

**PERDE-ÇERÇEVE VE ÇERÇEVELERDEN OLUŞAN YAPILARIN
TABAN İZOLATÖRLERİ KULLANILARAK ANALİZİ
VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Halil İbrahim POLAT
(501041212)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2007**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Metin AYDOĞAN
Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN (Y.T.Ü.)
Yrd. Doç.Dr. Konuralp GİRGIN (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Çalışmaların meyvesi olarak ortaya çıkarılan eserler, aslında bütün bir ömrün özeti gibidir. İlkokula başlarken ki heyecanınız, sınıftan sınıfa geçişleriniz... Kimi merdivenlerinden tırmanırken hayatın, düşüşleriniz... Lise yıllarında geleceğe dönük tedirginlikleriniz, ümitsizlikleriniz, boş vermişlikleriniz... Toz-pembe hayalleriniz... Karşınıza çıkan ilk engele takılıp, düşmeleriniz... Yeniden ayağa kalkmalarınız, mücadeleniz... Ve sonra da üniversite yıllarında başka memleketler, farklı insanlar, yaşanmışlıklar arasında bir süre debelenmişlikleriniz...

Bir tek son zamanlarımın değil, ilkokul yıllarımdan yüksek lisansı tamamlamış olduğum bugünlere bilgi hazineme eklemeye çalıştıklarımın mahsulüdür bu tezin hikâyesi... Mühendislik eğitimim boyunca öğrendiklerimin, dışarıda yeterli olmadığı, her dem gelişime ardına kadar açık olmak gerekliliği önemli bir husus olarak zihnimde yer tutmaktadır. Deprem mühendisliği alanında sürdürdüğüm yoğun çalışmalarım esnasında bile iyi bir mühendis olmanın yanı sıra her daim yaşama dair olmalığı da düstur edindim kendime... Ders çalışmak, okulu asmamak, ödevleri zamanında teslim etmek dışında haftada iki kez sinemaya gitmek sözgelimi... Sadece otobüs duraklarında veya trafikte değil her zaman kitap okumak... Can gibi İstanbul'u adımlamak sokak sokak... Tarihine şahitlik etmek, boğazına, maviliğine... Çünkü iyi bir mühendis olmanın sosyal olmakla, çevresine duyarlı olmakla, hayatın aslında tam orta yerinde bulunmakla mümkün olabildiğini anladım. İnşaatlara da baktım kafamı kaldırdığım yol üstü tozlu-topraklı mekânlarda... Köprülere, kavşaklara, viyadüklere... Yeniden baktım statige, mukavemete... Bıkmadım... Her bir öğrendiğimi kendimden bir parça saydım.

Kurduğum her bir cümlemin çocukluğumdan beri yol gösterici olan öğretmenlerimden kalan nazar boncukları olduğuna inancımı hiç yitirmedim. Her birini sevgilerle yâd etmeden geçemeyeceğim, eli öpülesi sözlerle... Bu tez çalışmamda danışmanlığımı üstlenen çok değerli hocam Prof. Dr. Metin AYDOĞAN' a sonsuz şükranlarımı sunuyorum. Tezimin her aşamasında eksiklerimi gidermem hususunda yardımlarını esirgemediğı, yol göstericiliğini ve her dem yaydığı pozitif tutumuyla, kendisine ömür boyu müteşekkir olduğumu belirtmeliyim. Ayrıca tez komitesinin değerleri üyeleri Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN' a özellikle tumturaklı soruları için, Yrd. Doç. Dr. Konuralp GİRGİN' e tezimin yazımı esnasında hatalarım üzerinde dikkatle durduğu için, tez süresince defalarca rahatsız ettiğim Yrd. Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ'a yine çalışmalarım esnasında desteğini esirgemeyen inşaat mühendisi arkadaşlarım Volkan ÖZTAŞ ve Yaşar AVCI' ya ve tabii ki benim bugünleri görmem için fedakârlıktan bir an bile ödün vermeyen aileme teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Haziran 2007

Halil İbrahim POLAT

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xiv
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
2. SİSMİK TABAN YALITIMI	3
2.1. Taban İzolasyonu Nedir?	3
2.1.1. Sismik İzolasyonların Temel Özellikleri	8
2.2. Taban İzolasyonu Kavramının Doğuşu ve Gelişimi	11
2.3. Taban İzolasyon Sistemlerinin Yapısı	12
3. SİSMİK TABAN YALITIM SİSTEMLERİ VE TÜRLERİ	14
3.1. Kauçuk Esaslı Sistemler	14
3.1.1. Düşük Sönümlü Doğal ve Sentetik Kauçuk İzolatörler (LDRB)	17
3.1.2. Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörler (LRB)	19
3.1.3. Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk İzolatörler (HDRB)	21
3.2. Kayma Esaslı Sistemler	23
3.2.1. Sürtünmeli Sarkaç Sistemler (FPS)	24
3.2.2. Geri Şekillenen Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi (RPBI)	27
3.2.3. Electiricite-de-Fran Sistemi (FPS)	28
3.2.4. EERC Birleşik Sistemi	29
3.2.5. TASS Sistemi	30
3.3. Yay Tipi Sistemler	30
3.3.1. GERB Firmasının Ürettiği Helezonik Yay Sistemleri	30
4. TABAN İZOLATÖRLERİNİN MEKANİK KARAKTERİSTİKLERİ	32
4.1. Giriş	32
4.2. Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri	32
4.2.1. Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri	38
4.2.1.1 DIS Kurşun Çekirdekli Kauçuk Tabakalı Taban İzolatörü Uyg.	43
5. ETABS PROGRAMI İLE İZOLATÖRLÜ YAPI ANALİZİ VE DİĞ. UYG.	49
5.1. Perde ve Çerçveden Oluşan Mevcut Sistem	3
5.1.1. Perde ve Çerçevelerden Müteşekkil Mevcut bir Okul Binasının Ankastre Mesnetli Lineer-Elastik Analizi	49
5.1.2. Perde ve Çerçevelerden Müteşekkil Mevcut bir Okul Binasının Ankastre Mesnetli Zaman Tanım Alanında Nonlineer Analizi	104
5.1.3. Perde ve Çerçevelerden Müteşekkil Mevcut bir Okul Binasının Taban İzolasyonlu Zaman Tanım Alanında Nonlineer Analizi	117
5.1.4. Analiz Sonuçları ve Değerlendirmeleri	132
5.2. Çerçevelerden Oluşan Yeni Bir Sistem	133
5.2.1. Çerçevelerden Müteşekkil Sistemin Ankastre Mesnetli Lineer-Elastik Analizi	133

5.2.2.Çerçevelerden Müteşekkil Sistemin Ankastre Mesnetli Zaman Tanım Alanında Nonlineer Analizi	154
5.2.3 Çerçevelerden Müteşekkil Sistemin Taban İzolasyonlu Zaman Tanım Alanında Nonlineer Analizi	162
5.2.4 Analiz Sonuçları ve Değerlendirmeler	173
6. SONUÇLAR	174
KAYNAKLAR	178
EKLER	180
ÖZGEÇMİŞ	209

KISALTMALAR

DIS	: Dynamic Isolation Systems
UBC	: Uniform Building Code
SEAONC	: Structural Engineer Association of Northern California
LDRB	: Low-Damping Natural and Synthetic Rubber Bearings
LRB	: Lead Rubber Bearing
HDRB	: High-Damping Rubber Bearing
HITEC	: The Highway Innovative Technology Evaluation Center
MRPA	: Malaysian Rubber Producers' Research Association
EERC	: Earthquake Engineering Research Center
FPS	: Friction Pendulum Slidings
EDF	: Electricite-de-France
TASS	: TAISEI A.Ş.
NR	: Natural Polyisoprene Neoprene
CR	: Chloroprene
EPDM	: Ethylene Propylene Diene Monomer
DUZCEKG	: Düzce Kuzey-Güney
DUZCEDB	: Düzce Doğu-Batı
ACCEL	: Acceleration
DISP	: Displacement
EXP	: Earthquake Load+X Direction
EXN	: Earthquake Load-X Direction
EYP	: Earthquake Load+Y Direction
EYN	: Earthquake Load-Y Direction

TABLO LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1	DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörü, ETABS bilgisayar programında tanımlanırken kullanılacak temel parametreler ve değerleri	47
Tablo 4.2	DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörü, ETABS bilgisayar programında tanımlanırken kullanılacak temel parametreler ve değerleri	48
Tablo 5.1	Boyutlandırmada kullanılacak yükleme kombinasyonları	50
Tablo 5.2	Katlara göre kiriş boyutları tablosu	50
Tablo 5.3	Pier elemanlarda eğilmede ve kesmede kapasitenin aşıldığı görülen elemanlar	103
Tablo 5.4	Düzce Depremine ait zaman ve ivme değerleri	104
Tablo 5.5	Pier elemanlarda eğilmede ve kesmede kapasitenin aşıldığı görülen elemanlar	116
Tablo 5.6	“Capacity Ratio” sınırını aşan yapı elemanları	117
Tablo 5.7	Katlara göre kolon boyutları tablosu	133
Tablo 5.8	Katlara göre kiriş boyutları tablosu	134
Tablo 5.9	Gerekli donatının maximum sınırı aştığı (Reinforcing required exceeds maximum allowed) yapı elemanları	161
Tablo 5.10	Kesme gerilmesinin maximum sınırı aştığı (Shear stress exceeds maximum allowed) yapı elemanları	162
Tablo 5.11	K2 kirişi donatı tablosu	172
Tablo 6.1	Her iki yapı için izolatörlü ve izolatörsüz periyotların karşılaştırılması....	174
Tablo 6.2	Perde-Çerçeve sistem için eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanı metodu kullanılarak kapasite analizleri.....	175
Tablo 6.3	Çerçeve sistemde gerekli donatının maksimum sınırı aştığı yapı elemanlarının her iki deprem hesap metodu kullanılarak karşılaştırılması.....	176
Tablo 6.4	Her iki yapı için izolatörlü ve izolatörsüz periyotların karşılaştırılması....	177
Tablo A.1	DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin fiziksel özellikleri	179
Tablo A.2	DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin mekanik karakteristiklerin yük seviyesine bağlı değişimi.....	179
Tablo A.3	DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin mekanik karakteristiklerin periyoda bağlı değişimi	180
Tablo A.4	DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin limit davranışı	180
Tablo A.5	DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin performanslarının deneysel ve analitik olarak karşılaştırılması	181

Tablo A.6	DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin performanslarının yorulma ve çevresel etkiler dikkate alınarak değerlendirilmesi.....	181
Tablo A.7	DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin performanslarının sıcak ve soğuk ortamda değerlendirilmesi	182
Tablo A.8	DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin dayanıklılığı	182

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Deprem sırasında, ankastre tabanlı ve sismik taban yalıtımlı yapıların yer değiştirme durumları	4
Şekil 2.2 : Tipik bir tasarım spektrumu	5
Şekil 2.3 : Taban izolasyonlu ve izolasyonsuz bir yapının ötelenme durumları	6
Şekil 2.4 : Geleneksel yapı tasarımı ve izolasyonlu tasarım ilişkileri.....	7
Şekil 2.5 : Taban izolasyonlu ve izolasyonsuz bir yapıda yer hareketi esnasında eşya ve cihazların etkin korunma durumları.....	9
Şekil 2.6 : Taban izolasyonlu ve izolasyonsuz bir yapının deprem esnasında ötelenme durumları	10
Şekil 3.1 : Kauçuk izolatörlerin yapısı	15
Şekil 3.2 : Kauçuk taşıyıcıların görünüşü	15
Şekil 3.3 : Kauçuk izolatörlerin görünüşü ve yapısı.....	16
Şekil 3.4 : Kauçuk izolatörlerin binalarda uygulanması	16
Şekil 3.5 : Kauçuk izolatörlerin görünüşü	17
Şekil 3.6 : Düşük Sönümlü doğal kauçuk izolatör sisteminin kesiti ve elamanları, şematik modeli, kuvvet-yerdeğiştirme davranışı	18
Şekil 3.7 : Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcılar.....	19
Şekil 3.8 : Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcının görünüş ve kesiti	20
Şekil 3.9 : Kurşun çekirdekli izolatör sisteminin kesiti ve elamanları, şematik modeli, kuvvet-yerdeğiştirme davranışı.....	21
Şekil 3.10 : Düşük Sönümlü doğal kauçuk izolatör sisteminin kesiti ve elamanları, şematik modeli, kuvvet-yerdeğiştirme davranışı	23
Şekil 3.11 : Sürtünmeli sarkaç sistemi şeması.....	25
Şekil 3.12 : Basit sarkaç ve kayıcı sarkaç hareketi	26
Şekil 3.13 : Geri şekillenen sürtünmeli taban izolasyon sisteminin kesiti ve elamanları, şematik modeli, kuvvet-yerdeğiştirme davranışı.....	28
Şekil 3.14 : EDF sisteminin şematik modeli ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı	29
Şekil 4.1 : Basınç Modülü E_c nin, izolatör geometrisine bağlı olarak azalma grafiği	35
Şekil 4.2 : Salt eğilme etkisi altında olan rijit tabakalar arasındaki kauçuk tampon	37
Şekil 4.3 : Kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi üzerindeki temel parametreler.....	39

Şekil 4.4	: Kurşun çekirdekli kauçuk çekirdek.....	41
Şekil 4.5	: Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcının mekanik davranışı....	41
Şekil 4.6	: DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün modellenmesi için kullanıcak kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi parametreleri.....	45
Şekil 4.7	: DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün modellenmesi için kullanıcak kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi parametreleri.....	47
Şekil 5.1	: Perde-çerçeve sistemin kat kalıp planı ve kesiti.....	49
Şekil 5.2	: Yeni model seçimi kutucuğu	51
Şekil 5.3	: Aks sistemi ve kat bilgileri tanımlama kutucuğu.....	51
Şekil 5.4	: Sabit ve hareketli yük seçimleri ve mesnetlenme biçimini gösteren kutucuk.....	52
Şekil 5.5	: Yapının kabataslak olarak ilk görünüş planı ve 3 boyutlu hali.....	53
Şekil 5.6	: Malzeme tanımlama kutucuğu	54
Şekil 5.7	: Beton ve çelik tasarım parametreleri kutucuğu.....	54
Şekil 5.8	: SZ02 kolonu için kesit tanımlama işlemi.....	55
Şekil 5.9	: SZ02 kolonu için mevcut donatı düzenlenmesi	56
Şekil 5.10	: K101 kirişi için kesit tanımlama işlemi.....	57
Şekil 5.11	: P25 perdesi için kesit tanımlama işlemi.....	57
Şekil 5.12	: D12 döşemesi için kesit tanımlama işlemi.....	58
Şekil 5.13	: Yeniden aks düzenleme penceresi	59
Şekil 5.14	: Y doğrultusundaki mevcut akslara göre düzenleme penceresi	59
Şekil 5.15	: Aks aralığı tayin etme kutucuğu.....	60
Şekil 5.16	: X doğrultusundaki mevcut akslara göre düzenleme penceresi.....	60
Şekil 5.17	: Kolon ve kirişlerin mevcut duruma göre yeniden düzenleme adımları	61
Şekil 5.18	: Perde seçim penceresi	61
Şekil 5.19	: Mevcut binamızın son durumu	62
Şekil 5.20	: Kolon kesit atama işlemleri	62
Şekil 5.21	: SZ02 kolon kesitini atama işlemi penceresi	63
Şekil 5.22	: Kiriş kesit atama işlemleri	63
Şekil 5.23	: K101 kiriş kesitini atama işlemi penceresi	64
Şekil 5.24	: Perde kesiti atama işlemleri	64
Şekil 5.25	: P1 perdesi atama işlemi penceresi	65
Şekil 5.26	: P3 perdesinin atanma işlemlerinden sonraki hali.....	65
Şekil 5.27	: Section designer işlemi kutucuğu	66
Şekil 5.28	: Mevcut perdenin bünyesinde bulunan donatının düzenlenmesi işlemi	66
Şekil 5.29	: Mevcut perdenin donatısının atanması işlemi	67
Şekil 5.30	: Bütün mevcut perde donatısı düzenlemesinin tamamlandığını gösterir pencere.....	67
Şekil 5.31	: Bütün eleman isimlerinin yeniden düzenlendiğini gösterir pencere	68
Şekil 5.32	: Yapının planı ve 3 boyutlu görünümü	68
Şekil 5.33	: Ankastre mesnet seçimini gösteren pencere	69

Şekil 5.34	: Statik yüklerin tanımlanması	69
Şekil 5.35	: Duvar yükleri atama penceresi	70
Şekil 5.36	: Kütle kaynağı tanımlama işlemi	71
Şekil 5.37	: Analiz opsiyonları	71
Şekil 5.38	: Dinamik analiz parametreleri	72
Şekil 5.39	: Mod seçimi penceresi	72
Şekil 5.40	: 1.Mod şekli	73
Şekil 5.41	: 2.Mod şekli	74
Şekil 5.42	: 3.Mod şekli	75
Şekil 5.43	: Sonuç bilgileri inceleme adımları	75
Şekil 5.44	: Periyotlar ve kütle katılım oranları	76
Şekil 5.45	: Kat kesme kuvvetleri ve kat normal kuvvetleri	76
Şekil 5.46	: Periyot- Spektrum katsayısı grafiği	78
Şekil 5.47	: EXP yüklemesi	80
Şekil 5.48	: EXN yüklemesi	80
Şekil 5.49	: EYP yüklemesi	81
Şekil 5.50	: EYN yüklemesi	81
Şekil 5.51	: Düşey yük kombinasyonu	83
Şekil 5.52	: DEPREMX1 yükleme kombinasyonu	84
Şekil 5.53	: Modellenmiş yapının en son hali	85
Şekil 5.54	: Şekil değiştirmiş sistem durumunu gösterir pencere.....	86
Şekil 5.55	: EXTP yüklemesi altında yapının şekil değiştirmiş durumu..	86
Şekil 5.56	: 21 numaralı düğüm noktasının yer değiştirme ve dönme miktarları	86
Şekil 5.57	: 21 numaralı düğüm noktasının görelî yer değiştirmelerinin kat yüksekliklerine oranı.....	87
Şekil 5.58	: DEPREMY4 yüklemesi altında yapının şekil değiştirmiş durumu.....	87
Şekil 5.59	: 6 numaralı düğüm noktasının yer değiştirme ve dönme miktarları.....	88
Şekil 5.60	: 6 numaralı düğüm noktasının görelî yer değiştirmelerinin kat yüksekliklerine oranı	88
Şekil 5.61	: Normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramlarını gösterir pencere	89
Şekil 5.62	: EYTP yüklemesine göre moment 3-3 diyagramı.....	90
Şekil 5.63	: Kesit alma penceresi	90
Şekil 5.64	: EYTP yüklemesinin 4 nolu aksında bulunan moment 3-3 diyagramı	91
Şekil 5.65	: EYTP yüklemesinde K123 kirişi moment,kesme kuvveti v.s detayları.....	91
Şekil 5.66	: EYTP yüklemesinde moment diyagramları(değerleri ile birlikte)	92
Şekil 5.67	: EYTP yüklemesinde S9 kolonu moment diyagramı	92
Şekil 5.68	: EYTP yüklemesinde sistemin 3 boyutlu moment diyagramı gösterimi.....	93
Şekil 5.69	: P3 perdesine ait zemin kat moment diyagramı	93
Şekil 5.70	: Normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramlarını gösterir pencere.....	94
Şekil 5.71	: EXTP yüklemesine ait Shear 2-2 Diyagramı.....	94

Şekil 5.72	: EXTP yüklemesinde A aksı kesme kuvveti diyagramları....	95
Şekil 5.73	: EXTP yüklemesinde K201 kirişi moment,kesme kuvveti v.s detayları	96
Şekil 5.74	: EXTP yüklemesinde S13 kolonu kesme kuvveti diyagram..	96
Şekil 5.75	: EXTP yüklemesine ait tüm sistemin 3 boyutlu kesme kuvveti diyagramı.....	97
Şekil 5.76	: P3 perdesine ait zemin kat kesme kuvveti diyagramı	97
Şekil 5.77	: Çubuk elemanlarda betonarme hesap kodları	98
Şekil 5.78	: Donatı hesabı için kullanılacak yük kombinasyonları	98
Şekil 5.79	: Donatı hesabı için kullanılacak yük kombinasyonları (2)....	99
Şekil 5.80	: Çubuk elemanlar için donatı analizi	99
Şekil 5.81	: SZ14 kolonu için kapasite oranları	100
Şekil 5.82	: SZ14 kolonu betonarme analiz bilgileri	100
Şekil 5.83	: Pier elemanlarda betonarme hesap kodları	101
Şekil 5.84	: Perde hesabı için kullanılacak yük kombinasyonları	102
Şekil 5.85	: Zemin kat P3 perdesi donatı hesap analizi	102
Şekil 5.86	: Düzce Kuzey-Güney bileşeni ivme kaydı grafiği	104
Şekil 5.87	: Düzce Doğu-Batı bileşeni ivme kaydı grafiği.....	105
Şekil 5.88	: Düzce düşey bileşeni ivme kaydı	106
Şekil 5.89	: Tanımlanan fonksiyonlar	106
Şekil 5.90	: Analiz için kullanılacak dinamik analiz parametreleri	107
Şekil 5.91	: Düşeyde modların sönüm oranları	107
Şekil 5.92	: Düşeyde time history dataları.....	108
Şekil 5.93	: Deprem için modların sönüm oranları	109
Şekil 5.94	: Deprem için time history dataları	109
Şekil 5.95	: Time history fonksiyonları seçimi	110
Şekil 5.96	: Time history noktasal fonksiyonların atanması	110
Şekil 5.97	: Time history X ve Y yönü taban kesme kuvveti fonksiyonları seçimi.....	111
Şekil 5.98	: 6 Nolu düğüm noktasının en üst kat ve tabanda tanımlanma penceresi	111
Şekil 5.99	: 6 Nolu düğüm noktasının en üst kat ve tabanda yer değiştirme-zaman grafiği	112
Şekil 5.100	: X yönünde taban kesme kuvveti-zaman grafiği	112
Şekil 5.101	: Y yönünde taban kesme kuvveti-zaman grafiği	113
Şekil 5.102	: Düzce depremi kombinasyonu tanımlama penceresi	113
Şekil 5.103	: Çubuk elemanlar için donatı analizi	114
Şekil 5.104	: SZ14 kolonu kapasite oranları	114
Şekil 5.105	: SZ16 kolonu kapasite oranları	115
Şekil 5.106	: SZ16 kolonu betonarme analiz bilgileri	115
Şekil 5.107	: Zemin kat P3 perdesi donatı hesap analizi	116
Şekil 5.108	: İzolatör tanımlama penceresi	118
Şekil 5.109	: İzolatör özelliklerini tanımlama penceresi	119
Şekil 5.110	: İzolatörün rijitlik ve sönüm özellikleri girdi penceresi	119
Şekil 5.111	: İzolatörün lineer ve nonlineer sönüm,akma v.s değerlerini gösterir pencere	120
Şekil 5.112	: İzolatörün temelde düğüm noktalarına atanması	121
Şekil 5.113	: Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörün sönüm oranı	121

Şekil 5.114	: G1 Yüklemesine ait şekil değiştirmiş durum.....	122
Şekil 5.115	: 1.Mod şekli	123
Şekil 5.116	: 2.Mod şekli	124
Şekil 5.117	: 3.Mod şekli	125
Şekil 5.118	: Periyotlar ve kütle katılım oranları	125
Şekil 5.119	: Time history fonksiyonu seçimleri	126
Şekil 5.120	: Time history analizi için seçilen düğüm noktaları	126
Şekil 5.121	: Time history analizi için seçilen taban kesme kuvveti fonksiyonları	127
Şekil 5.122	: Time history analizi için seçilen düğüm noktalarının gösterildiği pencere	127
Şekil 5.123	: Tabanda ve en üst kattaki 10 nolu düğüm noktasının Y yönünde zamana bağlı yer değiştirme grafiği	128
Şekil 5.124	: X yönünde taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi.	128
Şekil 5.125	: Y yönünde taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi.	129
Şekil 5.126	: Çubuk elemanlar için donatı analizi	129
Şekil 5.127	: SZ05 kolonu kapasite oranları	130
Şekil 5.128	: SZ14 kolonu kapasite oranları	130
Şekil 5.129	: SZ16 kolonu betonarme analiz bilgileri	131
Şekil 5.130	: Zemin kat P3 perdesi donatı hesap analizi	131
Şekil 5.131	: Çerçeve sistemin kat kalıp planı ve kesiti	133
Şekil 5.132	: Beton ve çelik tasarım parametreleri kutucuğu	134
Şekil 5.133	: Kütle kaynağı tanımlama işlemi	135
Şekil 5.134	: Yapımızın plan ve 3 boyutlu modellenmiş hali	135
Şekil 5.135	: 1.Mod şekli	136
Şekil 5.136	: 2.Mod şekli	137
Şekil 5.137	: 3.Mod şekli	138
Şekil 5.138	: Sonuç bilgileri inceleme adımları	138
Şekil 5.139	: Periyotlar ve kütle katılım oranları	139
Şekil 5.140	: Kat kesme kuvvetleri ve kat normal kuvvetleri	140
Şekil 5.141	: Periyot- Spektrum katsayısı grafiği	141
Şekil 5.142	: EXP yüklemesi	143
Şekil 5.143	: Modellenmiş yapının en son hali	143
Şekil 5.144	: EYTP yüklemesi altında yapının şekil değiştirmiş durumu .	144
Şekil 5.145	: 22 numaralı düğüm noktasının yer değiştirme ve dönme miktarları	144
Şekil 5.146	: 22 numaralı düğüm noktasının görelî yer değiştirmelerinin kat yüksekliklerine oranı	145
Şekil 5.147	: EYTP yüklemesi altında yapının şekil değiştirmiş durumu.	145
Şekil 5.148	: 5 numaralı düğüm noktasının yer değiştirme ve dönme miktarları	146
Şekil 5.149	: 5 numaralı düğüm noktasının görelî yer değiştirmelerinin kat yüksekliklerine oranı	146
Şekil 5.150	: Normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramlarını gösterir pencere	147
Şekil 5.151	: EYTP yüklemesine göre moment 3-3 diyagramı	147
Şekil 5.152	: EYTP yüklemesinin 4 nolu aksında bulunan moment 3-3 diyagramı	148
Şekil 5.153	: EYTP yüklemesinde K123 kirişi moment, kesme kuvveti v.s detayları	149

Şekil 5.154	: EYTP yüklemesinde moment diyagramları(değerleri ile birlikte)	150
Şekil 5.155	: EYTP yüklemesinde S9 kolonu moment diyagramı	150
Şekil 5.156	: Çubuk elemanlar için donatı analizi	151
Şekil 5.157	: S3 kolonu donatı analizi	151
Şekil 5.158	: S3 kolonu betonarme analiz bilgileri	152
Şekil 5.159	: K2 kirişi donatı analizi	152
Şekil 5.160	: K2 kirişi betonarme analiz bilgileri	153
Şekil 5.161	: E aksı betonarme analiz bilgileri	153
Şekil 5.162	: Time history noktasal fonksiyonların atanması	155
Şekil 5.163	: Time history X ve Y yönü taban kesme kuvveti fonksiyonları seçimi	155
Şekil 5.164	: 1 Nolu düğüm noktasının en üst kat ve tabanda tanımlanma penceresi	156
Şekil 5.165	: 6 Nolu düğüm noktasının en üst kat ve tabanda yer değiştirme-zaman grafiği	156
Şekil 5.166	: X yönünde taban kesme kuvveti-zaman grafiği	157
Şekil 5.167	: Y yönünde taban kesme kuvveti-zaman grafiği	157
Şekil 5.168	: Çubuk elemanlar için donatı analizi	158
Şekil 5.169	: S3 kolonu donatı analizi	158
Şekil 5.170	: S1 kolonu donatı analizi	159
Şekil 5.171	: S1 kolonu betonarme analiz bilgileri	160
Şekil 5.172	: K2 kirişi donatı analizi	160
Şekil 5.173	: K2 kirişi betonarme analiz bilgileri	161
Şekil 5.174	: 1.Mod şekli	164
Şekil 5.175	: 2.Mod şekli	165
Şekil 5.176	: 3.Mod şekli	166
Şekil 5.177	: Periyotlar ve kütle katılım oranları	166
Şekil 5.178	: Time history analizi için seçilen düğüm noktaları	167
Şekil 5.179	: Time history analizi için seçilen düğüm noktalarının gösterildiği pencere	168
Şekil 5.180	: Tabanda ve en üst kattaki 10 nolu düğüm noktasının Y yönünde zamana bağlı yer değiştirme grafiği	168
Şekil 5.181	: X yönünde taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi.	169
Şekil 5.182	: Y yönünde taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi.	169
Şekil 5.183	: Çubuk elemanlar için donatı analizi	170
Şekil 5.184	: S3 kolonu donatı analizi	170
Şekil 5.185	: S3 kolonu betonarme analiz bilgileri	171
Şekil 5.186	: K2 kirişi donatı analizi	171
Şekil 5.187	: K2 kirişi betonarme analiz bilgileri	172
Şekil 5.188	: E aksı betonarme analiz bilgileri	172
Şekil A.1	: A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatör.....	177
Şekil A.2	: B ve C tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatör	178
Şekil B.1	: Perde- Çerçeve Sistemin Kat Kalıp Planı	188
Şekil B.2	: Çerçeve Sistemin Kat Kalıp Planı	208

SEMBOL LİSTESİ

A	: Kauçuk alanı
G	: Kauçuk kayma modülü
D	: Maksimum yatay yer değiştirme
R	: Kauçuk yarıçapı
K_H	: Yatay izolatör rijitliği
γ_r	: Maksimum kayma şekil değiştirmesi
γ_c	: Basıncıtan dolayı oluşan kayma şekil değiştirmesi
γ_b	: Eğilme nedeniyle oluşan kayma şekil değiştirmesi
γ_b^{ort}	: Eğilme nedeniyle oluşan ortalama kayma şekil değiştirmesi
γ_{ort}	: Ortalama kayma şekil değiştirmesi
ρ	: Eğrilik yarıçapı
α	: Levhalar arası rölatif açı
EI	: Kiriş rijitliği
EI_{eff}	: Efektif kiriş rijitliği
t_r	: Kauçuk kalınlığı
k	: Zemin yatak katsayısı
K_v	: Düşey izolatör rijitliği
K_1, K_2, K_{eff}	: Akma öncesi, akma sonrası ve efektif izolatör rijitliği
Q	: Karakteristik gerilme
g	: Yerçekimi ivmesi
ω	: Doğal frekans
μ	: Sürtünme katsayısı
β_{eff}	: Efektif sönüm oranı
F_y	: Yer değiştirmeyeyle oluşan kuvvet
f_y	: Kurşunun akma dayanımı
D_y	: Akma yer değiştirmesi
ε_c	: Nominal basınç şekil değiştirmesi
ε_b	: Eğilmeden dolayı oluşan basınç şekil değiştirmesi
S	: Yüklü alanın kuvvet uygulanmaya alana oranı
E_c	: İzolatör basınç modülü
λ	: İzolatör orta boşluğuna bağlı oran
Φ	: İzolatör çapı
Δ	: Düşey kısalma

PERDE-ÇERÇEVE VE ÇERÇEVELERDEN OLUŞAN YAPILARIN TABAN İZOLATÖRLERİ KULLANILARAK ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Yapı ve Deprem mühendisliğinin en önemli amaçlarından biri, deprem ve rüzgar gibi yüklerden dolayı yapılarda meydana gelebilecek hasarın mertebesini kontrol altında tutmaktır. Bundan dolayıdır ki, deprem bölgelerinde yaşayan insanların can güvenliği ve bu bölgelerde bulunan yapılar büyük risk ve tehdit altındadır. Bu bağlamda yapı tasarımcıların ilk önceliği, bu yapılarda ikamet eden insanların hayatlarını ve yapıları korumaktır.

Klasik yapı tasarımında, yapıya üstün nitelikli bir sismik performans kazandırmak üzere yapı sistemini sağlamlaştırmak; yapının daha rijit olmasına yol açmaktadır. Bu durum yapının 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.

Geleneksel yaklaşımda yapıya iletilen sismik enerjinin tüketilmesi esas olarak plastik mafsalların oluşumu ile gerçekleşmektedir. Bu durum yapının hasar görmesini kabul etmek anlamına gelmektedir. Oysaki son zamanlarda sismik enerjinin yapısal hasara razı olarak tüketilmesi mantalitesi yerine ek sönüm sistemleri ile tüketme yaklaşımı daha çok gündeme gelmiştir.

Sismik taban yalıtımlı yapılar, sismik yalıtım cihazları seviyesinde büyük yer değiştirme yapabilme özelliğine sahiptir. Bu nedenle, üst yapı deprem sırasında çok küçük katlar arası ötelenme yaparak rijit bir cisim gibi davranır. Bunun sonucu olarak, üst yapıya etki eden deprem kuvvetleri önemli ölçüde azaltılmaktadır.

Bu tez çalışmasında; perde-çerçevelerden müteşekkil ve bununla birlikte sadece çerçevelerden oluşan taban izolasyonlu bir yapının analizinin ayrıntılı olarak yapılması ve sonuçlarının değerlendirilmesidir. Her iki sistem de ilk olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile ETABS programı kullanılarak çözülmüştür. Daha sonra aynı sistemler Zaman Tanım Alanı Yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Yapılar, zaman tanım alanı yöntemi ile çözüldüğünde daha elverişsiz sonuçlar elde edilmiştir. Bu yüzden, taban izolatörleri ile yapı analizi bu yöntem ile yapılmıştır. Bu yapılarda DIS B türü izolatörler kullanılmıştır. Bu izolatörler altında yapıların periyotları belirgin derecede artmıştır ve ivmeler azalmıştır. Bu nedenle kesme kuvvetlerinde büyük azalmalar gözlemlenmiştir. Sonuç olarak taban izolatörleri altında çözümlenen yapıların, klasik yapılara göre, depreme karşı dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. Her iki yapı içinde taban izolasyonu uygulamasının uygun olduğu söylenebilir.

ANALYSIS USING FOUNDATION ISOLATORS AND EVALUATION OF THE STRUCTURES CONSIST OF SHEAR WALL-FRAMES AND FRAMES

SUMMARY

One of the most important aims of structural and earthquake engineering is to get under control level of damage which is occurred because of big lateral loads such as earthquake and wind loads. Therefore, life safety of people living in seismic zones and structures in this zones are in danger. Because of this, priority of structure designer is to protect people and then to protect structure with own designs.

At classical design of structures, to strength structural system for obtain upper quality performance make structure rigid. This case lead to take more excessive force to structure. The foundation isolation is an idea that is design of strong structure to earthquake based on reduce react of structure to earthquake rather than to increase capacity of structure to earthquake.

Traditionally, consume of seismic energy which is transmitting to structure becomes with plastic hinges. This case means to accept damage of structure. Whereas recently, instead of consume of seismic energy by means of accepting structural damage, consume of seismic energy with isolator become a current issue.

Structures isolated with seismic isolator have got large displacement ability on the level of seismic insulation equipments. Therefore, upper structure behaves like a rigid body by making little translation between floors during an earthquake. In consequence of this, earthquake loads effecting on upper structure is decreased in a great amount

In this thesis; a structure consisted of shear wall and frames with foundation isolator, and in addition a structure consist of only frames with foundation isolator are analyzed and resultings evaluated. Firstly, both systems is solved with the method of equivalence earthquake load and using ETABS program. When the structures solved with time history method more unfavourable results is obtained. So analysis of the structures with foundation isolators used. In this buildings isolator which is DIS B type are used. Periods of this buildings increase clearly under these isolator and accelerations decrease. So it is observed that shear force reduce seriously. In conclusion, solved of the structures with foundation isolator is observed that they are more strength than classical structures. Application of foundation isolator is can said to avaiable for both structure.

1. GİRİŞ

Yapı ve Deprem mühendisliğinin en önemli amaçlarından biri de, deprem ve rüzgâr gibi yüklerden dolayı yapılarda meydana gelebilecek hasarın mertebesini kontrol altında tutmaktır. Bundan dolayıdır ki, deprem bölgelerinde yaşayan insanların can güvenliği ve bu bölgelerde bulunan yapılar büyük risk ve tehdit altındadır. Bu bağlamda yapı tasarımcıların ilk önceliği, bu yapılarda ikamet eden insanların hayatlarını ve yapıları korumaktır.

Yıkıcı depremler, kasırgalar ve tsunamiler gibi kuvvetli dinamik etkiler altındaki yapıların nasıl korunacağı fikri daima araştırma konusu olmuştur. Gelişmiş ülkelerde teknolojik anlamda kat edilen önemli mesafelere ve malzeme kalitesinin üst seviyelerde seyretmesine rağmen kuvvetli bir deprem veya kasırgada yapıların kesinlikle hasar görmeyeceği veya yıkılmayacağı garanti edilememektedir. Bu gibi dinamik kuvvetleri önceden tespit etmek mümkün olmadığından dolayı yapıların tasarımı belirli kriterleri sağlayan tasarım yüklerine göre yapılmaktadır. Bu bağlamda yapı tasarım yükünden farklı bir yüke maruz kaldığında çok ciddi hasarlar görebilmektedir. Geleneksel yaklaşımda yapıya iletilen sismik enerjinin tüketilmesi esas olarak plastik mafsalların oluşumu ile gerçekleşmektedir. Bu durum yapının hasar görmesini kabul etmek anlamına gelmektedir. Oysaki son zamanlarda sismik enerjinin yapısal hasara razı olarak tüketilme anlayışı yerine ek sönüm sistemleri ile enerji tüketme yaklaşımının önemli derecede taraftar bulduğu görülmüştür. İstatistikler göstermektedir ki maddi hasarın ve can kayıplarının önemli bir kısmı yapısal olmayan elemanların yüksek ivmeler altında hareket etmesi sonucunda oluşmaktadır. Dolayısıyla artık taşıyıcı sistemin göçmemesi değil, bununla birlikte yapısal olmayan elemanların ve değerli hassas cihazlarında korunması amaçlanmaktadır.

Deprem sırasında, yeryüzünde bir hareket meydana gelir. Bu hareket bir dalga şeklinde her doğrultuda yayılır ve hareket bir yapıya eriştiğinde temellerini sallamaya başlar. Temeller de kendisine bağlı olan taşıyıcı sistemi sallar ve sistem elemanların kesitlerinde atalet kuvvetlerinin oluşturduğu etkiler meydana gelir. Yapının temelinin taşıyıcı sistemden ayrılarak titreşimin yapıya ulaşmasının önlenmesi, depremde taban yalıtımının ana fikrini oluşturur [1].

Yapıların deprem sırasında ve sonrasında fonksiyonlarını devam ettirmeleri ve yapı içerisinde bulunan, bazı durumlarda yapının kıymetinden daha değerli olan ekipmanların korunması bir zorunluluk haline gelmiştir [4]. Bu gereksinimleri yerine getirebilen yöntemlerin başında sismik taban yalıtımı uygulaması gelmektedir.

Bu tezde genel bir yapı analizi programı kullanılarak iki ayrı sistem analizi elde edilmiştir. Birinci sistem perde- çerçeveden oluşan mevcut bir okul binasıdır. İkincisi ise sadece çerçevelerden oluşan yeni tasarlanmış bir yapıdır. Eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanı yöntemi kullanılarak deprem hesapları yapılmıştır. 5.bölümde sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

2. SİSMİK TABAN YALITIMI

2.1 Taban İzolasyonu Nedir?

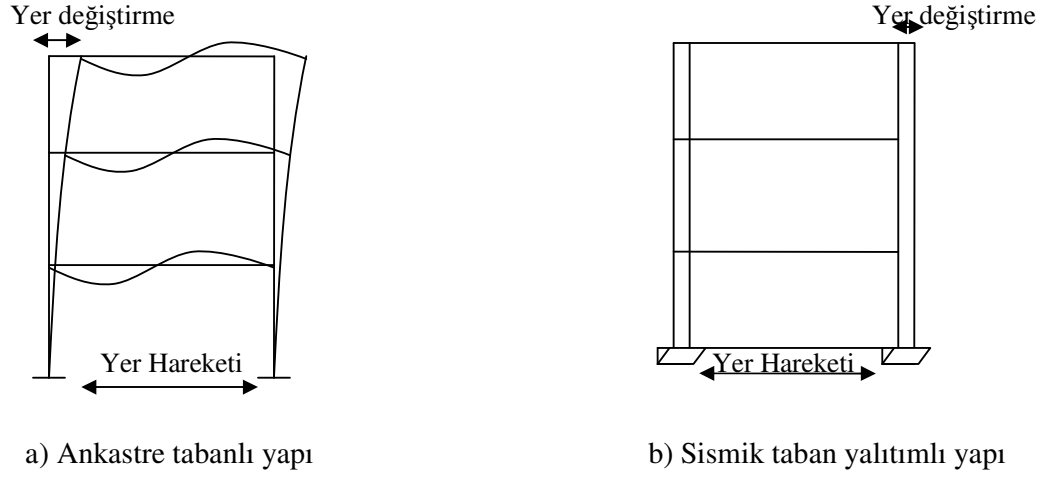
Taban izolasyonu uygulaması; yapı mühendislerince kullanılan geleneksel yaklaşımlara nazaran, depreme karşı dayanıklılık sağlamak üzere köklü ve radikal bir yaklaşımdır. Geleneksel yöntem olan ankastre temelli yapı tasarımında, yapıya üstün nitelikli bir sismik performans kazandırmak üzere yapı sistemini 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.

Geleneksel depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi, hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ya da yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ya da yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması ve beklenen en şiddetli depremlerde ise binada can kaybına yol açabilecek göçmenin önlenmesi olarak açıklanmaktadır [2]. Bu maddenin özünde, yapıda meydana gelebilecek hasarları minimum mertebeye indirmek için alınması gereken önlemlerden çok, insan hayatının güvenliğinin sağlanılmasının esas olduğu anlaşılmaktadır.

Geleneksel yapı tasarımında, yapının göçmeden deprem enerjisini elastik olmayan şekil değiştirmeler yolu ile sönmlemesine izin verilir. Bu yaklaşımın sonucunda yapıda onarılması güç hasarlar meydana gelir. Sismik taban yalıtımı uygulanmış yapılarda ise deprem enerjisinin büyük bir bölümü yalıtım seviyesinde sismik yalıtım sistemi ve ek sönmleyici aygıtlar vasıtasıyla harcanır, bunun sonucunda deprem enerjisinin yapıya zarar vermeyecek küçük bir bölümü yapıya iletilir.

Sismik taban yalıtımlı yapılar, sismik yalıtım cihazları seviyesinde büyük yerdeğiştirme yapabilme özelliğine sahiptir. Bu nedenle, üst yapı deprem sırasında çok küçük katlar arası ötelenme yaparak rijit bir cisim gibi davranır. Bunun sonucu olarak, üst yapıya etki eden deprem kuvvetleri önemli ölçüde azaltılmaktadır. Sismik

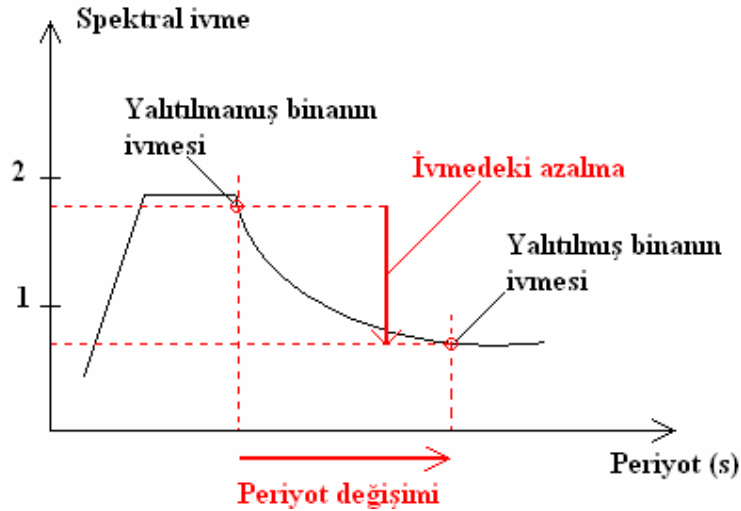
taban yalıtımlı yapıların bu özelliklerinden dolayı, şekil değiştirmeler elastik bölge içerisinde kaldığından, yapı depremi hasar görmeden atlatabilmektedir. Bu durum Şekil 2.1.b’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Deprem sırasında, ankastre tabanlı ve sismik taban yalıtımlı yapıların yer değiştirme durumları

Sismik taban yalıtımlı yapıların diğer önemli bir özelliği de elastik birinci titreşim periyotlarının sabit tabanlı yapılara göre oldukça büyük olmasıdır. Bu özellikleri nedeniyle elastik birinci titreşim periyotları büyütülerek, depremin yapılar için tehlikeli olan rezonans bölgesinden uzaklaşması sağlanır, böylece yer ivmelerinin yapı tarafından büyütülmesi önlenmiş olmaktadır [12].

Sismik taban yalıtımı ile yapının periyodu büyütülerek Şekil 2.2’de gösterildiği üzere spektral ivmenin azaltılması sağlanmaktadır. Sismik taban yalıtımı vasıtası ile spektral ivmenin azaltılması deprem esnasında yapıya daha az yük geleceği anlamına gelmektedir. Böylece tasarım esnasında yapı daha küçük yüklerle göre boyutlandırılarak ekonomi sağlanmış olunur. Daha cüzi miktara indirgenen bu ekonomi ile sismik yalıtım sisteminin yapının maliyetine getirdiği ek yük, bir miktar azaltılmış olmaktadır.

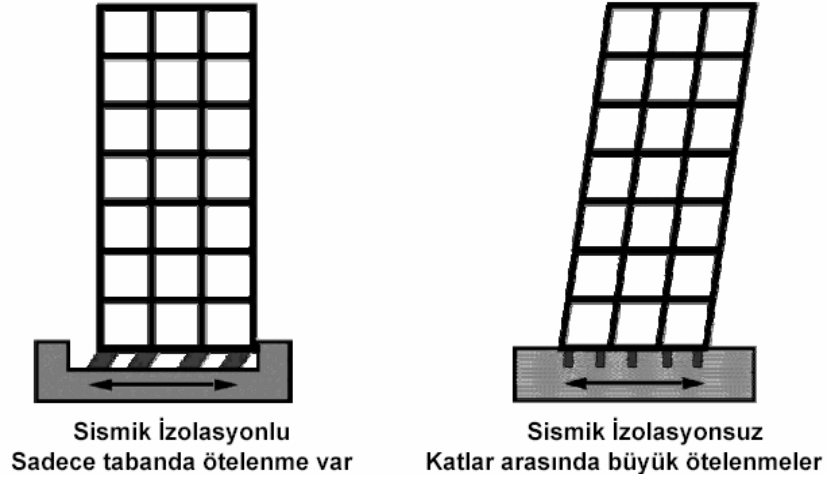


Şekil 2.2 : Tipik bir tasarım spektrumu

Bir yapının etkin rezonans periyodu genellikle 0,1 ile 1,0 saniye periyot aralığındadır. Bu periyot aralığı aynı zamanda pek çok şiddetli depremin baskın periyot aralığını da kapsar [14]. Doğal periyotları bu kritik aralıkta bulunan yapılar zeminden aktarılan ivmeleri genellikle yükseklikleri boyunca artırır. Bu tür yapıların depreme dayanıklı tasarımında yapı mühendislerinin karşılaştığı en önemli zorluk aynı anda hem görel kat ötelemelerinin hemde kat ivmelerinin sınırlandırılması koşuludur. Görel kat ötelemelerinin sınırlandırılması, döşemeler arasındaki kolonlar ve bölme duvarlar, tavanlar veya hafif donanımlar gibi yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki olası zararı azaltabilmek için gereklidir. Diğer yandan kat ivmelerinin azaltılması, hiç yapısal hasar gözlemlenmese bile, hassas iç ekipmanlara, makinelere ve binanın içinde yaşayan insanlara gelebilecek zararı azaltmak için gereklidir. Yapının rijitliği artırılarak görel kat ötelemeleri azaltılabilir. Ancak bu durumda yapının rijitliğindeki artış zemin hareketlerinin yapıda güçlenmesiyle kat ivmelerinin artmasına neden olacaktır. Binaya esneklik katmak bu problemi çözebilir. Fakat bu durumda, yapının esnekliği, rüzgâr yüklerinde ya da küçük depremlerde döşemelerin ayakların altında hareket etmesine, bölme duvarların çatlamasına ve belki de hepsinden önemlisi görel kat ötelemelerinin artmasına neden olacaktır. İşbu fikirler ışığında denilebilir ki sismik izolasyon yöntemi görel kat ötelemelerini ve kat ivmelerini aynı anda azaltmanın en pratik yollarından biridir.

Sismik izolasyon uygulanmış bir yapı, hem büyük yerdeğiştirmelerin odaklandığı izolasyon sistemiyle kat ivmelerinin azaltılması için gereken “esnekliğe” sahiptir;

hem de bir deprem hareketinde hemen hemen rijit bir şekilde hareket eden üstyapısıyla Şekil 2.3’de gösterildiği gibi görelî kat ötelemelerinin azaltılması için gereken “rijitliğe” sahiptir.



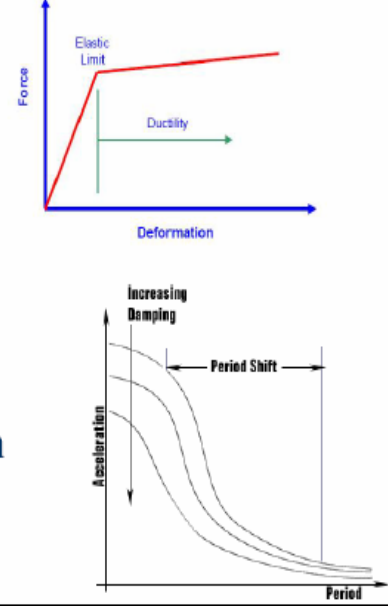
Şekil 2.3 : Taban izolasyonlu ve izolasyonsuz bir yapının ötelenme durumları

Taban izolasyonu kavramı aslında çok karmaşık bir duruma işaret etmez. İzolasyon sistemi; yapı ile temeli arasına düşük yatay rijitliği olan yapı elemanlarını sokarak yapıyı, yer hareketinin yatay bileşenlerinden ayırır. Bu yöntem, yapıya; hem ankastre mesnetli sistemin frekansından hem de yer hareketinin hâkim 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 adına, faydalı olacaktır.

Aşağıdaki şekilde geleneksel yapı tasarımı ve taban yalıtımlı yapı tasarım anlayışının bir karşılaştırılması sunulmuştur (Şekil 2.4).

SİSMİK TASARIM

- ✓ Geleneksel yapı tasarımı
 - ✓ Elastik dayanımı artırmak
 - ✓ Elastik dayanımı sınırlayıp süneklik için yapısal elamanlar detaylandırmak
- ✓ Sismik izolasyon, dayanımı artırmak yerine yapıya etkiyen deprem yüklerini azaltır



Şekil 2.4: Geleneksel yapı tasarımı ve izolasyonlu tasarım ilişkisi

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.

Çoğu zaman depremlerin yatay bileşenleri düşey bileşenlerine göre daha şiddetlidir. Bundan dolayıdır ki, yapıların depreme dayanıklı tasarımında kullanılan sismik izolatörler genellikle düşük yatay rijitlikle birlikte yüksek düşey rijitliğe sahip olacak şekilde tasarlanır. Yüksek düşey rijitlik ile düşük yatay rijitliğe sahip sismik izolatörlerle yalıtılmış bir yapı yatay yönde tek serbestlik dereceli sarkaç gibi davranır. Tek serbestlik dereceli sistemlerdeki kütle-rijitlik-frekans ilişkisi göz önünde bulundurularak, dikkatli bir tasarımla, belirli bir kütleye sahip temel izolasyonlu bir yapı, zemin hareketlerinin baskın frekanslarından yeterince uzak bir doğal frekansa sahip olacak şekilde tasarlanabilir.

2.1.1 Sismik İzolasyonların Temel Özellikleri:

Herhangi bir sismik izolasyon sisteminin, depreme karşı koruma sağlayabilmesi için sahip olması gereken temel özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir [16–19]:

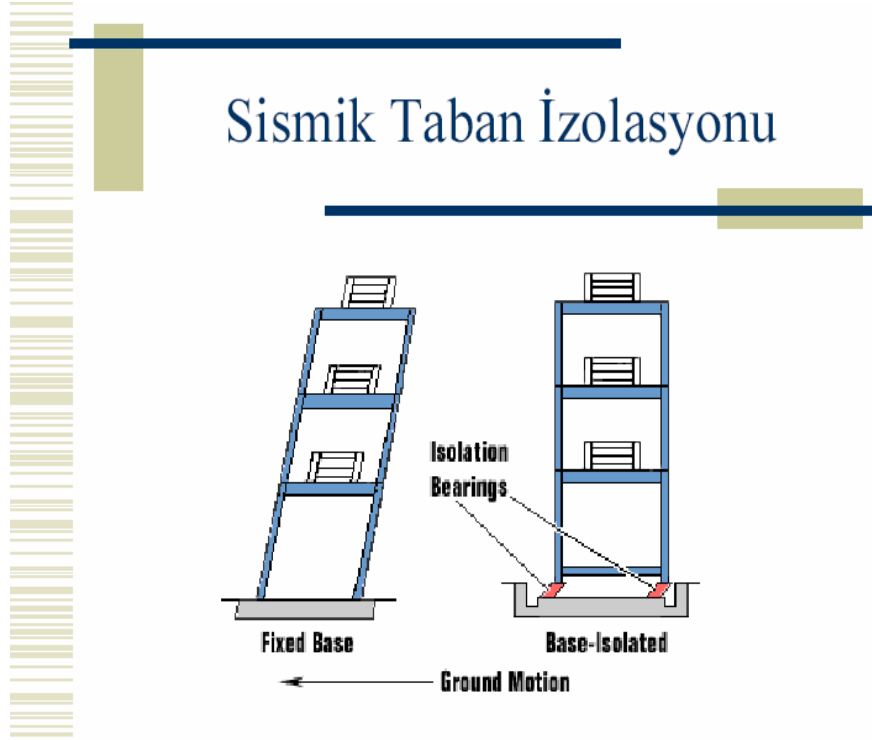
- Sismik izolasyonlu yapının frekansının eşleniği olan ankastre temelli frekansından ve pek çok şiddetli depremin baskın frekansından çok daha düşük olabilmesi için **“yeterince düşük yatay rijitlik”**,
- Rüzgâr yükleri ve küçük depremler gibi düşük düzeydeki dinamik yüklemeler altında yapının hareketini engelleyebilmek için **“nispeten yüksek yatay rijitlik”**,
- Üstyapının ağırlığını bozulmadan taşıyabilmek için **“yüksek düşey rijitlik”**,
- Sistemdeki yerdeğiştirmelerin kabul edilebilir düzeyde kalabilmesi ve olası bir rezonans durumunu bastırabilmek için **“yeterince sönüm”**,
- Üstyapının hemen hemen hareket öncesindeki orijinal pozisyonuna geri dönebilmesi için **“geri-merkezleştirme etkisi”**,
- Beklenmeyen şiddetteki bir depremde önce izolatörlerin, daha sonra yapının göçmesini engelleyecek bir **“göçmeyi önleyici sistem”**,
- Çekme kuvvetlerine maruz kalma riski varsa **“çekme yüklerine karşı yeterince dayanım”**

Toparlarsak;

Sismik İzolasyon Sistemi sayesinde aşağıdaki yararlar sağlanır:

- Can güvenliği sağlanması
- Yapısal Hasarların önlenmesi
- Yapısal olmayan Hasarların önlenmesi
- Şiddetli depremlerden sonra bile hemen kullanım
- İşin duraksama riskinin önlenmesi
- Yapılarda mevcut bulunan değerli eşya ve cihaz içeriğinin etkin korunması (Şekil 2.5)
- Deprem sonrası fonksiyon kaybının önlenmesi
- Pazardaki payın korunması

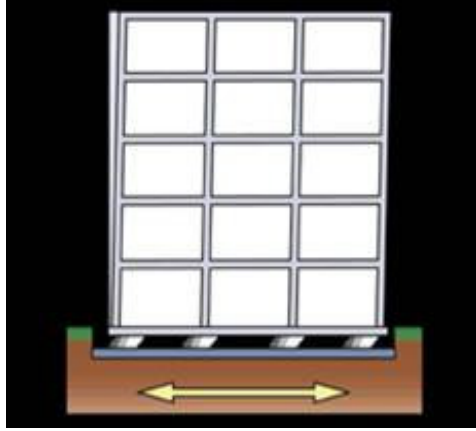
- Araştırma ve Geliştirme projelerinin korunması
- Tarihi bina ve değerlerin korunması
- Yapıların operasyonu sırasında minimum engelleme ile güçlendirilmesi
- Minimum bakım gereksinimi



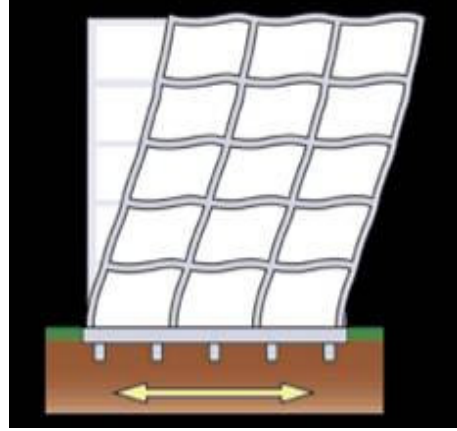
şekil 2.5: Taban izolasyonlu ve izolasyonsuz bir yapıda yer hareketi esnasında eşya ve cihazların etkin korunma durumları

Son tahlilde Sismik İzolasyon Sisteminin uygulandığı binalarda aşağıdaki sonuçlar elde edilir:

- Elastik davranış
- Yapıya gelen kuvvetler azalır
- Kat ivmeleri küçülür
- Katlar arası deplasmanlar küçülür, hemen hemen bütün katlar yaklaşık aynı deplasmanı yapar, yani rölatif kat deplasmanları sıfıra yaklaşır. (şekil 2.6)



Sismik Yalıtılmış Yapı



Normal Yapı

Şekil 2.6: Taban izolasyonlu ve izolasyonsuz bir yapının deprem esnasında ötelenme durumları

2.2 Taban İzolasyonu Kavramının Doğuşu ve Gelişimi

Sismik taban yalıtımı konusunda, bilinen ilk çalışmalar 1876 yılında İngiliz bilim adamı John Milne ve 1909 yılında bir İngiliz tıp doktoru olan J.A. Calantariet tarafından yapılmıştır. Tokyo Üniversitesinde, 1876 ile 1895 yılları arasında görev yapan İngiliz bilim adamı John Milne bu zaman aralığında deprem ile ilgilenmiş, pek çok sismograf tasarlamış ve geliştirmiştir. Milne sismik olarak aktif alanlarda bulunan binalar için tasarım düşüncesinin temellerini oluşturmuş ve bu gün bile hala geçerli olan depreme dayanıklı yapı tasarımı için ilkeler önermiştir

J.A. Calantariet ise Santiago Chile sismoloji servisine gönderdiği bir mektubunda “binaların tabanında, ince kum, mika gibi maddelerden oluşturulacak bir tabaka üzerinde kaymasına izin verilerek, binalara iletilen deprem kuvvetlerinin azaltılabileceğinden ve bu sayede binaların depreme karşı güvenliğinin artırılabilceğinden” bahsedilmektedir. Bu mektupla ilk olarak, depreme dayanıklı yapı tasarımı stratejisinde, taban yalıtımı ya da sismik yalıtım olarak bilinen yöntemin tanımı yapılmıştır [7–8].

Geçen yüzyılda, binaları depremin zarar verici hareketinden korumak amacıyla birçok mekanizma denendi. Ukrayna Sivastopol’da ve Mexico City’deki bir okul binasının bilyeler üzerine inşaat edildiği bilinmektedir [12].

Sismik taban yalıtım kavramı, pratik tutarlı uygulamaya son 20 yıl içerisinde ulaşmıştır. Bu süreç içerisinde, güçlendirilmiş çelik levhalara kauçuk tabakaların yüksek sıcaklık ve basınç altında birleştirilmesiyle oluşturulan, çok tabakalı kauçuk taşıyıcılar geliştirilmiştir. Bu taşıyıcılar düşey doğrultuda oldukça rijittirler ve yapının düşey yüklerini kolaylıkla taşıyabilmektedirler. Yatay doğrultuda ise çok esnek oldukları için, yapının güçlü deprem hareketi altında yana doğru kolaylıkla hareket etmesine izin vermektedirler. Kauçuk taşıyıcıların gelişmesi, bunların köprülerde genişleme elemanı, sismik yalıtımlı yapılarda titreşim elemanı olarak kullanılmasını sağlamıştır.

İlk kauçuk yalıtımlı yapı 1969 yılında Yugoslavya'nın Üsküp şehrinde İsviçreli mühendisler tarafından yapılan üç katlı bir ilkokul binasıdır. Bu yapı, çelik plakalarla güçlendirilmiş kauçuk taşıyıcılar henüz geliştirilmeden önce yapıldığından, kauçuk bloklar taşıyıcı olarak kullanılmıştır. Yapının ağırlığından dolayı, kauçuk taşıyıcılarda yanlara doğru kamburlaşma oluşmuştur. Bunu önlemek için yapının altına kauçuk taşıyıcılarla birlikte camdan yapılmış bloklar yerleştirilmiştir. Bina deprem yükü belirli bir sınır değeri aştığında, yerleştirilen cam bloklar kırılarak serbest hareket etmesine izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Kauçuk taşıyıcıların yatay ve düşey doğrultudaki rijitlikleri aynı olduğundan dolayı yapı, deprem hareketi sırasında lastik top gibi sıçrayacağından dolayı, bu yalıtım sistemi daha sonraları kullanılmamıştır.

Yeni Zelanda ve Japonya'da kullanılan sismik yalıtım sistemlerinde düşük sönümlü doğal kauçuk ile birlikte, mekanik sönümleyiciler kullanılmıştır. Bu yalıtım sistemleri, hidrolik sönümleyicilerden, çelik çubuklardan, çelik yaylardan ya da kurşun çekirdekli taşıyıcılardan oluşmuştur. Sismik taban yalıtımlı yapılarda kullanılan sönümleyicilerden, içinde kurşun çekirdek bulunanı hariç, mekanik birleştirme gerektirmeleri, sürekli bakıma ihtiyaç duymaları, sismik taban yalıtımlı yapıların dinamik analizini zorlaştıran sönümleyici metalin akmasıyla oluşan doğrusal olmayan tepkilerin oluşması gibi sakıncaları taşımaktaydılar [12].

A.B.D.'de sismik taban yalıtım sistemlerinde, kurşun çekirdekli taşıyıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu taşıyıcılar ince kauçuk tabakalardan oluşturulmuştur ve bir ya da daha çok dairesel deliğe sahiptir. Sismik yalıtım sistemine ek sönüm bu deliklere yerleştirilen kurşun çekirdekler tarafından sağlanır. Bununla birlikte, bazı sismik yalıtım projelerinde yalnız kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcı ile birlikte kurşun çekirdeksiz kauçuk taşıyıcılar karma olarak kullanılmaktadır.

Sismik yalıtım sisteminin sönümünü, kauçuğun kendi sönümüyle birleştirmek mümkündür. A.B.D, İtalya, Japonya, Çin Halk Cumhuriyeti ve Endonezya’da yüksek sönümlü doğal kauçuk kullanılarak sismik yalıtım gerçekleştirilmektedir [12].

Sismik taban yalıtımı kavramı, sismik yalıtımlı yapı sistemlerinin dinamik davranışlarının ve mekanik özelliklerinin incelenmesindeki teorik çalışmalara zengin bir kaynak sağlamıştır. Günümüzde bir kaç ülkede sismik taban yalıtımlı yapılar için tasarım yönetmelikleri hazırlanmıştır. A.B.D.’de bu tür tasarım yönetmelikleri 1986 yılından beri kullanılmaktadır. Bu yönetmeliklerin yazılım işlemi, temel olarak eşdeğer statik tasarım yöntemini ele alan “ Tentative Seismic Isolation Design Requirements ” başlığıyla başlayan basit bir düzenlemeden, oldukça gelişerek 1991 yılında “Uniform Building Code Earthquake Regulation for Seismic-Isolated Structures” yönetmeliğine dönüşmüştür [5]. UBC, 1994 yılında ve son olarak 1997 yılında değişerek çok gelişmiştir. 1997-UBC yönetmeliği, dinamik tasarım yöntemini esas alan oldukça karmaşık bir yönetmeliktir [10]. 1986 yılında “Structural Engineer Association of Northern California” (SEAONC) içten bir düşünceyle, bu yeni teknolojinin kullanımını cesaretlendirmek için basit bir yönetmelik oluşturmaya niyet etmiştir. Bu gibi yönetmelikler zamanla gelişerek, kullanımı gittikçe zorlaşan bir hale dönüşmüştür ve bunun sonucu A.B.D.’de sismik taban yalıtımlı yapıların sayılarının artmasını zorlaştırmaktadır. Sismik yalıtımlı yapıların tasarım ve uygulanmasının önündeki tüm engellerin ortadan kalkması ve ülkemizdeki mevcut yönetmeliklerin bu özel yapıları da kapsayacak şekilde genişletilmesi ümit edilmektedir [12].

2.3 Taban İzolasyon Sistemlerinin Yapısı

Taban izolasyon sisteminde kullanılan izolatör tipleri, şekilleri, büyüklükleri ve yapıldıkları malzeme bakımından farklılık gösterirler. İzolatörlerin büyük çoğunluğu elastomer malzemeden yani doğal ya da sentetik kauçuktan üretilmektedir. Elastomer malzeme kalıba kolayca dökülebildiği için istenilen şeklin verilebilmesi bakımından avantajlıdır. Ayrıca metalle aderansı güçlüdür. Böylece izolatörün makine ya da temele montajında kolaylık sağlar.

Dinamik rijitlik, rijit kütle ve izolasyon sisteminin rezonans frekansının aşağısında bir değer olmalıdır. İzolatör sönümü, rijit kütle rezonansında aşırı yer değiştirmeyi engelleyecek ve yüksek frekansta dalga etkilerinden koruyacak düzeyde seçilmelidir [12].

İzolatör, düşey doğrultuda çok rijit ve yatay doğrultuda çok esnektir. Deprem hareketinin düşey bileşenine karşı koruyuculuğu yoktur ve düşey bileşeni yapıya nakleder. Taban izolasyonlu yapılarda, yanal yükler rijit mesnetli yapılardan daha küçük olduğu için devrilme momentleri de küçüktür. Taban izolasyonu, yapının periyodunu artırır. Bu bakımdan kısa periyodlu yapılarda kullanımı daha uygundur. Sönüm gibi kauçuk malzeme özellikleri frekans ve sıcaklığa bağlıdır. Bu sebeple izolatör uygulama koşulları altında test edilmeli ve en optimum sönüm ve rijitlik seçilmelidir. Bu ve diğer özellikler zamanla değişebilir ve izolatör kullanıldığı çevrenin etkileriyle yaşlanabilir. Bu nedenle izolatör kullanımında uzun süreli basıncın yüksek ve düşük sıcaklıktaki etkileri düşünülmeli ayrıca güneş, ozon hidrolik yağların etkileri de gözönünde bulundurulmalıdır.

