak üzere) yönetmelik minimum değerlerine çıkartılmalıdır. Ayrıca taban kesme kuvvetleri de yine yönetmelik minimum değerlerine çıkartılmalıdır.

23. *Prototip Mesnet Test Sonuçlarına Göre Performansın Değerlendirilmesi :* Prototip mesnet test sonuçlarının uygunluğuna göre, önceki adımlarda kurulmuş olan matematik model yeniden düzenlenir. Revize edilen bu yeni model, en alt ve en yüksek mesnet özelliklerini yansıtacak şekilde oluşturulmalıdır. UBC – 97 Yönetmeliği'nin 1665.5.1 No'lu bölümündeki denklemler kullanılarak $K_{D,max}$, $K_{D,min}$, $K_{M,max}$ ve $K_{M,min}$ efektif rijitlik değerleri yeniden hesaplanıp 20. – 21. ve 22. adımları, revize edilmiş yeni matematik modele göre tekrar yapılacaktır.

24. *İmalat Mesnetlerinin Test Sonuçlarına Göre Performansın Değerlendirilmesi :* İmalat mesnetlerinin test sonuçlarına bağlı olarak elde edilen, en alt ve en üst mesnet özelliklerini yansıtacak matematiksel model yeniden oluşturulacak ve $K_{D,max}$, $K_{D,min}$, $K_{M,max}$ ve $K_{M,min}$ aşağıda verilen ifadeler yardımıyla tekrar hesaplanacaktır. 20. – 21. ve 22. kesin tasarım adımları, revize edilmiş yeni matematik modele göre tekrar yapılacaktır.

$$K_{D,max} = \frac{\sum F_{D,max}^{+} - F_{D,max}^{-}}{D_D^{+} - D_D^{-}} \qquad (5.15a)$$

$$K_{D,min} = \frac{\sum F_{D,min}^{+} - F_{D,min}^{-}}{D_D^{+} - D_D^{-}} \qquad (5.15b)$$

$$K_{M,max} = \frac{\sum F_{M,max}^{+} - F_{M,max}^{-}}{D_M^{+} - D_M^{-}} \qquad (5.15c)$$

$$K_{M,min} = \frac{\sum F_{M,min}^{+} - F_{M,min}^{-}}{D_M^{+} - D_M^{-}} \qquad (5.15d)$$

6. UYGULAMA I

6.1 Giriş

Bu bölümde rijit kolon ve kirişlerden meydana gelen, 4 katlı 3 boyutlu bir betonarme bina modeli, ankastre mesnetli ve taban izolasyonlu olarak SAP2000 bilgisayar programında analitik olarak çözülmüştür. Bu bina modelinde temel tabanının, kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı izolatörler kullanılarak izolasyonu yapılmıştır. Taban izolatörleri, SAP 2000 bilgisayar programında Nllink eleman olarak tanımlanmıştır. Dinamik analizde yer hareketi olarak 12 Kasım 1999 tarihinde meydana gelen Düzce depreminin Doğu-Batı ve Kuzey-Güney bileşenleri karma olarak yani zaman tanım alanında bir zarf şeklinde kullanılmıştır. Düzce_E-W bileşeni 0.005 sn aralıkları ile, 5182 adet ivme değerinden oluşan ve maksimum ivme değeri 513,7803 gal (cm/sn^2) olan bir deprem kaydıdır. Düzce_N-S bileşeni ise 5180 adet ivme değerinden oluşmakta ve maksimum ivme değeri 407,6885 gal (cm/sn^2) olan bir deprem kaydıdır. Bu deprem kaydı zaman tanım alanında nonlineer analiz yapılarak kullanılmıştır. Dinamik analizde öz vektörler için mod sayısı 7 alınmıştır. Her bir mod için binanın sönüm oranı 0,05 olarak alınmıştır.

SAP 2000 bilgisayar programında modeller üzerinde yapılan analizlerde; serbestlik dereceleri, plan düzlemindeki kat döşemesinin orta noktasında olduğu varsayılan kütle merkezinde olmak üzere 3 tanedir. Bunlardan 2 tanesi boyuna ve enine, sonuncusu ise düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesidir. Kat kütleleri sırasıyla aşağıdaki Tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1 Dört katlı binanın kat kütleleri

Kat No	M (kN•sn2/m)
1	343,878
2	340,921
3	338,704
4	208,190

Malzeme olarak BS25/BÇ I seçilmiş ve betonun elastisite modülü 3 025 000 kN/m^2 alınmıştır. Yapıda kolon kesitleri 1.katta (25/40) ve (25/45), 2.katta (25/35), 3. ve 4. katlarda (25/30) olarak alınmıştır. Analizlerde kolon boy uzamaları ihmal edilmiştir. Tüm kiriş kesitleri 25 cm / 60 cm boyutlarında yarım ve tam tablalı olarak boyutlandırılmıştır. İzolasyon seviyesinde 30 cm/ 70 cm boyutlarında dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır. Tüm katlarda döşeme kalınlığı 10 cm alınmıştır. Döşemelerin yatay yöndeki rijitliklerinin sonsuz olduğu kabul edilmektedir.

Çıkan sonuçlar karşılaştırma kolaylığı sağlamak için tablolaştırılmıştır.

6.2 UBC-97 Yönetmeliği'ne Göre Statik Analiz

Statik analiz için gerekli katsayılar, yönetmeliğin ilgili tablo ve grafiklerinden belirlenmiştir. Sözkonusu katsayılar aşağıdaki gibi seçilmiştir:

- Deprem Bölgesi : 4 No'lu bölge olarak seçildiğinden, $Z = 0.4$
- Yerel zemin profili tipi : S_B
- Sismik kaynak tipi : A
- Kaynak yakınlık faktörleri : $N_A = 1.2$ $N_V = 1.2$
- Olabilecek en büyük deprem davranış katsayısı : $M_M = 1.2$
- Spektral sismik katsayılar : $C_{VD} = C_{AD} = 0.48$ $C_{VM} = C_{AM} = 0.58$
- Yapı moment aktaran çerçeve olduğundan, tasarım yükü azaltma faktörü $R_I = 2$ olarak alınır.
- Kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı izolatörde, sönüm oranı %16,3'e kadar ulaşabilir. Buna göre sönüm katsayıları, lineer enterpolasyon ile $B_D = B_M = 1.39$ olarak alınır.
- Efektif sistem titreşim periyotları; $T_D = 3$ sn ; $T_M = 3.2$ sn olarak alınır.

Yukarıda alınan katsayılar doğrultusunda yönetmeliğin minimum değerleri aşağıdaki gibi hesap edilir:

Efektif rijitlikler:

$$3 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{12083}{K_{D,\min} \cdot g}} \qquad K_{D,min} = 5402{,}85 \text{ kN/m}$$

$$3{,}2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{12083}{K_{M,\min} \cdot g}} \qquad K_{M,min} = 4748{,}6 \text{ kN/m}$$

Rijitlik için ± %10 sapma düşünülebilir.

$$K_{D,\max} = \frac{1{,}10}{0{,}9} \cdot 5402{,}85 = 6603{,}48 \text{ kN/m}$$

$$K_{M,\max} = \frac{1{,}10}{0{,}9} \cdot 4748{,}6 = 5803{,}84 \text{ kN/m}$$

Minimum yerdeğiştirmeler:

$$D_D = \frac{(g/4\pi^2) \cdot C_{VD} \cdot T_D}{B_D} = \frac{(9{,}81/4\pi^2) \cdot (0{,}48) \cdot 3}{1{,}39} = 0{,}257 \text{ m}$$

$$D_M = \frac{(g/4\pi^2) \cdot C_{VM} \cdot T_M}{B_M} = \frac{(9{,}81/4\pi^2) \cdot (0{,}58) \cdot 3{,}2}{1{,}39} = 0{,}332 \text{ m}$$

İzolasyon sisteminin altındaki yapı elemanlarının tasarımı için kullanılacak minimum taban kesme kuvveti:

$$V_b = K_{D,\max} \times D_D = 6603{,}48 \cdot 0{,}257 = 1697{,}094 \text{ kN} = 0{,}14 \text{ W}$$

İzolasyon sisteminin üstündeki yapı elemanlarının tasarımı için kullanılacak minimum taban kesme kuvveti:

$$V_s = \frac{K_{D,\max} \times D_D}{R_I} = \frac{1697{,}094}{2} = 848{,}547 \text{ kN}$$

olarak hesaplanır.

6.3 Dört Katlı Betonarme Binada DIS Kurşun Çekirdekli Kauçuk Tabakalı Taban İzolatörü Uygulaması

"Dynamic Isolation Systems, Inc." firması tarafından üretilen ve A.B.D.'de faaliyet gösteren "The Highway Innovative Technology Evaluation Center (HITEC)" kuruluşunca bir dizi teste tabi tutulan kurşun çekirdekli taban izolatörleri üç tiptedir.

DIS tipi kurşun çekirdekli izolatörlere ait fiziksel özellikler ve elemanlar, Ek A'da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Düşey yük kombinezonu gözönüne alınarak sistemdeki kolonların 16 tanesinde

DIS A tipi, ancak geri kalan 8 tanesinde ise DIS B tipi kurşun çekirdekli izolatörler kullanılmıştır.

DIS A tipi kurşun çekirdekli izolatörlere ait, hesaplar için gerekli fiziksel özellikler metrik sisteme çevrilişi ile birlikte aşağıda gösterilmektedir.

Tasarım basınç yükü : 150 kips = $150 \times 4{,}44822^{kN} = 667{,}233$ kN (DCL)

Tasarım Yerdeğiştirmesi : 6 inch = $6 \times 2{,}54^{cm} = 15{,}24$ cm (D_D)

Toplam kauçuk tabaka sayısı : 20 adet

Tek bir kauçuk tabakasının kalınlığı (t) : 0,3 inch = $0{,}3 \times 2{,}54^{cm} = 0{,}762$ cm

Toplam kauçuk tabaka kalınlığı (t_r) : $20 \times 0{,}762^{cm} = 15{,}24$ cm

Kurşun çekirdek çapı : 3,75 inch = $3{,}75 \times 2{,}54^{cm} = 9{,}53$ cm

Kurşun akma dayanımı : 10000 kN/m^2

Kauçuğun plan boyutu : 22,5 inch = $22{,}5 \times 2{,}54^{cm} = 57{,}15$ cm

Kayma modülü (G) : 400 kN/m^2

Matematik modellemenin yapılabilmesi için mekanik karakteristikleri belirleyen parametrelerin tespit edilmesi gerekir. Bunun için yapılan hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörde $K_1 = 10\ K_2$ kabulü yapılmıştır.

$$K_2 = \frac{G \cdot A}{t_r} = \frac{400}{0{,}1524} \cdot \frac{\pi \cdot (0{,}5715)^2}{4} = 673{,}283 \text{ kN/m}$$

$$K_V = \frac{E_C \cdot A}{t_r} \qquad E_C = 6\lambda GS^2$$

Kauçuğun plan düzleminde deliksiz yani boşluksuz olması nedeniyle $\lambda = 1$ olarak alınır.

$$S = \frac{\phi}{4t} = \frac{57{,}15}{4 \cdot (0{,}762)} = 18{,}75$$

$$E_C = 6 \cdot 400 \cdot (18{,}75)^2 = 843750 \text{ kN/ m}^2$$

$$K_V = \frac{843750}{0{,}1524} \cdot \frac{\pi \cdot (0{,}5715)^2}{4} = 1420205{,}433 \text{ kN/m}$$

Q = f_y x (Kurşun çekirdeğin alanı)

$$Q = \frac{10000 \times (0{,}0953)^2 \cdot \pi}{4} = 71{,}33 \text{ kN}$$

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2} = \frac{Q}{9K_2} = \frac{71{,}33}{9 \cdot 673{,}283} = 0{,}01177 \text{ m}$$

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D_D} = 673{,}283 + \frac{71{,}33}{0{,}1524} = 1141{,}33 \text{ kN/m}$$

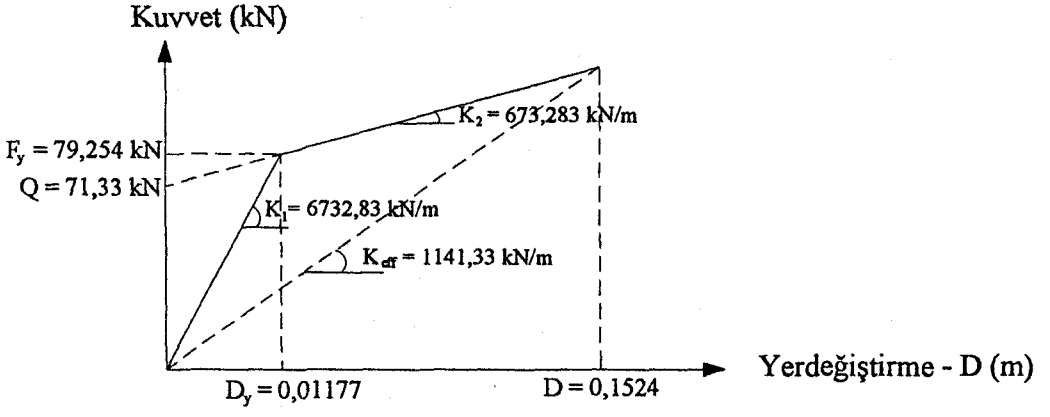
$$F_y = Q + K_2 D_y = 71{,}33 + 673{,}283 \cdot 0{,}01177 = 79{,}254 \text{ kN}$$

DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün matematik modellemesinde kullanılacak parametreler aşağıda sıra ile verilmiştir.

Rijitlik ve Akma Kuvveti Değerleri :

1. K_{eff} = 1141,33 kN/m
2. K_1 = 10 · 673,283 = 6732,83 kN/m
3. K_2 = 673,283 kN/m
4. K_V = 1420205,433 kN/m
5. F_y = K_1 x D_y = 79,254 kN

Yukarıda verilen değerler DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün bilineer kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisinde gösterilmektedir:



Şekil 6.1 DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün modellemesi için kullanılacak kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi parametreleri

DIS B tipi kurşun çekirdekli izolatörlere ait, hesaplar için gerekli fiziksel özellikler metrik sisteme çevrilişi ile birlikte aşağıda gösterilmektedir.

Tasarım basınç yükü : 500 kips = $500 \times 4{,}44822^{kN} = 2224{,}11$ kN (DCL)

Tasarım Yerdeğiştirmesi : 9 inch = $9 \times 2{,}54^{cm} = 22{,}86$ cm (D_D)

Toplam kauçuk tabaka sayısı : 34 adet

Tek bir kauçuk tabakasının kalınlığı (t) : 0,3 inch = $0{,}3 \times 2{,}54^{cm} = 0{,}762$ cm

Toplam kauçuk tabaka kalınlığı (t_r) : $34 \times 0{,}762^{cm} = 25{,}908$ cm

Kurşun çekirdek çapı : 4,75 inch = $4{,}75 \times 2{,}54^{cm} = 12{,}065$ cm

Kurşun akma dayanımı : 10000 kN/m^2

Kauçuğun plan boyutu : 29,5 inch = $29{,}5 \times 2{,}54^{cm} = 74{,}93$ cm

Kayma modülü (G) : 400 kN/m^2

DIS A tipi izolatör için belirlenen parametrelerin tamamı, DIS B tipi için de tespit edilecektir. Yine bu amaçla yapılan hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir. DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörde de $K_1 = 10\ K_2$ kabulü yapılmıştır.

$$K_2 = \frac{G \cdot A}{t_r} = \frac{400}{0{,}25908} \cdot \frac{\pi \cdot (0{,}7493)^2}{4} = 680{,}812 \text{ kN/m}$$

$$K_V = \frac{E_C \cdot A}{t_r} \qquad E_C = 6GS^2$$

$$S = \frac{\phi}{4t} = \frac{74{,}93}{4 \cdot (0{,}762)} = 24{,}583$$

$$E_C = 6 \cdot 400 \cdot (24{,}583)^2 = 1450416{,}666 \text{ kN/ m}^2$$

$$K_V = \frac{1450416{,}666}{0{,}25908} \cdot \frac{\pi \cdot (0{,}7493)^2}{4} = 2468654{,}085 \text{ kN/m}$$

Q = f_y x (Kurşun çekirdeğin alanı)

$$Q = \frac{10000 \times (0{,}12065)^2 \cdot \pi}{4} = 114{,}326 \text{ kN}$$

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2} = \frac{Q}{9K_2} = \frac{114{,}326}{9 \cdot 680{,}812} = 0{,}01866 \text{ m}$$

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D_D} = 680{,}812 + \frac{114{,}326}{0{,}2286} = 1180{,}926 \text{ kN/m}$$

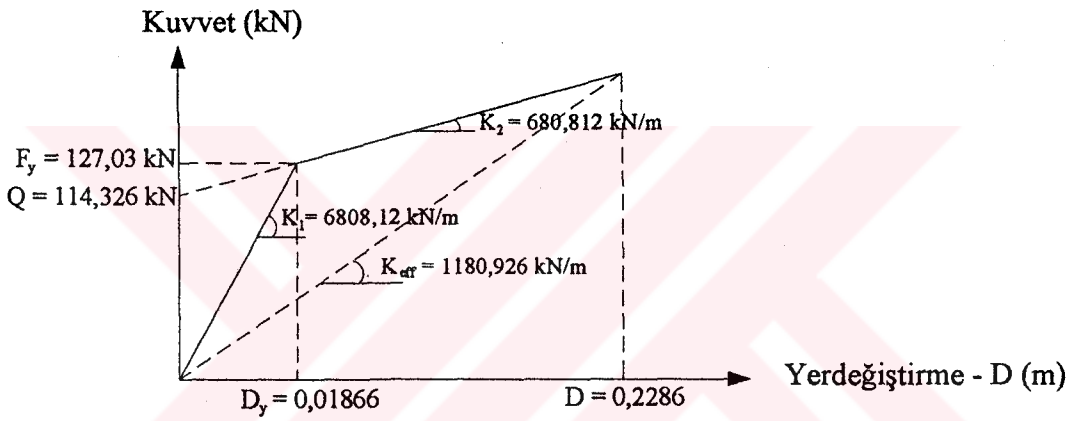
$$F_y = Q + K_2 D_y = 114{,}326 + 680{,}812 \cdot (0{,}01866) = 127{,}03 \text{ kN}$$

DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün matematik modellemesinde kullanılacak parametreler aşağıda sıra ile verilmiştir.

Rijitlik ve Akma Kuvveti Değerleri :

1. $K_{eff} = 1180,926$ kN/m
2. $K_1 = 10 \cdot 680,812 = 6808,12$ kN/m
3. $K_2 = 680,812$ kN/m
4. $K_V = 2468654,085$ kN/m
5. $F_y = K_1 \times D_y = 127,03$ kN

Yukarıda verilen değerler DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün bilineer kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisinde gösterilmektedir:



Şekil 6.2 DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün modellemesi için kullanılacak kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi parametreleri

6.4 SAP 2000 Bilgisayar Programında Taban İzolasyonlu ve Ankastre Mesnetli Yapı Analizi için Data Dosyasının Oluşturulması

- Uzay çerçeve için kat yüksekliği ve açıklık bilgileri dosyaya girilir. Böylelikle çerçeveye ait düğüm noktaları ile çubuk elemanları oluşturulur.
- Üstyapıya ait tüm elemanların kesit özellikleri tanımlanır ve atanır.
- Üstyapıda kullanılan birbirinden farklı her malzemenin özellikleri tanımlanır.
- Mesnet koşulları tanımlanır. İzolasyonlu sistemlerde, Nllink elemanları tek düğüm noktalı olarak atanır.

- İzolasyon düzlemi dahil olmak üzere, bir kata ait tüm düğüm noktalarında rijit döşeme diyaframı atanır.
- Statik yükler tanımlanır ve çubuk elemanlara atanır.
- Kat döşemesinin ortasındaki düğüm noktasında 1, 2 doğrultularında ötelenme, 3 doğrultusunda ise dönme kütlesi atanır.
- Zaman tanım alanında analiz için deprem kaydı dosyada tanımlanır ve deprem yükü olarak deprem kaydına ait bileşen çiftleri atanır.

Bu işlem sırasında çıktı zaman adımları sayısı ve zaman aralıkları tanımlanır. Modal sönüm katsayısı olarak her bir mod için 0,05 alınır. Yük ataması bölümünde, zati yük RAMP fonksiyonuyla tanımlanır. Deprem kaydının E-W bileşeni ACC DIR1, N-S bileşeni ise ACC DIR2 fonksiyonuyla tanımlanır. Deprem kaydının iki bileşeni zarf olarak atanır. Deprem kaydına ait bileşenlerin gerçek değerine yükseltilmesi için "Ölçek faktörü" tanımlanır. Analiz tipi seçilir.

- Nllink elemana ait özellikler atanır.
- Modal analiz tipi belirlenir ve mod sayısı seçilir.
- Analiz çalıştırılır.

Aşağıdaki Tablo 6.2 ve 6.3'te sırası ile; DIS A tipi ve DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörleri, SAP 2000 bilgisayar programındaki analizlerde tanımlarken kullanılan değerler gösterilmektedir.

Tablo 6.2 DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörü, SAP 2000 bilgisayar programında tanımlarken kullanılacak temel parametreler ve değerleri

İzolatör İsmi : DIS A		**Nllink Eleman Tipi : Isolator 1**	
İzolatör Elemanın Toplam Ağırlığı		**4,2703 kN**	
DOĞRULTU		**KATSAYILAR**	
		Lineer	**Nonlineer**
U1 (Düşey)	Rijitlik (kN/m)	1420205,433	–
U2 (Yatay)	Rijitlik (kN/m)	1141,33	6732,83
	Akma Dayanımı	–	79,254
	K_2/K_1	–	0,1
U3 (Yatay)	Rijitlik (kN/m)	1141,33	6732,83
	Akma Dayanımı	–	79,254
	K_2/K_1	–	0,1

Tablo 6.3 DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörü, SAP 2000 bilgisayar programında tanımlarken kullanılacak temel parametreler ve değerleri

İzolatör İsmi : DIS B		Nllink Eleman Tipi : Isolator 1	
İzolatör Elemanın Toplam Ağırlığı		8,3404 kN	
DOĞRULTU		KATSAYILAR	
		Lineer	Nonlineer
U1 (Düşey)	Rijitlik (kN/m)	2468654,085	–
U2 (Yatay)	Rijitlik (kN/m)	1180,926	6808,12
	Akma Dayanımı	–	127,03
	K_2/K_1	–	0,1
U3 (Yatay)	Rijitlik (kN/m)	1180,926	6808,12
	Akma Dayanımı	–	127,03
	K_2/K_1	–	0,1

Tablo 6.2 ve Tablo 6.3'de tanımlanan kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler SAP 2000 bilgisayar programı terminolojisine göre, Isolator 1 tipindeki Nllink elemanlardır.SAP 2000 bilgisayar programında, izolatör özelliklerinin nonlineer link elemanı olarak atanması konusundaki hususlar Bölüm 4.2 başlığı altında anlatılmıştır. Yukarıdaki tablolarda; U2 doğrultusundaki yatay lineer rijitlik önceden hesaplanan K_{eff} rijitliğini, nonlineer rijitlik ise izolatörün akma öncesi rijitlik değeri olan K_1'i gösterir. SAP 2000 bilgisayar programı; akma sonrası rijitlik değeri olan K_2'yi, K_2/K_1 oranından tanımaktadır.

Bu uygulamada; tüm kenar aks kolonlarının altında birer adet A tipi, orta aks kolonlarının altında ise birer adet B tipi olmak üzere toplam 24 adet izolatör kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda birinci titreşim periyodu T_1 = 1,4713 sn olarak bulunmuştur.

6.5 Analiz Sonuçları

Ankastre mesnetli ve DIS tipi kurşun çekirdekli izolatörlü sistemlerin analizi sonucunda elde edilen birinci ve ikinci titreşim periyotları, doğrultusu ile birlikte aşağıdaki Tablo 6.4'te verilmiştir. Aynı analizlerde elde edilen diğer sonuçlar, karşılaştırma kolaylığı sağlaması açısından ayrı bir tabloda gösterilmiştir. Bu sonuçlar ise Tablo 6.5'te görülecektir. SAP 2000 bilgisayar programından alınan çıktılar Ek B'de sunulacaktır.

Tablo 6.4 Yapı sistemlerine ait titreşim periyotları

Yapı Sistemi	Birinci Mod periyodu(sn)	Doğrultusu	İkinci Mod periyodu(sn)	Doğrultusu
Ankastre Mesnetli Yapı	0,6731	Y	0,6677	X
DIS Kurşun - Çekirdekli Taban İzolasyonlu Yapı	1,4713	Y	1,4681	X

Ek B'de verilecek bilgisayar çıktıları sırasıyla şöyledir.

1. Her bir yapı sistemi için 1.Mod deformasyon şekli
2. Her bir yapı sistemi için 2.Mod deformasyon şekli
3. Ankastre mesnetli ve DIS tipi izolasyonlu sistemler için x yönü taban kesme kuvveti
4. Ankastre mesnetli ve DIS tipi izolasyonlu sistemler için y yönü taban kesme kuvveti
5. Ankastre mesnetli ve DIS tipi izolasyonlu sistemler için davranış spektrumunun çizilmesi
6. Ankastre mesnetli ve DIS tipi izolasyonlu sistemler için zemin kat x yönü ivmesi
7. Ankastre mesnetli ve DIS tipi izolasyonlu sistemler için zemin kat y yönü ivmesi
8. Ankastre mesnetli ve DIS tipi izolasyonlu sistemler için zemin kat ağırlık merkezi x yönü maksimum yerdeğiştirmesi
9. Ankastre mesnetli ve DIS tipi izolasyonlu sistemler için zemin kat ağırlık merkezi y yönü maksimum yerdeğiştirmesi
10. S101 kolonu DIS A tipi izolatörü için kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi
11. S108 kolonu DIS B tipi izolatörü için kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi
12. S101 kolonu DIS A tipi izolatörü için mesnet yerdeğiştirmesi
13. S108 kolonu DIS B tipi izolatörü için mesnet yerdeğiştirmesi

6.6 Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yer hareketi olarak kullanılan Düzce depreminin maksimum ivmesi 6,793 m/sn^2'dir. Yapının ankastre mesnetli olarak analizi sonucunda, yer hareketinden dolayı yapıya aktarılan ivmeler yapı temelinden üst katlara doğru artmaktadır. Aynı zamanda bu ivmeler, yer hareketinin ivmesini oldukça aşmaktadır. Buna karşın, taban izolasyonlu

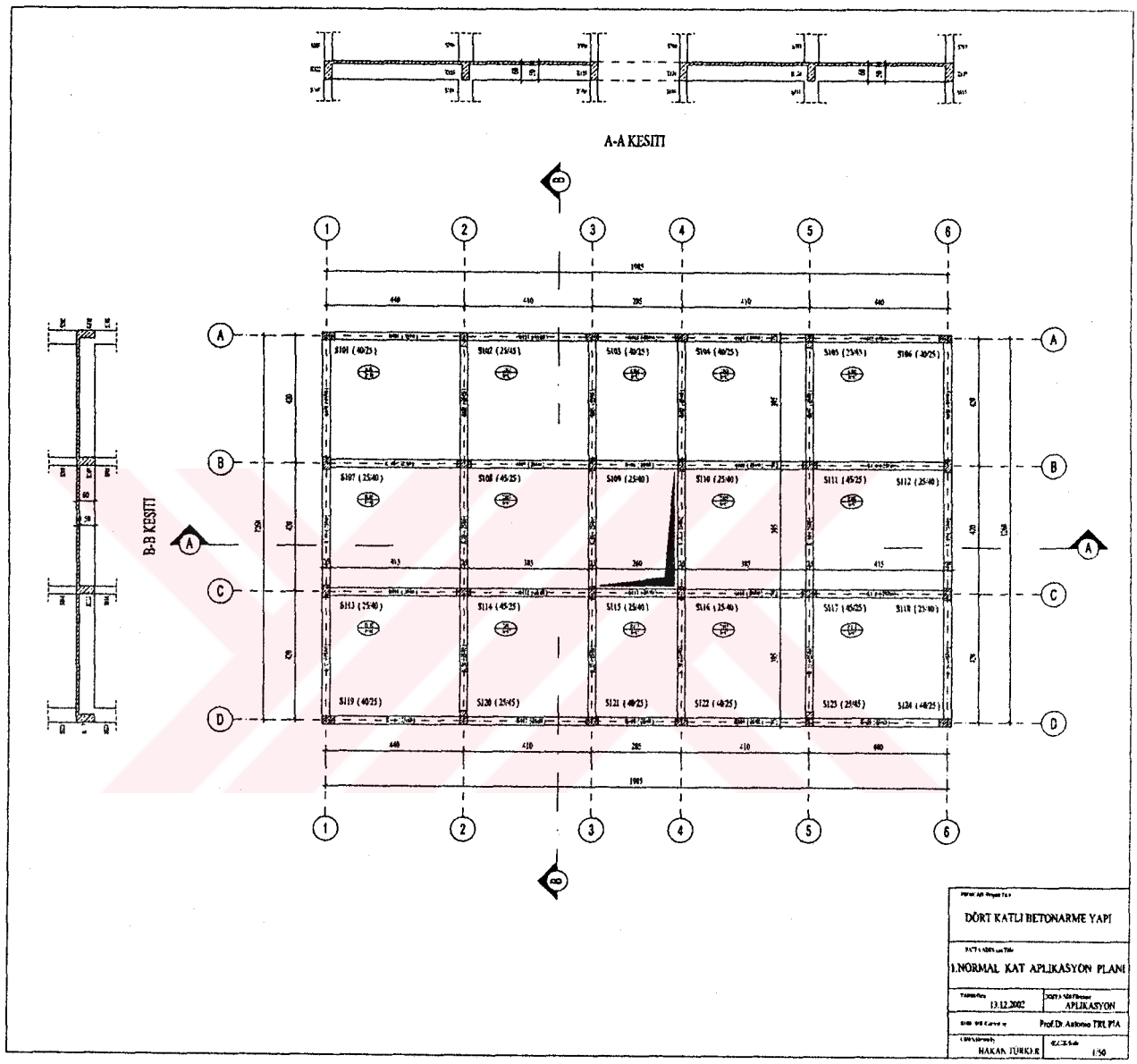
yapının analizi sonucunda kat ivmeleri yapı temelinden üst katlara doğru yüksek bir artış göstermemekte ve daima yer hareketinin ivmesinden daha düşük değerler almaktadır.

Taban izolasyonlu yapıda meydana gelen göreli kat ötelemeleri, ankastre mesnetli yapıya kıyasla çok daha azdır. En büyük yerdeğiştirme, izolasyon seviyesinde oluşmaktadır. Üst katlar ise neredeyse rijit bir davranış sergilemektedir. Bu durum, yapıda meydana gelecek olan kesit tesirlerini azaltmaktadır. Dolayısıyla yapı boyutları daha ekonomik olarak boyutlandırılabilir.

Ankastre mesnetli yapıya kıyasla, taban izolasyonlu yapıda elde edilen taban kesme kuvvetinin % 72'ye yakın oranda azaldığı görülmektedir.

Tablo 6.5 Uygulama I'e ait karşılaştırmalı analiz sonuçları

Yapıya Etkitilen Deprem	Kat No	Ankastre Mesnetli Analiz		Taban İzolatörlü Analiz DIS A ve B Tipi Karma Çözüm	
DÜZCE		X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
Kat Ağırlık Merkezi Maksimum Yerdeğiştirmesi (m)	4	0,16455	0,13308	0,19327	0,10300
	3	0,14643	0,11517	0,18532	0,10038
	2	0,10028	0,07465	0,17018	0,09393
	1	0,04350	0,03119	0,15452	0,08391
İzolasyon Seviyesi Yerdeğiştirmesi (m)	–	–	–	0,14059	0,07608
En Yüksek Kat İvmesi (m/sn2)	4	15,020	12,340	6,793	6,378
	3	13,140	10,390	5,760	5,358
	2	9,343	7,090	4,458	4,800
	1	4,756	3,409	4,357	5,127
Taban Kesme Kuvveti (kN)		13030	9129	3684	3084


A-A KESITI
B-B KESITI
DÖRT KATLI BETONARME YAPI
1.NORMAL KAT APLIKASYON PLANI
APLIKASYON
HAKAN TURKER
1/50

7. UYGULAMA II

7.1 Giriş

Kolon ve kirişlerden teşkil edilerek inşa edilmiş yedi katlı betonarme eski bir yapı önce ankastre mesnetli olarak SAP 2000 bilgisayar programında çözümlenmiştir. Binanın zati ve deprem yükleri etkisi altında ortaya çıkacak kritik yapı elemanı kesitlerini belirlemek üzere STA4 – CAD bilgisayar programı kullanılmıştır. Belirlenen kritik kesitlere göre, sözkonusu binaya dışarıdan perde eklenilmesi ve temel sisteminin revize edilmesi suretiyle "güçlendirme" işlemi yapılmıştır. Yapılan güçlendirme işlemi sonrasında yetersiz kesitlerin, yeterli hale geldiği yine STA4 – CAD programı ile kontrol edilmiştir. Aynı eski binaya kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı izolatörler kullanılarak taban izolasyonu uygulanmış ve SAP 2000 programında yeni bir nonlineer analiz yapılmıştır. Ankastre mesnetli binanın Düzce depremi altındaki dinamik analizi için ilk çözümde elde edilen kesit tesiri değerlerinin, taban izolasyonu uygulandıktan sonra küçüldüğü tespit edilmiştir. Son olarak uygulanan iki yöntem olan, güçlendirme ve taban izolasyonu işlemleri arasında bir maliyet karşılaştırılması yapılmıştır.

Taban izolatörleri Uygulama I'de olduğu gibi, SAP 2000 bilgisayar programında nonlineer link elemanı olarak tanımlanmıştır. Zaman tanım alanındaki nonlineer analiz için yine Düzce depreminin her iki doğrultudaki bileşen çiftleri, karma olarak yani bir zarf şeklinde kullanılmıştır. Dinamik analizde özvektörler için mod sayısı 10 olarak alınmıştır. Her bir mod için binanın sönüm oranı 0,05 olarak alınmıştır. Kat kütleleri sırasıyla aşağıdaki Tablo 7.1'de gösterilmiştir.

Burada şunu belirtmekte fayda vardır ki; ankastre mesnetli yapının, Düzce deprem kaydı kullanılması suretiyle yapılacak zaman tanım alanındaki dinamik analizi için SAP 2000 programı kullanılmıştır. Dolayısıyla analiz sonuçlarında belirtilecek olan1. ve 2. titreşim periyodu değerleri ile yerdeğiştirme ve kat ivmesi değerleri için SAP 2000 programının verdiği sonuçlar esas alınmıştır.

Tablo 7.1 Yedi katlı binanın kat kütleleri

Kat No	M (kN•sn2/m)
1	370,123
2	366,428
3	362,732
4	359,776
5	356,820
6	354,603
7	224,555

Kolon kesitleri 1. katta (25/60) ve (25/70), 2. katta (25/50) ve (25/60), 3. katta (25/45) ve (25/50), 4. katta (25/40) ve (25/45), 5. katta (25/35), 6. ve 7. katlarda (25/30) olarak alınmıştır. Analizlerde kolon boy uzamaları ihmal edilmiştir. Malzeme olarak BS25/BÇI kullanılmış ve betonun elastisite modulü 3 025 000 kN/m^2 alınmıştır. Yapıda tüm kiriş kesitleri yine Uygulama I'de olduğu gibi 25 cm / 60 cm boyutlarında yarım ve tam tablalı olarak uygulanmıştır. Ancak izolasyon seviyesinde, 30cm / 70 cm boyutlarında dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır. Tüm katlarda döşeme kalınlığı 12 cm'dir. Döşemelerin yatay yöndeki rijitliklerinin sonsuz olduğu kabul edilmektedir.

Çıkan sonuçlar karşılaştırma kolaylığı sağlamak için yine tablolaştırılmıştır.

7.2 Ankastre Mesnetli Yapının STA4 – CAD Bilgisayar Programında Analizi

7.2.1 STA4 – CAD Bilgisayar Programı ile Ankastre Mesnetli Yapı Analizi için Data Dosyasının Oluşturulması

1. Ana menü üzerinden, yapı sütununa geçilir. Bu sütuna ait bölümlerden sırası ile Bina bilgi, Aks Bilgi, Kolon aks bölümlerine gidilerek, yapıya ait gerekli veri girişi yapılır.

2. Zemin kattan başlanarak her kat için ayrı ayrı; döşeme bilgisi, kiriş bilgisi, kolon bilgisi, varsa poligon kolon bilgisi ve kiriş dış yükü bölümlerine gidilerek veri girişi yapılır. Bu işlem sonucunda bir kata ait veri girişi tamamlanır ve kat, kolon – kiriş ve döşemeleri ile birlikte bilgisayar ekranında görülür.

3. Sırası ile diğer katlara ait bilgiler de yukarıdaki adımda anlatıldığı gibi girilerek veri girişi tamamlanır.Eğer katlar arasında benzerlik varsa, kopyalama yoluna gidilir.

4. Tüm yapı için döşeme süreklilikleri belirlenir.

5. Yapıya ait temel verileri girilir.

6. Eğer yapıya gelen zemin itkisi varsa, gerekli bilgiler girilir.

7. Hesap esasları ve spektrum katsayısı belirlenir.

8. Üstyapıda kullanılan malzeme özellikleri tanımlanır.

9. Analiz çalıştırılır.

10. Statik ve betonarme sonuçlar kontrol edilir. Yetersiz kesitler belirlenir.

11. İstenirse yapı için kalıp, beton ve donatı metraj tabloları çıkartılır.

7.2.2 STA4 – CAD Bilgisayar Programı ile Gösterilen Analiz Sonuçları

STA4 – CAD bilgisayar programı çıktıları Ek C'de verilmiştir. Bunlar sırasıyla ankastre mesnetli ve güçlendirilmiş yapı sistemleri için olmak üzere aşağıdaki gibidir:

1. Yapıya ait; kat adedi, aks sayısı, kullanılan deprem hesabı yöntemi, malzeme bilgileri, yük kombinasyonu gibi genel bilgilerin gösterilmesi.
2. Yapı deprem raporu ile dinamik analiz bilgileri, kat kütlesi değerleri, kat deprem deplasmanlarının gösterilmesi.
3. Depremde yapı düzensizliklerinin kontrol edilmesi.
4. Modal analiz mod grafiklerinin gösterilmesi.
5. Kritik kesitlerin belirlenmesi için, "Kuşatılmış Kolon Kontrolu" tablolarının gösterilmesi.
6. Yapı sisteminin kaba inşaat maliyetini belirlemek üzere beton, kalıp ve donatı metraj tablolarının gösterilmesi.

Yedi katlı betonarme yapının, STA4 – CAD bilgisayar programı ile analizi sonrasında yetersiz taşıyıcı elemanlar çıkmıştır. Temel betonarme hesap sonuçlarında ise T21, T22 mütemadi temelleri ile başka tekil temellerde, zemin emniyet gerilmesinin üzerinde gerilmeler ortaya çıktığı görülmüştür.

Yapılan bu analiz sırasında, betonarme yapının üzerinde bulunduğu zeminin yerel zemin sınıfı Z3 olduğundan; "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik"ten yararlanılarak C grubu zeminlere giren katı ve siltli kil zemin cinsi esas alınmış ve zemin yatak katsayısı, $K_0 = 20000$ kN/m^3 $\approx$ 2000 t/ m^3 olarak hesaba katılmıştır.

Analiz sonucunda ortaya çıkan yetersiz kolon ve temel kesitlerinden sonra, yedi katlı betonarme yapının güçlendirilmesi işlemi için nasıl bir yol izleneceğine dair karar verilmesi için bir güçlendirme projesinin hazırlanmasında uygulanabilecek güçlendirme seçeneklerinin ortaya konularak tanıtılması ve buna göre bir yöntem için karara varılması gerekmektedir.

7.3 Yedi Katlı Betonarme Binanın Güçlendirilmesi İşlemi

7.3.1 Güçlendirme Projesinin Hazırlanması

Güçlendirme projesinde çeşitli seçenekler sözkonusu olur. Özellikle projenin ekonomik olması, mevcut binanın mimari fonksiyonlarının bozulmaması ve kolay uygulanabilir olması tercih edilmelidir. Depremde hasar gören betonarme bir yapının güçlendirilmesinde, taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi esas alınmalıdır. Bu işlem sırasında hasar gören elemanlar da onarılıp güçlendirilebilir. Bu çerçevede elemanların ve taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi seçenekleri aşağıdaki gibi verilebilir:

a) *Hasarlı beton yüzeylere tamir harcı uygulaması:* Kiriş, kolon, perde ve döşemelerde; korozyon ve yapım kusurları sebebiyle beton dökülmesi meydana gelmiş, donatı ortaya çıkmış ise, hazır tamir harcı uygulaması tavsiye edilir.

b) *Kiriş ve kolon gibi elemanların epoksi reçinesi uygulaması ile onarılması:* Kiriş ve kolonlarda meydana gelen çatlaklara epoksi reçinesi enjekte ederek, eleman onarılarak, rijitliği değişmeden eski dayanımına getirilebilir. Benzer işlem kiriş – kolon birleşim bölgesi için de uygulanabilir. Yerel olan bu uygulama, taşıyıcı sistemde rijitlik dağılımını değiştirmeyeceği için, iç

kuvvet dağılımını da değiştirmez. Epoksi ve benzeri reçineler beton çatlaklarının doldurulmasında ve ince çelik elemanları betona yapıştırmak için kullanılır. Epoksi enjeksiyonu genellikle genişliği 0,5 mm ~ 5 mm arasındaki çatlaklar için uygulanır. Çatlak genişliğinin daha küçük olduğu durumda uygulama zorlaşır.

c) *Kiriş, kolon, döşeme gibi elemanların onarım ve güçlendirilmesinde çelik elemanlar, çelik şerit, lif takviyeli plastik levha uygulaması:* Kiriş ve kolonlarda ve bunların birleşim bölgelerinde meydana gelen çatlaklar epoksi reçinesi uygulanmasından sonra veya ihtiyaç duyulmadığında bu uygulama yapılmadan doğrudan çelik şeritler sarılarak onarılıp güçlendirilebilir. Çelik şeritler, elemanların enine ve boyuna doğrultusunda bulunurlar. Şerit uygulaması ile elemanların rijitliklerinde değişiklik yapılmadan onarım veya güçlendirme yapılır. Eleman kesitlerinin eğilme momenti ve kesme kuvveti kapasiteleri arttırılırken; sarılan çelik şeritler bu bölgede enine basınç oluşturarak, deprem etkisi durumunda betonun dolayısıyla elemanın sünekliğini arttırır. Şerit düzeninin seçiminde elemandaki kuvvet akışı gözönünde tutulmalıdır. Bu uygulama pahalı olduğu için hasarlı kolonların mantolanma ile onarılması tercih edilebilir.

d) *Kolon mantolanması:* Hasar tespitinde yük taşıyıcılığı şüpheli olarak belirlenen kolonlar mantolanma ile onarılır ve güçlendirilir. Ancak, bu durumda kolon rijitliğinin dolayısıyla iç kuvvet dağılımının değiştiği unutulmamalıdır. Kolon mantosunun kolon – kiriş birleşim bölgesini sarması ve donatıdaki çekme ve basınç kuvvetlerini temele aktarması için donatının temel bloğuna kenetlenmesi önemlidir. Genellikle bir katta kolon mantolanmasına ihtiyaç varsa, bu temele kadar inmeli ve manto donatısı temele filizlerle bağlanmalıdır. Kolonun mantolanması ile değişen rijitlik, daha büyük deprem momentlerinin kolonda dolayısıyla temelde oluşmasına yol açar. Bu durumda temelin incelenmesi sözkonusu olabilir. Genellikle 0,10 m ~ 0,15 m kalınlığında manto yeterli olabilir. Beton dökümü ve donatı yerleştirilmesi için 0,10 m'nin altına inilmesi tavsiye edilmez.

e) *Korozyon hasarı onarımı*: Donatının korozyonu binanın sadece bodrum katında ileri olmayan derecede tespit edilmişse, ayrıntılı bir güçlendirme projesine gidilmeyip, donatının üzerindeki pas, tel fırça ile temizlenip üzerine

korozyon önleyen ve aderansı zedelemeyen bir tabaka sürüldükten sonra hazır tamir harcı uygulanmalıdır. Korozyon ilerlemiş ve donatının kesitinde önemli bir azalma meydana gelmişse, elemanın ayrıca onarılması gerekir. Eğer korozyon yalnız bodrum katta ileri derecede bulunuyorsa, taşıyıcı sistemin simetrisine dikkat ederek bodrum kat kolonlarının mantolanması yeterli olabilir.

f) *Taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi*: Bu amaçla; taşıyıcı sistem kolonlarının mantolanması ve perde ilavesi ile güçlendirme yaygın biçimde kullanılır. Taşıyıcı sistemin toplam deprem güvenliği kolonların mantolanması ile elde edilebildiği gibi, güçlendirme perdelerinin öngörülmesi ile de sağlanabilir. Ancak, yüksek yapılarda ve asmolen döşemeli yapılarda güçlendirme perdesi konulmadan yönetmeliğin yerdeğiştirme için koyduğu şartların sağlanması oldukça zordur. Perde ile güçlendirme işlemine karar verildiğinde, perde yerlerinin seçiminde bunların banyo hacimlerine ve tesisat bağlantılarına bitişik olmamasına özen gösterilmelidir. Güçlendirmenin olabildiğince bütün katlarda yapılması sağlanmalıdır. Perdelerin temelden çatıya kadar, kalınlığı veya boyu değişerek de olsa devam etmesi ve herhangi bir katta yapılan kolon mantolamasının temele kadar inmesi buna örnektir. Bunun yanısıra taşıyıcı sistem, çelik elemanlar ilave edilerek de güçlendirilebilir. Bu durumda mevcut beton elemanların yatay rijitliği yeni çelik elemanlardan daha büyük olacağı için çelik elemanlara deprem yükünün öngörülen kısmının taşıtılması büyük kesitler veya çaprazlama (çelik perde) gerektirebilir.

Yukarıda tarif edilen güçlendirme seçenekleri dikkate alındığında:

Yedi katlı betonarme bina hasar görmemiş olduğundan, son yöntem olan "Taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi" yöntemi uygulanarak yapının güçlendirilmesine gidilecektir. Bu amaçla binaya, plan düzleminde en dış iki aks arasında yatay doğrultuda 2'şerden 4 tane, iç akslar arasında ise yine simetriyi koruyacak şekilde düşey doğrultuda 2 adet olmak üzere kat başına toplam 6 adet perde eklenmiştir. Perdeler, temelden çatıya kadar 25 cm kalınlığında olacak şekilde uygulanmıştır.

Buna ek olarak yetersiz çıkan mütemadi ve tekil temel kesitlerini tümüyle gidermek üzere, binanın temeli yeniden düzenlenmiş ve temel sistemi "radye temel"

uygulaması ile güçlendirilmiştir.Güçlendirmeden önceki ve güçlendirmeden sonraki normal kat kalıp planları bölümün sonunda gösterilmiştir.

Yedi katlı eski binaya yapılan güçlendirme işleminden sonra, STA4 – CAD bilgisayar programı ile yapılan analizdeki, kuşatılmış kolon kontrolunda kritik ya da yetersiz herhangi bir kesit çıkmadığı anlaşılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen program çıktıları Ek C'de gösterilmektedir.

7.3.2 Temel Sisteminin Güçlendirilmesi ve Analizi

Diğer yapı elemanlarına göre daha zor ve pahalı olan temel güçlendirilmesi işlemi aşağıda verilen durumlarda sözkonusu olur:

a) Kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar meydana gelirse,

b) Büyük deprem yükleriyle temelde hasar oluşursa,

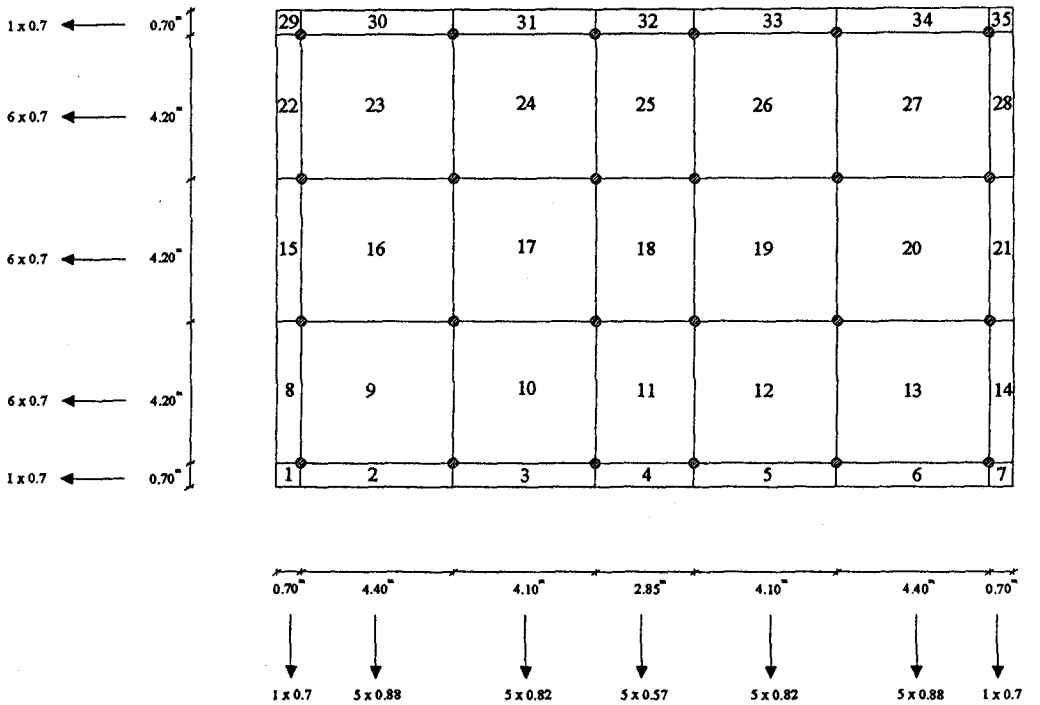
c) Yapı yüklerinde, güçlendirmeden ileri gelen artmalar veya deprem yönetmeliğindeki değişikliklerden kaynaklanan yatay yük artışı ile temel yetersiz kalırsa,

d) Sonradan kat ilavesiyle, temel yetersiz kalırsa

Temel sisteminin güçlendirilmesinde, mevcut temele ilave yapılabildiği gibi, yeni temel düzenlenebilir veya temel zemini değiştirilebilir.

Yukarıda verilen durumlar gözönüne alındığında STA4 – CAD programı ile yedi katlı eski bina için yapılan analiz sonucunda, yetersiz temel kesitlerinin ortaya çıkması nedeniyle temel sisteminin revize edilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla plan düzleminde her iki doğrultuda 70 cm ampatman boyu olacak şekilde 70 cm kalınlığında radye temel plağı düzenlenmiş ve mevcut tekil temellerin altına döşenmiştir. Bu temel sistemi SAP 2000 bilgisayar programı ile analiz edilmiştir.

Bu analiz sırasında, sistem sonlu elemanların düzeni ve boyutları bakımından, aşağıdaki Şekil 7.1'de gösterilen 35 parçadan teşkil edilmiştir. Önce bu 35 eleman üretilmiş, daha sonra "Mesh Shells" komutu yardımı ile üretilen 35 eleman parçalara bölünmüştür. Her ana eleman için parça sayıları da şekil üzerinde gösterilmiştir. Şekilde 1, 7, 29, 35 No'lu elemanların parçalanmasına gerek görülmemiştir.



Şekil 7.1 Radye temel sistemine ait ana elemanlar ve parça sayıları

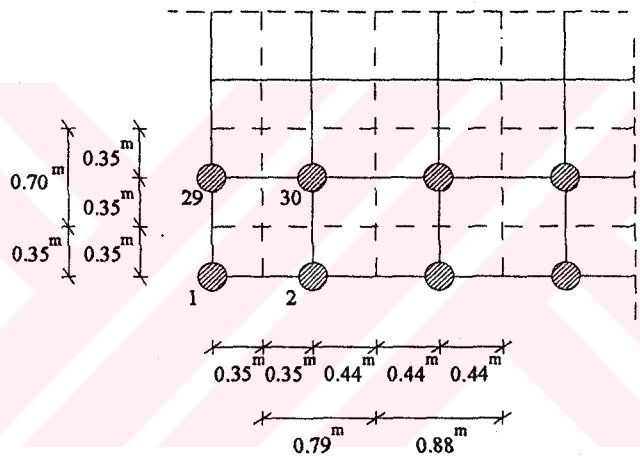
35 ana parçanın X ve Y eksenleri doğrultusunda bölüneceği parça sayıları aşağıdaki Tablo 7.2'de gösterilmiştir.

Tablo 7.2 Ana parçaların bölündükleri parça sayıları

Ana Parça No	Bölünecek Parça Sayıları	
	X Doğrultusu (Mesh into)	Y Doğrultusu (by)
1,7,29,35	1	1
2,6,30,34	5	1
3,5,31,33	5	1
4,32	5	1
8,14,15,21,22,28	1	6
9,13,16,20,23,27	5	6
10,12,17,19,24,26	5	6
11,18,25	5	6

Bu işlemler sonucunda, radye temel plağı 540 elemandan oluşan bir sonlu eleman ağına dönüştürülmüştür.

Radye temel plağı SAP 2000 bilgisayar programında tanımlanırken, düzlemine dik yükler etkisi altında plak davranışını tanımlamak üzere x ve y doğrultularındaki öteleme ile z doğrultusundaki dönme bileşenleri tutulu hale getirilmiştir. Elastik zemine oturan plaklar, düğüm noktalarına düşey doğrultuda yerleştirilmiş "Yaylar" ile temsil edilmiştir. Yay katsayıları düğüm noktasındaki "Etkili Alan" ile "Zemin Yatak Katsayısı" çarpılarak bulunmuştur. Her düğüm noktası için etkili alan, o düğüm noktasına komşu olan sonlu elemanların alanlarının $1/4$'lerinin toplamı olacak şekilde hesaplanmış ve dosyaya atanmıştır. Bu hesaplamayı aşağıdaki Şekil 7.2'de gösterildiği gibi örneklemek mümkündür:



Şekil 7.2 Düğüm noktası için etkili alan hesabı

Örneğin, yukarıdaki şekilde gösterilen düğüm noktalarından,

- 1 No'lu düğüm noktasında Etkili Alan = $0,35 \times 0,35 = 0,1225$ m^2
  Yay Katsayısı = $20000 \times 0,1225 = 2450$ kN/m
- 2 No'lu düğüm noktasında Etkili Alan = $0,79 \times 0,35 = 0,2765$ m^2
  Yay Katsayısı = $20000 \times 0,2765 = 5530$ kN/m
- 29 No'lu düğüm noktasında Etkili Alan = $0,70 \times 0,35 = 0,245$ m^2
  Yay Katsayısı = $20000 \times 0,245 = 4900$ kN/m
- 30 No'lu düğüm noktasında Etkili Alan = $0,79 \times 0,70 = 0,553$ m^2
  Yay Katsayısı = $20000 \times 0,553 = 11060$ kN/m

olarak hesaplanmıştır.

Malzeme ve kesit özellikleri de tanımlanıp, elemanlara atandıktan sonra sistemdeki toplam 24 kolonun bulunduğu düğüm noktalarına eksenel olarak etkiyen yükler "Assign Joint Forces" komutu yardımı ile atanmıştır. Son olarak analiz çalıştırılmıştır. Radye plak temel sisteminin; üç boyutlu görünümü ile X ve Y eksenleri etrafındaki eğilme momenti değerlerini gösteren diyagramlar, Ek D'de sunulmuştur.

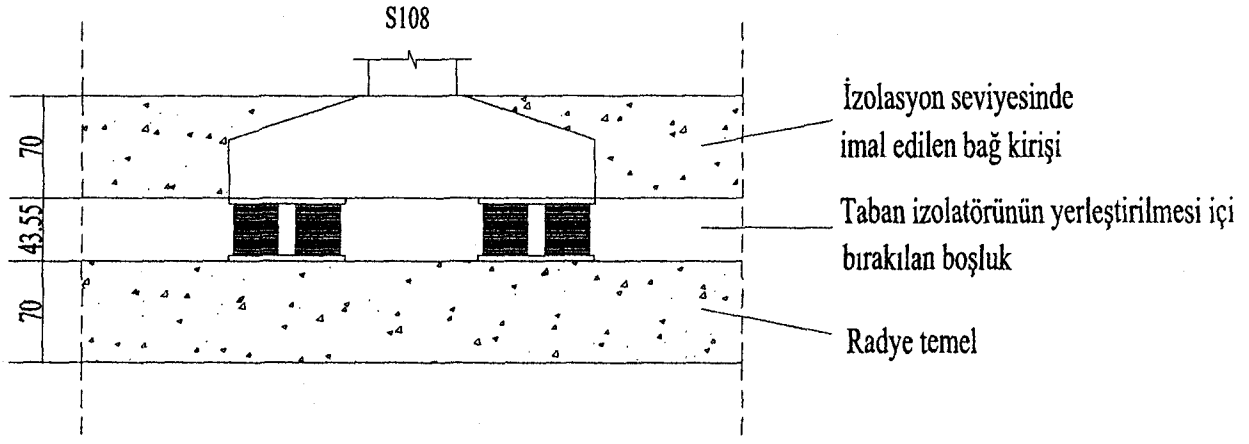
7.4 Yedi Katlı Betonarme Eski Binada DIS Kurşun Çekirdekli Kauçuk Tabakalı Taban İzolatörü Uygulaması

Yedi katlı betonarme eski binanın yetersiz çıkan kolon kesitlerindeki, kesit tesirlerini küçültmek ve böylelikle kesitleri yeterli hale getirmek üzere sisteme taban izolasyonu uygulanmıştır.Yedi katlı betonarme eski binanın ankastre mesnetli olarak analizi sonucunda arttırılmış yükleme kombinezonu olan 1.4G + 1.6Q yüklemesi için zemin kat kolonlarında ortaya çıkan eksenel kuvvetler, aşağıdaki Tablo 7.3'te gösterilmektedir.

Tablo 7.3 Zemin kat kolonlarındaki eksenel yük değerleri

Kolon No	Eksenel Yük
S101,S106,S119,S124	627,07
S102,S105,S120,S123	978,11
S103,S104,S121,S122	831,59
S104,S109,S110,S115	967,93
S105,S108,S111,S114	1376,22
S106,S107,S112,S113	1216,25

Tablodan anlaşılacağı üzere, DIS tipi izolatörlerin tasarım basınç yükleri gözönüne alındığında; sadece 4 kolon için DIS A tipi, geri kalan 20 kolon için ise DIS B tipi izolatör kullanılması yeterlidir. Ancak uygulama kolaylığı sağlanması açısından tek tip izolatör kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür. Her bir kolonun altına ikişer adet DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı izolatör yerleştirilmiş, böylelikle sistemin yatay rijitliği arttırılarak, deprem itkisi durumunda yaptığı yerdeğiştirmeler ve göreli kat ötelemeleri sınırlandırılmıştır. Bu uygulamaya ait, S108 kolonu altına yerleştirilen izolatörler için tipik uygulama kesiti Şekil 7.3'te gösterilmektedir.



Şekil 7.3 S108 kolonu tipik uygulama kesiti

DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı izolatör için rijitlik ve akma kuvveti değerleri önceki Uygulama I'de yapılan matematiksel hesaplardan ve Tablo 6.3'den direkt olarak alınmıştır. Her bir kolonun altında ikişer adet izolatör kullanıldığından rijitlik değerleri, tıpkı paralel bağlı yaylarda olduğu gibi toplanmış yani iki katına çıkarılarak dosyaya atanmıştır. Analiz sonucunda sistemin 1. Titreşim periyodu 1.5796 sn olarak bulunmuştur. İzolasyon seviyesinde meydana gelen yerdeğiştirme ise X doğrultusunda 13 cm, Y doğrultusunda ise 5.5 cm olarak çıkmıştır.Dolayısı ile DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı taban izolatörüne ait tasarım yerdeğiştirmesinin altında kalmıştır.

İzolasyonlu sistemde Düzce depremi ile yapılan dinamik analiz sonucunda ortaya çıkan kesit tesirlerindeki değişim SAP 2000 bilgisayar programından alınan çıktılarda gösterilmektedir. Sözkonusu diyagramlar Ek D'de sunulmaktadır.

Böylelikle görülmektedir ki DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörünün, yetersiz kesitleri çıkan eski binaya uygulanması halinde, Düzce deprem yüklemesi altında kesit tesirleri büyük ölçüde azalmaktadır.

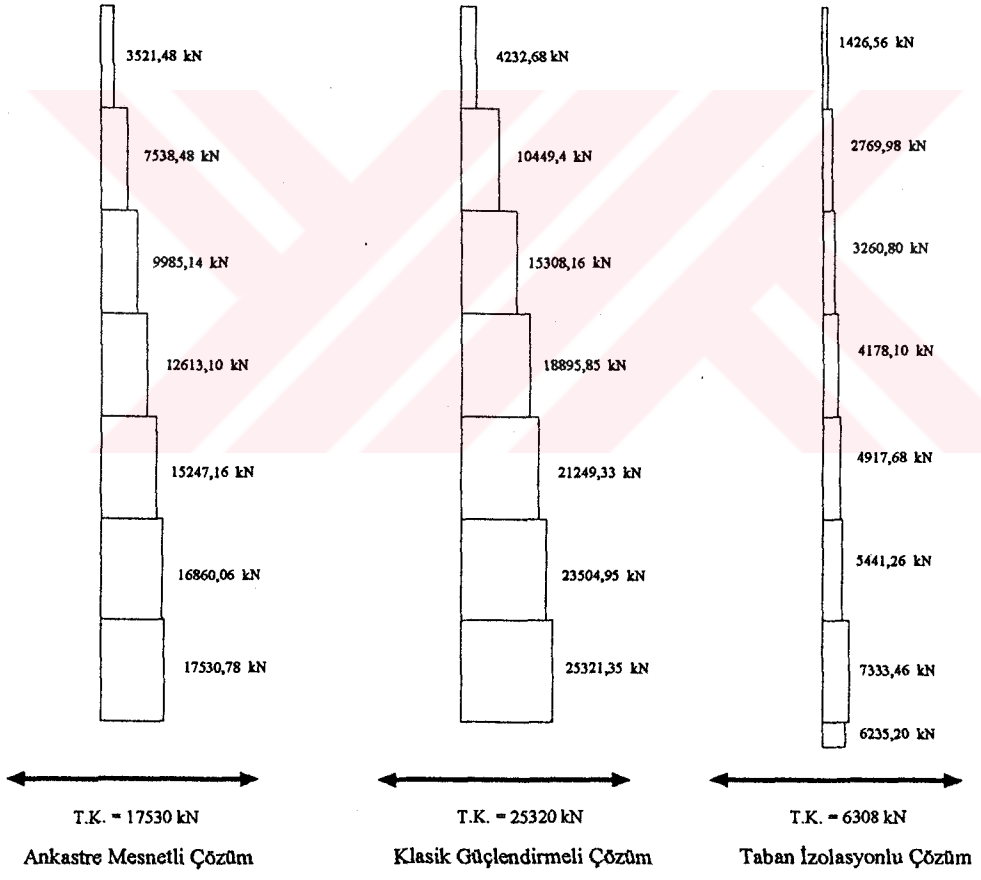
7.5 Analiz Sonuçları

Ankastre mesnetli yapı, perde eklenilmesi ve temel sisteminin revizyonu ile güçlendirilmiş yapı, ve taban izolasyonlu yapı sistemlerinin analizi sonucunda elde edilen birinci ve ikinci titreşim periyodu değerleri doğrultusu ile birlikte aşağıdaki Tablo 7.4'te verilmiştir. Aynı analizlerde elde edilen diğer sonuçlar karşılaştırma kolaylığı sağlaması için ayrı bir şekilde tablolaştırılmıştır. SAP 2000 bilgisayar programından alınan çıktılar ise Ek D'de sunulacaktır.

Tablo 7.4 Yedi katlı yapı sistemlerine ait titreşim periyodu değerleri

Yapı Sistemi	Birinci Mod periyodu(sn)	Doğrultusu	İkinci Mod periyodu(sn)	Doğrultusu
Ankastre Mesnetli Yapı	0,9695	Y	0,9559	X
Güçlendirilmiş Yapı	0,4641	Y	0,3633	X
DIS Kurşun - Çekirdekli Taban İzolasyonlu Yapı	1,5796	Y	1,5709	X

Bölümün başında anlatıldığı üzere, her üç yapı sistemine de aynı yer hareketi olan Düzce depreminin ivme kayıtları etkitilmesi suretiyle zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Bu analizler sonucunda yapı sistemlerinde oluşan kat kesme kuvvetleri aşağıdaki Şekil 7.4'te gösterilmektedir.



Şekil 7.4 Yedi katlı yapı sistemlerine ait kat kesme kuvveti değerleri

Yukarıdaki şekilde açıkça görülmektedir ki; taban izolasyonlu çözümde ortaya çıkan kat kesme kuvveti değerleri, klasik güçlendirme ile yapılan analiz sonucunda bulunan değerlerden çok küçük kalmaktadır. Bu durum söz konusu iki yöntemin maliyet karşılaştırılması başlığı altında ayrıca gözönüne alınacaktır.

Ek D'de verilecek SAP 2000 bilgisayar programı çıktıları sırasıyla şöyledir:

1) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için 1.Mod deformasyon şekli

2) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için 2.Mod deformasyon şekli

3) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için X yönü taban kesme kuvveti

4) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için Y yönü taban kesme kuvveti

5) Ankastre mesnetli ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için Düzce deprem kaydı dinamik analizine ait moment diyagramları

6) Ankastre mesnetli ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için Düzce deprem kaydı dinamik analizine ait kesme kuvveti diyagramları

7) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için davranış spektrumunun çizilmesi

8) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için zemin kat X yönü ivmesi diyagramı

9) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için zemin kat Y yönü ivmesi diyagramı

10) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için zemin kat ağırlık merkezi X yönü maksimum yerdeğiştirmesi

11) Ankastre mesnetli, Güçlendirilmiş ve Taban izolasyonlu yapı sistemleri için zemin kat ağırlık merkezi Y yönü maksimum yerdeğiştirmesi

12) Güçlendirilmiş yapının radye temel plak sistemine ait 3 boyutlu görünüm diyagramı

13) Güçlendirilmiş yapının radye temel plak sistemine ait, X ekseni etrafındaki eğilme momenti (M22) diyagramı

14) Güçlendirilmiş yapının radye temel plak sistemine ait, Y ekseni etrafındaki eğilme momenti (M11) diyagramı

15) S102 kolonu DIS B tipi izolatörü için kuvvet – yerdeğiştirme histeresis eğrisi

16) S105 kolonu DIS B tipi izolatörü için kuvvet – yerdeğiştirme histeresis eğrisi

17) S102 kolonu DIS B tipi izolatörü için mesnet yerdeğiştirmesi

18) S105 kolonu DIS B tipi izolatörü için mesnet yerdeğiştirmesi

7.6 Maliyet Karşılaştırılması

STA4 – CAD bilgisayar programı ile yapılan analiz sonucunda elde edilen iki metraj tablosuna ait değerlerin farkından klasik güçlendirilmiş yapı sisteminin kaba inşaat maliyeti çıkarılacaktır. Kaba inşaat maliyetinin yanı sıra güçlendirme işlemi sonrasında gerekecek ince işlerin tutarı ve işçilik bedelleri de maliyete dahil edilecektir. Eski binaya taban izolasyonu uygulanmasının maliyeti de ayrıca hesaplanacaktır. İki uygulama için maliyet tespit edilirken bina sakinlerinin, belirli süre ile oturdukları mekanı boşaltmak durumunda kalacak olmalarından ötürü bina boşaltma bedelleri de hesapta gözönüne alınacaktır.

Sonuç olarak bulunan iki maliyet miktarı karşılaştırılarak, hangi yöntemin daha ekonomik ve efektif olduğu ortaya konulacaktır.

7.6.1 Yedi Katlı Betonarme Binanın Güçlendirilmesi İşleminin Maliyeti

Yedi katlı betonarme binaya güçlendirme işlemi uygulanmasının maliyetini hesap ederken gözönüne alınacak başlıklar aşağıdaki gibidir:

- İşçilik dahil kaba inşaat maliyeti
- İnce işlerin maliyeti
- İmalat esnasında binanın boşaltılmasının maliyeti
- Bağ kirişlerinin maliyeti
- Klasik güçlendirilmiş binada kesme kuvvetlerinin büyüklüğü nedeniyle bina içindeki eşyaların 50 yıllık zaman dilimi içindeki yıpranma payı ve eşyaların tabii eskime payı

Yedi katlı betonarme eski binanın, güçlendirme işlemi yapılmadan önceki analizi sonucunda elde edilen metraj tablosuna göre; harcanacak beton, kalıp ve demir malzemelerinin sırasıyla m^3, m^2, kg bazındaki toplam miktarları özet olarak aşağıdaki Tablo 7.5'te gösterildiği gibidir.

Tablo 7.5 Yedi katlı betonarme eski binaya ait metraj tablosu özeti

	Beton m^3	Kalıp m^2	Donatı kg
TEMEL	70,93	229,68	5572,3
1.Kat Toplam	57,71	499,00	8234,5
2.Kat Toplam	56,56	489,91	7363,2
3.Kat Toplam	55,41	480,82	7107,5
4.Kat Toplam	54,49	473,57	6781,6
5.Kat Toplam	53,57	466,30	6689,6
6.Kat Toplam	52,88	460,86	6414,2
7.Kat Toplam	52,88	460,86	6453,9
TOPLAM	**454,43**	**3561,00**	**54616,8**

Yedi katlı betonarme eski binaya perde eklenilmesi ve temel sisteminin radye plak temel sistemi dahil edilerek revize edilmesi suretiyle yapılan güçlendirme işleminden sonraki analiz sonucunda elde edilen metraj tablosuna göre aynı malzemeler için harcanacak miktarlar aşağıdaki Tablo 7.6'da özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 7.6 Güçlendirme işlemi sonunda elde edilen metraj tablosu özeti

	Beton m^3	Kalıp m^2	Donatı kg
1.Kat Toplam	70,48	594,22	7877,2
2.Kat Toplam	69,97	587,89	7790,0
3.Kat Toplam	68,75	580,64	7768,8
4.Kat Toplam	68,06	575,23	7612,6
5.Kat Toplam	67,32	569,34	7474,0
6.Kat Toplam	66,80	565,28	7338,4
7.Kat Toplam	66,80	565,28	7585,0
TOPLAM	**478,18**	**4037,88**	**53446,0**

Radye temel sistemi için harcanacak beton miktarını belirlemek üzere radye temel plağının hacmi hesaplanır.

$$(19,85 + 2 \times 0,70) \times (12,6 + 2 \times 0,70) \times 0,70^{m} = 208,25 \cong 210 \ m^3$$

Temele ait kalıp yüzeyini belirlemek üzere beton gören yüzeylerin alanları toplanır.

$$2 \times \{[(19,85 + 2 \times 0,7) \times 0,7] + [(12,6 + 2 \times 0,7) \times 0,7]\} = 49,35 \cong 50 \ m^2$$

Temel için kullanılacak donatı miktarı aşağıdaki kabul ile belirlenecektir:

4000 kg Ø14 Sehpa donatısı, 15000 kg Ø16 donatısı olmak üzere toplam 19000 kg donatı kullanılacaktır.

Sonuç olarak iki durum için metraj farklarını hesaplayacak olursak;

Beton için: $478,18 - (454,43 - 70,93) + 210 = 304,68\ m^3$

Kalıp için: $4037,88 - (3561 - 229,68) + 50 = 756,56\ m^2$

Donatı için: $53446 - (54616,8 - 5572,3) + 19000 = 23401,5\ kg \cong 23,4\ ton$

İşçilik için hesaba katılacak yüzey alanı

Bina yüksekliği boyunca 6 Perde	:	$20,3 \times (3,8 \times 4 + 3,5 \times 2) = 450,66\ m^2$
Radye temel için	:	$(20,1 + 1,4) \times (12,85 + 1,4) \cong 306,4\ m^2$
TOPLAM	:	$757\ m^2$

Günümüz piyasa şartları gözönüne alınarak beton, kalıp ve donatı için birim maliyetler aşağıdaki gibi alınacaktır:

Beton : 30 USD/m^3 **Donatı:** 300 USD/ton

Kalıp : 4 USD/m^2 **İşçilik :** 10 USD/m^2, buna göre

Kaba inşaat maliyeti $= (304,68 \times 30) + (756,56 \times 4) + (23,4 \times 300) + (757 \times 10)$

$= 29096,64 \cong 29100$ USD olarak hesaplanır.

Tekil temelleri birbirine bağlayan mevcut bağ kirişlerinin donatıları ile radye temel donatılarının birbirine kenetlenmelerini sağlamak üzere delikler açılması ve epoksi enjekte edilmesi gerekecektir. Buna göre,

Bağ kirişlerinin toplam maliyeti : 8000 USD olarak hesaplanmıştır.

Güçlendirme işlemi sırasında bina içindeki sakinlerin oturdukları daireleri boşaltmaları gerekecektir. Güçlendirme işleminin 6 ay süreceği gözönüne alınır ve binayı boşaltmanın bedeli olarak da her bir daire sahibinin 500 USD kira ödeyeceği kabul edilirse, 14 daire üzerinden;

Toplam bina boşaltma bedeli : $14 \times 500 \times 6 = 42000$ USD olarak hesaplanır.

Yedi katlı binanın toplam kat alanı 250 x 7 = 1750 m^2 'dir. Güçlendirme işlemi sonrasında binanın % 60'ı için ince işi çıkacağı ve ince iş maliyeti de 80 USD/ m^2 olarak kabul edilirse,

Toplam ince işçilik bedeli : $1750 \times 0,6 \times 80 = 84000$ USD olarak hesaplanır.

Bina içindeki dairelerde, ortalama olarak 15000 USD değerinde eşya bulunduğu kabul edilirse, 14 daire üzerinden;

Toplam eşya bedeli : $14 \times 15000 = 210000$ USD olarak hesaplanır.

Güçlendirilmiş binanın servis ömrünü 50 yıl olarak gözönüne alırsak, bina içinde bulunan eşyaların bu zaman dahilindeki tabii eskime payını her yıl için % 3 oranında kabul edelim. Buna göre bir eşyanın şu andaki güncel değeri "A birim" iken ertesi yıl $(1-0,03)A = 0,97A$ olacaktır. Aynı eşyanın 50 yıl sonraki güncel değeri, bu durumda $A \times (0,97)^{50}$ olacaktır.

Klasik güçlendirilmiş yapının Düzce depremi etkitilerek yapılan dinamik analizi sonucunda; taban izolasyonlu yapıya kıyasla çok daha büyük kesme kuvvetleri ortaya çıktığından, aradaki bu farkı da maliyete somut olarak yansıtmak gerekecektir. Buna göre, klasik güçlendirilmiş bina içindeki eşyaların Düzce depremi sonrasında tahrip olması ve kullanılamaz hale gelmesi olasılığı daha fazladır. Dolayısıyla aynı deprem için yapı sistemlerinin davranışları arasındaki farkı maliyete yansıtmak üzere şu kabulü yapalım: Bina içindeki eşyaların her yıl için % 4 oranında değer kaybettiğini kabul ederek hesap edersek 50 yıl sonrasında yukardaki işleme benzer olarak, eşyanın o zamanki güncel değeri $A \times (1-0,04)^{50} = A \times (0,96)^{50}$ olacaktır.

Yukarıda anlatılanlara göre, 50 yıllık zaman dilimi dahilinde bina içindeki eşyaların tabii eskime payları ve güçlendirilmiş binada ortaya çıkacak kesme kuvvetlerinin büyük olması gibi yapısal davranış farklılıklarını maliyete aşağıdaki gibi aktarabiliriz:

Tabii eskime ile davranış farklılıkları arasındaki farkın bedeli :

$210000 \times [(0,97)^{50} - (0,96)^{50}] \cong 18500$ USD olarak hesaplanır.

Güçlendirme işleminin maliyetini belirlemek üzere yukarıda anlatılan başlıklara ait tutarlar toplandığında,

<u>Güçlendirme işleminin toplam maliyeti :</u>

$29100 + 8000 + 42000 + 84000 + 18500 = 181600$ USD olarak hesaplanır.

7.6.2 Yedi Katlı Betonarme Binaya Taban İzolasyonu Uygulanmasının Maliyeti

Yedi katlı betonarme binaya taban izolasyonu uygulanması işleminin maliyetini hesap ederken gözönüne alınacak başlıklar aşağıdaki gibidir:

- Taban izolatörlerinin toplam maliyeti
- Radye temel maliyeti
- Giriş katının kullanılmamasının maliyeti
- Bağ kirişlerinin maliyeti

Taban izolasyonu uygulamasında toplam 48 adet izolatör kullanılmıştır. Tek bir izolatör maliyeti 2000 USD olarak alınırsa,

Toplam izolatör maliyeti : $48 \times 2000 = 96000$ USD olarak hesaplanır.

Radye temel maliyetine esas olacak malzeme miktarları ve işçilik için hesaba katılacak yüzey alanı aşağıdaki gibidir:

Beton : 210 m^3

Kalıp : 50 m^2

Donatı : 19 ton

İşçilik için hesaba katılacak yüzey: 306,4 m^2

Bir önceki başlıkta verilen birim maliyetler kullanılırsa,

Radye temel toplam maliyeti : $(210 \times 30) + (50 \times 4) + (19 \times 300) + (306{,}4 \times 10)$

$= 15264 \cong 15300$ USD olarak hesaplanır.

Giriş katının yine 6 ay süre ile boşaltılacağı öngörülürse, aylık 500 USD üzerinden

Giriş katının boşaltılması bedeli : $2 \times 500 \times 6 = 6000$ USD olarak hesaplanır.

Bağ kirişleri ve epoksi enjeksiyonu işlemlerinin toplam bedeli : Bu işlemler için 3000 USD harcanacağı hesaplanmıştır.

Taban izolasyonu işlemi için yukarıda anlatılan başlıklara ait tutarlar toplandığında,

Toplam taban izolasyonu maliyeti : $96000 + 15300 + 6000 + 3000 = 120300$ USD

olarak hesaplanır.

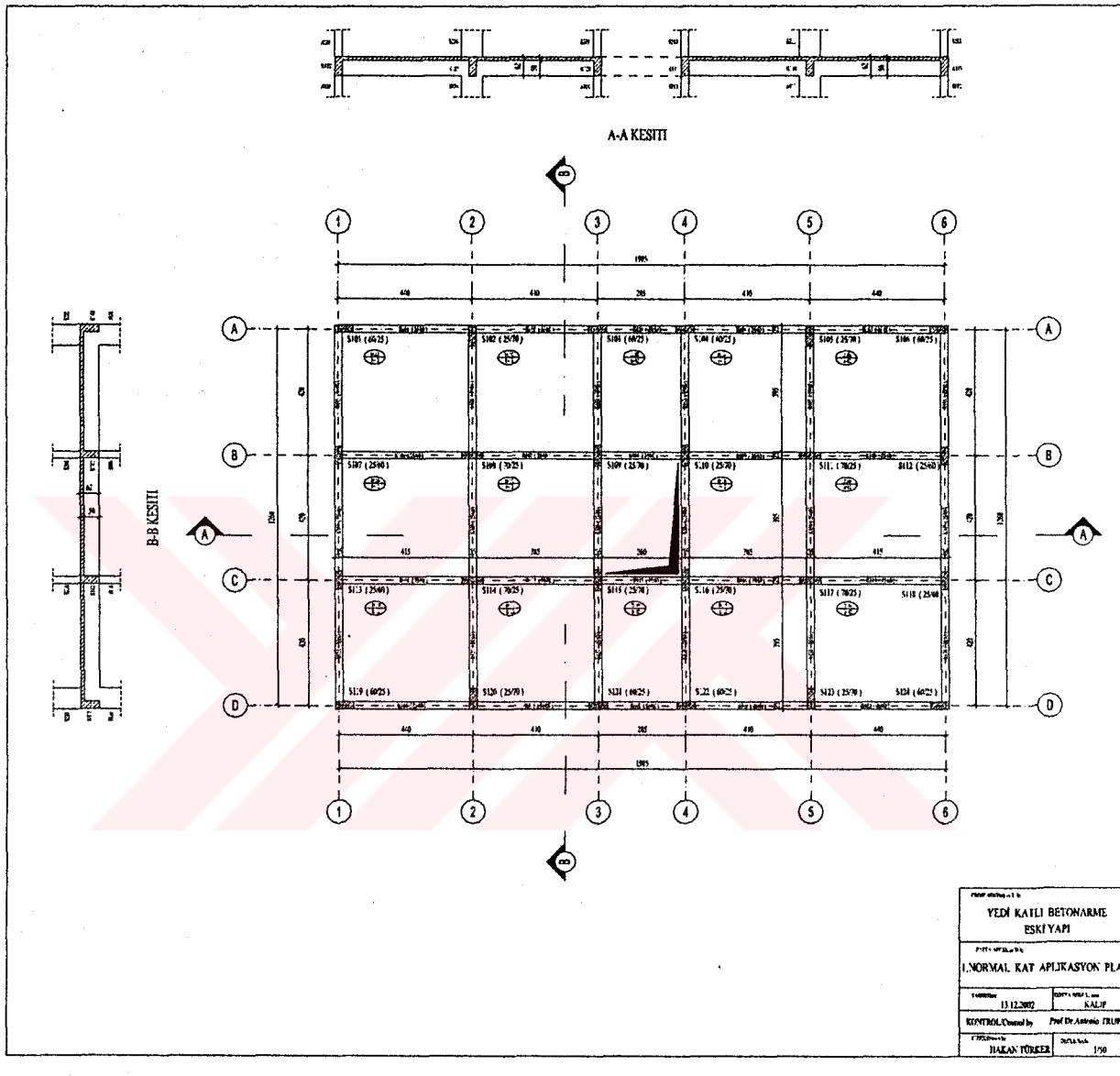
7.6.3 Maliyet Karşılaştırılması Sonuçları

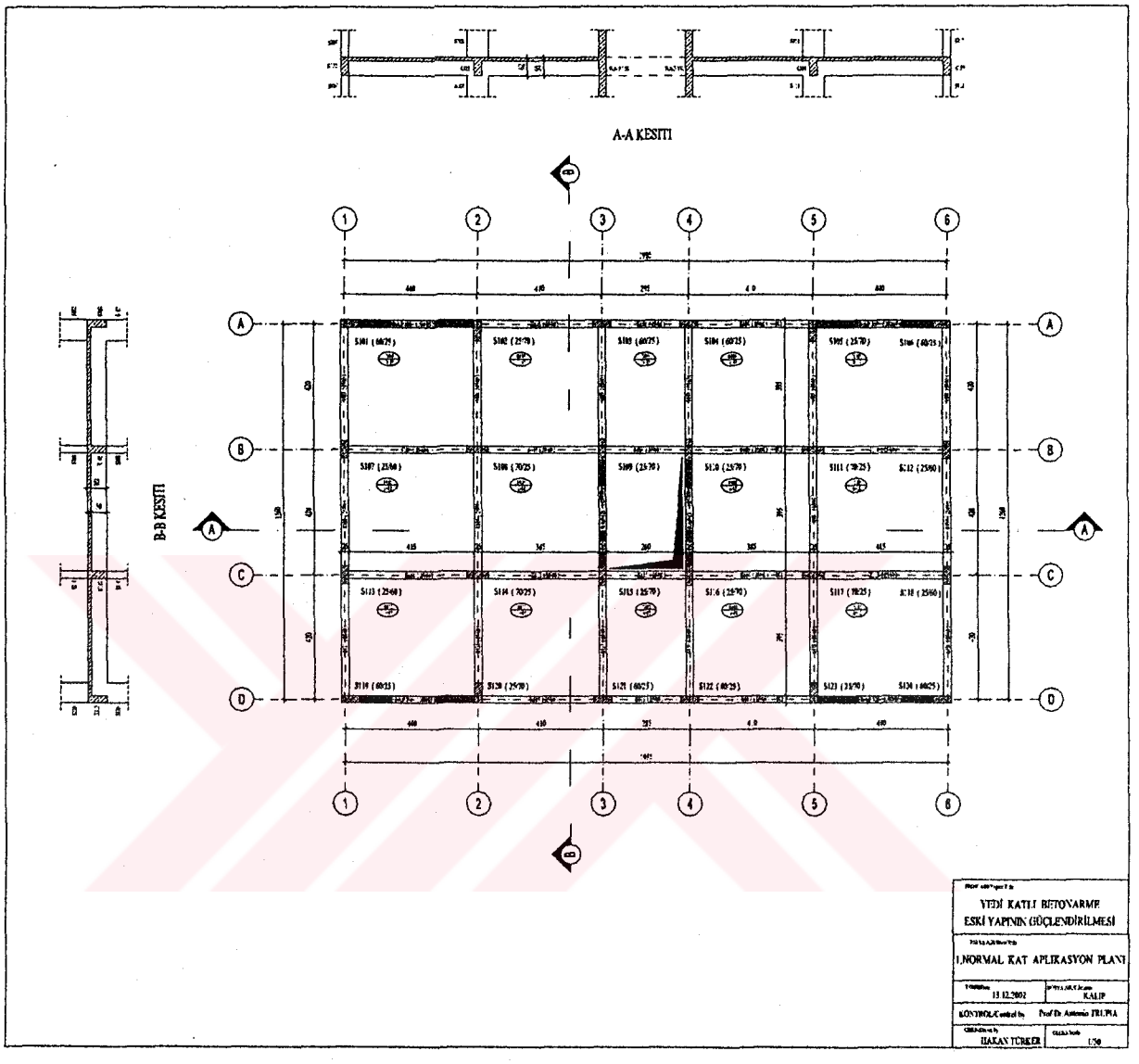
Uygulanan iki yöntem olan "Klasik Güçlendirme" ve "Taban izolasyonu" işlemlerinin toplam maliyetleri yukarıda hesaplanmış ve bunlardan taban izolasyonu uygulamasının, bu yapı için % 34 oranında daha ekonomik olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Buna göre yedi katlı betonarme eski binanın Düzce depremi etkisi altında yapılan dinamik analizindeki kesit tesirlerini azaltmak üzere, analizi yapılan bu yapıda "Güçlendirme" işlemi yerine taban izolasyonu yöntemine başvurulması gerektiği anlaşılmıştır.

