

104778

**DEPREM YÜKÜ ETKİSİ ALTINDAKİ BÜYÜK
BOŞLUKLU DÖŞEMELERDE GERİLME
YAYILIŞININ İNCELENMESİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DÖNÜŞÜMLÜ MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Bülent ŞEN

501951046

104778

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Gülten GÜLAY

Prof. Dr. Günay ÖZMEN

Y. Doç. Dr. Esin AYSAL

HAZİRAN 2001

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, Türkiye’de 2 Eylül 1997 tarih ve 23098 mükerrer sayılı Resmi Gazetede yayınlanan ve 1 Ocak 1998 tarihinden itibaren yürürlüğe giren ‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’te büyük boşluklu döşemeler için verilen boşluk oranı incelenerek, bu sınırın yeterli olup olmadığı araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasını bana öneren ve çalışmalarımın her aşamasında yakın ilgi ve değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Gülten GÜLAY’ya ve Prof. Dr. Günay ÖZMEN’e teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim yaşamım boyunca bana maddi ve manevi destek veren aileme de sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2001

Bülent ŞEN
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Ana İlkeler	1
1.2. Yapıda Düzensizlik Oluşturacak Ana Etkenler	3
1.3. Çalışmanın Amacı	4
2. DÜZENSİZ YAPILAR VE YAPI SİSTEMLERİNİN TASARIMI	5
2.1. Yeni Deprem Yönetmeliğinde Tanımlanan Yapı Düzensizlikleri	5
2.1.1. Planda Düzensizlik Durumları	5
2.1.1.1. Burulma Düzensizliği	5
2.1.1.2. Döşeme Süreksizliği	7
2.1.1.3. Planda Çıkıntıların Bulunması	8
2.1.1.4. Taşıyıcı Elemanların Eksenlerinin Paralel Olmaması	9
2.1.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları	9
2.1.2.1. Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği	10
2.1.2.2. Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği	10
2.1.2.3. Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	11
2.2. Uluslararası Yönetmeliklerde Düzensiz Yapılar İle İlgili Koşullar	12
2.3. Düzensizlikler İle İlgili Çalışmalar	15
3. YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREME GÖRE HESABI	16
3.1. Depreme Göre Tasarımda Hesap Yönteminin Seçilmesi	16
3.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	16
3.2.1. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Belirlenmesi	17
3.2.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğü	22
3.3. Mod Birleştirme Yöntemi	25
3.3.1. İvme Spektrumu	25
3.3.2. Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri	26
3.3.3. Hesapta Gözönüne Alınacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı	26
3.3.4. Mod Katkılarının Birleştirilmesi	27
3.3.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Alt Sınır Değerleri	27
3.4. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri	28
4. DÖŞEMELER	29
4.1. Giriş	29
4.2. Döşeme Seçimi	30
4.3. Döşeme Tipleri	30

4.3.1. Kirişli döşemeler	31
4.3.2. Kirişsiz döşemeler	32
4.3.3. Dişli döşemeler	33
4.3.4. Kaset döşemeler	33
4.3.5. Prefabrike döşemeler	33
4.4. Döşemelerde Gerilme Dağılımı	34
4.4.1. Dolu döşemelerde gerilme dağılımı	34
4.4.2. Boşluklu döşemelerde farklı yüklere göre gerilme dağılımları	35
5. SAYISAL ÖRNEKLER	36
5.1. Örnek Yapının Tanıtılması	36
5.2. Çözümde İzlenen Yol	38
5.3. Döşeme İçin Bilgisayar Modeli	40
5.4. Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Döşeme Hesabı	41
5.5. Sayısal Örneklerin Çözümünde Takip Edilen Yol	42
5.6. Örnek Yapıların Sayısal İncelenmesi	42
5.6.1. Örnek Yapı 1	43
5.6.1.1. Yapı 1 sisteminin ön boyutlandırılması	43
5.6.1.2. Yapı 1 sistemine ait deprem yüklerinin hesabı	47
5.6.1.3. Yapı 1 sistemi için maksimum gerilmelerin hesabı	51
5.6.1.4. Yapı 1 sisteminde farklı kat ağırlıklarının etkisi	52
5.6.2. Örnek Yapı 11	53
5.6.2.1. Yapı 11 sistemi için deprem yüklerinin hesabı	53
5.6.2.2. Yapı 11 sistemi için maksimum gerilmelerin hesabı	55
5.6.2.3. Yapı 11 sisteminde farklı kat ağırlıklarının etkisi	56
5.6.3. Örnek Yapı 2	57
5.6.3.1. Yapı 2 sistemi için deprem yüklerinin hesabı	59
5.6.3.2. Yapı 2 sistemi için maksimum gerilmelerin hesabı	60
5.6.3.3. Yapı 2 sisteminde farklı kat ağırlıklarının etkisi	61
5.6.4. Örnek Yapı 21	62
5.6.4.1. Yapı 21 sistemi için deprem yüklerinin hesabı	62
5.6.4.2. Yapı 21 sistemi için maksimum gerilmelerin hesabı	63
5.6.4.3. Yapı 21 sisteminde farklı kat ağırlıklarının etkisi	65
5.6.5. Örnek Yapı 3	65
5.6.5.1. Yapı 3 sistemi için ön boyutlandırma	65
5.6.5.2. Yapı 3 sistemi için deprem yüklerinin hesabı	67
5.6.5.3. Yapı 3 sistemi için maksimum gerilmelerin hesabı	68
5.6.5.4. Yapı 3 sistemi için farklı kat ağırlıklarının etkisi	69
5.6.6. Örnek Yapı 4	69
5.6.6.1. Yapı 4 sistemi için deprem yüklerinin hesabı	70
5.6.6.2. Yapı 4 sistemi için maksimum gerilmelerin hesabı	71
5.6.6.3. Yapı 4 sistemi için farklı kat ağırlıklarının etkisi	72
5.6.7. Örnek Yapı 5	72
5.6.7.1. Yapı 5 sistemi için deprem yüklerinin hesabı	73
5.6.7.2. Yapı 5 sistemi için maksimum gerilme hesabı	74
6. SONUÇLAR	75
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	82

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Uluslararası Yönetmelik Listesinde Düzensizlikler İle İlgili Hesap Yöntemleri Seçimi Konusunda Sınırlamalar	14
Tablo 3.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Kullanılması İçin Gerekli Koşullar	17
Tablo 3.2 Hareketli Yük Katılım Katsayısı	18
Tablo 3.3 Etkin Yer İvme Katsayısı	19
Tablo 3.4 Bina Önem Katsayısının Yapının Kullanım Amacına ve Türüne Göre Aldığı Değerler	19
Tablo 3.5 Karakteristik Periyotların Yerel Zemin Sınıflarına Bağlı Olarak Aldığı Değerler	20
Tablo 3.6 Yerel Zemin Sınıfları	21
Tablo 3.7 Zemin Grupları	21
Tablo 5.1 Seçilen Yapı Sistemleri	36
Tablo 5.2 Örnek Yapıların Sistem ve Malzeme Parametreleri	37
Tablo 5.3 F Artım Katsayısı Değerleri	44
Tablo 5.4 a Kolon Ön Boyutlandırılması	45
Tablo 5.4 b Kolon Ön Boyutlandırılması	46
Tablo 5.5 Yapı 1 Adlı Yapının Kat Seviyelerindeki Deprem Yükleri	50
Tablo 5.6 Yapı 1 Sistemine Ait Kolon Kesme Kuvvetleri	50
Tablo 5.7 Yapı 1 Sistemine Ait Döşelerde Oluşan Tepki Kuvvetleri	50
Tablo 5.8 Oluşan Maksimum Çekme Kuvveti Değerleri	52
Tablo 5.9 Yapı 11 Sisteminde Katlar Seviyesinde Etki Eden Deprem Yükleri	54
Tablo 5.10 Yapı 11 Döşemelerinde Oluşan Tepki Kuvvetleri	54
Tablo 5.11 Oluşan Maksimum Çekme Kuvveti Değerleri	56
Tablo 5.12 Yapı 2 Sistemine Katlar Seviyesinde Etki Eden Deprem Yükleri ..	59
Tablo 5.13 Yapı 2 Sistemine Ait Döşemelerde Oluşan Tepki Kuvvetleri	59
Tablo 5.14 Oluşan Maksimum Çekme Kuvveti Değerleri	61
Tablo 5.15 Yapı 21 Sistemine Katlar Seviyesinde Etki Eden Deprem Yükleri ..	63
Tablo 5.16 Yapı 21 Sistemine Ait Döşemelerde Oluşan Tepki Kuvvetleri	63
Tablo 5.17 Oluşan Maksimum Çekme Kuvveti Değerleri	64
Tablo 5.18 Yapı 3 Sistemine Katlar Seviyesinde Etki Eden Deprem Yükleri ...	67
Tablo 5.19 Yapı 3 Sistemine Ait Döşemelerde Oluşan Tepki Kuvvetleri	67

Tablo 5.20	Yapı 4 Sisteminin Kat Döşemelerinde Oluşan Maksimum Çekme Kuvveti Değerleri	68
Tablo 5.21	Yapı 4 Sistemine Katlar Seviyesinde Etki Eden Deprem Yükleri ...	70
Tablo 5.22	Yapı 4 Sistemine Ait Döşemelerde Oluşan Tepki Kuvvetleri	70
Tablo 5.23	Oluşan Maksimum Çekme Kuvveti Değerleri	71
Tablo 5.24	Yapı 5 Sistemine Katlar Seviyesinde Etki Eden Deprem Yükleri ..	73
Tablo 5.25	Yapı 5 Sistemine Ait Döşemelerde Oluşan Tepki Kuvvetleri	73
Tablo 5.26	Oluşan Maksimum Çekme Kuvveti Değerleri	74
Tablo 6.1	Seçilen Yapı Sistemleri	76
Tablo 6.2	Yapı Sistemlerinin Kat Döşemelerinde Hesaplanan Birim Boya Etkiyen Maksimum Kuvvet Değerleri.....	76
Tablo 6.3	Yapı Sistemlerinin Kat Döşemelerinde Oluşan Maksimum Gerilme Değerleri.....	77



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1	Burulma Düzensizliği 6
Şekil 2.2	Büyük Boşluklu Döşeme Süreksizlikleri 7
Şekil 2.3	A2 Türü Düzensizlik Durumu 2 8
Şekil 2.4	A2 Türü Düzensizlik Durumu 3 8
Şekil 2.5	Planda Çıkıntılar Bulunması 9
Şekil 2.6	A4 Türü Düzensizlik 9
Şekil 2.7	B3 Türü Düzensizlikler 11
Şekil 3.1	Zaman Spektrum Katsayısı Grafiği 20
Şekil 3.2	Kat Ağırlıkları ve Katlara Gelen Deprem Yükleri 23
Şekil 3.3	Katlara Etkiyen Kat Fiktif Yükleri ve Deplasmanları 25
Şekil 4.1	Dolu Döşemeler 29
Şekil 4.2	Bir Levha Elemanında Yayıllı Yük Etkisi Altında Oluşan Genel Gerilme Trajektuvarları 34
Şekil 4.3	L Şeklinde Bir Elemana Etkiyen Kuvvetten Dolayı Oluşan Çekme Gerilmeleri 35
Şekil 4.4	Boşluklu Bir Levha Elemanında Kesme Kuvveti Ve Moment Etkisi İle Oluşan Gerilme Trajektuvarları 35
Şekil 4.5	Bir Boşluğa Sahip Levha Elemanında Basınç Kuvveti Etkisi İle Oluşan Gerilme Trajektuvarı 35
Şekil 5.1	Seçilen Örnek Yapılara Ait Aplikasyon Planı 38
Şekil 5.2	Kolonlara Etkiyen Kesme Kuvvetlerinin Görünümü 39
Şekil 5.3	SAP90 Programında Kullanılan Numaralandırma 40
Şekil 5.5	Örnek Yapı 1 e Ait Kalıp Planı 43
Şekil 5.6a	Yapı 1 X Doğrultusundaki Görünümü 47
Şekil 5.6b	Yapı 1 Y Doğrultusundaki Görünümü 47
Şekil 5.7	Yeni 1 Sistemine Ait Deprem Kuvvetleri 48
Şekil 5.8	Yeni 1 Sistemine Ait Döşemede Tanımlanan Düğüm Noktası Numaraları 48
Şekil 5.9 a	Düğüm Noktaları Serbestlik Dereceleri 49
Şekil 5.9 b	Döşeme Planı Yatay Yükler Altında Yapmış Olduğu Deformasyon 49

Şekil 5.10	Yapı 1 Sisteminin 10.Kat Döşemesinde Etkiyen Tepki Kuvvetleri .	51
Şekil 5.11	Yapı 1 Sistemine Ait 10.Kat Döşemesinde Oluşan Çekme Kuvvetleri	51
Şekil 5.12	Örnek Yapı 11 e Ait Kalıp Planı	53
Şekil 5.13	Düğüm Numaralandırma Sistemi.....	55
Şekil 5.14	Yapı 11 in 10.Kat Döşemesine Ait Gerilme Kuvveti.....	55
Şekil 5.15	Yapı 2 nin Kat Kalıp Planı	57
Şekil 5.16	Yapı Sisteminde Bulunan P1 Perdesinin Bilgisayar Modeli.....	58
Şekil 5.17	Yapı 2 Sisteminde Bulunan P1 Perdesinin Y doğrultusunda Görünümü	58
Şekil 5.18	Yapı 2 Sisteminin 9.Kat Döşemesinde Etkiyen Tepki Kuvvetleri ...	60
Şekil 5.19	Yapı 2 Sisteminin 9.Kat Döşemesinde Oluşan Çekme Kuvvetleri .	60
Şekil 5.20	Örnek Yapı 21 e Ait Kalıp Planı	62
Şekil 5.21	Yapı 21 Sisteminde 9.Kat Döşemesinde Oluşan Kuvvet Dağılımı ..	64
Şekil 5.22	Yapı 3 nin Kat Kalıp Planı	65
Şekil 5.23	Yapı Sisteminde Bulunan P2 Perdesinin Bilgisayar Modeli.....	66
Şekil 5.24 a	Yapı 3 de 9.Kat Döşemesine Etkiyen Tepki Kuvvetleri	66
Şekil 5.24 b	Kat Deprem Yükünün Düğüm Noktalarında Yayılı Yük Dağılımı ...	66
Şekil 5.25	Yapı 3 Sisteminin 9.Kat Döşemesinde Oluşan Çekme Kuvvetleri .	68
Şekil 5.26	Yapı 4 Sisteminin Kat Kalıp Planı	69
Şekil 5.27	Yapı 4 Sisteminin 9.Kat Döşemesinde Oluşan Çekme Kuvvetleri .	71
Şekil 5.28	Yapı 5 Sisteminin Kat Kalıp Planı	72
Şekil 5.29	Yapı 5 Sisteminin 9.Kat Döşemesinde Oluşan Çekme Kuvvetleri .	74
Şekil 6.1	Seçilen yedi yapının kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri	77

SEMBOL LİSTESİ

a_x	: X doğrultusunda yapıda plan üzerinde olan çıkıntı uzunluğu
A	: Brüt kat alanı
A_b	: Boşluk alanları toplamı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
ΣA_0	: Toplam perde etkin gövde alanı
ΣA_w	: Binanın tüm kolon etkin alanlarının toplamı
ΣA_e	: Etkili kesme alanı
ΣA_k	: Deprem doğrultusuna paralel kagir dolgu duvar alanları toplamı
A_t	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan
A_{wj}	: Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin brüt enkesit alanı
C_t	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı
F	: Kolon yük artım katsayısı
F_{II}	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkileyen fiktif yük
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
g_i	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
h_1	: En üst zemin tabakası kalınlığı
h_f	: Döşeme kalınlığı
H_N	: Bina toplam yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
L_x	: X doğrultusunda yapının boyu
l_{wj}	: Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin, gözönüne alınan deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu
l_{yn}	: Uzun kenar doğrultusunda serbest açıklık
m	: Uzun kenarın kısa kenara oranı
m_i	: i'inci katın kütlesi
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
q_i	: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı

T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
V_t	: Eşdeğer deprem yükü
W	: Binanın toplam ağırlığı
w_i	: İinci katın ağırlığı
α_p	: Sürekli olan kenarların toplam uzunluğunun toplam kenar uzunluğuna oranı
β	: Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
η_{bl}	: Burulma düzensizliği katsayısı
η_{cl}	: Dayanım düzensizliği katsayısı
η_{kl}	: Rijitlik düzensizliği katsayısı
$(\Delta_i)_{min}, (\Delta_i)_{max}$	: Göreli kat ötelemeleri (min. ve max.)



ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, 10 katlı bir yapıda mimari istekler doğrultusunda oluşabilen büyük boşluğa sahip döşemenin deprem yükleri etkisi altındaki davranışı incelenmiştir. Yönetmeliğin önermiş olduğu sınırlara yakın bir boşluğa sahip bir yapının, deprem etkisinde bu boşluklu döşemenin nasıl davranacağı bu tezin konusunu oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra verilen bu sınırın yeterli olup olmadığı da bu tez de incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte tanımlanmış ve bununla birlikte dünya şartnamelerinde tanımlanan düzensizlik durumları ve hesap yöntemleri incelenmiştir.

Altı bölümden oluşan bu tezde birinci bölümde konunun tanıtılması, konu ile ilgili çalışmaların kısaca incelenmesi, çalışmanın amacı ve kapsamı yer almaktadır.

İkinci bölümde, düzensiz yapılar hakkında bilgi verilmiştir. Düzensizliği meydana getiren nedenler belirlenmiş ve bu sebeplere dayanarak yapısal düzensizlikler yeni deprem yönetmeliğine göre sınıflandırılmıştır. Uluslararası yönetmeliklerde yapı düzensizliklerine verilen önem ve bu tip yapılarda seçilecek olan hesap yönteminin uygunluğu incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, deprem yönetmeliğinde verilen hesap yöntemleri sınıflandırılmış ve bu yöntemlerden biri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi ile ilgili açıklamalar yapılmıştır.

Dördüncü bölümde ise, tezin konusunu oluşturan döşeme elemanı açıklanmıştır. Burada döşemenin taşıyıcı özellikleri ve döşeme modelleri verilmiş ve döşeme modelleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Deprem yükünün, üniform olarak düşey taşıyıcı elemanlara aktarılmasında döşemenin önemi belirtilmiştir.

Beşinci bölümde ise incelenen örnek yapının ve kullanılan malzemenin tanıtımı verilmiştir. Yapı üzerine gelen yükler etkisi ile döşemede oluşacak olan gerilme dağılımları gözlemlenmiş ve sonuçlar elde edilmiştir.

Altıncı bölümde de tez çalışmasında elde edilen sonuçlar verilmiştir.

INVESTIGATIONS OF STRESS LINE TO THE GAPPED SLABS UNDER THE EFFECT OF THE EARTQUAKE

SUMMARY

In this study which is prepared as a master thesis the behaviors of big gapped floor which aim to architectural wishes on a ten floor building that is effected by earthquake loads is examined. How this gapped floor would behave in the earthquake effect is the topic of this thesis. In addition to this the competence of given limits are enough or not, is examined. In this study irregular positions and calculation plans which are identified by the forms about the buildings which is made in disaster areas and also international forms are examined.

This thesis consist of six parts; in the first part the introductions of the topic, a general description of the studies related with the topic, the purpose and the coverage of the study is presented.

In the second part, an introduction is given for irregular structures. The effects causing the irregularity is defined and on the base of new earthquake form the structural irregularities are classified due to these causes. The importance that is given for building irregularities in the international forms and the validity of calculation methods are selected for this kind of buildings are examined.

In the third part, calculation methods that are given in the earthquake form are classified and some introductions are made for one of this method which is named same-value earthquake load method.

In the forth part, floor element that makes up the thesis topic is explained. In this part preferences of floor's carries and floor modals are given and comparison between floor models are made. The importance of take over from earthquake load to vertical carrier elements is indicated.

In the fifth part, the description of the buiding and materials used in the building are given. Stretch sharings which made on floor with structure load effects are observed and the results are obtained.

In the sixth part, the results of the study are given.

1. GİRİŞ

Betonarme bir yapı, çeşitli taşıyıcı elemanların birleşmesi sonucu ile oluşmaktadır. Yapıya etkiyecek olan düşey ya da yatay yüklerin etkisi altında tanımlanan taşıyıcı elemanların herbiri farklı davranış özelliklerine sahiptir. Bu taşıyıcı elemanlardan biri olan döşeme, üzerindeki düşey yükleri kirişlere aktarması yanında rijit diyafram davranışı ile yatay yükün kolon, perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara dağılımında da önemli rol oynamaktadır. Özellikleri tanımlanan döşeme elemanında oluşacak olan boşluğun etkisi bu tezin inceleme konusunu oluşturmuştur.

Düşey yükler etkisi altında döşeme elemanı plak, yatay yükler etkisi altında ise levha olarak çalışmaktadır. Bu inceleme deprem yüklerinin döşeme üzerindeki etkilerini kapsadığından dolayı sunulan çalışmada döşeme elemanları levha olarak tanımlanmıştır.

Hesaplamalarda döşeme elemanının boyutlandırılmasında döşeme kalınlığı öncelik kazanmaktadır. Döşeme kalınlığı ise döşemelerin boyutlarına ve sınır koşullarına bağlı olarak belirlenmektedir. Döşeme kalınlığının alt sınır değeri TS500 [1] de (4.3) ifadesi ve TS500 (2000) [2] de (4.4) ifadeleri ile tanımlanmıştır. Bu ifadeye göre hesaplanan döşeme kalınlığı ile yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara aktarımının güvenli olarak yapılabileceği bildirilmektedir. Bu tanımlama ile döşeme elemanları sonsuz rijit olarak kabul edilmektedir. Fakat ABYYHY [3] (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) de tanımlanan döşeme süreksizlikleri ile döşeme üzerinde bölgesel olarak oluşan gerilme değerlerinin beton emniyet gerilme değerlerinden daha büyük olabileceği ve bu nedenle de güvenli bir yapı tasarımında bazı sınır koşulların ve yaptırımların tanımlanması gerektiği belirlenmiştir. Bu düzensizlikler tez çalışmasının 2. bölümünde ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Boşluğun etkisi ve ABYYHY de tanımlanan sınır boşluk oranı değerinin yeterli olup olmadığı ile ilgili çalışmalar tezin konusunu oluşturmaktadır.

1.1 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında İstenilen Sınır Koşulları

Yapı tasarımında düşey yüklere göre bir ön boyutlandırma çalışması yapılarak bir taşıyıcı sistem seçilir. Bu yapı tasarımının deprem yükü etkisi altında oluşacak

hasarın sınırlandırılması ve yapı içinde yaşayan insanların hayatlarının kurtulması istenmelidir. Yapının tasarımı ekonomi ve güvenlik ikilemi altında bir optimum çözüme ulaştırılmalıdır. Bu çözümde istenilen sınır değerini üç grupta toplamak mümkün olmaktadır.

. Kullanılabilirlik Sınır Durumu

. Hasar Kontrolü Sınır Durumu

. Göçme Kontrolü Sınır Durumu

Kullanılabilirlik Sınır Durumu : Yapının inşaatının yapılacağı bölge itibarı ile yapıya etkiyecek olan ve sıklıkla karşılaşılabilecek küçük deprem yükleri etkisi altında yapısal taşıyıcı elemanlarda hasar yaratmaması ve yapının fonksiyonuna olumsuz bir etki yapmaması istenmelidir. Deprem yükü etkisi ile oluşabilecek olan hasar, yapıda meydana gelecek şekil ve yerdeğiştirmelerinin elastik bölge sınırları içinde meydana gelmesi ile önlenmiş olacaktır. Yapı tasarımında yapıda oluşabilecek deplasmanların kontrolü ilk şartı oluşturmaktadır.

Hasar Kontrolü Sınır Durumu : Yapının ömrü boyunca etki etme olasılığı düşük olan ve tasarımında kullanılan deprem yükünden büyük derecede yüklerin etkisi altında, hasar gören elemanların onarımı ve güçlendirilmesi ekonomik derecede olabilen bir yapı modellemesi yapılmalıdır.

Göçme Kontrolü Sınır Durumu : Dünya deprem yönetmeliklerinin taşıyıcı sistem için öngördükleri yüklerden daha büyük yükler altında yapının ani göçme durumuna geçmeden göçme mekanizmasının kontrolü ile içeride yaşayan insanların korunması bu sınırı oluşturmaktadır. Yapının ömrü boyunca karşılaşılabilecek en büyük deprem yüküne göre inşaa edilmesi ekonomiklik sınırını aşmaktadır. Yalnız ender olarak meydana gelebilecek depremlerde tamir edilemeyecek hasarın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Fakat bu durumda bile yapının can kaybını önlemek için tamamen göçmemesi gerekir.

Son olarak Marmara Bölgesinde oluşan deprem sonuçlarında da görüldüğü gibi yapıda ilk kırılmaların düşey taşıyıcılarda olması can kaybını arttırmıştır. Yapılan yanlış uygulamalar sonucunda büyük bir can kaybı ile karşılaşılmıştır. Bunu önlemek tasarım aşamasında kolonların kirişlerden daha güçlü olmasını sağlayarak yapı sisteminin ani göçmesine neden olacak olan kat mekanizmasının önlenmesini ve sürekliliğin artmasını sağlayacaktır.

1.2 Yapıda Düzensizlik Oluşturacak Durumlar

Yapının çözümünde yapı tasarımı önemli bir rol oynamaktadır. Tasarım aşamasında oluşacak yapı düzensizlikleri nedeni ile deprem yükleri etkisinde yapı, bölgesel zorlanmalara maruz kalacaktır. Yeni deprem yönetmeliğinde çeşitli yapı düzensizlikleri ayrıntılı olarak ABYYHY [3] de belirlenmiştir.

Geometri :Yapının tasarımı basit, düzenli ve simetrik olarak yapıldığında, deprem yükü altında yapının davranışı daha belirgin ve sistemli olacaktır. Karmaşık ve düzensiz bir yapıda ise burulmalar, bazı bölümlerde yük yoğunlaşmaları ve zorlanmaları oluşabilecektir. Bu düzensizlikler ile oluşacak ikincil etkiler de hesaplarda dikkate alınmalıdır. Yapıya etki edecek olan deprem yükünün yapı rijitlik merkezi ile geometri merkezinde tanımlanan ağırlık merkezi farklı koordinatlar üzerinde oluşmuş ise burulma etkisi oluşacaktır. Ayrıca büyük çıkıntılara sahip yapı sistemlerinde oluşacak olan ikincil etkileri önlemek için basit parçalara ayırmak uygun olacaktır.

Rijitlik Dağılımı : Yapının tasarımında zemin koşullarınında etkili olmakta ve zemin koşulları gözönüne alınıp yapının rezonans duruma geçmesi önlenmelidir. Bu da yapı hakim periyodu ile zemin sınıfına ait periyod değerlerinin farklı değerde olması ile sağlanmalıdır. Örneğin uzun zemin periyodlarının hakim olduğu bölgelerde, derin tabakalar halinde yumuşak tabaka olan bölgelerde kısa periyodlu, rijit, az katlı yapılar uygun olacaktır. Bunun karştı olarakta kısa zemin periyodların hakim olduğu bölgelerde, kayalık sert zeminlerde yüksek periyodlu, çok katlı yapıların inşaaası uygun olacaktır.

Yapının herbir elemanında süreklilik arandığı gibi bu elemanların bölgesel olarak rijitlik değişimi de yapının taşıma mekanizmasını etkileyecek bir nedeni oluşturmaktadır. Deprem yükü etkisi en alt katta daha büyük değerlere ulaşır, ayrıca mimari bakımdan bu katta geniş alanlar, narin taşıyıcılar ve bölme duvarlarının olmaması istenildiğinde gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Süreklilik : Yapıya ait bütün elemanların devamlılığının olması istenmelidir. Bazı mimari isteklerden dolayı oluşacak olan süreksizlik durumunda belirli sınır şartlarının gözönünde tutulması gerekmektedir. Süreklilik şartı deprem yönetmeliğinde yapının planı üzerinde ve düşey taşıyıcı elemanlarında olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Plan_üzerinde süreksizlik döşemede, düşey elemanlarda ise kolon

ya da perdelerde görülmektedir. Taşıyıcı elemanların sürekliliği ile elemanların birbirlerine yardım etmesi sağlanır ve büyük deplasmanlar esnasında oluşacak plastik mafsallaşmalar ile yapının taşıma kapasitesi arttırılmış olacaktır.

1.3 Çalışmanın Amacı

Yapı tasarımında ve hesaplamalarda döşeme elemanları sonsuz rijit olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama ile deprem yüklerinin, kiriş ve döşeme elemanlarının yardımı ile düşey taşıyıcı elemanlara düzgün olarak iletildiği varsayılmıştır. Bu varsayımın planda büyük boşluğa sahip bir yapıda geçerli olup olamayacağı incelenmiştir.

Döşeme üzerinde yönetmeliğin sınırlamış olduğu (1/3) boşluk oranından daha büyük bir boşluğun bulunması ile döşeme süreksizliğini oluşacağı bildirilmiştir. Deprem yüklerinin üniform olarak düşey taşıyıcı elemanlara iletilememesi döşeme üzerinde gerilme birikimlerinin oluşmasına neden olacaktır. Döşeme üzerinde belirli bölgelerde oluşabilecek gerilme birikimlerinin beton çekme veya basınç emniyet gerilmelerinden büyük olabileceği, taşıyıcı sistem elemanlarında deformasyonların oluşabileceği ve hatta yapının kullanılamaz duruma geçebileceği gözönünde bulundurularak gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu olumsuzlukları gidermek için, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte döşemelerdeki boşluk oranı sınırlandırılmıştır. Verilen bu sınırın geçerliliği; aynı plan üzerinde oluşturulan 10 katlı çerçeve ve perde-çerçeve tipi yapı sistemleri üzerinde yapılacak incelemeler ile bu sınırın yeterli olup olmadığı ve bu sınırdaki bir boşluk oranına sahip bir yapının döşemelerinde oluşacağı gerilme değerlerine göre döşemenin diyafram özelliğini ne derecede yitirebileceği incelenmiştir.

