

T.C
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA BURULMA
DÜZENSİZLİĞİNİN İNCELENMESİ

ERKAN AKINCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA

EKİM 2005

Mustafa Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Yrd.Doç.Dr.Babür DELİKTAŞ danışmanlığında, ERKAN AKINCI tarafından hazırlanan bu çalışma 13/10/2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Babür DELİKTAŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa SÖNMEZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat BİKÇE

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Kod No:

14/10/2005

Prof. Dr. Abdurrahman YİĞİT
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5848 sayılı Fikir ve Sanat eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	<u>sayfa</u>
ÖZET	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ	III
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	4
3.1. Materyal	4
3.1.1. A1 Burulma Düzensizliği.....	4
3.1.2. Ek Dış Merkezlik ve Arttırılmış Ek Dış Merkezlik	4
3.1.3. Taşıyıcı Sistem Türleri.....	5
3.2. Yöntem.....	8
3.2.1. Diferansiyel Denklem Yöntemi	8
3.2.2. Esas Denklemler.....	12
3.2.3. Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi.....	15
3.2.4. Perde Çerçeve Sistemlerinde Burulma Düzensizliğine Yapı Rijitliği ve Geometrisinin Etkisi	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	29
4.1. Program Akış Diyagramı	30
4.2. Veri Dosyasının Hazırlanması	34
4.3. Program penceresi ve Program Nesneleri.....	34
4.4. Sonuç Dosyaları	35
4.5. Uygulamalar	36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	59

ÖZET**DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA BURULMA
DÜZENSİZLİĞİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Bu çalışma çok katlı perde çerçeve sistemlerinde yatay yükler etkisi altında oluşabilecek burulma düzensizliğine, taşıyıcı eleman rijitlikleriyle, yapı geometrisi ve perdelere paralel aksların sayısının etkileri araştırılmıştır.

Burulma hesabında “Sürekli Burulma Çubuğu Analogisi Yöntemi”, öteleme hesabında “Diferansiyel Denklem Yöntemi” kullanılmıştır. Bu açıdan bu konular ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Çalışmada yoğun olarak kullanılan, oldukça ayrıntılı işlem yapabilen, Visual Basic 5.0 ile hazırlanan bir bilgisayar programı tanıtılmıştır. Programın akış diyagramı veri dosyasının hazırlanması, program penceresi, program nesneleri ve sonuç dosyaları tezde verilmiştir. Beş ayrı yapının hazırlanan bilgisayar programıyla öteleme ve burulma hesapları yapılmış ve elde edilen sonuçlar grafiklerle desteklenmiştir. Ayrıca başka bir yapının hazırlanan bilgisayar programı ve SAP 2000 (Structural Analysis Programs) programı ile hesabı yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Hem geometri hem de rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapıların incelenmesinden elde edilen en önemli sonuç, bu tip yapıların davranış biçimlerinin sadece rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılar ile paralel nitelikte olmasıdır. Buradan, burulma düzensizliğinin hemen hemen sadece plandaki rijitlik dağılımının dengesiz olmasına bağlı olduğu sonucuna varılmaktadır.

Perdelerin konumları üzerinde inceleme yapılmıştır. Çeşitli yapı tipi grupları üzerinde yapılan incelemelerden, perdelerin iç akslarda olmaları durumunda, kenar akslarda olmaları durumuna göre, daha elverişsiz burulma düzensizliği katsayıları değerleri elde edilebileceği görülmüştür.

2005, 59 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Burulma Düzensizliği, Burulma Hesabı, Deprem

ABSTRACT**STUDYING THE EFFECT OF TORSIONAL
DISORDER ON EARTHQUAKE ENDURING
STRUCTURE DESIGN**

In this thesis, the subject of the study is the effects of the rigidity of load-bearing elements, structure geometry, and the number of axis parallel to screen-blocks on torsional disorder which may be caused by horizontal loads at multi-storied buildings.

“The Method of Continuous Torsional Bar Analogy” and “Differential Equation Method” are used for the torsional calculation and the iteration calculation respectively. A computer program, which was used in this work, was explained. Subjects, which are interested in the computer program, were explained in thesis. Flow diagram of program, preparing input files, window of program, objects of program and output files were expounded in the thesis. The five buildings were calculated with the computer program and graphics of obtained outputs were drawn. Other building was calculated with the computer program and Sap 2000 (Structural Analysis Programs). The outputs were compared in this thesis. The behaviour patterns of this kind of structures have shown parallelism only to ones having instability of rigidity distribution. This is one of the most important deduction of the study of structures with disorder by means of both geometry and rigidity distribution. Therefore, it can be concluded that torsional disorder practically depends on only the fact that the rigidity disorder on plan is instable.

The positions of screen blocks are questioned for several groups of structure types. It is found out that the more unsuitable torsional disorder coefficient values are reached when screen blocks are placed at inner axis instead of at edges.

2005, 59 Pages

Keywords: Torsional Irregularity, Torsional Calculation, Earthquake

ÖNSÖZ

Ülkemizin, alan olarak % 90'ından fazla bir kısmı aktif fayların etki alanı içerisindedir. Bu bölümde yaşayan nüfus, toplam nüfusun % 95' inden fazladır. Ayrıca, ülkemizde bulunan yapı stoğunun çok önemli bir bölümünü betonarme yapılar oluşturmakta ve gelecekte de yapılacak olanların uzunca bir süre betonarme malzeme kullanılarak oluşturulacağı öngörülmektedir. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımı, inşaat mühendisliğinin güncel bir konusunu oluşturmaktadır.

Depremlerde tamamen çöken yapıların hasar mekanizmalarının anlaşılması pek kolay değildir. Bu nedenle, deprem sonrası yapılan teknik incelemelerde ve hasar tesbitlerinde genellikle orta ve ağır hasarlı yapılar üzerinde yoğunlaşılır. Bu yapılarda yapılan incelemeler sonucunda, mühendislik ve uygulama açısından yapılmış olan hatalar tesbit edilir. Yapıların tamamen göçmesi veya kat kaybetmesi genellikle benzer hatalar neticesinde deprem açısından yeterli rijtliği gösterememiş olmaları sonucunda gerçekleşmektedir. Bu çalışmada, depreme dayanıklılığın burulma düzensizliği etkisi üzerinde araştırma yapılmıştır.

Yapı mühendisliği pratiğinde, yapılan hataların belirlenmesi, sınıflandırılması ve bundan sonraki uygulamalarda önlenmesi gereklidir. Bu şekilde, hiç değilse bizden sonraki kuşakları daha güvenli ve en azından deprem açısından kaygısız bir yaşam düzeyine taşıyacaktır.

Tez konusunun belirlenmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, değerli fikir ve katkılarıyla ışık tutan aynı zamanda yönlendiren danışman hocam, YRD. DOÇ. DR. BABÜR DELİKTAŞ ve diğer hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme minnettarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A.B.Y.Y.H.Y.	Afet Bölgelerinde Yapılan Yapılar Hakkında Yönetmelik
η_{bi}	Burulma Düzensizliği Katsayısı
$(\Delta_i)_{max}$	Maksimum Görelî Kat Ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	Ortalama Görelî Kat Ötelemesi
A(T)	Spektral İvme Katsayısı
A_o	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
d_{fi}	Binanın i'inci Katında F_{fi} Fiktif Yüklerine Göre hesaplanan yerdeğiştirme
d_i	Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre yer değiştirme
m_i	Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)
n	Hareketli Yük Katılım Katsayısı
R	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
S(T)	Spektrum Katsayısı
T	Bina doğal titreşim periyodu [s]
T_1	Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
T_r, T_s	Binanın r'inci ve s'inci doğal titreşim periyotları [s]
W	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak Bulunan Toplam Ağırlığı
Δ_i	Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{max}$	Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat Ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$	Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat Ötelemesi
η_{bi}	i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
θ_i	i'inci katta tanımlanan 2. Mertebe Gösterge Değeri

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Gerçek sistem ile fiktif sistemdeki büyükler arasındaki analoji	19
Çizelge 3.2. Hareketli yük katılım katsayısı (n).....	25
Çizelge 3.3. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0).....	25
Çizelge 3.4. Bina önem katsayısı (I).....	26
Çizelge 3.5. Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).....	27
Çizelge 3.6. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	27
Çizelge 4.1. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda perdelerin ve kolonları boyutları	39
Çizelge 4.2. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapıların bina toplam ağırlığı (W), kütle merkezi koordinatları (G_x, G_y), x ve y yönlerinde yapıya etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri (V_x, V_y), Taşıyıcı sistem davranış katsayıları (R), x ve y yönlerinde 1., 2. ve 3. doğal titreşim periyotları	40
Çizelge 4.3. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katlarda oluşan fiktif dönme açıları.....	40
Çizelge 4.4. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda maksimum gerekli kat ötelemesi sonuçları	41
Çizelge 4.5. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda minimum gerekli kat ötelemesi sonuçları	41
Çizelge 4.6. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katlardaki burulma düzensizliği katsayıları	42
Çizelge 4.7. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katların rijitlik merkezi koordinatları	43
Çizelge 4.8. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katlarda eksantirisite mesafeleri.....	44
Çizelge 4.9. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katlardaki arttırılmış eksantirisite mesafeleri	45
Çizelge 4.10. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü ötelemeden dolayı P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	46
Çizelge 4.11. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü burulmadan dolayı P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	47

Çizelge 4.12. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü ötelemeden ve burulmadan dolayı P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları.....	48
Çizelge 4.13. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü ötelemeden dolayı P2 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	49
Çizelge 4.14. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü burulmadan dolayı P2 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	50
Çizelge 4.15. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü ötelemeden ve burulmadan dolayı P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	51
Çizelge 4.16. U6 adlı yapıda kolonların ve perdelerin boyutları	52
Çizelge 4.17. Deprem kuvvetinin x yönünde etkimesi sonucunda P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	53
Çizelge 4.18. Deprem kuvvetinin x yönünde etkimesi sonucunda P2 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	54
Çizelge 4.19. Deprem kuvvetinin x yönünde etkimesi sonucunda S1 kolonunda oluşan eğilme momenti sonuçları	55
Çizelge 4.20. Deprem kuvvetinin x yönünde etkimesi sonucunda S2 kolonunda oluşan eğilme momenti sonuçları	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Çerçeve	5
Şekil 3.2. Birleşik çerçeve.....	6
Şekil 3.3. Boşluklu perde	6
Şekil 3.4. Çok açıklıklı birleşik çerçeve.....	7
Şekil 3.5. Dolu perde.....	7
Şekil 3.6. Yatay yük altındaki şekil değişimi.....	8
Şekil 3.7. Perde-çerçeve sistemine ait diyagramlar	13
Şekil 3.8. Perde – çerçeve sistemi planı.....	17
Şekil 3.9. Üçgen yayılı dış burulma momenti etkisindeki bir perde – çerçeve sistemi .	17
Şekil 3.10. Katların rijitlik merkezi.....	20
Şekil 3.11. A1 burulma düzensizliği	23
Şekil 3.12. Ek dış merkezlik	28
Şekil 4.1. Bilgisayar programının akış diyagramı.....	30
Şekil 4.2. U1 adlı yapının kat planı.....	36
Şekil 4.3. U2 adlı yapının kat planı.....	37
Şekil 4.4. U3 adlı yapının kat planı.....	37
Şekil 4.5. U4 adlı yapının kat planı.....	38
Şekil 4.6. U5 adlı yapının kat planı.....	38
Şekil 4.7. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katlardaki burulma düzensizliği katsayıları	42
Şekil 4.8. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katların rijitlik merkezi koordinatları	43
Şekil 4.9. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katlarda eksantirisite mesafeleri.....	44
Şekil 4.10 U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda katlardaki arttırılmış eksantirisite mesafeleri	45
Şekil 4.11. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü ötelemeden dolayı P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	46
Şekil 4.12. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü burulmadan dolayı P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	47
Şekil 4.13. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü ötelemeden ve burulmadan	

VIII

dolayı P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	48
Şekil 4.14. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü ötelemeden dolayı P2 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	49
Şekil 4.15. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü burulmadan dolayı P2 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	50
Şekil 4.16. U1, U2, U3, U4 ve U5 adlı yapılarda y yönü ötelemeden ve burulmadan dolayı P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları.....	51
Şekil 4.17. U6 adlı yapının kat planı.....	52
Şekil 4.18. Deprem kuvvetinin x yönünde etkimesi sonucunda P1 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	53
Şekil 4.19. Deprem kuvvetinin x yönünde etkimesi sonucunda P2 perdesinde oluşan eğilme momenti sonuçları	54
Şekil 4.20. Deprem kuvvetinin x yönünde etkimesi sonucunda S1 kolonunda oluşan eğilme momenti sonuçları	55
Şekil 4.21. Deprem kuvvetinin x yönünde etkimesi sonucunda S2 kolonunda oluşan eğilme momenti sonuçları	56

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, çok katlı perde çerçeve sistemlerinde yatay yükler etkisi altında oluşabilecek burulma düzensizliğine, taşıyıcı elaman rijitlikleriyle, yapı geometrisinin etkileri araştırılmıştır.

Ülkemizin, alan olarak % 90'ından fazla bir kısmı aktif fayların etki alanı içerisindedir. Bu bölümde yaşayan nüfus, toplam nüfusun % 95' inden fazladır. Ayrıca, ülkemizde bulunan yapı stoğunun çok önemli bir bölümünü betonarme yapılar oluşturmakta ve gelecekte de yapılacak olanların uzunca bir süre betonarme malzeme kullanılarak oluşturulacağı öngörülmektedir. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımı inşaat mühendisliğinin güncel bir konusunu oluşturmaktadır.

Depremlerde tamamen çöken yapıların hasar mekanizmalarının anlaşılması pek kolay değildir. Bu nedenle, deprem sonrası yapılan teknik incelemelerde ve hasar tesbitlerinde genellikle orta ve ağır hasarlı yapılar üzerinde yoğunlaşılır. Bu yapılarda yapılan incelemeler sonucunda, mühendislik ve uygulama açısından yapılmış olan hatalar tesbit edilir. Yapıların tamamen göçmesi veya kat kaybetmesi de genellikle benzer hatalar neticesinde deprem açısından yeterli rijitliği gösterememiş olmaları sonucunda gerçekleşmektedir. Bu çalışmada depreme dayanıklılığın burulma düzensizliği etkisi üzerinde araştırma yapılmıştır.

Yapı mühendisliği pratiğinde, yapılan hataların belirlenmesi, sınıflandırılması ve bundan sonraki uygulamalarda önlenmesi gereklidir. Bu şekilde, hiç değilse bizden sonraki kuşakları daha güvenli ve en azından deprem açısından kaygısız bir yaşam düzeyine taşıyacaktır.

Araştırmada “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”in (A.B.Y.Y.H.Y.,1998) 6.3.2.1 maddesinde öngörülen koşullar referans olarak alınmıştır.

Bu amaçla, rijitlik ve geometrik bakımından düzensiz olan beş ayrı yapının yatay yüklere göre öteleme ve burulma hesapları yapılmış, geometri ve rijitliğin burulma düzensizliğine katkıları belirlenmiştir.

Çok katlı betonarme yapıların yatay yüklere göre hesabı bu çalışmada iki adımda yapılmaktadır. Birinci adım öteleme hesabı, ikinci adım burulma hesabıdır. Bu çalışmada öteleme hesaplarında “Diferansiyel Denklem Yöntemi”, burulma hesaplarında “Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi” kullanılmıştır. Bu çalışmada amaca hizmet eden bir bilgisayar programı da Visual Basic 5.0 ile oluşturulmuştur.

Burulma hesaplarında A.B.Y.Y.H.Y.1998'de 6.7.3.1. maddesinde tanımlanan % 5 ek dışmerkezlik etkisi ve A.B.Y.Y.H.Y.1998'de 6.7.3.3. maddesinde tanımlanan artırılmış ek dışmerkezlik etkileri de dikkate alınmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 1990 yılında hazırlanan "Burulma Yapan Çok Katlı Perde-Çerçeve Sistemlerinin Yatay Yüklere Göre Hesabı İçin İki Ayrı Yeni Yöntem", doktora tezinde burulma çubuğu analogisi yöntemi ayrıntılı olarak işlenmiştir. Bende tezimde bu analogiden yararlanılmıştır.

Ayrıca Prof. Dr. Günay Özmen depreme dayanıklı yapı tasarımında burulma düzensizliğinin etkisi hakkında bir çok araştırmada bulunmuştur. Tezimde, 1972 de hazırlanan "Burulma Yapan Çok Katlı Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, teknik rapordan yararlanılmıştır.

Prof. Dr. Günay Özmen, plan geometrisi ve rijitlik dağılımı bakımından güvensiz yapılar üzerinde analiz çalışmalarında bulunmuştur. Bu çalışmalarda , sadece geometrik düzensizliği bulunan yapılarda burulma düzensizliği çok yüksek düzeylerde olmadığını ispatını yapmıştır.

Ayrıca Ege Üniversitesi İnşaat Fakültesi yayınlarında, 1979 yılında no: 3 olarak yayınlanan dergide "Betonarme Yüksek Yapılarda Burulmasız Perde-Çerçeve Sistemlerinin Yatay Kuvvetlere Göre Yaklaşık Hesap Yöntemleri ve Dinamik Karakteristikleri" konu incelenmiştir. Tezimde diferansiyel denklem yöntemi konusunda bu yayından faydalanılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 A1 Burulma Düzensizliği

A.B.Y.Y.H.Y.'in Tablo 6.1 – A1’de burulma düzensizliği; birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1.2’den büyük olması durumu olarak tanımlanmıştır (A.B.Y.Y.H.Y., 1998).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (3.1)$$

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1/2 [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] \quad (3.2)$$

(3.1) bağıntısında yer alan η_{bi} burulma düzensizliği katsayısının 1.2 değerinden büyük olması durumunda yapıda “A1 - Burulma Düzensizliği” vardır. Burada $(\Delta_i)_{\max}$ kattaki en büyük görelî kat ötelemesi, $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ kattaki ortalama görelî kat ötelemesi değerleridir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlara göre, burulma düzensizliği katsayılarının yüksek değerler almasında etkili faktörler aşağıdaki biçimde sıralanabilmektedir: [Günay Özmen İMO Teknik Dergi]

1. Yapının plan geometrisi,
2. Perdelerle paralel aksların sayısı,
3. Perdelerin plandaki konumları,
4. Kat sayısı.

3.1.2 Ek Dış Merkezlik ve Arttırılmış Ek Dış Merkezlik

A.B.Y.Y.H.Y.’nin 6.7.3 maddesinde yer alan deprem yüklerinin etkime noktaları, % 5 ek dış merkezlik ve artırılmış ek dış merkezlik de burulma hesaplarında kullanılmıştır.

Her kata etkiyen eşdeğer deprem yükleri ek dış merkezlik mesafeleri dikkate alınarak yapıya uygulanmıştır. Ek dış merkezlik mesafeleri göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun %5'i kadardır.