Tablo 7.7 Uygulama II'ye ait karşılaştırmalı analiz sonuçları

Yapıya Etkitilen Deprem	Kat No	Ankastre Mesnetli Analiz		Taban İzolatörlü Analiz		Perde ile Güçlendirmeli Analiz	
DÜZCE				DIS B Tipi Çözüm			
		X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
Kat Ağırlık Merkezi Maksimum Yerdeğiştirmesi (m)	7	0,27518	0,19631	0,19657	0,13017	0,06626	0,10208
	6	0,25258	0,18044	0,19328	0,12074	0,05455	0,08538
	5	0,21575	0,14797	0,18537	0,10149	0,04250	0,06765
	4	0,16769	0,11202	0,17527	0,08164	0,03058	0,04964
	3	0,11736	0,07641	0,16598	0,07529	0,01947	0,03225
	2	0,06918	0,04380	0,15546	0,06796	0,01006	0,01701
	1	0,02751	0,01632	0,14265	0,06066	0,00320	0,00554
İzolasyon Seviyesi Yerdeğiştirmesi (m)	–	–	–	0,12937	0,05492	–	–
En Yüksek Kat İvmesi (m/sn2)	7	18,480	15,530	6,762	10,010	20,68	18,11
	6	14,150	11,820	6,500	6,801	16,55	15,04
	5	12,520	9,284	6,535	6,854	12,60	11,76
	4	10,850	8,051	5,960	5,528	9,233	8,469
	3	10,120	7,638	5,503	5,291	6,011	5,565
	2	6,839	5,289	4,591	5,418	3,177	3,249
	1	2,885	2,194	4,251	5,105	1,036	1,161
Taban Kesme Kuvveti (kN)		17530	10820	6308	4089	25120	24130


A-A KESITI
B-B KESITI
YEDİ KATLI BETONARME
ESKİYAPI
I.NORMAL KAT APLIKASYON PLANI
13.12.2002
KALIP
Prof.Dr.Antonio TRUPIA
HAKAN TÜRKER
1/50


A-A KESITI
B-B KESITI
YEDİ KATLI BETONARME
ESKİ YAPININ GÜÇLENDİRİLMESİ
1.NORMAL KAT APLIKASYON PLANI
KALIP
HAKAN TÜRKER
1/50

KAYNAKLAR

[1] **Kelly, J.M.,** 1993. Seminar on seismic isolation, passive energy dissipation, and active control Volume I,. *State-of-the-art and state-of-the-practice in base isolation,* American Technology Council, ATC-17-1 San Francisco, CA. 11-12 Mart, s. 9-20.

[2] **Naeim, F. and Kelly, J.M.,** 1999. Design of seismic isolated structures from theory to practice. John A. Martin and Associates, Inc., University of California.

[3] **Dumanoğlu, A. ve Ateş, Ş.,** 1999. Taban izolasyonlu binaların lineer olmayan deprem analizi, Teknik Rapor *TDV/TR 026-42,* Türkiye Deprem Vakfi.

[4] **Tezcan, S. ve Uluca, O.,** 2000. Reduction of seismic response by viscoelastic dampers *TDV/KT 012-48,* Türkiye Deprem Vakfi, Ocak 2000 . s.88

[5] **Earthquake Protection Systems, Inc.,** 1994. *Friction pendulum seismic isolation bearings,* Richmond, CA.

[6] **Özmen, G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K.** 2001. Örneklerle SAP 2000. *Örnek 8: 4 Katlı betonarme yapı* s.93-117 , *Örnek 12: Radye temel* s. 151-164

[7] **SAP2000 Demo CD.,** 1999. Training exercises, *Problem O: Isolated building, Nonlinear time history analysis.*

[8] **The Highway Innovative Technology Evaluation Center (HITEC),** 1998. *Evaluation findings for dynamic isolation systems, Inc. Elastomeric bearings",* Technical evaluation report.

[9] **The Highway Innovative Technology Evaluation Center (HITEC),** 1998. *Evaluation findings for earthquake protection systems, Inc. Friction pendulum bearings",* Technical evaluation report.

[10] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,** 1997. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

[11] **Celep, Z. ve Kumbasar N.,** 2000. Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı , *Güçlendirme projesinin hazırlanması* s. 521-524.

[12] **Amasralı, S.,** 1999. *STA4 – CAD VER – 8.0 Çok katlı betonarme yapıların 3 boyutlu analiz ve tasarımı.*

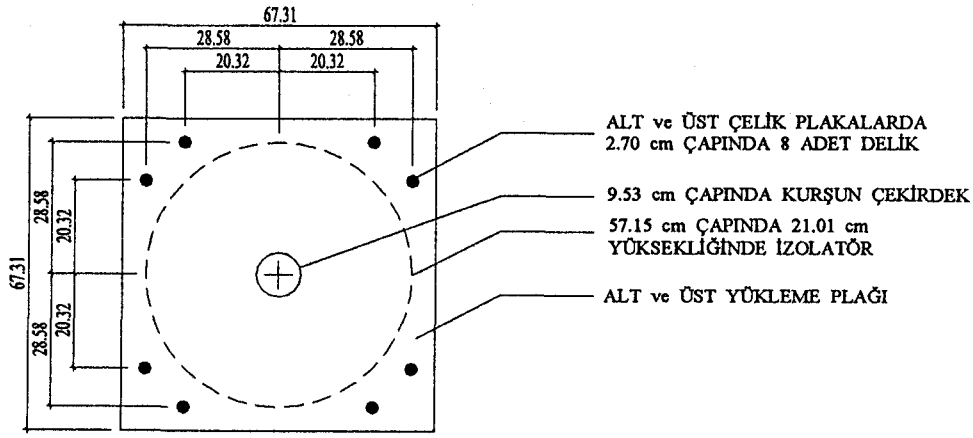
[13] **Akçay, S.,** 1995. Esnek – sürtünmeli temel ayırıcılı sistemin deprem etkisindeki davranışı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EK A

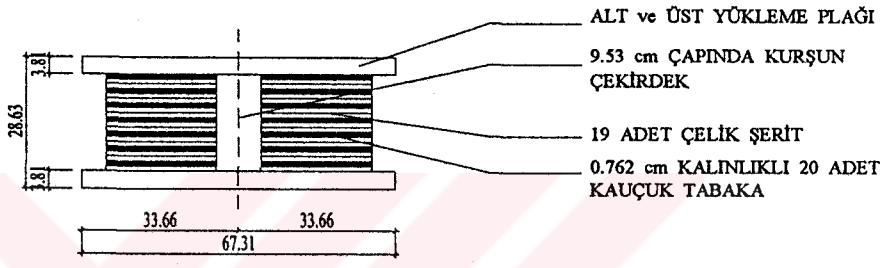
TABAN İZOLATÖR TİPLERİ VE TEST SONUÇLARI

A.B.D.'de faaliyet gösteren "The Highway Innovative Technology Evaluation Center (HITEC)" kuruluşunca, kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı ve sürtünmeli sarkaç tipteki taban izolatörleri bir dizi teste tabi tutulmuştur. Bu testlere ait sonuçlar, sözkonusu taban izolatörlerini imal eden üretici firmaların isimleri ile birlikte aşağıda sıralandığı gibi sunulmaktadır.

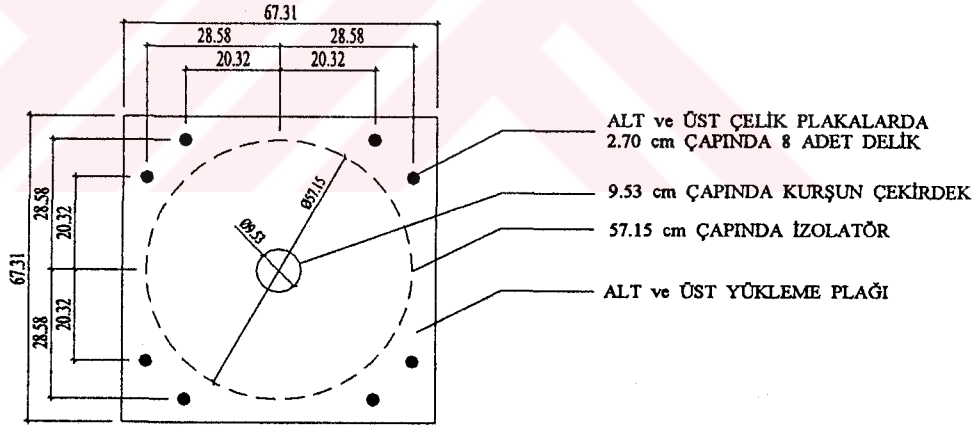
1. "Dynamic Isolation Systems, Inc." Elastomeric Bearings
2. "Earthquake Protection Systems, Inc." Friction Pendulum Bearings



ÜST GÖRÜNÜŞ

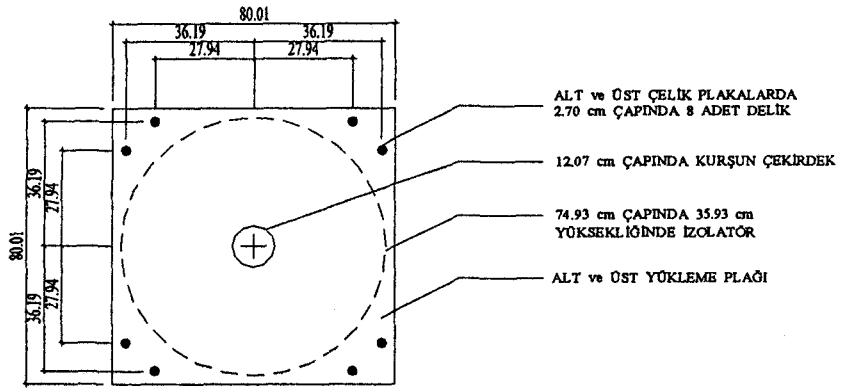


KESİT

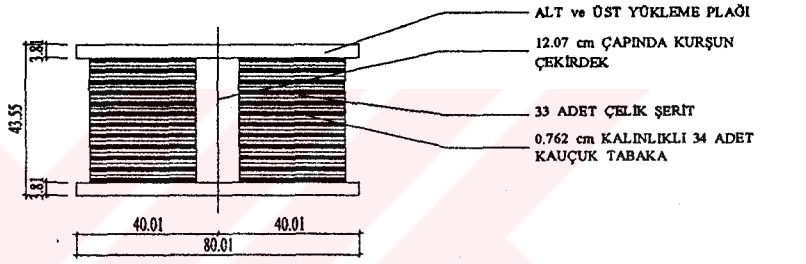


ALT GÖRÜNÜŞ

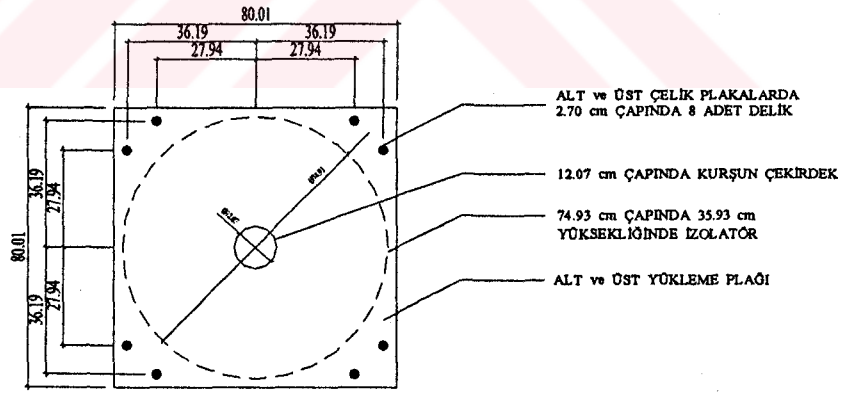
KURŞUN ÇEKİRDEKLİ KAUÇUK İZOLATÖR	ÜRETİCİ FİRMA	DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS (DIS)
	A TİPİ	TASARIM BASINÇ YÜKÜ (DCL) : 667.233 kN
		TASARIM YERDEĞİŞTİRMESİ (DD) : 15.24 cm



ÜST GÖRÜNÜŞ



KESİT



ALT GÖRÜNÜŞ

KURŞUN ÇEKİRDEKLİ KAUÇUK İZOLATÖR	ÜRETİCİ FİRMA	DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS (DIS)
	B TİPİ	TASARIM BASINÇ YÜKÜ (DCL) : 2224.11 kN
		TASARIM YERDEĞİŞTİRMESİ (DD) : 22.86 cm
	C TİPİ	TASARIM BASINÇ YÜKÜ (DCL) : 3336.165 kN
		TASARIM YERDEĞİŞTİRMESİ (DD) : 30.48 cm

A.1 DIS KURŞUN ÇEKİRDEKLİ KAUÇUK İZOLATÖR TEST SONUÇLARI

Tablo A.1.1 DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin fiziksel özellikleri

Mesnet Tipi	Tasarım Basınç Yükü (DCL) kN	Tasarım Yerdeğiştirmesi (DD) cm	Küçük Yerdeğiştirmeler cm	Ağırlık (kN)	Yükseklik (cm)	Plan Boyutu (cm)
A tipi	667,233	15,24	5,08(+/-2,54)	4,2703	21,01	57,15
B tipi	2224,11	22,86	7,62(+/-3,81)	8,3404	35,93	74,93
C tipi	3336,165	30,48	10,16(+/-5,08)	8,3404	35,93	74,93

Tablo A.1.2 DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin mekanik karakteristiklerinin yük seviyesine bağlı değişimi

Mesnet Tipi	Düşey Yük (kN)	Rijitlik K_{eff} (kN/cm)	Sönüm Kritik sönüm yüzdesi	Bir döngüdeki enerji yutumu, EDC (kNcm)
A tipi	% 100 DCL	13,66	17,7	3408,75
	% 70 DCL	14,19	16,8	3354,52
	% 40 DCL	14,36	16,3	3310,45
B tipi	% 100 DCL	19,44	16,3	9725,73
	% 70 DCL	19,96	15,3	9384,52
	% 40 DCL	20,31	14,7	9361,92
C tipi	% 100 DCL	15,24	17	14394,26
	% 70 DCL	15,94	15,6	13829,34
	% 40 DCL	16,64	15,1	13919,73

Bu değerler, tasarım yerdeğiştirmesindeki 2 sn periyodlu çevrimsel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunan test sonuçlarıdır.

Tablo A.1.3 DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin mekanik karakteristiklerinin periyoda bağlı değişimi

Mesnet Tipi	Periyod (saniye)				
	20	5	2	1	0,5*
	Rijitlik (kN/cm)				
A tipi	13,66	13,31	13,66	15,24	16,11
B tipi	16,46	17,86	19,44	19,09	26,62
C tipi	14,01	14,36	15,24	17,69	25,57
Sönüm (Kritik sönüm yüzdesi)					
A tipi	18,4	19,2	17,7	17,5	14,7
B tipi	17,4	16,5	16,3	16,9	14,9
C tipi	18,5	17,8	17	16,3	13,4
Bir döngüdeki enerji yutumu (kNcm)					
A tipi	3549,98	3598,57	3408,75	3642,63	864,33
B tipi	8986,81	9264,75	9725,73	9917,80	3260,74
C tipi	14586,34	14382,96	14394,26	15196,45	4520,52

Bu değerler, tasarım basınç yükü altında ve tasarım yerdeğiştirmesinde çevrimsel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunan test sonuçlarıdır.

* Tasarım yerdeğiştirmesinin yarısı için elde edilen değerlerdir.

Tablo A.1.4 DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin limit davranışı

Mesnet Tipi	Tasarım Yerdeğiştirmesi DD (cm)	Sınır Yerdeğiştirmesi FD (cm)	Güvenlik oranı (FD/DD)
A tipi	15,24	50,8	3,33
B tipi	22,86	>55,88	>2,44
C tipi	30,48	>55,88	>2,44

* C tipi mesnetin yerdeğiştirme kapasitesi test ekipmanının oluşturabileceği limit yerdeğiştirmeden büyüktür.

Tablo A.1.5 DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin performanslarının deneysel ve analitik olarak karşılaştırılması

Mesnet Tipi	Efektif Rijitlik (kN/cm)		Eşdeğer sönüm (kritik sönüm yüzdesi)		Bir döngüdeki enerji yutumu (EDC) (kNcm)	
	Tasarım	Gerçek	Tasarım	Gerçek	Tasarım	Gerçek
A tipi	12,43	13,66	16,9	17,7	3073,19	3408,75
B tipi	16,29	19,44	14	16,3	7490,89	9725,73
C tipi	15,41	15,24	11,3	17	10100,84	14394,26

Gerçek değerler, tasarım basınç yükü altında ve 2 sn periyodundaki çevresel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunmuş olan test değerleridir.

Tablo A.1.6 DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin performanslarının yorulma ve çevresel etkiler dikkate alınarak değerlendirilmesi

Periyod	Rijitlik (kN/cm)		Eşdeğer sönüm (kritik sönüm yüzdesi)		Bir döngüdeki enerji yutumu (EDC) (kNcm)	
	Önce	Sonra	Önce	Sonra	Önce	Sonra
20	16,11	15,06	17,7	19,6	9168,72	9502,02
5	17,86	15,76	18,3	18,8	10234,16	9308,82
1	19,09	16,64	17,3	17,5	10129,09	8933,71
0,5*	25,22	23,99	14,8	17,5	2927,44	3296,90

Tablodaki "önce" şunu ifade eder: 2224 kN tasarım basınç yükü altında B tipi mesnet için; 10 sn periyodlu servis yüklemelerinin (sıcaklık ve hareketli yük etkileri yani Tablo A.1.1'deki küçük yerdeğiştirmeler sınırını oluşturan yük etkileri) 10000 adet döngü sonrasında oluşturduğu yorulma etkileri ve Amerikan Standardı ASTM B117 şartlarının öngördüğü 1000 saat tuz spreyi odasında hızlandırılmış çevresel etkiye maruz bırakılması durumlarından önce izolatörün hemen imalat sonrası mekanik karakteristikleridir.
Tablodaki "sonra" ise, bu etkilerden sonra izolatörün sismik performansının yani mekanik karakteristiklerinin değişimini göstermektedir.
"* " Bu satırdaki değerler, tasarım yerdeğiştirmesinin yarısı için elde edilmiştir.

Tablo A.1.7 DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin performanslarının sıcak ve soğuk ortamda değerlendirilmesi

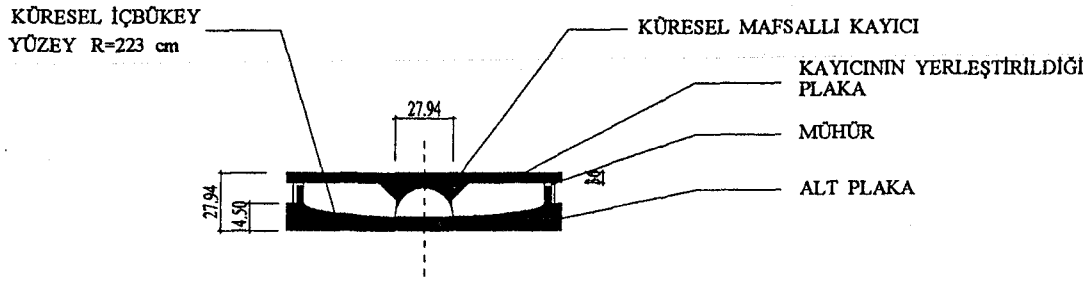
Performans Parametreleri	Soğukta -9 °C'de 48 saat	Normal Şartlarda 21 °C	Sıcakta 48 °C'de 30 saat
Rijitlik (kN/cm)	25,22	20,49	18,74 (-%9)
Sönüm (Kri. Sön. %)	22,6 (+% 43)	15,8	14,2 (-% 10)
Enerji Yutumu (kNcm)	17512,64	10192,36	8373,3 (-%18)

Parantez içindeki değerler % olarak normal şartlardan sapmaları işaret eder.

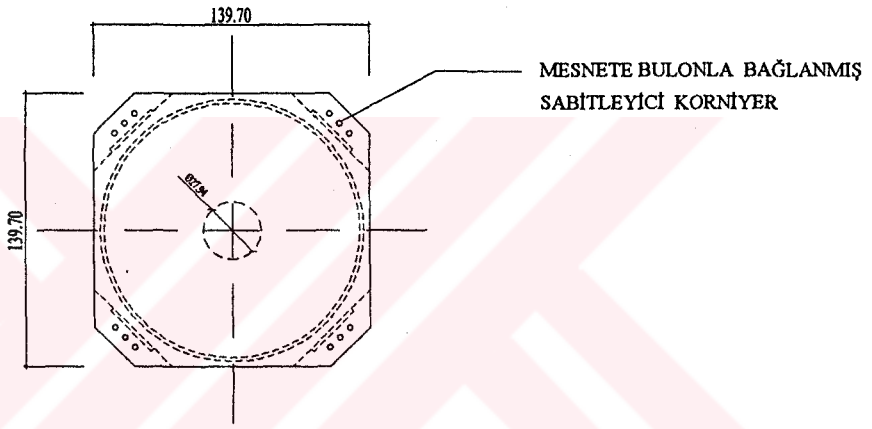
Tablo A.1.8 DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin dayanıklılığı

Mesnet Tipi	F_1 (kN)	F_5 (kN)	F_{10} (kN)	F_{15} (kN)	F_{20} (kN)
A tipi	222,41	204,62	186,83	173,48	169,03
B tipi	444,82	395,89	369,20	355,86	346,96
C tipi *	511,55	427,03	–	–	–
*	–	502,65	422,58	387,00	369,20

"*" Bu mesnet için 5 döngü ve 15 döngü olmak üzere iki ayrı yükleme yapılmıştır.
F_i = i. döngüdeki en büyük yatay kuvvet

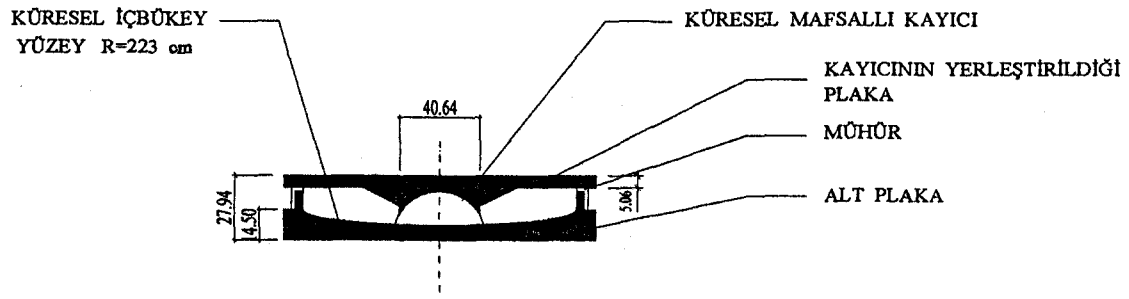


KESİT

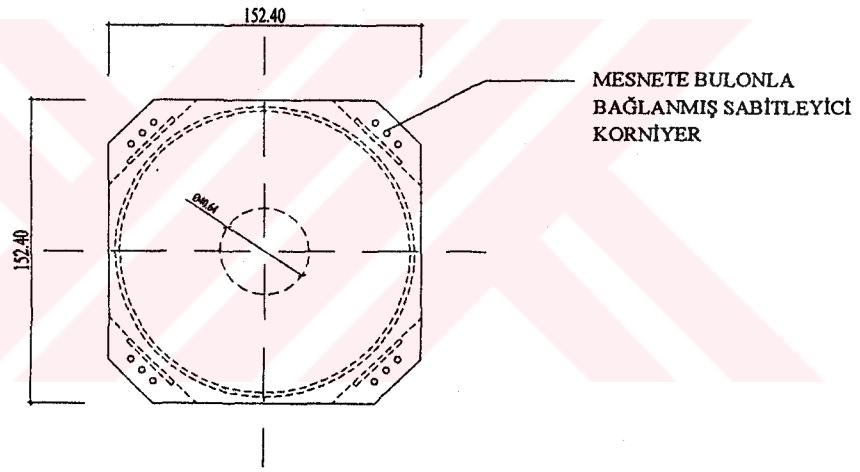


PLAN GÖRÜNÜŞÜ

SÜRTÜNMELİ SARKAÇ İZOLATÖR SİSTEMİ	ÜRETİCİ FİRMA	EARTHQUAKE PROTECTION SYSTEMS (EPS)
	A TİPİ	TASARIM BASINÇ YÜKÜ (DCL) : 667.233 kN
		TASARIM YERDEĞİŞTİRMESİ (DD) : 15.24 cm
	B TİPİ	TASARIM BASINÇ YÜKÜ (DCL) : 2224.11 kN
		TASARIM YERDEĞİŞTİRMESİ (DD) : 22.86 cm



KESİT



PLAN GÖRÜNÜŞÜ

SÜRTÜNMELİ SARKAÇ İZOLATÖR SİSTEMİ	ÜRETİCİ FİRMA	EARTHQUAKE PROTECTION SYSTEMS (EPS)
	C TİPİ	TASARIM BASINÇ YÜKÜ (DCL) : 3336.165 kN
		TASARIM YERDEĞİŞTİRMESİ (DD) : 30.48 cm

A.2 EPS SÜRTÜNMELİ SARKAÇ İZOLATÖR TEST SONUÇLARI

Tablo A.2.1 EPS Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin fiziksel özellikleri

Mesnet Tipi	Tasarım Basınç Yükü (DCL) kN	Tasarım Yerdeğiştirmesi (DD) cm	Küçük Yerdeğiştirmeler cm	Ağırlık (kN)	Yüksekklik (cm)	Plan Boyutu (cm)
A tipi	667,233	15,24	5,08(+/-2,54)	20,462	27,94	139,7 x 139,7
B tipi	2224,11	22,86	7,62(+/-3,81)	20,462	27,94	139,7 x 139,7
C tipi	3336,165	30,48	10,16(+/-5,08)	20,462	27,94	152,4 x 152,4

Tablo A.2.2 EPS Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin mekanik karakteristiklerinin yük seviyesine bağlı değişimi

Mesnet Tipi	Düşey Yük (kN)	Rijitlik K_{eff} (kN/cm)	Sönüm Kritik sönüm yüzdesi	Bir döngüdeki enerji yutumu, EDC (kNcm)
A tipi	% 100 DCL	5,78	45,6	3716,07
	% 70 DCL	2,28	91,3	2931,96
	% 40 DCL	2,45	53,2	1840,52
B tipi	% 100 DCL	12,43	27,6	10770,84
	% 70 DCL	7,71	38,4	9282,83
	% 40 DCL	6,13	34,7	6823,15
C tipi	% 100 DCL	18,91	25,4	26675,71
	% 70 DCL	13,84	28,2	21647,89
	% 40 DCL	8,23	31,3	14529,84

Bu değerler, tasarım yerdeğiştirmesindeki 2 sn periyodlu çevrimsel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunan test sonuçlarıdır.

Tablo A.2.3 EPS Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin mekanik karakteristiklerinin periyoda bağlı değişimi

Mesnet Tipi	Periyod (saniye)				
	20	5	2	1	0,5*
	Rijitlik (kN/cm)				
A tipi	4,90	5,60	5,78	5,95	10,33
B tipi	13,31	12,61	12,43	11,21	21,72
C tipi	19,44	18,74	18,91	15,06	29,77
Sönüm (Kritik sönüm yüzdesi)					
A tipi	49,7	45,7	45,6	42,9	51,5
B tipi	29,8	27,4	27,6	28,7	30,6
C tipi	25	24,7	25,4	31,5	32,8
Bir döngüdeki enerji yutumu (kNcm)					
A tipi	3553,37	3616,64	3716,07	3605,34	1939,95
B tipi	12710,79	11101,89	10770,84	9873,74	5447,00
C tipi	27432,71	25658,85	26675,71	24099,66	11965,09

Bu değerler, tasarım basınç yükü altında ve tasarım yerdeğiştirmesinde çevrimsel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunan test sonuçlarıdır.

* Tasarım yerdeğiştirmesinin yarısı için elde edilen değerlerdir.

Tablo A.2.4 EPS Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin limit davranışı

Mesnet Tipi	Tasarım Yerdeğiştirmesi DD (cm)	Sınır Yerdeğiştirmesi FD (cm)	Güvenlik oranı (FD/DD)
A tipi	15,24	50,8	3,38
B tipi	22,86	50,8	2,22
C tipi	30,48	50,8	1,67

Sınır yerdeğiştirmeleri, mafsallı kayıcının fiziksel limitine ulaştığı değer olarak elde edilmiştir.

Tablo A.2.5 EPS Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin performanslarının deneysel ve analitik olarak karşılaştırılması

Mesnet Tipi	Efektif Rijitlik (kN/cm)		Eşdeğer sönüm (kritik sönüm yüzdesi)		Bir döngüdeki enerji yutumu (EDC) (kNcm)	
	Tasarım	Gerçek	Tasarım	Gerçek	Tasarım	Gerçek
A tipi	6,92	5,78	36,2	45,6	3660,71	3716,07
B tipi	15,76	12,43	23,6	27,6	12202,36	10770,84
C tipi	22,07	18,91	20,6	25,4	26438,44	26675,71

Gerçek değerler, tasarım basınç yükü altında ve 2 sn periyodundaki çevresel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunmuş olan test değerleridir.

Tablo A.2.6 EPS Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin performanslarının yorulma ve çevresel etkiler dikkate alınarak değerlendirilmesi

Periyod	Rijitlik (kN/cm)		Eşdeğer sönüm (kritik sönüm yüzdesi)		Bir döngüdeki enerji yutumu (EDC) (kNcm)	
	Önce	Sonra	Önce	Sonra	Önce	Sonra
20	12,78	12,78	30,2	25,7	12394,43	10543,74
5	13,48	12,26	27,1	26	11456,66	10005,93
1	13,31	12,61	25,4	27,3	10359,58	10558,43
0,5*	18,91	17,51	34	34,1	5284,30	4906,93

Tablodaki "önce" şunu ifade eder: 2224 kN tasarım basınç yükü altında B tipi mesnet için; 10 sn periyodlu servis yüklemelerinin (sıcaklık ve hareketli yük etkileri yani Tablo A.2.1'deki küçük yerdeğiştirmeler sınırını oluşturan yük etkileri) 10000 adet döngü sonrasında oluşturduğu yorulma etkileri ve Amerikan Standardı ASTM B117 şartlarının öngördüğü 1000 saat tuz spreyi odasında hızlandırılmış çevresel etkiye maruz bırakılması durumlarından önce izolatörün hemen imalat sonrası mekanik karakteristikleridir.
Tablodaki "sonra" ise, bu etkilerden sonra izolatörün sismik performansının yani mekanik karakteristiklerinin değişimini göstermektedir.
"* " Bu satırdaki değerler, tasarım yerdeğiştirmesinin yarısı için elde edilmiştir.

Tablo A.2.7 EPS Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin performanslarının sıcak ve soğuk ortamda değerlendirilmesi

Performans Parametreleri	Soğukta -22 °C'de 22 saat	Normal Şartlarda 21 °C	Sıcakta 48 °C'de 24 saat
Rijitlik (kN/cm)	13,84 (+%1)	13,66	12,43 (-%9)
Sönüm (Kri. Sön. %)	23,9 (-% 6)	25,5	22,9 (-% 10)
Enerji Yutumu (kNcm)	11795,61	10945,97	10360,71 (-%5)

Parantez içindeki değerler % olarak normal şartlardan sapmaları işaret eder.

Tablo A.2.8 EPS Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin dayanıklılığı

Mesnet Tipi	F_1 (kN)	F_5 (kN)	F_{10} (kN)	F_{15} (kN)	F_{20} (kN)
A tipi	106,76 (142,34)*	80,07	75,62	75,62	75,62
B tipi	360,31 (320,27)*	293,58	293,58	298,03	320,27
C tipi **	667,23 (471,51)*	587,17	–	–	–
**	–	667,23 (475,96) * F6	578,27	569,37	551,58

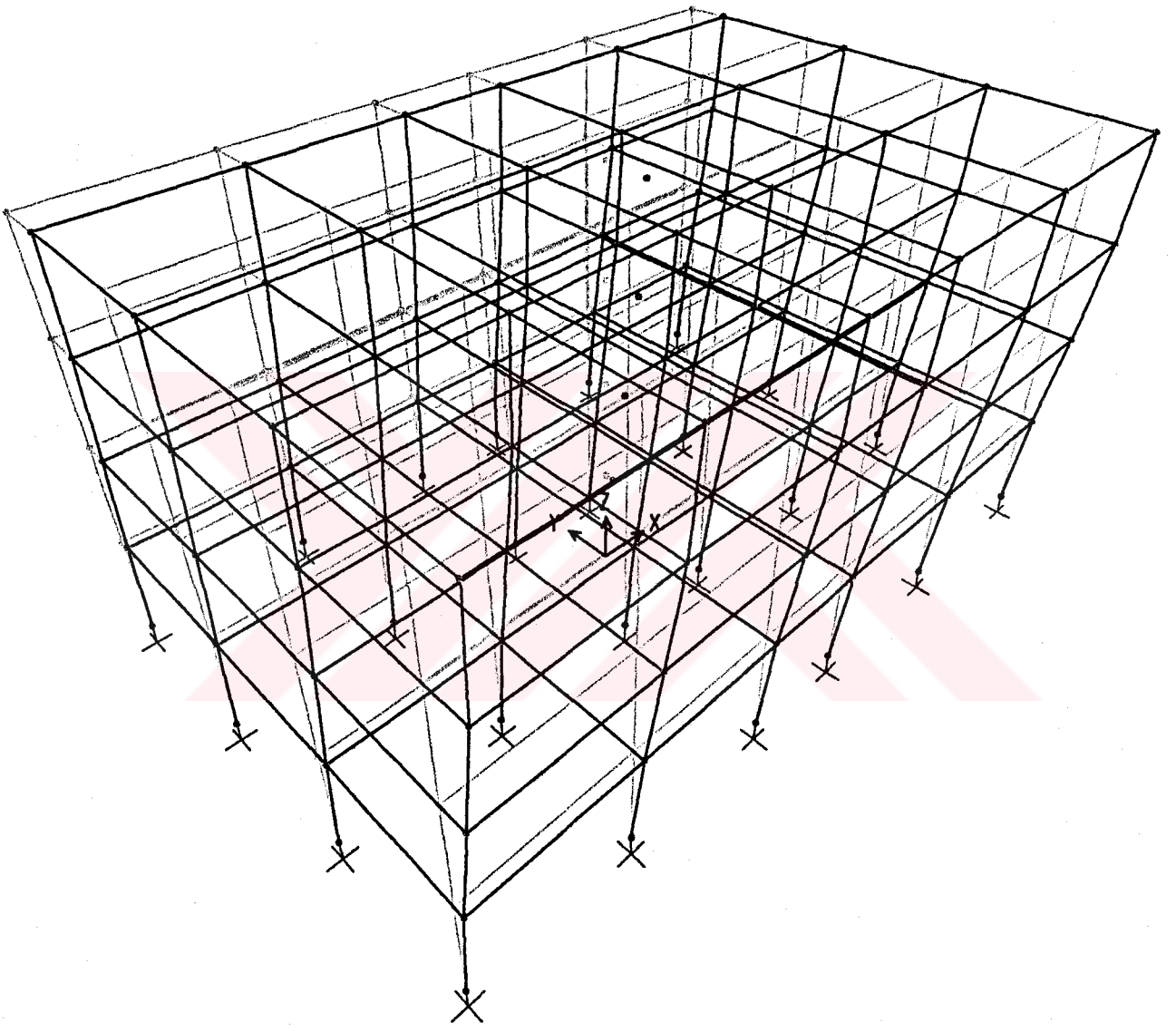
* Parantez içindeki değerler EPS izolatörlerinin ilk yüklemelerinde, statik sürtünmeyi yenmek için uygulanan kuvvetlerdir.
"**" Bu mesnet için 5 döngü ve 15 döngü olmak üzere iki ayrı yükleme yapılmıştır.
F_i = i. döngüdeki en büyük yatay kuvvet

EK B

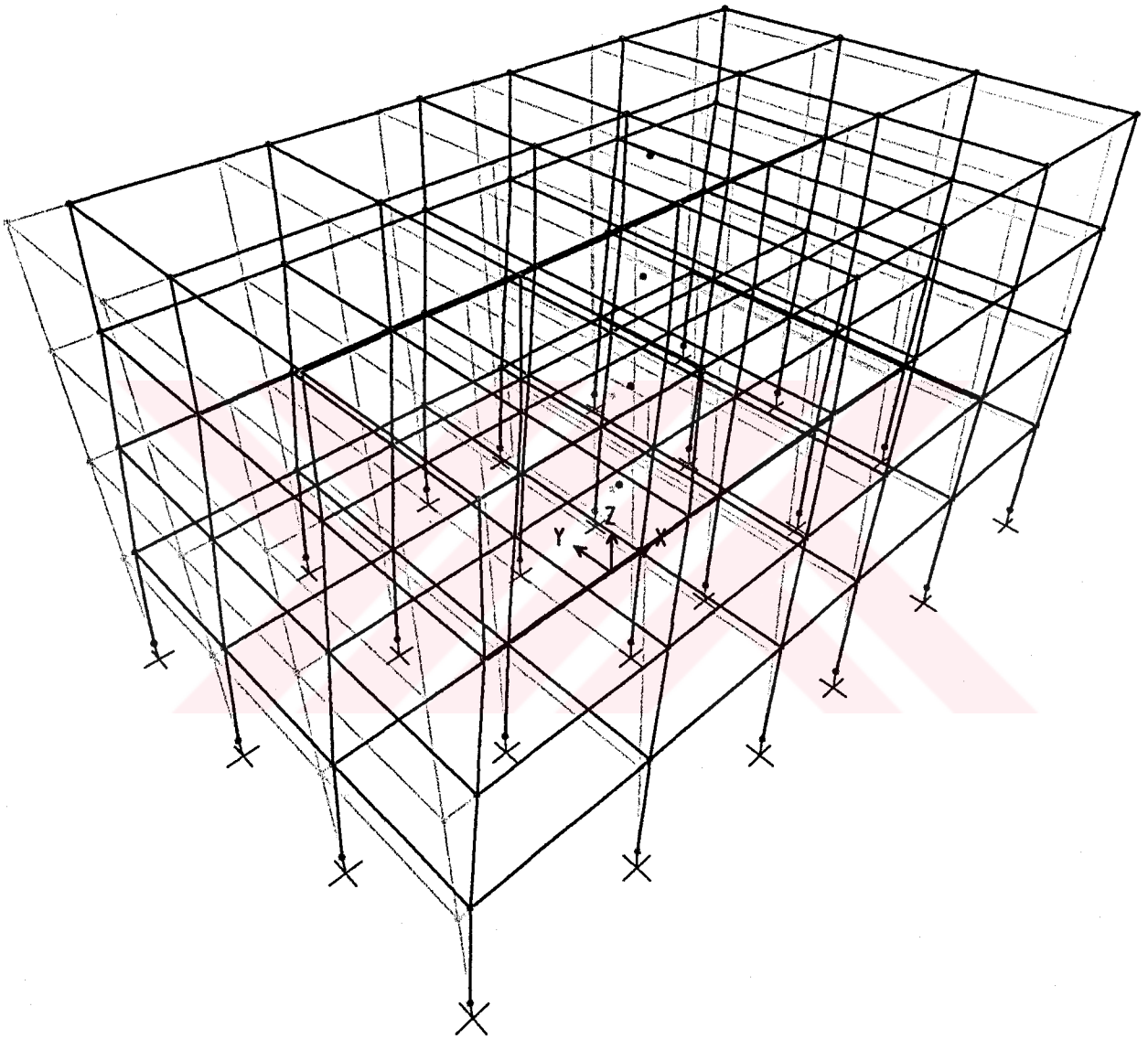
UYGULAMA I

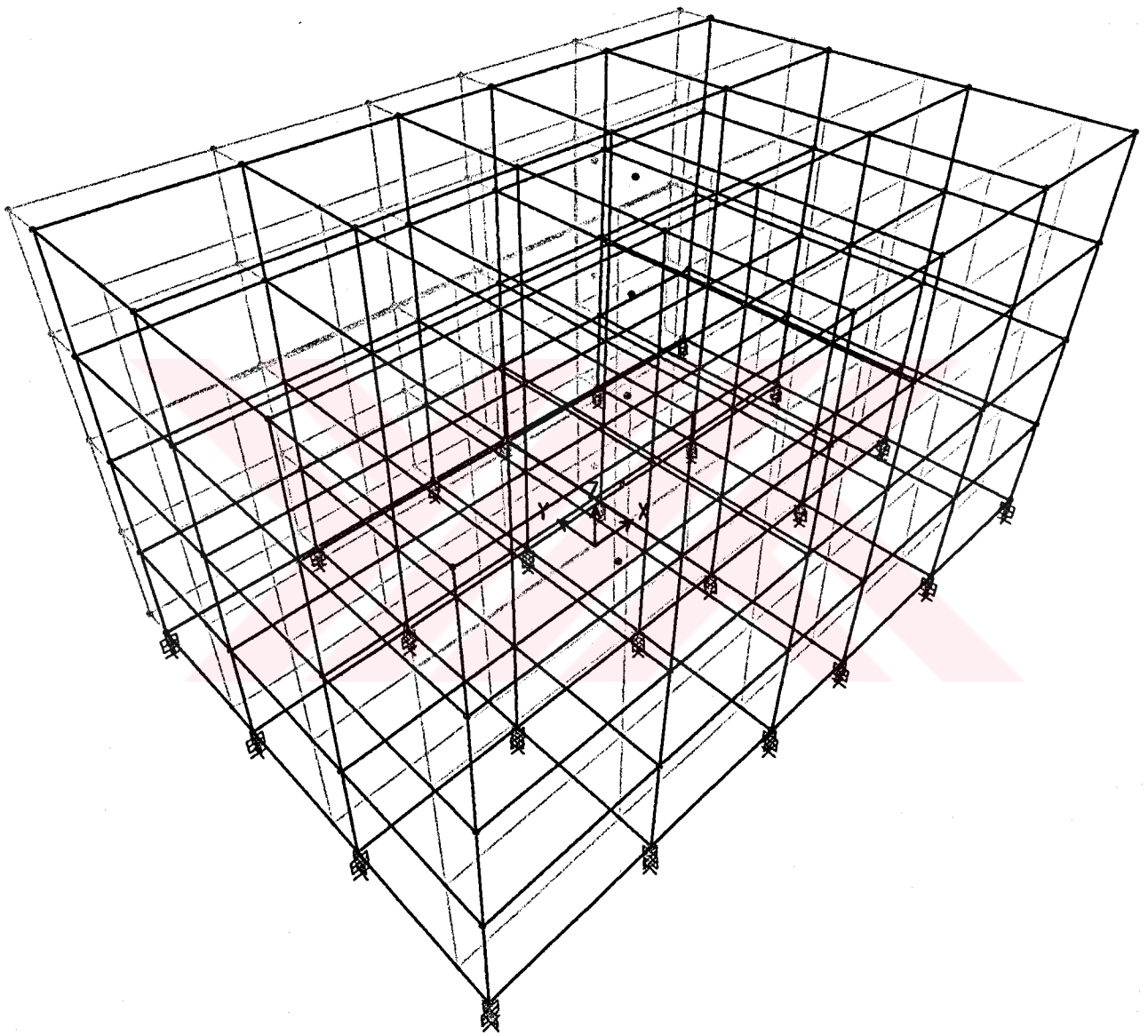
SAP 2000 BİLGİSAYAR PROGRAMI ÇIKTILARI

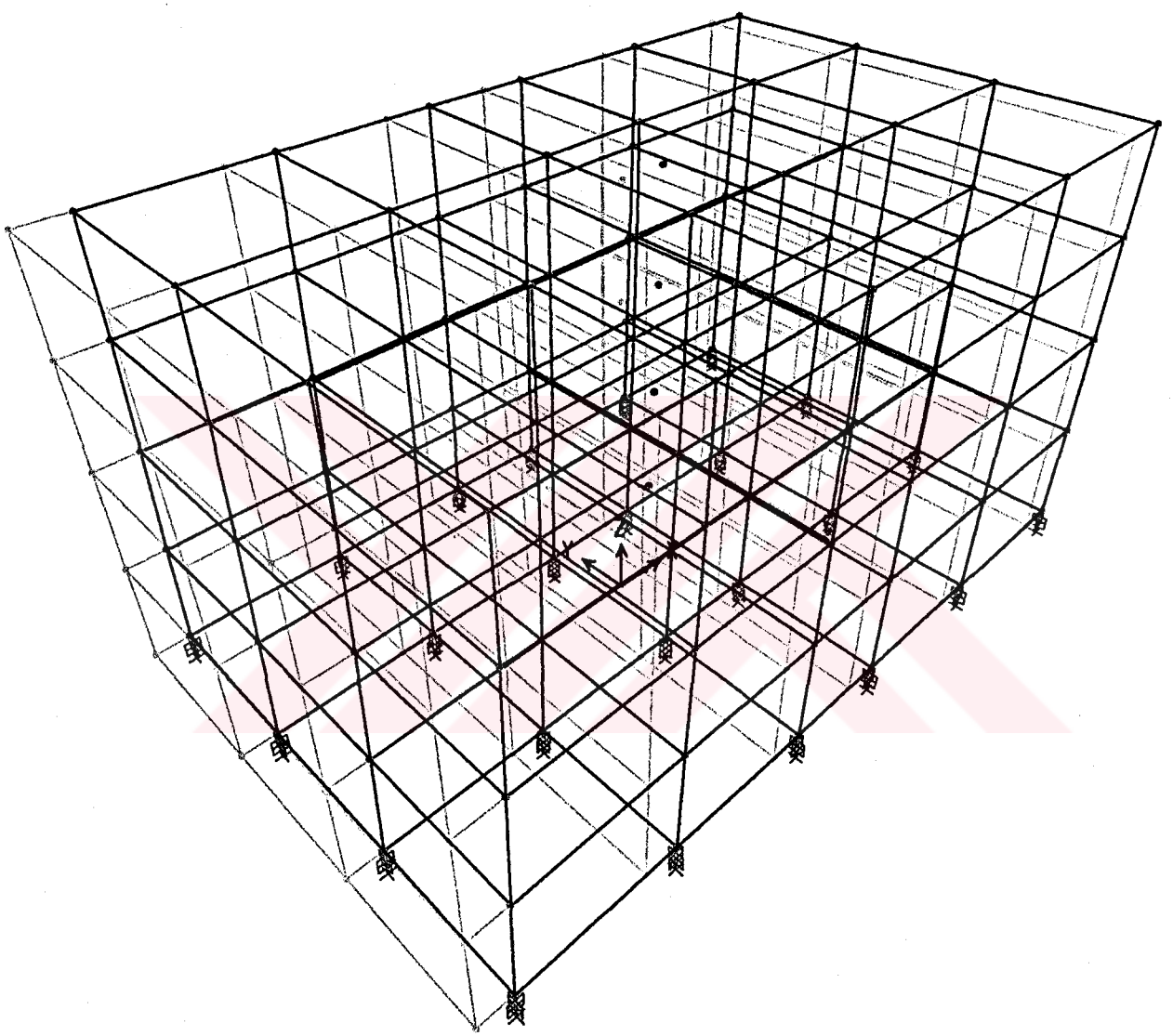
Uygulama I'de verilen dört katlı betonarme sistemin ankastre mesnetli ve DIS kurşun çekirdekli taban izolasyonu ile yapılan nonlineer zaman tanım alanındaki analizine ilişkin SAP 2000 bilgisayar programı çıktıları, Bölüm 6.5'de verilen sırayla sunulmuştur. Uygulamaya ait bilgiler Bölüm 6'da anlatıldığı gibidir.



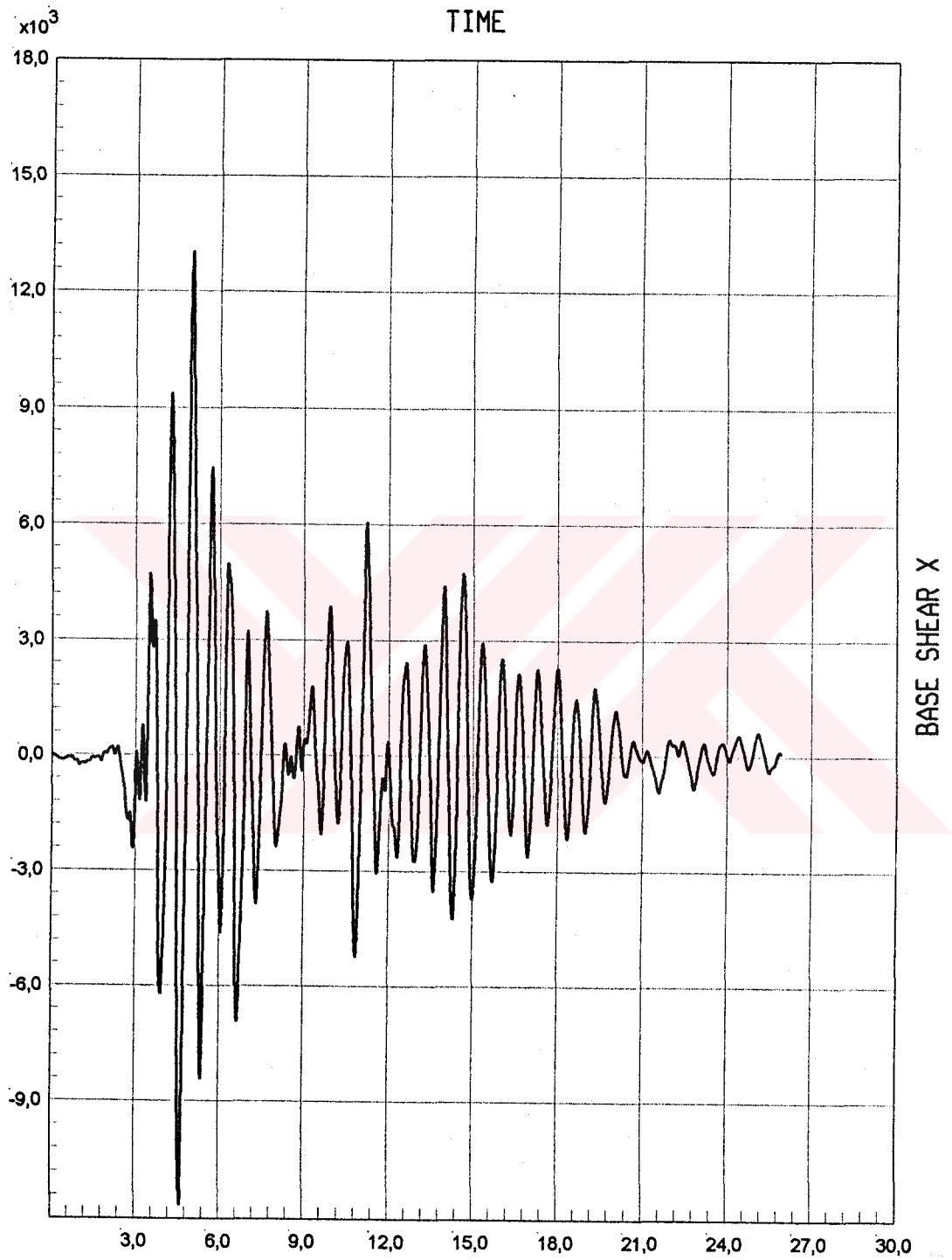
P2000 v6.11 - File:4K-ANK - Mode 1 Period 0,6731 seconds - KN-m Units


Z
Y

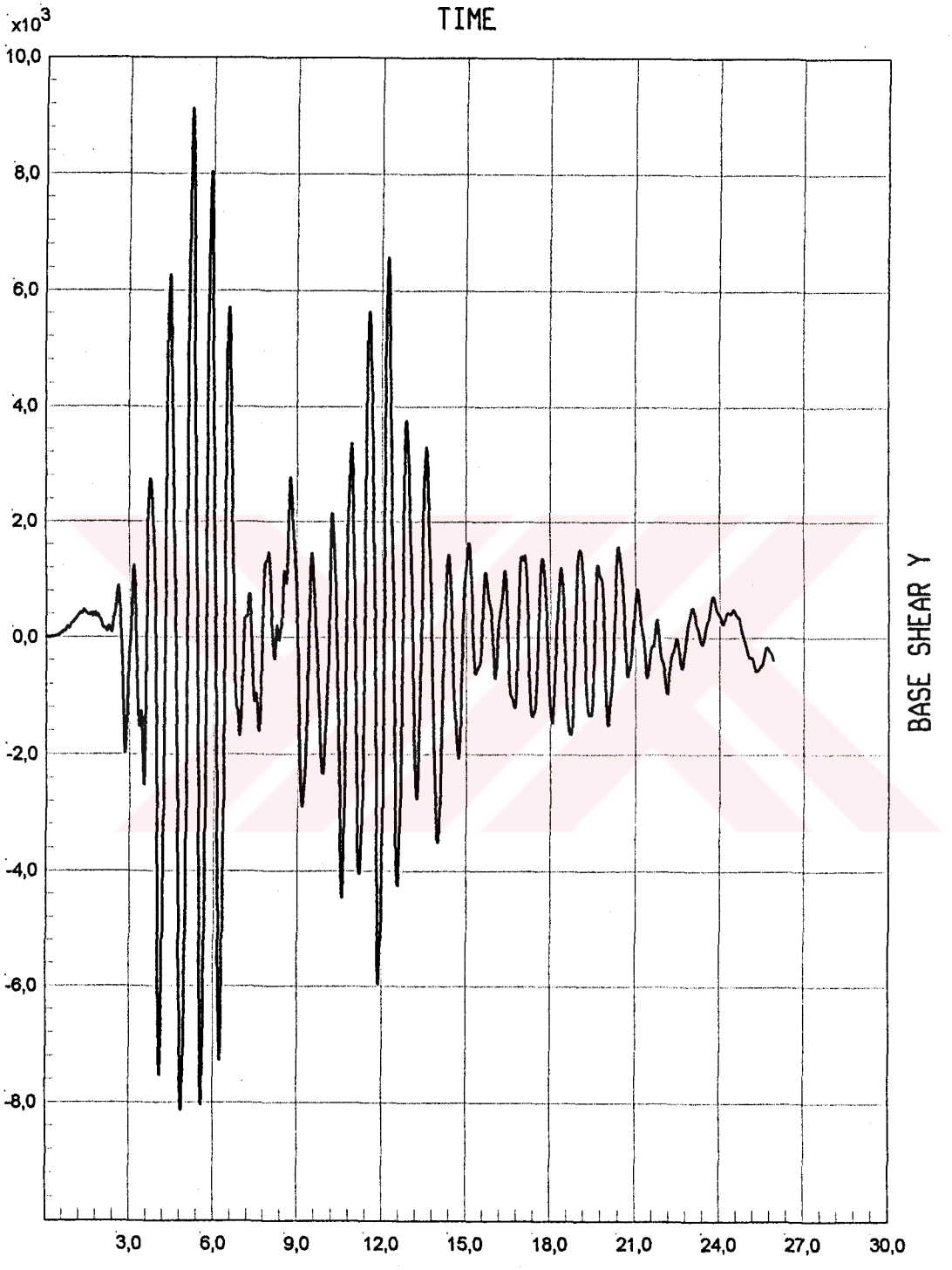

Y
Z
X



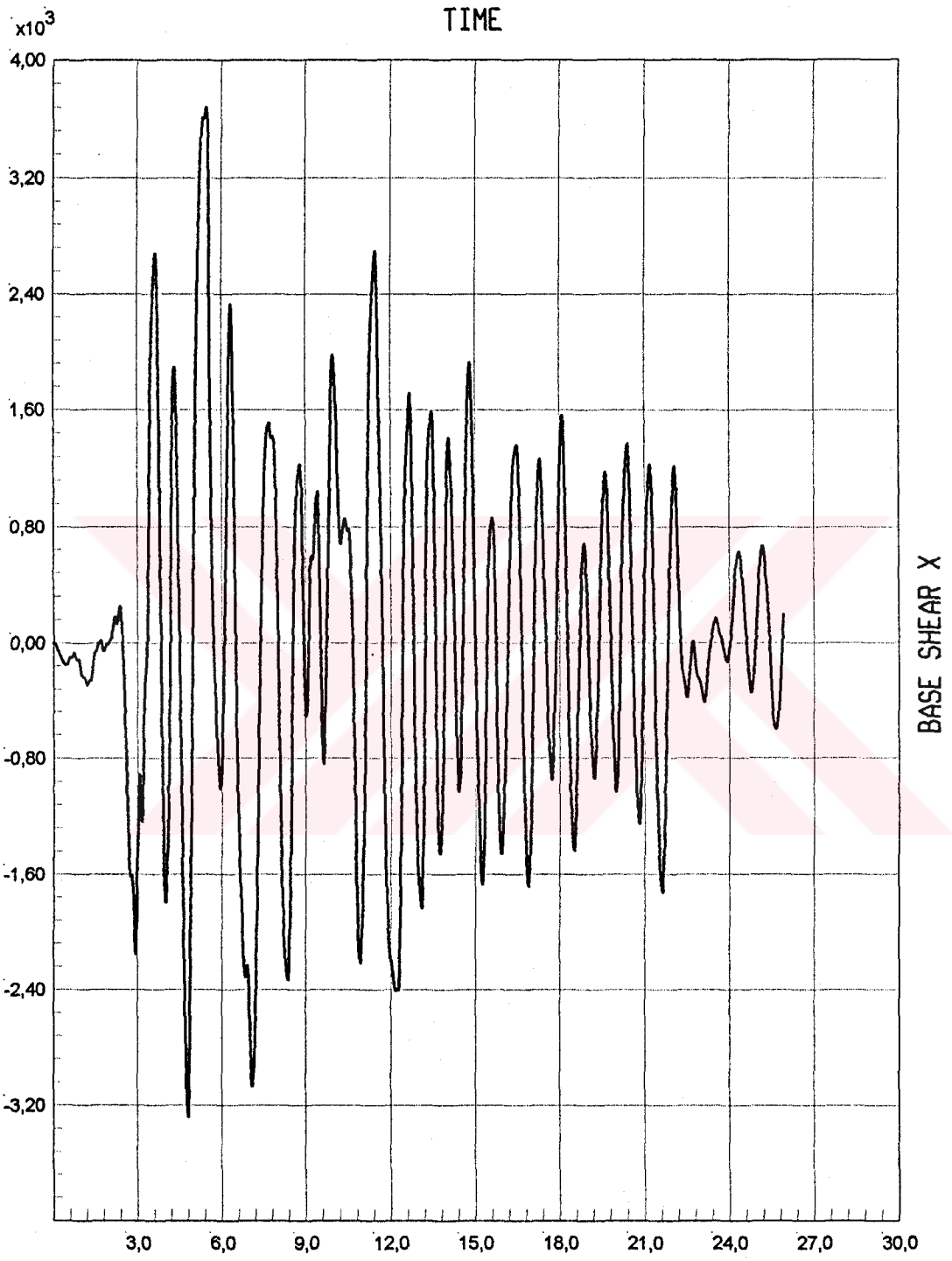
P2000 v6.11 - File:4K-DIS - Mode 2 Period 1,4681 seconds - KN-m Units



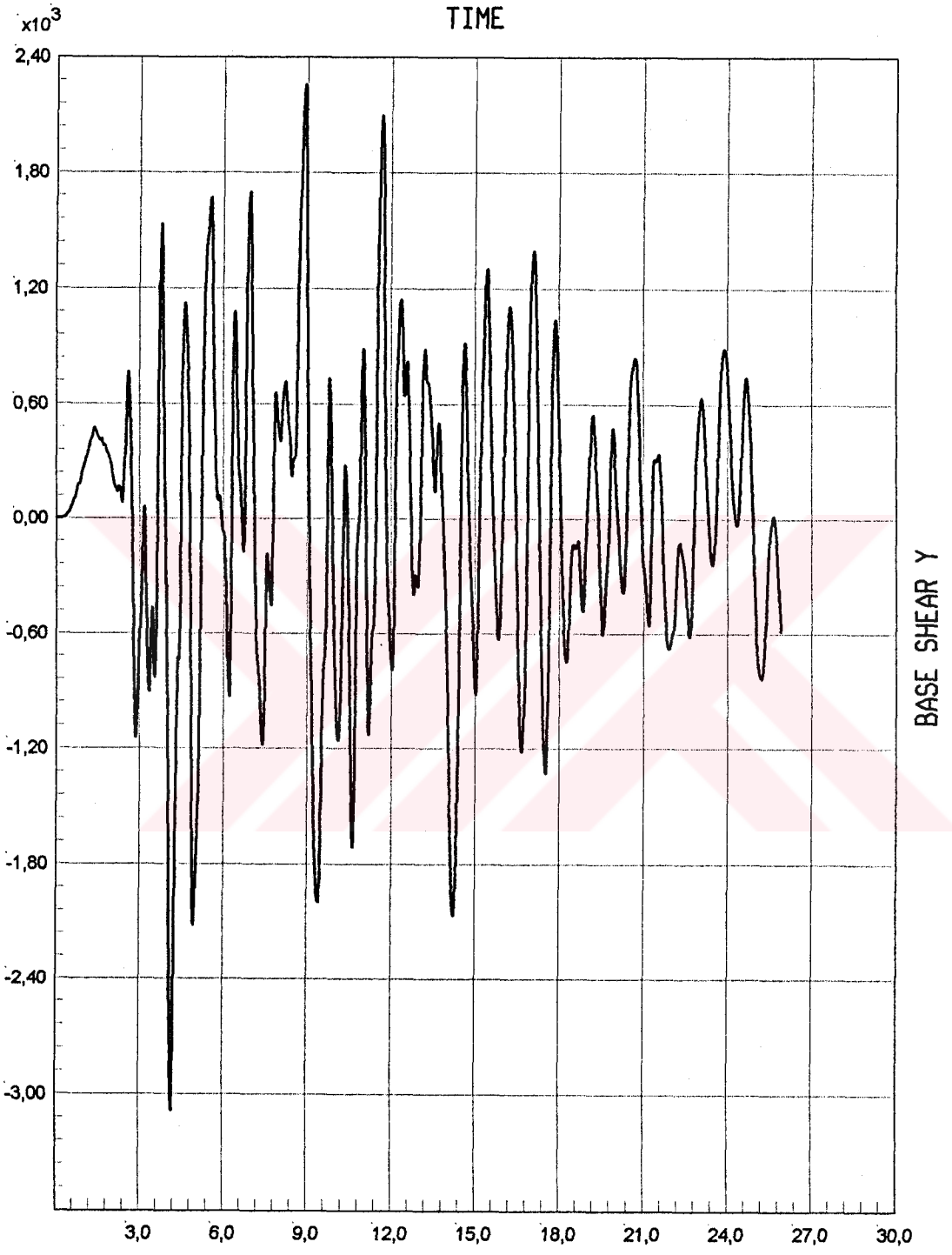
SAP2000 v6.11 - File:4K-ANK - KN-m Units
Base Shear X: Base Shear X Vs Time
Min is -1,165e+04 at 4,6100e+00 Max is 1,303e+04 at 4,9900e+00



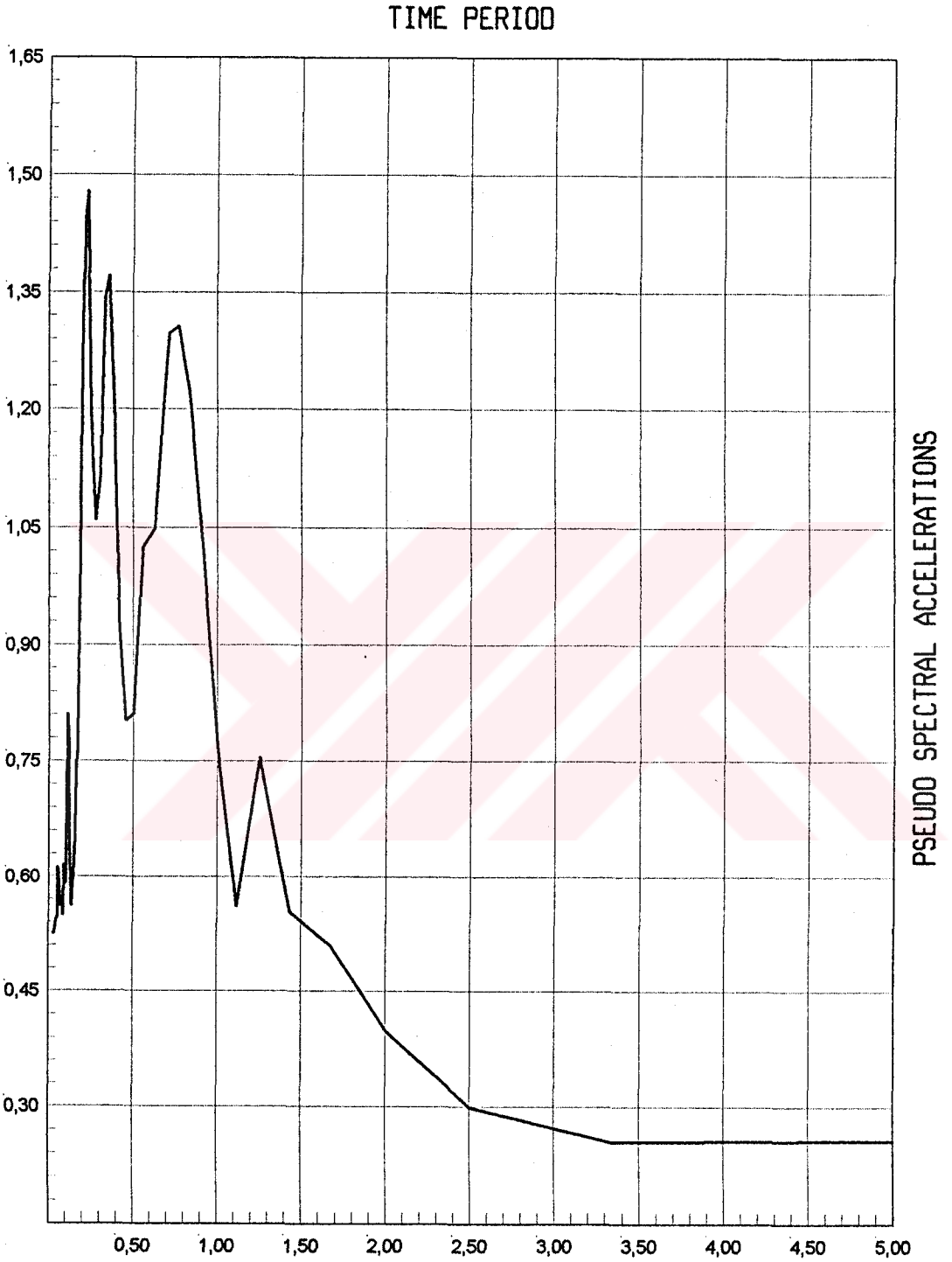
SAP2000 v6.11 - File:4K-ANK - KN-m Units
Base Shear Y: Base Shear Y Vs Time
Min is -8,124e+03 at 4,8600e+00 Max is 9,129e+03 at 5,2250e+00



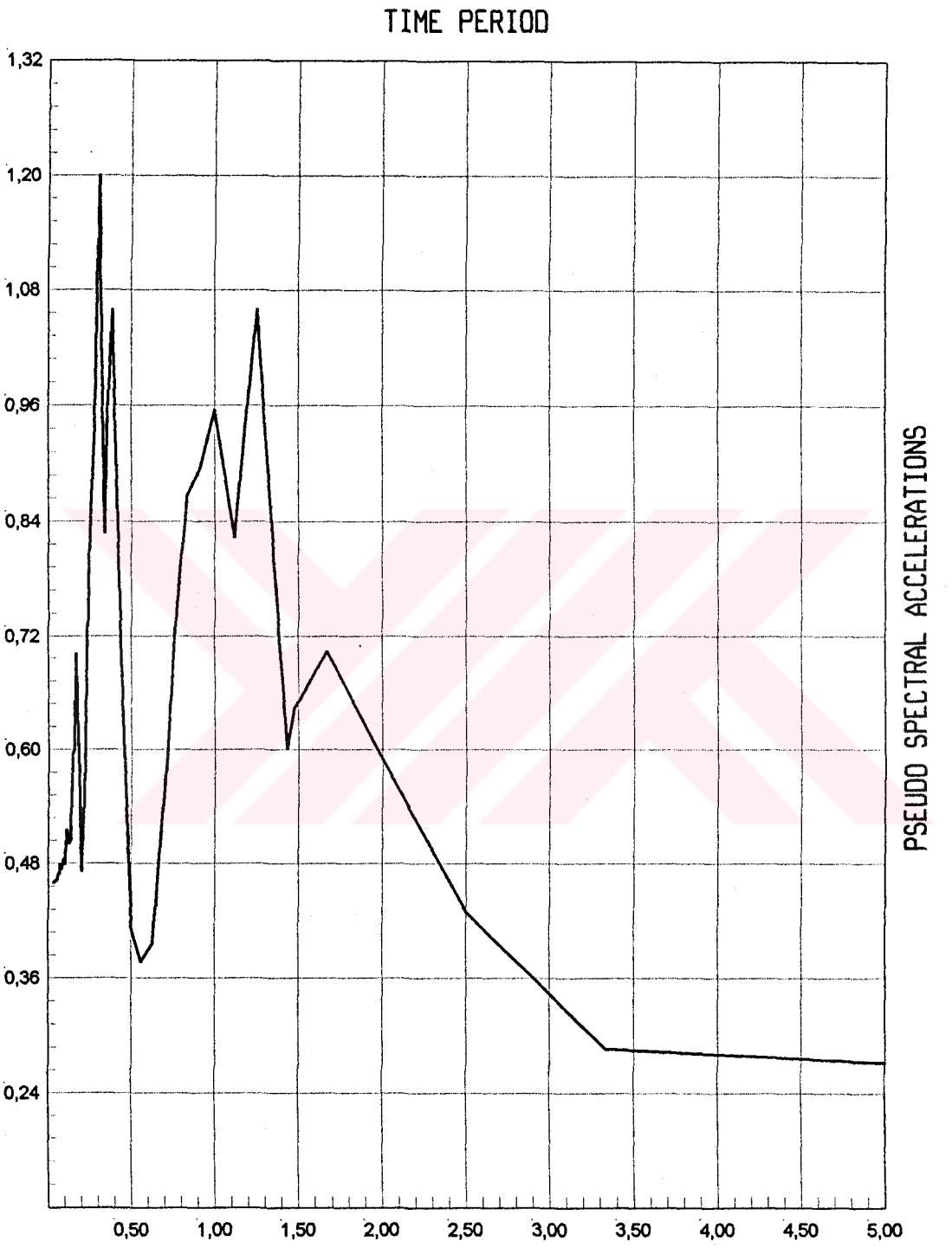
SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
Base Shear X: Base Shear X Vs Time
Min is -3,281e+03 at 4,7950e+00 Max is 3,684e+03 at 5,4600e+00



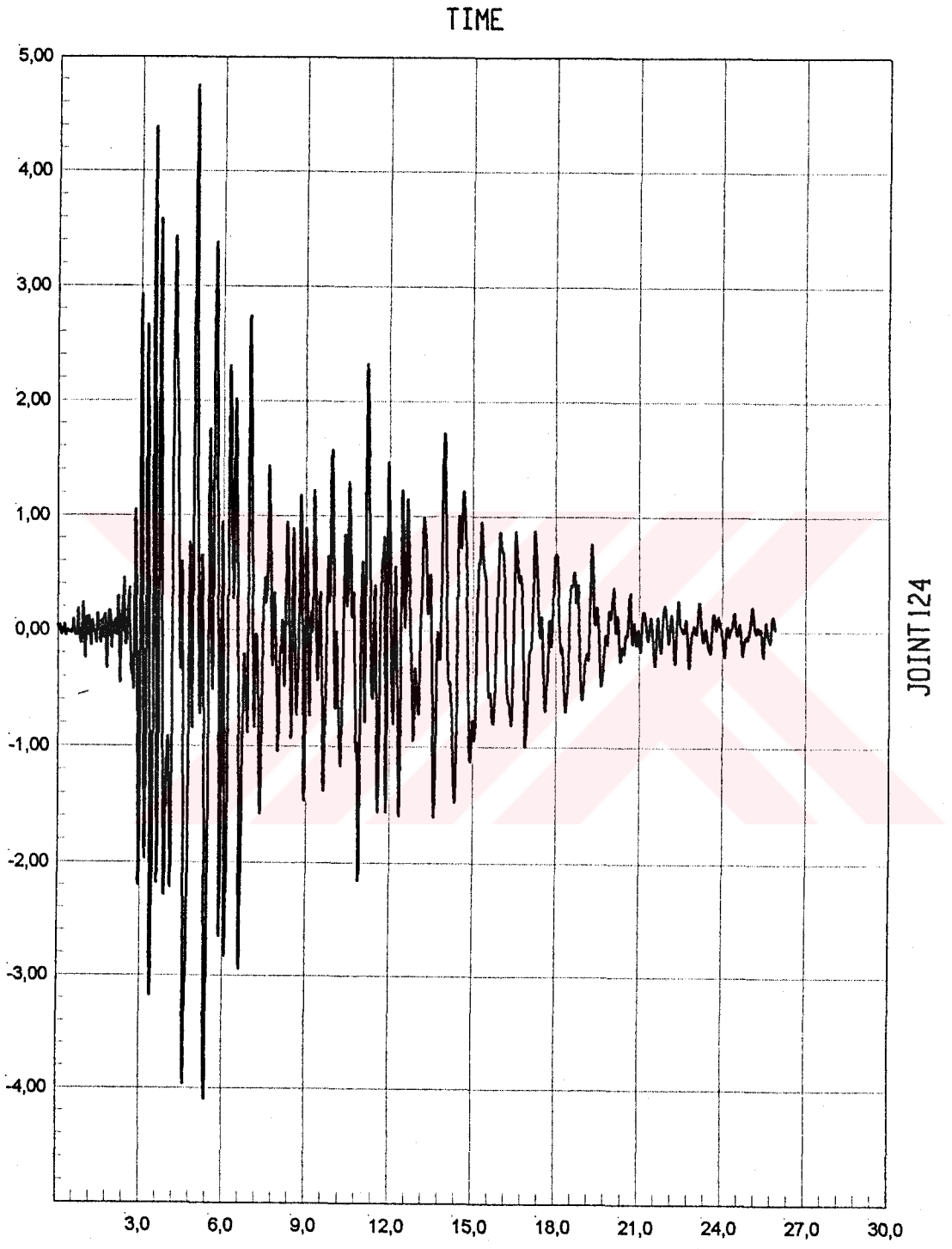
SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
Base Shear Y: Base Shear Y Vs Time
Min is -3,084e+03 at 4,1650e+00 Max is 2,260e+03 at 8,9100e+00



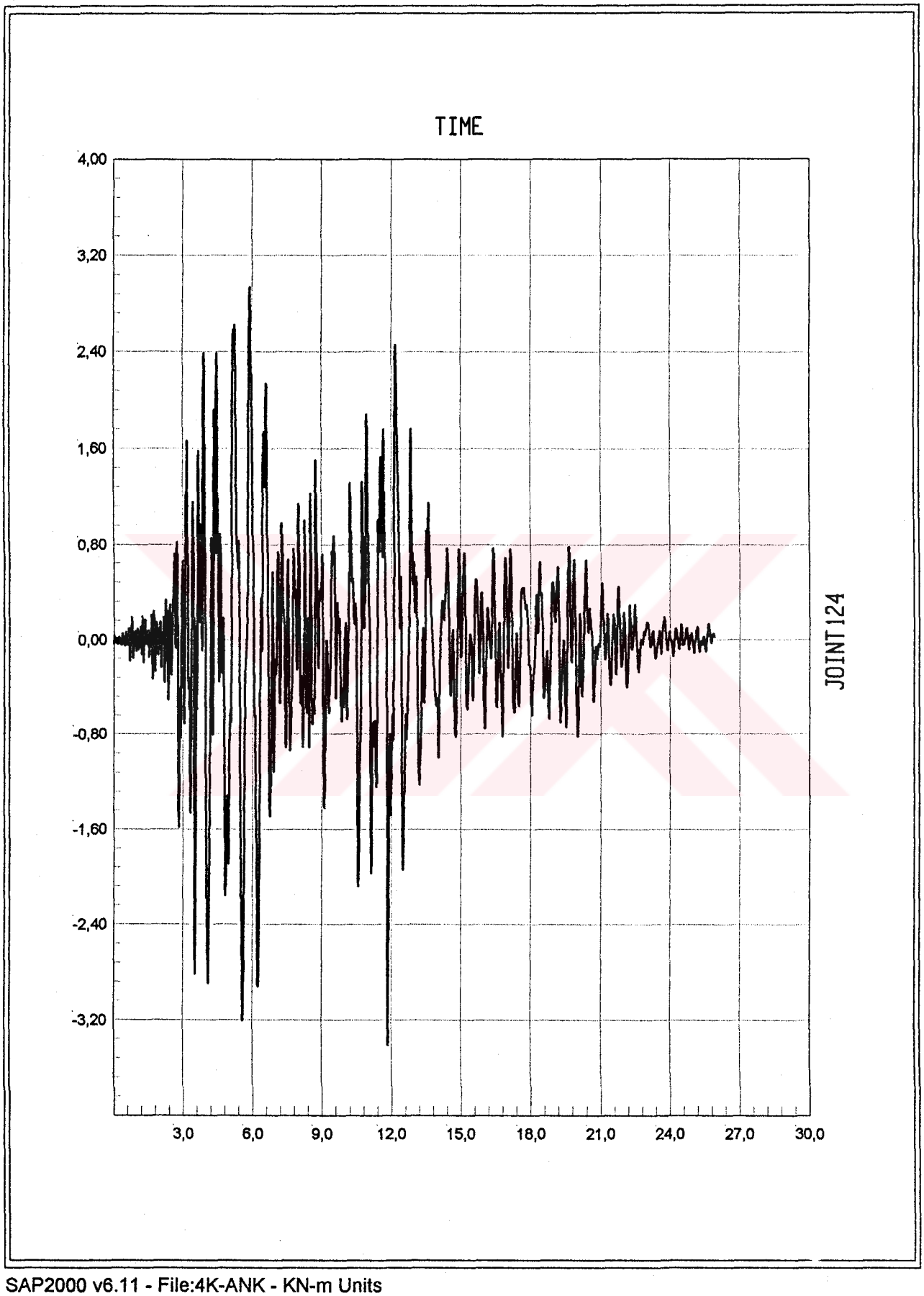
SAP2000 v6.11 - File:4K-ANK - KN-m Units
Joint 16 Direction X
Damping Values 0,05 Scale Factor 1,02e-01 Widening 0,00 %