2. DÜZENSİZ YAPILAR VE YAPI SİSTEMLERİNİN TASARIMI

Deprem yönetmeliğine göre bir bütün olarak deprem yükünü taşıyan yapı taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan her bir elemanda, deprem yüklerini temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlilikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır [3]. Bu özelliklere sahip olmayan bir başka deyimle depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken yapılar *düzensiz yapılar* olarak tanımlanır.

2.1 Yeni Deprem Yönetmeliğinde Tanımlanan Yapı Düzensizlikleri

Düzensiz yapıların tasarımından ve yapımından olabildiğince kaçınılmalıdır. Yapıda oluşan düzensizliklere karşı dünya yönetmeliklerin bir çoğunda gerekli önlemlerin alınması gerekliliği vurgulanmıştır [4].

Düzensizlikleri oluşturan durumlar 1998 yılında yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliğinde iki grupta toplanmıştır:

A - Planda Düzensizlik Durumları

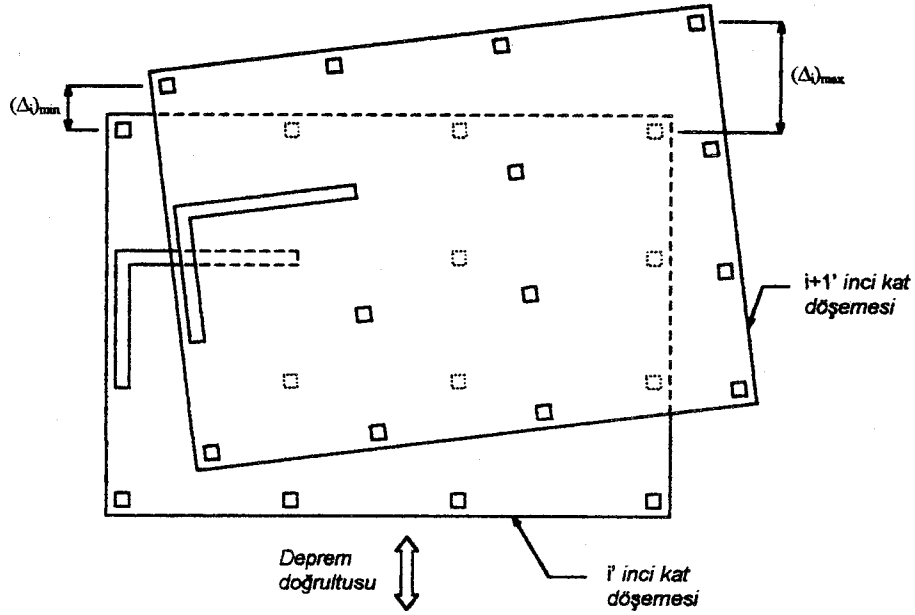
B - Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

2.1.1 Planda Düzensizlik Durumları (A Türü Düzensizlik)

Yapının planı üzerinde meydana gelen düzensizlik şekillerinden oluşmaktadır. Yapı taşıyıcı sistem elemanlarının simetrik olarak düzenlenmemesi, plan üzerinde süreksizlik teşkil eden elemanların olması, planda yapı şeklinin farklı biçimler alması ve taşıyıcı elemanların birbirlerine paralel olmaması ile oluşan düzensizlikler planda düzensizlikleri oluşturan öğelerdir.

2.1.1.1 Burulma Düzensizliği (A1 Düzensizliği)

Burulma düzensizliğini taşıyıcı sistem elemanlarının herhangi bir doğrultuda asimetric olarak yerleştirilmesi sonucunda oluşmaktadır. Bu tür düzensizliğe sahip bir yapıda birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir katta deprem yükleri doğrultusunda farklı ötelenmeler görülmektedir.



Şekil 2.1 Burulma Düzensizliği

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{ort} = ((\Delta_i)_{max.} + (\Delta_i)_{min.}) / 2 \quad (2.1)$$

tanımlanırsa burulma düzensizliği katsayısı

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max.} / (\Delta_i)_{ort.} \quad (2.2)$$

Burada,

$(\Delta_i)_{max}$: Bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesini,

$(\Delta_i)_{min}$: Bir kattaki en küçük görelî kat ötelemesini,

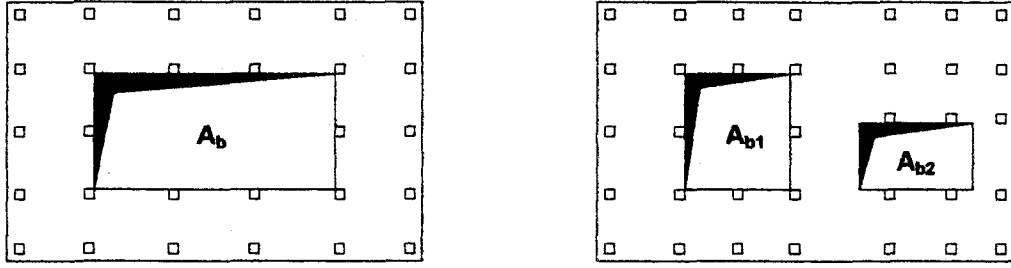
$(\Delta_i)_{ort}$: Bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesini göstermektedir.

Burulma düzensizliği durumu $\eta_{bi} > 1.2$ olduğu durumlarda yapı burulma yönünden düzensiz olarak sınıflandırılır, [3]. İfade (2.1) de herhangi bir katta deprem kuvveti etkisi ile oluşan ortalama görelî kat ötelemesinin hesabı verilmiştir. Ortalama görelî kat ötelemesi o katta oluşan minimum ve maksimum görelî kat ötelemelerinin aritmetik ortalamasından oluşmaktadır. İfade (2.2) ile de burulma düzensizliğini belirleyen sınır katsayısı olan, η_{bi} , burulma rijitliği katsayısının hesabını göstermektedir. Burada görelî kat ötelemeleri hesabının, $\eta_{bi} < 1.2$ den küçük ise %5 ek dışmerkezlik gözönünde tutulmalı $\eta_{bi} > 2.0$ ise eşdeğer statik analizin kullanılmayacağı diğer bir deyişle, dinamik analizin gerekliliği yönetmelikte önemle vurgulanmıştır.

2.1.1.2 Döşeme Süreksizliği (A2 Düzensizliği)

Her bir kattaki döşemenin kat düzlemi boyunca sürekliliğini kaybetmesi durumunda bir döşeme süreksizliği oluşur. Bu süreksizlik üç şekilde meydana gelmektedir:

- 1) Merdiven ve asansör boşlukları dahil olmak üzere, herhangi bir katın döşemesinde bırakılan boşluk alanları toplamının o katın brüt alanına oranının 1/3 ten fazla olması durumunda ,



Şekil 2.2 Büyük Boşluklu Döşeme Süreksizlikleri

A2 türü döşeme düzensizlik şartı

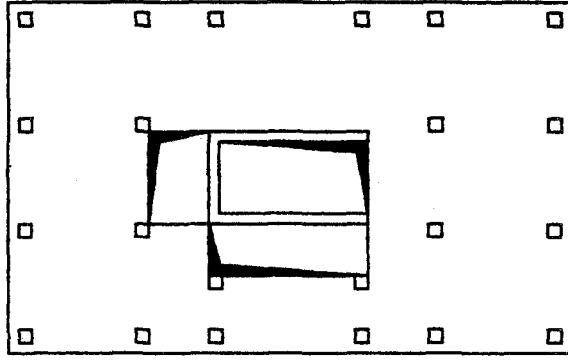
$$A_b / A > 1/3 \quad (2.3)$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı

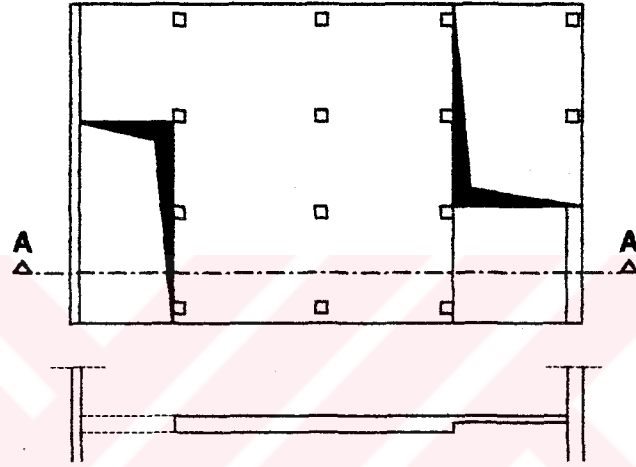
Şekil 2.2'de görülen döşemede boşluk bulunan yapılarda $A_b / A > 1/3$ eşitsizliği gerçekleşiyor ise yapı döşeme süreksizliği bakımından düzensiz kabul edilmektedir.

- 2) Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabilmesini güçleştirecek yerel döşeme boşluklarının bulunması durumunda,



Şekil 2.3 A2 türü düzensizlik durumu - 2

3) Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumunda oluşmaktadır.

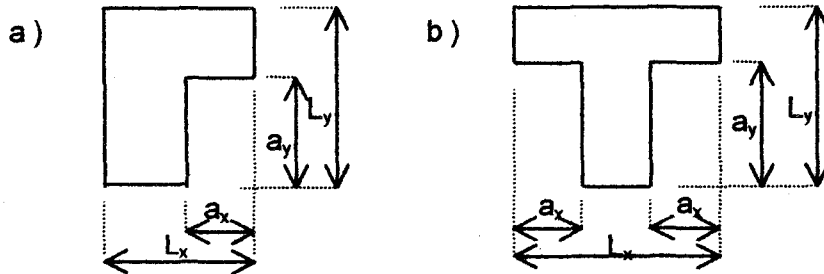


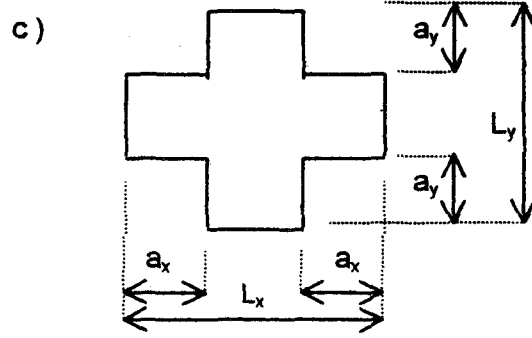
Kesit A-A

Şekil 2.4 A2 türü düzensizlik durumu - 2 ve 3

2.1.1.3 Planda Çıkıntılarının Bulunması (A3 Düzensizliği)

Bina kat planlarında çıkıntı yapan bölümlerinin birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20 sinden daha büyük olması durumunda bu tür bir düzensizlik meydana gelir. Bu oran 1998 yeni deprem yönetmeliğinde tanımlanmıştır [3].



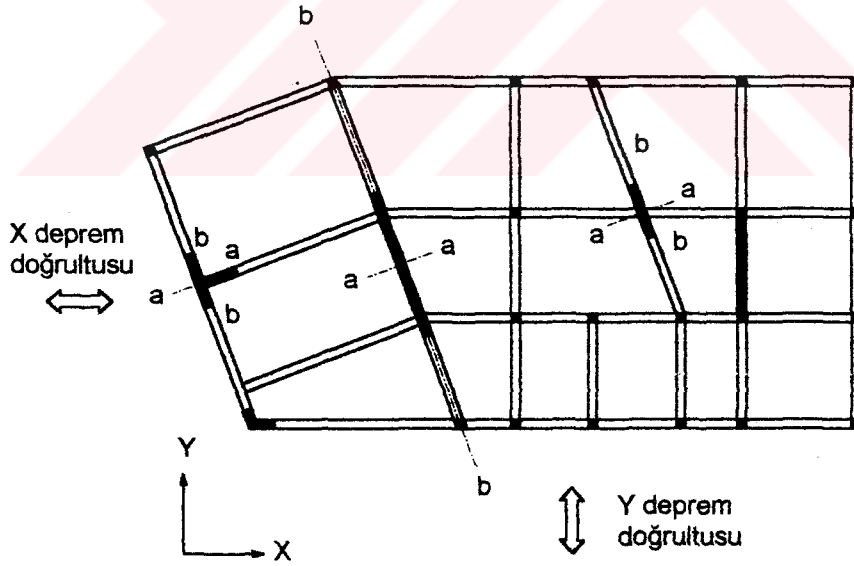


Şekil 2.5 Planda Çıkıntılar Bulunması

a_x , a_y , L_x , L_y yapı boyutu ve girinti ve çıkıntılar ile uzunluklar olmak üzere, Şekil 2.5'te görüldüğü üzere $\Sigma a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $\Sigma a_y > 0.2 L_y$ eşitsizlikleri içeren yapılar, planda düzensiz yapılar olarak tanımlanır.

2.1.1.4 Taşıyıcı Elemanların Eksenlerinin Paralel Olmaması (A4 Düzensizliği)

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik iki yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumunda bu tür düzensizlikler oluşmaktadır.



Şekil 2.6 A4 Türü Düzensizlik

2.1.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları (B Türü Düzensizlik)

Deprem etkisindeki bir yapının yapı yüklerini temel zeminine kadar sürekli bir biçimde ve güvenli olarak aktarabilmesi için gerekli özelliklere sahip olmalıdır. Düşey doğrultuda taşıyıcı durumunda bulunan elemanların süreklilik koşullarını sağlaması

gerekmektedir. Yapıda düşey doğrultudaki süreksizlikleri oluşturulan durumlar yeni deprem yönetmeliğinde aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır [3].

2.1.2.1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) (B1 Düzensizliği)

Deprem yönetmeliğinde, bu tip düzensizliklerin, betonarme yapılarda, yapılara dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde , herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* (η_{ci}) nın 0.8 den küçük olmasından dolayı, yani meydana geldiği ifade edilmiştir.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (2.4)$$

Formül (2.4) de dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} eşitliği verilmiş olup, bu katsayı 0.8 den küçük olduğu durumlarda yapı düşey doğrultuda düzensiz bir yapı olarak tanımlanır.

Herhangi bir katta etkili kesme alanı ΣA_e ' nin tanımı ise

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (2.5)$$

şeklinde verilmiş olup, (2.5) eşitliğinde kullanılan ifadeler aşağıda tanımlanmıştır.

ΣA_e : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt en kesit alanları toplamı (*Etkili kesme alanı*)

ΣA_w : Kolon en kesiti etkin gövde alanları toplamı (Depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanları hariç) (*Kolon etkin gövde alanı*)

ΣA_g : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanının en kesit alanları toplamı (*Perde en kesit alanı*)

ΣA_k : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kagir dolgu duvar alanlarının (Kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı

Bu tür bir düzensizliğin oluşması, yapının herhangi bir katında kolon, perde veya kagir duvarların bir bölümünün kaldırılması ile oluşabileceği tanımlanan ifadelerden anlaşılmaktadır.

2.1.2.2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (B2 Düzensizliği)

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta oluşan ortalama kat ötelemesinin bir üst katta oluşan kat ötelemesine oranı olarak

tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* (η_{ki}) nin 1.5 tan fazla olması durumudur, yani

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.50 \quad (2.6)$$

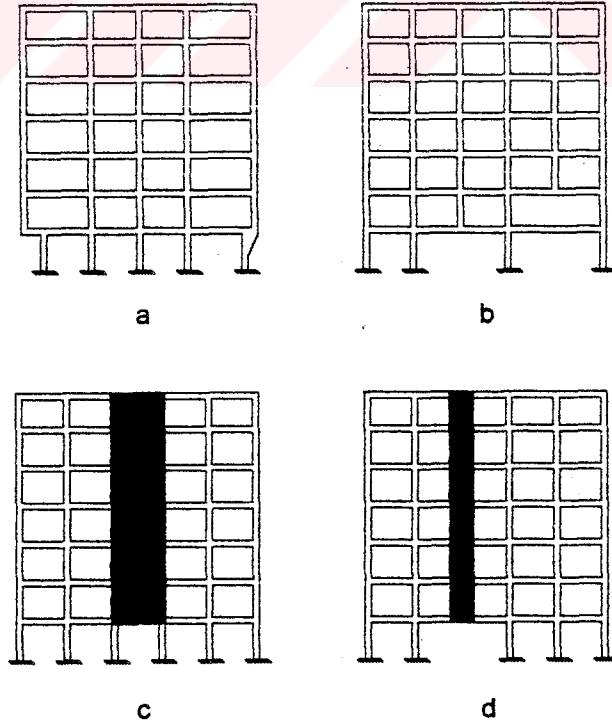
şeklinde ifade edilmektedir.

Formül (2.6) da bir yapının herhangi bir i'inci katın ortalama görelî kat ötelemesinin (i+1)'inci katın ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} nin 1.5 ten büyük olması durumunda, yapının düşey doğrultuda düzensiz yapı olarak tanımlanacağı anlaşılmaktadır.

Burada görelî kat ötelemelerinin hesabında, $\pm$ %5 ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak deprem hesapları yapılmalıdır.

2.1.2.3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği (B3 Düzensizliği)

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması ya da üst kattaki perdelerin alt katta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur. Bu tip düzensizlikte yapıya gelen deprem yükleri sürekli bir biçimde aktarması zorlaşır. Yapının depreme karşı güvenilirliği deprem yükünü en kısa sürede, en kısa yol ile, sürekli ve güvenli bir biçimde zemine aktarabilme yeteneğidir [5] .



Şekil 2.7 B3 Türü Düzensizlikler

Şekil 2.7a-d'de farklı taşıyıcı sistemlere sahip yapıların düşey görüntüleri verilmiştir. Bu tür düzensizliklerin bulunduğu yapılara ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir [3].

a) Bütün deprem bölgelerinde, kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya altındaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 2.7a –b)

b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır (Şekil 2.7b).

c) Üst kattaki perdelerin her iki ucundan altta kolonlara oturtulması durumunda bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 arttırılacaktır. Bu tür düzensizliğin bulunduğu betonarme binalarda ayrıca enine donatı, perde içine kenetlenme boyu kadar uzatılan kolon donatıları boyunca devam ettirilecektir (Şekil 2.7c).

d) Perdelerin herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 2.7d).

2.2 Uluslararası Yönetmeliklerde Düzensiz Yapılar İle İlgili Koşullar

Bölüm 2 de yapılan incelemeler 1998 de yürürlüğe giren Yeni Deprem Yönetmeliğindeki düzensiz yapılar ile ilgili koşullar özetlenmiştir. Bu düzensizlikleri içeren yapılara birçok ülkenin yönetmeliklerinde de bazı kısıtlamalar altında yapımına izin verilmiştir. Öncelikle yapıların hesabında seçilecek olan yöntem üzerinde durulmuştur. Bazı yönetmelikler düzensiz yapılar için dinamik hesap yöntemini şart koşarken, diğer yönetmelikler de bazı koşullar ile Eşdeğer Statik Yükler yöntemine göre ya da Mod Birleştirme yöntemine göre hesapların düzenleneceğini söylemektedir.

TUBİTAK adına yapılan “ Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi [6]” adlı araştırma raporunda düzensizlik şekillerine göre hangi yöntemlerin kullanılmasının uygun olduğu yapılardaki çeşitli düzensizlik durumları ayrıntılı olarak incelenerek bu eşdeğer statik yükleme yönteminin dinamik yöntemle göre güvenilirliği incelenmiştir.

Bu araştırmada “ Earthquake Resistant Regulations – A World List [4]” adlı yayının 1992 ve 1996 baskıları ele alınarak 41 yönetmelik incelenmiş ve bunlardan sadece

2 tanesinde yapısal düzensizlikler ile ilgili özel maddeler ile karşılaşılmamıştır. 4 tanesinde plandaki düzensizlikler ile ilgili, 2 tanesinde sadece düşey doğrultudaki düzensizlikler ile ilgili ve geri kalan 33 tanesinde ise hem planda, hem de düşey doğrultudaki düzensizlikler ile ilgili şartlar önemle irdelendiği gözlenmiştir. Yapısal düzensizlikler ile ilgili şartları içeren yönetmeliklerin çoğunda (23 adet) dinamik hesabın zorunluluğu düşünülmüştür. Bazı yönetmeliklerde ise yapısal yaptırımlar ve kısıtlamalar ya da eşdeğer statik yüklerin (veya tasarım büyüklüklerinin) artırılması önkoşul olarak verilmiştir.

Yapısal düzensizlikler halinde alınması gereken önlemler ve yaptırımlar, çeşitli yönetmeliklerde değişik biçimlerde ifade edilmiş bulunmaktadır. Bu önlem ve yaptırımları şu kategoride irdelleyebiliriz:

Çeşitli yönetmeliklerde verilen değişik düzensizlik durumları için, öngörülen önlem ve yaptırım cinslerini [6] nolu kaynaktan alınan tabloda açıkça görebiliriz. Bazı yönetmeliklerde ise, çeşitli düzensizliklerin sadece isimleri geçmekte, ayrıca ayrıntılı tanım ve önlemlere yer verilmemektedir. Bu özelliklerin tümünü gösteren Tablo 2.1 de kullanılan harflerin tanımlamaları da şu şekildedir:

A : Dinamik hesap zorunluluğu,

B : Eşdeğer statik yüklerin veya tasarım büyüklüklerinin artırılması,

C : Arttırılmış ek dış merkezliğe göre hesapların tekrarlanması,

D : Düzensizliğe izin verilmemesi,

E : Dilatasyon derzlerinin kullanılması,

F : Herhangi bir şekilde meydana gelmiş olan düzensizliklerin tanımına ve önlem alma biçimine yer verilmemesi.

EC8 de ise herhangi bir yönde planda gerilme birikimi oluşturacak girinti veya çıkıntıların toplam uzunluklarının aynı yöndeki yapı toplam uzunluğuna oranı %25 i aşması A3 Düzensizliğinin oluşması için yeterli sayılmıştır[7].

Regulations For Seismic Design A World List – 1996 [4] da en fazla incelenen planda burulma düzensizliği biçimidir. Yapılarda yapılacak olan yanlış uygulamaların sonucunda o yapının kullanılamaz duruma getirebilen bir düzensizlik biçimidir. Yapının tasarımının aşamalarından biri olan yapısal analizde belirli sınırlamalar altında bu tip düzensizliğe sahip yapılara yapım izni verilmektedir. Ardından yumuşak kat, kütle ve geri çekme süreksizlikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Genelde yapılacak olan düzensizliklere karşı alınan ilk tedbir yapının dinamik hesap yöntemi ile çözümü istenmesidir.

Tablo 2.1 Uluslararası Yönetmelik Listesinde Düzensizlikler ile İlgili Hesap Yöntemleri Seçimi Konusunda Sınırlamalar [4]

ÜLKE		TARİH	DÜZENSİZLİK TÜRÜ				
			Kütle	Yumuşak Kat	Zayıf Kat	Geri Çekme	Düşey Süreksizlik
Burulma							Planda
Almanya	1990	-	-	-	-	-	E
ABD (UBC)	1994	A	A	A	A	A	C,A
Amavutluk	1989	F	F	-	-	-	E,A
Avusturalya	1993	-	-	-	A	-	B
Avusturya	1961	-	-	-	E	-	E
Bulgaristan	1987	-	B	-	-	-	E,A
Cezayir	1988	-	A	-	A	A	A
Çin	1989	A	A	A	-	-	E,A
Dominik Cum.	1979	A	A	-	A	-	-
El Salvador	1989	A	A	-	A	-	C,A
Endonezya	1983	-	A	-	A	-	C,A
Eurocode 8	1994	A	A	A	A	A	C,A
Filipinler	1992	A	A	A	A	A	C,A
Fransa	1990	A	-	-	A	-	A
Habeşistan	1983	-	A	-	A	-	C
Hırvatistan	1981	D	D,B	-	E	-	E
Hindistan	1984	A	A	-	A	A	C,A
ISO 3010	1988	A	A	-	-	-	C,A
İran	1988	A	A	-	A	A	A
İsrail	1990	-	-	-	-	-	A
İtalya	1996	-	-	-	-	-	C
İsviçre	1989	A	-	-	-	A	A
Japonya	1991	F	F	-	-	-	F
Kanada	1995	-	-	-	F	-	C
Kolombiya	1984	F	-	-	F	F	-
Kosta Rika	1986	D	-	-	-	-	D
Küba	1995	D	-	-	-	-	D
Makedonya	1995	-	D	-	E	-	E
Meksika	1995	D	F	D	-	D	D
Mısır	1988	-	A	-	A	-	C,A
NEHRP	1991	A	A	A	A	-	C,A
Nikaragua	1983	-	-	-	-	-	A
Peru	1977	D	D	-	-	F	D
Portekiz	1983	D	D	-	-	F	D
Romanya	1992	-	-	-	E	-	E,A
Slovenya	1994	A	A	A	A	A	A
Türkiye	1997	-	A	B	-	D,B	C,A
Venezuela	1982	A	A	A	A	A	A
Yeni Zelanda	1992	-	A	-	-	A	A
Yugoslavya	1981	D	D,B	-	E	-	E
Yunanistan	1984	D	-	-	-	D	E

2.3 Düzensizlikler ile İlgili Çalışmalar

Yeni deprem yönetmeliğinde ve dünya deprem yönetmeliklerinde yapı düzensizlikleri oluşturan durumlar hakkında tanımlamalar ve sınırlamalar yapılmıştır. Düzensizlikler ile ilgili çalışmalardan biri olan Bazı Düzensizlikler İçeren Üç Boyutlu Büyük Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Çözümlemesi [8] doktora tezinde; büyük boşluk içeren yapıların davranışını rijit döşemeli yapıya yaklaştırmak için alınabilecek iki önlem tanımlanmıştır. Mümkün oluyor ise en üst kat döşemesini rijit yapmak ya da katlarda delik çevresi kirişlerini döşeme düzleminde rijitleştirme ile istenilen rijit davranışa yaklaşılabileceği düşünülmektedir. Diğer bir inceleme olan Irregular Structures [13] adlı incelemede döşemede oluşan büyük boşluğun döşemede oluşturacağı zorlanmalar yanında düşey taşıyıcı elemanlara da olan etkileri gözardı edilmemesinin gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çalışmada boşluk oranının, plan üzerinde boşluğun ve düşey taşıyıcı elemanların rijitlik dağılımının etkili olduğu verilmektedir.

3. YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREME GÖRE HESABI

Düzenlemesi yapılan yapı sistemleri deprem yükünü yapı içersinde sönümlendirmeli ve üzerine gelen yükü en kısa biçimde zemine aktarabilme koşulunu sağlamalıdır.

3.1 Depreme Göre Tasarımda Hesap Yönteminin Seçilmesi

Seçilen bir taşıyıcı sisteme etkiyecek olan deprem yüklerinin hesabında kullanılacak hesap metodunun seçiminde tanımlanan sınırlamalar yeni deprem yönetmeliğinde verilmektedir. Yürürlükte de 1998 deprem yönetmeliğinin yapı analizinde dinamik yönteminin kapsamı 1975 deprem yönetmeliğine göre daha genişletilmiştir. Eski yönetmelikte eşdeğer deprem yükü yöntemi yapı yüksekliğinin 75 m. den küçük olma koşulunu sağlayan bütün yapılar için yeterli bulunurken, yeni yönetmelik deprem bölgesi, yapı yüksekliği, yapı düzensizliği gibi daha ayrıntılı kısıtlamalar vererek Dinamik yöntemlerin uygulama alanını genişletmiş, hatta dinamik yöntem kullanılmasını teşvik etmiştir. Bilgisayar ve teknoloji alanındaki yeniliklere paralel olarak, yapısal analiz konusunda da son yıllarda ilerlemeler olmuş, bu olanakların artması ile farklı ve daha hassas çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Yapı sistemlerinin deprem yükü hesabı yeni yönetmeliğe göre 3 şekilde yapılabilir:

- 1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
- 2 Mod Birleştirme Yöntemi
- 3 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

3.2 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Deprem yönetmeliğinde Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabileceği binalar aşağıdaki Tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılması için gerekli koşullar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan	$H_N \leq 25$ m.
2,3	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m.
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m.

Tablo 3.1 de verilen koşullardaki A1, B2 ve η_{bi} gibi ifadelerin anlamları Düzensiz Yapılar adlı 2.bölümde verilmişti. Bunlarla birlikte ayrıca yöntem seçimindeki kısıtlamalardan biri de H_N olarak simgelenirilir olarak simgelenirilen toplam yapı yüksekliğidir.

3.2.1 Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Göz önüne alınan deprem doğrultusu yönünde toplam eşdeğer deprem yükü ya da taban kesme kuvveti (V_t) aşağıda verilen denklem ile çözülecektir.

$$V_t = W \ A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 \ A_0 \ I \ W \quad (3.1)$$

İfade (3.1) de

W : Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığını,

T_1 : Binanın birinci doğal periyodunu,

$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısını,

$A(T)$: Spektral ivme katsayısını,

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısını,

I : Bina önem katsayısını

göstermektedir.

Binanın deprem esnasında toplam yükü sabit yüklerden ve o anda mevcut olabileceği düşünülen hareketli yüklerden oluşmaktadır.

$$W = \sum w_i \quad (3.2)$$

Burada

w_i : Her bir kata ait ağırlıktır. Bu ağırlık ise

$$w_i = g_i + n \cdot q_i \quad (3.3)$$

denklemini ile hesaplanır. Bu ifadede

g_i : Sabit yükler

q_i : Hareketli yükler

n : Hareketli yük katılım katsayısı

olarak tanımlanır. Bu tanımlamada “ n ” katsayısı binanın kullanım amacına bağlı olarak farklı değerler almaktadır. Endüstri binalarda; sabit ekipman ağırlıkları için $n=1$ alınacaktır, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önünde tutulmayacaktır. Kar yüklerinin %30 'u sabit yük olarak göz önüne alınacaktır.