Artırılmış ek dış merkezlik mesafeleri, ek dış merkezlik mesafeleri ile (3.3) bağıntısında verilen D_i katsayılarının çarpılması sonucunda elde edilir (A.B.Y.Y.H.Y., 1998).

$$D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2 \quad (3.3)$$

3.1.3. Taşıyıcı Sistem Türleri

Betonarme yüksek yapıları oluşturan taşıyıcı sistem türleri;

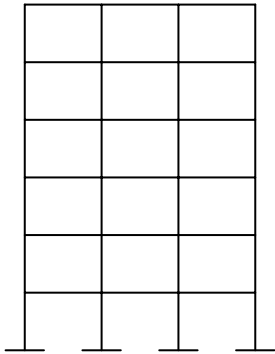
Çerçeveler (Şekil 3.1),

Birleşik Çerçeveler (Kombine Perdeler) (Şekil 3.2.a, Şekil 3.2.b, Şekil 3.2.c),

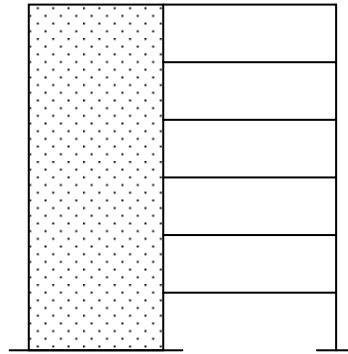
Boşluklu Perdeler (Şekil 3.3.a ve Şekil 3.3.b),

Çok Açıklıklı Birleşik Çerçeveler (Şekil 3.4.a, Şekil 3.4.b),

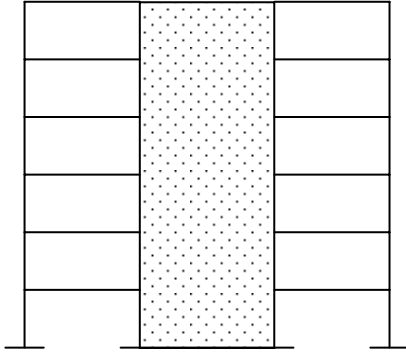
Dolu Perdeler (Şekil 3.5) olarak sınıflandırılabilir.



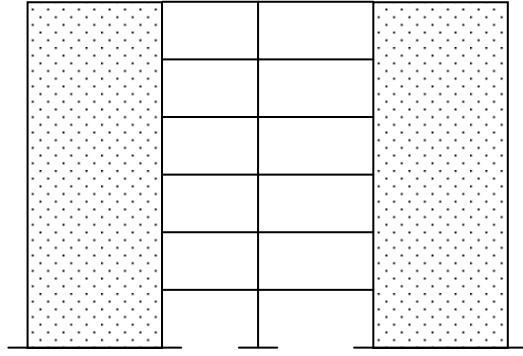
Şekil 3.1. Çerçeve



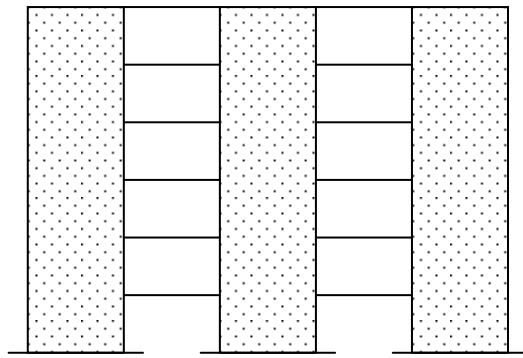
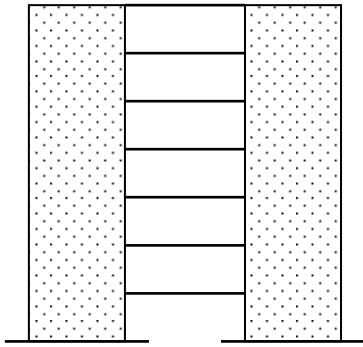
Şekil 3.2.a. Birleşik Çerçeve



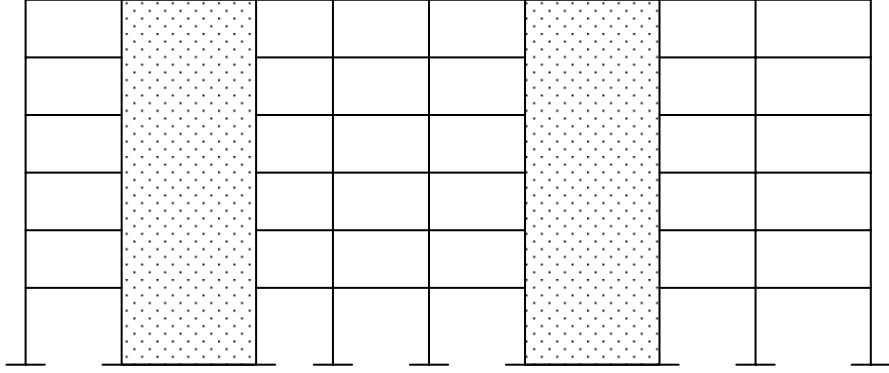
Şekil 3.2.b. Birleşik Çerçeve



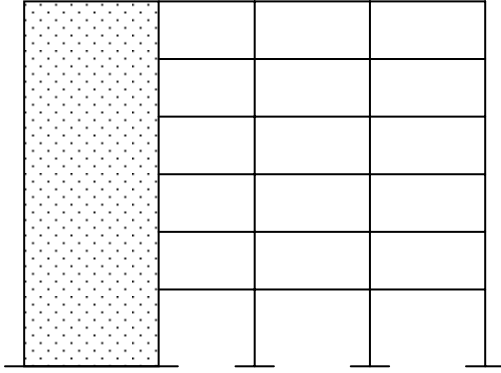
Şekil 3.2.c. Birleşik Çerçeve



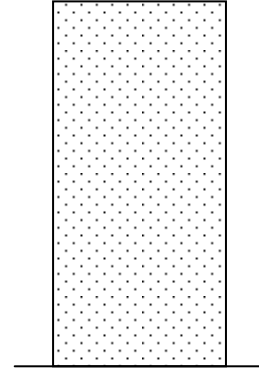
Şekil 3.3. Boşluklu Perde



Şekil 3.4.a. Çok Açıklıklı Birleşik Çerçeve



Şekil 3.4.b. Çok Açıklıklı Birleşik Çerçeve



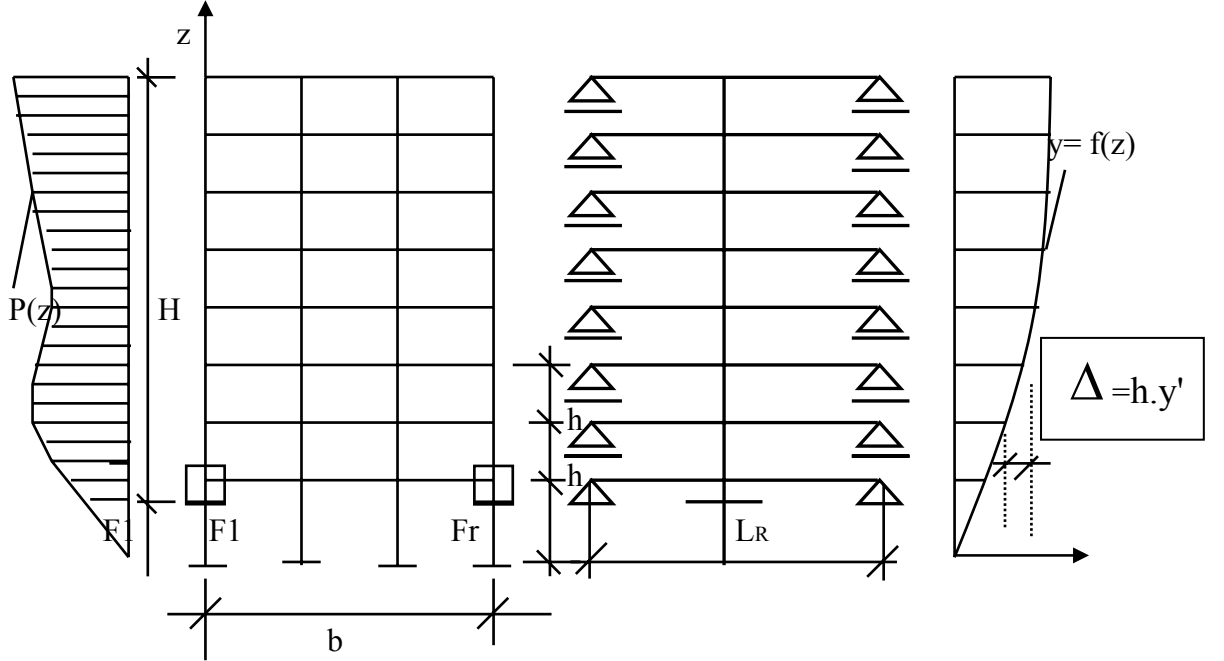
Şekil 3.5. Dolu Perde

3.2. Yöntem

3.2.1 Diferansiyel Denklem Yöntemi

Giriş'te kısaca anlatıldığı gibi çok katlı perde çerçeve sistemlerinin yatay yüklere göre hesabı iki adımda yapılmaktadır. Bu çalışmada burulma hesabında "Sürekli Burulma Çubuğu Analojisi Yöntemi" (ÇELEBİ, Ü., 1990), öteleme hesabında "Diferansiyel Denklem Yöntemi" (BİLYAP, S.,1979) kullanılmıştır.

Çok katlı bir kayma çerçevesinin yatay yükler altında şekil değişiminin göz önüne alınması ile seçilen fiktif referans sistemi şekil 3.6'da gösterilmiştir:



Şekil 3.6. Yatay Yük Altındaki Şekil Değişimini Gösteren Fiktif Sistem

Bir kayma çerçevesinde, ardışık iki katın arasındaki rölatif Δ yer değiştirmesinin h kat yüksekliğine oranı $y = f(z)$ elastik eğrisinin y' dönmesini verecektir (Şekil 3.6.).

$$y' = \frac{\Delta}{h} \quad (3.4)$$

Çerçeve kiriş ve kolonlarında, moment sıfır noktalarının çubuk orta noktalarında bulunduğu yaklaşık kabulü ile çerçevenin K_S kayma rijitliği,

$$K_S = \frac{12}{h \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s} \right)} \quad (3.5)$$

şeklinde ifade edilir. Burada,

r: bir kattaki I_R kiriş redörlerinin toplamını ($r = \sum \frac{EI_R}{L_R}$)

s: bir kattaki I_S kolon redörlerinin toplamını ($s = \sum \frac{EI_S}{h}$)

h: kat yüksekliğini

göstermektedir.

z kotunda kat kesme kuvveti T_o ile gösterilirse;

$$y' = \frac{T_o}{K_S} \quad (3.6)$$

veya

$$T_o = K_S y' \quad (3.7)$$

bağıntısı yazılır. Çok katlı yapılarda çerçevenin kenar kolonlarındaki eksensel şekil değişimi elastik eğrinin y' dönmesine etkili olacaktır. Bu nedenle y'_i ilave dönmesi virtüel iş denkleminin yardımı ile

$$y_1' = \int_0^z \frac{\overline{M} M dz}{D_o} \quad (3.8)$$

olarak yazılabilir. Burada $\overline{M}=1$, $M=N_z \cdot b$, D_o ise çerçevenin yukarıda anlatılan şekil değişimi sonucundaki eğilmesine ait rijitliktir. Kenar kolon kesit alanları F_1 ve F_r ve

bunların ağırlık merkezinin sol kolon kesit merkezine uzaklığı x_0 ile gösterilirse (Şekil 3.5.1) :

$$I_o = F_1 z_0^2 + F_r (b - z_0)^2 = \frac{F_1 b^2}{1 + \frac{F_1}{F_r}} \quad (3.9)$$

yazılır. Çerçevenin D_o eğilme rijitliği için

$$D_o = \frac{E_b F_1 b^2}{1 + \frac{F_1}{F_r}} \quad (3.10)$$

bulunur. Simetrik çerçevede $F_1 = F_r = F$ özel durumunda

$$D_o = \frac{E_b F b^2}{2} \quad (3.11)$$

olacaktır. D_o rijitliği, kolonların $E_b F$ eksensel rijitliğine bağlıdır. (3.8) ifadesi;

$$y_1' = \frac{b}{D_o} \int_0^z N_z dz$$

şeklinde yazılırsa, çok katlı çerçevelerde kenar kolonların eksensel değişiminin de göz önüne alınması ile (3.7) denklemi;

$$T_o = K_s (y' + \frac{b}{D_o} \int_0^z N_z dz) \quad (3.12)$$

şeklini alır. (3.12) denklemi yatay bir kesitte kesme kuvvetlerinin denge şartıdır. Kolon kesitlerinin artması ve düşey elemanların D eğilme rijitliğinin kendisini hissettirmesi durumunda (3.12) denge şartı;

-

$$T_o = -Dy''' + K_S(y' + \frac{b}{D_o} \int_0^z N_z dz) \quad (3.13)$$

olacaktır. Kenar kolonların N_z normal kuvvetleri aynı yatay kesitteki moment denge şartından bulunur:

$$N = \frac{M_o - M}{b} = \frac{M_o + Dy''}{b}$$

Burada M_o dış kuvvetlerin z seviyesindeki momentidir. (3.13) denkleminin bir defa türevi alınırsa

$$Dy^{IV} - K_S k^2 y'' - \frac{K_S}{D_o} M_o - P(z) = 0 \quad (3.14)$$

yazılır veya yer değiştirmeyi D kez büyüten $w = Dy$ teriminin yardımıyla

$$v^2 w^{IV} - w'' - \frac{k^2 - 1}{k^2} M_o - v^2 P(z) = 0 \quad (3.15)$$

yazılır. Burada

$$v^2 = \frac{D}{K_S k^2} \quad (3.16)$$

lineer bir karakteristik ve

$$k^2 = 1 + \frac{D}{D_o} \quad (3.17)$$

dır. $M = -w''$ olmasından dolayı (3.15) denklemini ikinci mertebeye indirgenerek de yazılabilir:

$$M'' - \frac{K_s k^2}{D} M + \frac{K_s (k^2 - 1)}{D} M_0 + P(z) = 0 \quad (3.18)$$

(3.15) denkleminin geneldir. Perde-çerçeve sistemlerinin her türü boşluklu perdeler ve birleşik çerçeveler de dahil olmak üzere (3.15) denkleminin çözümüyle çözülebilir.

3.2.2 Esas Denklemler

(3.15) diferansiyel denkleminin genel çözümü

$$w = C_1 + C_2 z + C_3 \operatorname{Ch}\left(\frac{z}{v}\right) + C_4 \operatorname{Sh}\left(\frac{z}{v}\right) + C_6(z) \quad (3.19)$$

dır. C_1, C_2, C_3 ve C_4 integral sabitleri, $C_6(z)$ yatay yükleme durumuna bağlı özel çözümdür.

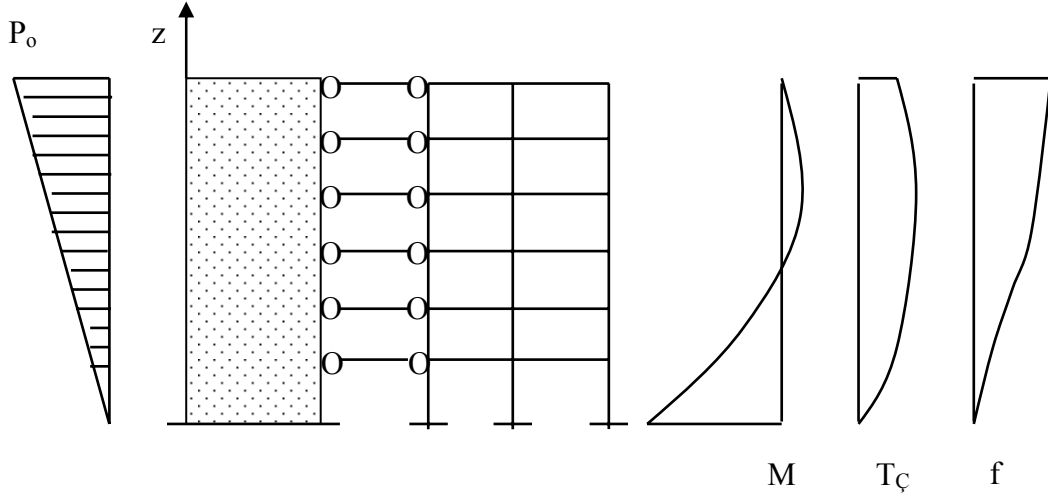
Farklı düzlemlerde bulunan dolu perde ve kayma çerçevesinden oluşan sistem, tepe değeri P_0 olan üçgen yayılı yükün etkisinde bulunsun (Şekil 3.5.2).

Kolonların eğilme rijitliklerinin toplamı perdeye göre çok küçük olduğundan D eğilme rijitliği olarak yalnız perdenin eğilme rijitliği alınacaktır.

Sınır koşulları:

- 1- $w(0) = 0$
- 2- $w'(0) = 0$
- 3- $-w'''(0) = T_0(0)$
- 4- $w''(H) = 0$

dır. $w'(0) = 0$ şartı temel dönmemesinin bulunmadığını göstermektedir.



Şekil 3.7 Perde Çerçeve Sistemlerine Ait Diyagramlar

$P(z) = P_0 \frac{z}{H}$ üçgen yayılı yükten dolayı herhangi bir kesitteki kesme kuvveti ve eğilme momenti sırası ile

$$T_0 = \frac{P_0 H}{2} \left(1 - \frac{z^2}{H^2}\right) \quad (3.20)$$

$$M_0 = - \frac{P_0 H^2}{6} \left(2 - 3 \frac{z}{H} + \frac{z^3}{H^3}\right)$$

dır. Bu koşullar altında (3.15) denkleminin genel çözümü:

$$w = C_1 + C_2 z + C_3 \operatorname{Ch}\left(\frac{z}{v}\right) + C_4 \operatorname{Sh}\left(\frac{z}{v}\right) - \frac{P_0 v^2}{6k^2 H} z^3 + \frac{k^2 - 1}{6k^2 H} P_0 \left(H^3 z^2 - \frac{H^2 z^3}{2} + \frac{z^5}{20}\right) \quad (3.21)$$

şeklinde yazılacaktır. Sınır koşullarının da yardımıyla integral sabitleri

$$C_1 = - \frac{P_0 v^4 \kappa}{k^2} \quad (3.22)$$

$$C_2 = \frac{P_o v^4 \lambda^*}{k^2}$$

$$C_3 = \frac{P_o v^4 \kappa}{k^2}$$

$$C_4 = -\frac{P_o v^4 \lambda^*}{k^2}$$

olarak bulunur. Burada

$$\lambda = \frac{H}{v} \quad \lambda^* = \lambda \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\lambda^2} \right) \quad \text{ve} \quad \kappa = \frac{1 + \lambda^* \text{Sh} \lambda}{\text{Ch} \lambda} \quad (3.23)$$

dır. (3.22) yardımıyla (3.21) denklemini nihai olarak

$$w = \frac{P_o v^4}{k^2} \left[\lambda^* \frac{z}{v} - \frac{z^3}{6Hv^2} + \kappa \text{Ch} \frac{z}{v} - \lambda^* \text{Sh} \frac{z}{v} - \kappa + \frac{k^2 - 1}{6Hv^4} \left(H^3 z^2 - \frac{H^2 z^3}{2} + \frac{z^5}{20} \right) \right] \quad (3.24)$$

olacaktır. $w = Dy$ olduğundan yapının en üst katının f sehimi için

$$f = \frac{P_o H^4}{\lambda^2 k^2 D} \left[\frac{1}{3} - \frac{\kappa}{\lambda^2} + \frac{11}{120} (k^2 - 1) \lambda^2 \right] \quad (3.25)$$

bulunur.