İzolatörün yalnızca yatay yönde gerekli rijitliğe sahip olması yeterli değildir aynı zamanda buna düşey yönde de istenilen rijitlik sağlanmalıdır. İzolatörler statik basınç yükü etkisi altındayken tüm sistemin yanal statik stabilitesinin de sağlanması istenmektedir. Eğer düşey yöndeki rijitlik çok düşükse, diğer elastik zorlamalar statik stabilizeyi arttırmak amacıyla eklenebilir.

En çok kullanılan elastomer esaslı taban izolasyon sistemleri, tabakalı kauçuk içerenlerdir. Basınç etkisi altındaki izolatöre gerekli olan rijitlik, kauçuk tabakalarla sağlanır. Tabakalaşma, izolatörün basınç etkisine dayanımını artırır. Kauçuk tabakalar, basıncın etkimesi durumunda diğer yönlerde genişlemeye olanak sağlar. Metal plakalar, tabakalı kauçuk mesnetlerde genellikle birbirini izleyen tabakaların arasına, yükün diğer yüzeyler üzerinde üniform olarak yayılmasını sağlamak amacıyla konur.

3. SİSMİK TABAN YALITIM SİSTEMLERİ VE TÜRLERİ

Yalıtım elemanları; bodrum katı olmayan binalarda temel üstüne yerleştirilir. Eğer binanın bodrum katı varsa, yalıtım elemanları bodrum kat kolon ve perdelerin alt, orta ve üst kesitlerine yerleştirilebilir. Bu kesitlerde meydana gelen kesme kuvvetlerinin karşılanması için, büyük kolon kesitleri gerekli olabilir. Kolon orta kesiti, eğilme momentinin alt ve üst kesite dağıtılması bakımından tercih edilebilir.

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 Kauçuk İzolatörler (LRB)
- Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk İzolatörler (HDRB)

b) Kayma Esaslı Sistemler

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

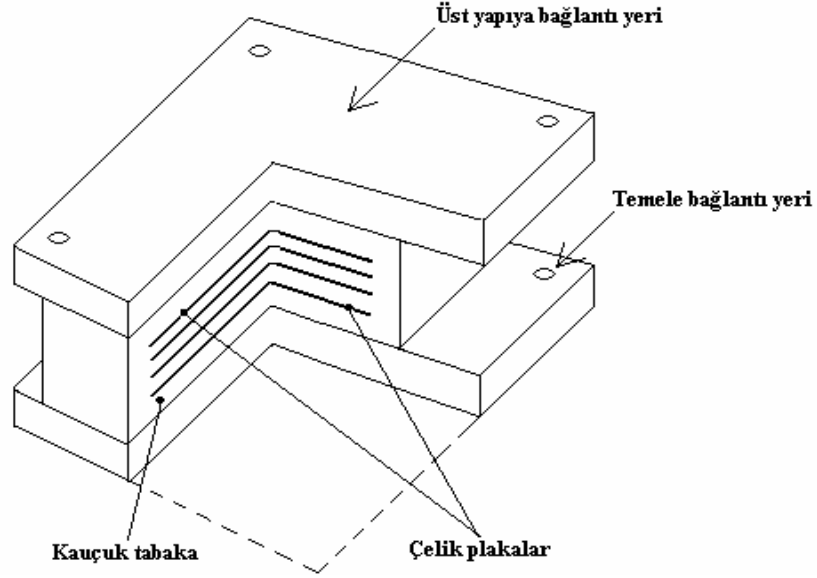
c) Yay Tipi Sistemler

- GERB Firmasının Ürettiği Helezonik Yay Sistemleri

3.1 Kauçuk Esaslı Sistemler

Kauçuk taşıyıcılar Şekil 3.1’de gösterildiği gibi ince kauçuk tabakaların yüksek sıcaklık ve basınç altında çelik plakalar ile birleştirilmesinden meydana getirilir. Yaygın olarak kullanılan taban yalıtım sistemlerinden biridir.

Bu sistemlerde enerji harcama mekanizması, kurşun çekirdeğin plastik şekil değiştirmesi ya da yüksek sönümlü kauçuğun doğasında bulunan özellikler ile sağlanır. Bu taşıyıcılar, kullanılan kauçuğun özelliklerine ya da kurşun çekirdek

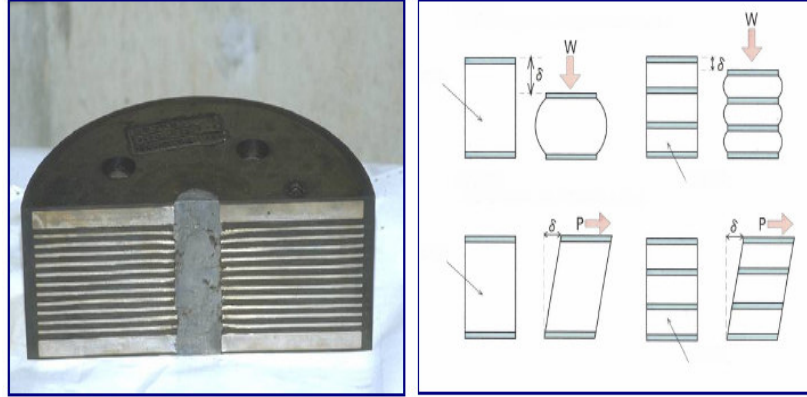


Şekil 3.1: Kauçuk izolatörlerin yapısı

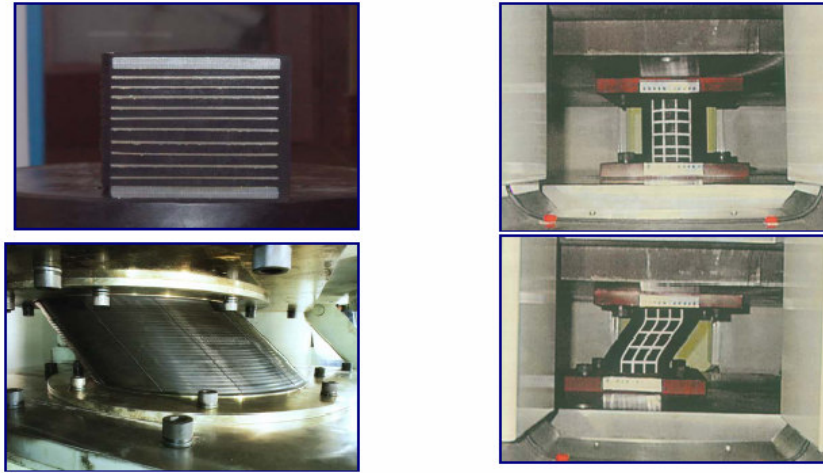
bulunup, bulunmamasına göre sınıflandırılmaktadır. Şekil 3.2, 3.3 ve 3.4 de kauçuk taşıyıcıların görünüşü ve binada kullanışı hakkında birtakım şekiller verilmiştir.



Şekil 3.2 : Kauçuk taşıyıcıların görünüşü

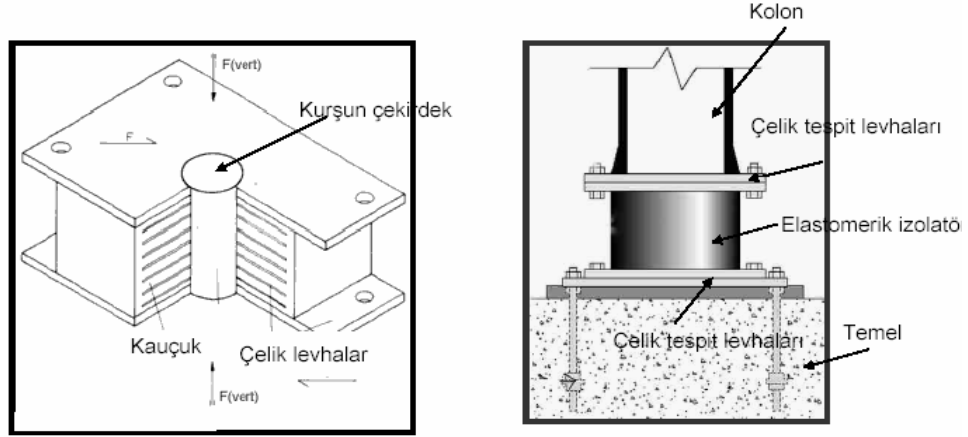


Şekil 3.3 : Kauçuk izolatörlerin görünüşü ve yapısı



Şekil 3.4: Kauçuk izolatörlerin binalarda uygulanması

Tabakalı kauçuk esaslı sistemler, taban izolasyonunda en yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Bu sistemlerin temel elemanları, tabakalar halinde kullanılmakta olan çelik ve kauçuk plakalardır (Şekil 3.5). 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 doğrusal frekans (ω_b) ve sönüm sabiti (ζ_b)'dir. Sistemin sönüm sabiti izolatörün şekil değiştirmesine bağlıdır.



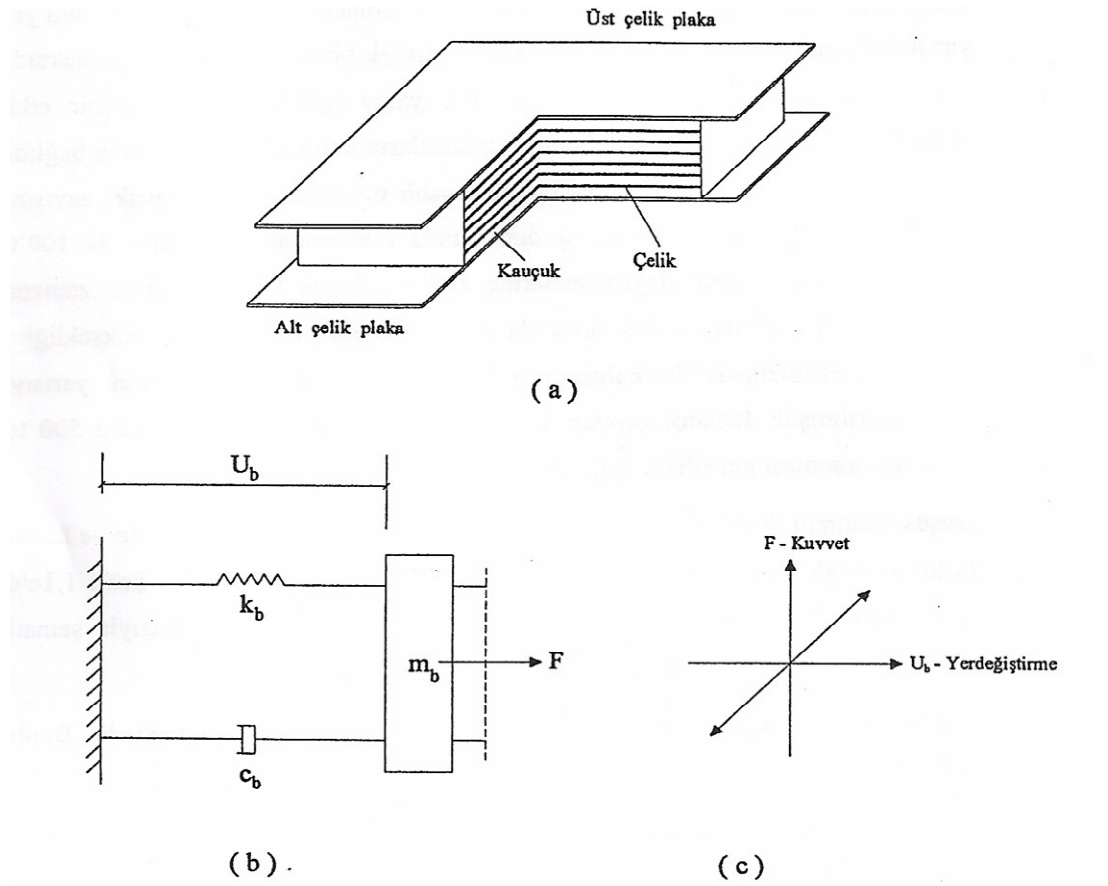
Şekil 3.5: Kauçuk izolatörlerin görünüşü

3.1.1 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 3.6.a’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 dâhilinde, 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 [11].

Düşük sönümlü doğal kauçuk taban izolatör sistemlerinde, yerdeğiştirme ve kuvvet birbirine bağlı olarak, lineer değişmektedir. Aşağıdaki Şekil 3.6b ve Şekil 3.6c’de

düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk izolator sistemlerinin sırasıyla şematik modeli ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı gösterilmektedir.



Şekil 3.6: Düşük sönümlü doğal kauçuk izolator sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı

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

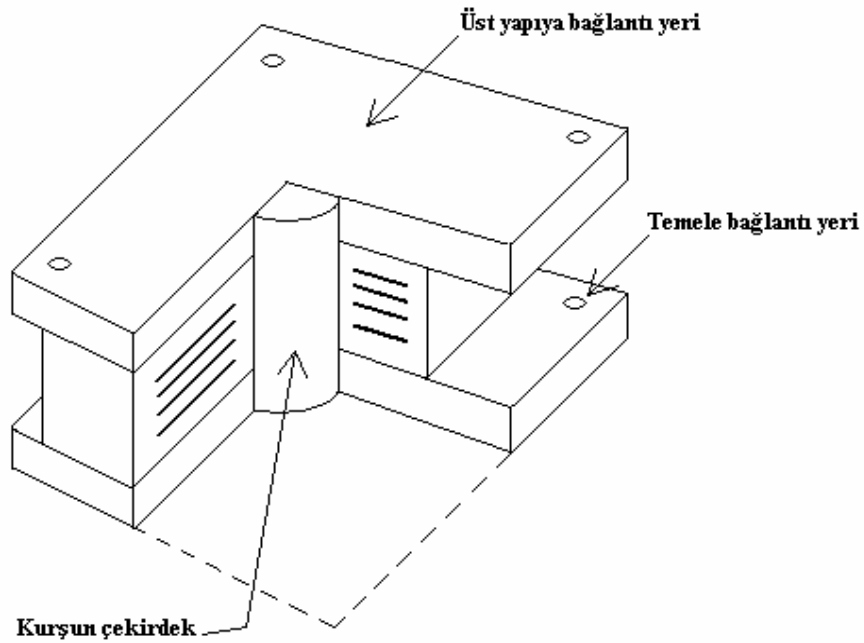
- İmal edilmesi basittir.
- Modellenmesi kolaydır.
- Mesnetlerin mekanik davranışı; hız, sıcaklık ve zamanla eskime gibi faktörlerden etkilenmemektedir [11].

Tek dezavantajları ise ek bir sönüm sistemine ihtiyaç duymalarıdır. 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. Söz konusu izolatörler, ilk olarak 1970’li yıllarda Yeni Zelanda’da geliştirilmiştir.

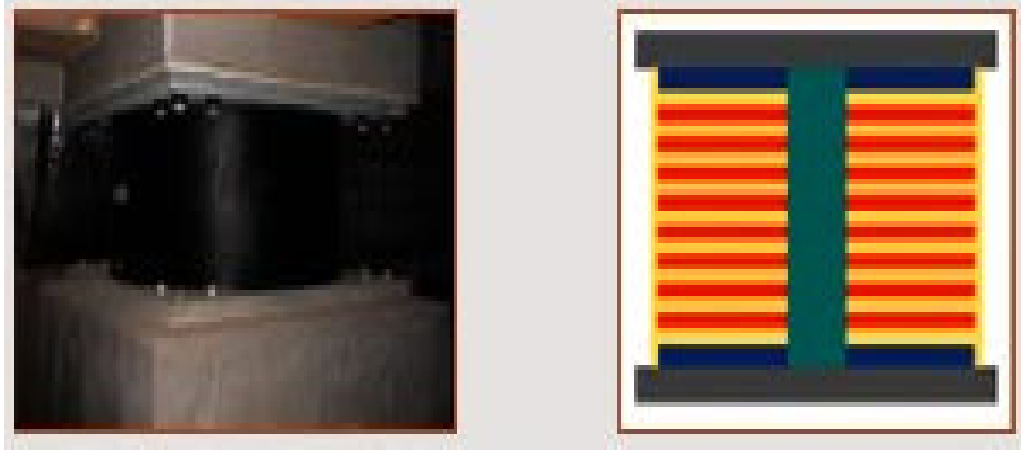
3.1.2 Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörler (LRB)

Kurşun çekirdekli izolatörler Şekil 3.7’de gösterildiği şekilde, düşük sönümlü doğal kauçuk tabakaların çelik plakalarla birleştirilmesi ve taşıyıcının ortasında bırakılan deliğe silindir şeklindeki kurşun çekirdeğin yerleştirilmesi ile oluşturulur.



Şekil 3.7: Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcılar

Kurşun akma noktasının altındaki şekil değiştirmelerde, yapısını geçici olarak değiştirebilen kristalize bir malzemedir. Kauçuk tarafından sağlanan düzeltme kuvvetinin etkisiyle, sistem başlangıç konumuna dönerken elastik özelliklerini ve özgün yapısını tekrar kazanır. Kurşun çekirdek, çelik plakalar tarafından aktarılan kesme kuvvetinin etkisiyle plastik şekil değiştirme yapmaya zorlanmaktadır. Kurşunun, akma gerilmesi yaklaşık olarak 10,5 MPa civarındadır. Bu taşıyıcılarda enerji harcama mekanizması, kauçuk ve kurşun çekirdeğin elasto-plastik özelliklerinin birleşimi ile sağlanır.



Şekil 3.8: Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcının görünüş ve kesiti

Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcıların başlangıç rijitlikleri (K_{el}) oldukça büyüktür. Bu özelliklerinden dolayı rüzgâr yüklerine karşı oldukça iyi bir davranış gösterirler. Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcılarda başlangıç rijitliği, K_{el} yaklaşık olarak akmadan sonraki rijitlik K_{pl} ’den 10 kat daha büyüktür [12].

Kurşun çekirdekli izolatör, 1975 yılında Yeni Zelanda’da ilk olarak üretilmiş ve bu olayı takiben Yeni Zelanda, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmıştır. Bunlar, 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 [11].

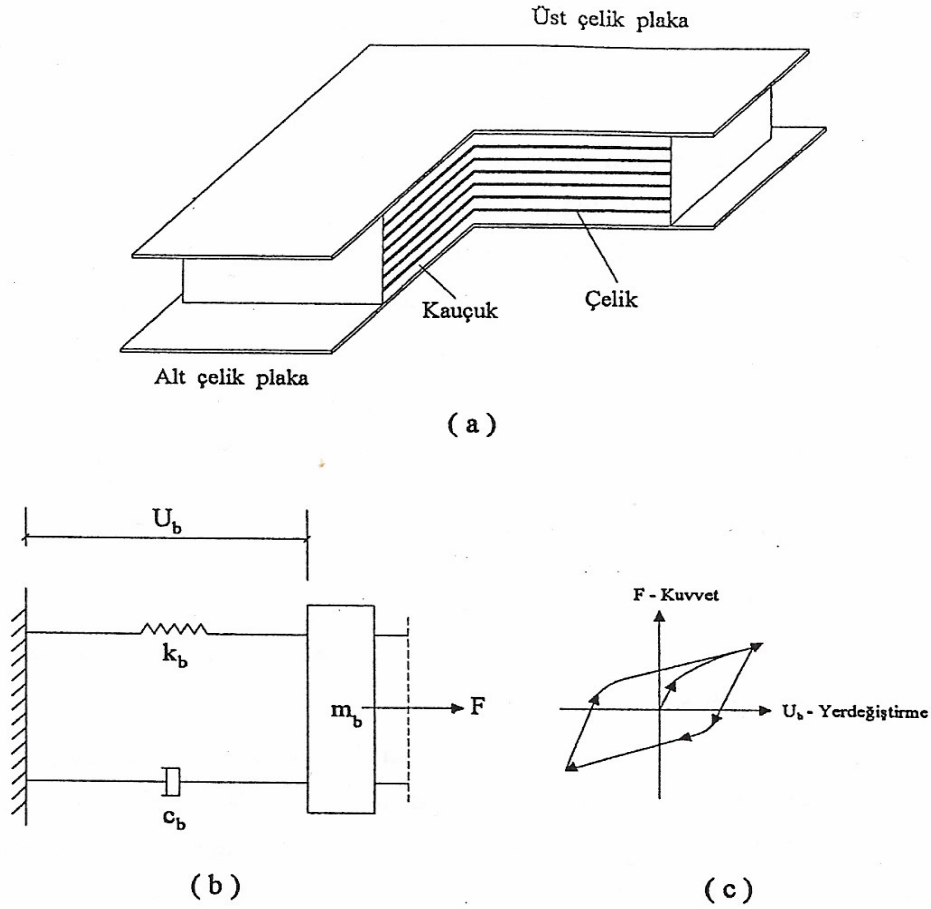
Bu tez çalışmasında; kurşun çekirdekli izolatörleri daha detaylı göstermek üzere; “Dynamic Isolation Systems, mc.” firması tarafından üretilen ve A.B.D.’de faaliyet gösteren “The Highway Innovative Technology Evaluation Center (HITEC)” kuruluşunca bir dizi teste tabi tutulan, kurşun çekirdekli taban 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 3.9b ve Şekil 3.9c’de kurşun çekirdekli mesnet sistemlerinin, sırasıyla şematik modeli ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı gösterilmektedir.

Malzeme %20'den az orandaki kayma şekil değiştirmelerinde nonlineer davranmaktadır. Bununla birlikte; rüzgâr 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. Tamamiyle lineer viskoz bir elemandaki enerji yutulması, yerdeğiştirme durumunda kuadrattır. Histeretik sistemde ise enerji yutulması, yerdeğiştirme durumunda lineer olma eğilimindedir.

Aşağıdaki Şekil 3.10a, Şekil 3.10b ve Şekil 3.10c'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.



Şekil 3.10: Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatör sisteminin; a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme

3.2 Kayma Esaslı Sistemler

Sürtünme esaslı kayma yalıtım sistemleri yapıya, depremde oluşan taban kesme kuvvetinin belirli bir seviyede iletilmesine olanak veren ve bunun ötesinde kayarak kuvvet iletimini önleyen sistemlerdir. Bu tür sistemler küçük sürtünme katsayıları kullanarak, çok küçük kesme kuvvetlerini iletebilecek şekilde tasarlanabilmektedir. Çok yaygın olarak kullanılan kayma yalıtım sistemlerindeki kayma yüzeyi paslanmaz çelik ya da teflondur. Şiddetli depremler sırasında yapıya aktarılan kuvvet, sürtünme katsayısına bağlı olduğundan, aktarılan kesme kuvvetinin büyüklüğü depremin şiddetinden bağımsız olarak oluşmaktadır. Bu nedenle bu tür sistemler şiddetli depremlerin yapı üzerindeki etkilerinin azaltılmasında çok etkilidir

Kayma yalıtım sistemlerinde yapının başlangıç konumuna dönmesini sağlayan düzenleme kuvveti olmadığından, deprem hareketinden sonra yapı başlangıç konumuna dönmeyebilmektedir. Kayma yalıtım sistemleri, kauçuk taşıyıcılar ile birlikte kullanılarak düzenleme kuvveti oluşturulur. Diğer düzenleme kuvveti sağlama ise sürtünmeli sarkaç sistemidir. Düzenleme kuvveti Şekil 3.11’de gösterilen yarım küre şeklindeki kayma yüzeyi ve yerçekiminden dolayı yapının ağırlığı ile sağlanır [12].

Tamamiyle 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 [11]. Johannes, taiktan bir tabaka yardımı ile yapıyı temelden ayırmayı önermiştir. Bina ile temeli arasında oluşabilecek büyük yerdeğıştirmeler 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 Udwardia, 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.

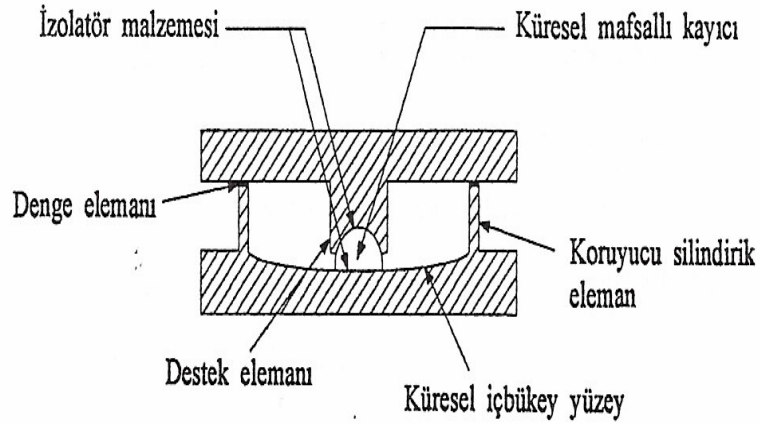
Coulomb sürtünmesi varsayımı, bu teorik analizlerde genellikle kullanılmış olmakla birlikte gerçek davranışı tam olarak doğru bir şekilde temsil edebileceği de olası değildir.

Kısmi olarak kayan sistemler sismik izolasyon için amaçlanan en basit ve en eski sistemlerdir. Bu sistemlerin geri getirici kuvvet mekanizmaları ile desteklenmeleri gerekir. Aksi takdirde kalıcı deplasmanlar kabul edilemez seviyelere ulaşabilir.

3.2.1 Sürtünmeli Sarkaç Sistemler (FPS)

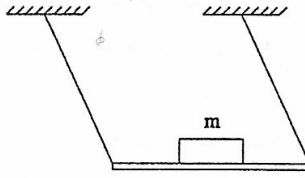
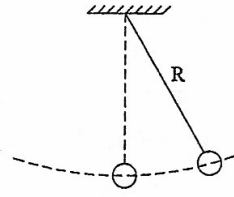
Sürtünmeli sarkaç sistemi, bir kayma hareketini ve bir geri dönüş kuvvetini geometrisi yardımıyla birleştiren, sürtünmeli bir izolasyon sistemidir. Şekil 3.11’de

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 kütlelin yükselmesine yol açmakta ve sistem için geri dönüş kuvveti sağlamaktadır. Mafsallı kayıcı ve küresel yüzey arasındaki sürtünme, izolatörlerde sönüm meydana getirmektedir.

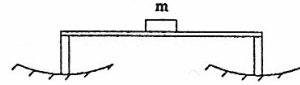
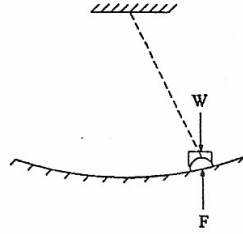


Şekil 3.11: Sürtünmeli sarkaç sistemi şeması

Sürtünmeli sarkaç sistemlerin geometrisi ve taşıdıkları ağırlık, önemli parametrelerdir. Çünkü bu sistemin davranışı basit bir sarkaç hareketinin temel prensiplerine dayanır. Bu durum aşağıda Şekil 3.12a ve Şekil 3.12b’de gösterilmiştir. Sürtünmeli sarkaç tipteki izolator 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 davranış göstermektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.12: a)Basit Sarkaç Hareketi b) Kayıcı Sarkaç Hareketi

Sürtünmeli sarkaç sistemlerde bulunan koruyucu silindir, yatay yerdeğişirmelerin engellenmesinde etkili olmaktadır. Ayrıca, iç elemanların çevresel kirlilikten korunmasını engellemektedir. Koruyucu silindir tarafından sağlanan yerdeğişirme 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,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Burada

R: Küresel yüzeyin eğrilik yarıçapı,

g: Yerçekimi ivmesini

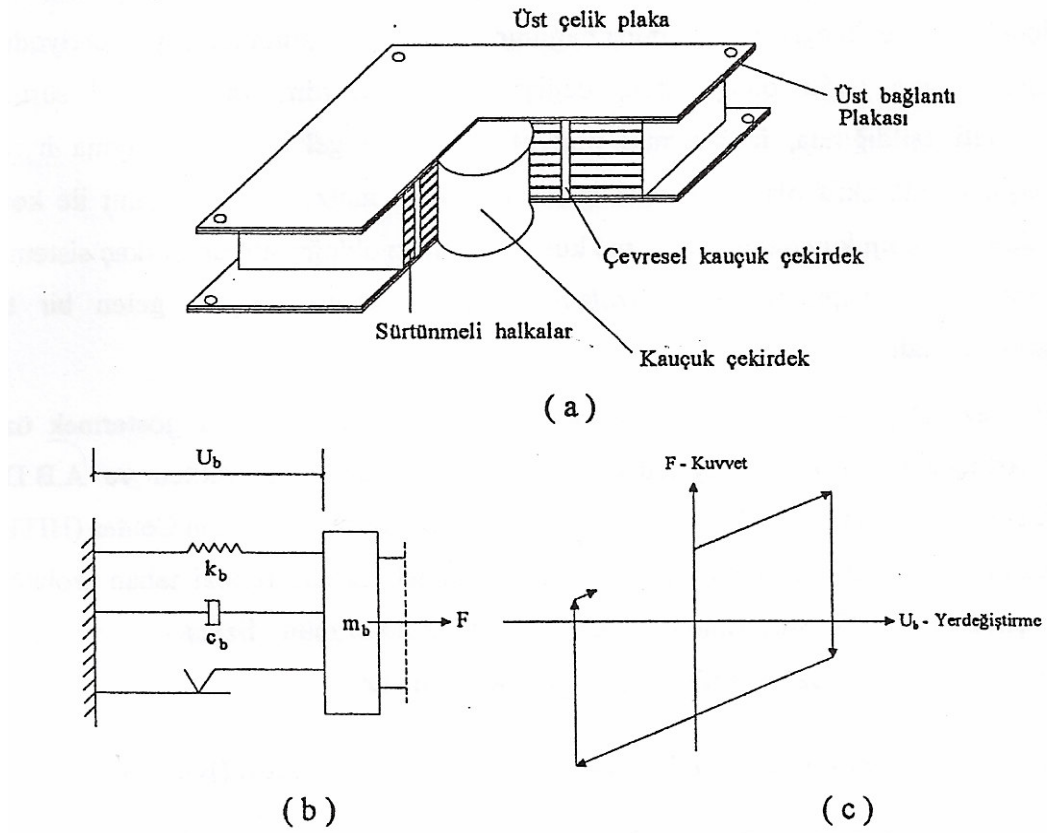
ifade etmektedir.

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 sistemlerine mesnetlenen yapı, titreşimin izolasyonsuz periyoduna karşılık gelen bir tepki gösterecektir.

3.2.2 Geri Şekillenen Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi (RPBI)

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 dâhilinde, 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 [11]. Aşağıdaki Şekil 3.13a, Şekil 3.13b ve Şekil 3.13c'de geri şekillenen taban izolasyon sisteminin, sırasıyla kesit ve elemanları, şematik modeli ve kuvvet-yerdeğiştirme davranışı gösterilmektedir.



Şekil 3.13: Geri şekillenen sürtülmeli taban izolasyon sisteminin;

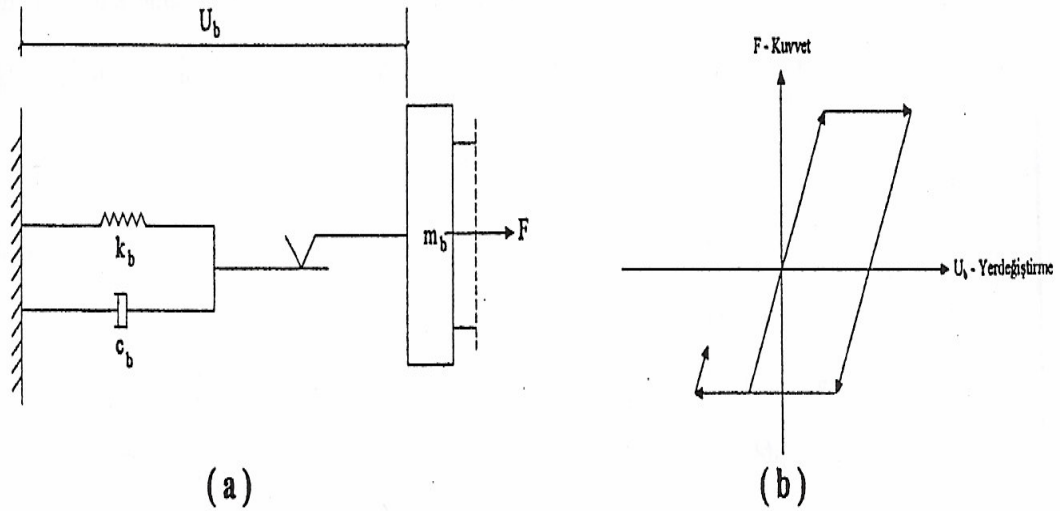
a) kesiti ve elemanları, b) şematik modeli, c) kuvvet-yerdeğiştirme davranışı

3.2.3 Electricite-de-Fran Sistemi (EPS)

Bu sistem, nükleer elektrik santrali tesislerine yapılacak uygulama için, 1970'li yılların başlarında geliştirilmiştir. Söz konusu kuruluş, içinde güvenliğinin sağlanması gereken donanımına sahip ve 0,2 g'lık 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 çelik ile 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 $\pm 5\text{cm}$ 'den fazla

değildir. Meydana gelen yerdeğıştirmelerin bu sınır değeri aşması halinde, kayıcı eleman öngörülen yeterli hareketi sağlamaktadır. (Şekil 3.14) Sistem, mesneti düzeltici yani merkeze geri çeken herhangi bir mekanizmaya sahip değildir. Bu nedenle sistemde kalıcı yerdeğıştirmeler meydana gelebilir. Sistem şimdiye kadar sadece bir kez, Güney Afrika Cumhuriyeti'ne bağlı Koeberg şehrinde inşa edilen büyük bir nükleer elektrik santralinde uygulanmıştır [11].



Şekil 3.14: EDF sisteminin a) şematik modeli, b) kuvvet-yerdeğıştirme davranışı

3.2.4 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 taşıtılmıştır. Binanın dış kolonları ise, düşük sönümlü doğal kauçuk izolatörler ile taşıtılmıştır. 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 [11].

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.

3.2.5 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 merkezleştirecek kuvvetleri sağlamak için kullanılmaktadır. 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.

3.3 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.

3.3.1 GERB Firmasının Ürettiği Helezonik Yay Sistemleri

Taban izolasyonu için GERB sistemi, başlangıçta elektrik santrali 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 [11]. 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.

4. TABAN İZOLATÖRLERİNİN MEKANİK KARAKTERİSTİKLERİ

4.1 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.

4.2 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, birçok araştırmacı tarafından elastik teoriye dayalı basit tahminler geliştirilmiştir. Bu tahminler ayrıca laboratuvar 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:

$$K_H = \frac{G.A}{t_r} \quad (4.1)$$

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:

$$\gamma_m = \frac{D}{t_r} \quad (4.2)$$

Duşey 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 duşey frekansı, izolasyon sistemini oluşturan izolatrlerin duşey rijitliği tarafından kontrol edilir. Bu duşey frekansı tahmin edebilmek için, tasarımcının; sadece belirli bir zati yük etkisi altında izolatrlerin duşey rijitliğini hesaplaması gerekmektedir. Bunun için bir lineer analiz yeterlidir. Bir izolatörün duşey yük altındaki başlangıç davranışı oldukça lineerdir ve çeşitli faktörlere bağlıdır.

Tasarım için analiz edilmesi zorunlu bir diğer önemli izolatörü özelliği, taban izolatrrn 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, duşey rijitliğin belirlenmesi için yapılan analizin bir uzantısı yardımıyla tespit edilmektedir. Kauçuk bir mesnetin duşey rijitliği aşağıdaki forml yardımıyla verilmektedir:

$$K_v = \frac{E_c \cdot A}{t_r} \quad (4.3)$$

burada

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

t_r : İzolatrdeki kauçuğun toplam kalınlığı,

E_c : Belirli düzeydeki bir duşey 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:

$$S = \text{Yüklü Alan} / \text{Kuvvet Uygulanmayan Alan} \quad (4.4)$$

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

$$S = \frac{b}{t} \quad (4.5)$$

Çapı $\emptyset$ ya da yarıçapı R ile belirtilen ve t kalınlığındaki dairesel bir tampon için

$$S = \frac{\phi}{4t} \text{ veya } S = \frac{R}{2t} \quad (4.6)$$

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

$$S = \frac{a}{4t} \quad (4.7)$$

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

$$E_c = 6GS^2 \quad (4.8)$$

Aynı değer, kare şeklindeki bir tampon için

$$E_c = 6,73GS^2 \quad (4.9)$$

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,

$$E_c = 6\lambda GS^2 \quad (4.10)$$

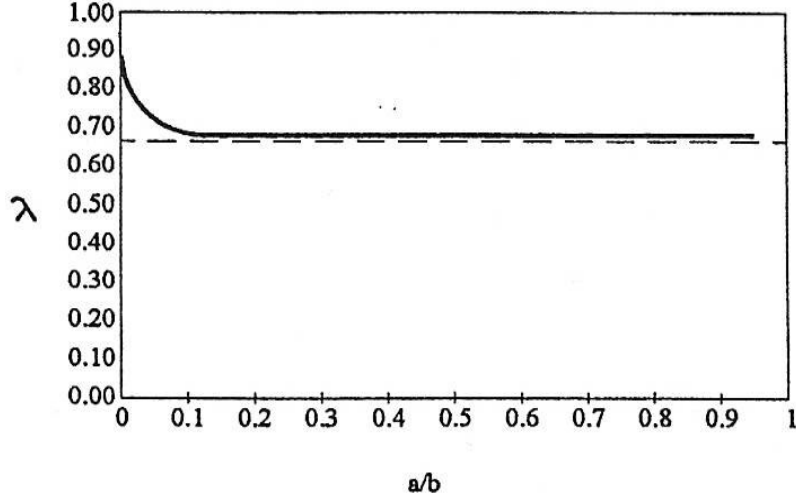
eşitliği ile hesaplanır. Burada

$$\lambda = \frac{b^2 + a^2 - \left[(b^2 - a^2) / \ln(b/a) \right]}{(b^2 - a^2)} \quad (4.11)$$

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

$a/b \rightarrow 1$ $a/b = 1 - \varepsilon$ $\varepsilon \rightarrow 0$ $\lambda = 2/3$ $E_c = 4GS^2$ sonsuz şerit için

λ , $2/3$ değerine çok hızlı yaklaşmaktadır. Bu durum aşağıdaki Şekil 4.1'de grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.1: 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 $E_c = 4GS^2$ 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,

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta}{t_r} \quad (4.12)$$

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

$$\gamma_c = 6S\varepsilon_c \quad (4.13)$$

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 değıştirmesi aşğıdaki formöl yardımıyla hesaplanır:

$$\gamma_{ort} = \sqrt{6S\epsilon_c} \quad (4.14)$$

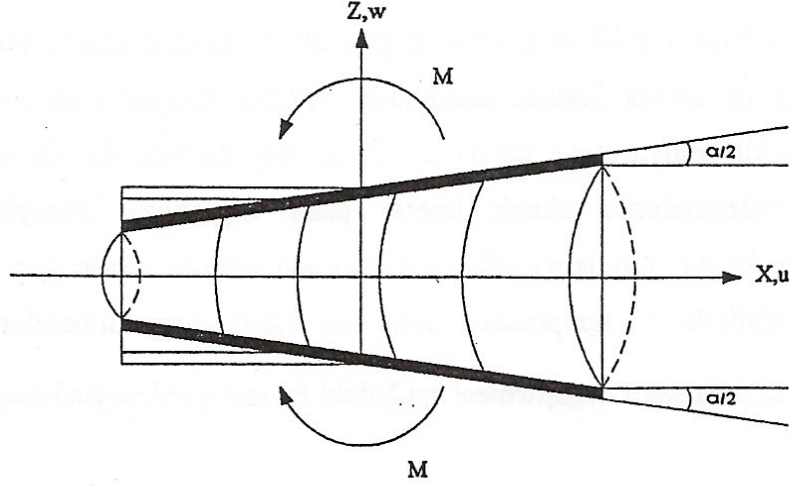
Belirli bir mertebedeki deneme yanılmaya ihtiyaç olmasına karşın, bu tür hesaplamalar uygun G değeri tahmin edilmesi için tasarımcıya kolaylık sağlamaktadır. Böylelikle bu adımdan sonra düşey rijitlik değeri belirlenebilmektedir. ϵ_c 'yi hesaplamak için ilk olarak rastgele bir G değeri seçilmek zorundadır.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

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

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\alpha}{t} \quad (4.15)$$

Kiriş teorisindeki analogiyi gözönüne alırsak;

$$M = \frac{EI}{\rho} \quad (4.16)$$



Şekil 4.2: Salt eğilme etkisi altında olan rijit tabakalar arasındaki kauçuk tampon

Bu durumda aşağıdaki ifade ortaya çıkar:

$$M = (EI)_{eff} \frac{\alpha}{t} \quad (4.17)$$

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:

$$M = \frac{3\alpha G}{2t^3} \frac{\Pi R^6}{12} \quad (4.18)$$

ve dairesel kesitli bir kiriş için,

$$I = \frac{\Pi R^4}{4} \quad (4.19)$$

olacaktır.

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

$E_c = 6GS_2$ olarak almamız halinde, I için $\frac{\Pi R^4}{4}$ 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

$$(EI)_{eff} = E_c (0,329I) \quad (4.20)$$

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

$$(EI)_{eff} = 2GS^2 I \frac{(b+a)^2}{b^2 - a^2} \quad (4.21)$$

Eğilme nedeniyle oluşan kayma şekil değiştirmeleri, aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$\gamma_b = 6S\varepsilon_b \quad (4.22)$$

burada

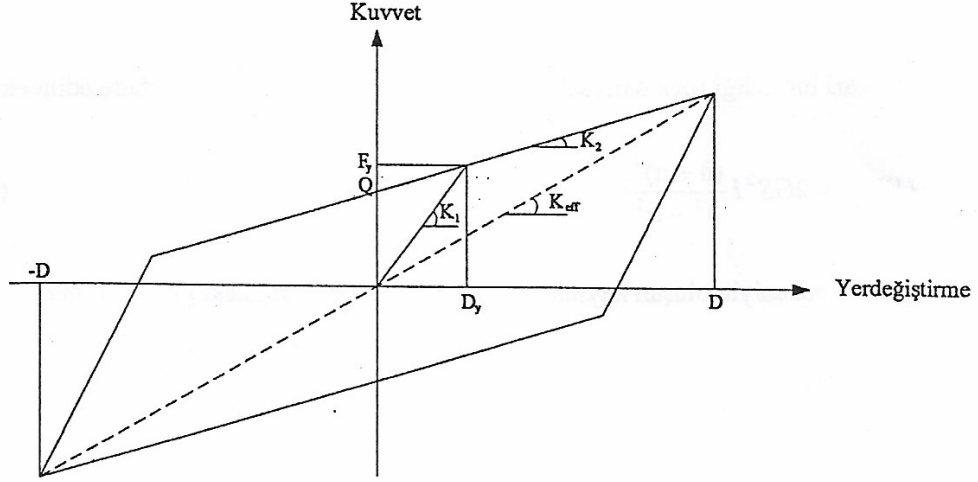
$\varepsilon_b = R(\alpha/t)$: Eğilme nedeniyle oluşan kenar basınç şekil değiştirmesidir.

Ortalama kayma şekil değiştirmesi

$$\gamma_b^{ort} = \sqrt{2}S^2\alpha = \sqrt{2}S \frac{R}{4} \frac{\alpha}{t} = \frac{\sqrt{2}}{4} S\varepsilon_b \quad (4.23)$$

4.2.1 Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri

Kurşun çekirdekli izolatörler daima bileer 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 eksenindeki 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 4.3'te gösterilen tipik bir kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisinden kolayca anlaşılabilir.



Şekil 4.3: Kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi üzerindeki temel parametreler

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

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D}, \quad D \geq D_y \quad (4.24)$$

burada D_y akma yerdeğiştirmesidir.

Doğal frekans, ω aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\omega = \sqrt{\frac{K_{eff} g}{W}} = \sqrt{\omega_0^2 + \mu \frac{g}{D}} \quad (4.25)$$

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 + \mu \frac{g}{D}}} \quad (4.26)$$

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

$$\beta_{eff} = \frac{\text{Histeresis eğrisinin alanı}}{2\pi K_{eff} D^2} \quad (4.27)$$

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.

$$D_y = \frac{F_y}{K_1} \quad (4.28)$$

$$F_y = Q + K_2 D_y \quad (4.29)$$

böylelikle

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2} \quad (4.30)$$

olarak hesaplanır.

β_{eff} 'in tanımını ve Denklem (4.24)'teki sonucu kullanırsak aşağıdaki sonucu elde ederiz.

$$\beta_{eff} = \frac{4Q(D - D_y)}{2\Pi(K_2 D + Q)D} \quad (4.31)$$

Genel bir kural olarak elastik rijitlik $K_1 = 10K_2$ olarak alınır. Bu kabul

$$D_y = \frac{Q}{9K_2} \quad (4.32)$$

sonucunu verir ve sonuç olarak efektif sönümü aşağıdaki gibi elde ederiz.

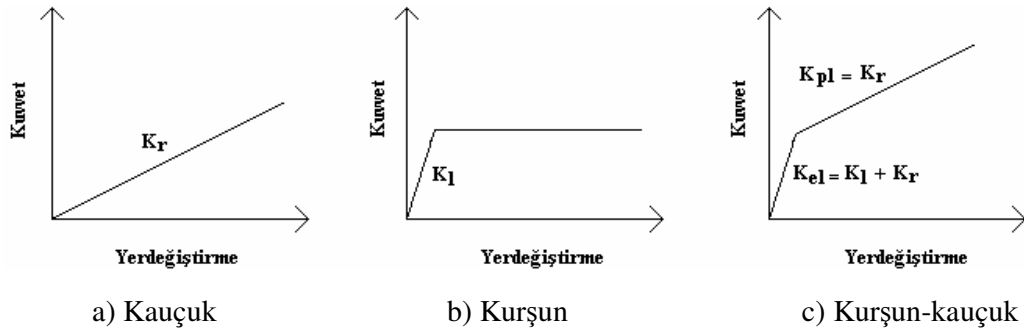
$$\beta_{eff} = \frac{4Q[D - (Q/9)K_2]}{2\Pi(K_2 D + Q)D} \quad (4.33)$$

Kauçuk taşıyıcılar, düşey yükler altında rijit ve kayma gerilmelerine karşı oldukça esnek olmak zorundadırlar. Bu özellikler ancak kauçuğun kimyasal birleşiminin iyi belirlenmesi ve taşıyıcının geometrisine bağlı olarak sağlanabilir. Bu taşıyıcılar gerekli emniyet faktörleri düşünülerek, en büyük yerdeğiştirme anında oluşabilecek en büyük düşey yükleri ya da servis yüklerini taşıyabilecek şekilde ve yapıya mesnet



Şekil 4.4 : Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcı

olabilecek kapasitede büyük tasarlanmaktadır. Bu durumda düşey yükler taşıyıcının aktif bölgesine doğru aktarılmaktadır. Kauçuk tabaka tarafından örtülmüş bulunan çelik plakalar, burkulmayı sınırlandırmaktadır. Taşıyıcının düşey rijitliği, çelik tabakaların kalınlığı (t_s) ve kauçuk tabakaların kalınlığına (t_r) bağlı olarak belirlenmektedir.(Şekil 4.4) Taşıyıcının düşey yük kapasitesi, kauçuk tabakanın kalınlığı azaltılarak artırılabilir. Kauçuk tabakanın toplam yüksekliği yatay rijitliğe ve kullanılacak kauçuğun mekanik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 4.5: Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcının mekanik davranışı

Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcılarda, kurşun çekirdeğin çapı en küçük yatay yükleri karşılamak için gerekli olan başlangıç rijitliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Kurşun çekirdeğin alanı, aktarılan kesme kuvvetini akmadan karşılayabilecek kesitte olmalıdır. Akma kuvveti seviyesi yaklaşık olarak yapı ağırlığının % 5'i olarak tanımlanmaktadır. Taşıyıcıların boyutları ve konumları uygun seçilerek, yapının deprem esnasında burulma titreşimleri yapması önlenir. Bu işlem yalıtım sisteminin rijitlik merkezi ile üst yapının kütle merkezinin

çakıştırılması ile sağlanmaktadır. Kurşun çekirdekli kauçuk taşıyıcı ya da kurşun çekirdekli yüksek sönümlü kauçuk taşıyıcı kullanıldığı zaman, yukarıda sözü edilen çakıştırma işlemi hem kurşun çekirdeğin akmasından önce, hem de akmadan sonraki durum için sağlanmalıdır.

Yerleştirilen taşıyıcıların mekanik ve sönüm özelliklerinin, yapının tüm ömrü boyunca sabit kalması sağlanmak durumundadır. Yapının bozulan ünitelerinin değiştirilmesine izin verecek şekilde tasarlanmasına dikkat edilmelidir. Taşıyıcıları örten kauçuk tabakanın oksitlenmeye ve ozona karşı dayanıklı olarak üretilmesi, çevre etkilerinin taşıyıcıları en az oranda etkilemesini sağlamaktadır. Bir yüzyıldan fazla zamandır köprülerde kullanılmakta olan doğal kauçuk taşıyıcıların ömürlerinin en az yüz yıl olduğu belirlenmiştir. Yakın zamanda denenen bir kauçuk taşıyıcı ile 45 yıldır kullanılan bir kauçuğun aynı sertlikte olduğu tespit edilmiştir. Kauçuk taşıyıcılar üzerinde yapılan yoğun sarsma tablası deneyleri, kauçuk taşıyıcıların kuvvet-yerdeğiştirme özelliklerinin ömürleri boyunca değişmediğini göstermektedir [11].

Taşıyıcıların üretilmesinde kullanılan kauçuk, üzerlerine uygulanan yük kaldırıldığı zaman özgün şekil ve boyutlarına dönme özellikleriyle bilinmektedir. Taşıyıcıların üretilmesinde genel olarak, doğal kauçuk (NR-natural polyisoprene neoprene, CR-chloroprene), EPDM (ethylene propylene diene monomer) ya da nitrile butadiene rubber, NBR kullanılmaktadır. Doğal kauçuk ve neopren, köprü inşaatlarında uzun zamandan beri kullanılan ve en çok bilinen malzemelerdir. Kauçuğun mekanik ve fiziksel özelliklerini, kimyasal birleşimi ve üretim şekli belirler.

Kauçuğun mekanik özellikleri, sıcaklık ve zamana bağlı olmasına karşın bu ilişki sorun oluşturacak düzeyde değildir. Genel olarak rijitlik ve sönüm özellikleri sıcaklık arttıkça azalır. Kauçuk uzun süre düşük sıcaklıklarda kaldığı zaman, kristalleşme tehlikesine maruz kalır ve böylece taşıyıcının düşük sıcaklıklarda sertleşerek yalıtım özelliği bozulabilir. Bazı soğuk bölgelerde yalıtım sisteminin esnekliğini kaybetmesi sonucu sismik yalıtım gerçekleşmemekte, sorunlar oluşabilmektedir. Böyle durumlar iyi düşünülmeli ve uygun kauçuk bileşimleri seçilmelidir. Özellikle neopren, yaklaşık olarak -40° C'de cama dönüşüm şartlarına ulaşarak oldukça rijit bir hale geçerken, doğal kauçuk cama dönüşüm şartlarına -55° C'de ulaşmaktadır [20]. Sismik taban yalıtımlı yapılar, düşük sıcaklıklarda tasarım kuvvetlerinden daha büyük kuvvetler ileterek, sabit tabanlı yapı gibi davranabilmektedir.

Sismik yalıtım sistemleri için kauçuk taşıyıcılar, çeşitli büyüklüklerde tasarlanıp üretilmekte ve kullanılmaktadır. Bu taşıyıcılar 1.0~10.000 ton arasındaki düşey yükleri taşıyabilecek kapasitededir. Kauçuk taşıyıcılar, 1.5m çapında ve 1 ton ağırlığa ulaşabilmektedir.

4.2.1.1 DIS Kurşun Çekirdekli Kauçuk Tabakalı Taban izolatörü Uygulaması

“Dynamic Isolation Systems, mc.” 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 A tipi kurşun çekirdekli izolatörlere ait, hesaplar için gerekli fiziksel özellikler metrik sisteme çevrilişi ile birlikte aşağıda gösterilmektedir.

Tasarım basınç yükü: 150 kips = 150 x 4,44822 kN= 667,233 kN (DCL)

Tasarım Yerdeğiştirmesi: 6 inch = 6 x 2,54cm= 15,24cm (D_D)

Toplam kauçuk tabaka sayısı: 0

Tek bir kauçuk tabakasının kalınlığı (t) : 0,3inch = 0,3 x 2,54cm = 0,762cm

Toplam kauçuk tabaka kalınlığı (t_r) : 0

Kurşun çekirdek çapı: 3,75 inch = 3,75 x 2,54cm = 9,53 cm

Kurşun akma dayanımı: 10000 kN / m^2

Kauçuğun plan boyutu: 22,5 inch = 22,5 x 2,54cm = 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 $K_1 = 10K_2$ kabulü yapılmıştır.

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

$$K_v = \frac{E_c A}{t_r} \quad E_c = 6\lambda G S^2$$

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

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

$$E_c = 6.400.(18,75)^2 = 843750 \text{ kN} / \text{m}^2$$

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

$$Q = f_y \cdot x \text{ (Kurşun çekirdeğin alanı)}$$

$$Q = \frac{1000.(0,0953)^2 \cdot \Pi}{4} = 71,33 \text{ kN}$$

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2} = \frac{Q}{9K_2} = \frac{71,33}{9.673,283} = 0,01177 \text{ m}$$

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

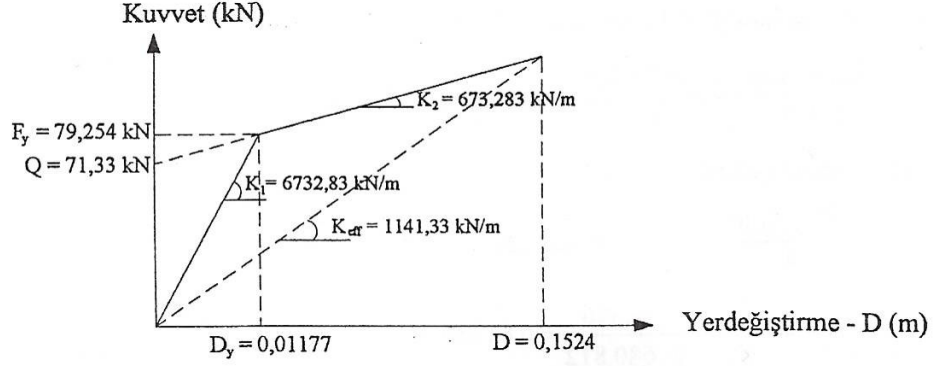
$$F_y = Q + K_2 D_y = 71,33 + 673,283.(0,01177) = 79,254 \text{ kN}$$

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

Rijitlik ve Akma Kuvveti Değerleri:

1. $K_{eff} = 1141,33 \text{ kN/m}$
2. $K_1 = 10.673,283 = 6732,83 \text{ kN/m}$
3. $K_2 = 673,283 \text{ kN/m}$
4. $K_v = 1420205,433 \text{ kN/m}$
5. $F_y = K_1 \cdot D_y = 79,254 \text{ kN}$

Yukarıda verilen değerler DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün bilineer kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisinde gösterilmektedir(Şekil 4.6):



Şekil 4.6: 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 özellikleri metrik sisteme çevrilmesi ile birlikte aşağıda gösterilmektedir.

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

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

Toplam kauçuk tabaka sayısı: 20 adet

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

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

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

Kurşun akma dayanımı: $10000 \text{ kN} / \text{m}^2$

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

Kayma modülü (G): $400 \text{ kN} / \text{m}^2$

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 $K_1 = 10K_2$ kabulü yapılmıştır.

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

$$K_v = \frac{E_c A}{t_r}, \quad E_c = 6\lambda GS^2$$

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

$$E_c = 6.400.(24,583)^2 = 1450416,666 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$K_v = \frac{1450416,666}{0,25908} \frac{\Pi.(0,7493)^2}{4} = 2468654,085 \text{ kN / m}$$

$$Q = f_y x \text{ (Kurşun çekirdeğin alanı)}$$

$$Q = \frac{1000.(0,12065)^2 \cdot \Pi}{4} = 114,326 \text{ kN}$$

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2} = \frac{Q}{9K_2} = \frac{114,326}{9.680,812} = 0,01866 \text{ m}$$

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

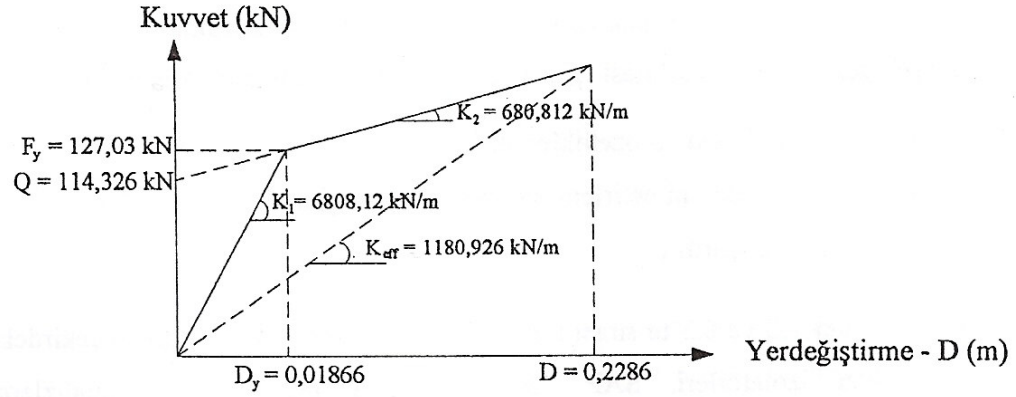
$$F_y = Q + K_2 D_y = 114,326 + 680,812.(0,01866) = 127,03 \text{ kN}$$

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

Rijitlik ve Akma Kuvveti Değerleri:

1. $K_{eff} = 1180,926 \text{ kN/m}$
2. $K_1 = 10.680,812 = 6808,12 \text{ kN/m}$
3. $K_2 = 680,812 \text{ kN/m}$
4. $K_v = 2468654,085 \text{ kN/m}$
5. $F_y = K_1 \cdot D_y = 127,03 \text{ kN}$

Yukarıda verilen değerler DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün bilineer kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisinde gösterilmektedir (Şekil 4.7):



Şekil 4.7: DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün modellemesi için kullanılacak kuvvet-yerdeğiştirme histeresis eğrisi parametreleri

Aşağıda Tablo 4.1 ve 4.2 de sırası ile; DIS A tipi ve DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörleri, ETABS bilgisayar programındaki analizlerde tanımlanırken kullanılacak değerler gösterilmektedir.

Tablo 4.1: DIS A tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörü, ETABS bilgisayar programında tanımlarken kullanılacak temel parametreler ve değerleri

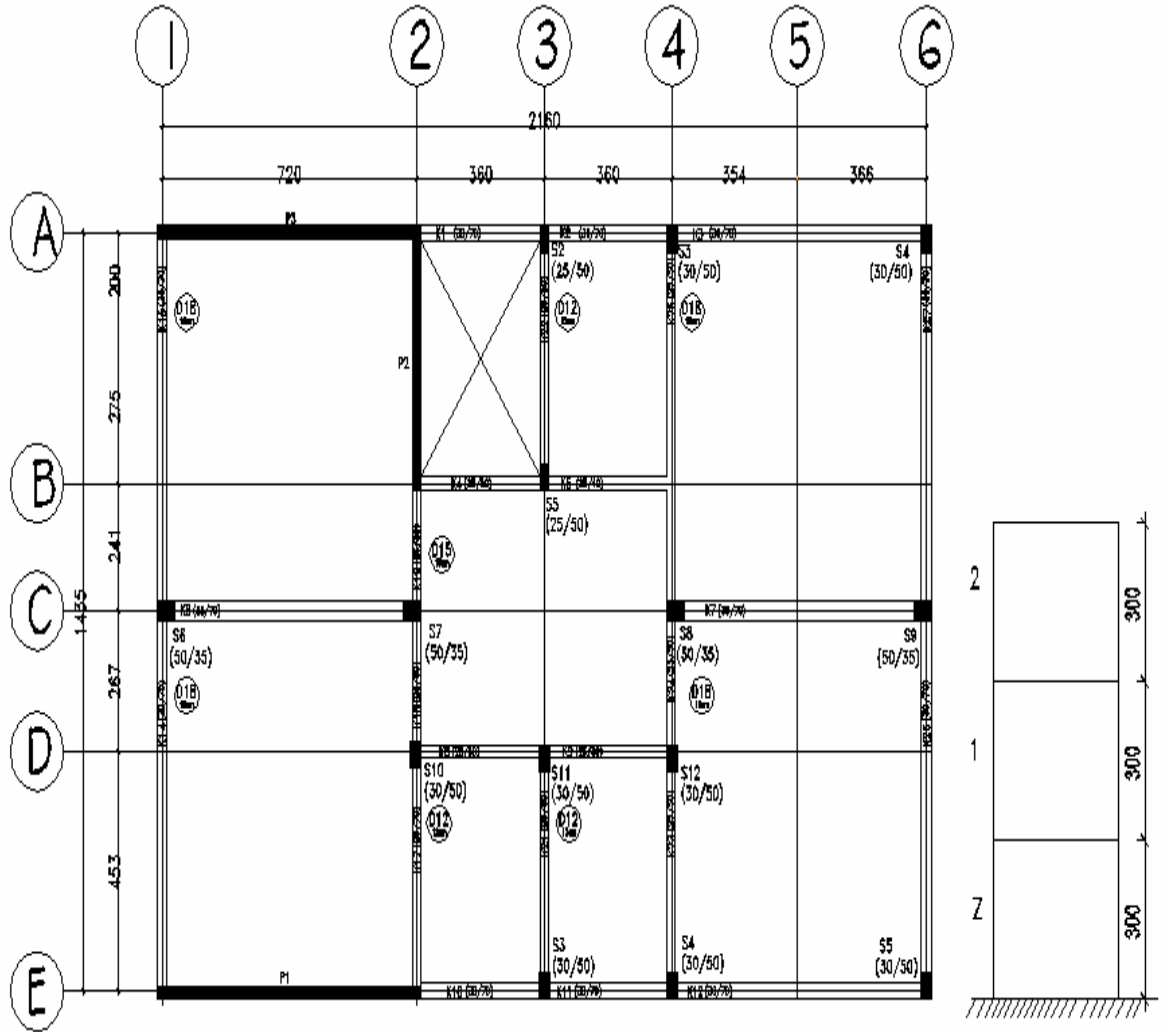
İzolatör ismi: DIS A		Nlink eleman tipi: İzolatör 1	
İzolatörün toplam ağırlığı (kN)		4,2703	
Doğrultular		Katsayılar	
		Lineer	Nonlinear
U1(Düşey)	Rijitlik (kN/m)	1420205,4	-
U2(Yatay)	Rijitlik (kN/m)	1141,33	6732,86
	Akma Dayanımı (kN)	-	79,254
	K_2/K_1	-	0,1
U3(Yatay)	Rijitlik (kN/m)	1141,33	6732,83
	Akma Dayanımı (kN)	-	79,254
	K_2/K_1	-	0,1

Tablo 4.2: DIS B tipi kurşun çekirdekli kauçuk taban izolatörü, ETABS bilgisayar programında tanımlarken kullanılacak temel parametreler ve değerleri

İzolator ismi: DIS B		Nlink eleman tipi: İzolatör 1	
İzolatorün toplam ağırlığı (kN)		8,3404	
Doğrultular		Katsayılar	
		Lineer	Nonlineer
U1(Düşey)	Rijitlik (kN/m)	2468654,1	-
U2(Yatay)	Rijitlik (kN/m)	1180,926	6808,12
	Akma Dayanımı (kN)	-	127,03
	K_2/K_1	-	0,1
U3(Yatay)	Rijitlik (kN/m)	1180,926	6808,12
	Akma Dayanımı (kN)	-	127,03
	K_2/K_1	-	0,1

5. ETABS PROGRAMI İLE İZOLATÖRLÜ YAPI ANALİZİ VE DİĞER UYGULAMALAR [3].

5.1. Perde ve Çerçeveden Oluşan Mevcut Sistem



Şekil 5.1: Perde-çerçeve sistemin kat kalıp planı ve kesiti

5.1.1. Perde ve Çerçevelerden müteşekkil mevcut bir okul binasının ankastre mesnetli lineer-elastik analizi

Kat Kalıp Planı ve kesiti şekilde gösterilen 3 katlı, perde ve çerçevelerden kurulu sistemden meydana gelen betonarme yapının;

Kolon Boyutları:**Tablo 5.1:** Katlara göre kolon boyutları tablosu

Kat	SZ02-SZ05 S102-S105 S202-S205	SZ03-SZ04-SZ10-SZ11-SZ12-SZ14-SZ15-SZ16 S103-S104-S110-S111-S112-S114-S115-S116 S203-S204-S210-S211-S212-S214-S215-S216	SZ06-SZ07-SZ08-SZ09 S106-S107-S108-S109 S206-S207-S208-S209
Z	25x50	30x50	50x35
1	25x50	30x50	50x35
2	25x50	30x50	50x35

Perde Kalınlığı: Her 3 katta bulunan bütün perdeler 0,25 m kalınlığındadır.

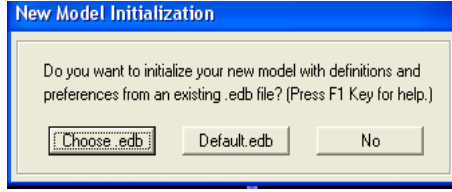
Kiriş Boyutları:**Tablo 5.2:** Katlara göre kiriş boyutları tablosu

Kat	K101-K102-K103-K110-K111-K112-K114-K115-K126-K127 K201-K202-K203-K210-K211-K212-K214-K215-K226-K227 K301-K302-K303-K310-K311-K312-K314-K315-K326-K327	K104-K108-K109-K118-K119-K121-K122-K123-K124-K125 K204-K208-K209-K218-K219-K221-K222-K223-K224-K225 K304-K308-K309-K318-K319-K321-K322-K323-K324-K325	K105 K205 K305	K106-K107 K206-K207 K306-K307	K117 K217 K317
Z	30x70	25x50	25x40	35x70	25x70
1	30x70	25x50	25x40	35x70	25x70
2	30x70	25x50	25x40	35x70	25x70

Kat yüksekliği tüm katlarda 3,0 m'dir.