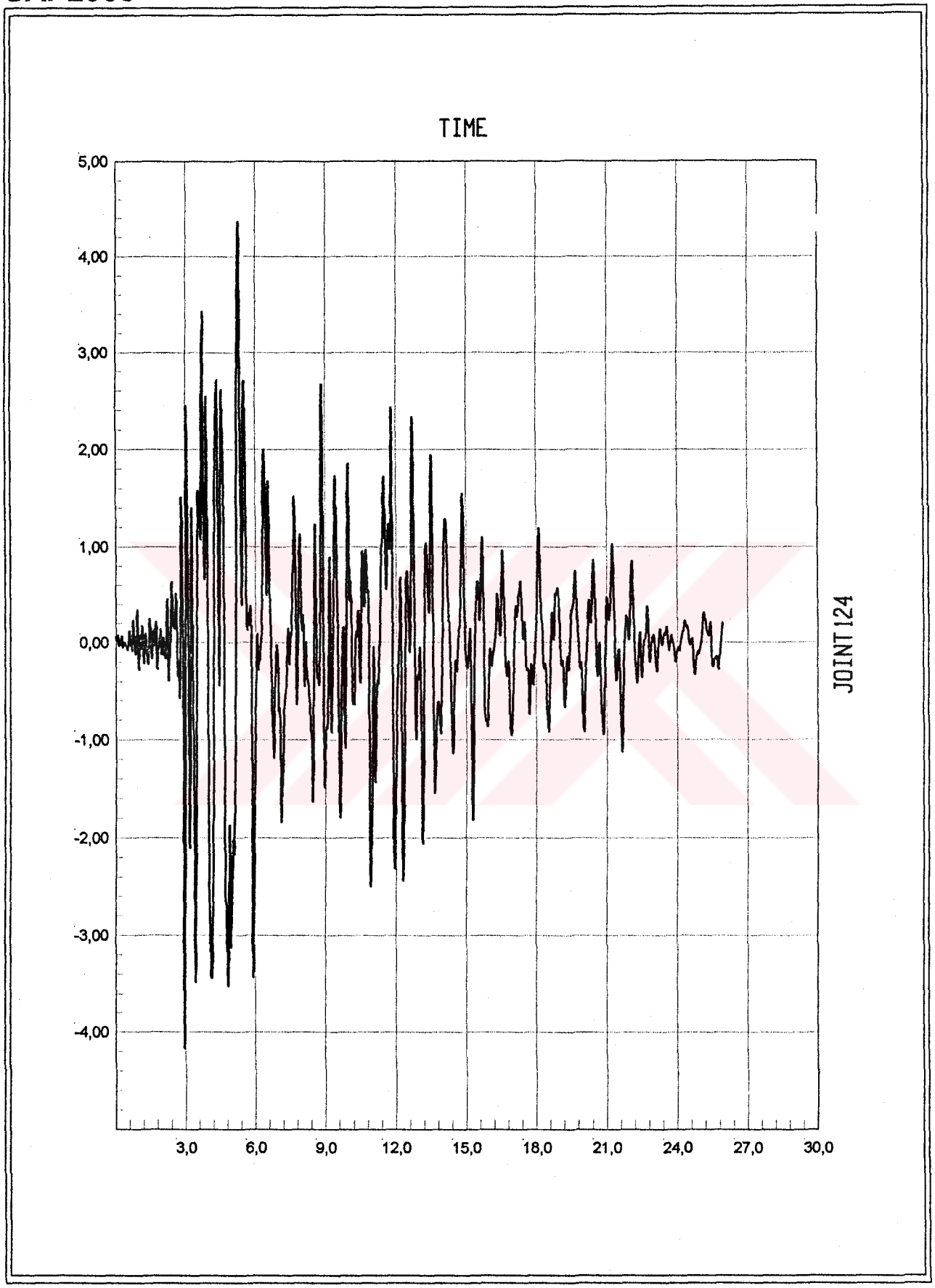
SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
Joint 125 Direction X
Damping Values 0,05 Scale Factor 1,02e-01 Widening 0,00 %



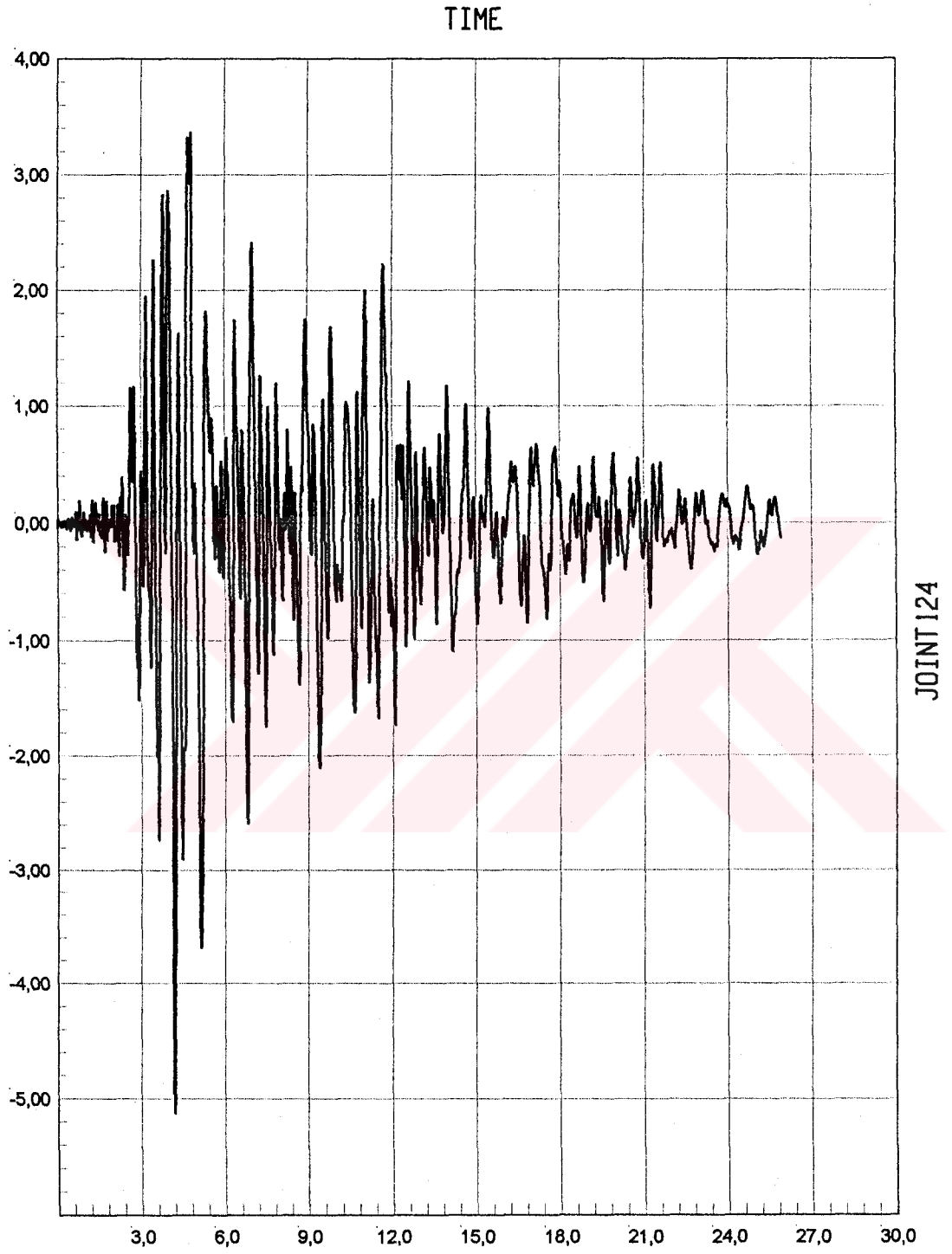
SAP2000 v6.11 - File:4K-ANK - KN-m Units
Joint124: Joint 124 Acceleration UX Vs Time
Min is -4,095e+00 at 5,3650e+00 Max is 4,756e+00 at 4,9900e+00



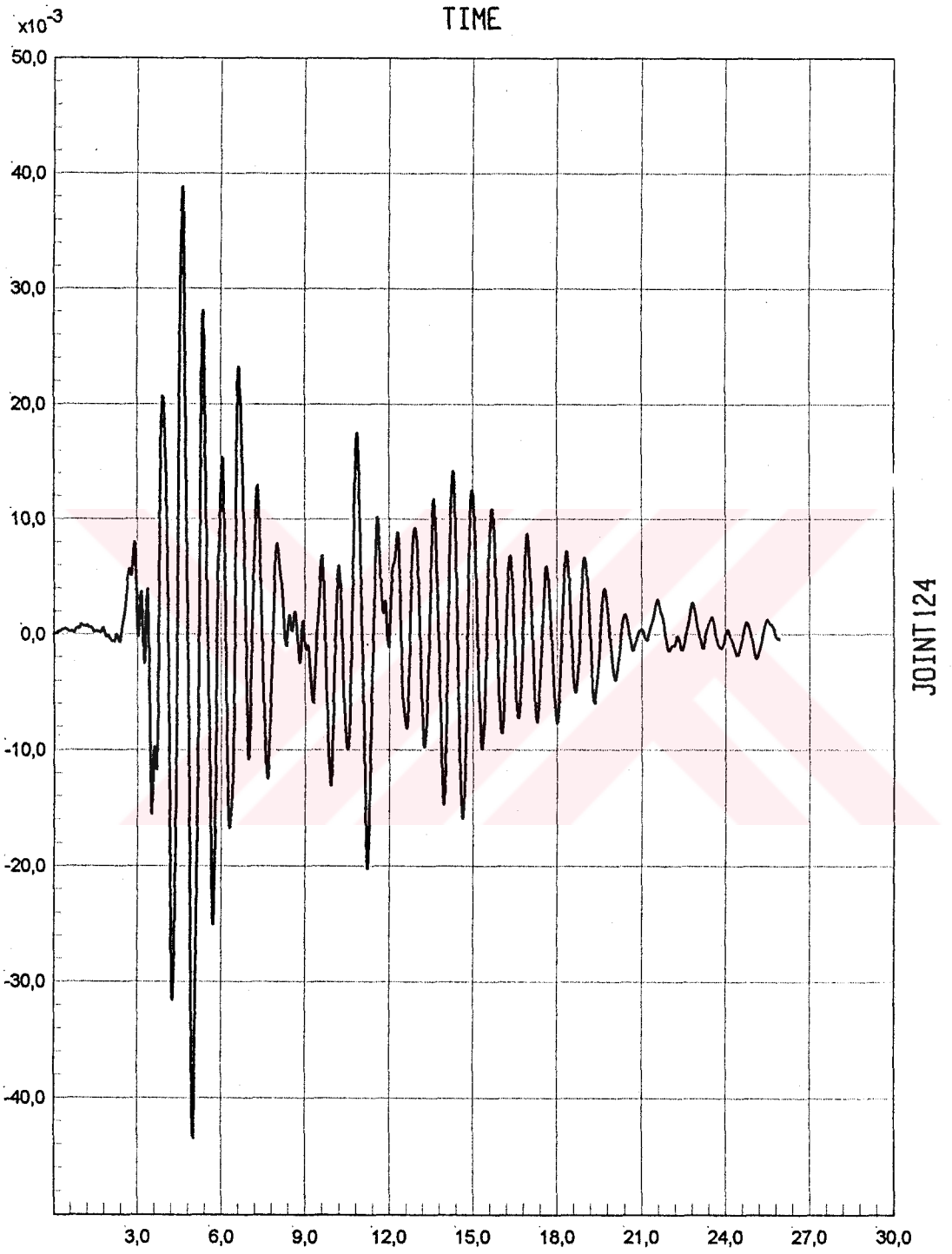
SAP2000 v6.11 - File:4K-ANK - KN-m Units
Joint124: Joint 124 Acceleration UY Vs Time
Min is -3,409e+00 at 1,1850e+01 Max is 2,942e+00 at 5,8900e+00



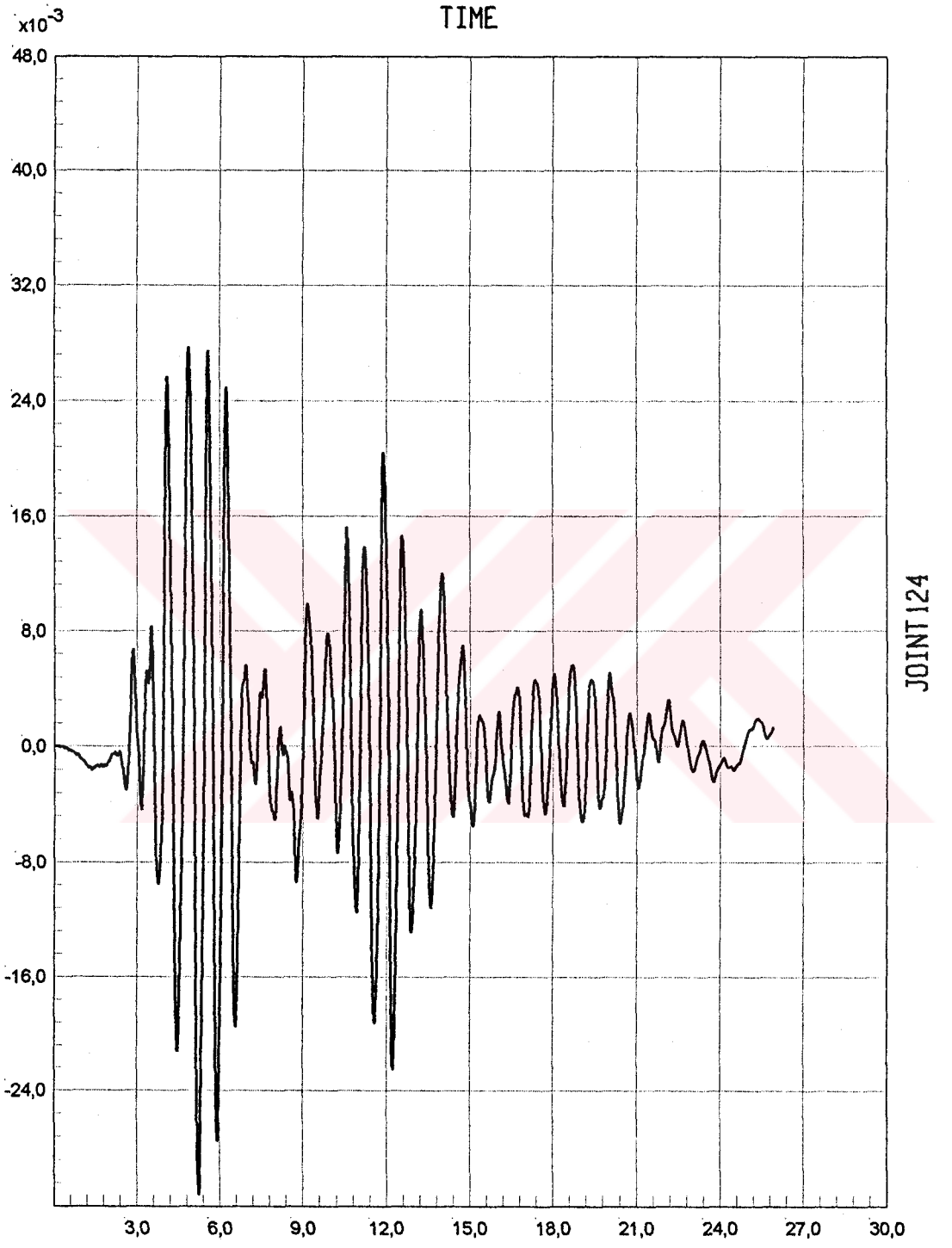
SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
Joint124: Joint 124 Acceleration UX Vs Time
Min is -4,162e+00 at 2,9450e+00 Max is 4,357e+00 at 5,2600e+00



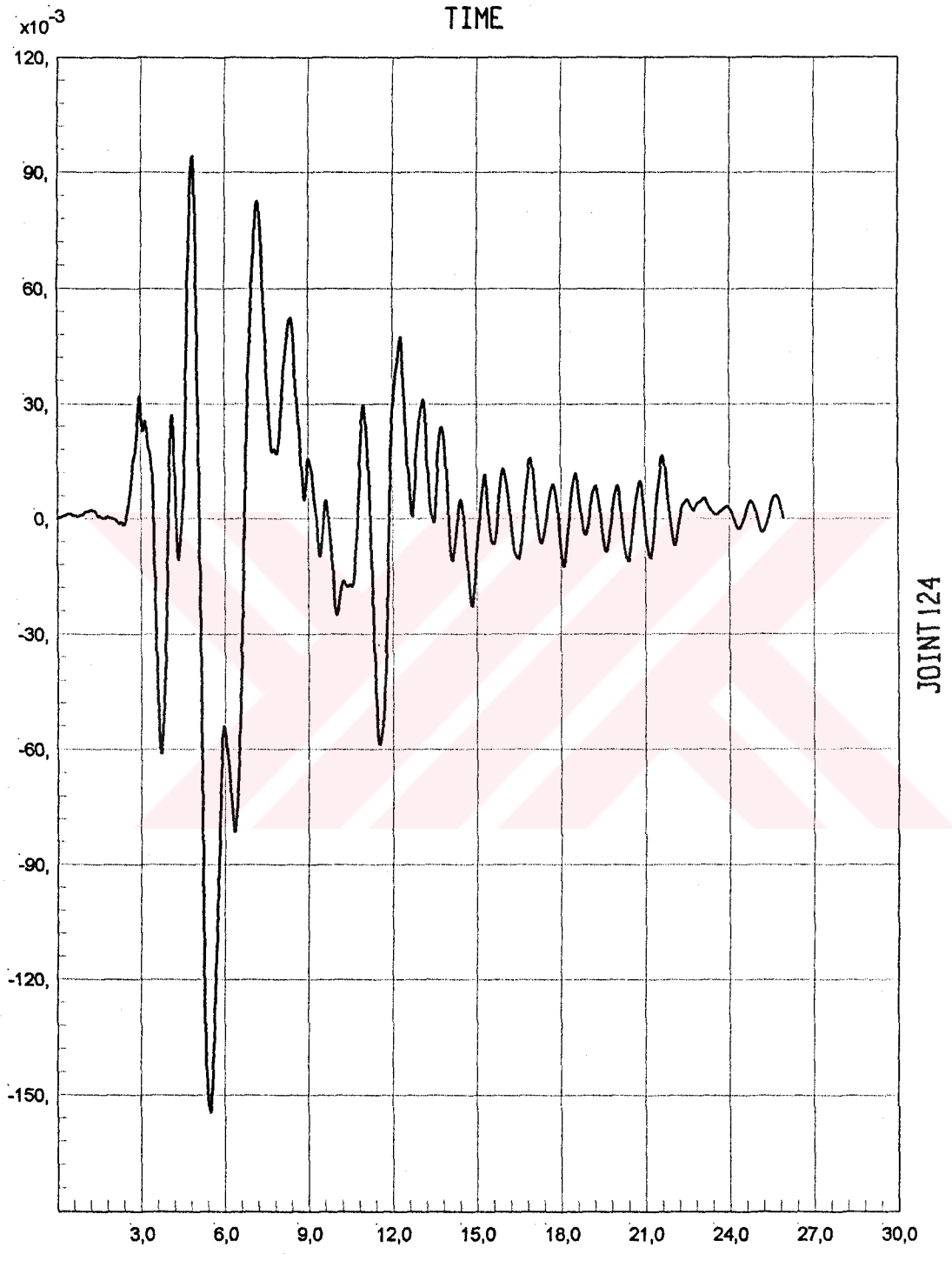
SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
Joint124: Joint 124 Acceleration UY Vs Time
Min is -5,127e+00 at 4,1750e+00 Max is 3,369e+00 at 4,7750e+00



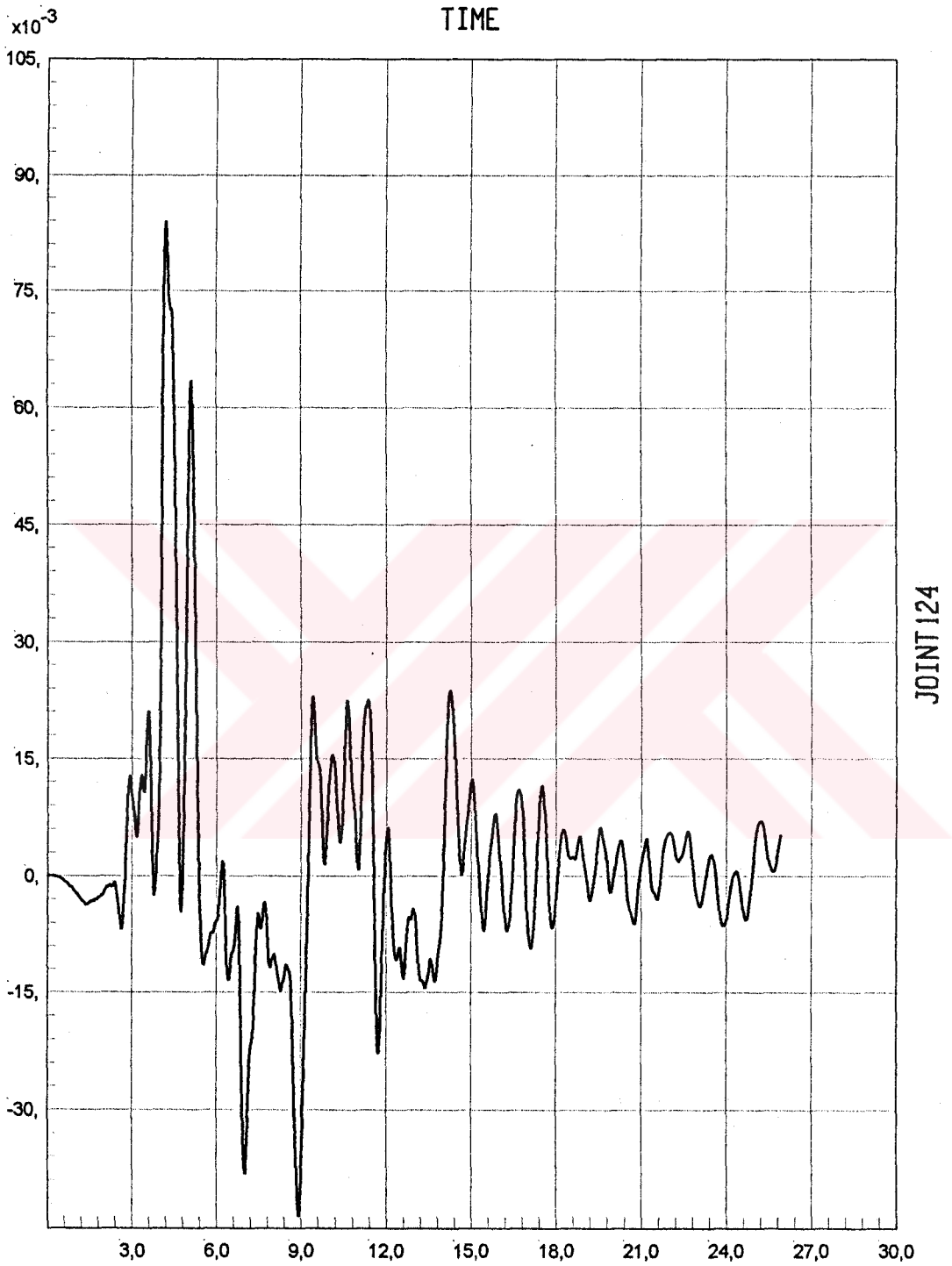
SAP2000 v6.11 - File:4K-ANK - KN-m Units
Joint124: Joint 124 Displacement UX Vs Time
Min is -4,350e-02 at 4,9900e+00 Max is 3,889e-02 at 4,6100e+00



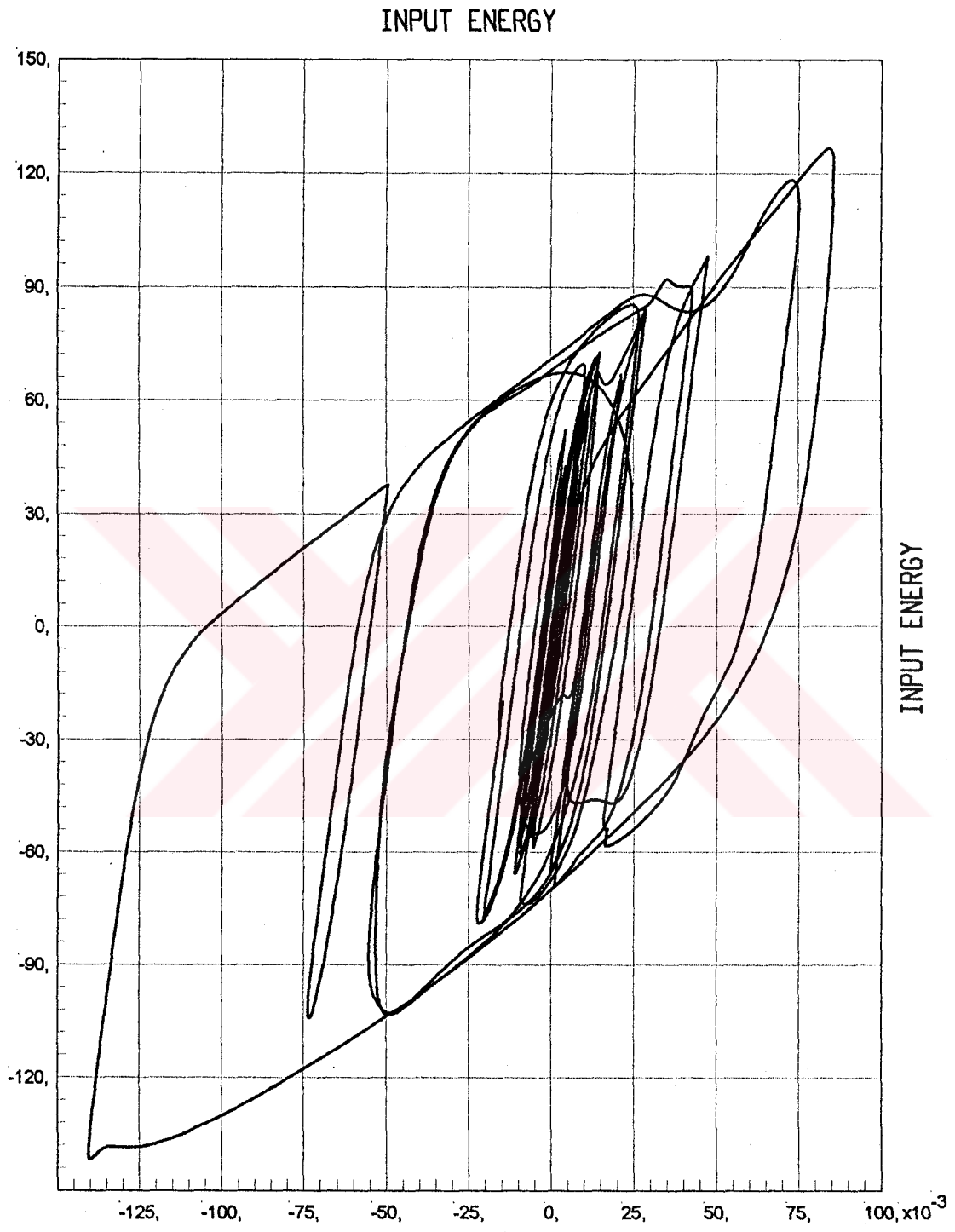
SAP2000 v6.11 - File:4K-ANK - KN-m Units
Joint124: Joint 124 Displacement UY Vs Time
Min is -3,119e-02 at 5,2250e+00 Max is 2,768e-02 at 4,8650e+00



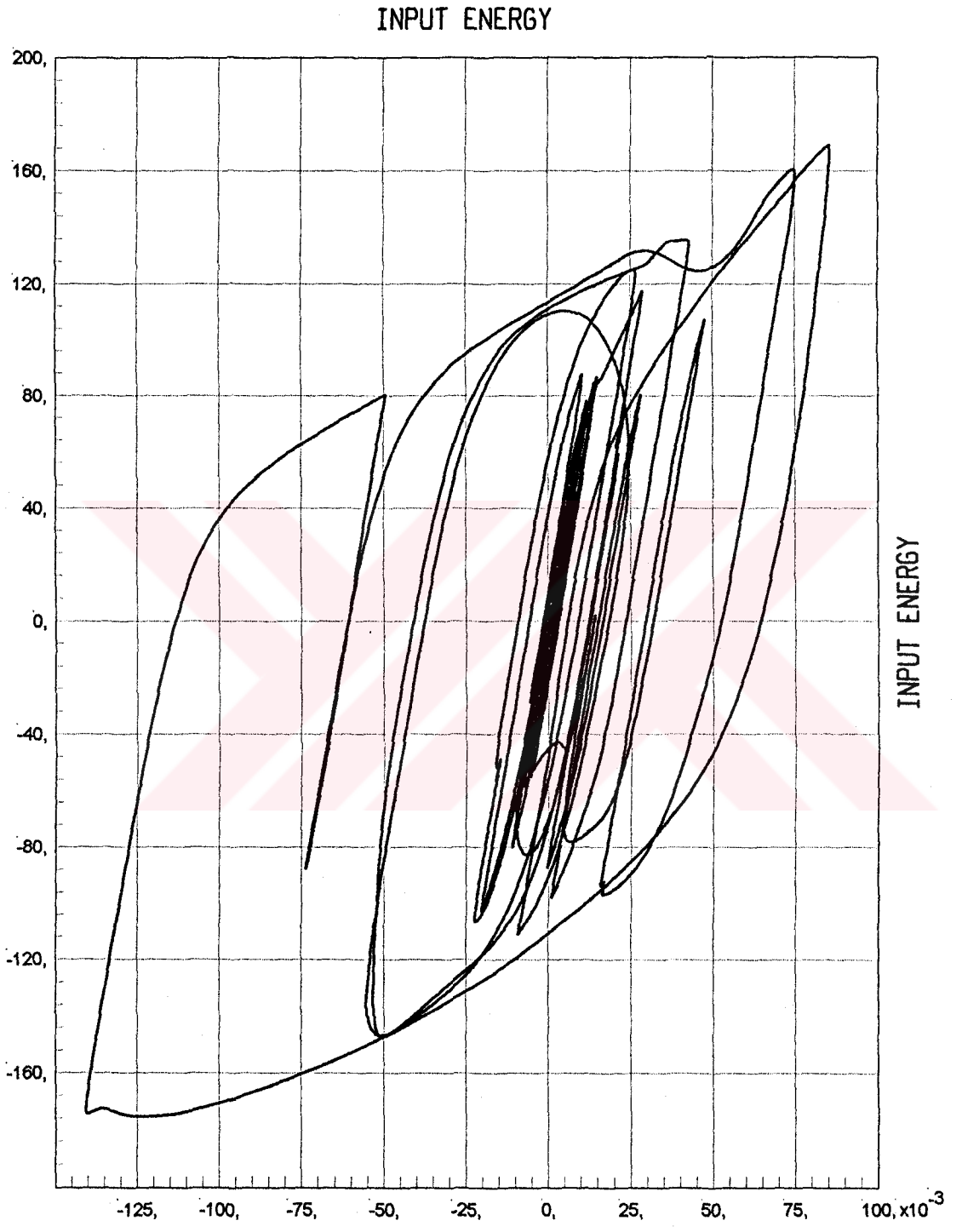
SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
Joint124: Joint 124 Displacement UX Vs Time
Min is -1,545e-01 at 5,4800e+00 Max is 9,422e-02 at 4,8250e+00



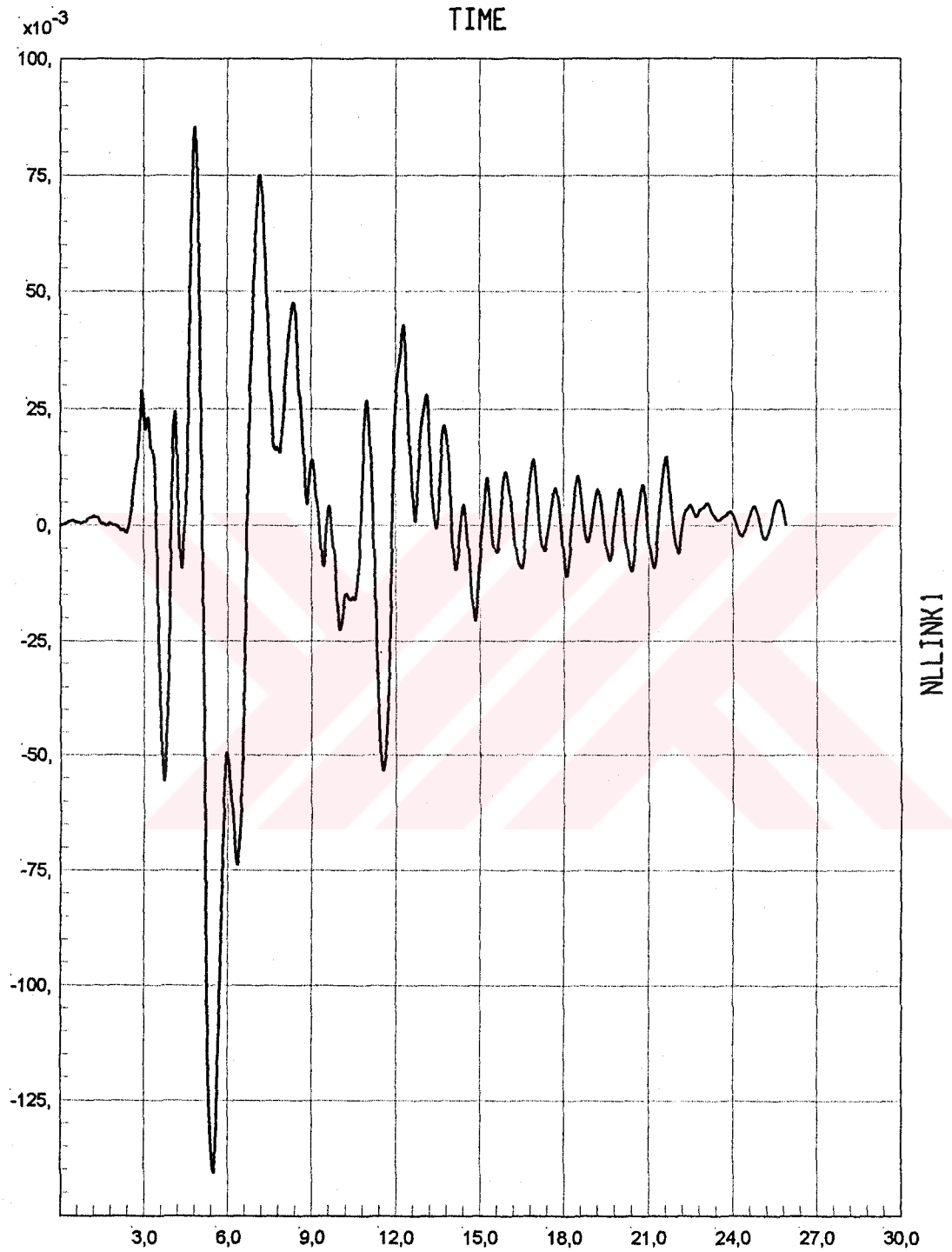
SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
Joint124: Joint 124 Displacement UY Vs Time
Min is -4,345e-02 at 8,9100e+00 Max is 8,391e-02 at 4,2050e+00



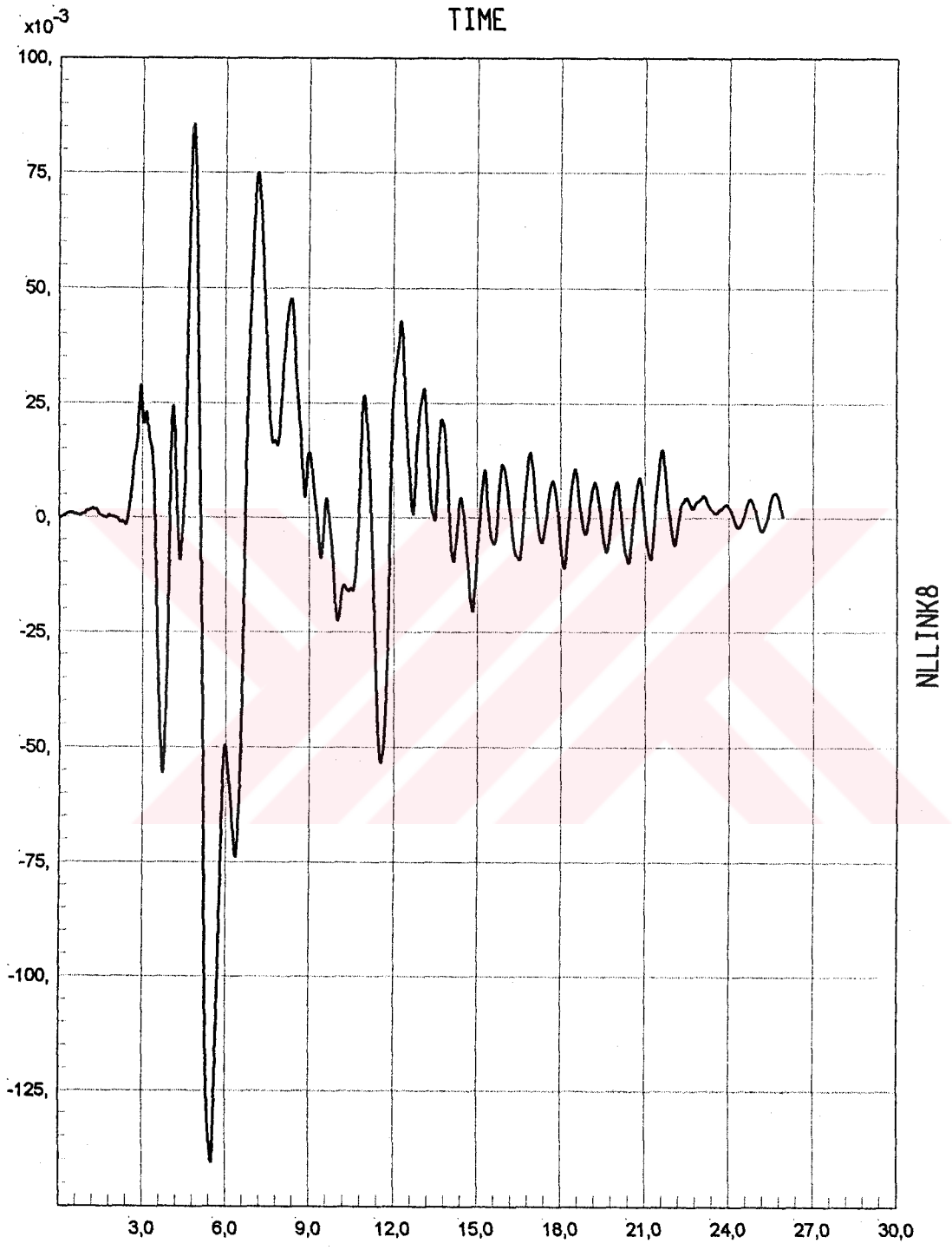
SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
NLLink1-1: NLLink 1 at End-I Shear 2-2
NLLink1: NLLink 1 U2



SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
NLLink8-1: NLLink 8 at End-I Shear 2-2
NLLink8: NLLink 8 U2



SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
NLLink1: NLLink 1 U2 Vs Time
Min is -1,406e-01 at 5,4850e+00 Max is 8,555e-02 at 4,8200e+00



SAP2000 v6.11 - File:4K-DIS - KN-m Units
NLLink8: NLLink 8 U2 Vs Time
Min is -1,406e-01 at 5,4850e+00 Max is 8,555e-02 at 4,8200e+00

EK C

UYGULAMA II

STA4 - CAD BİLGİSAYAR PROGRAMI ÇIKTILARI

Uygulama II'de verilen yedi katlı betonarme sistemin, ankastre mesnetli ve güçlendirilmiş yapı sistemleri için kritik kesitlerin belirlenmesi amacı ile yapılan analizlerine ilişkin STA4 - CAD bilgisayar programı çıktıları, Bölüm 7.2.2'de anlatıldığı gibi sunulmuştur. Uygulamaya ait bilgiler Bölüm 7'de anlatıldığı gibidir.

STA4-CAD PROGRAMI

ÇOK KATLI BETONARME YAPILARIN STATİK ve BETONARME ANALİZ PROGRAMI Ver.9.0 (code:[ET)

PROJE İSMİ.....:HAKAN TURKER -MASTER CALISMASI
KAT ADEDI.....: 7
Bir kattaki KOLON SAYISI.....: 24
X yönü aks sayısı.....: 8
Y yönü aks sayısı.....: 6
DEPREM KATSAYISI.....(Ao)..: .3
YAPI TİPİ KATSAYISI.....(R)..: 4
YAPI ÖNEM KATSAYISI.....(I)..: 1
ZEMİN HAKİM TİTREŞİM PERYODU..(Ta/Tb)..: .15 / .6
HAREKETLİ YÜK KATSAYISI.....(n)..: .3
SIFIR RÖLATİF HAREKET YÜKSEKLİĞİ (m)..:.00
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ..... (t/m²)..:15.0
ZEMİN YATAK KATSAYISI..... (t/m³)..:1500.0
BETON YOĞUNLUĞU.....(t/m³)..:2.5
BETONARME HESAP YÖNTEMİ .....:TAŞIMA GÜCÜ YÖNTEMİ (TS 500, 2000)
BETONARME KESİT DONATI HESAP YÖNTEMİ .....:BRÜT KESİTE GÖRE
DEPREM HESABI YÖNTEMİ .....:MOD SÜPERPOZİSYONU İLE DİNAMİK ANALİZ
TEMEL ANALİZ OPSİYONU.....:SADECE TEMEL DÖNMELERİ DİKKATE ALINMASI
Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma degeri..:.71
Zemin gerilmesi deprem azaltması.....:.50
Zemin gerilmesi rüzgar azaltması.....:.25
Kolonun oturduğu kiriş tesir çarpanı.....: 1.5
Kiriş & Kolon rijitlik bölgesi opsiyonu.....: Yarım Rijit davranış
Kiriş uçlarında elastik ankastrelik opsiyonu : Elastik ankastre

BETON ve ÇELİK MALZEME BİLGİLERİ	Kiriş\Kolon	Döşeme	Temel
Beton dayanım gerilmesi (kg/cm²)	250	250	250
Çelik akma gerilmesi (kg/cm²)	2200	2200	2200
Çelik akma gerilmesi (kg/cm²) (Etriye)	2200		2200

TAŞIMA GÜCÜ MALZEME KATSAYILARI	BETON 1.50	ÇELİK 1.15
TAŞIMA GÜCÜ YÜK KATSAYILARI	SABİT YÜK 1.40	HAREKETLİ YÜK 1.60

ELASTİSİTE MODÜLÜ (kg/cm²)

BS25	E1= 302500	G1= 121000

BETONARME HESAP YÜK KOMBİNASYONU

Ölü yük Cg	Hareketli yük Cq	Zemin Cs	Deprem ± Ce	Rüzgar ± Cw
1.40	1.60	0.00	0.00	0.00
1.40	1.60	1.60	0.00	0.00
1.40	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
0.90	0.00	0.00	1.00	0.00
1.00	1.30	0.00	0.00	1.30
1.00	1.30	1.00	0.00	1.30
0.90	0.00	0.00	0.00	1.30
0.90	0.00	0.90	0.00	1.30

CODE:TS500T.COD

ZEMİN GERİLMESİ YÜK KOMBİNASYONU

Ölü yük Cg	Hareketli yük Cq	Zemin Cs	Deprem ± Ce	Rüzgar ± Cw
1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.67	0.67	0.67	0.67	0.00
0.80	0.00	0.80	0.00	0.80

ZEMİN GERİLMESİ HAREKETLİ YÜK AZALTMA DEĞERLERİ

Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eksiltme %				20	40	60	80	80	80	40

YAPI AKS BİLGİLERİ

X yönü aks bilgileri

no	isim	Ax	Bx
1	1	0.00	0.00
2	2	0.00	4.40
3	3	0.00	8.50
4	4	0.00	11.35
5	5	0.00	15.45
6	6	0.00	19.85
7		0.00	-0.70
8		0.00	20.55

Y yönü aks bilgileri

no	isim	Ay	By
1	D	0.00	0.00
2	C	0.00	4.20
3	B	0.00	8.40
4	A	0.00	12.60
5		0.00	-0.70
6		0.00	13.30

1. KAT KOLONLARI AKS BİLGİLERİ

Kolon no	X aksı	Y aksı	dx	dy	alt yük.
101	1	1	-12.5	-0.1	0.00
103	3	1	0.0	-0.1	0.00
105	5	1	0.0	-0.1	0.00
107	1	2	-12.5	0.0	0.00
109	3	2	0.0	0.0	0.00
111	5	2	0.0	0.0	0.00
113	1	3	-12.5	0.0	0.00
115	3	3	0.0	0.0	0.00
117	5	3	0.0	0.0	0.00
119	1	4	-12.5	0.1	0.00
121	3	4	0.0	0.1	0.00
123	5	4	0.0	0.1	0.00

Kolon no	X aksı	Y aksı	dx	dy	alt yük.
102	2	1	0.0	-0.1	0.00
104	4	1	0.0	-0.1	0.00
106	6	1	12.5	-0.1	0.00
108	2	2	0.0	0.0	0.00
110	4	2	0.0	0.0	0.00
112	6	2	12.5	0.0	0.00
114	2	3	0.0	0.0	0.00
116	4	3	0.0	0.0	0.00
118	6	3	12.5	0.0	0.00
120	2	4	0.0	0.1	0.00
122	4	4	0.0	0.1	0.00
124	6	4	12.5	0.1	0.00

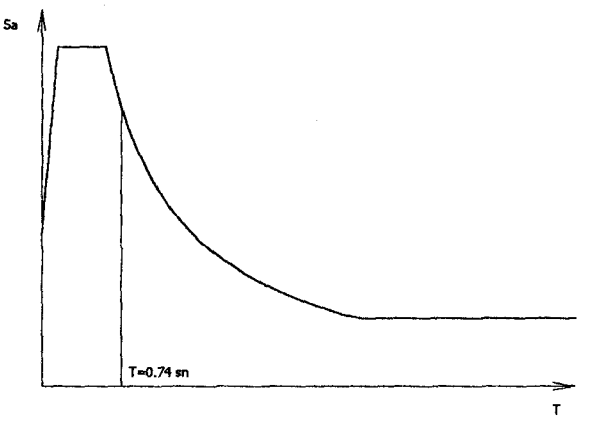
DEPREM RAPORU

Deprem yükü eksantirisitesi : 0.050
Dinamik Analiz min. deprem yükü oranı β : 1.0

DİNAMİK ANALİZ BİLGİLERİ

TASARIM SPECTURUM BİLGİSİ

T (s)	Sa (m/s²) Ao.I.S(t)
0.00	3.000
0.15	7.500
0.60	7.500
0.70	6.630
0.80	5.958
0.90	5.421
1.00	4.983
1.10	4.617
1.20	4.308
1.30	4.041
1.40	3.807
1.50	3.603
1.60	3.423
1.70	3.261
1.80	3.114
1.90	2.982
2.00	2.862
2.10	2.754
2.20	2.652
2.30	2.559
2.40	2.475
2.50	2.394
2.60	2.322
2.70	2.253
2.80	2.187
2.90	2.127
3.00	2.100
5.00	2.100



MODAL ANALIZ - YAPI PERYOD ve VEKTORLERI

Mod w T yon	1.mod 8.44 0.7444 y	2.mod 8.96 0.7016 x	3.mod 10.43 0.6024 b	4.mod 22.04 0.2851 y	5.mod 23.30 0.2697 x	6.mod 27.11 0.2318 b	7.mod 38.16 0.1647 y	8.mod 39.44 0.1593 x	9.mod 46.07 0.1364 b	
1x	0.00001	0.06315	0.00000	0.00003	0.17271	0.00000	0.00004	0.23856	0.00000	
2x	0.00002	0.11268	0.00000	0.00005	0.27735	0.00001	0.00005	0.30463	0.00001	
3x	0.00003	0.16890	0.00001	0.00005	0.33400	0.00002	0.00002	0.17535	0.00002	
4x	0.00003	0.23203	0.00001	0.00004	0.30188	0.00002	-0.00003	-0.13649	0.00001	
5x	0.00004	0.30198	0.00002	0.00002	0.13445	0.00002	-0.00007	-0.40412	-0.00002	
6x	0.00005	0.36853	0.00002	-0.00003	-0.15600	-0.00001	-0.00002	-0.16636	-0.00002	
7x	0.00006	0.40621	0.00003	-0.00006	-0.36625	-0.00002	0.00005	0.31352	0.00002	
1y	0.08191	-0.00001	0.00000	0.20760	-0.00003	0.00000	0.26182	-0.00004	0.00000	
2y	0.13008	-0.00002	0.00000	0.29594	-0.00004	0.00001	0.29186	-0.00005	0.00001	
3y	0.18121	-0.00002	0.00000	0.32598	-0.00005	0.00001	0.12754	-0.00003	0.00001	
4y	0.23870	-0.00003	0.00001	0.27197	-0.00005	0.00002	-0.18412	0.00002	0.00001	
5y	0.30118	-0.00004	0.00001	0.10030	-0.00002	0.00001	-0.40502	0.00007	-0.00001	
6y	0.36095	-0.00005	0.00001	-0.17294	0.00002	0.00000	-0.14027	0.00003	-0.00001	
7y	0.39570	-0.00006	0.00002	-0.36666	0.00006	-0.00002	0.31692	-0.00005	0.00001	
1b	0.00000	0.00000	0.01058	0.00000	0.00000	0.02733	0.00000	0.00000	0.03723	
2b	0.00000	0.00000	0.01816	0.00000	0.00000	0.04221	0.00000	0.00000	0.04479	
3b	0.00000	0.00000	0.02629	0.00000	0.00000	0.04877	0.00000	0.00000	0.02218	
4b	0.00000	0.00000	0.03517	0.00000	0.00000	0.04209	0.00000	0.00000	-0.02448	
5b	0.00000	0.00000	0.04462	0.00000	0.00000	0.01693	0.00000	0.00000	-0.05922	
6b	0.00000	0.00000	0.05361	0.00000	0.00000	-0.02492	0.00000	0.00000	-0.02188	
7b	0.00000	0.00000	0.05854	0.00000	0.00000	-0.05437	0.00000	0.00000	0.04612	
Mxr%	0.000	79.227	0.000	0.000	14.126	0.000	0.000	3.736	0.000	∑= 97.1
Myr%	82.812	0.000	0.000	12.807	0.000	0.000	2.657	0.000	0.000	∑= 98.3
Mbr%	0.000	0.000	81.447	0.000	0.000	12.881	0.000	0.000	3.304	

Mxr=∑[(∑m.Φ)²/Mr]= %97.09 > %90.00 Dinamik kütle oranı yeterli. ✓
Myr=∑[(∑m.Φ)²/Mr]= %98.28 > %90.00 Dinamik kütle oranı yeterli. ✓

EŞDEĞER DEPREM HESABI 1. DOĞAL TİTREŞİM PERYODUNUN KONTROLU
Hn= 20.30m ∑Atx= 0.000 >> Ctx= 0.050 ∑Aty= 0.000 >> Cty= 0.050

$T1x=Ctx \cdot Hn^{3/4} = 0.478$ s. < 1.0 Tx= 0.702 s. ✓

$T1y=Cty \cdot Hn^{3/4} = 0.478$ s. < 1.0 Ty= 0.744 s. ✓

KAT KÜTLESİ ve RİJİTLİK MERKEZİ (t)

Kat no	H (m)	Wg	Wq	Xg (m)	Xr (m)	Yg (m)	Yr (m)	∑Wk
1	2.90	194.44	51.26	9.92	9.93	6.30	6.30	209.818
2	5.80	191.73	51.30	9.92	9.93	6.30	6.30	207.123
3	8.70	189.07	51.30	9.92	9.93	6.30	6.30	204.456
4	11.60	186.96	51.26	9.92	9.93	6.30	6.30	202.341
5	14.50	184.72	51.44	9.92	9.93	6.30	6.30	200.157
6	17.40	183.24	51.30	9.92	9.93	6.30	6.30	198.631
7	20.30	195.96	45.28	9.92	9.93	6.30	6.30	209.544

∑Wt = 1432.069

DEPREM KUVVETİ (t)

Deprem tepe yükü Ftx= 0.00 Fty= 0.00 (t) Hmax<25m koşulu

	X YÖNÜ			Y YÖNÜ			
Kat no	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi
1	9.434	8.712	11.623	11.244	8.309	13.317	NORMAL
2	14.759	17.200	18.185	15.986	16.404	18.933	NORMAL
3	19.571	25.468	24.113	20.014	24.290	23.704	NORMAL
4	24.667	33.606	30.392	24.554	32.051	29.080	NORMAL
5	31.181	41.554	38.418	30.485	39.632	36.105	NORMAL
6	40.372	49.484	49.741	38.957	47.196	46.138	NORMAL
7	52.313	60.903	64.454	49.557	58.087	58.693	UST KAT
∑	192.297	236.926	236.926	190.798	225.969	225.969	GENEL

Vt=W.A(t)/Ra(t)> 0,10. Ao.I.W 236.93 , 225.97 > 42.96
X Deprem kontrol: 1.00 x 236.926 = 236.926 > 192.297 >>> 236.926
Y Deprem kontrol: 1.00 x 225.969 = 225.969 > 190.798 >>> 225.969

Rüzgar kuvvetleri (t)

Kat no	X-yönü F	X-yönü ey m	Y-yönü F	Y-yönü ex m
1	2.192	9.925	3.454	6.300
2	2.192	9.925	3.454	6.300
3	3.508	9.925	5.526	6.300
4	3.508	9.925	5.526	6.300
5	3.508	9.925	5.526	6.300
6	3.508	9.925	5.526	6.300
7	4.823	9.925	7.599	6.300

Kat Deprem deplasmanları

Kat	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
no	δx (m)	θz (rad)	δx (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)
1	0.0054257	0.0000614	0.0054258	-0.000061	-0.007391	-0.000092	-0.007391	0.0000922
2	0.0096468	0.0001052	0.0096468	-0.000105	-0.011709	-0.000157	-0.011709	0.0001574
3	0.0143988	0.0001521	0.0143989	-0.000152	-0.016260	-0.000226	-0.016261	0.0002265
4	0.0197271	0.0002036	0.0197272	-0.000203	-0.021386	-0.000301	-0.021386	0.0003019
5	0.0257019	0.0002595	0.0257020	-0.000259	-0.027032	-0.000382	-0.027032	0.0003833
6	0.0315622	0.0003146	0.0315622	-0.000314	-0.032595	-0.000462	-0.032595	0.0004630
7	0.0350171	0.0003463	0.0350171	-0.000346	-0.035939	-0.000508	-0.035939	0.0005086

Deprem yapı salınımı: x= 0.00172 y= 0.00177

DEPREM PERDELERİ TABAN MOMENT KONTROLU

Kat deprem momenti (tm)

Kat	H (m)	Fx	Fx . H	Fy	Fy . H
1	2.90	11.62	33.71	13.32	38.62
2	5.80	18.18	105.47	18.93	109.81
3	8.70	24.11	209.78	23.70	206.22
4	11.60	30.39	352.55	29.08	337.33
5	14.50	38.42	557.06	36.10	523.52
6	17.40	49.74	865.50	46.14	802.80
7	20.30	64.45	1308.41	58.69	1191.46
		Mdx=	3432.48	Mdy=	3209.76

Perde taban momenti (tm)
M : Perde ve Panel deprem momenti
∑Mk : Perdelerde; bağlı olduğu kirişlerin deprem momentlerinin toplamı
Panellerde ise; başlık kolonlarından oluşan deprem momentlerinin toplamıdır.

Perde	Mx	∑Mxk =	∑Mxr	My	∑Myk =	∑Myr
TOPLAM	0.00		0.00	0.00		0.00

X yönü αm =0. / 3432.48 = 0.
Y yönü αm =0. / 3209.76 = 0.

YÜKSEK SÜNEKLİ YAPILARDA; R=8 olmalıdır.
NORMAL SÜNEKLİ YAPILARDA; R=4 olmalıdır.

Perde taban kesme kuvveti oranı :
X yönü Vm =0. / 236.93 = 0.00
Y yönü Vm =0. / 225.97 = 0.00

DEPREMDE YAPI DÜZENSİZLİKLERİNİN KONTROLU

A1,B2 düzensizliklerinin kontrolu
max(di/hi)=0.0035, 0.02/R =.005
1. kat X dust = -.0054257 + -.0000614 x (.12 - 6.3=-.0058047 (S101)
1. kat X dalt = -.0054257 + -.0000614 x (12.48 - 6.3)=-.0050468 (S119)
2. kat X dust = -.0096468 + -.0001052 x (.12 - 6.3) - -.0058047 = -.0044917 (S207)
2. kat X dalt = -.0096468 + -.0001052 x (12.48 - 6.3) - -.0050468 = -.0039504 (S212)

X YÖNÜ (+%5)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	ΔX/h	θi	kat tipi
1	0.0058047	0.0050468	0.0054257	1.07	1.29	0.00200	0.01131	Normal kat
2	0.0044917	0.0039504	0.0042210	1.06	0.89	0.00155	0.00790	Normal kat
3	0.0050417	0.0044623	0.0047520	1.06	0.89	0.00174	0.00803	Normal kat
4	0.0056464	0.0050102	0.0053283	1.06	0.89	0.00195	0.00814	Normal kat
5	0.0063199	0.0056298	0.0059748	1.06	1.02	0.00218	0.00821	Normal kat
6	0.0062008	0.0055197	0.0058602	1.06	1.70	0.00214	0.00722	Normal kat
7	0.0036508	0.0032590	0.0034549	1.06	0.00	0.00126	0.00387	Normal kat

X YÖNÜ (-%5)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	ΔX/h	θi	kat tipi
1	0.0050464	0.0058052	0.0054258	1.07	1.29	0.00200	0.01131	Normal kat
2	0.0039504	0.0044916	0.0042210	1.06	0.89	0.00155	0.00790	Normal kat
3	0.0044625	0.0050415	0.0047520	1.06	0.89	0.00174	0.00803	Normal kat
4	0.0050104	0.0056462	0.0053283	1.06	0.89	0.00195	0.00814	Normal kat
5	0.0056299	0.0063197	0.0059748	1.06	1.02	0.00218	0.00821	Normal kat
6	0.0055198	0.0062007	0.0058603	1.06	1.70	0.00214	0.00722	Normal kat
7	0.0032591	0.0036507	0.0034549	1.06	0.00	0.00126	0.00387	Normal kat

Y YÖNÜ (+%5)

Kat	ΔY dsol(m)	ΔY dsağ(m)	ΔY ort	nbi	nki	ΔY/h	θi	kat tipi
1	0.0064782	0.0083053	0.0073917	1.12	1.71	0.00286	0.01615	Normal kat
2	0.0036711	0.0049650	0.0043181	1.15	0.95	0.00171	0.00856	Normal kat
3	0.0038653	0.0052369	0.0045511	1.15	0.89	0.00181	0.00822	Normal kat
4	0.0043775	0.0058732	0.0051254	1.15	0.91	0.00203	0.00843	Normal kat
5	0.0048398	0.0064529	0.0056464	1.14	1.01	0.00223	0.00840	Normal kat
6	0.0047716	0.0063545	0.0055631	1.14	1.66	0.00219	0.00747	Normal kat
7	0.0028918	0.0037958	0.0033438	1.14	0.00	0.00131	0.00412	Normal kat

Y YÖNÜ (-%5)

Kat	ΔY dsol(m)	ΔY dsağ(m)	ΔY ort	nbi	nki	ΔY/h	θi	kat tipi
1	0.0083067	0.0064769	0.0073918	1.12	1.71	0.00286	0.01615	Normal kat
2	0.0049654	0.0036707	0.0043181	1.15	0.95	0.00171	0.00856	Normal kat
3	0.0052373	0.0038650	0.0045511	1.15	0.89	0.00181	0.00822	Normal kat
4	0.0058737	0.0043770	0.0051254	1.15	0.91	0.00203	0.00843	Normal kat
5	0.0064533	0.0048394	0.0056463	1.14	1.01	0.00223	0.00840	Normal kat
6	0.0063551	0.0047711	0.0055631	1.14	1.66	0.00219	0.00747	Normal kat
7	0.0037960	0.0028915	0.0033438	1.14	0.00	0.00131	0.00412	Normal kat

TDY 6.3.2.1 A1 burulma düzensizliği:
nbi=1.151 <1.2 , dinamik analizle çözülmüştür ✓
TDY 6.3.2.1 B2 düzensizliği sağlanmaması nedeniyle dinamik analizle çözülmüştür ✓
TDY 6.20 kosulu sağlanmaktadır. .0029 < .0035 ✓
TDY 6.21 koşulu sağlanmaktadır. max θi=.016 < 0.12 ✓

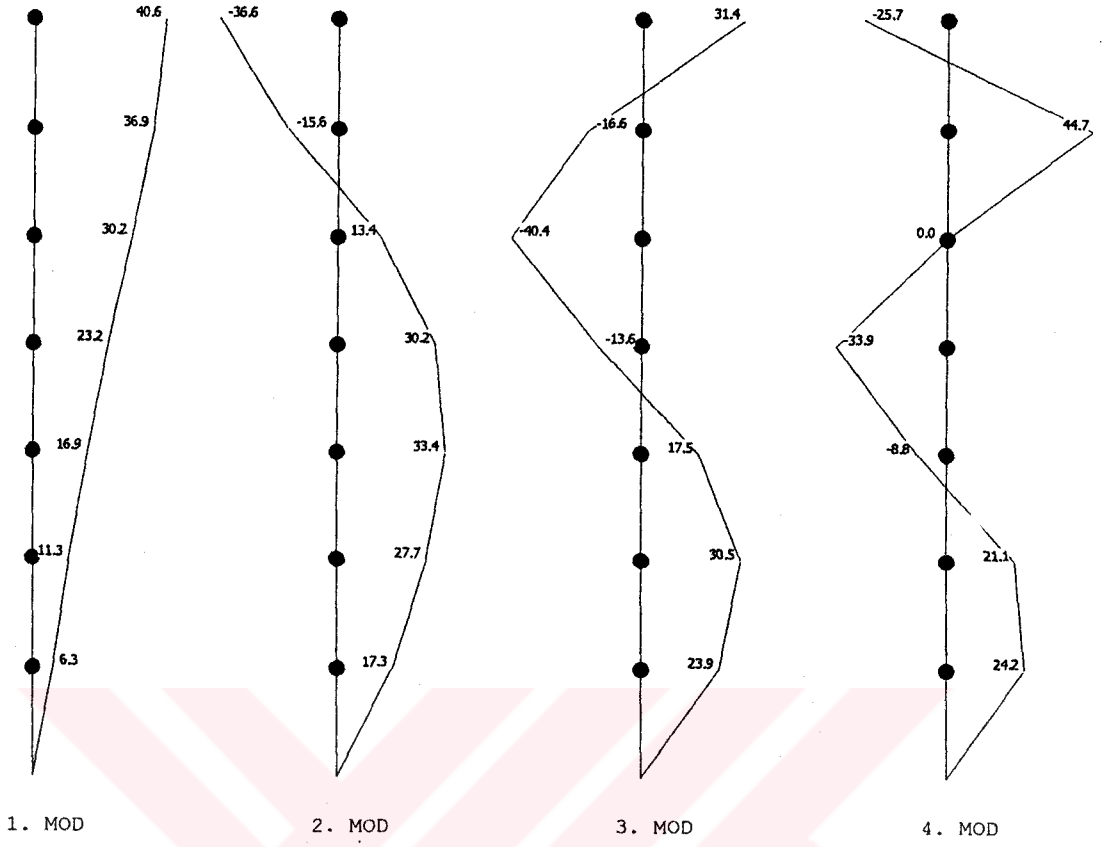
B1-Düşey doğrultudaki düzensizliklerinin kontrolu

Kat	Aw	Agx	Agy	∑Aex	∑Aey	ncix	nciy	AÇIKLAMA
1	3.90	0.00	0.00	3.90	3.90	1.15	1.15	Düzenli ✓
2	3.40	0.00	0.00	3.40	3.40	1.17	1.17	Düzenli ✓
3	2.90	0.00	0.00	2.90	2.90	1.16	1.16	Düzenli ✓
4	2.50	0.00	0.00	2.50	2.50	1.19	1.19	Düzenli ✓
5	2.10	0.00	0.00	2.10	2.10	1.17	1.17	Düzenli ✓
6	1.80	0.00	0.00	1.80	1.80	1.00	1.00	Düzenli ✓
7	1.80	0.00	0.00	1.80	1.80	1.00	1.00	Üst kat ✓

A4 düzensizliği bulunmamıştır. ✓

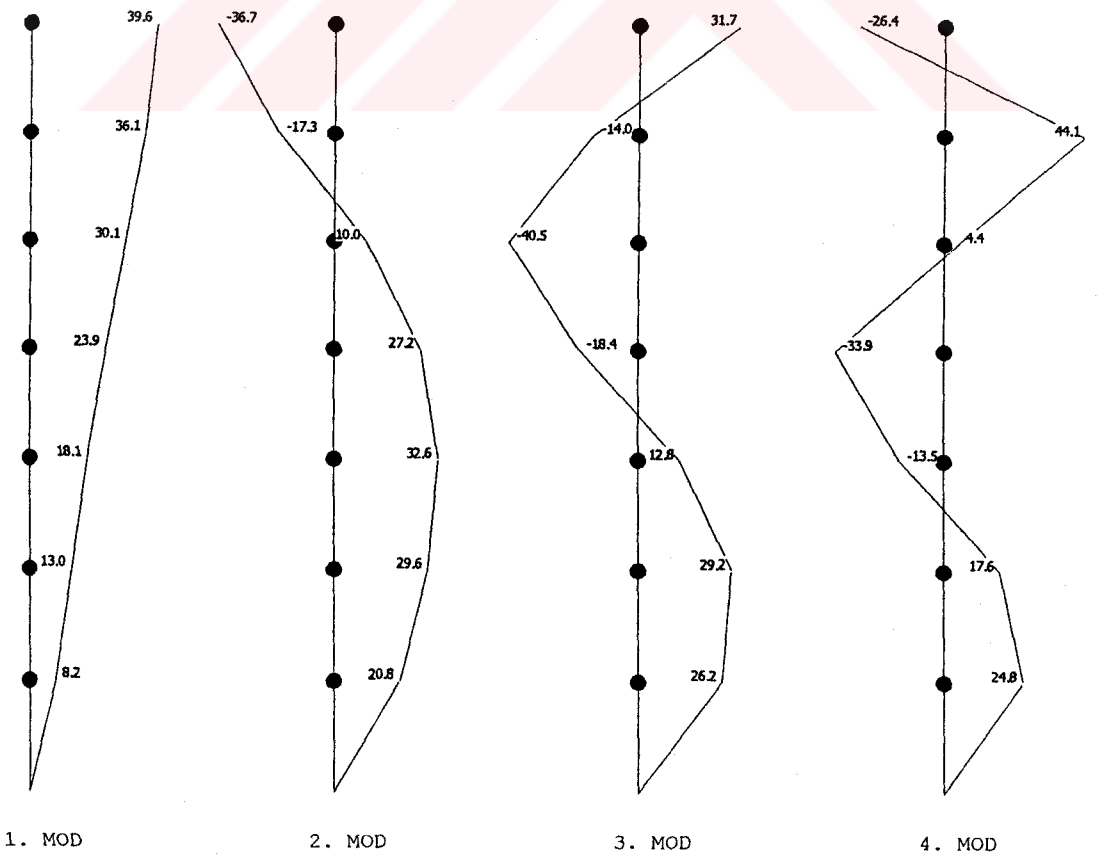
MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 x Dep. vektörü)

X yönü



1. MOD 2. MOD 3. MOD 4. MOD

Y yönü



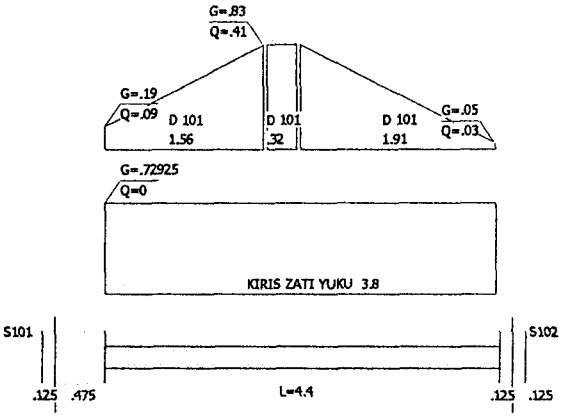
1. MOD 2. MOD 3. MOD 4. MOD

K101

Bw/D= 25/ 60 I= 2 J= 6 Tabla : B2/D2= 23/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.46	-2.00	2.17	-2.50
2.(Q+Q+Q+Q)	0.40	-0.37	0.48	-0.46
3.(o+Q+o+Q)	0.40	-0.24	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	-0.01	-0.13	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	-0.03	-0.10	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.41	-0.24		
7.(o+o+Q+Q)	0.41	-0.40		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-19.70	-9.63	7.94	7.94
X-Deprem-%5	-22.58	-10.96		
Y-Deprem+%5	-2.22	-0.99		
Y-Deprem-%5	2.10	1.00		
X-Rüzgar+%5	-2.18	-1.06	0.77	0.77
X-Rüzgar-%5	-1.90	-0.93		
Y-Rüzgar+%5	-0.36	-0.16		
Y-Rüzgar-%5	0.33	0.16 Fk:	4.02	4.65 cm²

BETONARME :	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-3.18	1.80	(2.07m)	1.36	-0.71
max M (tm) :	24.45	-21.26	2.29	-13.36	9.16
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	22.24	19.09	6.79	11.88	8.05



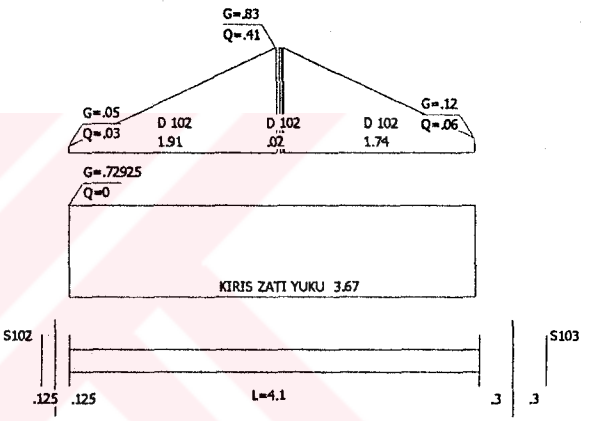
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+7ø16(sol üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+8ø16(sol alt ila.)+3ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

K102

Bw/D= 25/ 60 I= 6 J= 14 Tabla : B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.94	-1.82	2.28	-2.09
2.(Q+Q+Q+Q)	0.38	-0.39	0.42	-0.42
3.(o+Q+o+Q)	0.18	0.02	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.20	-0.41	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.18	-0.50	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.19	0.06		
7.(o+o+Q+Q)	0.38	-0.34		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-10.35	-18.67	8.08	8.08
X-Deprem-%5	-11.75	-21.37		
Y-Deprem+%5	-1.15	-2.16		
Y-Deprem-%5	0.95	1.86		
X-Rüzgar+%5	-1.11	-2.04	0.77	0.77
X-Rüzgar-%5	-0.98	-1.78		
Y-Rüzgar+%5	-0.18	-0.34		
Y-Rüzgar-%5	0.15	0.30 Fk:	4.38	3.98 cm²

BETONARME :	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.35	0.75	(2.05m)	3.17	-1.86
max M (tm) :	14.08	-10.01	1.59	-23.69	19.73
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	12.66	8.84	6.79	21.34	17.46



DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+9ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+10ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

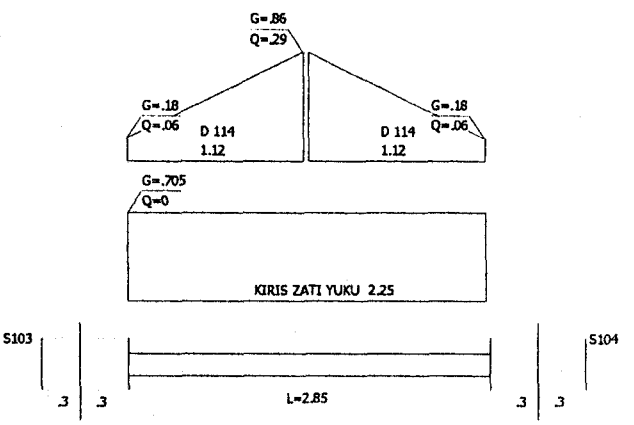
K103

Bw/D= 25/ 60 I= 14 J= 27 Tabla : B2/D2= 14/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.14	-1.14	1.38	-1.38
2.(Q+Q+Q+Q)	0.20	-0.20	0.20	-0.20
3.(o+Q+o+Q)	0.06	-0.06	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.13	-0.13	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.24	-0.05	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.01	-0.31		
7.(o+o+Q+Q)	0.14	-0.04		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-37.83	-37.83	30.52	30.52
X-Deprem-%5	-43.50	-43.50		
Y-Deprem+%5	-4.20	-4.27		
Y-Deprem-%5	4.28	4.21		
X-Rüzgar+%5	-4.20	-4.20	2.95	2.95
X-Rüzgar-%5	-3.65	-3.65		
Y-Rüzgar+%5	-0.67	-0.68		
Y-Rüzgar-%5	0.68	0.67 Fk:	24.26	24.52 cm²

BETONARME :	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-9.63	8.79	(1.44m)	9.63	-8.79
max M (tm) :	44.87	-42.47	0.39	-44.94	42.47
fcd (kg/cm²) :	250.00	250.00	166.67	250.00	250.00
As' (cm²) :	0.63	0.00	0.00	0.70	0.00
As (cm²) :	28.00	28.00	6.79	28.00	28.00

!!!! KESIT YETERSIZ !!!!