Kesit tesirlerine (3.24) ifadesinin türevlerinin yardımı ile geçilir. Perde eğilme momenti:

$$M = -w'' = -\frac{P_o H^2}{k^2} \left[\frac{1}{\lambda^2} \left(-\frac{z}{H} + \kappa \text{Ch} \frac{z}{v} - \lambda^* \text{Sh} \frac{z}{v} \right) + \frac{k^2 - 1}{6} \left(2 - 3 \frac{z}{H} + \frac{z^3}{H^3} \right) \right] \quad (3.26)$$

perde kesme kuvveti:

$$T = M' = \frac{P_o H}{k^2} \left[\frac{1}{\lambda^2} - \frac{\kappa}{\lambda} \text{Sh} \frac{z}{v} + \frac{\lambda^*}{\lambda} \text{Ch} \frac{z}{v} + \frac{k^2 - 1}{2} \left(1 - \frac{z^2}{H^2}\right) \right] \quad (3.27)$$

olacaktır. Çerçeveye gelen kesme kuvveti:

$$T_\varphi = T_o - T = \frac{P_o H}{k^2} \left[-\frac{1}{\lambda^2} + \frac{\kappa}{\lambda} \text{Sh} \frac{z}{v} - \frac{\lambda^*}{\lambda} \text{Ch} \frac{z}{v} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{z^2}{H^2}\right) \right] \quad (3.28)$$

dır.

Perde sayısı birden fazla ise M ve T perde rijitlikleri oranında perdeler arasında dağıtılır. Verilen perde-çerçeve sistemine ait perde eğilme momenti ve çerçevenin kat kesme kuvveti diyagramları ile elastik eğri (Şekil 3.7)'de görülmektedir.

3.2.3 Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi

Çok katlı perde-çerçeve sistemlerinin, yatay yüklere göre burulmalı olarak hesabının birinci adımını oluşturan öteleme hesapları sonucu, eleman kesme kuvvetleri ile dış kuvvetlerin, her kat aralığında, düşey eksnlere göre moment bakımından dengede olmadıkları görülür. Dengeyi sağlamayan bu kat aralığı momentleri, sisteme yüksekliği boyunca üçgen yayılı dış burulma momentleri olarak etkilerek, sistem bu kez yalnız burulmaya göre hesaplanır. Bu bölümde, ikinci adımı oluşturan burulma hesabı için “Sürekli Burulma Çubuğu Analjisi Yöntemi” (ÇELEBİ,Ü., 1990) açıklanmıştır.

Burulmalı bir perde-çerçeve sisteminin planı şekil 3.8 ve şekil 3.9'de gösterilmiştir. Burada:

- 1- Sisteme sadece $m(z)$ üçgen yayılı dış burulma momentinin etkidiği,
- 2- Bütün katların planda aynı bir R noktası etrafında döndükleri, yani sistemin sabit bir düşey dönme ekseninin bulunduğu kabul edilmektedir.

Bu durumda fiktif bir sistem tanımlanarak 3.2.1' de anlatılan “diferansiyel denklem yöntemi” yardımıyla çözüm yapılabilir.

(3.14) diferansiyel denkleminde;

$$D \text{ yerine } D_{\theta} = \Sigma (y^2 D_x + x^2 D_y) \quad (3.29)$$

$$D_o \text{ yerine } D_{o_{\theta}} = \Sigma (y^2 D_{o_x} + x^2 D_{o_y})$$

$$K_S \text{ yerine } K_{\theta} = \Sigma (y^2 K_{Sx} + x^2 K_{Sy})$$

$$k^2 \text{ yerine } k_{\theta}^2 = 1 + \frac{D_{\theta}}{D_{o_{\theta}}}$$

rijitlikleri ile $P(z)$ üçgen yayılı dış yükünün yerine $m(z)$ üçgen yayılı dış burulma momenti alınarak, burulma durumuna ait

$$D_{\theta} \theta^{IV} - K_{\theta} k_{\theta}^2 \theta'' - \frac{K_{\theta}}{D_{o_{\theta}}} M_o - m(z) = 0 \quad (3.30)$$

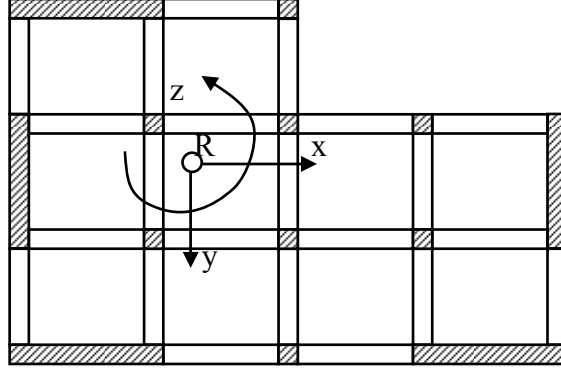
veya fiktif yer değiştirmeyi D_{θ} kez büyüten $\bar{w} = D_{\theta} \theta$ teriminin yardımıyla

$$\bar{v}^2 \bar{w}^{IV} - \bar{w}'' - \frac{k_{\theta}^2 - 1}{k_{\theta}^2} M_o - \bar{v}^2 m(z) = 0 \quad (3.31)$$

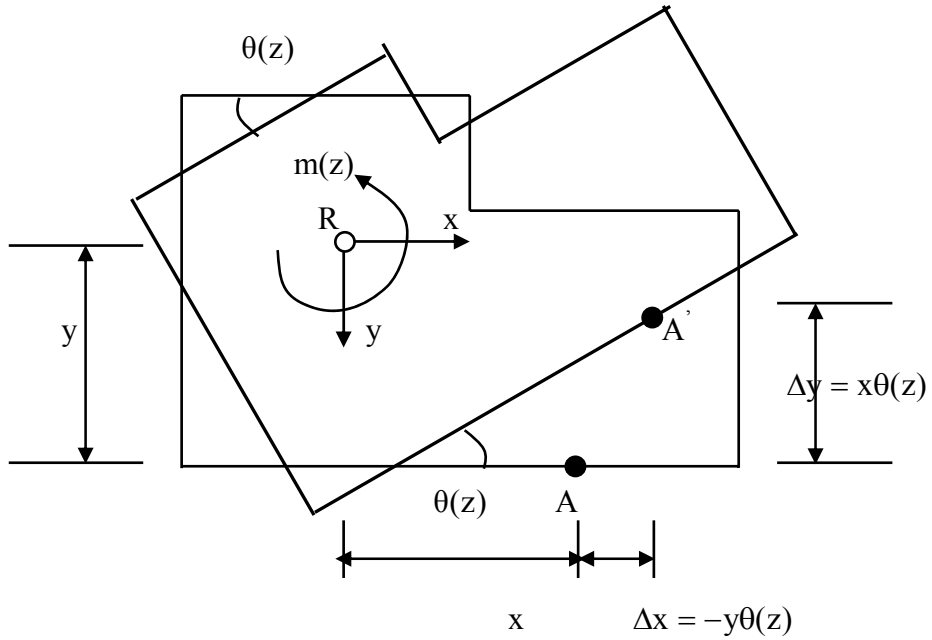
diferansiyel denklemleri elde edilir. Burada,

$$\bar{v}^2 = \frac{D_{\theta}}{K_{\theta} k_{\theta}^2} \quad (3.32)$$

şeklinde sistemin karakteristiklerine bağlı lineer bir katsayıdır.



Şekil 3.8. Perde Çerçeve Sistemi Planı



Şekil 3.9. Üçgen Yayılı Dış Burulma Momenti Etkisindeki Bir Perde-Çerçeve Sistemi

(3.31) denklemi (3.15) denklemi gibi geneldir. Her türlü burulmalı perde-çerçeve sistemlerinin burulma hesabı bu denklem yardımı ile kolayca yapılabilir.

(3.31) diferansiyel denkleminin çözümü sonucunda, fiktif yanal yer değiştirmeler ile \bar{M} fiktif perde toplam eğilme momentleri ve $\bar{T}_ç$ fiktif çerçeve kat kesme kuvvetleri bulunur. Daha sonra bu değerler perdelere $y^2 D_x$ ve $x^2 D_y$ değerleri ile çerçevelere de $y^2 K_{Sx}$ ve $x^2 K_{Sy}$ değerleri ile orantılı olarak dağıtılır. Gerçek yapıya ait kesit tesirlerini bulmak için bu şekilde dağıtılmış olan kesit tesirlerini x doğrultusundaki taşıyıcı elemanlar için $-\frac{1}{y}$, y doğrultusundaki taşıyıcı elemanlar içinde $\frac{1}{x}$ ile çarpmak yeterlidir.

İnce cidarlı ve açık kesitli çubukların (açık tüplerin) burulması için Vlasov tarafından bulunan ve burulma sırasında düzlemsel tüp elemanların kendi düzlemlerindeki eğilmeleri de göz önüne alınarak çıkarılmış olan diferansiyel denklem;

$$EI_w \Phi^{IV} - GJ_t \Phi'' = m(z) \quad (3.33)$$

şeklindedir. Burada I_w kesite ait L^6 boyutunda bir büyüklük olup çarpılma atalet momenti olarak adlandırılır. EI_w çarpılma rijitliği, GJ_t ise burulma rijitliğidir.

Açık tüplerin üniform olmayan burulma teorisinde (Vlasov teorisi) açık tüp kesitlerin, eğilmedeki kayma merkeziyle çakışan ve burulma merkezi adı verilen belirli bir nokta etrafında döndükleri kabul edilmektedir.

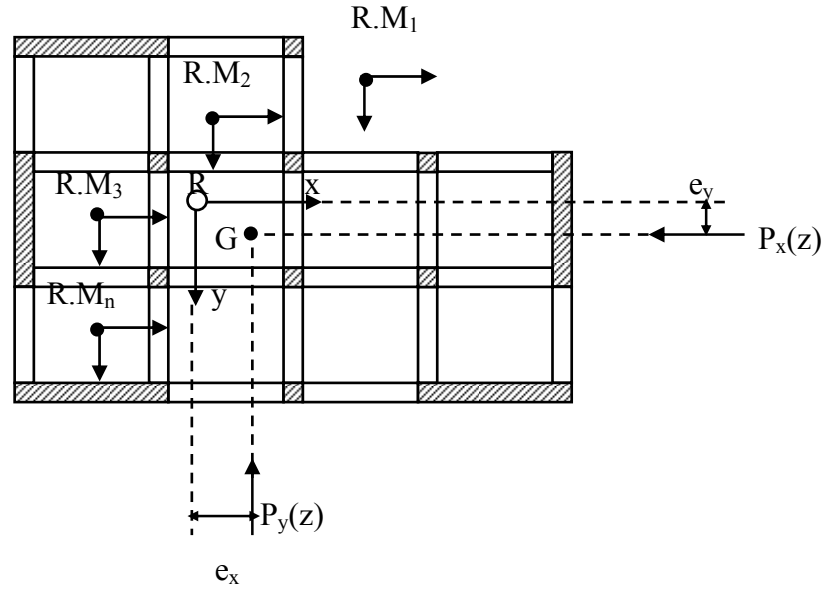
Perde-çerçeve sistemlerinin öteleme durumuna ait (3.14) denklemi ile burulma durumuna ait (3.30) ve açık tüplerin üniform olmayan burulmasına ait (3.33) denklemleri karşılaştırılırsa, bunların büyüklükleri arasında bire bir analogi görülür. Bu analogide esas olarak, Vlasov teorisindeki $\Phi(z)$ dönme fonksiyonu ile kirişlerin basit eğilme teorisindeki $y(z)$ çökme fonksiyonu arasındaki karşılıklı özdeşlikten yararlanılmaktadır. Buna göre gerçek sistem (burulmalı perde-çerçeve sistem veya açık tüp) ile fiktif sistemdeki (burulmasız perde-çerçeve sistem) büyüklükler arasındaki analogi tablo 3.1'de gösterilmiştir. Tablodaki $B_w(z)$ bimoment fonksiyonu eğilme momentine benzer olup paralel iki düzlem içinde etkiyen eşit ama ters yönlü bir eğilme momenti çiftidir.

Çizelge 3.1. Gerçek sistem (burulmalı perde-çerçeve) ile fiktif sistem (burulmasız perde-çerçeve)'deki büyüklükler arasındaki analogi

Gerçek Sistem	Fiktif Sistem
$\Phi(z)$, z eksenine etrafındaki dönme açısı	$y(z)$, y eksenine doğrultusundaki yer değiştirme
$\Phi'(z)$	$y'(z)$
$\Phi''(z)$	$y''(z)$
$m(z)$, z eksenine etrafındaki üçgen yayılı moment yükü	$P(z)$, y eksenine doğrultusunda üçgen yayılı yük
$B_w(z)$, Bimoment (çarpılma momenti)	$M(z)$, Perde eğilme momenti
$M_t(z)$, z eksenine etrafındaki burulma momenti	$T(z)$, Perde kesme kuvveti

Perdelere ve çerçevelere oluşan yapılarda, dış yüklere bağlı olan rijitlik merkezleri aşağıdaki şekilde bulunur.

Yapının x ve y eksenleri doğrultusundaki öteleme hesapları birbirinden bağımsız olarak yapılır. Bu hesaplar sonunda bulunan eleman kesme kuvvetlerinin her kat için hesaplanan bileşke noktası o kata ait rijitlik merkezidir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Katların Rijitlik Merkezi

Aşağıda açıklanan iki özel durumda yapının hesabı doğrudan doğruya yapılabilmektedir:

- 1- Her katta, o katın üstünde kalan dış yüklerin bileşkesi kat rijitlik merkezinden geçerse yapı burulma yapmaz. Bu durumda öteleme hesaplarıyla yetinilebilir.
- 2- R.M₁, R.M₂,, R.M_n ile gösterilen rijitlik merkezleri her kat için aynı ise sistemin gerçek bir dönme eksenine sahiptir. Bu durumda

$$m(z) = e_x P_y(z) - e_y P_x(z) \quad (3.34)$$

bağıntısı ile dış burulma momenti değeri hesaplanır. Daha sonra da iç kuvvet dağılımı bulunarak hesap tamamlanır. Ancak uygulamada, simetrik yapılar ile yalnız çerçevelerden veya yalnız perdelerden oluşan yapılar dışında bu özel durumlara rastlanmamaktadır. Genel olarak burulma hesabını, bütün katlar için ortak bir dönme eksenini hesaplayarak yapmak mümkündür. Ortak dönme eksenini olarak R.M₁, R.M₂,, R.M_n kat rijitlik merkezlerine ait koordinatların, dış yüklere göre ağırlıklı ortalamaları alınarak hesap yapılabilir (3.35).

$$X_R = \frac{\sum_{i=1}^n T_{oi} X_{Ri}}{\sum_{i=1}^n T_{oi}} \quad \text{ve} \quad Y_R = \frac{\sum_{i=1}^n T_{oi} Y_{Ri}}{\sum_{i=1}^n T_{oi}} \quad (3.35)$$

Burada, T_o (3.20) formülüyle hesaplanan her kata gelen toplam kesme kuvveti, X_R ve Y_R ise katların rijitlik merkezi koordinatlarıdır.

(3.31) diferansiyel denkleminin genel çözümü ile (3.15) diferansiyel denkleminin genel çözümü analogi nedeniyle tamamen aynıdır. Yalnız burada dış yük olarak $P(z)$ üçgen yayılı yükü yerine (3.34) formülü ile verilen $m(z)$ üçgen yayılı burulma momenti alınmaktadır.

Üçgen yayılı burulma momenti yüklemesinden dolayı (3.31) diferansiyel denkleminin genel çözümü:

$$\bar{w} = \frac{m_o \bar{v}^4}{\bar{k}^2} \left[\bar{\lambda}^* \frac{z}{\bar{v}} - \frac{z^3}{6H\bar{v}^2} + \bar{\kappa} \text{Ch} \frac{z}{\bar{v}} - \bar{\lambda}^* \text{Sh} \frac{z}{\bar{v}} - \bar{\kappa} + \frac{\bar{k}^2 - 1}{6H\bar{v}^4} \left(H^3 z^2 - \frac{H^2 z^3}{2} + \frac{z^5}{20} \right) \right] \quad (3.36)$$

şeklindedir. Burada

$$m_o = e_x P_{yo} - e_y P_{xo} \quad (3.37)$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{D_\theta}{K_\theta k_\theta^2}} \quad \bar{\lambda} = \frac{H}{\bar{v}} \quad \bar{\lambda}^* = \bar{\lambda} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\bar{\lambda}^2} \right) \quad \text{ve} \quad \bar{\kappa} = \frac{1 + \bar{\lambda}^* \text{Sh} \bar{\lambda}}{\text{Ch} \bar{\lambda}} \quad (3.38)$$

dır. Kesit tesirlerine (3.36) ifadesinin türevleri yardımıyla geçilir.

Buna göre fiktif perde eğilme momenti:

$$\bar{M} = -\bar{w}'' = -\frac{m_o H^2}{\bar{k}^2} \left[\frac{1}{\bar{\lambda}^2} \left(-\frac{z}{H} + \bar{\kappa} \text{Ch} \frac{z}{\bar{v}} - \bar{\lambda}^* \text{Sh} \frac{z}{\bar{v}} \right) + \frac{\bar{k}^2 - 1}{6} \left(2 - 3 \frac{z}{H} + \frac{z^3}{H^3} \right) \right] \quad (3.39)$$

fiktif perde kesme kuvveti:

$$\bar{T} = \bar{M}' = \frac{m_o H}{\bar{k}^2} \left[\frac{1}{\bar{\lambda}^2} - \frac{\bar{k}}{\bar{\lambda}} \text{Sh} \frac{z}{\bar{v}} + \frac{\bar{\lambda}^*}{\bar{\lambda}} \text{Ch} \frac{z}{\bar{v}} + \frac{\bar{k}^2 - 1}{2} \left(1 - \frac{z^2}{H^2}\right) \right] \quad (3.40)$$

olacaktır. Fiktif çerçevelere gelen kesme kuvveti ise:

$$\bar{T}_\zeta = \bar{T}_o - \bar{T} = \frac{m_o H}{\bar{k}^2} \left[-\frac{1}{\bar{\lambda}^2} + \frac{\bar{k}}{\bar{\lambda}} \text{Sh} \frac{z}{\bar{v}} - \frac{\bar{\lambda}^*}{\bar{\lambda}} \text{Ch} \frac{z}{\bar{v}} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{z^2}{H^2}\right) \right] \quad (3.41)$$

şeklindedir.

3.2.4 Perde Çerçeve Sistemlerinde Burulma Düzensizliğine Yapı Rijitliği ve Geometrisinin Etkisi

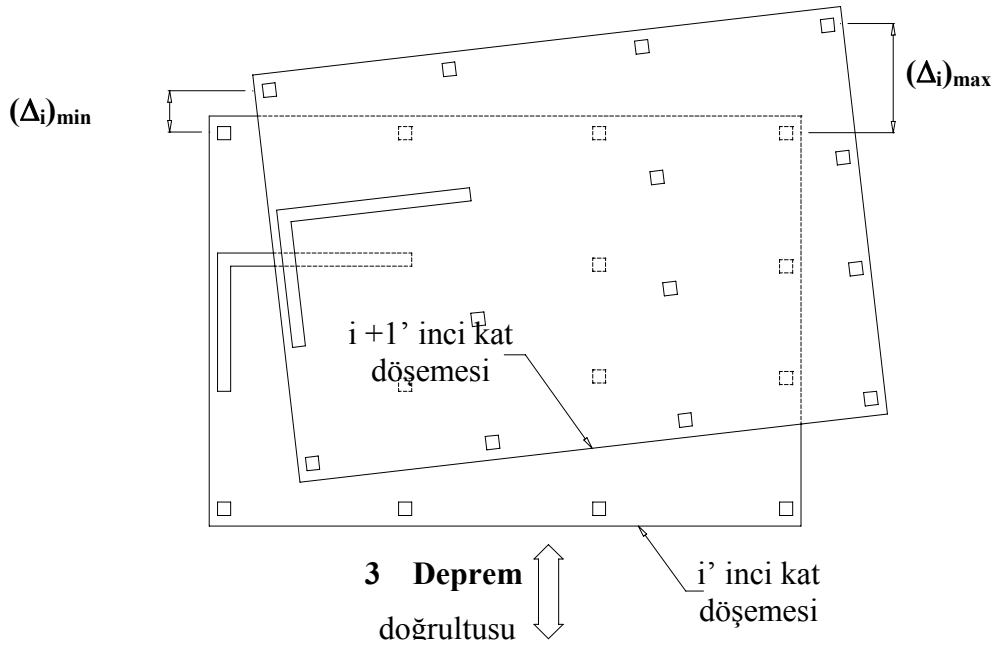
A.B.Y.Y.H.Y.'in 6.3.2.1 maddesinde burulma düzensizliği aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

A1 - Burulma Düzensizliği:

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur (Şekil 3.11).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (3.42)$$

Denklem (3.42)'de yer alan η_{bi} burulma düzensizliği katsayısının 1.2 değerinden büyük olması durumunda yapıda “A1 – Burulma Düzensizliği” vardır. Burada $(\Delta_i)_{\max}$ kattaki en büyük görelî kat ötelemesi, $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ kattaki ortalama görelî kat ötelemesi değerleridir.