1. Konum çubuğunun en altında sağdaki bölmede bulunan listeden hesaplarımızda kullanacağımız KN-m boyutu seçilir.

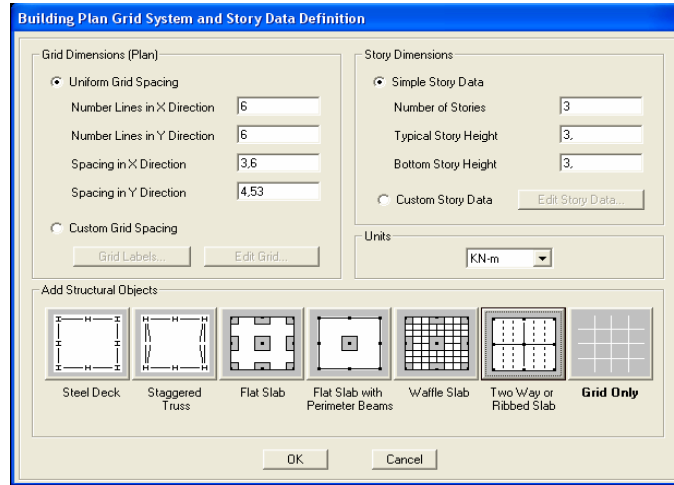
2. Yeni sistem modelimiz için **File** menüsünden **New Model...** seçeneği tıklanır. Buradan yöntemin seçileceği **New Model Initialization** (Yeni Model Başlangıcı) kutusu ekrana gelir.



Şekil 5.2:Yeni model seçimi kutucuğu

3. Bu ileti kutusundan **Default.edb** bölümüne basarak yeni modelin oluşturulmasında program tarafından varsayılan özellikleri içeren başlangıç noktası olarak kullanılacağı belirtilir.

4. Daha sonra bina planı aks sistemi ve kat parametrelerinin tanımlamak için yapıyı oluşturan ana bilgilerin girilmesinin gerektiği **Building Plan Grid and Story Data Definition** (Bina planı aks sistemi ve kat bilgilerinin tanımlanması) kutusu ekrana gelir.



Şekil 5.3: Aks sistemi ve kat bilgileri tanımlama kutucuğu

Böylece plan ve kat bilgileri, döşeme türü ile ilgili bilgiler tanımlanır.

5. Bu adımda

- **Grid Dimension** (Plan) bölümünde;
- **Number Lines in X Direction** (X yönündeki aks sayısı) kutusuna 6
- **Number Lines in Y Direction** (Y yönündeki aks sayısı) kutusuna 6

- **Spacing in X Direction** (X yönündeki aks aralığı mesafesi) kutusuna 3,6
- **Spacing in Y Direction** (Y yönündeki aks aralığı mesafesi) kutusuna 4,53
- **Story Dimensions** bölümünde;
- **Number of Stories** (kat sayısı) kutusuna 3
- **Typical Story Height** (kat yüksekliği) kutusuna 3
- **Bottom Story Height** (zemin kat yüksekliği) kutusuna 3 yazılır.

Not: X ve Y yönünde ki aks aralığı uzaklıkları ilerleyen safhalarda her bir aks için tek tek düzenlenecektir.

- **Add Structural Objects** bölümünde **Two Way or Ribbed Slab** (İki doğrultuda çalışan veya dişli döşeme) seçeneği tıklanır.
- Ekrana gelen ileti kutusu düzenlenir.

Şekil 5.4: Sabit ve hareketli yük seçimleri ve mesnetlenme biçimini gösteren kutucuk

Döşeme sistemi dişli olmadığından **Ribs** (diş) kutusu seçili durumda olmayacaktır.

Dead Load (Additional) (Ek sabit yük): $1,2 \text{ KN} / \text{m}^2$

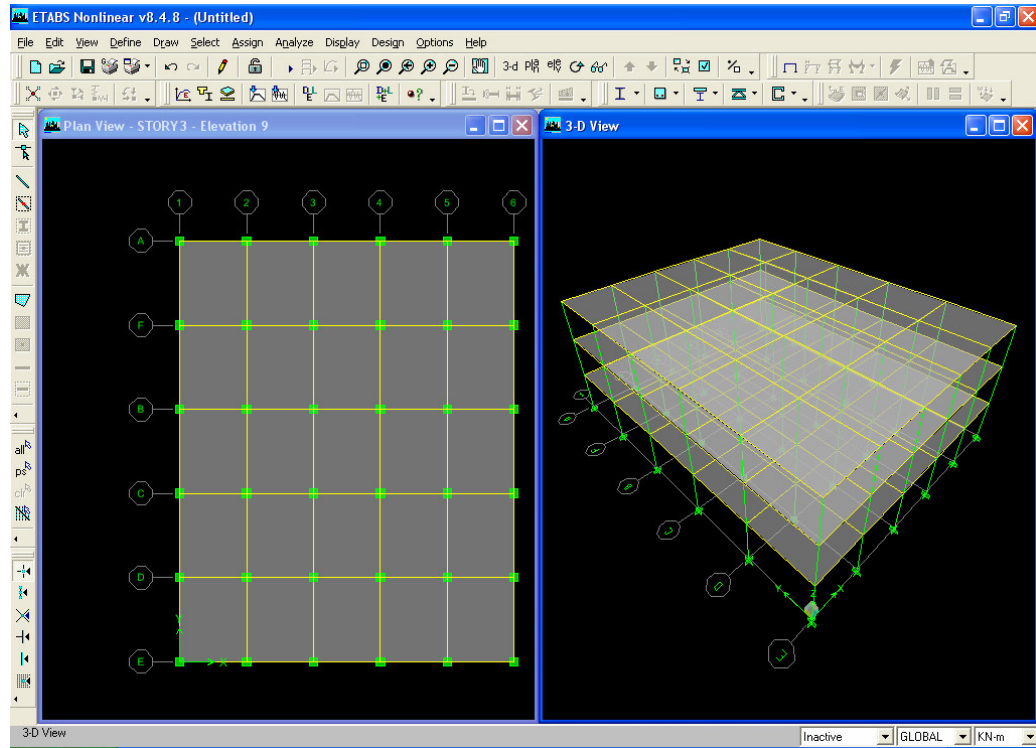
Live Load (Hareketli Yük): $3,5 \text{ KN} / \text{m}^2$ yazılır [2].

Sistemin mesnetlenme biçimi ankastre olduğundan Restraints **at Bottom** bölümünde **Fixed** seçeneği tıklanır.

Döşeme sistemi rijit diyafram davranışı göstereceğinden **Create Rigid Flor Diagram** kutucuğu tıklanır. 2 kez **OK** düğmesine tıklanır.

6. Bu işlemler neticesinde ekranın sağ ve sol taraflarında plan ve 3 boyutlu görüntüler ekrana gelir.

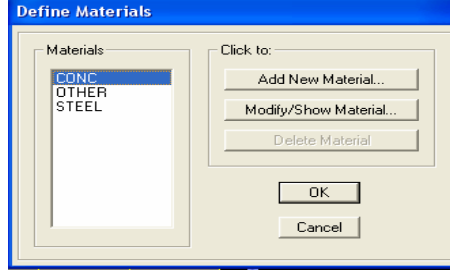
7. Döşemeleri de görmek için **Set building View Options**  düğmesine basılır. Ekrana gelen ileti kutusundan **Special Effects** bölümünde **Object Fill** kutusu seçili duruma getirilir ve **Apply to All Windows** (tüm pencerelere uygula) kutucuğu seçili duruma getirilerek **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.5: Yapının kabataslak olarak ilk görünüş planı ve 3 boyutlu hali

Malzeme ve Kesit Özelliklerinin Tanımlanması:

8. **Define** menüsünden **Material Properties...** seçeneğine veya  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Define Materials** ileti kutusunda **Add New Material** düğmesine basılır.



Şekil 5.6: Malzeme tanımlama kutucuğu

Bu işlemden sonra ekrana **Material Property Data** ileti kutusu gelir. Burada;

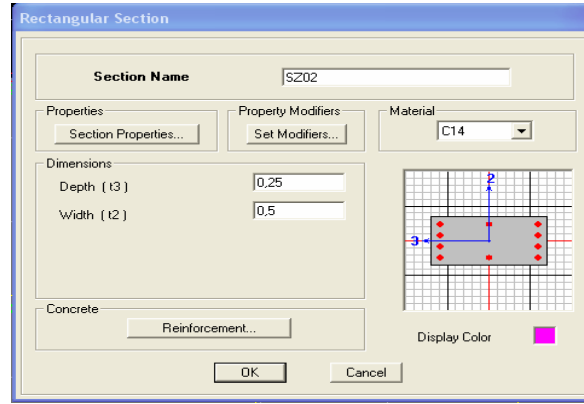
- **Material Name** yazı kutusuna **C14**
- **Mass per Unit Volume** yazı kutusuna **0**
- **Weight per Unit Volume** yazı kutusuna **25**
- **Modulus of Elasticity** yazı kutusuna **26150000**
- **Poisson's Ratio** yazı kutusuna **0,2**
- **Coeff of Thermal Expansion** yazı kutusuna **0** yazılır.
- **Type of Design** bölümünde **Concrete** seçeneği işaretlenir.
- **Design Property Data** (Tasarımda kullanılacak malzeme özellikleri) bölümünde;
- **Specified Conc. Comp Strenght, fcd** (beton sil. hesap basınç day.)kutucuğuna **9333**
- **Bending Reinf. Yield Stres, fy** (eğil. don.hesap akma day)kutucuğuna **191000** (BÇ I)
- **Shear Reinf. Yield Stres, fys** (Kayma don. hesap akma day.) kutucuğuna **191000** (BÇ I) yazılır ve **OK**'e basılır [1].

Şekil 5.7 : Beton ve çelik tasarım parametleri kutucuğu

9. Kolon kesitlerini tanımlamak için **Define** menüsünde **Frame Sections...** seçeneği veya  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Define Frame Properties** ileti kutusunda **Click to** bölümünde dikdörtgen kesit tipini tanımlayan **Add Rectangular** seçeneği tıklanır.

10. Burada **Rectangular Section** (Dikdörtgen kesit) kutusunda

- **Section Name** yazı kutusuna ilk kolon kesitimiz olan **SZ02**
- **Depth (t3)** yazı kutusuna **0,25**
- **Width (t2)** yazı kutusuna **0,5**
- **Material** açılır listesinden **C14** seçilir.



Şekil 5.8: SZ02 kolonu için kesit tanımlama işlemi

11. Mevcut donatı yerleşimini düzenlemek için **Concrete** bölümünde **Reinforcement** (Donatı) düğmesine basılır. Ekrana gelen Reinforcement **Data** kutusunda;

- **Design Type (Tasarım Türü)** bölümünde **Column** düğmesi seçili duruma getirilir.
- Donatı yerleşimi dikdörtgen olduğundan **Configuration of Reinforcement** bölümünde **Rectangular** seçilir.
- **Lateral Reinforcement** (EnineDonatı) bölümünde **Ties** (etriye) seçeneği işaretlenir.
- **Cover to Rebar Center**(Pas payı) 4 cm için **0,04** yazılır.
- Kesit yerel eksenlerine göre mevcut yapımızda 3 doğrultusunda 3 sıra donatı vardır. Bunun için **Numbers of bars in 3-dir** kutucuğuna 3, 2 doğrultusunda 4 sıra donatı olduğu için **Number of bars in 2-dir** yazı kutucuğuna **4** yazılır.
- **Bar Size** (Donatı çapı) listesinden **14d** seçilir.

Şekil 5.9: SZ02 kolonu için mevcut donatı düzenlenmesi

- **Reinforcement to be Checked** düğmesi tıklanıp İki kez **OK** düğmesine basılarak ilk kolonumuz için kontrol kesiti olan **SZ02** tanımlanmış olur.

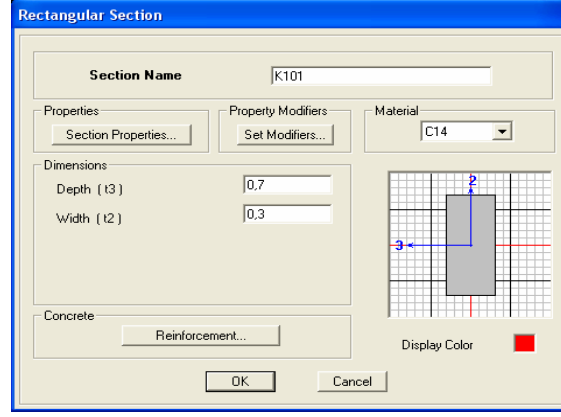
Not: Mevcut sistemin kat kalıp planları, kolon, kiriş, perde v.s elemanların kesitleri ve donatı miktarları, her bir elemana atanan bütün diğer değerler EK B de ETABS program çıktısı mahiyetinde detaylı olarak gösterilmiştir.

12. Aynı şekilde; diğer varolan kolon kesitleri (25X50 ve 50X35) bilgileri de tek tek girilir. Yine burada da kolonlar dikdörtgen kesit biçiminde tasarlanır.

13. Kiriş kesitlerini tanımlamak için **Define** menüsünde **Frame Sections...** seçeneği veya  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Define Frame Properties** ileti kutusunda **Click to** bölümünde dikdörtgen kesit tipini tanımlayan **Add Rectangular** seçeneği tıklanır.

14. Burada **Rectangular Section** ileti kutusunda

- **Section Name** kutusuna **K101**
- **Outside stem (t3)** (kesit yüksekliği) kutusuna **0,7**
- **Outside flange (t2)** (tabla genişliği) kutusuna **0,3**
- **Material** listesinden **C14** seçilir.



Şekil 5.10 : K101 kirişi için kesit tanımlama işlemi

ve iki kez **OK** tuşuna basılarak ilk mevcut kiriş kesitimiz K101 tanımlanmış olur.

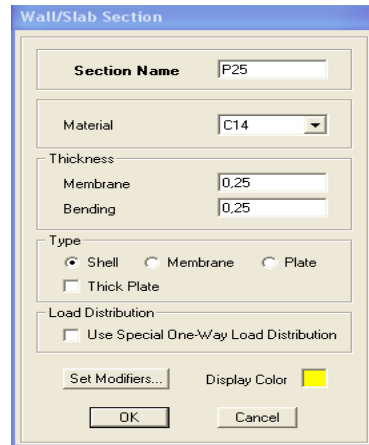
15. Aynı şekilde; diğer varolan kiriş kesit (25X50, 25X40, 35X70, 25X70) bilgileri de tek tek girilir. Yine burada da kirişler dikdörtgen kesit biçiminde tasarlanır.

16. Perde kesitlerini tanımlamak için;

Define Menüsünde **Wall/Slab/Deck Sections** seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır. Ekrana gelen ileti kutusunun **Click to** bölümünden **Add New Wall** seçeneği tıklanır.

17. Ekrana gelen ileti kutusunda;

- **Section Name** yazı kutusuna **P25** yazılır.
- **Material** listesinden **C14** seçeneği tıklanır.
- **Thickness** (kalınlık) bölümündeki **Membrane** ve **Bending** kutucuklarına **0,25** yazılır ve **OK** düğmesine basılarak **P25** perdesi tanımlanmış olur.



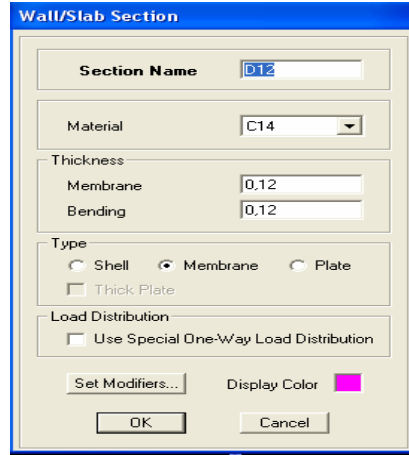
Şekil 5.11 : P25 perdesi için kesit tanımlama işlemi

18. Döşeme kesitlerini tanımlamak için;

Define Menüsinde **Wall/Slab/Deck Sections** seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır. Ekrana gelen ileti kutusunun **Sections** bölümünden **SLAB1** seçeneği tıklanır ve buradan değişiklikler yapılması için **Modify/Show Section...** düğmesine basılır.

19. Ekrana gelen ileti kutusunda

- **Section Name** yazı kutusuna **D12** yazılır
- **Material** listesinden **C14** seçilir.
- **Type** bölümünden **Membrane** seçeneği tıklanır.
- **Thickness** (kalınlık) bölümündeki **Membrane** ve **Bending** kutucuklarına **0,12** yazılır ve **OK** düğmesine basılarak D12 perdesi tanımlanmış olur.



The image shows a dialog box titled "Wall/Slab Section". It contains several input fields and checkboxes. The "Section Name" field is set to "D12". The "Material" dropdown is set to "C14". Under the "Thickness" section, both "Membrane" and "Bending" fields are set to "0.12". Under the "Type" section, the "Membrane" radio button is selected. There is also a "Thick Plate" checkbox which is unchecked. Under the "Load Distribution" section, the "Use Special One-Way Load Distribution" checkbox is unchecked. At the bottom, there are buttons for "Set Modifiers...", "Display Color" (with a pink color swatch), "OK", and "Cancel".

Şekil 5.12: D12 döşemesi için kesit tanımlama işlemi

20. Aynı şekilde; diğer varolan döşeme kesit (D15 ve D18) bilgileri de tek tek tanımlanır.

21. Ekranda bulunan plan çerçevesi esas alınarak varolan modelle, projemizde olması gereken model arasındaki farklılıkların düzenlenmesine geçilir. Bu farklılıklardan ilki Aks sistemi ile ilgilidir. X yönündeki aks aralığı 3,6m, Y yönündeki aks aralığı da 4,53 m şeklinde daha önceden seçilmişti. Olması gereken aks aralıkları için düzenlemelerin nasıl yapılacağı aşağıdaki gibi gösterilir.

22. Konum çubuğunda  seçeneği aktif hale getirilerek yapılan tüm işlemlerin bütün katlara aynı anda uygulanması sağlanır.

23. **Edit** menüsünde **Edit Grid Data** dan **Edit Grid...** seçeneği tıklanır.

24. Burada **Coordinate System** ileti kutusunda **Global** seçeneği tıklanır ve **Modify/Show System** düğmesine basılır.

25. Ekrana gelen **Define Grid Data** ileti kutusunda **X ve Y Grid Data** bölümleri aşağıda gösterildiği şekilde yeniden düzenlenir.

The 'Define Grid Data' dialog box is shown with two tabs: 'Edit' and 'Format'. The 'Edit' tab is active, displaying two tables for X and Y Grid Data.

X Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0.	Primary	Show	Top	
2	2	7.2	Primary	Show	Top	
3	3	10.8	Primary	Show	Top	
4	4	14.4	Primary	Show	Top	
5	5	17.94	Primary	Show	Top	
6	6	21.6	Primary	Show	Top	
7						
8						
9						
10						

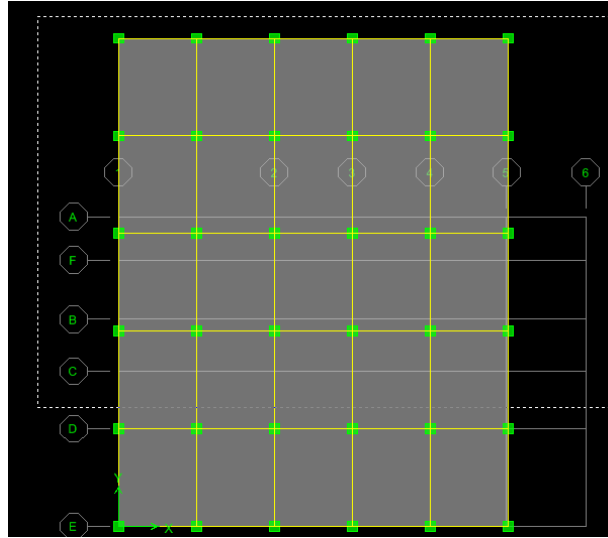
Y Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	E	0.	Primary	Show	Left	
2	D	4.53	Primary	Show	Left	
3	C	7.2	Primary	Show	Left	
4	B	9.61	Primary	Show	Left	
5	F	12.36	Primary	Show	Left	
6	A	14.36	Primary	Show	Left	
7						
8						
9						
10						

On the right side of the dialog, there are settings for Units (KN-m), Display Grids as (Ordinates, Spacing), Hide All Grid Lines, Glue to Grid Lines, Bubble Size (1.25), and buttons for Reset to Default Color, Reorder Ordinates, and Locate System Origin...

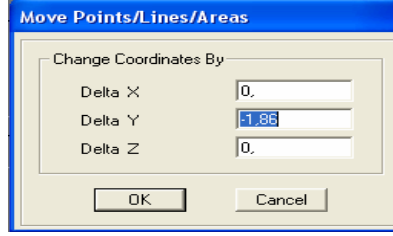
Şekil 5.13: Yeniden aks düzenleme penceresi

Aşağıda ki şekilde aks mesafeleri yeniden düzenlendiği zaman sistemde varolan elemanların akslar üzerinde olmadığı ve düzensiz bir şekilde yerleştiği görülür. Bu durumda örneğin; C aksının da içine alınacağı şekilde pencere içine alınır.



Şekil 5.14: Y doğrultusundaki mevcut akslara göre düzenleme penceresi

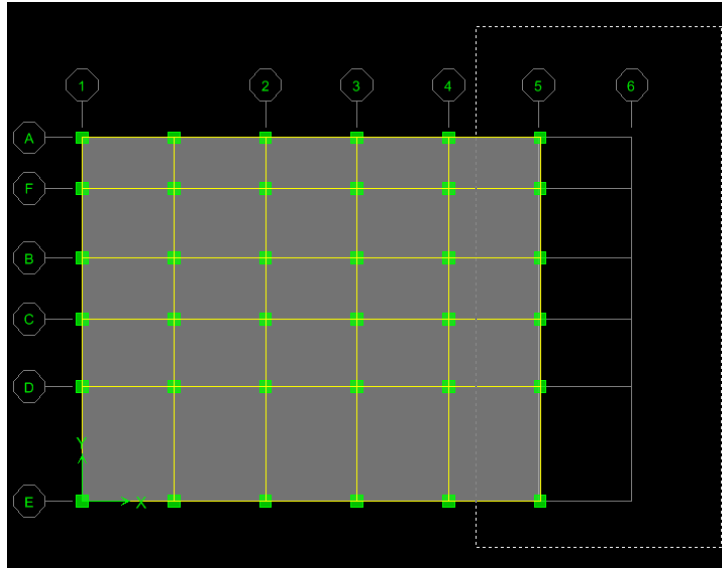
26. **Edit** menüsünde **Move Points/Lines/Areas...** seçeneği tıklanır. Ekrana gelen ileti kutusunun **Delta Y** kutusuna **-1,86** yazılır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.15: Aks aralığı tayin etme kutucuğu

Bu işlem ile C aksının yukarısında bulunan kolon ve kirişler tam olarak C aksının üzerine yerleşir. Y yönünde bulunan diğer aks düzenlemeleride yapılarak X yönüne geçilir.

27. 6 aksı üzerinde bulunması gereken kolon ve kirişlerin 5 aksı üzerindeki hatalı duruşu düzenlenmelidir. Bunun için o aralık pencere içine alınır.



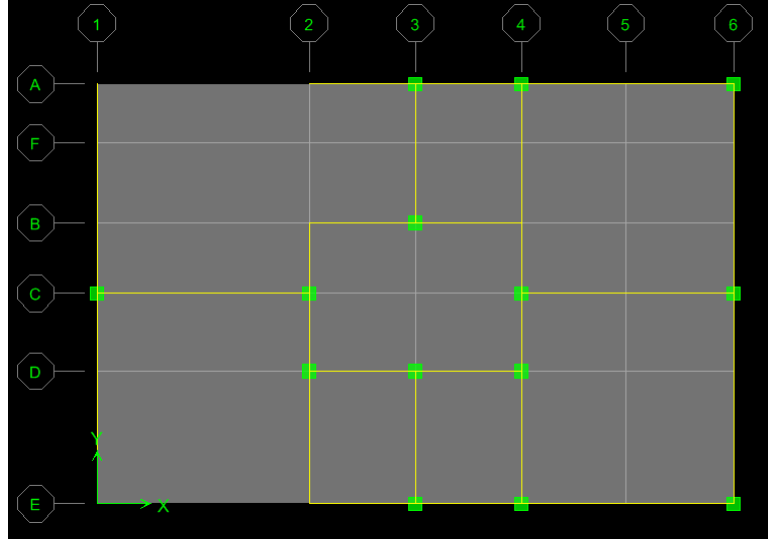
Şekil 5.16: X doğrultusundaki mevcut akslara göre düzenleme penceresi

28. **Edit** menüsünde **Move Points/Lines/Areas...** seçeneği tıklanır. Ekrana gelen ileti kutusunun **Delta X** kutucuğuna **3,6** yazılır ve **OK** düğmesine basılır.

Böylece aks düzenleme işlemi noktalınır.

Bundan sonra yapılması gereken; projemizde olmayan bazı elemanların (kolon, kiriş, döşeme...) silinmesi, yerine perdelerin konulmasıdır.

29. Bir kısım kolon ve kirişler aşağıda görüldüğü üzere silinmiştir. A aksı üzerinde X doğrultusunda bulunan 1–2 aksı arasındaki kirişin silinme sebebi perde yerleştirileceği üzerinedir. Aynı şekilde; 2 aksı üzerinde Y doğrultusundaki A-B aksı arasındaki kısım ile E aksı üzerinde X doğrultusundaki 1–2 aksı arasındaki kısım da perde yerleşimi sebebiyle silinmiştir.

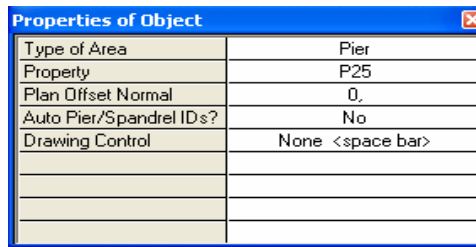


Şekil 5.17: Kolon ve kirişlerin mevcut duruma göre yeniden düzenleme adımları

30. **Draw** menüsünden **Draw Area Objects** den **Draw Walls (Plan)** seçeneği tıklanır.

31. Ekrana gelen **Properties of Objects** kutusunda;

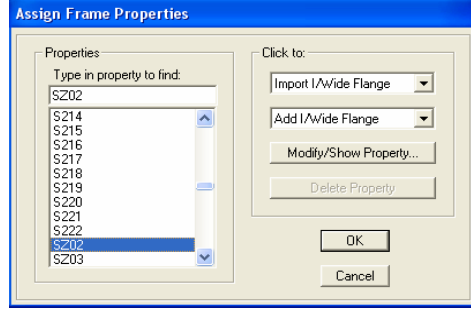
- **Type of Area** listesinden **Pier**,
- **Property** bölümünde **P25** seçilir.



Şekil 5.18: Perde seçim penceresi

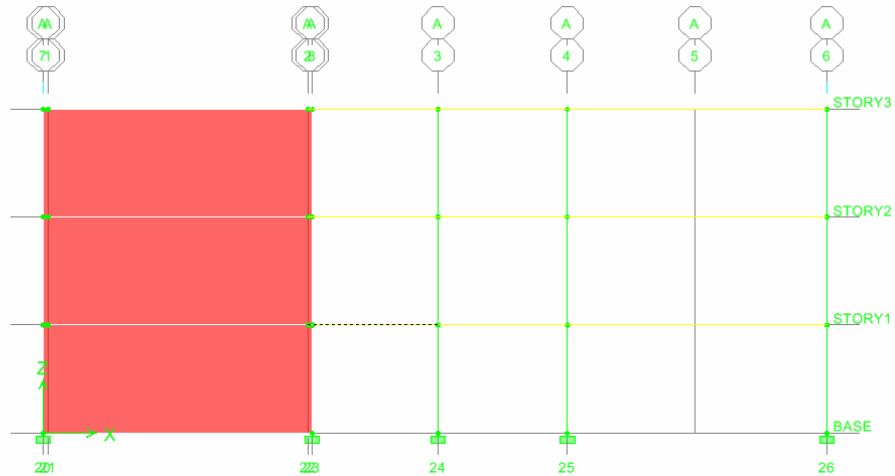
32. Sırasıyla sol Mouse tuşuna basarak X doğrultusunda E aksı ile 1–2 akslarının kesişme noktaları arasına tıklanır. Sağ Mouse tuşuna basılarak perdenin oluşması sağlanır. Daha sonra sırasıyla diğer iki perde de düzenlenir. Ayrıca 2–3 aksı ile A-B aksı arasında kalan kısım projemizde merdiven boşluğu olarak tasarlandığından, orada ki döşeme de silinir.

35. **Assing** menüsünde **Frame/Line→Frame Sections...** seçeneği kullanılır veya  ikonuna basılarak çubuk kesit atama penceresi ekrana getirilir. **Assing Frame Properties** ileti kutusunun **Properties** bölümünden **SZ02** kesiti seçilir ve **OK** düğmesine basılır.



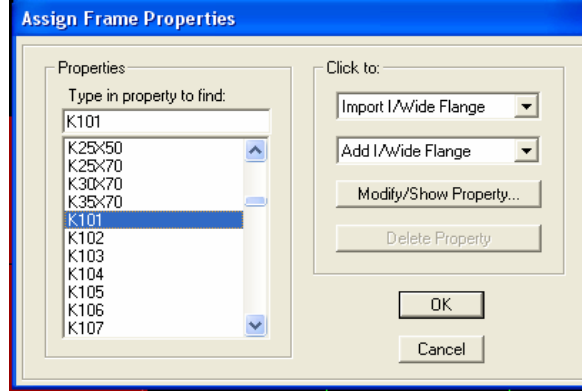
Şekil 5.21: SZ02 kolon kesitini atama işlemi penceresi

36. Yine aynı akslar üzerindeki kolonlar bir bir seçilerek S102 ve S202 kesitleri atanır.
37. Daha sonra A-4 aks kesişiminde bulunan SZ03-S103-S203 ve A-5 aks kesişimi üzerinde bulunan SZ04-S104-S204 kolon kesitleride atanır.
38. Aynı gidiş yönü uygulanarak; 25x50 ve 50x35 kesitlerinden oluşan diğer kolon kesitleri de atanır.
39. Kiriş kesitlerinin atanması işlemi şu adımları izler.
40. Yine  ikonunun yardımıyla A aksı seçilerek aşağıda ki görüntü ekrana getirilir. Burada A-2 ve A-3 aksları arasında bulunan birinci kat kirişi seçili duruma getirilir.



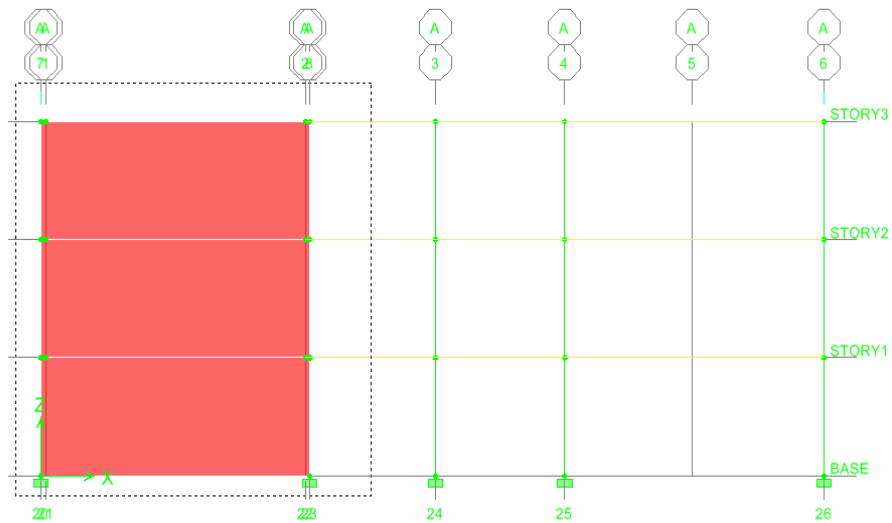
Şekil 5.22: Kiriş kesit atama işlemleri

41. **Assing** menüsünde **Frame/Line→Frame Sections...** seçeneği kullanılır veya  ikonuna basılarak çubuk kesit atama penceresi ekrana getirilir. **Assing Frame Properties** ileti kutusunun **Properties** bölümünden **K101** kesiti seçilir ve **OK** düğmesine basılır.



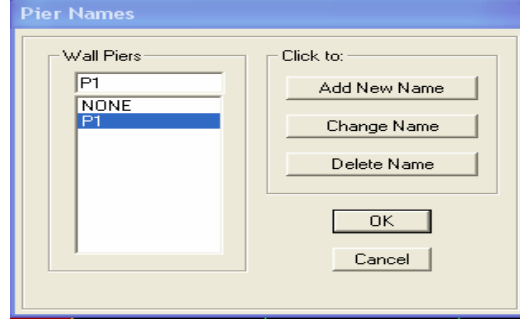
Şekil 5.23: K101 kiriş kesitini atama işlemi penceresi

42. Yine aynı akslar üzerindeki kirişler bir bir seçilerek K201 ve K301 kesitleri de atanır.
43. Daha sonra A-3 ve A-4 aksları arasında bulunan K102-K202-K302 ve A-4 ve A-5 aksları arasında bulunan K103-K203-K303 kiriş kesitleride atanır.
44. Aynı gidiş yönü uygulanarak; 25x50, 25x40, 35x70 ve 25x70 kesitlerinden oluşan diğer kiriş kesitleri de atanır.
45. Perde kesitlerinin atanması işlemi ise şu adımları izler:
46. E aksı üzerindeki P1 perdesi bütün kat boyunca pencere içine alınarak seçilir.



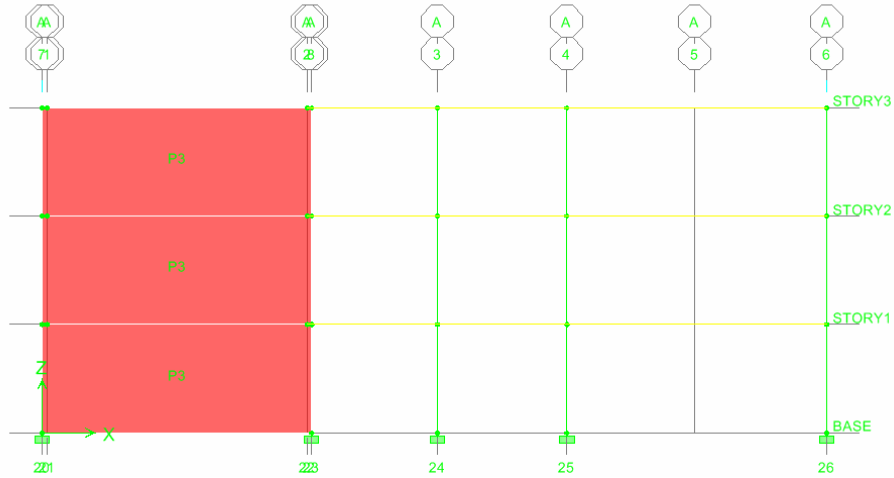
Şekil 5.24: Perde kesiti atama işlemleri

47. Assing menüsünde **Shell/Area→ Pier Label** veya  ikonuna basılır. Ekrana gelen ileti kutusunda **Wall Piers** yazı kutucuğuna **P1** yazılır ve **Add New Name** düğmesine basılır. Daha sonra da **OK** düğmesine tıklanır. Ve P1 perdesi atanmış olur.



Şekil 5.25: P1 perdesi atama işlemi penceresi

48. Aynı şekilde P1 ve P2 perdesi de Pier eleman şeklinde atanır.



Şekil 5.26: P3 perdesinin atanma işlemlerinden sonraki hali.

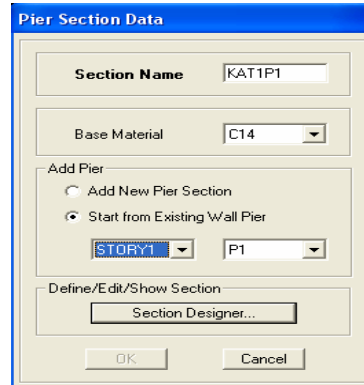
49. Her bir perde kesitinde bulunan donatı miktarlarının da analiz yapmadan önce girmemiz gerekir. 1.Kat ta bulunan P1 perdesini Section Designer Programı ile düzenleyelim.

50. Design Menüünde Shear Wall Design→ Define Pier Sections for Checking seçeneği tıklanır.

51. Burada Pier Section Data ileti kutusunda Add Pier Section seçeneği tıklanır.

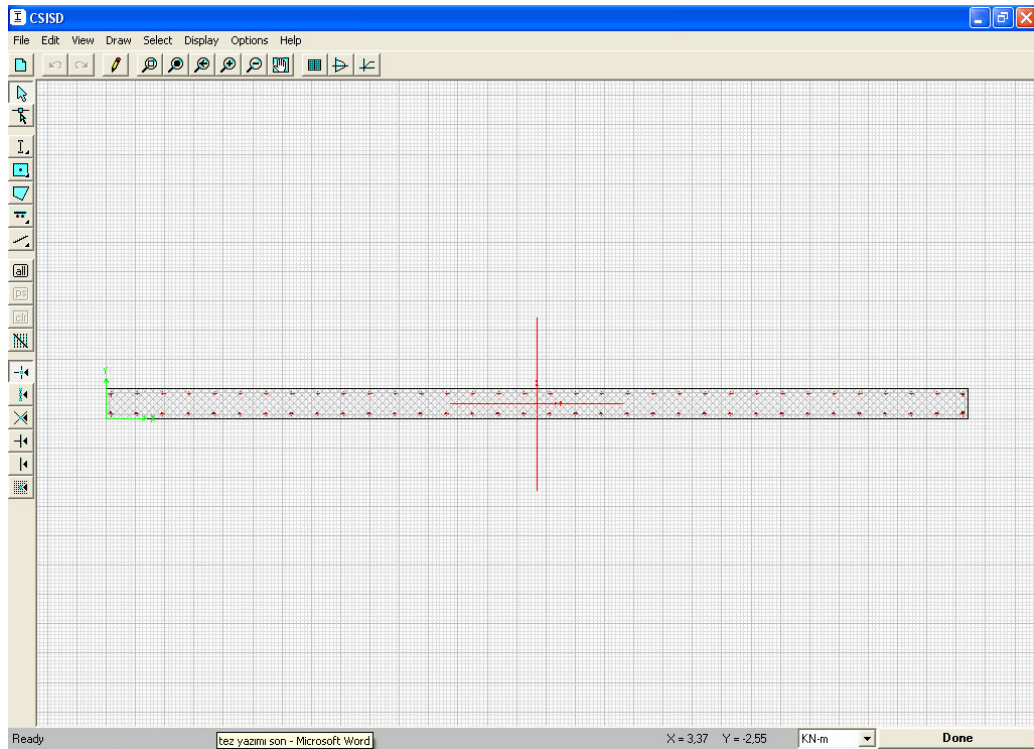
- Section Name kutucuğuna KAT1P1 yazılır.
- Base Material açılır listesinden C14 seçilir.

- Add Pier bölümünde Start From Existing Wall Pier radyo düğmesi seçili duruma getirilir ve buradan STORY1 ve P1 seçilir. Section Designer kutucuğuna basılır.



Şekil 5.27: Section designer işlemi kutucuğu

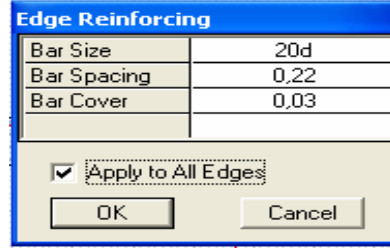
52. Ekranı Section Designer programı çalışma ortamı (CSISD) penceresi gelir.



Şekil 5.28: Mevcut perdenin bünyesinde bulunan donatının düzenlenmesi işlemi

53. Kesit üzerinde bulunan bir donatının üzerine sağ Mouse tuşuyla tıklanır. Ekranı gelen Edge Reinforcing (Kenar donatısı) iletisi kutusunda Bar Size bölümünde 20d seçeneği tıklanır. Bar Spacing (donatı aralığı) değeri 0,22, Bar Cover (pas payı) değeri 0,3 olarak

değiştirilir. Apply to All Edges (Tüm kenarlara uygula) seçeneği tıklanır ve OK düğmesine basılır. (P1 perdesinin mevcut halinde 2x34Ø20 bulunmaktadır)



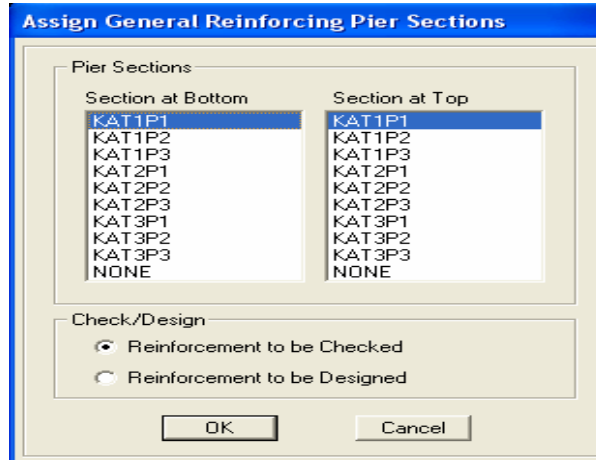
Şekil 5.29: Mevcut perdenin donatısının atanması işlemi

54. Done düğmesine basılır. Ekrana gelen Pier Section Data ileti kutusunda 2 kez OK düğmesine basılır. Böylece birinci kat P1 perdesi seçilir.

55. Design menüsünde Shear Wall Design→Assign Pier Sections for Checking→ General Reinforcing Pier Section seçeneği tıklanır.

56. Ekrana gelen ileti kutusunun Section at Bottom (alt uç kesiti) ve Section at Top (üst uç kesiti) bölümlerinde daha önce Section Designer programı ile düzenlenen kesit olan KAT1P1 kesiti seçilir. Check/ Design bölümünde Reinforcement to be Checked radyo düğmesi seçili duruma getirilir ve OK düğmesine basılır.

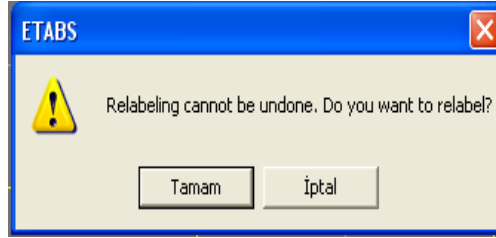
57. Benzer işlemler diğer perdeler içinde tek tek yapılır.



Şekil 5.30: Bütün mevcut perde donatısı düzenlemesinin tamamlandığını gösterir pencere

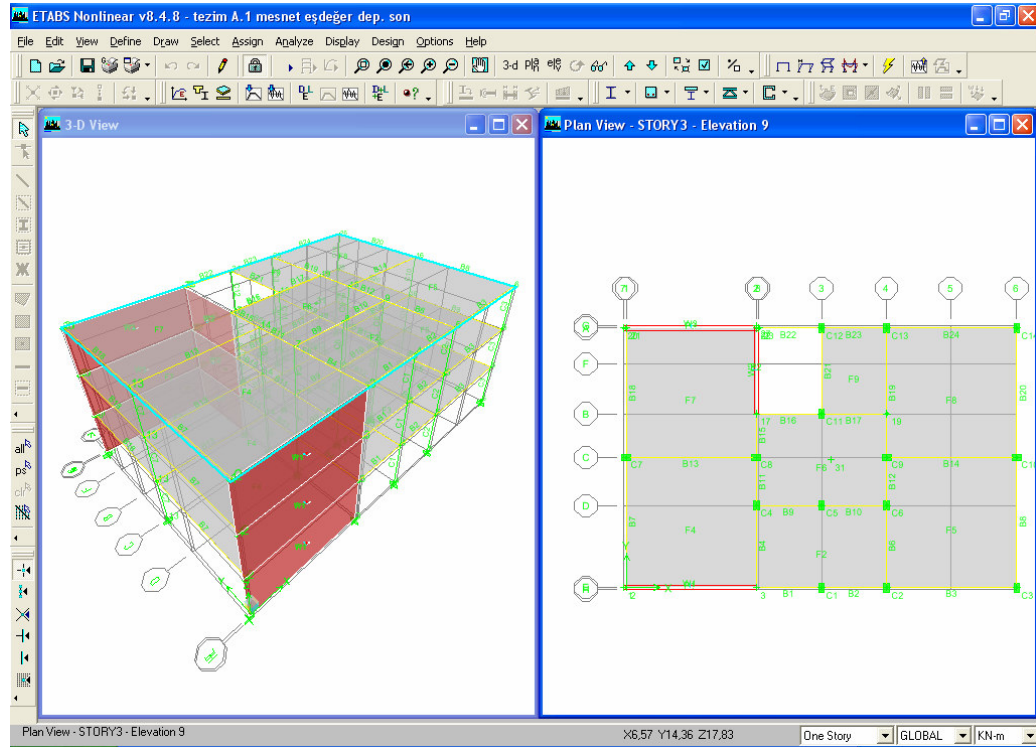
58. Daha sonra plan görünümü ekrana getirilir.

59. Edit menüsünde **Auto Relabel All...** (Tümünü yeniden adlandır) seçeneği tıklanır. Ekranaya yapılaback olan değışikliklerin geri alınamayacağını belirten bir uyarı gelir. **Tamam** denilerek sistemdeki bütün elemanların yeniden adlandırılması sağlanır.



Şekil 5.31: Bütün eleman isimlerinin yeniden düzenlendiğini gösterir pencere

60. Set building View Options ☒ düğmesine basılır. Ekranaya gelen ileti kutusunun **Object View Options** bölümünde **Area Labels** ve **Line Labels** kutucukları seçili duruma getirilir. **Object Present in View** bölümünde **Flor (Area)** ve **Opening (Area)** kutucuklarında seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır. Böylece alan (döşeme) ve çubuk (kolon ve kiriş) elemanlarının adlarının ekranada görünmesi sağlanır.



Şekil 5.32: Yapının planı ve 3 boyutlu görünümü

61. Birkaç defa  tuşuna basarak zemin seviyesinin plan görünümü ekranaya getirilir.

62. Tüm düğüm noktaları pencere içine alınır.

63. Mesnet koşullarını atama düğmesi ikonuna  basılarak **Assign Restraints** ileti kutusu ekrana getirilir. Burada ankastre mesneti temsil eden  ikon işaretlenir. Böylece bütün düğüm noktalarının ankastre mesnet olması sağlanır.

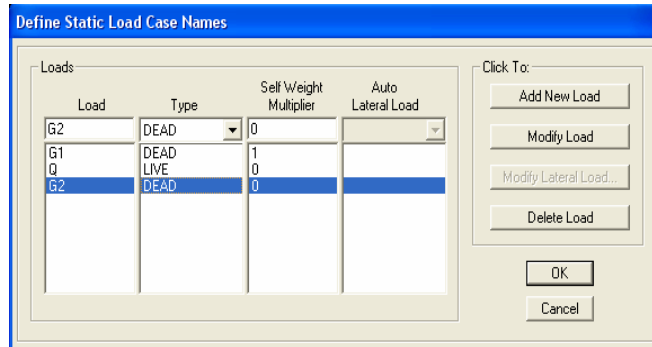


Şekil 5.33: Ankastre mesnet seçimini gösteren pencere

Yüklerin Belirlenmesi:

64. Statik yükleme türlerini tanımlamak için **Define** menüsünde **Static Load Cases...** seçeneğine veya  ikonuna basılır.

65. Ekrana gelen ileti kutusunun **Load** bölümündeki yazı kutucuğundaki **DEAD** yazısı **G1** (zati yük) olarak değiştirilir ve **Modify Load** düğmesine basılır. **Load** bölümündeki **LIVE** yazısı yerine **Q** (hareketli yük) yazılır ve **Modify Load** düğmesine basılır. Sonra **Load** bölümüne **G2** (duvar yükü) yazılır, **Type** bölümünden **DEAD** tıklanır ve **Self Weight Multiplier** değeri **0** olarak değiştirilerek **Add New Load** düğmesine basılır ve OK düğmesine basılarak yük tanımlama işlemi tamamlanmış olur.



Şekil 5.34: Statik yüklerin tanımlanması

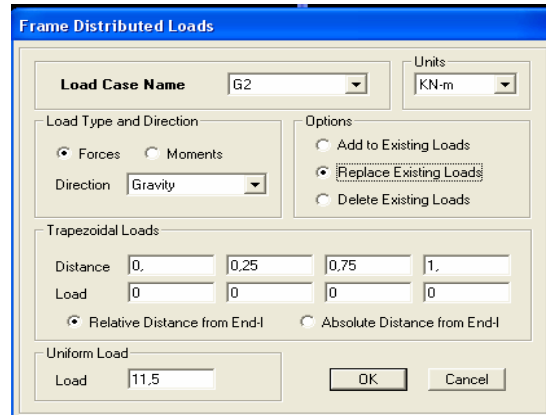
66. Sabit yükler hesaplanırken elemanların kendi ağırlıkları da **Self Weight Multiplier** (Kendi ağırlığı yük çarpanı) değeri **1** olduğundan program tarafından hesaplanır ve **G1** yüklemesinin içine katılır.

67. Sistemde bulunan fakat taşıyıcı olmayan duvarlardan meydana gelen yükler sabit yük olarak kabul edilir. Birim alandaki duvar ağırlığı (sıva dahil) 5 KN/m^2 değeri alınır. Hem iç hemde dış kirişlerin üzerinde duvar yükü bulunacaktır. **G2** yüksekliklerine göre ($2,3 \times 5 = 11,5$ ve $2,5 \times 5 = 12,5$) duvar yükleri çeşitli değerlerde girilir.

68. Duvar yüklerini tanımlamak için; dış çevrede bulunan kirişler seçilir.

69. **Assign** menüsünde **Frame/Line Loads... → Distributed** (çubuklara yaylı yük atama) seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır.

70. Ekranı gelen **Frame Distributed Loads** ileti kutusunun **Load Case Name** bölümünden **G2** yüklemesi seçilir. **Uniform Load** kutucuğuna **12,5** yazılır. **Direction** bölümünde **Gravity** (yerçekimi) seçeneği seçilip **OK** düğmesine basılarak duvar yükleri tanımlanmış olur.



Şekil 5.35: Duvar yükleri atama penceresi

71. Diğer kirişler de seçilerek duvar yükleri eklenir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, en üst katta iç duvar yükü atamasının yapılmadığıdır.

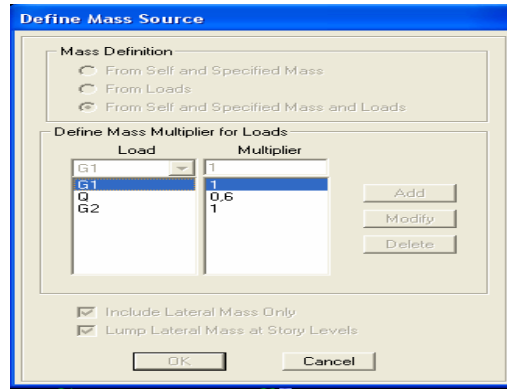
Yapı Doğal Titreşim Periyotlarının Belirlenmesi:

72. Eşdeğer deprem kuvvetlerini belirleyebilmek için yapının her iki doğrultusunda ki (X ve Y) 1. doğal titreşim periyotlarının (T_{1x}) , (T_{1y}) belirlenmesi gerekir. Bunun için de kütlelerinde tanımlanması gerekir.

73. Sistemde varolan sabit ve hareketli yüklerden oluşan kütlelerin hesaplanması **ETABS** içinde otomatik olarak yapılabilmektedir

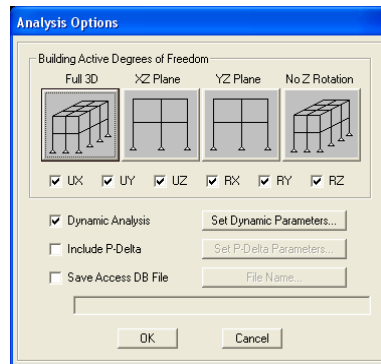
74. **Define** menüsünde **Mass Source** (Kütle Kaynağı) seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır.

75. Ekranı gelen **Define Mass Source** ileti kutusunun **Mass Definition** bölümünde **From Self and Specified Mass and Loads** (Kendi ağırlığı ve tanımlanan yük ve kütlelerden) düğmesi seçilir. **Load** bölümünden **G1** seçeneğine tıklanır ve **Multiplier** (Çarpan değeri) kutucuğuna **1** yazılıp **Add** düğmesine basılır. Tekrar **Load** bölümünden **G2** seçeneği tıklanır ve **Multiplier** (Çarpan değeri) kutucuğuna **1** yazılır **Add** düğmesine basılır. Yine **Load** bölümünden **Q** seçeneği tıklanır ve **Multiplier** kutucuğuna **0,6** yazılır ve **Add** düğmesine basılır. İleti kutusunun altında bulunan **Include Lateral Mass Only** (Yalnızca yatay kütleği göz önüne al) ve **Lump Lateral Mass at Story Levels** (Yatay kütleleri kat seviyelerinde toplanmış varsay) kutucukları seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılarak kütle kaynağı tanımlama işlemi sonlandırılmış olur.



Şekil 5.36: Kütle kaynağı tanımlama işlemi

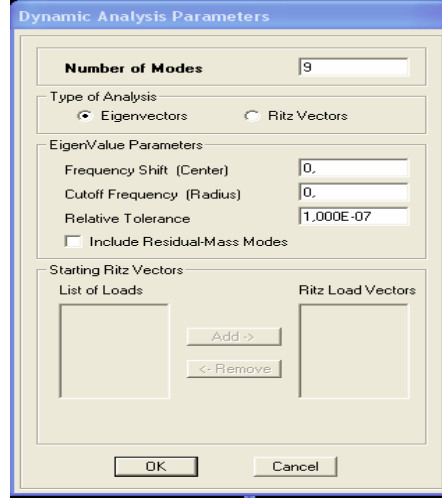
76. Yapının titreşim periyotlarının belirlenmesi işlemine geçmeden önce **Analyze** menüsünde **Set Analysis Options...** seçeneği tıklanır.



Şekil 5.37: Analiz opsiyonları

77. Ekranı gelen ileti kutusundaki **Dynamic Analysis** kutucuğu seçili duruma getirilir ve **Set Dynamic Parameters...** düğmesine basılır.

78. Özel titreşim periyotlarını hesaplayabilmek için ekrana gelen **Dynamic Analysis Parameters** ileti kutusunun **Number of Modes** yazı kutusundaki değer **9** olarak alınır. Her katta iki öteleme ve bir dönme serbestliği olmak üzere toplam 3 serbestlik bulunur. 3 katlı yapı için $3 \times 3 = 9$ mod yeterli olacaktır. 2 kez **OK** düğmesine basılır.

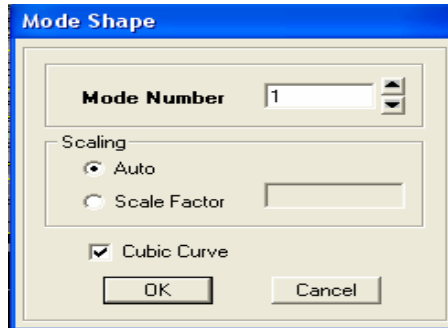


Şekil 5.38: Dinamik analiz parametreleri

79.  **Run Analysis** düğmesine basarak sistemin çözümü yapılır. Bu çözümlemenin amacı serbest titreşim periyotlarının belirlenmesidir.

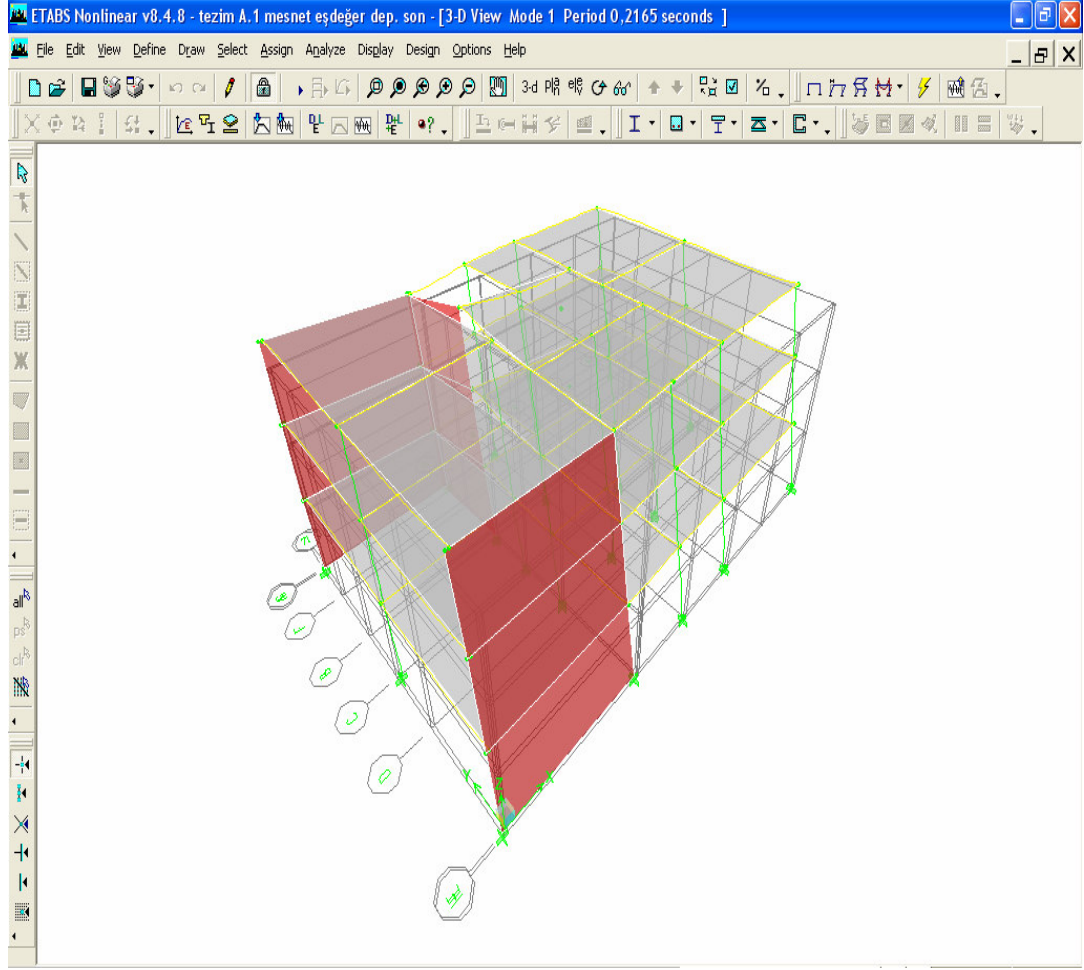
80. Analizin bitiminde mod şekillerini ve periyot değerlerini görmek için  ikonuna basılır.

81. Ekrana gelen **Mode Shape** (Mod Şekli) ileti kutusunun **Mode Number** (mod sayısı) kutucuğuna **1** yazılır ve **OK** düğmesine yazılır.



Şekil 5.39: Mod seçimi penceresi

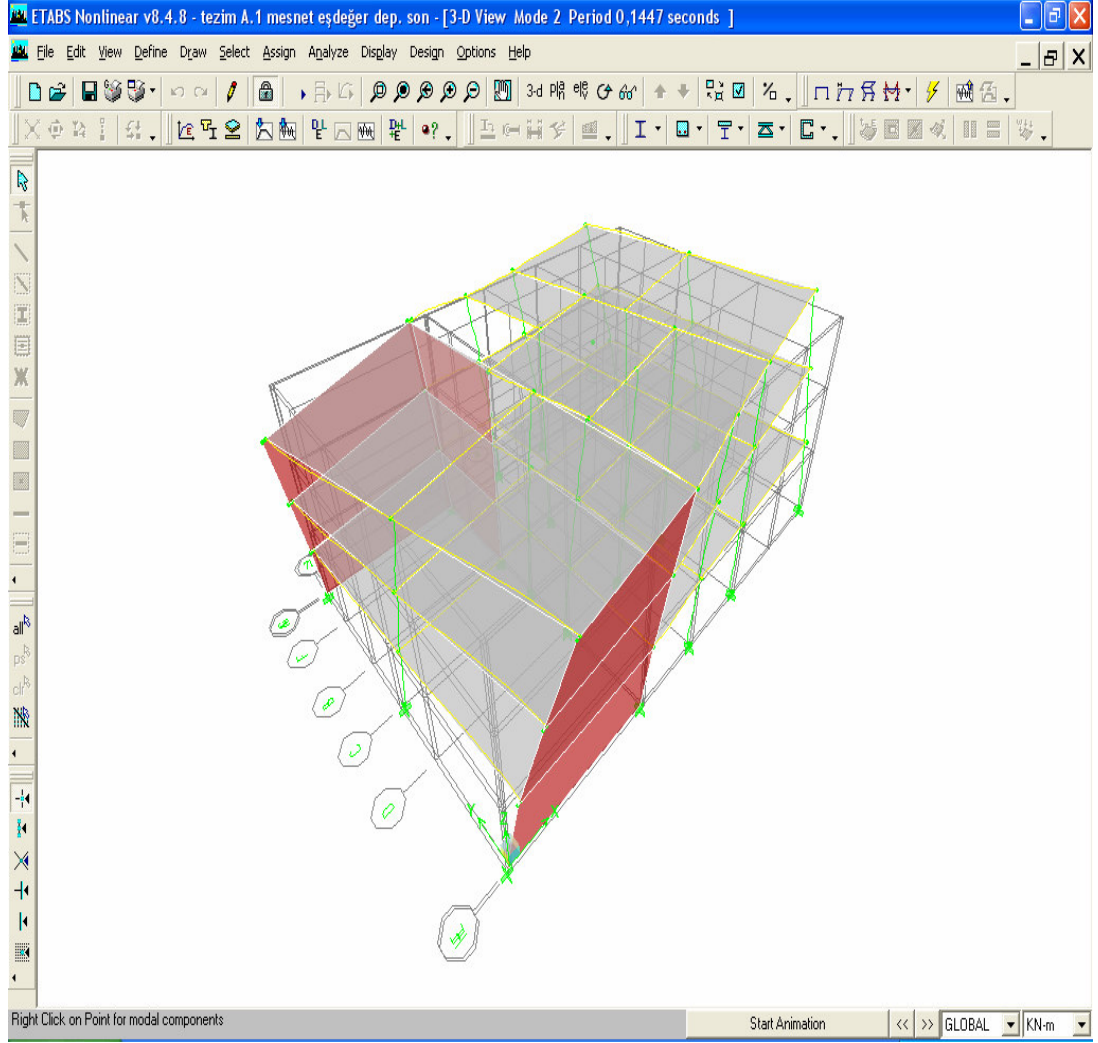
82. Ekrana 1.mod şeklini içeren görüntü gelir. **Mode 1** periyodu: **0,2165 s** çıkar.



Şekil 5.40: 1.Mod şekli

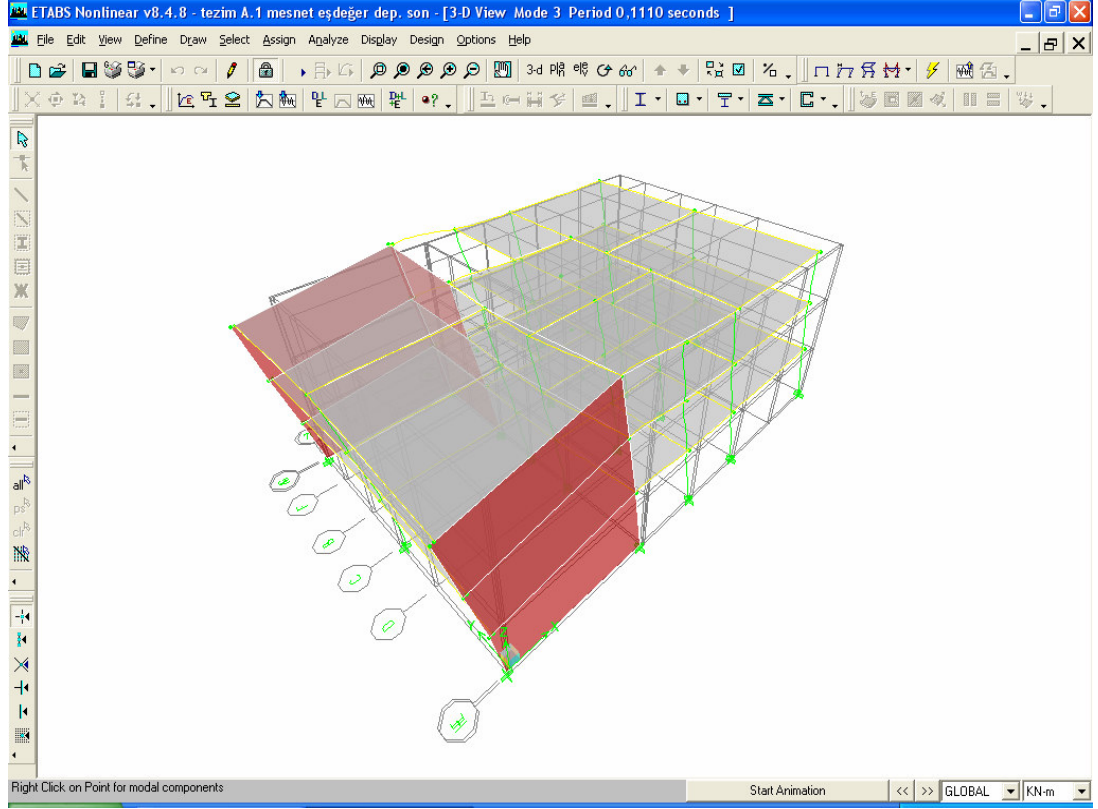
83. Bu modun doğrultusunu belirleyebilmek için ekranın sağ alt bölümünde bulunan  düğmesine basarak hareketli görünüm ekrana getirilir. Buna göre birinci modun Y doğrultusunda olduğu belirlenir. Böylece yapının Y doğrultusundaki 1. doğal titreşim periyodu $T_{1Y} = 0,2165s$ olarak belirlenmiş olur.

84. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki  ikonu tıklanır. Bu defa ekranda, 2. mod şekli görüntülenir. Mode 2 periyodu: 0,1447 s çıkar. Bu görüntüden de, 2.modun Z yönünde (burulma doğrultusu) olduğu belirlenir. Dolayısıyla yapının Z doğrultusundaki 1.doğal titreşim periyodu $T_{1Z} = 0,1447s$ olarak belirlenir.



Şekil 5.41: 2.Mod şekli

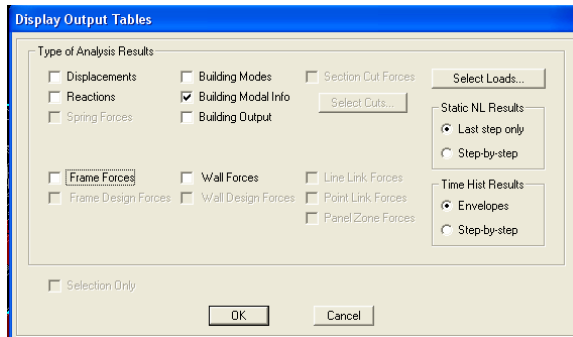
85. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki  ikona tekrar tıklanır. Bu defa ekranda, 3. mod şekli görüntülenir. Mode 3 periyodu: 0,1110 s çıkar. Bu görüntüden de, 3.modun X yönünde olduğu belirlenir. Dolayısıyla yapının X doğrultusundaki 1.doğal titreşim periyodu $T_{1X} = 0,1110s$ olarak belirlenir.