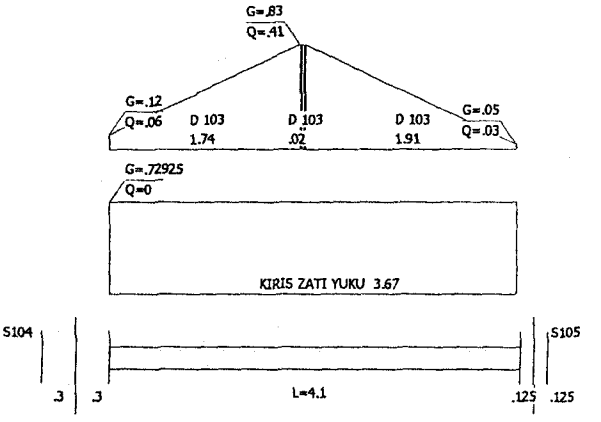
DONATI: 3ø16(mon.)+10ø16(göv.)+9ø16(sag üst ila.)
4ø16(düz)+10ø16(sağ alt ila.)+ ø14/13(etriye)

K104

Bw/D= 25/ 60 I= 27 J= 45 Tabla : B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.82	-1.94	2.09	-2.28
2.(Q+Q+Q+Q)	0.39	-0.38	0.42	-0.42
3.(o+Q+o+Q)	-0.02	-0.18	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.41	-0.20	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	-0.05	-0.17	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.48	-0.17		
7.(o+o+Q+Q)	0.34	-0.42		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-18.67	-10.35	8.08	8.08
X-Deprem-%5	-21.37	-11.75		
Y-Deprem+%5	-1.85	-0.95		
Y-Deprem-%5	2.17	1.15		
X-Rüzgar+%5	-2.04	-1.11	0.77	0.77
X-Rüzgar-%5	-1.78	-0.98		
Y-Rüzgar+%5	-0.30	-0.15		
Y-Rüzgar-%5	0.34	0.18 Fk:	4.02	4.33 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-3.18	1.86	(2.07m)	1.35	-0.75
max M (tm) :	23.67	-19.73	1.58	-14.12	10.01
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	21.32	17.46	6.79	12.70	8.84



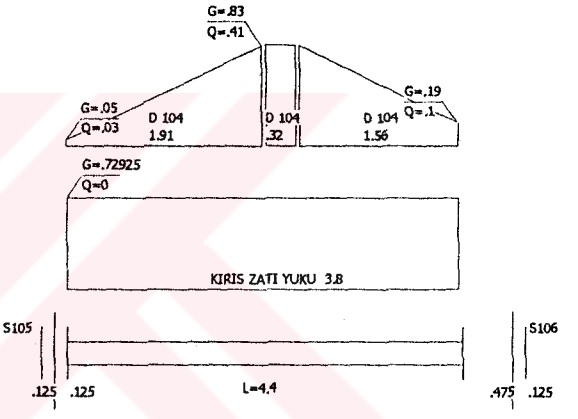
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+3ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

K105

Bw/D= 25/ 60 I= 45 J= 67 Tabla : B2/D2= 23/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.00	-1.46	2.50	-2.17
2.(Q+Q+Q+Q)	0.37	-0.40	0.46	-0.49
3.(o+Q+o+Q)	0.24	-0.40	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.13	0.01	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.25	-0.43	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.10	-0.02		
7.(o+o+Q+Q)	0.40	-0.34		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-9.63	-19.70	7.94	7.94
X-Deprem-%5	-10.96	-22.58		
Y-Deprem+%5	-1.00	-2.10		
Y-Deprem-%5	0.99	2.22		
X-Rüzgar+%5	-1.06	-2.18	0.77	0.77
X-Rüzgar-%5	-0.93	-1.90		
Y-Rüzgar+%5	-0.16	-0.33		
Y-Rüzgar-%5	0.16	0.35 Fk:	4.66	3.98 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.36	0.71	(2.18m)	3.18	-1.80
max M (tm) :	13.37	-9.16	2.28	-24.48	21.26
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	11.89	8.05	6.79	22.28	19.09



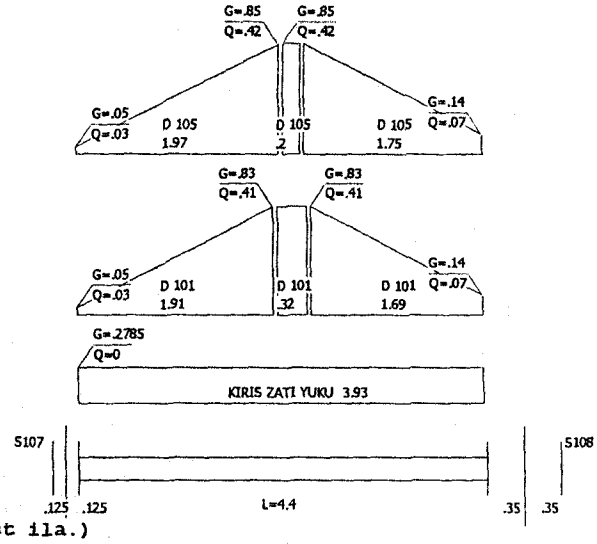
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+7ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+8ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

K106

Bw/D= 25/ 60 I= 7 J= 15 Tabla : B1/D1= 24/ 12cm B2/D2= 24/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	0.84	-3.18	1.99	-2.95
2.(Q+Q+Q+Q)	0.43	-1.14	0.81	-1.11
3.(o+Q+o+Q)	0.35	-1.00	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.08	-0.14	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.08	-0.05	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.37	-0.99		
7.(o+o+Q+Q)	0.40	-1.25		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-15.09	-22.68	9.05	9.05
X-Deprem-%5	-15.95	-23.85		
Y-Deprem+%5	-0.19	-0.09		
Y-Deprem-%5	1.08	1.67		
X-Rüzgar+%5	-1.53	-2.30	0.87	0.87
X-Rüzgar-%5	-1.45	-2.18		
Y-Rüzgar+%5	-0.03	-0.02		
Y-Rüzgar-%5	0.17	0.26 Fk:	4.17	9.11 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.48	0.91	(1.96m)	4.59	-2.24
max M (tm) :	17.22	-15.19	3.46	-28.29	20.99
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	15.91	13.64	6.79	25.18	18.04



DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+3ø16(sol üst ila.)+6ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+5ø16(sol alt ila.)+8ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

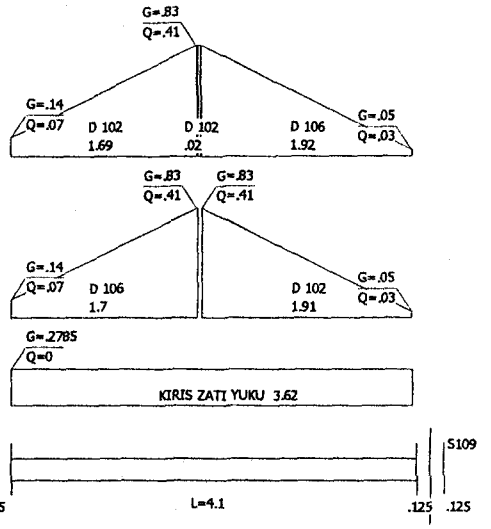
K107

Bw/D= 25/ 60 I= 15 J= 28 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.54	-1.47	2.39	-1.96
2.(Q+Q+Q+Q)	1.03	-0.55	0.94	-0.73
3.(o+Q+o+Q)	0.30	-0.06	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.73	-0.49	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.67	-0.72	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.33	0.04		
7.(o+o+Q+Q)	1.05	-0.42		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-23.63	-13.31	9.41	9.41
X-Deprem-%5	-24.64	-13.92		
Y-Deprem+%5	-1.65	-1.10		
Y-Deprem-%5	-0.14	-0.20		
X-Rüzgar+%5	-2.36	-1.33	0.90	0.90
X-Rüzgar-%5	-2.26	-1.27		
Y-Rüzgar+%5	-0.26	-0.17		
Y-Rüzgar-%5	-0.02	-0.03 Fk:	5.61	6.15 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-4.46	2.54	(2.17m)	1.51	-0.95
max M (tm) :	28.23	-22.36	2.19	-16.11	12.59
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	25.27	19.14	6.79	14.66	11.08

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+3ø14(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+4ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



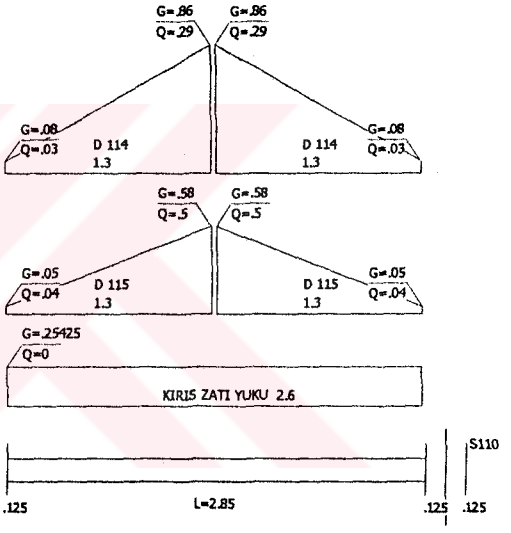
K108

Bw/D= 25/ 60 I= 28 J= 46 Tabla : B1/D1= 16/ 12cm B2/D2= 16/ 15cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.21	-1.21	1.35	-1.35
2.(Q+Q+Q+Q)	0.47	-0.47	0.56	-0.56
3.(o+Q+o+Q)	0.13	-0.13	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.34	-0.34	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.62	-0.07	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.03	-0.68		
7.(o+o+Q+Q)	0.30	-0.20		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-6.39	-6.39	4.76	4.76
X-Deprem-%5	-6.78	-6.78		
Y-Deprem+%5	0.03	-0.62		
Y-Deprem-%5	0.62	-0.03		
X-Rüzgar+%5	-0.65	-0.65	0.45	0.45
X-Rüzgar-%5	-0.61	-0.61		
Y-Rüzgar+%5	0.00	-0.10		
Y-Rüzgar-%5	0.10	0.00 Fk:	2.99	2.92 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-0.83	0.44	(1.44m)	0.83	-0.44
max M (tm) :	8.61	-5.69	0.68	-8.67	5.69
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	9.09	4.97	6.79	9.09	4.97

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+3ø14(sag üst ila.)
4ø16(düz)+4ø16(sağ alt ila.)+ ø8/13(etriye)



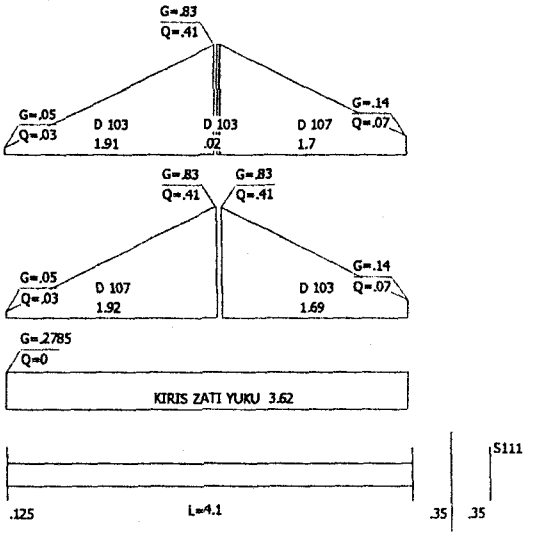
K109

Bw/D= 25/ 60 I= 46 J= 68 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.47	-2.54	1.96	-2.39
2.(Q+Q+Q+Q)	0.55	-1.03	0.73	-0.94
3.(o+Q+o+Q)	0.06	-0.30	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.49	-0.73	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.02	-0.24	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.72	-0.63		
7.(o+o+Q+Q)	0.36	-1.18		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-13.31	-23.63	9.41	9.41
X-Deprem-%5	-13.92	-24.64		
Y-Deprem+%5	0.20	0.14		
Y-Deprem-%5	1.10	1.66		
X-Rüzgar+%5	-1.33	-2.36	0.90	0.90
X-Rüzgar-%5	-1.27	-2.26		
Y-Rüzgar+%5	0.03	0.02		
Y-Rüzgar-%5	0.17	0.26 Fk:	4.53	7.22 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.51	0.95	(1.95m)	4.46	-2.54
max M (tm) :	16.11	-12.60	2.19	-28.36	22.36
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	14.66	11.08	6.79	25.43	19.15

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+6ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+8ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



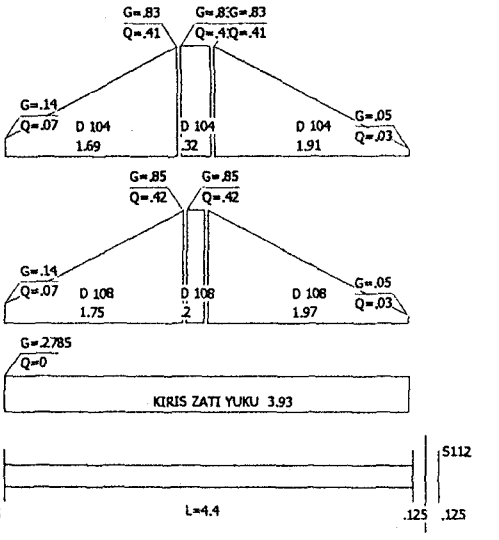
K110

Bw/D= 25/ 60 I= 68 J= 92 Tabla : B1/D1= 24/ 12cm B2/D2= 24/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	3.19	-0.84	2.96	-1.98
2.(Q+Q+Q+Q)	1.14	-0.43	1.11	-0.81
3.(o+Q+o+Q)	1.00	-0.35	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.14	-0.08	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.99	-0.43	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.09	-0.09		
7.(o+o+Q+Q)	1.21	-0.33		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-22.68	-15.09	9.05	9.05
X-Deprem-%5	-23.85	-15.95		
Y-Deprem+%5	-1.66	-1.08		
Y-Deprem-%5	0.10	0.19		
X-Rüzgar+%5	-2.30	-1.53	0.87	0.87
X-Rüzgar-%5	-2.18	-1.45		
Y-Rüzgar+%5	-0.26	-0.17		
Y-Rüzgar-%5	0.02	0.03 Fk:	7.14	5.74 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -4.59	2.23	(2.46m)	1.48	-0.91
max M (tm)	: 28.25	-20.99	3.47	-17.23	15.19
fcd (kg/cm²)	: 166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²)	: 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²)	: 25.13	18.04	6.79	15.92	13.64

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+3ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+5ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



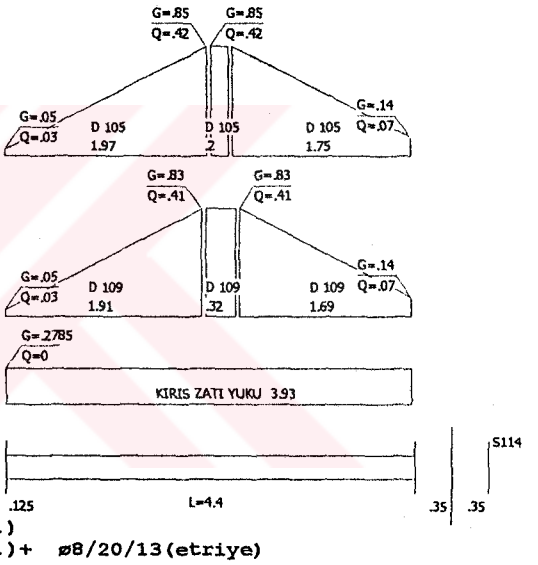
K111

Bw/D= 25/ 60 I= 16 J= 29 Tabla : B1/D1= 24/ 12cm B2/D2= 24/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	0.84	-3.18	1.99	-2.95
2.(Q+Q+Q+Q)	0.43	-1.14	0.81	-1.11
3.(o+Q+o+Q)	0.35	-1.00	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.08	-0.14	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.08	-0.05	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.37	-0.99		
7.(o+o+Q+Q)	0.40	-1.25		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-15.95	-23.85	9.05	9.05
X-Deprem-%5	-15.09	-22.68		
Y-Deprem+%5	0.19	0.10		
Y-Deprem-%5	-1.08	-1.67		
X-Rüzgar+%5	-1.45	-2.18	0.87	0.87
X-Rüzgar-%5	-1.53	-2.30		
Y-Rüzgar+%5	0.03	0.02		
Y-Rüzgar-%5	-0.17	-0.26 Fk:	4.17	9.11 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -1.48	0.91	(1.96m)	4.59	-2.24
max M (tm)	: 17.21	-15.19	3.46	-28.29	20.99
fcd (kg/cm²)	: 166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²)	: 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²)	: 15.91	13.64	6.79	25.18	18.04

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+3ø16(sol üst ila.)+6ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+5ø16(sol alt ila.)+8ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



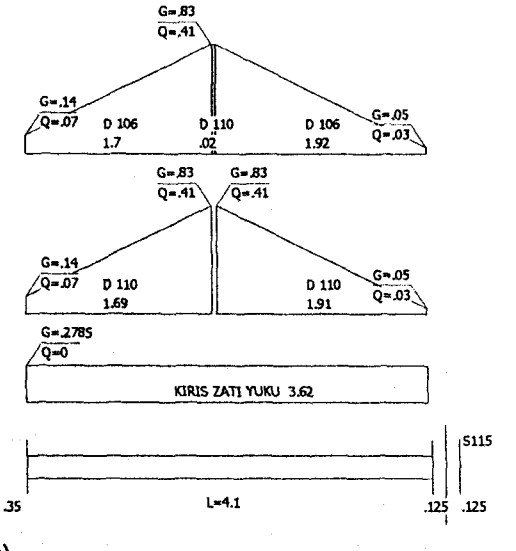
K112

Bw/D= 25/ 60 I= 29 J= 47 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.54	-1.47	2.39	-1.96
2.(Q+Q+Q+Q)	1.03	-0.55	0.94	-0.73
3.(o+Q+o+Q)	0.30	-0.06	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.73	-0.49	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.67	-0.72	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.33	0.04		
7.(o+o+Q+Q)	1.05	-0.42		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-24.64	-13.92	9.40	9.40
X-Deprem-%5	-23.63	-13.31		
Y-Deprem+%5	1.65	1.10		
Y-Deprem-%5	0.14	0.20		
X-Rüzgar+%5	-2.26	-1.27	0.90	0.90
X-Rüzgar-%5	-2.36	-1.33		
Y-Rüzgar+%5	0.26	0.17		
Y-Rüzgar-%5	0.02	0.03 Fk:	5.61	6.15 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -4.46	2.54	(2.17m)	1.51	-0.95
max M (tm)	: 28.23	-22.36	2.19	-16.11	12.59
fcd (kg/cm²)	: 166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²)	: 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²)	: 25.27	19.14	6.79	14.66	11.08

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+3ø14(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+4ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



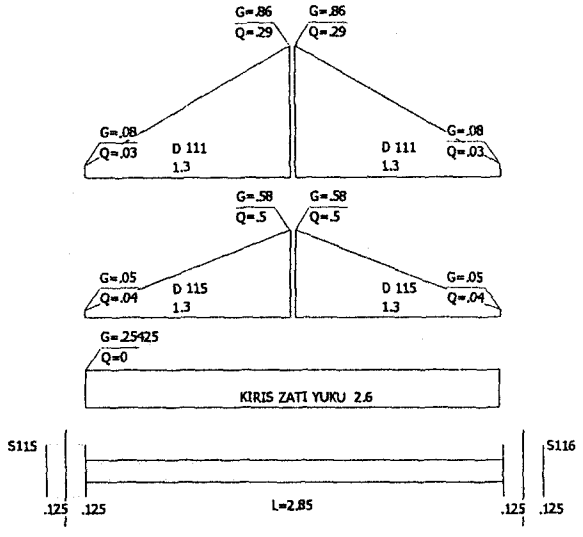
K113

Bw/D= 25/ 60 I= 47 J= 69 Tabla : B1/D1= 16/ 15cm B2/D2= 16/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.21	-1.21	1.35	-1.35
2.(Q+Q+Q+Q)	0.47	-0.47	0.56	-0.56
3.(o+Q+o+Q)	0.13	-0.13	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.34	-0.34	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.62	-0.07	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.03	-0.68		
7.(o+o+Q+Q)	0.31	-0.20		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-6.78	-6.78	4.76	4.76
X-Deprem-%5	-6.39	-6.39		
Y-Deprem+%5	-0.03	0.62		
Y-Deprem-%5	-0.62	0.03		
X-Rüzgar+%5	-0.61	-0.61	0.45	0.45
X-Rüzgar-%5	-0.65	-0.65		
Y-Rüzgar+%5	0.00	0.10		
Y-Rüzgar-%5	-0.10	0.00 Fk:	2.99	2.92 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -0.83	0.44	(1.44m)	0.83	-0.44
max M (tm)	: 8.61	-5.69	0.68	-8.67	5.69
fcd (kg/cm²)	: 166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²)	: 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²)	: 9.09	4.97	6.79	9.09	4.97

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+3ø14(sag üst ila.)
4ø16(düz)+4ø16(sağ alt ila.)+ ø8/13(etriye)



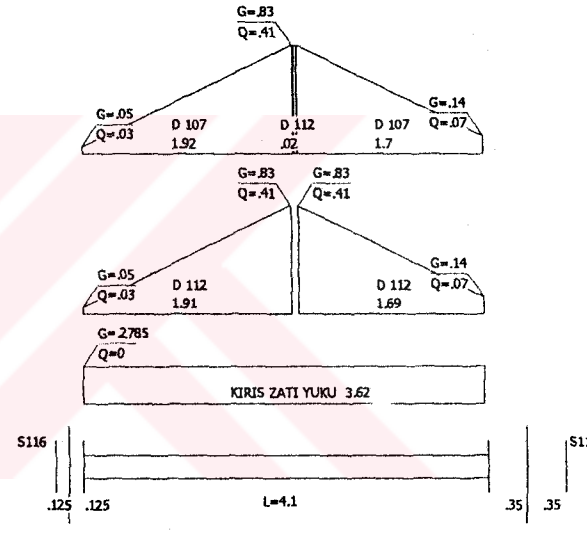
K114

Bw/D= 25/ 60 I= 69 J= 93 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.47	-2.54	1.96	-2.39
2.(Q+Q+Q+Q)	0.55	-1.03	0.73	-0.94
3.(o+Q+o+Q)	0.06	-0.30	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.49	-0.73	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.01	-0.24	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.72	-0.63		
7.(o+o+Q+Q)	0.37	-1.17		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-13.92	-24.64	9.40	9.40
X-Deprem-%5	-13.31	-23.63		
Y-Deprem+%5	-0.20	-0.14		
Y-Deprem-%5	-1.10	-1.65		
X-Rüzgar+%5	-1.27	-2.26	0.90	0.90
X-Rüzgar-%5	-1.33	-2.36		
Y-Rüzgar+%5	-0.03	-0.02		
Y-Rüzgar-%5	-0.17	-0.26 Fk:	4.53	7.22 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -1.51	0.95	(1.95m)	4.46	-2.54
max M (tm)	: 16.11	-12.60	2.19	-28.36	22.36
fcd (kg/cm²)	: 166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²)	: 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²)	: 14.66	11.08	6.79	25.43	19.14

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+6ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+8ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



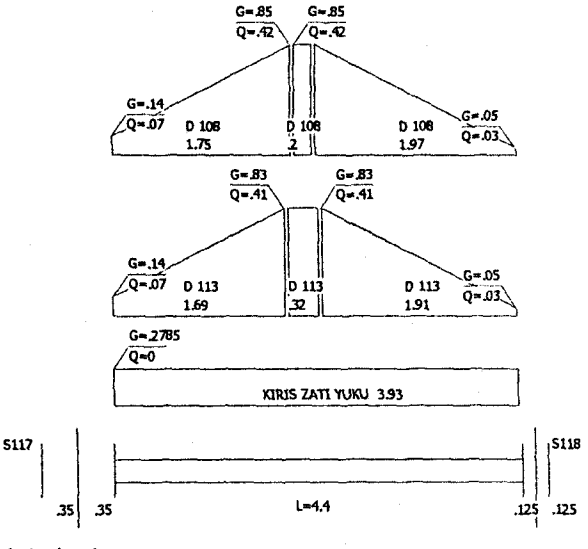
K115

Bw/D= 25/ 60 I= 93 J= 117 Tabla : B1/D1= 24/ 12cm B2/D2= 24/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	3.19	-0.84	2.96	-1.98
2.(Q+Q+Q+Q)	1.14	-0.43	1.11	-0.81
3.(o+Q+o+Q)	1.00	-0.35	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.14	-0.08	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.99	-0.44	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.09	-0.09		
7.(o+o+Q+Q)	1.21	-0.33		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-23.85	-15.95	9.05	9.05
X-Deprem-%5	-22.68	-15.09		
Y-Deprem+%5	1.67	1.08		
Y-Deprem-%5	-0.09	-0.19		
X-Rüzgar+%5	-2.18	-1.45	0.87	0.87
X-Rüzgar-%5	-2.30	-1.53		
Y-Rüzgar+%5	0.26	0.17		
Y-Rüzgar-%5	-0.02	-0.03 Fk:	7.14	5.74 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -4.59	2.23	(2.46m)	1.48	-0.91
max M (tm)	: 28.25	-20.99	3.47	-17.23	15.19
fcd (kg/cm²)	: 166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²)	: 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²)	: 25.13	18.04	6.79	15.92	13.64

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+3ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+5ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

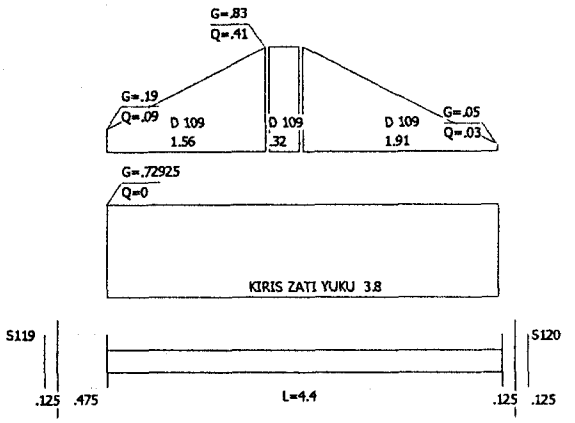


K116

Bw/D= 25/ 60 I= 30 J= 48 Tabla : B1/D1= 23/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.46	-2.00	2.17	-2.50
2.(Q+Q+Q+Q)	0.40	-0.37	0.48	-0.46
3.(o+Q+o+Q)	0.40	-0.24	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	-0.01	-0.13	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.01	-0.09	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.41	-0.24		
7.(o+o+Q+Q)	0.38	-0.42		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-22.58	-10.96	7.94	7.94
X-Deprem-%5	-19.70	-9.63		
Y-Deprem+%5	2.21	0.99		
Y-Deprem-%5	-2.10	-1.01		
X-Rüzgar+%5	-1.90	-0.93	0.77	0.77
X-Rüzgar-%5	-2.18	-1.06		
Y-Rüzgar+%5	0.35	0.16		
Y-Rüzgar-%5	-0.33	-0.16 Fk:	4.02	4.65 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -3.18	1.80	(2.07m)	1.36	-0.71
max M (tm)	: 24.45	-21.26	2.29	-13.38	9.16
fcd (kg/cm²)	: 166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²)	: 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²)	: 22.24	19.09	6.79	11.90	8.05



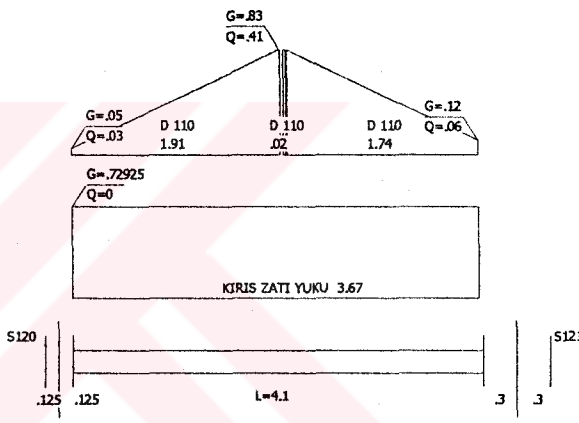
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+7ø16(sol üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+8ø16(sol alt ila.)+3ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

K117

Bw/D= 25/ 60 I= 48 J= 70 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.94	-1.82	2.28	-2.09
2.(Q+Q+Q+Q)	0.38	-0.39	0.42	-0.42
3.(o+Q+o+Q)	0.18	0.02	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.20	-0.41	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.17	-0.50	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.19	0.06		
7.(o+o+Q+Q)	0.40	-0.34		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-11.75	-21.37	8.08	8.08
X-Deprem-%5	-10.35	-18.67		
Y-Deprem+%5	1.15	2.16		
Y-Deprem-%5	-0.95	-1.86		
X-Rüzgar+%5	-0.98	-1.78	0.77	0.77
X-Rüzgar-%5	-1.11	-2.04		
Y-Rüzgar+%5	0.18	0.34		
Y-Rüzgar-%5	-0.15	-0.30 Fk:	4.38	3.98 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -1.35	0.75	(2.05m)	3.17	-1.86
max M (tm)	: 14.09	-10.01	1.59	-23.69	19.73
fcd (kg/cm²)	: 166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²)	: 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²)	: 12.67	8.84	6.79	21.35	17.46



DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+9ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+10ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

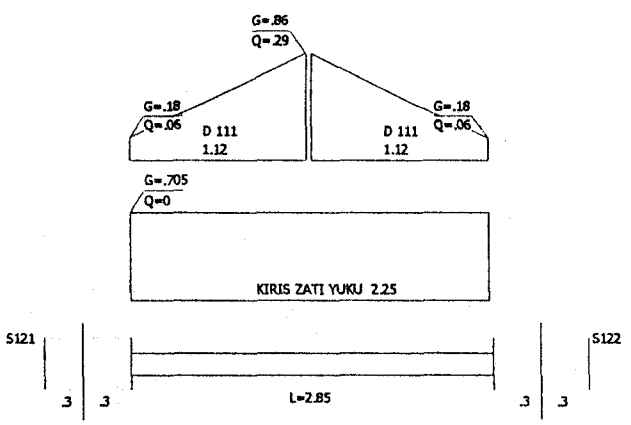
K118

Bw/D= 25/ 60 I= 70 J= 94 Tabla : B1/D1= 14/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.14	-1.14	1.38	-1.38
2.(Q+Q+Q+Q)	0.20	-0.20	0.20	-0.20
3.(o+Q+o+Q)	0.06	-0.06	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.13	-0.13	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.24	-0.05	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.01	-0.31		
7.(o+o+Q+Q)	0.14	-0.04		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-43.50	-43.50	30.52	30.52
X-Deprem-%5	-37.83	-37.83		
Y-Deprem+%5	4.20	4.28		
Y-Deprem-%5	-4.28	-4.20		
X-Rüzgar+%5	-3.65	-3.65	2.94	2.94
X-Rüzgar-%5	-4.20	-4.20		
Y-Rüzgar+%5	0.67	0.68		
Y-Rüzgar-%5	-0.68	-0.67 Fk:	24.26	24.52 cm²

BETONARME	: üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm)	: -9.63	8.79	(1.44m)	9.63	-8.79
max M (tm)	: 44.87	-42.47	0.39	-44.94	42.47
fcd (kg/cm²)	: 250.00	250.00	166.67	250.00	250.00
As' (cm²)	: 0.63	0.00	0.00	0.70	0.00
As (cm²)	: 28.00	28.00	6.79	28.00	28.00

!!!! KESIT YETERSIZ !!!!



DONATI: 3ø16(mon.)+10ø16(göv.)+9ø16(sag üst ila.)
4ø16(düz)+10ø16(sağ alt ila.)+ ø14/13(etriye)

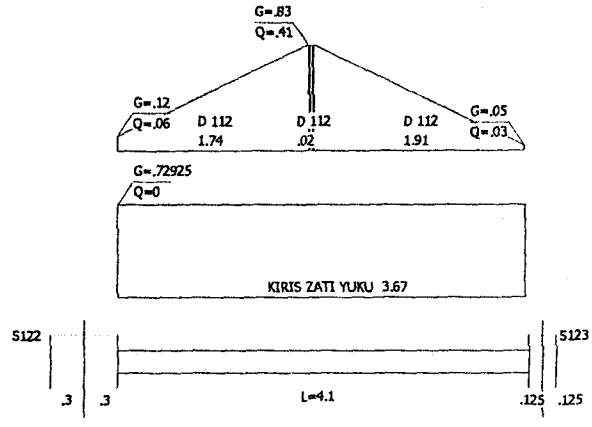
K119

Bw/D= 25/ 60 I= 94 J= 118 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.82	-1.94	2.09	-2.28
2.(Q+Q+Q+Q)	0.39	-0.38	0.42	-0.42
3.(o+Q+o+Q)	-0.02	-0.18	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.41	-0.20	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	-0.04	-0.16	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.49	-0.16		
7.(o+o+Q+Q)	0.34	-0.43		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-21.36	-11.75	8.08	8.08
X-Deprem-%5	-18.67	-10.35		
Y-Deprem+%5	1.85	0.95		
Y-Deprem-%5	-2.16	-1.15		
X-Rüzgar+%5	-1.78	-0.98	0.77	0.77
X-Rüzgar-%5	-2.04	-1.11		
Y-Rüzgar+%5	0.30	0.15		
Y-Rüzgar-%5	-0.34	-0.18 Fk:	4.02	4.33 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-3.18	1.86	(2.07m)	1.35	-0.75
max M (tm) :	23.67	-19.73	1.58	-14.13	10.00
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	21.33	17.46	6.79	12.71	8.84

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+3ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



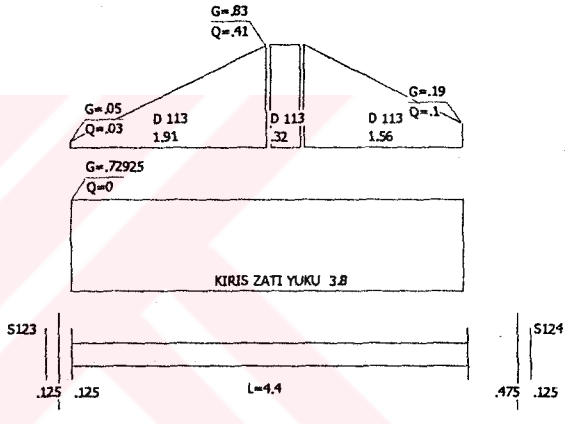
K120

Bw/D= 25/ 60 I= 118 J= 140 Tabla : B1/D1= 23/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.00	-1.46	2.50	-2.17
2.(Q+Q+Q+Q)	0.37	-0.40	0.46	-0.49
3.(o+Q+o+Q)	0.24	-0.40	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.13	0.01	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.23	-0.47	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.10	-0.02		
7.(o+o+Q+Q)	0.42	-0.31		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-10.96	-22.58	7.94	7.94
X-Deprem-%5	-9.63	-19.70		
Y-Deprem+%5	1.00	2.10		
Y-Deprem-%5	-0.99	-2.21		
X-Rüzgar+%5	-0.93	-1.90	0.77	0.77
X-Rüzgar-%5	-1.06	-2.18		
Y-Rüzgar+%5	0.16	0.34		
Y-Rüzgar-%5	-0.16	-0.35 Fk:	4.66	3.98 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.36	0.71	(2.18m)	3.18	-1.80
max M (tm) :	13.38	-9.16	2.28	-24.51	21.26
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	11.90	8.05	6.79	22.32	19.09

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+7ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+8ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



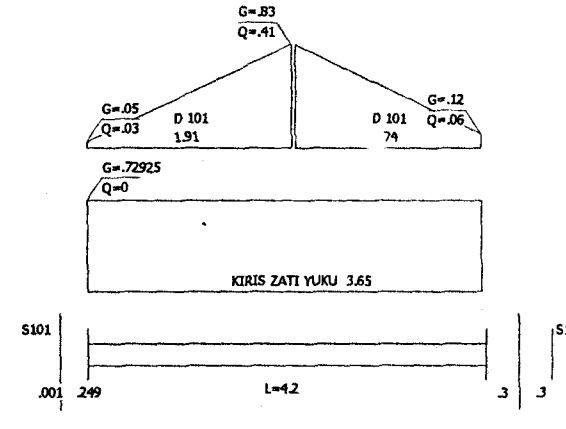
K123

Bw/D= 25/ 60 I= 2 J= 7 Tabla : B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	0.94	-2.12	1.94	-2.39
2.(Q+Q+Q+Q)	0.23	-0.39	0.38	-0.45
3.(o+Q+o+Q)	0.17	-0.31	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.05	-0.08	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.06	-0.01	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.19	-0.30		
7.(o+o+Q+Q)	0.20	-0.48		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-1.53	-1.96	10.57	10.57
X-Deprem-%5	1.39	1.76		
Y-Deprem+%5	-14.86	-18.27		
Y-Deprem-%5	-19.23	-23.85		
X-Rüzgar+%5	0.13	0.17	1.69	1.69
X-Rüzgar-%5	-0.15	-0.19		
Y-Rüzgar+%5	-2.37	-2.92		
Y-Rüzgar-%5	-3.07	-3.81 Fk:	5.88	8.82 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.61	1.10	(1.87m)	4.02	-2.53
max M (tm) :	20.40	-18.38	2.14	-26.45	21.94
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	19.35	16.86	6.79	23.62	19.06

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+5ø16(sol üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+7ø16(sol alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



K122

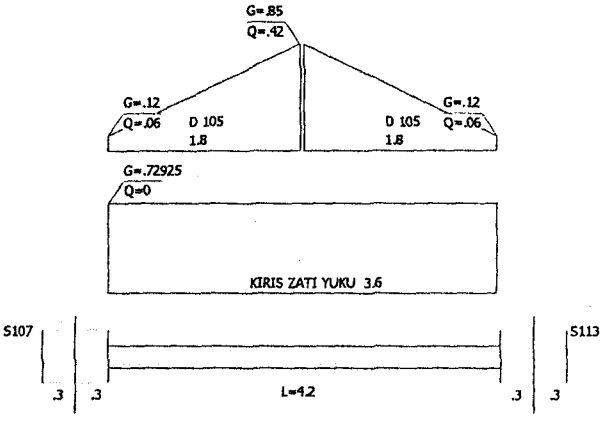
Bw/D= 25/ 60 I= 7 J= 16 Tabla : B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.08	-2.08	2.19	-2.19
2.(Q+Q+Q+Q)	0.43	-0.43	0.43	-0.43
3.(o+Q+o+Q)	0.10	-0.10	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.33	-0.33	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.28	-0.52	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.11	-0.06		
7.(o+o+Q+Q)	0.47	-0.28		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-2.34	-2.37	14.04	14.04
X-Deprem-%5	2.37	2.34		
Y-Deprem+%5	-22.43	-22.43		
Y-Deprem-%5	-29.48	-29.48		
X-Rüzgar+%5	0.23	0.22	2.24	2.24
X-Rüzgar-%5	-0.22	-0.23		
Y-Rüzgar+%5	-3.58	-3.58		
Y-Rüzgar-%5	-4.70	-4.70 Fk:	12.48	13.64 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-5.00	3.62	(2.12m) 5.00		-3.62
max M (tm) :	32.03	-27.60	1.54	-32.08	27.60
fcd (kg/cm²) :	250.00	166.67	166.67	250.00	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	28.00	23.85	6.79	28.00	23.85

!!!! KESIT YETERSIZ !!!!

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+9ø16(sol üst ila.)
4ø16(düz)+8ø16(sol alt ila.)+ ø10/13(etriye)



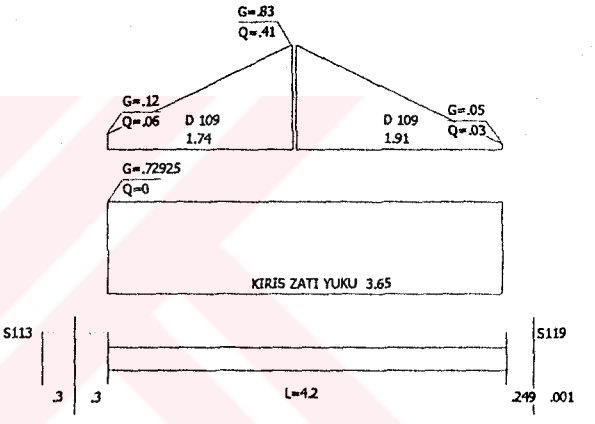
K121

Bw/D= 25/ 60 I= 16 J= 30 Tabla : B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.12	-0.94	2.39	-1.94
2.(Q+Q+Q+Q)	0.39	-0.23	0.45	-0.38
3.(o+Q+o+Q)	0.31	-0.17	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.08	-0.05	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.45	-0.16	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.31	-0.21		
7.(o+o+Q+Q)	0.03	-0.07		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-1.77	-1.40	10.57	10.57
X-Deprem-%5	1.96	1.53		
Y-Deprem+%5	-18.27	-14.86		
Y-Deprem-%5	-23.85	-19.23		
X-Rüzgar+%5	0.19	0.15	1.69	1.69
X-Rüzgar-%5	-0.17	-0.13		
Y-Rüzgar+%5	-2.92	-2.37		
Y-Rüzgar-%5	-3.81	-3.07 Fk:	7.39	7.18 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-4.02	2.53	(2.22m) 1.61		-1.10
max M (tm) :	26.42	-21.94	2.14	-20.40	18.39
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	23.59	19.05	6.79	19.34	16.86

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+9ø16(sol üst ila.)+5ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+8ø16(sol alt ila.)+7ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



K126

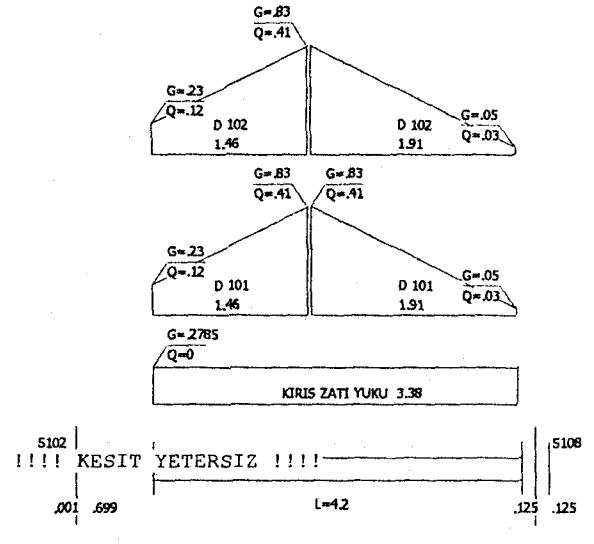
Bw/D= 25/ 60 I= 6 J= 15 Tabla : B1/D1= 20/ 12cm B2/D2= 20/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.83	-1.31	2.49	-1.68
2.(Q+Q+Q+Q)	1.11	-0.46	1.00	-0.62
3.(o+Q+o+Q)	0.94	-0.20	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.17	-0.26	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.24	-0.12	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	1.02	-0.18		
7.(o+o+Q+Q)	0.96	-0.63		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-1.75	-0.90	15.27	15.27
X-Deprem-%5	1.81	0.95		
Y-Deprem+%5	-33.29	-17.40		
Y-Deprem-%5	-38.61	-20.18		
X-Rüzgar+%5	0.17	0.09	2.45	2.45
X-Rüzgar-%5	-0.17	-0.09		
Y-Rüzgar+%5	-5.33	-2.79		
Y-Rüzgar-%5	-6.18	-3.24 Fk:	15.33	13.69 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-6.56	4.56	(2.12m) 2.20		-1.72
max M (tm) :	42.55	-36.07	1.55	-22.12	19.01
fcd (kg/cm²) :	250.00	250.00	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	28.00	28.00	6.79	20.66	16.65

!!!! KESIT YETERSIZ !!!!

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+11ø16(sol üst ila.)
4ø16(düz)+10ø16(sol alt ila.)+ ø10/13(etriye)

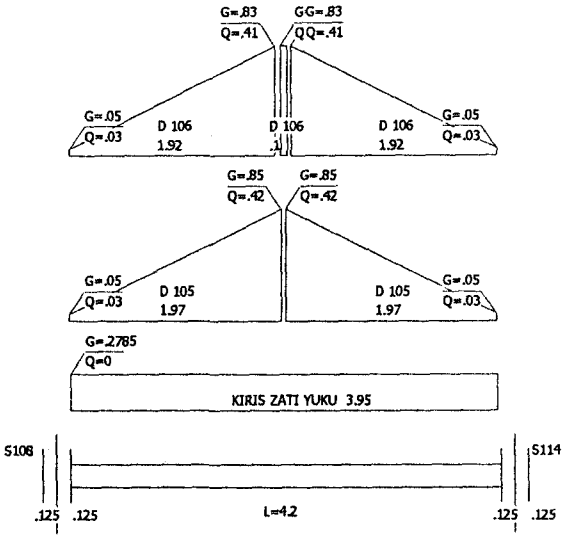


K125

Bw/D= 25/ 60 I= 15 J= 29 Tabla : B1/D1= 24/ 12cm B2/D2= 24/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.79	-1.79	2.33	-2.32
2.(Q+Q+Q+Q)	0.68	-0.68	0.89	-0.89
3.(o+Q+o+Q)	0.16	-0.16	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.52	-0.52	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.44	-0.84	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.15	-0.10		
7.(o+o+Q+Q)	0.78	-0.42		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-0.33	-0.28	3.03	3.03
X-Deprem-%5	0.28	0.33		
Y-Deprem+%5	-5.45	-5.45		
Y-Deprem-%5	-6.36	-6.36		
X-Rüzgar+%5	0.03	0.03	0.47	0.47
X-Rüzgar-%5	-0.03	-0.03		
Y-Rüzgar+%5	-0.85	-0.85		
Y-Rüzgar-%5	-0.99	-0.99 Fk:	4.54	4.44 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-0.78	0.12	(2.12m)	0.78	-0.12
max M (tm) :	8.92	-4.75	3.05	-8.99	4.75
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	9.09	4.55	6.79	9.09	4.55



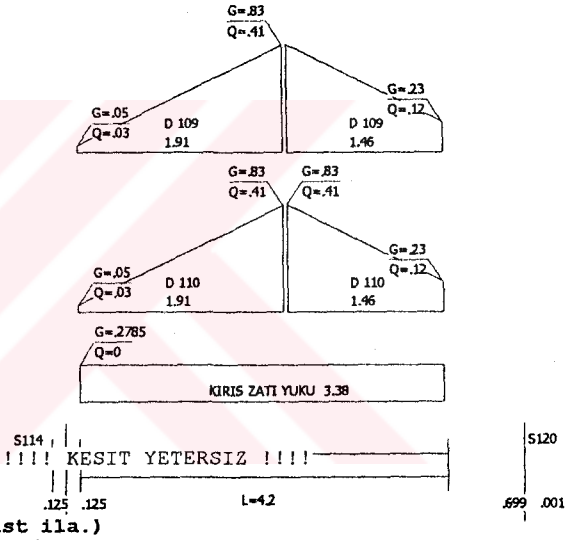
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+6ø16(sol üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+5ø16(sol alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)

K124

Bw/D= 25/ 60 I= 29 J= 48 Tabla : B1/D1= 20/ 12cm B2/D2= 20/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.31	-2.82	1.68	-2.49
2.(Q+Q+Q+Q)	0.46	-1.11	0.62	-0.99
3.(o+Q+o+Q)	0.20	-0.94	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.26	-0.17	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.62	-0.84	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.16	-1.09		
7.(o+o+Q+Q)	0.14	-0.29		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-0.95	-1.81	15.27	15.27
X-Deprem-%5	0.91	1.75		
Y-Deprem+%5	-17.40	-33.29		
Y-Deprem-%5	-20.18	-38.61		
X-Rüzgar+%5	0.09	0.17	2.45	2.45
X-Rüzgar-%5	-0.09	-0.17		
Y-Rüzgar+%5	-2.79	-5.33		
Y-Rüzgar-%5	-3.24	-6.18 Fk:	12.31	16.82 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-2.20	1.72	(1.75m)	6.56	-4.56
max M (tm) :	22.12	-19.01	1.56	-42.54	36.08
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	250.00	250.00
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	1.36	0.00
As (cm²) :	20.65	16.65	6.79	28.00	28.00



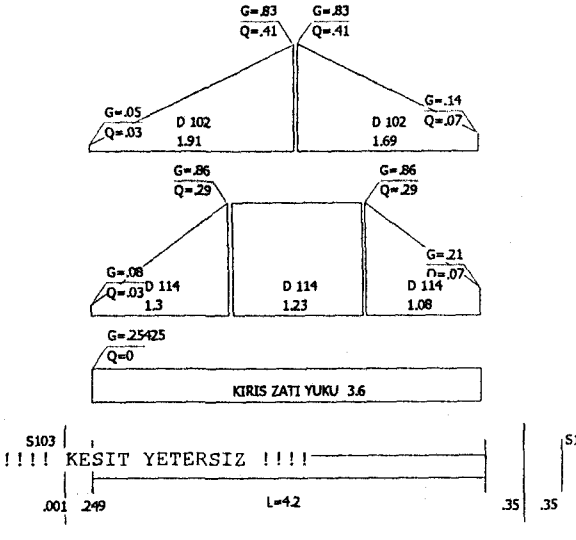
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+6ø16(sol üst ila.)+11ø16(sag üst ila.)
4ø16(düz)+5ø16(sol alt ila.)+10ø16(sağ alt ila.)+ ø10/13(etriye)

K129

Bw/D= 25/ 60 I= 14 J= 28 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	0.80	-2.72	1.99	-2.83
2.(Q+Q+Q+Q)	0.37	-0.79	0.70	-0.88
3.(o+Q+o+Q)	0.26	-0.57	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.10	-0.22	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.13	-0.03	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.30	-0.55		
7.(o+o+Q+Q)	0.30	-1.01		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	0.68	1.20	13.19	13.19
X-Deprem-%5	1.52	2.32		
Y-Deprem+%5	-18.74	-32.11		
Y-Deprem-%5	-19.99	-33.79		
X-Rüzgar+%5	0.14	0.22	2.11	2.11
X-Rüzgar-%5	0.06	0.11		
Y-Rüzgar+%5	-2.99	-5.13		
Y-Rüzgar-%5	-3.19	-5.40 Fk:	10.17	14.96 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.99	1.43	(1.83m)	5.92	-3.72
max M (tm) :	21.16	-19.26	3.08	-37.51	31.34
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	250.00	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	19.79	17.43	6.79	28.00	27.76



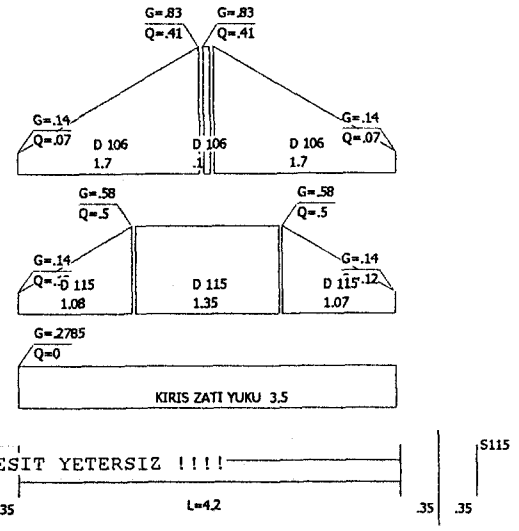
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+5ø16(sol üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+7ø16(sol alt ila.)+ ø10/20/13(etriye)

K128

Bw/D= 25/ 60 I= 28 J= 47 Tabla : B1/D1= 21/ 12cm B2/D2= 21/ 15cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.24	-2.24	2.13	-2.13
2.(Q+Q+Q+Q)	1.09	-1.09	1.10	-1.10
3.(o+Q+o+Q)	0.16	-0.16	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.93	-0.93	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.84	-1.25	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.18	-0.09		
7.(o+o+Q+Q)	1.16	-0.84		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-0.62	-0.20	17.43	17.43
X-Deprem-%5	0.20	0.62		
Y-Deprem+%5	-35.38	-35.38		
Y-Deprem-%5	-36.60	-36.60		
X-Rüzgar+%5	0.02	0.06	2.78	2.78
X-Rüzgar-%5	-0.06	-0.02		
Y-Rüzgar+%5	-5.64	-5.64		
Y-Rüzgar-%5	-5.83	-5.83 Fk:	18.15	19.96 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-7.23	5.43	(2.10m)	7.23	-5.43
max M (tm) :	40.00	-34.58	1.97	-40.09	34.59
fcd (kg/cm²) :	250.00	250.00	166.67	250.00	250.00
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	28.00	28.00	6.79	28.00	28.00



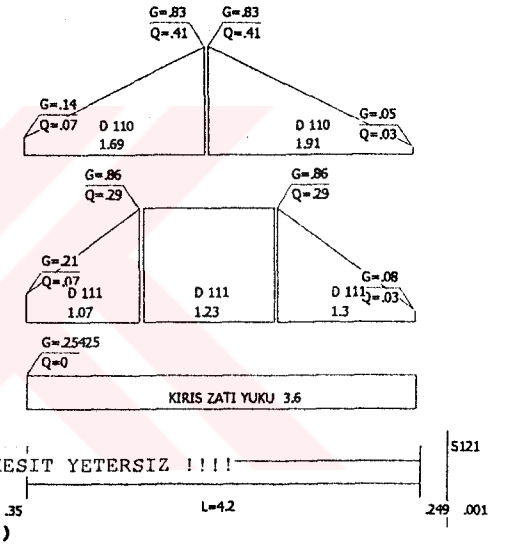
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+9ø16(sol üst ila.)
4ø16(düz)+10ø16(sol alt ila.)+ ø14/13(etriye)

K127

Bw/D= 25/ 60 I= 47 J= 70 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.72	-0.80	2.83	-1.99
2.(Q+Q+Q+Q)	0.79	-0.37	0.88	-0.70
3.(o+Q+o+Q)	0.57	-0.26	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.22	-0.10	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.89	-0.26	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.57	-0.34		
7.(o+o+Q+Q)	0.13	-0.13		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-2.32	-1.51	13.19	13.19
X-Deprem-%5	-1.20	-0.68		
Y-Deprem+%5	-32.11	-18.74		
Y-Deprem-%5	-33.79	-19.99		
X-Rüzgar+%5	-0.11	-0.06	2.11	2.11
X-Rüzgar-%5	-0.22	-0.14		
Y-Rüzgar+%5	-5.13	-2.99		
Y-Rüzgar-%5	-5.40	-3.19 Fk:	13.20	11.73 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-5.92	3.73	(2.26m)	1.99	-1.43
max M (tm) :	37.40	-31.34	3.09	-21.16	19.27
fcd (kg/cm²) :	250.00	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	28.00	27.75	6.79	19.78	17.43



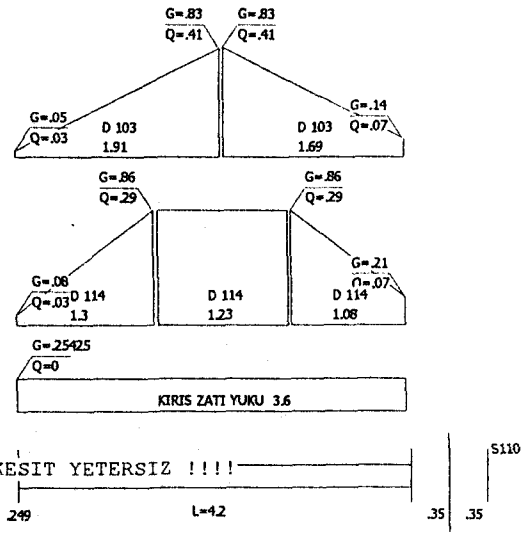
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+9ø16(sol üst ila.)+5ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+10ø16(sol alt ila.)+7ø16(sağ alt ila.)+ ø8/15/13(etriye)

K132

Bw/D= 25/ 60 I= 27 J= 46 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	0.80	-2.72	1.99	-2.83
2.(Q+Q+Q+Q)	0.37	-0.79	0.70	-0.88
3.(o+Q+o+Q)	0.26	-0.57	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.10	-0.22	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.12	-0.04	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.30	-0.54		
7.(o+o+Q+Q)	0.31	-1.00		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-0.68	-1.20	13.19	13.19
X-Deprem-%5	-1.51	-2.32		
Y-Deprem+%5	-19.99	-33.78		
Y-Deprem-%5	-18.74	-32.11		
X-Rüzgar+%5	-0.14	-0.22	2.11	2.11
X-Rüzgar-%5	-0.06	-0.11		
Y-Rüzgar+%5	-3.19	-5.40		
Y-Rüzgar-%5	-2.99	-5.13 Fk:	10.17	14.95 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.99	1.43	(1.83m)	5.92	-3.72
max M (tm) :	21.16	-19.26	3.08	-37.51	31.34
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	250.00	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	19.78	17.43	6.79	28.00	27.76



DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+5ø16(sol üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+7ø16(sol alt ila.)+ ø10/20/13(etriye)

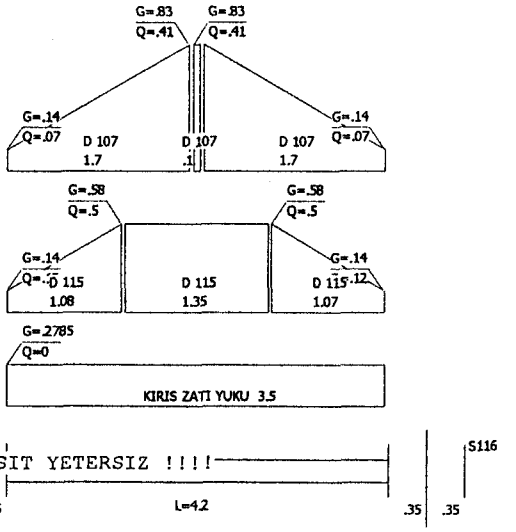
K131

Bw/D= 25/ 60 I= 46 J= 69 Tabla : B1/D1= 21/ 15cm B2/D2= 21/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.24	-2.24	2.13	-2.13
2.(Q+Q+Q+Q)	1.09	-1.09	1.10	-1.10
3.(o+Q+o+Q)	0.16	-0.16	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.93	-0.93	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.84	-1.25	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.18	-0.09		
7.(o+o+Q+Q)	1.16	-0.84		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	0.62	0.20	17.43	17.43
X-Deprem-%5	-0.20	-0.62		
Y-Deprem+%5	-36.60	-36.60		
Y-Deprem-%5	-35.38	-35.38		
X-Rüzgar+%5	-0.02	-0.06	2.78	2.78
X-Rüzgar-%5	0.06	0.02		
Y-Rüzgar+%5	-5.83	-5.83		
Y-Rüzgar-%5	-5.64	-5.64 Fk:	18.15	19.95 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-7.23	5.43	(2.10m)	7.23	-5.43
max M (tm) :	40.00	-34.58	1.97	-40.09	34.58
fcd (kg/cm²) :	250.00	250.00	166.67	250.00	250.00
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	28.00	28.00	6.79	28.00	28.00

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+9ø16(sol üst ila.)
4ø16(düz)+10ø16(sol alt ila.)+ ø14/13(etriye)



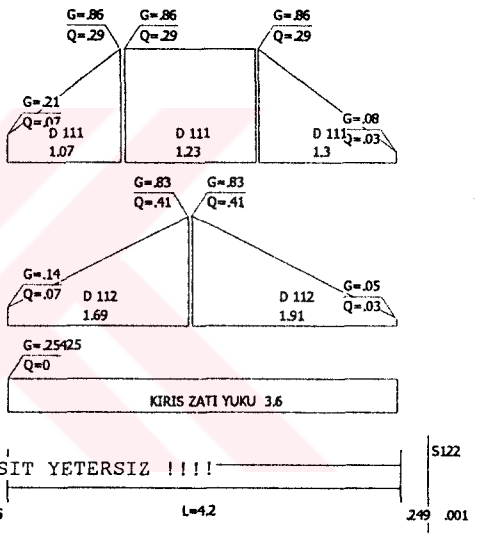
K130

Bw/D= 25/ 60 I= 69 J= 94 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm B2/D2= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.72	-0.80	2.83	-1.99
2.(Q+Q+Q+Q)	0.79	-0.37	0.88	-0.70
3.(o+Q+o+Q)	0.57	-0.26	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.22	-0.10	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.90	-0.25	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.56	-0.34		
7.(o+o+Q+Q)	0.12	-0.13		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	2.32	1.52	13.19	13.19
X-Deprem-%5	1.20	0.68		
Y-Deprem+%5	-33.78	-19.99		
Y-Deprem-%5	-32.11	-18.74		
X-Rüzgar+%5	0.11	0.06	2.11	2.11
X-Rüzgar-%5	0.22	0.14		
Y-Rüzgar+%5	-5.40	-3.19		
Y-Rüzgar-%5	-5.13	-2.99 Fk:	13.20	11.73 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-5.92	3.73	(2.26m)	1.99	-1.43
max M (tm) :	37.41	-31.34	3.09	-21.16	19.26
fcd (kg/cm²) :	250.00	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	28.00	27.75	6.79	19.78	17.43

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+9ø16(sol üst ila.)+5ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+10ø16(sol alt ila.)+7ø16(sağ alt ila.)+ ø8/15/13(etriye)



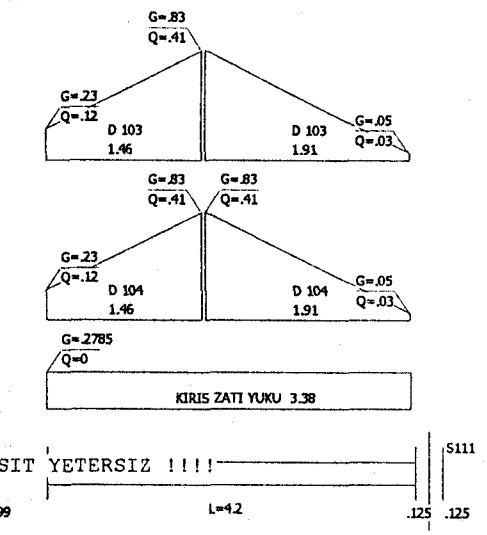
K135

Bw/D= 25/ 60 I= 45 J= 68 Tabla : B1/D1= 20/ 12cm B2/D2= 20/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.83	-1.31	2.49	-1.68
2.(Q+Q+Q+Q)	1.11	-0.46	1.00	-0.62
3.(o+Q+o+Q)	0.94	-0.20	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.17	-0.26	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.25	-0.12	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	1.01	-0.18		
7.(o+o+Q+Q)	0.96	-0.63		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	1.75	0.91	15.27	15.27
X-Deprem-%5	-1.81	-0.95		
Y-Deprem+%5	-38.61	-20.18		
Y-Deprem-%5	-33.28	-17.40		
X-Rüzgar+%5	-0.17	-0.09	2.45	2.45
X-Rüzgar-%5	0.17	0.09		
Y-Rüzgar+%5	-6.18	-3.24		
Y-Rüzgar-%5	-5.33	-2.79 Fk:	15.33	13.69 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-6.56	4.56	(2.12m)	2.20	-1.72
max M (tm) :	42.55	-36.07	1.55	-22.12	19.01
fcd (kg/cm²) :	250.00	250.00	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	28.00	28.00	6.79	20.66	16.65

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+11ø16(sol üst ila.)
4ø16(düz)+10ø16(sol alt ila.)+ ø10/13(etriye)



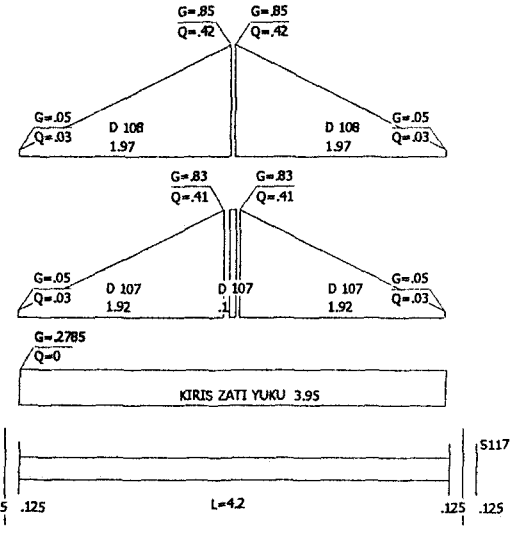
K134

Bw/D= 25/ 60 I= 68 J= 93 Tabla : B1/D1= 24/ 12cm B2/D2= 24/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.79	-1.79	2.33	-2.32
2.(Q+Q+Q+Q)	0.68	-0.68	0.89	-0.89
3.(o+Q+o+Q)	0.16	-0.16	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.52	-0.52	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.43	-0.84	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.15	-0.10		
7.(o+o+Q+Q)	0.78	-0.42		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	0.33	0.28	3.03	3.03
X-Deprem-%5	-0.28	-0.33		
Y-Deprem+%5	-6.36	-6.36		
Y-Deprem-%5	-5.45	-5.45		
X-Rüzgar+%5	-0.03	-0.03	0.47	0.47
X-Rüzgar-%5	0.03	0.03		
Y-Rüzgar+%5	-0.99	-0.99		
Y-Rüzgar-%5	-0.85	-0.85 Fk:	4.54	4.44 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-0.78	0.12	(2.12m)	0.78	-0.12
max M (tm) :	8.92	-4.75	3.05	-8.98	4.75
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	9.09	4.55	6.79	9.09	4.55

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+6ø16(sol üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+5ø16(sol alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



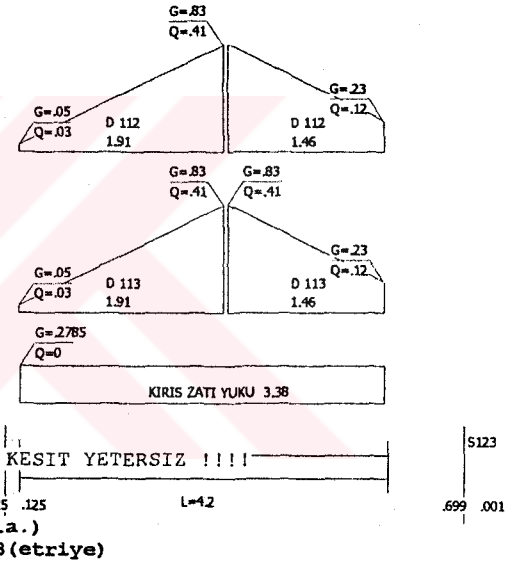
K133

Bw/D= 25/ 60 I= 93 J= 118 Tabla : B1/D1= 20/ 12cm B2/D2= 20/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	1.31	-2.82	1.68	-2.49
2.(Q+Q+Q+Q)	0.46	-1.11	0.62	-0.99
3.(o+Q+o+Q)	0.20	-0.94	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.26	-0.17	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.62	-0.85	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.16	-1.09		
7.(o+o+Q+Q)	0.14	-0.29		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	0.95	1.81	15.27	15.27
X-Deprem-%5	-0.90	-1.75		
Y-Deprem+%5	-20.18	-38.61		
Y-Deprem-%5	-17.40	-33.28		
X-Rüzgar+%5	-0.09	-0.17	2.45	2.45
X-Rüzgar-%5	0.09	0.17		
Y-Rüzgar+%5	-3.24	-6.18		
Y-Rüzgar-%5	-2.79	-5.33 Fk:	12.30	16.82 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-2.20	1.72	(1.75m)	6.56	-4.56
max M (tm) :	22.11	-19.00	1.56	-42.54	36.07
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	250.00	250.00
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	1.36	0.00
As (cm²) :	20.64	16.65	6.79	28.00	28.00

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+6ø16(sol üst ila.)+11ø16(sag üst ila.)
4ø16(düz)+5ø16(sol alt ila.)+10ø16(sağ alt ila.)+ ø10/13(etriye)



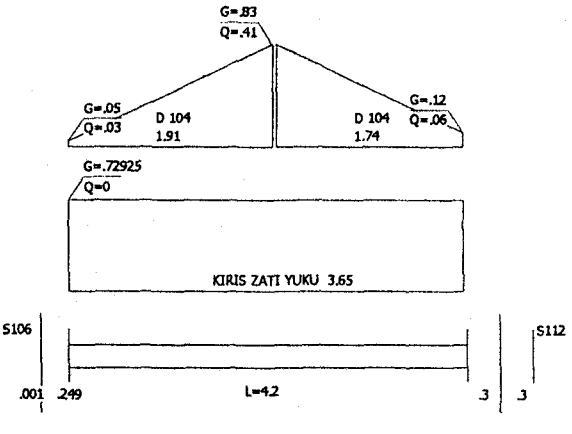
K138

Bw/D= 25/ 60 I= 67 J= 92 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	0.94	-2.12	1.94	-2.39
2.(Q+Q+Q+Q)	0.23	-0.39	0.38	-0.45
3.(o+Q+o+Q)	0.17	-0.31	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.05	-0.08	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.07	0.00	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.18	-0.31		
7.(o+o+Q+Q)	0.20	-0.48		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	1.53	1.96	10.57	10.57
X-Deprem-%5	-1.40	-1.77		
Y-Deprem+%5	-19.23	-23.85		
Y-Deprem-%5	-14.86	-18.27		
X-Rüzgar+%5	-0.13	-0.17	1.69	1.69
X-Rüzgar-%5	0.15	0.19		
Y-Rüzgar+%5	-3.07	-3.81		
Y-Rüzgar-%5	-2.37	-2.92 Fk:	5.88	8.81 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-1.61	1.10	(1.87m)	4.02	-2.53
max M (tm) :	20.40	-18.38	2.14	-26.45	21.94
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	19.34	16.86	6.79	23.62	19.05

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(göv.)+5ø16(sol üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+7ø16(sol alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



K137

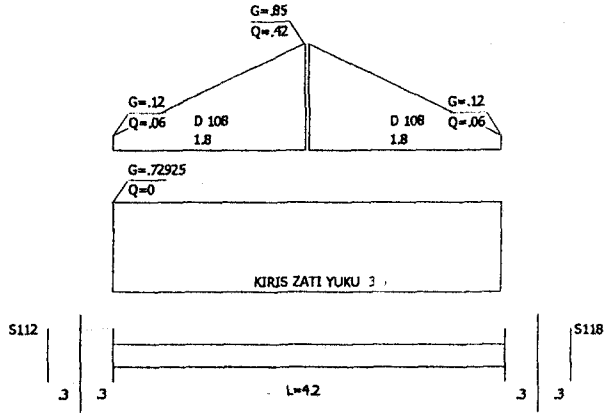
Bw/D= 25/ 60 I= 92 J= 117 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.08	-2.08	2.19	-2.19
2.(Q+Q+Q+Q)	0.43	-0.43	0.43	-0.43
3.(o+Q+o+Q)	0.10	-0.10	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.33	-0.33	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.28	-0.52	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.11	-0.06		
7.(o+o+Q+Q)	0.47	-0.28		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	2.34	2.37	14.03	14.03
X-Deprem-%5	-2.37	-2.34		
Y-Deprem+%5	-29.47	-29.47		
Y-Deprem-%5	-22.43	-22.43		
X-Rüzgar+%5	-0.23	-0.22	2.24	2.24
X-Rüzgar-%5	0.22	0.23		
Y-Rüzgar+%5	-4.70	-4.70		
Y-Rüzgar-%5	-3.58	-3.58 Fk:	12.47	13.63 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-5.00	3.62	(2.12m)	5.00	-3.62
max M (tm) :	32.03	-27.60	1.54	-32.08	27.60
fcd (kg/cm²) :	250.00	166.67	166.67	250.00	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	28.00	23.84	6.79	28.00	23.85

!!!! KESIT YETERSIZ !!!!

DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+9ø16(sol üst ila.)
4ø16(düz)+8ø16(sol alt ila.)+ ø10/13(etriye)



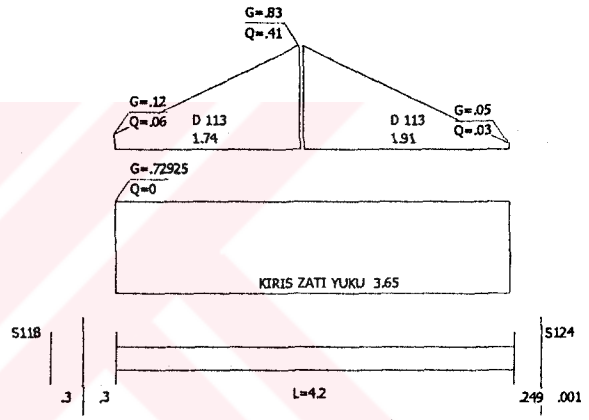
K136

Bw/D= 25/ 60 I= 117 J= 140 Tabla : B1/D1= 22/ 12cm

KOMBİNASYON	SolM (tm)	SağM (tm)	SolVd (t)	SağVd (t)
1.(G+G+G+G)	2.12	-0.94	2.39	-1.94
2.(Q+Q+Q+Q)	0.39	-0.23	0.45	-0.38
3.(o+Q+o+Q)	0.31	-0.17	MATERIAL:E1	
4.(Q+o+Q+o)	0.08	-0.05	BS	
5.(Q+Q+o+Q)	0.45	-0.16	CS220	
6.(o+Q+Q+o)	0.31	-0.21		
7.(o+o+Q+Q)	0.03	-0.07		
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	1.77	1.40	10.57	10.57
X-Deprem-%5	-1.96	-1.53		
Y-Deprem+%5	-23.85	-19.23		
Y-Deprem-%5	-18.27	-14.86		
X-Rüzgar+%5	-0.19	-0.15	1.69	1.69
X-Rüzgar-%5	0.17	0.13		
Y-Rüzgar+%5	-3.81	-3.07		
Y-Rüzgar-%5	-2.92	-2.37 Fk:	7.39	7.17 cm²

BETONARME	üstMsol	altMsol	Mac.	üstMsağ	altMsağ
Mduz. (tm) :	-4.02	2.53	(2.22m)	1.61	-1.10
max M (tm) :	26.42	-21.93	2.14	-20.40	18.38
fcd (kg/cm²) :	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
As' (cm²) :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As (cm²) :	23.58	19.05	6.79	19.34	16.86

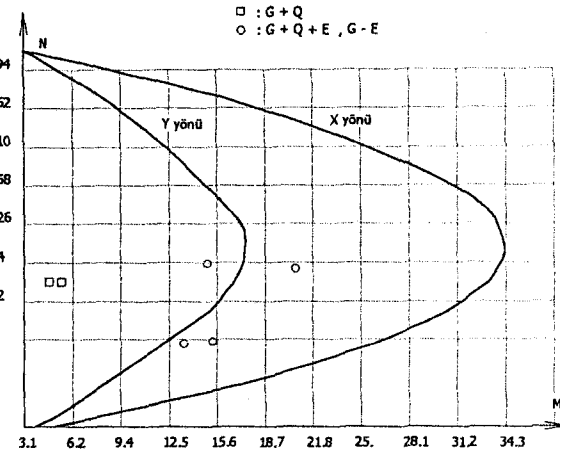
DONATI: 3ø16(mon.)+2ø14(gör.)+9ø16(sol üst ila.)+5ø16(sag üst ila.)
2ø16(düz)+2ø16(pilye)+8ø16(sol alt ila.)+7ø16(sağ alt ila.)+ ø8/20/13(etriye)



S101 KOLONU

I/J : 2/ 1 Bx/By : 60/ 25 βx : 1.033 βy : 1.085 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm
1.(G+G+G+G)	37.87	-1.27	-0.03	-0.28	-0.06
2.(Q+Q+Q+Q)	6.89	-0.28	-0.01	-0.07	-0.02
3.(o+Q+o+Q)		-0.31	-0.01	-0.08	-0.02
4.(Q+o+Q+o)		0.03	0.00	0.01	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		-0.02	0.00	0.00	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.33	-0.01	-0.08	-0.02
7.(o+o+Q+Q)		-0.22	-0.01	-0.06	-0.01
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-36.04	13.31	2.08	0.79	0.52
X-Deprem-%5	-33.14	15.42	2.39	-0.74	-0.46
Y-Deprem+%5	-34.65	1.60	0.28	8.25	5.34
Y-Deprem-%5	-38.90	-1.57	-0.19	10.55	6.81
X-Rüzgar+%5	-2.85	1.53	0.23	-0.07	-0.04
X-Rüzgar-%5	-3.10	1.32	0.20	0.08	0.05
Y-Rüzgar+%5	-5.06	0.26	0.04	1.33	0.86
Y-Rüzgar-%5	-5.69	-0.26	-0.03	1.71	1.10



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

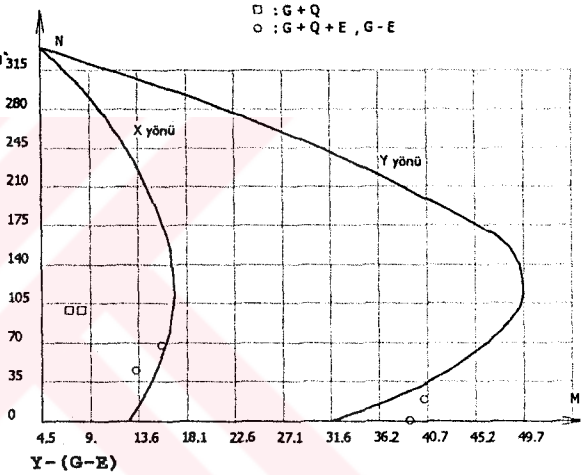
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	64.039	77.903	64.039	83.662	-1.960	-4.824
minor M (tm):	-0.514	0.383	-2.305	-0.025	0.545	-2.714
major M (tm):	-2.305	-17.016	-1.441	-10.908	12.166	10.304
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0046	0.0046	0.0134	0.0134	0.0046	0.0134
As (cm²):	6.973	6.973	20.156	20.156	6.973	20.156

DONATI :2x4ø16+2x6ø20 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S102 KOLONU

I/J : 6/ 3 Bx/By : 25/ 70 βx : 1.110 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm
1.(G+G+G+G)	56.11	0.03	0.01	0.17	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	12.93	0.00	0.00	-0.16	0.00
3.(o+Q+o+Q)		0.05	0.01	-0.42	-0.01
4.(Q+o+Q+o)		-0.05	-0.01	0.26	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		-0.04	-0.01	0.17	0.00
6.(o+Q+Q+o)		0.05	0.01	-0.38	-0.01
7.(o+o+Q+Q)		0.00	0.00	-0.12	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-5.61	8.69	4.72	1.29	0.14
X-Deprem-%5	-1.12	10.00	5.41	-1.38	-0.14
Y-Deprem+%5	-43.02	1.01	0.52	30.35	2.91
Y-Deprem-%5	-49.64	-0.95	-0.51	34.38	3.34
X-Rüzgar+%5	-0.09	0.97	0.53	-0.14	-0.01
X-Rüzgar-%5	-0.49	0.85	0.46	0.13	0.01
Y-Rüzgar+%5	-6.35	0.16	0.08	4.95	0.47
Y-Rüzgar-%5	-7.33	-0.15	-0.08	5.61	0.54



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

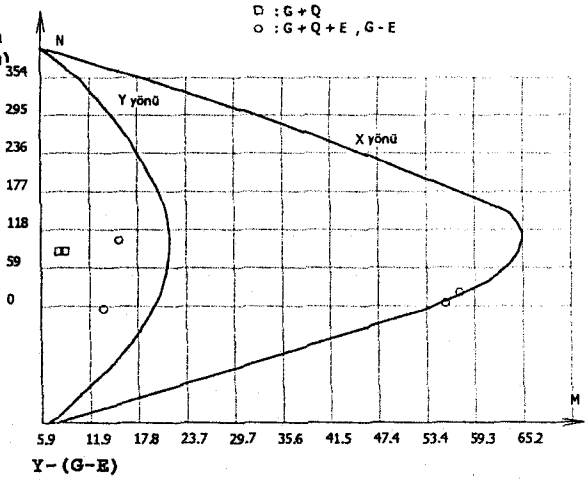
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	99.228	67.915	99.228	19.390	44.882	0.854
minor M (tm):	-0.435	-1.635	-0.047	-0.974	1.439	-0.923
major M (tm):	2.233	10.079	3.572	34.802	8.718	34.530
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0050	0.0050	0.0102	0.0102	0.0050	0.0102
As (cm²):	8.727	8.727	17.885	17.885	8.727	17.885

DONATI :2x6ø20+2x2ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S103 KOLONU

I/J : 14/ 8 Bx/By : 60/ 25 βx : 1.033 βy : 1.112 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm
1.(G+G+G+G)	48.20	0.23	0.08	-0.19	-0.01
2.(Q+Q+Q+Q)	10.77	0.07	0.02	-0.09	0.00
3.(o+Q+o+Q)		-0.11	-0.04	-0.10	0.00
4.(Q+o+Q+o)		0.18	0.06	0.01	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		0.08	0.05	-0.01	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.08	-0.05	-0.10	0.00
7.(o+o+Q+Q)		0.14	0.05	-0.07	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-34.92	35.96	43.13	-0.06	0.06
X-Deprem-%5	-38.68	41.52	49.68	-0.39	-0.27
Y-Deprem+%5	-48.31	4.22	4.92	7.76	0.79
Y-Deprem-%5	-42.71	-4.13	-4.90	8.26	1.29
X-Rüzgar+%5	-3.56	4.08	4.85	-0.04	-0.03
X-Rüzgar-%5	-3.21	3.53	4.21	0.00	0.01
Y-Rüzgar+%5	-7.15	0.68	0.80	1.25	0.13
Y-Rüzgar-%5	-6.27	-0.67	-0.79	1.33	0.21



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

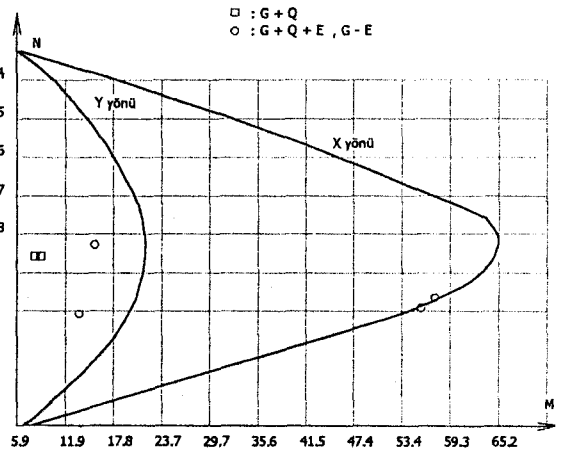
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	84.719	20.291	84.719	101.689	4.699	-4.924
minor M (tm):	-0.257	-0.277	0.193	4.282	-0.277	4.431
major M (tm):	2.796	49.826	-1.906	-8.549	49.753	7.583
fcd (kg/cm²):	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
μ :	0.0255	0.0255	0.0094	0.0094	0.0255	0.0094
As (cm²):	38.211	38.211	14.083	14.083	38.211	14.083

DONATI :2x13ø20+2x4ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye) !!!! KESIT YETERSIZ !!!!

S104 KOLONU

I/J : 27/ 17 Bx/By : 60/ 25 βx : 1.033 βy : 1.112 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	48.21	-0.23	-0.08	-0.19	-0.01
2.(Q+Q+Q+Q)	10.78	-0.07	-0.02	-0.09	0.00
3.(o+Q+o+Q)		0.11	0.04	-0.10	0.00
4.(Q+o+Q+o)		-0.18	-0.06	0.01	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		0.09	0.06	-0.01	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.12	-0.07	-0.10	0.00
7.(o+o+Q+Q)		-0.11	-0.04	-0.07	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	34.92	35.96	43.13	0.06	-0.06
X-Deprem-%5	38.68	41.52	49.68	0.39	0.27
Y-Deprem+%5	-42.72	4.12	4.89	8.25	1.29
Y-Deprem-%5	-48.31	-4.23	-4.94	7.76	0.79
X-Rüzgar+%5	3.56	4.08	4.85	0.04	0.03
X-Rüzgar-%5	3.21	3.53	4.21	0.00	-0.01
Y-Rüzgar+%5	-6.27	0.67	0.79	1.33	0.21
Y-Rüzgar-%5	-7.15	-0.68	-0.80	1.25	0.13



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

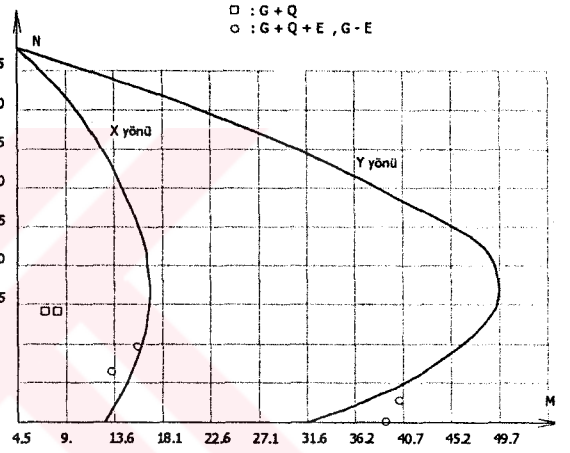
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	84.743	20.307	84.743	101.709	4.708	-4.918
minor M (tm):	-0.257	-0.282	-0.524	-4.475	-0.277	-4.445
major M (tm):	-2.797	-49.827	-1.907	-8.549	-49.753	7.583
fcd (kg/cm²):	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
μ :	0.0255	0.0255	0.0094	0.0094	0.0255	0.0094
As (cm²):	38.209	38.209	14.083	14.083	38.209	14.083

DONATI :2x13ø20+2x4ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye) !!!! KESIT YETERSIZ !!!!