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1/2 [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı:

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}}$$

Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

Şekil 3.11. A1 Burulma Düzensizliği

Hesaplarda kullanılan deprem yükü her iki deprem doğrultusunda (x ve y) hesaplanmıştır ve A.B.Y.Y.H.Y.'nin 6.7.1.1 maddesinde tanımlanan “eşdeğer deprem

yükü” yöntemiyle yapılmıştır. Buna göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen “Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti)”, V_t , denklem (3.43) ile belirlenecektir.

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 A_o I W \quad (3.43)$$

Binanın birinci doğal titreşim periyodu T_1 , denklem (3.44) ile hesaplanacaktır.

$$T_1 = a_1 H^2 \sqrt{\frac{m}{Dh}} \quad (3.44)$$

$$\lambda = H \sqrt{\frac{K_S}{D_o}} \quad (3.45)$$

Denklem (3.44)’de yer alan a_1 katsayısı denklem (3.45)’e göre hesaplanan λ değerine bağlı olarak, (BİLYAP, S., 1979)’da verilen λ - a_1 grafiğinden bulunacak bir katsayıdır. Denklem (3.44)’de yer alan H binanın toplam yüksekliği, m bir katın toplam kütlesi, D toplam perde eğilme rijitliği ve h kat yüksekliğidir. Denklem (3.45)’deki K_S sistemin toplam kayma rijitliği ve D_o sistemin toplam eğilme rijitliği değerleridir.

Denklem (3.43)’de yer alan ve binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak göz önüne alınacak olan W , denklem (3.46) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.46)$$

Denk.(3.46)’deki w_i kat ağırlıkları ise denklem(3.47) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + n q_i \quad (3.47)$$

Denklem (3.47)’da yer alan hareketli yük katılım katsayısı, n , tablo 3.2’de verilmiştir. Kar yüklerinin %30’u sabit yük olarak göz önüne alınacaktır. Endüstri binalarında; sabit ekipman ağırlıkları için $n = 1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında göz önüne alınmayacaktır.

Çizelge 3.2. Hareketli yük katılım katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.8
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.6
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.3

Denklem (3.42)'deki spektral ivme katsayısı, $A(T)$, denklem (3.48) ile verilmiştir.

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.48)$$

Denklem (3.48)'de yer alan etkin yer ivmesi katsayısı, A_0 , tablo 3.3'te tanımlanmıştır.

Çizelge 3.3. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

<i>Deprem Bölgesi</i>	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Denklem (3.48)'de yer alan bina önem katsayısı, I , tablo 3.4'te tanımlanmıştır.

Denklem (3.48)'de yer alan spektrum katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak denklem (3.49) ile hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5 T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.49.a)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (3.49.b)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (3.49.c)$$

Çizelge 3.4. Bina Önem Katsayısı (I)

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (HASTANELER , DISPANSERLER , SAĞLIK OCAKLARI , ITFAIYE BINA VE TESİSLERİ , PTT VE DİĞER HABERLEŞME TESİSLERİ , ULAŞIM İSTASYONLARI VE TERMINALLERİ , ENERJİ ÜRETİM VE DAĞITIM TESİSLERİ ; VILAYET , KAYMAKAMLIK VE BELEDİYE YÖNETİM BINALARI , İLK YARDIM VE AFET PLANLAMA İSTASYONLARI) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri , yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar , cezaevleri , vb. b) Müzeler	1.4
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri , sinema , tiyatro ve konser salonları , vb.	1.2
<u>4. Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları , vb)	1.0

Denk. (3.49)'daki spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B , yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Tablo 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)

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

Denklem (3.43)'de yer alan deprem yükü azaltma katsayısı, $R_a(T)$, çeşitli taşıyıcı sistemler için aşağıdaki Tablo 3.6'da tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R 'ye ve doğal titreşim periyodu, T 'ye bağlı olarak denklem (3.50) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.50a)$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A) \quad (3.50b)$$

Çizelge 3.6 - Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

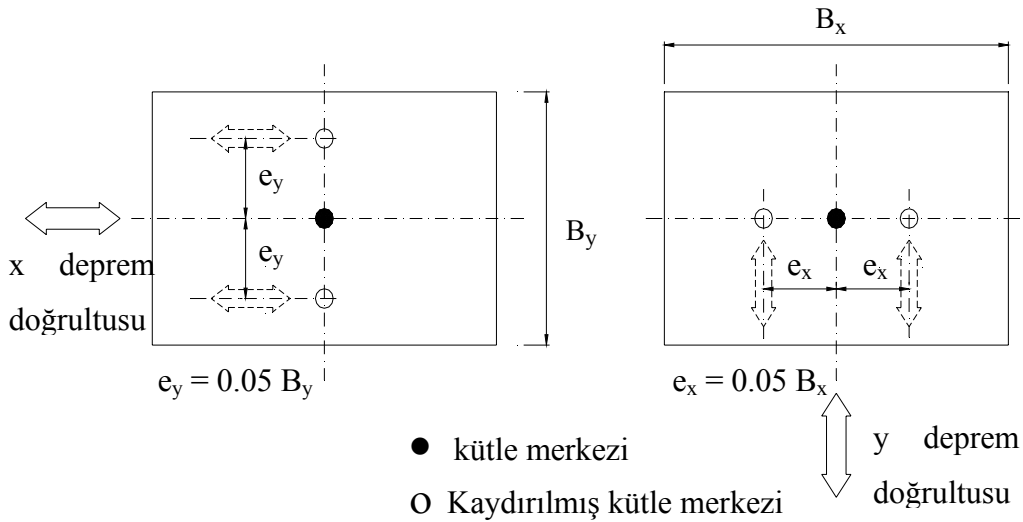
BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3)DEPREM YÜKLERİNİN TAMAMININ BOSLUKSUZ PERDELERLE TASINDIGI BİNALAR.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve / veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.....	4	7

A.B.Y.Y.H.Y.'nin 6.7.3 maddesinde yer alan deprem yüklerinin etkime noktaları, %5 ek dış merkezlik ve artırılmış ek dış merkezlik konuları burulma hesaplarında göz önüne alınarak kullanılmıştır.

Her kata etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak uygulanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun $\pm 5\%$ 'i ve -5% 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalardır (Şekil 3.12).

Binanın herhangi bir i 'inci katında tanımlanan A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, yukarıdaki tanımlara göre bu kata uygulanan $\pm 5\%$ ek dış merkezlik, her iki deprem doğrultusu için denklem (3.51)'de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2 \quad (3.51)$$



Şekil 3.12. Ek Dış Merkezlik

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

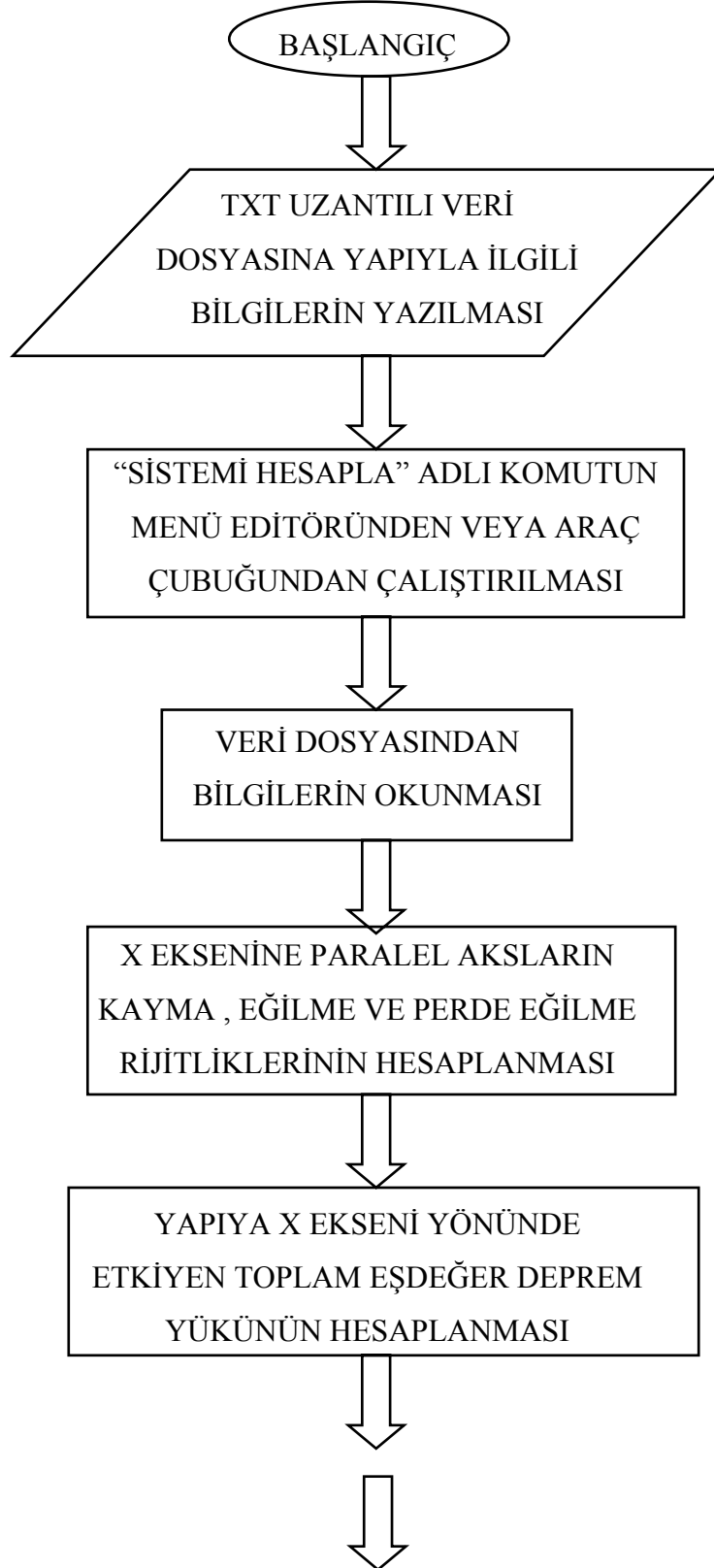
Giriş bölümünde belirtildiği gibi, bu çalışmada çok katlı perdeli yapılarda, burulma düzensizliğine yapı geometrisinin ve taşıyıcı sistem rijitliğinin etkileri incelenmiştir.

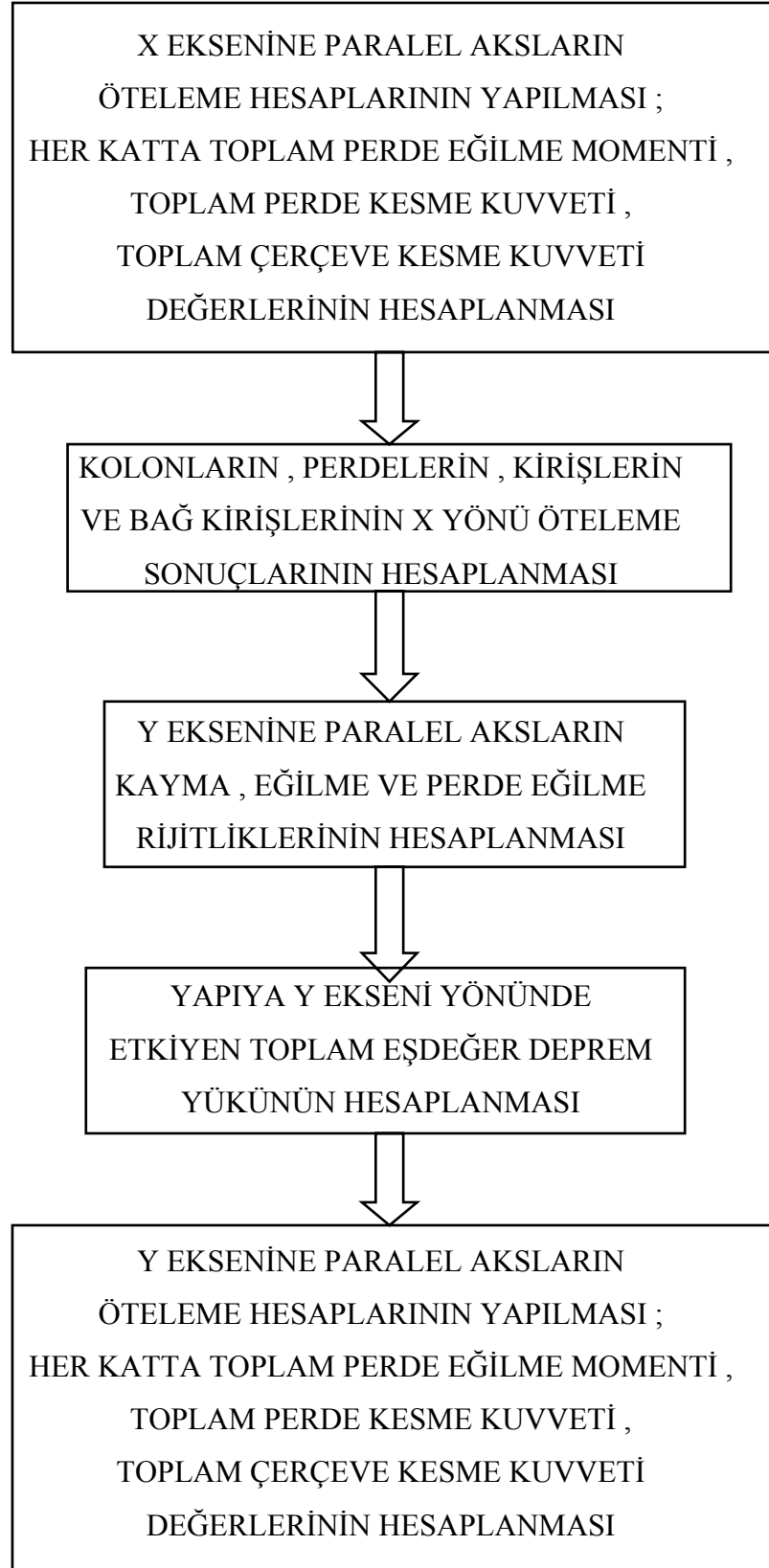
teleme ve burulma hesaplarının hızlı bir Şekilde yapılabilmesi için Visual Basic 5.0 ile bir bilgisayar programı hazırlanmıŐtır (YANIK, M., 2000).

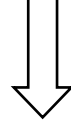
Bu amaçla rijitlikleri ve geometrisi farklı olmak üzere beş ayrı yapı seçilmiŐ, öteleme ve burulma hesapları yapılarak grafikler çizilmiŐtir. Rijitlik deđiŐikliđi, ilk dört uygulamada yapılara aks eklenerek ve perde yerleri deđiŐtirilerek sađlanmıŐtır. Geometri deđiŐikliđi ise, son örnekte birinci yapı planından bir kısım bölge atılarak sađlanmıŐtır. Beş rneğinde kat planları, hesap sonuçları ve grafikleri, araştırma bulguları ve yöntem bölümünde verilmiştir. SeçilmiŐ olan beş örnek kaynaklarda verilmiŐ olan ‘‘A Comparative Study on Torsionally Unbalanced Multi-storey Structures Under Seismic Loading’’, çalıŐmasından esinlenerek hazırlanmıŐtır (GÜLAY , F.G. , ALIM , G. 2001).

Araştırma bulguları ve yöntem bölümünün son kısmında ise 6 katlı bir yapı hazırlanan bilgisayar programı ve Sap2000 (Structural Analysis Programs) programı ile hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

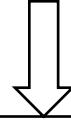
4.1 Programın Akış Diyagramı



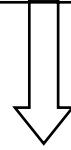




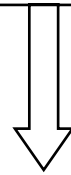
KOLONLARIN, PERDELERİN, KİRİŞLERİN
VE BAĞ KİRİŞLERİNİN Y YÖNÜ ÖTELEME
SONUÇLARININ
HESAPLANMASI



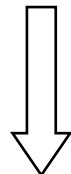
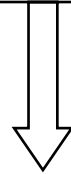
KATLARIN RİJİTLİK MERKEZLERİNİN
KOORDİNATLARININ HESAPLANMASI

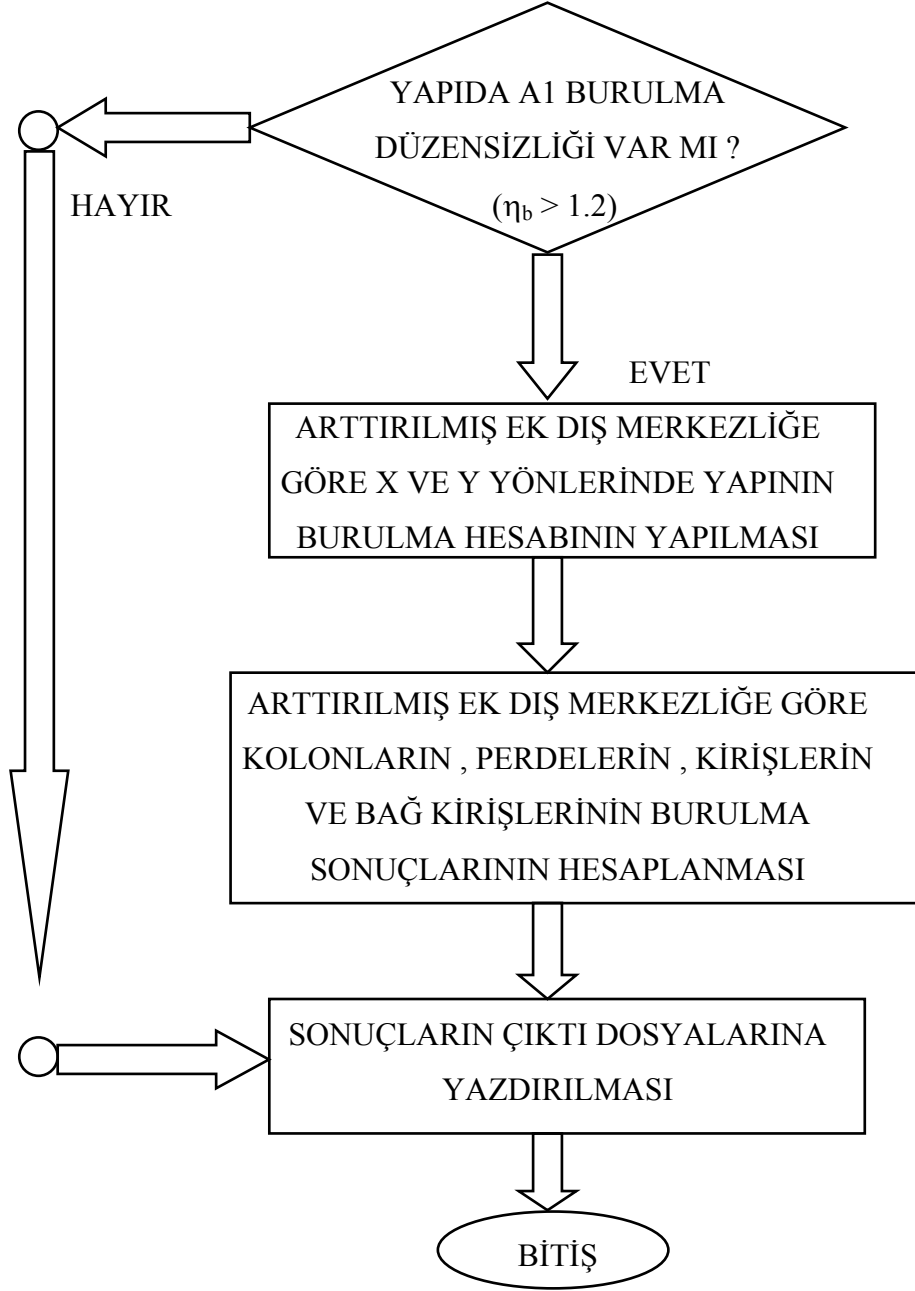


% 5 EK DIŞ MERKEZLİĞE GÖRE
X VE Y YÖNLERİNDE YAPININ
BURULMA HESABININ YAPILMASI



% 5 EK DIŞ MERKEZLİĞE GÖRE
KOLONLARIN , PERDELERİN , KİRİŞLERİN
VE BAĞ KİRİŞLERİNİN BURULMA
SONUÇLARININ HESAPLANMASI





Şekil 4.1. Programın Akış Diyagramı

4.2. Veri Dosyasının Hazırlanması

Çok katlı perde-çerçeve sistemlerinin yatay yük etkisi altında öteleme ve burulma hesaplarını yapmak amacıyla Visual Basic 5.0 ile hazırlanan bu bilgisayar programında herhangi bir yapıyı çözebilmek için txt uzantılı bir veri dosyasının hazırlanması gerekmektedir.