Şekil 5.42: 3.Mod şekli

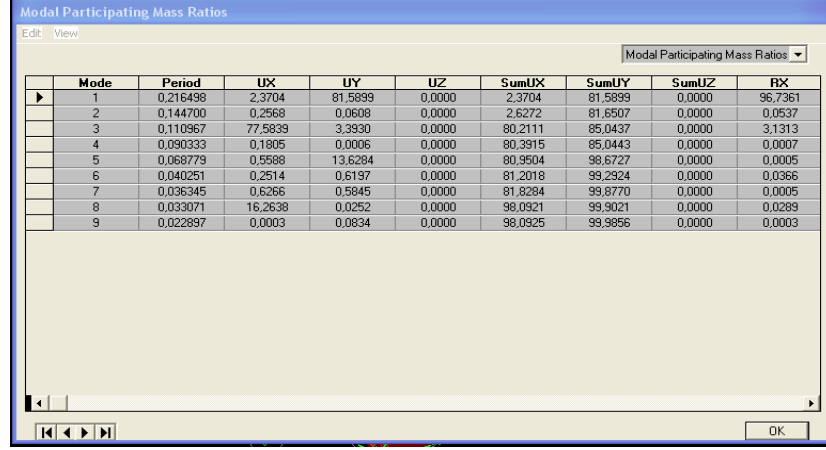
86. Eşdeğer statik deprem yüklerinin belirlenmesi için iki doğrultudaki 1. doğal titreşim periyotlarının belirlenmesi yeterlidir. İlgili doğrultulardaki periyotları grafik ekranda mod şekilleri incelenerek belirlendi. Bu belirlemenin daha güvenli yolu modlar ile ilgili sonuç bilgilerini incelemektir.

87. **Display** menüsünde **Set Output Table Mode** seçeneği tıklanır. Burada **Display Output Tables** ileti kutusunda **Building Modal Info** (Yapı Modal Bilgileri) seçeneği seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.43: Sonuç bilgileri inceleme adımları

88. Ekrana gelen ileti kutusunun sağ üst bölümünde bulunan pencereden **Modal Participating Mass Ratios** (Kütle Katılım Oranları) seçeneği tıklanır.



Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	0.216498	2.3704	81.5899	0.0000	2.3704	81.5899	0.0000	96.7361
2	0.144700	0.2568	0.0608	0.0000	2.6272	81.6507	0.0000	0.0537
3	0.110967	77.5839	3.3930	0.0000	80.2111	85.0437	0.0000	3.1313
4	0.090333	0.1805	0.0006	0.0000	80.3915	85.0443	0.0000	0.0007
5	0.068779	0.5588	13.6284	0.0000	80.9504	98.6727	0.0000	0.0005
6	0.040251	0.2514	0.6197	0.0000	81.2018	99.2924	0.0000	0.0366
7	0.036345	0.6266	0.5845	0.0000	81.8284	99.8770	0.0000	0.0005
8	0.033071	16.2638	0.0252	0.0000	98.0921	99.9021	0.0000	0.0289
9	0.022897	0.0003	0.0834	0.0000	98.0925	99.9856	0.0000	0.0003

Şekil 5.44: Periyotlar ve kütle katılım oranları

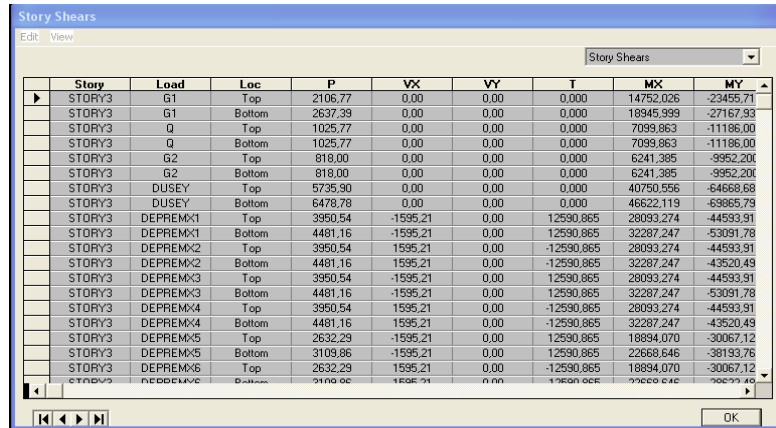
89. Tablodan görüldüğü gibi **UY** (Y doğrultusunda) bileşeni 1. modda %81,59 değerindedir.

90. Tekrar **Display** menüsünde **Set Output Table Mode** seçeneği tıklanır.

91. Ekrana gelen **Display Output Tables** ileti kutusunda **Building Output** kutusu seçilir.

92. **Select Load** düğmesine basarak yüklemelerin seçimini sağlayan ileti kutusu ekrana getirilir ve buradan **G1**, **G2** ve **Q** yükleri ilk aşamada seçilir ve iki kez **OK** düğmesine basılır.

93. İleti kutusunun açılır listesinden **Story Shears** seçeneği tıklanır.



Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY3	G1	Top	2106.77	0.00	0.00	0.000	14752.026	-23455.71
STORY3	G1	Bottom	2637.39	0.00	0.00	0.000	18945.999	-27167.93
STORY3	Q	Top	1025.77	0.00	0.00	0.000	7099.863	-11186.00
STORY3	Q	Bottom	1025.77	0.00	0.00	0.000	7099.863	-11186.00
STORY3	G2	Top	818.00	0.00	0.00	0.000	6241.385	-9952.200
STORY3	G2	Bottom	818.00	0.00	0.00	0.000	6241.385	-9952.200
STORY3	DUSEY	Top	5735.90	0.00	0.00	0.000	40750.556	-64668.68
STORY3	DUSEY	Bottom	6478.78	0.00	0.00	0.000	46622.119	-69865.79
STORY3	DEPREM-X1	Top	3950.54	-1595.21	0.00	12590.865	28093.274	-44593.91
STORY3	DEPREM-X1	Bottom	4481.16	-1595.21	0.00	12590.865	32287.247	-53091.78
STORY3	DEPREM-X2	Top	3950.54	1595.21	0.00	-12590.865	28093.274	-44593.91
STORY3	DEPREM-X2	Bottom	4481.16	1595.21	0.00	-12590.865	32287.247	-43520.49
STORY3	DEPREM-X3	Top	3950.54	-1595.21	0.00	12590.865	28093.274	-44593.91
STORY3	DEPREM-X3	Bottom	4481.16	-1595.21	0.00	12590.865	32287.247	-53091.78
STORY3	DEPREM-X4	Top	3950.54	1595.21	0.00	-12590.865	28093.274	-44593.91
STORY3	DEPREM-X4	Bottom	4481.16	1595.21	0.00	-12590.865	32287.247	-43520.49
STORY3	DEPREM-X5	Top	2632.29	-1595.21	0.00	12590.865	18894.070	-30067.12
STORY3	DEPREM-X5	Bottom	3109.86	-1595.21	0.00	12590.865	22668.646	-38193.76
STORY3	DEPREM-X6	Top	2632.29	1595.21	0.00	-12590.865	18894.070	-30067.12
STORY3	DEPREM-X6	Bottom	3109.86	1595.21	0.00	-12590.865	22668.646	-38193.76

Şekil 5.45: Kat kesme kuvvetleri ve kat normal kuvvetleri

94. Ekran farklı yüklemelerdeki kat kesme kuvvetleri ve kat normal kuvvetlerini gösteren tablo gelir. 1.katın altında (STORY1 Bottom) kat normal kuvvetleri **G1** yüklemesinde **7916,44 KN**, **G2** yüklemesinde **3750,79 KN** ve **Q** yüklemesinde **3077,30 KN** olarak hesaplanmıştır. Bu değerler itibariyle deprem hesabında kullanılacak yapı ağırlığı:

$$W=G+n.Q \quad (5.1)$$

$$W=(7916,44+3750,79)+0,3*3077,30=12590,42 \text{ KN}$$

95. OK düğmesine basarak ileti kutusu kapatılır.

Eşdeğer Statik Deprem Yüklemelerinin Tanımlanması ve Deprem Yüklerinin Atanması:

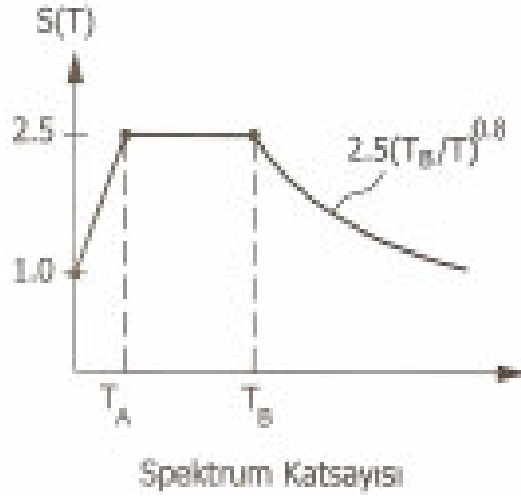
ETABS programı eşdeğer deprem yüklerini sistem üzerinde tanımlanmış kütleleri kullanarak otomatik olarak hesaplayabilmektedir.

Deprem Yönetmeliğine göre, yatay deprem yükleri, $\pm 0,05$ dışmerkezlilikler de göz önüne alınarak, kat hizalarına etkiletilmektedirler [2].

Yapının deprem hesabında kullanılacak deprem parametleri aşağıdaki gibi seçilir.

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı $A_0=0,40$ (1.Derece Deprem Bölgesi)
- Yapı Önem Katsayısı $I=1,4$
- Spektrum Karakteristik Periyodu $T_A=0,15$ $T_B=0,60$ (Yerel Zemin Sınıfı Z3)
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=4$ (Süneklik Düzeyi Normal Sistem) [2].

Yukarıda gösterilen periyotlara göre, her iki yöndeki spektrum periyotları hesaplanmalıdır.



Şekil 5.46: Periyot- Spektrum katsayısı grafiği

Buna göre;

X Yönünde $T_{1x} = 0,1110s \langle T_A = 0,15s \rightarrow S(T_x) = 2,1110s$

Y Yönünde $T_A = 0,15s \langle T_{1Y} = 0,2165s \langle T_B = 0,60s \rightarrow S(T_Y) = 2,5s$

Toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin

$$\text{toplamı olarak } V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (5.2)$$

şeklinde ifade edilmektedir [2].

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri

$$\Delta F_N = 0,0075 * N * V_t \quad (5.3)$$

bağıntısı ile belirlenir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti)

$$V_t = \frac{W * A_0 * I * S(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10 * A_0 * I * W \quad (5.4)$$

Bağıntısı ile verilmektedir. [2].

Buna göre taban kesme kuvveti katsayısı $\bar{C}_i$ ($V_{ti} = \bar{C}_i * W$) (5.5)

X Yönünde $\bar{C}_x = \frac{A_o * I * S(T)_x}{R} = \frac{0,40 * 1,4 * 2,1110}{4} = 0,295$ (5.6)

Y Yönünde $\bar{C}_y = \frac{A_o * I * S(T)_y}{R} = \frac{0,40 * 1,4 * 2,5}{4} = 0,350$ (5.7)

Deprem yönetmeliğinde verilen

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{W_i * H_i}{\sum W_j * H_j} \quad (5.8)$$

bağıntısı $(V_t - \Delta F_N)$ yük değerinin kat yüksekliği boyunca doğrusal olarak değiştiğini varsaymaktadır.

Ek tepe yükleri:

$\Delta F_{N,X}$ ve $\Delta F_{N,Y}$ hesaplanmayacaktır. ($H_N < 25m$ olduğundan) [2].

Bina yüksekliği boyunca katlara dağıtılacak toplam yüklerin katsayıları

$$C_x = \frac{(V_{tx} - \Delta F_{N,X})}{W} = \frac{(0,295W - 0)}{W} = 0,295$$

$$C_y = \frac{(V_{ty} - \Delta F_{N,Y})}{W} = \frac{(0,350W - 0)}{W} = 0,350 \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

96. Eşdeğer statik deprem yükleme türlerini tanımlamak için **Define** menüsünde **Static Load Cases...** seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır.

97. Ekranı gelen ileti kutusunun **Load** bölümündeki yazı kutusuna **EXP** yazılır, **Type** açılır listesinden **QUAKE** seçeneği tıklanır, **Self Weight Multiplier** yazı kutucuğuna **0** yazılır, **Auto Lateral Load** açılır listesinde **User Coefficient** seçeneği tıklanır ve **Add New Load** düğmesine basılır.

98. Modify Lateral Load... düğmesine basılır ve **User Defined Seismic Loading** (Kullanıcı tanımlı deprem yükleme) ileti kutusu ekrana gelir.

Şekil 5.47: EXP yüklemesi

99. Ekrana gelen ileti kutusunda **Base Shear Coefficient, C** (Taban kesme kuvveti katsayısı) yazı kutucuğuna X doğrultusu için hesaplanan **0,295** değeri yazılır. Yapı yüksekliği boyunca yük dağılımının doğrusal olduğunu belirtmek için **Building Height Exp, K** yazı kutucuğuna **1** yazılır. Yönetmelikte öngörülen **+%5** dışmerkezliği göz önüne almak için **X Dir + Eccen Y** radyo düğmesi seçili duruma getirilir, **Eccentricity Raito** kutucuğuna **0,05** (%5) yazılır ve **OK** düğmesine basılır.

100. Ekrana gelen ileti kutusunun **Load** bölümündeki yazı kutucuğundaki **EXP** yazısı **EXN** olarak değiştirilir ve **Add New Load** düğmesine basılır.

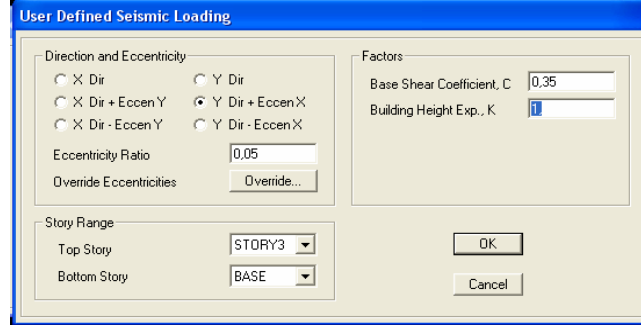
101. **Modify Lateral Load...** düğmesine basılır ve **User Defined Seismic Loading** (Kullanıcı tanımlı deprem yüklemesi) ileti kutusunu ekrana getirilir.

102. Yönetmelikte öngörülen **-%5** dışmerkezliği göz önüne almak için **X Dir - Eccen Y** radyo düğmesi seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır.

Şekil 5.48: EXN yüklemesi

103. Y doğrultusundaki deprem yüklerinden ilkin tanımlamak için ekrana gelen ileti kutusunun **Load** bölümündeki yazı kutucuğundaki **EXN** yazısı **EYP** olarak değiştirilir ve **Add New Load** düğmesine basılır.

104. Modify Lateral Load... düğmesine basılır ve **User Defined Seismic Loading** (Kullanıcı tanımlı deprem yüklemesi) ileti kutusunu ekrana getirilir.



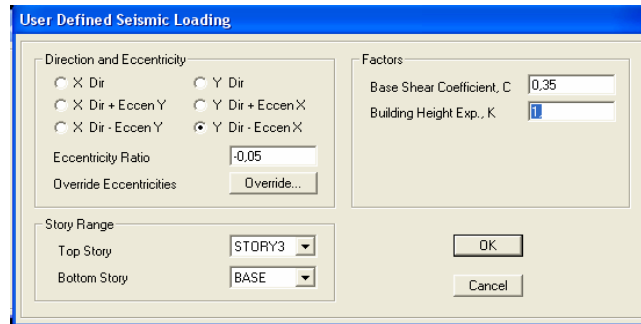
Şekil 5.49: EYP yüklemesi

105. Ekrana gelen ileti kutusunda **Base Shear Coefficient, C** (Taban kesme kuvveti katsayısı) yazı kutucuğuna yukarıda Y dorultusu için hesaplanan **0.350** değeri yazılır. Yapı yüksekliği boyunca yükün dağılımının doğrusal olduğunu belirtmek için **Building Height Exp, K** yazı kutucuğuna **1** yazın. Yönetmelikte öngörülen **+%5** dışmerkezliği gözönüne almak için **Y Dir + Eccen X** radyo düğmesini seçili duruma getirin, **Eccentricity Ratio** kutucuğuna **0.05** (%5) yazın ve **OK** düğmesine basın.

106. Ekrana gelen ileti kutusunun **Load** bölümündeki yazı kutucuğundaki **EYP** yazısı **EYN** olarak değiştirilir ve **Add New Load** düğmesine basılır.

107. Modify Lateral Load... düğmesine basılır ve **User Defined Seismic Loading** (Kullanıcı tanımlı deprem yüklemesi) ileti kutusu ekrana gelir..

108. Yönetmelikte öngörülen **-%5** dışmerkezliği göz önüne almak için **Y Dir - Eccen X** radyo düğmesi seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.50: EYN yüklemesi

Boyutlama için Yüklemelerin Birleştirilmesi:

Yukarıdaki tanımlanmış olan çeşitli düşey ve yatay yüklemelerden, kesit hesapları için kullanılacak olan en elverişsiz iç kuvetleri elde etmek ve yönetmelikte belirtilen bazı koşulların kontrolü için, aşağıda gösterilen Yükleme Birleşimleri tanımlanacaktır.

- Boyutlama için:

$$1.4 (G1+G2) + 1.6 Q$$

$$(G1+G2) + Q + EXP + TEPEXP$$

$$(G1+G2) + Q + EXN + TEPEXN$$

$$(G1+G2) + Q + EYP + TEPEYP$$

$$(G1+G2) + Q + EYN + TEPEYN$$

$$0.9(G1+G2) + EXP + TEPEXP$$

$$0.9(G1+G2) + EXN + TEPEXN$$

$$0.9(G1+G2) + EYP + TEPEYP$$

$$0.9(G1+G2) + EYN + TEPEYN$$

$$(G1+G2) + Q - EXP - TEPEXP$$

$$(G1+G2) + Q - EXN - TEPEXN$$

$$(G1+G2) + Q - EYP - TEPEYP$$

$$(G1+G2) + Q - EYN - TEPEYN$$

$$0.9(G1+G2) - EXP - TEPEXP$$

$$0.9(G1+G2) - EXN - TEPEXN$$

$$0.9(G1+G2) - EYP - TEPEYP$$

$$0.9(G1+G2) - EYN - TEPEYN$$

- Diğer kontroller için:

$$EXP + TEPEXP$$

$$EXN + TEPEXN$$

$$EYP + TEPEYP$$

$$EYN + TEPEYN$$

Not: TEPEXP, TEPEXN, TEPEYP ve TEPEYN değerleri bina yüksekliği 25 m den küçük olduğu için hesaplanmadığından boyutlandırmada “0” alınacaktır.

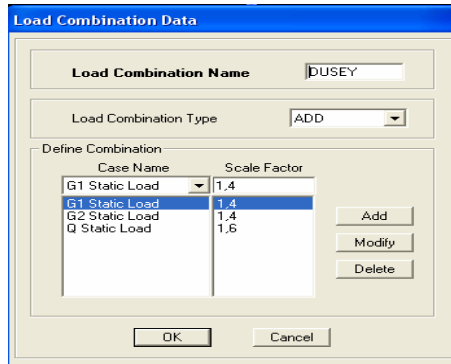
109. Yükleme birleşimlerini tanımlamak için **Define** menüsünde **Load Combinations...** seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır.

110. Ekranaya gelen **Define Load Combinations** ileti kutusunda **Add New Combo** düğmesine basılır. Ekranaya **Load Combination** ileti kutusu gelecektir. Bu ileti kutusunda **Case Name** bölümündeki yazı kutusunda **G1 Static Load** yazısı bulunurken **Scale Factor** yazı kutucuğundaki değeri **1,4** olarak değiştirilir ve **Add** düğmesine basılır.

111. **Case Name** bölümündeki açılır liste kutusundan **G2 Static Load** seçeneğine tıklanır. ve **Add** düğmesine basılır.

112. **Case Name** bölümündeki açılır liste kutusundan **Q Static Load** seçeneği tıklanır. **Scale Factor** yazı kutucuğundaki değeri **1,6** olarak değiştirilir ve **Add** düğmesine basılır.

113. **Load Combination Name** yazı kutucuğuna **DUSEY** yazıp **OK** düğmesine basılır. **Load Combination Type** bölümündeki **ADD** seçeneği, farklı yüklemelerden elde edilen değerlerin ilgili katsayılar kullanılarak cebrik olarak toplanacağını belirtmektedir.



Şekil 5.51: Düşey yük kombinasyonu

114. **OK** düğmesine basarak ilk yükleme birleşiminin tanımlanması sağlanır.

115. Yeniden **Add New Combo** düğmesini tıklayın. Ekranaya gelen **Load Combination Data** ileti kutusunun

- **Load Combination Name** yazı kutucuğuna **DEPREMX1** yazılır.
- **Load Combination Type** bölümünden **ADD** seçeneğine tıklanır
- **Define Combination** bölümünde **G1 Static Load** seçeneğine tıklanır.
- **Scale Factor** yazı kutucuğuna **1.0** yazılır ve **Modify** düğmesine basılır.
- **Define Combination** bölümünde **G2 Static Load** seçeneği tıklanır.
- **Scale Factor** yazı kutucuğuna **1.0** yazılır ve **Modify** düğmesine basılır.
- **Define Combination** bölümünün **Q Static Load** seçeneğine tıklanır.
- **Scale Factor** yazı kutucuğundaki **1.6** değeri **1** olarak değiştirilir ve **Modify** düğmesine basılır.
- **Case Name** açılır listesinden **EXP** seçilir.

- **Scale Factor** yazı kutucuğuna **1.0** yazılır ve **Add** düğmesine basılır.
- **OK** düğmesine basarak yükleme kombinasyonunun tanımlanması tamamlanır.

Şekil 5.52: DEPREMX1 yükleme kombinasyonu

116. Diğer yükleme birleşimlerini aşağıdaki tablo kullanarak benzer şekilde tanımlanır.

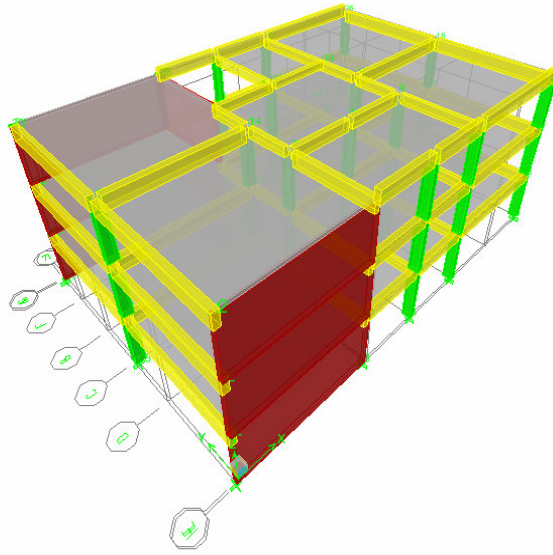
Tablo 5.1: Boyutlandırmada kullanılacak yükleme kombinasyonları

Yükleme Birleşim Adı	Yük Katsayıları						
	G1	G2	Q	EXP, TEPEXP	EXN, TEPEXN	EYP, TEPEYP	EYN, TEPEYN
DEPREMX2	1	1	1	-1	---	---	---
DEPREMX3	1	1	1	---	1	---	---
DEPREMX4	1	1	1	---	-1	---	---
DEPREMX5	1	1	---	1	---	---	---
DEPREMX6	1	1	---	-1	---	---	---
DEPREMX7	1	1	---	---	1	---	---
DEPREMX8	1	1	---	---	-1	---	---
DEPREMY1	1	1	1	---	---	1	---
DEPREMY2	1	1	1	---	---	-1	---
DEPREMY3	1	1	1	---	---	---	1
DEPREMY4	1	1	1	---	---	---	-1
DEPREMY5	1	1	---	---	---	1	---
DEPREMY6	1	1	---	---	---	-1	---
DEPREMY7	1	1	---	---	---	---	1
DEPREMY8	1	1	---	---	---	---	-1
EXTP	---	---	---	1	---	---	---
EXTN	---	---	---	---	1	---	---
EYTP	---	---	---	---	---	1	---
EYTN	---	---	---	---	---	---	1

117. Toplam 21 adet yükleme birleşimi tanımlanmıştır.

118.  düğmesine basarak 3 boyutlu görünümü ekrana getirilir.

119. **Set Building View Options**  düğmesine basılır veya **View** menüsünde **Set Building View Options** seçeneği tıklanır. Ekrana gelen ileti kutusunun **Special Effects** bölümünde **Extrusion** kutucuğu seçili duruma getirilir, **OK** düğmesine basılır. Bu işlem kolon, kiriş ve döşemelerin ekranda hacimsel olarak görünmesini sağlayacaktır. Hacimsel görünümünden çizgisel görünüme dönmek için **Special Effects** bölümündeki **Extrusion** kutucuğu seçili durumdan çıkarılır ve **OK** düğmesine basılır [2].



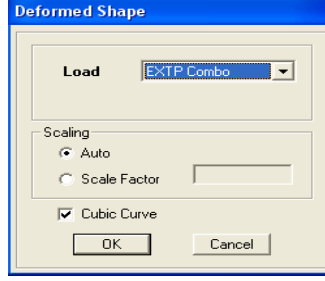
Şekil 5.53: Modellenmiş yapının en son hali

120. Sistem geometrisinin ve yüklemelerin oluşturulması tamamlandıktan sonra, **File** menüsünden **Save** komutunu seçerek oluşturulan sistem modeli dosyası kaydedilmelidir.

Çözümleme Aşaması:

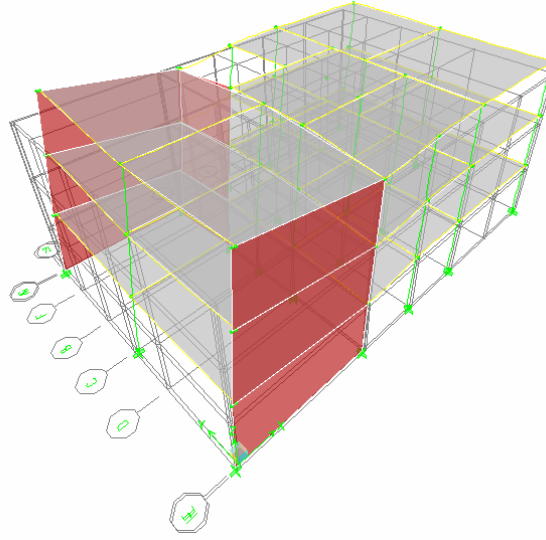
121.  **Run Analysis** düğmesine tıklayarak veya klavyede **F5** düğmesine basarak hesaplama işlemi başlatılır. Çözümleme işlemi tamamlandığında ekrana **G1** yüklemesine ilişkin şekildegıştirmiş sistem görüntüsü gelecektir.

122. **Display** menüsünde **Show Deformed Shape** (Şekil değıştirmiş durumu göster) seçeneğı tıklanır veya  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Deformed Shape** ileti kutusunun **Load** (Yük) bölümünde **EXTP** seçeneğı tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.54: Şekil değiştirmiş sistem durumunu gösterir pencere

123. Bu işlem ekranda **EXTP** yüklemesi altında sistemin şekildeğiştirme biçiminin görünmesini sağlayacaktır.



Şekil 5.55: EXTP yüklemesi altında yapının şekil değiştirmiş durumu

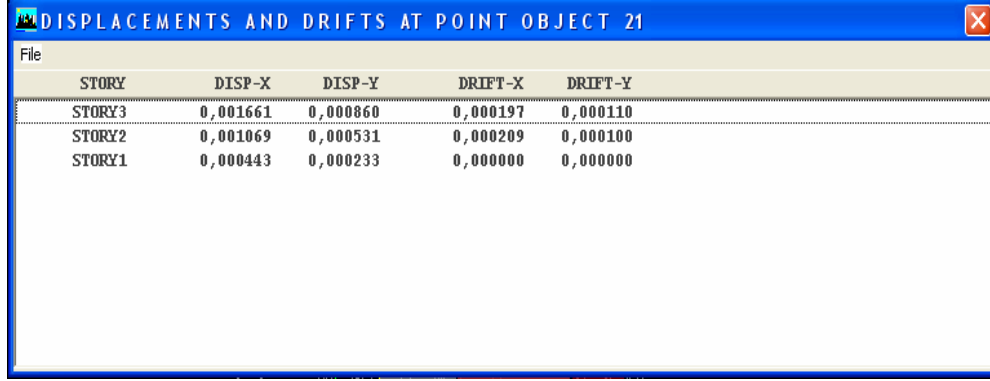
124. 3. katta A aksı ile 1 aksının kesiştiği düğüm noktasına sağ mouse tuşuyla tıklarsak, ekrana ilgili düğüm noktasına (21) ilişkin yerdeğiştirme değerlerini içeren bilgi kutusu gelecektir. Bu yerdeğiştirmeye bileşenlerinden **Trans (Translation)** bölümündekiler seçilen birimlere göre doğrusal yerdeğiştirmeleri, **Rotn (Rotation)** olanlar radyan cinsinden dönmeleri göstermektedir.

Point Displacements				
Point Object	21	Story Level	STORY3	
	X	Y	Z	
Trans	0.001661	0.000860	0.000625	
Rotn	-0.000007	0.000179	-0.000012	
Lateral Drifts...				

Şekil 5.56: 21 numaralı düğüm noktasının yerdeğiştirme ve dönme miktarları

Not: Düğüm noktaları, EK B de kat kalıp planları üzerinde gösterilmiştir.

125. Görelî yerdeğîştîrmelerin kat yüksekliklerine oranını görmek için aynı bilgi kutusundaki **Lateral Drifts...** düğmesine basılır.

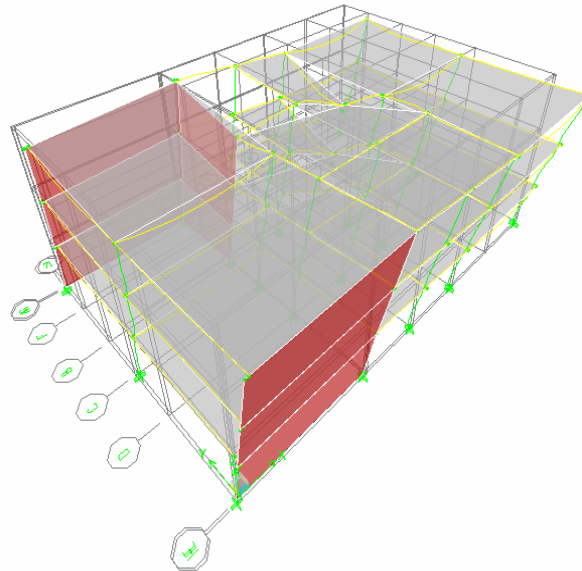


STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY3	0,001661	0,000860	0,000197	0,000110
STORY2	0,001069	0,000531	0,000209	0,000100
STORY1	0,000443	0,000233	0,000000	0,000000

Şekil 5.57: 21 numaralı düğüm noktasının görelî yerdeğîştîrmelerinin kat yüksekliklerine oranı

126. Tekrar **Display** menüsünde **Show Deformed Shape** (Şekil değîştîrmîş durumu göster) seçeneğî tıklanır veya  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Deformed Shape** ileti kutusunun **Load** (Yük) bölümünde **DEPREMY4** seçeneğî tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.

127. Bu işlem ekranda **DEPREMY4** yüklemesi altında sistemin şekildeğîştîrme biçiminin görünmesini sağlayacaktır.



Şekil 5.58: DEPREMY4 yüklemesi altında yapının şekildeğîştîrmîş durumu

128. 3. katta E aksı ile 6 aksının kesiştiği düğüm noktasına (6) sağ mouse tuşuyla tıklarsak, ekrana ilgili düğüm noktasına ilişkin yerdeğiştirme değerlerini içeren bilgi kutusu gelecektir.



Şekil 5.59: 6 numaralı düğüm noktasının yerdeğiştirme ve dönme miktarları

129. Göreli yerdeğiştirmelerin kat yüksekliklerine oranını görmek için aynı bilgi kutusundaki **Lateral Drifts...** düğmesine basılır.

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY3	-0,001115	-0,006732	0,000135	0,000723
STORY2	-0,000709	-0,004562	0,000141	0,000789
STORY1	-0,000286	-0,002194	0,000095	0,000731

Şekil 5.60: 6 numaralı düğüm noktasının göreli yerdeğiştirmelerinin kat yüksekliklerine oranı

$$\Delta d_i = (d_{i+1} - d_1) / h_{i+1} \text{ (h:kat yüksekliği)} \quad (5.9)$$

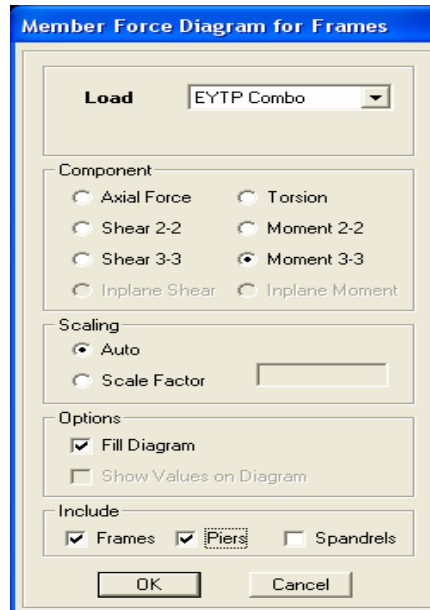
Not: Bu değerler kullanılarak Deprem Yönetmeliğinde belirtilen “Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması” koşulları kontrol edilebilir. Deprem Yönetmeliğine göre herhangi bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir katında hesaplanan göreli kat ötelemelerin en büyük değeri, $(\Delta_i)_{maks}$;

$$(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0,0035 \quad (\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0,02 / R = 0,005 \quad (5.10)$$

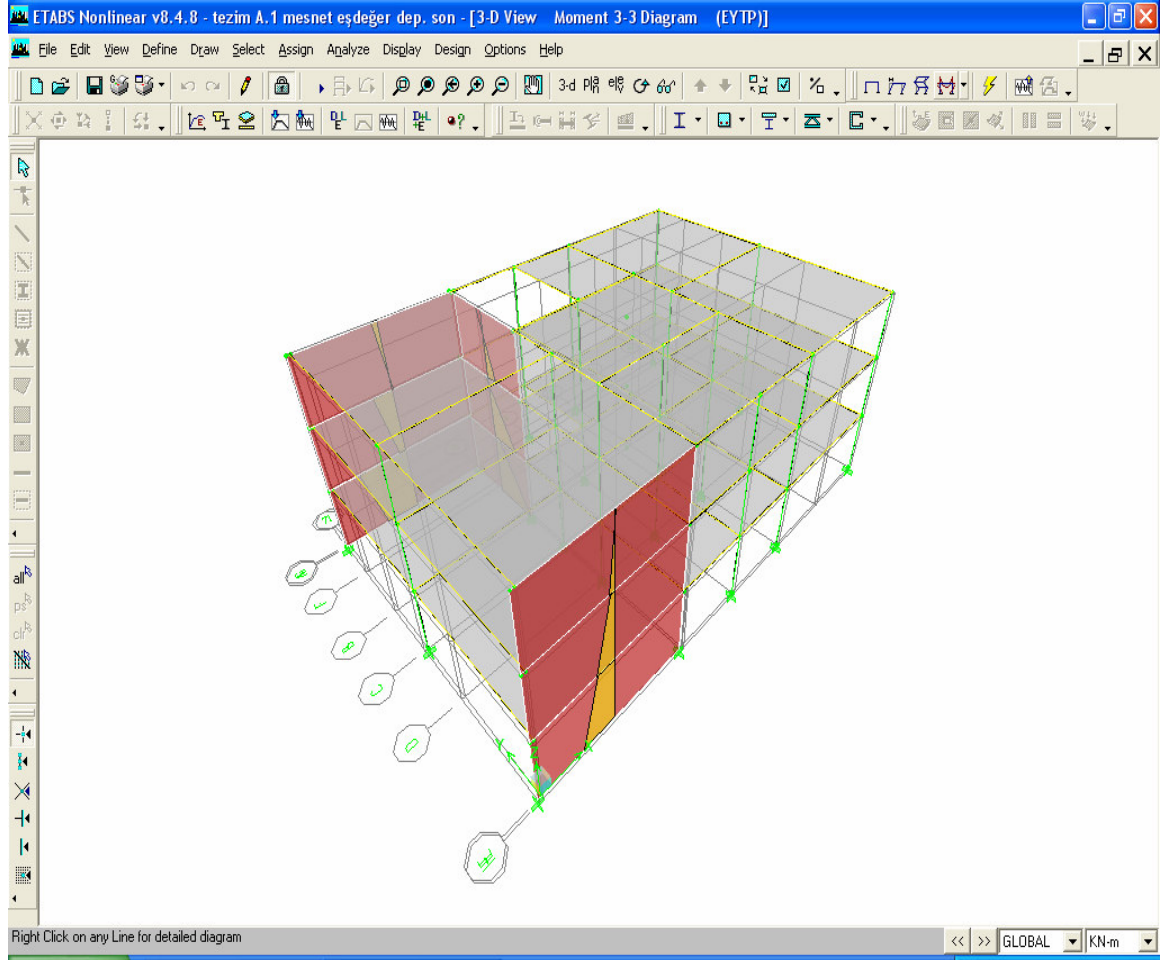
koşullarından en elverişsiz olanını sağlayacaktır. Buna göre bulunan yerdeğiştirme değerlerimizle çıkan sonuçlar bu koşulun sağlandığını gösterir [2].

130.  ikonunun sağ bölümündeki aşağı ok şekline basılır ve **Frame/Pier/Spandrel Forces..** seçeneğine tıklanır. Ekrana gelen **Member Force Diagram for Frames** ileti kutusunun

- **Load** bölümündeki açılır liste kutusunda **EYTP Combo** seçeneği tıklanır.
- **Component** bölümünde **Moment 3-3** radyo düğmesini seçili duruma getirilir.
- **Fill Diagram** kutucuğu seçili duruma getirilir.
- **Include** bölümünde **Frames** ve **Piers** kutucukları seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır. Bu işlem aktif pencerede elemanların 3-3 yerel eksenlerindeki moment diyagramlarının görünmesini sağlayacaktır.



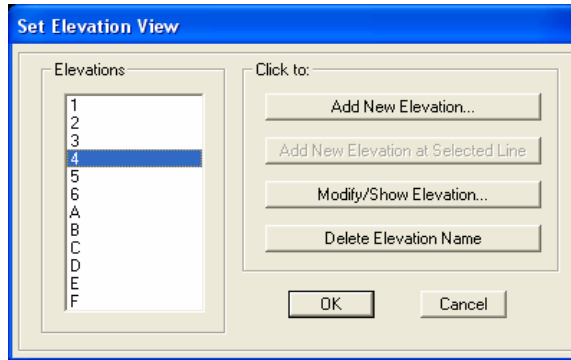
Şekil 5.61: Normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramlarını gösterir pencere



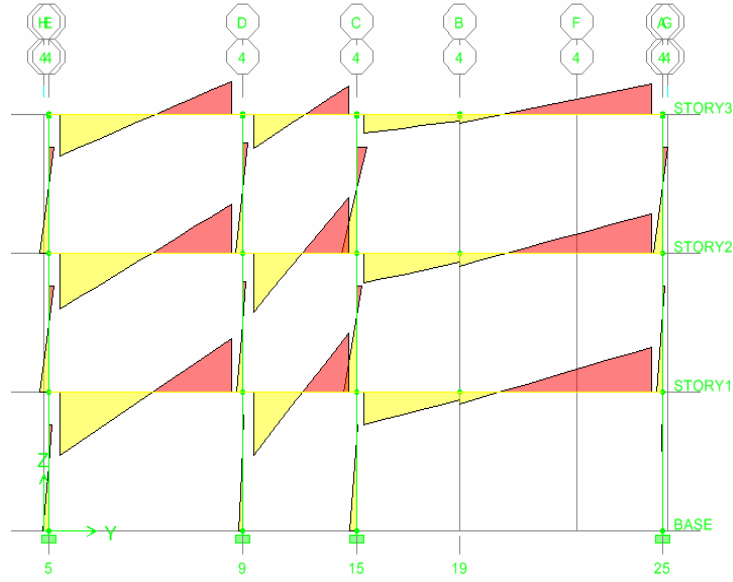
Şekil 5.62: EYTP yüklemesine göre moment 3-3 diyagramı

131. Düşey bir kesit görünümü elde etmek için  düğmesine basılır.

132. Ekrana gelen **Set Elevation View** iletisi kutusunun **Elevations** bölümünde 4 değerine tıklarsak o akstaki kiriş ve kolonların moment değerleri görülebilir.



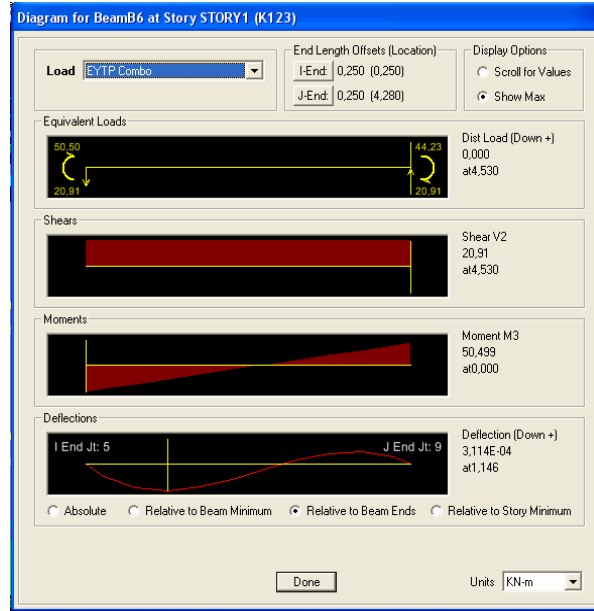
Şekil 5.63: Kesit alma penceresi



Şekil 5.64: EYTP yüklemesinin 4 nolu aksında bulunan moment 3-3 diyagramı

133. Örneğin **E-D aksları** arasındaki birinci kat kirişi(K123) üzerine sağ mouse tuşuyla tıklandığı zaman iç kuvvet ve yerdeğiştirme bilgilerini ve diyagramlarını içeren ileti kutusu ekrana gelecektir.

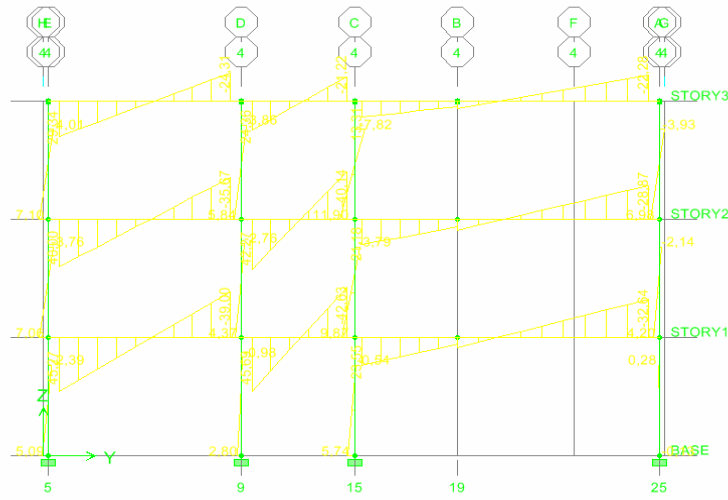
134. Bu ileti kutusunun **Display Options** bölümünde **Show Max** radyo düğmesi seçili duruma getirilir. Bu işlem ekrandaki ilgili grafiklerde **Load** bölümünde seçili olan yükleme altındaki en büyük değerlerin gösterilmesini sağlamaktır.



Şekil 5.65: EYTP yüklemesinde K123 kirişi moment, kesme kuvveti v.s detayları

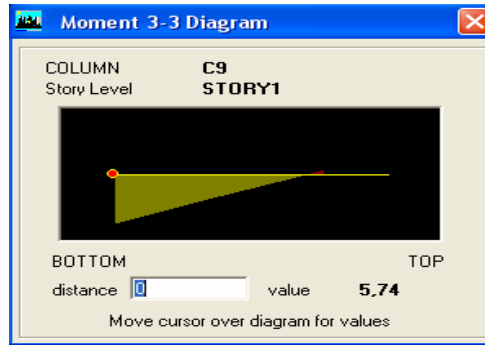
135.  ikonunun sağ bölümündeki aşağı ok şekline basılır ve **Frame/Pier/Spandrel Forces...** seçeneğine tıklanır. Ekrana gelen **Member Force Diagram for Frames** ileti kutusunun

• **Fill Diagram** kutucuğunu seçili durumdan çıkarıp **Show Values on Diagram** kutucuğu seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır. Bu işlem aktif pencerede elemanların 3-3 yerel eksenlerindeki moment diyagramlarının değerleri ile birlikte görünmesini sağlayacaktır.



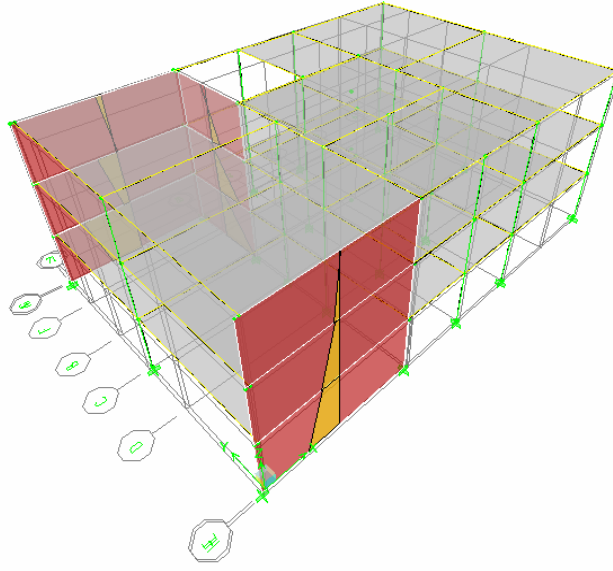
Şekil 5.66: EYTP yüklemesinde moment diyagramları (değerleri ile birlikte)

136. Kolon momentlerini daha net bir biçimde görmek istediğimizde de herhangi bir kolonun üstüne gelip sağ tıklamamız yeterli olacaktır. Örneğin; **C-4** aksı 1.katta bulunan kolonun üstüne gelip sağ tıkladığımızda aşağıda görüldüğü şekliyle maksimum momentin **5,74 KNM** olduğunu görürüz.



Şekil 5.67: EYTP yüklemesinde S9 kolonu moment diyagramı

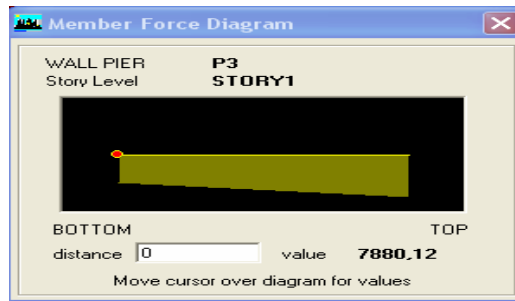
137. Sistemin 3 boyutlu haline tekrar dönmek için  ikonuna basılır.



Şekil 5.68: EYTP yüklemesinde sistemin 3 boyutlu moment diyagramı gösterimi

138. Ekran sistem elemanlarının 3-3 eksenleri etrafındaki eğilme momentleri gelmektedir. Perdenin moment değerleri göreceli olarak diğer elemanlardan büyük olduğundan ekranda belirgin olarak perdelerin diyagramları görünmektedir.

139. Zemin katta **A** aksı üzerinde bulunan **P3** perdesine sağ mouse tuşuyla tıklanır. Bu eleman için **EYTP** yüklemesinde **M33** taban momenti **7880,12 KNM** olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin perde elemana atanan türün (pier) yerel eksenlerine göre belirlendiği unutulmamalıdır.

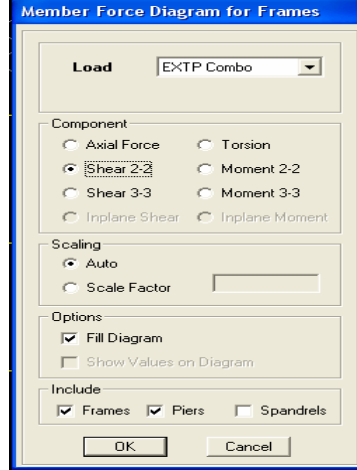


Şekil 5.69: P3 perdesine ait zemin kat moment diyagramı

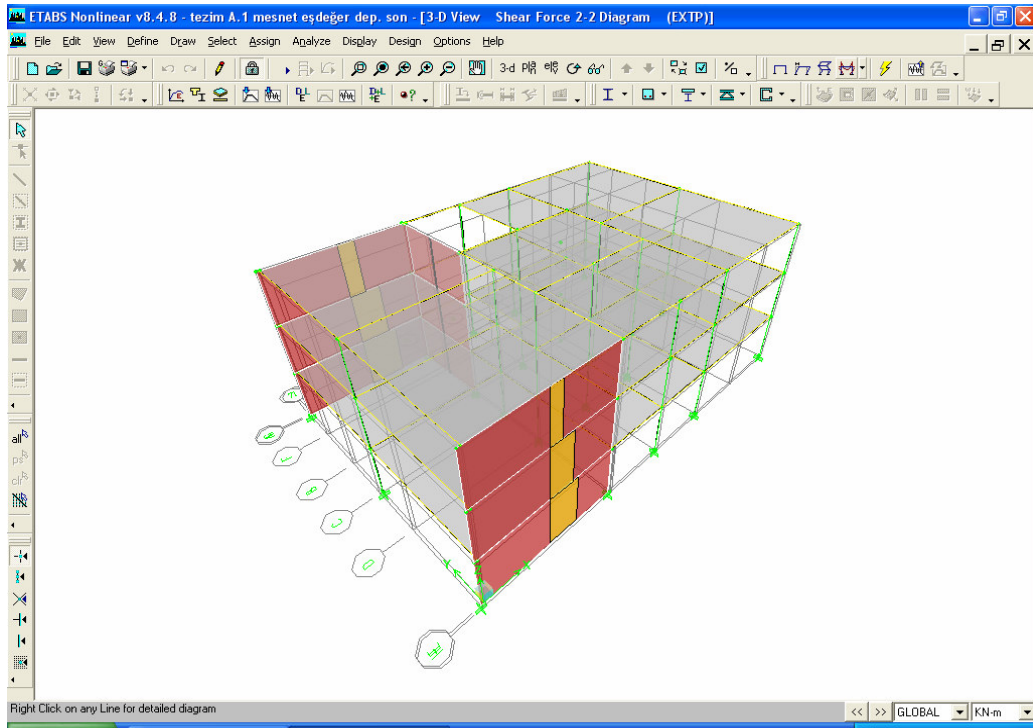
140. Kesme kuvvetlerini görmek için  ikonunun sağ bölümündeki aşağı ok şekline basılır ve **Frame/Pier/Spandrel Forces..** seçeneğine tıklanır. Ekran gelen **Member Force Diagram for Frames** ileti kutusunun

• **Load** bölümündeki açılır liste kutusunda **EXTP Combo** seçeneği tıklanır.

- **Component** bölümünde **Shear 2-2** radyo düğmesini seçili duruma getirilir.
- **Fill Diagram** kutucuğu seçili duruma getirilir.
- **Include** bölümünde **Frames** ve **Piers** kutucukları seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır. Bu işlem aktif pencerede elemanların 2-2 yerel eksenlerindeki kesme diyagramlarının görünmesini sağlayacaktır.



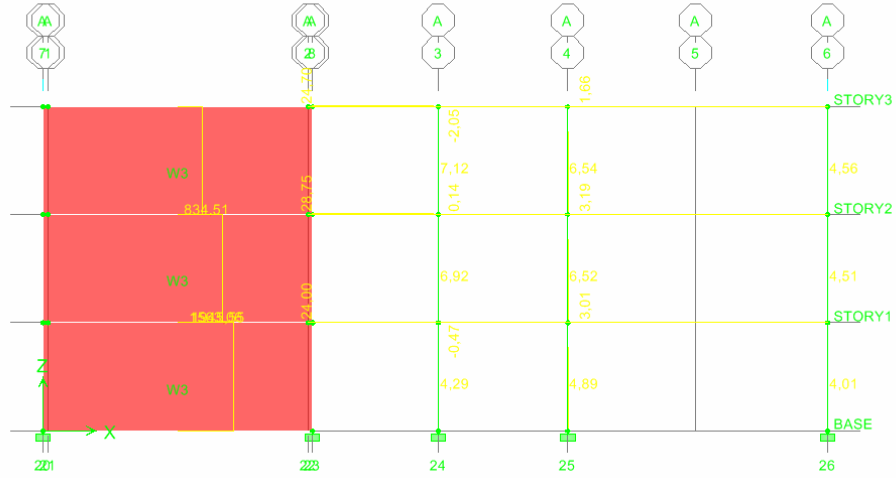
Şekil 5.70:Normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramlarının gösterir pencere



Şekil 5.71:ETXP yüklemesine ait shear 2-2 diyagramı

141. Düşey bir kesit görünümü elde etmek için  düğmesine basılır.

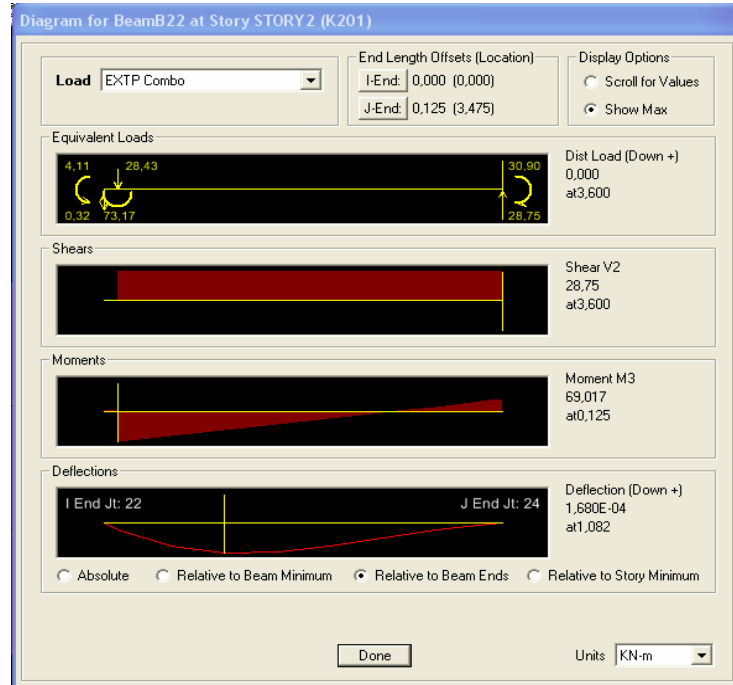
142. Ekrana gelen **Set Elevation View** iletinin **Elevations** bölümünde **A** değerine tıklarsak o aksdaki kiriş ve kolonların kesme kuvveti değerleri görülebilir.



Şekil 5.72: EXTP yüklemesinde A aksı kesme kuvveti diyagramları

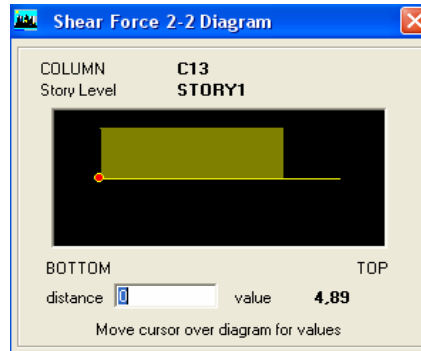
143. Örneğin **2-3 aksları** arasındaki ikinci kat kirişi üzerine sağ mouse tuşuyla tıklandığı zaman iç kuvvet ve yerdeğiştirme bilgilerini ve diyagramlarını içeren ileti kutusu ekrana gelecektir.

144. Bu ileti kutusunun **Display Options** bölümünde **Show Max** radyo düğmesi seçili duruma getirilir. Bu işlem ekrandaki ilgili grafiklerde **Load** bölümünde seçili olan yükleme altındaki en büyük değerlerin gösterilmesini sağlamaktır.



Şekil 5.73: EXTP yüklemesinde K201 kirişi moment, kesme kuvveti v.s detayları

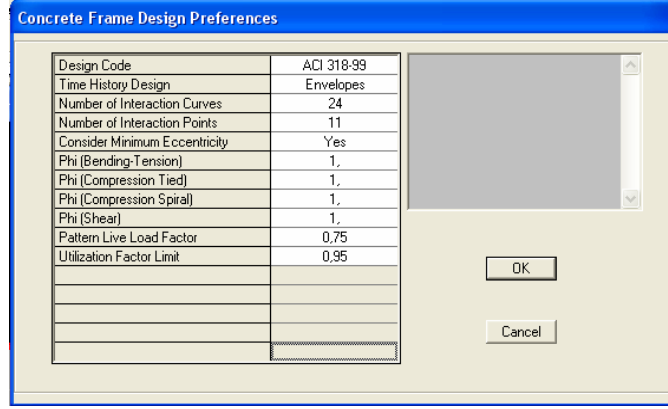
145. Kolon kesme kuvvetlerini daha net bir biçimde görmek istediğimizde de herhangi bir kolonun üstüne gelip sağ tıklamamız yeterli olacaktır. Örneğin; A-4 aksı 1.katta bulunan S13 kolonun üstüne gelip sağ tıkladığımızda aşağıda görüldüğü şekliyle maksimum kesme kuvvetinin **4,89 KN** olduğunu görürüz.



Şekil 5.74: EXTP yüklemesinde S13 kolonu kesme kuvveti diyagramı

146. Sistemin 3 boyutlu haline tekrar dönmek için ikonuna basılır.

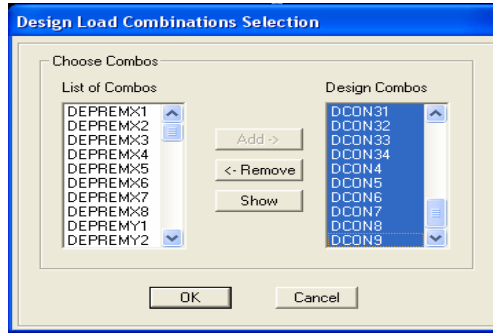
- **PhiBending Tension** değeri **1**,
- **PH-hiCompression Tied** değeri **1**,
- **PhiCompression Spiral** değeri **1**,
- **PhiShear** değerini **1** olarak değiştirilir. Ve **OK** düğmesine basılır. Bu değişiklikler **TS500–2000** yönetmeliğine yaklaşım sağlamak için yapılmaktadır.



Şekil 5.77: Çubuk elemanlarda betonarme hesap kodları

150. İç kuvvetleri belirlenen sistemin betonarme hesabını yapmak için **Design** menüsünde **Concrete Frame Design**→ **Select Design Combo** seçeneği tıklanır.

151. Ekrana gelen **Design Load Combinations Selection** ileti kutusunun sağ bölümünde yer alan tüm yükleme kombinasyonlar seçili duruma getirilir.

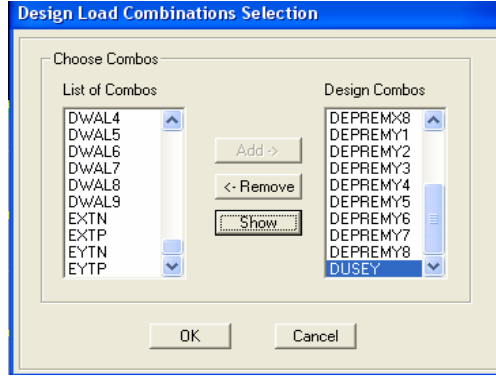


Şekil 5.78: Donatı hesabı için kullanılacak yük kombinasyonları

152. **Remove** düğmesine basarak seçilen yükleme kombinasyonlarını **List Of Combos** bölümüne aktarılır.

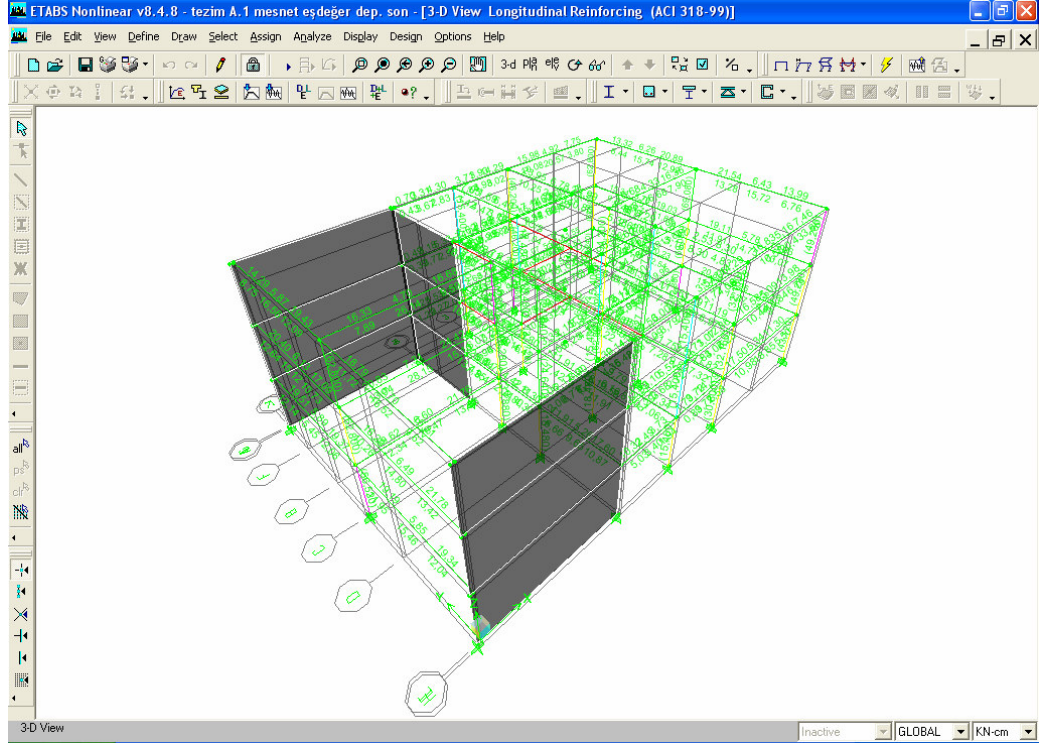
153. **List Of Combos** bölümünde bulunan ve daha önce tanımlanan **DUSEY**, **DEPREMX1**, **DEPREMX2**, **DEPREMY8** olarak belirlenen 17 adet yük birleşimi

seçilir (Boyutlandırmada **EXTN**, **EXTP**, **EYTN** ve **EYTP** yüklemeleri kullanılmaktadır). **Add** düğmesine basılarak seçilen yükleme birleşimleri **Design Combos** bölümüne aktarılır. Böylece, betonarme hesapta kullanılacak tüm yükleme kombinasyonlarının **Design Combos** bölümünde bulunması sağlanır ve **OK** düğmesine basarak ileti kutusu kapatılır.



Şekil 5.79: Donatı hesabı için kullanılacak yük kombinasyonları (2)

154. Design menüsünde **Concrete Frame Design**→ **Start Design/ Check of Structure** seçeneği tıklanır veya  basarak betonarme hesabı yapılır. Hesaplama tamamlandıktan sonra aktif pencerede elemanların üzerinde hesaplanan donatı alanları yazılmaktadır. Şu anda kN ve m birimleri kullanıldığı için donatı alanları m^2 cinsindendir. Bunları cm^2 cinsinden görmek için konum çubuğunun sağındaki birimleri içeren açılır listeden KN-cm seçilir.



Şekil 5.80: Çubuk elemanlar için donatı analizi

155. Ekranda E aksı ile 3 akslarının kesiştiği 1.kat kolonuna sağ Mouse tuşuyla tıklanıldığında **Concrete Column Design Information** ileti kutusu görünür. Bu kolon için en elverişli yüklemenin **DEPREMY8** olduğu ve bu yüklemdeki iç kuvvetlere karşı **SZ14** kolonunun kapasite oranının 0,729 olduğu görülür. Mevcut kolonun bünyesinde 15,4 cm^2 donatı miktarı vardır.

Concrete Column Design Information (ACI 318-99)

Story: Section Name:

Column:

COMBO ID	STATION LOC	CAPACITY RATIO	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DEPREMY6	0,00	0,729	0,000	0,000
DEPREMY6	1,15	0,268	0,000	0,000
DEPREMY6	2,30	0,235	0,000	0,000
DEPREMY7	0,00	0,552	0,000	0,000
DEPREMY7	1,15	0,335	0,000	0,000
DEPREMY7	2,30	0,254	0,000	0,000
DEPREMY8	0,00	0,729	0,000	0,000

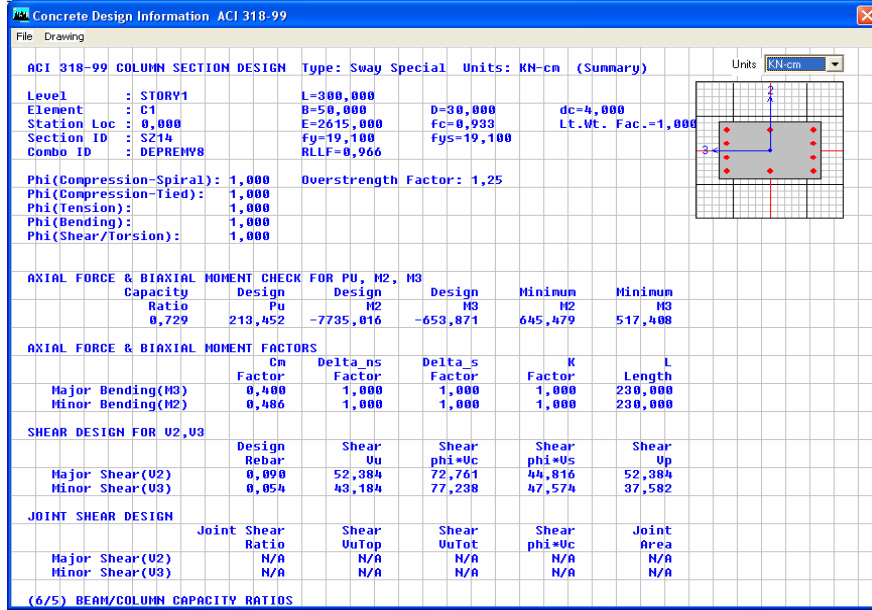
Overwrites Interaction Summary Flex. Details Shear Details Joint Shear B/C Details

OK Cancel

Şekil 5.81: SZ14 kolonu için kapasite oranları

156. **Summary** düğmesine basarak ilgili elemanın donatı hesabı hakkında daha ayrıntılı bilgileri içeren ileti kutusu ekrana gelir. Bu ekranda eleman numarası, kesit türü, eleman

özellikleri, en elverişsiz yükleme adı, eğilme ve kayma hesabında kullanılan ve sonuçta elde edilen bilgiler bulunmaktadır. Örneğin ilgili kolon için 213,45 kN normal kuvvet ve 7735,02 kNcm (77,35 kNm) ve 653,87 kNcm (6,54 kNm) momentleri etkisi altında olduğu görülmektedir.