S105 KOLONU

I/J : 45/ 31 Bx/By : 25/ 70 βx : 1.110 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	56.11	-0.03	-0.01	0.17	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	12.93	0.00	0.00	-0.16	0.00
3.(o+Q+o+Q)		-0.06	-0.01	-0.42	-0.01
4.(Q+o+Q+o)		0.05	0.01	0.25	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		-0.04	-0.01	0.17	0.00
6.(o+Q+Q+o)		0.05	0.01	-0.38	-0.01
7.(o+o+Q+Q)		-0.01	0.00	-0.12	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	5.61	8.69	4.72	-1.29	-0.14
X-Deprem-%5	1.12	10.00	5.41	1.38	0.14
Y-Deprem+%5	-49.64	0.95	0.51	34.37	3.34
Y-Deprem-%5	-43.02	-1.01	-0.53	30.35	2.91
X-Rüzgar+%5	0.09	0.97	0.53	0.14	0.01
X-Rüzgar-%5	0.49	0.85	0.46	-0.13	-0.01
Y-Rüzgar+%5	-7.33	0.15	0.08	5.61	0.54
Y-Rüzgar-%5	-6.35	-0.16	-0.08	4.95	0.47



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

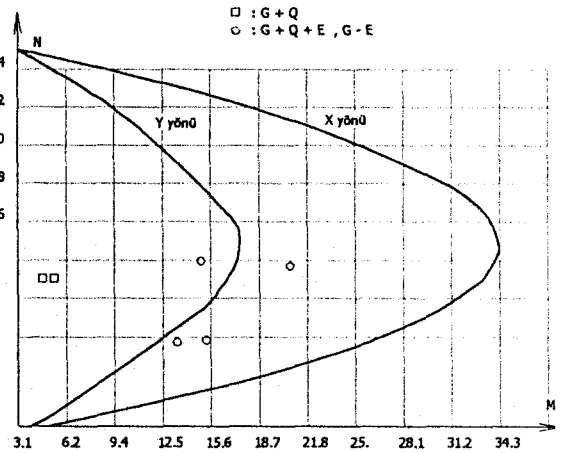
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	99.246	67.926	99.246	19.402	44.886	0.859
minor M (tm):	-0.435	-1.629	0.047	0.972	1.444	0.921
major M (tm):	-2.233	-10.079	3.573	34.797	-8.718	34.525
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0050	0.0050	0.0102	0.0102	0.0050	0.0102
As (cm²):	8.728	8.728	17.880	17.880	8.728	17.880

DONATI :2x6ø20+2x2ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S106 KOLONU

I/J : 67/ 49 Bx/By : 60/ 25 βx : 1.033 βy : 1.085 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	37.86	1.27	0.03	-0.28	-0.06
2.(Q+Q+Q+Q)	6.89	0.29	0.01	-0.07	-0.02
3.(o+Q+o+Q)		0.31	0.01	-0.08	-0.02
4.(Q+o+Q+o)		-0.03	0.00	0.01	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		0.30	0.01	0.00	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.03	0.00	-0.08	-0.02
7.(o+o+Q+Q)		0.30	0.01	-0.06	-0.01
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	36.04	13.30	2.08	-0.78	-0.50
X-Deprem-%5	33.14	15.42	2.39	0.75	0.49
Y-Deprem+%5	-38.90	1.58	0.24	10.55	6.82
Y-Deprem-%5	-34.64	-1.60	-0.24	8.25	5.34
X-Rüzgar+%5	2.85	1.53	0.23	0.07	0.05
X-Rüzgar-%5	3.10	1.32	0.20	-0.08	-0.05
Y-Rüzgar+%5	-5.69	0.26	0.04	1.71	1.10
Y-Rüzgar-%5	-5.06	-0.26	-0.04	1.33	0.86



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

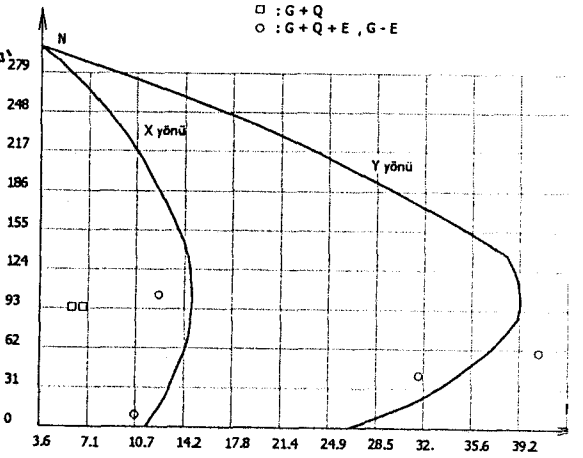
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	64.029	77.893	64.029	83.652	-1.968	-4.830
minor M (tm):	-0.513	0.395	2.270	-0.006	0.535	2.723
major M (tm):	2.270	16.995	-1.441	-10.907	-12.164	10.303
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0046	0.0046	0.0134	0.0134	0.0046	0.0134
As (cm²):	6.971	6.971	20.157	20.157	6.971	20.157

DONATI :2x4ø16+2x6ø20 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S107 KOLONU

I/J : 7/ 4 Bx/By : 25/ 60 βx : 1.125 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	53.11	-0.30	-0.07	0.03	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	12.28	-0.14	-0.03	-0.01	0.00
3.(o+Q+o+Q)		-0.15	-0.04	0.20	0.01
4.(Q+o+Q+o)		0.01	0.00	-0.21	-0.01
5.(Q+Q+o+Q)		0.00	0.00	-0.16	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.16	-0.04	0.18	0.00
7.(o+o+Q+Q)		-0.12	-0.03	-0.05	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-38.21	7.02	4.42	2.56	0.28
X-Deprem-%5	-38.34	7.36	4.63	-2.51	-0.27
Y-Deprem+%5	-6.32	0.16	0.14	28.08	2.95
Y-Deprem-%5	-6.14	-0.35	-0.18	35.71	3.78
X-Rüzgar+%5	-3.31	0.72	0.45	-0.25	-0.03
X-Rüzgar-%5	-3.31	0.69	0.43	0.25	0.03
Y-Rüzgar+%5	-0.95	0.03	0.02	4.55	0.48
Y-Rüzgar-%5	-0.93	-0.06	-0.03	5.78	0.61



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

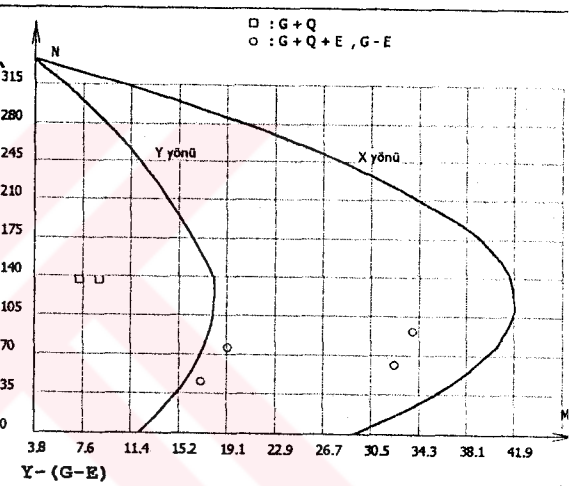
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	94.011	103.739	94.011	59.258	9.458	41.481
minor M (tm):	0.326	2.721	-0.668	-0.807	-2.487	-0.115
major M (tm):	-2.115	-7.819	3.102	35.941	7.084	28.109
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0068	0.0068	0.0115	0.0115	0.0068	0.0115
As (cm²):	10.161	10.161	17.232	17.232	10.161	17.232

DONATI :2x6ø20+2x2ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S108 KOLONU

I/J : 15/ 9 Bx/By : 70/ 25 βx : 1.033 βy : 1.151 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	71.25	0.27	0.00	-0.12	-0.03
2.(Q+Q+Q+Q)	23.02	0.06	0.00	-0.06	-0.01
3.(o+Q+o+Q)		0.54	0.01	0.06	0.01
4.(Q+o+Q+o)		-0.47	-0.01	-0.12	-0.03
5.(Q+Q+o+Q)		-0.34	0.00	-0.10	-0.02
6.(o+Q+Q+o)		0.47	0.01	0.05	0.01
7.(o+o+Q+Q)		-0.01	0.00	-0.06	-0.01
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-0.60	26.86	2.30	0.55	0.31
X-Deprem-%5	-2.53	28.29	2.41	-0.57	-0.31
Y-Deprem+%5	15.31	1.12	0.09	11.40	6.33
Y-Deprem-%5	18.17	-1.03	-0.09	13.08	7.26
X-Rüzgar+%5	-0.22	2.80	0.24	-0.06	-0.03
X-Rüzgar-%5	-0.05	2.65	0.22	0.05	0.03
Y-Rüzgar+%5	2.38	0.18	0.01	1.84	1.02
Y-Rüzgar-%5	2.82	-0.17	-0.01	2.11	1.17



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

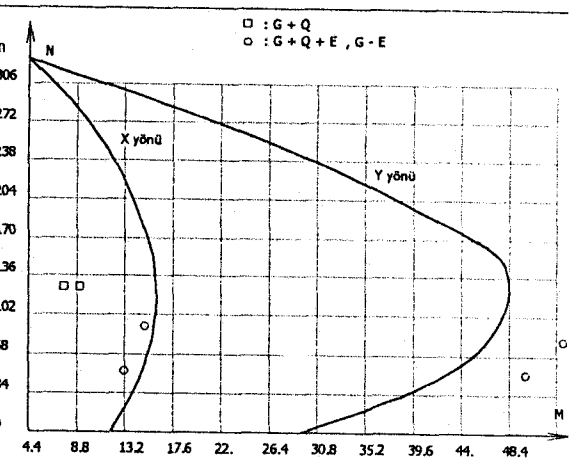
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	136.576	91.736	136.576	76.096	61.592	45.951
minor M (tm):	-0.065	-0.625	-0.375	0.830	-0.676	1.277
major M (tm):	4.917	29.097	-3.073	-13.320	28.534	-13.189
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0045	0.0045	0.0102	0.0102	0.0045	0.0102
As (cm²):	7.809	7.809	17.837	17.837	7.809	17.837

DONATI :2x4ø16+2x6ø18 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S109 KOLONU

I/J : 28/ 18 Bx/By : 25/ 70 βx : 1.137 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	65.01	0.08	0.02	0.23	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	22.36	0.03	0.01	-0.10	0.00
3.(o+Q+o+Q)		-0.05	-0.01	0.41	0.01
4.(Q+o+Q+o)		0.08	0.02	-0.51	-0.01
5.(Q+Q+o+Q)		0.03	0.01	-0.39	-0.01
6.(o+Q+Q+o)		-0.04	-0.01	0.37	0.01
7.(o+o+Q+Q)		0.06	0.01	-0.18	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	5.03	8.78	4.87	0.04	0.03
X-Deprem-%5	4.74	9.19	5.11	-1.11	-0.05
Y-Deprem+%5	-6.44	0.38	0.19	45.29	3.29
Y-Deprem-%5	-6.01	-0.24	-0.16	47.02	3.41
X-Rüzgar+%5	0.45	0.90	0.50	-0.11	0.00
X-Rüzgar-%5	0.48	0.86	0.47	0.01	0.00
Y-Rüzgar+%5	-0.99	0.06	0.03	7.34	0.53
Y-Rüzgar-%5	-0.93	-0.04	-0.03	7.62	0.55



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

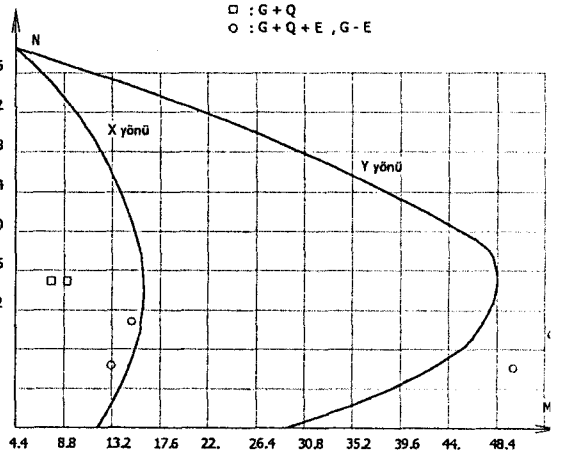
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	126.795	92.113	126.795	81.361	53.478	52.069
minor M (tm):	-0.489	-1.387	0.031	-0.207	0.168	0.458
major M (tm):	2.853	9.353	4.565	47.654	-8.705	45.497
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0044	0.0044	0.0105	0.0105	0.0044	0.0105
As (cm²):	7.672	7.672	18.379	18.379	7.672	18.379

DONATI :2x6ø20+2x1ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S110 KOLONU

I/J : 46/ 32 Bx/By : 25/ 70 βx : 1.137 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	65.03	-0.08	-0.02	0.23	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	22.38	-0.03	-0.01	-0.10	0.00
3.(o+Q+o+Q)		0.05	0.01	0.41	0.01
4.(Q+o+Q+o)		-0.08	-0.02	-0.51	-0.01
5.(Q+Q+o+Q)		0.04	0.01	-0.39	-0.01
6.(o+Q+Q+o)		-0.03	-0.01	0.37	0.01
7.(o+o+Q+Q)		-0.06	-0.01	-0.18	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-5.03	8.78	4.87	-0.04	-0.03
X-Deprem-%5	-4.74	9.19	5.11	1.10	0.05
Y-Deprem+%5	-6.01	0.23	0.16	47.01	3.41
Y-Deprem-%5	-6.44	-0.39	-0.19	45.29	3.29
X-Rüzgar+%5	-0.45	0.90	0.50	0.11	0.00
X-Rüzgar-%5	-0.48	0.86	0.47	-0.01	0.00
Y-Rüzgar+%5	-0.93	0.04	0.03	7.62	0.55
Y-Rüzgar-%5	-0.99	-0.06	-0.03	7.34	0.53



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

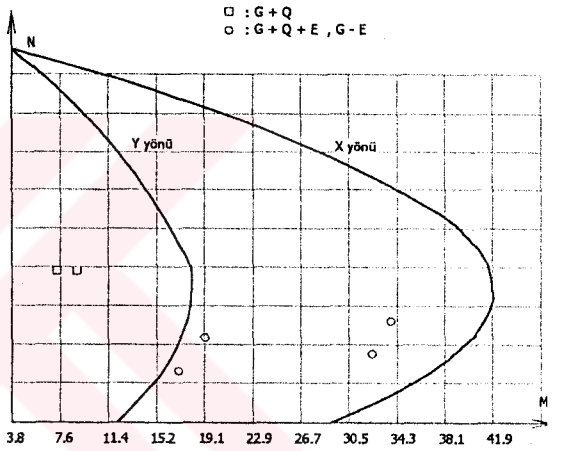
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	126.837	92.140	126.837	81.389	53.492	52.083
minor M (tm):	-0.489	-1.381	-0.031	0.205	0.163	-0.459
major M (tm):	-2.854	-9.353	4.566	47.651	8.705	45.496
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0044	0.0044	0.0105	0.0105	0.0044	0.0105
As (cm²):	7.672	7.672	18.377	18.377	7.672	18.377

DONATI :2x6ø20+2x1ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S111 KOLONU

I/J : 68/ 50 Bx/By : 70/ 25 βx : 1.033 βy : 1.151 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	71.24	-0.27	0.00	-0.12	-0.03
2.(Q+Q+Q+Q)	23.04	-0.06	0.00	-0.06	-0.01
3.(o+Q+o+Q)		-0.54	-0.01	0.06	0.01
4.(Q+o+Q+o)		0.47	0.01	-0.12	-0.03
5.(Q+Q+o+Q)		-0.39	-0.01	-0.11	-0.02
6.(o+Q+Q+o)		0.40	0.01	0.05	0.01
7.(o+o+Q+Q)		-0.14	0.00	-0.06	-0.01
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	0.60	26.86	2.30	-0.55	-0.31
X-Deprem-%5	2.53	28.29	2.41	0.57	0.31
Y-Deprem+%5	18.17	1.02	0.08	13.08	7.26
Y-Deprem-%5	15.30	-1.13	-0.09	11.40	6.33
X-Rüzgar+%5	0.22	2.80	0.24	0.06	0.03
X-Rüzgar-%5	0.05	2.65	0.22	-0.05	-0.03
Y-Rüzgar+%5	2.82	0.17	0.01	2.11	1.17
Y-Rüzgar-%5	2.38	-0.18	-0.01	1.84	1.02



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

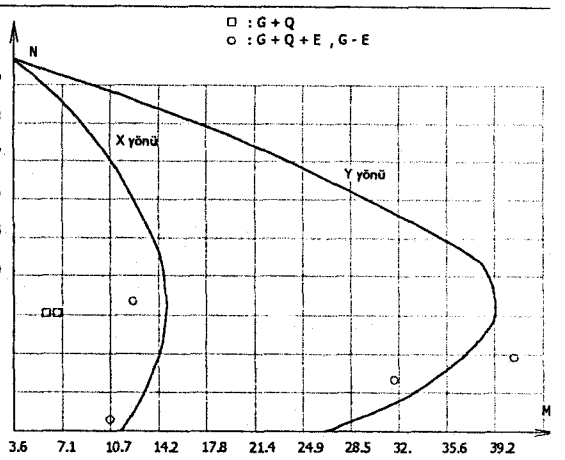
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	136.608	91.757	136.608	76.118	61.591	45.952
minor M (tm):	-0.065	-0.623	0.373	-0.825	-0.674	-1.270
major M (tm):	-4.918	-29.099	-3.074	-13.318	-28.535	-13.188
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0045	0.0045	0.0102	0.0102	0.0045	0.0102
As (cm²):	7.809	7.809	17.833	17.833	7.809	17.833

DONATI :2x4ø16+2x6ø18 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S112 KOLONU

I/J : 92/ 71 Bx/By : 25/ 60 βx : 1.125 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	53.10	0.30	0.07	0.03	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	12.28	0.14	0.03	-0.01	0.00
3.(o+Q+o+Q)		0.15	0.04	0.20	0.01
4.(Q+o+Q+o)		-0.01	0.00	-0.21	-0.01
5.(Q+Q+o+Q)		0.14	0.04	-0.16	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.01	0.00	0.18	0.00
7.(o+o+Q+Q)		0.14	0.03	-0.05	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	38.22	7.02	4.42	-2.57	-0.28
X-Deprem-%5	38.35	7.36	4.63	2.51	0.27
Y-Deprem+%5	-6.14	0.35	0.18	35.71	3.78
Y-Deprem-%5	-6.32	-0.16	-0.14	28.08	2.95
X-Rüzgar+%5	3.32	0.72	0.45	0.25	0.03
X-Rüzgar-%5	3.31	0.69	0.43	-0.25	-0.03
Y-Rüzgar+%5	-0.93	0.06	0.03	5.78	0.61
Y-Rüzgar-%5	-0.95	-0.03	-0.02	4.54	0.48



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

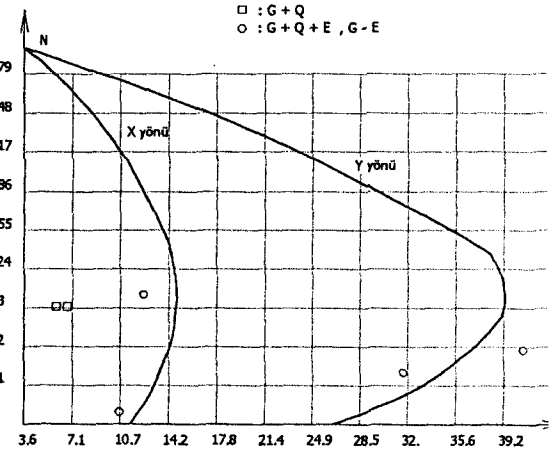
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	93.988	103.726	93.988	59.241	9.442	41.468
minor M (tm):	0.356	2.737	0.668	0.806	-2.484	0.114
major M (tm):	2.115	7.813	3.102	35.934	-7.084	28.102
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0068	0.0068	0.0115	0.0115	0.0068	0.0115
As (cm²):	10.162	10.162	17.227	17.227	10.162	17.227

DONATI :2x6ø20+2x2ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S113 KOLONU

I/J : 16/ 10 Bx/By : 25/ 60 βx : 1.125 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	53.11	-0.30	-0.07	-0.03	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	12.29	-0.14	-0.03	0.01	0.00
3.(o+Q+o+Q)		-0.15	-0.04	-0.20	-0.01
4.(Q+o+Q+o)		0.01	0.00	0.21	0.01
5.(Q+Q+o+Q)		0.00	0.00	-0.02	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.16	-0.04	-0.15	0.00
7.(o+o+Q+Q)		-0.12	-0.03	0.19	0.01
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-38.35	7.36	4.63	2.51	0.27
X-Deprem-%5	-38.22	7.02	4.42	-2.57	-0.28
Y-Deprem+%5	6.32	-0.16	-0.14	28.08	2.95
Y-Deprem-%5	6.14	0.35	0.18	35.71	3.78
X-Rüzgar+%5	-3.31	0.69	0.43	-0.25	-0.03
X-Rüzgar-%5	-3.32	0.72	0.45	0.25	0.03
Y-Rüzgar+%5	0.95	-0.03	-0.02	4.55	0.48
Y-Rüzgar-%5	0.93	0.06	0.03	5.78	0.61



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

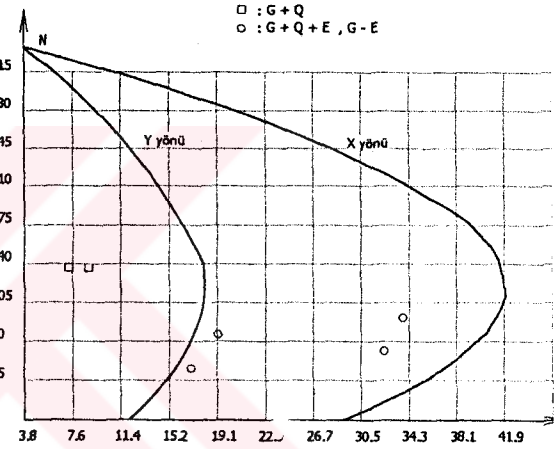
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	94.019	103.747	94.019	59.262	9.452	41.478
minor M (tm):	-0.282	-2.687	-0.668	-0.806	2.480	-0.114
major M (tm):	-2.115	-7.819	-3.103	-35.942	7.084	-28.110
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0068	0.0068	0.0115	0.0115	0.0068	0.0115
As (cm²):	10.160	10.160	17.234	17.234	10.160	17.234

DONATI :2x6ø20+2x2ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S114 KOLONU

I/J : 29/ 19 Bx/By : 70/ 25 βx : 1.033 βy : 1.151 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	71.24	0.27	0.00	0.12	0.02
2.(Q+Q+Q+Q)	23.02	0.06	0.00	0.06	0.01
3.(o+Q+o+Q)		0.54	0.01	-0.06	-0.01
4.(Q+o+Q+o)		-0.47	-0.01	0.12	0.03
5.(Q+Q+o+Q)		-0.34	0.00	0.04	0.01
6.(o+Q+Q+o)		0.47	0.01	-0.05	-0.01
7.(o+o+Q+Q)		0.00	0.00	0.12	0.03
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-2.53	28.29	2.41	0.57	0.31
X-Deprem-%5	-0.60	26.86	2.30	-0.55	-0.31
Y-Deprem+%5	-15.31	-1.13	-0.09	11.40	6.33
Y-Deprem-%5	-18.17	1.02	0.08	13.08	7.26
X-Rüzgar+%5	-0.05	2.65	0.22	-0.05	-0.03
X-Rüzgar-%5	-0.22	2.80	0.24	0.06	0.03
Y-Rüzgar+%5	-2.38	-0.18	-0.01	1.84	1.02
Y-Rüzgar-%5	-2.82	0.17	0.01	2.11	1.17



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

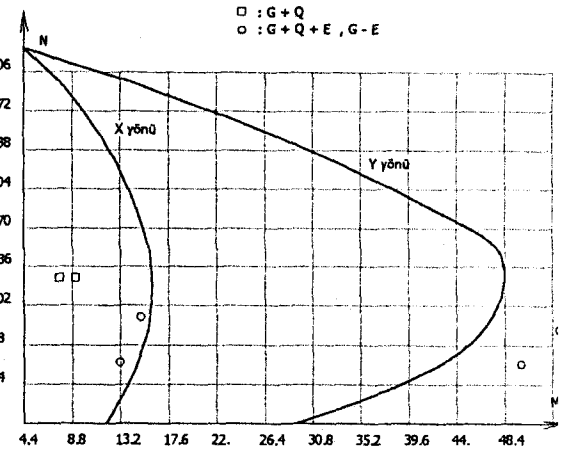
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	136.574	91.735	136.574	76.095	61.589	45.948
minor M (tm):	0.064	0.622	-0.375	0.825	0.673	1.271
major M (tm):	4.917	29.096	3.073	13.319	28.532	13.188
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0045	0.0045	0.0102	0.0102	0.0045	0.0102
As (cm²):	7.808	7.808	17.835	17.835	7.808	17.835

DONATI :2x4ø16+2x6ø18 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S115 KOLONU

I/J : 47/ 33 Bx/By : 25/ 70 βx : 1.137 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	64.99	0.08	0.02	-0.23	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	22.36	0.03	0.01	0.10	0.00
3.(o+Q+o+Q)		-0.05	-0.01	-0.41	-0.01
4.(Q+o+Q+o)		0.08	0.02	0.51	0.01
5.(Q+Q+o+Q)		0.03	0.01	0.03	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.04	-0.01	-0.31	0.00
7.(o+o+Q+Q)		0.06	0.01	0.48	0.01
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	4.74	9.19	5.11	1.10	0.05
X-Deprem-%5	5.03	8.78	4.87	-0.05	-0.03
Y-Deprem+%5	6.44	-0.38	-0.19	45.29	3.29
Y-Deprem-%5	6.01	0.24	0.16	47.02	3.41
X-Rüzgar+%5	0.48	0.86	0.47	-0.01	0.00
X-Rüzgar-%5	0.45	0.90	0.50	0.11	0.00
Y-Rüzgar+%5	0.99	-0.06	-0.03	7.34	0.53
Y-Rüzgar-%5	0.93	0.04	0.03	7.62	0.55



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

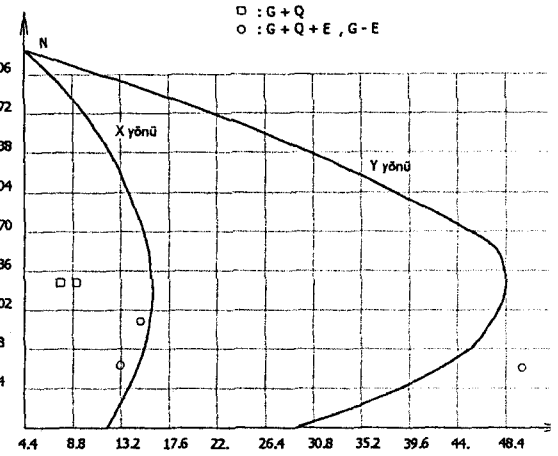
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	126.767	92.093	126.767	81.342	53.464	52.055
minor M (tm):	0.491	1.381	0.031	-0.205	-0.161	0.459
major M (tm):	2.852	9.353	-4.564	-47.652	-8.705	-45.496
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0044	0.0044	0.0105	0.0105	0.0044	0.0105
As (cm²):	7.673	7.673	18.380	18.380	7.673	18.380

DONATI :2x6ø20+2x1ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S116 KOLONU

I/J : 69/ 51 Bx/By : 25/ 70 βx : 1.137 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	65.01	-0.08	-0.02	-0.23	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	22.37	-0.03	-0.01	0.10	0.00
3.(o+Q+o+Q)		0.05	0.01	-0.41	-0.01
4.(Q+o+Q+o)		-0.08	-0.02	0.51	0.01
5.(Q+Q+o+Q)		0.04	0.01	0.03	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.03	-0.01	-0.30	0.00
7.(o+o+Q+Q)		-0.06	-0.01	0.48	0.01
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-4.74	9.19	5.11	-1.11	-0.05
X-Deprem-%5	-5.03	8.78	4.87	0.04	0.03
Y-Deprem+%5	6.01	-0.24	-0.16	47.01	3.41
Y-Deprem-%5	6.44	0.38	0.19	45.29	3.29
X-Rüzgar+%5	-0.48	0.86	0.47	0.01	0.00
X-Rüzgar-%5	-0.45	0.90	0.50	-0.11	0.00
Y-Rüzgar+%5	0.93	-0.04	-0.03	7.62	0.55
Y-Rüzgar-%5	0.99	0.06	0.03	7.34	0.53



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

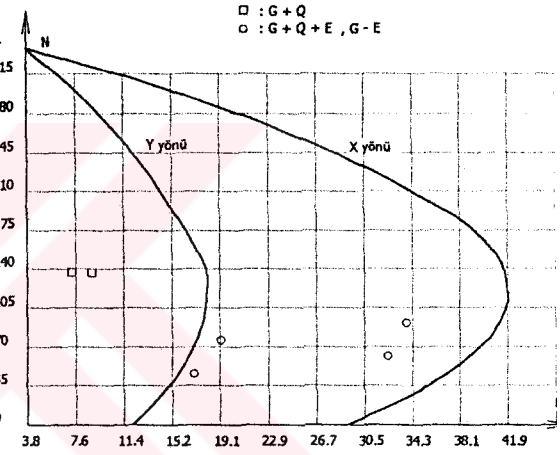
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	126.809	92.121	126.809	81.369	53.477	52.067
minor M (tm):	0.491	1.387	-0.031	0.206	-0.167	-0.458
major M (tm):	-2.853	-9.353	-4.565	-47.650	8.705	-45.495
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0044	0.0044	0.0105	0.0105	0.0044	0.0105
As (cm²):	7.672	7.672	18.378	18.378	7.672	18.378

DONATI :2x6ø20+2x1ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S117 KOLONU

I/J : 93/ 72 Bx/By : 70/ 25 βx : 1.033 βy : 1.151 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	71.24	-0.27	0.00	0.12	0.02
2.(Q+Q+Q+Q)	23.04	-0.06	0.00	0.06	0.01
3.(o+Q+o+Q)		-0.54	-0.01	-0.06	-0.01
4.(Q+o+Q+o)		0.47	0.01	0.12	0.03
5.(Q+Q+o+Q)		-0.39	-0.01	0.04	0.01
6.(o+Q+Q+o)		0.40	0.01	-0.05	-0.01
7.(o+o+Q+Q)		-0.14	0.00	0.12	0.03
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	2.53	28.29	2.41	-0.57	-0.31
X-Deprem-%5	0.60	26.86	2.30	0.55	0.31
Y-Deprem+%5	-18.17	-1.03	-0.08	13.08	7.26
Y-Deprem-%5	-15.30	1.12	0.09	11.40	6.33
X-Rüzgar+%5	0.05	2.65	0.22	0.05	0.03
X-Rüzgar-%5	0.22	2.80	0.24	-0.06	-0.03
Y-Rüzgar+%5	-2.82	-0.17	-0.01	2.11	1.17
Y-Rüzgar-%5	-2.38	0.18	0.01	1.84	1.02



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

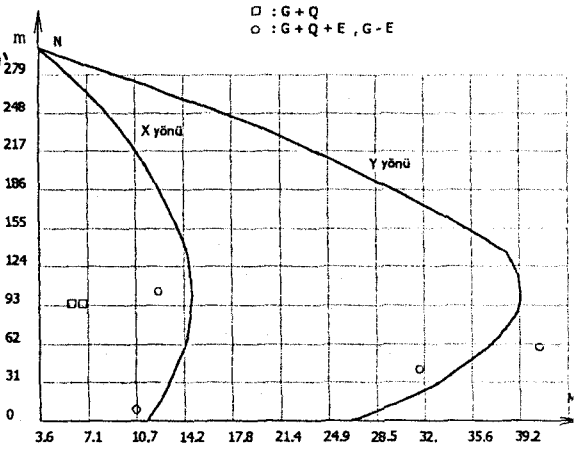
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	136.606	91.755	136.606	76.116	61.587	45.949
minor M (tm):	0.064	0.623	0.373	-0.830	0.674	-1.275
major M (tm):	-4.918	-29.098	3.074	13.317	-28.533	13.187
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0045	0.0045	0.0102	0.0102	0.0045	0.0102
As (cm²):	7.809	7.809	17.831	17.831	7.809	17.831

DONATI :2x4ø16+2x6ø18 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S118 KOLONU

I/J : 117/ 95 Bx/By : 25/ 60 βx : 1.125 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	53.10	0.30	0.07	-0.03	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	12.29	0.14	0.03	0.01	0.00
3.(o+Q+o+Q)		0.15	0.04	-0.20	-0.01
4.(Q+o+Q+o)		-0.01	0.00	0.21	0.01
5.(Q+Q+o+Q)		0.14	0.04	-0.01	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.01	0.00	-0.15	0.00
7.(o+o+Q+Q)		0.14	0.03	0.19	0.01
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	38.35	7.36	4.63	-2.51	-0.27
X-Deprem-%5	38.22	7.02	4.42	2.57	0.28
Y-Deprem+%5	6.14	-0.35	-0.18	35.71	3.78
Y-Deprem-%5	6.32	0.16	0.14	28.08	2.95
X-Rüzgar+%5	3.31	0.69	0.43	0.25	0.03
X-Rüzgar-%5	3.32	0.72	0.45	-0.25	-0.03
Y-Rüzgar+%5	0.93	-0.06	-0.03	5.78	0.61
Y-Rüzgar-%5	0.95	0.03	0.02	4.54	0.48



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

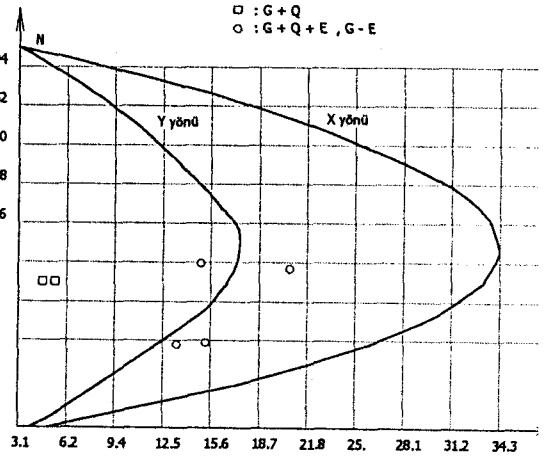
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	93.996	103.731	93.996	59.246	9.440	41.466
minor M (tm):	-0.358	-2.739	0.668	0.807	2.483	0.115
major M (tm):	2.115	7.813	-3.102	-35.935	-7.084	-28.104
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0068	0.0068	0.0115	0.0115	0.0068	0.0115
As (cm²):	10.161	10.161	17.228	17.228	10.161	17.228

DONATI :2x6ø20+2x2ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S119 KOLONU

I/J : 30/ 20 Bx/By : 60/ 25 βx : 1.033 βy : 1.085 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm
1.(G+G+G+G)	37.86	-1.27	-0.03	0.28	0.06
2.(Q+Q+Q+Q)	6.89	-0.28	-0.01	0.07	0.02
3.(o+Q+o+Q)		-0.31	-0.01	0.08	0.02
4.(Q+o+Q+o)		0.03	0.00	-0.01	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		0.01	0.00	0.07	0.01
6.(o+Q+Q+o)		-0.34	-0.01	0.07	0.02
7.(o+o+Q+Q)		-0.24	-0.01	0.00	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-33.14	15.42	2.39	0.75	0.49
X-Deprem-%5	-36.04	13.30	2.08	-0.78	-0.50
Y-Deprem+%5	34.64	-1.60	-0.24	8.25	5.34
Y-Deprem-%5	38.90	1.59	0.24	10.55	6.82
X-Rüzgar+%5	-3.10	1.32	0.20	-0.08	-0.05
X-Rüzgar-%5	-2.85	1.53	0.23	0.07	0.05
Y-Rüzgar+%5	5.06	-0.26	-0.04	1.33	0.86
Y-Rüzgar-%5	5.69	0.26	0.04	1.71	1.10



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

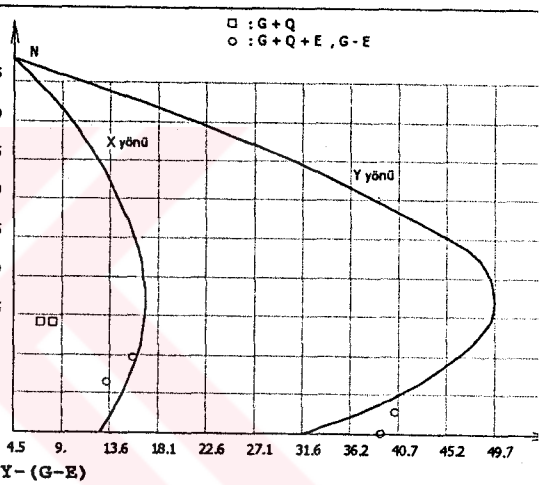
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	64.038	77.899	64.038	83.660	-1.961	-4.826
minor M (tm):	0.504	-0.400	-2.267	0.011	-0.536	-2.726
major M (tm):	-2.313	-17.020	1.441	10.909	12.163	-10.305
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0046	0.0046	0.0134	0.0134	0.0046	0.0134
As (cm²):	6.970	6.970	20.163	20.163	6.970	20.163

DONATI :2x4ø16+2x6ø20 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S120 KOLONU

I/J : 48/ 34 Bx/By : 25/ 70 βx : 1.110 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm
1.(G+G+G+G)	56.09	0.03	0.01	-0.16	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	12.93	0.00	0.00	0.16	0.00
3.(o+Q+o+Q)		0.05	0.01	0.42	0.01
4.(Q+o+Q+o)		-0.05	-0.01	-0.26	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		-0.04	-0.01	0.29	0.00
6.(o+Q+Q+o)		0.05	0.01	0.29	0.00
7.(o+o+Q+Q)		0.00	0.00	-0.26	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-1.12	10.00	5.41	1.38	0.14
X-Deprem-%5	-5.61	8.69	4.72	-1.30	-0.14
Y-Deprem+%5	43.02	-1.01	-0.53	30.35	2.91
Y-Deprem-%5	49.64	0.95	0.51	34.38	3.34
X-Rüzgar+%5	-0.49	0.85	0.46	-0.13	-0.01
X-Rüzgar-%5	-0.09	0.97	0.53	0.14	0.01
Y-Rüzgar+%5	6.35	-0.16	-0.08	4.95	0.47
Y-Rüzgar-%5	7.33	0.15	0.08	5.61	0.54



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

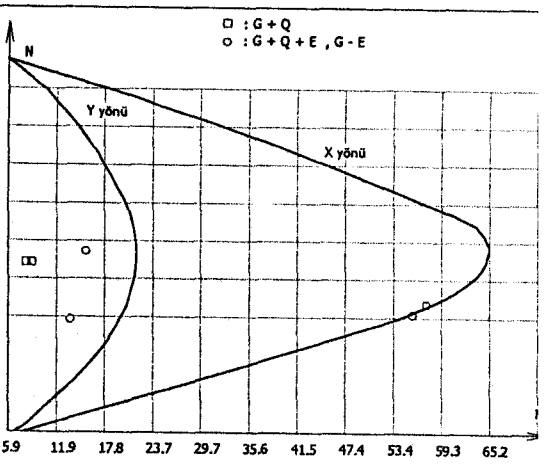
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	99.207	67.900	99.207	19.373	44.867	0.836
minor M (tm):	0.439	1.631	0.038	-0.920	-1.444	-0.922
major M (tm):	2.232	10.078	-3.571	-34.801	8.718	-34.527
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0050	0.0050	0.0102	0.0102	0.0050	0.0102
As (cm²):	8.726	8.726	17.886	17.886	8.726	17.886

DONATI :2x6ø20+2x2ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S121 KOLONU

I/J : 70/ 52 Bx/By : 60/ 25 βx : 1.033 βy : 1.112 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	48.21	0.23	0.08	0.19	0.01
2.(Q+Q+Q+Q)	10.78	0.07	0.02	0.09	0.00
3.(o+Q+o+Q)		-0.11	-0.04	0.10	0.00
4.(Q+o+Q+o)		0.18	0.06	-0.01	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		0.09	0.05	0.08	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.08	-0.05	0.09	0.00
7.(o+o+Q+Q)		0.13	0.05	0.00	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	-38.68	41.52	49.67	0.39	0.27
X-Deprem-%5	-34.92	35.96	43.13	0.06	-0.06
Y-Deprem+%5	48.31	-4.23	-4.93	7.76	0.79
Y-Deprem-%5	42.72	4.12	4.89	8.26	1.29
X-Rüzgar+%5	-3.21	3.53	4.21	0.00	-0.01
X-Rüzgar-%5	-3.56	4.08	4.85	0.04	0.03
Y-Rüzgar+%5	7.15	-0.68	-0.80	1.25	0.13
Y-Rüzgar-%5	6.27	0.67	0.79	1.33	0.21



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

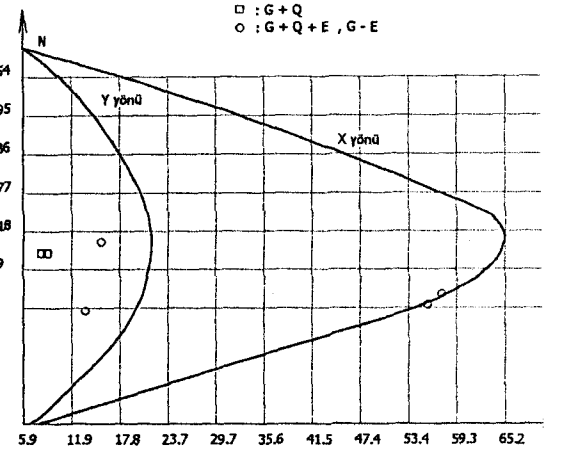
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	84.746	20.309	84.746	101.708	4.709	-4.914
minor M (tm):	0.257	0.277	0.150	4.248	0.277	4.437
major M (tm):	2.797	49.821	1.907	8.546	49.749	-7.583
fcd (kg/cm²):	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
μ :	0.0255	0.0255	0.0094	0.0094	0.0255	0.0094
As (cm²):	38.205	38.205	14.083	14.083	38.205	14.083

DONATI :2x13ø20+2x4ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye) !!!! KESIT YETERSIZ !!!!

S122 KOLONU

I/J : 94/ 73 Bx/By : 60/ 25 βx : 1.033 βy : 1.112 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	48.23	-0.23	-0.08	0.19	0.01
2.(Q+Q+Q+Q)	10.78	-0.07	-0.02	0.09	0.00
3.(o+Q+o+Q)		0.11	0.04	0.10	0.00
4.(Q+o+Q+o)		-0.18	-0.06	-0.01	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		0.09	0.05	0.08	0.00
6.(o+Q+Q+o)		-0.12	-0.07	0.10	0.00
7.(o+o+Q+Q)		-0.10	-0.04	0.00	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	38.68	41.52	49.67	-0.39	-0.27
X-Deprem-%5	34.92	35.96	43.13	-0.06	0.06
Y-Deprem+%5	42.72	-4.12	-4.89	8.26	1.29
Y-Deprem-%5	48.31	4.23	4.93	7.76	0.79
X-Rüzgar+%5	3.21	3.53	4.21	0.00	0.01
X-Rüzgar-%5	3.56	4.08	4.85	-0.04	-0.03
Y-Rüzgar+%5	6.27	-0.67	-0.79	1.33	0.21
Y-Rüzgar-%5	7.15	0.68	0.80	1.25	0.13



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

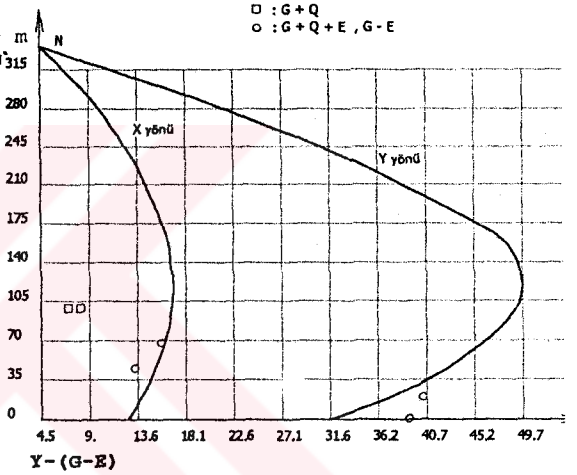
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	84.770	20.326	84.770	101.726	4.720	-4.905
minor M (tm):	0.257	0.282	-0.151	-4.248	0.277	-4.437
major M (tm):	-2.797	-49.823	1.907	8.546	-49.748	-7.583
fcd (kg/cm²):	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
μ :	0.0255	0.0255	0.0094	0.0094	0.0255	0.0094
As (cm²):	38.203	38.203	14.081	14.081	38.203	14.081

DONATI :2x13ø20+2x4ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye) !!!! KESIT YETERSIZ !!!!

S123 KOLONU

I/J : 118/ 96 Bx/By : 25/ 70 βx : 1.110 βy : 1.029 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	56.09	-0.03	-0.01	-0.16	0.00
2.(Q+Q+Q+Q)	12.93	0.00	0.00	0.16	0.00
3.(o+Q+o+Q)		-0.06	-0.01	0.42	0.01
4.(Q+o+Q+o)		0.05	0.01	-0.25	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		-0.04	-0.01	0.29	0.00
6.(o+Q+Q+o)		0.05	0.01	0.29	0.00
7.(o+o+Q+Q)		-0.01	0.00	-0.26	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	1.12	10.00	5.41	-1.38	-0.14
X-Deprem-%5	5.61	8.69	4.72	1.29	0.14
Y-Deprem+%5	49.64	-0.95	-0.51	34.37	3.34
Y-Deprem-%5	43.02	1.01	0.53	30.35	2.91
X-Rüzgar+%5	0.49	0.85	0.46	0.13	0.01
X-Rüzgar-%5	0.09	0.97	0.53	-0.14	-0.01
Y-Rüzgar+%5	7.33	-0.15	-0.08	5.61	0.54
Y-Rüzgar-%5	6.35	0.16	0.08	4.95	0.47



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

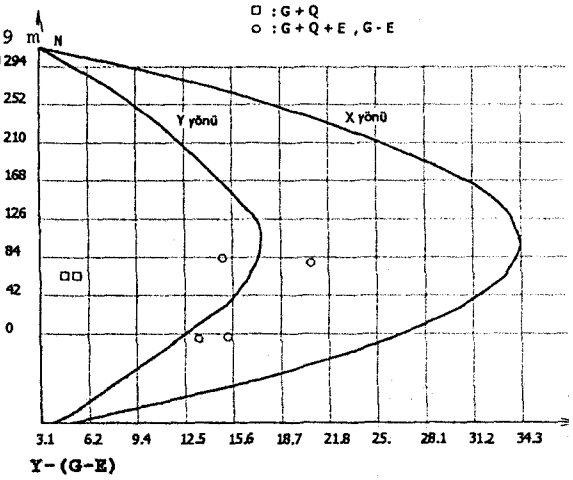
	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	99.225	67.912	99.225	19.387	44.872	0.844
minor M (tm):	0.439	1.635	-0.056	0.909	-1.439	0.922
major M (tm):	-2.233	-10.078	-3.572	-34.797	-8.718	-34.522
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0050	0.0050	0.0102	0.0102	0.0050	0.0102
As (cm²):	8.726	8.726	17.881	17.881	8.726	17.881

DONATI :2x6ø20+2x2ø16 (govde) + ø10/12/8(etriye)

S124 KOLONU

I/J : 140/ 119 Bx/By : 60/ 25 βx : 1.033 βy : 1.085 Hk :2.9 m

KOMBİNASYON	maxNd (t)	üstMx	altMx	üstMy	altMy (tm)
1.(G+G+G+G)	37.85	1.27	0.03	0.28	0.06
2.(Q+Q+Q+Q)	6.90	0.29	0.01	0.07	0.02
3.(o+Q+o+Q)		0.31	0.01	0.08	0.02
4.(Q+o+Q+o)		-0.03	0.00	-0.01	0.00
5.(Q+Q+o+Q)		0.27	0.01	0.07	0.02
6.(o+Q+Q+o)		-0.02	0.00	0.07	0.02
7.(o+o+Q+Q)		0.32	0.01	0.00	0.00
Zemin itkisi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X-Deprem+%5	33.14	15.42	2.39	-0.75	-0.49
X-Deprem-%5	36.04	13.30	2.08	0.78	0.50
Y-Deprem+%5	38.90	-1.59	-0.24	10.55	6.82
Y-Deprem-%5	34.64	1.60	0.24	8.25	5.34
X-Rüzgar+%5	3.10	1.32	0.20	0.08	0.05
X-Rüzgar-%5	2.85	1.53	0.23	-0.07	-0.05
Y-Rüzgar+%5	5.68	-0.26	-0.04	1.71	1.10
Y-Rüzgar-%5	5.06	0.26	0.04	1.33	0.86



BETONARME : Material:E1 BS25 CS220

	X-(G+Q)	X-(G+Q+E)	Y-(G+Q)	Y-(G+Q+E)	X-(G-E)	Y-(G-E)
max. Nd (t) :	64.028	77.891	64.028	83.650	-1.970	-4.833
minor M (tm):	0.384	-0.475	2.270	-0.009	-0.535	2.726
major M (tm):	2.289	17.005	1.441	10.907	-12.163	-10.303
fcd (kg/cm²):	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
μ :	0.0046	0.0046	0.0134	0.0134	0.0046	0.0134
As (cm²):	6.971	6.971	20.159	20.159	6.971	20.159

DONATI :2x4ø16+2x6ø20 (govde) + ø10/12/8(etriye)

7K.ST4 YAPISI BETON/KALIP METRAJI

Kat	Beton m³	Kalıp m²	Asmolen m³
TEMEL	70.93	229.68	
1.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
1.kat Kiriş	20.16	157.62	
1.kat Kolon	11.31	125.28	
1.kat Toplam	57.71	499.00	0.00
2.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
2.kat Kiriş	20.46	160.13	
2.kat Kolon	9.86	113.68	
2.kat Toplam	56.56	489.91	0.00
3.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
3.kat Kiriş	20.76	162.64	
3.kat Kolon	8.41	102.08	
3.kat Toplam	55.41	480.82	0.00
4.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
4.kat Kiriş	21.00	164.66	
4.kat Kolon	7.25	92.80	
4.kat Toplam	54.49	473.57	0.00
5.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
5.kat Kiriş	21.24	166.67	
5.kat Kolon	6.09	83.52	
5.kat Toplam	53.57	466.30	0.00
6.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
6.kat Kiriş	21.42	168.19	
6.kat Kolon	5.22	76.56	
6.kat Toplam	52.88	460.86	0.00
7.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
7.kat Kiriş	21.42	168.19	
7.kat Kolon	5.22	76.56	
7.kat Toplam	52.88	460.86	0.00

7K.ST4 YAPISI DONATI METRAJI

Kat no	ø8 kg	ø10 kg	ø12 kg	ø14 kg	ø16 kg	ø20 kg
TEMEL	0.0	352.5	80.1	1468.2	64.5	3607.0
1.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1.kat Kiriş	715.5	68.8	0.0	1119.6	1944.1	0.0
1.kat Kolon	74.5	636.5	0.0	1100.1	0.0	317.2
2.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0	0.0
2.kat Kiriş	754.5	0.0	0.0	1035.5	1576.5	0.0
2.kat Kolon	139.9	460.6	0.0	1138.0	0.0	0.0
3.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0	0.0
3.kat Kiriş	753.0	0.0	0.0	1029.5	1468.1	0.0
3.kat Kolon	126.1	410.5	0.0	1062.1	0.0	0.0
4.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0	0.0
4.kat Kiriş	761.7	0.0	0.0	946.1	1454.5	0.0
4.kat Kolon	173.2	277.5	0.0	910.4	0.0	0.0
5.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0	0.0
5.kat Kiriş	781.9	0.0	0.0	954.3	1374.5	0.0
5.kat Kolon	206.5	165.9	0.0	948.3	0.0	0.0
6.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0	0.0
6.kat Kiriş	786.2	0.0	0.0	954.3	1374.5	0.0
6.kat Kolon	282.3	0.0	0.0	758.7	0.0	0.0
7.kat Döşeme	244.6	2144.6	0.0	0.0	0.0	0.0
7.kat Kiriş	790.5	0.0	0.0	973.9	1335.2	0.0
7.kat Kolon	282.3	0.0	0.0	682.8	0.0	0.0

STA4-CAD
STructural Analysis FOR Computer Aided Design
VERSION 9.0
Copyright (C) 2000

SERDAR AMASRALI
STA MÜH. MÜŞ. LTD. ŞTİ.

STA4 programı, çok katlı betonarme yapıların 3 boyutlu analizini ve entegre olarak çizimlerini yapan entegre paket programdır. Yapının tümü için global stifnes matrisi bir defada kurulur ve bloklama tekniği ile deplasmanlar bulunur. Kat düzlemindeki plakların yatay düzlemde sonsuz rijitliğini dikkate alarak, kat düzlemindeki dx,dy,qz deplasmanları için her katta 3 bilinmeyen, eleman uçlarında dx, dy, qz deplasmanları için her noktada 3 bilinmeyen kullanarak bir noktada 6 serbestlikli betonarme yapılara özgün stiffnes matrisi ile çözülmektedir. Kiriş ve kolon elemanlarında kayma deformasyonları ile burulma etkileri dikkate alınmaktadır.
Denklem takımını; çözümünün hızlı olabilmesi için uç nokta numaraları, program tarafından nokta optimizasyonu ile minimum hafızada çözecek şekilde düzenlenir. Yapı+temel birlikte çözülebilmekte olup, temel stiffnes matrisleri winkler hipotezi ile kurulmaktadır.

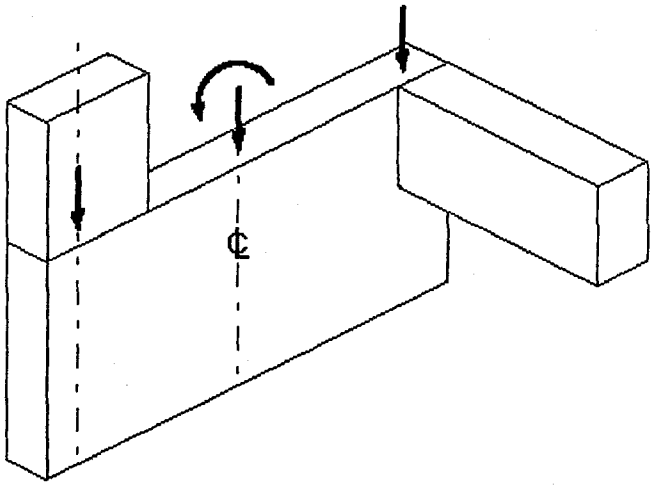
Global stiffnes matrisinde dikkate alınan hususlar:
-Kirişlerin kolon ve perdelere içindeki kısımları, sonsuz rijit alınarak yük ve rijitlik matrislerinin düzenlenmesi.
-Geniş perdelere zayıf yönde saplanan kirişlerin, fiktif kolon kontrollu elastik ankastre olarak çözümü.
-Geniş perdelere rijitliği yönünde saplanan kirişlerde, kayma deformasyonların dikkate alınması.
-Altındaki kolon ile statik eksenlerinde kaçıklık olan kolonlarda, eksenel yük eksantirikliğinin stiffnes matrisinde dikkate alınması.
-Dinamik analizde; CQC(Complete Quadratic Combination) metodu ile %5 sönüm yüzdesine göre kuvvetlerin bulunması.

STATİK ANALİZ YÜK KOMBİNASYON NOTASYONLARI:

1.	G+G+G+G+G	: Genel ölü yük
2.	Q+Q+Q+Q+Q	: 1. Genel hareketli yük
3.	Q+o+Q+o+Q	: 2. Hareketli yük
4.	o+Q+o+Q+o	: 3. Hareketli yük
5.	Q+Q+o+Q+Q	: 4. Hareketli yük
6.	o+Q+Q+o+Q	: 5. Hareketli yük
7.	Q+o+Q+Q+o	: 6. Hareketli yük
8.	Gz	: Yatay zemin itkisi
9.	Ex + %5 x ey	: X yönü deprem + %5 eksantrisite
10.	Ex - %5 x ey	: X yönü deprem - %5 eksantrisite
11.	Ey + %5 x ex	: Y yönü deprem + %5 eksantrisite
12.	Ey - %5 x ex	: Y yönü deprem - %5 eksantrisite
13.	Wx + %5 x ey	: X yönü rüzgar + %5 eksantrisite
14.	Wx - %5 x ey	: X yönü rüzgar - %5 eksantrisite
15.	Wy + %5 x ex	: Y yönü rüzgar + %5 eksantrisite
16.	Wy - %5 x ex	: Y yönü rüzgar - %5 eksantrisite

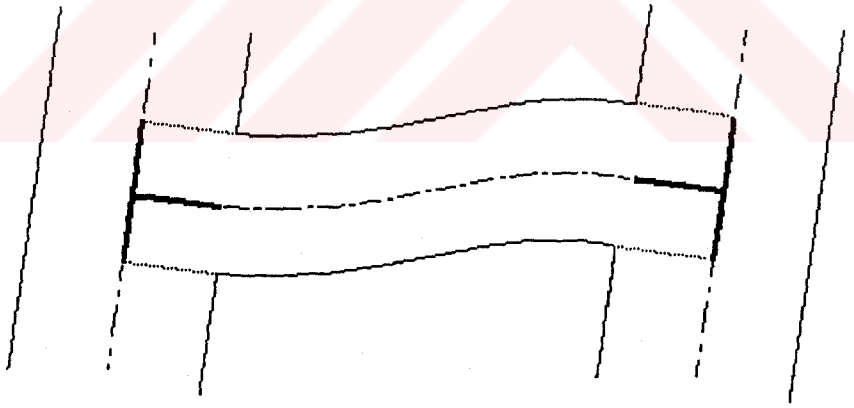
Programda kullanılan standartlar :
1 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1997)
2 - TS. 498 hareketli ve rüzgar yükü standardı.
3 - TS. 500 betonarme yapıların hesap standardı.
4 - ACI CODE 318 iki yönlü kirişsiz plakların hesabı ve yük kombinasyonu.
5 - EUROCODE yük kombinasyonu.
6 - SNIP CODE yük kombinasyonu.

PERDE ve KOLONLARDA EKSANTRISITE



STA4-CAD Perde ve kolonlarda eksenel yük kaçıklıklarını opsiyonel olarak dikkate alır. Geometrik akslar, elemanların bilgi tanımi içindir. Statik hesaplarda, elemanların ağırlık merkezlerini dikkate alarak gerçek eksenlerle çalışır.
Perdelere zayıf yönünde saplanan kirişlerin, düşey plak gibi davranan perdedeki lokal eğilme deformasyonunu sonlu elemanlara eşdeğer yöntemle elastik ankastrelik değerlerine göre opsiyonel çözüm yapabilir.

KAYMA DEFORMASYONU ve RIJITLIK BOLGELERI



STA4-CAD Perde ve kolonlarda kayma deformasyonlarını rijitlik matrislerinde dikkate alır. Aynı şekilde rijit perdelere bağlı kirişlerin kayma deformasyonlarınıda perdelerin genişlikleri oranında dikkate alarak rijitlik matrislerini oluşturur.
Kirişlerin kolon kısmındaki bölgeleri, gerekse kolonların kiriş kısmındaki bölgeleri sonsuz rijit kabul edilerek moment alan teorisi ile sayısal integrasyon yapılarak gerçek rijit matrisi kurularak çözüm yapılır.
Ayni şekilde kirişlerin yük matrisinde kolon kısmındaki bölgede sonsuz rijit davranışı dikkate alarak, ankastrelik tesirlerini bulur.

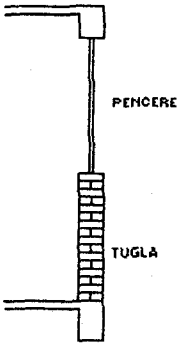
DÖŞEME YÜK ANALİZİ

MARLEY KAP. OD						
Kaplama (MARLEY)	0.050	t/m³	x	0.003	m	: 0.000
Kaplama harcı	2.200	t/m³	x	0.020	m	: 0.044
Tesviye betonu	2.000	t/m³	x	0.030	m	: 0.060
Sıva	2.200	t/m³	x		m	: 0.044
TOPLAM.....:						0.148
FAYANS KAP. OD						
Kaplama (FAYANS)	2.200	t/m³	x	0.010	m	: 0.022
Kaplama harcı	2.200	t/m³	x	0.020	m	: 0.044
Tesviye betonu	2.000	t/m³	x	0.030	m	: 0.060
Sıva	2.200	t/m³	x		m	: 0.044
TOPLAM.....:						0.170
KARO KAP. ODA						
Kaplama (KARO MOZAIK)	2.200	t/m³	x	0.020	m	: 0.044
Kaplama harcı	2.200	t/m³	x	0.020	m	: 0.044
Tesviye betonu	2.000	t/m³	x	0.040	m	: 0.080
Sıva	2.200	t/m³	x		m	: 0.044
TOPLAM.....:						0.212
DUSUK DOSEME						
Kaplama (FAYANS)	2.200	t/m³	x	0.010	m	: 0.022
Kaplama harcı	2.200	t/m³	x	0.030	m	: 0.066
Tesviye betonu	2.000	t/m³	x	0.050	m	: 0.100
Sıva	2.200	t/m³	x		m	: 0.044
Dolgu	1.500	t/m³	x	0.200	m	: 0.300
TOPLAM.....:						0.532
CATI DOSEMESI						
Kaplama (IZOLASYON)	0.100	t/m³	x	0.050	m	: 0.005
Tesviye betonu	2.000	t/m³	x	0.050	m	: 0.100
Sıva	2.200	t/m³	x		m	: 0.044
TOPLAM.....:						0.149
MERDIVEN						
Kaplama (MERMER)	2.200	t/m³	x	0.020	m	: 0.044
Kaplama harcı	2.200	t/m³	x	0.020	m	: 0.044
Tesviye betonu	2.000	t/m³	x	0.030	m	: 0.060
Sıva	2.200	t/m³	x		m	: 0.044
TOPLAM.....:						0.192

(Döşeme zatileri, döşeme yük hesabında ilave edilecek)

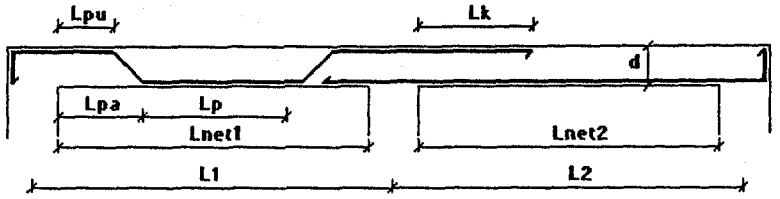
KİRİŞ YÜK ANALİZİ

19 cm tugla			
Duvar yükü (19 DELIKLI TUG)	0.320 t/m² x	2.700 m:	0.864
13 cm tugla			
Duvar yükü (13 CM TUGLA)	0.250 t/m² x	2.700 m:	0.675
9 cm tugla			
Duvar yükü (9 CM TUGLA)	0.200 t/m² x	2.700 m:	0.540
19 cm tug. pen			
Duvar yükü (19 CM TUGLA)	0.320 t/m² x	1.000 m:	0.320
Pencere	0.050 t/m² x	1.700 m:	0.085
TOPLAM.....:			0.405
13 cm tug. pen			
Duvar yükü (13 CM TUGLA)	0.250 t/m² x	1.000 m:	0.250
Pencere	0.050 t/m² x	1.700 m:	0.085
TOPLAM.....:			0.335
9 cm tug. pen.			
Duvar yükü (9 CM TUGLA)	0.200 t/m² x	1.000 m:	0.200
Pencere	0.050 t/m² x	1.700 m:	0.085
TOPLAM.....:			0.285
19 cm ytong			
Duvar yükü (19 CM YTONG)	0.260 t/m² x	2.700 m:	0.702
13 cm ytong			
Duvar yükü (13 CM YTONG)	0.200 t/m² x	2.700 m:	0.540
9 cm ytong			
Duvar yükü (9 CM YTONG)	0.170 t/m² x	2.700 m:	0.459
19 cm ytg. pen.			
Duvar yükü (19 CM YTONG)	0.260 t/m² x	1.000 m:	0.260
Pencere	0.050 t/m² x	1.700 m:	0.085
TOPLAM.....:			0.345
13 cm ytg. pen.			
Duvar yükü (13 CM YTONG)	0.200 t/m² x	1.000 m:	0.200
Pencere	0.050 t/m² x	1.700 m:	0.085
TOPLAM.....:			0.285
9 cm ytg. pen.			
Duvar yükü (9 CM YTONG)	0.170 t/m² x	1.000 m:	0.170
Pencere	0.050 t/m² x	1.700 m:	0.085
TOPLAM.....:			0.255



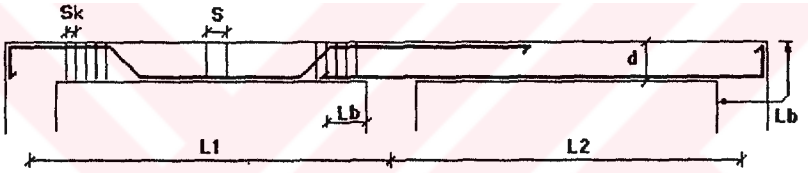
(Kiriş zati, Kiriş yük hesabında ilave edilecek)

GENEL BETONARME CIZIM OPSIYONLARI



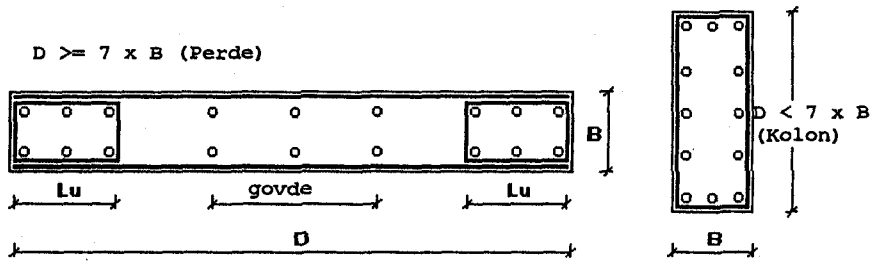
Maximum demir boyu.....cm.= 1200
Minimum demir bindirme boyu oranı.....= ø x 50
min. Lp.....= Lnet1 /2
Lpa.....= Lnet1 /5
min. Lpu.....cm.= 30
min. Lpu .....= d /2
min. Lk .....= Lnet2 /4
Pilye kayma donatısı katılım oranı.....= 0
Genel kanca boyu .....= ø x 10
Kiriş donatısının, kolon içindeki aderans boyu.....= ø x 50
Kirişlerde sık etriye opsiyonu.....= zorunlu
Kirişlerde Pilye opsiyonu.....= pilyeli
Minimum pilye açıklık oranı.....= Lnet/2
Tek donatılarda, pilye ve düz donatı tercihi.....= düz

KIRIS BETONARME OPSIYONLARI



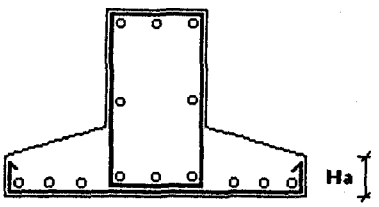
Paspayi.....cm.= 4
Min. boyuna kesit pursantaji .....= .008
Min. çekme bölgesi TS500-2000 'e göre .....= 0.0048
As min= 0.8 x fctd / fyd alınacaktır.
Minimum düz ve pilye donatı çapı .....ø.= 12
Minimum montaj donatı çapı .....ø.= 12
Minimum gövde donatı çapı .....ø.= 12
Minimum etriye donatı çapı .....ø.= 8
Pilye açısı.....°.= 45
Minimum gövde demirsiz kiriş yüksekliği.....cm.= 59
Minimum düz ve montaj demir aralığı .....cm.= 20
Kayma donatısı beton katılım oranı.....= .8
Süreklilik icin max. kolon genişliği.....cm.= 200
Minimum montaj donatı oranı .....(% maxAs).= .25
Maximum etriye aralığı..S.....cm.= 20
Minimum etriye aralığı..S.....cm.= 10
Maximum etriye aralığı. Sk.(1).....cm.= 15
Maximum etriye aralığı. Sk.(2).....= d/4
Maximum etriye aralığı. Sk.(3).....= ø x 8
Maksimum tek etriye genişliği .....cm.= 40
min.(alt As/üst As) .....= .5
min.üst As=Fctd/Fyd .....= Evet
min Lb =.....= ø x 50

KOLON-PERDE BETONARME OPSIYONLARI



KOLON ve PERDELERIN betonarme opsiyonlari :
Paspayı.....cm.= 4
Min.kolon çekme bölgesi.....= .0025
Min.kolon toplam kesit .....= .01
Kolon eksenel yük eksantirisite etkisinin alınması..= evet
Minimum etriye aralığı.....cm.= 10
Maximum etriye aralığı.(1).....cm.= 20
Maximum etriye aralığı (2).....min.= ø x 12
Minimum çiroz aralığı.....min.= ø x 25
Minimum donatı çapı .....ø.....= 14
Minimum etriye çapı .....ø.....= 8
Perde/Kolon oranı (D/B).....= 7
Perde uzun etriyelerinde gönye.....= Gönyeli
Nervürlü etriye kanca acısı..... (90ø,135ø)= 135
min.Hcr yuksekliği .....< D x 2
max.Hcr yuksekliği .....>= D x 1
max.Hcr yuksekliği .....>= Hw/6
Min.başlık bölgesi.(Hcr).....= .002
Min.başlık bölgesi.....= .001
Min.gövde bölgesi.....= .0025
Min.başlık bölgesi.....Lu= 20 cm
Min.başlık bölgesi.(Hcr).....Lu=B x 2
Min.başlık bölgesi.(Hcr).....Lu=D x .2
Min.başlık bölgesi.....Lu=B x 1
Min.başlık bölgesi.....Lu=D x .1
Başlık bölgesi min. donatı çapı .....ø..= 14
Gövde bölgesi min. donatı çapı .....ø..= 12
Perdelerde tasarım eğilme momenti.....= Evet

TEMEL BETONARME OPSIYONLARI



Paspayı.....cm.= 7
Min. çekme bölgesi TS500-2000 (As min=0,8.fctd/fyd).= 0.0048
Min. toplam kesit .....= .005
Minimum basınç bölgesi donatı oranı .....= .333
Pilye açısı.....= 60
Minimum etriye aralığı.....cm.= 10
Maximum etriye aralığı.....cm.= 20
Maximum etriye genislığı.....cm.= 60
Minimum düz ve montaj demir aralığı .....cm.= 20
Temelde, Kolon donatı filiz boyu.....cm.= 50
Müt. temel min. etriye çapı.....ø..= 8
Müt. temel min. düz ve pilye çapı.....ø..= 12
Müt. temel min. montaj çapı.....ø..= 12
Müt. temel min. gövde çapı.....ø..= 10
Temel min. ampatman çapı.....ø..= 12
Ampatman kenar yüksekliği.(Ha).....cm.= 20

STA4-CAD PROGRAMI

ÇOK KATLI BETONARME YAPILARIN STATİK ve BETONARME ANALİZ PROGRAMI Ver.9.0 (code:[ET)

PROJE İSMİ.....:HAKAN TURKER -MASTER CALISMASI
KAT ADEDI.....: 7
Bir kattaki KOLON SAYISI.....: 24
X yönü aks sayısı.....: 8
Y yönü aks sayısı.....: 6
DEPREM KATSAYISI.....(Ao)..: .3
YAPI TİPİ KATSAYISI.....(R)..: 6
YAPI ÖNEM KATSAYISI.....(I)..: 1
ZEMİN HAKİM TİTREŞİM PERYODU..(Ta/Tb)..: .15 / .6
HAREKETLİ YÜK KATSAYISI.....(n)..: .3
SIFIR RÖLATİF HAREKET YÜKSEKLİĞİ (m)..:.00
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ..... (t/m²)..:15.0
ZEMİN YATAK KATSAYISI..... (t/m³)..:2000.0
BETON YOĞUNLUĞU.....(t/m³)..:2.5
BETONARME HESAP YÖNTEMİ .....:TAŞIMA GÜCÜ YÖNTEMİ (TS 500, 2000)
BETONARME KESİT DONATI HESAP YÖNTEMİ .....:BRÜT KESİTE GÖRE
DEPREM HESABI YÖNTEMİ .....:MOD SÜPERPOZİSYONU İLE DİNAMİK ANALİZ
TEMEL ANALİZ OPSİYONU.....:SADECE TEMEL DÖNMELERİ DİKKATE ALINMASI
Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma degeri..:.71
Zemin gerilmesi deprem azaltması.....:.50
Zemin gerilmesi rüzgar azaltması.....:.25
Kolonun oturduğu kiriş tesir çarpanı.....: 1.5
Kiriş & Kolon rijitlik bölgesi opsiyonu.....: Yarım Rijit davranış
Kiriş uçlarında elastik ankastrelik opsiyonu : Elastik ankastre

BETON ve ÇELİK MALZEME BİLGİLERİ	Kiriş\Kolon	Döşeme	Temel
Beton dayanım gerilmesi (kg/cm²)	250\250	250	250
Çelik akma gerilmesi (kg/cm²)	2200	2200	2200
Çelik akma gerilmesi (kg/cm²) (Etriye)	2200		2200

TAŞIMA GÜCÜ MALZEME KATSAYILARI	BETON	ÇELİK
	1.50	1.15

TAŞIMA GÜCÜ YÜK KATSAYILARI	SABİT YÜK	HAREKETLİ YÜK
	1.40	1.60

ELASTİSİTE MODÜLÜ (kg/cm²)				
BS25	E1=	302500	G1=	121000
BS25	E2=	302500	G2=	121000

BETONARME HESAP YÜK KOMBİNASYONU

Ölü yük Cg	Hareketli yük Cq	Zemin Cs	Deprem ± Ce	Rüzgar ± Cw
1.40	1.60	0.00	0.00	0.00
1.40	1.60	1.60	0.00	0.00
1.40	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
0.90	0.00	0.00	1.00	0.00
1.00	1.30	0.00	0.00	1.30
1.00	1.30	1.00	0.00	1.30
0.90	0.00	0.00	0.00	1.30
0.90	0.00	0.90	0.00	1.30

CODE:TS500T.COD

ZEMİN GERİLMESİ YÜK KOMBİNASYONU

Ölü yük Cg	Hareketli yük Cq	Zemin Cs	Deprem ± Ce	Rüzgar ± Cw
1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
0.67	0.67	0.67	0.67	0.00
0.80	0.00	0.80	0.00	0.80

ZEMİN GERİLMESİ HAREKETLİ YÜK AZALTMA DEĞERLERİ

Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eksiltme %				20	40	60	80	80	80	40

YAPI AKS BİLGİLERİ

X yönü aks bilgileri

no	isim	Ax	Bx
1	1	0.00	0.00
2	2	0.00	4.40
3	3	0.00	8.50
4	4	0.00	11.35
5	5	0.00	15.45
6	6	0.00	19.85
7		0.00	-0.70
8		0.00	20.55

Y yönü aks bilgileri

no	isim	Ay	By
1	D	0.00	0.00
2	C	0.00	4.20
3	B	0.00	8.40
4	A	0.00	12.60
5		0.00	-0.70
6		0.00	13.30

1. KAT KOLONLARI AKS BİLGİLERİ

Kolon no	X aksı	Y aksı	dx	dy	alt yük.
101	1	1	-12.5	-0.1	0.00
103	3	1	0.0	-0.1	0.00
105	5	1	0.0	-0.1	0.00
107	1	2	-12.5	0.0	0.00
109	3	2	0.0	0.0	0.00
111	5	2	0.0	0.0	0.00
113	1	3	-12.5	0.0	0.00
115	3	3	0.0	0.0	0.00
117	5	3	0.0	0.0	0.00
119	1	4	-12.5	0.1	0.00
121	3	4	0.0	0.1	0.00
123	5	4	0.0	0.1	0.00

Kolon no	X aksı	Y aksı	dx	dy	alt yük.
102	2	1	0.0	-0.1	0.00
104	4	1	0.0	-0.1	0.00
106	6	1	12.5	-0.1	0.00
108	2	2	0.0	0.0	0.00
110	4	2	0.0	0.0	0.00
112	6	2	12.5	0.0	0.00
114	2	3	0.0	0.0	0.00
116	4	3	0.0	0.0	0.00
118	6	3	12.5	0.0	0.00
120	2	4	0.0	0.1	0.00
122	4	4	0.0	0.1	0.00
124	6	4	12.5	0.1	0.00

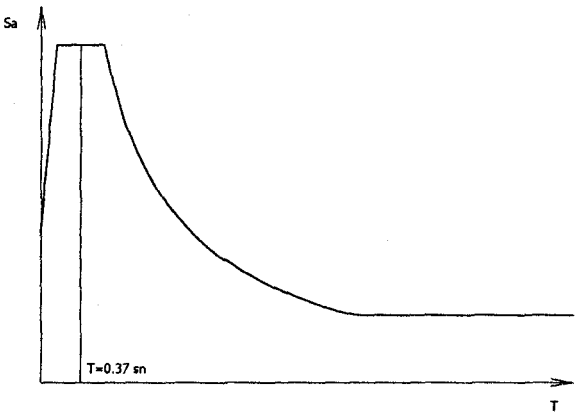
DEPREM RAPORU

Deprem yükü eksantirisitesi : 0.050
Dinamik Analiz min. deprem yükü oranı β : 1.0

DİNAMİK ANALİZ BİLGİLERİ

TASARIM SPECTURUM BİLGİSİ

T (s)	Sa (m/s²) Ao.I.S(t)
0.00	3.000
0.15	7.500
0.60	7.500
0.70	6.630
0.80	5.958
0.90	5.421
1.00	4.983
1.10	4.617
1.20	4.308
1.30	4.041
1.40	3.807
1.50	3.603
1.60	3.423
1.70	3.261
1.80	3.114
1.90	2.982
2.00	2.862
2.10	2.754
2.20	2.652
2.30	2.559
2.40	2.475
2.50	2.394
2.60	2.322
2.70	2.253
2.80	2.187
2.90	2.127
3.00	2.100
5.00	2.100



MODAL ANALIZ - YAPI PERYOD ve VEKTORLERI

Mod	1.mod	2.mod	3.mod	4.mod	5.mod	6.mod	7.mod	8.mod	9.mod
w	16.78	19.78	20.06	64.42	82.12	85.09	138.18	180.66	189.09
T	0.3745	0.3176	0.3133	0.0975	0.0765	0.0738	0.0455	0.0348	0.0332
yon	y	x	b	y	b	x	y	b	x
1x	0.00000	0.01996	0.00000	0.00000	0.00000	0.11322	0.00000	0.00000	0.24825
2x	0.00000	0.06171	0.00000	0.00000	0.00000	0.25140	0.00000	0.00000	0.35554
3x	0.00000	0.11986	-0.00001	0.00000	0.00000	0.33407	0.00000	0.00000	0.16734
4x	0.00000	0.18932	-0.00001	0.00000	0.00000	0.30944	0.00000	0.00000	-0.15914
5x	0.00000	0.26523	-0.00001	0.00000	0.00000	0.16640	0.00000	0.00000	-0.3[illegible]279
6x	0.00000	0.34322	-0.00002	0.00000	0.00000	-0.06344	0.00000	0.00000	-0.12887
7x	0.00000	0.41994	-0.00002	0.00000	0.00000	-0.32063	0.00000	0.00000	0.25016
1y	0.02163	0.00000	0.00000	0.10741	0.00000	0.00000	0.23161	0.00000	0.00000
2y	0.06509	0.00000	0.00000	0.24399	0.00000	0.00000	0.35201	0.00000	0.00000
3y	0.12436	0.00000	0.00000	0.33076	0.00000	0.00000	0.18576	0.00000	0.00000
4y	0.19397	0.00000	0.00000	0.31059	0.00000	0.00000	-0.14466	0.00000	0.00000
5y	0.26858	0.00000	0.00000	0.16629	0.00000	0.00000	-0.31929	0.00000	0.00000
6y	0.34316	0.00000	0.00000	-0.06936	0.00000	0.00000	-0.13884	0.00000	0.00000
7y	0.41399	0.00000	0.00000	-0.32927	0.00000	0.00000	0.25369	0.00000	0.00000
1b	0.00000	0.00000	0.00306	0.00000	0.01657	0.00000	0.00000	0.03607	0.00000
2b	0.00000	0.00000	0.00934	0.00000	0.03695	0.00000	0.00000	0.05232	0.00000
3b	0.00000	0.00000	0.01795	0.00000	0.04912	0.00000	0.00000	0.02500	0.00000
4b	0.00000	0.00000	0.02815	0.00000	0.04547	0.00000	0.00000	-0.02325	0.00000
5b	0.00000	0.00000	0.03923	0.00000	0.02430	0.00000	0.00000	-0.04630	0.00000
6b	0.00000	0.00000	0.05054	0.00000	-0.00972	0.00000	0.00000	-0.01918	0.00000
7b	0.00000	0.00000	0.06157	0.00000	-0.04760	0.00000	0.00000	0.03698	0.00000
Mxr%	0.000	68.420	0.000	0.000	0.000	20.770	0.000	0.000	6.634 ∑= 95.8
Myr%	69.519	0.000	0.000	19.191	0.000	0.000	6.627	0.000	0.000 ∑= 95.3
Mbr%	0.000	0.000	68.895	0.000	20.276	0.000	0.000	6.572	0.000

Mxr=∑[(∑m.Φ)²/Mr]= %95.83 > %90.00 Dinamik kütle oranı yeterli. ✓
Myr=∑[(∑m.Φ)²/Mr]= %95.34 > %90.00 Dinamik kütle oranı yeterli. ✓

EŞDEĞER DEPREM HESABI 1. DOĞAL TİTREŞİM PERYODUNUN KONTROLU
Hn= 20.30m ∑Atx= 1.087 >> Ctx= 0.050 ∑Aty= 0.510 >> Cty= 0.050

$T1x=Ctx \cdot Hn^{3/4} = 0.478$ s. < 1.0 Tx= 0.318 s. ✓

$T1y=Cty \cdot Hn^{3/4} = 0.478$ s. < 1.0 Ty= 0.375 s. ✓

KAT KÜTLESİ ve RİJİTLİK MERKEZİ (t)

Kat no	H (m)	Wg	Wq	Xg (m)	Xr (m)	Yg (m)	Yr (m)	∑Wk
1	2.90	226.41	51.26	9.92	9.93	6.30	6.30	241.786
2	5.80	224.57	51.30	9.92	9.93	6.30	6.30	239.955
3	8.70	222.47	51.30	9.92	9.93	6.30	6.30	237.864
4	11.60	220.95	51.26	9.92	9.93	6.30	6.30	236.325
5	14.50	219.14	51.44	9.92	9.93	6.30	6.30	234.573
6	17.40	218.09	51.30	9.92	9.93	6.30	6.30	233.479
7	20.30	230.81	45.28	9.92	9.93	6.30	6.30	244.392

∑Wt = 1668.373

DEPREM KUVVETİ (t)

Deprem tepe yükü Ftx= 0.00 Fty= 0.00 (t) Hmax<25m koşulu

Kat no	X YÖNÜ Modal Analiz	X YÖNÜ Eşdeğer dep.yön.	X YÖNÜ Deprem yükü	Y YÖNÜ Modal Analiz	Y YÖNÜ Eşdeğer dep.yön.	Y YÖNÜ Deprem yükü	Kat tipi
1	5.271	7.565	7.216	4.869	7.565	6.651	NORMAL
2	9.821	15.016	13.446	9.485	15.016	12.955	NORMAL
3	13.993	22.328	19.157	14.059	22.328	19.201	NORMAL
4	18.395	29.578	25.183	18.959	29.578	25.894	NORMAL
5	23.755	36.698	32.522	24.606	36.698	33.607	NORMAL
6	31.885	43.833	43.653	32.323	43.833	44.147	NORMAL
7	49.209	53.528	67.370	48.391	53.528	66.092	UST KAT
∑	152.329	208.547	208.547	152.693	208.547	208.547	GENEL

Vt=W.A(t)/Ra(t)> 0,10. Ao.I.W 208.55 , 208.55 > 50.05

X Deprem kontrol: 1.00 x 208.547 = 208.547 > 152.329 >>> 208.547

Y Deprem kontrol: 1.00 x 208.547 = 208.547 > 152.693 >>> 208.547

Rüzgar kuvvetleri (t)

Kat no	X-yönü F	X-yönü ey m	Y-yönü F	Y-yönü ex m
1	2.192	9.925	3.454	6.300
2	2.192	9.925	3.454	6.300
3	3.508	9.925	5.526	6.300
4	3.508	9.925	5.526	6.300
5	3.508	9.925	5.526	6.300
6	3.508	9.925	5.526	6.300
7	4.823	9.925	7.599	6.300

Kat Deprem deplasmanları

Kat	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
no	δx (m)	θz (rad)	δx (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)
1	0.0003036	0.0000042	0.0003036	-0.000004	-0.000456	-0.000006	-0.000456	0.0000066
2	0.0009316	0.0000127	0.0009316	-0.000012	-0.001364	-0.000020	-0.001364	0.0000201
3	0.0018015	0.0000243	0.0018015	-0.000024	-0.002596	-0.000038	-0.002596	0.0000384
4	0.0028398	0.0000381	0.0028398	-0.000038	-0.004041	-0.000060	-0.004041	0.0000601
5	0.0039780	0.0000531	0.0039780	-0.000053	-0.005597	-0.000083	-0.005597	0.0000838
6	0.0051544	0.0000686	0.0051544	-0.000068	-0.007165	-0.000108	-0.007165	0.0001080
7	0.0063174	0.0000837	0.0063174	-0.000083	-0.008664	-0.000131	-0.008664	0.0001318

Deprem yapı salınımı: x= 0.00031 y= 0.00043

DEPREM PERDELERİ TABAN MOMENT KONTROLU

Kat deprem momenti (tm)

Kat	H (m)	Fx	Fx . H	Fy	Fy . H
1	2.90	7.22	20.93	6.65	19.29
2	5.80	13.45	77.99	12.96	75.14
3	8.70	19.16	166.66	19.20	167.05
4	11.60	25.18	292.12	25.89	300.37
5	14.50	32.52	471.58	33.61	487.30
6	17.40	43.65	759.56	44.15	768.16
7	20.30	67.37	1367.61	66.09	1341.68

Mdx= 3156.44 Mdy= 3158.97

Perde taban momenti (tm)
M : Perde ve Panel deprem momenti
∑Mk : Perdelerde; bağlı olduğu kirişlerin deprem momentlerinin toplamı
Panellerde ise; başlık kolonlarından oluşan deprem momentlerinin toplamıdır.

Perde	Mx	∑Mxk =	∑Mxr	My	∑Myk =	∑Myr
P101	494.69	49.46	544.15	7.30	47.91	55.21
P105	494.69	49.46	544.15	8.78	58.12	66.89
P116	587.64	58.23	645.87	7.30	47.91	55.21
P120	587.64	58.23	645.87	8.78	58.12	66.89
P128	2.78	37.89	40.67	838.56	183.91	1022.47
P131	2.78	37.89	40.67	873.89	189.18	1063.07
TOPLAM	2170.22		2461.37	1744.59		2329.75

X yönü αm =2461.37 / 3156.44 = 0.78
Y yönü αm =2329.75 / 3158.97 = 0.74

YÜKSEK SÜNEKLİ YAPILARDA; R=10-4x.78=6.88 olmalıdır.
Normal sünekli KARMA YAPI için αm =.74 >.67, R=6 alınabilir.