Veri dosyasında öncelikle hesabı yapılacak yapının elastisite modülü, kat sayısı, kat yüksekliği, deprem bölgesi, bina önem katsayısı (tablo 3.4) ve yerel zemin sınıfı (tablo 3.5) değerleri veri olarak girilir. Daha sonra X eksen yönündeki aks sayısı, Y eksen yönündeki aks sayısı, düğüm noktası sayısı, kolon sayısı, perde sayısı, kiriş sayısı değerleri dosyaya yazılır. Bir sonraki adımda kolon, perde, kiriş gibi elemanların yapı planındaki yerleşim koordinatları ve boyutları veri dosyasına veri olarak girilir. Son olarakta X ve Y yönündeki aksların taşıyıcı sistem türleri (bölüm 3.4), global eksenlere olan uzaklıkları ve hesap uzunlukları dosyaya yazılarak veri dosyasının hazırlanma işlemi tamamlanır.

Bir örnek yapının veri dosyasının oluşturulması ve bu konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgiler ekte verilen bilgisayar disketinde bulunmaktadır.

4.3. Program Penceresi ve Program Nesneleri

Veri dosyası hazırlandıktan sonra “perde-çerçeve sistemleri.exe” adlı program çalıştırılarak programın penceresi elde edilir. Program penceresinde menü editör ve araç çubuğu yer almaktadır. Menü editöründe dosya ve sonuçlar adlı iki bölüm vardır. Dosya bölümünde “veri dosyası aç”, “sistemi hesapla” ve “programı kapat” adlı komutlar bulunmaktadır. “Veri dosyası aç” adlı komutla yeni bir veri dosyası oluşturulabilir veya var olan bir veri dosyasında istenen değişiklikler yapılır. “Sistemi hesapla” adlı komut çalıştırıldığında hesabı yapılacak veri dosyasının isminin istendiği bir veri kutusu ekrana gelir. Veri dosyasının ismi yazılıp enter tuşuna basılırsa yapının tüm hesapları program tarafından yapılır, sonuç dosyaları oluşturulur ve sonuçlar kaydedilir. “Programı kapat” komutu ile programdan çıkılır. Sonuçlar bölümünde ise hesabı yapılan veri dosyasının tüm sonuç dosyalarının açılacağı komutlar yer almaktadır. Araç çubuğu nesnesinde ise menü editöründe bulunan tüm komutların simgeleri vardır. Bu simgeler

komutların işlevlerini yerine getirdikleri için menü editörünü kullanmadan da araç çubuğuyla tüm işlemler yapılabilir.

Bu konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgiler ekte verilen bilgisayar disketinde bulunmaktadır.

4.4. Sonuç Dosyaları

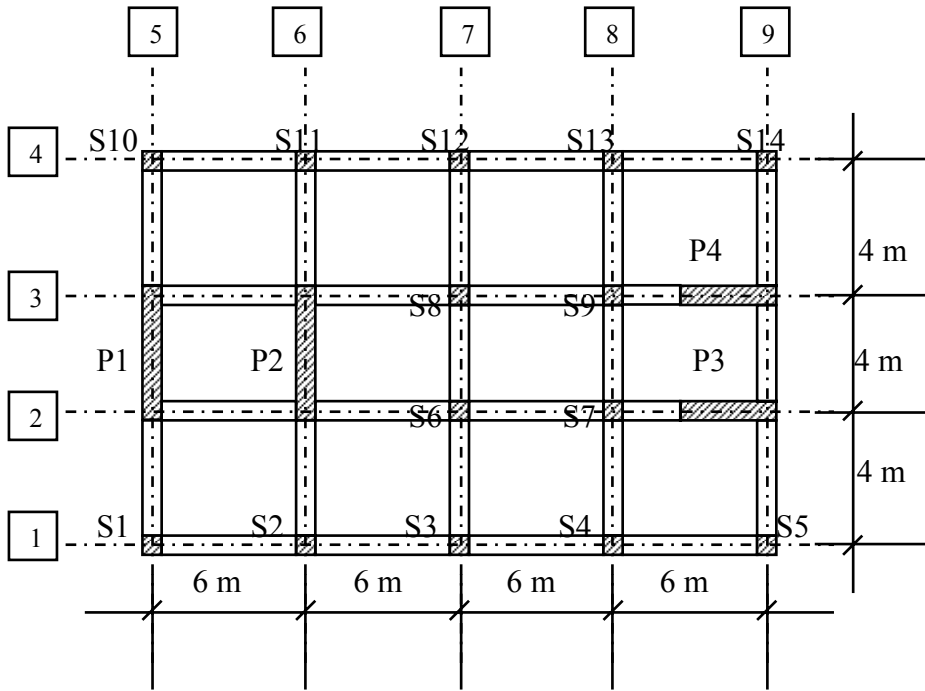
Bunlar “yapı genel bilgileri”, “öteleme sonuçları”, “katların rijitlik merkezi koordinatları”, “burulma sonuçları”, “kolon sonuçları”, “perde sonuçları”, “kiriş sonuçları” ve “bağ kirişi sonuçları” adlı komutlardır. Öteleme sonuçları “X yönü öteleme sonuçları” ve “Y yönü öteleme sonuçları” olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Burulma sonuçları ise “%5 ek dış merkeze göre” ve “arttırılmış ek dış merkeze göre” olmak üzere iki kısma ayrılmıştır.

Sonuç dosyalarıyla ilgili daha ayrıntılı açıklamalar ekte verilen bilgisayar disketinde bulunmaktadır.

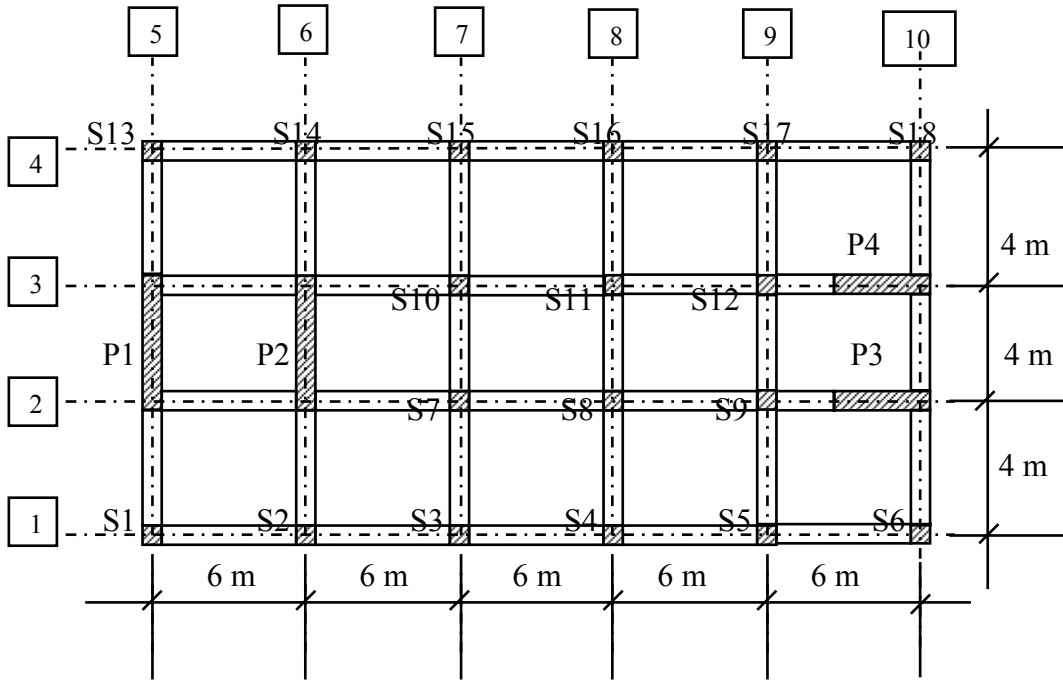
4.5.Uygulamalar

Bu bölümde Visual Basic 5.0 ile hazırlanan bilgisayar programıyla 5 ayrı yapının hesapları yapılmıştır ve sonuçlar kıyaslanıp incelenmiştir. Bu yapılar U1, U2, U3, U4 ve U5 isimleriyle adlandırılmıştır. Tüm yapılar için kat sayısı 10, kat yüksekliği 3 m., elastisite modülü $3 * 10^6$ ton / m², deprem bölgesi 1, yerel zemin sınıfı Z1, bina önem katsayısı 1 dir. Yapıların kat planları aşağıda verilmiştir.

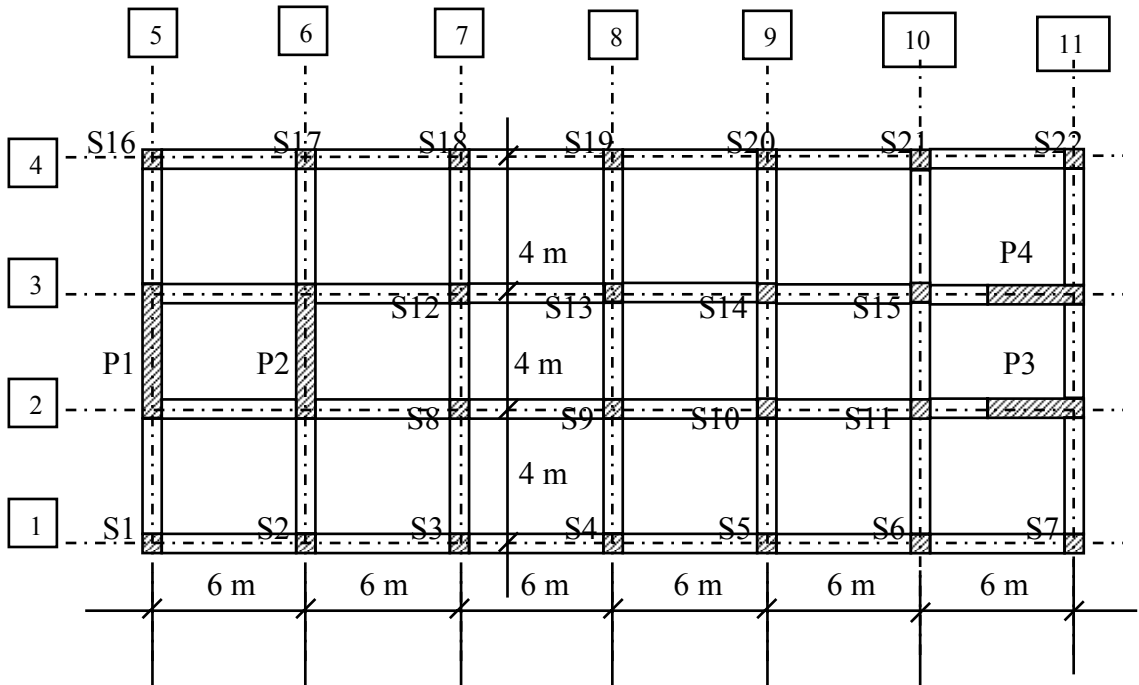
Ayrıca bu bölümün son kısmında U6 adlı 6 katlı bir yapının hazırlanan bilgisayar programı ve Sap2000 (Structural Analysis Programs) bilgisayar programı ile hesapları yapılmıştır ve sonuçlar kıyaslanmıştır.



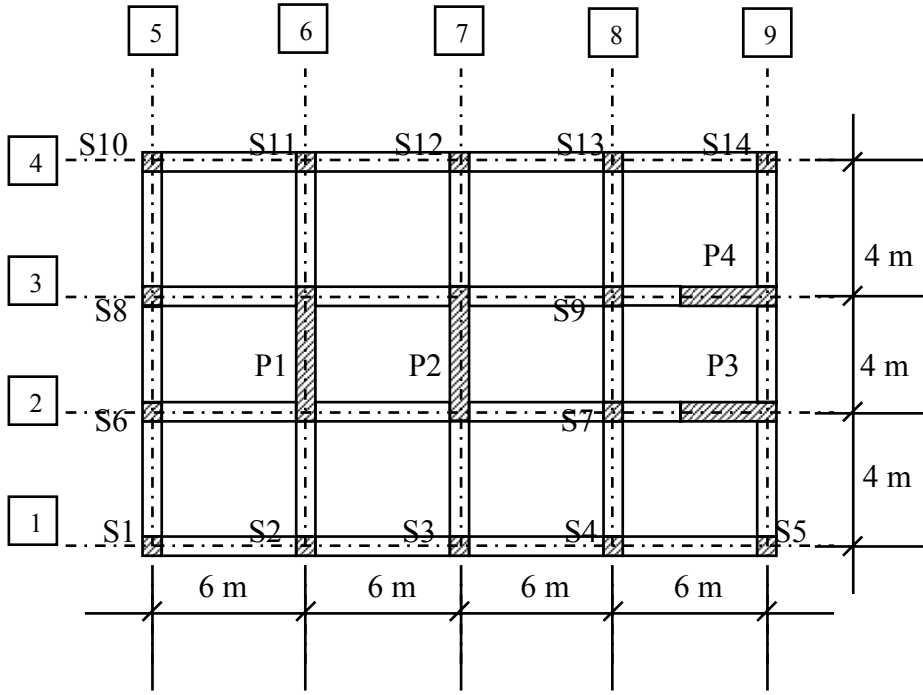
Şekil 4.2. U1 adlı yapının kat planı



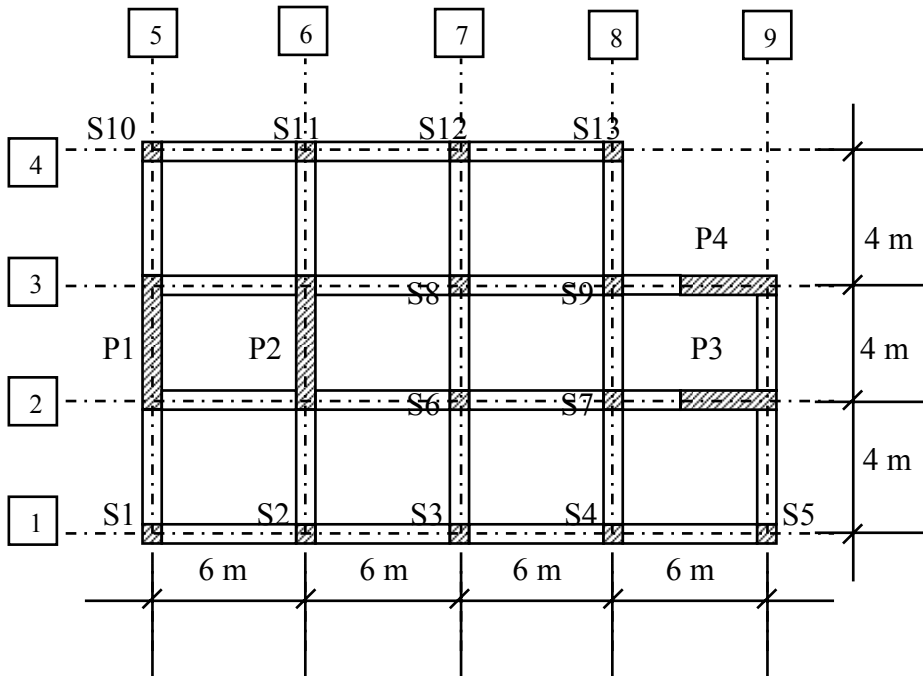
Şekil 4.3. U2 adlı yapının kat planı



Şekil 4.4. U3 adlı yapının kat planı



Şekil 4.5. U4 adlı yapının kat planı



Şekil 4.6. U5 adlı yapının kat planı

Çizelge 4.1. U1, U2, U3, U4, U5 Adlı Yapılarda Perdelerin ve Kolonların boyutları (cm).

	U1	U2	U3	U4	U5
S1	30x40	30x40	30x40	30x40	30x40
S2	30x45	30x45	30x45	30x45	30x45
S3	30x45	30x45	30x45	30x45	30x45
S4	30x45	30x45	30x45	30x45	30x45
S5	30x40	30x45	30x45	30x40	30x40
S6	30x50	30x40	30x45	30x50	30x50
S7	30x50	30x50	30x40	30x50	30x50
S8	30x50	30x50	30x50	30x50	30x50
S9	30x50	30x50	30x50	30x50	30x50
S10	30x40	30x50	30x50	30x40	30x40
S11	30x45	30x50	30x50	30x45	30x45
S12	30x45	30x50	30x50	30x45	30x45
S13	30x45	30x40	30x50	30x45	30x45
S14	30x40	30x45	30x50	30x40	-
S15	-	30x45	30x50	-	-
S16	-	30x45	30x40	-	-
S17	-	30x45	30x45	-	-
S18	-	30x40	30x45	-	-
S19	-	-	30x45	-	-
S20	-	-	30x45	-	-
S21	-	-	30x45	-	-
S22	-	-	30x40	-	-
P1	25x350	25x350	25x350	25x350	25x350
P2	25x350	25x350	25x350	25x350	25x350
P3	200x25	200x25	200x25	200x25	200x25
P4	200x25	200x25	200x25	200x25	200x25

İncelenen 5 örnekteki kolonların ve perdelerin boyutları çizelge 4.1’de verilmiştir. Ayrıca tüm tüm kirişler 25x50 cm. boyutlarındadır.