Tablo 3.2 Hareketli yük katılım katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik tasarım ivme spektrumunun yerçekimi ivmesi (g) ne bölünmesine karşı gelen *Spektral İvme Katsayısı* $A(T)$ aşağıdaki ifade ile verilmiştir.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (3.4)$$

İfade (3.4) de

A_0 : Etkin yer ivme katsayısını,

$S(T)$: Spektrum katsayısını tanımlamaktadır.

Etkin yer ivme katsayısı olarak adlandırılan A_0 katsayısı binanın hangi deprem bölgesine inşa edildiğine bağlı olarak farklı değerler almaktadır. Bu değerler Tablo 3.3' te verilmektedir.

Tablo 3.3 Etkin yer ivme katsayısı

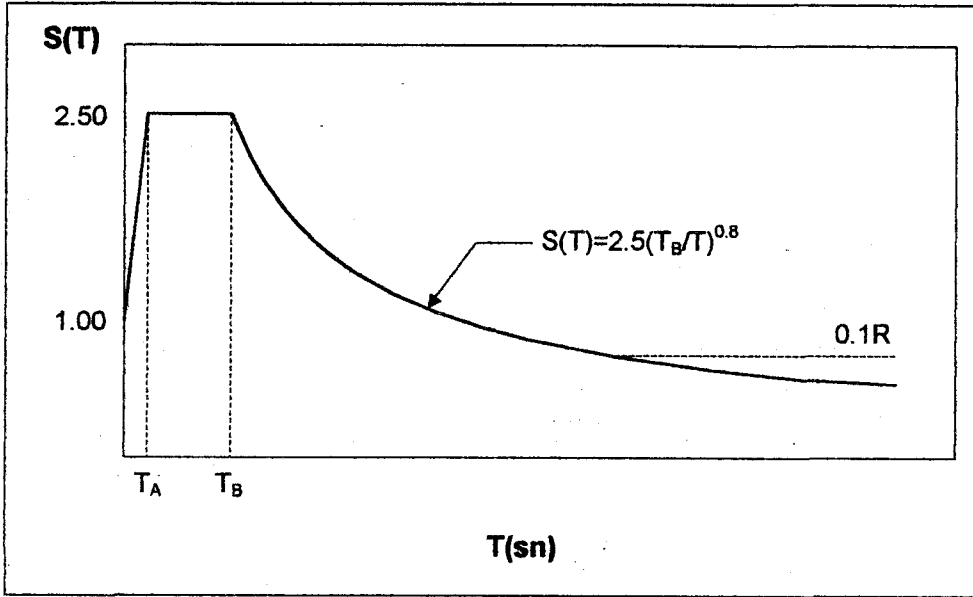
Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

İfade (3.4) de kullanılan I katsayısı binanın kullanım amacına veya türüne bağlı olarak farklı değerler almaktadır. Bu değerler Tablo 3.4' te verilmektedir.

Tablo 3.4 Bina önem katsayısının yapının kullanım amacına ve türüne göre aldığı değerler

Binanın Kullanım Amacı Veya Türü	Bina Önem Katsayısı
1- Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar ve Tehlikeli Madde İçeren Binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastane ,dispanserler,sağlık ocakları,ıtfaiye, PTT,ulaşım istasyonları,enerji üretim ve dağıtım tesisleri, Kaymakamlık,belediye,ilk yardım,afet planlama istasyonları) b) Toksik,patlayıcı,parlayıcı vb. malzemeler içeren depolar	1.50
2- İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu ve Değerli Eşyanın Saklandığı Binalar a) Okullar,eğitim bina ve tesisleri,yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar,cezaevleri b) Müzeler	1.40
3- İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar Spor tesisleri,sinema,tiyatro ve konser salonları vb.	1.20
4- Diğer Binalar Konutlar,işyerleri,oteller,bina türü endüstri yapıları	1.00

Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyoduna, T , bağlı olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 3.1 Zaman-Spektrum katsayısı grafiği

Şekil 3.1 de çeşitli değerler alan spektrum karakteristik periyotlara bağlı olan spektrum katsayısı denklemleri:

$$S(T) = 1 + 1.50 T / T_A \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (3.5)$$

$$S(T) = 2.50 \quad T_A \leq T \leq T_B \quad (3.6)$$

$$S(T) = 2.50 (T_B / T)^{0.8} \quad T > T_B \quad (3.7)$$

Bağıntı (3.5, 6 ve 7)'da spektrum katsayısının T_A ve T_B 'ye bağlı olduğu görülmektedir. Bu spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B) yerel zemin sınıflarına bağlı olarak farklı değerler alabilir. Bu değerler Tablo 3.5 te verilmektedir.

Tablo 3.5 Karakteristik periyotların yerel zemin sınıflarına bağlı olarak aldığı değerler

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Spektrum katsayısının 2.5 değerinde sabit kaldığı periyot sınırlarını gösteren T_A ve T_B periyod değerleridir. Spektrum katsayısını belirleyen yerel zemin sınıfları da zeminin taşıma gücüne bağlı olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 3.6 Yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Tablo 3.7 Zemin grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar...
	2. Çok sıkı kum, çakıl...
	3. Sert kil ve siltli kil...
(B)	1. Tuf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar...
	2. Sıkı kum, çakıl...
	3. Çok katı kil ve siltli kil...
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar...
	2. Orta sıkı kum, çakıl...
	3. Katı kil ve siltli kil...
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları...
	2. Gevşek kum...
	3. Yumuşak kil, siltli kil...

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan *Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı* $R_a(T)$ ' na bölünecektir. Bu katsayı Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) ve Doğal Titreşim Periyoduna (T) bağlı olarak belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1.50 + (R - 1.50) T / T_A \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (3.8)$$

$$R_a(T) = R \quad T > T_A \quad (3.9)$$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı olan R yapının sünellik özelliğine ve bina taşıyıcı sistemine bağlı olarak hesaplanan ve betonarme yapılar için değeri 4 ile 8 arasında değişen bir katsayıdır.

3.2.2 Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükleri

Hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü (V_t), bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.10)$$

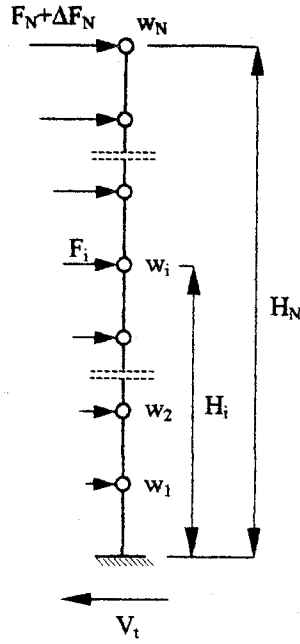
İfade (3.10) daki eşitlikte V_t toplam eşdeğer deprem yükünü göstermektedir, $\sum_{i=1}^N F_i$ ile katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamını vermektedir ve ΔF_N ise, en üst kata etkiyen kamçı kuvveti olarak da adlandırılan ek eşdeğer deprem yükü olarak adlandırılan kuvveti göstermektedir. $H_N > 25m$. için binanın N' inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e bağlı olarak formül (3.10) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.20 V_t \quad (3.11)$$

Eğer $H_N \leq 25m$. için $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

Toplam eşdeğer yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N' inci kat dahil olmak üzere kat ağırlıkları ile kat yüksekliklerinin çarpımı değeri oranında toplam eşdeğer deprem yükü ifade (3.12) ile katlara dağıtılacaktır :

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (3.12)$$



Şekil 3.2 Kat ağırlıkları ve katlara gelen deprem yükleri

Yukarıda da anlatıldığı üzere, öncelikle hesaplar için gerekli olan binanın birinci doğal periyodunun belirlenmesi gerekmektedir. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulandığı tüm yapı sistemlerinde birinci doğal titreşim periyodu (T_1) aşağıda verilen ifade (3.16) ile hesaplanabilir. Ancak, birinci ve ikinci deprem bölgelerinde $H_N \leq 25m$. koşulunu sağlayan binaların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık yöntemle (3.13) hesaplanmasına izin verilmiştir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N > 25m$. olması durumunda daha kesin sonuç veren formül (3.16) ifadesinin kullanılması zorunludur.

Birinci doğal periyodun yaklaşık yöntemle hesabı aşağıdaki bağıntıda verilmiştir.

$$T_1 = T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.13)$$

C_t : Eşdeğer deprem yükü yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı

C_t katsayısı bina taşıyıcı sistemine bağlı olarak farklı değerler alabilmektedir. Bunlar

a) Deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda C_t değeri formül (3.14) ifadesi ile hesaplanır.

$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad (3.14)$$

A_t : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında kullanılan eşdeğer alan olup

A_t eşdeğer alanı

$$A_t = \sum A_{wj} [0.20 + (l_{wj} / H_N)^2] \quad (3.15)$$

Şeklinde tanımlanmıştır. Burada

l_{wj} : Binanın temel üstündeki ilk katında j ' inci perdenin, göz önüne alınan deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu (m.)dur. Bu eşitlikte (l_{wj} / H_N) oranı en fazla 0.9 olarak göz önüne alınmalıdır.

b) Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0.07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t = 0.05$ alınacaktır.

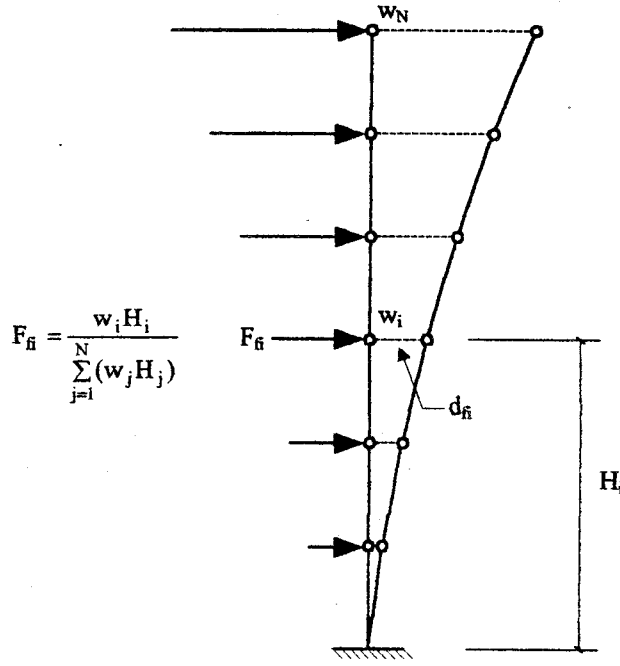
Yaklaşık birinci periyot yönteminin (formül 3.13) uygulama sınırları dışında kalan koşullarda binanın birinci doğal titreşim periyodu, daha kesin bir hesap yapılmadıkça, (3.16) ifadesinden yararlanarak hesaplanır.

$$T_1 = 2\pi [\sum (m_i d_{fi}^2) / \sum (F_{fi} d_{fi})]^{1/2} \quad (3.16)$$

m_i : i ' inci katın kütesini göstermektedir. w_i / g oranı ile bulunur.

F_{fi} : i ' inci kata etkiyen fiktif yük.

d_{fi} : Fiktif yüklerin etkisi altında, aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yerdeğiştirmeleri gösterir. Ayrıca yaklaşık yöntemle hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu $T_{1A} > 1.0$ sn. eşitsizliği olması durumunda ifade (3.16) den elde edilen T_1 değerinin deprem hesabında kullanılacak en büyük değeri T_{1A} periyodunun 1.30 katından daha fazla olmamalıdır.



Şekil 3.3 Katlara etkiyen kat fiktif yükleri ve deplasmanları

$$F_{fi} = (w_i H_i) / \left(\sum_{j=1}^N (w_j H_j) \right) \quad (3.17)$$

3.3 Mod Birleştirme Yöntemi

Yapı dinamiğinde modların süperpozisyonu diye adlandırılan yöntemle dayalı bu yaklaşımda maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

3.3.1 İvme Spektrumu

Herhangi bir r ' inci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı $S_{pa}(T_r)$

$$S_{pa}(T_r) = A(T_r) g / R_a(T_r) \quad (3.18)$$

ile belirlenecektir. İfade (3.18) de

$S_{pa}(T_r)$: r . titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrum değerini ($m/s.^2$)

$A(T_r)$: r . titreşim moduna ait spektral ivme katsayısını

g : Yerçekimi ivmesini ($9.81 m/s.^2$)

$R_a(T_r)$: r . titreşim modunda deprem yük azaltma katsayısını göstermektedir.

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi durumunda, formül (3.18) de ifade (3.4) ile hesaplanan spektral ivme katsayısı $A(T_r)$, ile yerçekim ivmesinin (g) çarpımları yerine ilgili özel spektrum ordinatı göz önüne alınacaktır.

3.3.2 Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta aşağıda tanımlanan kaydırlmış kütle merkezlerinin her birinde, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınır. Kat kütleleri, her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırlmış kütle merkezlerinde tanımlanacaktır. Kaydırlmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun $+ \%5$ ' i ve $-\%5$ ' i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır . Ancak herhangi bir i ' inci katın kütle eylemsizlik momenti, $m_{\theta i}$, kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında hesaplanır. Kat kütlelerine karşı gelen kat ağırlıkları ise formül (3.19) ifadesi ile bulunur.

$$m_i = w_i / g \quad (3.19)$$

Bölüm 2.1.1.2 e göre, döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınmalıdır. Bu durumda, ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelerin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $+ \%5$ ' i ve $-\%5$ ' i kadar kaydırılmalıdır.

Bu tür binalarda sadece ek dışmerkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri Eşdeğer Statik Yükleme Yöntemi hesaplanabilir. Daha sonra bu büyüklükler, ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak, mod katkılarının karelerinin kare kökü ile birleştirilen büyüklüklere doğrudan eklenmelidir.

3.3.3 Hesapta Gözönüne Alınacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı göz önüne alınan birbirine dik X ve Y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin $\%90$ ' ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir. Ayrıca göz önüne alınan deprem

doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlesinin %5 'inden büyük olan bütün titreşim modları da göz önüne alınmalıdır. Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binaların hesabında, sadece bodrum katların üstündeki katlarda etkin olan titreşim modlarının göz önüne alınması ile yetinilebilir.

3.3.4 Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yer değiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eş zamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir :

a) $T_s < T_r$ olmak üzere, dikkate alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyodların daima $T_s / T_r < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarını birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir. T_r ve T_s : Yapının r. ve s. Doğal titreşim periyotlarını göstermektedir.

b) Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır

3.3.5 Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Alt Sınır Değerleri

İncelenen deprem doğrultusunda, mod katkılarının uygun bir şekilde birleştirilmesi ile elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi' ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri

$$B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B \quad (3.20)$$

göre büyütülecektir.

Burada :

B_D : B_B Büyüklüğüne ait büyütülmüş değer

B_B : Mod birleştirme yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan bir büyüklük ifadede kullanılan birer katsayıdır.

Yukarıda tanımlanan A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta = 1.00$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta = 0.90$ alınacaktır.

3.4 Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Özel durumlarda, bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, daha önce kaydedilen veya yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabında, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç kaydedilmiş veya benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılacak ve bunlara göre elde edilen büyüklüklerin en elverişsiz olanları tasarıma esas alınacaktır.

a) İvme kayıtlarındaki kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, ivmelerin zarfları $\pm 0.05g$. den az olmamak koşulu ile, yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

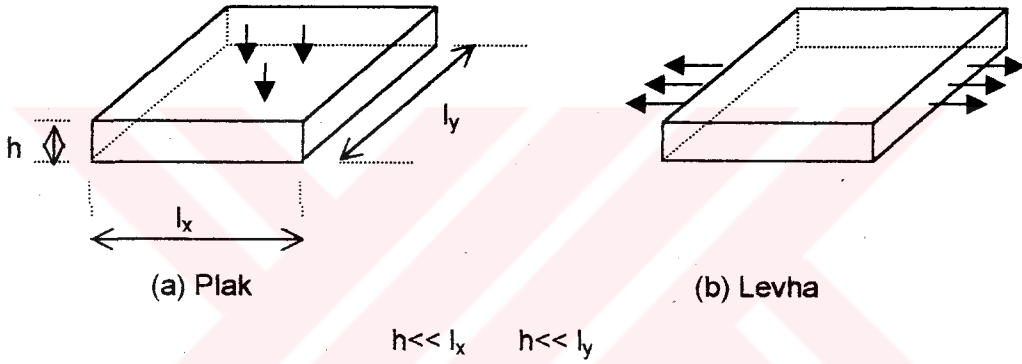
b) Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerleri, bütün periyotlar için, $A(T)$ spektral ivme katsayısı değerlerinin elastik hesap yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri $S_{pa}(T_r) = A(T_r)g / R_a(T_r)$ (3.17) ifadesi ile hesaplanacaktır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki davranışını tanımlayan iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntıları geçerliliği teorik ya da deneysel olarak kanıtlanmış yöntemlerle elde edilecektir.

4. DÖŞEMELER

4.1 Giriş

Kalınlığı taşıyıcı boyutlarının yanında çok küçük ve orta düzlemine dik olarak yüklenmiş, dolayısıyla orta düzlemin eğilmesi ile bir elastik yüzey oluşturan düzlemsel taşıyıcı sistemlerde "plak" denilmektedir. Geometri tanımı olarak aynı fakat düzlemi içindeki yüklerin etkisindeki elemanlara ise "levha" denilmektedir.



Şekil 4.1 Dolu döşemeler

l_x : Döşeme elemanının X doğrultusundaki uzunluğu

l_y : Döşeme elemanının Y doğrultusundaki uzunluğu

h : Döşeme elemanının kalınlığı

Yapısal sistemlerde, üzerine gelen yükleri doğrudan taşıyan kısaca üstünde yaşanan hacimleri örten, iki boyutlu taşıyıcı elemanlara "döşeme" denilmektedir. Döşemeler, yalnız düşey yükleri taşımakla kalmaz, aynı zamanda deprem durumunda bir levha (diyafram) etkisi ile yapının yatay stabilitesini de artırır. Yapılan tanımlamalarda döşemenin düşey yükler altında plak, deprem yükleri altında da levha olarak çalıştığı görülmektedir.

Bu tezde, yapısal düzensizliklerin içinde bulunan büyük boşluğa sahip döşemeler incelenmiştir. Deprem etkisi altında, döşemede bulunan fazla oranda boşluklar, diyafram süreksizliğini oluşturacağından, yükler taşıyıcı sistemin bütün elemanlarına dağılamaz ve yoğunlaşmalar oluşur. Bu da taşıyıcı sisteme ilave yükler doğurur.

Yurdumuzda kullanılan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte bu boşluk oranı belli bir oran ile sınırlandırılmıştır. Bu sınır altında boşluğa sahip yapılarda ilave bir işlemin yapılması istenmemektedir. Fakat bu sınırı aşan sistemlerde, döşemelerin sistemi içinde rijit davranmadığının da gözönüne alınması gerektiği, dolayısıyla ilave donatı çalışmasının yapılması koşulu konulmaktadır. Bu söz konusu $1/3$ sınırın yeterli olup olmadığı ve bu sınırdaki çeşitli taşıyıcı sistem düzenindeki bir deprem etkisi altındaki davranışının incelemesi bu tezin konusunu oluşturmaktadır.

4.2 Döşeme Seçimi

Döşeme, çeşitli amaçlarla üzerinde yaşanan, düşey doğrultudaki yükleri taşıyan, duvar, kiriş, kolon ya da çerçeve gibi düşey taşıyıcılar üzerine oturan yatay yapı elemanlarıdır.

Döşemeler, yalnız düşey yükleri taşımakla kalmazlar. Aynı zamanda deprem durumunda yapıya gelen yatay kuvvetleri tüm taşıyıcı elemanlara üniform olarak dağılmasını diyafram etkisi ile sağlayarak yapının yatay stabilitesini artırırlar. Yapının boyutlandırılmasında göz önüne alınan en önemli kriterlerden biri de yapı maliyeti olduğu ve döşemeler de yapı maliyetinin önemli bir kısmını oluşturduğundan dikkatle seçilmelidir. Döşeme tipinin seçiminde bina ve kat yüksekliği, döşeme yükleri ve yatay yükler, kalıp sistemi, inşaat süresi ve tesisat elemanları etkili olur.

4.3 Döşeme Tipleri

Uygulamada kullanılan döşeme modelleri tiplerine göre beş gruba ayrılabilirler:

Döşeme Çeşitleri [1]

1. Kirişli Döşeme
2. Kirişsiz Döşeme
3. Dişli Döşeme
4. Kaset Döşeme
5. Prefabrike Döşeme

Tanımlara geçmeden önce, döşemelerin diğer yapı elemanları yanındaki konumu ile ilgili birtakım bilgilerin verilmesi yararlı olacaktır. Yapı elemanları içinde kolon ve kirişler, gerek düşey gerekse yatay yükler için bir çerçeve olarak çözülebilir, çünkü bu elemanlar taşıyıcı boyutları yanında diğer iki boyutu ihmal edilebilecek kadar küçük olan çubuk elemanlardır. Ancak döşemeler ise yukarıdaki tanımlamada belirtildiği gibi yüzeysel taşıyıcılardır. Döşemelerin taşıma yeteneklerinden tam

olarak yararlanmak istenirse, hesapların iki boyutlu kuvvet durumuna göre yapılması gerekir. Betonarme döşemeler genellikle diğer yapı elemanları yanında en az risk taşıyan elemanlardır. Dikkat edilmesi gereken önemli nokta, hesap aşamasında döşemelerin sonsuz rijit kabul edilmesidir

4.3.1 Kirişli Döşemeler

Kirişlere mesnetlenmiş döşemelerdir. Döşeme üzerindeki yükü kirişlere, kirişler de kolonlara aktarırlar. Kirişler döşeme için bir mesnet oluştururlar. Kirişler arasında döşeme devam ediyorsa, bu mesnetin dönmediği kabul edilir ve sürekli mesnet olarak alınır. Eğer döşeme kirişlerden sonra devam etmiyorsa basit mesnet olarak kabul edilir. Kirişli döşemeler kirişler üzerine yük aktarma özeliğine göre ikiye ayrılır. Bunlar :

- Tek Doğrultuda Çalışan Döşemeler
- İki Doğrultuda Çalışan Döşemeler

Bu sınıflandırma, döşemenin üzerine gelen yükü kirişlere ne yönde dağıttığına bağlı olarak yapılmıştır. Eğer düzgün yayılı yük altında

$$m = l_{uzun} / l_{kisa} > 2 \quad (4.1)$$

ise bu döşeme tek doğrultuda çalışan döşeme,

$$m = l_{uzun} / l_{kisa} < 2 \quad (4.2)$$

ise bu döşeme iki doğrultuda çalışan döşeme olarak sınıflandırılır.

Tek Doğrultuda Çalışan Döşemeler

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde yükler kısa doğrultuda aktarılır. Bu nedenle de donatı yerleştirimi bu kısa doğrultu yönünde yapılmalıdır. Uzun kenar doğrultusunda dağıtma donatıları yerleştirilmelidir. Tek doğrultuda çalışan plaklar için minimum kalınlık 8 cm.' dir. Tavan döşemelerinde veya bir yerin örtülmesine yarayan veya yalnız onarım ve temizlik işlerinde veya benzeri durumlarda kullanılan döşemelerde 6 cm. ye kadar düşürülebilir.

İki Doğrultuda Çalışan Döşemeler

İki doğrultuda çalışan döşemelerde ise yük aktarımı iki doğrultuda olmaktadır. Donatı yerleştirilmesi iki doğrultuda olmalıdır. Türk Standartlarında verilen döşeme kalınlığı sınırlaması; döşememin düşey yükleri taşıması ve deprem yüklerini

diyafram özelliğini bozmadan, tam olarak taşıyıcı sistem elemanlarına aktarabilmesi için gerekli bir koşuldur. Bu sınırlama şu şekildedir: [6]

$$h_f \geq [l_{yn} (800 + \beta f_{yd})] / [36000 + 5000 m (1 + \alpha_p)] \quad (4.3)$$

ve 8 cm. ' den az olmamalıdır.

Burada;

l_{yn} : Uzun kenar doğrultusundaki serbest açıklığı

f_{yd} : Donatı hesap akma dayanımını ($f_{yd} = N / mm.^2$ ise $h_n = mm.$, kgf. /cm.² ise cm. alınır.)

m : Uzun kenarın kısa kenara oranını

α_p : Sürekli olan kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresi uzunluğuna oranını

β : Katsayısını ($f_{yd} N / mm.^2$ ise 0.70 , kgf. /cm.² ise 0.07 alınır.)

ifade ederler.

$$h_f = [l_{sn} / 15 + (20 / m)] * [1 - (\alpha_s / 4)] \quad (4.4)$$

ve $h_f \geq 80$ mm olmalıdır. (4.4) ifadesinde

h_f : Döşeme kalınlığı (m)

l_{sn} : Kısa Doğrultudaki Net Açıklık

m : Uzun kenarın kısa kenara oranı

α_s : Sürekli olan kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresi uzunluğuna oranını vermektedir.

Kirişli döşemeler işçiliği ve kalıbı kolay olduğundan tercih edilen bir sistemdir. Ancak açıklıkları 6-7 m.' ye , kalınlıkları 18-20 cm.' ye kadar olan döşemeler ekonomiktir. Büyüyen açıklıklarda ağırlık ve maliyet artar. Plaklara mesnet görevi yapan kirişlerin yükseklikleri de, plak kalınlığının 3 katından az olmamalıdır.

4.3.2 Kirişsiz Döşemeler

Kirişsiz döşemeler, doğrudan kolonlara veya mantar başlıklar aracılığı ile kolonlara oturan sistemlerdir. Açıklık ve yüklerin büyük olmadığı yapılarda kullanılması ekonomiktir. Yapı kat yüksekliğinin sınırlı olması veya düz bir tavan istenmesi durumunda kullanılabilir. Kirişsiz döşemede döşeme kalınlığı 15 cm. den küçük olmamalı ve aynı zamanda [1]

$$h_f \geq l_{yn} (800 + \beta f_{yd}) / 36000 \quad (4.5)$$

ifadesine uymalıdır. Kirişsiz döşemelerde, genellikle döşeme kalınlığına etkili olan nokta, döşeme kolon birleşiminde yükün döşemeden kolona aktarılmasıdır. Çevrede kenar kirişlerinin bulunmadığı durumlarda daha da kritik olur. Zımbalama dayanımı hesap kesme kuvveti ile karşılaştırılır. Gerekir ise kolon döşeme birleşim bölgesine başlıklar da yerleştirilir. Kirişsiz döşemeler, doğrudan kolonlara veya mantar başlıklar aracılığı ile kolonlara oturan sistemlerdir. Açıklık ve yüklerin büyük olmadığı yapılarda kullanılması ekonomiktir. Yapı kat yüksekliğinin sınırlı olması veya düz bir tavan istenmesi durumunda kullanılabilir. Kolon başlarına zımbalama ve eğilmeden dolayı bir başlık yapılması uygun olur. 7.5-9 m. açıklığa kadar kullanılabilir. Yatay yükler için fazla şekil değiştirmeye engel olmadıklarından çok katlı yapılarda yatay yükler perdeler ile taşınmalıdır.

4.3.3 Dişli Döşemeler

Dişli döşemeler sık kirişlerden ibaret olan bir döşeme sistemidir. Bunu sonucu olarak ta bir doğrultuda çalışırlar. Minimum döşeme kalınlığı dişler arasında kalan açıklığının $(e)/10'$ nundan ve 5 cm. den büyük olmalıdır. Deprem bölgesi için döşeme kalınlığı en az 7 cm. olmalıdır. Kirişler arası boş kalabileceği gibi yapının ağırlığını etkilemeyecek hafif bloklarla da doldurulabilir.

Dişli döşemeler, açıklığın artması ile artan döşeme kalınlığını azaltmak için kullanılırlar. Döşemenin esası sık aralıklı (70cm) kiriş uygulamasıdır. Kirişler arası oluşan boşlukların deprem açısından dolgu malzemesi (yapıyı ağırlaştırmayacak) ile doldurulması faydalıdır. Bu durumda düz bir tavan elde edilmiş olur. Diş açıklığı 4-7 m. arasındaki döşemelerde bir, 7m.' den büyük döşemelerde iki enine diş kullanılmalıdır. 10.5-12 m.' ye kadar döşemelerde kullanılabilir.

4.3.4 Kaset Döşemeler

Kaset döşemeler, kareye yakın ağır yük taşıyan döşemelerde iki doğrultuda kirişlerle elde edilir. 10.5-12 m. ' ye kadar döşemelerde kullanılabilir.

4.3.5 Prefabrike Döşemeler

Yapının inşa süresinin kısa olduğu durumlarda kullanılan bir döşeme biçimidir. Prefabrik veya öngermeli döşeme elemanları, açıklığın artması veya süratli inşa elde edilmesi durumlarında kullanılır. Yüke ve açıklığa bağlı olarak eleman üretimleri yapılmaktadır.

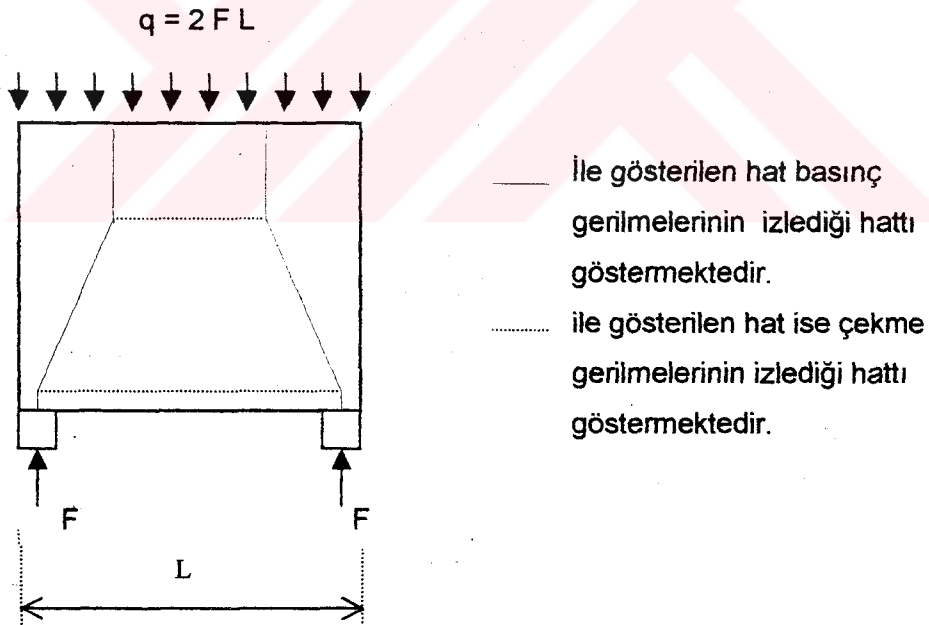
4.4 Döşemelerde Gerilme Dağılımı

4.4.1 Dolu Döşemelerde Gerilme Yayılışı

Dolu döşemelere bir başka deyişle plaklar olarak ta adlandırılabilir. Bölüm 3' te verilen plak tanımlamasında döşemenin düşey yükler altındaki tanımı yapılmıştır. Bu tanıma göre plak üzerine gelen yükler düzlemine dik doğrultuda etmektedir. Aynı zamanda deprem yükleri etkisi ile oluşan yatay yükler döşeme düzlemi doğrultusunda etkidiği için döşeme levha gibi çalışır.