Perde taban kesme kuvveti oranı :
X yönü Vm =186.84 / 208.55 = 0.90
Y yönü Vm =171.51 / 208.55 = 0.82

DEPREMDE YAPI DÜZENSİZLİKLERİNİN KONTROLU

A1,B2 düzensizliklerinin kontrolu
max(di/hi)=0.0035, 0.02/R =.0033
1. kat X dust = -.0003036 + -.0000042 x (.12 - 6.3=-.0003295 (S101)
1. kat X dalt = -.0003036 + -.0000042 x (12.48 - 6.3)=-.0002776 (S119)
2. kat X dust = -.0009316 + -.0000127 x (.12 - 6.3) - -.0003295 = -.0006806 (S207)
2. kat X dalt = -.0009316 + -.0000127 x (12.48 - 6.3) - -.0002776 = -.0005755 (S212)

X YÖNÜ (+%5)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	ΔX/h	θi	kat tipi
1	0.0003295	0.0002776	0.0003036	1.09	0.48	0.00011	0.00084	Normal kat
2	0.0006806	0.0005755	0.0006280	1.08	0.72	0.00023	0.00153	Normal kat
3	0.0009417	0.0007981	0.0008699	1.08	0.84	0.00032	0.00189	Normal kat
4	0.0011233	0.0009532	0.0010383	1.08	0.91	0.00039	0.00201	Normal kat
5	0.0012309	0.0010456	0.0011382	1.08	0.97	0.00042	0.00195	Normal kat
6	0.0012717	0.0010810	0.0011764	1.08	1.01	0.00044	0.00175	Normal kat
7	0.0012565	0.0010695	0.0011630	1.08	0.00	0.00043	0.00145	Normal kat

X YÖNÜ (-%5)

Kat	ΔX düst(m)	ΔX dalt(m)	ΔX ort	nbi	nki	ΔX/h	θi	kat tipi
1	0.0002776	0.0003295	0.0003036	1.09	0.48	0.00011	0.00084	Normal kat
2	0.0005755	0.0006806	0.0006280	1.08	0.72	0.00023	0.00153	Normal kat
3	0.0007981	0.0009417	0.0008699	1.08	0.84	0.00032	0.00189	Normal kat
4	0.0009533	0.0011233	0.0010383	1.08	0.91	0.00039	0.00201	Normal kat
5	0.0010456	0.0012309	0.0011382	1.08	0.97	0.00042	0.00195	Normal kat
6	0.0010811	0.0012716	0.0011764	1.08	1.01	0.00044	0.00175	Normal kat
7	0.0010695	0.0012564	0.0011630	1.08	0.00	0.00043	0.00145	Normal kat

Y YÖNÜ (+%5)

Kat	ΔY dsol(m)	ΔY dsağ(m)	ΔY ort	nbi	nki	ΔY/h	θi	kat tipi
1	0.0003905	0.0005220	0.0004562	1.14	0.50	0.00018	0.00126	Normal kat
2	0.0007746	0.0010412	0.0009079	1.15	0.74	0.00036	0.00221	Normal kat
3	0.0010498	0.0014140	0.0012319	1.15	0.85	0.00049	0.00267	Normal kat
4	0.0012300	0.0016610	0.0014455	1.15	0.93	0.00057	0.00279	Normal kat
5	0.0013217	0.0017906	0.0015561	1.15	0.99	0.00062	0.00266	Normal kat
6	0.0013266	0.0018081	0.0015674	1.15	1.05	0.00062	0.00234	Normal kat
7	0.0012634	0.0017352	0.0014993	1.16	0.00	0.00060	0.00191	Normal kat

Y YÖNÜ (-%5)

Kat	ΔY dsol(m)	ΔY dsağ(m)	ΔY ort	nbi	nki	ΔY/h	θi	kat tipi
1	0.0005220	0.0003904	0.0004562	1.14	0.50	0.00018	0.00126	Normal kat
2	0.0010413	0.0007746	0.0009079	1.15	0.74	0.00036	0.00221	Normal kat
3	0.0014140	0.0010497	0.0012319	1.15	0.85	0.00049	0.00267	Normal kat
4	0.0016611	0.0012299	0.0014455	1.15	0.93	0.00057	0.00279	Normal kat
5	0.0017907	0.0013215	0.0015561	1.15	0.99	0.00062	0.00266	Normal kat
6	0.0018082	0.0013265	0.0015674	1.15	1.05	0.00062	0.00234	Normal kat
7	0.0017353	0.0012633	0.0014993	1.16	0.00	0.00060	0.00191	Normal kat

TDY 6.3.2.1 A1 burulma düzensizliği:
nbi=1.157 <1.2 , dinamik analizle çözülmüştür ✓
TDY 6.3.2.1 B2 düzensizliği sağlanmaktadır. ✓
TDY 6.20 kosulu sağlanmaktadır. .0006 < .0033 ✓
TDY 6.21 koşulu sağlanmaktadır. max θi=.003 < 0.12 ✓

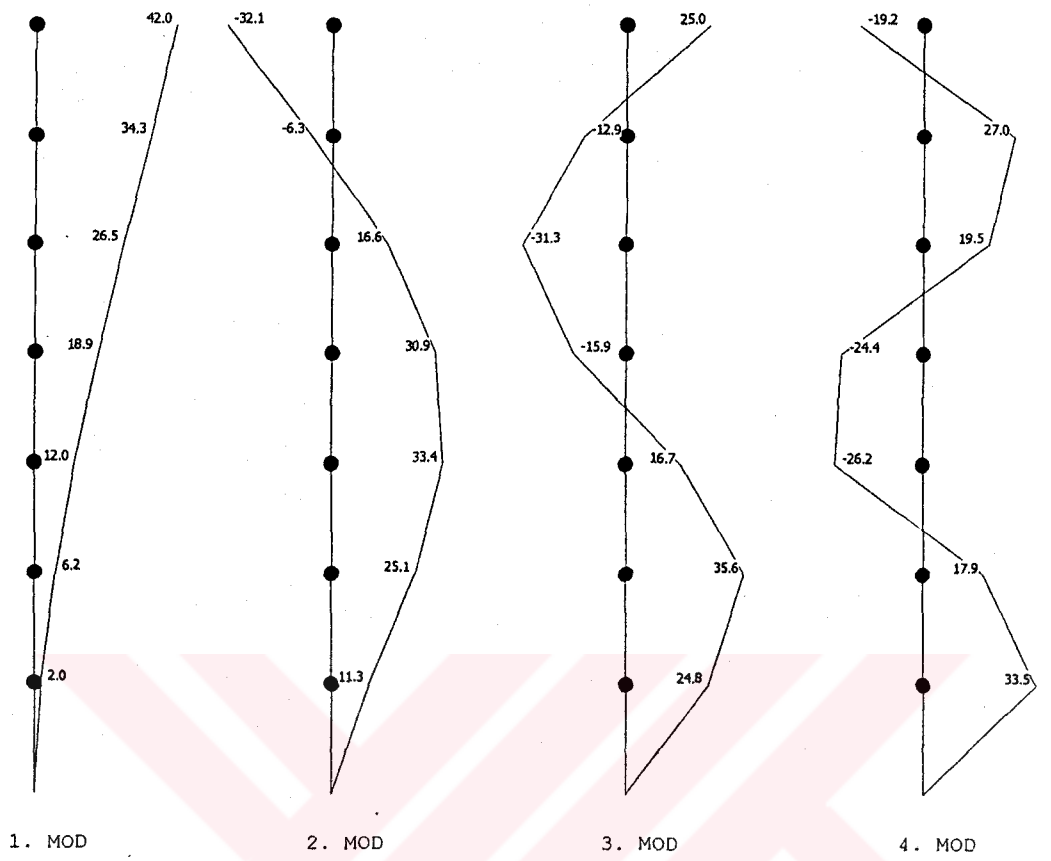
B1-Düşey doğrultudaki düzensizliklerinin kontrolu

Kat	Aw	Agx	Agy	∑Aex	∑Aey	ncix	nciy	AÇIKLAMA
1	3.90	0.00	0.00	3.90	3.90	1.15	1.15	Düzenli ✓
2	3.40	0.00	0.00	3.40	3.40	1.17	1.17	Düzenli ✓
3	2.90	0.00	0.00	2.90	2.90	1.16	1.16	Düzenli ✓
4	2.50	0.00	0.00	2.50	2.50	1.19	1.19	Düzenli ✓
5	2.10	0.00	0.00	2.10	2.10	1.17	1.17	Düzenli ✓
6	1.80	0.00	0.00	1.80	1.80	1.00	1.00	Düzenli ✓
7	1.80	0.00	0.00	1.80	1.80	1.00	1.00	üst kat ✓

A4 düzensizliği bulunmamıştır. ✓

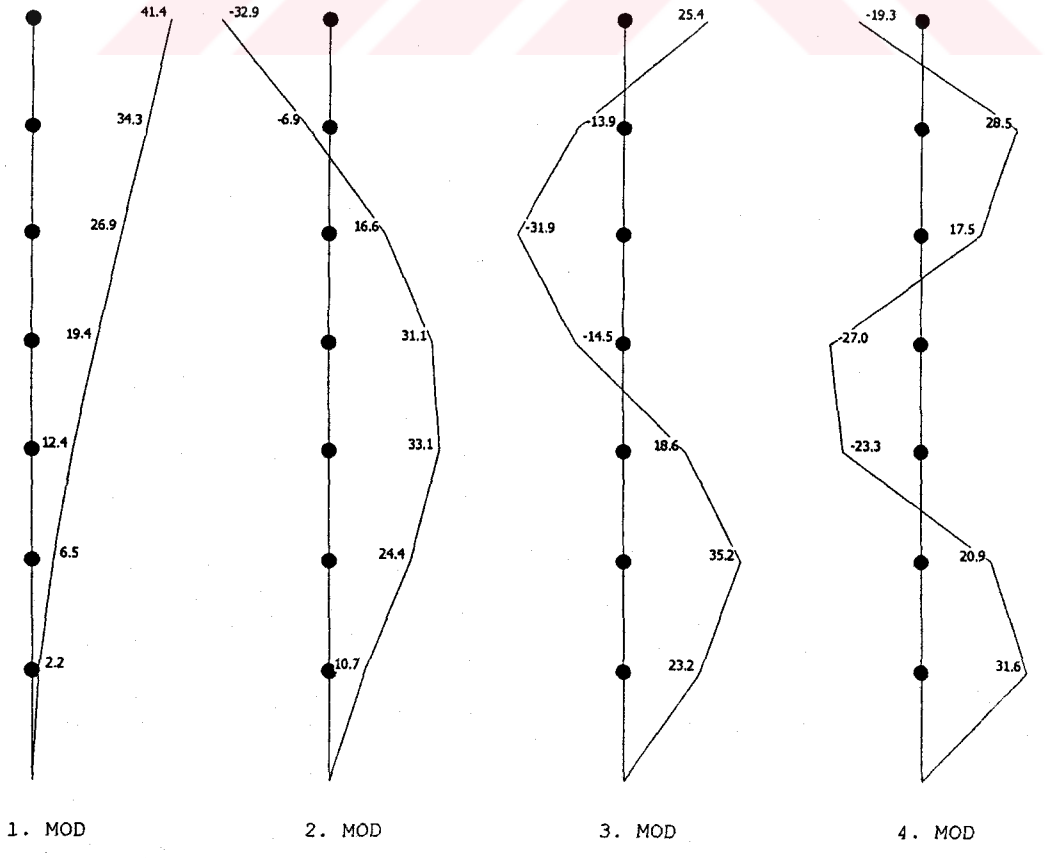
MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 x Dep. vektörü)

X yönü



1. MOD 2. MOD 3. MOD 4. MOD

Y yönü



1. MOD 2. MOD 3. MOD 4. MOD

KUŞATILMIS KOLON KONTROLU

TDY 1997 göre yapılmıştır.
Ve=1.25 fyk (As1+As2)-Vkol<Vmax=(0.60÷0.45) bj hc fcd

Asu1 / Asa1 — Asu2 / Asa2 ; Ast > Asu1+Asa2 / Asa1+Asu2

Kolon	Bx/By	bw1	bw2	bj	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	Ast	Vkol	Ve	Vmax	AÇIKLAMA
S701											Panel başlığı		
S601											Panel başlığı		
S501											Panel başlığı		
S401											Panel başlığı		
S301											Panel başlığı		
S201											Panel başlığı		
S101											Panel başlığı		
S702											Panel başlığı		
S602											Panel başlığı		
S502											Panel başlığı		
S402											Panel başlığı		
S302											Panel başlığı		
S202											Panel başlığı		
S102											Panel başlığı		
S703	x	30	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	0.0	47.2 <	56.3 Kuşatılmamış
S703	y	25	15.0	15.0	30.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	0.0	28.0 <	56.2 ✓
S603	x	30	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	1.5	45.7 <	56.3 Kuşatılmamış
S603	y	25	15.0	15.0	30.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.4	26.5 <	56.2 ✓
S503	x	35	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	1.5	45.7 <	65.6 Kuşatılmamış
S503	y	25	17.5	17.5	35.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.4	26.5 <	65.6 ✓
S403	x	40	12.5	12.5	25.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	2.1	49.4 <	75.0 Kuşatılmamış
S403	y	25	20.0	20.0	40.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.7	26.3 <	75.0 ✓
S303	x	50	12.5	12.5	25.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	2.4	49.0 <	93.8 Kuşatılmamış
S303	y	25	25.0	25.0	50.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.7	26.3 <	93.8 ✓
S203	x	60	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	3.2	44.0 <	112.5 Kuşatılmamış
S203	y	25	30.0	30.0	50.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.5	26.5 <	93.8 ✓
S103	x	60	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	1.3	45.8 <	112.5 Kuşatılmamış
S103	y	25	30.0	30.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.6	24.5 <	93.8 ✓
S704	x	30	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	0.0	51.4 <	56.3 Kuşatılmamış
S704	y	25	15.0	15.0	30.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	0.0	28.0 <	56.2 ✓
S604	x	30	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	1.5	49.9 <	56.3 Kuşatılmamış
S604	y	25	15.0	15.0	30.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.4	26.5 <	56.2 ✓
S504	x	35	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	1.5	49.9 <	65.6 Kuşatılmamış
S504	y	25	17.5	17.5	35.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.4	26.5 <	65.6 ✓
S404	x	40	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	2.1	49.4 <	75.0 Kuşatılmamış
S404	y	25	20.0	20.0	40.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.7	26.3 <	75.0 ✓
S304	x	50	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	2.4	49.0 <	93.8 Kuşatılmamış
S304	y	25	25.0	25.0	50.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.7	26.3 <	93.8 ✓
S204	x	60	12.5	12.5	25.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	3.2	44.0 <	112.5 Kuşatılmamış
S204	y	25	30.0	30.0	50.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.5	26.5 <	93.8 ✓
S104	x	60	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	1.3	50.1 <	112.5 Kuşatılmamış
S104	y	25	30.0	30.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.6	24.5 <	93.8 ✓
S705											Panel başlığı		
S605											Panel başlığı		
S505											Panel başlığı		
S405											Panel başlığı		

KUŞATILMIS KOLON KONTROLU

Kolon	Bx/By	bw1	bw2	bj	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	Ast	Vkol	Ve	Vmax	AÇIKLAMA
S305											Panel başlığı		
S205											Panel başlığı		
S105											Panel başlığı		
S706											Panel başlığı		
S606											Panel başlığı		
S506											Panel başlığı		
S406											Panel başlığı		
S306											Panel başlığı		
S206											Panel başlığı		
S106											Panel başlığı		
S707	x	25	15.0	15.0	30.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.0	25.1 <	56.3 Kuşatılmamış
S707	y	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9 <	56.3 ✓
S607	x	25	15.0	15.0	30.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.6 <	56.3 Kuşatılmamış
S607	y	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8 <	56.3 ✓
S507	x	25	17.5	17.5	35.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.6 <	65.6 Kuşatılmamış
S507	y	35	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8 <	65.6 ✓
S407	x	25	20.0	20.0	40.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.5 <	75.0 Kuşatılmamış
S407	y	40	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.6	44.2 <	75.0 ✓
S307	x	25	22.5	22.5	45.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.6	24.5 <	84.4 Kuşatılmamış
S307	y	45	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	2.0	43.8 <	84.4 ✓
S207	x	25	25.0	25.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.5 <	93.8 Kuşatılmamış
S207	y	50	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	2.0	43.9 <	93.8 ✓
S107	x	25	30.0	30.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.3	24.8 <	93.8 Kuşatılmamış
S107	y	60	12.5	12.5	25.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	1.6	49.8 <	112.5 ✓
S708	x	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9 <	75.0 Kuşatılmış
S708	y	25	15.0	15.0	30.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9 <	75.0 ✓
S608	x	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0 <	75.0 Kuşatılmış
S608	y	25	15.0	15.0	30.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0 <	75.0 ✓
S508	x	35	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0 <	65.6 Kuşatılmamış
S508	y	25	17.5	17.5	35.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0 <	65.6 ✓
S408	x	45	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.2	44.6 <	84.4 Kuşatılmamış
S408	y	25	22.5	22.5	45.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8 <	84.4 ✓
S308	x	50	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.9	43.9 <	93.8 Kuşatılmamış
S308	y	25	25.0	25.0	50.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	1.2	45.9 <	93.8 ✓
S208	x	60	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.9	43.9 <	112.5 Kuşatılmamış
S208	y	25	30.0	30.0	50.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	1.1	46.1 <	93.8 ✓
S108	x	70	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.5	44.4 <	131.3 Kuşatılmamış
S108	y	25	35.0	35.0	50.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	0.6	46.6 <	93.8 ✓
S709											Panel başlığı		
S609											Panel başlığı		
S509											Panel başlığı		
S409											Panel başlığı		
S309											Panel başlığı		
S209											Panel başlığı		
S109											Panel başlığı		
S710											Panel başlığı		
S610											Panel başlığı		
S510											Panel başlığı		

KUŞATILMIS KOLON KONTROLU

Kolon		Bx/By	bw1	bw2	bj	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	Ast	Vkol	Ve		Vmax	AÇIKLAMA
S410												Panel başlığı			
S310												Panel başlığı			
S210												Panel başlığı			
S110												Panel başlığı			
S711	x	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9	<	75.0	Kuşatılmış
S711	y	25	15.0	15.0	30.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9	<	75.0	✓
S611	x	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0	<	75.0	Kuşatılmış
S611	y	25	15.0	15.0	30.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0	<	75.0	✓
S511	x	35	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0	<	65.6	Kuşatılmamış
S511	y	25	17.5	17.5	35.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0	<	65.6	✓
S411	x	45	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.2	44.6	<	84.4	Kuşatılmamış
S411	y	25	22.5	22.5	45.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8	<	84.4	✓
S311	x	50	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.9	43.9	<	93.8	Kuşatılmamış
S311	y	25	25.0	25.0	50.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	1.2	45.9	<	93.8	✓
S211	x	60	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.9	43.9	<	112.5	Kuşatılmamış
S211	y	25	30.0	30.0	50.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	1.1	46.1	<	93.8	✓
S111	x	70	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.5	44.4	<	131.3	Kuşatılmamış
S111	y	25	35.0	35.0	50.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	0.6	46.6	<	93.8	✓
S712	x	25	15.0	15.0	30.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.0	25.1	<	56.3	Kuşatılmamış
S712	y	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9	<	56.3	✓
S612	x	25	15.0	15.0	30.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.6	<	56.3	Kuşatılmamış
S612	y	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8	<	56.3	✓
S512	x	25	17.5	17.5	35.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.6	<	65.6	Kuşatılmamış
S512	y	35	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8	<	65.6	✓
S412	x	25	20.0	20.0	40.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.5	<	75.0	Kuşatılmamış
S412	y	40	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.6	44.2	<	75.0	✓
S312	x	25	22.5	22.5	45.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.6	24.5	<	84.4	Kuşatılmamış
S312	y	45	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	2.0	43.8	<	84.4	✓
S212	x	25	25.0	25.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.5	<	93.8	Kuşatılmamış
S212	y	50	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	2.0	43.9	<	93.8	✓
S112	x	25	30.0	30.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.3	24.8	<	93.8	Kuşatılmamış
S112	y	60	12.5	12.5	25.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	1.6	49.8	<	112.5	✓
S713	x	25	15.0	15.0	30.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.0	25.1	<	56.2	Kuşatılmamış
S713	y	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9	<	56.3	✓
S613	x	25	15.0	15.0	30.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.6	<	56.2	Kuşatılmamış
S613	y	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8	<	56.3	✓
S513	x	25	17.5	17.5	35.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.6	<	65.6	Kuşatılmamış
S513	y	35	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8	<	65.6	✓
S413	x	25	20.0	20.0	40.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.5	<	75.0	Kuşatılmamış
S413	y	40	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.6	44.2	<	75.0	✓
S313	x	25	22.5	22.5	45.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.6	24.5	<	84.4	Kuşatılmamış
S313	y	45	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	2.0	43.8	<	84.4	✓
S213	x	25	25.0	25.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.5	<	93.8	Kuşatılmamış
S213	y	50	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	2.0	43.9	<	93.8	✓
S113	x	25	30.0	30.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.3	24.8	<	93.8	Kuşatılmamış
S113	y	60	12.5	12.5	25.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	1.6	45.6	<	112.5	✓
S714	x	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9	<	75.0	Kuşatılmış
S714	y	25	15.0	15.0	30.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9	<	75.0	✓
S614	x	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0	<	75.0	Kuşatılmış
S614	y	25	15.0	15.0	30.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0	<	75.0	✓
S514	x	35	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0	<	65.6	Kuşatılmamış
S514	y	25	17.5	17.5	35.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0	<	65.6	✓
S414	x	45	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.2	44.6	<	84.4	Kuşatılmamış
S414	y	25	22.5	22.5	45.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8	<	84.4	✓

KUŞATILMIS KOLON KONTROLU

Kolon		Bx/By	bw1	bw2	bj	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	Ast	Vkol	Ve	Vmax	AÇIKLAMA
S314	x	50	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.9	43.9 <	93.8	Kuşatılmamış
S314	y	25	25.0	25.0	50.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	1.2	50.2 <	93.8	✓
S214	x	60	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.9	43.9 <	112.5	Kuşatılmamış
S214	y	25	30.0	30.0	50.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	1.1	50.3 <	93.8	✓
S114	x	70	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.5	44.4 <	131.3	Kuşatılmamış
S114	y	25	35.0	35.0	50.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	0.6	50.8 <	93.8	✓
S715												Panel başlığı		
S615												Panel başlığı		
S515												Panel başlığı		
S415												Panel başlığı		
S315												Panel başlığı		
S215												Panel başlığı		
S115												Panel başlığı		
S716												Panel başlığı		
S616												Panel başlığı		
S516												Panel başlığı		
S416												Panel başlığı		
S316												Panel başlığı		
S216												Panel başlığı		
S116												Panel başlığı		
S717	x	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9 <	75.0	Kuşatılmış
S717	y	25	15.0	15.0	30.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9 <	75.0	✓
S617	x	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0 <	75.0	Kuşatılmış
S617	y	25	15.0	15.0	30.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0 <	75.0	✓
S517	x	35	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0 <	65.6	Kuşatılmamış
S517	y	25	17.5	17.5	35.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.9	45.0 <	65.6	✓
S417	x	45	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.2	44.6 <	84.4	Kuşatılmamış
S417	y	25	22.5	22.5	45.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8 <	84.4	✓
S317	x	50	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.9	43.9 <	93.8	Kuşatılmamış
S317	y	25	25.0	25.0	50.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	1.2	50.2 <	93.8	✓
S217	x	60	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.9	43.9 <	112.5	Kuşatılmamış
S217	y	25	30.0	30.0	50.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	1.1	50.3 <	93.8	✓
S117	x	70	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.5	44.4 <	131.3	Kuşatılmamış
S117	y	25	35.0	35.0	50.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	0.6	50.8 <	93.8	✓
S718	x	25	15.0	15.0	30.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.0	25.1 <	56.2	Kuşatılmamış
S718	y	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	0.0	45.9 <	56.3	✓
S618	x	25	15.0	15.0	30.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.6 <	56.2	Kuşatılmamış
S618	y	30	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8 <	56.3	✓
S518	x	25	17.5	17.5	35.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.6 <	65.6	Kuşatılmamış
S518	y	35	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.1	44.8 <	65.6	✓
S418	x	25	20.0	20.0	40.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.5 <	75.0	Kuşatılmamış
S418	y	40	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	1.6	44.2 <	75.0	✓
S318	x	25	22.5	22.5	45.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.6	24.5 <	84.4	Kuşatılmamış
S318	y	45	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	2.0	43.8 <	84.4	✓
S218	x	25	25.0	25.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.5	24.5 <	93.8	Kuşatılmamış
S218	y	50	12.5	12.5	25.0	11.1	5.6	11.1	5.6	16.7	2.0	43.9 <	93.8	✓
S118	x	25	30.0	30.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.3	24.8 <	93.8	Kuşatılmamış
S118	y	60	12.5	12.5	25.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	1.6	45.6 <	112.5	✓
S719												Panel başlığı		

KUŞATILMIS KOLON KONTROLU

Kolon	Bx/By	bw1	bw2	bj	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	Ast	Vkol	Ve	Vmax	AÇIKLAMA
S619											Panel başlığı		
S519											Panel başlığı		
S419											Panel başlığı		
S319											Panel başlığı		
S219											Panel başlığı		
S119											Panel başlığı		
S720											Panel başlığı		
S620											Panel başlığı		
S520											Panel başlığı		
S420											Panel başlığı		
S320											Panel başlığı		
S220											Panel başlığı		
S120											Panel başlığı		
S721	x	30	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	0.0	47.2 <	56.3 Kuşatılmamış
S721	y	25	15.0	15.0	30.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	0.0	28.0 <	56.2 ✓
S621	x	30	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	1.5	45.7 <	56.3 Kuşatılmamış
S621	y	25	15.0	15.0	30.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.4	26.5 <	56.2 ✓
S521	x	35	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	1.5	45.7 <	65.6 Kuşatılmamış
S521	y	25	17.5	17.5	35.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.4	26.5 <	65.6 ✓
S421	x	40	12.5	12.5	25.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	2.1	49.4 <	75.0 Kuşatılmamış
S421	y	25	20.0	20.0	40.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.7	26.3 <	75.0 ✓
S321	x	50	12.5	12.5	25.0	9.1	5.6	9.1	9.6	18.7	2.4	49.0 <	93.8 Kuşatılmamış
S321	y	25	25.0	25.0	50.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.7	26.3 <	93.8 ✓
S221	x	60	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	3.2	44.0 <	112.5 Kuşatılmamış
S221	y	25	30.0	30.0	50.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.5	26.5 <	93.8 ✓
S121	x	60	12.5	12.5	25.0	9.1	4.0	9.1	8.0	17.2	1.3	45.8 <	112.5 Kuşatılmamış
S121	y	25	30.0	30.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.6	24.5 <	93.8 ✓
S722	x	30	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	0.0	51.4 <	56.3 Kuşatılmamış
S722	y	25	15.0	15.0	30.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	0.0	28.0 <	56.2 ✓
S622	x	30	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	1.5	49.9 <	56.3 Kuşatılmamış
S622	y	25	15.0	15.0	30.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.4	26.5 <	56.2 ✓
S522	x	35	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	1.5	49.9 <	65.6 Kuşatılmamış
S522	y	25	17.5	17.5	35.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.4	26.5 <	65.6 ✓
S422	x	40	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	2.1	49.4 <	75.0 Kuşatılmamış
S422	y	25	20.0	20.0	40.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.7	26.3 <	75.0 ✓
S322	x	50	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	2.4	49.0 <	93.8 Kuşatılmamış
S322	y	25	25.0	25.0	50.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.7	26.3 <	93.8 ✓
S222	x	60	12.5	12.5	25.0	9.1	8.0	9.1	4.0	17.2	3.2	44.0 <	112.5 Kuşat lmamış
S222	y	25	30.0	30.0	50.0	10.2	0.0	10.2	0.0	10.2	1.5	26.5 <	93.8 ✓
S122	x	60	12.5	12.5	25.0	9.1	9.6	9.1	5.6	18.7	1.3	50.1 <	112.5 Kuşatılmamış
S122	y	25	30.0	30.0	50.0	9.1	0.0	9.1	0.0	9.1	0.6	24.5 <	93.8 ✓
S723											Panel başlığı		
S623											Panel başlığı		
S523											Panel başlığı		
S423											Panel başlığı		
S323											Panel başlığı		
S223											Panel başlığı		
S123											Panel başlığı		

KUŞATILMIS KOLON KONTROLU

Kolon	Bx/By	bw1	bw2	bj	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	Ast	Vkol	Ve	Vmax	AÇIKLAMA
S724											Panel başlığı		
S624											Panel başlığı		
S524											Panel başlığı		
S424											Panel başlığı		
S324											Panel başlığı		
S224											Panel başlığı		
S124											Panel başlığı		

ZEMİN GERİLMESİ t/m²

Nok. no	1 g	2 q	3 q	4 q	5 q	6 q	7 q	8 z	9 e	10 e	11 e	12 e	13 w	14 w	15 w	16 w	max. σ
1	8.129	0.950	0.950	0.947	0.947	0.950	0.950	0.00	-1.05	-1.12	-1.64	-1.54	-0.12	-0.11	-0.27	-0.25	9.079
2	8.122	0.948	0.948	0.944	0.945	0.948	0.947	0.00	-1.01	-1.07	-1.64	-1.55	-0.11	-0.10	-0.27	-0.25	9.070
3	7.821	0.878	0.878	0.876	0.877	0.878	0.878	0.00	-0.92	-0.97	-1.37	-1.29	-0.10	-0.09	-0.22	-0.21	8.699
4	8.091	0.938	0.938	0.934	0.935	0.938	0.937	0.00	-0.93	-0.97	-1.63	-1.57	-0.10	-0.09	-0.27	-0.26	9.028
5	7.838	0.888	0.888	0.886	0.886	0.887	0.887	0.00	-0.89	-0.94	-1.37	-1.30	-0.10	-0.09	-0.22	-0.21	8.726
6	7.476	0.788	0.788	0.787	0.788	0.788	0.788	0.00	-0.83	-0.86	-1.08	-1.02	-0.09	-0.08	-0.18	-0.17	8.264
7	8.047	0.922	0.923	0.918	0.919	0.922	0.922	0.00	-0.82	-0.85	-1.62	-1.59	-0.09	-0.08	-0.27	-0.26	8.970
8	7.809	0.888	0.889	0.886	0.887	0.888	0.888	0.00	-0.81	-0.84	-1.36	-1.31	-0.08	-0.08	-0.22	-0.21	8.698
9	7.462	0.806	0.806	0.805	0.805	0.806	0.806	0.00	-0.77	-0.80	-1.08	-1.03	-0.08	-0.08	-0.18	-0.17	8.268
10	7.154	0.692	0.692	0.692	0.692	0.692	0.692	0.00	-0.76	-0.79	-0.81	-0.76	-0.08	-0.08	-0.13	-0.12	7.846
11	7.996	0.903	0.904	0.899	0.900	0.904	0.903	0.00	-0.72	-0.72	-1.62	-1.62	-0.07	-0.07	-0.27	-0.27	8.900
12	7.772	0.888	0.888	0.886	0.886	0.888	0.888	0.00	-0.71	-0.73	-1.35	-1.32	-0.07	-0.07	-0.22	-0.22	8.660
13	7.429	0.820	0.820	0.819	0.820	0.820	0.820	0.00	-0.69	-0.71	-1.08	-1.04	-0.07	-0.07	-0.18	-0.17	8.250
14	7.091	0.717	0.718	0.717	0.718	0.718	0.717	0.00	-0.68	-0.70	-0.81	-0.77	-0.07	-0.07	-0.13	-0.12	7.809
15	6.927	0.609	0.610	0.609	0.610	0.609	0.609	0.00	-0.73	-0.75	-0.56	-0.52	-0.07	-0.07	-0.09	-0.08	7.537
16	7.896	0.878	0.879	0.873	0.874	0.878	0.877	0.00	-0.63	-0.61	-1.63	-1.65	-0.06	-0.06	-0.27	-0.27	8.774
17	7.729	0.886	0.887	0.884	0.885	0.886	0.886	0.00	-0.61	-0.61	-1.34	-1.34	-0.06	-0.06	-0.22	-0.22	8.616
18	7.393	0.835	0.835	0.834	0.834	0.835	0.835	0.00	-0.59	-0.60	-1.06	-1.05	-0.06	-0.06	-0.17	-0.17	8.229
19	7.020	0.743	0.743	0.742	0.742	0.743	0.743	0.00	-0.58	-0.59	-0.80	-0.77	-0.06	-0.06	-0.13	-0.13	7.763
20	6.816	0.642	0.643	0.643	0.643	0.643	0.642	0.00	-0.62	-0.64	-0.56	-0.53	-0.06	-0.06	-0.09	-0.09	7.459
21	6.739	0.543	0.545	0.543	0.544	0.544	0.543	0.00	-0.70	-0.72	-0.35	-0.31	-0.07	-0.07	-0.05	-0.05	7.284
22	7.670	0.839	0.840	0.835	0.836	0.840	0.839	0.00	-0.52	-0.49	-1.65	-1.69	-0.05	-0.05	-0.27	-0.28	8.510
23	7.667	0.883	0.883	0.881	0.881	0.883	0.883	0.00	-0.51	-0.50	-1.33	-1.35	-0.05	-0.05	-0.22	-0.22	8.550
24	7.362	0.852	0.852	0.851	0.852	0.852	0.852	0.00	-0.49	-0.49	-1.04	-1.04	-0.05	-0.05	-0.17	-0.17	8.214
25	6.971	0.772	0.772	0.772	0.772	0.772	0.772	0.00	-0.47	-0.48	-0.78	-0.77	-0.05	-0.05	-0.13	-0.12	7.744
26	6.682	0.675	0.675	0.674	0.674	0.675	0.675	0.00	-0.50	-0.51	-0.55	-0.53	-0.05	-0.05	-0.09	-0.09	7.358
27	6.608	0.585	0.586	0.584	0.585	0.586	0.584	0.00	-0.58	-0.60	-0.35	-0.32	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	7.195
28	6.523	0.492	0.495	0.492	0.493	0.495	0.492	0.00	-0.68	-0.69	-0.16	-0.14	-0.07	-0.07	-0.02	-0.02	7.018
29	7.381	0.799	0.800	0.796	0.797	0.799	0.799	0.00	-0.37	-0.35	-1.72	-1.76	-0.03	-0.03	-0.28	-0.29	8.181
30	7.457	0.865	0.865	0.863	0.864	0.865	0.865	0.00	-0.42	-0.40	-1.33	-1.36	-0.04	-0.04	-0.22	-0.22	8.322
31	7.304	0.869	0.868	0.868	0.868	0.868	0.869	0.00	-0.40	-0.39	-1.02	-1.04	-0.04	-0.04	-0.17	-0.17	8.173
32	6.958	0.810	0.809	0.810	0.810	0.809	0.810	0.00	-0.37	-0.37	-0.76	-0.76	-0.03	-0.03	-0.12	-0.12	7.768
33	6.614	0.717	0.718	0.717	0.717	0.718	0.717	0.00	-0.38	-0.38	-0.53	-0.53	-0.04	-0.04	-0.08	-0.08	7.332
34	6.416	0.621	0.622	0.620	0.621	0.622	0.621	0.00	-0.44	-0.45	-0.34	-0.33	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	7.038
35	6.377	0.539	0.541	0.538	0.539	0.541	0.539	0.00	-0.54	-0.55	-0.16	-0.14	-0.05	-0.05	-0.02	-0.02	6.918
36	6.421	0.473	0.476	0.473	0.473	0.475	0.473	0.00	-0.67	-0.67	0.000	0.000	-0.07	-0.07	0.000	0.000	6.897
37	7.185	0.775	0.776	0.772	0.773	0.775	0.775	0.00	-0.23	-0.20	-1.84	-1.88	-0.02	-0.02	-0.30	-0.31	7.961
38	7.211	0.850	0.850	0.848	0.849	0.850	0.850	0.00	-0.29	-0.27	-1.37	-1.41	-0.02	-0.03	-0.22	-0.23	8.060
39	7.172	0.882	0.881	0.882	0.882	0.881	0.882	0.00	-0.31	-0.29	-1.01	-1.04	-0.03	-0.03	-0.16	-0.17	8.054
40	6.945	0.852	0.851	0.852	0.852	0.851	0.852	0.00	-0.28	-0.27	-0.73	-0.75	-0.02	-0.03	-0.12	-0.12	7.797
41	6.638	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.00	-0.27	-0.27	-0.51	-0.52	-0.02	-0.02	-0.08	-0.08	7.414
42	6.340	0.674	0.675	0.674	0.674	0.675	0.674	0.00	-0.31	-0.31	-0.33	-0.32	-0.03	-0.03	-0.05	-0.05	7.015
43	6.222	0.585	0.587	0.584	0.584	0.587	0.585	0.00	-0.40	-0.41	-0.16	-0.15	-0.04	-0.04	-0.02	-0.02	6.809
44	6.282	0.522	0.524	0.521	0.521	0.524	0.522	0.00	-0.53	-0.53	0.000	0.000	-0.05	-0.05	0.000	0.000	6.807
45	6.522	0.493	0.495	0.493	0.493	0.495	0.493	0.00	-0.69	-0.68	0.164	0.144	-0.07	-0.07	0.027	0.024	7.017
46	7.090	0.765	0.766	0.763	0.764	0.766	0.765	0.00	-0.11	-0.09	-1.96	-2.00	-0.01	-0.01	-0.32	-0.33	7.856
47	7.070	0.849	0.849	0.848	0.848	0.849	0.849	0.00	-0.17	-0.15	-1.45	-1.49	-0.01	-0.01	-0.24	-0.24	7.920
48	7.030	0.900	0.899	0.900	0.900	0.899	0.900	0.00	-0.21	-0.19	-1.02	-1.05	-0.02	-0.02	-0.17	-0.17	7.930
49	6.910	0.899	0.898	0.899	0.899	0.898	0.899	0.00	-0.20	-0.19	-0.72	-0.74	-0.01	-0.02	-0.12	-0.12	7.810
50	6.702	0.846	0.845	0.846	0.846	0.845	0.846	0.00	-0.18	-0.17	-0.49	-0.51	-0.01	-0.01	-0.08	-0.08	7.548
51	6.397	0.750	0.750	0.749	0.749	0.750	0.750	0.00	-0.19	-0.19	-0.31	-0.32	-0.02	-0.02	-0.05	-0.05	7.148
52	6.154	0.645	0.647	0.645	0.645	0.647	0.645	0.00	-0.27	-0.27	-0.15	-0.15	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	6.801
53	6.146	0.572	0.574	0.571	0.571	0.573	0.572	0.00	-0.39	-0.39	0.000	0.000	-0.04	-0.04	0.000	0.000	6.719
54	6.376	0.539	0.541	0.538	0.538	0.541	0.539	0.00	-0.55	-0.54	0.164	0.149	-0.05	-0.05	0.027	0.025	6.917
55	6.739	0.543	0.545	0.544	0.543	0.545	0.544	0.00	-0.72	-0.70	0.351	0.317	-0.07	-0.07	0.059	0.053	7.283
56	7.026	0.760	0.761	0.757	0.758	0.761	0.759	0.00	-0.03	-0.02	-2.02	-2.04	-0.00	-0.00	-0.33	-0.33	7.787
57	7.028	0.858	0.858	0.857	0.857	0.858	0.858	0.00	-0.08	-0.07	-1.55	-1.57	-0.00	-0.00	-0.25	-0.26	7.886
58	6.959	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.927	0.00	-0.12	-0.10	-1.06	-1.09	-0.01	-0.01	-0.17	-0.18	7.887
59	6.889	0.953	0.952	0.955	0.954	0.953	0.954	0.00	-0.12	-0.11	-0.71	-0.73	-0.01	-0.01	-0.11	-0.12	7.844
60	6.742	0.919	0.918	0.921	0.920	0.919	0.920	0.00	-0.11	-0.10	-0.47	-0.49	-0.01	-0.01	-0.07	-0.08	7.663
61	6.542	0.843	0.843	0.844	0.843	0.843	0.843	0.00	-0.11	-0.10	-0.30	-0.31	-0.01	-0.01	-0.05	-0.05	7.386
62	6.211	0.727	0.728	0.727	0.727	0.728	0.728	0.00	-0.15	-0.15	-0.14	-0.15	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	6.939
63	6.085	0.635	0.636	0.634	0.634	0.636	0.635	0.00	-0.25	-0.25	0.000	0.000	-0.02	-0.02	0.000	0.000	6.721
64	6.222	0.585	0.587	0.584	0.584	0.587	0.585	0.00	-0.41	-0.40	0.161	0.153	-0.04	-0.04	0.027	0.026	6.809
65	6.608	0.585	0.586	0.585	0.584	0.586	0.585	0.00	-0.60	-0.58	0.351	0.326	-0.06	-0.06	0.059	0.055	7.194
66	6.926	0.609	0.610	0.610	0.609	0.610	0.610	0.00	-0.75	-0.73	0.567	0.525	-0.07	-0.07	0.095	0.088	7.536
67	7.025	0.760	0.761	0.757	0.758	0.761	0.759	0.00	0.036	0.028	-2.04	-2.02	0.003	0.004	-0.33	-0.33	7.787
68	6.976	0.861	0.861	0.860	0.860	0.861	0.861	0.00	-0.02	-0.02	-1.58	-1.59	-0.00	-0.00	-0.26	-0.26	7.837
69	6.946	0.955	0.954	0.955	0.955	0.954	0.955	0.00	-0.05	-0.04	-1.11	-1.13	-0.00	-0.00	-0.18	-0.18	7.900
70	6.921	1.015	1.014	1.017	1.016	1.015	1.016	0.00	-0.06	-0.05	-0.72	-0.74	-0.00	-0.00	-0.12	-0.12	7.938
71	6.820	1.006	1.005	1.008	1.007	1.005	1.006	0.00	-0.05	-0.04	-0.46	-0.48	-0.00	-0.00	-0.07	-0.08	7.827
72	6.629	0.935	0.934	0.937	0.936	0.934	0.936	0.00	-0.05	-0.04	-0.28	-0.29	-0.00	-0.00	-0.04	-0.05	7.566
73	6.351	0.827	0.827	0.828	0.827	0.827	0.827	0.00	-0.06	-0.06	-0.13	-0.14	-0.00	-0.00	-0.02	-0.02	7.178
74	6.136	0.718	0.719	0.718	0.717	0.719	0.718	0.00	-0.14	-0.14	0.000	0.000	-0.01	-0.01	0.000	0.000	6.855
75	6.154	0.645	0.647	0.645	0.644	0.647	0.646	0.00	-0.27	-0.27	0.156	0.154	-0.02	-0.02	0.026	0.026	6.800
76	6.415	0.621	0.623	0.621	0.620	0.623	0.622	0.00	-0.45	-0.44	0.343	0.330	-0.04	-0.04	0.057	0.055	7.038
77	6.815	0.643	0.643	0.643	0.642	0.643	0.643	0.00	-0.64	-0.62	0.567	0.537	-0.06	-0.06	0.095	0.090	7.458
78	7.153	0.692	0.692	0.692	0.692	0.692	0.692	0.00	-0.79	-0.76	0.812	0.762	-0.08	-0.08	0.135	0.127	7.845
79	7.089	0.765	0.766	0.763	0.763	0.766	0.765	0.00	0.118	0.097	-2.00	-1.96	0.010	0.012	-0.33	-0.32	7.856
80	6.975	0.861	0.862	0.860	0.860	0.862	0.861	0.00	0.027	0.021	-1.59	-1.58	0.002	0.003	-0.26	-0.26	7.837

ZEMİN GERİLMESİ t/m²

Nok. no	1 g	2 q	3 q	4 q	5 q	6 q	7 q	8 z	9 e	10 e	11 e	12 e	13 w	14 w	15 w	16 w	max. σ
81	6.942	0.970	0.970	0.971	0.970	0.971	0.970	0.00	-0.01	-0.01	-1.14	-1.15	-0.00	-0.00	-0.19	-0.19	7.913
82	6.976	1.068	1.067	1.069	1.068	1.068	1.068	0.00	-0.02	-0.01	-0.73	-0.75	-0.00	-0.00	-0.12	-0.12	8.046
83	6.975	1.105	1.104	1.107	1.106	1.104	1.106	0.00	-0.01	-0.00	-0.44	-0.46	0.000	-0.00	-0.07	-0.07	8.082
84	6.787	1.044	1.043	1.046	1.045	1.043	1.045	0.00	-0.00	0.006	-0.27	-0.28	0.001	0.000	-0.04	-0.04	7.833
85	6.523	0.937	0.937	0.939	0.938	0.937	0.938	0.00	-0.00	-0.00	-0.13	-0.13	0.000	-0.00	-0.02	-0.02	7.462
86	6.275	0.819	0.820	0.820	0.819	0.820	0.820	0.00	-0.05	-0.05	0.000	0.000	-0.00	-0.00	0.000	0.000	7.095
87	6.211	0.727	0.728	0.727	0.727	0.728	0.728	0.00	-0.15	-0.15	0.148	0.151	-0.01	-0.01	0.024	0.025	6.939
88	6.339	0.674	0.675	0.674	0.673	0.675	0.675	0.00	-0.31	-0.31	0.331	0.328	-0.03	-0.03	0.055	0.055	7.014
89	6.682	0.675	0.675	0.674	0.674	0.675	0.675	0.00	-0.51	-0.50	0.556	0.538	-0.05	-0.05	0.093	0.090	7.357
90	7.090	0.718	0.718	0.718	0.717	0.718	0.718	0.00	-0.70	-0.68	0.813	0.774	-0.07	-0.07	0.135	0.129	7.808
91	7.475	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.00	-0.86	-0.83	1.086	1.025	-0.08	-0.09	0.181	0.171	8.263
92	7.185	0.775	0.776	0.772	0.773	0.776	0.775	0.00	0.233	0.206	-1.88	-1.84	0.021	0.024	-0.31	-0.30	7.961
93	7.027	0.858	0.858	0.857	0.857	0.859	0.858	0.00	0.088	0.070	-1.57	-1.55	0.007	0.009	-0.26	-0.25	7.886
94	6.942	0.970	0.970	0.971	0.970	0.971	0.970	0.00	0.016	0.012	-1.15	-1.14	0.001	0.002	-0.19	-0.19	7.913
95	7.010	1.095	1.095	1.096	1.096	1.095	1.095	0.00	-0.00	-0.00	-0.75	-0.76	0.000	-0.00	-0.12	-0.12	8.106
96	7.134	1.190	1.189	1.192	1.191	1.190	1.191	0.00	0.011	0.018	-0.44	-0.45	0.002	0.001	-0.07	-0.07	8.326
97	7.044	1.168	1.167	1.170	1.169	1.167	1.168	0.00	0.027	0.035	-0.26	-0.27	0.004	0.003	-0.04	-0.04	8.214
98	6.758	1.062	1.060	1.064	1.063	1.061	1.062	0.00	0.029	0.034	-0.12	-0.13	0.004	0.003	-0.02	-0.02	7.822
99	6.475	0.936	0.935	0.938	0.937	0.936	0.937	0.00	0.005	0.005	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	7.412
100	6.350	0.827	0.827	0.828	0.827	0.827	0.828	0.00	-0.06	-0.06	0.139	0.145	-0.00	-0.00	0.023	0.024	7.178
101	6.397	0.750	0.750	0.749	0.749	0.750	0.750	0.00	-0.19	-0.19	0.316	0.322	-0.02	-0.02	0.052	0.054	7.147
102	6.613	0.717	0.718	0.717	0.716	0.718	0.718	0.00	-0.38	-0.38	0.539	0.533	-0.04	-0.04	0.089	0.089	7.331
103	7.019	0.743	0.743	0.742	0.742	0.743	0.743	0.00	-0.59	-0.58	0.803	0.778	-0.06	-0.06	0.134	0.130	7.762
104	7.461	0.806	0.806	0.805	0.806	0.806	0.805	0.00	-0.80	-0.77	1.089	1.038	-0.08	-0.08	0.181	0.173	8.267
105	7.820	0.878	0.879	0.877	0.879	0.878	0.877	0.00	-0.97	-0.92	1.370	1.293	-0.09	-0.10	0.228	0.215	8.698
106	7.380	0.799	0.800	0.796	0.796	0.800	0.799	0.00	0.377	0.350	-1.76	-1.72	0.036	0.039	-0.29	-0.28	8.181
107	7.070	0.849	0.849	0.848	0.848	0.850	0.849	0.00	0.179	0.157	-1.49	-1.45	0.016	0.019	-0.24	-0.24	7.920
108	6.945	0.955	0.955	0.955	0.954	0.955	0.955	0.00	0.058	0.045	-1.13	-1.11	0.005	0.006	-0.18	-0.18	7.901
109	7.010	1.095	1.095	1.096	1.096	1.096	1.095	0.00	0.005	0.002	-0.76	-0.75	0.000	0.001	-0.12	-0.12	8.106
110	7.184	1.221	1.220	1.222	1.221	1.221	1.221	0.00	0.007	0.009	-0.46	-0.47	0.001	0.001	-0.07	-0.08	8.406
111	7.298	1.274	1.273	1.277	1.275	1.274	1.275	0.00	0.034	0.039	-0.28	-0.28	0.004	0.004	-0.04	-0.05	8.575
112	7.066	1.192	1.191	1.194	1.193	1.191	1.193	0.00	0.047	0.051	-0.12	-0.13	0.006	0.005	-0.02	-0.02	8.260
113	6.742	1.066	1.064	1.068	1.067	1.065	1.066	0.00	0.041	0.041	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	7.810
114	6.522	0.937	0.937	0.939	0.938	0.937	0.938	0.00	-0.00	-0.00	0.131	0.138	-0.00	0.000	0.022	0.023	7.462
115	6.541	0.843	0.843	0.844	0.843	0.843	0.844	0.00	-0.10	-0.11	0.300	0.312	-0.01	-0.01	0.050	0.052	7.385
116	6.637	0.776	0.776	0.776	0.775	0.776	0.777	0.00	-0.27	-0.27	0.518	0.525	-0.02	-0.02	0.086	0.087	7.414
117	6.970	0.773	0.773	0.772	0.772	0.773	0.773	0.00	-0.48	-0.47	0.785	0.776	-0.05	-0.05	0.130	0.129	7.743
118	7.428	0.821	0.821	0.820	0.820	0.820	0.820	0.00	-0.71	-0.69	1.081	1.046	-0.07	-0.07	0.180	0.174	8.249
119	7.837	0.888	0.888	0.886	0.888	0.887	0.886	0.00	-0.94	-0.89	1.377	1.306	-0.09	-0.10	0.229	0.217	8.725
120	8.127	0.950	0.950	0.947	0.951	0.950	0.947	0.00	-1.12	-1.05	1.649	1.548	-0.11	-0.12	0.274	0.257	9.078
121	7.669	0.839	0.840	0.836	0.836	0.840	0.839	0.00	0.520	0.498	-1.69	-1.65	0.052	0.054	-0.28	-0.27	8.509
122	7.210	0.850	0.850	0.849	0.848	0.851	0.850	0.00	0.299	0.276	-1.41	-1.37	0.028	0.031	-0.23	-0.22	8.060
123	6.959	0.928	0.927	0.928	0.927	0.928	0.928	0.00	0.123	0.106	-1.09	-1.06	0.011	0.013	-0.18	-0.17	7.887
124	6.976	1.068	1.067	1.069	1.068	1.069	1.068	0.00	0.024	0.015	-0.75	-0.73	0.001	0.002	-0.12	-0.12	8.045
125	7.184	1.221	1.220	1.222	1.221	1.221	1.221	0.00	-0.00	-0.00	-0.47	-0.46	-0.00	-0.00	-0.08	-0.07	8.406
126	7.353	1.307	1.306	1.309	1.308	1.307	1.308	0.00	0.013	0.016	-0.28	-0.28	0.002	0.001	-0.04	-0.05	8.662
127	7.332	1.294	1.293	1.297	1.295	1.294	1.295	0.00	0.041	0.044	-0.13	-0.14	0.005	0.004	-0.02	-0.02	8.628
128	7.067	1.197	1.196	1.199	1.198	1.196	1.198	0.00	0.055	0.055	0.000	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000	8.266
129	6.758	1.062	1.060	1.064	1.063	1.061	1.063	0.00	0.034	0.029	0.125	0.133	0.003	0.004	0.021	0.022	7.822
130	6.629	0.935	0.934	0.937	0.936	0.934	0.936	0.00	-0.04	-0.05	0.284	0.298	-0.00	-0.00	0.047	0.050	7.566
131	6.701	0.846	0.845	0.847	0.845	0.845	0.847	0.00	-0.17	-0.18	0.497	0.513	-0.01	-0.01	0.083	0.085	7.547
132	6.957	0.810	0.810	0.810	0.809	0.810	0.810	0.00	-0.37	-0.37	0.762	0.768	-0.03	-0.03	0.127	0.128	7.767
133	7.392	0.835	0.835	0.834	0.835	0.835	0.835	0.00	-0.60	-0.59	1.065	1.050	-0.06	-0.06	0.177	0.175	8.228
134	7.807	0.889	0.889	0.887	0.889	0.888	0.887	0.00	-0.84	-0.81	1.366	1.317	-0.08	-0.08	0.227	0.219	8.696
135	8.120	0.948	0.948	0.945	0.949	0.948	0.945	0.00	-1.07	-1.01	1.648	1.559	-0.10	-0.11	0.274	0.259	9.069
136	7.894	0.878	0.879	0.874	0.874	0.879	0.877	0.00	0.629	0.615	-1.65	-1.63	0.064	0.066	-0.27	-0.27	8.773
137	7.455	0.865	0.866	0.864	0.864	0.866	0.865	0.00	0.428	0.409	-1.36	-1.33	0.042	0.044	-0.22	-0.22	8.321
138	7.029	0.900	0.900	0.900	0.899	0.901	0.900	0.00	0.214	0.195	-1.05	-1.02	0.020	0.022	-0.17	-0.17	7.929
139	6.920	1.016	1.015	1.017	1.015	1.016	1.016	0.00	0.066	0.052	-0.74	-0.72	0.005	0.007	-0.12	-0.12	7.937
140	7.134	1.190	1.189	1.192	1.191	1.191	1.191	0.00	-0.01	-0.01	-0.45	-0.44	-0.00	-0.00	-0.07	-0.07	8.326
141	7.353	1.307	1.306	1.309	1.308	1.308	1.308	0.00	-0.01	-0.01	-0.28	-0.28	-0.00	-0.00	-0.05	-0.04	8.663
142	7.429	1.341	1.340	1.343	1.341	1.340	1.341	0.00	0.016	0.017	-0.14	-0.14	0.002	0.002	-0.02	-0.02	8.772
143	7.341	1.300	1.299	1.302	1.301	1.299	1.300	0.00	0.045	0.045	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	8.643
144	7.066	1.192	1.191	1.194	1.193	1.191	1.193	0.00	0.051	0.047	0.128	0.134	0.005	0.006	0.022	0.023	8.260
145	6.787	1.044	1.043	1.046	1.045	1.043	1.045	0.00	0.006	-0.00	0.270	0.284	0.000	0.001	0.045	0.048	7.833
146	6.741	0.920	0.918	0.921	0.920	0.919	0.920	0.00	-0.10	-0.11	0.477	0.496	-0.01	-0.01	0.079	0.083	7.662
147	6.944	0.852	0.852	0.853	0.852	0.852	0.853	0.00	-0.27	-0.28	0.739	0.756	-0.03	-0.02	0.123	0.126	7.796
148	7.361	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.00	-0.49	-0.49	1.045	1.049	-0.05	-0.05	0.173	0.175	8.213
149	7.771	0.888	0.888	0.886	0.888	0.888	0.886	0.00	-0.73	-0.71	1.353	1.329	-0.07	-0.07	0.225	0.221	8.659
150	8.089	0.938	0.938	0.934	0.938	0.937	0.935	0.00	-0.97	-0.93	1.637	1.572	-0.09	-0.10	0.272	0.261	9.027
151	7.995	0.904	0.904	0.900	0.900	0.905	0.903	0.00	0.725	0.726	-1.62	-1.62	0.076	0.076	-0.27	-0.27	8.900
152	7.665	0.883	0.884	0.881	0.881	0.884	0.883	0.00	0.516	0.502	-1.35	-1.33	0.052	0.054	-0.22	-0.22	8.549
153	7.170	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882	0.00	0.313	0.296	-1.04	-1.01	0.030	0.032	-0.17	-0.16	8.053
154	6.888	0.954	0.953	0.955	0.954	0.954	0.954	0.00	0.129	0.113	-0.73	-0.71	0.012	0.013	-0.12	-0.11	7.843
155	6.974	1.106	1.104	1.108	1.106	1.106	1.106	0.00	0.012	0.001	-0.46	-0.44	0.000	0.001	-0.07	-0.07	8.082
156	7.298	1.275	1.274	1.277	1.275	1.275	1.275	0.00	-0.03	-0.03	-0.28	-0.28	-0.00	-0.00	-0.05	-0.04	8.575
157	7.429	1.341	1.340	1.343	1.341	1.341	1.341	0.00	-0.01	-0.01	-0.14	-0.14	-0.00	-0.00	-0.02	-0.02	8.772
158	7.445	1.347	1.346	1.349	1.348	1.347	1.348	0.00	0.017	0.017	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	8.795
159	7.332	1.294	1.293	1.297	1.295	1.294	1.295	0.00	0.044	0.041	0.138	0.143	0.004	0.005	0.024	0.025	8.628
160	7.044	1.168	1.167	1.170	1.169	1.167	1.169	0.00	0.035	0.027	0.264	0.276	0.003	0.004	0.045	0.047	8.214
161	6.819	1.006	1.005	1.008	1.007	1.005	1.007	0.00	-0.04	-0.05	0.460	0.480	-0.00	-0.00	0.077	0.080	7.827

ZEMİN GERİLMESİ t/m²

Nok. no	1 g	2 q	3 q	4 q	5 q	6 q	7 q	8 z	9 e	10 e	11 e	12 e	13 w	14 w	15 w	16 w	max. σ
162	6.909	0.899	0.898	0.900	0.899	0.898	0.899	0.00	-0.19	-0.20	0.721	0.744	-0.02	-0.01	0.120	0.124	7.809
163	7.303	0.869	0.869	0.869	0.869	0.868	0.869	0.00	-0.39	-0.40	1.024	1.043	-0.04	-0.04	0.170	0.174	8.172
164	7.728	0.887	0.887	0.885	0.887	0.886	0.885	0.00	-0.61	-0.61	1.341	1.342	-0.06	-0.06	0.223	0.223	8.615
165	8.046	0.922	0.923	0.919	0.923	0.922	0.919	0.00	-0.85	-0.82	1.627	1.593	-0.08	-0.09	0.271	0.265	8.969
166	8.046	0.922	0.923	0.919	0.919	0.923	0.922	0.00	0.829	0.851	-1.59	-1.62	0.090	0.088	-0.26	-0.27	8.969
167	7.728	0.887	0.887	0.885	0.885	0.887	0.887	0.00	0.614	0.614	-1.34	-1.34	0.064	0.064	-0.22	-0.22	8.615
168	7.303	0.869	0.869	0.869	0.869	0.869	0.869	0.00	0.402	0.390	-1.04	-1.02	0.040	0.042	-0.17	-0.17	8.172
169	6.909	0.899	0.898	0.900	0.899	0.899	0.899	0.00	0.204	0.190	-0.74	-0.72	0.019	0.021	-0.12	-0.12	7.809
170	6.819	1.006	1.005	1.008	1.006	1.007	1.007	0.00	0.056	0.044	-0.48	-0.46	0.004	0.006	-0.08	-0.07	7.827
171	7.044	1.168	1.167	1.171	1.168	1.169	1.169	0.00	-0.02	-0.03	-0.27	-0.26	-0.00	-0.00	-0.04	-0.04	8.214
172	7.332	1.295	1.294	1.297	1.295	1.295	1.295	0.00	-0.04	-0.04	-0.14	-0.13	-0.00	-0.00	-0.02	-0.02	8.629
173	7.445	1.347	1.346	1.350	1.348	1.348	1.348	0.00	-0.01	-0.01	0.000	0.000	-0.00	-0.00	0.000	0.000	8.795
174	7.429	1.340	1.340	1.343	1.341	1.340	1.341	0.00	0.017	0.016	0.142	0.144	0.002	0.002	0.025	0.025	8.772
175	7.298	1.274	1.273	1.277	1.275	1.274	1.275	0.00	0.039	0.034	0.280	0.289	0.004	0.004	0.048	0.050	8.574
176	6.974	1.105	1.104	1.107	1.106	1.104	1.106	0.00	-0.00	-0.01	0.447	0.464	-0.00	0.000	0.075	0.078	8.081
177	6.889	0.954	0.953	0.955	0.954	0.953	0.954	0.00	-0.11	-0.12	0.715	0.739	-0.01	-0.01	0.119	0.123	7.843
178	7.170	0.882	0.882	0.882	0.882	0.881	0.882	0.00	-0.29	-0.31	1.014	1.041	-0.03	-0.03	0.168	0.173	8.053
179	7.665	0.883	0.883	0.881	0.884	0.883	0.881	0.00	-0.50	-0.51	1.333	1.356	-0.05	-0.05	0.221	0.226	8.549
180	7.995	0.904	0.904	0.900	0.904	0.903	0.900	0.00	-0.72	-0.72	1.624	1.623	-0.07	-0.07	0.270	0.270	8.899
181	8.089	0.938	0.938	0.934	0.935	0.939	0.937	0.00	0.936	0.977	-1.57	-1.63	0.104	0.099	-0.26	-0.27	9.028
182	7.771	0.888	0.888	0.886	0.886	0.888	0.888	0.00	0.715	0.730	-1.32	-1.35	0.077	0.075	-0.22	-0.22	8.659
183	7.361	0.853	0.852	0.852	0.852	0.852	0.853	0.00	0.495	0.492	-1.04	-1.04	0.051	0.052	-0.17	-0.17	8.213
184	6.943	0.852	0.852	0.853	0.853	0.852	0.853	0.00	0.286	0.275	-0.75	-0.73	0.028	0.030	-0.12	-0.12	7.796
185	6.741	0.920	0.919	0.922	0.920	0.920	0.920	0.00	0.115	0.103	-0.49	-0.47	0.010	0.012	-0.08	-0.07	7.662
186	6.786	1.044	1.043	1.047	1.044	1.045	1.045	0.00	0.003	-0.00	-0.28	-0.27	-0.00	0.000	-0.04	-0.04	7.833
187	7.066	1.192	1.191	1.195	1.192	1.193	1.193	0.00	-0.04	-0.05	-0.13	-0.12	-0.00	-0.00	-0.02	-0.02	8.261
188	7.341	1.300	1.299	1.302	1.300	1.301	1.301	0.00	-0.04	-0.04	0.000	0.000	-0.00	-0.00	0.000	0.000	8.643
189	7.429	1.341	1.340	1.343	1.341	1.341	1.341	0.00	-0.01	-0.01	0.144	0.142	-0.00	-0.00	0.025	0.025	8.772
190	7.353	1.307	1.306	1.309	1.308	1.307	1.308	0.00	0.016	0.013	0.284	0.288	0.001	0.002	0.049	0.050	8.662
191	7.134	1.190	1.189	1.192	1.191	1.190	1.191	0.00	0.018	0.011	0.440	0.451	0.001	0.002	0.074	0.076	8.326
192	6.921	1.015	1.015	1.017	1.016	1.015	1.016	0.00	-0.05	-0.06	0.721	0.743	-0.00	-0.00	0.120	0.124	7.937
193	7.029	0.900	0.900	0.900	0.901	0.899	0.900	0.00	-0.19	-0.21	1.028	1.057	-0.02	-0.02	0.171	0.176	7.929
194	7.455	0.865	0.865	0.864	0.866	0.865	0.864	0.00	-0.40	-0.42	1.336	1.365	-0.04	-0.04	0.222	0.227	8.321
195	7.894	0.878	0.879	0.874	0.879	0.878	0.874	0.00	-0.61	-0.62	1.633	1.655	-0.06	-0.06	0.272	0.276	8.773
196	8.121	0.948	0.948	0.945	0.945	0.949	0.948	0.00	1.019	1.076	-1.55	-1.64	0.115	0.108	-0.25	-0.27	9.070
197	7.808	0.889	0.889	0.887	0.887	0.889	0.889	0.00	0.812	0.843	-1.31	-1.36	0.089	0.086	-0.21	-0.22	8.697
198	7.392	0.836	0.836	0.835	0.835	0.836	0.836	0.00	0.594	0.604	-1.05	-1.06	0.063	0.062	-0.17	-0.17	8.228
199	6.956	0.810	0.810	0.810	0.810	0.809	0.810	0.00	0.377	0.373	-0.76	-0.76	0.039	0.039	-0.12	-0.12	7.767
200	6.700	0.846	0.846	0.847	0.847	0.845	0.846	0.00	0.185	0.176	-0.51	-0.49	0.018	0.019	-0.08	-0.08	7.547
201	6.628	0.936	0.935	0.938	0.936	0.936	0.936	0.00	0.050	0.041	-0.29	-0.28	0.004	0.005	-0.05	-0.04	7.566
202	6.757	1.062	1.061	1.065	1.062	1.063	1.063	0.00	-0.02	-0.03	-0.13	-0.12	-0.00	-0.00	-0.02	-0.02	7.822
203	7.067	1.197	1.196	1.200	1.197	1.198	1.198	0.00	-0.05	-0.05	0.000	0.000	-0.00	-0.00	0.000	0.000	8.267
204	7.332	1.295	1.294	1.297	1.295	1.295	1.295	0.00	-0.04	-0.04	0.143	0.138	-0.00	-0.00	0.025	0.024	8.629
205	7.353	1.307	1.306	1.309	1.308	1.308	1.308	0.00	-0.01	-0.01	0.288	0.284	-0.00	-0.00	0.050	0.049	8.662
206	7.184	1.221	1.220	1.222	1.221	1.221	1.221	0.00	0.009	0.007	0.468	0.472	0.001	0.001	0.079	0.080	8.406
207	6.976	1.068	1.067	1.069	1.069	1.068	1.068	0.00	-0.01	-0.02	0.738	0.753	-0.00	-0.00	0.124	0.126	8.045
208	6.959	0.927	0.927	0.928	0.928	0.927	0.927	0.00	-0.10	-0.12	1.068	1.096	-0.01	-0.01	0.178	0.183	7.887
209	7.210	0.850	0.850	0.849	0.851	0.849	0.848	0.00	-0.27	-0.29	1.374	1.410	-0.03	-0.02	0.228	0.235	8.061
210	7.669	0.839	0.840	0.836	0.840	0.839	0.836	0.00	-0.49	-0.52	1.658	1.694	-0.05	-0.05	0.276	0.282	8.509
211	8.128	0.950	0.951	0.947	0.947	0.951	0.950	0.00	1.058	1.122	-1.54	-1.64	0.120	0.113	-0.25	-0.27	9.079
212	7.837	0.888	0.888	0.886	0.886	0.888	0.888	0.00	0.897	0.942	-1.30	-1.37	0.100	0.095	-0.21	-0.22	8.725
213	7.428	0.821	0.821	0.820	0.820	0.820	0.821	0.00	0.690	0.712	-1.04	-1.08	0.075	0.073	-0.17	-0.18	8.249
214	6.970	0.773	0.773	0.772	0.773	0.772	0.773	0.00	0.478	0.484	-0.77	-0.78	0.050	0.050	-0.12	-0.13	7.743
215	6.637	0.776	0.776	0.776	0.777	0.775	0.777	0.00	0.274	0.270	-0.52	-0.51	0.028	0.028	-0.08	-0.08	7.414
216	6.541	0.844	0.843	0.844	0.844	0.843	0.844	0.00	0.110	0.102	-0.31	-0.30	0.010	0.011	-0.05	-0.05	7.385
217	6.522	0.938	0.937	0.940	0.938	0.939	0.939	0.00	0.009	0.005	-0.13	-0.13	0.000	0.001	-0.02	-0.02	7.462
218	6.742	1.066	1.065	1.068	1.066	1.067	1.067	0.00	-0.04	-0.04	0.000	0.000	-0.00	-0.00	0.000	0.000	7.810
219	7.066	1.192	1.191	1.195	1.192	1.193	1.193	0.00	-0.05	-0.04	0.134	0.128	-0.00	-0.00	0.023	0.022	8.261
220	7.298	1.275	1.274	1.277	1.275	1.275	1.275	0.00	-0.03	-0.03	0.289	0.280	-0.00	-0.00	0.050	0.048	8.575
221	7.184	1.221	1.220	1.222	1.221	1.221	1.221	0.00	-0.00	-0.00	0.472	0.468	-0.00	-0.00	0.080	0.079	8.406
222	7.010	1.095	1.095	1.096	1.096	1.095	1.095	0.00	-0.00	-0.00	0.759	0.764	-0.00	0.000	0.127	0.128	8.106
223	6.946	0.955	0.954	0.955	0.956	0.954	0.954	0.00	-0.04	-0.05	1.116	1.137	-0.00	-0.00	0.186	0.189	7.901
224	7.070	0.849	0.849	0.848	0.850	0.849	0.848	0.00	-0.15	-0.17	1.455	1.490	-0.01	-0.01	0.242	0.248	7.920
225	7.381	0.799	0.800	0.796	0.800	0.799	0.796	0.00	-0.35	-0.37	1.727	1.769	-0.03	-0.03	0.287	0.294	8.181
226	7.820	0.879	0.879	0.877	0.877	0.879	0.878	0.00	0.924	0.973	-1.29	-1.37	0.103	0.098	-0.21	-0.22	8.698
227	7.461	0.806	0.806	0.805	0.806	0.806	0.806	0.00	0.770	0.802	-1.03	-1.08	0.085	0.081	-0.17	-0.18	8.267
228	7.018	0.743	0.743	0.742	0.743	0.742	0.743	0.00	0.582	0.598	-0.77	-0.80	0.063	0.061	-0.13	-0.13	7.762
229	6.612	0.717	0.718	0.717	0.719	0.716	0.718	0.00	0.382	0.386	-0.53	-0.53	0.040	0.040	-0.08	-0.08	7.331
230	6.396	0.750	0.751	0.750	0.751	0.749	0.750	0.00	0.198	0.194	-0.32	-0.31	0.020	0.020	-0.05	-0.05	7.147
231	6.349	0.827	0.827	0.828	0.828	0.827	0.828	0.00	0.069	0.065	-0.14	-0.13	0.006	0.007	-0.02	-0.02	7.177
232	6.474	0.937	0.936	0.938	0.937	0.937	0.937	0.00	-0.00	-0.00	0.000	0.000	-0.00	-0.00	0.000	0.000	7.412
233	6.757	1.062	1.061	1.065	1.062	1.063	1.063	0.00	-0.03	-0.02	0.133	0.125	-0.00	-0.00	0.022	0.021	7.822
234	7.044	1.168	1.167	1.171	1.168	1.169	1.169	0.00	-0.03	-0.02	0.276	0.264	-0.00	-0.00	0.047	0.045	8.215
235	7.134	1.190	1.190	1.192	1.191	1.191	1.191	0.00	-0.01	-0.01	0.451	0.440	-0.00	-0.00	0.076	0.074	8.326
236	7.010	1.095	1.095	1.097	1.096	1.095	1.095	0.00	0.002	0.005	0.764	0.759	0.001	0.000	0.128	0.127	8.106
237	6.943	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.970	0.00	-0.01	-0.01	1.147	1.155	-0.00	-0.00	0.191	0.192	7.914
238	7.028	0.858	0.858	0.857	0.859	0.858	0.857	0.00	-0.07	-0.08	1.550	1.577	-0.00	-0.00	0.258	0.262	7.887
239	7.185	0.775	0.776	0.773	0.776	0.775	0.773	0.00	-0.20	-0.23	1.845	1.888	-0.02	-0.02	0.306	0.314	7.962
240	7.475	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.00	0.830	0.869	-1.02	-1.08	0.092	0.088	-0.17	-0.18	8.263
241	7.090	0.718	0.718	0.718	0.718	0.717	0.718	0.00	0.680	0.704	-0.77	-0.81	0.074	0.072	-0.12	-0.13	7.808
242	6.681	0.675	0.676	0.675	0.676	0.674	0.675	0.00	0.502	0.514	-0.53	-0.55	0.054	0.053	-0.09	-0.09	7.357

ZEMİN GERİLMESİ t/m²

Nok. no	1 g	2 q	3 q	4 q	5 q	6 q	7 q	8 z	9 e	10 e	11 e	12 e	13 w	14 w	15 w	16 w	max. σ
243	6.338	0.675	0.676	0.674	0.676	0.673	0.675	0.00	0.313	0.315	-0.32	-0.33	0.033	0.032	-0.05	-0.05	7.014
244	6.210	0.728	0.729	0.728	0.729	0.727	0.728	0.00	0.156	0.154	-0.15	-0.14	0.016	0.016	-0.02	-0.02	6.938
245	6.274	0.820	0.820	0.821	0.820	0.820	0.821	0.00	0.055	0.055	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	7.095
246	6.522	0.938	0.937	0.940	0.938	0.939	0.939	0.00	0.005	0.009	0.138	0.131	0.001	0.000	0.023	0.022	7.462
247	6.786	1.045	1.043	1.047	1.044	1.045	1.045	0.00	-0.00	0.003	0.284	0.270	0.000	-0.00	0.048	0.045	7.833
248	6.974	1.106	1.105	1.108	1.105	1.106	1.106	0.00	0.001	0.012	0.464	0.447	0.001	0.000	0.078	0.075	8.082
249	6.976	1.068	1.068	1.069	1.068	1.069	1.068	0.00	0.015	0.024	0.753	0.738	0.002	0.001	0.126	0.124	8.046
250	6.943	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.970	0.00	0.012	0.017	1.155	1.147	0.002	0.001	0.192	0.191	7.914
251	6.976	0.861	0.862	0.860	0.862	0.861	0.860	0.00	-0.02	-0.02	1.586	1.596	-0.00	-0.00	0.264	0.265	7.838
252	7.090	0.766	0.766	0.763	0.767	0.766	0.763	0.00	-0.09	-0.11	1.967	2.000	-0.01	-0.01	0.327	0.332	7.857
253	7.152	0.692	0.692	0.692	0.693	0.692	0.692	0.00	0.765	0.797	-0.76	-0.81	0.084	0.081	-0.12	-0.13	7.845
254	6.814	0.643	0.643	0.643	0.644	0.642	0.643	0.00	0.622	0.642	-0.53	-0.56	0.067	0.065	-0.09	-0.09	7.458
255	6.414	0.621	0.623	0.621	0.623	0.620	0.622	0.00	0.444	0.453	-0.33	-0.34	0.047	0.046	-0.05	-0.05	7.037
256	6.153	0.646	0.647	0.645	0.647	0.645	0.646	0.00	0.272	0.273	-0.15	-0.15	0.028	0.028	-0.02	-0.02	6.800
257	6.135	0.718	0.719	0.718	0.719	0.718	0.719	0.00	0.143	0.143	0.000	0.000	0.015	0.015	0.000	0.000	6.854
258	6.350	0.827	0.827	0.828	0.828	0.827	0.828	0.00	0.065	0.069	0.145	0.139	0.007	0.006	0.024	0.023	7.178
259	6.628	0.936	0.935	0.938	0.935	0.936	0.937	0.00	0.041	0.050	0.298	0.284	0.005	0.004	0.050	0.047	7.566
260	6.819	1.006	1.005	1.008	1.006	1.007	1.007	0.00	0.044	0.056	0.480	0.460	0.006	0.004	0.080	0.077	7.827
261	6.921	1.016	1.015	1.017	1.016	1.016	1.016	0.00	0.052	0.066	0.743	0.721	0.007	0.005	0.124	0.120	7.938
262	6.946	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.954	0.00	0.045	0.058	1.137	1.116	0.006	0.005	0.189	0.186	7.901
263	6.976	0.861	0.862	0.860	0.862	0.862	0.860	0.00	0.021	0.027	1.596	1.586	0.003	0.002	0.265	0.264	7.838
264	7.026	0.760	0.761	0.758	0.761	0.761	0.758	0.00	-0.02	-0.03	2.028	2.040	-0.00	-0.00	0.337	0.339	7.788
265	6.925	0.609	0.610	0.610	0.610	0.609	0.609	0.00	0.731	0.757	-0.52	-0.56	0.079	0.077	-0.08	-0.09	7.535
266	6.607	0.585	0.586	0.585	0.586	0.584	0.585	0.00	0.585	0.600	-0.32	-0.35	0.063	0.061	-0.05	-0.05	7.193
267	6.221	0.585	0.587	0.584	0.586	0.585	0.586	0.00	0.407	0.412	-0.15	-0.16	0.043	0.042	-0.02	-0.02	6.808
268	6.083	0.635	0.637	0.634	0.636	0.634	0.636	0.00	0.259	0.259	0.000	0.000	0.027	0.027	0.000	0.000	6.720
269	6.210	0.728	0.729	0.728	0.728	0.727	0.729	0.00	0.154	0.156	0.151	0.148	0.016	0.016	0.025	0.024	6.939
270	6.541	0.844	0.843	0.845	0.844	0.843	0.845	0.00	0.102	0.110	0.313	0.300	0.011	0.010	0.052	0.050	7.386
271	6.741	0.920	0.919	0.922	0.920	0.920	0.921	0.00	0.103	0.115	0.496	0.477	0.012	0.010	0.083	0.079	7.663
272	6.889	0.954	0.953	0.955	0.954	0.954	0.954	0.00	0.113	0.129	0.739	0.715	0.013	0.012	0.123	0.119	7.844
273	6.959	0.928	0.927	0.928	0.928	0.928	0.927	0.00	0.106	0.123	1.096	1.068	0.013	0.011	0.183	0.178	7.887
274	7.028	0.858	0.859	0.857	0.859	0.859	0.857	0.00	0.070	0.088	1.577	1.550	0.009	0.007	0.262	0.258	7.887
275	7.026	0.760	0.761	0.758	0.761	0.761	0.758	0.00	0.028	0.036	2.040	2.028	0.004	0.003	0.339	0.337	7.788
276	6.737	0.543	0.545	0.543	0.544	0.544	0.543	0.00	0.708	0.729	-0.31	-0.35	0.076	0.074	-0.05	-0.05	7.282
277	6.375	0.539	0.541	0.538	0.540	0.539	0.539	0.00	0.548	0.557	-0.14	-0.16	0.058	0.057	-0.02	-0.02	6.916
278	6.144	0.572	0.574	0.571	0.573	0.571	0.572	0.00	0.395	0.395	0.000	0.000	0.041	0.041	0.000	0.000	6.718
279	6.153	0.646	0.647	0.645	0.647	0.645	0.647	0.00	0.273	0.272	0.154	0.156	0.028	0.028	0.026	0.026	6.800
280	6.396	0.750	0.751	0.750	0.751	0.749	0.751	0.00	0.194	0.198	0.322	0.316	0.020	0.020	0.054	0.052	7.147
281	6.701	0.846	0.846	0.847	0.846	0.846	0.847	0.00	0.176	0.185	0.513	0.497	0.019	0.018	0.085	0.083	7.548
282	6.909	0.899	0.898	0.900	0.899	0.899	0.900	0.00	0.190	0.204	0.744	0.721	0.021	0.019	0.124	0.120	7.810
283	7.029	0.901	0.900	0.901	0.900	0.901	0.900	0.00	0.195	0.214	1.057	1.028	0.022	0.020	0.176	0.171	7.930
284	7.070	0.850	0.850	0.849	0.850	0.850	0.848	0.00	0.157	0.179	1.490	1.455	0.019	0.016	0.248	0.242	7.921
285	7.090	0.766	0.767	0.763	0.766	0.766	0.763	0.00	0.097	0.118	2.000	1.967	0.012	0.010	0.332	0.327	7.857
286	6.521	0.492	0.495	0.492	0.494	0.494	0.493	0.00	0.682	0.694	-0.14	-0.16	0.073	0.071	-0.02	-0.02	7.016
287	6.281	0.522	0.524	0.521	0.523	0.522	0.522	0.00	0.537	0.537	0.000	0.000	0.056	0.056	0.000	0.000	6.805
288	6.221	0.585	0.587	0.584	0.586	0.585	0.586	0.00	0.412	0.407	0.153	0.161	0.042	0.043	0.026	0.027	6.808
289	6.338	0.675	0.676	0.674	0.675	0.674	0.676	0.00	0.315	0.313	0.328	0.331	0.032	0.033	0.055	0.055	7.014
290	6.637	0.776	0.777	0.776	0.777	0.775	0.777	0.00	0.270	0.274	0.525	0.518	0.028	0.028	0.087	0.086	7.414
291	6.944	0.853	0.852	0.853	0.852	0.852	0.853	0.00	0.275	0.286	0.756	0.739	0.030	0.028	0.126	0.123	7.797
292	7.171	0.883	0.882	0.883	0.882	0.883	0.882	0.00	0.296	0.313	1.041	1.014	0.032	0.030	0.173	0.168	8.053
293	7.210	0.850	0.850	0.849	0.850	0.851	0.849	0.00	0.276	0.299	1.410	1.374	0.031	0.028	0.235	0.228	8.061
294	7.186	0.776	0.776	0.773	0.776	0.776	0.773	0.00	0.206	0.233	1.888	1.845	0.024	0.021	0.314	0.306	7.962
295	6.420	0.473	0.476	0.473	0.474	0.474	0.473	0.00	0.673	0.673	0.000	0.000	0.070	0.070	0.000	0.000	6.895
296	6.375	0.539	0.541	0.538	0.540	0.539	0.540	0.00	0.557	0.548	0.149	0.164	0.057	0.058	0.025	0.027	6.916
297	6.414	0.622	0.623	0.621	0.622	0.621	0.623	0.00	0.453	0.445	0.330	0.343	0.046	0.047	0.055	0.057	7.037
298	6.613	0.718	0.71°	0.717	0.718	0.717	0.719	0.00	0.386	0.382	0.533	0.539	0.040	0.040	0.089	0.089	7.331
299	6.957	0.810	0.810	0.810	0.810	0.810	0.811	0.00	0.373	0.377	0.768	0.762	0.039	0.039	0.128	0.127	7.768
300	7.303	0.870	0.869	0.869	0.869	0.869	0.869	0.00	0.390	0.402	1.043	1.024	0.042	0.042	0.040	0.174	0.170	8.173
301	7.456	0.866	0.866	0.864	0.866	0.866	0.864	0.00	0.409	0.428	1.365	1.336	0.044	0.042	0.227	0.222	8.322
302	7.381	0.800	0.800	0.797	0.800	0.800	0.797	0.00	0.350	0.377	1.769	1.727	0.039	0.036	0.294	0.287	8.181
303	6.521	0.493	0.495	0.493	0.494	0.494	0.493	0.00	0.694	0.682	0.144	0.164	0.071	0.073	0.024	0.027	7.016
304	6.607	0.585	0.587	0.585	0.586	0.585	0.586	0.00	0.600	0.585	0.326	0.351	0.061	0.063	0.055	0.059	7.193
305	6.681	0.675	0.676	0.675	0.676	0.674	0.676	0.00	0.514	0.502	0.538	0.556	0.053	0.054	0.090	0.093	7.357
306	6.970	0.773	0.773	0.773	0.773	0.772	0.774	0.00	0.484	0.478	0.776	0.785	0.050	0.050	0.129	0.130	7.744
307	7.361	0.853	0.853	0.852	0.853	0.852	0.853	0.00	0.492	0.495	1.049	1.045	0.052	0.051	0.175	0.173	8.214
308	7.666	0.884	0.884	0.882	0.884	0.884	0.882	0.00	0.502	0.516	1.356	1.333	0.054	0.052	0.226	0.221	8.550
309	7.669	0.840	0.841	0.836	0.840	0.840	0.836	0.00	0.498	0.520	1.694	1.658	0.054	0.052	0.282	0.276	8.510
310	6.737	0.543	0.545	0.544	0.544	0.544	0.544	0.00	0.729	0.708	0.317	0.351	0.074	0.076	0.053	0.059	7.282
311	6.814	0.643	0.644	0.643	0.643	0.643	0.644	0.00	0.642	0.622	0.537	0.567	0.065	0.067	0.090	0.095	7.458
312	7.018	0.743	0.744	0.743	0.744	0.742	0.744	0.00	0.598	0.582	0.778	0.803	0.061	0.063	0.130	0.134	7.762
313	7.392	0.836	0.836	0.835	0.836	0.835	0.836	0.00	0.604	0.594	1.050	1.065	0.062	0.063	0.175	0.177	8.228
314	7.728	0.887	0.888	0.885	0.887	0.887	0.886	0.00	0.614	0.615	1.342	1.341	0.064	0.064	0.223	0.223	8.616
315	7.895	0.878	0.879	0.874	0.879	0.879	0.875	0.00	0.615	0.630	1.656	1.633	0.066	0.064	0.276	0.272	8.774
316	6.925	0.609	0.610	0.610	0.610	0.609	0.610	0.00	0.757	0.731	0.525	0.567	0.077	0.079	0.088	0.095	7.536
317	7.090	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.719	0.00	0.704	0.680	0.774	0.813	0.072	0.074	0.129	0.135	7.808
318	7.428	0.821	0.821	0.820	0.821	0.821	0.821	0.00	0.712	0.690	1.046	1.081	0.073	0.075	0.174	0.180	8.249
319	7.771	0.889	0.889	0.887	0.889	0.888	0.887	0.00	0.730	0.715	1.329	1.353	0.075	0.077	0.221	0.225	8.660
320	7.995	0.904	0.905	0.900	0.904	0.904	0.900	0.00	0.726	0.725	1.623	1.624	0.076	0.076	0.270	0.270	8.900
321	7.153	0.692	0.693	0.693	0.692	0.692	0.693	0.00	0.797	0.765	0.762	0.812	0.081	0.084	0.127	0.135	7.846
322	7.461	0.806	0.807	0.806	0.806	0.806	0.806	0.00	0.802	0.770	1.038	1.089	0.081	0.085	0.173	0.181	8.268
323	7.808	0.889	0.889	0.887	0.889	0.889	0.888	0.00	0.843	0.812	1.317	1.366	0.086	0.089	0.219	0.227	8.697