Concrete Design Information ACI 318-99									
File Drawing									
ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN-cm (Summary)									
Level :	STORY1			L=300,000					
Element :	C1			B=50,000		D=30,000		dc=4,000	
Station Loc :	0,000			E=2615,000		fc=0,933		Lt.Wt. Fac.=1,000	
Section ID :	SZ14			Fy=19,100		Fys=19,100			
Combo ID :	DEPREHY8			RLLF=0,966					
Phi(Compression-Spiral):	1,000			Overstrength Factor:	1,25				
Phi(Compression-Tied):	1,000								
Phi(Tension):	1,000								
Phi(Bending):	1,000								
Phi(Shear/Torsion):	1,000								
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT CHECK FOR PU, M2, M3									
Capacity	Design			Design		Design		Minimum	Minimum
Ratio	Pu			M2		M3		M2	M3
	0,729			213,452		-7735,016		-653,871	
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT FACTORS									
	Cn			Delta_ns		Delta_s		K	L
	Factor			Factor		Factor		Factor	Length
Major Bending(M3)	0,400			1,000		1,000		1,000	230,000
Minor Bending(M2)	0,486			1,000		1,000		1,000	230,000
SHEAR DESIGN FOR U2,U3									
	Design			Shear		Shear		Shear	Shear
	Rebar			Uu		phi*Uc		phi*Us	Up
Major Shear(U2)	0,090			52,384		72,761		44,816	52,384
Minor Shear(U3)	0,054			43,184		77,238		47,574	37,582
JOINT SHEAR DESIGN									
	Joint			Shear		Shear		Shear	Joint
	Ratio			UuTop		UuTot		phi*Uc	Area
Major Shear(U2)	N/A			N/A		N/A		N/A	N/A
Minor Shear(U3)	N/A			N/A		N/A		N/A	N/A
(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS									

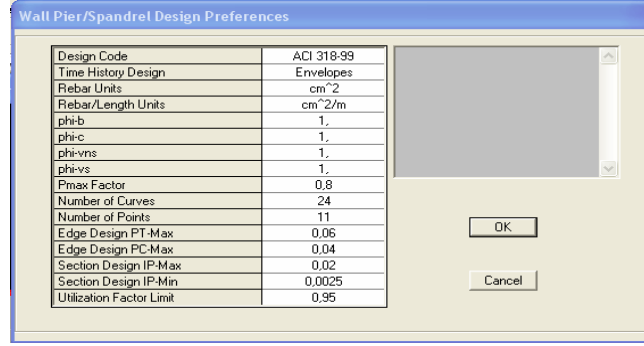
Şekil 5.82: SZ14 kolonu betonarme analiz bilgileri

157. Özet bilgileri içeren pencere kapatılır ve **OK** düğmesine basılır.

Perdelerin Betonarme Hesabı:

158. **Options** menüsünde **Preferences**→ **Shear Wall Design** seçeneği tıklanır. Ekrana gelen ileti kutusunun

- **Design Code** (Boyutlama da kullanılacak yönetmelik) bölümündeki **ACI 318-99** seçeneğini seçili duruma getirilir.
- **phi-b, phi-c, phi vns, phi-vs** seçenekleri **1** olarak değiştirilir ve **OK** düğmesine basılır.
- **Rebar Units ve Rebar/Length Units** bölümünde cm^2 ve cm^2/m seçenekleri seçili duruma getirilir.



Şekil 5.83: Pier elemanlarda betonarme hesap kodları

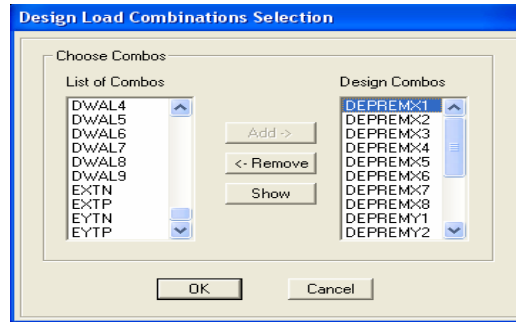
159. **Design** menüsünde **Shear Wall Design** seçeneğine tıklanır veya  düğmesinin yan bölümündeki aşağı ok tuşuna basılır.

160. **Select Design Combos** (Boyutlamada kullanılacak yük birleşimleri) seçeneğine basılır.

161. Ekrana gelen **Design Load Combinations Selection** ileti kutusunun sağ bölümünde yer alan tüm yükleme kombinasyonlarını (**DWAL1, DWAL10,... DWAL9**) seçili duruma getirilir.

162. **Remove** düğmesine basarak seçilen yükleme kombinasyonlarını **List of Combos** bölümüne aktarılır.

163. **List of Combos** bölümünde bulunan ve daha önce tanımlanan **DUSEY, DEPREMX1, DEPREMY8** yüklemeleri (toplam 17 adet) seçilir ve **Add** düğmesine basarak seçilen yükleme kombinasyonları **Design Combos** bölümüne aktarılır. Böylece **Design Combos** bölümünde betonarme hesapta kullanılacak tüm yükleme kombinasyonlarının olmasını sağlar. **OK** düğmesine basarak ileti kutusu kapatılır.



Şekil 5.84: Perde hesabı için kullanılacak yük kombinasyonları

164.  düğmesine basarak betonarme perdelerin donatı hesabının yapılmasını sağlar.

165. 1.kat P3 perdesinin üzerine sol mouse tuşuyla tıklayalım.

General Reinforcing Pier Section -Check (ACI 318-99)

Story ID: STORY1 Pier ID: P3 X Loc: 3,5875 Y Loc: 14,36 Units: KN-m

Flexural Check for P-M2-M3 (RLLF = 1,000)

Station Location	D/C Ratio	Flexural Combo	Pu	M2u	M3u
Top	1,278	DEPREMY8	-3726,573	0,000	-11201,373
Bottom	1,048	DEPREMY8	-3600,433	0,000	-7429,427

Shear Design

Station Location	Rebar cm ² /m	Shear Combo	Pu	Mu	Vu	Capacity phi Vc	Capacity phi Vn
Top Leg 1	10,564	DEPREMY8	-3726,573	-11201,373	1257,517	50,871	1257,517
Bot Leg 1	11,010	DEPREMY8	-3600,433	-7429,427	1257,517	0,000	1257,517

Boundary Element Check

Station Location	B-Zone Length	B-Zone Combo	Pu	Mu	Vu	Pu/Po
Top Leg 1	1,701	DEPREMY3	6173,250	12083,855	-1247,448	0,3052
Bot Leg 1	1,727	DEPREMY3	6313,407	8341,510	-1247,448	0,3122

Design Inadequacy Message: Pier is overstressed in flexure !!

Combs... Overwrites... Section Top... Section Bot... OK Cancel

Şekil 5.85: Zemin kat P3 perdesi donatı hesap analizi

166. Söz konusu perde için taban kesitinde en elverişsiz yüklemenin **DEPREMY8** yüklemesi olduğu ve eğilme donatısı yeterliliğin bu yükleme esas alınarak hesaplandığı görülmektedir. Bu yüklemede perde üst kesitinde normal kuvvet değeri **3726,57 kN**, moment değeri **11201,98 kNm** değerini almaktadır. Buna göre özellikle perdenin üst kesitinde kapasitenin sınır değeri aştığı (1,278) görülmekte olup, P3 perdenin eğilme etkisi altında yetersiz olduğu görülmektedir.

Analiz sonuçları:

Analiz sonuçları izolotörlü çözümler yapıldıktan sonra daha detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Bu noktada perde ve çerçeveden müteşekkil yapımızın hangi elemanlarında yetersizlik söz konusu olduğu aşağıda tablo halinde verilecektir:

Tablo 5.3: Pier elemanlarda eğilmede ve kesmede kapasitenin aşıldığı görülen elemanlar

Perdeler		
Story 1	Story 2	Story 3
P2,P3	P2	--

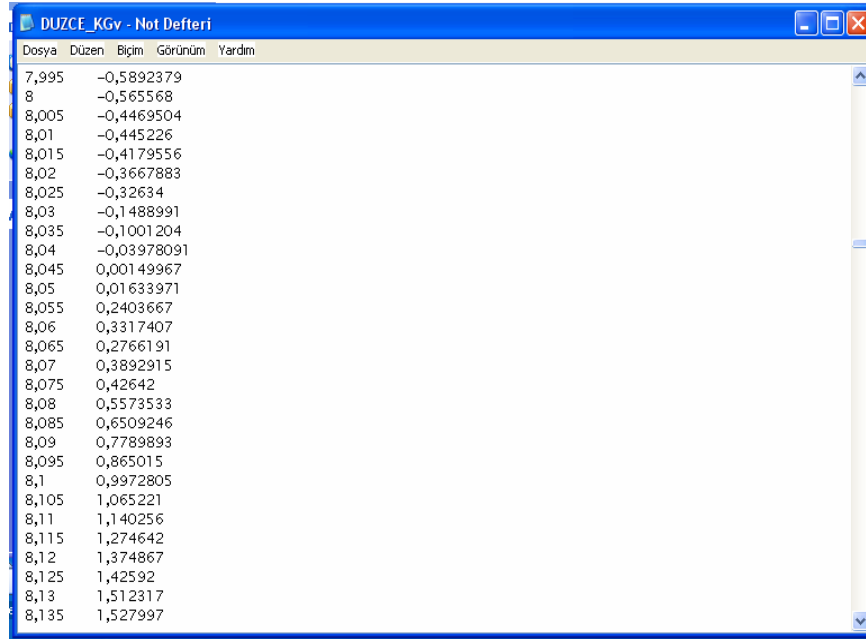
5.1.2. Perde ve Çerçevelerden Müteşekkil Mevcut Okul Binasının Ankastre Mesnetli Zaman Tanım Alanında Nonlineer Analizi

Mevcut sistemin analizi üstte **5.1.1** de yapılmıştır. Bu defa Eşdeğer deprem yükü yöntemi yerine Zaman Tanım Alanında çözüm yapılacaktır.

1. Sistem modelinde, malzeme karakteristiklerinde ve kesitlerde herhangi bir değişiklik söz konusu değildir. **5.1.1** de anlatıldığı üzeredir. Time History analizi için gerekli parametreleri tanımlamaya geçmeliyiz.

2. Zaman tanım alanında çözümleme için kullanılacak fonksiyonu tanımlamak için **Define** menüsünde **Time History Functions** seçeneğine tıklanır veya  ikonuna basılır. Perde-çerçeveden müteşekkil yapımız için kullanacağımız deprem ivme kayıtları **17.08.1999** tarihinde meydana gelen **Marmara Depremi**'nin, **Düzce** Meteoroloji İstasyonunda kaydedilmiş **Doğu-Batı** ve **Kuzey-Güney** doğrultusu bileşenlerini içeren verilerden oluşmaktadır. Değerler m/s^2 boyutlarındadır. En büyük ivme değeri **Doğu-Batı** bileşeni için $3.73 m/s^2$, **Kuzey-Güney** bileşeni için $3.14 m/s^2$ dir. Toplam **5437** satırdan oluşan dosyalarda zaman aralığı **0.005s** dir. Dosyaların örnek yapısı aşağıdaki gibidir. Dosyalarda her bir satırda zaman ve ivme değerleri olmak üzere bir çift değer bulunmaktadır.

Tablo 5.4: Düzce depremine ait zaman ve ivme değerleri

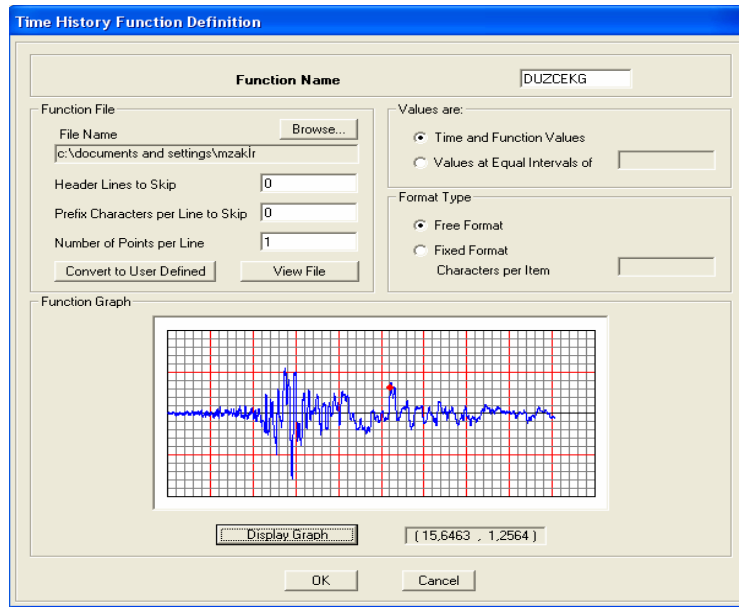


7,995	-0,5892379
8	-0,565568
8,005	-0,4469504
8,01	-0,445226
8,015	-0,4179556
8,02	-0,3667883
8,025	-0,32634
8,03	-0,1488991
8,035	-0,1001204
8,04	-0,03978091
8,045	0,00149967
8,05	0,01633971
8,055	0,2403667
8,06	0,3317407
8,065	0,2766191
8,07	0,3892915
8,075	0,42642
8,08	0,5573533
8,085	0,6509246
8,09	0,7789893
8,095	0,865015
8,1	0,9972805
8,105	1,065221
8,11	1,140256
8,115	1,274642
8,12	1,374867
8,125	1,42592
8,13	1,512317
8,135	1,527997

3. Ekranaya gelen **Define Time History Functions** (Zaman tanım alanında çözümleme fonksiyonu tanımlanması) ileti kutusunda **Add Function from File** seçeneği tıklanır.

4. Ekranaya gelen ileti kutusunda;

- **Function Name** kutucuğuna **DUZCEKG** yazılır.
- **Browse** düğmesine basarak **Duzcekg.txt** dosyasının konumu belirlenir.
- **Values are** bölümünde **Time and Function Values** düğmesi seçili duruma getirilir. Dosyada her bir satırda zaman ve ivme değeri bulunduğu için bu seçenek kullanılmıştır.
- **Number of Lines per Line** kutucuğuna **1** yazılır. Dosyada her bir satırda zaman ve ivme değeri olmak üzere tek bir değer bulunduğu için bu değer kullanılmıştır.
- **Display Graph** düğmesine basarak ilgili ivme kaydı grafik olarak ekrana getirilir.



Şekil 5.86: Düzce Kuzey-Güney bileşeni ivme kaydı grafiği

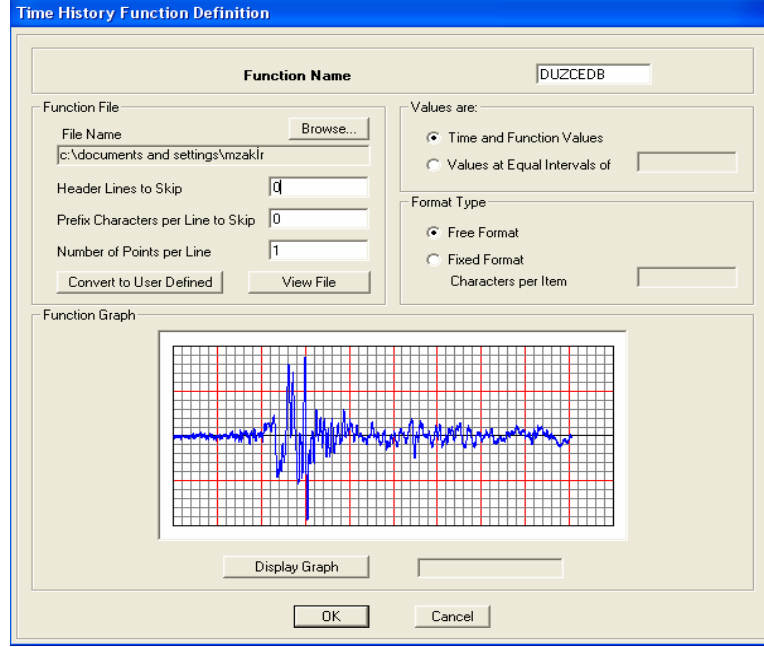
5. Yeniden ekranaya gelen **Define Time History Functions** (Zaman tanım alanında çözümleme fonksiyonu tanımlanması) ileti kutusunda **Add Function from File** seçeneğine tıklanır.

6. Ekranaya gelen ileti kutusunda

- **Function Name** kutucuğuna **DUZCEDB** yazılır.
- **Browse** düğmesine basarak **Duzcedb.txt** dosyasının konumu belirlenir.
- **Values are** bölümünde **Time and Function Values** radyo düğmesi seçili duruma

getirilir.

- **Display Graph** düğmesine basarak ilgili ivme kaydı grafik olarak ekrana getirilir.

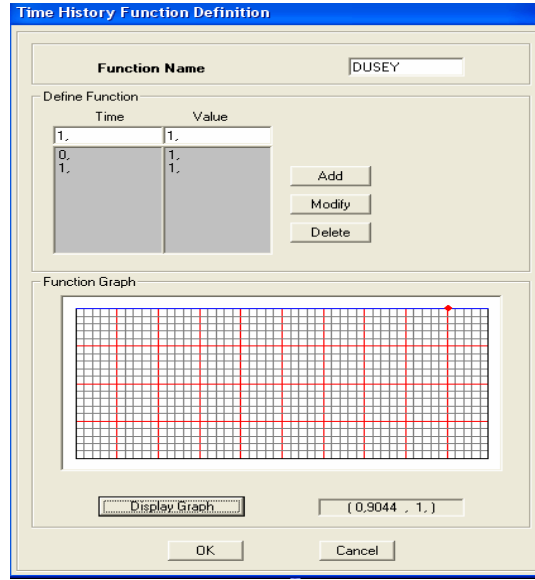


Şekil 5.87: Düzce Doğu-Batı bileşeni ivme kaydı grafiği

7. Yeniden ekrana gelen **Define Time History Functions** (Zaman tanım alanında çözümleme fonksiyonu tanımlanması) ileti kutusundaki açılır listeden **Add Ramp Function** seçeneği tıklanır.

8. Ekrana gelen ileti kutusuna

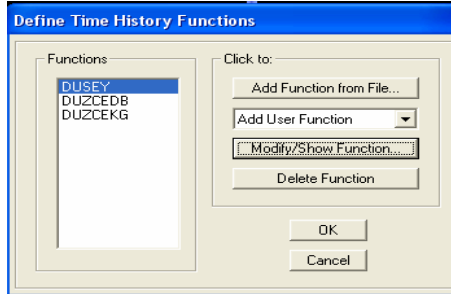
- **Function Name** kutucuğuna **DUSEY** yazılır.
- **Convert to User Defined** düğmesine basılır.
- **Time** değeri **0** **Value** değeri **0** olan satıra tıklanır.
- **Value** kutucuğuna **1** yazılır ve **Modify** düğmesine basılır.
- **Time** değeri **20** **Value** değeri **1** olan satıra tıklanır ve **Delete** düğmesine basılır.



Şekil 5.88: Düzce düşey bileşeni ivme kaydı

9. OK düğmesine basarak fonksiyon tanımlama işlemi tamamlanır.

Böylece 3 adet fonksiyon oluşturulmuş olmaktadır.



Şekil 5.89: Tanımlanan fonksiyonlar

10. Analyze menüsünde Set Analysis Options seçeneği tıklanır.

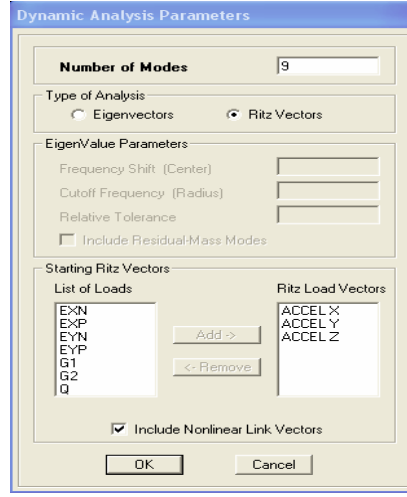
11. Ekrana gelen ileti kutusunda Dynamic Analysis kutucuğu seçili duruma getirilir ve

Set Dynamic Parameters... düğmesine basılır.

12. Ekrana gelen ileti kutusunda

- Number of Modes seçeneğine 9 yazılır.
- Type of Analysis bölümünde Ritz Vectors seçeneği seçili duruma getirilir.
- Starting Ritz Vectors bölümünde Ritz Load Vectors bölümüne ACCEL X, ACCEL Y ve ACCEL Z seçenekleri aktarılır.

- **Include Nonlinear Link Vectors** kutucuğu seçili duruma getirilir.



Şekil 5.90: Analiz için kullanılacak dinamik analiz parametreleri

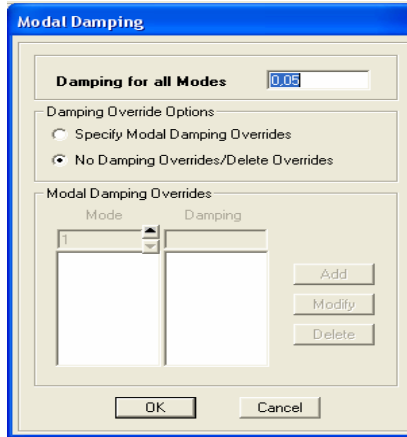
13. 2 kez **OK** düğmesine basılır.

14. **Define** menüsünde **Time History Cases** seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır.

15. Ekrana gelen ileti kutusunda **Add New History** düğmesine basılır.

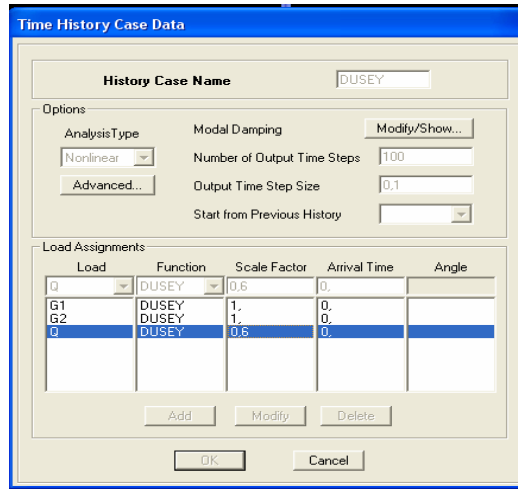
16. Ekrana gelen **Time History Case Data** ileti kutusunda

- **History Case Name** kutucuğuna **DUSEY** yazılır.
- **Analysis Type** bölümünde **Nonlinear** seçeneği tıklanır.
- **Modal Damping** bölümünde **Modify/Show...** düğmesine basılır.
- **Damping for all Modes** kutucuğuna **0.05** yazılır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.91: Düşeyde modların sönüm oranları

- **Number of Output Time Steps** kutucuğuna **100** yazılır.
- **Output Time Step Size** kutucuğuna **0.1** yazılır.
- **Load Assignments** bölümündeki **Load** bölümünden **G1** seçeneği tıklanır.
- **Function** bölümünden **DUSEY** seçeneği tıklanır.
- **Scale Factor** kutucuğuna **1** yazılır ve **Add** düğmesine basılır.
- **Load Assignments** bölümündeki **Load** bölümünden **G2** seçeneği tıklanır.
- **Function** bölümünden **DUSEY** seçeneği tıklanır.
- **Scale Factor** kutucuğuna **1** yazılır ve **Add** düğmesine basılır.
- **Load** bölümünden **Q** seçeneği tıklanır.
- **Function** bölümünden **DUSEY** seçeneği tıklanır.
- **Scale Factor** kutucuğuna **0.6** yazılır ve **Add** düğmesine basılır.



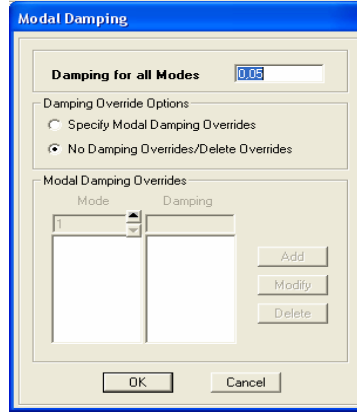
Şekil 5.92: Düşeyde time history dataları

17. **OK** düğmesine basarak tanımlama işlemi tamamlanır. Ekrana gelen ileti kutusunda **Add New History** düğmesine basılır.

18. Ekrana gelen **Time History Case Data** ileti kutusunda

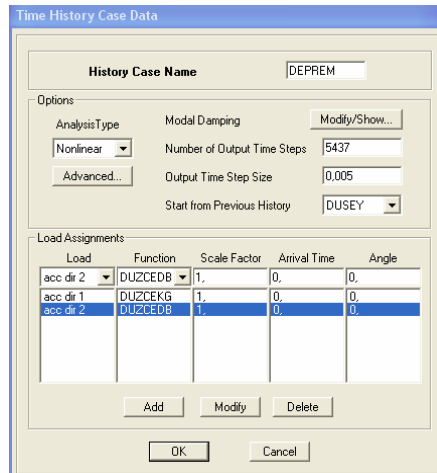
- **History Case Name** kutucuğuna **DEPREM** yazılır.
- **Analysis Type** bölümünde **Nonlinear** seçeneği tıklanır.
- **Modal Damping** bölümünde **Modify/Show...** düğmesine basılır.
- **Damping for all Modes** kutucuğuna **0.05** yazılır.
- **Damping Override Options** bölümünde **Specify Modal Damping Overrides** radyo düğmesi seçili duruma getirilir.

- **Modal Damping Overrides** bölümünde **Mode** kutucuğuna **1**, **Damping** kutucuğuna **0.05** yazılır ve **Add** düğmesine basılır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.93: Deprem için modların sönüm oranları

- **Number of Output Time Steps** kutucuğuna **5437** yazılır.
- Deprem kaydının $5437 \times 0.005 = 27.185$ saniyelik süresini esas alarak çözümleme yapılması için **Output Time Step Size** kutucuğuna **0.005** yazılır.
- **Start from Previous History** bölümünde **DUSEY** seçeneği tıklanır.
- **Load Assignments** bölümünde **Load** bölümünden **acc dir 1** seçeneği tıklanır.
- **Function** bölümünden **DUZCEKG** seçeneği tıklanır.
- **Scale Factor** kutucuğuna **1** yazılır ve **Add** düğmesine basılır.
- **Load** bölümünden **acc dir 2** seçeneği tıklanır.
- **Function** bölümünden **DUZCEDB** seçeneği tıklanır.
- **Scale Factor** kutucuğuna **1** yazılır ve **Add** düğmesine basılır.



Şekil 5.94: Deprem için time history dataları

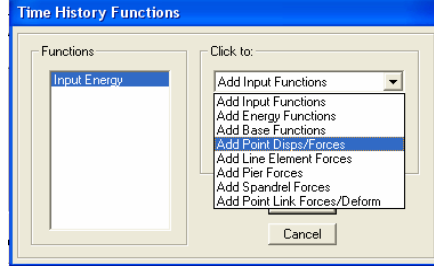
19. **OK** düğmesine basarak tanımlama işlemi tamamlanır.

20. **Run Analysis** düğmesine basarak sistemin çözümü yapılır.

21. **Display** menüsünde **Show Time History Traces** seçeneği tıklanır.

22. Ekrana gelen ileti kutusunda **Define Functions** düğmesine basılır.

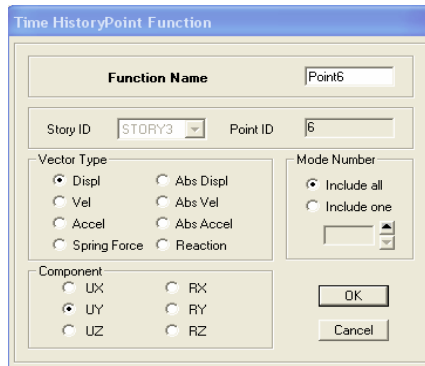
23. Ekrana gelen ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Point Disps/Forces** seçeneği tıklanır.



Şekil 5.95: Time history fonksiyonları seçimi

24. Ekrana gelen **Time History Point Function** ileti kutusunun

- **Story ID** bölümünden **STORY3** seçilir.
- **Point ID** kutucuğuna **6** yazılır.
- **Vector Type** bölümünden **Displ** seçeneği tıklanır.
- **Component** bölümünden **UY** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.96: Time history noktasal fonksiyonların atanması

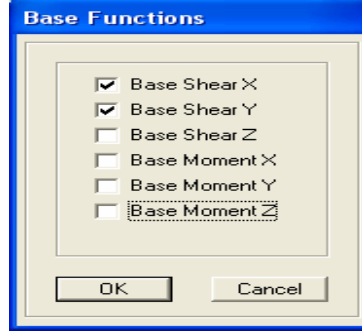
25. Yeniden ekrana gelen **Time History Functions** ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Point Disps/Forces** seçeneği tıklanır.

26. Ekrana gelen **Time History Point Function** ileti kutusunun

- **Story ID** bölümünden **BASE** seçilir.
- **Point ID** kutucuğuna **6** yazın.

- **Vector Type** bölümünden **Displ** seçeneği tıklanır.
- **Component** bölümünden **UY** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.

27. Yeniden ekrana gelen **Time History Functions** ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Base Functions** seçeneği tıklanır.



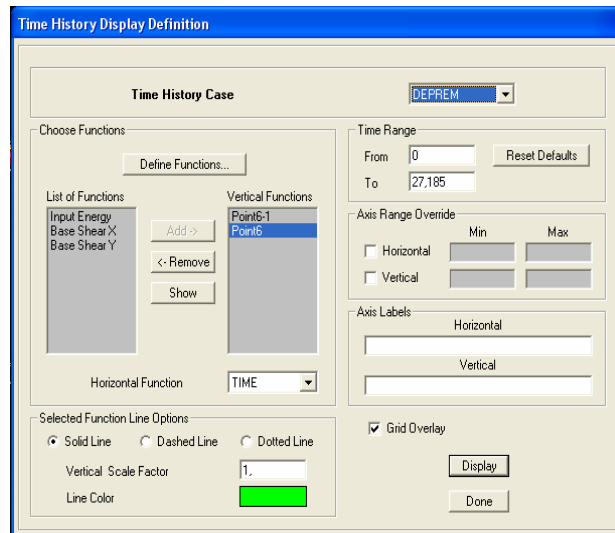
Şekil 5.97: Time history X ve Y yönü taban kesme kuvveti fonksiyonları seçimi

28. Ekrana gelen **Base Functions** ileti kutusunda **BASE Shear X** ve **BASE Shear Y** seçenekleri seçili duruma getirilir ve 2 kez **OK** düğmesine basılır.

29. **List of Functions** bölümünde **Point6** ve **Point6-1** seçenekleri üzerine klavyede Ctrl tuşuna basılı tutarak sol mouse tuşuyla tıklanır. **Add** düğmesine basılır.

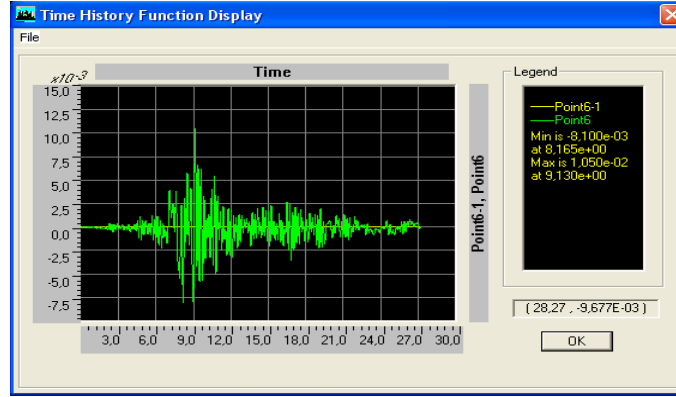
30. **Horizontal Function** açılır listesinden **TIME** seçeneği tıklanır.

31. **Time History Case** bölümünden **DEPREM** seçeneğine tıklanır.



Şekil 5.98: 6 Nolu düğüm noktasının en üst kat ve tabanda tanımlanma penceresi

32. **Display** düğmesine basarak Tabanda ve en üst kattaki 6 No.lu düğüm noktalarının zamana bağlı olarak Y yönündeki yerdeğiştirmelerinin değişimini gösteren grafik ekrana getirilir.

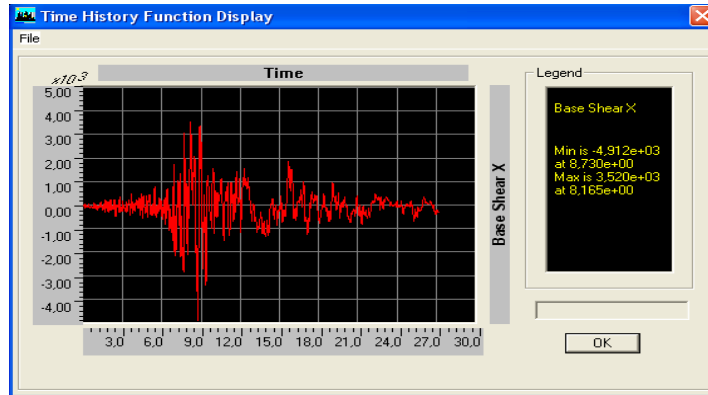


Şekil 5.99: 6 nolu düğüm noktasının en üst kat ve tabanda yerdeğiştirme-zaman grafiği

33. Grafikten görüldüğü gibi taban ankastre olduğundan yerdeğiştirmenin sıfır (0) olduğu sarı çizginin başlangıç noktasından itibaren düz bir şerit halinde devam ettiği görülmektedir. 3.katta maximum ve minimum kesme kuvvetleride grafiğin sağında görülmektedir.

34. X doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimini görmek için **Point6** ve **Point6-1** seçenekleri **Remove** düğmesine basılarak **Vertical Functions** bölümünden kaldırılır.

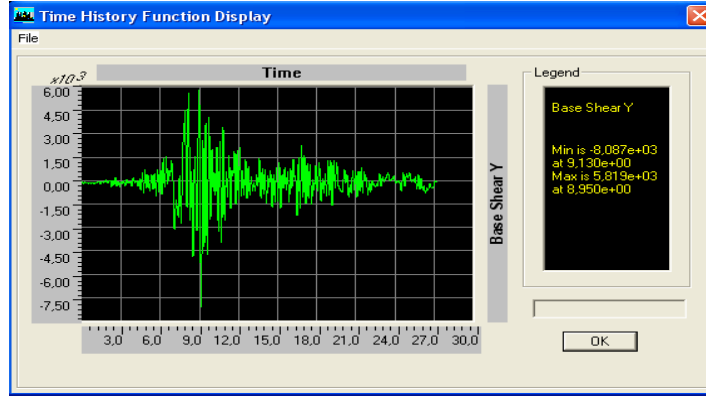
35. **Base Shear X** seçeneği tıklanır ve **Add** düğmesine basılır. **Display** düğmesine basarak zamana bağlı değişim grafik olarak ekrana getirilir.



Şekil 5.100: X yönünde taban kesme kuvveti-zaman grafiği

36. Y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimini görmek için **Base Shear X** seçeneği **Remove** düğmesine basılarak **Vertical Functions** bölümünden kaldırılır.

37. **Base Shear Y** seçeneği tıklanır ve **Add** düğmesine basılır. **Display** düğmesine basılır ve zamana bağlı değişim grafik olarak ekrana getirilir.



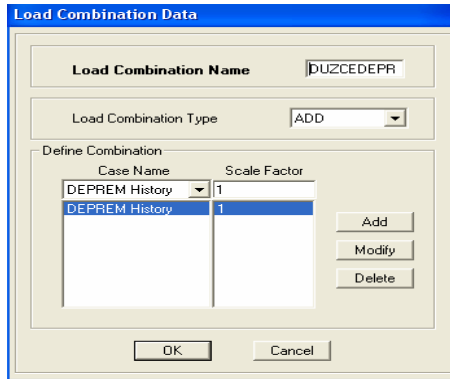
Şekil 5.101: Y yönünde taban kesme kuvveti-zaman grafiği

38. İlgili büyüklüklerin pozitif ve negatif en büyük değerleri ve karşı gelen zaman değerleri grafiğin sağ bölümünde verilmektedir.

Boyutlandırma:

Zaman Tanım alanında çözüm yapılacağından dolayı boyutlandırmada DÜZCEDEPREMİ kombinasyonu kullanılacaktır. Bunun için;

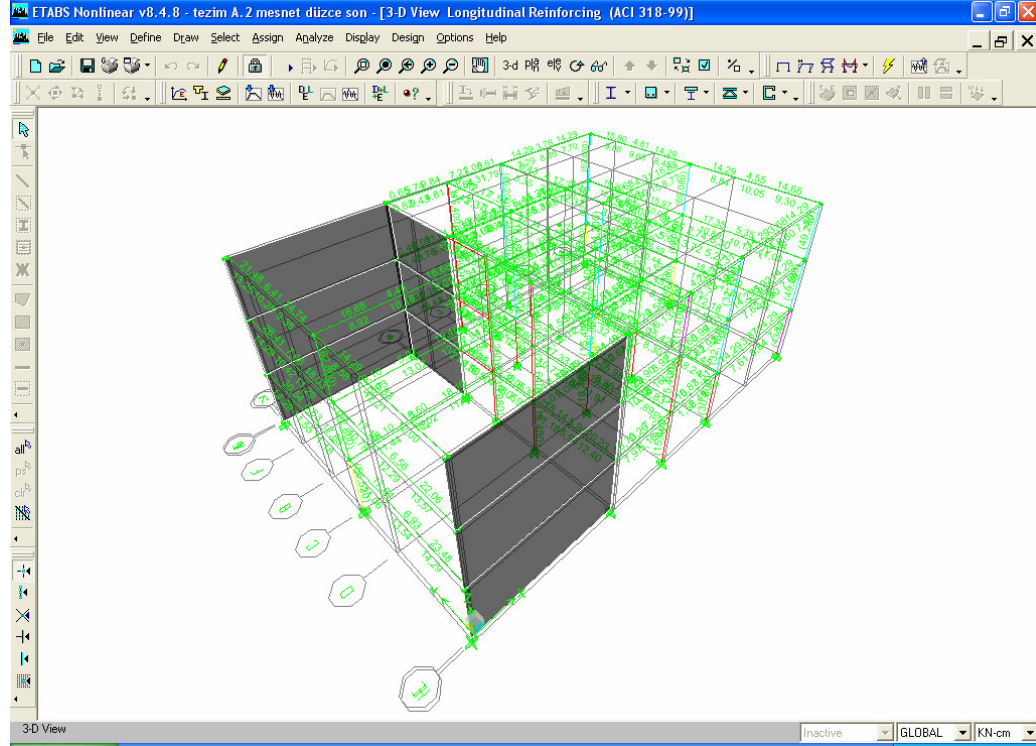
Define Load Combination→ Add New Combo tıklanır. Case Name açılır listesinden DEPREM History seçilir. Load Combination Name içinde DÜZCEDEPREMİ yazılır ve 2 kez OK e basılır.



Şekil 5.102: Düzce depremi kombinasyonu tanımlama penceresi

Boyutlandırma ile ilgili üstte anlatıldığı gibi ACI318-99 design code kullanılarak;

- Concrete Frame Design→ Start Design/ Check of Structure ile çerçevenin hesabı
- Shear Wall Design→Start Design/Check of Structure ile perde hesabı yapılır.



Şekil 5.103: Çubuk elemanlar için donatı analizi

39. Ekranda E aksı ile 3 aksılarının kesiştiği 1.kat kolonuna sağ mouse tuşuyla tıklandığında **Concrete Column Design Information** ileti kutusu görünür. SZ14 kolonu için aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere mevcut kapasitenin yeterli olmadığı tespit edilmiştir. (2,503 capacity ratio)

Concrete Column Design Information (ACI 318-99)					
Story	STORY1		Section Name		
Column	C1		SZ14		
COMBO ID	STATION LOC	CAPACITY RATIO	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT	
DUZCEDEF	0,00	2,503	0,000	0,000	
DUZCEDEF	1,15	1,215	0,000	0,000	
DUZCEDEF	2,30	0,808	0,000	0,000	

Overwrites Interaction Summary Flex. Details Shear Details Joint Shear B/C Details

OK Cancel

Şekil 5.104: SZ14 kolonu kapasite oranları

40. Bazı kolonların kapasitesinin yeterli olduğu bazılarının da olmadığı analiz sonuçları incelendiğinde ortaya çıkmaktadır. Örneğin; E-3 aksı keşiminde bulunan **SZ16** kolonu için aşağıda da görüldüğü üzere mevcut kapasite yeterli bulunmuştur. (0,959 capacity ratio)

COMBO ID	STATION LOC	CAPACITY RATIO	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DUZCEDEP	0,00	0,959	0,001	0,001
DUZCEDEP	1,15	0,398	0,001	0,001
DUZCEDEP	2,30	0,295	0,001	0,001

Şekil 5.105: SZ16 kolonu kapasite oranları

41. **Summary** düğmesine basarak ilgili elemanın donatı hesabı hakkında daha ayrıntılı bilgileri içeren ileti kutusu ekrana gelir. Bu ekranda eleman numarası, kesit türü, eleman “özellikleri, en elverişsiz yükleme adı, eğilme ve kayma hesabında kullanılan ve sonuçta” elde edilen bilgiler bulunmaktadır. Örneğin ilgili kolon için **55,27 KN** normal kuvvet, **14990,80 kNcm (149,91 kNm)** ve **1035,72 kNcm (10,36 kNm)** momentleri etkisindedir.

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT CHECK FOR PU, M2, M3		Design		Minimum	
Capacity	Design	Design	Design	Minimum	Minimum
Ratio	Pu	M2	M3	M2	M3
0,959	-55,274	14990,799	-1035,718	167,150	133,985

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT FACTORS		Delta ns		Delta s		K		L	
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Length	Length
Major Bending(M3)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	230,000	230,000
Minor Bending(M2)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	230,000	230,000

SHEAR DESIGN FOR U2,U3		Design		Shear		Shear		Shear	
	Rebar	Rebar	Uu	phi*Uc	phi*Us	phi*Us	phi*Us	phi*Us	phi*Us
Major Shear(U2)	0,135	0,135	66,927	0,000	66,927	66,927	66,927	66,927	66,927
Minor Shear(U3)	0,116	0,116	102,029	0,000	102,029	102,029	102,029	102,029	102,029

JOINT SHEAR DESIGN		Joint		Shear		Shear		Joint	
	Ratio	Ratio	UuTot	phi*Uc	phi*Uc	phi*Uc	phi*Uc	Area	Area
Major Shear(U2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(U3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Şekil 5.106: SZ16 kolonu betonarme analiz bilgileri

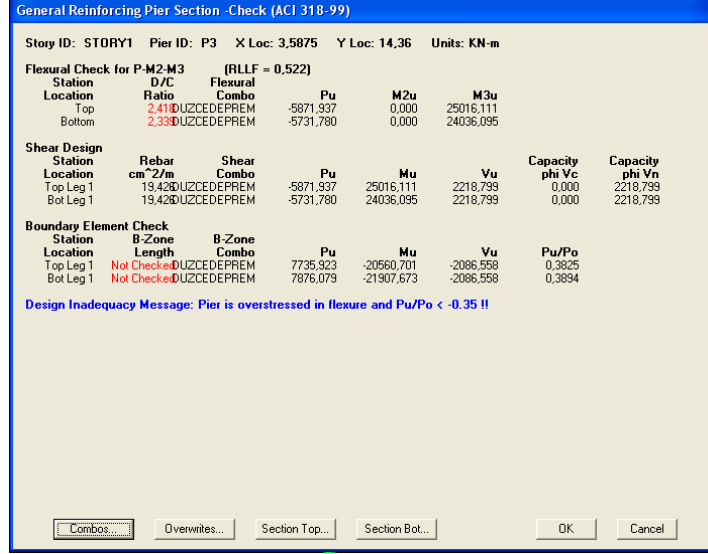
42. Özet bilgileri içeren pencere kapatılır ve **OK** düğmesine basılır.

Perdelerin Betonarme Hesabı:

İlk kısımda anlatıldığı üzere girdiler kontrol edilir.

43.  düğmesine basarak betonarme perdelerin donatı hesabının yapılmasını sağlar.

44. Sağ mouse tuşuyla zemin katta A aksı üzerindeki P3 perdesinin üzerine tıklanır.



General Reinforcing Pier Section -Check (ACI 318-99)							
Story ID: STORY1 Pier ID: P3 X Loc: 3,5875 Y Loc: 14,36 Units: KN-m							
Flexural Check for P-M2-M3 (RLLF = 0,522)							
Station	D/C	Flexural	Pu	M2u	M3u		
Location	Ratio	Combo					
Top	2.418	DUZCEDEPREM	-5871,937	0,000	25016,111		
Bottom	2.333	DUZCEDEPREM	-5731,780	0,000	24036,095		
Shear Design							
Station	Rebar	Shear	Pu	Mu	Vu	Capacity	Capacity
Location	cm ² /m	Combo				phi Vc	phi Vn
Top Leg 1	19.428	DUZCEDEPREM	-5871,937	25016,111	2218,799	0,000	2218,799
Bot Leg 1	19.428	DUZCEDEPREM	-5731,780	24036,095	2218,799	0,000	2218,799
Boundary Element Check							
Station	B-Zone	B-Zone	Pu	Mu	Vu	Pu/Po	
Location	Length	Combo					
Top Leg 1	Not Checked	DUZCEDEPREM	7735,923	-20560,701	-2086,558	0,3825	
Bot Leg 1	Not Checked	DUZCEDEPREM	7876,079	-21907,673	-2086,558	0,3894	
Design Inadequacy Message: Pier is overstressed in flexure and Pu/Po < -0.35 !!							

Şekil 5.107: Zemin kat P3 perdesi donatı hesap analizi

45. Söz konusu perde için taban kesitinde **DUZCEDEPREMİ** yüklemesinde eğilme donatısı yeterliliğinin esas alınarak hesaplandığı görülmektedir. Bu yüklemde perde üst kesitinde normal kuvvet değeri **5871,94 kN**, moment değeri **25016,11 kNm** değerini almaktadır. Buna göre perdenin hem üst hem de taban kesitinde kapasitenin sınır değeri çok çok aştığı (max: 2,418) görülmekte olup, **P3** perdesinin eğilme etkisi altında yetersiz olduğu görülmektedir.

Analiz sonuçları:

Analiz sonuçları izolatörlü çözüm yapıldıktan sonra daha detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Bu noktada perde ve çerçeveden müteşekkil yapımızın hangi elemanlarında yetersizlik söz konusu olduğu aşağıda tablo halinde verilecektir:

Tablo 5.5: Pier elemanlarda eğilmede ve kesmede kapasitenin aşıldığı görülen elemanlar

Perdeler		
Story 1	Story 2	Story 3
P1,P2,P3	P1,P2	--

Tablo 5.6: “Kapasite oranı” sınırını aşan yapı elemanları

Kolonlar		
Story 1	Story 2	Story 3
SZ02	S102	S202
SZ05	--	--
SZ07	S107	S207
SZ10	S110	S210
SZ11	--	--
SZ12	--	--
SZ14	S114	--
SZ15	--	--

5.1.3. Perde ve Çerçevesizden Müteşekkil Mevcut Okul Binasının Taban İzolasyonlu Zaman Tanım Alanında Nonlineer Analizi

1. İzolatör yerleştirmeden önce temelde bulunan kolonları birbirine kirişlerle bağlayarak çözüm yoluna gidilmiştir. Aşağıda anlatıldığı gibidir.

2. İzolatör seviyesindeki yeni **kiriş** kesitini tanımlamak için **Define** menüsünde **Frame Sections...** seçeneği veya  ikonuna basılır. Buradan daha öncede anlatıldığı üzere 60x100 kiriş kesiti seçilir. Beton kalitesi **C20** alınacaktır.

3 Plan  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Select Plan Level** kutusundan **BASE** seçilerek izolasyon seviyesi ekrana getirilir.

4 **Draw**→ **Draw Line Objects** → **Draw Lines** ya da  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Properties of Object** kutucuğunun **Property** sekmesinden **K60x100** seçilir.

5 Varolan bütün kolonlar ve perdeler aşağıda olduğu gibi birbirine 60x100 kirişlerle bağlanır.

6 Bu kirişlerin üzerine D18 döşemesi atanır. Bunun için;

Draw→ **Draw Area Objects** → **Draw Rectangular Areas** ya da  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Properties of Object** kutucuğunun **Property** sekmesinden **D18** seçilir ve aks birleşim noktaları tutularak atamalar yapılır.

7. Daha sonra Assign menüsünde **Shell/Area**→ **Rigid Diaphragm** seçeneği tıklanır. Temelde bulunan döşeme mesh lerede ayrılır.

Yapımıza en uygun taban izolatörü olarak **kurşun çekirdekli kauçuk izolatör** seçilmiştir. “Dynamic Isolation Systems, Inc.” Firması tarafından üretilen **DIS** tipi kurşun çekirdekli izolatörler kullanılacaktır. 3 tip olan bu izolatörlerden hesaplar için en uygun tür olan **DISB** seçilmiştir.

Taban Yalıtım Özellikleri:

İzolatör Elemanın Toplam Ağırlığı: 8,3404 kN

Düşey yön için etkili rijitlik: 2468654,085 kN/m (Lineer)

Yatay yön için etkili rijitlik: 1180,926 kN/m (Lineer)

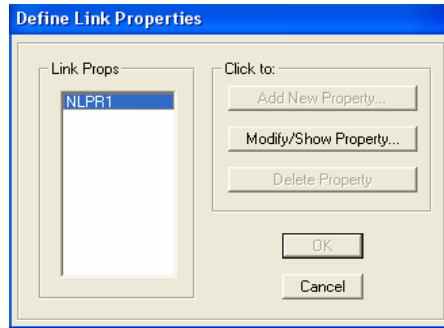
Yatay yön için etkili rijitlik: 6808,12 kN/m (Nonlinear)

Akma dayanımı: 127,03 kN

Akma sonrası rijitliğin akma öncesi rijitliğe oranı: 0,1

8. Define menüsünde **Link Properties** seçeneği tıklanır.

9.Ekrana gelen **Define Link Properties** ileti kutusunda varsayılan olarak **NLPR1** adı ile tanımlanmış olan bağlantı özelliği bulunmaktadır. Bu seçeneğin üzeri tıklanır ve **Modify/Show Property...** düğmesine basılır.



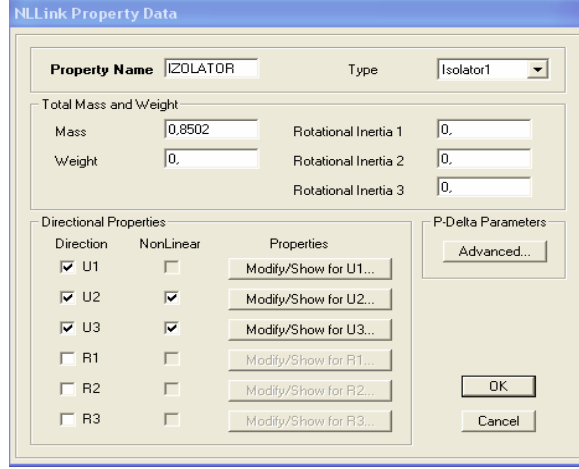
Şekil 5.108: İzolatör tanımlama penceresi

10. Ekrana gelen **NLLink Property Data** ileti kutusunda

- **Property Name** kutucuğuna **IZOLATOR** yazılır.
- **Type** bölümünden **Isolator1** seçeneğine tıklanır.
- **Total Mass and Weight** bölümündeki **Mass** kutucuğuna **0,8502** ($8,3404 / 9,81 = 0,8502$ KNs^2 / m) yazılır.
- **Directional Properties** bölümünde **Direction U1, U2 ve U3** seçenekleri seçili duruma

getirilir.

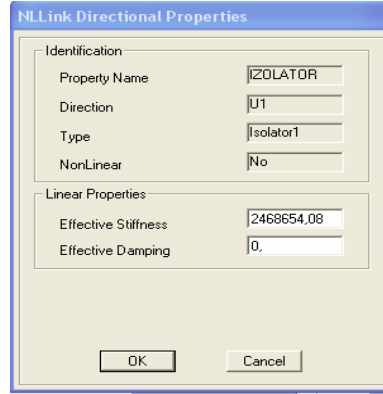
- **U2** ve **U3** seçeneklerinin **Nonlinear** özellikleri de seçili duruma getirilir.



Şekil 5.109: İzolatör özelliklerini tanımlama penceresi

11. **Modify/Show for U1** düğmesine basılır. Ekrana gelen **NLLink Directional Properties** (Nonlinear bağlantı elamanının yönlere göre özellikleri) ileti kutusunda;

- **Effective Stiffness** kutucuğuna **2468654,08** yazılır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.110: İzolatörün rijitlik ve sönüm özellikleri girdi penceresi

12. **Modify/Show for U2** düğmesine basılır. Ekrana gelen **NLLink Directional Properties**

(Nonhineer bağlantı elamanının yönlere göre özellikleri) ileti kutusunda

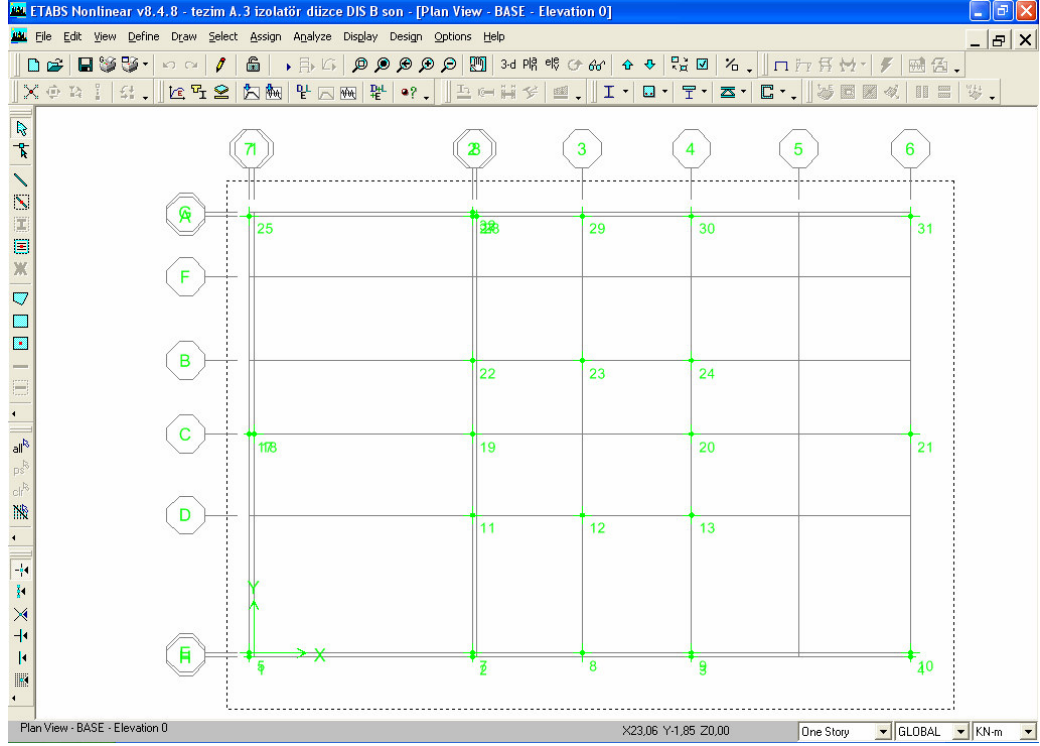
- **Effective Stiffness** kutucuğuna **1180,926**
- **Stiffness** kutucuğuna **6808,12**

- **Yield Strength** kutucuğuna **127,03**
- **Post Yield Stiffness Ratio** kutucuğuna **0.1** yazılır ve **OK** düğmesine basılır.

NLLink Directional Properties	
Identification	
Property Name	IZOLATOR
Direction	U2
Type	Isolator1
NonLinear	Yes
Linear Properties	
Effective Stiffness	1180,926
Effective Damping	0.
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0.
Nonlinear Properties	
Stiffness	6808,12
Yield Strength	127,03
Post Yield Stiffness Ratio	0,1
OK Cancel	

Şekil 5.111: İzolatörün lineer ve nonlinear sönüm, akma v.s değerlerini gösterir pencere

- 13. Modify/Show for U3** düğmesine basılıp **U2** için kullanılan bütün değerler aynen yazılır.
- 14. 3 kez OK** düğmesine basarak tanımlama işlemini tamamlanır.
- 15. Plan** düğmesine basılır, ekrana gelen ileti kutusunda **BASE** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır. **Elevation 0** seviyesindeki plan görünümü ekrana gelecektir.
- 16. Set Building View Options** düğmesine basılır veya **View** menüsünden **Set Building View Options** seçeneği tıklanır.
- 17. Ekrana gelen ileti kutusunun Object Present in View** bölümündeki **Point Objects** kutucuğunun altında bulunan **Invisible** (Görünmez) özelliği seçili durumdan çıkarılır ve **OK** düğmesine basılır.
- 18. Bu işlem plan görünümünde düğüm noktalarının da görünmesini sağlayacaktır.**
- 19. Pencere içine alarak 20 adet düğüm noktası seçili duruma getirilir.**

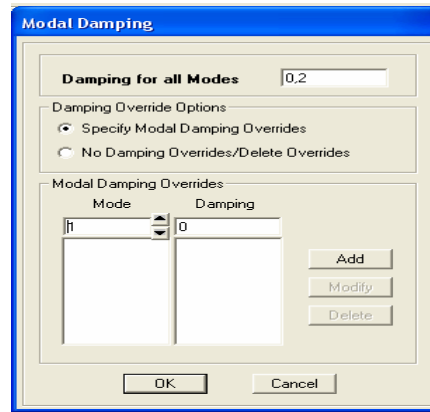


Şekil 5.112: İzolatörün temelde düğüm noktalarına atanması

20. Assign menüsünde **Joint/Point → Link Properties** seçeneği tıklanır.. Ekrana gelen ileti kutusunda **IZOLATOR** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.

21. Bu işlem ile bu düğüm noktalarına **IZOLATOR** özelliği atanmış olmaktadır.

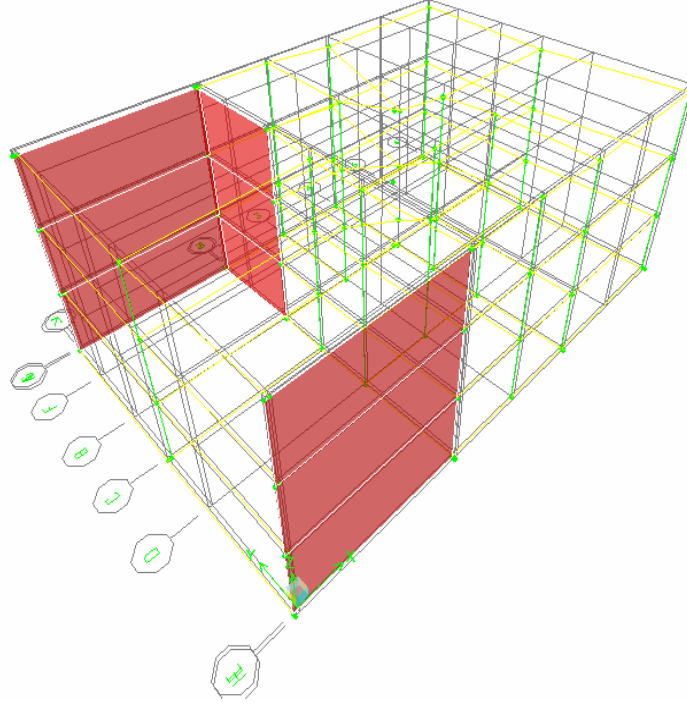
22. Zaman tanım alanında çözümleme için takip edilecek adımlar 5.1.2 de anlatılmıştır. Tek fark **Time History Case Data** ileti kutusunda ki **DEPREM** bölümünün **Analysis Type** kısmındaki **Nonlinear** seçeneğinin altında bulunan **Modal Damping** bölümüdür. Burada **Damping for all Modes** kutucuğuna **0.2** yazılır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.113: Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün sönüm oranı

23.  **Run Analysis** düğmesine basarak sistemin çözümü yapılır.

24. Analizin bitiminde, **G1** yüklemesine ilişkin şekil değiştirmiş durum ekrana gelecektir.



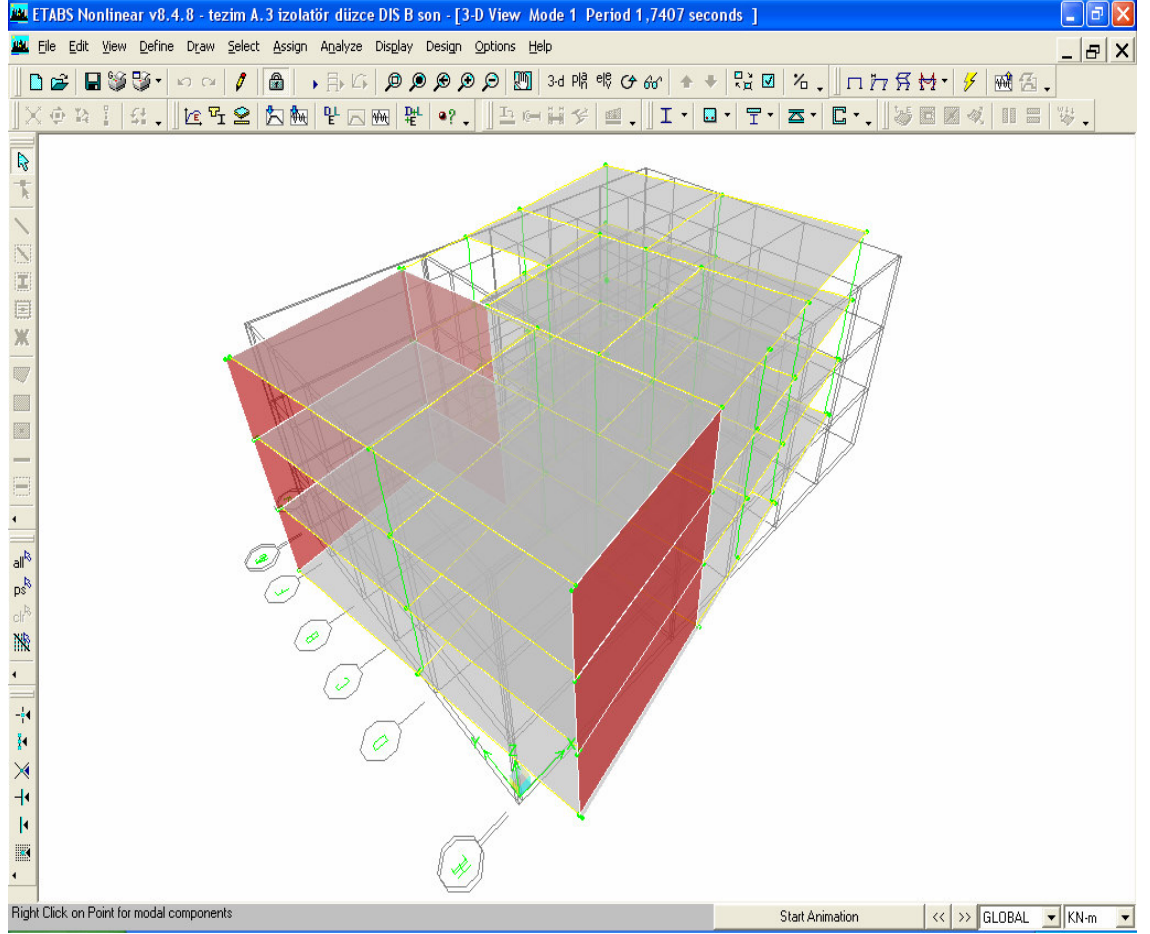
Şekil 5.114: G1 yüklemesine ait şekil değiştirmiş durum

25. **Display** menüsünde **Show Mode Shape** seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır.

26. Ekrana gelen **Mode Shape** (Mod şekli) ileti kutusunun **Mode Number** (Mod sayısı) kutucuğuna **1** yazılır ve **OK** düğmesine basılır.

27. Burada birinci modun Z (burulma) doğrultusunda olduğu görülür. Dolayısıyla yapının **Z** doğrultusundaki **1. doğal titreşim periyodu** $T_{1Z} = 1,7407$ s olarak belirlenmiş olur.

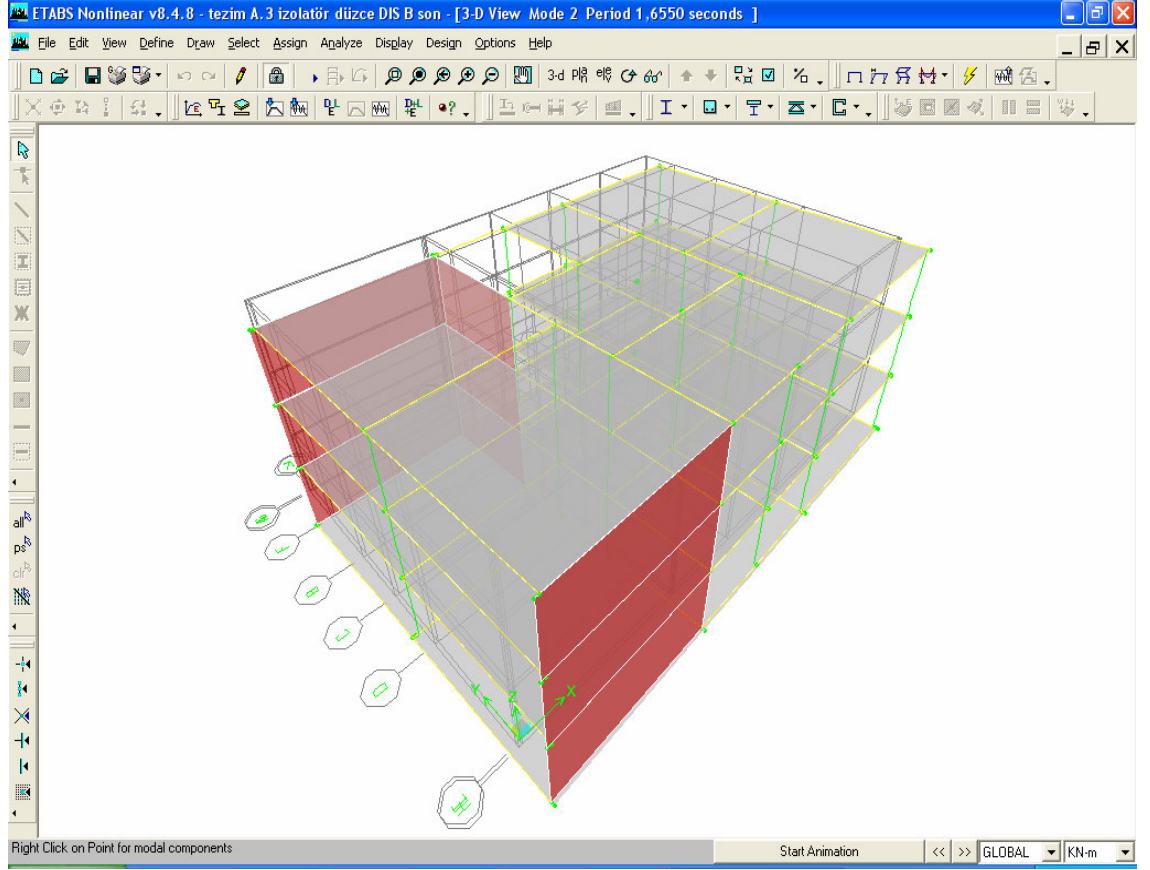
Not: Benzer sistemin taban yalıtımı olmadığı durumda Z yönünde 1. doğal titreşim periyodu **0,1447** s olarak hesaplanmıştı.