Yapılan deneysel çalışmalarda döşemelere etkiyen deprem yüklerinin yapmış olduğu etkiler ile levha olarak çalışan plaklarda oluşan gerilme dağılımlarının birbirlerine benzedikleri söylenebilir. Bu benzeşmeden yola çıkarak Betonarme ve Öngermeli Betonda Davranış ve Hesap Modelleri [9] adlı yayında, düzlemi doğrultusunda yüklemeye maruz kalan taşıyıcı elemanlarda gerilme yayılışını görmek mümkündür. Bu bölümde, birkaç farklı yükleme altında çalışan elemanlar içinde oluşan gerilme dağılımlarını verilecektir.

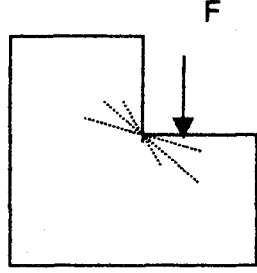
Örneğin iki noktada mesnetlenmiş olan bir taşıyıcı elemana ekseni doğrultusunda yayılı yük etkidiği zaman meydana gelen gerilmeleri Şekil 4.2 de verildiği gibidir [5].



Şekil 4.2 Bir Levha elemanında yayılı yük etkisi altında oluşan genel gerilme trajektuvarları

Üzerine gelecek olan yüklere bağlı olarak bu gerilme değerleri yük arttıkça büyüyecektir. Oluşacak olan özellikle çekme gerilmeleri beton çekme dayanımına göre kontrol edilmelidir.

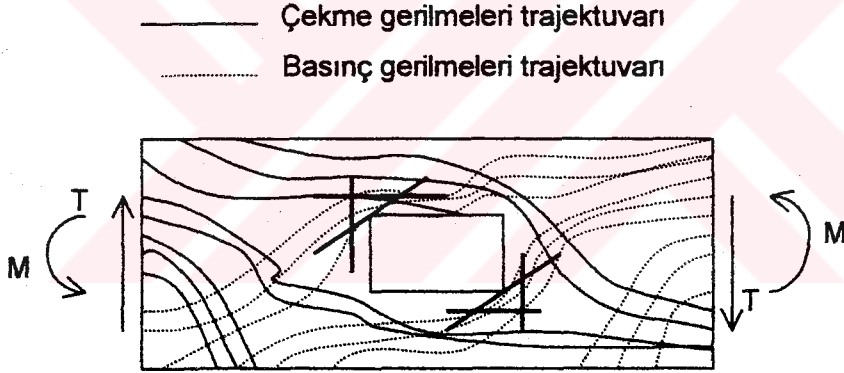
Yapıda L şeklinde bir elemanda buna benzer bir yükleme yapıldığı durumda iki parçanın birleştiği köşe noktada büyük gerilme yığılmalarının oluşması beklenmelidir. Bu yoğunlaşmayı Şekil 4.3 de görmek mümkün olacaktır.



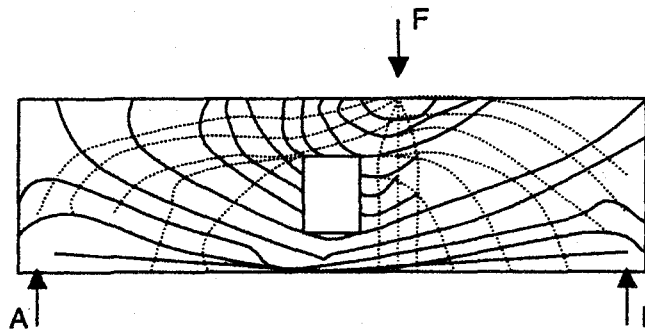
Şekil 4.3 L Şeklinde bir elemana etkiyen kuvvetten dolayı oluşan çekme gerilmeleri

4.4.2 Boşluklu Döşemelerde Farklı Yüklere Göre Gerilme Dağılımları

İnceleme yapılan konu deprem yönetmeliğinde verilmiş olan 1/3 boşluk oranına sahip bir yapıda gerilme diyagramları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu nedenle ilk izlenimleri verebilecek bir elemanda bu incelenmenin yapılması uygundur. Örneğin içinde bir boşluk bulunan bir levha elemanında iki yükleme için gerilme dağılışı şekil 4.4 ve şekil 4.5 te verilmiştir.



Şekil 4.4 Boşluklu bir levha elemanında kesme kuvveti ve moment etkisi ile oluşan gerilme trajektuarları



Şekil 4.5 Bir boşluğa sahip levha elemanında basınç kuvveti etkisi ile oluşan gerilme trajektuarları

5. SAYISAL ÖRNEKLER

Yapı tasarımında deprem yüklerinden oluşan etkiler, düşey yapı yüklerinden oluşacak olan etkilere göre daha büyük olumsuzluklara neden olabilmektedir. Yüklerin etkisi yanında, yapıda oluşan düzensizliklerin de olumsuz sonuçlara neden olabileceği araştırmalar sonucu belirlenmiştir. Bu etkilerden dolayı deprem yönetmeliğinde bazı koşullar sunulmuştur. Bu şartnamelerden döşeme süreksizliğini oluşturan 1/3 oranı 2.bölümde tanımlanmıştır. Seçilen yapıda bu sınırın güvenlik için yeterli olup olmadığı ve verilen bu sınır değeri haricinde olumsuzluk oluşturabilecek etkilerin olup olmadığı incelenmiştir.

5.1 Örnek Yapının Tanıtımı

Tanımlanan yapı modelleri üç grupta ele alınmıştır. Bu gruplama boşluk oranlarının 1/3 sınırından küçük ya da büyük olmasına göre yapılmıştır. Ayrıca bu üç grup kendi aralarında taşıyıcı sistemlerine göre de ayrılmıştır.

Tablo 5.1 Seçilen yapı sistemleri

YAPI	ADI	BOŞLUK ORANI	YAPI SİSTEMİ
1.GRUP	Yapı 1	0,343	ÇERÇEVE
	Yapı 2	0,343	ÇERÇEVE+PERDE
	Yapı 3	0,343	ÇERÇEVE+PERDE
	Yapı 4	0,343	ÇERÇEVE+PERDE
2.GRUP	Yapı 11	0,257	ÇERÇEVE
	Yapı 21	0,257	ÇERÇEVE+PERDE
3.GRUP	Yapı 5	0,389	ÇERÇEVE+PERDE

Yapı sistemleri on kat ve yapı yüksekliği 31m olarak seçilmiştir. Bu katlardan zemin kat yüksekliği 4m diğer kat yükseklikleri 3m olarak düzenlenmiştir. Yapı yüksekliği deprem yönetmeliğinde belirlenen 60m sınırından küçük olduğundan dolayı Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan değer yapı deprem yükü olarak alınabileceği yönetmelikte bildirilmiştir. Yapı sistemleri ile ilgili diğer bilgiler tablo 5.2 de verilmektedir.

Tablo 5.2 Örnek yapıların sistem ve malzeme parametreleri :

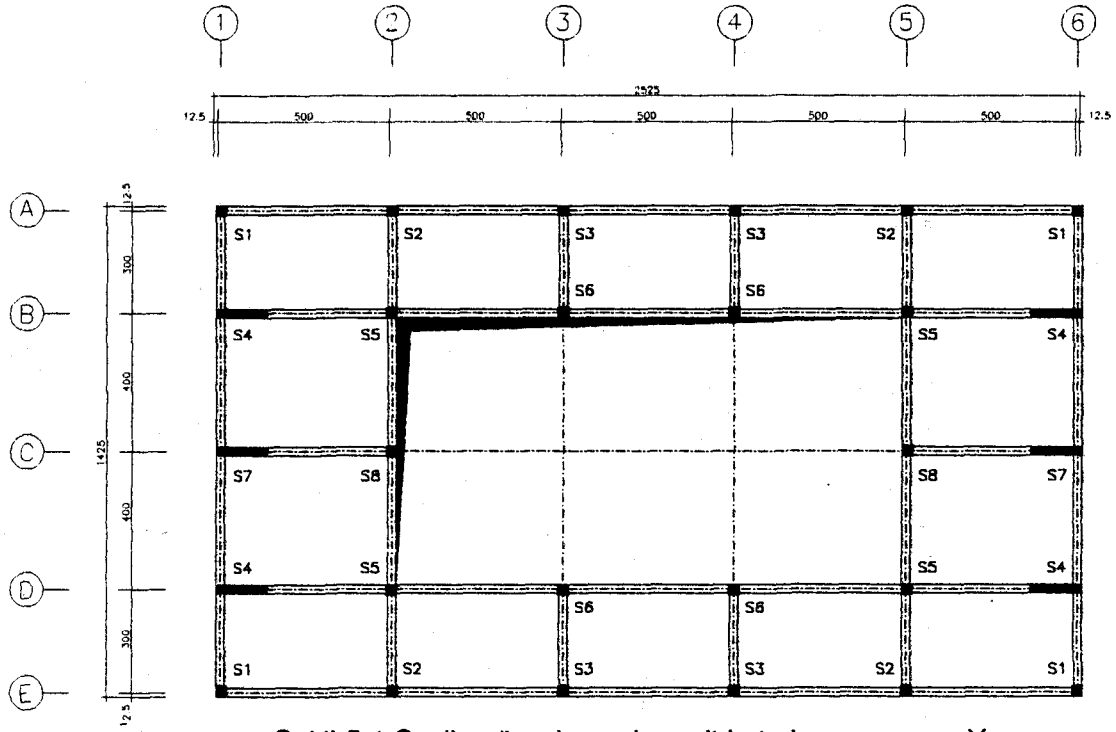
Yapının kullanım amacı	: Konut
Malzeme	: BS20 / BÇIII
BS20 için hesap çekme dayanımı	: 1.6 N/mm^2
E_c	: $2.85 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$
Zemin kat yüksekliği	: 4 m
Normal kat yüksekliği	: 3 m
Deprem bölgesi	: 1. Derece
Yerel zemin sınıfı	: Z2
Bina önem katsayısı	: 1
Yapı kat kütleleri 1,2,...9 katlarda	: $(214-230-260) \text{ m}^2 * (8.50-14.0) \text{ kN/m}^2$
Yapı kat kütlesi 10.katta	: $(214-230-260) \text{ m}^2 * (6.00-10.5) \text{ kN/m}^2$

Süneklik düzeyi bakımından deprem yönetmeliğinde bildirilen katsayılar çerçeve taşıyıcı sistem düzenlemeleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$, perde-çerçeve taşıyıcı sistem düzenlemeleri için bu katsayı $R=7$ olarak alınmıştır.

Çalışmada planları aynı, fakat taşıyıcı elemanların yeri ve şekli farklı olan yedi ayrı örnek yapı seçilmiştir. Ele alınan yedi örnek yapı, plan üzerinde aynı toplam brüt alan üzerinde yerleştirilmiştir. İncelenen her yapıda zayıf yön olan Y doğrultusunda oluşan deprem yükü etkilerinin sayısal incelemelerde ele alınmıştır.

Sayısal inceleme için seçilen bina $14 \times 25\text{m}$ 'lik bir alan üzerine yerleştirilmiştir. Plan üzerindeki görünümü Şekil 5.1'de verilmiştir.

Şekil 5.1 de verilen yapı modellemesinde orta bölümde oluşan boşluk seçilen yapı sistemlerinde farklı büyüklüklere ulaşmaktadır. Bu boşluğun; deprem yükü etkisi ile döşemeler üzerinde oluşturacağı gerilmeler üzerindeki etkisi, seçilen sistemlerde katlar seviyesinde incelenmiştir. Bu sistemler için verilen 1/3 boşluk oranının yeterli olup olmadığı araştırılmıştır.



Şekil 5.1 Seçilen örnek yapılara ait kat planı

5.2 Çözümde İzlenen Yol

Seçilen yedi farklı taşıyıcı sisteme ait çözümde düşey yüklere göre düşey taşıyıcı elemanların boyutları belirlenmiştir. Bu hesaplama ile ön boyutlandırılması yapılan sisteme ait birinci doğal periyodu (T_1) SAP90 RITZ dosyasından belirlenmiştir. Bu değer yardımı ile Eşdeğer Deprem Yüğü hesabı sonucunda yapıya etkiyen yatay deprem yükü hesaplanacaktır. Bu hesaplamada etki eden faktörler aşağıda verilmektedir:

Yapı ağırlığı : Deprem yük hesabında tanımlanan W değeri tüm katlara ait olan w_i kat ağırlıklarının toplamından oluşmaktadır. Tanımlanan kat ağırlıkları deprem yükleri hesabında (3.2) ifadesi ile hesaplanmaktadır. Hesaplar sonucunda her bir örnek yapı için kat ağırlık değerleri elde edilmiştir.

Yerel Zemin Sınıfı : Deprem yönetmeliğinde verilen bu özellikte zemine ait sınır periyod değerleri tanımlanmaktadır. Bu yapı grubu için tanımlanan zemin sınıfı deprem yönetmeliğine göre Z2 grubu olarak verilmektedir. Bu tanımlamaya göre $T_A = 0.15$ sn ve $T_B = 0.4$ sn olarak verilmektedir.

Spektrum Katsayısı : SAP90 çıktılarından birisi olan RITZ dosyasından bulunan T_1 yapı birinci doğal periyodu zemin sınıfında verilen T_A ve T_B periyod değerlerine bağlı olarak değişebilen değerlere ulaşmaktadır. Bu sınır değerlerinde spektrum katsayısının aldığı değerler (3.5), (3.6) ve (3.7) da verilmiştir.

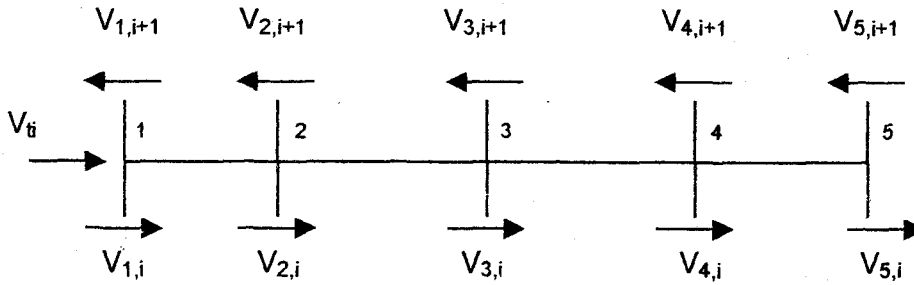
Etkin Yer Ivme Katsayısı : Deprem bölegesine bağlı olarak değişen katsayı " A_0 ", seçilen yapının 1.deprem bölgesinde tasarlandığından dolayı 0.40 değeri ile deprem yönetmeliğinde tanımlanmaktadır.

Yapı Önem Katsayısı : Yapının kullanım amacına göre " I " katsayısı farklı değerler almaktadır. İncelenen bu yapı konut olarak tasarlandığından dolayı " I " katsayısı 1 olarak alınmıştır.

Davranış Katsayısı : Yapının taşıyıcı eleman sistemine bağlı olarak süneklilik özelliği değişmektedir. Seçilen sistemlerden Yapı 1 ve Yapı 11 ile adlandırılan sistemlerde R katsayısı 8, diğer sistemlerde bu katsayı 7 olarak alınmıştır.

Toplam eşdeğer deprem yüküne etki eden değişkenler yukarıda ayrı ayrı tanımlanmıştır. Seçilen yapı için Y doğrultusunda oluşacak olan deprem yükü ya da taban kesme kuvveti (V_t) (3.1) ifadesi ile belirleneceği Bölüm 3.2.1 de verilmektedir. Örnek yapılar için hesaplanan deprem yükü değerleri (3.10-11-12) ifadeleri ile kat döşeme düzlemi içinde etkiyen kat deprem yük değerleri hesaplanacaktır.

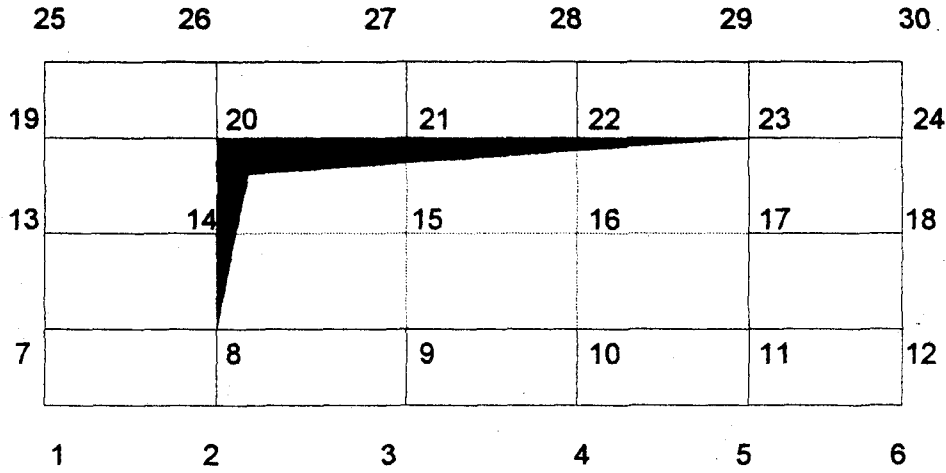
Yapıya etkiyecek olan deprem yükleri düşey taşıyıcı elemanlar üzerinde kesme kuvvetlerini oluşturacaktır. Bu kolon ya da perde kesme kuvveti değerleri SAP90 yapı analiz programı ile hesaplanacaktır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen kolon kesme kuvvetleri (5.1) ifadesi ile kat döşeme düzlemine etkililir. Sistem şekil 5.2 de verilmektedir.



Şekil 5.2 Kolonlara etkiyen kesme kuvvetlerinin görünümü

$$V_i = \sum V_{i,j+1} - \sum V_{i,j} \quad (5.1)$$

Hesaplanan tepki yükleri ve hesaplamalarda kullanılan SAP90 programında kullanılacak olan düğüm noktası düzenlemesi Şekil 5.3 de verilmektedir.



Şekil 5.3 SAP90 programında kullanılan numaralandırma

5.3 Döşeme İçin Bilgisayar Modeli

İfade (5.1) ile tanımlanan işlemler yapıldıktan sonra yapıya her kat düzlemi içinde etki eden tepki kuvvetleri belirlenmiş olur. Katlara etki eden deprem yükleri, düğüm noktalarına ait alanların kat toplam alanlarına oranında yayılı bir yük olarak düğüm noktaları üzerinde döşemeye etki eder. Elde edilen bu kuvvet değerleri, döşeme üzerinde yapılan sonlu elemanlar yöntemi ile belirlenen düğüm noktalarına etki ederek kat döşemelerinde yükler etkisi ile oluşan gerilme diyagramları elde edilmiş olur. Döşemede yapılacak gerilme kontrolleri ile döşemenin bu yük değerleri etkisinde beton çekme dayanımına göre yeterli güvenirliliğinin olup olmadığı sonucuna varılır.

Kolon kesme kuvvetleri döşeme üzerinde tekil yük olarak etki ederler. Sonlu elemanlar yöntemi için döşeme üzerinde belirlenen yapılacak olan düğüm noktalara belirlemesi tekil yüklerin etkidiği noktaları içermelidir. Bu düğüm noktası belirlemesi işleminde dikkate alınacak hususlar

- Hassas çözüm elde edebilmek için yüksek derecede serbestlik derecesi (DOF – degree of freedom) dikkate almak gerekir. İstenilen hassasiyet, düğüm noktası sayısını artırmak yani sonlu elemanlar ağını (mesh) sıklaştırmakla sağlanır.
- Sonuca uygun bir hassasiyetle en kısa sürede ulaşmak.

İşte bu iki zıt unsuru oluşturmaktadır. Bir yandan gerçeğe yakın bir çözüm isterken bir yandan da mühendisliğin kapsama alanında bulunan en kısa zaman içinde ve en doğruya yakın çözüm istemi ile karşılaşmaktadır. Bu sorunun çözümü optimum bir düğüm noktası sayısı ile çözülecektir. Bu koşullar altında şu sonuçlar çıkmaktadır:

Kesit tesirleri, bilindiği gibi sonlu elemanların düğümlerinde verilmektedir. Açıklık oranlarına ve mesnet şartlarına göre kesit tesirlerinin mutlak maksimumlarının oluşması ihtimali bulunan noktalarda bir düğüm noktası yer alacak şekilde bir ađ oluşturmak gerekir.

5.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Döşeme Hesabı

Döşeme uygun olarak küçük fakat düğüm noktalarının ortak serbestlik derecelerine sahip elemanlara ayrılır. Tanımlanacak olan bu düğüm noktaları döşemeye ait bütün sınır değerlerini içermektedir. Bu sayede hesapların sonucunda gerçek değere yaklaşımı sağlanmış olur.

Tanımlanan düğüm noktaları kolon eksenleri ile çakışmalı ve kolon kesme kuvvetleri ile oluşan tepki yüklerinin bu noktalarda etkimesi sağlanmalıdır. Döşeme elemanının düzlem içindeki dengesini ise tanımlanan düğüm noktaları üzerinde yayılı yük oluşturacak olan deprem yük değerleri sağlayacaktır. Bu yük değerleri, düğüm noktalarının etkili olduğu düşünölen alanların tüm döşeme alanına oranı değerlerinde döşeme üzerinde yayılı olarak tanımlanmaktadır. Döşemede tanımlanan düğüm noktalarına ait serbestlik derecesi levha elemanına ait olan X ve Y doğrultularında deplasmanları ve Z doğrultusunda tanımlanan dönmesi serbest bırakılmıştır. Hesaplamalarda bilinmeyenlerin azaltılması için döşeme elemanın simetri özelliğinden yararlanılarak işlemler sistemin yarısında yapılmıştır. Bu hesaplarda simetri ekseninde bulunan noktaların deplasmanları X doğrultusu üzerinde sınırlandırılmıştır. Fakat göreceli deplasmanların tanımlanması için döşeme üzerinde tanımlanan bir düğüm noktası Y doğrultusunda tutulmuştur.

Tanımlanan mesnetlenme ve yükleme durumlarına göre sonlu elemanlar yöntemi ile döşeme üzerinde oluşacak olan birim boyda etkiyen deprem yükleri hesaplanır. Hesaplanan bu değer döşeme kalınlığına oranı ile döşemede oluşan gerilme değerleri elde edilir. Bu değerlerin beton çekme dayanımına göre kontrolü ve gerekli tedbirlerin alınması sağlanabilecektir.

5.5 Sayısal Örneklerin Çözümünde Takip Edilen Yol

Tez çalışmasında ele alınan Yapı 1, Yapı 11, Yapı 2, Yapı 21, Yapı 3, Yapı 4, Yapı 5 ile adlandırılan yapı sistemlerinin incelenmesinde takip edilen işlem sırası aşağıda verilmiştir.

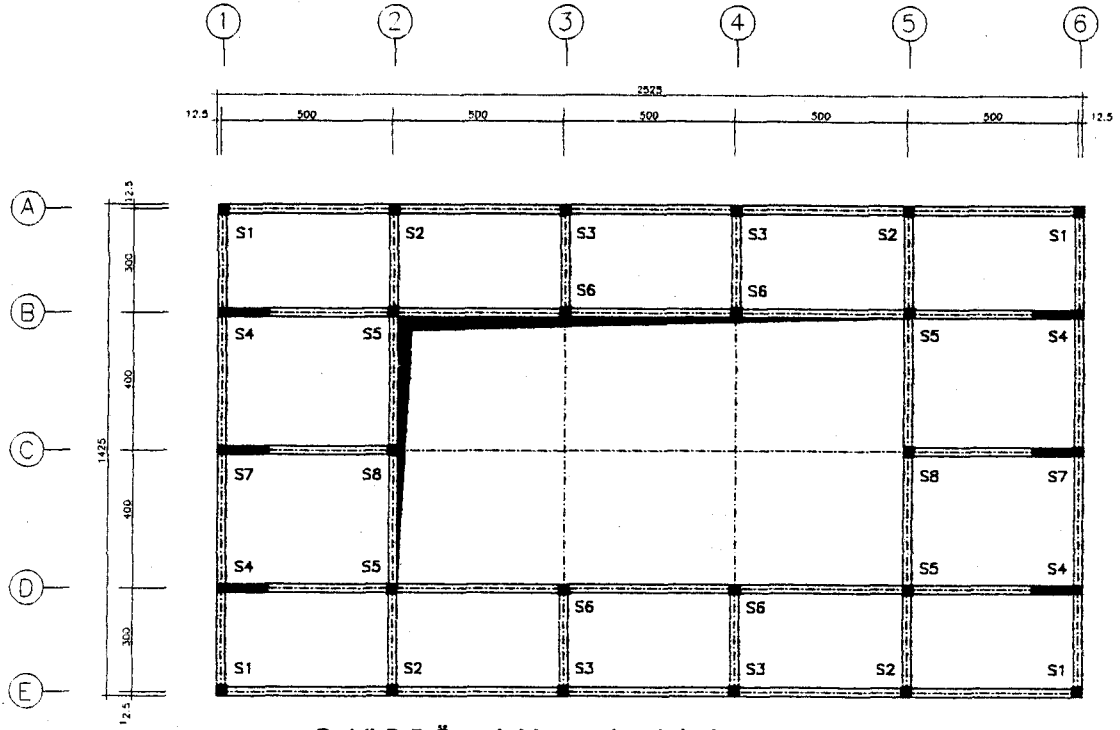
- Yapı sistemlerinin ön boyutlandırılması yapılır,
- Yapı yükleri ve ağırlıkları belirlenir,
- Yapıya etki edecek olan deprem yükü hesaplanır,
- Kolonlarda rijitlikleri ile orantılı olarak dağılan kesme kuvvetleri ve döşemelerde oluşan tepki yükleri hesaplanır,
- Sonlu elemanlar yöntemi ile kat döşemelerinde oluşan gerilmeler hesaplanır,
- Döşemelerde oluşan maksimum gerilmeler beton karakteristik çekme dayanımı ile karşılaştırılır.

5.6 Örnek Yapıların Sayısal İncelenmesi

Tablo 5.1 de tanımlanan 10 katlı betonarme çerçeve ve perde-çerçeve sistemleri ayrı ayrı ele alınarak kat döşemelerindeki boşluğun döşeme elemanları üzerindeki etkisi parametrik olarak incelenmiştir.

5.6.1 Örnek Yapı 1

Şekil 5.5 te kat planı verilen ve çerçeve sistem olarak düzenlenen 10 katlı yapı sisteminin boşluk oranı 0,343 olup sisteme ait kolon boyutları Tablo 3.1 te verilmiştir. Yeni deprem yönetmeliğine göre perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı sistem elemanları olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaya göre Yapı 1 olarak adlandırılan sistemin düşey taşıyıcı elemanlarından hiçbiri bu koşula uymamaktadır. Bu nedenle bina taşıyıcı sistemi sadece çerçeve taşıyıcı sistemi ile oluşmaktadır.



Şekil 5.5 Örnek Yapı 1'e ait kalıp planı

5.6.1.1 Yapı 1 Sisteminin Ön Boyutlandırılması

Döşemenin Boyutlandırılması

Tüm döşemelerin boyutlandırılması en elverişsiz döşeme durumuna göre yapılmıştır. Yapı 1 de iki sınırı süreksiz ve boyutu 5 m * 3 m olan döşeme en elverişsiz olanıdır. İfade (4.3) de döşeme kalınlığı belirlenmiştir.

Burada h_f döşeme kalınlığını, m uzun kenarın kısa kenara oranını, f_{yd} çelik akma dayanımını, l_{yn} net uzun açıklığı, β çarpım katsayısını, f_{yd} kgf/cm² ise $\beta = 0,07$, α_p toplam sürekli kenar uzunluğunun toplam kenar uzunluğa oranını vermektedir.

(4.3) ifadesine göre $h_f \geq 12$ cm olması gerektiği bulunur. Tüm yapı için gerekli döşeme kalınlığı $h_f = 15$ cm olarak seçilmiştir.

Kirişlerin Boyutlandırılması

Açıklıklar ve yapı yüklerinin etkileri gözönünde alınarak kirişlerin K(25/50) boyutunda olması uygun görülmüştür.

Kolonların Boyutlandırılması

Kolonların önboyutlandırılmasında, "Reinforced Concrete Designer's Handbook" [12] adlı kaynaktan alınmış olan yaklaşık kolon boyutlandırma yöntemi uygulanmıştır. Şekil 5.5 te verilen plan üzerindeki S kolonlarının ön boyutlandırılması, arttırılmış yapı yüklerine bağlı olarak yapılmıştır. Yük artım katsayıları; arttırılmış yapı yükleri altında oluşan gerilmelerin, normal yapı yükleri ile deprem momentlerinin oluşturduğu gerilmelere denk olacak şekilde belirlenmiştir.

Yapıda oluşan arttırılmış yayılı yük değerleri 10.kat seviyesinde $10,5 \text{ kN/m}^2$ ve diğer katlar için bu değer 14 kN/m^2 olarak varsayılmıştır. Kolon kesitleri ise (5.2) de tanımlanan ifade ile hesaplanmaktadır.