5 örneğinde veri dosyaları yazılmıştır ve Visual Basic 5.0 ile hazırlanan bilgisayar programıyla çözümleri yapılmıştır. Aşağıda çeşitli sonuçlar incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Çizelge 4.2. U1, U2, U3, U4, U5 Adlı Yapıların Bina Toplam Ağırlığı (W), Kütle Merkezi Koordinatları (Gx, Gy), X ve Yönlerinde Yapıya Etkiyen Eşdeğer Deprem Kuvvetleri (Vx, Vy), Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R), X ve Y Yönlerinde 1., 2. ve 3. Doğal Titreşim Periyotları (T1x, T2x, T3x, T1y, T2y, T3y).

	U1	U2	U3	U4	U5
W(ton)	3481,08	4296,77	5111,16	3484,68	3236,34
Gx(m)	12,00	15,00	17,94	12,00	11,18
Gy(m)	6,00	6,00	6,00	6,00	5,64
Vx(ton)	474,08	613,83	730,17	405,04	446,96
Vy(ton)	151,22	247,18	289,65	203,96	189,20
R	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
T1x	0,318	0,275	0,238	0,388	0,313
T2x	0,053	0,045	0,039	0,064	0,052
T3x	0,018	0,015	0,013	0,021	0,017
T1y	0,915	0,935	0,953	0,915	0,917
T2y	0,162	0,165	0,168	0,162	0,163
T3y	0,054	0,055	0,056	0,054	0,054

Çizelge 4.3. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katlarda Oluşan Fiktif Dönme Açılımları ($\theta(z)$).

	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	$\theta(z)$ (radyan)	$\theta(z)$ (radyan)	$\theta(z)$ (radyan)	$\theta(z)$ (radyan)	$\theta(z)$ (radyan)
1	0,0000004	0,0000003	0,0000003	0,0000003	0,0000004
2	0,0000065	0,0000055	0,0000046	0,0000051	0,0000068
3	0,0000330	0,0000278	0,0000232	0,0000256	0,0000345
4	0,0001044	0,0000880	0,0000734	0,0000810	0,0001090
5	0,0002550	0,0002148	0,0001792	0,0001979	0,0002661
6	0,0005287	0,0004454	0,0003716	0,0004103	0,0005517
7	0,0009795	0,0008252	0,0006884	0,0007601	0,0010221
8	0,0016710	0,0014078	0,0011743	0,0012967	0,0017437
9	0,0026766	0,0022500	0,0018810	0,0020770	0,0027931
10	0,0040796	0,0034369	0,0028678	0,0031658	0,0042572

Çizelge 4.4. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Maximum Görelî Kat Ötelemesi
Sonuçları ($\Delta_{i\max}$).

	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	$\Delta_{i\max}$ (m)	$\Delta_{i\max}$ (m)	$\Delta_{i\max}$ (m)	$\Delta_{i\max}$ (m)	$\Delta_{i\max}$ (m)
1	0,0000086	0,0000092	0,0000095	0,0000047	0,0000089
2	0,0001288	0,0001370	0,0001376	0,0000784	0,0001357
3	0,0006237	0,0006543	0,0006508	0,0004055	0,0006616
4	0,0019073	0,0019841	0,0019593	0,0013007	0,0020336
5	0,0045396	0,0046932	0,0046146	0,0032100	0,0048589
6	0,0092083	0,0094748	0,0092891	0,0067169	0,0098880
7	0,0166564	0,0170587	0,0166819	0,0125628	0,0179480
8	0,0274180	0,0278708	0,0271482	0,0217277	0,0296944
9	0,0405706	0,0404971	0,0390064	0,0357884	0,0445069
10	0,0529920	0,0627680	0,0672453	0,0595472	0,0524005

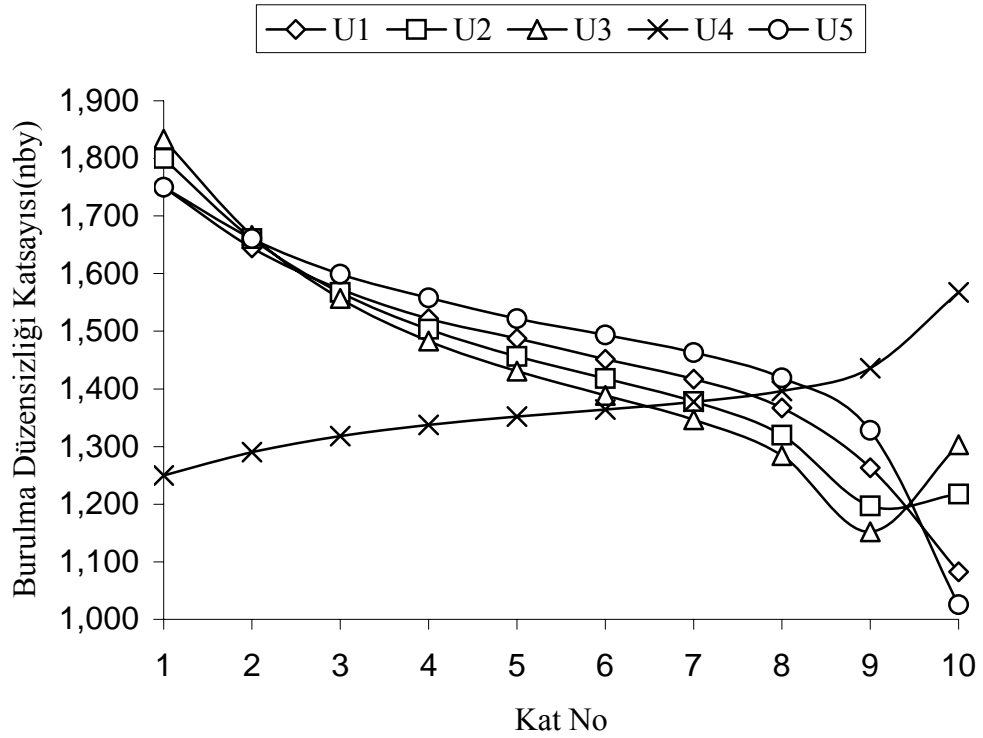
Çizelge 4.5. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Minimum Görelî Kat Ötelemesi
Sonuçları ($\Delta_{i\min}$).

	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	$\Delta_{i\min}$ (m)	$\Delta_{i\min}$ (m)	$\Delta_{i\min}$ (m)	$\Delta_{i\min}$ (m)	$\Delta_{i\min}$ (m)
1	0,0000012	0,0000001	0,0000009	0,0000028	0,0000013
2	0,0000278	0,0000280	0,0000275	0,0000431	0,0000277
3	0,0001694	0,0001806	0,0001852	0,0002099	0,0001660
4	0,0005992	0,0006554	0,0006829	0,0006444	0,0005820
5	0,0015798	0,0017810	0,0018361	0,0015386	0,0015268
6	0,0034809	0,0038880	0,0040871	0,0031299	0,0033535
7	0,0068520	0,0076977	0,0080992	0,0056796	0,0068836
8	0,0126935	0,0143624	0,0151273	0,0093929	0,0121553
9	0,0236688	0,0271524	0,0287107	0,0140608	0,0225284
10	0,0449190	0,0403405	0,0359662	0,0164308	0,0497718

Çizelge 4.6. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katlardaki Burulma Düzensizliği

$$\text{Katsayıları (nby} = \frac{\Delta i y \max}{\Delta i y \text{ort}}), (\Delta i y \text{ort} = \frac{(\Delta i y \max + \Delta i y \min)}{2}).$$

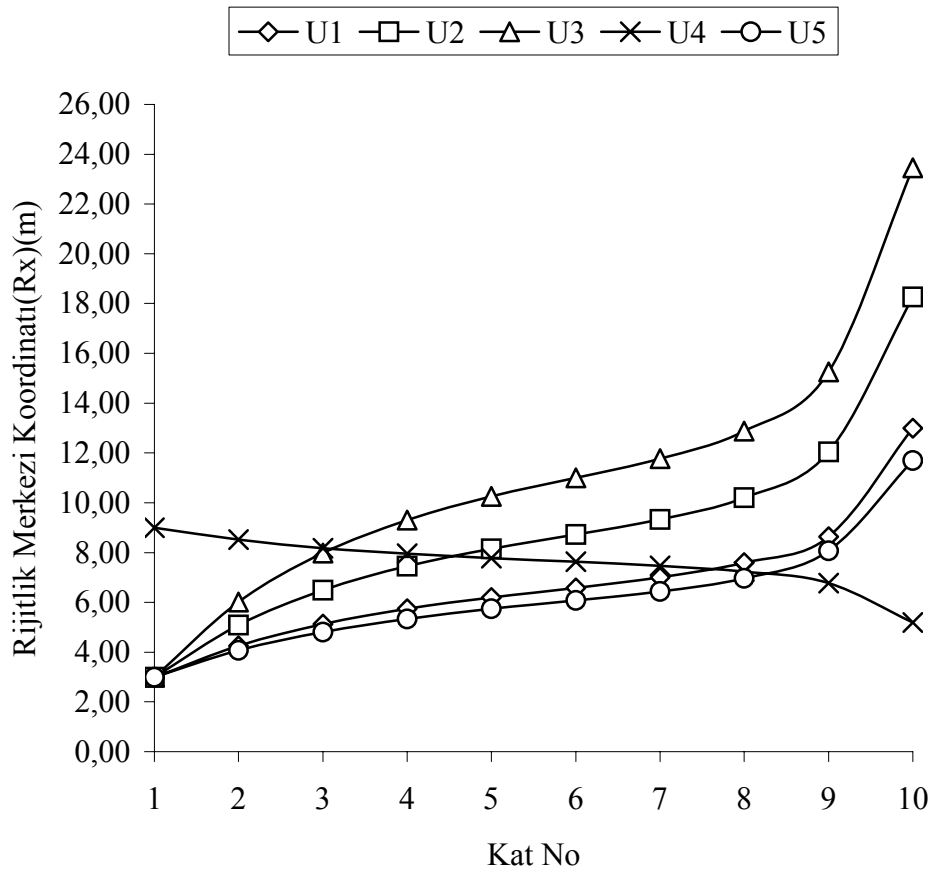
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	nby	nby	nby	nby	nby
1	1,750	1,800	1,833	1,250	1,750
2	1,645	1,661	1,666	1,290	1,661
3	1,573	1,568	1,557	1,318	1,599
4	1,522	1,503	1,483	1,337	1,555
5	1,484	1,457	1,431	1,352	1,522
6	1,451	1,418	1,389	1,364	1,494
7	1,417	1,378	1,346	1,377	1,463
8	1,367	1,320	1,284	1,396	1,419
9	1,263	1,197	1,152	1,436	1,328
10	1,083	1,218	1,303	1,568	1,026



Şekil 4.7. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katlardaki Burulma Düzensizliği Katsayıları (nby).

Çizelge 4.7. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katların Rijitlik Merkezi Koordinatları (Rx).

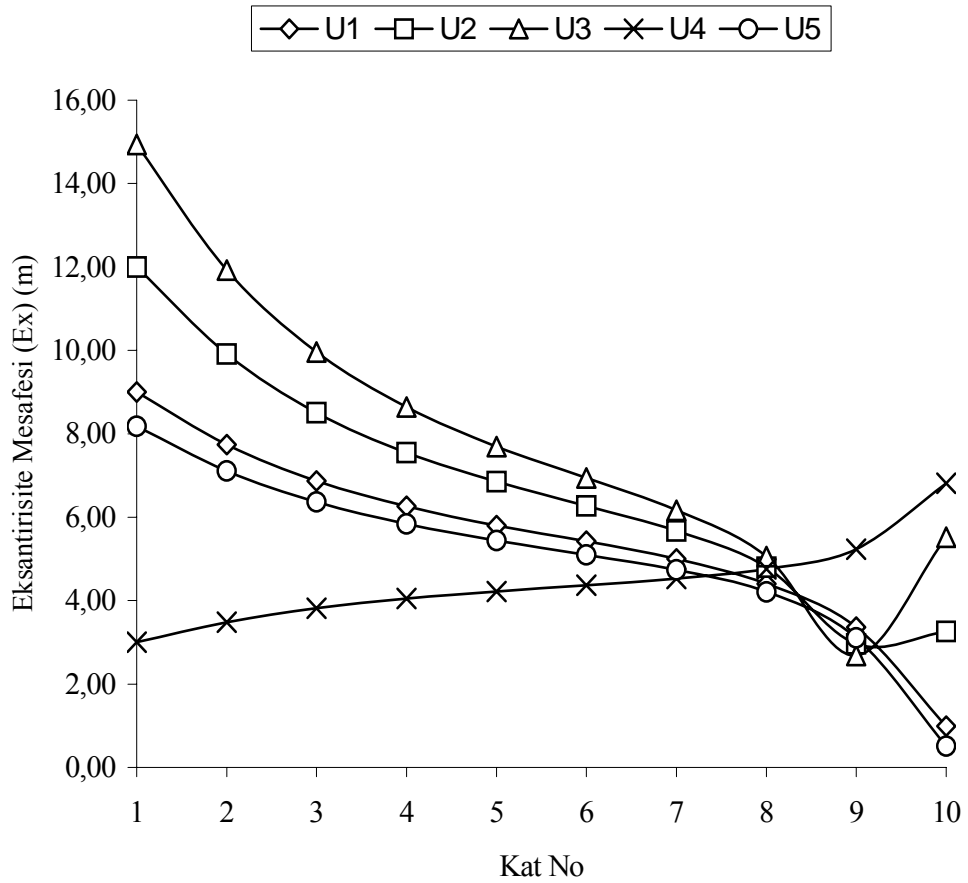
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Rx (m)	Rx (m)	Rx (m)	Rx (m)	Rx (m)
1	3,00	3,00	3,00	9,00	3,00
2	4,26	5,09	6,01	8,52	4,07
3	5,13	6,49	7,98	8,18	4,81
4	5,74	7,45	9,30	7,95	5,34
5	6,20	8,15	10,25	7,78	5,74
6	6,58	8,73	11,00	7,63	6,08
7	7,00	9,33	11,77	7,47	6,44
8	7,60	10,20	12,88	7,24	6,97
9	8,64	12,04	15,26	6,77	8,07
10	12,99	18,26	23,46	5,19	11,69



Şekil 4.8. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katların Rijitlik Merkezi Koordinatları (Rx).

Çizelge 4.8. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katlardaki Eksantirisite Mesafeleri (Ex).

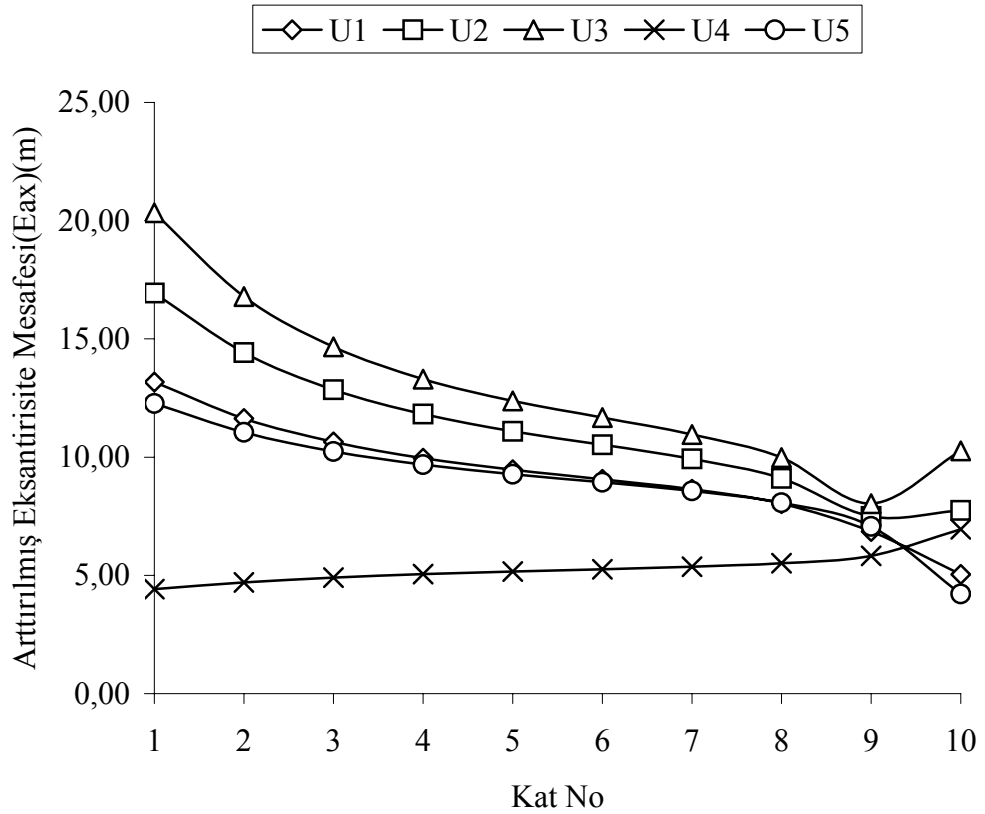
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Ex (m)	Ex (m)	Ex (m)	Ex (m)	Ex (m)
1	9,00	12,00	14,94	3,00	8,18
2	7,74	9,91	11,93	3,48	7,11
3	6,87	8,51	9,96	3,82	6,37
4	6,26	7,55	8,64	4,05	5,84
5	5,80	6,85	7,69	4,22	5,44
6	5,42	6,27	6,94	4,37	5,10
7	5,00	5,67	6,17	4,53	4,74
8	4,40	4,80	5,06	4,76	4,21
9	3,36	2,96	2,68	5,23	3,11
10	0,99	3,26	5,52	6,81	0,51



Şekil 4.9. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katlardaki Eksantirisite Mesafeleri (Ex).

Çizelge 4.9. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katlardaki Arttırılmış Eksantirisite Mesafeleri (Eax).

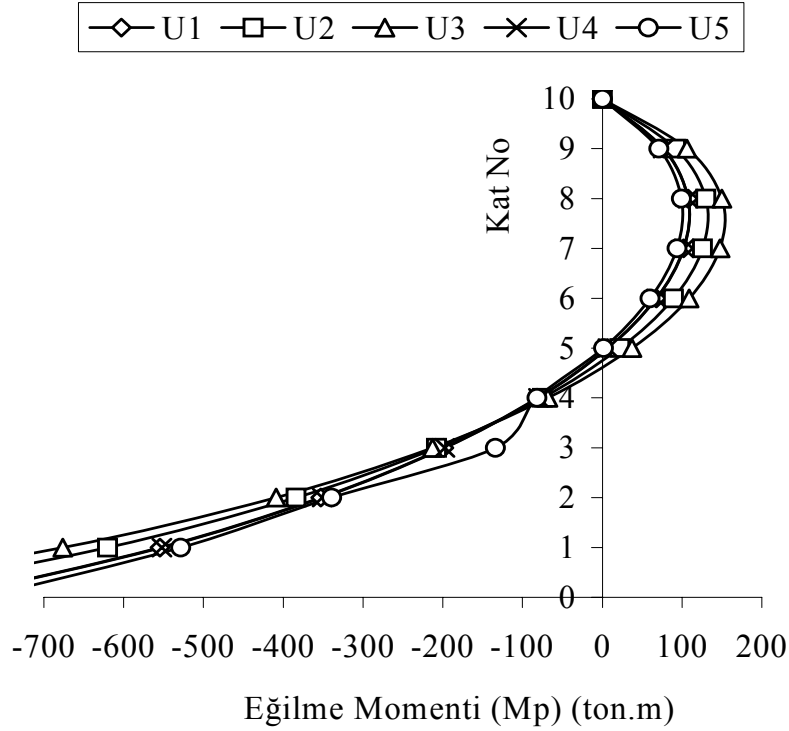
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Eax (m)	Eax (m)	Eax (m)	Eax (m)	Eax (m)
1	13,17	16,94	20,33	4,42	12,27
2	11,64	14,42	16,79	4,71	11,05
3	10,64	12,85	14,66	4,91	10,24
4	9,96	11,82	13,30	5,06	9,69
5	9,47	11,09	12,38	5,17	9,28
6	9,06	10,52	11,67	5,26	8,94
7	8,64	9,93	10,96	5,37	8,58
8	8,04	9,11	9,98	5,52	8,07
9	6,86	7,50	8,03	5,83	7,07
10	5,04	7,75	10,27	6,95	4,22



Şekil 4.10. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Katlardaki Arttırılmış Eksantirisite Mesafeleri (Eax).