Şekil 5.115: 1.Mod şekli

29. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki **>>** sonraki modu görüntüleme düğmesine basılır. Bu kez ekranda, 2. mod şekli görüntülenecek ve pencerenin başlık bölümünde Mode 2 Period 1,6550 yazısı okunacaktır. Bu görüntüden de, 2. modun Y yönünde olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yapının **Y** doğrultusundaki **1. doğal titreşim periyodu $T_{1Y} = 1,6550$ s** olarak belirlenmiş olur.

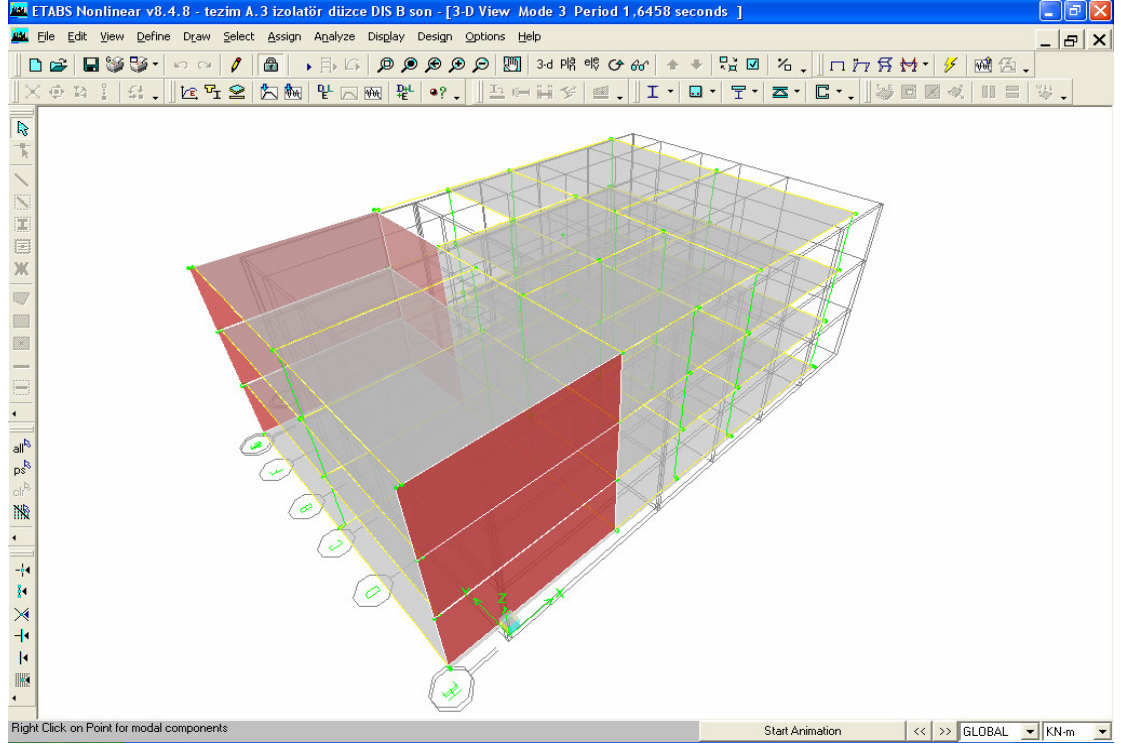
Not: Benzer sistemin taban yalıtımı olmaması halinde, Y yönündeki 1. doğal titreşim periyodu **0,2165 s** olarak hesaplanmıştı.



Şekil 5.116: 2.Mod şekli

30. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki **>>** sonraki modu görüntüleme düğmesine basılır. Bu kez ekranda, 3. mod şekli görüntülenecek ve pencerenin başlık bölümünde Mode 3 Period 1,6458 yazısı okunacaktır. Bu görüntüden de, 3. modun X yönünde olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yapının **X** doğrultusundaki **1. doğal titreşim periyodu $T_{1X} = 1,6458$ s** olarak belirlenmiş olur.

Not: Benzer sistemin taban yalıtımı olmaması halinde, X yönündeki 1. doğal titreşim periyodu **0,1110 s** olarak hesaplanmıştı.



Şekil 5.117: 3.Mod şekli

31. **Display** menüsünden **Set Output Table Mode** seçeneği tıklanır.

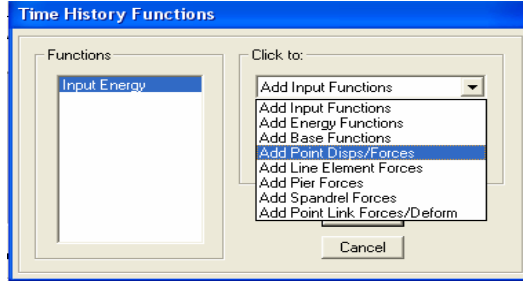
32Ekranı gelen **Display Output Tables** ileti kutusunda **Building Modal Info** kutucuğu seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır.

33Ekranı gelen ileti kutusunun sağındaki açılır listeden **Modal Participating Mass Ratios** seçeneği tıklanır. Bu işlem sonunda kütle katılım oranlarını gösteren tablo görüntülenecektir.

Modal Participating Mass Ratios									
Edit View									
Modal Participating Mass Ratios									
Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	
1	1.740678	0.1125	2.0174	0.0000	0.1125	2.0174	0.0000	1.3939	
2	1.655012	5.9560	92.3454	0.0000	6.0685	94.3628	0.0000	62.0180	
3	1.645814	93.9294	5.6215	0.0000	99.9979	99.9842	0.0000	3.7343	
4	0.147887	0.0008	0.0154	0.0000	99.9986	99.9996	0.0000	30.3736	
5	0.074659	0.0013	0.0003	0.0000	100.0000	99.9999	0.0000	2.3441	
6	0.021453	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9999	0.0000	0.0039	
7	0.012928	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9999	0.0000	0.0099	
8	0.010660	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9999	0.0000	0.0023	
9	0.009390	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9999	0.0000	0.0004	

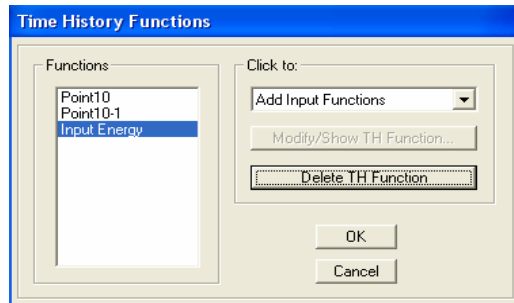
Şekil 5.118: Periyotlar ve kütle katılım oranları

34. **Display** menüsünde **Show Time History Traces** seçeneği tıklanır.
35. Ekrana gelen ileti kutusunda **Define Functions** düğmesine basılır.
36. Ekrana gelen ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Point Disps/Forces** seçeneği tıklanır.



Şekil 5.119: Time history fonksiyonu seçimleri

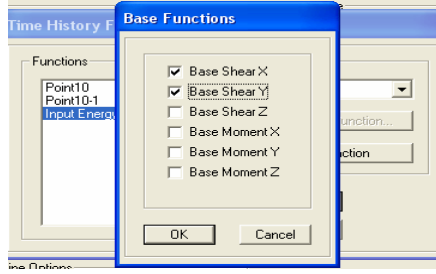
37. Ekrana gelen **Time History Point Function** ileti kutusunun
- **Story ID** bölümünden **STORY3** seçilir.
 - **Point ID** kutucuğuna **10** yazılır. (En büyük yerdeğiştirmenin olduğu düğüm noktası olduğu için seçilmiştir)
 - **Vector Type** bölümünden **Displ** seçeneği tıklanır.
 - **Component** bölümünden **UY** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.
38. Yeniden ekrana gelen **Time History Functions** ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Point Disps/Forces** seçeneği tıklanır.
39. Ekrana gelen **Time History Point Function** ileti kutusunun
- **Story ID** bölümünden **BASE** seçilir.
 - **Point ID** kutucuğuna **10** yazın.
 - **Vector Type** bölümünden **Displ** seçeneği tıklanır.
 - **Component** bölümünden **UY** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.120: Time history analizi için seçilen düğüm noktaları

40. Yeniden ekrana gelen **Time History Functions** ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Base Functions** seçeneği tıklanır.

41. Ekrana gelen **Base Functions** ileti kutusunda **BASE Shear X** ve **BASE Shear Y** seçenekleri seçili duruma getirilir ve 2 kez **OK** düğmesine basılır.

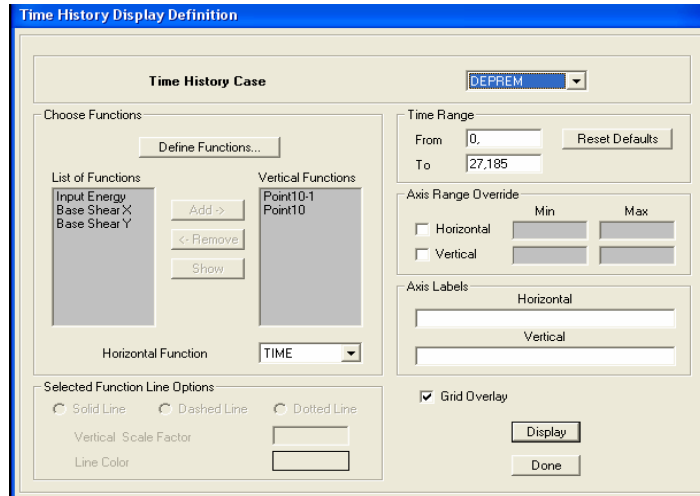


Şekil 5.121: Time history analizi için seçilen taban kesme kuvveti fonksiyonları

42. **List of Functions** bölümünde **Point10** ve **Point10-1** seçenekleri üzerine klavyede Ctrl tuşuna basılı tutarak sol mouse tuşuyla tıklanır. **Add** düğmesine basılır.

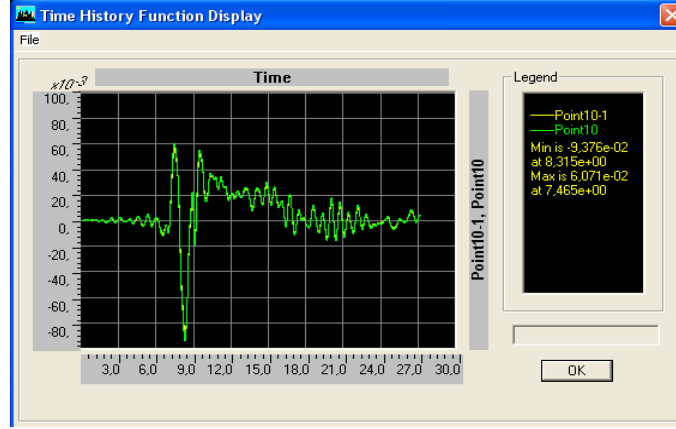
43. **Horizontal Function** açılır listesinden **TIME** seçeneği tıklanır.

44. **Time History Case** bölümünden **DEPREM** seçeneğine tıklanır.



Şekil 5.122: Time history analizi için seçilen düğüm noktalarının gösterildiği pencere

45. **Display** düğmesine basarak Tabanda ve en üst kattaki 10 No.lu düğüm noktalarının zamana bağlı olarak Y yönündeki yerdeğiştirmelerinin değişimini gösteren grafik ekrana getirilir.

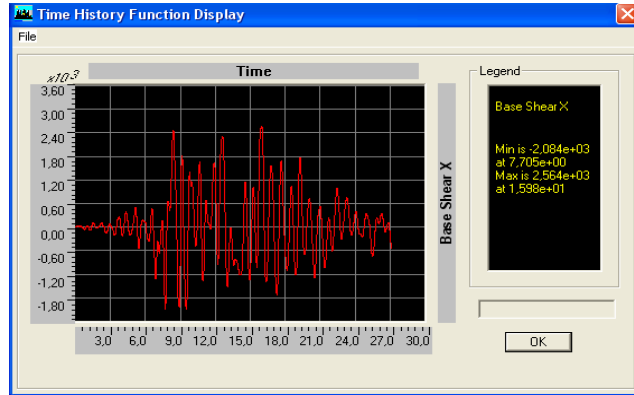


Şekil 5.123: Tabanda ve en üst kattaki 10 nolu düğüm noktasının Y yönünde zamana bağlı yerdeğiştirme grafiği

46. Grafikten görüldüğü gibi bu iki noktanın yerdeğiştirmeleri birbirlerine çok yakındır. Bu durum üst yapının görelî yerdeğiştirmelerinin çok küçük olduğunu, yapının izolatör üzerinde rijit cisim hareketine benzer davranış gösterdiğini belirtmektedir.

47. X doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimini görmek için **Point9** ve **Point9-1** seçenekleri **Remove** düğmesine basılarak **Vertical Functions** bölümünden kaldırılır.

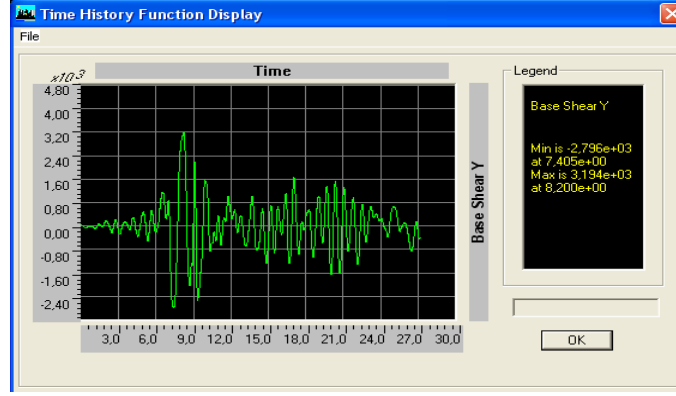
48. **Base Shear X** seçeneği tıklanır ve **Add** düğmesine basılır. **Display** düğmesine basarak zamana bağlı değişim grafik olarak ekrana getirilir.



Şekil 5.124: X yönünde taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

49. Y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimini görmek için **Base Shear X** seçeneği **Remove** düğmesine basılarak **Vertical Functions** bölümünden kaldırılır.

50. **Base Shear Y** seçeneği tıklanır ve **Add** düğmesine basılır. **Display** düğmesine basılır ve zamana bağlı değişim grafik olarak ekrana getirilir.



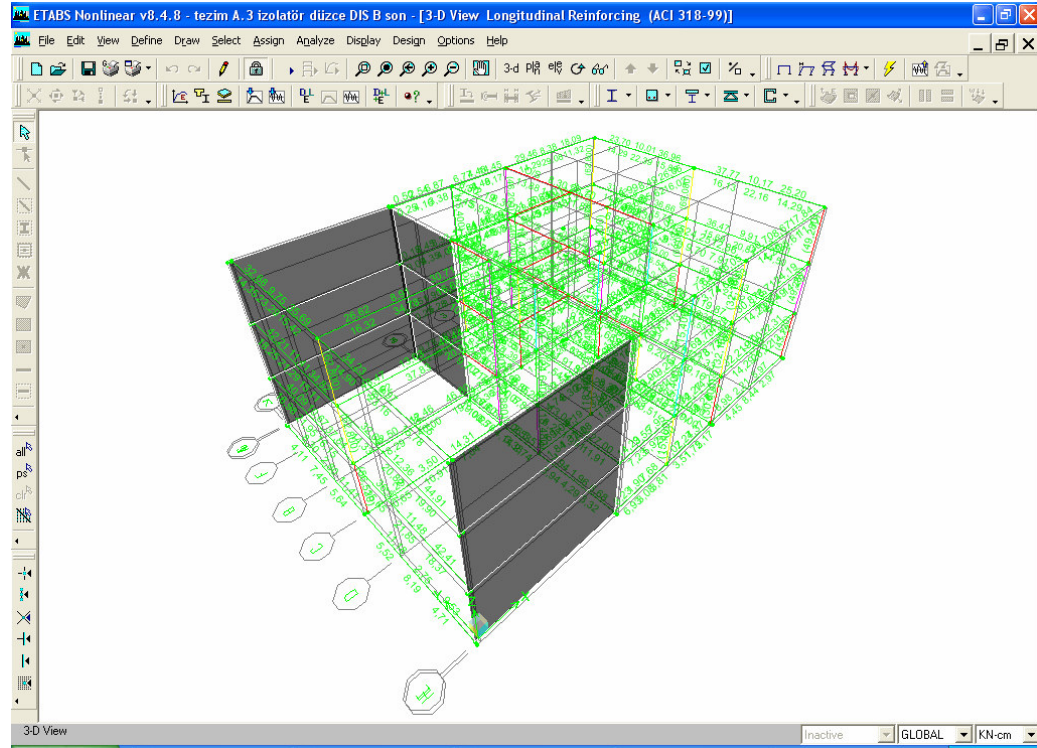
Şekil 5.125: Y yönünde taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

51. İlgili büyüklüklerin pozitif ve negatif en büyük değerleri ve karşı gelen zaman değerleri grafiğin sağ bölümünde verilmektedir.

Boyutlandırma:

Boyutlandırma ile önceki bölümlerde anlatıldığı gibi ACI318-99 design code kullanılarak;

- Concrete Frame Design → Start Design/ Check of Structure ile çerçevenin hesabı
- Shear Wall Design → Start Design/ Check of Structure ile perde hesabı yapılır.



Şekil 5.126: Çubuk elemanlar için donatı analizi

52. Ekranda B aksı ile 3 aksılarının kesiştiği 1.kat kolonuna sağ Mouse tuşuyla tıklanıldığında **Concrete Column Design Information** ileti kutusu görünür. **SZ05** kolonu için aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere mevcut kapasite oranının 1,015 mertebesinde olduğu görülmektedir. Yüzde bire tekabül eden bu aşma oranı aslında kabul edilebilir mahiyettedir. Bunun gibi sınır şartını çok az miktarda aşan 5 adet kolon (SZ06, SZ08, SZ09, SZ15,SZ16) daha mevcuttur.

COMBO ID	STATION LOC	CAPACITY RATIO	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DUZCEDEP	0,00	1,015	0,000	0,000
DUZCEDEP	125,00	0,935	0,090	0,000
DUZCEDEP	250,00	0,927	0,090	0,000

Şekil 5.127: SZ05 kolonu kapasite oranları

53. Yine E-3 aksı keşiminde bulunan SZ14 kolonu için aşağıda da görüldüğü üzere mevcut kapasite yeterli bulunmuştur. (0, 765 capacity ratio)

COMBO ID	STATION LOC	CAPACITY RATIO	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DUZCEDEP	0,00	0,765	0,090	0,054
DUZCEDEP	115,00	0,522	0,090	0,054
DUZCEDEP	230,00	0,540	0,090	0,054

Şekil 5.128: SZ14 kolonu kapasite oranları

54. **Summary** düğmesine basarak ilgili elemanın donatı hesabı hakkında daha ayrıntılı bilgileri içeren ileti kutusu ekrana gelir. Bu ekranda eleman numarası, kesit türü, eleman “özellikleri, en elverişsiz yükleme adı, eğilme ve kayma hesabında kullanılan ve sonuçta” elde edilen bilgiler bulunmaktadır. Örneğin ilgili kolon için **596,93 KN** normal kuvvet, **7656,34 kNcm (76,56 kNm)** ve **1653,60 kNcm (16,54 kNm)** momentleri etkisindedir.

Concrete Design Information ACI 318-99

File Drawing

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN

Type: Sway Special

Units: KN-cm (Summary)

Level: : STORY1

Element: : C1

Station Loc: : 0,000

Section ID: : SZ14

Combo ID: : DUZCEDEPREM

L=300,000

B=50,000

E=2615,000

$f_y=19,100$

RLLF=0,947

D=30,000

$f_c=0,933$

$f_{ys}=19,100$

dc=4,000

Lt.Wt. Fac.=1,000

Phi(Compression-Spiral): 1,000

Phi(Compression-Tied): 1,000

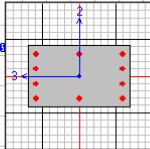
Phi(Tension): 1,000

Phi(Bending): 1,000

Phi(Shear/Torsion): 1,000

Overstrength Factor: 1,25

Units: KN-cm



AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR P_u , M_2 , M_3

Capacity	Design	Design	Design	Minimum	Minimum
Ratio	P_u	M_2	M_3	M_2	M_3
0,765	596,930	-7656,342	-1683,599	1805,115	1446,957

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

	C_m	Δ_{ns}	Δ_s	K	L
	Factor	Factor	Factor	Factor	Length
Major Bending(M_3)	1,000	1,067	1,000	1,000	230,000
Minor Bending(M_2)	1,000	1,023	1,000	1,000	230,000

SHEAR DESIGN FOR U_2 , U_3

	Design	Shear	Shear	Shear	Shear
	Rebar	U_u	ϕU_c	ϕU_s	U_p
Major Shear(U_2)	0,090	58,671	84,988	44,816	58,671
Minor Shear(U_3)	0,054	53,134	90,218	47,574	53,134

JOINT SHEAR DESIGN

	Joint Shear	Shear	Shear	Shear	Joint
	Ratio	U_{uTop}	U_{uTot}	ϕU_c	Area
Major Shear(U_2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(U_3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

Şekil 5.129: SZ16 kolonu betonarme analiz bilgileri

55. Özet bilgileri içeren pencere kapatılır ve **OK** düğmesine basılır.

Perdelerin Betonarme Hesabı:

İlk kısımda anlatıldığı üzere girdiler kontrol edilir.

56.  düğmesine basarak betonarme perdelerin donatı hesabının yapılmasını sağlar.

57. Sağ mouse tuşuyla zemin katta A aksı üzerindeki zemin kat P3 perdesinin üzerine tıklanır.

General Reinforcing Pier Section -Check (ACI 318-99)

Story ID: STORY1		Pier ID: P3	X Loc: 358,75	Y Loc: 1436	Units: KN-cm				
Flexural Check for P-M2-M3 (RLLF = 1,000)									
Station	D/C	Flexural	Pu	M2u	M3u				
Location	Ratio	Combo							
Top	0,340	DUZCEDEPREM	-13,632	0,000	-550119,604				
Bottom	0,350	DUZCEDEPREM	322,743	0,000	-632450,895				
Shear Design									
Station	Rebar	Shear	Pu	Mu	Vu	Capacity	Capacity		
Location	cm ² /m	Combo				phi Vc	phi Vn		
Top Leg 1	6,250	DUZCEDEPREM	-13,632	221725,652	-928,882	948,094	1840,422		
Bot Leg 1	6,250	DUZCEDEPREM	322,743	322468,208	-928,882	948,094	1840,422		
Boundary Element Check									
Station	B-Zone	B-Zone	Pu	Mu	Vu	Pu/Po			
Location	Length	Combo							
Top Leg 1	112,120	DUZCEDEPREM	2813,210	-550119,604	-928,882	0,1391			
Bot Leg 1	114,260	DUZCEDEPREM	3149,565	-632450,895	-928,882	0,1557			

Combos...

Overwrites...

Section Top...

Section Bot...

OK

Cancel

Şekil 5.130: Zemin kat P3 perdesi donatı hesap analizi

58. Söz konusu perde için taban kesitinde **DUZCEDEPREMİ** yüklemesinde eğilme ve kesme donatısı yeterliliğın esas alınarak hesaplandığı görölmektedir. Bu yüklemde perde üst kesitinde normal kuvvet değeri **13,63 kN**, moment değeri **5501,20 kNm** değerini almaktadır. Buna göre perdenin hem üst hem de taban kesitinde kapasitenin sınır değerin altında olduğu (0,344) yani yeterli olduğu görölmektedir.

Analiz sonuçları:

Yapı elamanlarının taban izolatörlü halde Zaman tanım alanında çözümünde bütün kesitlerinin kurtarıldığı, herhangi bir kapasite probleminin olmadığı görölmektedir.

5.1.4 Analiz Sonuçları ve Değerlendirmeler:

Perde ve çerçeveden müteşekkil yapının eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanında deprem hesabı yapılmış olup, analiz sonuçlarına göre yapının bilumum kesitlerinde, zaman tanım alanında yetersizliğin çok daha fazla olduğu görölmüştür.

Bu sebepten taban izolasyonu uygulaması nonlinear zaman tanım alanı uygulaması esas alınarak yapılmıştır.

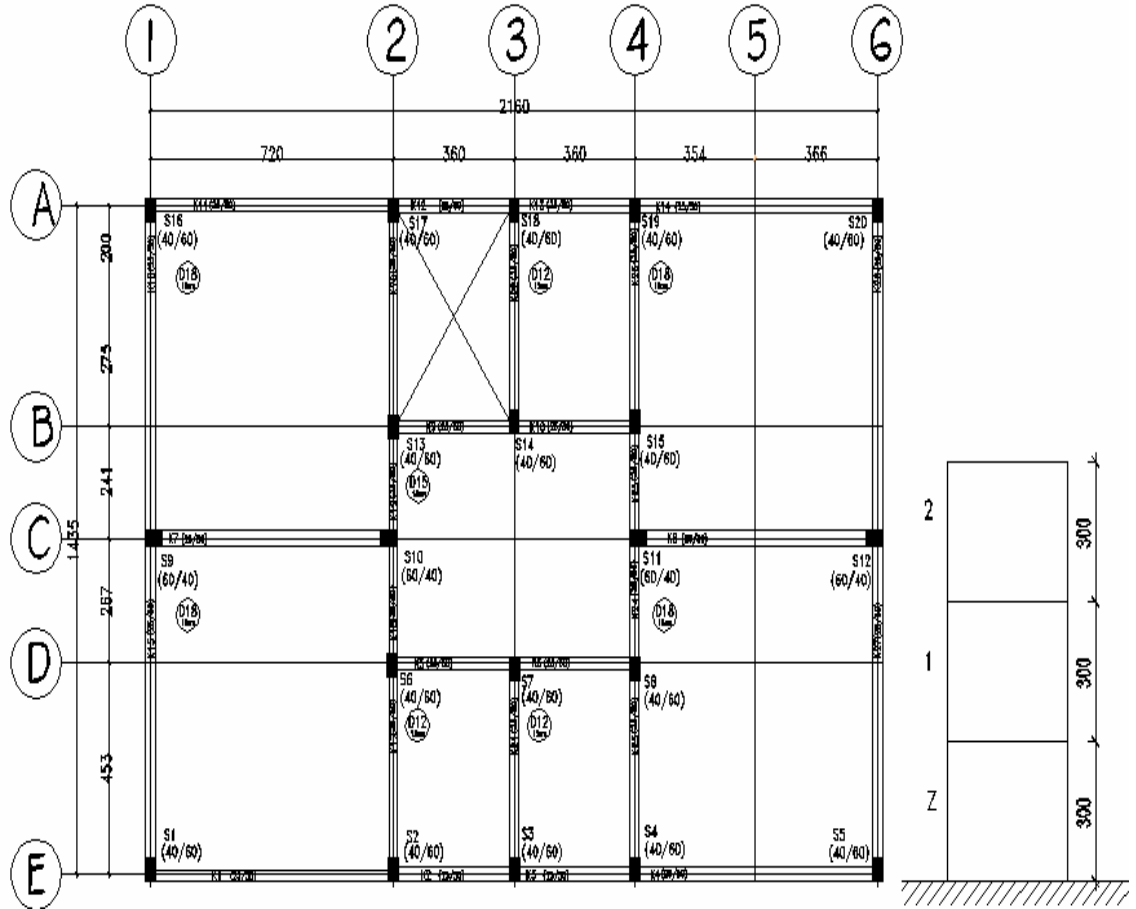
Önceki bölümlerde anlatıldığı üzere yapıya izolatör eklediğimizde periyot birkaç kat artmış, spektral ivme azalarak deprem esnasında yapıya gelen kesme kuvvetleri azalmıştır.

Yine üst yapı deprem sırasında çok küçük katlar arası ötelenme yaparak rijit bir cisim gibi davranmıştır, şekil değiştirmeler izolatör seviyesinde kalmıştır.

Mevcut binamızda 20 adet kurşun çekirdekli kauçuk izolatör kullanılmıştır. Bir maliyet analizinin gerekliliğı de şüphesiz çok önemlidir. Bunun için Türkiye de merkezi İzmir’de bulunan MAURER SÖHNE firmasına danışılmıştır. Hesaplarımızda kullandığımız DIS B türü izolatörün ölçüleri, yük taşıma kapasiteleri v.s türü bilgiler ilgili firmaya sunulmuştur. Bunun üzerine kullandığımız ölçülerde izolatörün bir adetinin fiyatı 2.500 YTL olarak öğrenilmiştir [21]. Bundan dolayı;

$$2.500 \times 20 = 50.000 \text{ YTL maliyet (işçilik hariç) hesap edilmiştir.}$$

5.2 Çerçeveslerden Oluşan Yeni Bir Sistem



Şekil 5.131: Çerçeve sistemin kat kalıp planı ve kesiti

5.2.1. Çerçeveslerden müteşekkil sistemin ankastre mesnetli lineer-elastik analizi

Kat kalıp planı ve kesiti şekilde gösterilen 3 katlı, sadece çerçeveslerden kurulu sistemden meydana gelen betonarme yapının;

Kolon Boyutları:

Tablo 5.7: Katlara göre kolon boyutları tablosu

Kat	S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8-S13-S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20	S9-S10-S11-S12
Z	40x60	60x40
1	40x60	60x30
2	30x50	50x30

Kiriş Boyutları:

Tablo 5.8: Katlara göre kiriş boyutları tablosu

Kat	K1-K2-K3-K4-K11-K12-K13-K14-K15-K16-K27-K28	K5-K6-K9-K18-K19-K22-K23-K24-K25-K26	K21-K10	K7-K8	K17-K20
Z	25x50	25x50	25x50	25x50	25x50
1	25x50	25x50	25x50	25x50	25x50
2	25x50	25x50	25x50	25x50	25x50

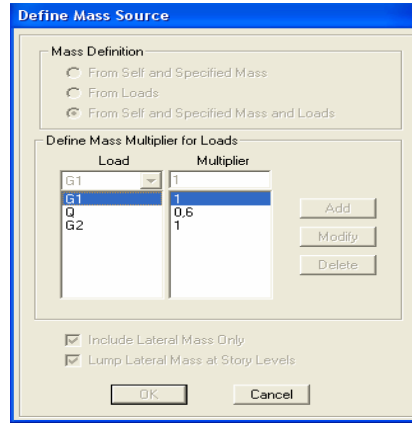
Perde-çerçeveden müteşekkil sistemde program gereği uyguladığımız adımların birçoğu aynı şekilde bu sistemimizde uygulanacaktır. Bu bağlamda yeniden bir anlatılmasına gerek yoktur. Önceden yapıldığı üzere;

- Aks sistemi ve kat yükseklikleri aynı şekilde korunmuştur.
- Malzeme özelliklerinde bir değişiklik söz konusudur. Beton kalitesi BS20 ve Donatı çeliği BÇ III alınmıştır.

The image shows a 'Material Property Data' dialog box. It has a title bar 'Material Property Data'. Inside, there are several sections: 'Material Name' with a text box containing 'C20'; 'Type of Material' with radio buttons for 'Isotropic' (selected) and 'Orthotropic'; 'Display Color' with a color box showing yellow; 'Type of Design' with a dropdown menu set to 'Concrete'; 'Analysis Property Data' with input fields for 'Mass per unit Volume' (0), 'Weight per unit Volume' (25), 'Modulus of Elasticity' (28500000), 'Poisson's Ratio' (0.2), 'Coeff of Thermal Expansion' (0), and 'Shear Modulus' (11875000); and 'Design Property Data (ACI 318-99)' with input fields for 'Specified Conc Comp Strength, f_c' (13300), 'Bending Reinf. Yield Stress, f_y' (365000), and 'Shear Reinf. Yield Stress, f_{ys}' (365000). There is also a checkbox for 'Lightweight Concrete' which is unchecked, and a 'Shear Strength Reduc. Factor' input field. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

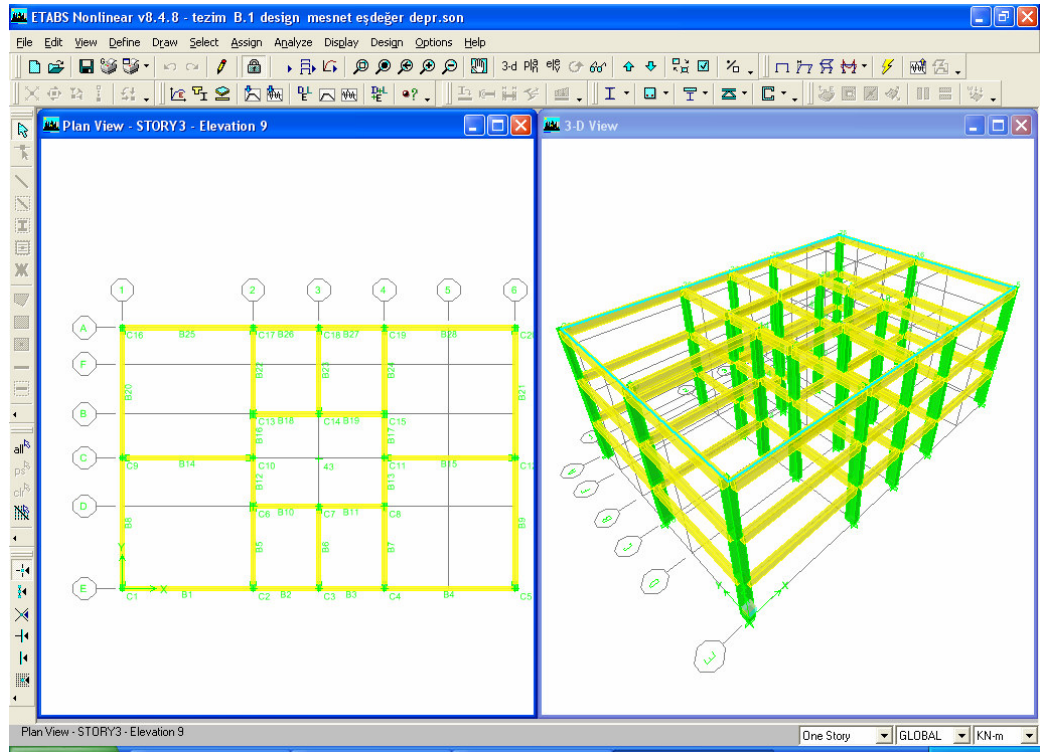
Şekil 5.132: Beton ve çelik tasarım parametleri kutucuğu

- Kütle kaynağı tanımlama işlemi esnasında G1 zati yük ve G2 duvar yükü katsayısı 1, Q hareketli yük için n (katılım katsayısı) 0,6 alınmıştır [2].



Şekil 5.133:Kütle kaynağı tanımlama işlemi

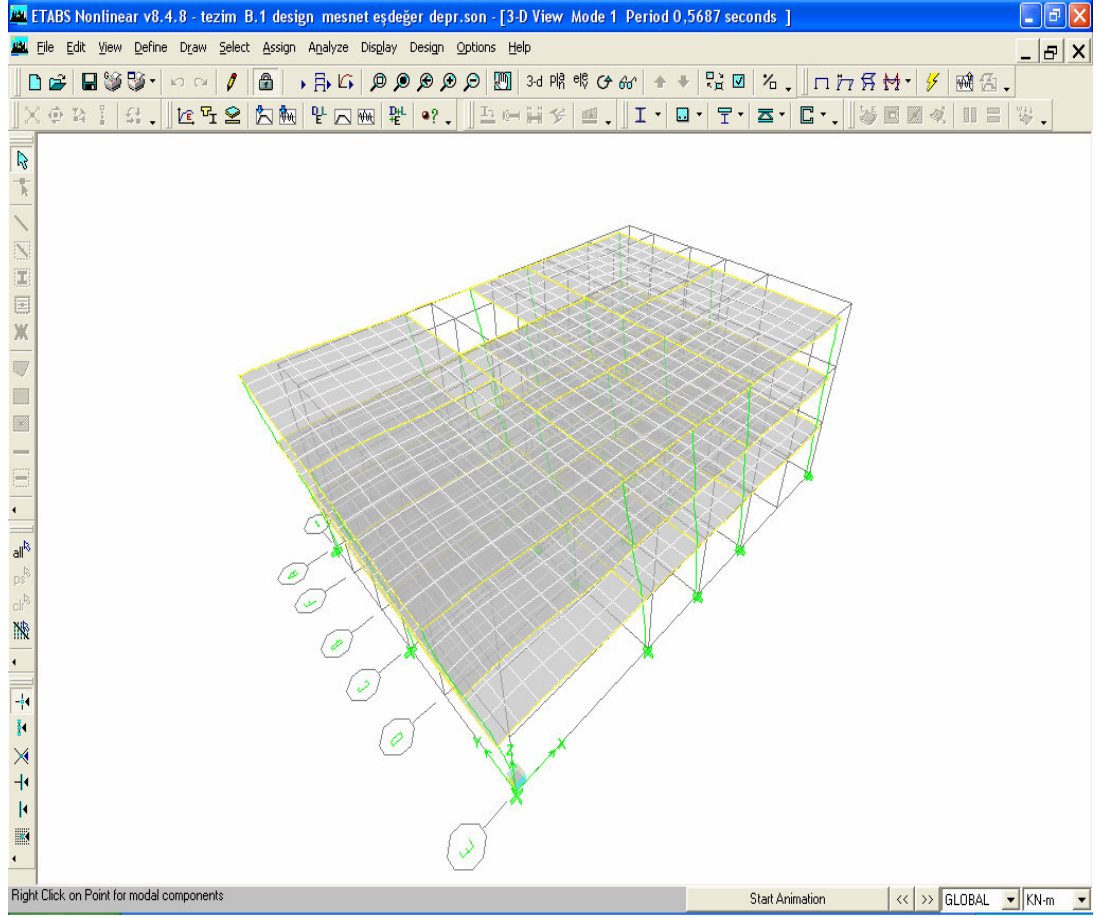
Çözüm işlemine geçip, analizleri değerlendirelim.



Şekil 5.134:Yapımızın plan ve 3 boyutlu modellenmiş hali

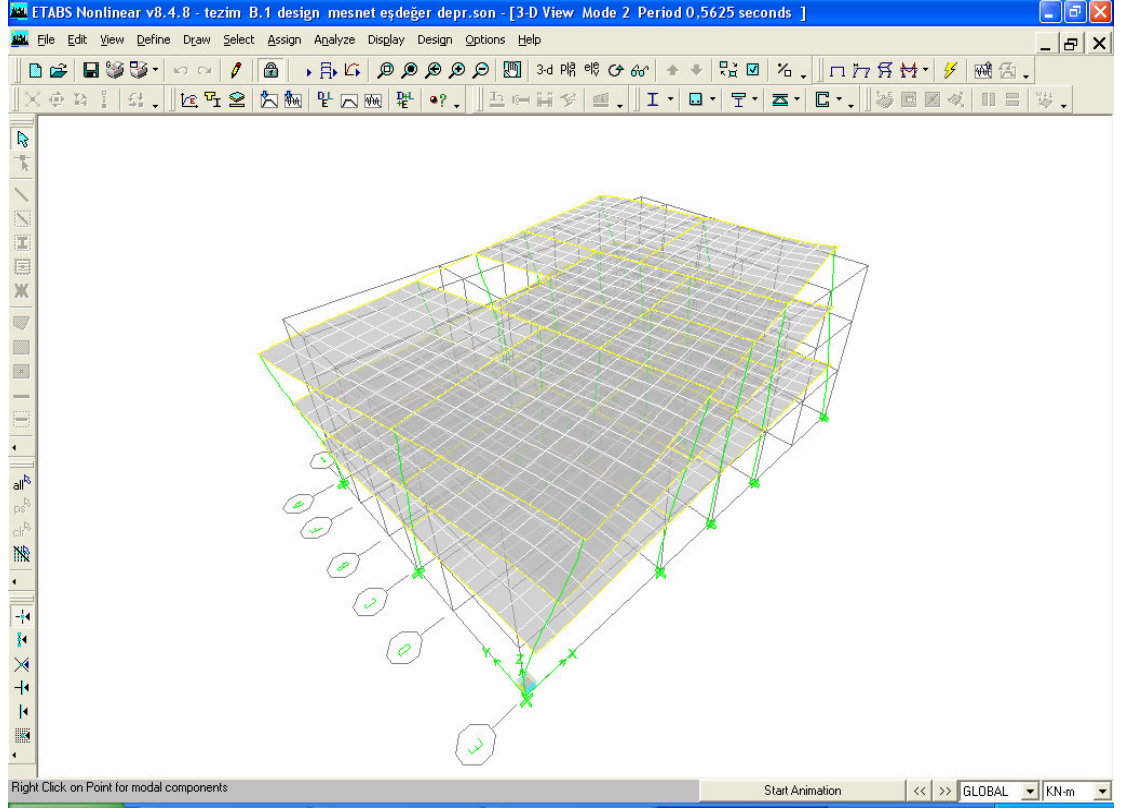
1. **Run Analysis** düğmesine basarak sistemin çözümü yapılır.
2. Analizin bitiminde ekranda **G1** yüklemesine ilişkin şekil değiştirmiş durum görünür. Mod şekilleri ve periyot değerlerini görmek için **Mod** düğmesine basılır.
3. Ekrana gelen **Mode Shape** (Mod Şekli) ileti kutusunun **Mode Number** (mod sayısı) kutucuğuna **1** yazılır ve **OK** düğmesine yazılır.

4. Ekrana 1.mod şeklini içeren görüntü gelir. **Mode 1** periyodu: **0,5687 s** çıkar.



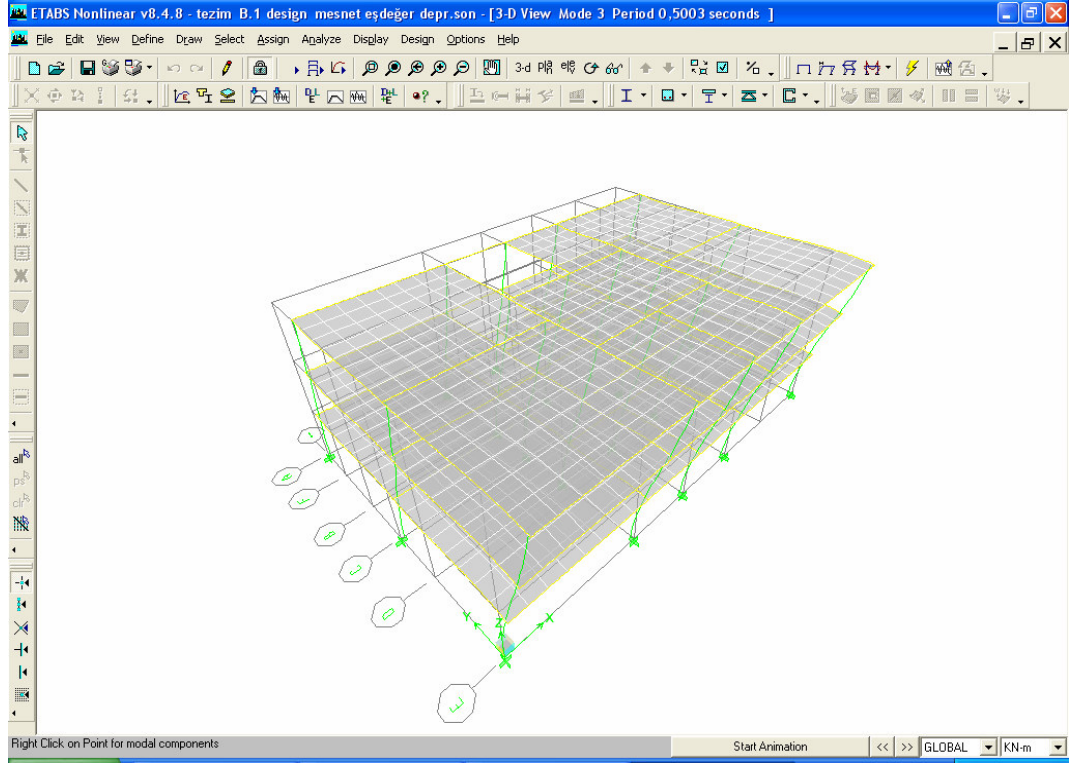
Şekil 5.135:1.Mod şekli

5. İlgili modun doğrultusunu belirleyebilmek için ekranın sağ alt bölümünde bulunan  düğmesine basarak hareketli görünüm ekrana getirilir. Buna göre ilgili modun X doğrultusunda olduğu belirlenir. Dolayısıyla yapının X doğrultusundaki 1. doğal titreşim periyodu $T_{1X} = 0,5687s$ olarak belirlenmiş olur.



Şekil 5.136: 2.Mod şekli

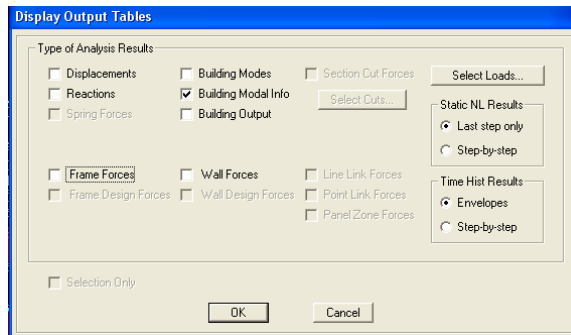
6. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki  ikonu tıklayarak sonraki mod görüntülenir. Bu defa ekranda, 2. mod şekli görüntülenir. Mode 2 periyodu: 0,5625 s çıkar. Bu görüntüden de, 2.modun Z (burulma) yönünde olduğu belirlenir. Dolayısıyla yapının Z doğrultusundaki 1.doğal titreşim periyodu $T_{1Z} = 0,5625s$ olarak belirlenir.



Şekil 5.137: 3.Mod şekli

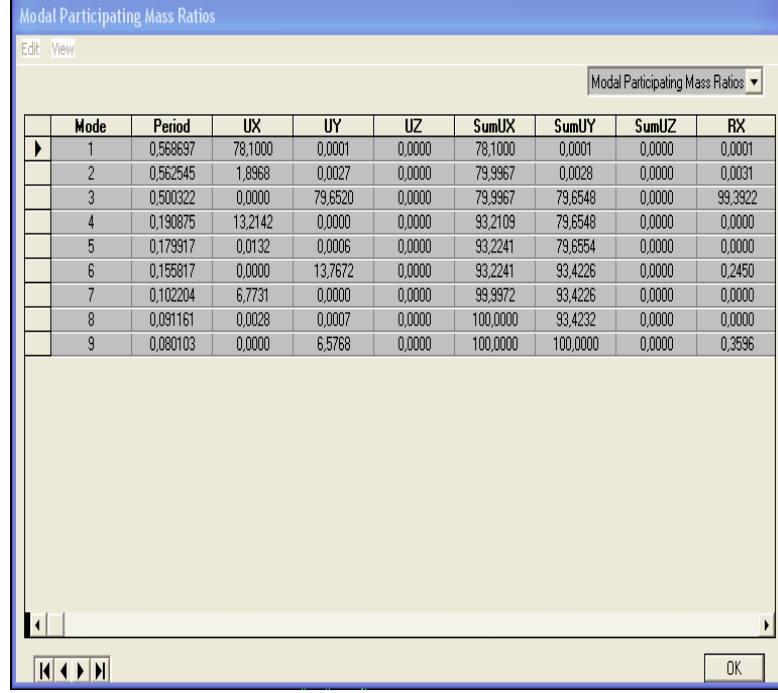
7. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki  ikonunu tıklayarak sonraki mod görüntülenir. Bu defa ekranda, 3. mod şekli görüntülenir. Mode 3 periyodu: 0,5003 s çıkar. Bu görüntüden de, 3.modun Y yönünde olduğu belirlenir. Dolayısıyla yapının Y doğrultusundaki 1.doğal titreşim periyodu $T_{1Y} = 0,5003s$ olarak belirlenir.

8. **Display** menüsünde **Set Output Table Mode** seçeneği tıklanır. Ekrana gelen **Display Output Tables** ileti kutusunda **Building Modal Info** (Yapı Modal Bilgileri) seçeneği seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.138: Sonuç bilgileri inceleme adımları

9. Ekranı gelen ileti kutusunun sağ üst bölümünde bulunan açılır listesinden **Modal Participating Mass Ratios** (Kütle Katılım Oranları) seçeneği tıklanır.



Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	0.568697	78.1000	0.0001	0.0000	78.1000	0.0001	0.0000	0.0001
2	0.562545	1.8968	0.0027	0.0000	79.9967	0.0028	0.0000	0.0031
3	0.500322	0.0000	79.6520	0.0000	79.9967	79.6548	0.0000	99.3922
4	0.190875	13.2142	0.0000	0.0000	93.2109	79.6548	0.0000	0.0000
5	0.179917	0.0132	0.0006	0.0000	93.2241	79.6554	0.0000	0.0000
6	0.155817	0.0000	13.7672	0.0000	93.2241	93.4226	0.0000	0.2450
7	0.102204	6.7731	0.0000	0.0000	99.9972	93.4226	0.0000	0.0000
8	0.091161	0.0028	0.0007	0.0000	100.0000	93.4232	0.0000	0.0000
9	0.080103	0.0000	6.5768	0.0000	100.0000	100.0000	0.0000	0.3596

Şekil 5.139: Periyotlar ve kütle katılım oranları

10. Tablodan görüldüğü gibi **UX** (X doğrultusunda) bileşeni 1. modda %78,10 değerindedir.

11. Tekrar **Display** menüsünde **Set Output Table Mode** seçeneği tıklanır.

12. Ekranı gelen **Display Output Tables** ileti kutusunda **Building Output** kutucuğu seçili duruma getirilir.

13. **Select Load** düğmesine basarak yüklemelerin seçimini sağlayan ileti kutusu ekranı getirilir ve buradan **G1**, **G2** ve **Q** yükleri seçili duruma getirilerek iki kez **OK** düğmesine basılır.

14. İleti kutusunun açılır listesinden **Story Shears** seçeneği tıklanır.

Story Shears									
Edit View		Story Shears							
	Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
►	STORY3	G1	Top	2002,03	0,00	0,00	0,000	14024,139	-21751,170
	STORY3	G1	Bottom	2227,03	0,00	0,00	0,000	15633,114	-24181,170
	STORY3	Q	Top	1025,77	0,00	0,00	0,000	7077,421	-11186,003
	STORY3	Q	Bottom	1025,77	0,00	0,00	0,000	7077,421	-11186,003
	STORY3	G2	Top	998,00	0,00	0,00	0,000	7534,460	-10600,200
	STORY3	G2	Bottom	998,00	0,00	0,00	0,000	7534,460	-10600,200
	STORY2	G1	Top	4229,05	0,00	0,00	0,000	29657,253	-45932,340
	STORY2	G1	Bottom	4535,05	0,00	0,00	0,000	31846,165	-49237,143
	STORY2	Q	Top	2051,53	0,00	0,00	0,000	14154,841	-22372,006
	STORY2	Q	Bottom	2051,53	0,00	0,00	0,000	14154,841	-22372,006
	STORY2	G2	Top	2722,80	0,00	0,00	0,000	20178,264	-29124,360
	STORY2	G2	Bottom	2722,80	0,00	0,00	0,000	20178,264	-29124,360
	STORY1	G1	Top	6537,08	0,00	0,00	0,000	45870,304	-70988,313
	STORY1	G1	Bottom	6897,08	0,00	0,00	0,000	48444,214	-74876,317
	STORY1	Q	Top	3077,30	0,00	0,00	0,000	21232,262	-33558,008
	STORY1	Q	Bottom	3077,30	0,00	0,00	0,000	21232,262	-33558,008
	STORY1	G2	Top	4447,60	0,00	0,00	0,000	32822,068	-47648,520
	STORY1	G2	Bottom	4447,60	0,00	0,00	0,000	32822,068	-47648,520

Şekil 5.140: Kat kesme kuvvetleri ve kat normal kuvvetleri

15. Ekranı farklı yüklemelerdeki kat kesme kuvvetleri ve kat normal kuvvetlerini gösteren tablo gelir. 1.katın altında (STORY1 Bottom) kat normal kuvvetleri **G1** yüklemesinde **6897,08 KN**, **G2** yüklemesinde **4447,60 KN** ve **Q** yüklemesinde **3077,30 KN** olarak hesaplanmıştır. Bu değerler itibariyle deprem hesabında kullanılacak yapı ağırlığı:

$$W=G+n.Q$$

$$W=(6897,08+4447,60)+0,6*3077,30=13191,06 \text{ KN} \quad (5.1) \text{ den}$$

16. OK düğmesine basarak ileti kutusu kapatılır.

Eşdeğer Satık Deprem Yüklemelerinin Tanımlanması ve Deprem Yüklerinin Atanması:

ETABS programı eşdeğer deprem yüklerini sistem üzerinde tanımlanmış kütleleri kullanarak otomatik olarak hesaplayabilmektedir.

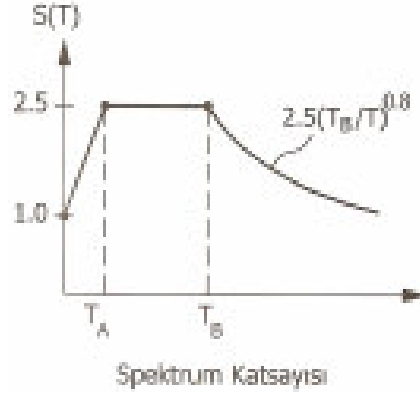
Deprem Yönetmeliğine göre, yatay deprem yükleri, $\pm 0,05$ dışmerkezlikler de göz önüne alınarak, kat hizalarına etkiletilmektedirler.

Yapının deprem hesabında kullanılacak deprem parametleri aşağıdaki gibi seçilir.

- Etkin Yer İvmesi Katsayısı $A_0=0,40$ (1.Derece Deprem Bölgesi)
- Yapı Önem Katsayısı $I=1,4$

- Spektrum Karakteristik Periyodu $T_A=0,15$ $T_B=0,60$ (Yerel Zemin Sınıfı Z3)
 - Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=4$ (Süneklik Düzeyi Normal Sistem)
- [2].

Yukarıda gösterilen periyotlara göre, her iki yöndeki spektrum periyotları hesaplanmalıdır.



Şekil 5.141: Periyot- Spektrum katsayısı grafiği

Buna göre;

X Yönünde $T_A = 0,15s < T_{1X} = 0,5687 < T_B = 0,6s \rightarrow S(T_x) = 2,5s$

Y Yönünde $T_A = 0,15s < T_{1Y} = 0,5003s < T_B = 0,60s \rightarrow S(T_y) = 2,5s$

Toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i$$

şeklinde ifade edilmektedir [2].

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri $\Delta F_N = 0,0075 * N * V_t$ bağıntısı ile belirlenir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti)

$$V_t = \frac{W * A_0 * I * S(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10 * A_0 * I * W$$

Bağıntısı ile verilmektedir [2].

Buna göre taban kesme kuvveti katsayısı $\bar{C}_i$ ($V_{ti} = \bar{C}_i * W$)

$$\text{X Yönünde } \bar{C}_x = \frac{A_o * I * S(T)}{R} = \frac{0,40 * 1,4 * 2,5}{4} = 0,350 \quad (5.6) \text{ dan}$$

$$\text{Y Yönünde } \bar{C}_y = \frac{A_o * I * S(T)}{R} = \frac{0,40 * 1,4 * 2,5}{4} = 0,350 \quad (5.7) \text{ dan}$$

Deprem yönetmeliğinde verilen

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{W_i * H_i}{\sum W_j * H_j}$$

bağıntısı ($V_t - \Delta F_N$) yük değerinin kat yüksekliği boyunca doğrusal olarak değiştiği varsaymaktadır.

Ek tepe yükleri:

$\Delta F_{N,X}$ ve $\Delta F_{N,Y}$ hesaplanmayacaktır. ($H_N < 25m$ olduğundan) [2].

Bina yüksekliği boyunca katlara dağıtılacak toplam yüklerin katsayıları

$$C_x = \frac{(V_{tx} - \Delta F_{N,X})}{W} = \frac{(0,350W - 0)}{W} = 0,350$$

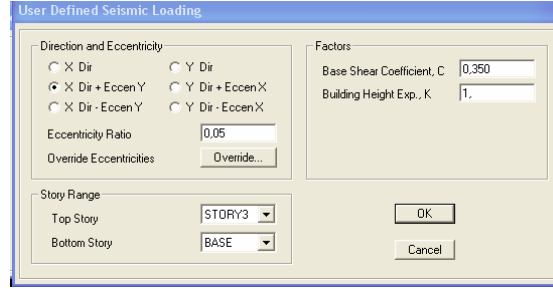
$$C_y = \frac{(V_{ty} - \Delta F_{N,Y})}{W} = \frac{(0,350W - 0)}{W} = 0,350 \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

17. Eşdeğer statik deprem yükleme türlerini tanımlama için **Define** menüsünde **Static Load Cases...** seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır.

18. Ekranı gelen ileti kutusunun **Load** bölümündeki yazı kutucuğuna **EXP** yazılır, **Type** açılır listesinden **QUAKE** seçeneği tıklanır, **Self Weight Multiplier** yazı kutucuğuna **0** yazılır, **Auto Lateral Load** açılır listesinde **User Coefficient** seçeneği tıklanır ve **Add New Load** düğmesine basılır.

19. Modify Lateral Load... düğmesine basılır ve **User Defined Seismic Loading** (Kullanıcı tanımlı deprem yüklemesi) ileti kutusu ekrana gelir.

20. Ekrana gelen ileti kutusunda **Base Shear Coefficient, C** (Taban kesme kuvveti katsayısı) yazı kutucuğuna X doğrultusu için hesaplanan **0,350** değeri yazılır. Yapı yüksekliği boyunca yük dağılımının doğrusal olduğunu belirtmek için **Building Height Exp, K** yazı kutucuğuna **1** yazılır. Yönetmelikte öngörülen **+%5** dışmerkezliği göz önüne almak için **X Dir + Ecen Y** radyo düğmesi seçili duruma getirilir, **Eccentricity Ratio** kutucuğuna **0,05** (%5) yazılır ve **OK** düğmesine basılır.

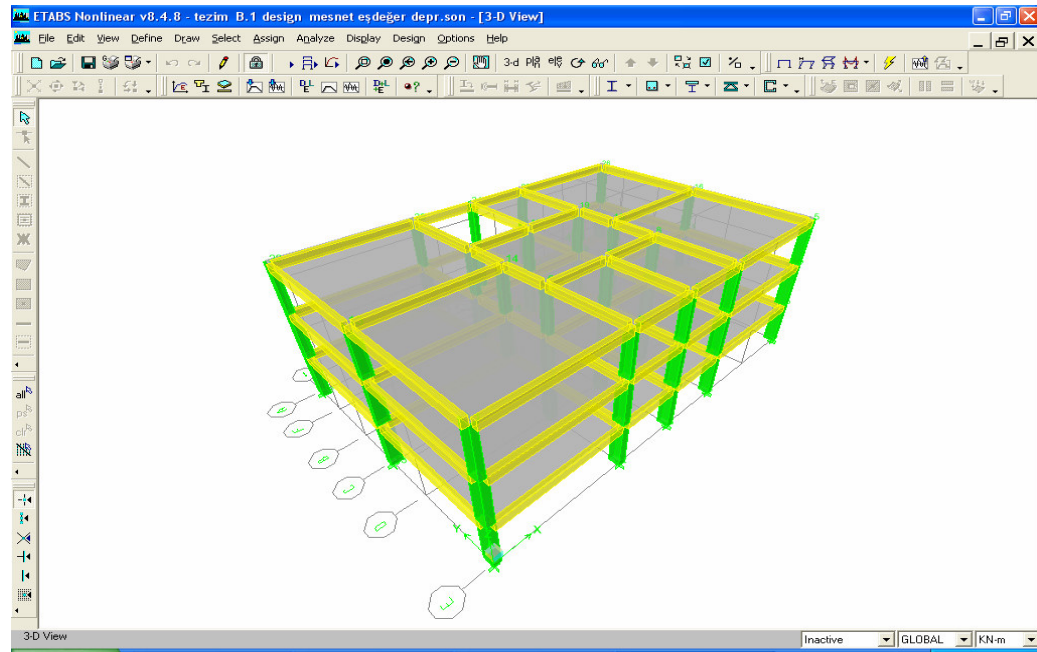


Şekil 5.142:EXP yüklemesi

21. Daha sonra sırasıyla EXN, EYP ve EYN yüklemeleri tanımlanır. Tüm yüklemeler için taban kesme katsayısı üstte de gösterildiği üzere 0,350 alınır.

Boyutlama için Yüklemelerin Birleştirilmesi:

22. Boyutlama için yükleme kombinasyonları perde-çerçeve sistemimizdeki aynıdır. Toplam 21 adet yükleme birleşimi yine tanımlanmış olmaktadır.



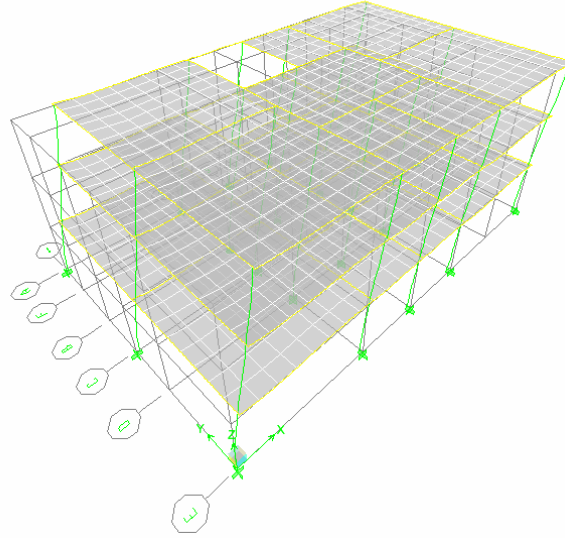
Şekil 5.143: Modellenmiş yapının en son hali

Çözümleme Aşaması:

23.  **Run Analysis** düğmesine tıklayarak hesaplama işlemi başlatılır. Çözümleme işlemi tamamlandığında ekrana **G1** yüklemesine ilişkin şekildeğiştirmiş sistem görüntüsü gelecektir.

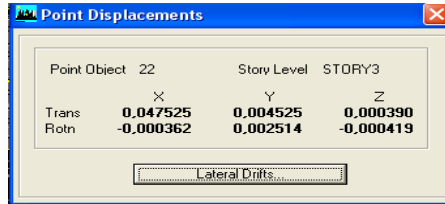
24. **Display** menüsünde **Show Deformed Shape** (Şekil değiştirmiş durumu göster) seçeneği tıklanır veya  düğmesine basılır. Ekrana gelen **Deformed Shape** ileti kutusunun **Load** (Yük) bölümünde **EXTP** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.

25. Bu işlem ekranda **EXTP** yüklemesi altında sistemin şekildeğiştirme biçiminin görünmesini sağlayacaktır.



Şekil 5.144: EXTP yüklemesi altında yapının şekil değiştirmiş durumu

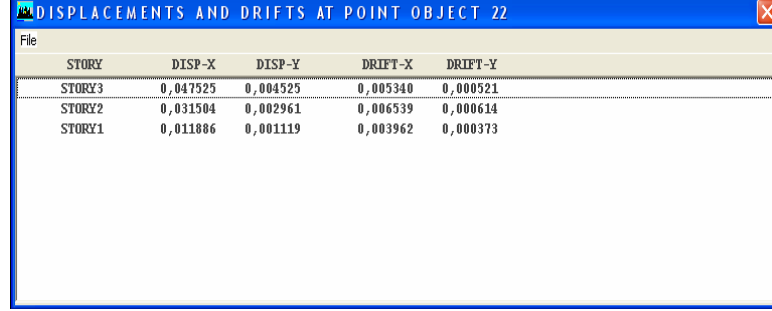
26. 3. katta A aksı ile 1 aksının kesiştiği düğüm noktasına sağ mouse tuşuyla tıklarsak, ekrana ilgili düğüm noktasına ilişkin yerdeğiştirme değerlerini içeren bilgi kutusu gelecektir.



Şekil 5.145: 22 numaralı düğüm noktasının yerdeğiştirme ve dönme miktarları

Not: Düğüm noktalarını gösteren sistemin kat kalıp planı EK B de verilmiştir.

27. Görelî yerdeğıştirmelerin kat yüksekliklerine oranını görmek için aynı bilgi kutusundaki **Lateral Drifts...** düğmesine basılır.



STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY3	0,047525	0,004525	0,005340	0,000521
STORY2	0,031504	0,002961	0,006539	0,000614
STORY1	0,011886	0,001119	0,003962	0,000373

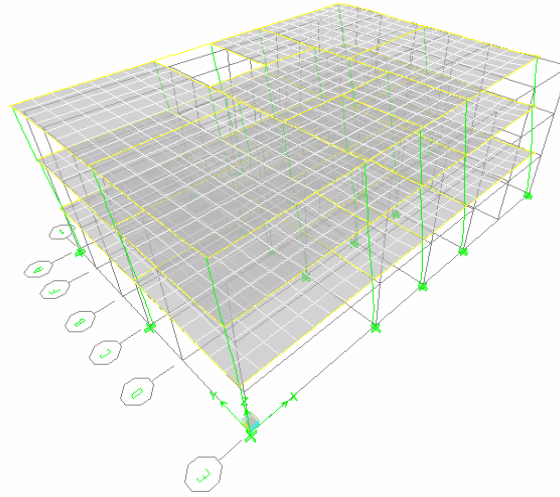
Şekil 5.146: 22 numaralı düğüm noktasının görelî yerdeğıştirmelerinin kat yüksekliklerine oranı

28. Ekranâ gelen ileti kutusunda hem yerdeğıştirmeler hem de görelî yerdeğıştirmelerin kat yüksekliklerine oranı bulunmaktadır.

$$\Delta d_i = (d_{i+1} - d_1) / h_{i+1} \text{ (h:kat yüksekliğı)}$$

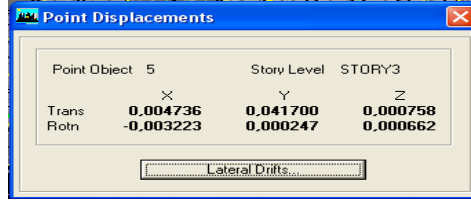
29. Tekrar **Display** menüsünde **Show Deformed Shape** (Şekil değıştirmiş durumu göster) seçeneğı tıklanır veya  düğmesine basılır. Ekranâ gelen **Deformed Shape** ileti kutusunun **Load** (Yük) bölümünde **EYTP** seçeneğı tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.

30. Bu işlem ekranda **EYTP** yüklemesi altında sistemin şekildeğıştirme biçiminin görünmesini sağlayacaktır.



Şekil 5.147: EYTP yüklemesi altında yapının şekildeğıştirmiş durumu

31. 3. katta E aksı ile 6 aksının kesiştiği düğüm noktasına sağ mouse tuşuyla tıklarsak, ekrana ilgili düğüm noktasına ilişkin yerdeğiştirme değerlerini içeren bilgi kutusu gelecektir.



Şekil 5.148: 5 numaralı düğüm noktasının yerdeğiştirme ve dönme miktarları

32. Göreli yerdeğiştirmelerin kat yüksekliklerine oranını görmek için aynı bilgi kutusundaki **Lateral Drifts...** düğmesine basılır.