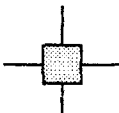
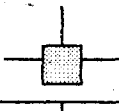
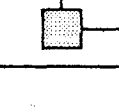
$$A_c > N / (0,5 * f_{ck}) \quad (5.2)$$

A_c kolon alanını (m^2), N kolon üzerine gelen eşdeğer tekil yükü (kN) ve f_{ck} karakteristik beton dayanımını göstermektedir. Yaklaşık boyutlandırma olduğundan dolayı $(0,5*f_{ck})$ değerinin 60 N/mm^2 alınarak daha güvenli bölümde kalınacağı düşünülmüştür. Kolon üzerine etkiyen eşdeğer tekil yük değeri formül (5.3) de gösterilmektedir.

$$N = F * Q_t \quad (5.3)$$

F Tablo 5.3 den alınacak olan yük artım katsayısı, Q_t ise q eşdeğer yayılı yükünden (kN) gelen toplam yükü vermektedir.

Tablo 5.3 F Artım katsayısı değerleri

KAT	ENÜST	ENÜSTÜN ALTI	ALT KATLAR
	1,0	1,0	1,0
	4,5	2,0	1,4
	6,0	2,3	1,8

Tablo 5.4.a Kolon ön boyutlandırılması

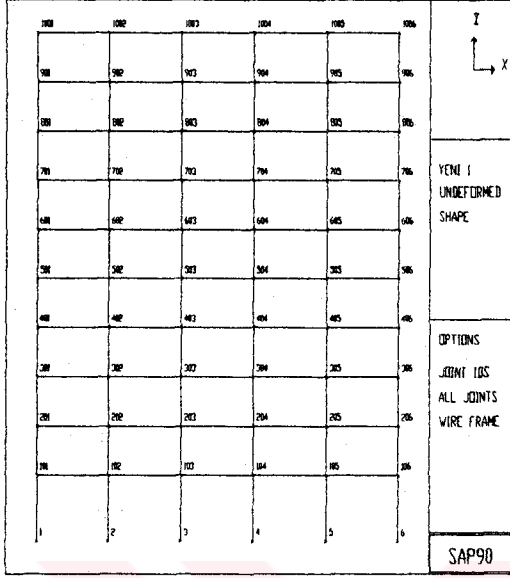
KAT	KOL. NO	A (m ²)	Q (kN/m ²)	A*Q (kN)	Q(ÜST) (kN)	TOPLAM (kN)	BOYUT (cm*cm)
10	S1001	3,75	10,5	39,375	0	39,375	30*30
	S1002	7,5	10,5	78,75	0	78,75	30*30
	S1003	7,5	10,5	78,75	0	78,75	30*30
	S1004	8,75	10,5	91,875	0	91,875	150*25
	S1005	12,5	10,5	131,25	0	131,25	30*30
	S1006	7,5	10,5	78,75	0	78,75	30*30
	S1007	10	10,5	105	0	105	150*25
	S1108	10	10,5	105	0	105	30*30
9	S901	3,75	14	52,5	39,375	91,875	30*30
	S902	7,5	14	105	78,75	183,75	30*30
	S903	7,5	14	105	78,75	183,75	30*30
	S904	8,75	14	122,5	91,875	214,375	150*25
	S905	12,5	14	175	131,25	306,25	30*30
	S906	7,5	14	105	78,75	183,75	30*30
	S907	10	14	140	105	245	150*25
	S908	10	14	140	105	245	30*30
8	S801	3,75	14	52,5	91,875	144,375	30*30
	S802	7,5	14	105	183,75	288,75	30*30
	S803	7,5	14	105	183,75	288,75	30*30
	S804	8,75	14	122,5	214,375	336,875	150*25
	S805	12,5	14	175	306,25	481,25	40*40
	S806	7,5	14	105	183,75	288,75	30*30
	S807	10	14	140	245	385	150*25
	S808	10	14	140	245	385	40*40
7	S701	3,75	14	52,5	144,375	196,875	30*30
	S702	7,5	14	105	288,75	393,75	40*40
	S703	7,5	14	105	288,75	393,75	40*40
	S704	8,75	14	122,5	336,875	459,375	150*25
	S705	12,5	14	175	481,25	656,25	40*40
	S706	7,5	14	105	288,75	393,75	40*40
	S707	10	14	140	385	525	150*25
	S708	10	14	140	385	525	40*40
6	S601	3,75	14	52,5	196,875	249,375	30*30
	S602	7,5	14	105	393,75	498,75	40*40
	S603	7,5	14	105	393,75	498,75	40*40
	S604	8,75	14	122,5	459,375	581,875	150*25
	S605	12,5	14	175	656,25	831,25	40*40
	S606	7,5	14	105	393,75	498,75	40*40
	S607	10	14	140	525	665	150*25
	S608	10	14	140	525	665	40*40

Tablo 5.4.b Kolon ön boyutlandırılması

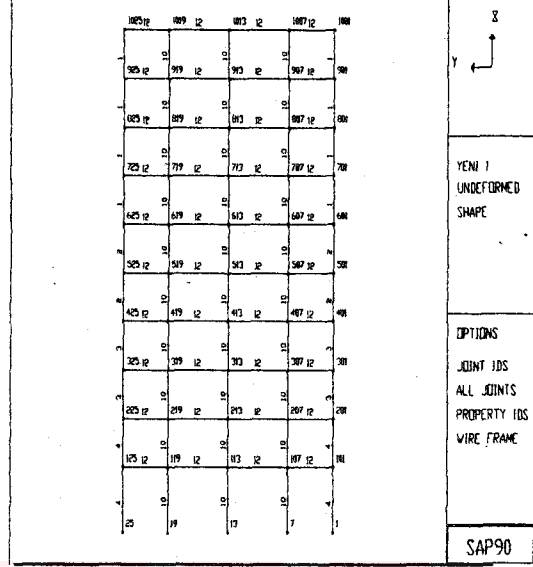
KAT	KOL. NO	A (m ²)	Q (kN/m ²)	A*Q (kN)	Q(ÜST) (kN)	TOPLAM (kN)	BOYUT (cm*cm)
5	S501	3,75	14	52,5	249,375	301,875	40*40
	S502	7,5	14	105	498,75	603,75	40*40
	S503	7,5	14	105	498,75	603,75	40*40
	S504	8,75	14	122,5	581,875	704,375	150*25
	S505	12,5	14	175	831,25	1006,25	50*50
	S506	7,5	14	105	498,75	603,75	40*40
	S507	10	14	140	665	805	150*25
	S508	10	14	140	665	805	50*50
4	S401	3,75	14	52,5	301,875	354,375	40*40
	S402	7,5	14	105	603,75	708,75	50*50
	S403	7,5	14	105	603,75	708,75	50*50
	S404	8,75	14	122,5	704,375	826,875	150*25
	S405	12,5	14	175	1006,25	1181,25	60*60
	S406	7,5	14	105	603,75	708,75	50*50
	S407	10	14	140	805	945	150*25
	S408	10	14	140	805	945	50*50
3	S301	3,75	14	52,5	354,375	406,875	40*40
	S302	7,5	14	105	708,75	813,75	50*50
	S303	7,5	14	105	708,75	813,75	50*50
	S304	8,75	14	122,5	826,875	949,375	150*25
	S305	12,5	14	175	1181,25	1356,25	60*60
	S306	7,5	14	105	708,75	813,75	50*50
	S307	10	14	140	945	1085	150*25
	S308	10	14	140	945	1085	60*60
2	S201	3,75	14	52,5	406,875	459,375	40*40
	S202	7,5	14	105	813,75	918,75	50*50
	S203	7,5	14	105	813,75	918,75	50*50
	S204	8,75	14	122,5	949,375	1071,875	150*25
	S205	12,5	14	175	1356,25	1531,25	60*60
	S206	7,5	14	105	813,75	918,75	50*50
	S207	10	14	140	1085	1225	150*25
	S208	10	14	140	1085	1225	60*60
1	S101	3,75	14	52,5	459,375	511,875	40*40
	S102	7,5	14	105	918,75	1023,75	50*50
	S103	7,5	14	105	918,75	1023,75	50*50
	S104	8,75	14	122,5	1071,875	1194,375	150*25
	S105	12,5	14	175	1531,25	1706,25	70*70
	S106	7,5	14	105	918,75	1023,75	50*50
	S107	10	14	140	1225	1365	150*25
	S108	10	14	140	1225	1365	60*60

Tablo 5.4.a ve 5.4.b de tanımlanan A değeri kolonların etki alanlarını oluşturmaktadır. Bu değer döşeme yüklerinin kolonlara aktarıldığı geometrik bir alanı tanımlamakta ve birimi m² olarak verilmektedir.

Yapı1 adlı yapının X ve Y doğrultularından görünümü Şekil 5.6 a da verilmiştir. Bu şekillerde kullanılan düğüm noktası numaralarının yanında Şekil 5.6 b de düşey taşıyıcı elemanların hangi sınıf eleman olduğunu bildiren numaralandırmalar da bulunmaktadır.



Şekil 5.6 a Yapı 1X doğrultusundaki görünümü

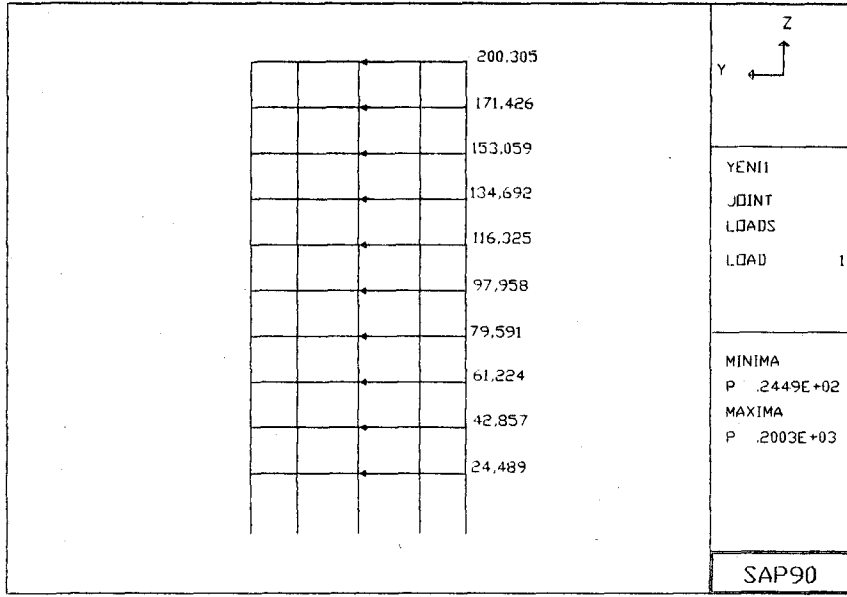


Şekil 5.6 b Yapı 1Y doğrultusundaki görünümü

5.6.1.2 Yapı 1 Sistemine Ait Deprem Yüklerinin Hesabı

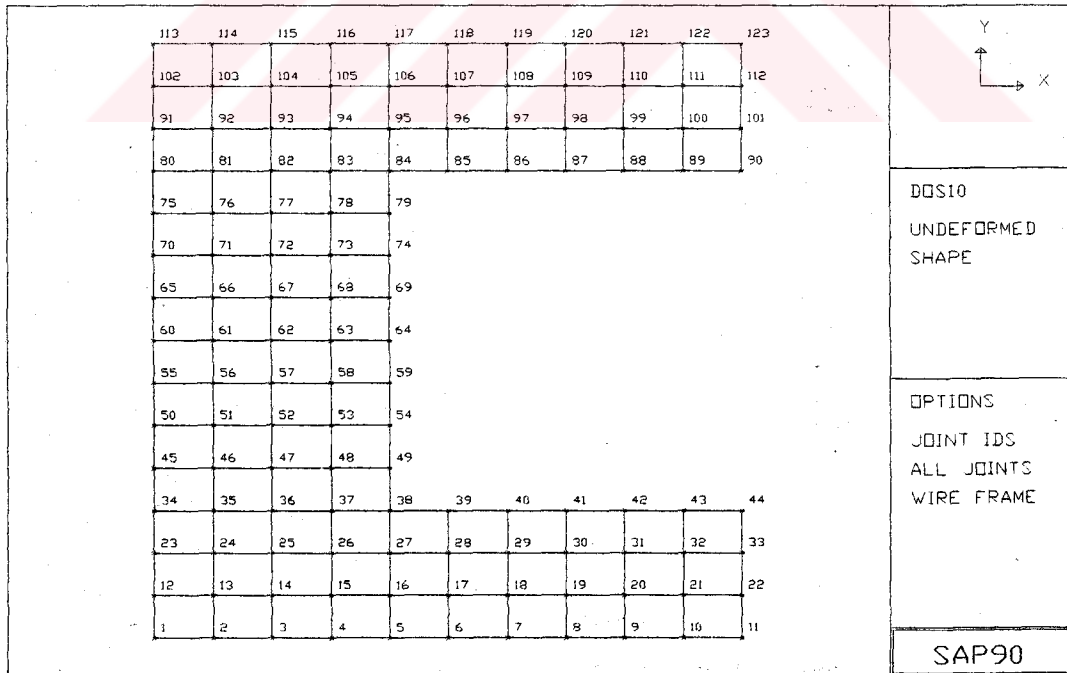
Yapı 1 olarak tanımlanan sisteme ait birim alana etkiyen yapı ağırlık değerleri 10.kat için $w_{10} = 1207,5$ kN ve diğer katlardaki yük değerleri de $w_{1,2,...,9} = 1782,5$ kN ye ulaşmaktadır.

Yüklemelerden elde edilen kat kesme kuvvetleri Şekil 5.7 de sunulmuştur.



Şekil 5.7 Yapı 1 sistemine ait deprem yükleri

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bulunan kat kesme kuvvetleri kat döşemeleri düzleminde etki etmektedir (Şekil 5.7). Bu kuvvetlerin, döşemenin diyafram özelliği ile herhangi bir bölgede gerilme birikimleri yaratmadan üniform olarak bütün düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması beklenir. Tezin amacı da bu yükler altında sistemin nasıl davranacağı konusunu içermektedir.



Şekil 5.8 Yapı 1 sistemine ait döşemde tanımlanan düğüm noktası numaraları

Katlara gelen eşdeğer deprem kuvvetleri bulunduğundan sonra döşeme üzerinde rijitlik incelemesi yapılmıştır. Yapılan incelemede döşeme elemanı SAP90 programında shell dosyası ile tanımlanmaktadır. Bu tanımlamada kullanılan düğüm noktası uygulaması Şekil 5.8 de görülmektedir.

Deprem Yüklerinin Hesabı

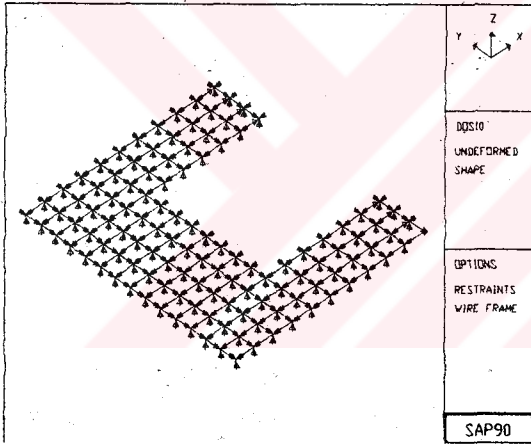
Katlara etkiyecek olan deprem yükleri hesabında kullanılan değerler

$R = 8$, $A_0 = 0,40$, $I = 1,0$, $T_B = 0,40$, $T_A = 0,15$ olarak kullanılmıştır.

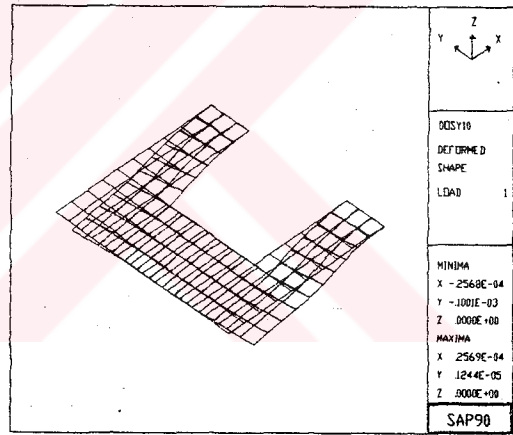
Yapı periyodu olarak $T_1 = 0,9472$ sn değeri bulunmuş olup, $T_1 > T_B$ olduğundan dolayı spektrum katsayısı (3.7) ifadesi ile hesaplanacaktır.

$S = 1,2544$ ve $C = A_0 \cdot I \cdot S / R = 0,0627$ olarak hesaplanmıştır.

$V_t = C \cdot W = 1081,925$ kN olarak yapı deprem yükü, yapı yüksekliği deprem yönetmeliğinde tanımlanan 25 m. sınırını aştığı için tepe yükü etkisi (3.11) ifadesi ile $\Delta F_N = 71,735$ kN olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.9 a Düşüm noktaları serbestlik dereceleri



Şekil 5.9 b Döşeme plağının yatay yükler altında yapmış olduğu deformasyon

Yapı plan üzerinde simetrik bir şekil içerdiği için döşeme üzerinde yapılan gerilme dağılımı döşemenin yarısı üzerinde yapılmıştır. Bu simetri eksenini üzerinde tanımlanan düğüm noktalarının X yönündeki deplasmanları tutulu ve Y yönünde serbest bırakılmıştır. Göreceli deplasmanların tanımlanması için 11 numaralı düğüm noktasının Y yönündeki deplasmanı önlenerek şekilde mesnetlenme (Şekil 5.9 a) biçimde bir taşıyıcı sistem düzenlemesi seçilmiştir. Şekil 5.8'de tanımlanan düğüm noktalarının göreceli deplasmanları döşeme üzerinde gerilmelere sebep olacaktır. Bu mesnetlenme şekline ve döşemeye etkiyen kuvvetlere göre de 10.kat deplasman ötelenmesi Şekil 5.9 b' de verilmiştir.

Tablo 5.5 Yapı 1 adlı yapının kat seviyelerindeki deprem yükleri

KAT	h_i (m)	H_i (m)	m_i (t)	W_i (kN)	$w_i \cdot H_i$ (kN.m)	F_i (kN)	V_i (kN)	ΔF_N (kN)
10	3	31	123,09	1207,5	37432,5	200,30464	1081,925	71,735
9	3	28	181,70	1782,5	49910	171,42618	1081,925	71,735
8	3	25	181,70	1782,5	44562,5	153,05909	1081,925	71,735
7	3	22	181,70	1782,5	39215	134,692	1081,925	71,735
6	3	19	181,70	1782,5	33867,5	116,32491	1081,925	71,735
5	3	16	181,70	1782,5	28520	97,957818	1081,925	71,735
4	3	13	181,70	1782,5	23172,5	79,590727	1081,925	71,735
3	3	10	181,70	1782,5	17825	61,223636	1081,925	71,735
2	3	7	181,70	1782,5	12477,5	42,856545	1081,925	71,735
1	4	4	181,70	1782,5	7130	24,489455	1081,925	71,735
				17250	294112,5	1081,925		

Tablo 5.6 Yapı 1 sistemine ait kolon kesme kuvvetleri

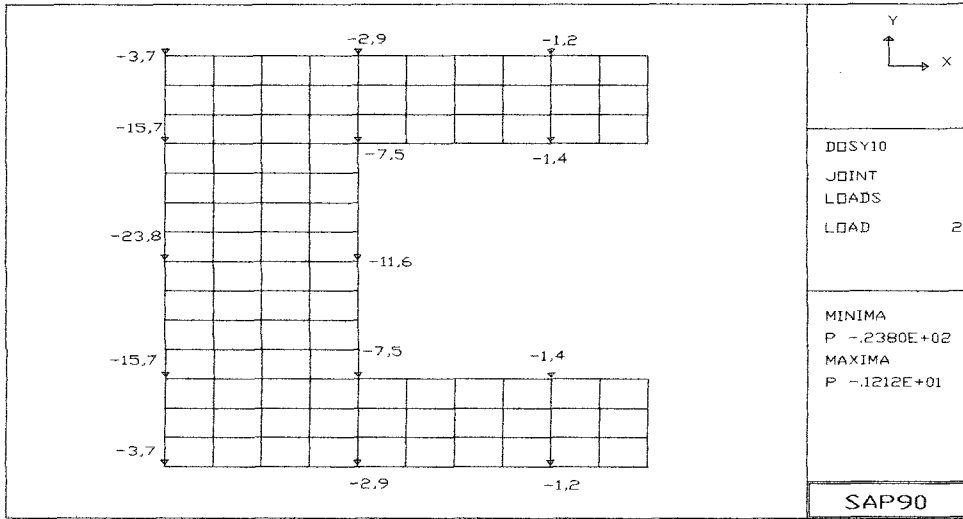
KOL. NO	10.KAT	9.KAT	8.KAT	7.KAT	6.KAT	5.KAT	4.KAT	3.KAT	2.KAT	1.KAT
S1	3,696	8,781	10,978	10,602	10,026	24,747	18,271	21,363	23,447	16,482
S2	2,918	8,109	9,459	21,045	21,834	21,901	31,048	31,435	35,745	33,633
S3	1,212	6,254	7,638	17,065	18,289	19,227	26,29	27,715	32,136	32,321
S4	15,673	27,053	32,121	30,148	32,796	35,294	31,534	33,599	35,74	19,241
S5	7,497	11,158	35,100	28,419	55,847	48,329	62,417	65,374	57,743	106,612
S6	1,355	6,336	7,635	17,699	15,053	30,033	21,278	28,74	31,88	32,303
S7	23,803	33,541	38,502	36,230	37,545	37,929	33,167	34,312	34,924	18,781
S8	11,649	16,941	18,032	43,558	42,669	39,890	61,835	56,525	60,412	40,997

Yapıya ait kolonlarda depremde oluşan kuvvetlerin değerleri Tablo 5.6 da verilmektedir. Bu değerler (5.1) ifadesi ile hesaplanmakta ve döşemeye etki edecek olan tepki yük değerleri Tablo 5.7 de verilmektedir.

Tablo 5.7 Yapı 1 sistemine ait döşemelerde oluşan tepki kuvvetleri

Kolon No	10.KAT	9.KAT	8.KAT	7.KAT	6.KAT	5.KAT	4.KAT	3.KAT	2.KAT	1.KAT
S1	3,696	5,085	2,197	-0,376	-0,576	14,721	-6,476	3,092	2,084	-6,965
S2	2,918	5,191	1,35	11,586	0,789	0,067	9,147	0,387	4,31	-2,112
S3	1,212	5,042	1,384	9,427	1,224	0,938	7,063	1,425	4,421	0,185
S4	15,673	11,38	5,068	-1,973	2,648	2,498	-3,76	2,065	2,141	-16,499
S5	7,497	3,661	23,942	-6,681	27,428	-7,518	14,088	2,957	-7,631	48,869
S6	1,355	4,981	1,299	10,064	-2,646	14,98	-8,755	7,462	3,14	0,423
S7	23,803	9,738	4,961	-2,272	1,315	0,384	-4,762	1,145	0,612	-16,143
S8	11,649	5,292	1,091	25,526	-0,889	-2,779	21,945	-5,31	3,887	-19,415
Toplam	200,308	171,42	153,064	134,696	116,32	97,954	79,594	61,222	42,858	24,488

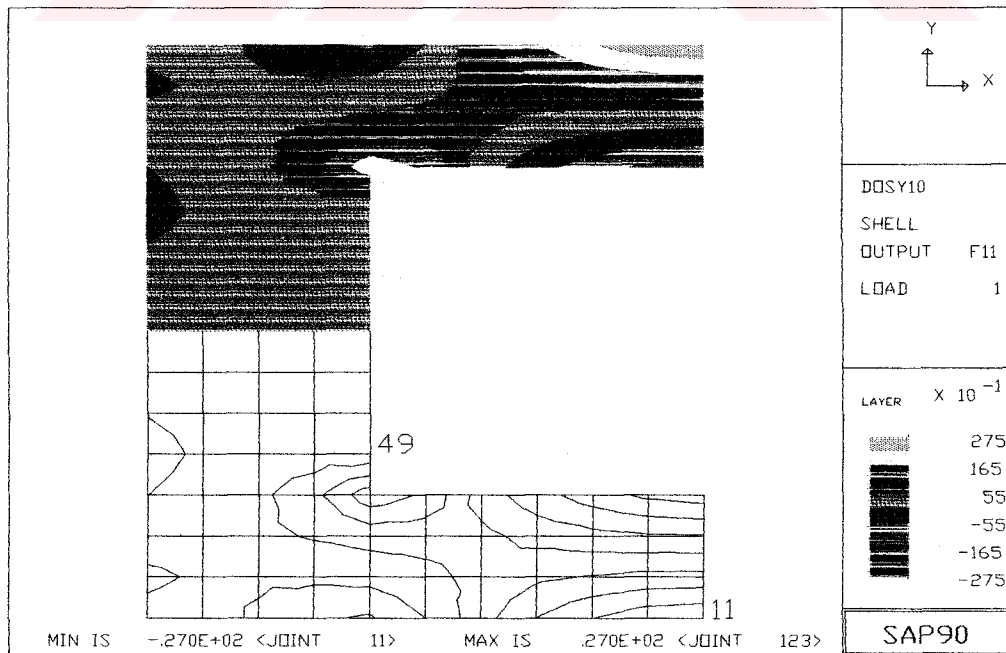
Tepki yük değerleri ve etkiğiği düğüm noktaları ile birlikte Şekil 5.10 da verilmiştir.



Şekil 5.10 Yapı 1 sisteminin 10.kat döşemesinde etkiyen tepki kuvvetleri

5.6.1.3 Yapı 1 Sistemi İçin Maksimum Gerilmelerin Hesabı

A2 türü düzensizlik içeren yapı 1 sisteminin elemanlarından biri olan döşeme üzerinde, tepki yüklerinin etkisi ile düzlem içi gerilmeler meydana gelmektedir. Sınır boşluk oranını aşan boşluğa sahip döşemelerde oluşan gerilme değerlerinin güvenilirlik kontrolünün yapılmasının gerekliliği yeni deprem yönetmeliğinde vurgulanmaktadır. Buna göre Yapı 1 sistemi için güvenlik kontrolü bu bölümde tanımlanmaktadır.



Şekil 5.11 Yapı 1 sistemine ait 10.kat döşemesinde oluşan çekme kuvvetleri

Yapı 1 sisteminde deprem yükleri etkisinde döşemelerde oluşan gerilme yayılımı incelendiğinde, en büyük çekme gerilmelerin 1.kat döşemesinde olduğu görülmüştür. Ancak 10.kat döşemesine ait gerilme yayılımı Şekil 5.11 de görülmektedir. Şekil 5.8 de tanımlanan 49 nolu düğüm noktası üzerinde maksimum gerilme kuvvet değeri (39,7 kN/m) ye ulaşmaktadır. Bu çekme kuvvetinin oluşturduğu gerilme değeri (5.5) ifadesi ile hesaplanarak ve BS20 betonunda çekme dayanımı $f_{ctd} = 1,6 \text{ N/mm}^2$ olduğu gözönüne alınıp döşemede çekme güvenliği kontrolü yapılmış olur.

$$\sigma = F / h_f \quad (5.5)$$

Deprem yükünün oluşturduğu tepki yüklerinin etkisi altında ve sonlu eleman analizi sonucunda Yapı 1 sisteminde kat döşemeleri üzerinde elde edilen maksimum çekme gerilme değerleri Tablo 5.8 de görülmektedir.

Tablo 5.8 Oluşan maksimum çekme kuvveti değerleri

KAT	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F(kN/m)	27	11,1	18,5	24,7	20,7	33	18,7	9,94	8,84	39,7
D.NO	11	45	38	9	38	1	5	42	38	49

$$\sigma = 39,7 / 0,15 = 265 \text{ kN/m}^2 = 0,265 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

şeklinde beton çekme güvenliği kontrol edilmiş olur.

5.6.1.4 Yapı 1 Sisteminde Farklı Kat Ağırlıklarının Etkisi

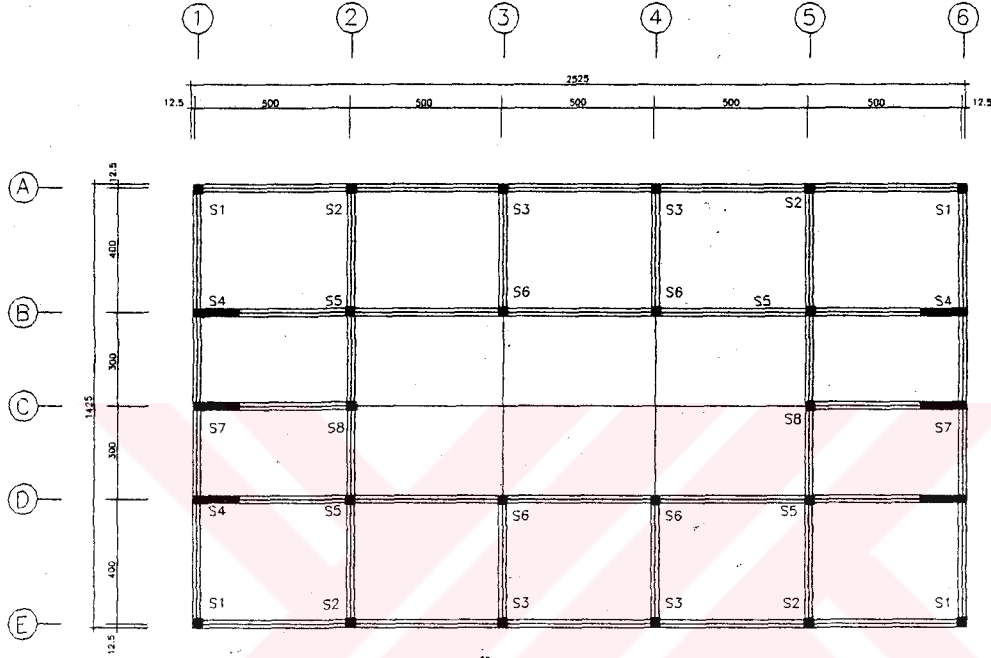
Hesaplarda kullanılan ve birim alana düşen kat ağırlık değerleri (w_i / A) 1,2...,9. katlar için 8.5 kN/m^2 , 10.katta ise 6.0 kN/m^2 olarak alınmıştır. Bu değerler yerine 1,2...,9. katlar için 14.0 kN/m^2 , 10.katta ise 10.5 kN/m^2 olarak alınıp yük artırımının etkisini görmek için bir çözüm daha yapılmıştır. Bu durumda yapıya etkiyen deprem yükleri ve dolayısı ile döşeme gerilmeleri de bir miktar artmıştır. En kritik gerilmelerin olduğu 1.kat döşemesinde gerilme değeri

$$\sigma = 59,0 / 0,15 = 393,3 \text{ kN/m}^2 = 0,394 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

ulaşmaktadır. Tanımlanan bu yapı elemanının kat döşemelerinde, yeterli güvenirliliğin sağlandığı görülmektedir.