Çizelge 4.10. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Ötelemeden Dolayı P1 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları (Mp).

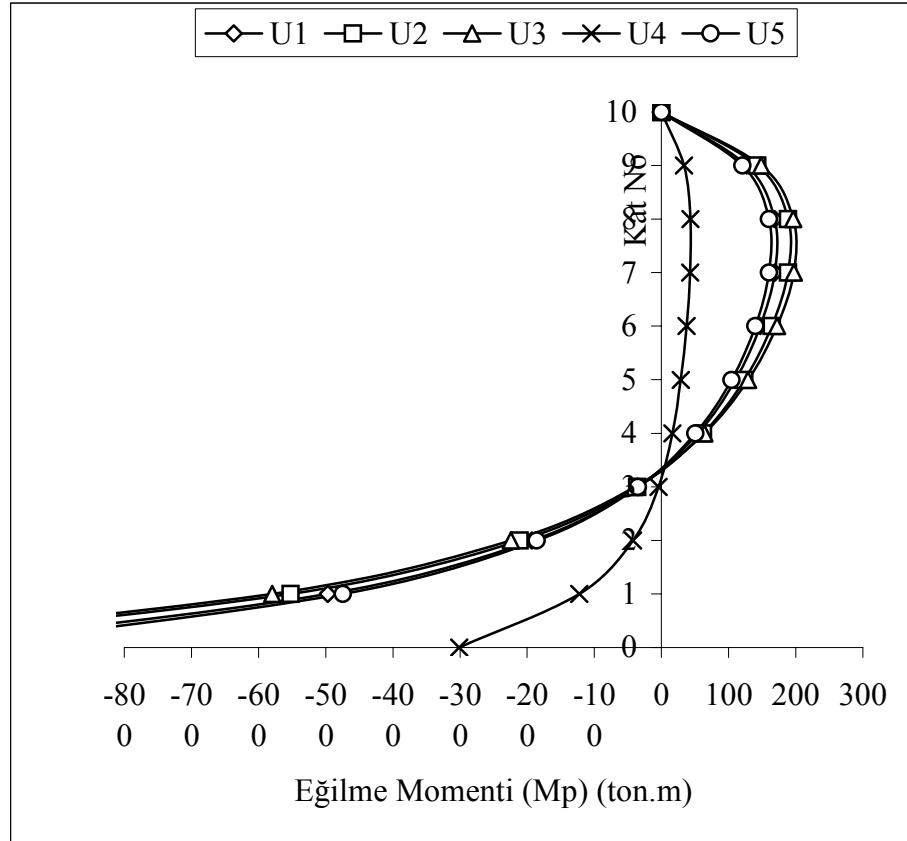
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)
0	-820,32	-938,81	-1045,63	-818,18	-776,45
1	-554,31	-619,99	-676,18	-552,21	-528,54
2	-352,69	-384,08	-408,86	-350,86	-339,27
3	-198,66	-207,63	-212,76	-197,24	-133,75
4	-81,17	-75,04	-68,07	-80,18	-82,13
5	6,50	22,02	37,14	7,10	1,55
6	67,54	88,96	108,78	67,83	60,09
7	102,08	125,68	147,72	102,17	93,52
8	107,19	129,62	149,98	107,19	99,11
9	76,62	92,05	106,17	76,60	71,09
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Şekil 4.11. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Ötelemeden Dolayı P1 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları (Mp).

Çizelge 4.11. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Burulmadan Dolayı P1 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları (Mp).

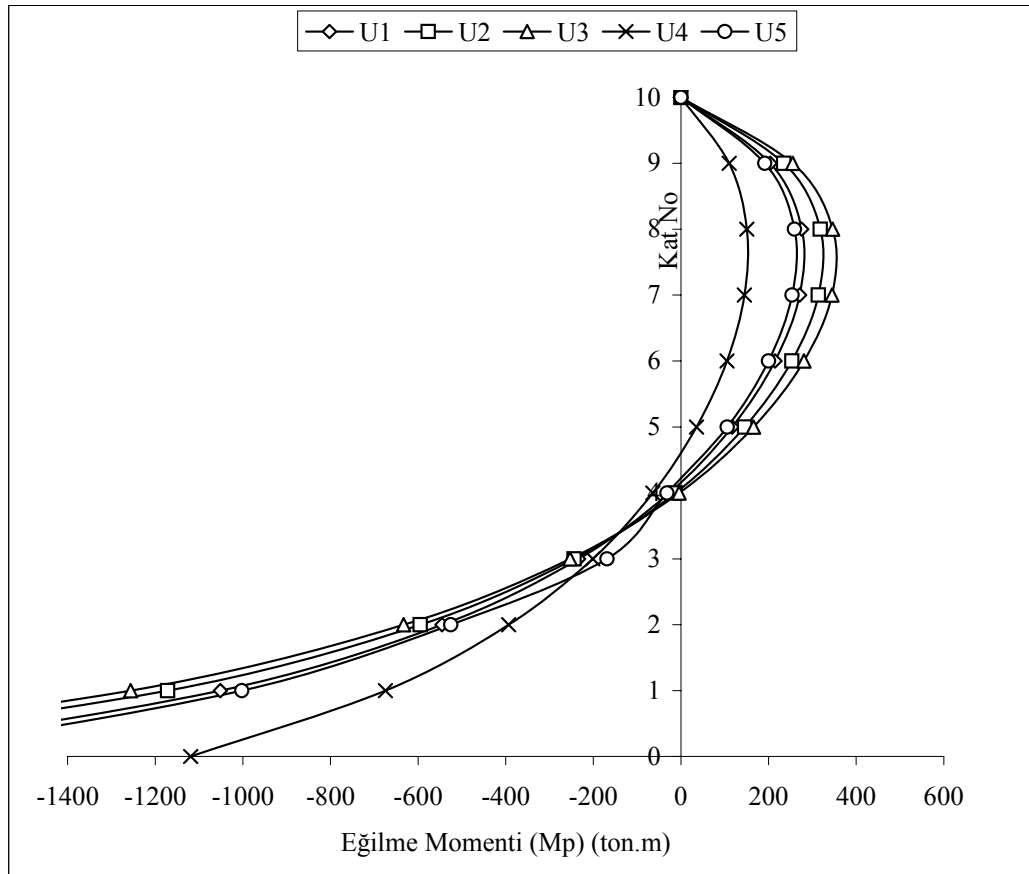
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)
0	-1114,7	-1253,60	-1304,40	-301,38	-1056,14
1	-496,81	-552,06	-579,90	-122,19	-474,19
2	-192,93	-211,25	-224,44	-42,29	-185,98
3	-35,11	-36,19	-40,24	-4,24	-35,33
4	54,17	62,07	63,79	16,06	50,31
5	110,05	123,42	128,86	28,58	104,02
6	147,15	164,29	172,08	37,16	139,65
7	168,69	188,24	197,20	42,58	160,24
8	168,45	188,30	196,07	43,17	159,93
9	127,07	142,53	148,67	33,48	120,44
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Şekil 4.12. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Burulmadan Dolayı P1 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları (Mp).

Çizelge 4.12. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Ötelemeden ve Burulmadan Dolayı P1 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları

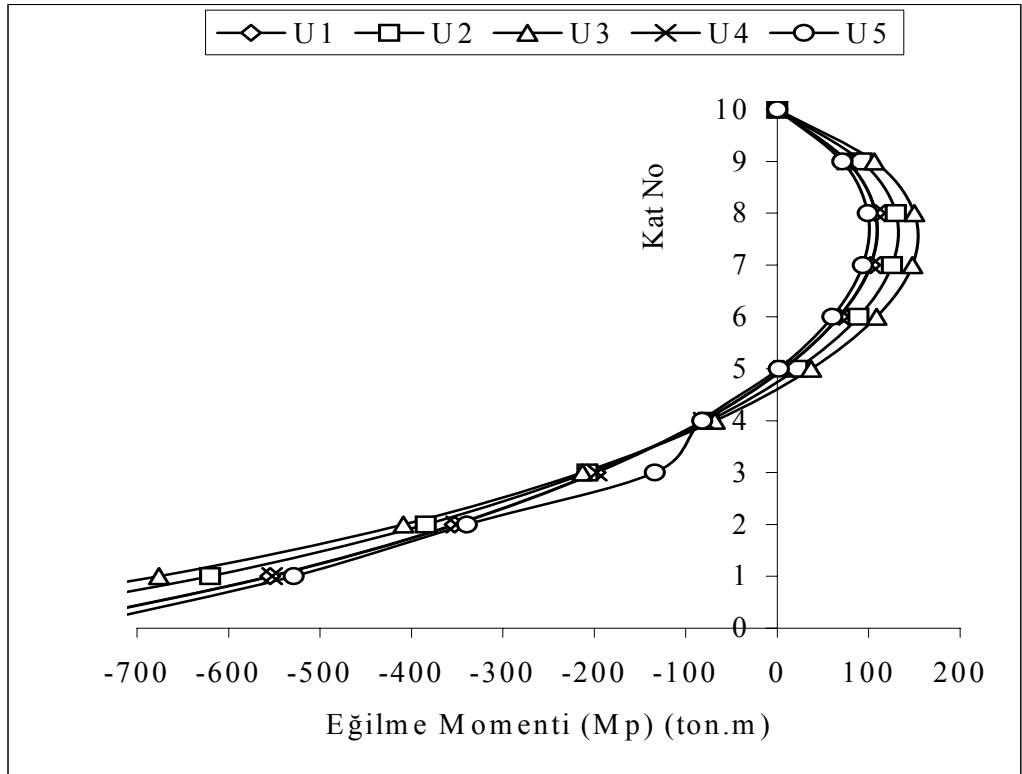
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)
0	-1935,02	-2192,41	-2350,03	-1119,56	-1832,59
1	-1051,12	-1172,05	-1256,08	-674,40	-1002,73
2	-545,62	-595,33	-633,30	-393,15	-525,25
3	-233,77	-243,82	-253,00	-201,48	-169,08
4	-27,00	-12,97	-4,28	-64,12	-31,82
5	116,55	145,44	166,00	35,68	105,57
6	214,69	253,25	280,86	104,99	199,74
7	270,77	313,92	344,92	144,75	253,76
8	275,64	317,92	346,05	150,36	259,04
9	203,69	234,58	254,84	110,08	191,53
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Şekil 4.13 U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Ötelemeden ve Burulmadan Dolayı P1 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

Çizelge 4.13. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Ötelemeden Dolayı P2 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları (Mp).

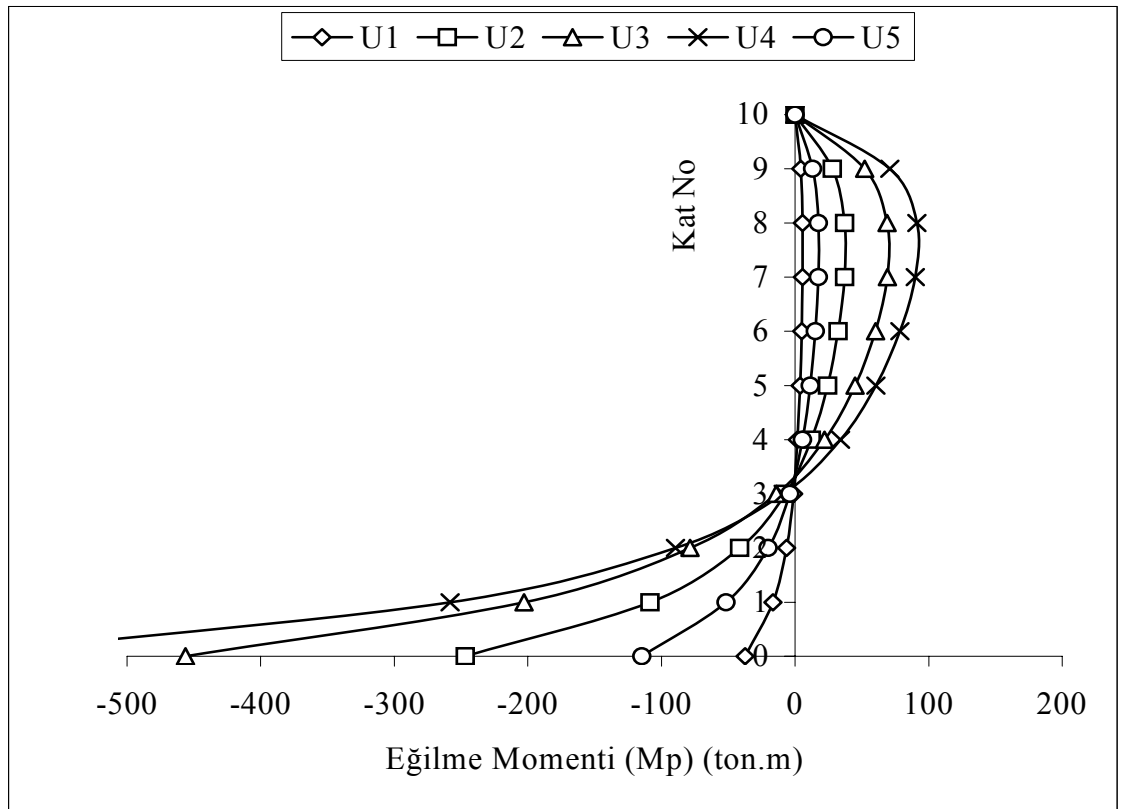
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)
0	-820,32	-938,81	-1045,63	-818,18	-776,45
1	-554,31	-619,99	-676,18	-552,21	-528,54
2	-352,69	-384,08	-408,86	-350,86	-339,27
3	-198,66	-207,63	-212,76	-197,24	-133,75
4	-81,17	-75,04	-68,07	-80,18	-82,13
5	6,50	22,02	37,14	7,10	1,55
6	67,54	88,96	108,78	67,83	60,09
7	102,08	125,68	147,72	102,17	93,52
8	107,19	129,62	149,98	107,19	99,11
9	76,62	92,05	106,17	76,60	71,09
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Şekil 4.14. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Ötelemeden Dolayı P2 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları (Mp).

Çizelge 4.14. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Burulmadan Dolayı P2 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları (Mp).

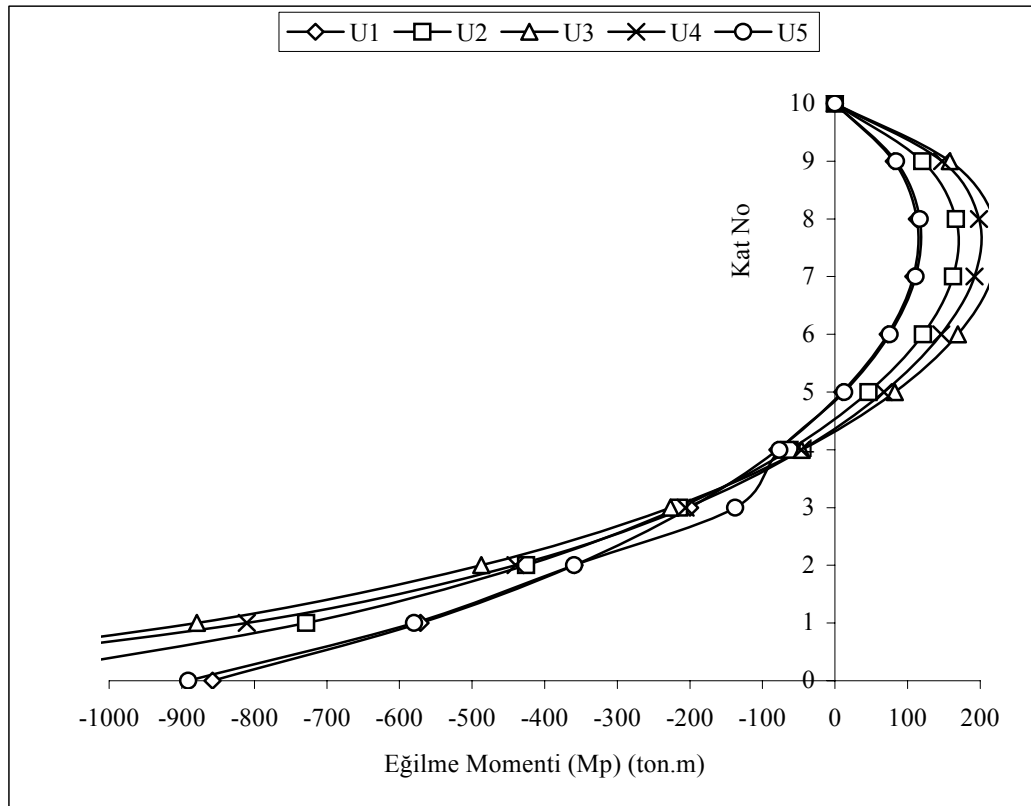
	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)
0	-37,4	-246,74	-456,25	-637,11	-114,78
1	-16,67	-108,66	-202,84	-258,32	-51,53
2	-6,47	-41,58	-78,50	-89,40	-20,21
3	-1,18	-7,12	-14,07	-8,96	-3,84
4	1,82	12,22	22,01	33,94	5,47
5	3,69	24,29	45,07	60,41	11,30
6	4,94	32,34	60,19	78,56	15,18
7	5,66	37,05	68,98	90,02	17,41
8	5,65	37,06	68,90	91,25	17,38
9	4,26	28,05	52,00	70,77	13,09
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



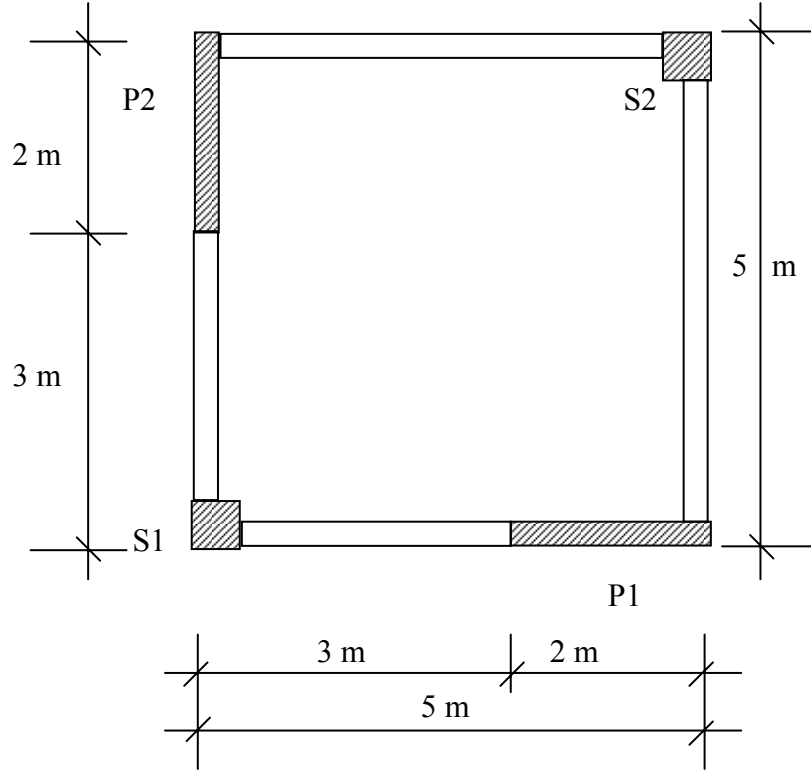
Şekil 4.15. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Burulmadan Dolayı P2 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları (Mp).