STORY	DISP-X	DISP-Y	DRIFT-X	DRIFT-Y
STORY3	0,004736	0,041700	0,000542	0,004736
STORY2	0,003111	0,027494	0,000646	0,005750
STORY1	0,001174	0,010244	0,000391	0,003415

Şekil 5.149: 5 numaralı düğüm noktasının göreli yerdeğiştirmelerinin kat yüksekliklerine oranı

Not: Bu değerler kullanılarak Deprem Yönetmeliğinde belirtilen “Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması” koşulları kontrol edilebilir. Deprem Yönetmeliğine göre herhangi bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir katında hesaplanan göreli kat ötelemelerin en büyük değeri, $(\Delta_i)_{maks}$;

$$(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0,0035 \quad (\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0,02 / R = 0,005$$

koşullarından en elverişsiz olanını sağlayacaktır [2].

Buna göre bulunan yerdeğiştirme değerlerimizle çıkan sonuçlar bu koşulun sağlanmadığını gösteriyor. Hem EXTP hem de EYTP yüklemeleri için STORY 1 ve STORY 2 de relatif yerdeğiştirme oranı kabul edilebilir seviyenin üzerindedir.

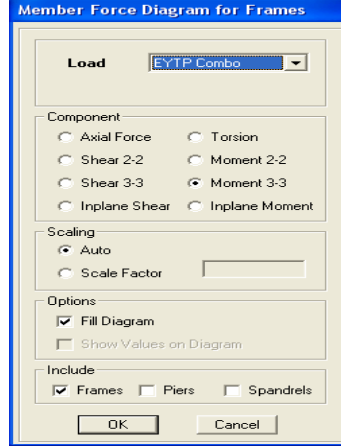
33.  ikonunun sağ bölümündeki aşağı ok şekline basılır ve **Frame/Pier/Spandrel Forces..** seçeneğine tıklanır. Ekrana gelen **Member Force Diagram for Frames** ileti

kutusunun

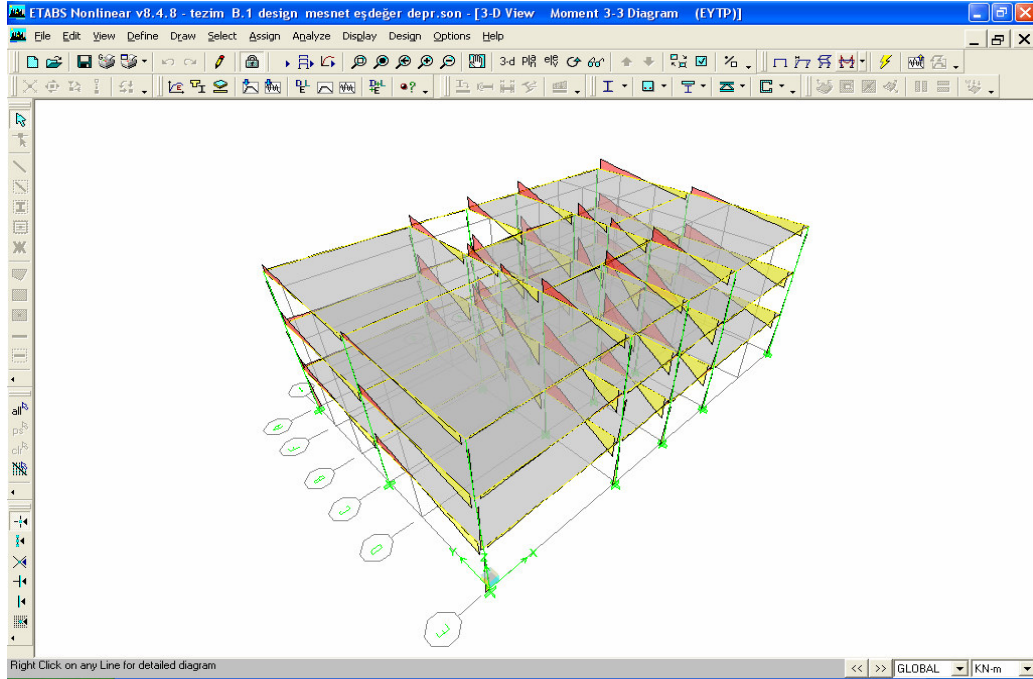
- **Load** bölümündeki açılır liste kutusunda **EYTP Combo** seçeneği tıklanır.
- **Component** bölümünde **Moment 3-3** radyo düğmesini seçili duruma getirilir.
- **Fill Diagram** kutucuğu seçili duruma getirilir.

- **Include** bölümünde **Frames** kutucuğu seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır.

Bu işlem aktif pencerede elemanların 3–3 yerel eksenlerindeki moment diyagramlarının görünmesini sağlayacaktır.



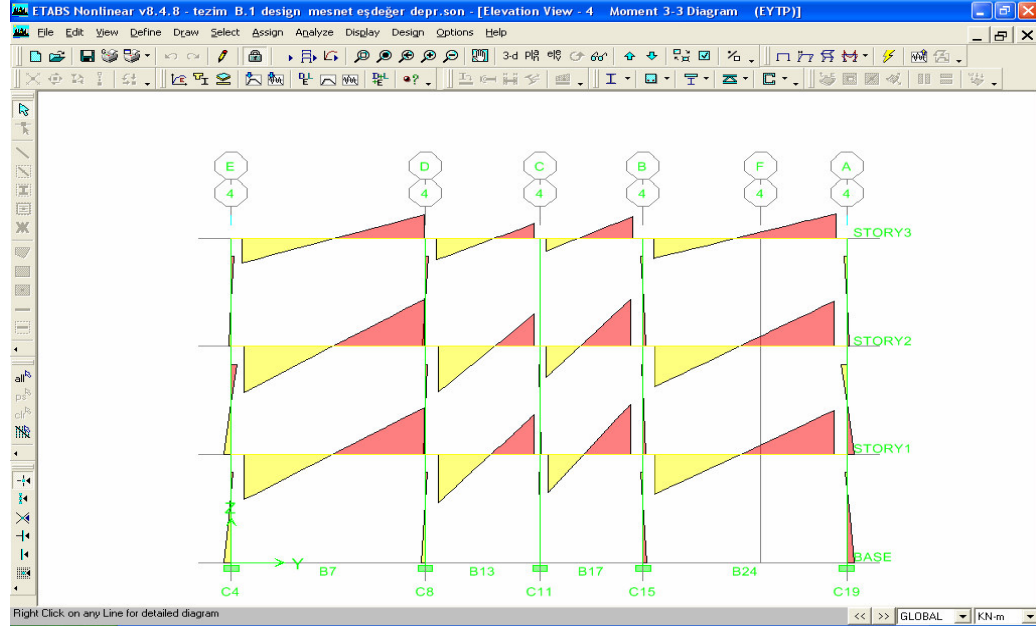
Şekil 5.150: Normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramlarını gösterir pencere



Şekil 5.151: EYTP yüklemesine göre moment 3–3 diyagramı

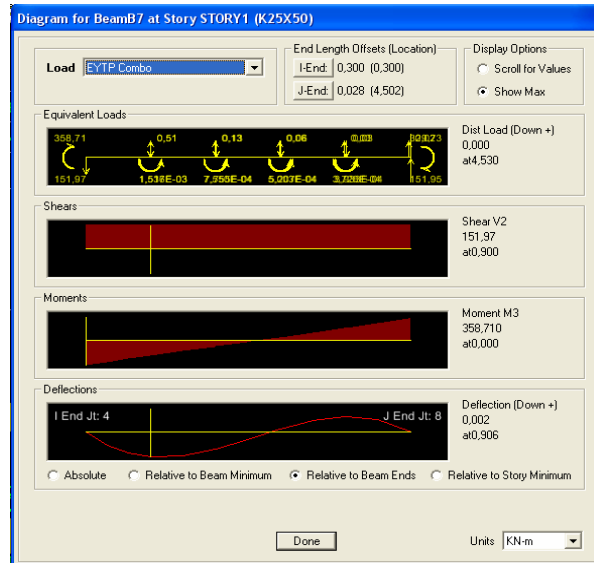
34. Düşey bir kesit görünümü elde etmek için  düğmesine basılır.

35. Ekranı gelen **Set Elevation View** ileti kutusunun **Elevations** bölümünde **1** değerine tıklarsak o akstaki kiriş ve kolonların moment değerleri görülebilir.



Şekil 5.152: EYTP yüklemesinin 4 nolu aksında bulunan moment 3-3 diyagramı

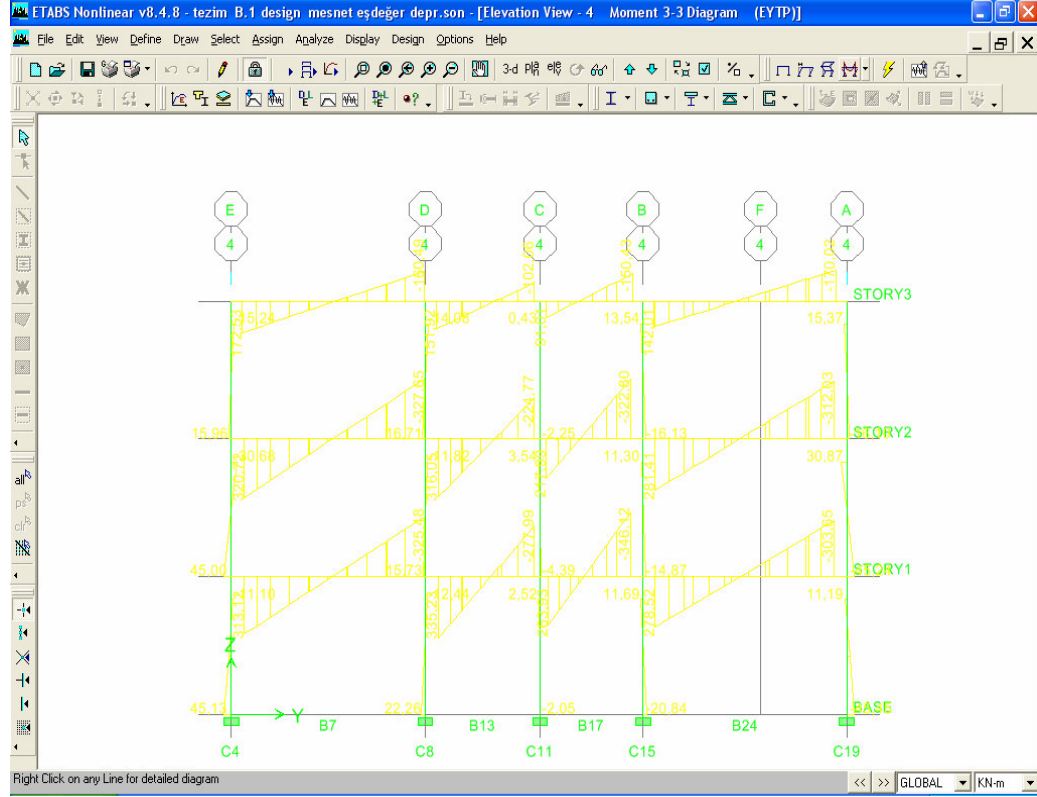
36. Örneğin **E-D** aksları arasındaki birinci kat kirişi üzerine sağ mouse tuşuyla tımlandığı zaman iç kuvvet ve yerdeğiştirme bilgilerini ve diyagramlarını içeren ileti kutusu ekrana gelecektir.



Şekil 5.153: EYTP yüklemesinde K123 kirişi moment, kesme kuvveti v.s detayları

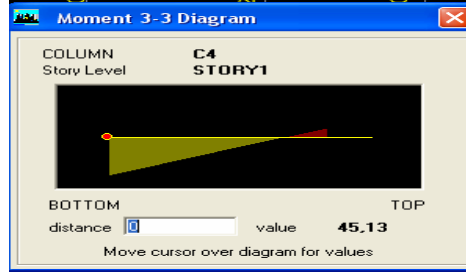
37.  ikonunun sağ bölümündeki aşağı ok şekline basılır ve **Frame/Pier/Spandrel Forces..** seçeneğine tıklanır. Ekrana gelen **Member Force Diagram for Frames** ileti kutusunun

- **Fill Diagram** kutucuğunu seçili durumdan çıkarıp **Show Values on Diagram** kutucuğu seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır. Bu işlem aktif pencerede elemanların 3–3 yerel eksenlerindeki moment diyagramlarının değerleri ile birlikte görünmesini sağlayacaktır.



Şekil 5.154: EYTP yüklemesinde moment diyagramları(değerleri ile birlikte)

38. Kolon momentlerini daha net bir biçimde görmek istediğimizde de herhangi bir kolonun üstüne gelip sağ tıklamamız yeterli olacaktır. Örneğin; **E-4** aksı 1.katta bulunan kolonun üstüne gelip sağ tıkladığımızda aşağıda görüldüğü şekliyle maksimum momentin **45,13 KNM** olduğunu görürüz.

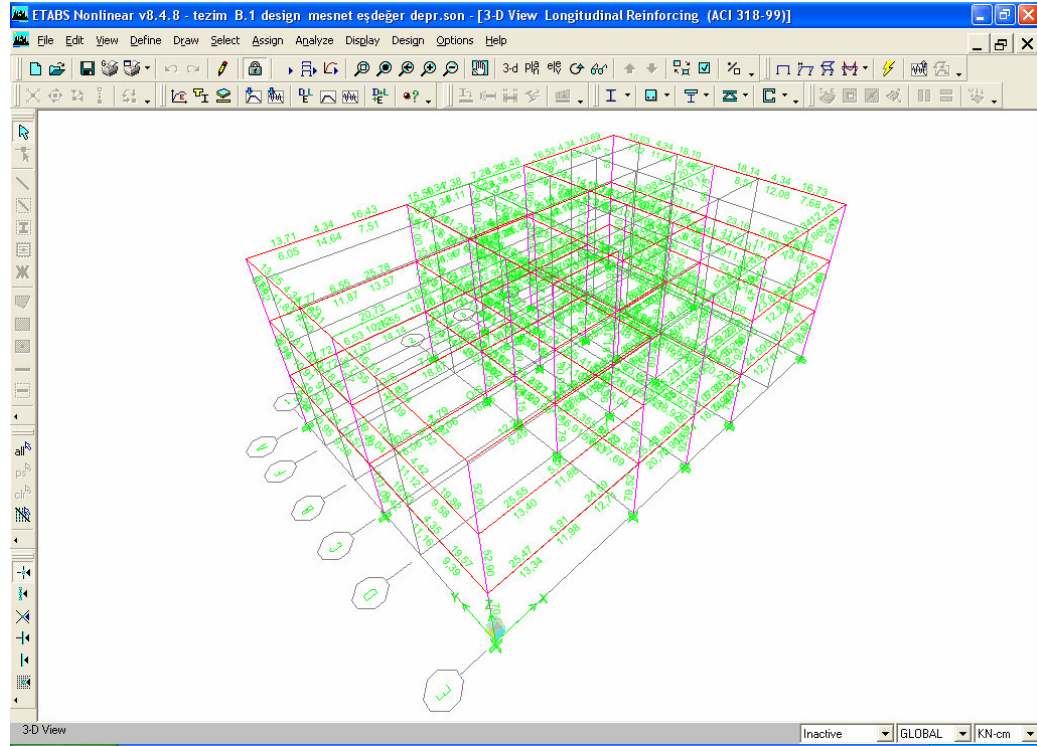


Şekil 5.155: EYTP yüklemesinde S9 kolonu moment diyagramı

Boyutlandırma:

Boyutlandırma ile önceki bölümlerde anlatıldığı gibi ACI318-99 design code kullanılarak;

- Concrete Frame Design → Start Design/ Check of Structure ile çerçevenin hesabı
- Shear Wall Design → Start Design/ Check of Structure ile perde hesabı yapılır.



Şekil 5.156: Çubuk elemanlar için donatı analizi

39. Ekranda E aksı ile 3 aksılarının kesiştiği 1.kat kolonuna sağ Mouse tuşuyla tıklanıldığında **Concrete Column Design Information** ileti kutusu görünür. Bu kolon için en elverişsiz yüklemenin DEPREMX8 yüklemesi olduğu ve bu yüklemedeki iç kuvvetlere karşı $92,60 \text{ cm}^2$ donatı gerektiği görülmektedir.

Concrete Column Design Information (ACI 318-99)

Story: STORY1 Section Name: S40X60
Column: C3

COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DEPREM6	0,00	92,595	0,098	0,038
DEPREM6	125,00	24,000	0,099	0,038
DEPREM6	250,00	33,710	0,099	0,038
DEPREM7	0,00	92,593	0,098	0,038
DEPREM7	125,00	24,000	0,099	0,038
DEPREM7	250,00	33,709	0,099	0,038
DEPREM8	0,00	92,595	0,098	0,038

Overwrites Interaction Summary Flex. Details Shear Details Joint Shear B/C Details

OK Cancel

Şekil 5.157: S3 kolonu donatı analizi

40. **Summary** düğmesine basarak ilgili elemanın donatı hesabı hakkında daha ayrıntılı bilgileri içeren ileti kutusu ekrana gelir. Bu ekranda eleman numarası, kesit türü, eleman “özellikleri, en elverişsiz yükleme adı, eğilme ve kayma hesabında kullanılan ve sonuçta” elde edilen bilgiler bulunmaktadır. Örneğin ilgili kolon için **278,95 KN** normal kuvvet, **927,24 kNcm (9,27 kNm)** ve **47523,05 kNcm (47,52 kNm)** momentleri etkisinde $92,60 \text{ cm}^2$ donatı gerektiği hesaplanmıştır.

Concrete Design Information ACI 318-99

File Drawing

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN-cm (Summary)

Level: STORY1 L=300,000
Element: C3 B=60,000
Station Loc: 0,000 E=2850,000
Section ID: S40X60 Fc=1,338 dc=4,000
Combo ID: DEPREM8 Fy=36,500 Lt.Wt. Fac.=1,000
RLLF=0,974 Fys=36,500

Phi(Compression-Spiral): 1,000 Overstrength Factor: 1,25
Phi(Compression-Tied): 1,000
Phi(Tension): 1,000
Phi(Bending): 1,000
Phi(Shear/Torsion): 1,000

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3					
Rebar	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
Area	92,595	278,952	-927,237	-47523,046	927,237

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT FACTORS					
	Cn Factor	Delta ns Factor	Delta s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	0,430	1,000	1,000	1,000	250,000
Minor Bending(M2)	0,400	1,000	1,000	1,000	250,000

SHEAR DESIGN FOR U2,U3					
	Design Rebar	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up
Major Shear(U2)	0,098	271,057	141,845	129,212	239,450
Minor Shear(U3)	0,038	127,791	147,099	77,221	127,791

JOINT SHEAR DESIGN					
	Joint Shear Ratio	Shear UuTop	Shear UuTot	Shear phi*Uc	Joint Area
Major Shear(U2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(U3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

Şekil 5.158: S3 kolonu betonarme analiz bilgileri

41. Özet bilgileri içeren pencere kapatılır ve **OK** düğmesine basılır.

42. Ekranda E aksı üzerinde 3–4 aksları arasında kalan 3.kat kiriş elemanına sağ Mouse tuşuyla tıklayın. Ekrana kirişin donatı hesabı sonuçları gelecektir. **TOP STEEL** (Üst

Donatı) olarak DEPREMX4 yüklemesinde $14,48 \text{ cm}^2$ donatı gerektiği hesaplanmıştır.

COMBO ID	STATION	LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR
DEPREMX3	180,00		1,831	1,831	0,082
DEPREMX3	225,00		2,173	1,831	0,076
DEPREMX3	270,00		3,852	1,831	0,070
DEPREMX3	270,00		3,855	1,831	0,068
DEPREMX3	307,50		4,345	1,831	0,065
DEPREMX3	345,00		5,870	3,738	0,068
DEPREMX4	15,00		14,484	6,403	0,106

Şekil 5.159: K2 kirişi donatı analizi

43. Summary düğmesine basarak ayrıntılı kesit hesabı bilgilerine ulaşılabilir.

ACI 318-99 BEAM SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN-cm (Summary)

Level : STORY3 L=360,000
 Element : B2 D=50,000 B=25,000 bf=25,000
 Station Loc : 15,000 ds=0,000 dcl=4,000 dcb=4,000
 Section ID : K25X50 E=2850,000 fc=1,330 Lt.Wt. Fac.=1,000
 Combo ID : DEPREMX4 fy=36,500 fys=36,500

Phi(Bending): 1,000
 Phi(Shear): 1,000
 Phi(Torsion): 1,000

Design Moments, M3

	Positive Moment	Negative Moment	Special +Moment	Special -Moment
	9784,202	-19568,403	9784,202	-19568,403

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	14,484	0,000	14,484	4,345
Bottom (-2 Axis)	6,403	6,403	0,379	4,345

Shear Reinforcement for Shear, U2

	Design Rebar	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us
	0,106	178,629	0,000	178,629

Reinforcement for Torsion, T

	Rebar At	Rebar A1	Torsion Tu	Critical Phi*Tcr	Area Ao	Perimeter Ph
	0,000	0,000	215,354	315,438	562,940	114,440

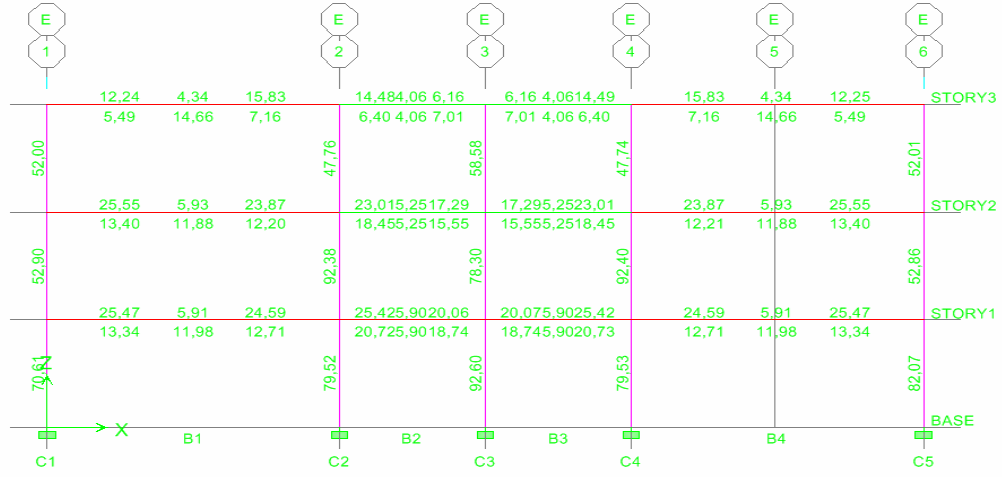
Şekil 5.160: K2 kirişi betonarme analiz bilgileri

44. Pencerele kapatılarak ekran üzerinde donatı alanlarını görebilir.

45. Sözkonusu kiriş için donatılar

Tablo 5.9: 3.Kat K2 kirişi donatı bilgileri

Sol Uç		Açıklık		Sağ Uç	
Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt
14,48	6,40	4,06	4,06	6,16	7,01



Şekil 5.161: E aksı betonarme analiz bilgileri

Analiz sonuçları:

Analiz sonuçları izolotörlü çözüm yapıldıktan sonra daha detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Ancak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapı elemanlarında bir yetersizliğin söz konusu olmadığı görülmektedir.

5.2.2. Çerçevelerden Müteşekkil Sistemin Ankastre Mesnetli Zaman Tanım Alanında Nonlineer Analizi

Mevcut sistemin analizi üstte birinci kısımda yapılmıştır. Bu defa Eşdeğer deprem yükü yöntemi yerine Zaman Tanım Alanında çözüm yapılacaktır.

1. Sistem modelinde, malzeme karakteristiklerinde ve kesitlerde herhangi bir değişiklik söz konusu değildir. **17.08.1999** tarihinde meydana gelen **Marmara Depreminin**, **Düzce** Meteoroloji İstasyonunda kaydedilmiş **Doğu-Batı** ve **Kuzey-Güney** doğrultusu bileşenlerini içeren verilerden oluşan deprem ivme kaydı kullanılacaktır. **5.1.3** de anlatıldığı üzere hesapta izlenecek adımlar arasında bir farklılık yoktur. Analize geçerse;

2. **Run Analysis** düğmesine basarak sistemin çözümü yapılır.

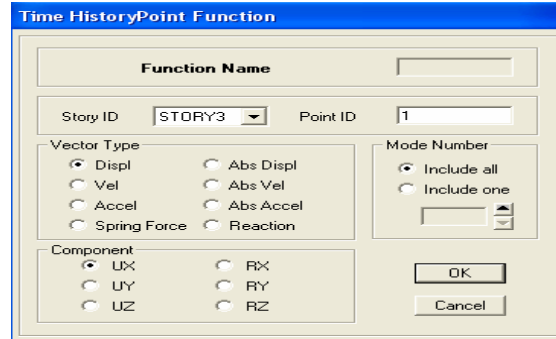
3. **Display** menüsünde **Show Time History Traces** seçeneği tıklanır.

4. Ekrana gelen ileti kutusunda **Define Functions** düğmesine basılır.

5. Ekrana gelen ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Point Disps/Forces** seçeneği tıklanır.

6. Ekrana gelen **Time History Point Function** ileti kutusunun

- **Story ID** bölümünden **STORY3** seçilir.
- **Point ID** kutucuğuna **1** yazılır.
- **Vector Type** bölümünden **Displ** seçeneği tıklanır.
- **Component** bölümünden **UX** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.



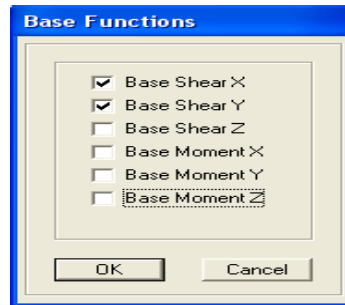
Şekil 5.162: Time history noktasal fonksiyonların atanması

7. Yeniden ekrana gelen **Time History Functions** ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Point Disps/Forces** seçeneği tıklanır.

8. Ekrana gelen **Time History Point Function** ileti kutusunun

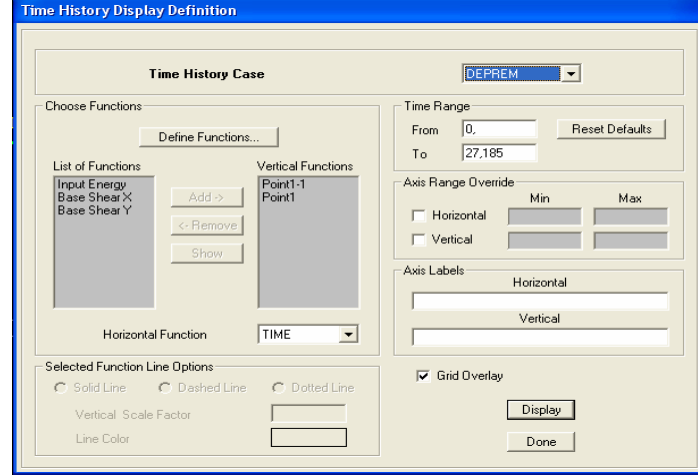
- **Story ID** bölümünden **BASE** seçilir.
- **Point ID** kutucuğuna **1** yazın.
- **Vector Type** bölümünden **Displ** seçeneği tıklanır.
- **Component** bölümünden **UX** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.

9. Yeniden ekrana gelen **Time History Functions** ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Base Functions** seçeneği tıklanır.



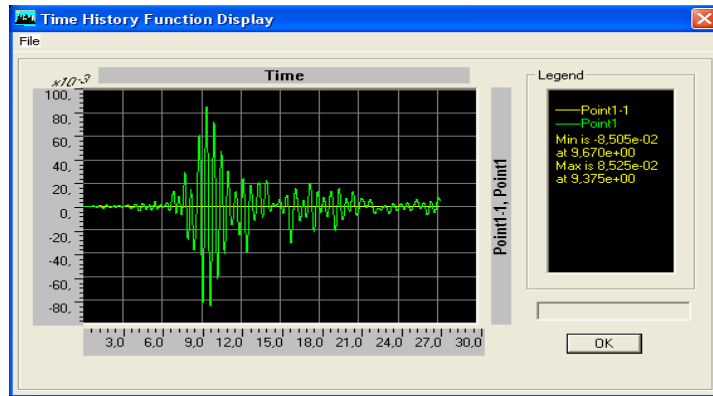
Şekil 5.163: Time history X ve Y yönü taban kesme kuvveti fonksiyonları seçimi

10. Ekranı gelen **Base Functions** ileti kutusunda **BASE Shear X** ve **BASE Shear Y** seçenekleri seçili duruma getirilir ve 2 kez **OK** düğmesine basılır.
11. **List of Functions** bölümünde **Point1** ve **Point1-1** seçenekleri üzerine klavyede Ctrl tuşuna basılı tutarak sol mouse tuşuyla tıklanır. **Add** düğmesine basılır.
12. **Horizontal Function** açılır listesinden **TIME** seçeneği tıklanır.
13. **Time History Case** bölümünden **DEPREM** seçeneğine tıklanır.



Şekil 5.164: 1 Nolu düğüm noktasının en üst kat ve tabanda tanımlanma penceresi

14. **Display** düğmesine basarak Tabanda ve en üst kattaki 1 No.lu düğüm noktalarının zamana bağlı olarak X yönündeki yerdeğiştirmelerinin değişimini gösteren grafik ekrana getirilir.

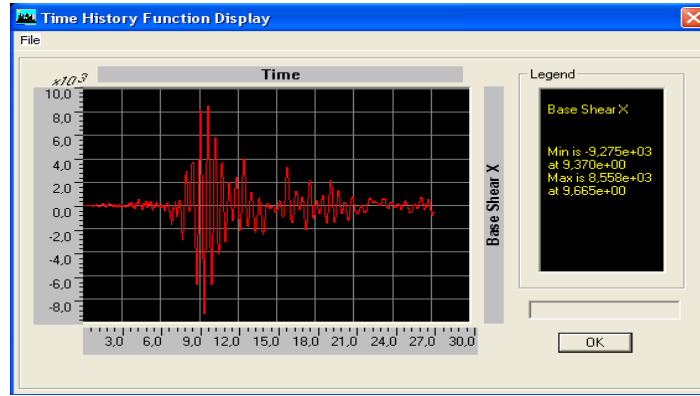


Şekil 5.165: 6 Nolu düğüm noktasının en üst kat ve tabanda yerdeğiştirme-zaman grafiği

15. Grafikten görüldüğü gibi taban ankastre olduğundan yerdeğiştirmenin sıfır (0) olduğu sarı çizginin başlangıç noktasından itibaren düz bir şerit halinde devam ettiği görülmektedir. 3.katta maximum ve minimum kesme kuvvetleride görülmektedir.

16. X doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimini görmek için **Point1** ve **Point1-1** seçenekleri **Remove** düğmesine basılarak **Vertical Functions** bölümünden kaldırılır.

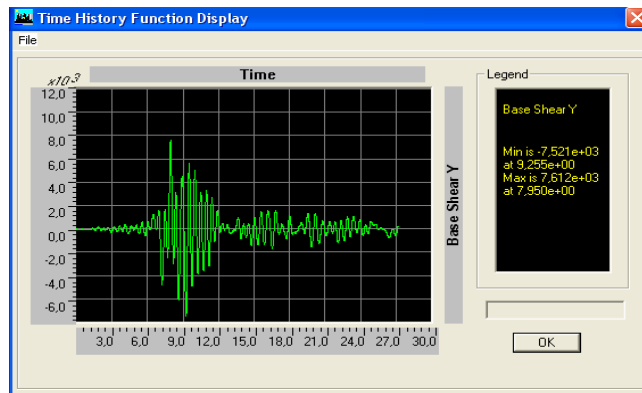
17. **Base Shear X** seçeneği tıklanır ve **Add** düğmesine basılır. **Display** düğmesine basarak zamana bağlı değişim grafik olarak ekrana getirilir.



Şekil 5.166: X yönünde taban kesme kuvveti-zaman grafiği

18. Y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimini görmek için **Base Shear X** seçeneği **Remove** düğmesine basılarak **Vertical Functions** bölümünden kaldırılır.

19. **Base Shear Y** seçeneği tıklanır ve **Add** düğmesine basılır. **Display** düğmesine basılır ve zamana bağlı değişim grafik olarak ekrana getirilir.



Şekil 5.167: Y yönünde taban kesme kuvveti-zaman grafiği

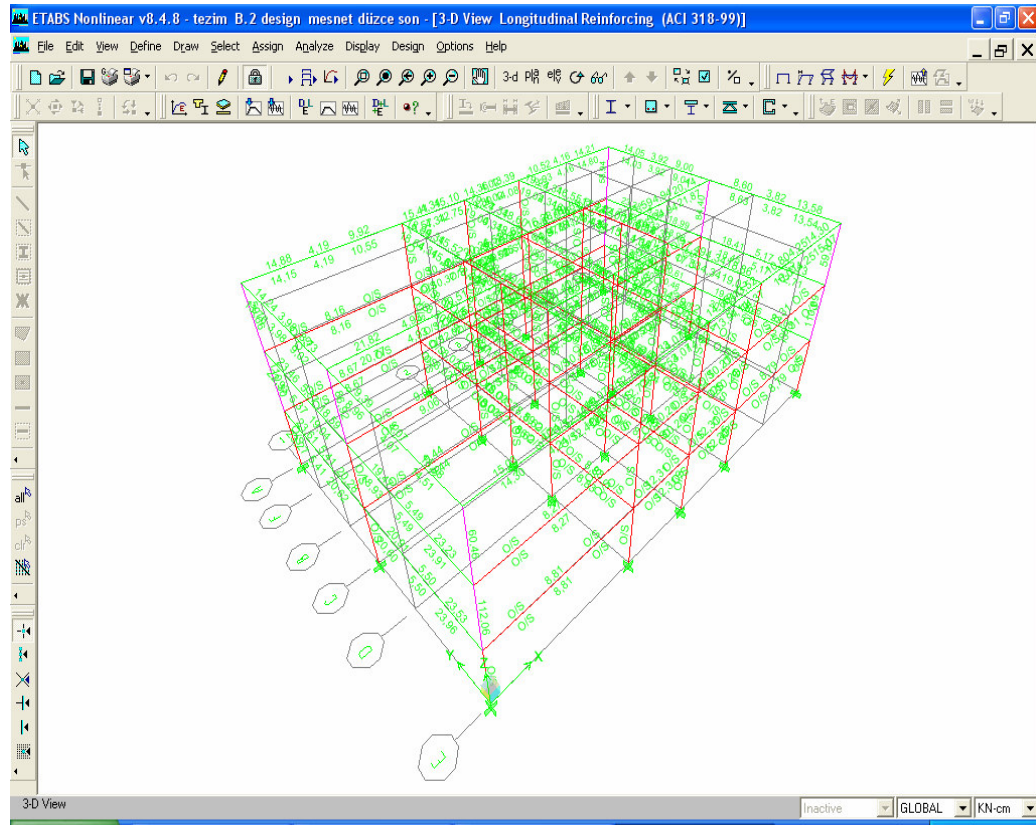
20. İlgili büyüklüklerin pozitif ve negatif en büyük değerleri ve karşı gelen zaman değerleri grafiğin sağ bölümünde verilmektedir.

Boyutlandırma:

Zaman Tanım alanında çözüm yapılacağından dolayı boyutlandırmada DÜZCEDEPREMİ kombinasyonu kullanılacaktır.

Boyutlandırma ile ilgili üstte anlatıldığı gibi ACI318-99 design code kullanılarak;

- Concrete Frame Design → Start Design/ Check of Structure ile çerçevenin hesabı
- Shear Wall Design → Start Design/ Check of Structure ile perde hesabı yapılır.



Şekil 5.168: Çubuk elemanlar için donatı analizi

21. Ekranda E aksı ile 3 aksılarının kesiştiği 1.kat kolonuna sağ Mouse tuşuyla tıklanıldığında **Concrete Column Design Information** ileti kutusu görünür. S3 (40X60) kolonu için iç kuvvetlere karşı $102,94 \text{ cm}^2$ donatı gerekir. Ancak kesme gerilmesinin maksimum sınırı aştığı (“O/S #3 Shear stress exceed maximum allowed”) görülmektedir.

Concrete Column Design Information (ACI 318-99)

Story: Section Name:
Column:

COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DUZCEDEF	0,00	0/S #2	0/S #3	0,180
DUZCEDEF	125,00	113,197	0/S #3	0,180
DUZCEDEF	250,00	102,938	0/S #3	0,180

Overwrites Interaction Summary Flex. Details Shear Details Joint Shear B/C Details

OK Cancel

Şekil 5.169: S3 kolonu donatı analizi

Bazı kolonlarda **donatı yetersizliği bazılarında kesme gerilmesinin maksimum sınırı aşması durumu** mevcut olup, bir kısım kolonlarda da kapasitenin yeterli olduğu analiz sonuçları incelendiğinde ortaya çıkmaktadır. Örneğin; E-1 aksı keşiminde 2. katta bulunan S1 (40X60) kolonu için aşağıda da görüldüğü üzere herhangi elverişsizlik söz konusu olmayıp iç kuvvetlere karşı 102,06 cm^2 donatı gerektiği görülmektedir.

Concrete Column Design Information (ACI 318-99)

Story: Section Name:
Column:

COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DUZCEDEF	0,00	112,060	0,207	0,110
DUZCEDEF	125,00	24,000	0,207	0,110
DUZCEDEF	250,00	69,363	0,207	0,110

Overwrites Interaction Summary Flex. Details Shear Details Joint Shear B/C Details

OK Cancel

Şekil 5.170: S1 kolonu donatı analizi

22. Summary düğmesine basarak ilgili elemanın donatı hesabı hakkında daha ayrıntılı bilgileri içeren ileti kutusu ekrana gelir. Bu ekranda eleman numarası, kesit türü, eleman “özellikleri, en elverişsiz yükleme adı, eğilme ve kayma hesabında kullanılan ve sonuçta” elde edilen bilgiler bulunmaktadır. Örneğin ilgili kolon için **258,91 KN** normal kuvvet, **36512,65 kNcm (365,13 kNm)** ve **40441,28 kNcm (404,41 kNm)** momentleri etkisindedir.

Concrete Design Information ACI 318-99

File Drawing

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN-cm (Summary)

Level : STORY2 L=300,000
 Element : C1 B=60,000 D=40,000 dc=4,000
 Station Loc : 0,000 E=2850,000 Fc=1,330 Lt.Wt. Fac.=1,000
 Section ID : S40X60 Fy=36,500 Fys=36,500
 Combo ID : DÜZCEDEPREMI RLLF=0,909

Phi(Compression-Spiral): 1,000 Overstrength Factor: 1,25
 Phi(Compression-Tied): 1,000
 Phi(Tension): 1,000
 Phi(Bending): 1,000
 Phi(Shear/Torsion): 1,000

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
112,060	-258,912	36512,652	-40441,277	860,625	705,278

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT FACTORS

	Cn Factor	Delta ns Factor	Delta s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	1,000	1,000	1,000	1,000	250,000
Minor Bending(M2)	1,000	1,000	1,000	1,000	250,000

SHEAR DESIGN FOR U2,U3

	Design Rebar	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up
Major Shear(U2)	0,207	271,551	0,000	271,551	0,000
Minor Shear(U3)	0,110	225,661	0,000	225,661	148,384

JOINT SHEAR DESIGN

	Joint Shear Ratio	Shear UuTop	Shear UuTot	Shear phi*Uc	Joint Area
Major Shear(U2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(U3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

Şekil 5.171: S1 kolonu betonarme analiz bilgileri

23. Özet bilgileri içeren pencere kapatılır ve **OK** düğmesine basılır.

24. Ekranda E aksı üzerinde 2-3 aksları arasında kalan 3.kat kiriş elemanına sağ Mouse tuşuyla tıklayın. Ekran K2 kirişin donatı hesabı sonuçları gelecektir. **TOP STEEL** (Üst Donatı) olarak **DÜZCEDEPREMİ** yüklemesinde elemanın sağ ucunda **altta 14,021 cm^2 donatı gerektiği** hesaplanmıştır.

Concrete Beam Design Information (ACI 318-99)

Story : STORY3 Section Name : K25X50
 Beam : B2

COMBO ID	STATION LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR STEEL
DÜZCEDEPREMI	180,00	4,073	4,073	0,095
DÜZCEDEPREMI	180,00	4,073	4,073	0,095
DÜZCEDEPREMI	225,00	4,345	4,345	0,095
DÜZCEDEPREMI	270,00	6,968	7,043	0,095
DÜZCEDEPREMI	270,00	6,946	7,064	0,095
DÜZCEDEPREMI	307,50	10,133	10,715	0,095
DÜZCEDEPREMI	345,00	14,021	14,529	0,095

Overwrites Summary Flex. Details Shear Details

OK Cancel

Şekil 5.172: K2 kiriş donatı analizi

25. **Summary** düğmesine basarak ayrıntılı kesit hesabı bilgilerine ulaşılabilir.

Concrete Design Information ACI 318-99									
File Drawing									
ACI 318-99 BEAM SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN-cm (Summary)									
Level :	STORY3	L=360,000							
Element :	82	D=50,000	B=25,000	bf=25,000					
Station Loc :	345,000	ds=0,000	dct=4,000	db=4,000					
Section ID :	K25X50	E=2850,000	fc=1,330	Lt.Mt. Fac.=1,000					
Combo ID :	DUZCEDEPREMI	fy=36,500	fys=36,500						
Phi(Bending):	1,000								
Phi(Shear):	1,000								
Phi(Torsion):	1,000								
Design Moments, M3									
		Positive	Negative	Special	Special				
		Moment	Moment	+Moment	-Moment				
		19637,069	-18907,765	19637,069	-18907,765				
Flexural Reinforcement for Moment, M3									
		Required	+Moment	-Moment	Minimum				
		Rebar	Rebar	Rebar	Rebar				
Top (+2 Axis)		14,021	0,425	14,021	4,345				
Bottom (-2 Axis)		14,529	14,529	0,000	4,345				
Shear Reinforcement for Shear, U2									
		Design	Shear	Shear	Shear				
		Rebar	phi=0c	phi=0c	phi=0c				
		0,095	159,981	0,000	159,981				
Reinforcement for Torsion, T									
		Rebar	Tu	Critical	Area	Perimeter			
		At	Phi=0c	Phi=0c	As	Ph			
		0,000	0,000	56,877	315,438	562,940	114,440		

Şekil 5.173: K2 kirişi betonarme analiz bilgileri

Analiz sonuçları:

Analiz sonuçları izolatörlü çözüm yapıldıktan sonra daha detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Çerçeveden müteşekkil yapımızın hangi elemanlarında yetersizlik söz konusu olduğu aşağıda tablo halinde verilecektir:

Tablo 5.9: Gerekli donatının maximum sınırı aştığı (reinforcing required exceeds maximum allowed) yapı elemanları:

Kolonlar		
Story 1	Story 2	Story 3
S1	--	--
S2	S2	S2
S3	S3	S3
S4	S4	S4
S5	--	--
S6	S6	S6
S7	S7	S7
S8	S8	S8
S9	S9	--
S10	S10	S10
S11	S11	S11
S12	S12	--
S13	S13	S13
S14	S14	S14
S15	S15	S15
S16	--	--
S17	S17	S17
S18	S18	S18
S19	S19	S19
S20	--	--

Tablo 5.10: Kesme gerilmesinin maximum sınırı aştığı (shear stress exceeds maximum allowed) yapı elemanları:

Kolonlar		
Story 1	Story 2	Story 3
S3	S3	S3
--	S4	--
--	S6	S6
S7	S7	S7
--	S8	S8
S9	--	--
S10	--	S10
S11	--	S11
S12	--	--
--	S13	S13
S14	S14	S14
--	S15	S15
--	S17	--
S18	S18	S18
--	S19	--

5.2.3. Çerçevelerden Müteşekkil Sistemin Taban İzolasyonlu Zaman Tanım Alanında Nonlineer Analizi

1. İzolatör yerleştirmeden önce temelde bulunan kolonları birbirine kirişlerle bağlayarak çözüm yoluna gidilmiştir. Aşağıda anlatıldığı gibidir.

2. İzolatör seviyesindeki yeni **kiriş** kesitini tanımlamak için **Define** menüsünde **Frame Sections...** seçeneği veya  ikonuna basılır. Buradan daha öncede anlatıldığı üzere **30x70** kiriş kesiti seçilir. Beton kalitesi **C20** alınacaktır.

3 Plan  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Select Plan Level** kutusundan **BASE** seçilerek izolasyon seviyesi ekrana getirilir.

4 Draw→ **Draw Line Objects** → **Draw Lines** ya da  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Properties of Object** kutucuğunun **Property** sekmesinden **K30x70** seçilir.

5 Varolan bütün kolonlar ve perdeler aşağıda olduğu gibi birbirine **30x70** kirişlerle bağlanır.

6 Bu kirişlerin üzerine **D18** döşemesi atanır. Bunun için;

Draw→ **Draw Area Objects** → **Draw Rectangular Areas** ya da  ikonuna basılır. Ekrana gelen **Properties of Object** kutucuğunun **Property** sekmesinden **D18** seçilir ve aks birleşim noktaları tutularak atamalar yapılır.

7. Daha sonra Assign menüsünde Shell/Area→ **Rigid Diaphragm** seçeneği tıklanır. Temelde bulunan döşeme mesh lerede ayrılır.

Yapımıza en uygun taban izolatörü olarak **kurşun çekirdekli kauçuk izolatör** seçilmiştir. “Dynamic Isolation Systems, Inc.” Firması tarafından üretilen **DIS** tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler kullanılacaktır. 3 tip olan bu izolatörlerden hesaplar için en uygun olan **DIS B** seçilmiştir.

Taban Yalıtım Özellikleri:

İzolatör Elemanın Toplam Ağırlığı: 8,3404 kN

Düşey yön için etkili rijitlik: 2468654,085 kN/m (Lineer)

Yatay yön için etkili rijitlik: 1180,926 kN/m (Lineer)

Yatay yön için etkili rijitlik: 6808,12 kN/m (Nonlinear)

Akma dayanımı: 127,03 kN

Akma sonrası rijitliğin akma öncesi rijitliğe oranı: 0,1

8. İzolatörün tanımlanma, yapıya atanma işlemleri **5.1.3** te anlatıldığı gibidir. 20 adet DIS B türü izolatör kullanılmıştır.

9. Zaman tanım alanında çözümleme için takip edilecek adımlar daha önceleri **5.1.2** de anlatılmıştı.

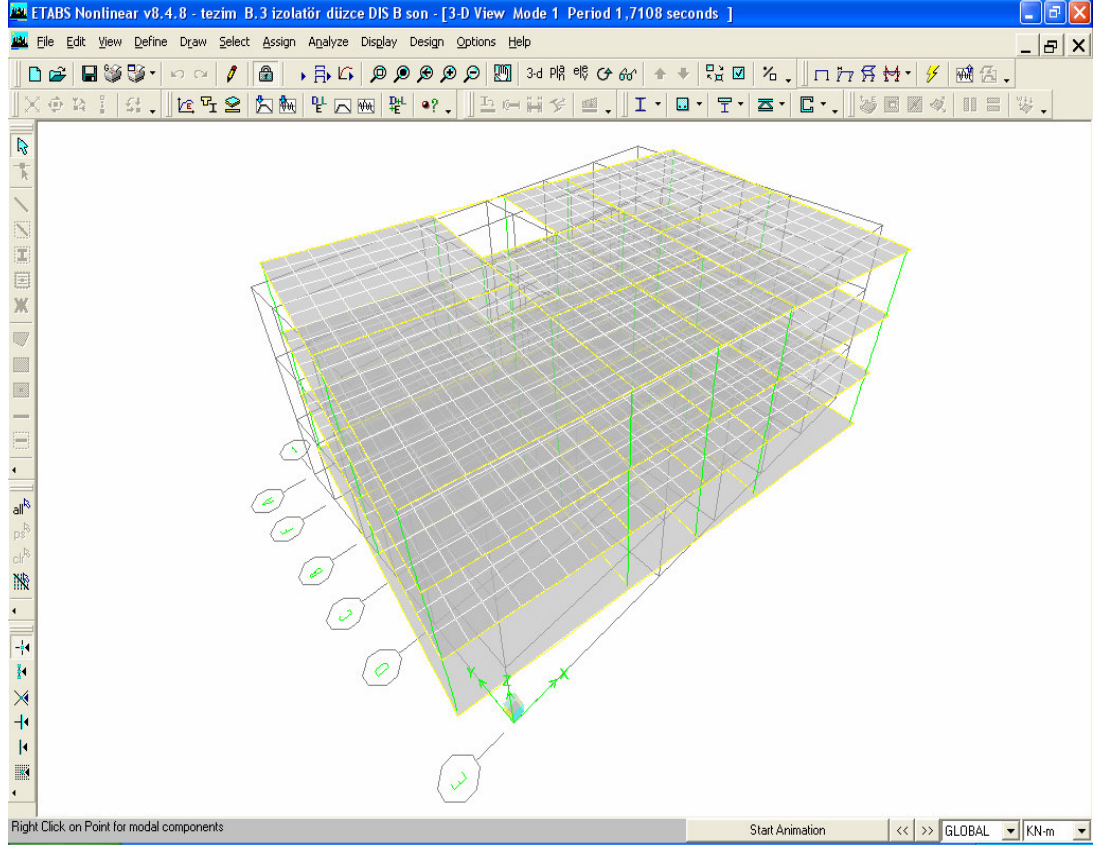
10. , **Run Analysis** düğmesine basarak sistemin çözümü yapılır.

11. Analizin bitiminde, **Display** menüsünde **Show Mode Shape** seçeneği tıklanır veya  ikonuna basılır.

12. Ekrana gelen **Mode Shape** (Mod şekli) ileti kutusunun **Mode Number** (Mod sayısı) kutucuğuna **1** yazılır ve **OK** düğmesine basılır.

13. Burada birinci modun Z (burulma) doğrultusunda olduğu görülür. Dolayısıyla yapının **Z** doğrultusundaki **1. doğal titreşim periyodu** $T_{1Z} = 1,7108$ s olarak belirlenmiş olur.

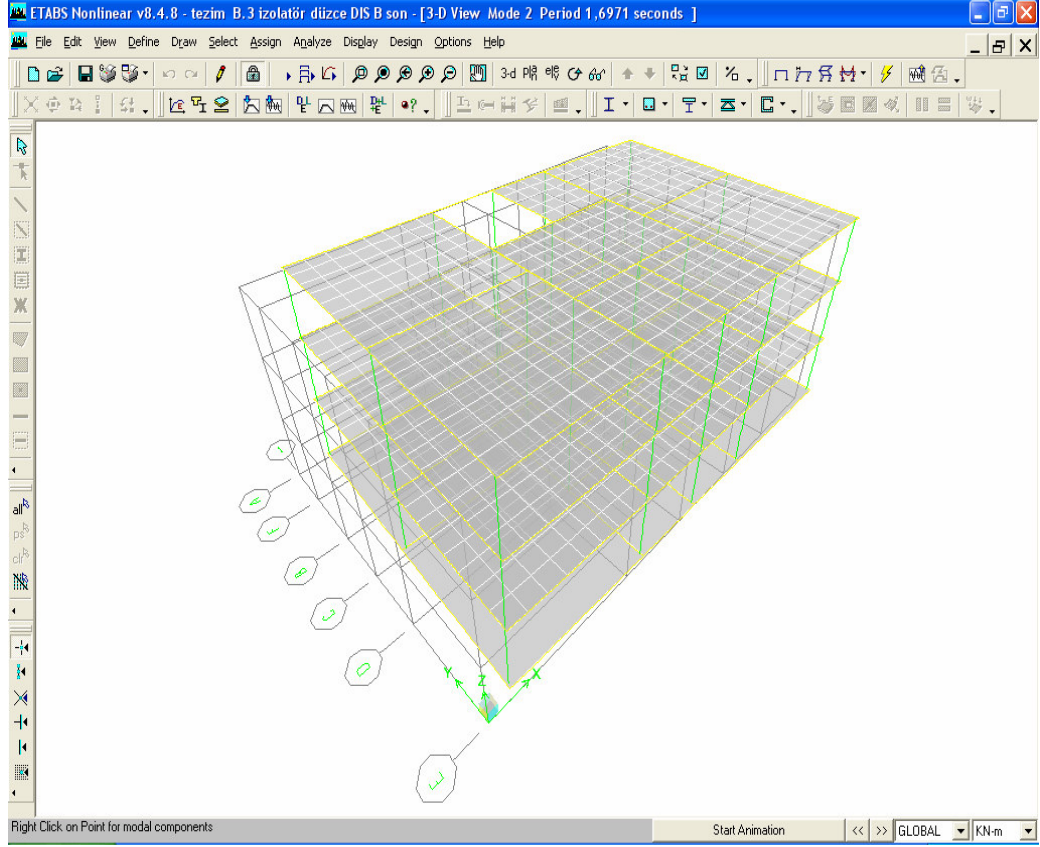
Not: Benzer sistemin taban yalıtımı olmadığı durumda Z yönünde 1. doğal titreşim periyodu **0.5625** s olarak hesaplanmıştı.



Şekil 5.174: 1.Mod şekli

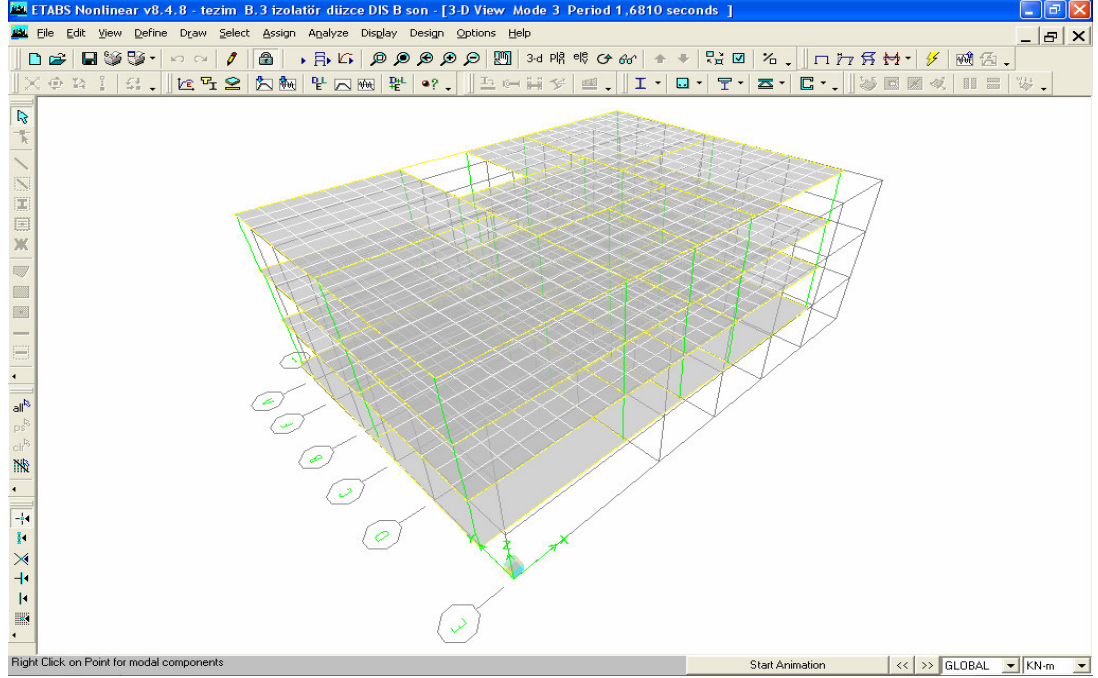
14. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki **>>sonraki** modu görüntüleme düğmesine basılır. Bu kez ekranda, 2. mod şekli görüntülenecek ve pencerenin başlık bölümünde Mode 2 Period 1,6971 yazısı okunacaktır. Bu görüntüden de, 2. modun X yönünde olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yapının **X** doğrultusundaki **1. doğal titreşim periyodu $T_{1X} = 1,6971$ s** olarak belirlenmiş olur.

Not: Benzer sistemin taban yalıtımı olmaması halinde, X yönündeki 1. doğal titreşim periyodu **0,5687 s** olarak hesaplanmıştı.



Şekil 5.175: 2.Mod şekli

15. Bir sonraki mod şeklini görmek için konum çubuğunun sağ tarafındaki **>>sonraki** modu görüntüleme düğmesine basılır. Bu kez ekranda, 3. mod şekli görüntülenecek ve pencerenin başlık bölümünde Mode 3 Period 1,6810 yazısı okunacaktır. Bu görüntüden de, 3. modun Y yönünde olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yapının **Y** doğrultusundaki **1. doğal titreşim periyodu $T_{1Y}=1,6810$ s** olarak belirlenmiş olur. **Not:** Benzer sistemin taban yalıtımı olmaması halinde, Y yönündeki 1. doğal titreşim periyodu **0,5003 s** olarak hesaplanmıştı.



Şekil 5.176 : 3.Mod şekli

16. **Display** menüsünden **Set Output Table Mode** seçeneği tıklanır.

17. Ekrana gelen **Display Output Tables** ileti kutusunda **Building Modal Info** kutucuğu seçili duruma getirilir ve **OK** düğmesine basılır.

18. Ekrana gelen ileti kutusunun sağındaki açılır listeden **Modal Participating Mass Ratios** seçeneği tıklanır. Bu işlem sonunda kütle katılım oranlarını gösteren tablo görüntülenecektir.

Modal Participating Mass Ratios									
Edit View									
Modal Participating Mass Ratios									
Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	
1	1.710773	2.2776	0.1903	0.0000	2.2776	0.1903	0.0000	0.1440	
2	1.697081	97.3982	0.0149	0.0000	99.6758	0.2052	0.0000	0.0113	
3	1.681021	0.0030	99.5861	0.0000	99.6788	99.7913	0.0000	75.4426	
4	0.335342	0.3015	0.0000	0.0000	99.9803	99.7913	0.0000	0.0000	
5	0.312116	0.0029	0.0000	0.0000	99.9832	99.7913	0.0000	0.0032	
6	0.297475	0.0000	0.2007	0.0000	99.9832	99.9921	0.0000	23.6928	
7	0.154017	0.0136	0.0000	0.0000	99.9968	99.9921	0.0000	0.0000	
8	0.116425	0.0000	0.0079	0.0000	99.9968	100.0000	0.0000	0.5897	
9	0.105791	0.0032	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	0.0000	0.0000	

Şekil 5.177: Periyotlar ve kütle katılım oranları

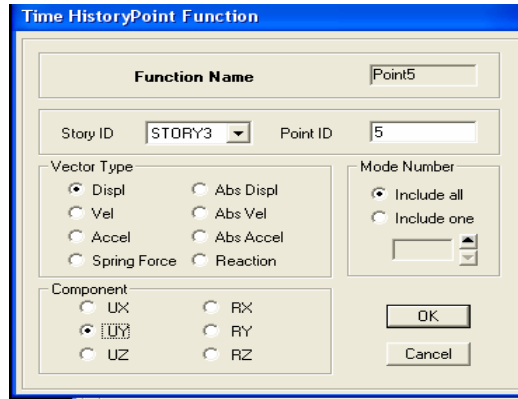
19. **Display** menüsünde **Show Time History Traces** seçeneği tıklanır.

20. Ekrana gelen ileti kutusunda **Define Functions** düğmesine basılır.

21. Ekrana gelen ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Point Disps/Forces** seçeneği tıklanır.

22. Ekrana gelen **Time History Point Function** ileti kutusunun

- **Story ID** bölümünden **STORY3** seçilir.
- **Point ID** kutucuğuna **5** yazılır.
- **Vector Type** bölümünden **Displ** seçeneği tıklanır.
- **Component** bölümünden **UY** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.



Şekil 5.178: Time history analizi için seçilen düğüm noktaları

23. Yeniden ekrana gelen **Time History Functions** ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Point Disps/Forces** seçeneği tıklanır.

24. Ekrana gelen **Time History Point Function** ileti kutusunun

- **Story ID** bölümünden **BASE** seçilir.
- **Point ID** kutucuğuna **5** yazılır.
- **Vector Type** bölümünden **Displ** seçeneği tıklanır.
- **Component** bölümünden **UY** seçeneği tıklanır ve **OK** düğmesine basılır.

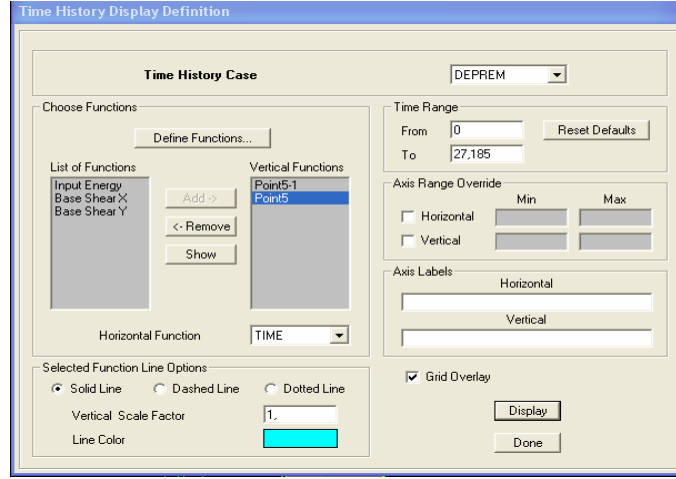
25. Yeniden ekrana gelen **Time History Functions** ileti kutusunun **Click to** bölümünde **Add Base Functions** seçeneği tıklanır.

26. Ekrana gelen **Base Functions** ileti kutusunda **BASE Shear X** ve **BASE Shear Y** seçenekleri seçili duruma getirilir ve 2 kez **OK** düğmesine basılır.

27. **List of Functions** bölümünde **Point5** ve **Point5-1** seçenekleri üzerine klavyede Ctrl tuşuna basılı tutarak sol mouse tuşuyla tıklanır. **Add** düğmesine basılır.

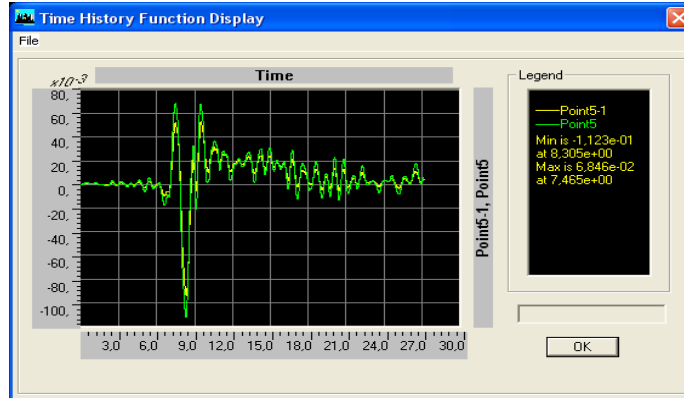
28. **Horizontal Function** açılır listesinden **TIME** seçeneği tıklanır.

29. **Time History Case** bölümünden **DEPREM** seçeneğine tıklanır.



Şekil 5.179: Time history analizi için seçilen düğüm noktalarının gösterildiği pencere

30. **Display** düğmesine basarak Tabanda ve en üst kattaki 33 No.lu düğüm noktalarının zamana bağlı olarak Y yönündeki yerdeğiştirmelerinin değişimini gösteren grafik ekrana getirilir.



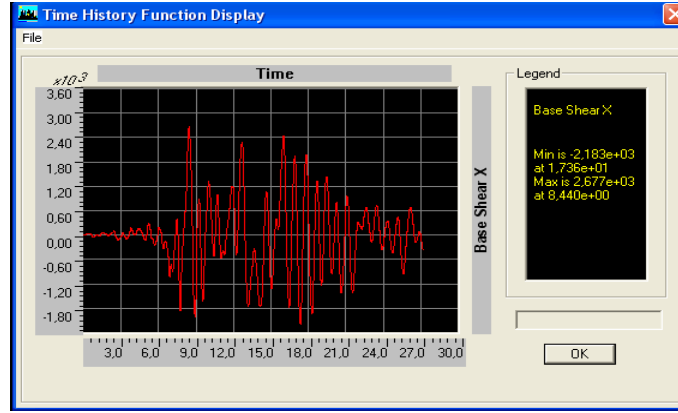
Şekil 5.180: Tabanda ve en üst kattaki 10 nolu düğüm noktasının Y yönünde zamana bağlı yerdeğiştirme grafiği

31. Grafikten görüldüğü gibi bu iki noktanın yerdeğiştirmeleri birbirlerine çok yakındır. Bu durum üst yapının görelî yerdeğiştirmelerinin çok küçük olduğunu, yapının izolatör üzerinde rijit cisim hareketine benzer davranış gösterdiğini belirtmektedir.

32. X doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimini görmek için **Point9** ve

Point9-1 seçenekleri **Remove** düğmesine basılarak **Vertical Functions** bölümünden kaldırılır.

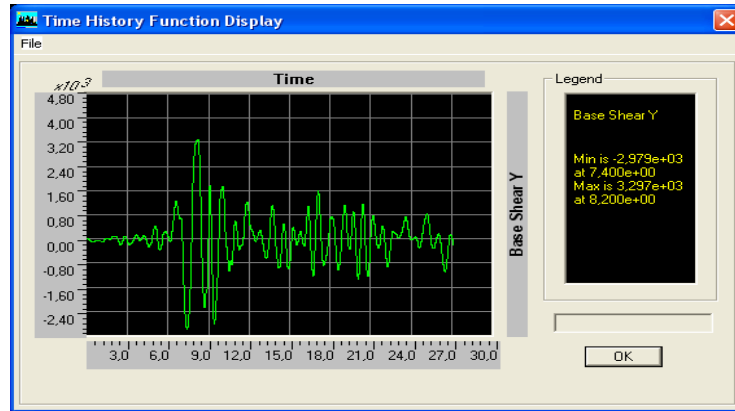
33. Base Shear X seçeneği tıklanır ve **Add** düğmesine basılır. **Display** düğmesine basarak zamana bağlı değişim grafik olarak ekrana getirilir.



Şekil 5.181: X yönünde taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

34. Y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zaman ile değişimini görmek için **Base Shear X** seçeneği **Remove** düğmesine basılarak **Vertical Functions** bölümünden kaldırılır.

35. Base Shear Y seçeneği tıklanır ve **Add** düğmesine basılır. **Display** düğmesine basılır ve zamana bağlı değişim grafik olarak ekrana getirilir.