5.6.2 ÖRNEK YAPI 11

Örnek Yapı 1 e ait bütün bilgiler aynı kalmak şartı ile B ve D aksları kaydırılarak açıklık 8m. den 6m. ye indirilerek Yapı 11 sistemi elde edilmiştir. Yapı 11 sistemi için tanımlanan boşluk oranı 0,257 olup, 1998 deprem yönetmeliğinde tanımlanan boşluk oranı sınırının altında bir değere ulaşılmıştır. Yapı 11 e ait kat kalıp planı Şekil 5.12 de verilmiştir.



Şekil 5.12 Örnek Yapı 11 e ait kalıp planı

5.6.2.1 Yapı 11 Sistemi İçin Deprem Yüklerinin Hesabı

Sözkonusu yapıya ait eşdeğer deprem yükü hesabı aşağıda verilmiştir.

Katlara etkiyecek olan deprem yükleri hesabında kullanılan değerler

$R = 8$, $A_0 = 0,40$, $I = 1,0$, $T_B = 0,40$, $T_A = 0,15$ koşullara göre belirlenmiştir. Bu durumda kat ağırlıkları $w_{10} = 6,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 260 \text{ m}^2$, $w_{1,2,...,9} = 8,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 260 \text{ m}^2$ değerinde alınmıştır.

Yapı periyodu olarak $T_1 = 0,987735$ sn değeri bulunmuş olup, $T_1 > T_B$ olduğundan dolayı spektrum katsayısı (3.7) ifadesi ile hesaplanacaktır.

$S = 1,2130$ ve $C = A_0 \cdot I \cdot S / R = 0,06065$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sonucunda yapı deprem kuvveti $V_t = 1182,715 \text{ kN}$ olup, yapı yüksekliği 25 m. sınır değeri geçtiğinden dolayı da oluşan tepe yük değeri (3.11) ifadesi ile $\Delta F_N = 81,775 \text{ kN}$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.9 Yapı 11 sisteminde katlar seviyesinde etki eden deprem yükleri

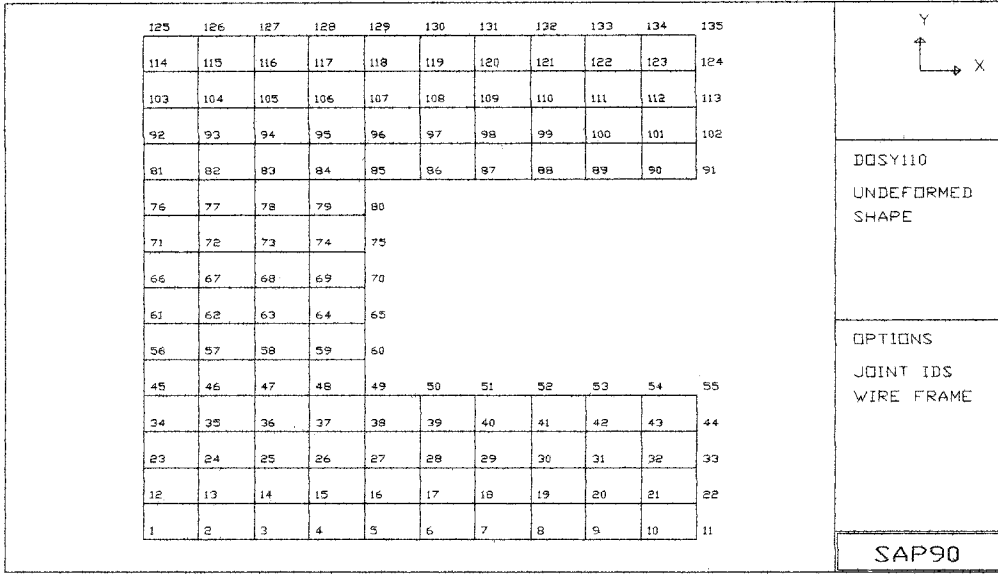
KAT	H _i (m)	H _i (m)	m _i (t)	w _i (kN)	W _i *H _i (kN*m)	F _i (kN)	V _i (kN)	ΔF _N (kN)
10	3	31	139,14	1365	42315	221,89464	1182,715	81,775
9	3	28	205,40	2015,0	56420	186,82618	1182,715	81,775
8	3	25	205,40	2015,0	50375	166,80909	1182,715	81,775
7	3	22	205,40	2015,0	44330	146,792	1182,715	81,775
6	3	19	205,40	2015,0	38285	126,77491	1182,715	81,775
5	3	16	205,40	2015,0	32240	106,75782	1182,715	81,775
4	3	13	205,40	2015,0	26195	86,740727	1182,715	81,775
3	3	10	205,40	2015,0	20150	66,723636	1182,715	81,775
2	3	7	205,40	2015,0	14105	46,706545	1182,715	81,775
1	4	4	205,40	2015,0	8060	26,689455	1182,715	81,775
				19500	332475	1182,715		

Toplam eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı Tablo 5.9 da verilmiştir. Kat döşeme düzleminde etki eden deprem yükleri kolonlara rijitlikleri oranında dağılacaktır. Bu değerler gözönüne alınıp (5.1) ifadesi ile hesaplanan tepki yük değerleri Tablo 5.10 da verilmektedir.

Tablo 5.10 Yapı 11döşemelerinde oluşan tepki kuvvetleri

Kolon No	10.KAT	9.KAT	8.KAT	7.KAT	6.KAT	5.KAT	4.KAT	3.KAT	2.KAT	1.KAT
S1	5,546	4,969	2,249	-0,509	-0,961	15,408	-7,356	3,055	1,729	-6,658
S2	4,768	5,219	1,12	12,462	0,361	-0,263	8,438	-0,181	3,414	-0,064
S3	3,139	5,108	1,152	10,687	0,842	0,628	6,793	0,667	3,702	1,59
S4	16,339	12,56	5,792	-2,174	3,194	3,06	-3,836	2,532	2,768	-18,837
S5	8,136	4,008	26,26	-7,472	30,406	-7,833	15,99	3,601	-7,255	52,195
S6	3,261	5,056	1,046	11,517	-3,807	15,758	-10,008	7,4	2,228	1,859
S7	19,399	13,266	6,241	-2,092	2,35	1,431	-4,348	2,521	2,281	-19,523
S8	9,168	6,309	1,927	26,467	0,965	-1,567	27,678	-3,308	7,901	-27,302
Toplam	221,89	186,83	166,812	146,794	126,77	106,76	86,744	66,722	46,708	26,69

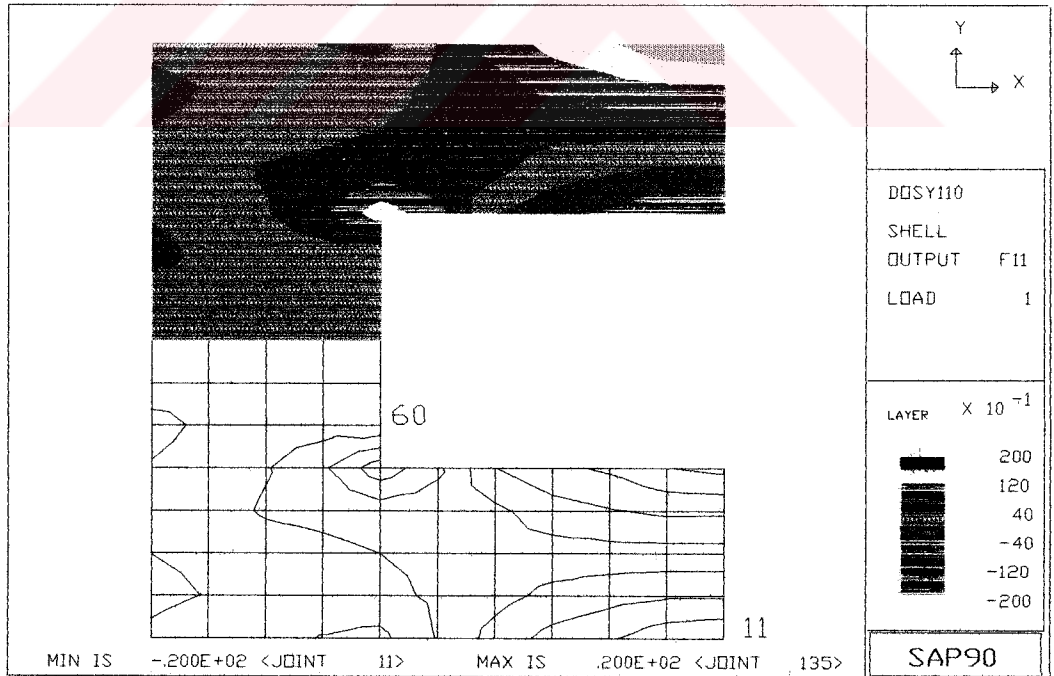
Oluşan tepki kuvvetlerinin etki edeceği döşeme elemanının düğüm numaraları bilgisayar programında Şekil 5.13 te olduğu gibi düzenlenmiştir. Döşeme üzerinde sonlu elemanlar yönteminde kullanılacak olan düğüm numaraları ve eleman sayıları belirlenmiş olur.



Şekil 5.13 Yapı 11 sistemine ait döşeme düğüm numaralandırma sistemi

5.6.2.2 Yapı 11 İçin Maksimum Gerilmelerin Hesabı

Döşemenin düğüm noktalarında etki eden kolon kesme kuvvetlerinin süperpozisyonu ile hesaplanan tepki yüklerinden oluşan yük grubunun oluşturacağı çekme-basınç kuvvetleri Şekil 5.14 te sunulmuştur.



Şekil 5.14 Yapı 11 in 10.kat döşemesine ait gerilme kuvvetleri

Yapı 11 sisteminde deprem yükleri etkisinde döşemelerde oluşan gerilme yayılımı incelendiğinde, en büyük çekme gerilmelerin 1.kat döşemesinde meydana gelmiştir. Söz konusu döşemeye ait gerilme yayılımı Şekil 5.14 de görülmektedir. Şekil 5.13 de tanımlanan 60 nolu düğüm noktası üzerinde birim boya etkiyen çekme kuvveti dağılımında maksimum değere (42,9 kN/m) ulaşmaktadır. Bu çekme kuvvetinin oluşturduğu gerilme değeri (5.5) ifadesi ile bulunur. Betonda çekme dayanımı $f_{ctd} = 1,6$ N/mm.² olduğuna göre çekme kontrolü ile betonda çekme güvenliği kontrol edilmiş olur.

Tablo 5.11 Oluşan maksimum çekme kuvveti değerleri

KAT	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F(kN/m)	20	10,9	20,9	19,3	23,2	34,6	20,8	8,3	6,92	42,9
D.NO	11	1	49	9	49	1	65	53	65	60

$$\sigma = 42,9 / 0,15 = 286 \text{ kN/m}^2 = 0,286 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

Hesaplanan σ değeri emniyetli bölgede kalmaktadır.

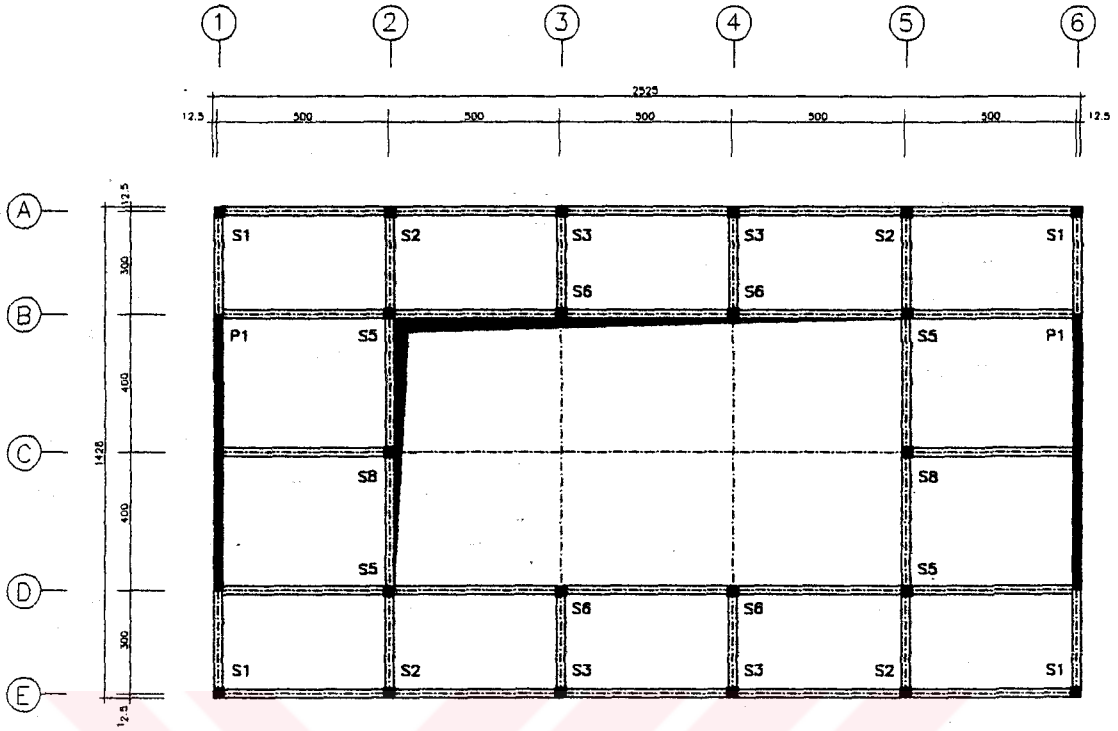
5.6.2.3 Yapı 11 Sisteminde Farklı Kat Ağırlıklarının Etkisi

Hesaplarda kullanılan ve birim alana düşen kat ağırlık değerleri (w_t / A) 1,2...,9. katlar için 8.5 kN/m² , 10.katta ise 6.0 kN/m² olarak alınmıştır. Bu değerler yerine 1,2...,9. katlar için 14.0 kN/m² , 10.katta ise 10.5 kN/m² olarak alınıp yük artımının etkisini görmek için bir çözüm daha yapılmıştır. Bu durumda yapıya etkiyen deprem yükleri ve dolayısı ile döşeme gerilmeleri de bir miktar artmıştır. En kritik gerilmelerin olduğu 1.kat döşemesinde gerilme değeri

$$\sigma = 45,0 / 0,15 = 300 \text{ kN/m}^2 = 0,300 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

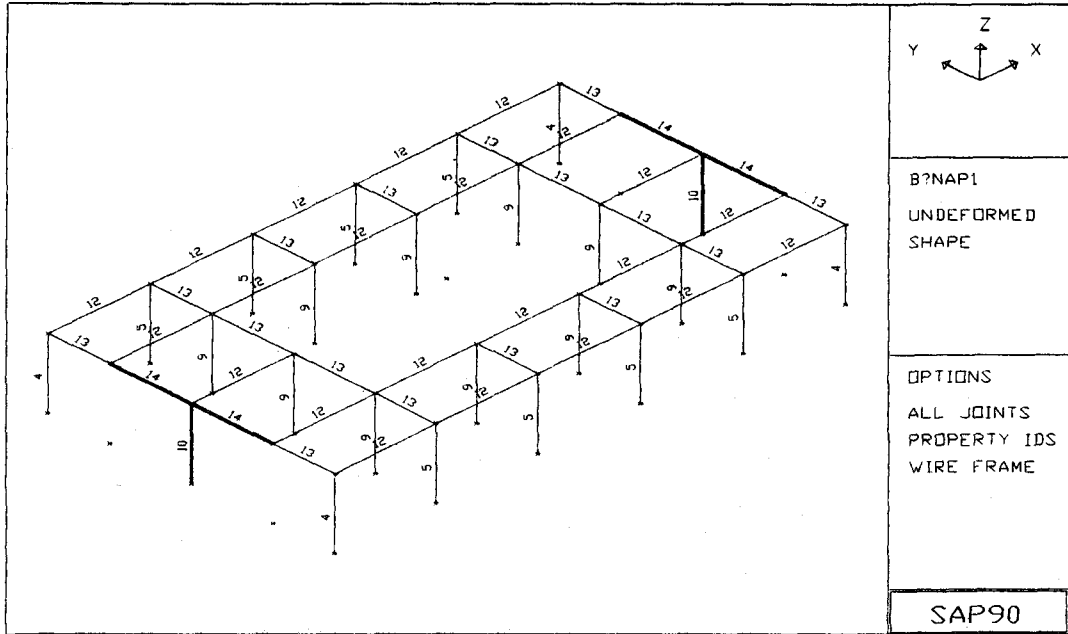
değerine ulaşmaktadır.

5.6.3 Örnek Yapı 2



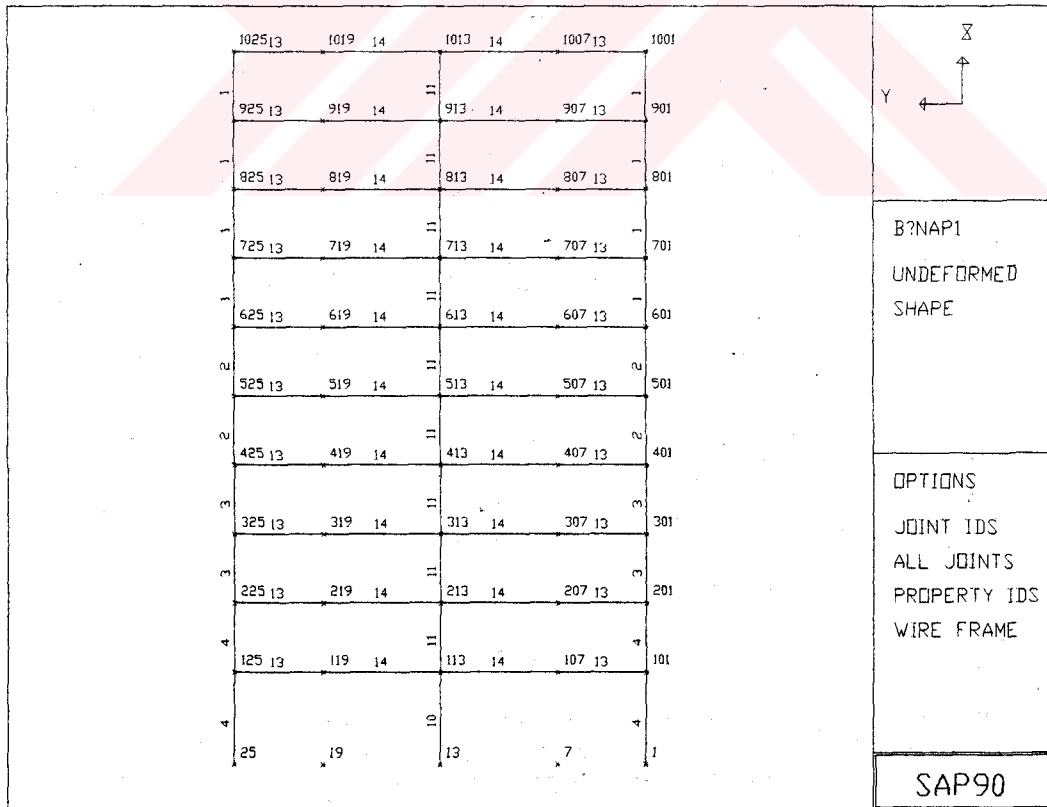
Şekil 5.15 Yapı 2' nin kat kalıp planı

Yapı 1 sisteminde 1 ve 6 akslarında bulunan S4 ve S7 kolonlarının yerine Y doğrultusunda yerleştirilen P1 perdesi ile Yapı 2 sistemi şekil 5.15 te görüldüğü gibi oluşturulmuştur. Seçilen P1 perdesi ile perde eksenine etki eden eşdeğer deprem kuvveti daha büyük değerler alarak döşeme üzerine gelen tekil yük dağılımını değiştirecektir. Seçilen yapı sisteminde boşluk oranı 0,343 olarak belirlenmiştir. Yapı 2 sisteminin zemin kat seviyesinde tanımlanan bilgisayar modellemesi Şekil 5.16' da verilmiştir.



Şekil 5.16 Yapı 2 sisteminin zemin kat seviyesinde oluşturulan bilgisayar modeli

Yapı 2 olarak adlandırılmış yapıda P1 perdesinin yapı yüksekliğince tanımlanması Şekil 5.17'de görülmektedir. Burada P1 perdesi perde merkezinde ve iki yanında sonsuz rijit kirişler ile tanımlanmıştır.



Şekil 5.17 Yapı 2 sisteminde bulunan P1 perdesinin Y doğrultusunda görünüşü

5.6.3.1 Yapı 2 Sistemi İçin Deprem Yüklerinin Hesabı

Katlara etkiyecek olan deprem yükleri hesabında kullanılan değerler

$R = 7$, $A_0 = 0,40$, $I = 1,0$, $T_B = 0,40$, $T_A = 0,15$ olarak kullanılmıştır.

$T_1 = 0,477506$ sn değeri $T_1 > T_B$ olduğundan dolayı spektrum katsayısı (3.7) ifadesi ile hesaplanacaktır.

$S = 2,1697$ ve $C = A_0 \cdot I \cdot S / R = 0,1240$ olarak hesaplanmıştır. Yapı 2 sisteminin kat ağırlık değerleri olarak $w_{10} = 6.0 \text{ kN/m}^2 \cdot 230 \text{ m}^2$, $w_{1,2,...,9} = 8.5 \text{ kN/m}^2 \cdot 230 \text{ m}^2$ alınmıştır. Yapı 2 sistemine etki edecek olan deprem yük değeri $V_t = 2138,730 \text{ kN}$ olup, yapı yüksekliği 25 m. sınırını geçtiği için 10.katta oluşacak olan kamçı yük değeri (3.11) ifadesi ile $\Delta F_N = 71,488 \text{ kN}$ olarak hesaplanmıştır.

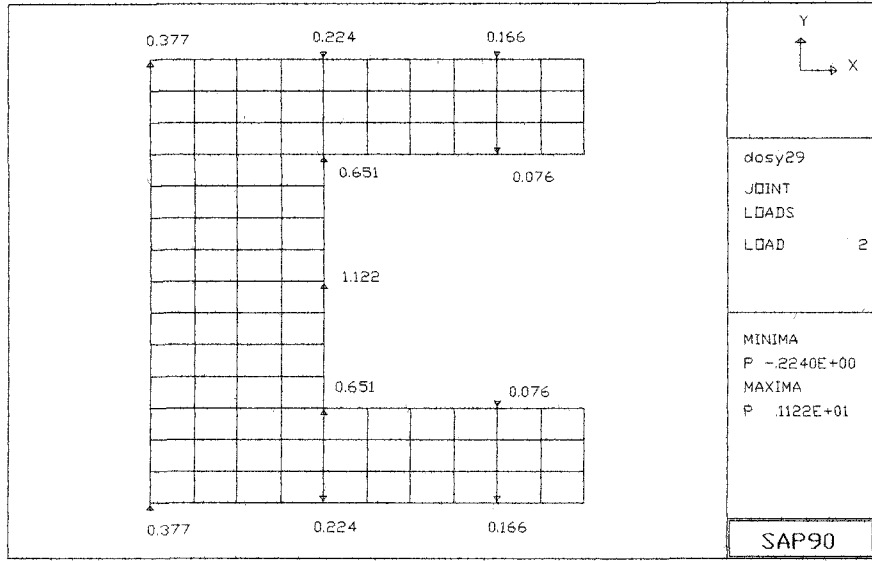
Tablo 5.12 Yapı 2 sistemine katlar seviyesinde etki eden deprem yükleri

KAT	h_i (m)	H_i (m)	m_i (t)	W_i (kN)	$w_i \cdot H_i$ (kN*m)	F_i (kN)	V_t (kN)	ΔF_N (kN)
10	3	31	123,09	1207,5	37432,5	334,59153	2138,730	71,488
9	3	28	181,70	1782,5	49910	350,8047	2138,730	71,488
8	3	25	181,70	1782,5	44562,5	313,21848	2138,730	71,488
7	3	22	181,70	1782,5	39215	275,63227	2138,730	71,488
6	3	19	181,70	1782,5	33867,5	238,04605	2138,730	71,488
5	3	16	181,70	1782,5	28520	200,45983	2138,730	71,488
4	3	13	181,70	1782,5	23172,5	162,87361	2138,730	71,488
3	3	10	181,70	1782,5	17825	125,28739	2138,730	71,488
2	3	7	181,70	1782,5	12477,5	87,701176	2138,730	71,488
1	4	4	181,70	1782,5	7130	50,114958	2138,730	71,488
				17250	294112,5	2138,73		

Tablo 5.13 Döşemelerde oluşan tepki kuvvetleri

Kolon No	10.KAT	9.KAT	8.KAT	7.KAT	6.KAT	5.KAT	4.KAT	3.KAT	2.KAT	1.KAT
S1	14,084	-0,377	0,957	0,905	-1,23	19,157	-6,379	-2,939	-4,636	-12,94
S2	5,031	0,224	-0,091	7,85	-0,524	-1,31	6,902	-4,089	-1,885	-4,929
S3	4,453	0,116	-0,156	6,889	-0,726	-1,041	6,305	-3,405	-1,65	-3,998
S5	8,214	-0,651	13,131	-3,178	14,721	-6,836	11,474	-7,577	-6,382	1,054
S6	4,552	0,076	-0,184	6,935	-0,795	-1,059	6,32	-3,404	-1,662	-3,999
P1	83,867	177,748	113,839	100,321	98,354	66,721	42,493	96,266	88,138	84,272
S8	10,761	-1,122	15,455	-1,307	-2,224	15,691	-10,3	9,205	-11,86	-9,591
Toplam	334,592	350,804	313,216	275,632	238,044	200,468	162,874	125,286	87,7	50,11

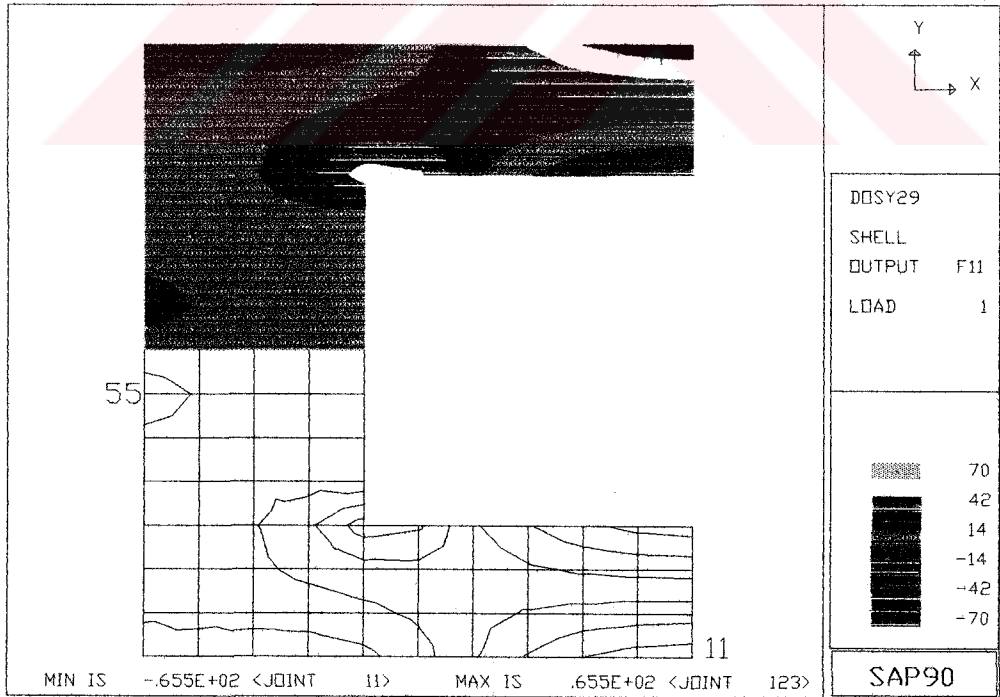
Yukarıda tanımlanan Yapı 2 isimli yapının döşeme elemanlarında Şekil (5.18) de tanımlanan düğüm noktalarında etki eden tepki yükleri altında oluşan birim boya etkiyen kuvvet dağılımı Şekil 5.19 da gösterilmiştir.



Şekil 5.18 Yapı 2 sisteminin 9.kat döşemesine etkiyen tepki kuvvetleri

5.6.3.2 Yapı 2 Sistemi İçin Maksimum Gerilme Hesabı

Şekil 5.18 de verilen tepki yük değerleri ve 9.kata etkiyen deprem yükünün etkisi oluşturulan döşeme sisteminde sonlu elemanlar yöntemi ile 9.kat döşemesinde elde edilen gerilme yayılımı Şekil 5.19 da verilmiştir.