ZEMİN GERİLMESİ t/m²

Nok. no	1 g	2 q	3 q	4 q	5 q	6 q	7 q	8 z	9 e	10 e	11 e	12 e	13 w	14 w	15 w	16 w	max. σ
324	8.046	0.923	0.923	0.919	0.923	0.923	0.919	0.00	0.851	0.829	1.593	1.627	0.088	0.090	0.265	0.271	8.970
325	7.475	0.789	0.789	0.788	0.789	0.788	0.788	0.00	0.869	0.830	1.025	1.086	0.088	0.092	0.171	0.181	8.264
326	7.837	0.888	0.889	0.886	0.888	0.888	0.887	0.00	0.942	0.897	1.306	1.377	0.095	0.100	0.217	0.229	8.726
327	8.090	0.938	0.939	0.935	0.939	0.939	0.935	0.00	0.977	0.936	1.572	1.637	0.099	0.104	0.261	0.272	9.028
328	7.820	0.879	0.879	0.877	0.879	0.879	0.877	0.00	0.973	0.924	1.293	1.371	0.098	0.103	0.215	0.228	8.699
329	8.121	0.949	0.949	0.945	0.949	0.949	0.945	0.00	1.076	1.019	1.559	1.649	0.108	0.115	0.259	0.274	9.070
330	8.128	0.951	0.951	0.948	0.951	0.951	0.948	0.00	1.122	1.058	1.548	1.649	0.113	0.120	0.257	0.274	9.079

max ZEMIN GERILMESI= 9.079 t/m²

7K-G2.ST4 YAPISI BETON/KALIP METRAJI

Kat	Beton m³	Kalıp m²	Asmolen m³
1.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
1.kat Kiriş	32.93	252.84	
1.kat Kolon	11.31	125.28	
1.kat Toplam	70.48	594.22	0.00
2.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
2.kat Kiriş	33.57	258.11	
2.kat Kolon	9.86	113.68	
2.kat Toplam	69.67	587.89	0.00
3.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
3.kat Kiriş	34.10	262.46	
3.kat Kolon	8.41	102.08	
3.kat Toplam	68.75	580.64	0.00
4.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
4.kat Kiriş	34.57	266.32	
4.kat Kolon	7.25	92.80	
4.kat Toplam	68.06	575.23	0.00
5.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
5.kat Kiriş	34.98	269.71	
5.kat Kolon	6.09	83.52	
5.kat Toplam	67.32	569.34	0.00
6.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
6.kat Kiriş	35.34	272.61	
6.kat Kolon	5.22	76.56	
6.kat Toplam	66.80	565.28	0.00
7.kat Döşeme	26.24	216.11	0.00
7.kat Kiriş	35.34	272.61	
7.kat Kolon	5.22	76.56	
7.kat Toplam	66.80	565.28	0.00

7K-G2.ST4 YAPISI DONATI METRAJI

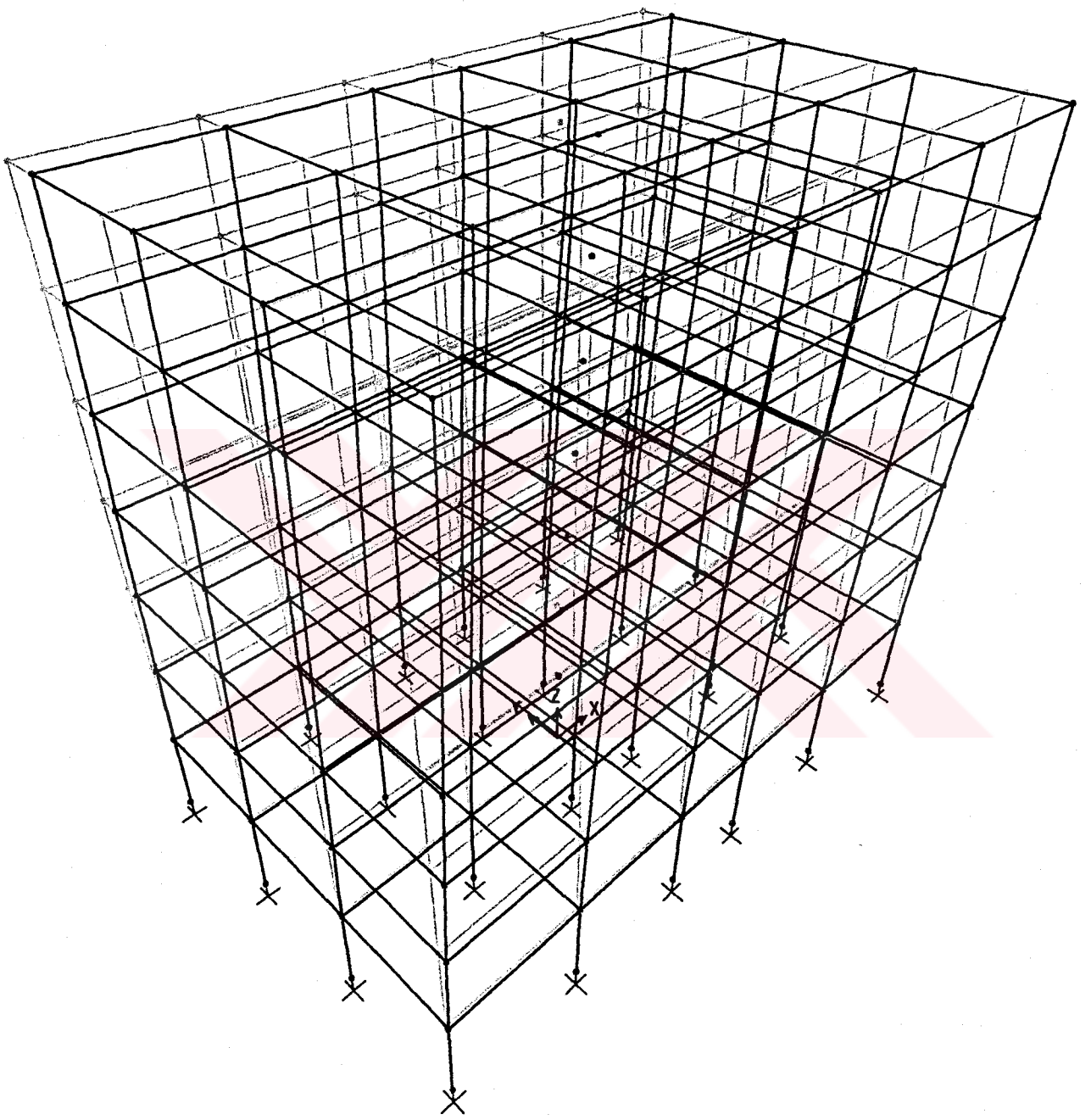
Kat no	ø8 kg	ø10 kg	ø12 kg	ø14 kg	ø16 kg
1.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0
1.kat Kiriş	611.6	0.0	0.0	802.6	1205.9
1.kat Kolon	738.8	251.7	718.7	1289.7	0.0
2.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0
2.kat Kiriş	626.1	0.0	0.0	845.5	1227.5
2.kat Kolon	711.4	223.1	760.2	1138.0	0.0
3.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0
3.kat Kiriş	630.4	0.0	0.0	867.8	1309.1
3.kat Kolon	679.3	201.7	760.2	1062.1	0.0
4.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0
4.kat Kiriş	637.6	0.0	0.0	842.4	1350.7
4.kat Kolon	651.9	187.4	774.0	910.4	0.0
5.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0
5.kat Kiriş	650.6	0.0	0.0	794.5	1398.6
5.kat Kolon	680.6	83.0	774.0	834.5	0.0
6.kat Döşeme	749.7	1508.5	0.0	0.0	0.0
6.kat Kiriş	653.5	0.0	0.0	813.5	1386.1
6.kat Kolon	704.8	0.0	801.6	720.7	0.0
7.kat Döşeme	244.6	2144.6	0.0	0.0	0.0
7.kat Kiriş	653.5	0.0	0.0	794.5	1368.9
7.kat Kolon	704.8	0.0	801.6	872.5	0.0
TOPLAM	14077.8	12142.4	5390.3	12588.9	9246.8

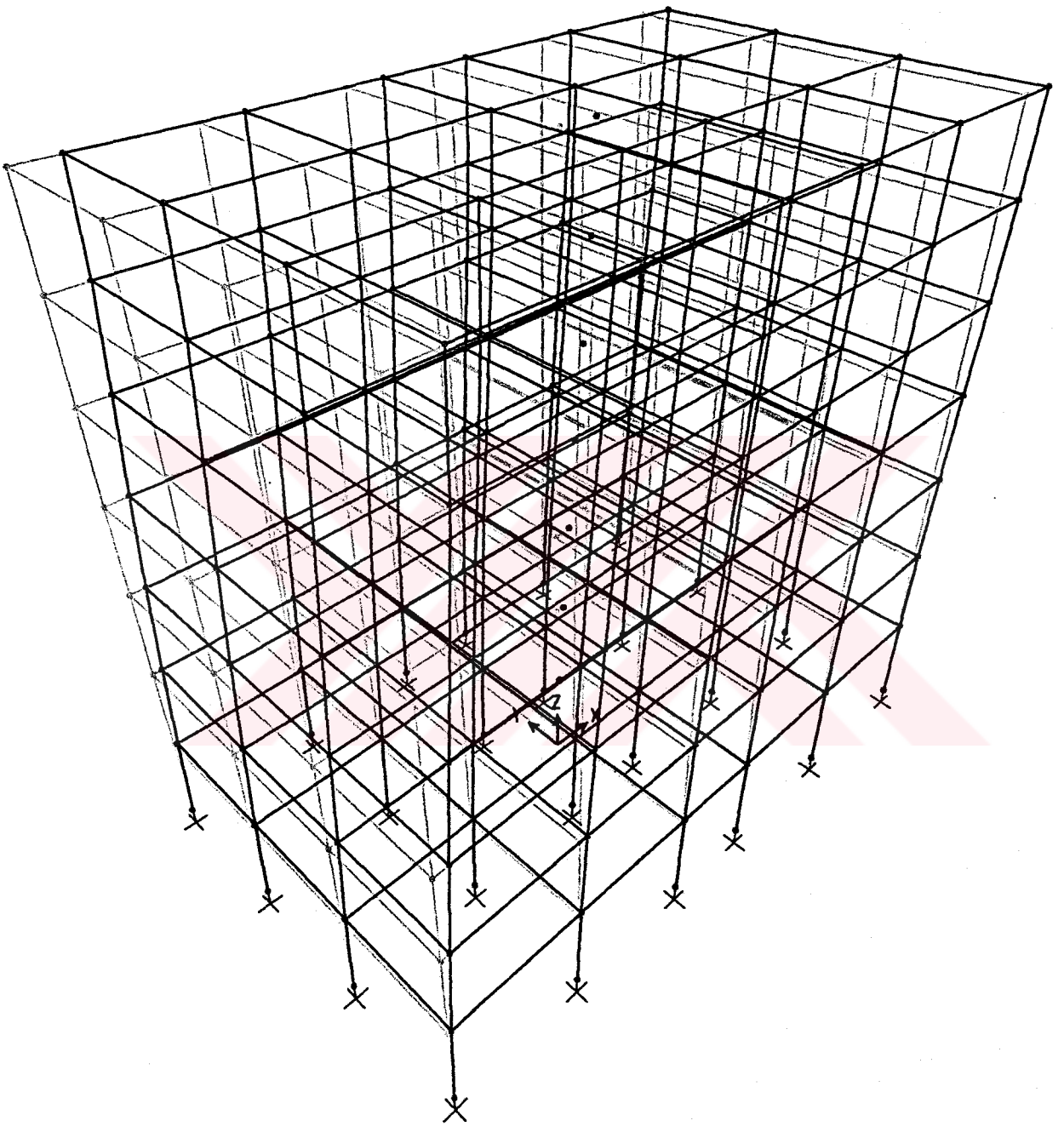
EK D

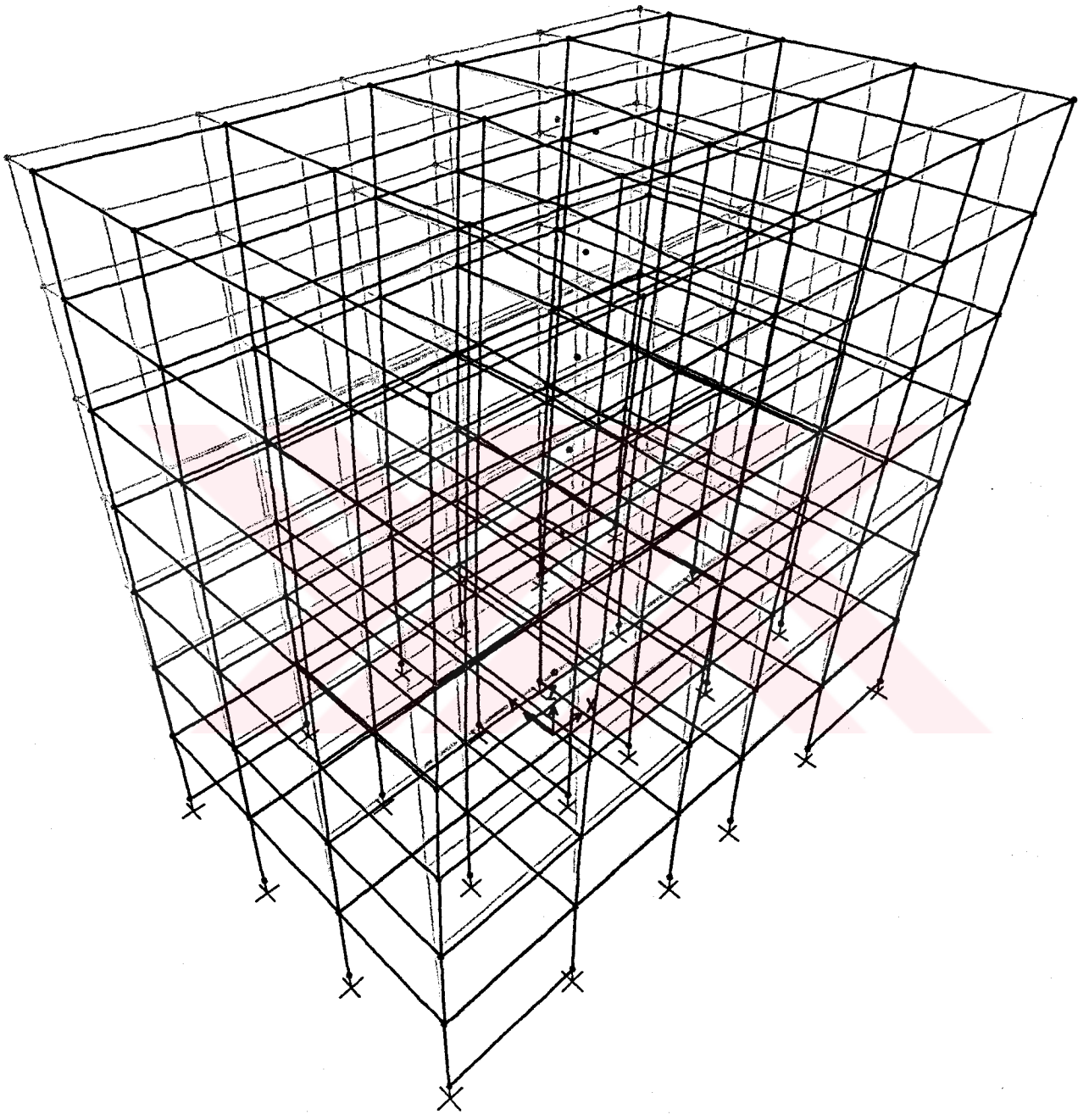
UYGULAMA II

SAP 2000 BİLGİSAYAR PROGRAMI ÇIKTILARI

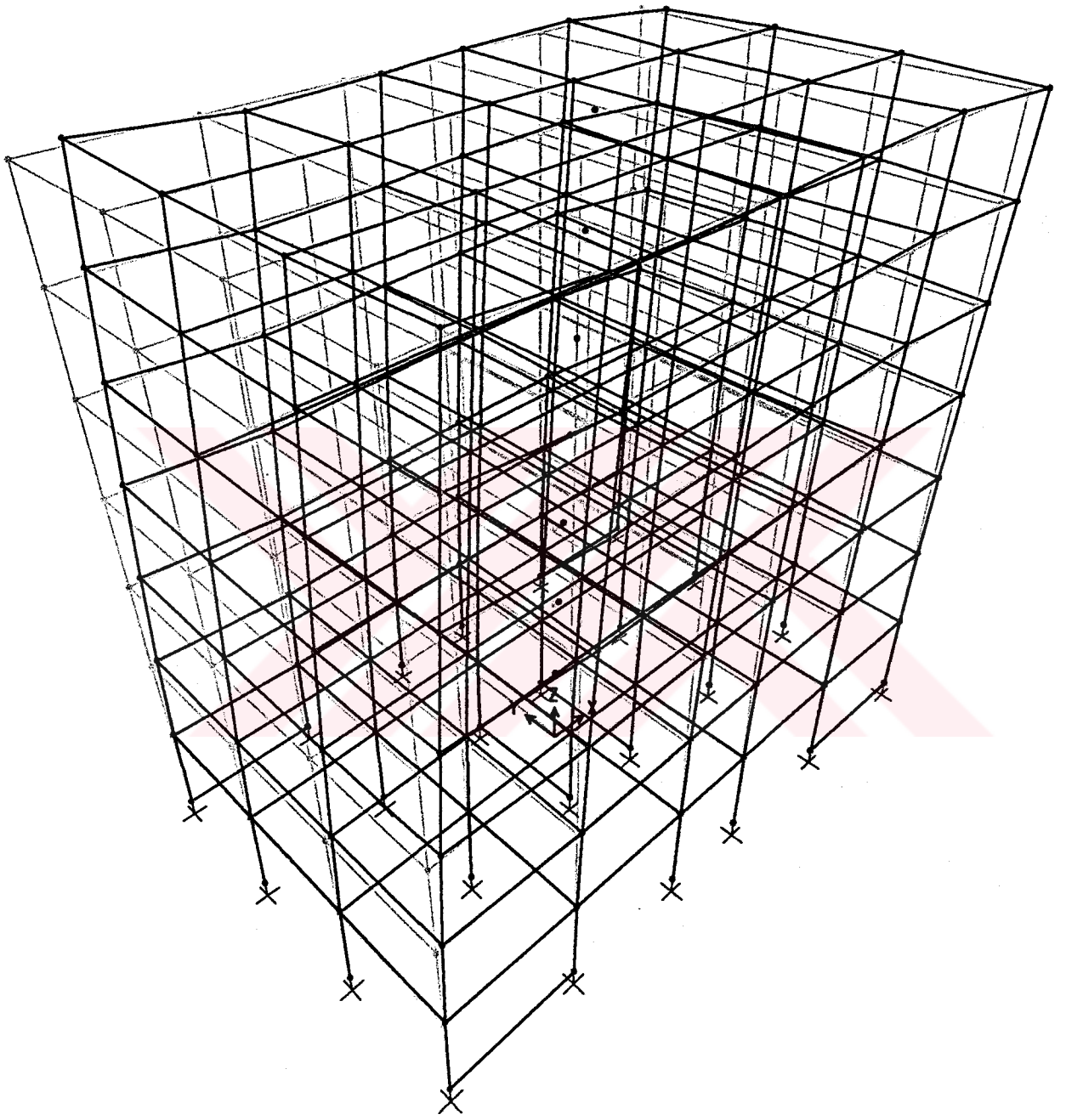
Uygulama II'de verilen yedi katlı betonarme sistemin ankastre mesnetli, güçlendirilmiş, DIS kurşun çekirdekli taban izolasyonu uygulanmış yapı sistemleri için yapılan nonlineer zaman tanım alanındaki dinamik analizine ve bunun yanı sıra güçlendirilmiş sistemin altına yerleştirilen radye temele ait SAP 2000 bilgisayar programı çıktıları, Bölüm 7.5'de verilen sırayla sunulmuştur. Uygulamaya ait bilgiler Bölüm 7'de anlatıldığı gibidir.


Z
X

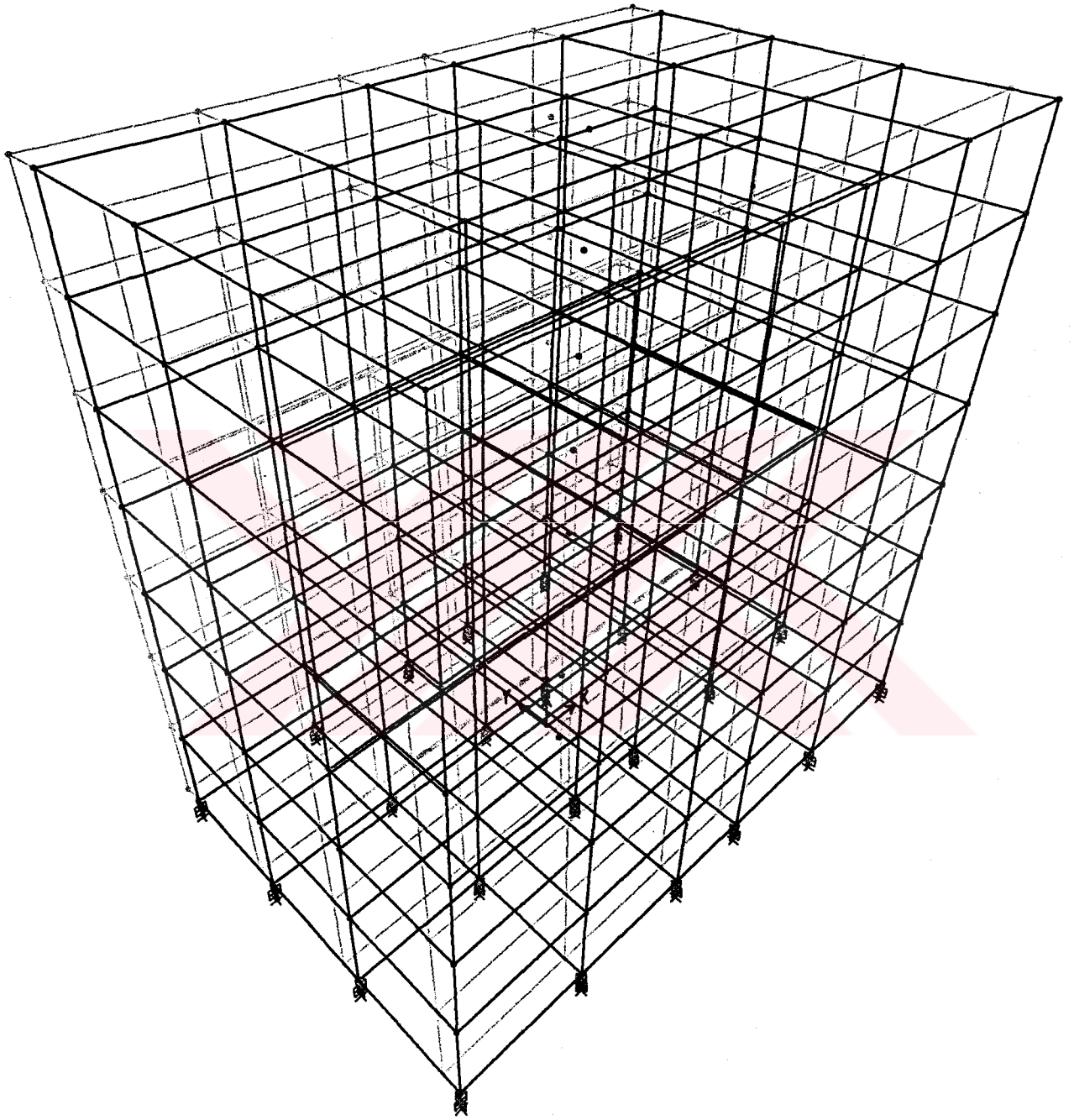




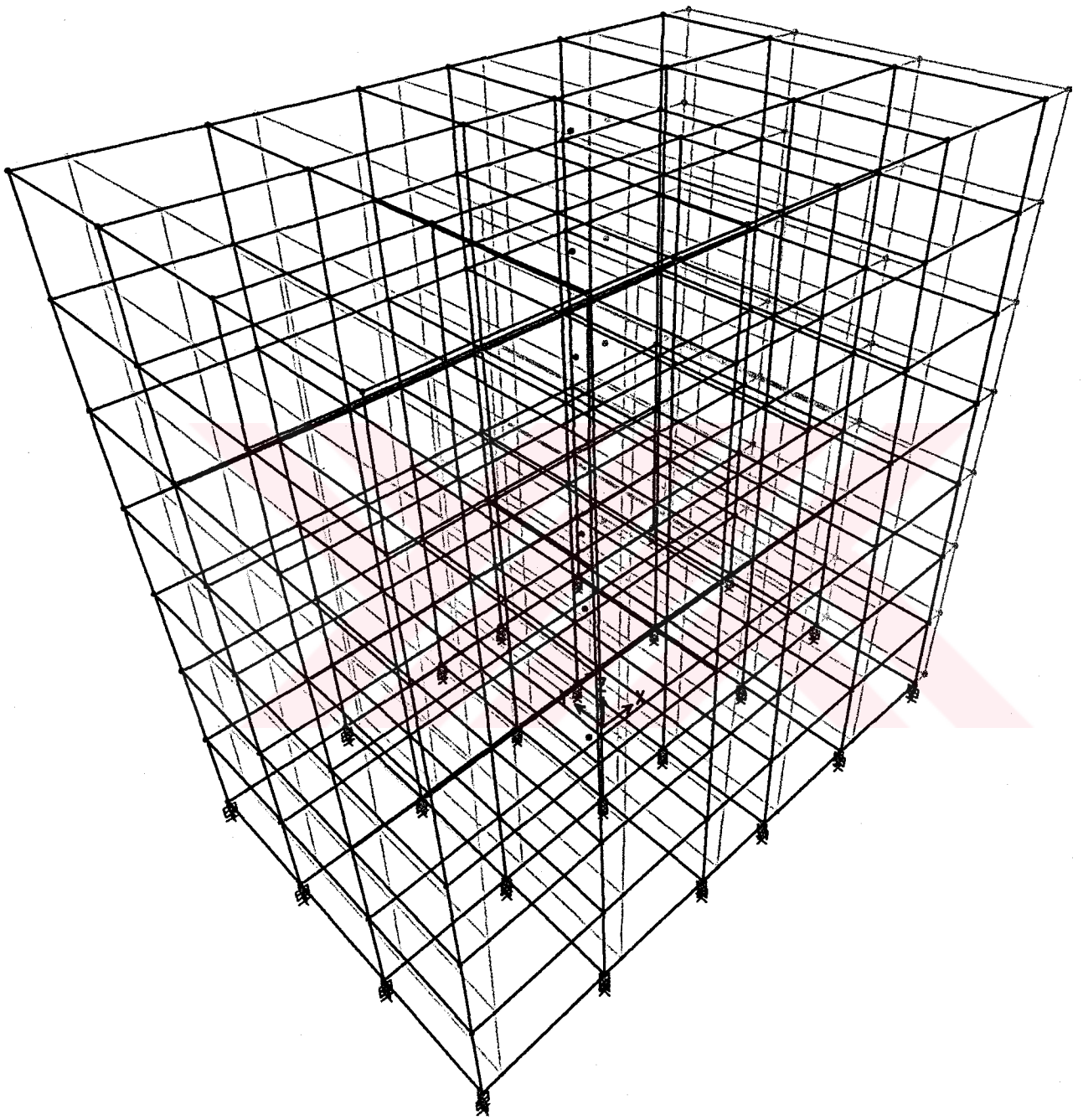
2000 v6.11 - File:7K-6P - Mode 1 Period 0,4641 seconds - KN-m Units



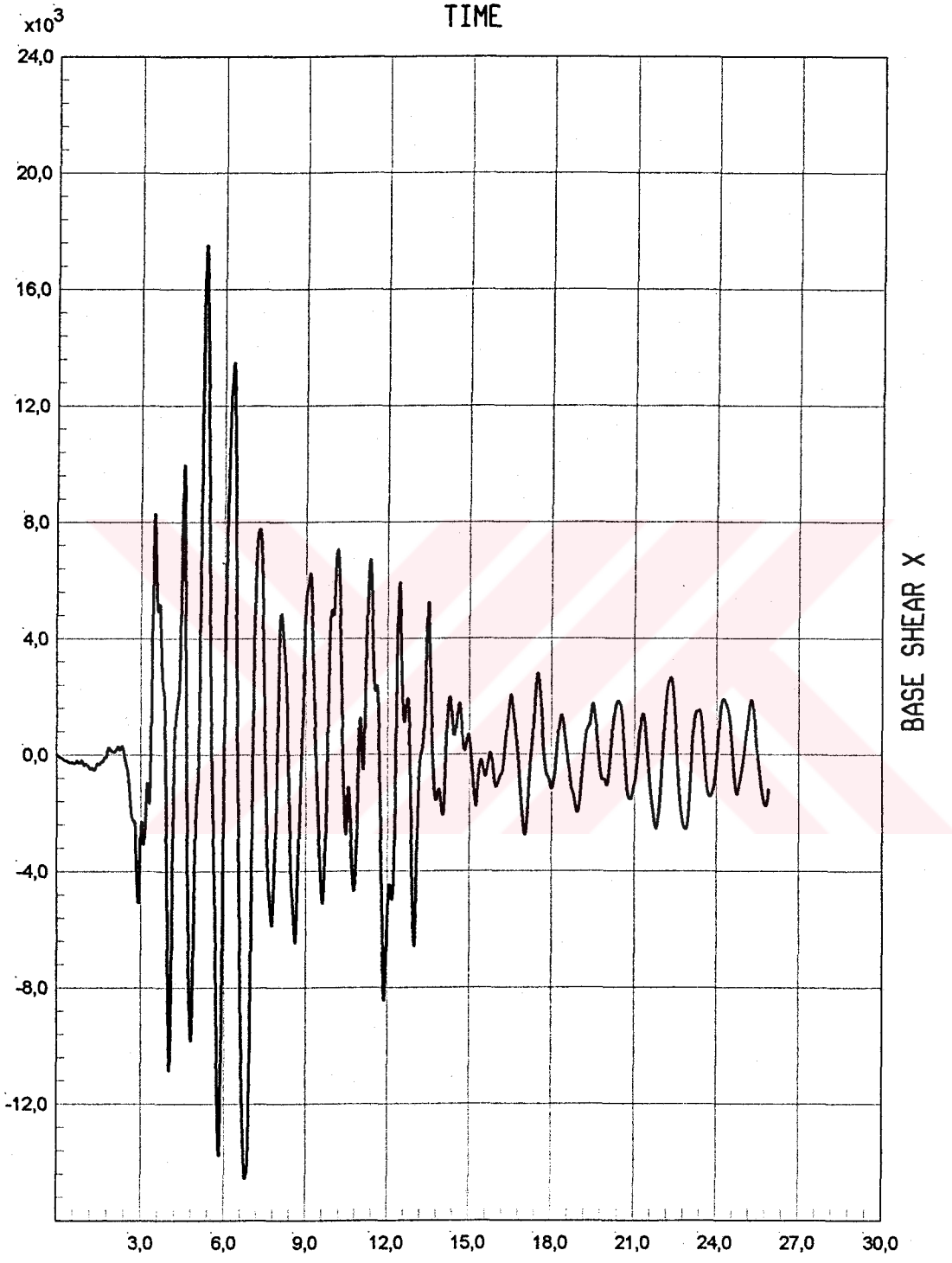
2000 v6.11 - File:7K-6P - Mode 2 Period 0,3633 seconds - KN-m Units



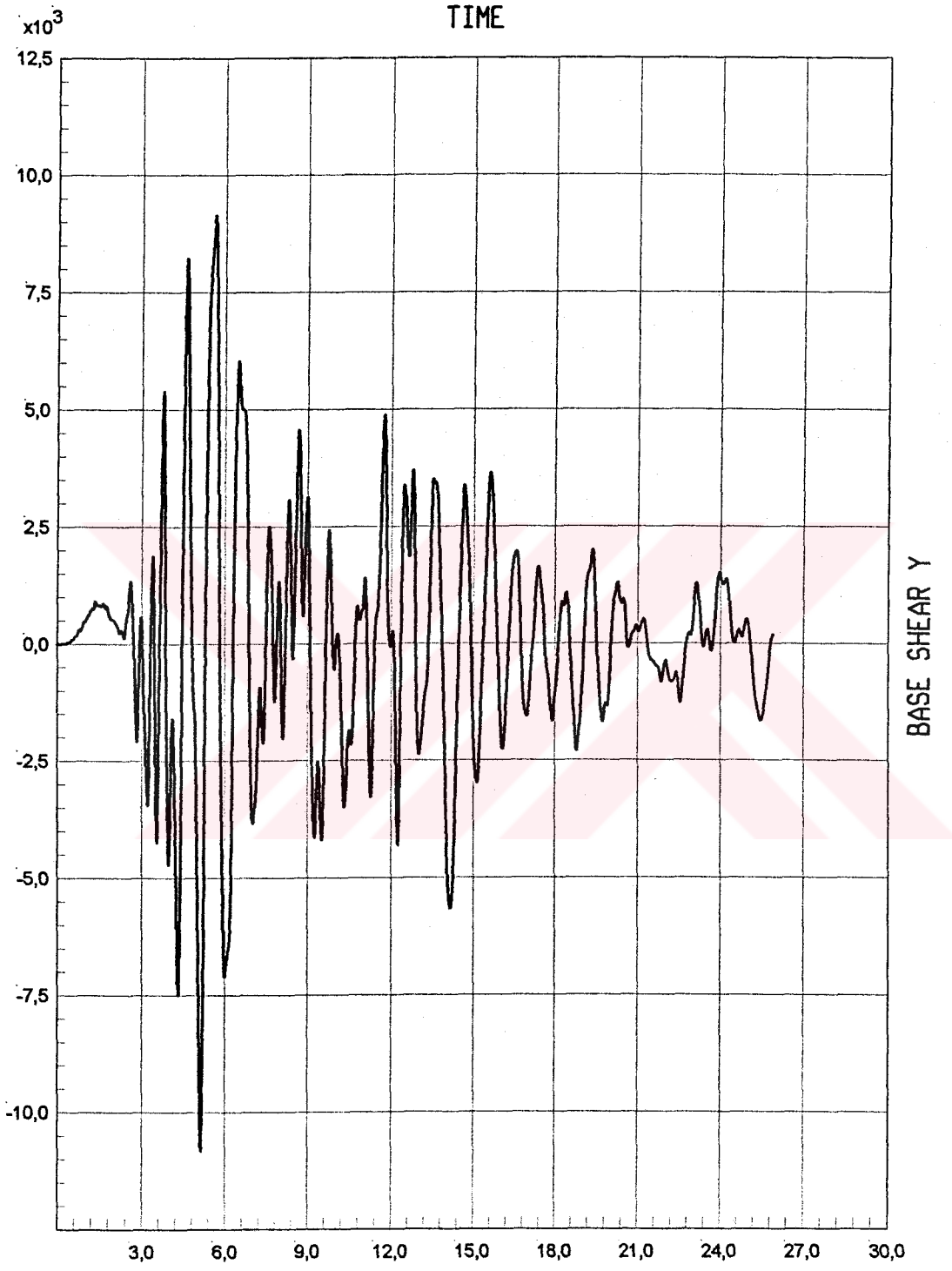
2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - Mode 1 Period 1,5796 seconds - KN-m Units



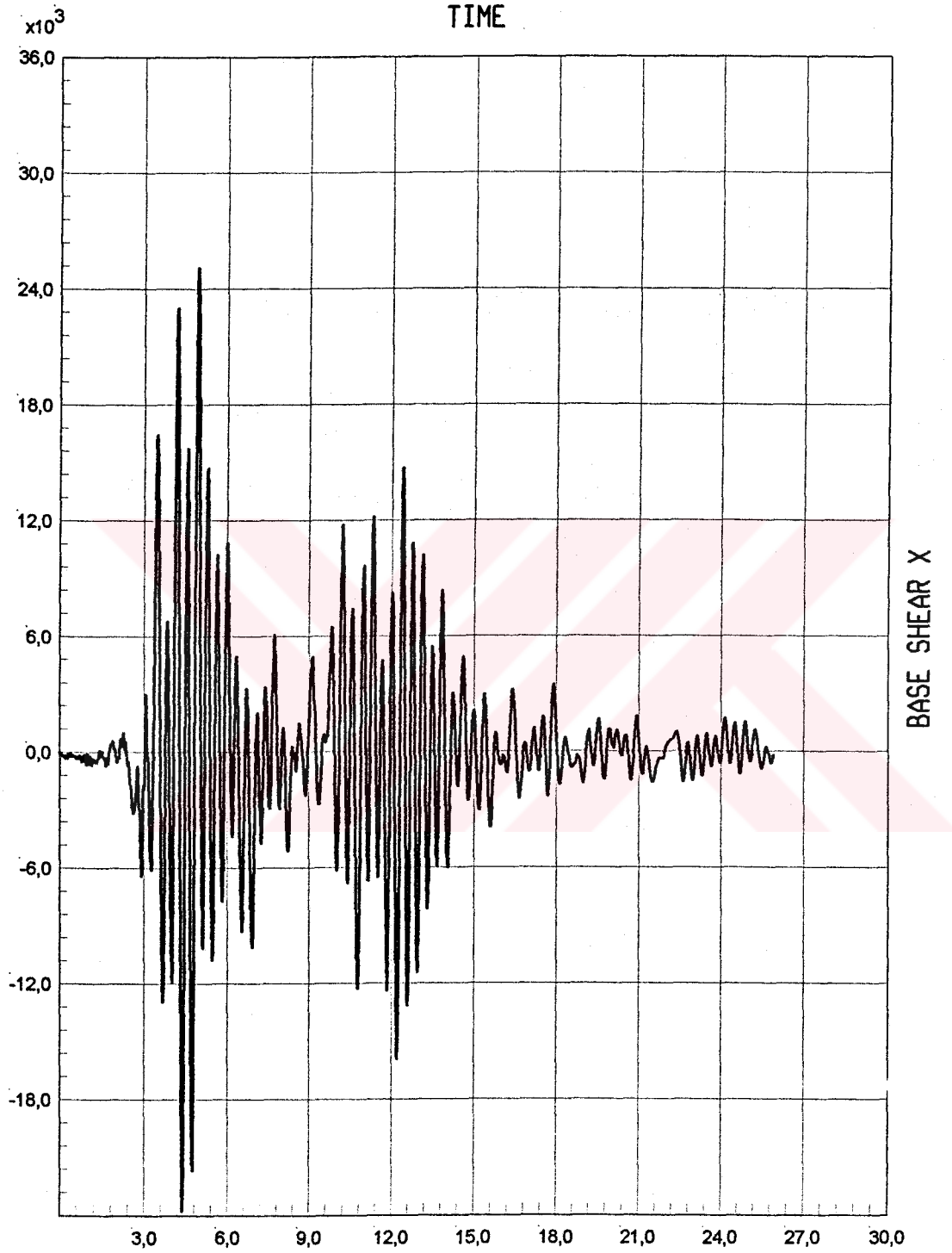
2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - Mode 2 Period 1,5709 seconds - KN-m Units



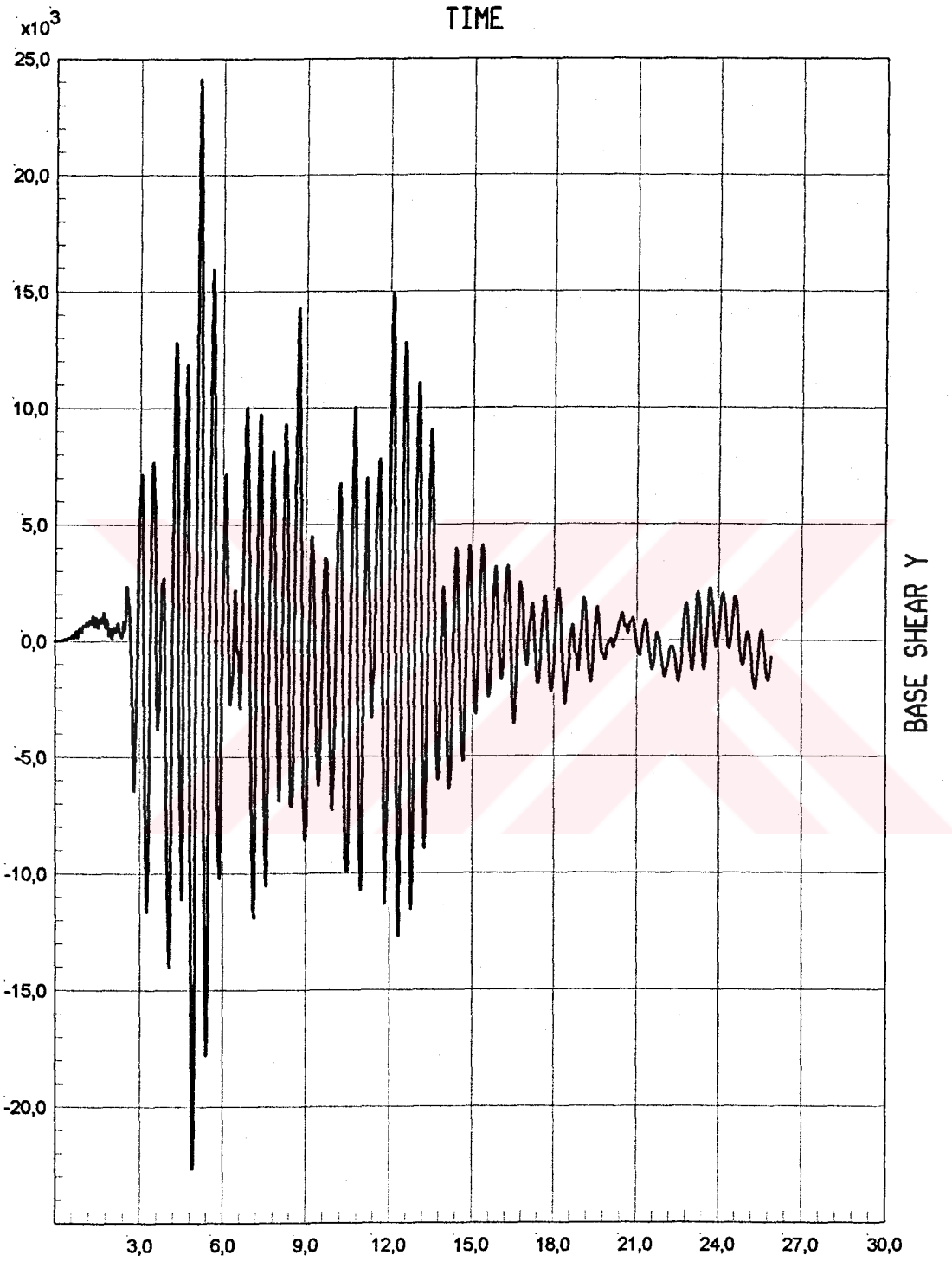
SAP2000 v6.11 - File:7K-ANK - KN-m Units
Base Shear X: Base Shear X Vs Time
Min is -1,455e+04 at 6,7600e+00 Max is 1,753e+04 at 5,2850e+00



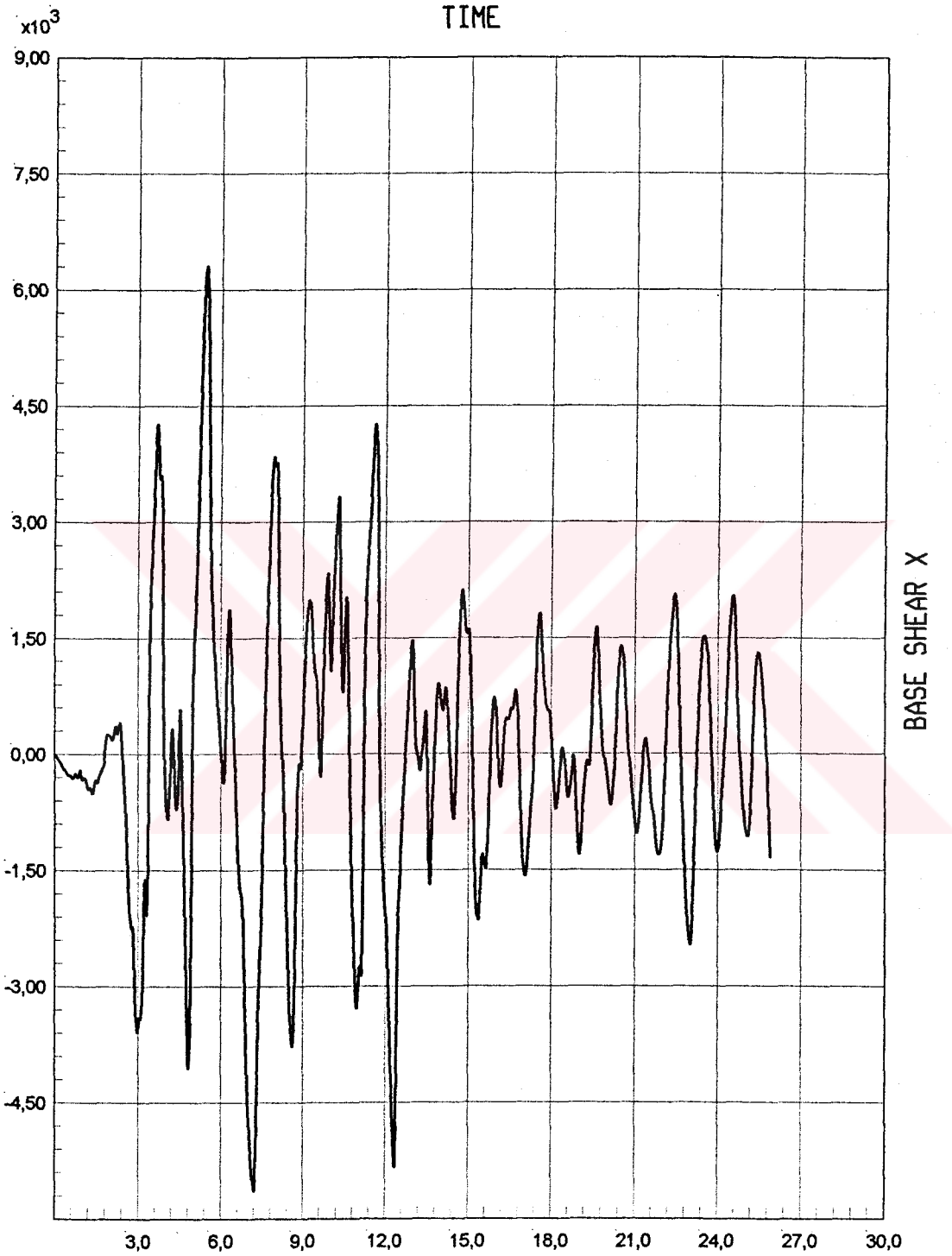
SAP2000 v6.11 - File:7K-ANK - KN-m Units
Base Shear Y: Base Shear Y Vs Time
Min is -1,082e+04 at 5,1150e+00 Max is 9,159e+03 at 5,6200e+00



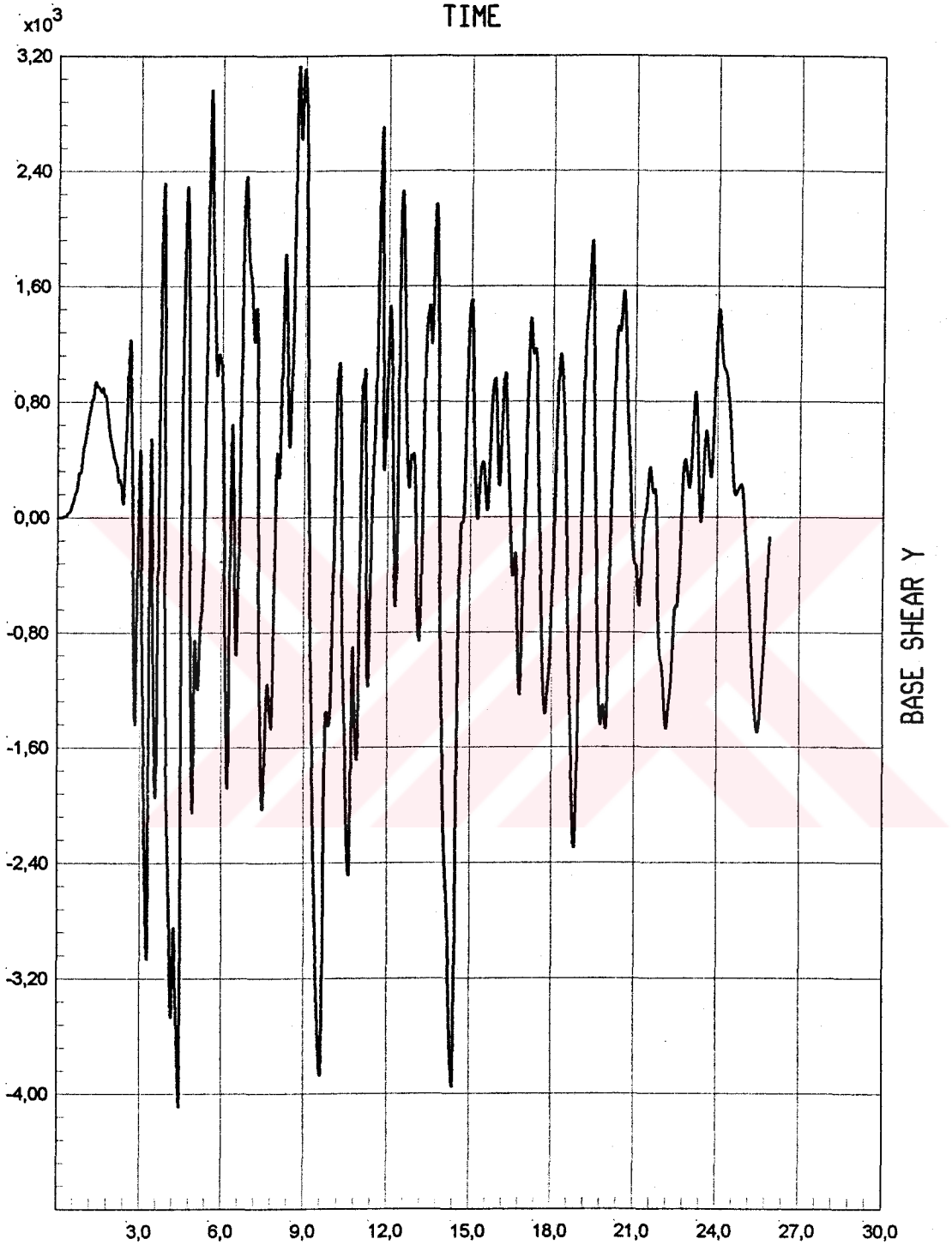
SAP2000 v6.11 - File:7K-6P - KN-m Units
Base Shear X: Base Shear X Vs Time
Min is -2,377e+04 at 4,3600e+00 Max is 2,512e+04 at 4,9000e+00



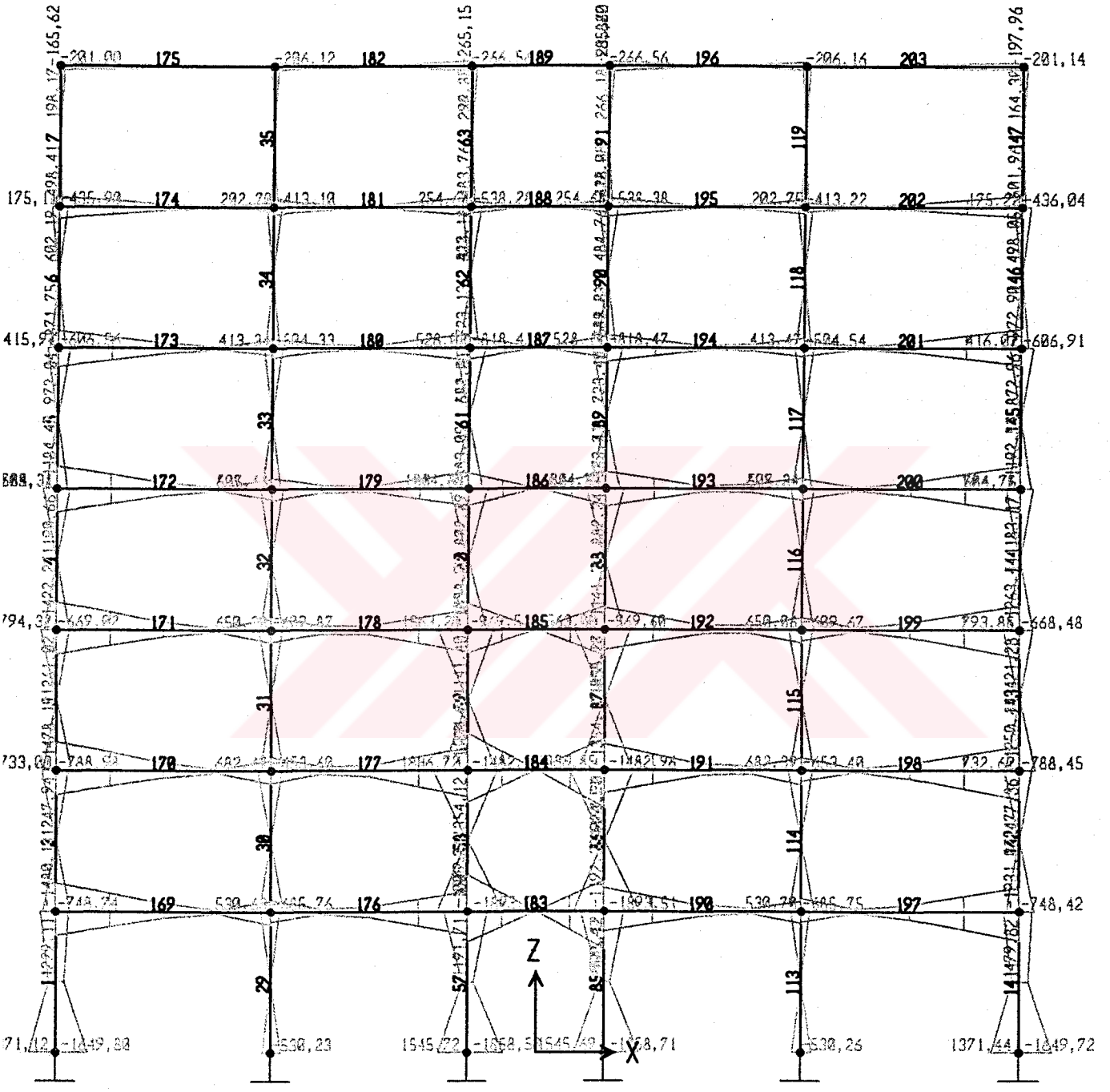
SAP2000 v6.11 - File:7K-6P - KN-m Units
Base Shear Y: Base Shear Y Vs Time
Min is -2,265e+04 at 4,8950e+00 Max is 2,413e+04 at 5,1400e+00

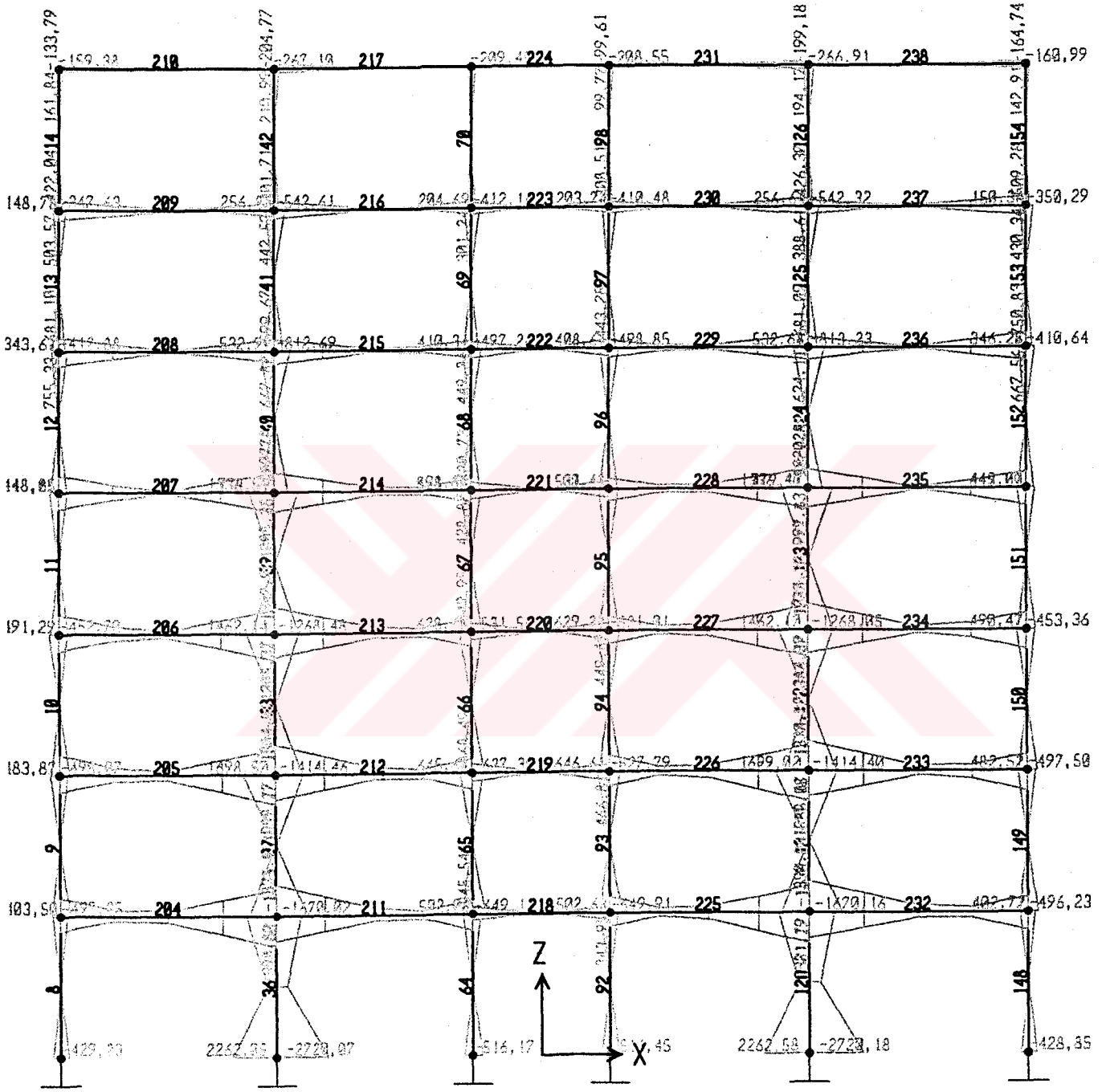


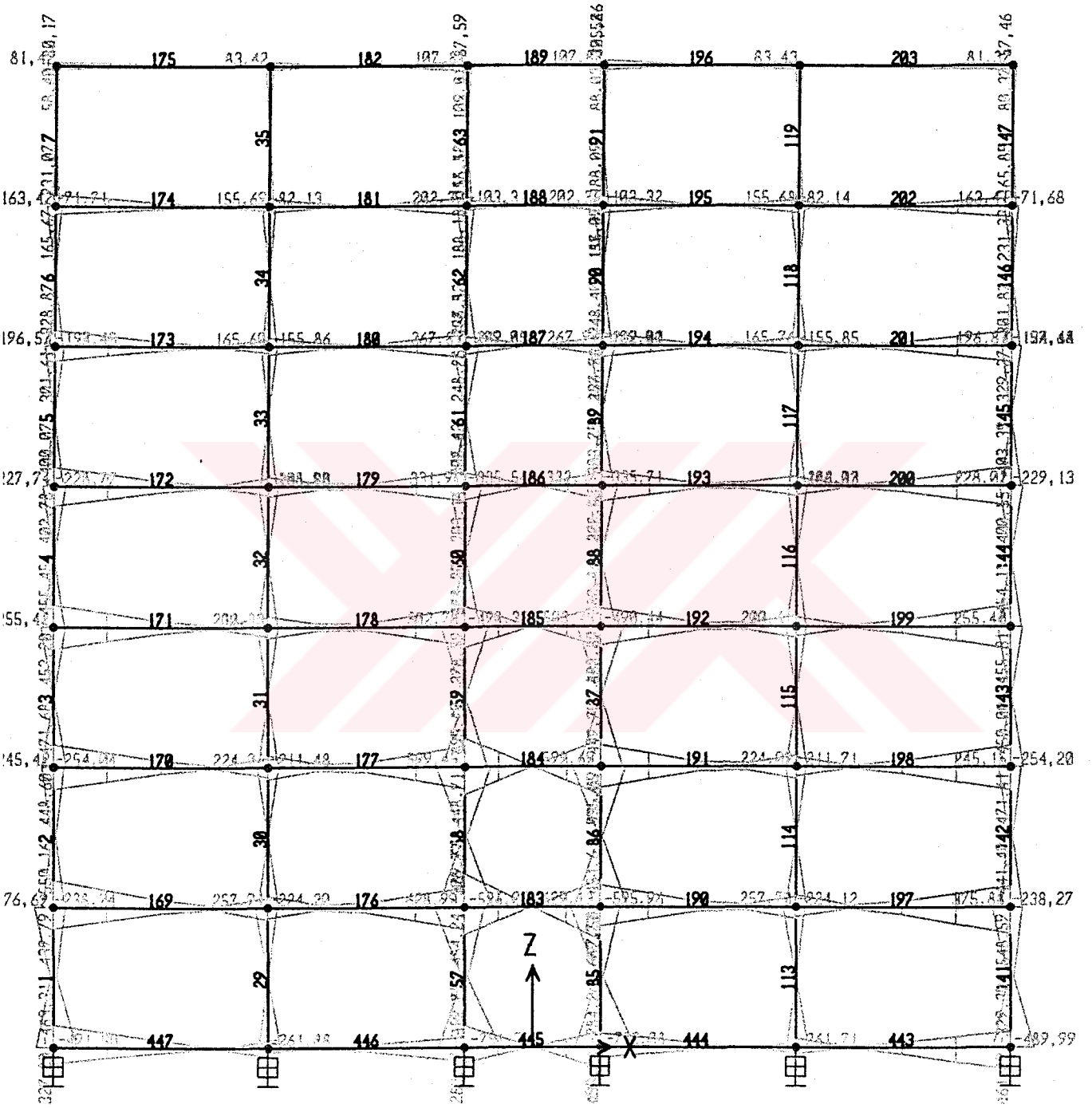
SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
Base Shear X: Base Shear X Vs Time
Min is -5,635e+03 at 7,1950e+00 Max is 6,308e+03 at 5,4500e+00

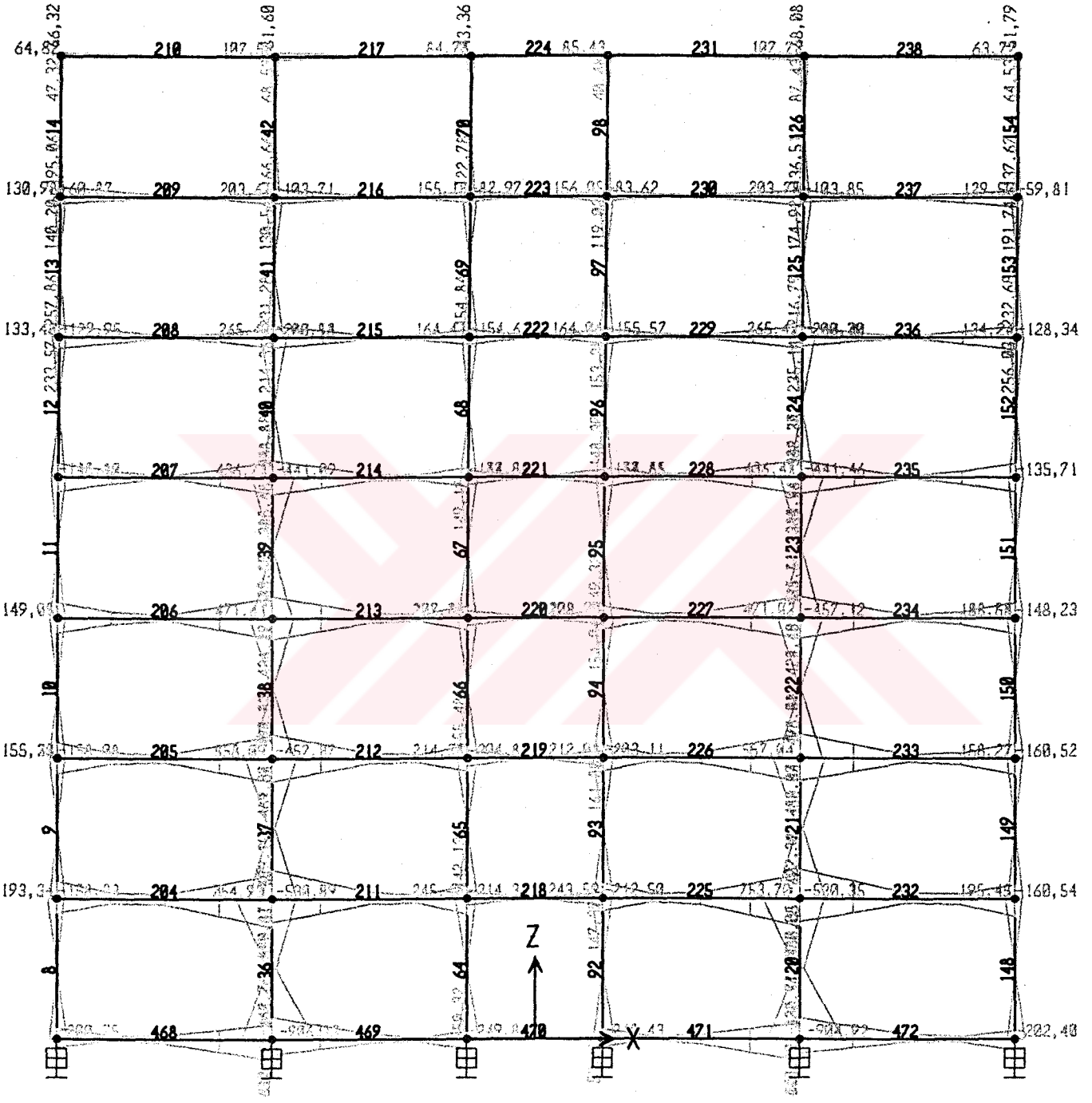


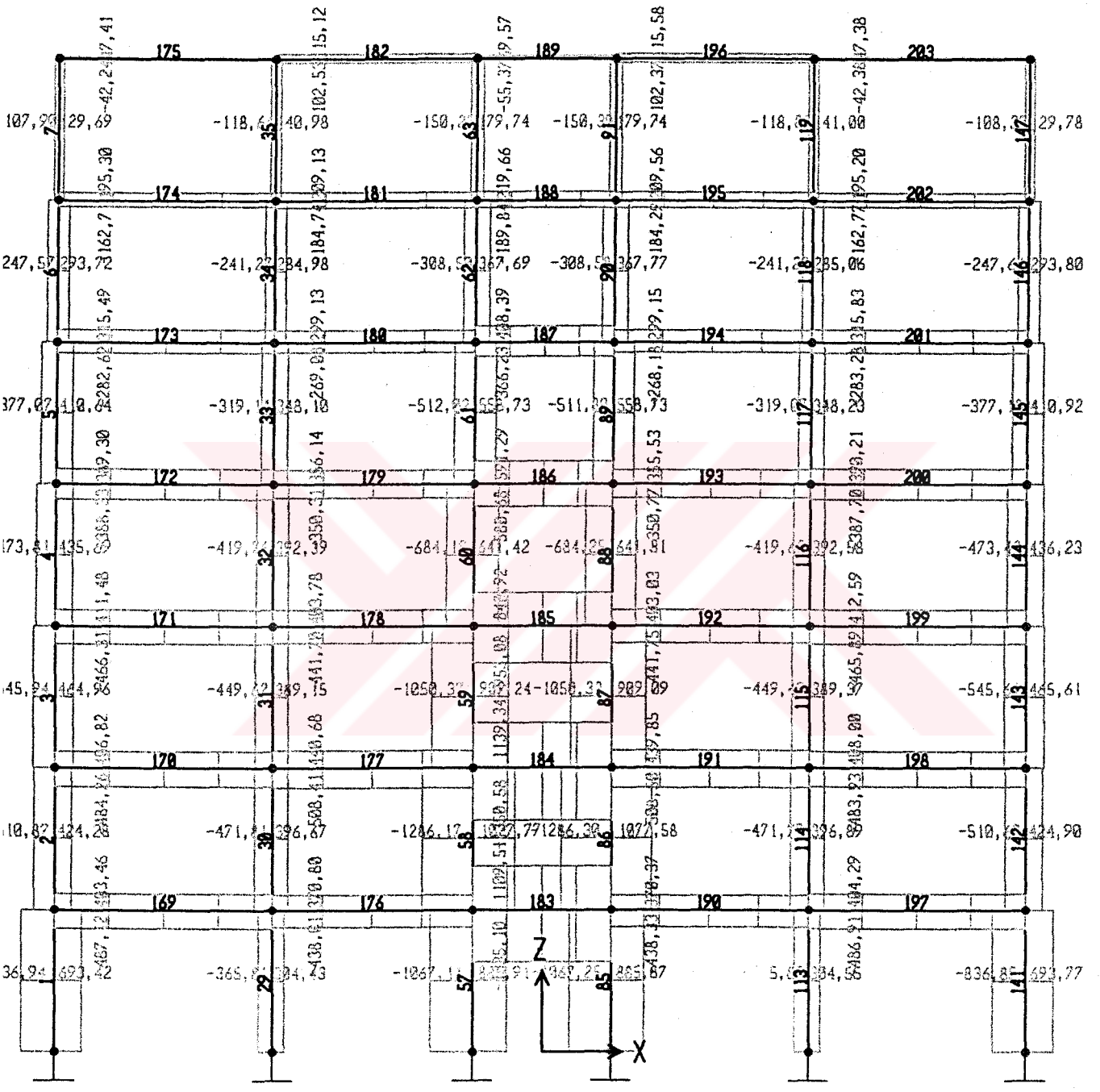
SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
Base Shear Y: Base Shear Y Vs Time
Min is -4,089e+03 at 4,4350e+00 Max is 3,128e+03 at 8,7450e+00

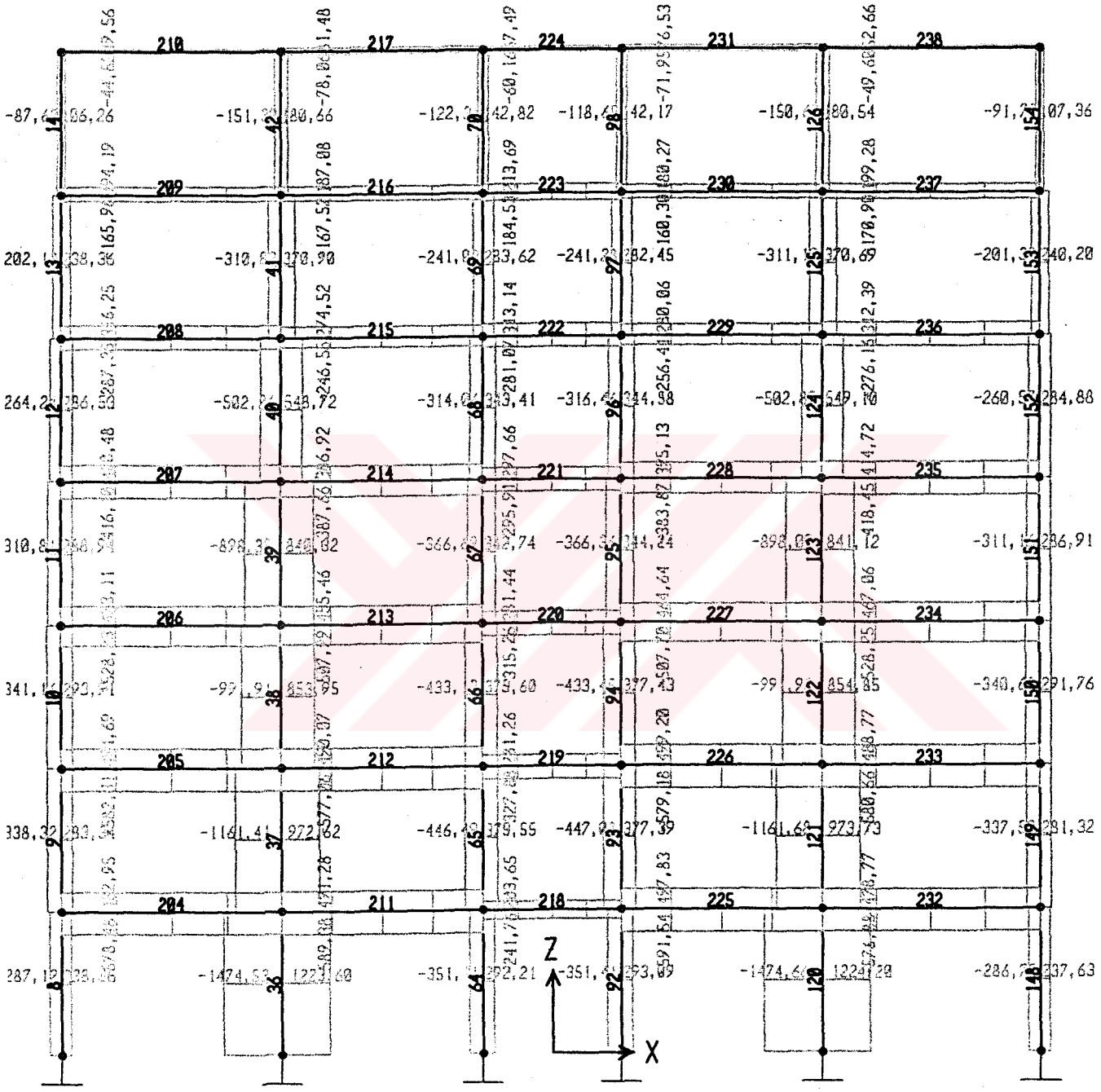

Z
X

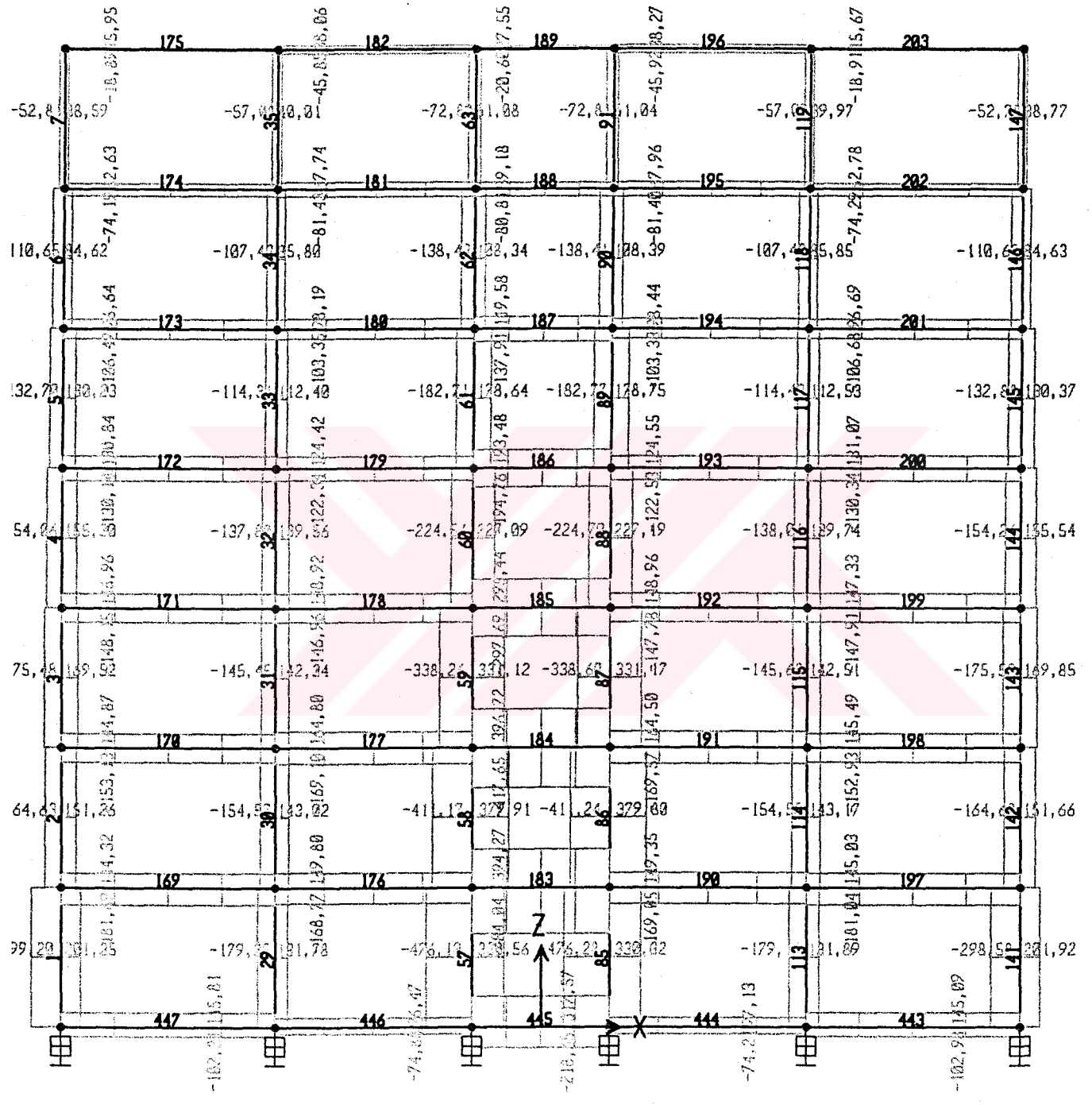

Z
X

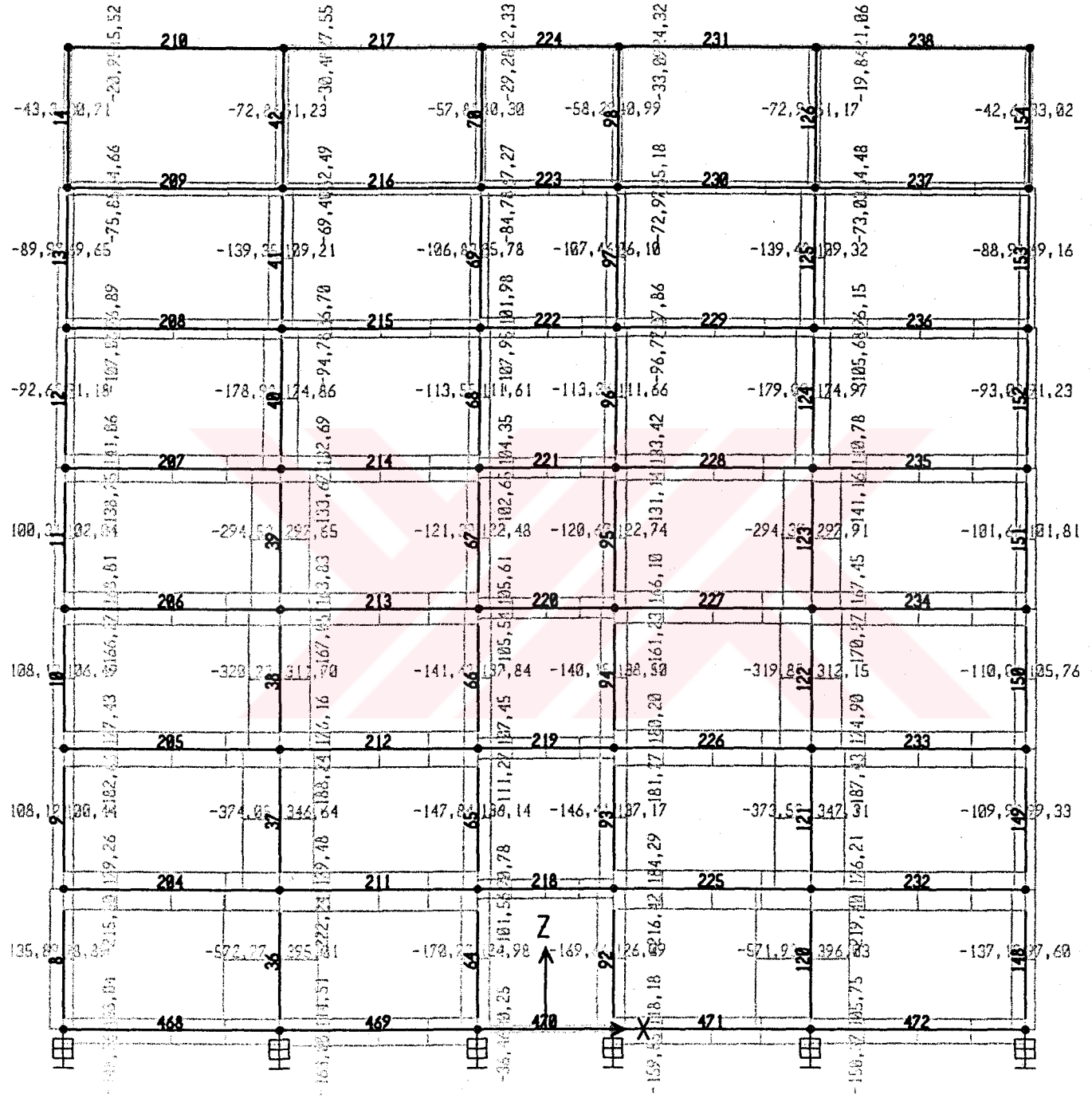

175
182
189
196
203
174
181
188
195
202
173
180
187
194
201
172
179
186
193
200
171
178
185
192
199
170
177
184
191
198
169
176
183
190
197
447
446
445
444
443
Z
X

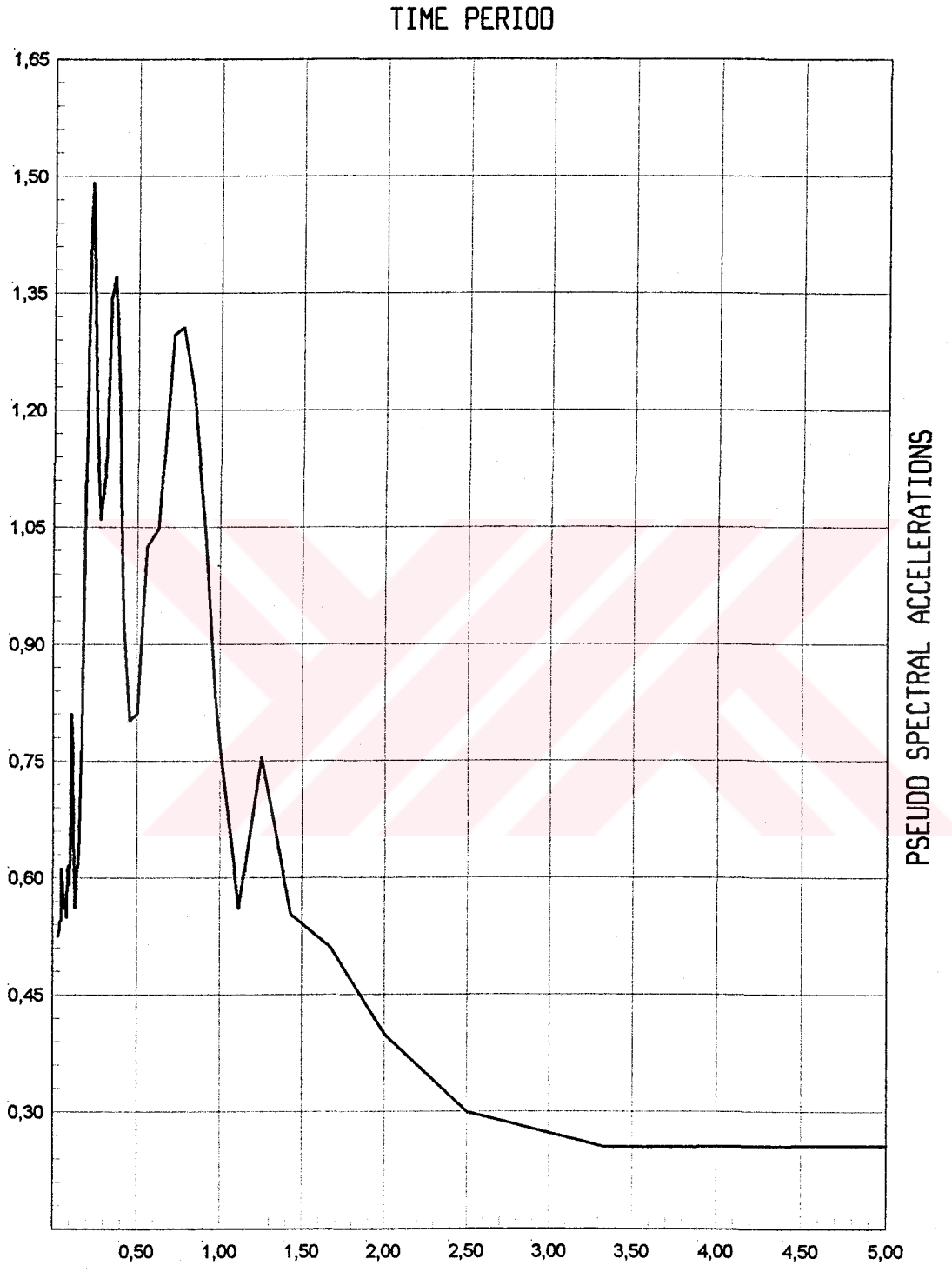

Z
X


175
182
189
196
203
174
181
188
195
202
173
180
187
194
201
172
179
186
193
200
171
178
185
192
199
170
177
184
191
198
169
176
183
190
197
Z
X