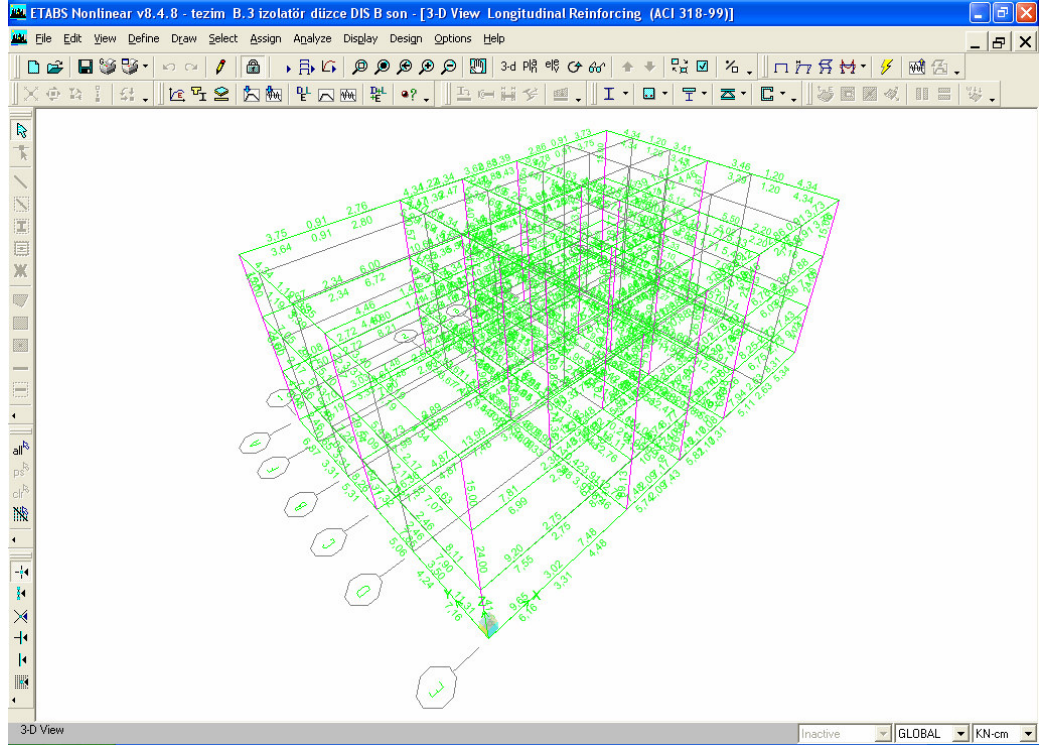
Şekil 5.182: Y yönünde taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

36. İlgili büyüklüklerin pozitif ve negatif en büyük değerleri ve karşı gelen zaman değerleri grafiğin sağ bölümünde verilmektedir.

Boyutlandırma:

Boyutlandırma ile ilgili üstte anlatıldığı gibi ACI318-99 design code kullanılarak;

- Concrete Frame Design→ Start Design/ Check of Structure ile çerçevenin hesabı



Şekil 5.183: Çubuk elemanlar için donatı analizi

37. Ekranda E aksı ile 3 aksılarının kesiştiği 1.kat S3 kolonuna sağ Mouse tuşuyla tıklanıldığında **Concrete Column Design Information** ileti kutusu görünür. Bu kolon için DUZCEDEP. yüklemesine karşı $76,82 \text{ cm}^2$ donatı gerektiği görülmektedir.

Concrete Column Design Information (ACI 318-99)					
Story	STORY1		Section Name S40x60		
Column	C3				
COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT	
DUZCEDEP	0,00	76,031	0,137	0,062	
DUZCEDEP	125,00	24,364	0,127	0,062	
DUZCEDEP	250,00	34,997	0,127	0,062	

Overwrites Interaction Summary Flex. Details Shear Details Joint Shear B/C Details

OK Cancel

Şekil 5.184: S3 kolonu donatı analizi

38. **Summary** düğmesine basarak ilgili elemanın donatı hesabı hakkında daha ayrıntılı bilgileri içeren ileti kutusu ekrana gelir. Bu ekranda eleman numarası, kesit türü, eleman “özellikleri, en elverişsiz yükleme adı, eğilme ve kayma hesabında kullanılan ve

sonuçta” elde edilen bilgiler bulunmaktadır. Örneğin ilgili kolon için **199,42 KN** normal kuvvet, **28959,61 kNcm (289,60 kNm)** ve **27950,23 kNcm (279,50 kNm)** momentleri etkisindedir.

Concrete Design Information ACI 318-99

File Drawing

ACI 318-99 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN-cm (Summary)

Level : STORY1 L=300,000
 Element : C3 B=60,000 D=40,000 dc=4,000
 Station Loc : 0,000 E=2850,000 fc=1,330 Lt.Wt. Fac.=1,000
 Section ID : S40X60 fy=36,500 fys=36,500
 Combo ID : DÜZCEDEPREMİ RLLF=0,960

Phi(Compression-Spiral): 1,000 Overstrength Factor: 1,25
 Phi(Compression-Tied): 1,000
 Phi(Tension): 1,000
 Phi(Bending): 1,000
 Phi(Shear/Torsion): 1,000

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
76,821	-199,424	-28959,606	-27950,225	662,887	543,232

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT FACTORS

	Cn Factor	Delta ns Factor	Delta s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	1,000	1,000	1,000	1,000	250,000
Minor Bending(M2)	1,000	1,000	1,000	1,000	250,000

SHEAR DESIGN FOR U2,U3

	Design Rebar	Shear Vu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up
Major Shear(U2)	0,127	167,285	0,000	167,285	123,569
Minor Shear(U3)	0,062	127,010	0,000	127,010	79,657

JOINT SHEAR DESIGN

	Joint Shear Ratio	Shear UuTop	Shear UuTot	Shear phi*Uc	Joint Area
Major Shear(U2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(U3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

Şekil 5.185: S3 kolonu betonarme analiz bilgileri

39. Özet bilgileri içeren pencere kapatılır ve **OK** düğmesine basılır.

40. Ekranda E aksı üzerinde 2–3 aksları arasında kalan 1.kat kiriş elemanına sağ Mouse tuşuyla tıklayın. Ekrana K2 kirişin donatı hesabı sonuçları gelecektir. **TOP STEEL (Üst Donatı)** olarak **DÜZCEDEPREMİ** yüklemesinde elemanın sol üst tarafında **13,244 cm² donatı gerektiği** hesaplanmıştır.

Concrete Beam Design Information (ACI 318-99)

Story : STORY1 Section Name : K25x50
 Beam : B2

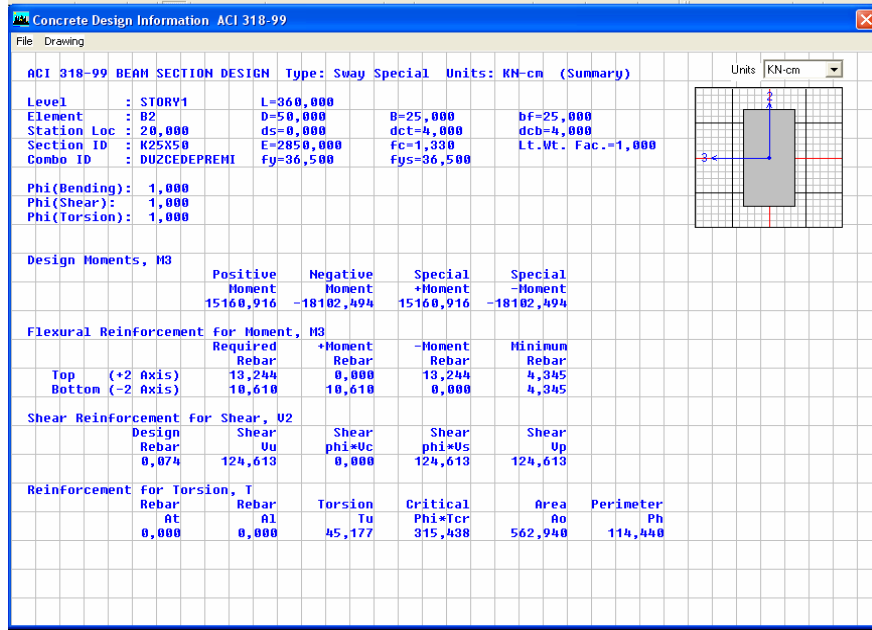
COMBO ID	STATION LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR STEEL
DÜZCEDEPREMİ	20,00	13,244	10,610	0,074
DÜZCEDEPREMİ	55,00	9,953	8,165	0,074
DÜZCEDEPREMİ	90,00	7,199	5,767	0,074
DÜZCEDEPREMİ	90,00	7,220	5,746	0,074
DÜZCEDEPREMİ	135,00	4,345	4,276	0,074
DÜZCEDEPREMİ	180,00	3,741	3,741	0,074
DÜZCEDEPREMİ	180,00	3,741	3,741	0,074

Overwrites Summary Flex. Details Shear Details

OK Cancel

Şekil 5.186: K2 kiriş donatı analizi

41. Summary düğmesine basarak ayrıntılı kesit hesabı bilgilerine ulaşılabilir.



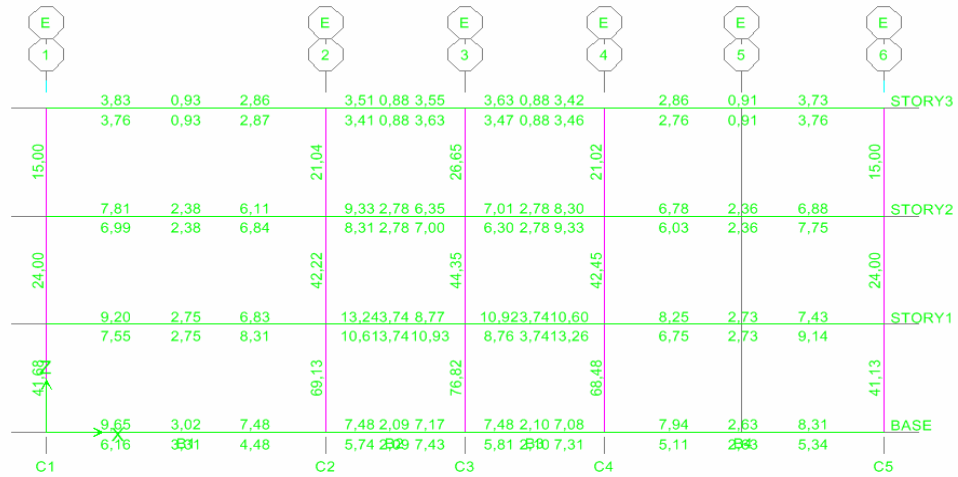
Şekil 5.187: K2 kirişi betonarme analiz bilgileri

42. Pencerele kapatarak ekran üzerinde donatı alanlarını görebilir.

43. Sözkonusu kiriş için donatılar

Tablo 5.11: K2 kirişi donatı tablosu

Sol Uç		Açıklık		Sağ Uç	
Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt
13,24	10,61	3,74	3,74	8,77	10,93



Şekil 5.188: E aksı betonarme analiz bilgileri

Analiz sonuçları:

Yapı elamanlarının taban izolatörlü halde Zaman tanım alanında çözümünde bütün kesitlerinin kurtarıldığı, herhangi bir kapasite probleminin olmadığı görülmektedir.

5.2.4 Analiz Sonuçları ve Değerlendirmeler:

Çerçeveden müteşekkil yapının eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanında deprem hesabı yapılmıştır. Eşdeğer deprem yükü yönteminde yapının kesitlerinde herhangi bir yetersizlik söz konusu olmamıştır. Buna karşın, zaman tanım alanında deprem analizinde birçok elemanın yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

Bu sebepten taban izolasyonu uygulaması, zaman tanım alanı yöntemi esas alınarak analizi yapılmıştır.

Üstte anlatıldığı üzere yapıya izolatör eklediğimizde periyot birkaç kat artmış, spektral ivme azalarak deprem esnasında yapıya gelen kesme kuvvetleri azalmıştır.

Yine üst yapı deprem sırasında çok küçük katlar arası ötelenme yaparak rijit bir cisim gibi davranmıştır, şekil değiştirmeler izolatör seviyesinde kalmıştır.

Mevcut binamızda 20 adet kurşun çekirdekli kauçuk izolatör kullanılmıştır. Bir maliyet analizinin gerekliliği de şüphesiz çok önemlidir. Bunun için Türkiye de merkezi İzmir’de bulunan MAURER SÖHNE firmasına danışılmıştır. Hesaplarımızda kullandığımız DIS B türü izolatörün ölçüleri, yük taşıma kapasiteleri v.s türü bilgiler ilgili firmaya sunulmuştur. Bunun üzerine kullandığımız ölçülerde izolatörün bir adetinin fiyatı 2.500 YTL olarak öğrenilmiştir [21]. Bundan dolayı;

$$2.500 \times 20 = 50.000 \text{ YTL maliyet (işçilik hariç) hesap edilmiştir.}$$

6. SONUÇLAR

Perde-çerçeveden müteşekkil mevcut bir sistemin ve sadece çerçevelerden oluşan yeni tasarlanmış bir sistemin eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanında deprem hesapları yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre yapıların birçok kesitlerinde, zaman tanım alanı yöntemi kullanıldığında yetersizliğin çok daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sebepten taban izolasyonu uygulaması zaman tanım alanı yöntemi esas alınarak yapılmıştır.

Önceki bölümlerde anlatıldığı üzere yapılara DIS B türü kurşun çekirdekli kauçuk izolator eklendiğinde tablo 7.1 de gösterildiği üzere periyot birkaç kat artmış, spektral ivme azalarak deprem esnasında yapıya gelen kesme kuvvetleri azalmıştır.

Tablo 6.1: Her iki yapı için izolatörlü ve izolatörsüz periyotların karşılaştırılması

Perde- Çerçeve Sistem			
	T_{1X}	T_{1Y}	T_{1Z}
Ankastre mesnetli sistem	0,1110	0,2165	0,1447
Taban izolatörlü sistem	1,6458	1,6550	1,7407
Çerçeve Sistem			
	T_{1X}	T_{1Y}	T_{1Z}
Ankastre mesnetli sistem	0,5687	0,5003	0,5625
Taban izolatörlü sistem	1,6971	1,6810	1,7108

Her iki yapı da deprem sırasında çok küçük katlar arası ötelenme yaparak rijit bir cisim gibi davranmıştır, şekil değiştirmeler izolator seviyesinde kalmıştır.

Perde-çerçeveden oluşan sistemde, aşağıda gösterilen tablo 7.2’de de görüldüğü üzere nonlineer zaman tanım alanı yöntemi kullanılarak yapılan deprem hesabı sonuçlarında, yapıda ankastre mesnet mevcut iken neredeyse bütün kolon ve perdelerde eğilme kapasitelerin yetersiz olduğu görülmüştür. Buna karşın yapıya taban izolatorü eklendiğinde periyot artışı nedeniyle yapıya gelen kesme kuvvetinin azalmasından ötürü, izolatörsüz durumda yetersiz bulunan elemanlarda böyle bir sorunun kalmadığı görülmüştür.

Tablo 6.2: Perde-Çerçeve sistem için eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanı metodu ile kapasite analizleri

Kapasiteyi aşan yapı elemanları								
Ankastre mesnetli eşdeğer dep. yükü yöntemi ile çözümde			Ankastre mesnetli zaman tanım alanı yöntemi ile çözümde			Taban izolatörlü zaman tanım alanı yöntemi ile çözümde		
Story 1	Story 2	Story 3	Story 1	Story 2	Story 3	Story 1	Story 2	Story 3
--	--	--	SZ02	S102	S202	--	--	--
--	--	--	SZ05	--	--	--	--	--
--	--	--	SZ07	S107	S207	--	--	--
--	--	--	SZ10	S110	S210	--	--	--
--	--	--	SZ11	--	--	--	--	--
--	--	--	SZ12	--	--	--	--	--
--	--	--	SZ14	S114	--	--	--	--
--	--	--	SZ15	--	--	--	--	--
--	--	--	P1	P1	--	--	--	--
P2	P2	--	P2	P2	--	--	--	--
P3	--	--	P3	--	--	--	--	--

Çerçeveden müteşekkil yapının da aynı şekilde eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanında deprem hesapları yapılmıştır. Ankastre mesnetli halde bu yapıda, eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılan deprem hesabında; “donatı yetersizliğinin” ve “kesme gerilmesinin maksimum sınırı aştığı” yapı elemanları bulunmamıştır. Buna karşın, doğrusal olmayan zaman tanım alanı ile yapılan çözümde birçok elemanda üstte bahsedilen sorunla karşılaşmıştır. Bu meyanda, yapıya taban izolatörü eklendiğinde söz konusu yetersizliklerin bertaraf edildiği görülmüştür.

Tablo 6.3: Çerçeve sistemde gerekli donatının maksimum sınırı aştığı yapı elemanlarının her iki deprem hesap metodu kullanılarak karşılaştırılması

Gerekli donatının maximum sınırı aştığı yapı elemanları								
Ankastre mesnetli eşdeğer dep. yükü yöntemi ile çözümde			Ankastre mesnetli zaman tanım alanı yöntemi ile çözümde			Taban izolatörlü zaman tanım alanı yöntemi ile çözümde		
Story 1	Story 2	Story 3	Story 1	Story 2	Story 3	Story 1	Story 2	Story 3
--	--	--	S1	--	--	--	--	--
--	--	--	S2	S2	S2	--	--	--
--	--	--	S3	S3	S3	--	--	--
--	--	--	S4	S4	S4	--	--	--
--	--	--	S5	--	--	--	--	--
--	--	--	S6	S6	S6	--	--	--
--	--	--	S7	S7	S7	--	--	--
--	--	--	S8	S8	S8	--	--	--
--	--	--	S9	S9	--	--	--	--
--	--	--	S10	S10	S10	--	--	--
--	--	--	S11	S11	S11	--	--	--
--	--	--	S12	S12	--	--	--	--
--	--	--	S13	S13	S13	--	--	--
--	--	--	S14	S14	S14	--	--	--
--	--	--	S15	S15	S15	--	--	--
--	--	--	S16	--	--	--	--	--
--	--	--	S17	S17	S17	--	--	--
--	--	--	S18	S18	S18	--	--	--
--	--	--	S19	S19	S19	--	--	--
--	--	--	S20	--	--	--	--	--

Tablo 6.4: Çerçeve sistemde kesme gerilmesinin maksimum sınırı aştığı yapı elemanlarının her iki deprem hesap metodu kullanılarak karşılaştırılması

Kesme gerilmesinin maximum sınırı aştığı yapı elemanları								
Ankastre mesnetli eşdeğer dep. yükü yöntemi ile çözümde			Ankastre mesnetli zaman tanım alanı yöntemi ile çözümde			Taban izolatörlü zaman tanım alanı yöntemi ile çözümde		
Story 1	Story 2	Story 3	Story 1	Story 2	Story 3	Story 1	Story 2	Story 3
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	S3	S3	S3	--	--	--
--	--	--	--	S4	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	S6	S6	--	--	--
--	--	--	S7	S7	S7	--	--	--
--	--	--	--	S8	S8	--	--	--
--	--	--	S9	--	--	--	--	--
--	--	--	S10	--	S10	--	--	--
--	--	--	S11	--	S11	--	--	--
--	--	--	S12	--	--	--	--	--
--	--	--	--	S13	S13	--	--	--
--	--	--	S14	S14	S14	--	--	--
--	--	--	--	S15	S15	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	S17	--	--	--	--
--	--	--	S18	S18	S18	--	--	--
--	--	--	--	S19	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--

KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar. N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [2] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 1998. “Bayındırlık ve İskan Bakanlığı”, Ankara.
- [3] **Özmen, G., Orakdöğen E., Darılmaz K.**, 2005. Örneklerle ETABS, Birsan Dağıtım, İstanbul.
- [4] **Inaudi, J.A. and Kelly J.M.**, 1993. Optimum damping in linear isolation systems, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 583-598
- [5] **Uniform Building Code (UBC)**, 1991. Earthquake regulations for seismic-isolated structures, *Appendix to Chapter*, 23, 875-891
- [6] **Uniform Building Code (UBC)**, 1997. Earthquake regulations for seismic-isolated structures, *Appendix to Chapter*, 16, Division IV
- [7] **Buckle I.G. and Mayes, R.L.**, 1990. Seismic isolation history, application and performance- a world view. *Earthquake Spectra*, **6**, 161-201.
- [8] **Battaini, M., Casciati, F., and Faravelli, L.**, 1998. Fuzzy control of structural vibration. An active mass system driven by fuzzy controller, *Earthquake Engrg. and Struct. Dyn.*, **27(11)**, 1267-1276
- [9] **Carlson, J.D.**, 1994. The promise of controllable fluids, *Proc., Actuator 94*, H. Borgmann and K. Lenz, eds., AXON Technologie Consult GmbH, Bremen, Germany, 15-17 June 1994, 266-270
- [10] **Carlson, J.D., Catanzarite, D.M., and St. Clair, K.A.**, 1995. Commercial magnetorheological fluid device, *Proc. 5 th Int. Conf. On ER Fluids, MR Fluids and Associated Technol.*, Univ. Of Sheffield, U.K.
- [11] **Türker, H.**, 2003. Taban İzolasyonu İle Klasik Güçlendirme Arasında Bir Maliyet Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü . İstanbul
- [12] **Pekgökgöz, R.**, 2005. Deprem Yükleri Altındaki Yapı Davranışının Yarı-Aktif Akışkanlı Sönümleyiciler ve Sismik Taban Yalıtım Sistemleri Kullanılarak Bulanık Mantık Yöntemi İle Kontrolü, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü . İstanbul

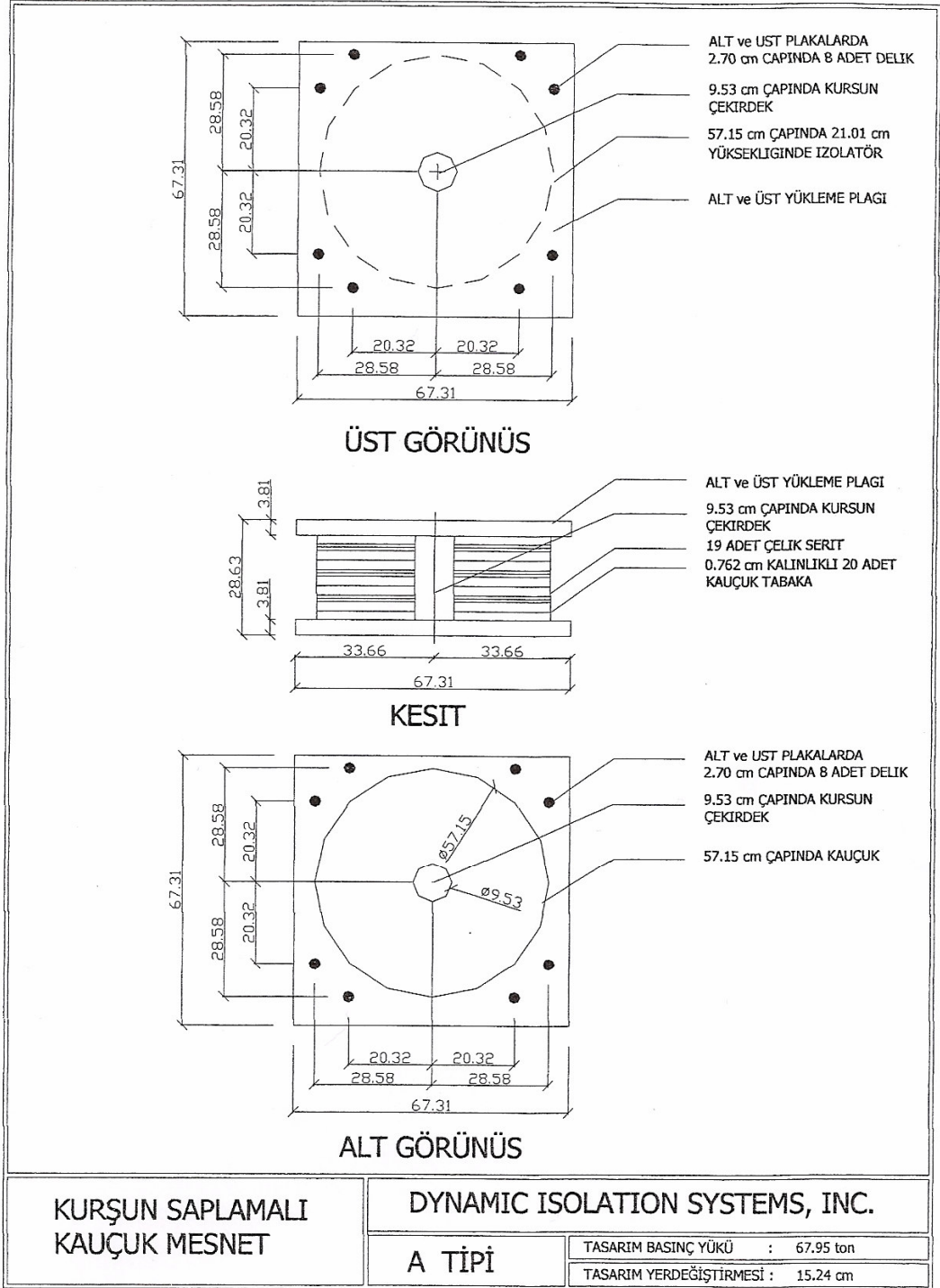
- [13] **Aldemir, U. ve Aydın, E.**, 2005. Türkiye Mühendislik Haberleri,Sayı 435-Ocak, İstanbul
- [14] **Pınarbaşı, S. ve Akyüz, U.**, 2005. İmo Teknik Dergi, 3581-3598, Yazı 237 İstanbul
- [15] **Coşkun, E.**, 2004. Yapıların Depreme Karşı Korunmasında Etkin Bir Çözüm, İ.K.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü . İstanbul
- [16] **Kelly, J.M.**, 1998. “Seismic Isolation as an Innovative Approach for the Propection of Engineered Structures”, 11th European Conference on Earthquake Engineering, Balkema, Rotherdam.
- [17] **Kelly, J.M.**, 1980. “Testing of a Naturel Rubber Base İzolation System by an Explosively Simulated ”, Report No: UCB/EERC-80/25, Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley.
- [18] **Kelly, J.M.**, 1991. “Dynamic And Failure Characteristics of Bridgestone Isolation Bearings ”, Report No: UCB/EERC-91/04, Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley.
- [19] **Kelly, J.M., Chalhoub M.S.**, 1987. “Earthquake Simulator Testing of a Combined Sliding Bearing Isolation System”, Report No: UCB/EERC-87/04, Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley.
- [20] **Roeder C.W., Stanton J.F. and Taylor A.W.**, 1987. Performance of elastomeric bearings, national cooperative highway research program (NCHRP) Report **No:298**,*Transportation Research Board*, Washington D.C.
- [21] **Maurer Söhne Satış Pazarlama Müdürlüğü.**, 2007. Kişisel görüşme.

EKLER

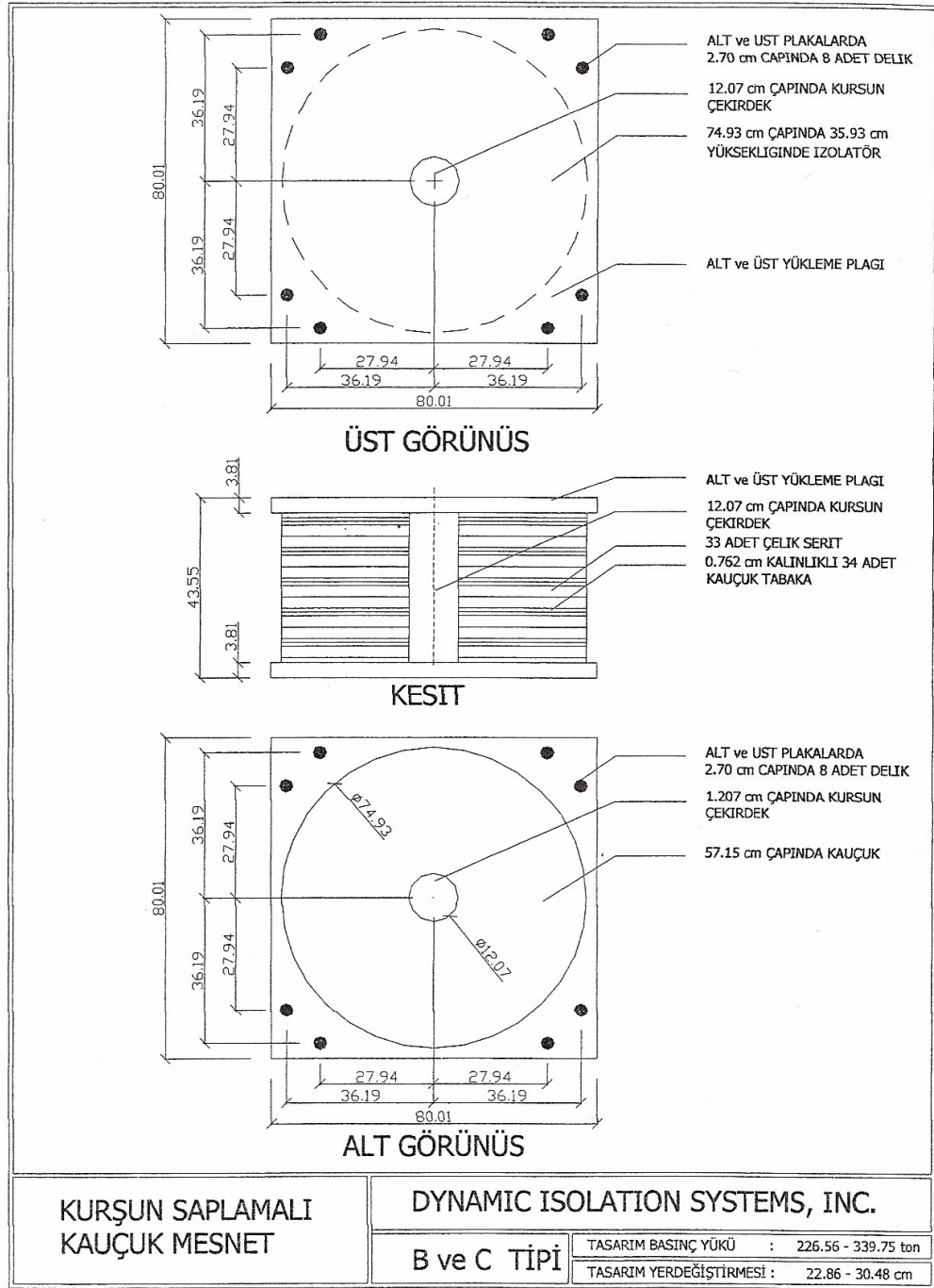
EK A

KAUÇUK TABAN İZOLATÖR TİPLERİ VE TEST SONUÇLARI

A.B.D.’de faaliyet gösteren “The Highway Innovative Technology Evaluation Center (**HITEC**)” kuruluşunca, kurşun çekirdekli kauçuk tabakalı taban izolatörleri bir dizi teste tabi tutulmuştur. Bu testlere ait sonuçlar, aşağıda gösterilmiştir **[11]**.



Şekil A.1 : A tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatör



Şekil A.2 : B ve C tipi kurşun çekirdekli kauçuk izolatör

Tablo A.1: DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin fiziksel özellikleri

Mesnet Tipi	Tasarım Basınç Yüğü (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.2: DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin mekanik karakteristiklerin yük seviyesine bağılı değışimi

Mesnet Tipi	Düşey Yüğü (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	17,0	14394,26
	%70 DCL	15,94	15,6	13829,34
	%40 DCL	16,64	15,1	13919,73

Bu değerler, tasarım yer değiştirmesindeki 2 cm periyod çevrimsel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunan test sonuçlarıdır.

Tablo A.3: DIS Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin mekanik karakteristiklerin 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	17,0	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	9917,8	3260,74
C tipi	14586,34	14382,96	14394,26	15196,45	452052

Bu değerler, tasarım basınç yükü altında ve tasarım yer değiştirmesinde çevrimsel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunan test sonuçlarıdır.

* Tasarım yer değiştirmesinin yarısı için elde edilen değerlerdir.

Tablo A.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 mesneden yer değiştirme kapasitesi test ekipmanının oluşturabileceği limit yer değiştirmeden büyüktür

Tablo A.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	14,0	16,3	7490,89	9725,73
C tipi	15,41	15,24	11,33	17,0	10100,84	14394,26

Gerçek değerler, tasarım basınç yükü altında ve 2 cm periyodundaki çevresel yatay yüklemelerin ikinci çevrimi için okunmuş olan test değerleridir.

Tablo A.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	17,70	19,6	9168,72	9502,02
5	17,86	15,76	18,30	18,8	10234,16	9308,82
1	19,09	16,64	17,30	17,5	10129,09	8933,71
0,5*	25,22	23,99	14,80	17,5	2927,44	3296,90

Tabloda ki “önce” şunu ifade eder: 2224 kN tasarım basınç yükü altında B tipi mesnet için; 10 sn periyodlu servis yüklemelerinin (sıcak ve hareketli yük etkileri yani Tablo A.1.1’de ki küçük yer değiştirmeler sınırını oluşturan yük etkileri) 10000 adet döngü esnasında oluşturduğu yorulma etkileri ve Amerikan Standardı ASTM B117 şartlarının öngördüğü 1000 saat hız spreji 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 yer değiştirmesinin yarısı için elde edilmiştir.

Tablo A.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
Sönüm (Kri. Sön. %)	22,6 (+%43)	15,80	14,2
Enerji Yutumu (kN/cm)	17512,64	10192,36	8373,3 (-%18)

Parantez içindeki değerler % olarak normal şartlardan sapmaları işaret eder.

Tablo A.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

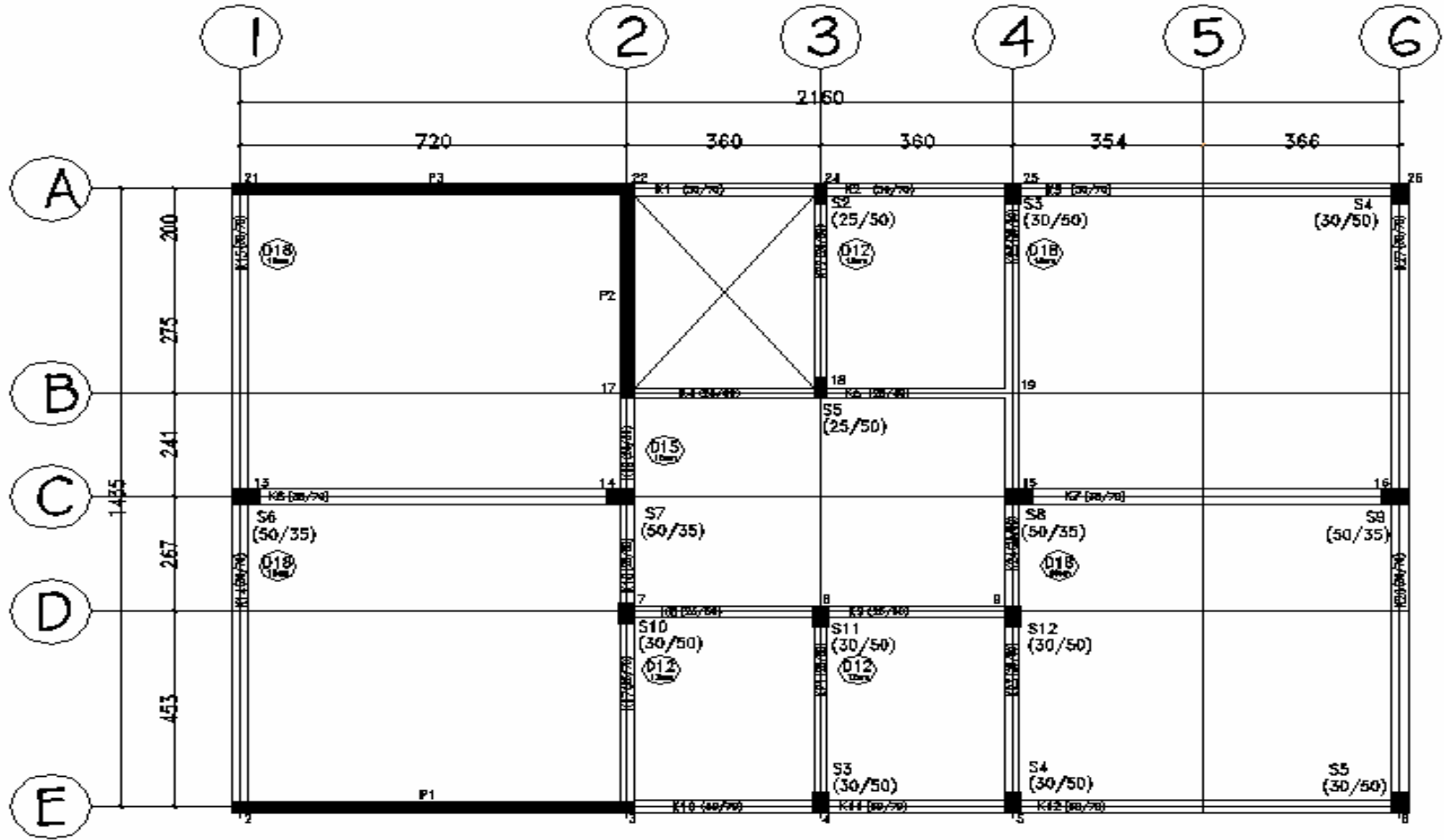
“*” Bu mesnet için 5 döngü ve 15 döngü olmak üzere iki ayrı yükleme yapılmıştır.

F_i = i, döngüdeki en büyük yatak kuvvet

EK B

ANALİZ İÇİN ETABS PROGRAMINA GİRİLEN DEĞERLER VE KAT KALIP PLANLARI

Kat kalıp planları, kolon, kiriş, perde v.s elemanların kesitleri ve donatı miktarları, her bir elemana atanan bütün diğer değerler ETABS program çıktısı mahiyetinde aşağıda detaylı olarak verilmiştir.



Şekil B.1: Perde- Çerçeve Sistemin Kat Kalıp Planı

Perde-Çerceden müteşekkil mevcut sistemin Etabs programı veri girdileri:

PROGRAM INFORMATION

PROGRAM "ETABS" VERSION "8.4.8"

CONTROLS

UNITS "KN" "M"
TITLE1 "POLAT GROUP"
PREFERENCE MERGETOL 0,001
RLLF METHOD "TRIBAREAUBC97" USEDEFAULTMIN "YES"

STORIES

IN SEQUENCE FROM TOP
STORY "STORY3" HEIGHT 3 SIMILARTO "STORY2"
STORY "STORY2" HEIGHT 3 MASTERSTORY "Yes"
STORY "STORY1" HEIGHT 3
STORY "BASE" ELEV 0

DIAPHRAGM NAMES

DIAPHRAGM "D1"
DIAPHRAGM "D2"
DIAPHRAGM "D3"

MATERIAL PROPERTIES

MATERIAL "C14" M 0 W 25 TYPE "ISOTROPIC" E
2,615E+07 U 0,2 A 0
MATERIAL "C14" DESIGNTYPE "CONCRETE" FY 191000 FC
9333 FYS 191000

FRAME SECTIONS

FRAMESECTION "S25X50" MATERIAL "C14" SHAPE
"Rectangular" D 0,25 B 0,5
FRAMESECTION "S30X50" MATERIAL "C14" SHAPE
"Rectangular" D 0,3 B 0,5
FRAMESECTION "S50X35" MATERIAL "C14" SHAPE
"Rectangular" D 0,5 B 0,35
FRAMESECTION "K30X70" MATERIAL "C14" SHAPE
"Rectangular" D 0,7 B 0,3
FRAMESECTION "K25X50" MATERIAL "C14" SHAPE
"Rectangular" D 0,5 B 0,25
FRAMESECTION "K25X40" MATERIAL "C14" SHAPE
"Rectangular" D 0,4 B 0,25

FRAMESECTION	"K35X70"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,35			
FRAMESECTION	"K25X70"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,25			
FRAMESECTION	"SZ02"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,25 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ03"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ04"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ05"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,25 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ06"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,35			
FRAMESECTION	"SZ07"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,35			
FRAMESECTION	"SZ08"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,35			
FRAMESECTION	"SZ09"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,35			
FRAMESECTION	"SZ10"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ11"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ12"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ14"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ15"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ16"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ17"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ18"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ19"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ20"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ21"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"SZ22"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S102"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,25 B 0,5			
FRAMESECTION	"S103"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S104"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			

FRAMESECTION	"S105"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,25	B 0,5		
FRAMESECTION	"S106"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,35		
FRAMESECTION	"S107"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,35		
FRAMESECTION	"S108"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,35		
FRAMESECTION	"S109"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,35		
FRAMESECTION	"S110"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S111"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S112"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S114"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S115"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S116"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S117"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S118"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S119"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S120"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S121"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S122"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S202"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,25	B 0,5		
FRAMESECTION	"S203"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S204"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3	B 0,5		
FRAMESECTION	"S205"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,25	B 0,5		
FRAMESECTION	"S206"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,35		
FRAMESECTION	"S207"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,35		
FRAMESECTION	"S208"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,35		
FRAMESECTION	"S209"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,35		

FRAMESECTION	"S210"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S211"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S212"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S214"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S215"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S216"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S217"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S218"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S219"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S220"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S221"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"S222"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,3 B 0,5			
FRAMESECTION	"K101"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K102"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K103"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K104"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K105"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,4 B 0,25			
FRAMESECTION	"K106"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,35			
FRAMESECTION	"K107"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,35			
FRAMESECTION	"K108"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K109"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K110"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K111"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K112"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K114"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			

FRAMESECTION	"K115"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K117"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,25			
FRAMESECTION	"K118"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K119"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K121"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K122"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K123"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K124"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K125"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K126"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K127"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K128"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K129"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K130"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,25			
FRAMESECTION	"K201"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K202"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K203"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K204"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K205"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,4 B 0,25			
FRAMESECTION	"K206"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,35			
FRAMESECTION	"K207"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,35			
FRAMESECTION	"K208"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,6 B 0,3			
FRAMESECTION	"K209"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,6 B 0,3			
FRAMESECTION	"K210"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K211"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			

FRAMESECTION	"K212"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K214"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K215"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K217"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,25			
FRAMESECTION	"K218"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K219"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K222"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K223"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K224"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K225"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K226"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K227"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K228"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K229"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K230"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,25			
FRAMESECTION	"K301"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K302"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K303"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			
FRAMESECTION	"K304"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5 B 0,25			
FRAMESECTION	"K305"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,4 B 0,25			
FRAMESECTION	"K306"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,35			
FRAMESECTION	"K307"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,35			
FRAMESECTION	"K308"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,6 B 0,3			
FRAMESECTION	"K309"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,6 B 0,3			
FRAMESECTION	"K310"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7 B 0,3			

FRAMESECTION	"K311"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,3		
FRAMESECTION	"K312"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,3		
FRAMESECTION	"K314"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,3		
FRAMESECTION	"K315"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,3		
FRAMESECTION	"K317"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,25		
FRAMESECTION	"K318"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,25		
FRAMESECTION	"K319"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,25		
FRAMESECTION	"K322"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,25		
FRAMESECTION	"K323"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,25		
FRAMESECTION	"K324"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,25		
FRAMESECTION	"K325"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,5	B 0,25		
FRAMESECTION	"K326"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,3		
FRAMESECTION	"K327"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,3		
FRAMESECTION	"K328"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,3		
FRAMESECTION	"K329"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,3		
FRAMESECTION	"K330"	MATERIAL	"C14"	SHAPE
"Rectangular"	D 0,7	B 0,25		

REBAR DEFINITIONS

REBARDEFINITION	"#2"	AREA	3,2258E-05	DIA	0,00635
REBARDEFINITION	"#3"	AREA	7,09676E-05	DIA	0,009525
REBARDEFINITION	"#4"	AREA	1,29032E-04	DIA	0,0127
REBARDEFINITION	"#5"	AREA	1,999996E-04	DIA	0,015875
REBARDEFINITION	"#6"	AREA	2,838704E-04	DIA	0,01905
REBARDEFINITION	"#7"	AREA	3,87096E-04	DIA	0,022225
REBARDEFINITION	"#8"	AREA	5,096764E-04	DIA	0,0254
REBARDEFINITION	"#9"	AREA	6,4516E-04	DIA	0,028651
REBARDEFINITION	"#10"	AREA	8,193532E-04	DIA	0,032258
REBARDEFINITION	"#11"	AREA	1,00645E-03	DIA	0,035814
REBARDEFINITION	"#14"	AREA	1,45161E-03	DIA	0,043002
REBARDEFINITION	"#18"	AREA	2,58064E-03	DIA	0,057327
REBARDEFINITION	"10M"	AREA	0,0001	DIA	0,0113
REBARDEFINITION	"15M"	AREA	0,0002	DIA	0,016
REBARDEFINITION	"20M"	AREA	0,0003	DIA	0,0195

REBARDEFINITION	"25M"	AREA	0,0005	DIA	0,0252
REBARDEFINITION	"30M"	AREA	0,0007	DIA	0,0299
REBARDEFINITION	"35M"	AREA	0,001	DIA	0,0357
REBARDEFINITION	"45M"	AREA	0,0015	DIA	0,0437
REBARDEFINITION	"55M"	AREA	0,0025	DIA	0,0564
REBARDEFINITION	"6d"	AREA	0,0000283	DIA	0,006
REBARDEFINITION	"8d"	AREA	0,0000503	DIA	0,008
REBARDEFINITION	"10d"	AREA	0,0000785	DIA	0,01
REBARDEFINITION	"12d"	AREA	0,000113	DIA	0,012
REBARDEFINITION	"14d"	AREA	0,000154	DIA	0,014
REBARDEFINITION	"16d"	AREA	0,000201	DIA	0,016
REBARDEFINITION	"20d"	AREA	0,000314	DIA	0,02
REBARDEFINITION	"25d"	AREA	0,000491	DIA	0,025
REBARDEFINITION	"26d"	AREA	0,000531	DIA	0,026
REBARDEFINITION	"28d"	AREA	0,000616	DIA	0,028

CONCRETE SECTIONS

```

CONCRETESECTION "S25X50" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-3-
3" TRANSREINF "TIES" COVER 0,03 REBAR "14d"
DESIGNCHECK "DESIGN"
CONCRETESECTION "S30X50" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-3-
3" TRANSREINF "TIES" COVER 0,03 REBAR "14d"
DESIGNCHECK "DESIGN"
CONCRETESECTION "S50X35" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-3-
3" TRANSREINF "TIES" COVER 0,03 REBAR "14d"
DESIGNCHECK "DESIGN"
CONCRETESECTION "SZ02" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-3"
TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
"CHECK"
CONCRETESECTION "SZ03" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-9-6"
TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "16d" DESIGNCHECK
"CHECK"
CONCRETESECTION "SZ04" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-8-6"
TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "16d" DESIGNCHECK
"CHECK"
CONCRETESECTION "SZ05" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-4"
TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
"CHECK"
CONCRETESECTION "SZ06" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-7"
TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
"CHECK"
CONCRETESECTION "SZ07" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-3-
10" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d"
DESIGNCHECK "CHECK"
CONCRETESECTION "SZ08" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-6-6"
TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
"CHECK"
CONCRETESECTION "SZ09" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-5-7"
TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
"CHECK"

```


CONCRETESECTION "SZ10" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-5-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ11" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-5-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ12" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ14" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ15" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-5"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ16" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-10-
 6" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d"
 DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ17" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-8-6"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "16d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ18" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-9-6"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "16d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ19" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-5-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ20" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-10-
 6" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d"
 DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ21" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-5"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "SZ22" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S102" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S103" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-12-
 5" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d"
 DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S104" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-5"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S105" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-4"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S106" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-6-6"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
 "CHECK"

CONCRETESECTION "S107" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-6-12" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S108" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-10-7" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S109" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-6" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S110" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-3" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S111" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-3" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S112" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-4" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S114" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-3" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S115" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-5-5" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "16d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S116" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-12-6" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S117" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-5" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S118" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-12-5" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S119" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-3" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S120" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-12-6" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S121" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-5-5" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "16d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S122" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-4" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S202" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-3" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S203" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-12-5" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK "CHECK"

CONCRETESECTION "S204" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-5"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S205" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-4"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S206" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-6-6"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S207" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-6-
 12" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d"
 DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S208" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-10-
 7" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d"
 DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S209" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-6"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S210" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S211" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S212" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-4"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S214" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-4-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S215" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-5-5"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "16d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S216" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-12-
 6" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d"
 DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S217" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-5"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "20d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S218" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-12-
 5" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d"
 DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S219" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-3"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"
 CONCRETESECTION "S220" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-12-
 6" TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d"
 DESIGNCHECK "CHECK"
 CONCRETESECTION "S221" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-5-5"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "16d" DESIGNCHECK
 "CHECK"

CONCRETESECTION "S222" TYPE "COLUMN" PATTERN "R-7-4"
 TRANSREINF "TIES" COVER 0,04 REBAR "14d" DESIGNCHECK
 "CHECK"

CONCRETESECTION "K101" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000603 ABI 0,000452 ATJ
 0,000603 ABJ 0,000566

CONCRETESECTION "K102" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000603 ABI 0,000339 ATJ
 0,002174 ABJ 0,00099

CONCRETESECTION "K103" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002174 ABI 0,00099 ATJ 0,001005
 ABJ 0,00054

CONCRETESECTION "K104" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000889 ABI 0,000481 ATJ
 0,001131 ABJ 0,000493

CONCRETESECTION "K105" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001131 ABI 0,00087 ATJ 0,000864
 ABJ 0,000603

CONCRETESECTION "K106" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002275 ABI 0,001571 ATJ
 0,002275 ABJ 0,001571

CONCRETESECTION "K107" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002275 ABI 0,001571 ATJ
 0,002275 ABJ 0,001571

CONCRETESECTION "K108" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000427 ABI 0,000402 ATJ
 0,000943 ABJ 0,000515

CONCRETESECTION "K109" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000943 ABI 0,000515 ATJ 0,00054
 ABJ 0,000402

CONCRETESECTION "K110" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000603 ABI 0,000452 ATJ
 0,000603 ABJ 0,000566

CONCRETESECTION "K111" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000603 ABI 0,000339 ATJ
 0,002174 ABJ 0,001169

CONCRETESECTION "K112" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002174 ABI 0,001169 ATJ
 0,001005 ABJ 0,00054

CONCRETESECTION "K114" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002489 ABI 0,001483 ATJ
 0,001367 ABJ 0,000735

CONCRETESECTION "K115" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002489 ABI 0,001571 ATJ
 0,002489 ABJ 0,001885

CONCRETESECTION "K117" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001357 ABI 0,000864 ATJ
 0,001163 ABJ 0,000622

CONCRETESECTION "K118" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000742 ABI 0,00054 ATJ 0,001357
 ABJ 0,000694
 CONCRETESECTION "K119" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000493 ABI 0,000339 ATJ
 0,000742 ABJ 0,00054
 CONCRETESECTION "K121" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001222 ABI 0,000663 ATJ
 0,001357 ABJ 0,000764
 CONCRETESECTION "K122" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001505 ABI 0,000911 ATJ
 0,001505 ABJ 0,000911
 CONCRETESECTION "K123" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001634 ABI 0,001031 ATJ
 0,001515 ABJ 0,001031
 CONCRETESECTION "K124" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002489 ABI 0,003054 ATJ
 0,001634 ABJ 0,000855
 CONCRETESECTION "K125" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002489 ABI 0,00274 ATJ 0,002489
 ABJ 0,003054
 CONCRETESECTION "K126" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002369 ABI 0,001452 ATJ
 0,001995 ABJ 0,001056
 CONCRETESECTION "K127" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001995 ABI 0,001056 ATJ
 0,002369 ABJ 0,001452
 CONCRETESECTION "K128" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002174 ABI 0,00099 ATJ 0,001005
 ABJ 0,00054
 CONCRETESECTION "K129" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002174 ABI 0,001169 ATJ
 0,001005 ABJ 0,00054
 CONCRETESECTION "K130" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001357 ABI 0,000864 ATJ
 0,001163 ABJ 0,000622
 CONCRETESECTION "K201" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000452 ATJ 0,00054
 ABJ 0,000566
 CONCRETESECTION "K202" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000339 ATJ 0,001097
 ABJ 0,00054
 CONCRETESECTION "K203" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001097 ABI 0,000918 ATJ
 0,000943 ABJ 0,000603
 CONCRETESECTION "K204" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000742 ABI 0,00038 ATJ 0,000694
 ABJ 0,000339
 CONCRETESECTION "K205" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000694 ABI 0,000515 ATJ
 0,000427 ABJ 0,000402

CONCRETESECTION "K206" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001282 ABI 0,001257 ATJ
 0,001395 ABJ 0,001257
 CONCRETESECTION "K207" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001395 ABI 0,001257 ATJ
 0,001282 ABJ 0,001257
 CONCRETESECTION "K208" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000481 ABI 0,000462 ATJ
 0,000735 ABJ 0,000462
 CONCRETESECTION "K209" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000735 ABI 0,000462 ATJ
 0,000481 ABJ 0,000462
 CONCRETESECTION "K210" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000452 ATJ 0,00054
 ABJ 0,000566
 CONCRETESECTION "K211" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000339 ATJ 0,001144
 ABJ 0,000628
 CONCRETESECTION "K212" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001144 ABI 0,001005 ATJ
 0,000943 ABJ 0,000603
 CONCRETESECTION "K214" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00132 ABI 0,00077 ATJ 0,001178
 ABJ 0,000616
 CONCRETESECTION "K215" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002115 ABI 0,001018 ATJ 0,00132
 ABJ 0,000663
 CONCRETESECTION "K217" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000936 ABI 0,000462 ATJ
 0,000936 ABJ 0,000462
 CONCRETESECTION "K218" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000735 ABI 0,000452 ATJ
 0,000936 ABJ 0,000493
 CONCRETESECTION "K219" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000339 ATJ 0,000735
 ABJ 0,000452
 CONCRETESECTION "K222" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000936 ABI 0,000515 ATJ
 0,000936 ABJ 0,000515
 CONCRETESECTION "K223" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001144 ABI 0,000603 ATJ
 0,001144 ABJ 0,000515
 CONCRETESECTION "K224" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00214 ABI 0,000855 ATJ 0,001144
 ABJ 0,000427
 CONCRETESECTION "K225" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001885 ABI 0,001345 ATJ 0,00214
 ABJ 0,001571
 CONCRETESECTION "K226" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001439 ABI 0,000883 ATJ
 0,001178 ABJ 0,000628

CONCRETESECTION "K227" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001178 ABI 0,000883 ATJ
 0,000575 ABJ 0,000427
 CONCRETESECTION "K228" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001097 ABI 0,000918 ATJ
 0,000943 ABJ 0,000603
 CONCRETESECTION "K229" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001144 ABI 0,001005 ATJ
 0,000943 ABJ 0,000603
 CONCRETESECTION "K230" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000936 ABI 0,000462 ATJ
 0,000936 ABJ 0,000462
 CONCRETESECTION "K301" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000452 ATJ 0,00054
 ABJ 0,000566
 CONCRETESECTION "K302" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000339 ATJ 0,001097
 ABJ 0,00054
 CONCRETESECTION "K303" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001097 ABI 0,000918 ATJ
 0,000943 ABJ 0,000603
 CONCRETESECTION "K304" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000742 ABI 0,00038 ATJ 0,000694
 ABJ 0,000339
 CONCRETESECTION "K305" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000694 ABI 0,000515 ATJ
 0,000427 ABJ 0,000402
 CONCRETESECTION "K306" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001282 ABI 0,001257 ATJ
 0,001395 ABJ 0,001257
 CONCRETESECTION "K307" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001395 ABI 0,001257 ATJ
 0,001282 ABJ 0,001257
 CONCRETESECTION "K308" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000481 ABI 0,000462 ATJ
 0,000735 ABJ 0,000462
 CONCRETESECTION "K309" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000735 ABI 0,000462 ATJ
 0,000481 ABJ 0,000462
 CONCRETESECTION "K310" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000452 ATJ 0,00054
 ABJ 0,000566
 CONCRETESECTION "K311" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000339 ATJ 0,001144
 ABJ 0,000628
 CONCRETESECTION "K312" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001144 ABI 0,001005 ATJ
 0,000933 ABJ 0,000603
 CONCRETESECTION "K314" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00132 ABI 0,00077 ATJ 0,001178
 ABJ 0,000616

CONCRETESECTION "K315" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,002115 ABI 0,001018 ATJ 0,00132
 ABJ 0,000663
 CONCRETESECTION "K317" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000936 ABI 0,000462 ATJ
 0,000936 ABJ 0,000462
 CONCRETESECTION "K318" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000735 ABI 0,000452 ATJ
 0,000936 ABJ 0,000493
 CONCRETESECTION "K319" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00054 ABI 0,000339 ATJ 0,000735
 ABJ 0,000452
 CONCRETESECTION "K322" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000936 ABI 0,000515 ATJ
 0,000936 ABJ 0,000515
 CONCRETESECTION "K323" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001144 ABI 0,000603 ATJ
 0,001144 ABJ 0,000515
 CONCRETESECTION "K324" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,00214 ABI 0,000855 ATJ 0,001144
 ABJ 0,000427
 CONCRETESECTION "K325" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001885 ABI 0,001345 ATJ 0,00214
 ABJ 0,001571
 CONCRETESECTION "K326" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001439 ABI 0,000883 ATJ
 0,001178 ABJ 0,000628
 CONCRETESECTION "K327" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001178 ABI 0,000883 ATJ
 0,000575 ABJ 0,000427
 CONCRETESECTION "K328" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001097 ABI 0,000918 ATJ
 0,000943 ABJ 0,000603
 CONCRETESECTION "K329" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,001144 ABI 0,001005 ATJ
 0,000943 ABJ 0,000603
 CONCRETESECTION "K330" TYPE "BEAM" COVERTOP 0,04
 COVERBOTTOM 0,04 ATI 0,000936 ABI 0,000462 ATJ
 0,000936 ABJ 0,000462

PIER SECTIONS

PIERSECTION "KAT1P1" BASEMATERIAL "C14"
 PIERSECTION "KAT2P1" BASEMATERIAL "C14"
 PIERSECTION "KAT3P1" BASEMATERIAL "C14"
 PIERSECTION "KAT1P2" BASEMATERIAL "C14"
 PIERSECTION "KAT2P2" BASEMATERIAL "C14"
 PIERSECTION "KAT3P2" BASEMATERIAL "C14"
 PIERSECTION "KAT1P3" BASEMATERIAL "C14"
 PIERSECTION "KAT2P3" BASEMATERIAL "C14"
 PIERSECTION "KAT3P3" BASEMATERIAL "C14"

SECTION DESIGNER SECTIONS

```

SDSECTION "KAT1P1" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1
SDSECTION "KAT1P1" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT1P1" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 7,35 Y
0,25
SDSECTION "KAT1P1" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT1P1" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT1P1" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 7,35 Y 0
SDSECTION "KAT1P1" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT1P1" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "20d"
TYPSPACING 0,22 TYPCOVER 0,03
SDSECTION "KAT2P1" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1
SDSECTION "KAT2P1" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT2P1" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 7,35 Y
0,25
SDSECTION "KAT2P1" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT2P1" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT2P1" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 7,35 Y 0
SDSECTION "KAT2P1" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT2P1" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "20d"
TYPSPACING 0,4 TYPCOVER 0,03
SDSECTION "KAT3P1" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1
SDSECTION "KAT3P1" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT3P1" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 7,35 Y
0,25
SDSECTION "KAT3P1" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT3P1" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT3P1" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 7,35 Y 0
SDSECTION "KAT3P1" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT3P1" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "20d"
TYPSPACING 0,4 TYPCOVER 0,03
SDSECTION "KAT1P2" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1
SDSECTION "KAT1P2" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT1P2" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 4,875 Y
0,25
SDSECTION "KAT1P2" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT1P2" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT1P2" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 4,875 Y 0
SDSECTION "KAT1P2" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT1P2" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "25d"
TYPSPACING 0,26 TYPCOVER 0,03

```

```

SDSECTION "KAT2P2" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1
SDSECTION "KAT2P2" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT2P2" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 4,875 Y
0,25
SDSECTION "KAT2P2" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT2P2" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT2P2" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 4,875 Y 0
SDSECTION "KAT2P2" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT2P2" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "25d"
TYPSPACING 0,26 TYPCOVER 0,03
SDSECTION "KAT3P2" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1
SDSECTION "KAT3P2" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT3P2" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 4,875 Y
0,25
SDSECTION "KAT3P2" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT3P2" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT3P2" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 4,875 Y 0
SDSECTION "KAT3P2" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT3P2" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "25d"
TYPSPACING 0,26 TYPCOVER 0,03
SDSECTION "KAT1P3" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1
SDSECTION "KAT1P3" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT1P3" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 7,475 Y
0,25
SDSECTION "KAT1P3" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT1P3" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT1P3" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 7,475 Y 0
SDSECTION "KAT1P3" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT1P3" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "25d"
TYPSPACING 0,26 TYPCOVER 0,03
SDSECTION "KAT2P3" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1
SDSECTION "KAT2P3" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT2P3" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 7,475 Y
0,25
SDSECTION "KAT2P3" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT2P3" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT2P3" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 7,475 Y 0
SDSECTION "KAT2P3" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT2P3" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "25d"
TYPSPACING 0,26 TYPCOVER 0,03
SDSECTION "KAT3P3" TYPE "PIER" DESIGNCHECK "CHECK"
BASEMATERIAL "C14" NUMSHAPES 1

```

```

SDSECTION "KAT3P3" SHAPE 1 MATERIAL "C14" SHAPETYPE
"POLYGON" NUMCORNERPTS 4
SDSECTION "KAT3P3" SHAPE 1 POLYCORNER 1 X 7,475 Y
0,25
SDSECTION "KAT3P3" SHAPE 1 POLYCORNER 2 X 0 Y 0,25
SDSECTION "KAT3P3" SHAPE 1 POLYCORNER 3 X 0 Y 0
SDSECTION "KAT3P3" SHAPE 1 POLYCORNER 4 X 7,475 Y 0
SDSECTION "KAT3P3" SHAPE 1 TYPCORNERBAR "25M"
SDSECTION "KAT3P3" SHAPE 1 TYPEDGEBAR "25d"
TYPSPACING 0,26 TYPCOVER 0,03

```

WALL/SLAB/DECK PROPERTIES

```

SHELLPROP "D18" MATERIAL "C14" PROPTYPE "SLAB" TYPE
"MEMBRANE" TM 0,18 TB 0,18
SHELLPROP "D15" MATERIAL "C14" PROPTYPE "SLAB" TYPE
"MEMBRANE" TM 0,15 TB 0,15
SHELLPROP "D12" MATERIAL "C14" PROPTYPE "SLAB" TYPE
"MEMBRANE" TM 0,12 TB 0,12
SHELLPROP "P25" MATERIAL "C14" PROPTYPE "WALL" TYPE
"SHELL" PLATETYPE "THIN" TM 0,25 TB 0,25

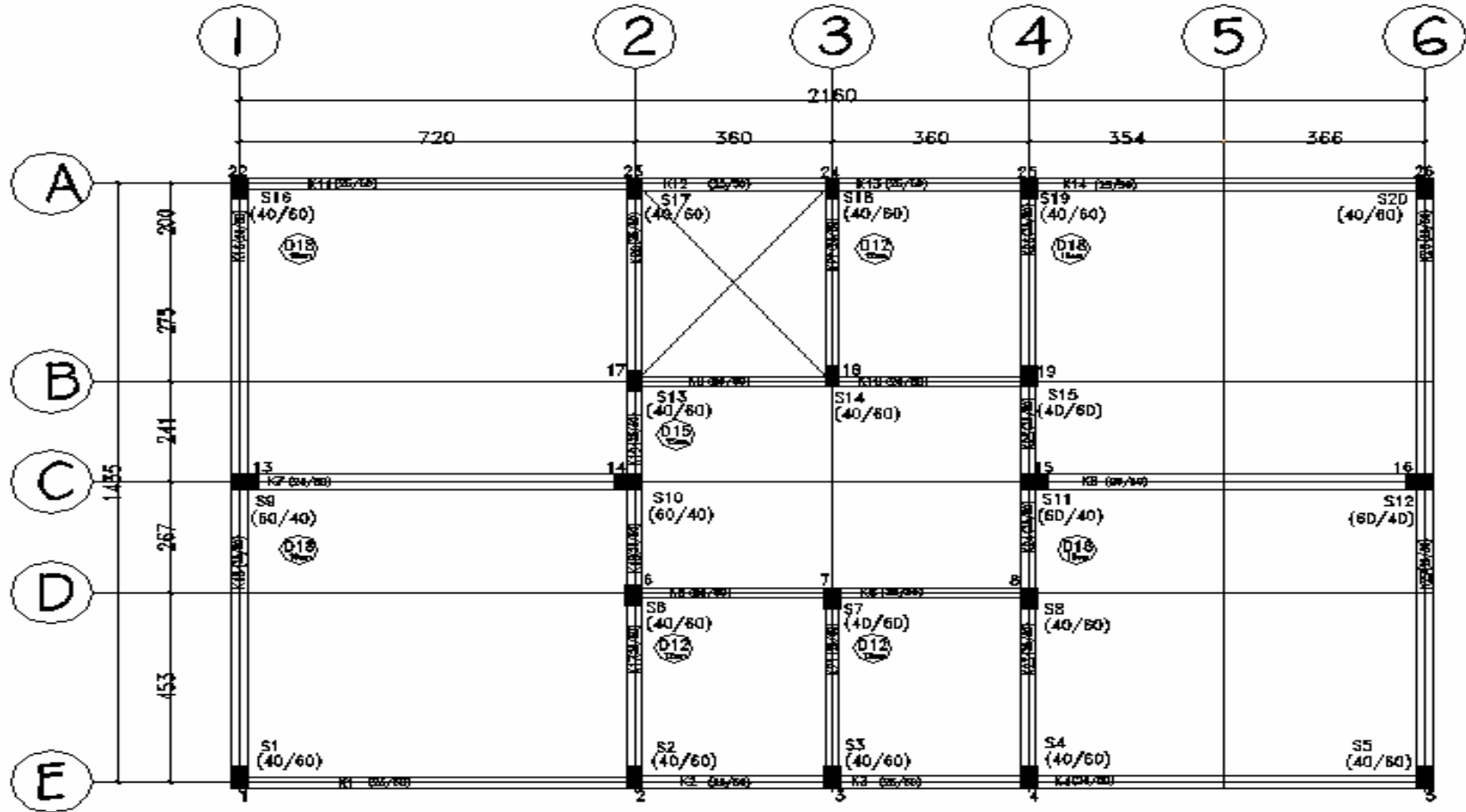
```

LINK PROPERTIES

```

LINKPROP "IZOLATOR" TYPE "ISOLATOR1" MASS 0,8502
LINKPROP "IZOLATOR" DOF "U1" KE 2468654
LINKPROP "IZOLATOR" DOF "U2" KE 1180,926 NONLIN
"YES" K 6808,12 YIELD 127,03 KRATIO 0,1
LINKPROP "IZOLATOR" DOF "U3" KE 1180,926 NONLIN
"YES" K 6808,12 YIELD 127,03 KRATIO 0,1

```



Şekil B.2: Çerçeve Sistemin Kat Kalıp Planı

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında, Ağrı'da doğdu. 1995 yılında, Erzincan Fen Lisesi'nde başladığı lise eğitimini 1998'de bitirdi. 1999 yılında, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı ve 2003'de mezun oldu. Aynı yıl, İstanbul'da özel bir şirkette şantiye ve proje departmanlarında çalıştı. 2004 yılında, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem Mühendisliği Programında yüksek lisans çalışmasına başladı. Bu süre zarfında önce Zeytinburnu Belediyesi'nde sonra da hala içinde bulunduğu İstanbul Bayındırlık ve İskan İl Müdürlüğü'nde çalışma hayatını sürdürmektedir. Halen İstanbul Teknik Üniversite'sinde eğitim-öğretim hayatını sürdüren POLAT' ın uğraşları arasında çocukluğundan beri ilk göz ağrısı olan edebiyat ve kimi kısa film çalışmalarıyla sinema, büyük yer tutmaktadır.