Şekil 5.19 Yapı 2 sisteminin 9.kat döşemesinde oluşan gerilme alanları

Deprem yükleri etkisinde döşemelerde oluşan birim boya etkiyen kuvvet dağılımları incelendiğinde en büyük çekme gerilmesinin Yapı 2 sisteminin 9.kat döşemesinde olduğu görülmüştür. Şekil 5.19 da tanımlanan döşeme elemanının 11 nolu düğüm noktası üzerinde bir doğrultu üzerinde oluşan gerilme yük değeri 65.5 N/mm olmasına rağmen maksimum gerilme değeri 55 nolu düğüm noktası üzerinde 135 N/m. değerine ulaşmaktadır. Bu çekme kuvvetinin oluşturacağı gerilme değeri (5.5) ifadesi ile hesaplanmaktadır. BS20 betonunda çekme dayanımı $f_{ctd}=1.60 \text{ N/mm}^2$ olduğuna göre ve hesaplanan sonuç ile karşılaştırıldığında betonda çekme güvenliği kontrol edilmiş olur.

Tablo 5.14 oluşan maksimum çekme kuvveti değerleri

KAT	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F	62	135	85,5	67,9	74,6	47,2	35,1	72,6	63,4	65,7
D.NO	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

$$\sigma = 135 / 0,15 = 900 \text{ kN/m}^2 = 0,900 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

şeklinde beton çekme güvenliği kontrol edilmiş olur.

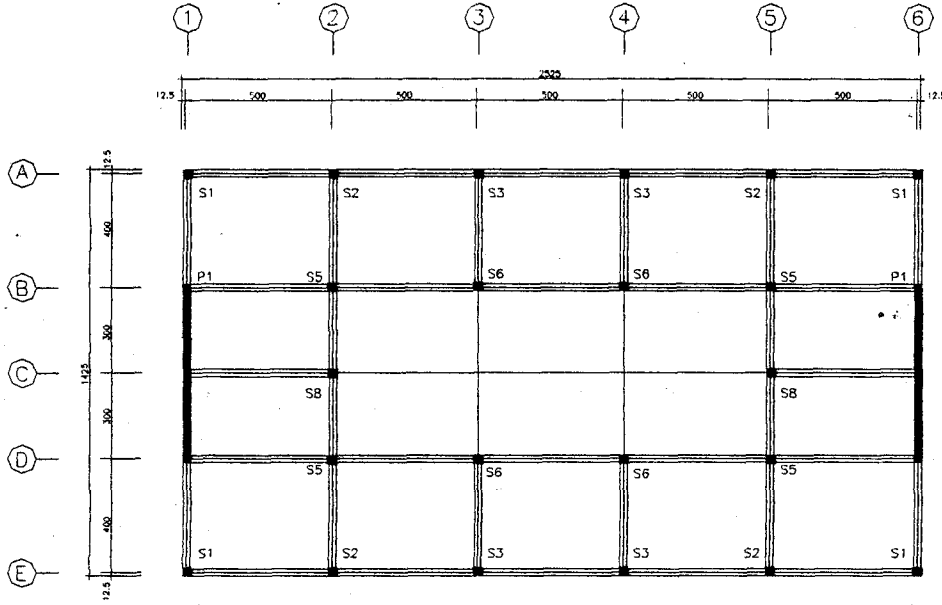
5.6.3.3 Yapı 2 Sisteminde Farklı Kat Ağırlıklarının Etkisi

Hesaplarda kullanılan ve birim alana düşen kat ağırlık değerleri (w_i / A) 1,2...,9. katlar için 8.5 kN/m^2 , 10.katta ise 6.0 kN/m^2 olarak alınmıştır. Bu değerler yerine 1,2...,9. katlar için 14.0 kN/m^2 , 10.katta ise 10.5 kN/m^2 olarak alınıp yük artımının etkisini görmek için bir çözüm daha yapılmıştır. Bu durumda yapıya etkiyen deprem yükleri ve dolayısı ile döşeme gerilmeleri de bir miktar artmıştır. En kritik gerilmelerin olduğu 9.kat döşemesinde gerilme değeri

$$\sigma = 207 / 0,15 = 1380 \text{ kN/m}^2 = 1,380 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

değerine ulaşmaktadır.

5.6.4 Örnek Yapı 21



Şekil 5.20 Örnek Yapı 21' e ait kalıp planı

Örnek Yapı 2 de B ve D aksları kaydırılıp, aks aralıkları 8 m. den 6 m. ye düşürülmüştür. Düşey taşıyıcı elemanların boyutları aynı kalmıştır. Elde edilen sisteme ait boşluk oranı 0,257 değerine ulaşmıştır.

5.6.4.1 Yapı 21 Sistemi İçin Deprem Yüklerinin Hesabı

Şekil 5.20 de tanımlanan yapıya ait eşdeğer deprem yükü hesabına ait formülasyonlar aşağıda yapılmıştır.

Katlara etkiyecek olan deprem yükleri hesabında kullanılan değerler

$R = 7$, $A_0 = 0,40$, $I = 1,0$, $T_B = 0,40$, $T_A = 0,15$ olarak kullanılmıştır. Yapı 21 sisteminin kat ağırlık değerleri olarak $w_{10} = 6.0 \text{ kN/m}^2 * 260 \text{ m}^2$, $w_{1,2,...,9} = 8.5 \text{ kN/m}^2 * 260 \text{ m}^2$ alınmıştır. $T_1 = 0,5882$ sn olarak hesaplanan yapı periyod değeri $T_1 > T_B$ olduğundan dolayı spektrum katsayısı (3.7) ifadesi ile $S = 1,8363$ bulunur ve deprem yükü katsayısı $C = A_0 * I * S / R = 0,1049$ ifadesi ile hesaplanır. Bu değerlere göre Yapı 21 sistemine etki edecek olan deprem yük değeri $V_t = C * W = 2046,180 \text{ kN}$ olarak hesaplanmaktadır. Yapı yüksekliği 25 m. sınırını aştığı için oluşan tepe kuvveti (3.11) ifadesi ile $\Delta F_N = 84,254 \text{ kN}$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.15 Yapı 21 sisitemine katlar seviyesinde etki eden deprem yükleri

KAT	h_i (m)	H_i (m)	m_i (t)	w_i (kN)	$w_i \cdot H_i$ (kN*m)	F_i (kN)	V_i (kN)	ΔF_N (kN)
10	3	31	139,14	1365	42315	333,95367	2046,180	84,254
9	3	28	205,40	2015,0	56420	332,9329	2046,180	84,254
8	3	25	205,40	2015,0	50375	297,26152	2046,180	84,254
7	3	22	205,40	2015,0	44330	261,59013	2046,180	84,254
6	3	19	205,40	2015,0	38285	225,91875	2046,180	84,254
5	3	16	205,40	2015,0	32240	190,24737	2046,180	84,254
4	3	13	205,40	2015,0	26195	154,57599	2046,180	84,254
3	3	10	205,40	2015,0	20150	118,90461	2046,180	84,254
2	3	7	205,40	2015,0	14105	83,233224	2046,180	84,254
1	4	4	205,40	2015,0	8060	47,561842	2046,180	84,254
				19500	332475	2046,18		

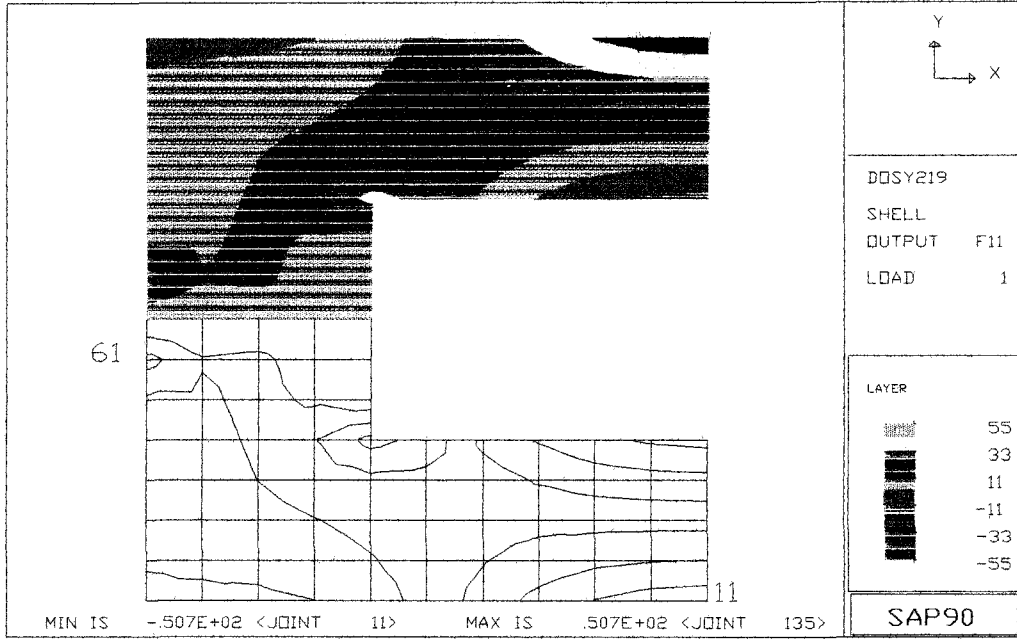
Toplam eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtımı Tablo 5.15 te verilmiştir. Katlar seviyesinde etki eden deprem yükleri kolonlara rijitlikleri orantısında dağılır ve kolonlarda oluşan kesme kuvvetlerinin (5.1) ifadesi ile döşeme üzerinde oluşturacağı tepki yükleri Tablo 5.16 da verilmiştir.

Tablo 5.16 Döşemelerde oluşan tepki kuvvetleri

Kolon No	10.KAT	9.KAT	8.KAT	7.KAT	6.KAT	5.KAT	4.KAT	3.KAT	2.KAT	1.KAT
S1	16,128	0,116	1,71	1,636	-1,19	25,405	-7,35	-2,82	-5,243	-18,799
S2	7,542	0,208	-0,26	10,546	-0,96	-2,026	8,42	-5,184	-2,338	-6,44
S3	6,915	0,054	-0,371	9,577	-1,244	-1,734	7,879	-4,429	-2,05	-5,484
S5	10,75	-0,757	17,638	-4,016	20,403	-9,107	16,032	-9,271	-8,077	0,002
S6	7,031	0,004	-0,409	9,656	-1,34	-1,758	7,911	-4,429	-2,064	-5,495
P1	58,72	167,79	92,596	76,341	83,534	50,409	24,116	96,23	96,077	113,588
S8	11,526	-0,574	19,417	-0,341	-1,914	23,156	-12,614	15,488	-14,913	-17,379
Toplam	333,956	332,932	297,258	261,596	225,916	190,25	154,572	118,904	83,24	47,554

5.6.4.2 Yapı 21 Sistemi İçin Maksimum Gerilmelerin Hesabı

Tepki yüklerinden oluşan birim boya etkiyen kuvvet dağılımı Şekil 5.21 de gösterilmiştir.



Şekil 5.21 Yapı 21 sisteminde 9.kat döşemesinde oluşan kuvvet dağılımı

Deprem yükleri etkisinde döşemede oluşan ve sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan gerilme dağılımı incelendiğinde Yapı 21 sisteminin 9.kat döşemesinde Şekil 5.21 te tanımlanan 11 nolu düğüm noktası üzerinde 50.7 N/m değerine ulaşmakta, fakat 61 nolu düğüm noktası üzerinde 127 N/m. olan maksimum değere ulaşmaktadır. Bu çekme kuvvetinin oluşturacağı gerilme değeri (5.5) ifadesi ile bulunur. BS20 betonunun çekme dayanımı $f_{ctd} = 1.60 \text{ N/mm}^2$ olduğuna göre ve elde edilen sonucun karşılaştırılması ile betonda çekme güvenliği kontrolü yapılmış olur.

Tablo 5.17 Oluşan maksimum çekme kuvveti değerleri

KAT	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F(kN/m)	42,5	127	68,6	59,0	62,9	57,9	21,0	72,2	74,1	88,8
D.NO	61	61	61	61	61	1	61	61	61	61

$$\sigma = 127 / 0,15 = 846,7 \text{ kN/m}^2 = 0,847 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

Hesaplanan σ değeri emniyetli bölgede kalmaktadır. Genel olarak Yapı 11 ve Yapı 21 sistemlerinde elde edilen sonuçlara göre yapılarda oluşan boşlukların döşeme üzerinde oluşan gerilmelerde etkili olduğu söylenebilir.

5.6.4.3 Yapı 21 Sisteminde Farklı Kat Ağırlıklarının Etkisi

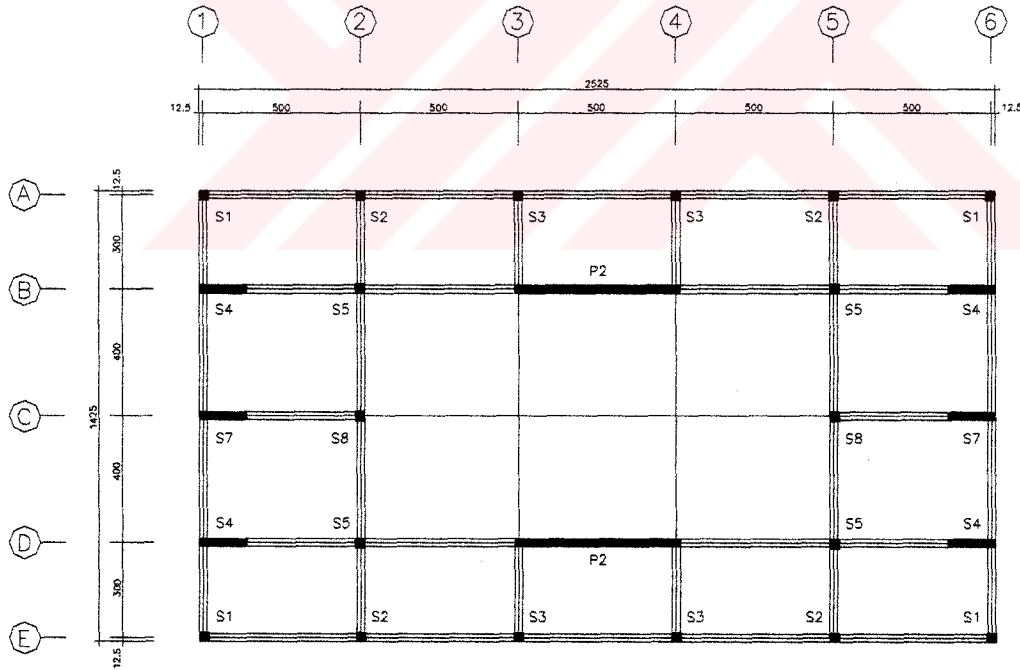
Hesaplarda kullanılan ve birim alana düşen kat ağırlık değerleri (w_k / A) 1,2...,9. katlar için 8.5 kN/m^2 , 10.katta ise 6.0 kN/m^2 olarak alınmıştır. Bu değerler yerine 1,2...,9. katlar için 14.0 kN/m^2 , 10.katta ise 10.5 kN/m^2 olarak alınıp yük artımının etkisini görmek için bir çözüm daha yapılmıştır. Bu durumda yapıya etkiyen deprem yükleri ve dolayısı ile döşeme gerilmeleri de bir miktar artmıştır. En kritik gerilmelerin oluştuğu 9.kat döşemesinde oluşmakta ve bu gerilme değeri

$$\sigma = 192 / 0,15 = 1280 \text{ kN/m}^2 = 1,280 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

dir. Bu gerilme değeri emniyetli bölümde kalmaktadır.

5.6.5 Örnek Yapı 3

Yapı 3 sistemine ait kat kalıp planı Şekil 5.22 de verilmiştir.



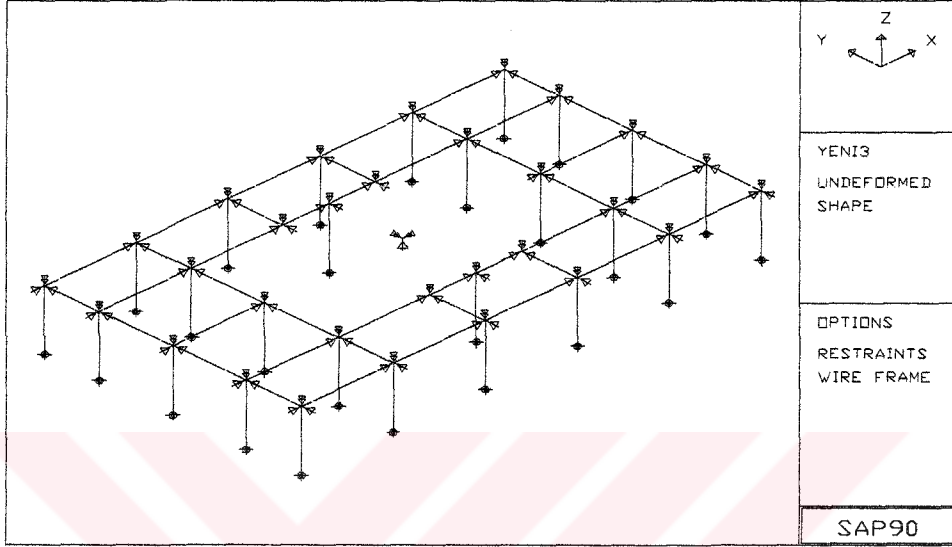
Şekil 5.22 Yapı 3 kat kalıp planı

5.6.5.1 Yapı 3 Sistemi İçin Ön Boyutlandırma

Plan üzerinde bulunan boşluk oranı 0,343 olarak tanımlanmıştır. Yapı 2 sisteminde perdeli bir sistemin döşemelerde oluşan gerilme değerlerinde ne derecede etkili olduğu

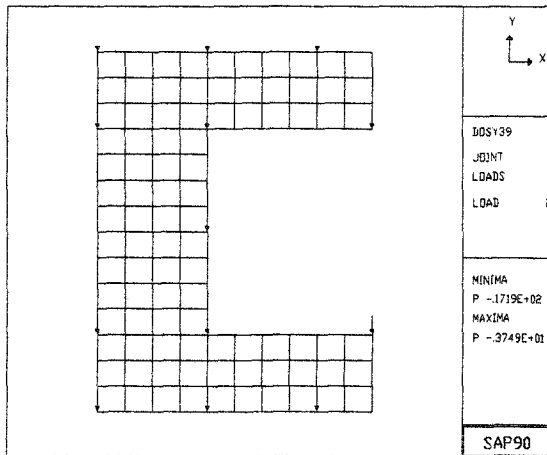
gözlemlenmiştir. Aynı perde-çerçeve taşıyıcı sistemi oluşturan Yapı 3 te bu etkinin ne derecede değişeceğini gözlemlemek için Yapı 3 sistemi düzenlenmiştir. Bu yapı sisteminde kolon boyutları aynı kalmakta ve P2 perdesi 3 ve 4 aksları arasında B ve D aksları üzerinde yerleştirilmiştir.

Boyutları verilen P2 perdesinin bilgisayar modeli Şekil 5.23'de verilmiştir.

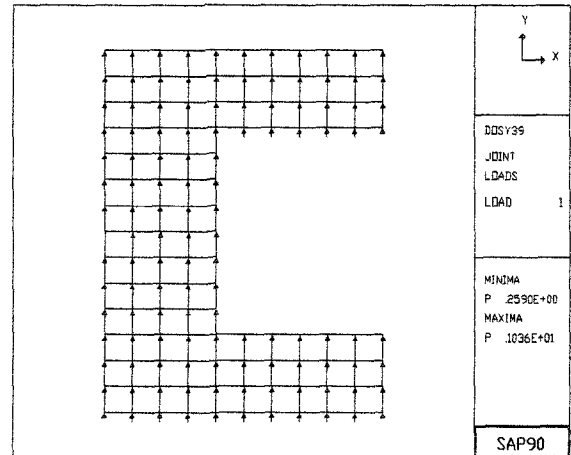


Şekil 5.23 Yapı 3 sisteminde P2 Perdesinin bilgisayar modeli

Döşeme üzerine gelen ve (5.1) ifadesi ile hesaplanan tepki kuvvetleri ve deprem yayılı yük dağılımı Şekil 5.24 de açıklanmıştır. Burada kullanılan V_i düğüm noktaları üzerinde oluşan kolon ve perde tepki kuvvetleri Şekil 5.24 a da ve döşemede dengeyi oluşturan deprem yükünün döşeme üzerindeki dağılımı Şekil 5.24 b de verilmiştir.



Şekil 5.24 a : Yapı 3'de 9.kat döşemesine etki eden kuvvetler



Şekil 5.24 b Kat deprem yükünün düğüm noktalarında yayılı yük dağılımı

5.6.5.2 Yapı 3 İçin Deprem Yüklerinin Hesabı

Katlara etkiyecek olan deprem yükleri hesabında kullanılan değerler

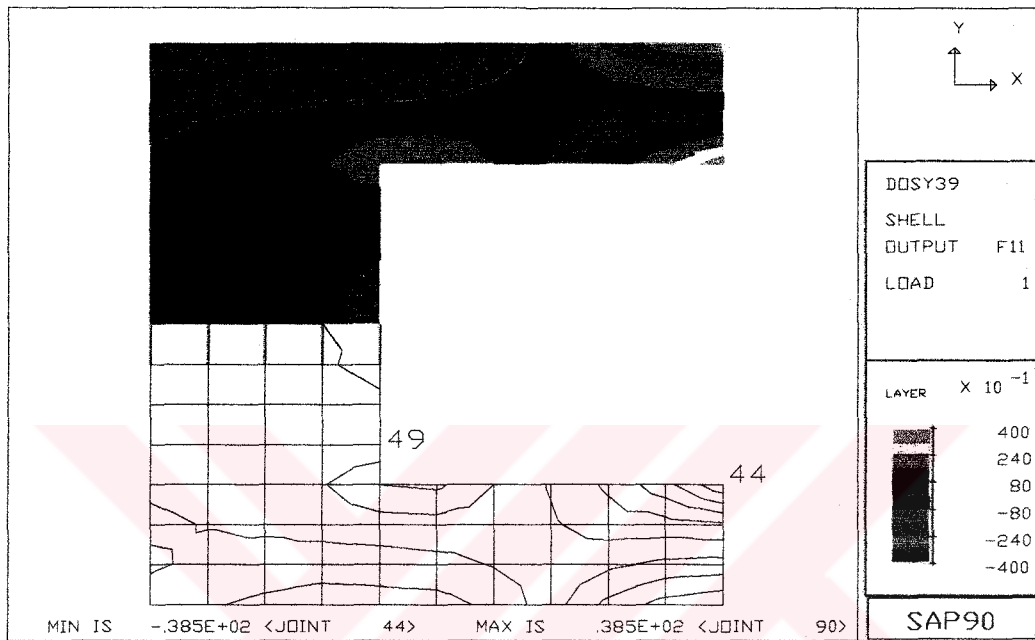
$R = 7$, $A_0 = 0,40$, $I = 1,0$, $T_B = 0,40$, $T_A = 0,15$ olarak kullanılmıştır. Yapı 3 sisteminin kat ağırlık değerleri olarak $w_{10} = 6.0 \text{ kN/m}^2 * 230 \text{ m}^2$, $w_{1,2,...,9} = 8.5 \text{ kN/m}^2 * 230 \text{ m}^2$ alınmıştır. $T_1 = 0,9777$ sn değeri $T_1 > T_B$ olduğundan dolayı spektrum katsayısı (3.7) ifadesi ile $S = 1,2231$ ve deprem yük katsayısı $C = A_0 * I * S / R = 0,0699$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre Yapı 3 sistemine etki edecek olan deprem yük değeri $V_t = C * W = 1205,615 \text{ kN}$ olarak hesaplanmaktadır. Yapı yüksekliği 25 m. sınırını aştığı için oluşan tepe kuvveti (3.11) ifadesi ile $\Delta F_N = 82,503 \text{ kN}$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.18 Yapı 3 sistemine katlar seviyesinde etki eden deprem yükleri

KAT	h_i (m)	H_i (m)	m_i (t)	w_i (kN)	$w_i * H_i$ (kN*m)	F_i (kN)	V_t (kN)	ΔF_N (kN)
10	3	31	123.09	1207,5	37432,5	225,44453	1205,615	82,503
9	3	28	181.70	1782,5	49910	190,5887	1205,615	82,503
8	3	25	181.70	1782,5	44562,5	170,16848	1205,615	82,503
7	3	22	181.70	1782,5	39215	149,74827	1205,615	82,503
6	3	19	181.70	1782,5	33867,5	129,32805	1205,615	82,503
5	3	16	181.70	1782,5	28520	108,90783	1205,615	82,503
4	3	13	181.70	1782,5	23172,5	88,487612	1205,615	82,503
3	3	10	181.70	1782,5	17825	68,067394	1205,615	82,503
2	3	7	181.70	1782,5	12477,5	47,647176	1205,615	82,503
1	4	4	181.70	1782,5	7130	27,226958	1205,615	82,503
				17250	294112,5	1205,615		

Tablo 5.19 Döşemelerde oluşan tepki kuvvetleri

Kolon No	10.KAT	9.KAT	8.KAT	7.KAT	6.KAT	5.KAT	4.KAT	3.KAT	2.KAT	1.KAT
S1	3,795	5,326	2,594	0,503	-0,849	18,432	-8,085	4,049	2,993	-9,143
S2	3,271	5,4	1,507	14,464	0,411	1,767	10,256	0,982	6,1	-4,255
S3	3,936	5,003	0,967	12,591	-1,113	1,441	5,828	1,209	3,135	2,765
P2	16,914	11,804	5,976	0,19	2,629	4,892	-4,914	2,951	3,124	-20,61
S4	8,172	3,749	26,232	-4,862	30,687	-4,696	15,233	4,739	-6,783	54,422
S5	1,776	17,192	3,305	-0,884	1,096	9,507	-11,714	9,597	-0,564	12,17
S7	26,222	9,96	5,864	-0,126	1,079	2,405	-6,074	1,85	1,3	-20,098
S8	12,548	5,578	1,364	30,111	-1,038	-1,13	25,395	-5,275	5,95	-24,815
Toplam	225,444	190,588	170,17	149,746	129,334	108,908	88,486	68,064	47,648	27,23



Hesaplanan σ değeri emniyetli bölgede kalmaktadır.

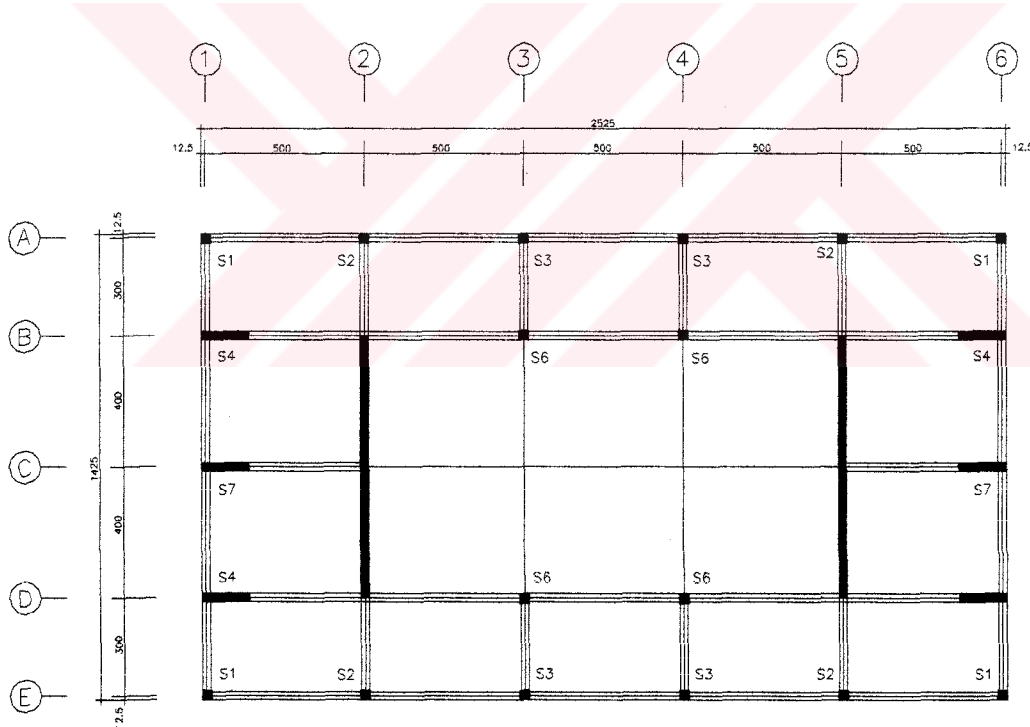
5.6.5.4 Yapı 3 Sistemi İçin Farklı Kat Ağılıklarının Etkisi

Hesaplarda kullanılan ve birim alana düşen kat ağırlık değerleri (w_i / A) 1,2...,9. katlar için 8.5 kN/m^2 , 10.katta ise 6.0 kN/m^2 olarak alınmıştır. Bu değerler yerine 1,2...,9. katlar için 14.0 kN/m^2 , 10.katta ise 10.5 kN/m^2 olarak alınıp yük artırımının etkisini görmek için bir çözüm daha yapılmıştır. Bu durumda yapıya etkiyen deprem yükleri ve dolayısı ile döşeme gerilmeleri de bir miktar artmıştır. En kritik gerilmelerin olduğu 1.kat döşemesinde gerilme değeri

$$\sigma = 72 / 0,15 = 480 \text{ kN/m}^2 = 0,480 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

değerine ulaşmaktadır.

5.6.6 Örnek Yapı 4



Şekil 5.26 Yapı 4 kat kalıp planı

Yapı 4 sisteminin kalıp planı Şekil 5.25 de verilmiştir. Plan üzerinde bulunan boşluk oranı 0,343 olarak bırakılmıştır. Taşıyıcı sistem seçiminde kolon boyutları aynı kalmakta ve 2 ve 5 aksları üzerinde B ve D aksları arasında P3 perdesi yerleştirilmiştir. Yapı 4 sistemine ait çözüm ile perdeli sistemler arasında oluşacak olan farkın yapı üzerinde yapacağı etkiler gözlemlenebilecektir.