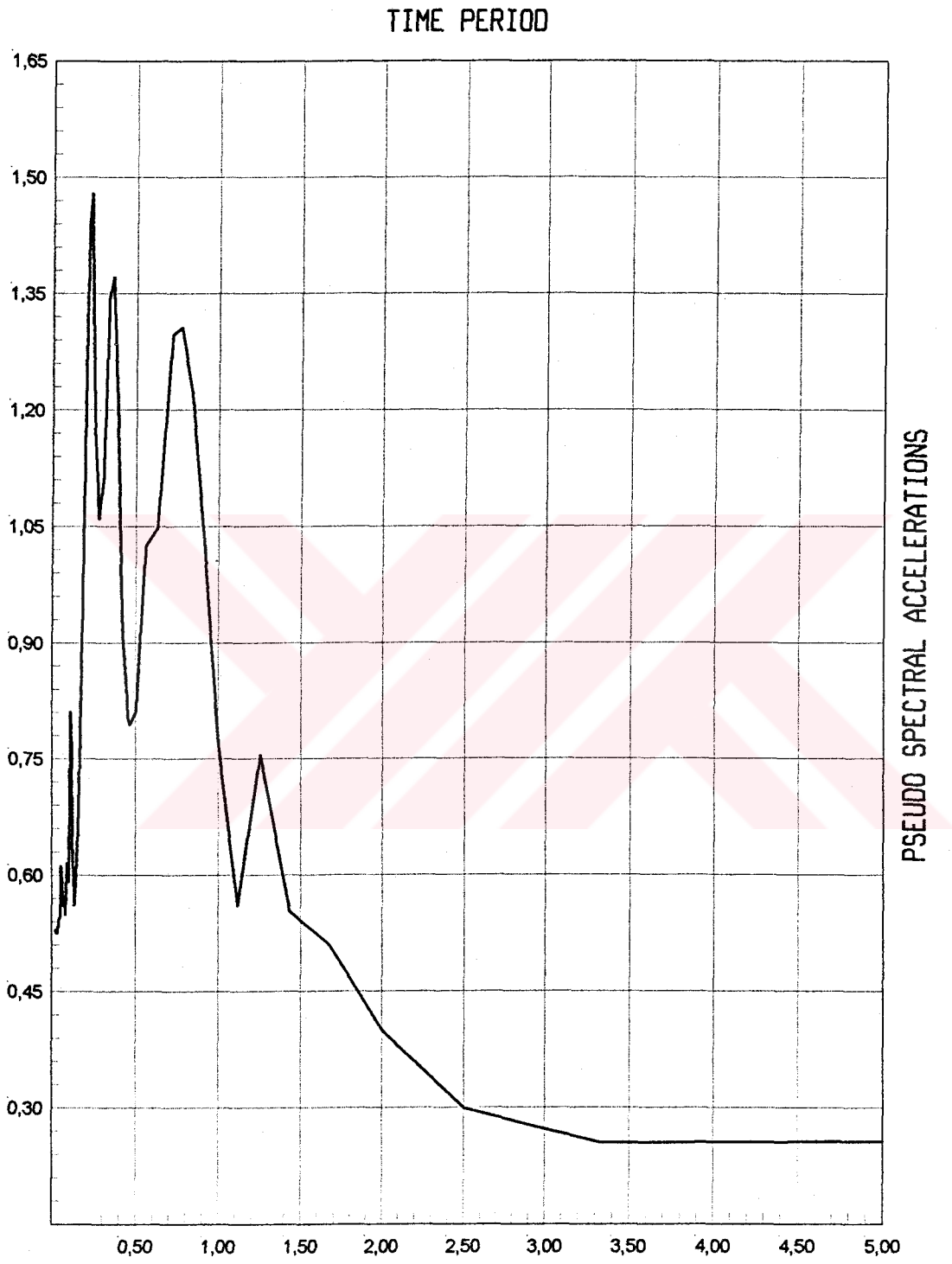

Z
X


175
182
189
196
203
174
181
188
195
202
173
180
187
194
201
172
179
186
193
200
171
178
185
192
199
170
177
184
191
198
169
176
183
190
197
447
446
445
444
443
Z
X

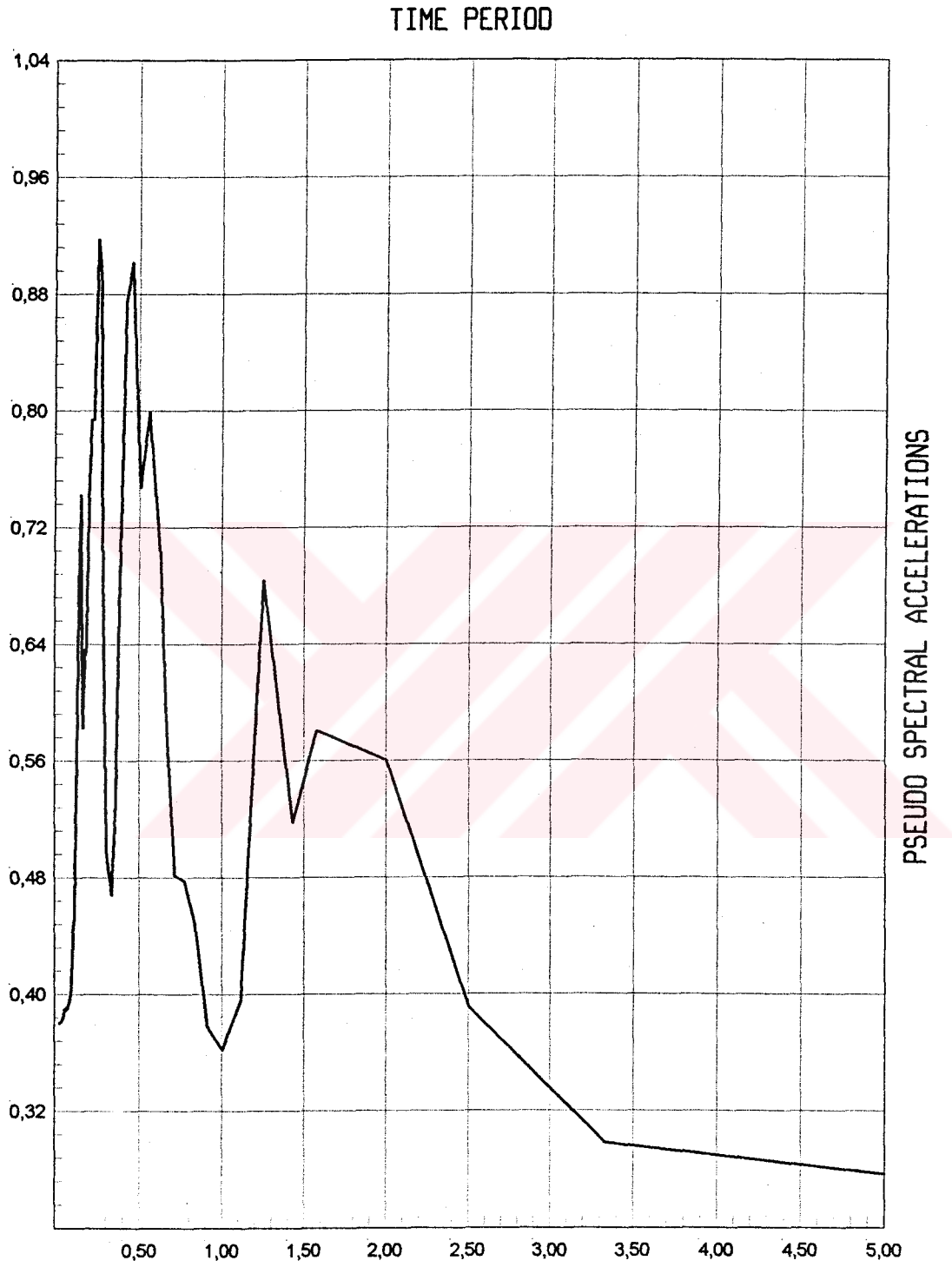

Z
X



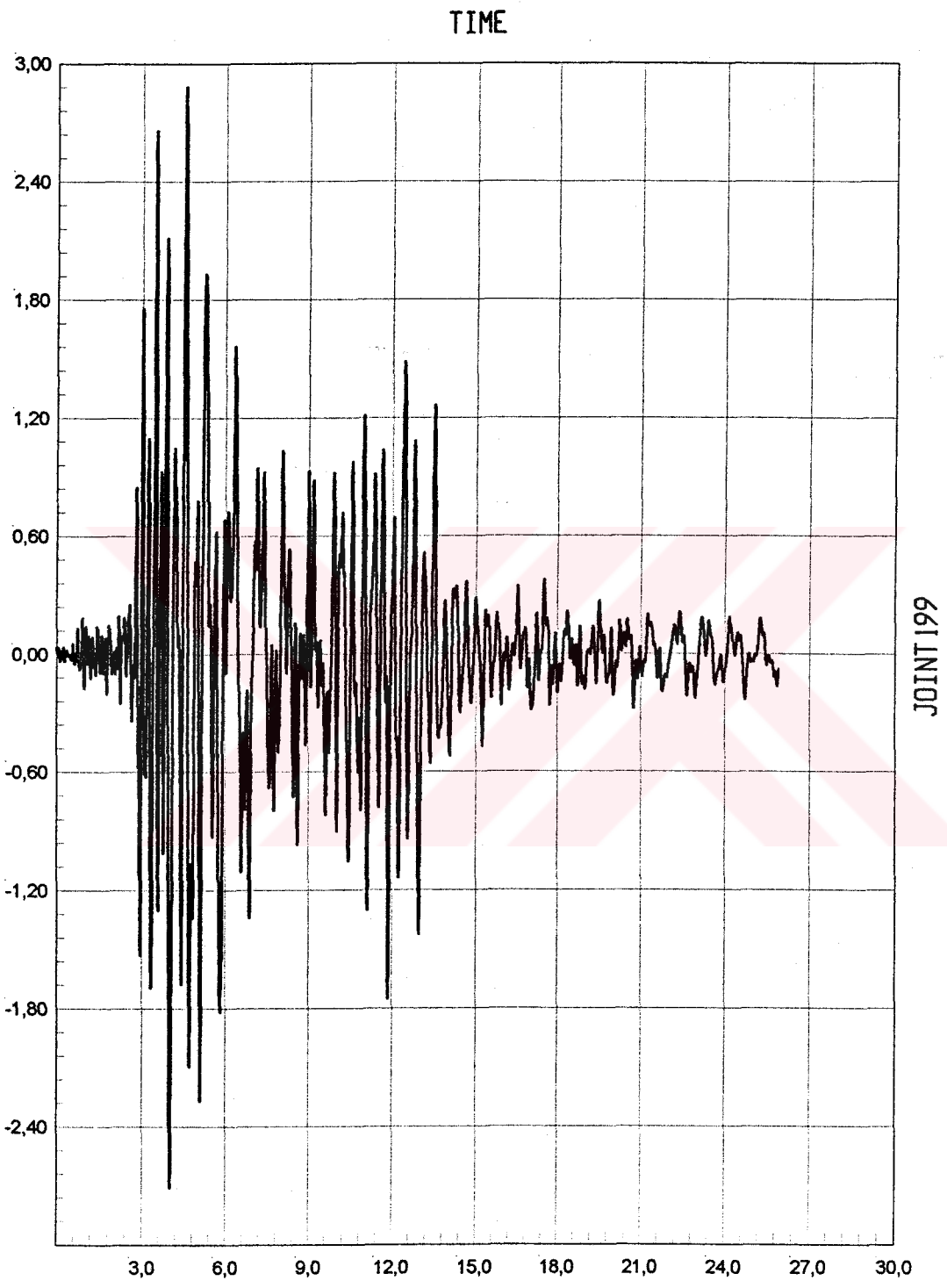
SAP2000 v6.11 - File:7K-ANK - KN-m Units
Joint 25 Direction X
Damping Values 0,05 Scale Factor 1,02e-01 Widening 0,00 %



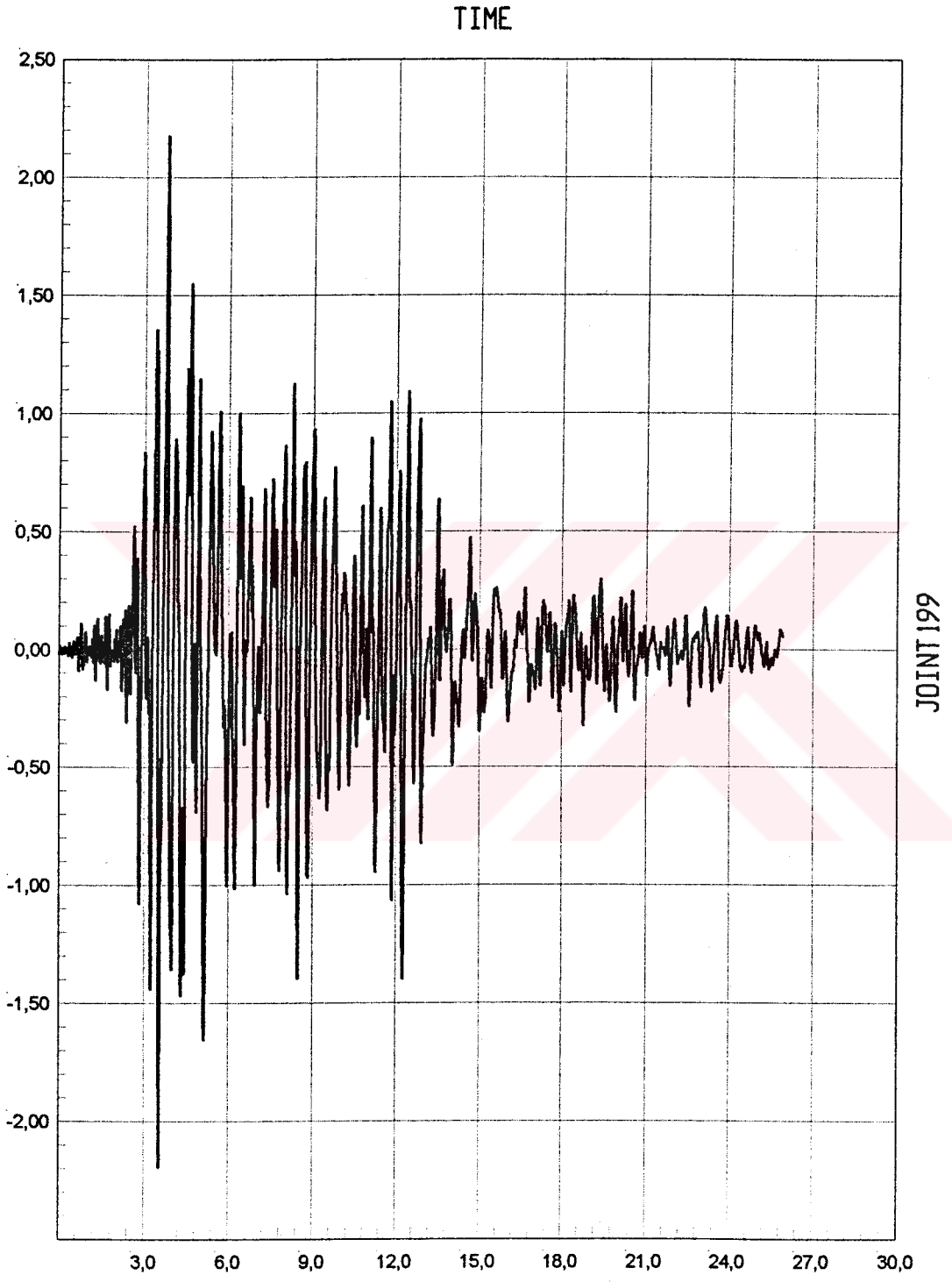
SAP2000 v6.11 - File:7K-6P - KN-m Units
Joint 25 Direction X
Damping Values 0,05 Scale Factor 1,02e-01 Widening 0,00 %



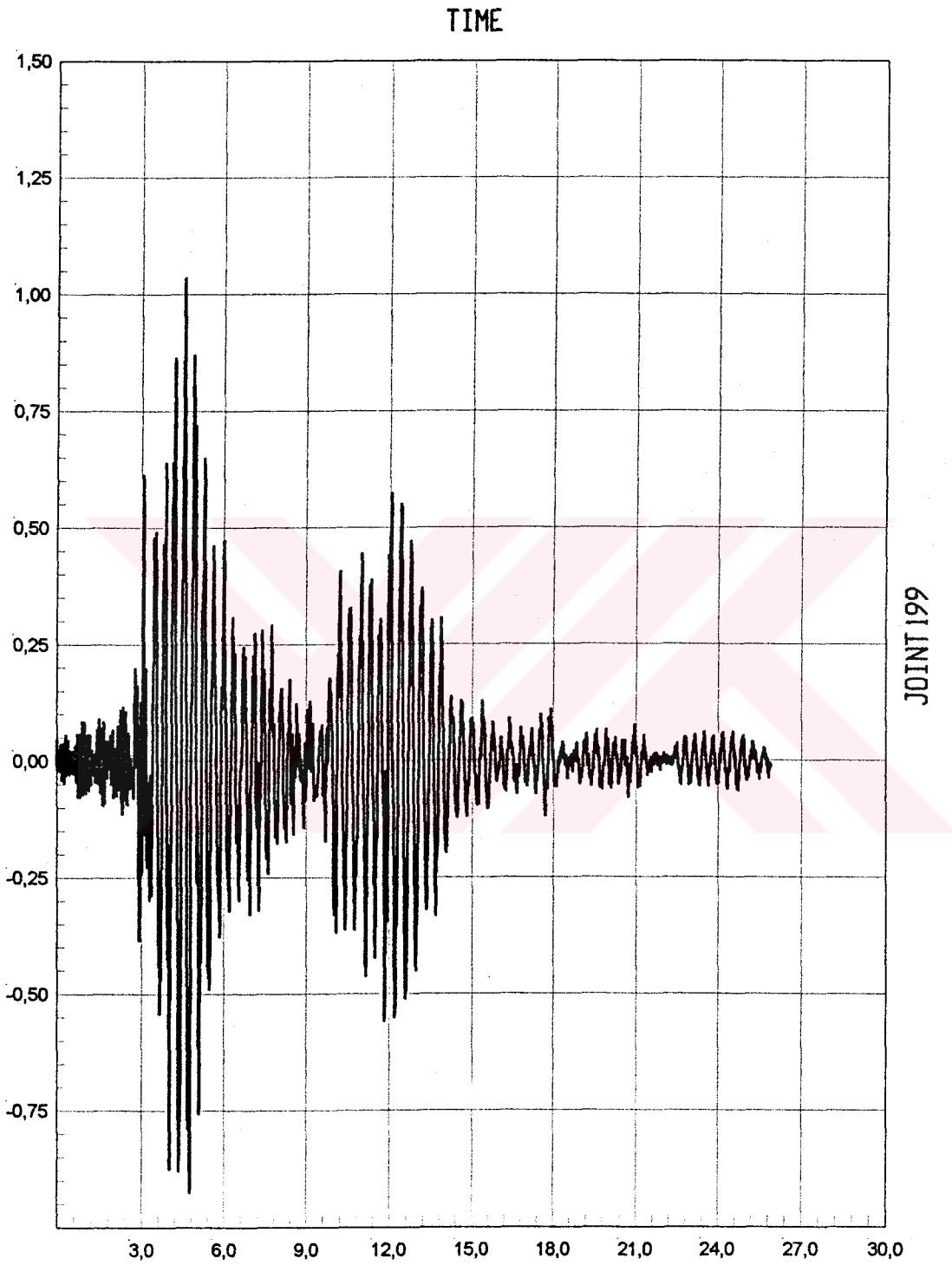
SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
Joint 200 Direction X
Damping Values 0,05 Scale Factor 1,02e-01 Widening 0,00 %



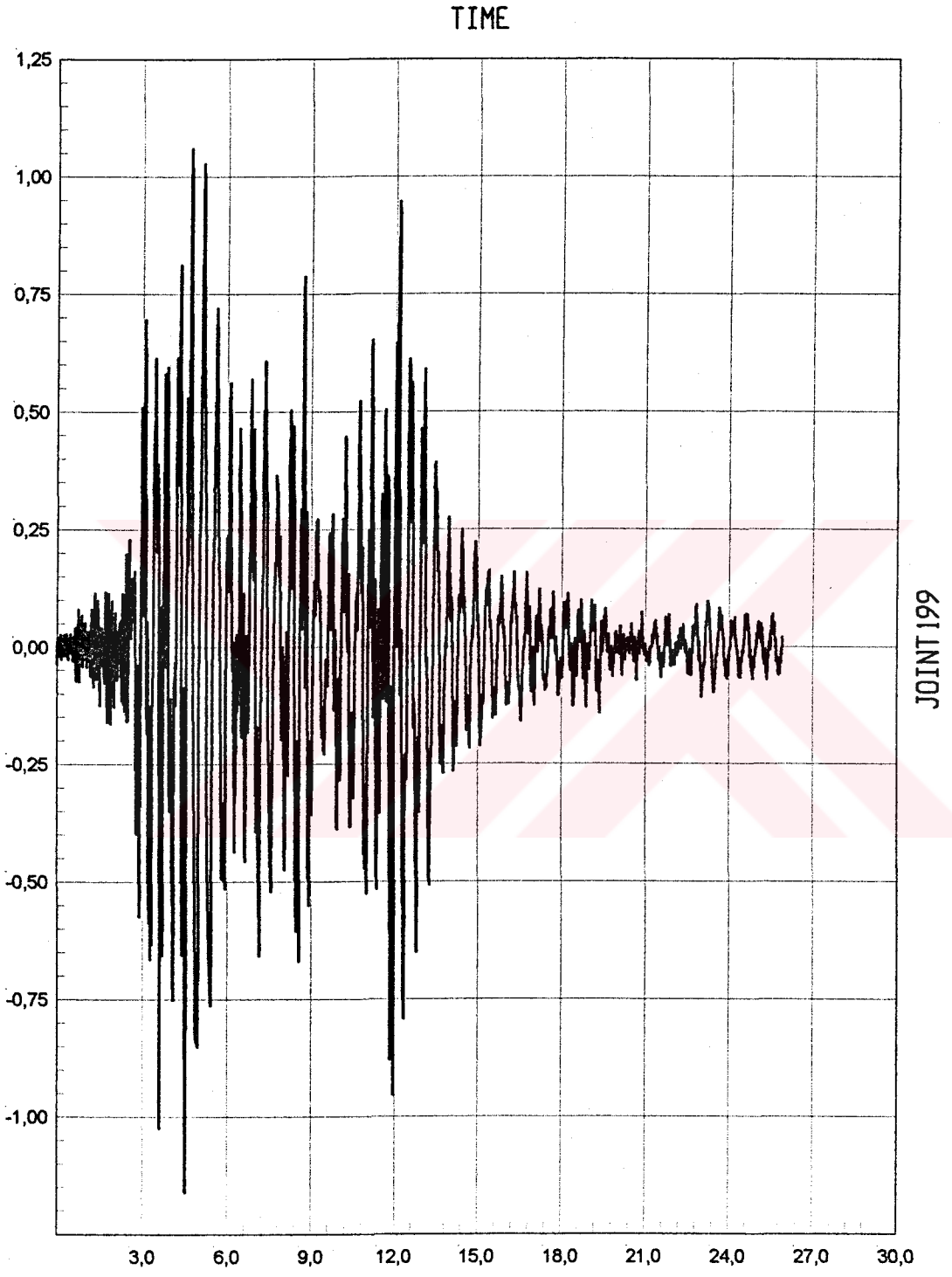
SAP2000 v6.11 - File:7K-ANK - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Acceleration UX Vs Time
Min is -2,710e+00 at 3,9900e+00 Max is 2,885e+00 at 4,5350e+00



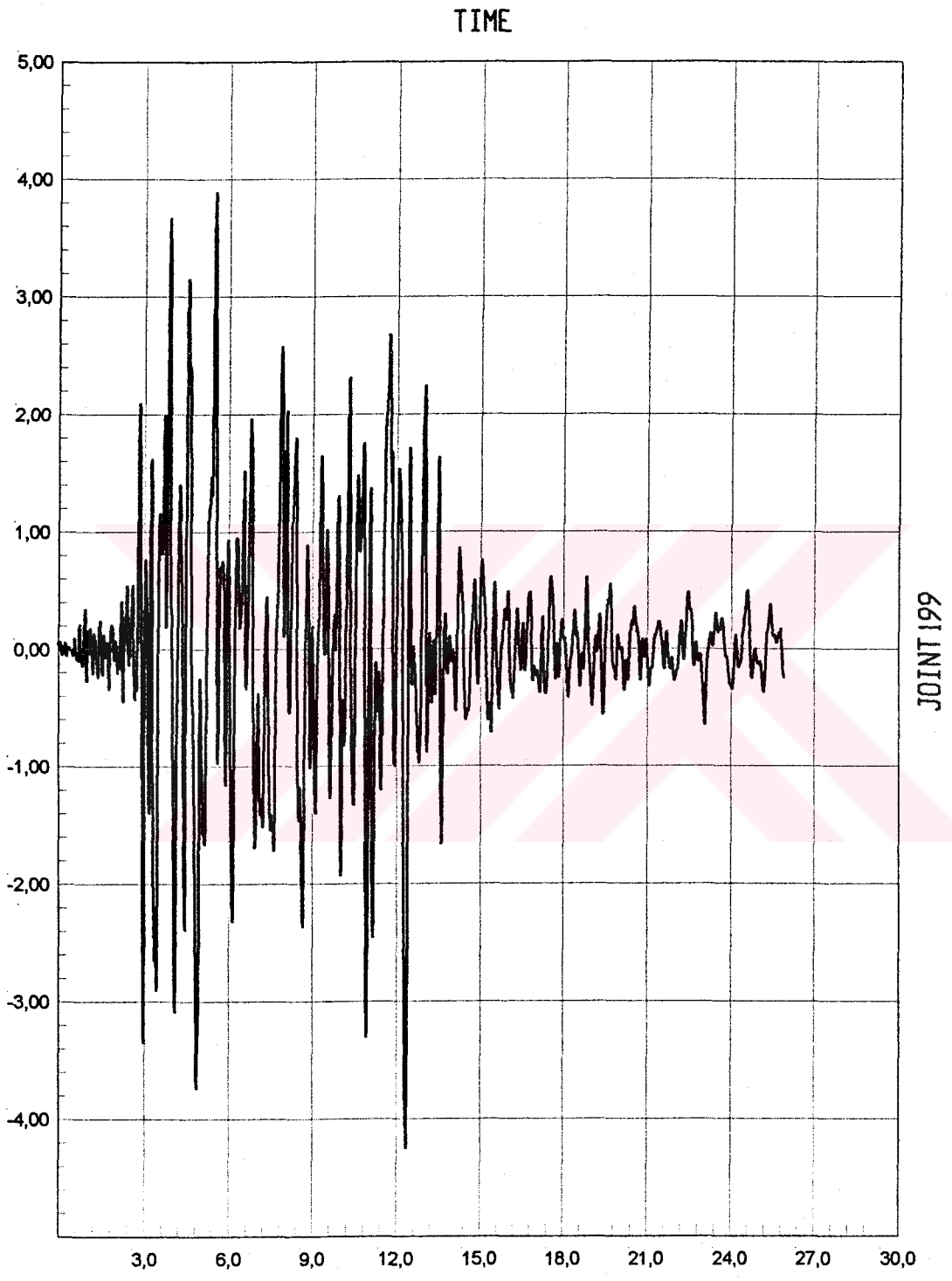
SAP2000 v6.11 - File:7K-ANK - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Acceleration UY Vs Time
Min is -2,194e+00 at 3,5200e+00 Max is 2,178e+00 at 3,7650e+00



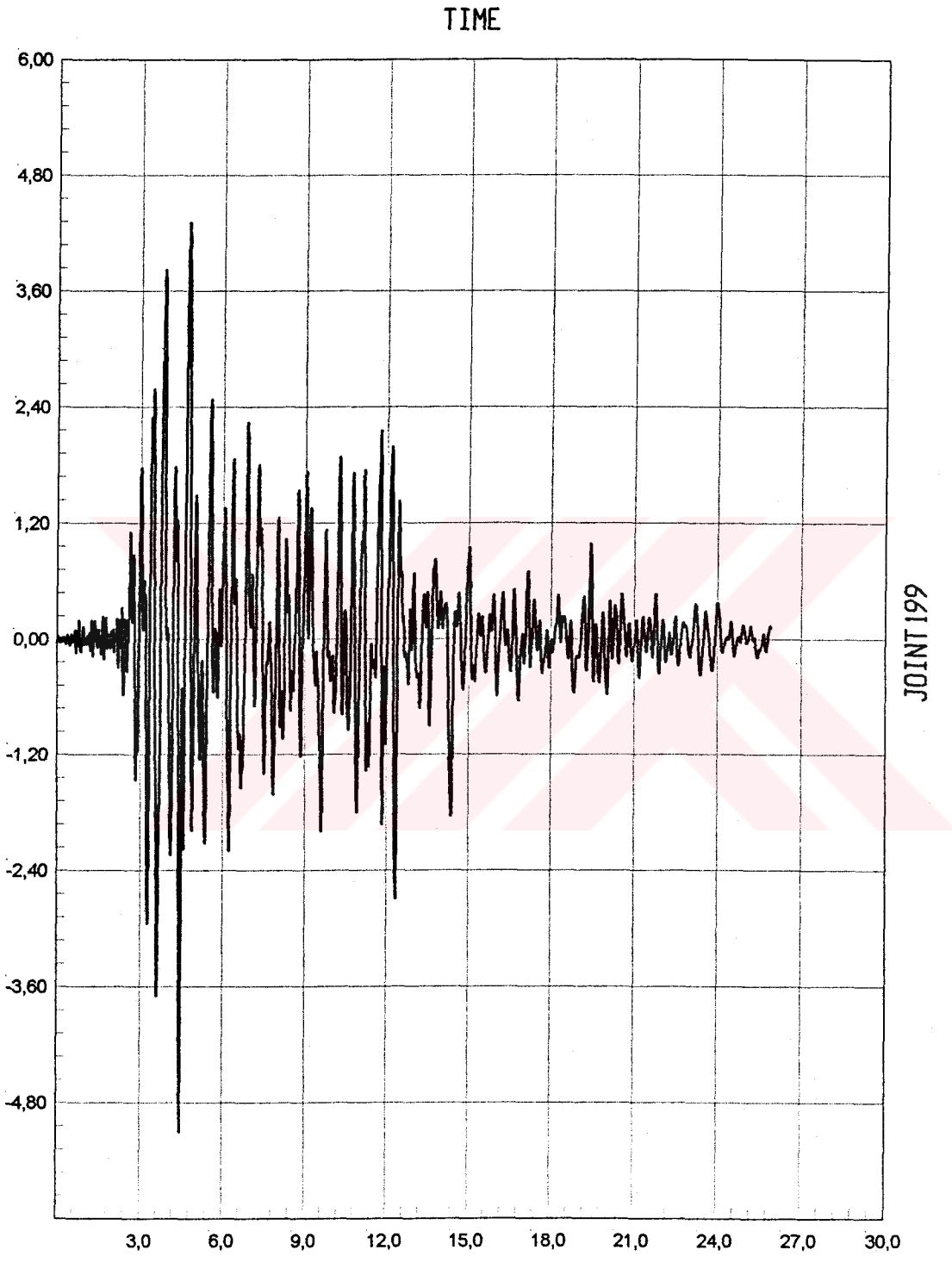
SAP2000 v6.11 - File:7K-6P - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Acceleration UX Vs Time
Min is -9,252e-01 at 4,7400e+00 Max is 1,036e+00 at 4,5400e+00



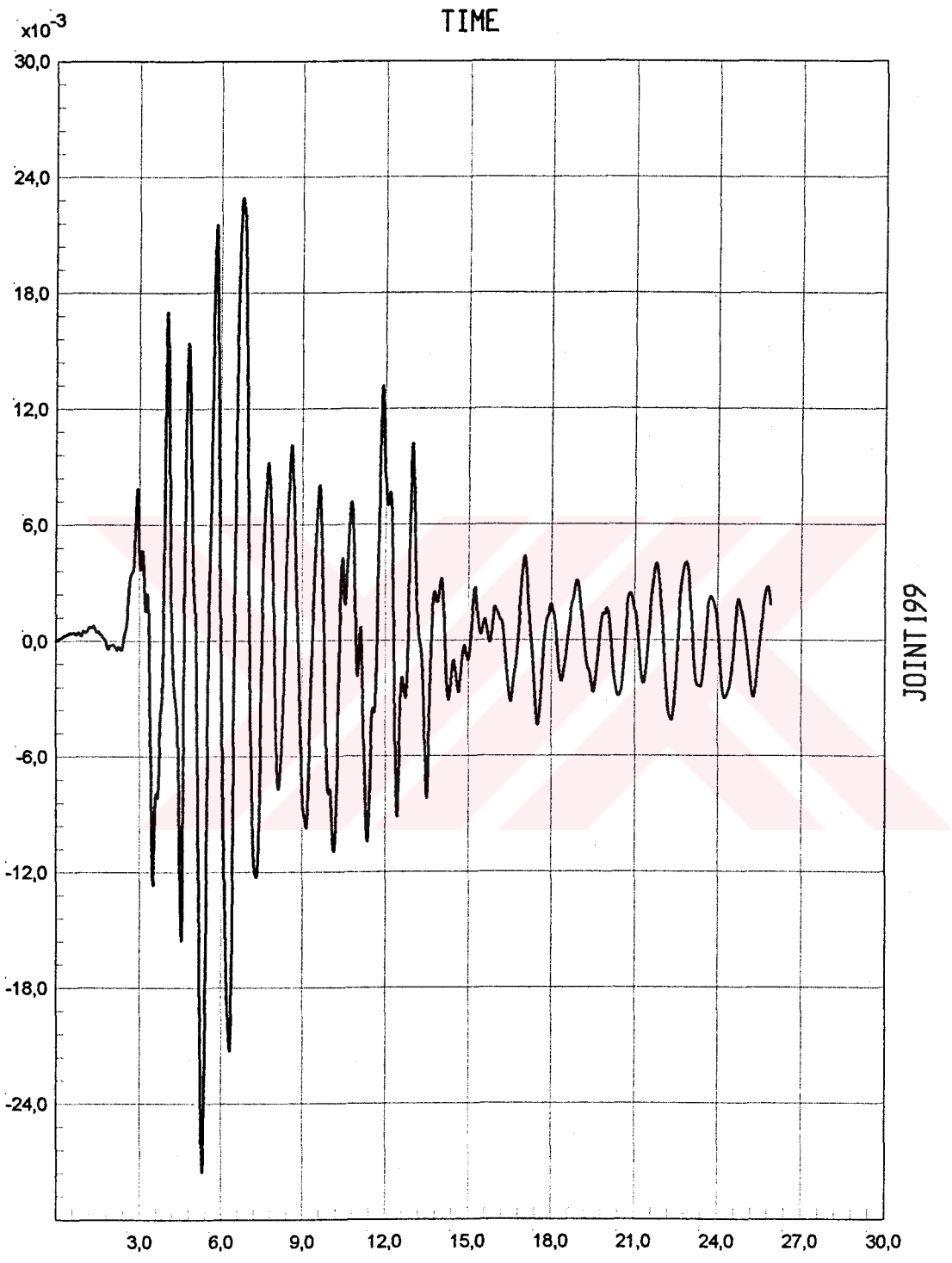
SAP2000 v6.11 - File:7K-6P - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Acceleration UY Vs Time
Min is -1,161e+00 at 4,5050e+00 Max is 1,061e+00 at 4,6950e+00



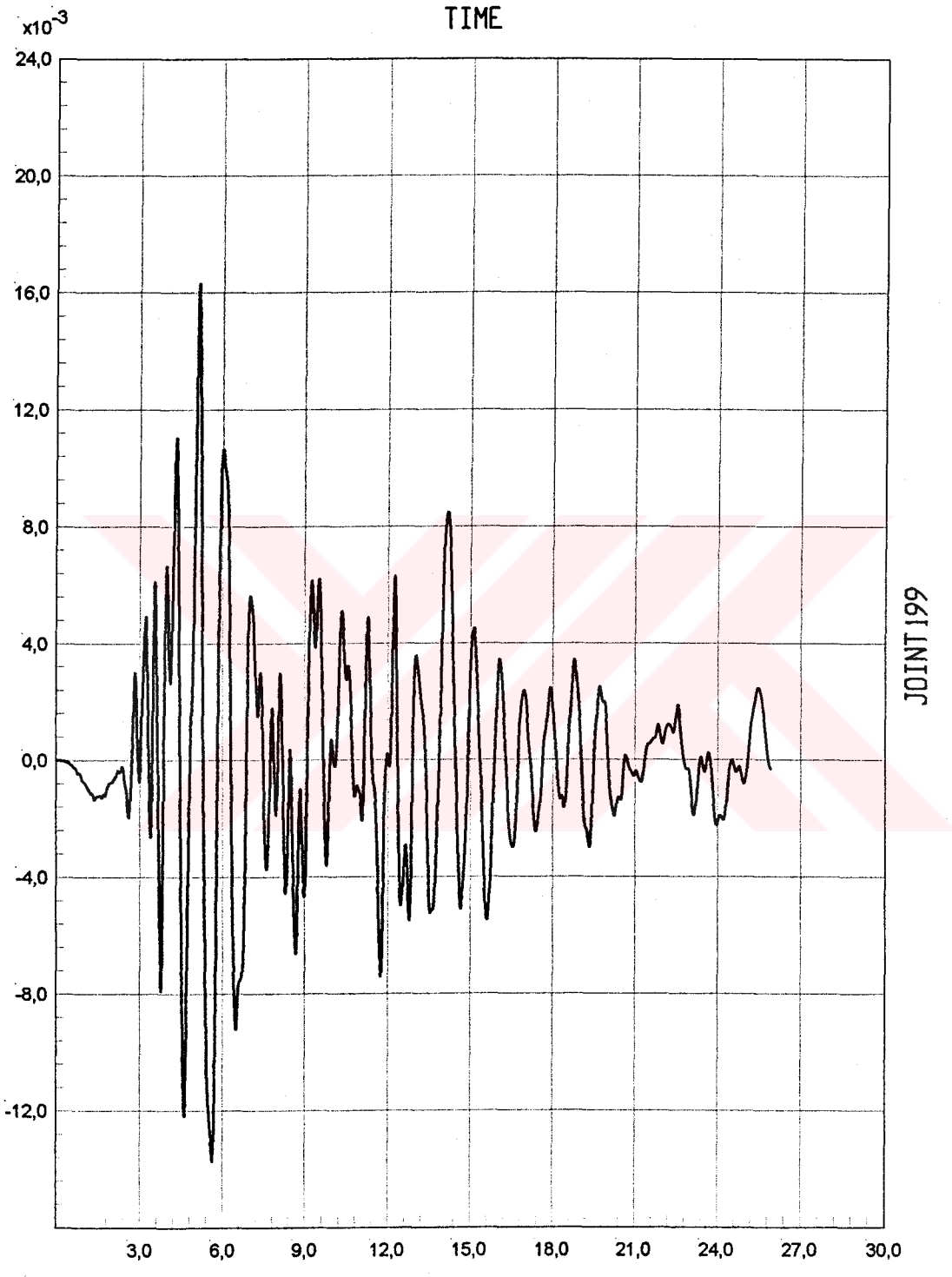
SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Acceleration UX Vs Time
Min is -4,251e+00 at 1,2330e+01 Max is 3,892e+00 at 5,4850e+00



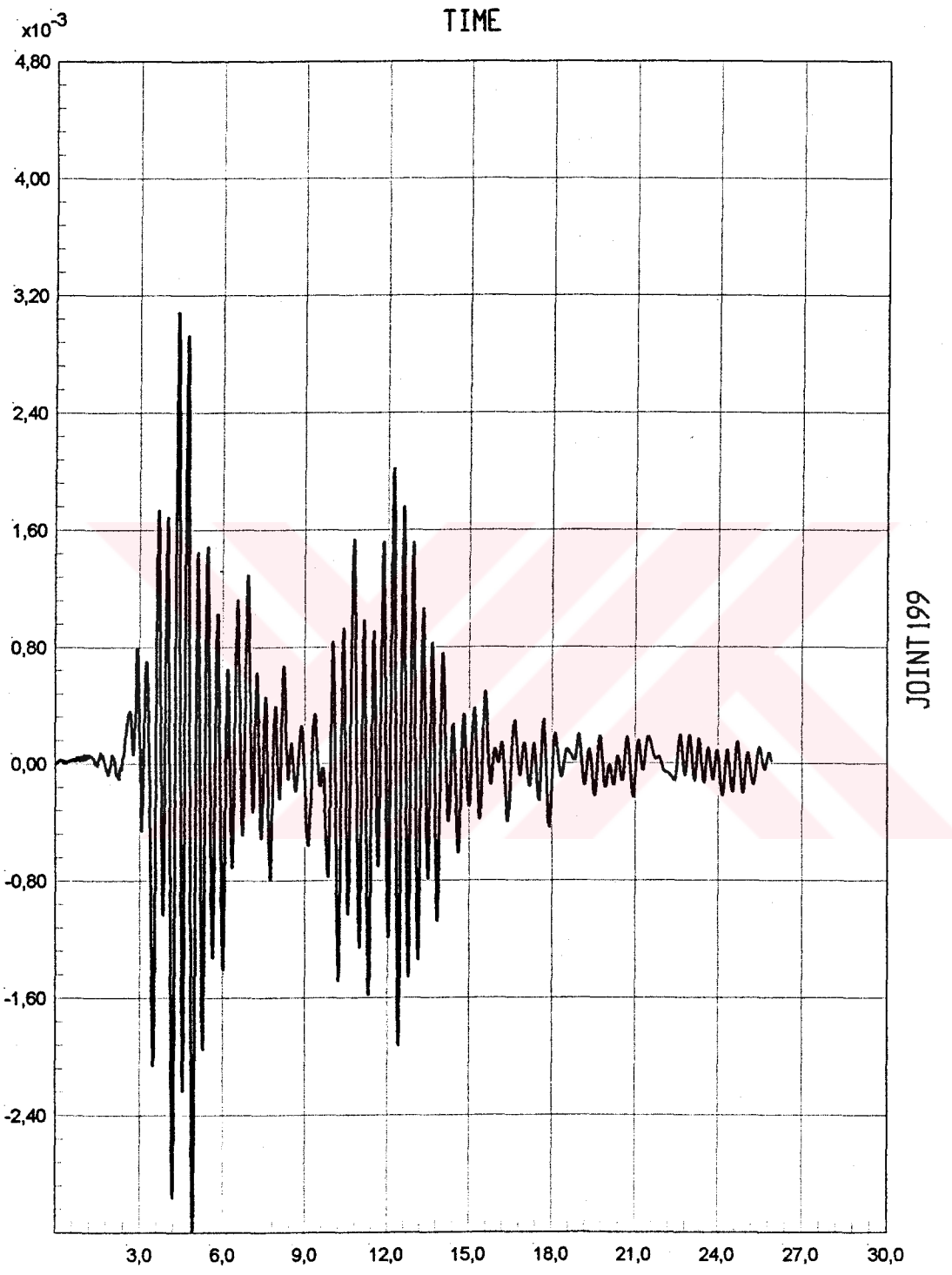
SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Acceleration UY Vs Time
Min is -5,105e+00 at 4,4550e+00 Max is 4,314e+00 at 4,7250e+00



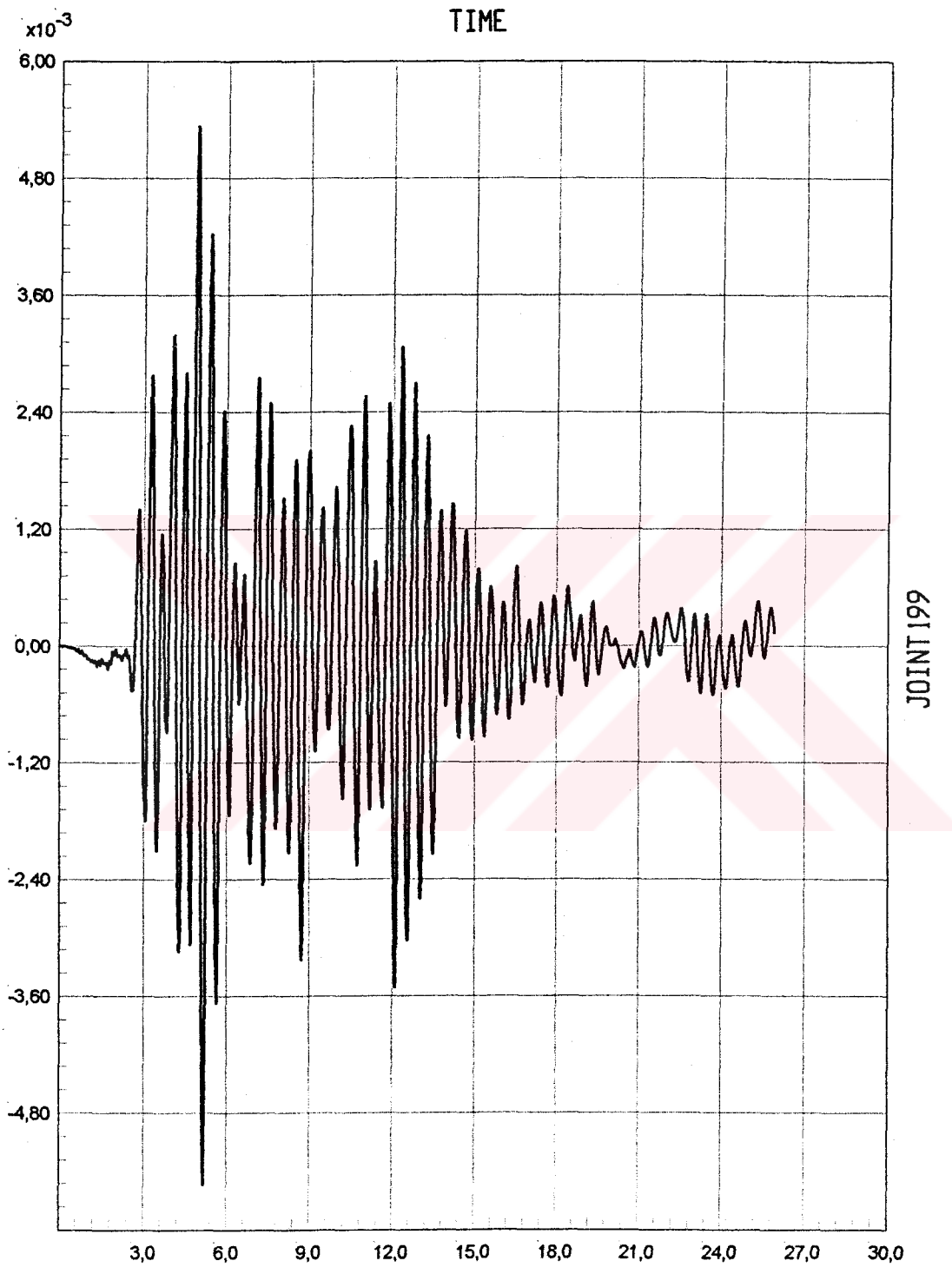
SAP2000 v6.11 - File:7K-ANK - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Displacement UX Vs Time
Min is -2,751e-02 at 5,2850e+00 Max is 2,292e-02 at 6,7600e+00



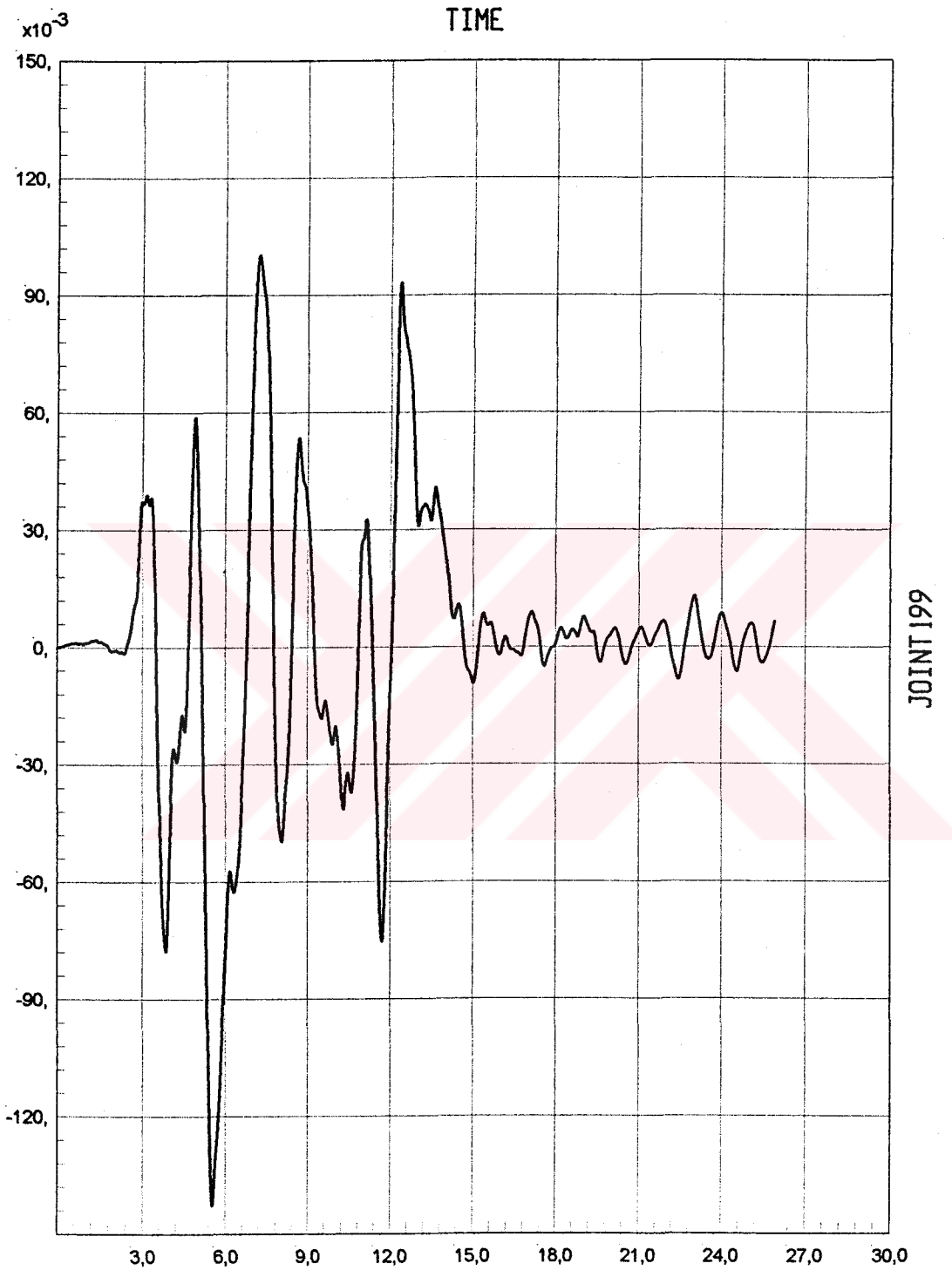
SAP2000 v6.11 - File:7K-ANK - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Displacement UY Vs Time
Min is -1,372e-02 at 5,6200e+00 Max is 1,632e-02 at 5,1150e+00



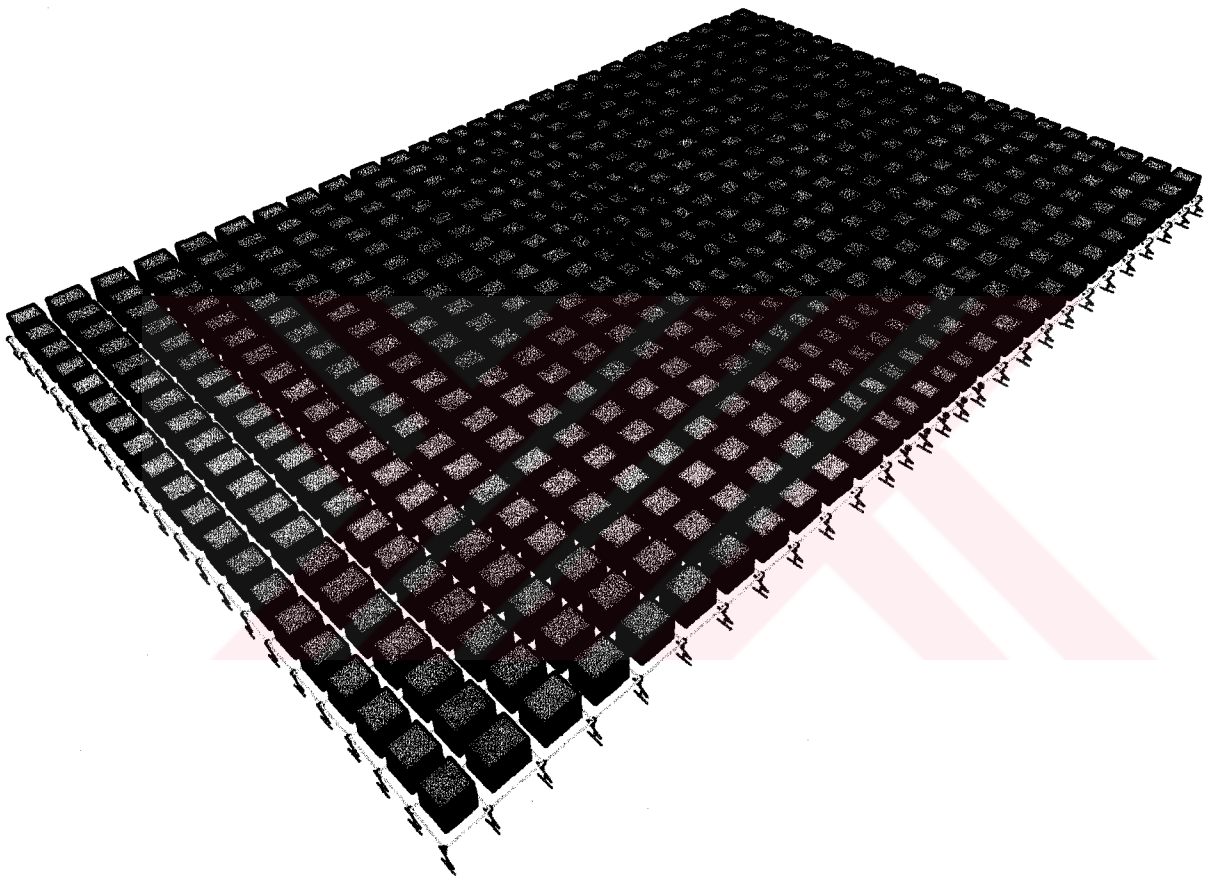
SAP2000 v6.11 - File:7K-6P - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Displacement UX Vs Time
Min is -3,198e-03 at 4,9050e+00 Max is 3,086e-03 at 4,3650e+00

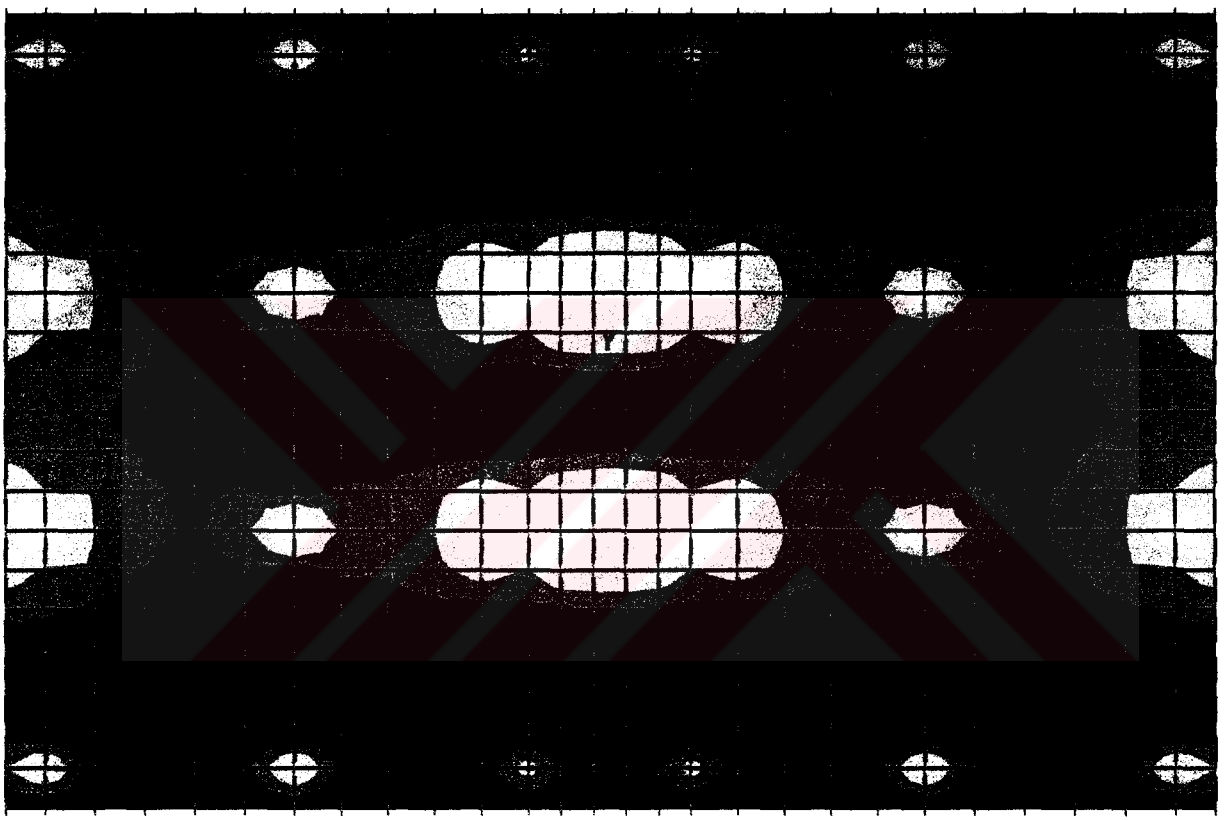


SAP2000 v6.11 - File:7K-6P - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Displacement UY Vs Time
Min is -5,536e-03 at 5,1400e+00 Max is 5,342e-03 at 4,9000e+00



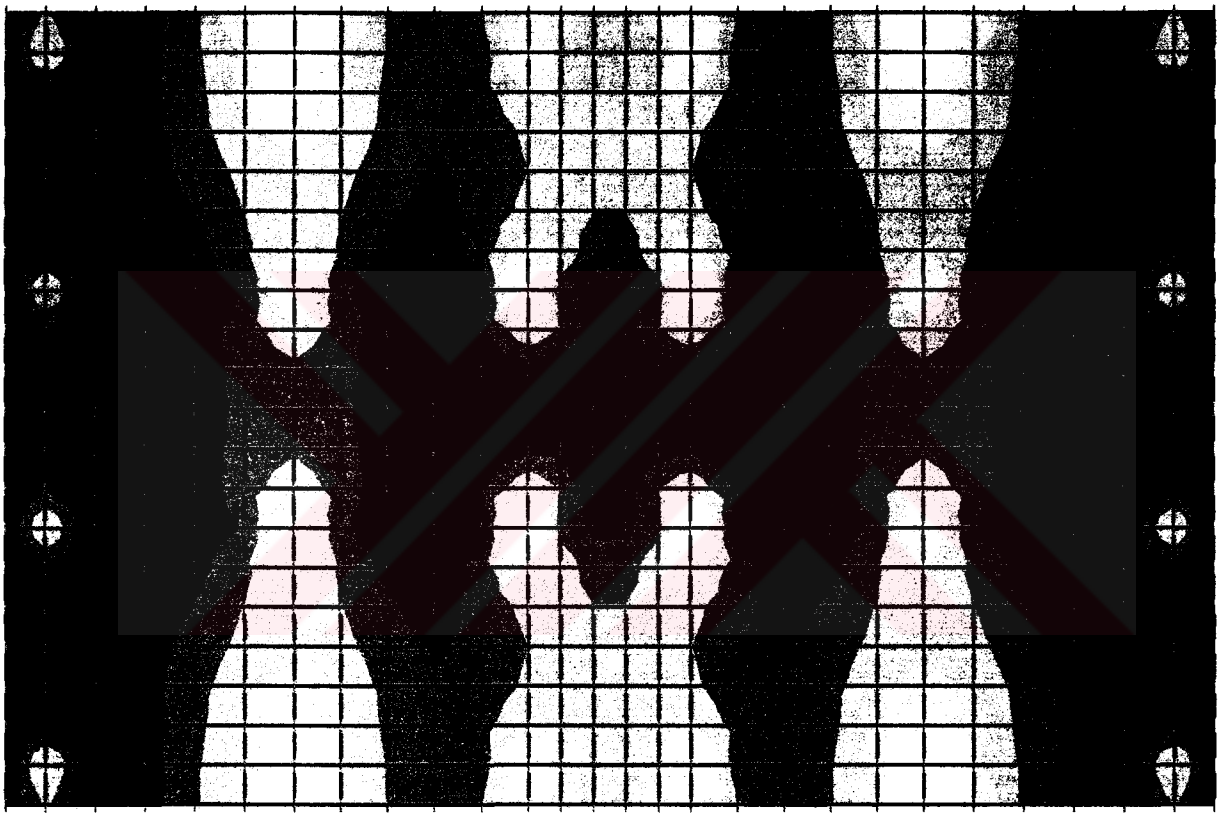
SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Displacement UX Vs Time
Min is -1,427e-01 at 5,5100e+00 Max is 1,003e-01 at 7,1950e+00





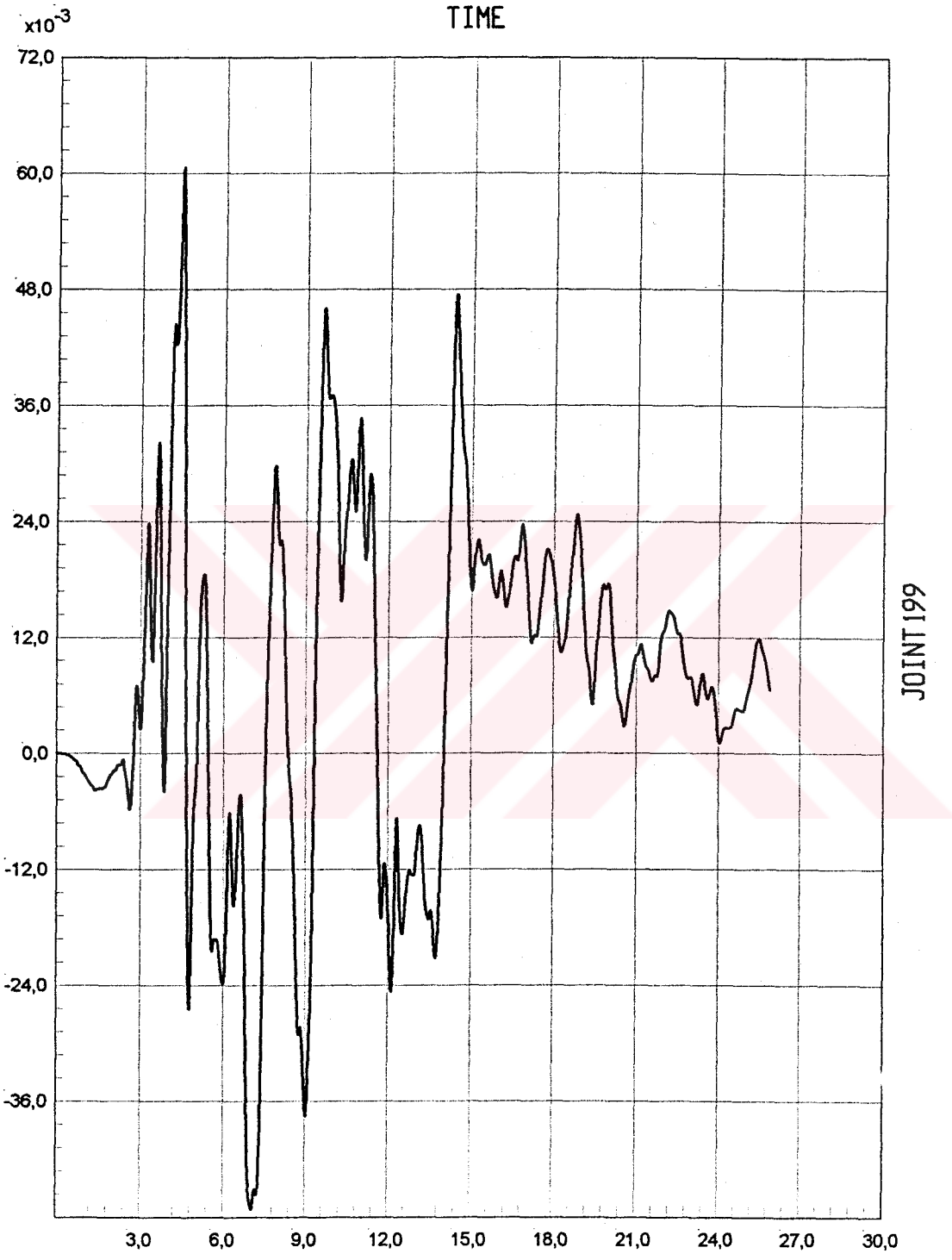
0, 55, 110, 165, 220, 275, 330, 385, 440,

AP2000 v6.11 - File:Radye - Resultant M22 Diagram (MAX) - KN-m Units

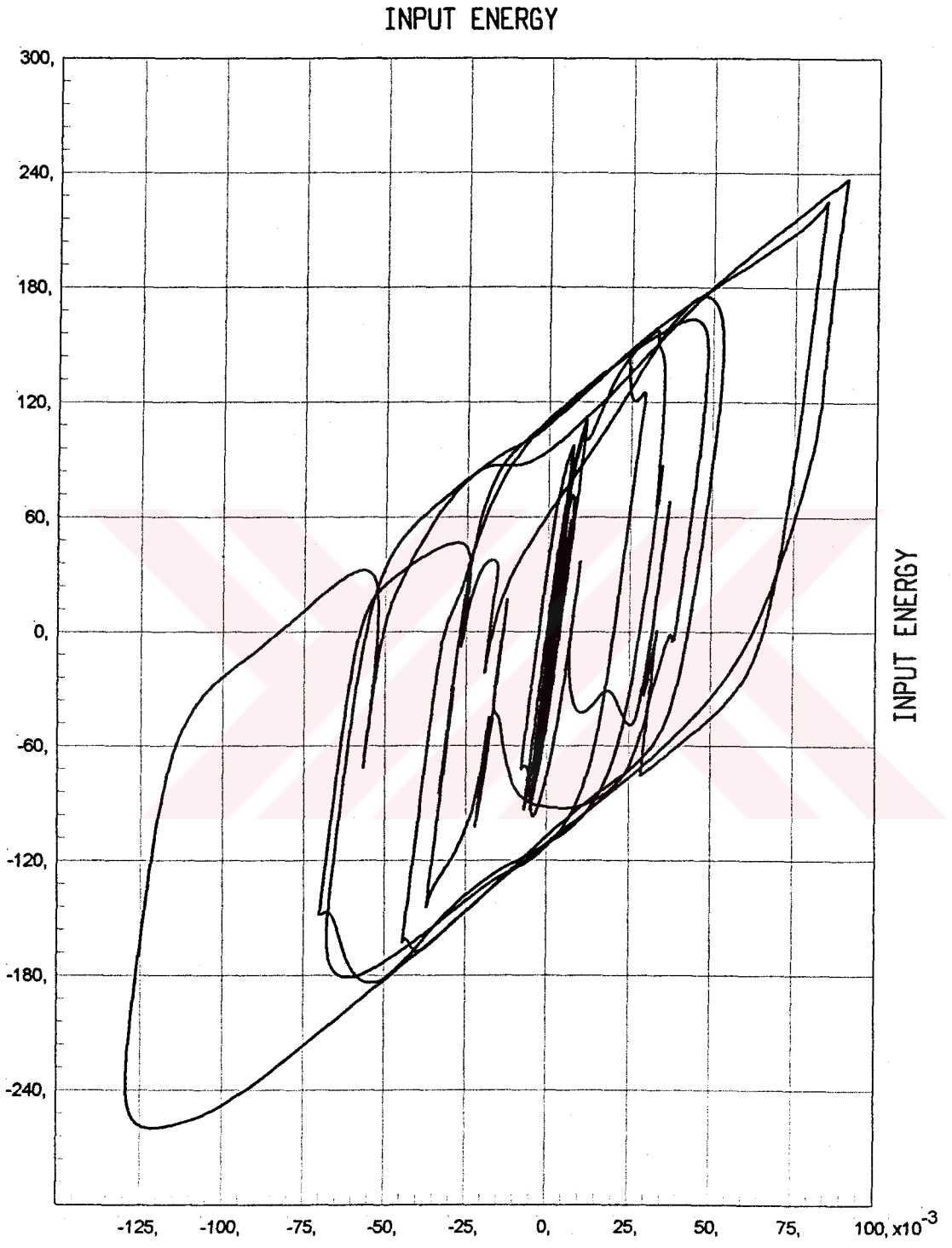


0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400,

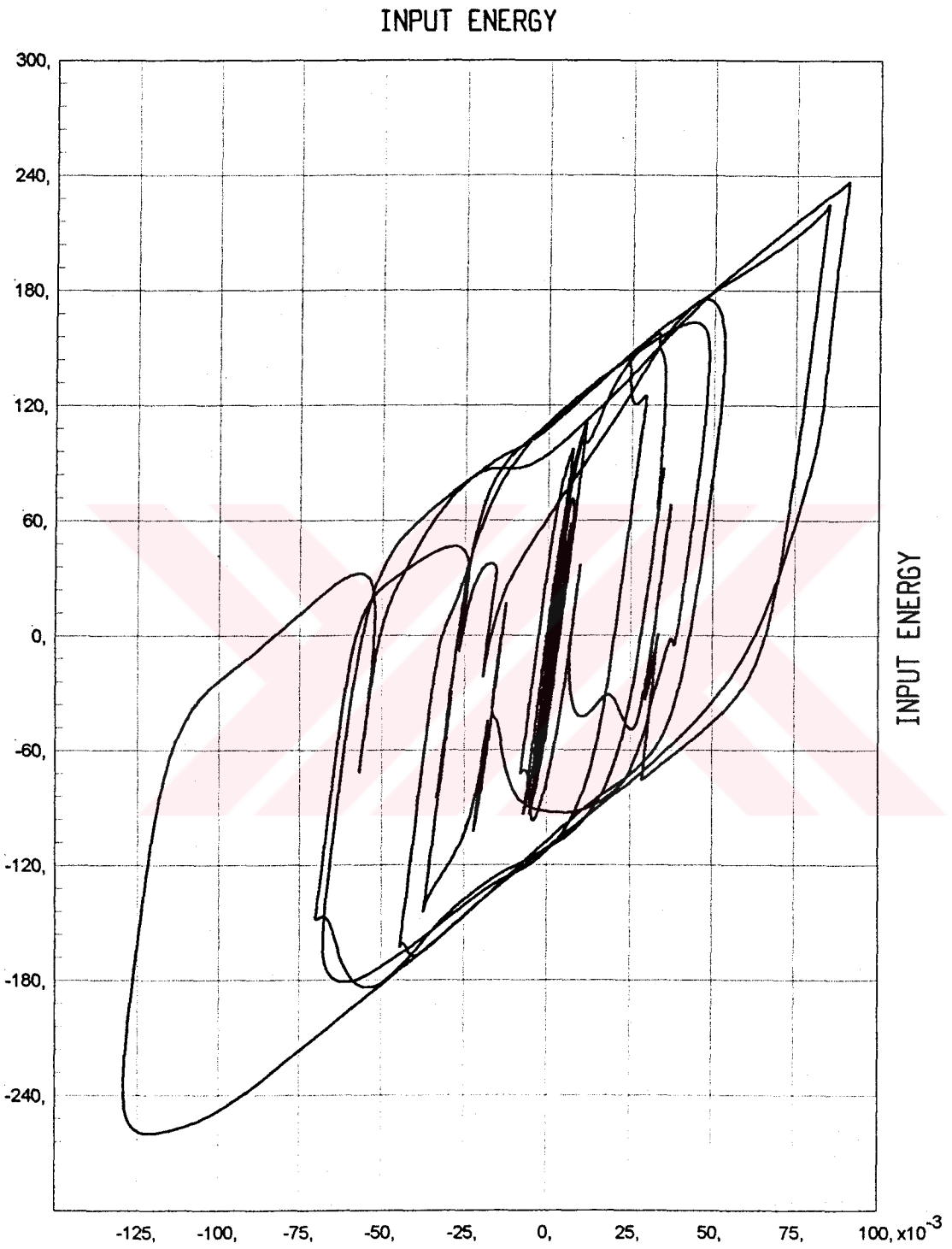
AP2000 v6.11 - File:Radye - Resultant M11 Diagram (MAX) - KN-m Units



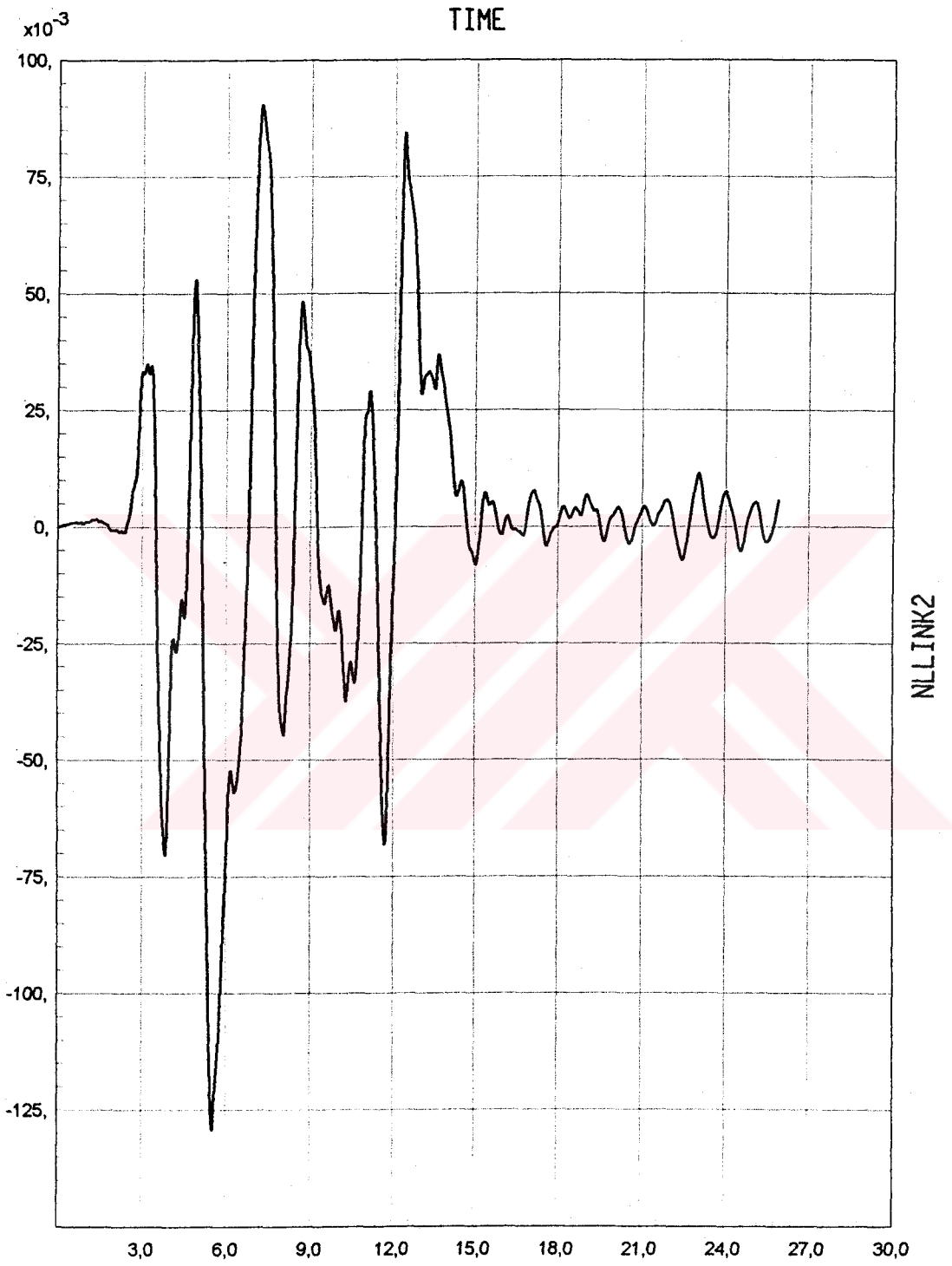
SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
Joint199: Joint 199 Displacement UY Vs Time
Min is -4,722e-02 at 7,0350e+00 Max is 6,066e-02 at 4,4350e+00



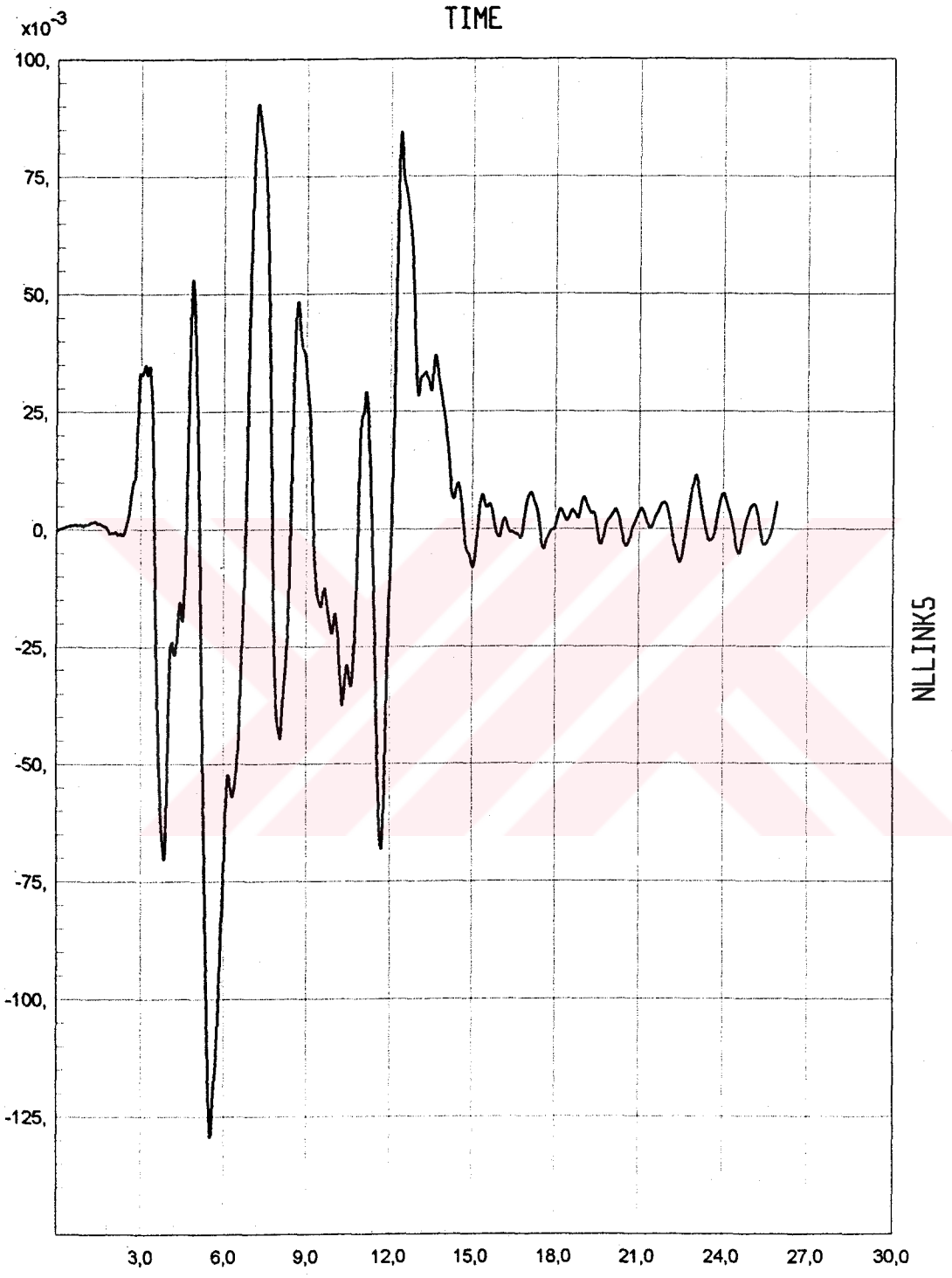
SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
NLLink2-1: NLLink 2 at End-I Shear 2-2
NLLink2: NLLink 2 U2



SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
NLLink5-1: NLLink 5 at End-I Shear 2-2
NLLink5: NLLink 5 U2



SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
NLLink2: NLLink 2 U2 Vs Time
Min is -1,294e-01 at 5,5100e+00 Max is 9,051e-02 at 7,1950e+00



SAP2000 v6.11 - File:7K-DIS2B - KN-m Units
NLLink5: NLLink 5 U2 Vs Time
Min is -1,294e-01 at 5,5100e+00 Max is 9,051e-02 at 7,1950e+00

ÖZGEÇMİŞ

Hakan Türker, 06.05.1978 tarihinde İstanbul'da doğdu. 1995 yılında Behçet Kemal Çağlar Lisesi'nden, 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Mezuniyetini takiben 2000-2001 öğretim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'na bağlı olan Yapı (Deprem) Mühendisliği programında yüksek lisans öğrenimine başladı. Yüksek lisans öğrenimi sırasında tam bir yıl süre ile Yalçın Proje Müh. Mim. Müş. Tah. ve Ltd. Şti.'nde inşaat mühendisi olarak çalıştı.