Çizelge 4.15. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Ötelemeden ve Burulmadan Dolayı P2 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

	U1	U2	U3	U4	U5
Kat No	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)
0	-857,72	-1185,55	-1501,88	-1455,29	-891,23
1	-570,98	-728,65	-879,02	-810,53	-580,07
2	-359,16	-425,66	-487,36	-440,26	-359,48
3	-199,84	-214,75	-226,83	-206,20	-137,59
4	-79,35	-62,82	-46,06	-46,24	-76,66
5	10,19	46,31	82,21	67,51	12,85
6	72,48	121,30	168,97	146,39	75,27
7	107,74	162,73	216,70	192,19	110,93
8	112,84	166,68	218,88	198,44	116,49
9	80,88	120,10	158,17	147,37	84,18
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Şekil 4.16. U1, U2, U3, U4 ve U5 Adlı Yapılarda Y Yönü Ötelemeden ve Burulmadan Dolayı P2 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.



Şekil 4.17. U6 Adlı Yapının Kat Planı.

Şekil 4.17’de kat planı verilen U6 adlı yapı 6 katlıdır. Yapının kat yüksekliği 3 m., elastisite modülü $3 * 10^6$ ton / m², deprem bölgesi 2, yerel zemin sınıfı Z2, bina önem katsayısı 1 dir.

Çizelge 4.16. U6 Adlı Yapıda Kolonların ve Perdelerin Boyutları (cm).

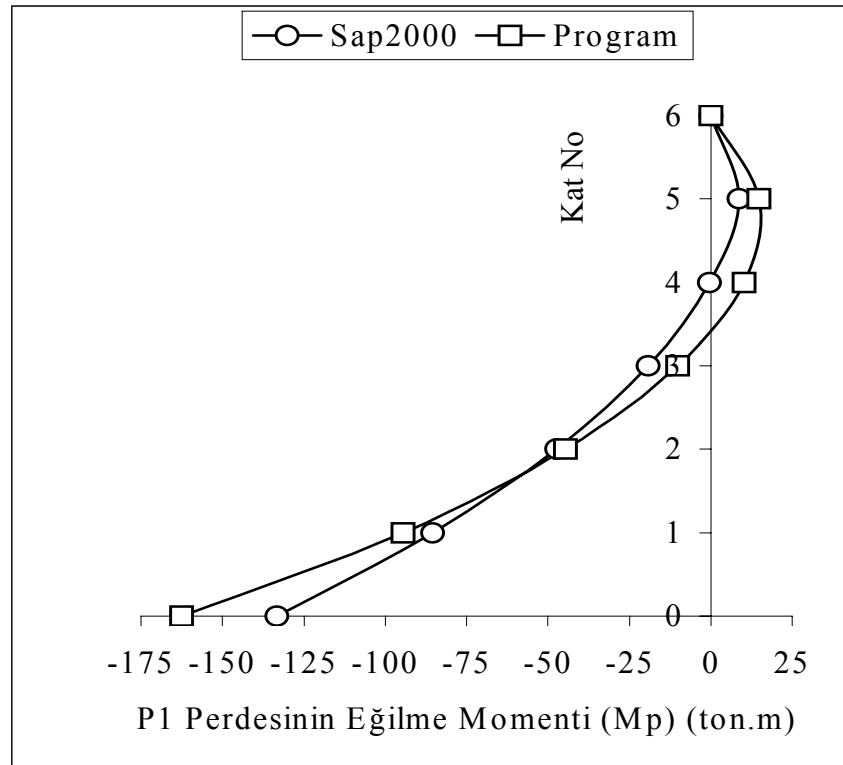
S1	40x40
S2	40x40
P1	200x25
P2	25x200

Kolonların ve perdelerin boyutları tablo 4.16’da verilmiştir. Tüm kirişler 25x50 cm. boyutlarındadır.

U6 adlı yapı, hazırlanan bilgisayar programı ve Sap2000 (Structural Analysis Programs) programı ile çözülmüş ve sonuçlar aşağıda karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.17. Deprem Kuvvetinin X Yönünde Etkimesi Sonucunda P1 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

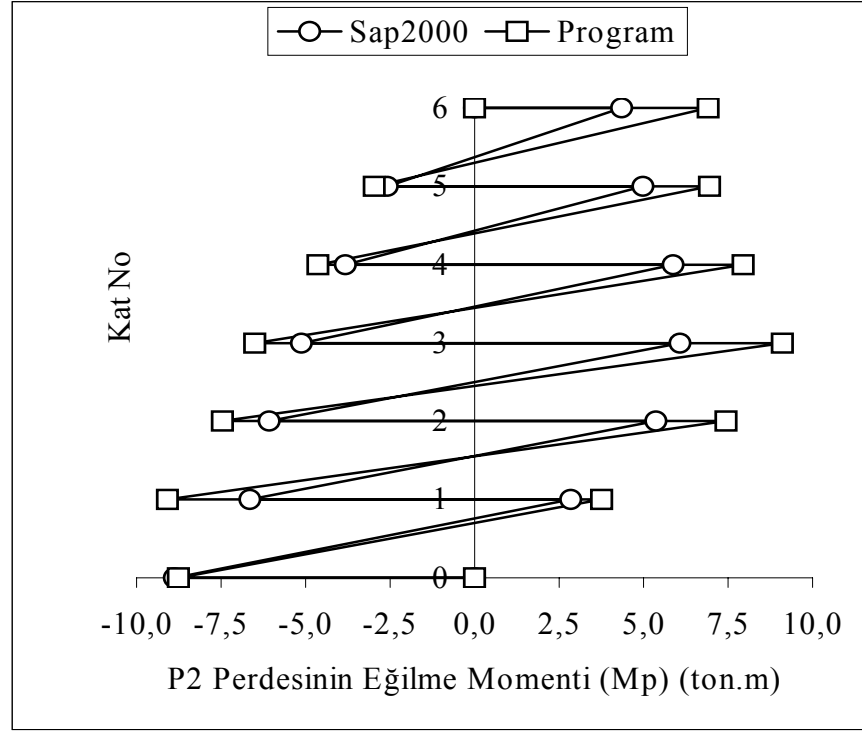
	Sap2000	Program
Kat No	Mp(ton.m)	Mp(ton.m)
0	-133,18	-162,63
1	-85,38	-94,54
2	-47,38	-44,54
3	-19,11	-10,24
4	-0,32	10,25
5	8,62	14,85
6	0,00	0,00



Şekil 4.18. Deprem Kuvvetinin X Yönünde Etkimesi Sonucunda P1 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları

Çizelge 4.18. Deprem Kuvvetinin X Yönünde Etkimesi Sonucunda P2 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

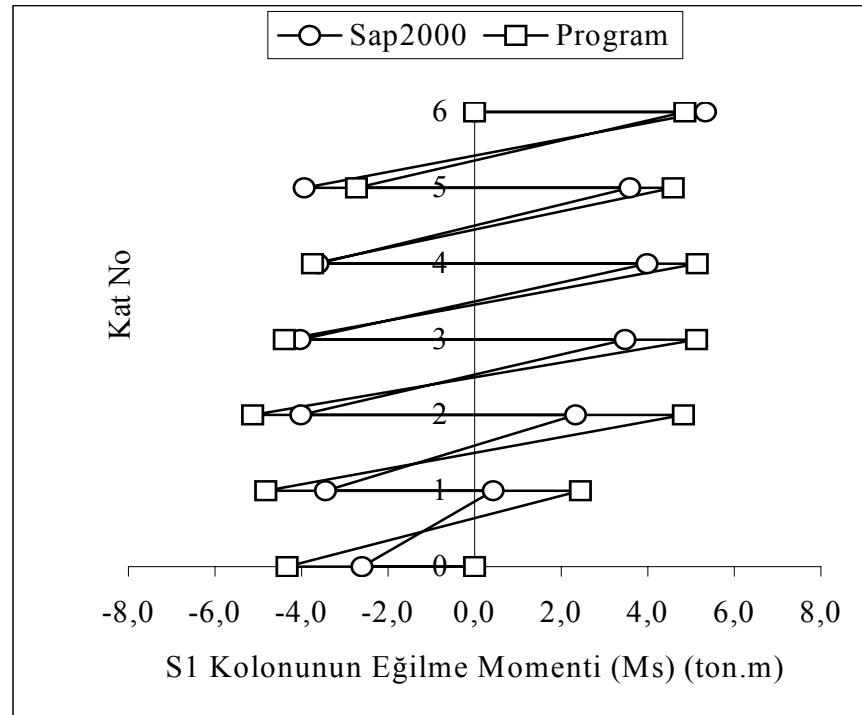
Kat No	Sap2000		Program	
	Mpalt(ton.m)	Mpüst(ton.m)	Mpalt(ton.m)	Mpüst(ton.m)
1	-8,89	2,85	-8,76	3,76
2	-6,64	5,37	-9,09	7,44
3	-6,08	6,07	-7,45	9,10
4	-5,13	5,88	-6,51	7,95
5	-3,82	4,97	-4,63	6,95
6	-2,59	4,34	-2,96	6,91



Şekil 4.19. Deprem Kuvvetinin X Yönünde Etkimesi Sonucunda P2 Perdesinde Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

Çizelge 4.19. Deprem Kuvvetinin X Yönünde Etkimesi Sonucunda S1 Kolonunda Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

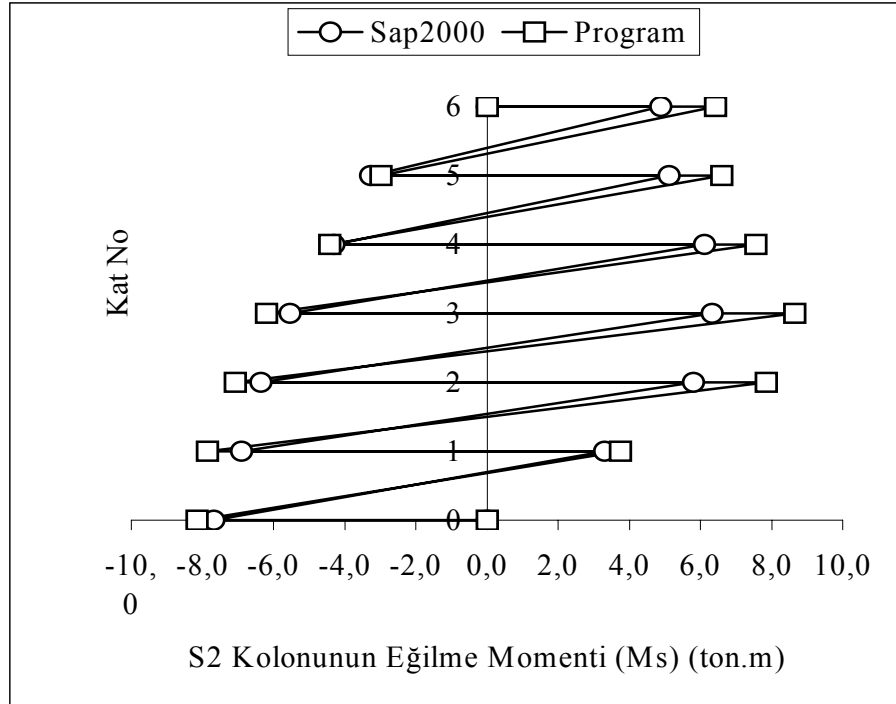
Kat No	Sap2000		Program	
	Msalt(ton.m)	Msüst(ton.m)	Msalt(ton.m)	Msüst(ton.m)
1	-2,61	0,43	-4,33	2,45
2	-3,45	2,34	-4,82	4,82
3	-4,01	3,48	-5,13	5,13
4	-4,03	3,98	-4,40	5,15
5	-3,62	3,58	-3,75	4,58
6	-3,94	5,33	-2,73	4,85



Şekil 4.20. Deprem Kuvvetinin X Yönünde Etkimesi Sonucunda S1 Kolonunda Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

Çizelge 4.20. Deprem Kuvvetinin X Yönünde Etkimesi Sonucunda S2 Kolonunda Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

Kat No	Sap2000		Program	
	Msalt(ton.m)	Msüst(ton.m)	Msalt(ton.m)	Msüst(ton.m)
1	-7,68	3,31	-8,14	3,76
2	-6,90	5,81	-7,86	7,86
3	-6,35	6,33	-7,08	8,66
4	-5,54	6,11	-6,19	7,56
5	-4,30	5,13	-4,41	6,61
6	-3,27	4,89	-2,98	6,43



Şekil 4.21. Deprem Kuvvetinin X Yönünde Etkimesi Sonucunda S2 Kolonunda Oluşan Eğilme Momenti Sonuçları.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yatay yük etkisi altındaki çok katlı perde çerçeve sistemlerinde burulma düzensizliğine bina geometrisinin ve taşıyıcı sistem rijitliğinin etkisini araştırmak amacı ile yapılmış olan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Yapılarda katların rijitlik merkezi koordinatlarını, rijitlik düzensizlikleri geometrik düzensizliklere göre çok daha fazla etkilemektedir (çizelge 4.7 ve şekil 4.8). Özellikle perdelerin plandaki yerlerinin değiştirilmesi katlardaki rijitlik merkezi koordinatlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Buna karşın perdelerle kıyasla rijitliği çok daha küçük olan kolonların planda yerlerinin değiştirilmesi veya U5 örneğinde olduğu gibi bazı kolonların plandan çıkarılması sonucunda katlardaki rijitlik merkezi koordinatlarının önemli ölçüde değişmediği görülmüştür.

Yapıların her katında oluşan eksantirisite mesafelerini rijitlik düzensizlikleri, geometrik düzensizliklere göre daha çok etkilemektedir (çizelge 4.8 ve şekil 4.9). Perdelerin planda yerlerinin değiştirilmesi eksantirisite mesafelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Buna karşılık yapıda geometrik düzensizliklerin bulunması ise eksantirisite mesafelerini daha az etkilemektedir.

Hesabı yapılan beş yapıda da A1 burulma düzensizliği vardır. Dolayısıyla tüm yapıların arttırılmış ek dış merkezliğe göre burulma hesabı program tarafından yapılmıştır. SAP 2000 yapısal analiz programı ile yapılan kontrol sonucunda hazırlanan programın doğru çalıştığı anlaşılmıştır. Tüm yapılarda burulma düzensizliği katsayısı (η_b) 1.2 değerinden büyüktür. Beş yapıda katlardaki burulma düzensizliği sonuçları kıyaslandığında rijitlik düzensizliğinin geometrik düzensizliğe göre burulma düzensizliği katsayısı η_b 'yi daha çok etkilediği görülmektedir (çizelge 4.6 ve şekil 4.7).

Perdeler yapının dış kısımlarında yer aldıklarında daha çok verimli olmakta, daha fazla kesme kuvveti ve eğilme momenti tesirlerine sahip olmaktadır (çizelge 4.10, çizelge 4.11, çizelge 4.12, çizelge 4.13, çizelge 4.14, çizelge 4.15, şekil 4.11, şekil 4.12, şekil 4.13, şekil 4.14, şekil 4.15, şekil 4.16). Böylece özellikle alt katlarda kolonlara daha az statik tesirler etkimektedir. Perdeler yapının iç kısımlarında yer alınca verimlilikleri düşmekte, oldukça az kesme kuvveti ve eğilme momenti tesirlerine sahip olmakta ve özellikle binanın dış kısmında yer alan kolonlara burulmadan dolayı yüklü statik tesirler gelmektedir.

KAYNAKLAR

- “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Ankara, T.C., Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1997.
- BİLYAP, S., “Betonarme Yüksek Yapılarda Perde-Çerçeve Sistemlerinin Yatay Kuvvetlere Göre Hesabı”, E.Ü. İnşaat Fakültesi Yayınları No:2, İzmir, 1979.
- BİLYAP, S., “Betonarme Yüksek Yapılarda Burulmasız Perde-Çerçeve Sistemlerinin Yatay Kuvvetlere Göre Yaklaşık Hesap Yöntemleri ve Dinamik Karakteristikleri”, E.Ü. İnşaat Fakültesi Yayınları No:3, İzmir, 1979.
- ÇELEBİ, Ü., “Burulma Yapan Çok Katlı Perde-Çerçeve Sistemlerinin Yatay Yüklere Göre Hesabı İçin İki Ayrı Yeni Yöntem”, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1990.
- YANIK, M., “Visual Basic ile Görsel Programlama”, İstanbul, 2000.
- MURASHEV, S., SIGALOV, E., BAIKOV, V., “Design of Reinforced Concrete Structures”, Mir Publishers, Moskova, 1976.
- BAIKOV, V., SIGALOV, E., “Betonarme Yapılar”, Stroyizdat, Moskova, 1976.
- VLASOV, V.Z., “Thin Walled Elastic Beams”, Second Edition, Jerusalem, 1961.
- TIMOSHENKO, S.P., “Strength of Materials”, Third Edition, Part 2, New York, Van Reinhold Company, 1958.
- ÇAKIROĞLU, A., ÇETMELİ, E., “Çok Açıklıklı Boşluklu Duvarların Yatay Kuvvetlere Göre Hesabı”, İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 24, Sayı 4, 1999, 15-20.
- ÇAKIROĞLU, A., ÖZMEN, G., “Çerçeveler ve Boşluklu Perdelerden Oluşan Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı”, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Teknik Rapor, No:16, İstanbul, 1973.
- GÜLAY, F.G., ÇALIM, G., “A Comparative Study on Torsionally Unbalanced Multi-storey Structures Under Seismic Loading”, I.T.U. Civil Engineering Department, İstanbul, 2001.
- YELKEN, S., “Perde-Çerçevelerden Oluşan Sistemlerin Yanal Yüklere Göre Çözümü İçin Bir Yöntem”, Deprem Araştırma Enstitüsü, Sayı 34, 1981.
- ÖZMEN, G., “Burulma Yapan Çok Katlı Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı”, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Teknik Rapor No:13, 1972.
- BİLYAP, S., ERTUTAR, Y., ALKU, Ö.Z., “Perde-Çerçeve Sistemlerinde Burulma Etkileri”, D.E.Ü. Müh. Mim. Fak., İzmir, 1987.

EKLER

Çalışmada kullanılan bilgisayar programı , bilgisayar programının kodları ve programla ilgili konuların anlatıldığı dosyalar ekte verilen bilgisayar disketinde bulunmaktadır .

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Hatay' da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi aynı ilde tamamladım. 1995 yılında girdiğim Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden, 1999 yılında, İnşaat Mühendisi unvanıyla mezun oldum. Aynı yıl, Antakya'da Asi nehri üzerine çevre yolu köprü şantiyesinde saha mühendisi olarak göreve başladım. 2001 yılında asteğmen olarak askerlik görevimi yaptım. 2001 yılında AK-İN İNŞ LTD.ŞTİ.' yi kurdum. 2003 yılında İstanbul' da Sistem Müh. LTD.ŞTİ' de Şantiyeler mühendisi olarak çalıştım. 2004 yılında Bakü-Tiflis-Ceyhan Boru Hattı Projesi PT3' de Şantiye şefliği görevini ifa ettim. Şu anda sanayi tesisleri imalatı üzerinde faaliyet gösteren SANTEK A.Ş.' de inşaat işleri müdürü olarak İstanbul'da hayatımı idame ettirmekteyim.