5.6.6.1 Yapı 4 Sistemi İçin Deprem Yüklerinin Hesabı

Katlara etkiyecek olan deprem yükleri hesabında kullanılan değerler

$R = 7$, $A_0 = 0,40$, $I = 1,0$, $T_B = 0,40$, $T_A = 0,15$ olarak kullanılmıştır. Yapı 4 sisteminin kat ağırlık değerleri olarak $w_{10} = 6.0 \text{ kN/m}^2 * 230 \text{ m}^2$, $w_{1,2,...9} = 8.5 \text{ kN/m}^2 * 230 \text{ m}^2$ alınmıştır. $T_1 = 0,4593$ sn değeri $T_1 > T_B$ olduğundan dolayı spektrum katsayısı (3.7) ifadesi ile $S = 2,2384$ ve deprem yük katsayısı $C = A_0 * I * S / R = 0,1279$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre Yapı 4 sistemine etki edecek olan deprem yük değeri $V_t = C * W = 2296,292 \text{ kN}$ olarak hesaplanmaktadır. Yapı yüksekliği 25 m. sınırını aştığı için oluşan tepe kuvveti (3.11) ifadesi ile $\Delta F_N = 70,229 \text{ kN}$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.21 Yapı 4 sistemine etki eden deprem yükleri

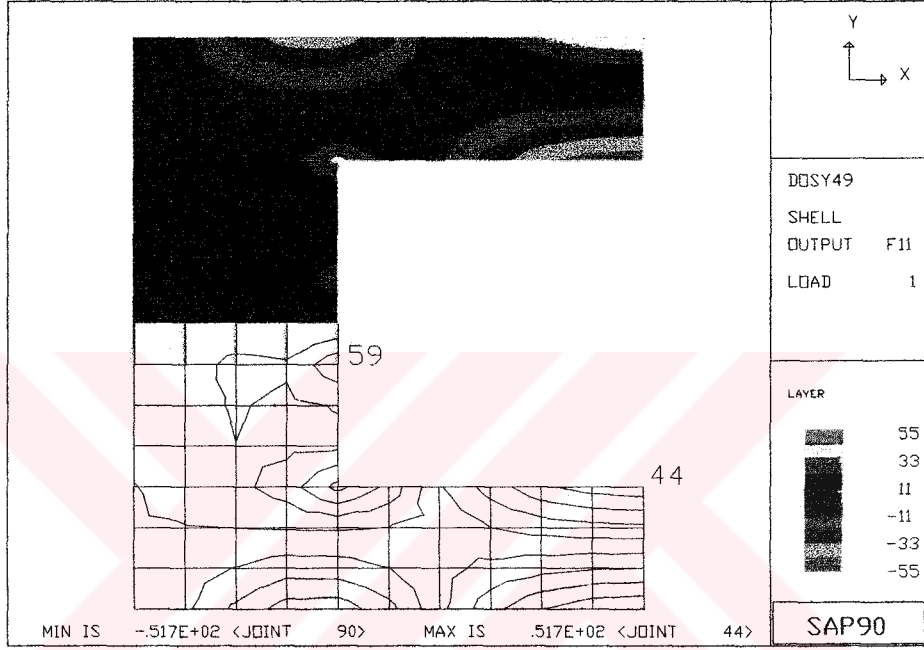
KAT	h_i (m)	H_i (m)	m_i (t)	w_i (kN)	$W_i * H_i$ (kN*m)	F_i (kN)	V_t (kN)	ΔF_N (kN)
10	3	31	123,09	1207,5	37432,5	353,546	2296,292	70,229
9	3	28	181,70	1782,5	49910	377,756	2296,292	70,229
8	3	25	181,70	1782,5	44562,5	337,282	2296,292	70,229
7	3	22	181,70	1782,5	39215	296,808	2296,292	70,229
6	3	19	181,70	1782,5	33867,5	256,335	2296,292	70,229
5	3	16	181,70	1782,5	28520	215,861	2296,292	70,229
4	3	13	181,70	1782,5	23172,5	175,387	2296,292	70,229
3	3	10	181,70	1782,5	17825	134,913	2296,292	70,229
2	3	7	181,70	1782,5	12477,5	94,439	2296,292	70,229
1	4	4	181,70	1782,5	7130	53,965	2296,292	70,229
				17250	294112,5	2296,292		

Tablo 5.22 Yapı 4 sisteminin döşemelerinde oluşan tepki kuvvetleri

Kolon No	10.KAT	9.KAT	8.KAT	7.KAT	6.KAT	5.KAT	4.KAT	3.KAT	2.KAT	1.KAT
S1	4,727	0,103	0,362	0,249	-0,451	6,378	-2,27	-0,689	-1,401	-3,669
S2	14,559	-0,396	-0,796	19,373	-2,863	-3,662	15,606	-10,764	-5,427	-15,48
S3	3,357	0,159	0,026	5,473	-0,018	-0,473	5,228	-3,052	-1,336	-3,276
S4	15,643	-0,909	0,851	0,233	0,549	0,14	-1,084	-1,815	-2,457	-6,925
S6	3,039	0,216	0,056	5,621	-1,544	5,667	-1,651	-0,301	-1,88	-3,134
S7	20,947	-2,062	0,706	-0,084	-0,316	-1,037	-1,629	-2,144	-2,896	-7,225
P3	73,177	192,592	166,937	86,589	137,142	92,866	57,664	102,843	75,115	99,171
Toplam	353,548	377,752	337,282	296,806	256,344	215,858	175,386	134,914	94,434	53,968

5.6.6.2 Yapı 4 Sistemi İçin Maksimum Gerilmelerin Hesabı

Tanımlanan Yapı 4 isimli yapıya ait kat döşemeleri, deprem yüklerinin döşeme üzerindeki dağılımı ve oluşturduğu tepki yükleri etkisi altında bir gerilmeye maruz kalmaktadır. Bu gerilme değerleri incelendiğinde Yapı 4 sistemi içinde 9.kat döşemesinde oluşan birim boya etkiyen kuvvet değeri maksimum değeri oluşturmaktadır. Bu gerilme dağılımı Şekil 5.26 de gösterilmiştir.



Şekil 5.27 Yapı 4 sisteminin 9.kat döşemesinde meydana gelen gerilme alanları

Deprem yükleri etkisinde döşemede oluşan birim boya etkiyen kuvvet dağılımında Yapı 4 adlı yapının 9.kat döşemesinde Şekil 5.8 de tanımlanan 59 nolu düğüm noktası üzerinde maksimum değer olan 158 N/m değerine ulaşmaktadır. Bu çekme kuvvetinin oluşturduğu gerilme değeri formül 5.5 ile bulunur. Betonda çekme dayanımı $f_{ctd}=1.60 \text{ N/mm}^2$ olduğuna göre ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile betonda çekme güvenliği kontrol edilmiş olur.

Tablo 5.23 Oluşan maksimum çekme kuvveti değerleri

KAT	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F	60,4	158	137	68,9	113	76,4	45,8	84,2	61,7	81,6
D.NO	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59

$$\sigma = 158 / 0,15 = 1053,3 \text{ kN/m}^2 = 1,053 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

Hesaplanan σ değeri emniyetli bölgede kalmaktadır.

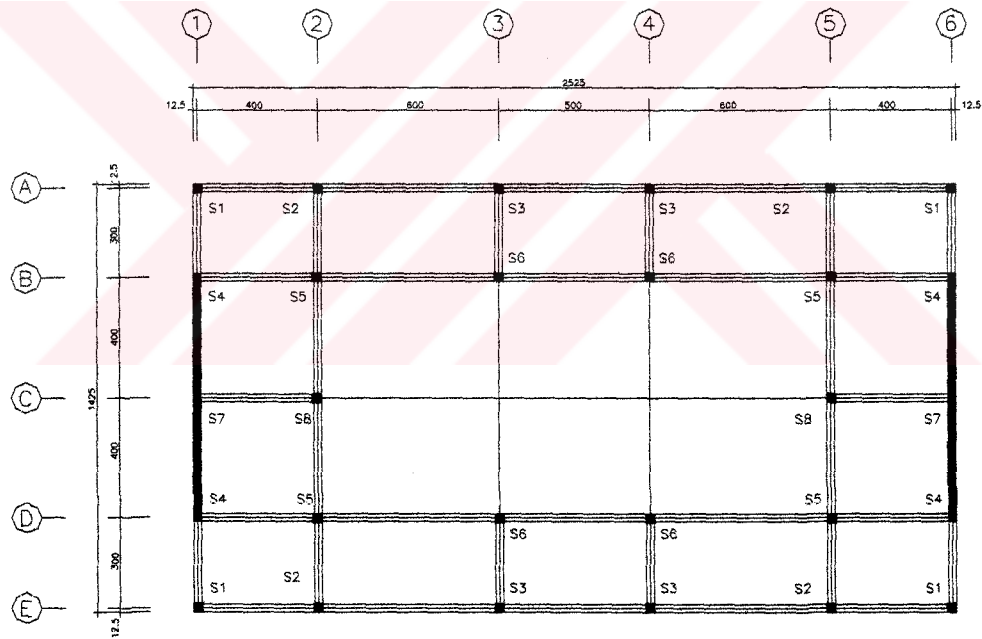
5.6.6.3 Yapı 4 Sistemi İçin Farklı Kat Ağırlıklarının Etkisi

Hesaplarda kullanılan ve birim alana düşen kat ağırlık değerleri (w_k / A) 1,2...,9. katlar için 8.5 kN/m^2 , 10.katta ise 6.0 kN/m^2 olarak alınmıştır. Bu değerler yerine 1,2...,9. katlar için 14.0 kN/m^2 , 10.katta ise 10.5 kN/m^2 olarak alınıp yük artımının etkisini görmek için bir çözüm daha yapılmıştır. Bu durumda yapıya etkiyen deprem yükleri ve dolayısı ile döşeme gerilmeleri de bir miktar artmıştır. En kritik gerilmelerin olduğu 9.kat döşemesinde gerilme

$$\sigma = 233 / 0,15 = 1554 \text{ kN/m}^2 = 1,554 \text{ N/mm}^2 < f_{ctk} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

değerine ulaşmaktadır.

5.6.7 Örnek Yapı 5



Şekil 5.28 Yapı 5 kat kalıp planı

Yapı 2 sistemi ile elde edilen çözümlerin boşluk oranının artması ile ne derecede değiştiğini gözlemlemek ve sınır değer üzerinde maksimum çekme gerilme değerlerinin beton çekme dayanımına göre (f_{ctk}) göre kontrolü yapımı için Yapı 5 modeli seçilmiştir.

5.6.7.1 Yapı 5 Sistemi İçin Deprem Yüklerinin Hesabı

Şekil 5.27 de tanımlanan yapıya ait eşdeğer deprem yükü hesabına ait formülasyonlar aşağıda yapılmıştır.

Katlara etkiyecek olan deprem yükleri hesabında kullanılan değerler

$R = 7$, $A_0 = 0,40$, $I = 1,0$, $T_B = 0,40$, $T_A = 0,15$ olarak kullanılmıştır.

$T_1 = 0,459262$ sn değeri $T_1 > T_B$ olduğundan dolayı spektrum katsayısı (3.7) ifadesi ile hesaplanacaktır.

$S = 2,238409764$ ve $C = A_0 * I * S / R = 0,127909129$ olarak hesaplanmıştır.

$V_t = C * W = 2052,942 \text{ kN}$ olarak yapı deprem yükü, yapı yüksekliği deprem yönetmeliğinde tanımlanan 25 m sınırını aştığı için tepe yükü etkisi (3.11) ifadesi ile $\Delta F_N = 65,999 \text{ kN}$ olarak hesaplanmıştır.

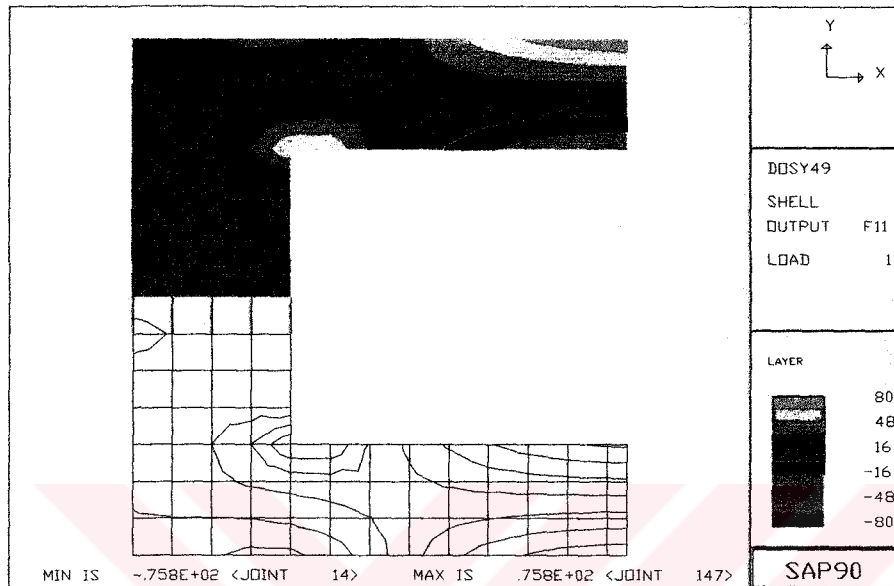
Tablo 5.24 Yapı 5 Sisteminde katlar seviyesinde etki eden deprem yükleri

KAT	h_i (m)	H_i (m)	w_i (kN)	$W_i * H_i$ (kN*m)	F_i (kN)	V_t (kN)	ΔF_N (kN)
10	3	31	1123,5	34828,5	318,883	2052,942	65,999
9	3	28	1658,5	46438	337,178	2052,942	65,999
8	3	25	1658,5	41462,5	301,052	2052,942	65,999
7	3	22	1658,5	36487	264,926	2052,942	65,999
6	3	19	1658,5	31511,5	228,799	2052,942	65,999
5	3	16	1658,5	26536	192,673	2052,942	65,999
4	3	13	1658,5	21560,5	156,547	2052,942	65,999
3	3	10	1658,5	16585	120,421	2052,942	65,999
2	3	7	1658,5	11609,5	84,295	2052,942	65,999
1	4	4	1658,5	6634	48,168	2052,942	65,999
			16050	273652,5	2052,942		

Yapı 5 sisteminde hesaplanan deprem yük değerleri ile katlara etkiyen deprem yükleri dağılımı yapılmıştır. Bu değerler gözönüne alınıp (5.1) ifadesi ile tepki yükleri belirlenip Tablo 5.25 te sunulmuştur.

Tablo 5.25 Döşemelerde oluşan tepki kuvvetler

10.KAT	9.KAT	8.KAT	7.KAT	6.KAT	5.KAT	4.KAT	3.KAT	2.KAT	1.KAT
13,785	-0,388	0,906	0,842	-1,229	18,556	-6,191	-2,88	-4,515	-12,524
4,599	0,228	-0,05	7,353	-0,442	-1,21	6,534	-3,797	-1,748	-4,611
4,149	0,124	-0,131	6,508	-0,652	-0,967	6,014	-3,21	-1,555	-3,782
7,586	-0,578	12,25	-2,901	13,837	-6,322	10,885	-7,067	-5,991	1,193
4,227	0,093	-0,153	6,544	-0,706	-0,982	6,025	-3,209	-1,563	-3,784
80,671	170,66	110,321	96,95	94,844	63,297	41,43	91,746	84,097	80,173
10,079	-1,032	14,559	-1,179	-2,06	14,888	-9,689	8,791	-11,207	-9,073
318,884	337,18	301,048	264,926	228,8	192,67	156,55	120,422	84,292	48,168



6. SONUÇLAR

6.1 GİRİŞ

Yüksek yapılar olarak sınıflandırılan yapı sistemlerinin gereksinimi nüfus artışı ile orantılı olarak artmaktadır. Bununla birlikte Türkiye gibi şiddetli deprem tehdidi altında bulunan ülkelerde oluşan bu gereksinim, yapı güvenilirliği hakkında birçok çalışmanın yapılması için etken bir neden olmuştur. Bu konulardaki araştırma ve deneyimler ile bu tip yapıların tasarımında, projelendirilmesinde ve yapım aşamalarında birçok problem ile karşılaşıldığı gözlemlenmiştir. Özellikle çok katlı yapılarda etkin ve önemli bir yükü oluşturan yatay yüklere karşı yapının göstereceği dayanım ve davranış ön plana çıkmıştır. Bu amaçlar altında yapılan incelemeler sonucunda 1975 yılında “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” yayınlanan ve 1998 yılına kadar uygulanan yönetmelik, 1 Ocak 1998 de yürürlüğe girmiş olan “ABYYHY” yönetmelik ile geliştirilmiştir.

ABYYHY de tanımlanan düzensizlik durumları içinde verilen döşeme süreksizliği ile döşeme üzerinde bölgesel olarak oluşan gerilme değerleri beton emniyet gerilme değerlerinden daha büyük olabileceği ve bu nedenle de güvenli bir yapı tasarımında bazı sınır koşullar ve yaptırımlar belirlenmiştir. Ele alınan yapı sistemleri üzerinde tanımlanan sınır boşluk oranı değerinin uygunluğu ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmektedir.

6.2 İncelenen Örnek Yapılar

Bu çalışmada çeşitli 10 katlı çerçeve ve perde-çerçeve yapı sistemleri ele alınarak (Kat döşemelerinde $1/3$ civarında boşluklar bulunduran) deprem yüklerinden dolayı kat döşemelerindeki gerilme yayılışları parametrik olarak incelenmiştir. Simetrik planda olan örnek yapılarda parametre olarak perde boyutu ve bulunduğu akslar, boşluk oranı ve kat ağırlıkları değiştirilmiştir ve her bir durum için kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilmeler hesaplanmıştır. Ele alınan örnek yapılar için edilen özet olarak tablo 6.1 da verilmiştir.

Tablo 6.1 Seçilen yapı sistemleri

YAPI	ADI	BOŞLUK ORANI	YAPI SİSTEMİ	Max.Döşeme Gerilmeleri		Düğüm No	Kat
				Normal	Arttırılmış		
1.GRUP	Yapı 1	0,343	ÇERÇEVE	0.265	0.394	49	1
	Yapı 2	0,343	ÇERÇEVE+PERDE	0,900	1.380	55	9
	Yapı 3	0,343	ÇERÇEVE+PERDE	0.412	0.480	44	1
	Yapı 4	0,343	ÇERÇEVE+PERDE	1.053	1.554	67	9
2.GRUP	Yapı 11	0,257	ÇERÇEVE	0.286	0.300	60	1
	Yapı 21	0,257	ÇERÇEVE+PERDE	0.847	1.280	61	9
3.GRUP	Yapı 5	0,389	ÇERÇEVE+PERDE	0.947		67	9

6.3 Sonuçlar

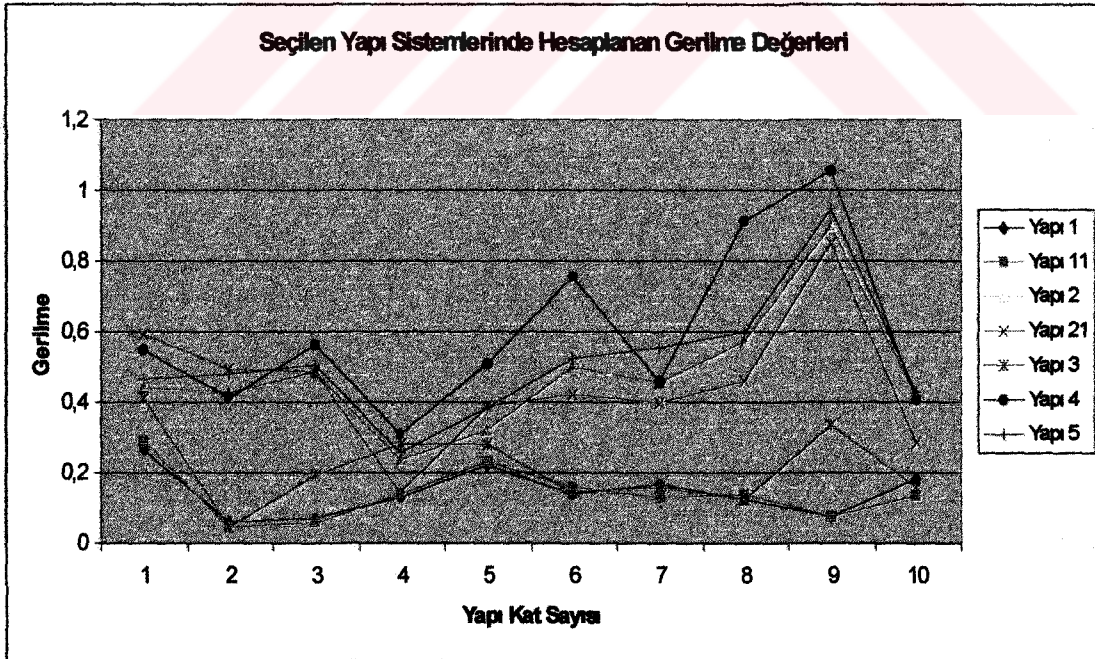
Yeni deprem yönetmeliğinde deprem yükü etkisinde boşluklu döşemeler için boşluk oranı sınır değeri olan 1/3 değeri civarında seçilen örnek yapılar için elde edilen sonuçlar şunlardır:

Tablo 6.2 Yapı sistemlerinin kat döşemelerinde hesaplanan birim boya etkiyen maksimum kuvvet değerleri

KAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.
F (Yeni 1)	39,7	8,84	9,94	18,7	33	20,7	24,7	18,5	11,1	27	59
D.NO	49	38	42	5	1	38	9	38	45	11	
F (Yeni 11)	42,9	6,92	8,3	20,8	34,6	23,2	19,3	20,9	10,9	20	45
D.NO	60	65	53	65	1	49	9	49	1	11	
F (Yeni 2)	65,7	63,4	72,6	35,1	47,2	74,6	67,9	85,5	135	62	207
D.NO	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
F (Yeni 21)	88,8	74,1	72,2	21	57,9	62,9	59	68,6	127	42,5	192
D.NO	61	61	61	61	1	61	61	61	61	61	
F (Yeni 3)	61,8	6,67	28,7	41,8	41,4	21,1	23,2	18,4	49,9	23,3	72
D.NO	49	1	44	44	1	38	59	38	44	11	
F (Yeni 4)	60,4	158	137	68,9	113	76,4	45,8	84,2	61,7	81,6	233
D.NO	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	
F (Yeni 5)	69,3	71,8	75,3	38,4	56,9	78,5	82,4	89,5	142	63,9	
D.NO	67	67	67	67	47	67	67	67	67	67	

Tablo 6.3 Yapı sistemlerinin kat döşemelerinde oluşan maksimum gerilme değerleri

Yeni 1											Arttırılmış Yükleme
Gerilme	0,2647	0,059	0,066	0,125	0,22	0,138	0,165	0,123	0,074	0,18	0,393
D.NO	49	38	42	5	1	38	9	38	45	11	
Yeni 11											
Gerilme	0,286	0,046	0,055	0,139	0,231	0,155	0,129	0,139	0,073	0,133	0,3
D.NO	60	65	53	65	1	49	9	49	1	11	
Yeni 2											
Gerilme	0,438	0,423	0,484	0,234	0,315	0,497	0,453	0,57	0,9	0,413	1,38
D.NO	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
Yeni 21											
Gerilme	0,592	0,494	0,481	0,14	0,386	0,419	0,393	0,457	0,847	0,283	1,28
D.NO	61	61	61	61	1	61	61	61	61	61	
Yeni 3											
Gerilme	0,412	0,044	0,191	0,279	0,276	0,141	0,155	0,123	0,333	0,155	0,48
D.NO	49	1	44	44	1	38	59	38	44	11	
Yeni 4											
Gerilme	0,4027	1,053	0,913	0,459	0,753	0,509	0,305	0,561	0,411	0,544	1,553
D.NO	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	
Yeni 5											
Gerilme	0,462	0,479	0,502	0,256	0,379	0,523	0,549	0,597	0,947	0,426	0
D.NO	67	67	67	67	47	67	67	67	67	67	



1. Kat döşemelerinde hesaplanan döşeme içi gerilmeler, yapı sistemlerinin farklılaşması ile farklı değerler almaktadır. Hesaplar sonucunda elde edilen maksimum gerilme değerleri kolonlardan oluşan çerçeve tipi taşıyıcı sistemde (Yapı 1, Yapı 11) ve deprem yükü doğrultusuna dik perdeler ile taşıyıcı sistemi düzenlenen sistemde (Yapı 3) sınır değerlerin altındadır (Tablo6.1).
2. Diğer perde-çerçeve yapı sistemlerinde (Yapı 2, Yapı 21, Yapı 4, Yapı 5) maksimum düzlem içi gerilme değerleri beton çekme dayanımı (f_{ctk}) değerine oldukça yaklaşmaktadır.
3. Ele alınan çeşitli taşıyıcı sistem düzenine sahip örneklerde, plan üzerinde döşemede oluşacak olan boşluğun deprem yükünün düşey taşıyıcı elemanlara düzenli bir biçimde aktarılmasında olumsuz bir etki yapacağı hesaplar sonucunda görülmüştür. Oluşacak olan boşluk oranı arttıkça döşemelerde meydana gelen düzlem içi gerilmeler sınır f_{ctk} değerine yaklaşabilmekte, bu durumda ise döşemede sonsuz rijit kabulü artık geçerli olmayacaktır. Ancak seçilen yapı sistemleri için döşeme rijitliğinin bozulmadığı görülmüştür.
4. A2 türü düzensizlik içeren yapı sistemlerinde yapı ağırlığının, döşemede oluşan düzlem içi gerilme değerlerine olan etkisini saptamak için kat ağırlıklarını arttırarak hesaplar tekrarlanmış ve döşemelerde oluşan maksimum çekme gerilmeleri kontrol edilmiştir. Sonuç olarak yapı ağırlığındaki değişim ile döşemede oluşan boşluk oranı etkisinin büyüdüğü görülmüştür.
5. Seçilen yapı modellemelerinden Yapı 4 sisteminde arttırılmış yük değerleri için hesaplanan çekme gerilme değeri maksimum değere (1.554 kN/m^2) ulaşmıştır. Bu değer diğer Yapı 2, Yapı 21, Yapı 3 ve Yapı 5 sistemlerinde olduğu gibi 9.kat seviyesinde oluşmaktadır. Diğer yapı sistemleri için ise maksimum değer 1.kat seviyesinde gerçekleşmektedir.
6. Döşeme elemanlarında oluşan düzlem içi gerilmelerin, yapıya etkiyen kat deprem yükleri ile orantılı olarak değişmediği görülmektedir. Kat seviyesinde etkiyecek olan deprem yükünün büyük olması ile döşeme üzerinde daha büyük gerilmelere neden olacağı söylenemez. Kat düzlemine etkiyen deprem kuvvetinin büyüklüğü yanında, yük dağılımının da başka bir deyişle düşey taşıyıcı eleman düzeninde düzlem içi gerilme oluşumunda etkili olduğu ve olumsuz sonuçlara neden olabileceği görülmüştür.
7. Hesaplarda döşeme elemanı levha olarak tanımlanmaktadır. Kat deprem yükleri karşısında döşeme elemanı kat kirişleri ile birlikte çalışmaktadır. Sayısal incelemelerde kirişlerin ve döşeme donatılarının katkıları gözardı edilmiştir.

Kirişlerin etkisinin düşünülmemesi ile döşeme elemanı gerilme kontrolünde güvenli bölümde kalması sağlanmış olur.

8. Hesaplarda elde edilen sonuçlara göre $1/3$ olarak tanımlanan boşluk oranı sınır değerinin; yapı ağırlığı, yapı yüksekliği ve bu değerlere bağlı olarak oluşan deprem yükleri etkisinde güvenilirlik oranının değiştiğini söylemek mümkündür.
9. Yapı taşıyıcı sistemi perde-çerçevesel bir sistemden oluşuyor ve ABYYHY de tanımlanan $1/3$ sınır boşluk oranını aşan boşluğa sahip yapılarda, kat döşemelerinin sonsuz rijit çalışması kabulünün kontrolü yapılmalıdır.
10. Sınırlı sayıda örnek yapılar için yapılan incelemeler sonucunda tanımlanan sınır boşluk oranı değerinin, güvenli bir oran olduğu görülmüştür.



KAYNAKLAR

- [1] **Türk Standartları TS500**, 1985. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [2] **Türk Standartları TS500 (2000)**, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [3] **Deprem Yönetmeliği**, 1997. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [4] **Regulations For Seismic Design A World List** ,1996.
- [5] **Demir, H.** 1990. Earthquake Engineering. Ders Notları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [6] **Özmen, G., Pala, S., Gülay, G. ve ORAKÖREN, E.**, 1998. Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.
- [7] **Eurocode 8**, 1993. Earthquake Resistant Design of Structures, 8 October
- [8] **Noyan, S., Doran, B. ve Koçak, A.**, 1991. Taşıyıcı Sistem Tasarımı Ve Bilgisayar Destekli Proje Çözümü, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [9] **Özden, K. ve Öztürk, T.**, 1992. Betonarme Ve Öngermeli Betonda Davranış Ve Hesap Modelleri, İTÜ Yayınevi, İstanbul.
- [10] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 1993. Örneklerle Betonarme, İstanbul.
- [11] **Deprem Yönetmeliği**, 1996. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [12] **Reinforced Concrete Designer's Handbook**,1955. American Concrete Institute, Detroit.

[13] Karadođan, F. ve Rutenberg, A., 1999. Irregular Structures, Asymetric and Irregular Structures, İTÜ Yayınevi, , İstanbul.

[14] Yüksel, E., 1998. Bazı Düzensizlikler İçeren Üç Boyutlu Büyük Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Çözümlemelesi, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.



ÖZGEÇMİŞ

Bülent ŞEN, 1974 yılında Bursa'da Doğdu. İlk ve orta öğrenimini Karacabey/Bursa'da tamamladı. 1990 yılında Karacabey Lisesi'ni bitirdi. 1995 yılında, yaz döneminde İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun olup, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'na bağlı, Yapı Mühendisliği programında yüksek lisans öğrenimine başladı.

