

**ORTOGONAL VE ORTOGONAL OLMAYAN
ÇERÇEVELERDEN OLUŞAN YAPI SİSTEMLERİNİN
DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ DİNAMİK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Yusuf Umut BENLİ
(501001181)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 31 Mayıs 2005**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zeki HASGÜR
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zekai CELEP (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Feridun ÇILI (İ.T.Ü.)**

MAYIS 2005

ÖNSÖZ

Çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemedi destek olan ve bana karşı olan güveniyle güç veren kıymetli hocam Prof. Dr. Zeki HASGÜR' e teşekkürü bir borç bilirim. Öğrenim hayatım boyunca tüm imkanlarıyla bana destek olan ve her türlü fedakarlığı gösteren aileme şükranlarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmasının hazırlanmasında büyük emeği geçen eşim Fatma Berna BENLİ' ye de sonsuz teşekkürlerimi bildiririm.

Mayıs, 2005

Yusuf Umut Benli

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. BAZI ÜLKE YÖNETMELİKLERİNDE BURULMA KOŞULLARI	3
2.1 Japonya (1981) ;	3
2.1.1 Rijitlik Dışmerkezliği	3
2.2 Meksika (1995) ;	3
2.2.1 Düzensizlik Koşulları	3
2.2.2 Burulma Etkileri	3
2.2.3 Ortogonal Etkiler	3
2.3 Hindistan (1984) ;	4
2.3.1 Yüksek Katlı Yapıların Tasarım Kriterleri	4
3. DÜZENSİZLİK ÇEŞİTLERİ	5
3.1 Düzensizliğin Tanımı	5
3.2 Burulma Düzensizliği	5
3.2.1 Tasarım Dışmerkezliği	6
3.2.2 Burulmanın Genel Hali İçin Rijitlik Matrisinin Elde Edilmesi	7
3.3 Yönetmelik Parametrelerini, İç Kuvvetleri ve Tasarım Dışmerkezliklerini İrdelenmek Amacı ile Yapılan Parametrik Çalışmalar	11
3.3.1 Örnek 1	11
3.3.1.1 Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem	11
3.3.1.2 Yapısal Bilgi	11
3.3.1.3 Modelleme ve Hesap Ayrıntıları	12
3.3.2 Örnek 2	18
3.3.2.1 Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem	19
3.3.2.2 Yapısal Bilgi	19
3.3.2.3 Modelleme ve Hesap Detayları	19
3.3.2.4 Burulma Düzensizliği Katsayısı	22
3.3.2.5 İç Kuvvetler	23
3.3.2.6 Kanaat ve Tavsiyeler	28
3.3.3 Örnek 3	29
3.3.3.1 Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem	30
3.3.3.2 Yapısal Bilgi	31

3.3.3.3	Modelleme ve Hesap Detayları	31
3.3.3.4	Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Gözlemler ve BAÇ Değerlerinin Hesaplanması	32
3.3.3.5	Gözlemler	32
3.3.3.6	Sonuçların Değerlendirilmesi	33
3.4	Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu	33
3.4.1	Asal Eksenleri Deprem Doğrultularına Paralel Olmayan Taşıyıcı Sistem Elemanlarına İlişkin Büyüklüklerin Düzeltilmesi	34
3.5	Yönetmelik Formüllerini İrdellemek Amacı ile Yapılan Sayısal Çalışmalar	34
3.5.1	Örnek 1	34
3.5.1.1	Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem	34
3.5.1.2	Yapısal Bilgi	36
3.5.1.3	Ek Perdeler Olmayan Durum (Tip B)	36
3.5.1.4	Modelleme ve Hesap Detayları	36
3.5.1.5	Sonuçların Değerlendirilmesi	36
3.5.1.6	İlave Perde Olması Durumu	38
3.5.1.7	Sonuçların İrdelenmesi	39
3.5.2	Örnek 2	39
3.5.2.1	Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem	39
3.5.2.2	Yapısal Bilgi	40
3.5.2.3	Modelleme ve Hesap Detayları	40
3.5.2.4	Sonuçların Değerlendirilmesi	42
4.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	43
	KAYNAKLAR	45
	EKLER	47
	ÖZGEÇMİŞ	58

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
EDY	: Eşdeğer Deprem Yüğü
BAÇ	: Burulma Artırma Çarpanı
AE	: Artırılmış Eksantrisite
CQC	: Tam Karesel Birleştirme Kuralı
SRSS	: Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı
ABSSUM	: Mutlak Değerlerin Toplamı Kuralı
UBC	: Değişmez Şekilli Yapı Yönetmeliğı
ATC	: Uygulamalı Teknoloji Konseyi
NBCC	: Kanada Ulusal Yapı Yönetmeliğı

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Modların Birleştirilmesi.....	18
Tablo 3.2. Dışmerkezlikler.....	22
Tablo 3.3. Ortogonal olmayan yapı tipleri için gerekli parametreler.....	35
Tablo 3.4. Deprem yönü X, $\alpha = 0^\circ$	41
Tablo 3.5. Deprem Yönü Y, $\alpha = 90^\circ$	41
Tablo 3.6. $\pm Bax \pm 0.30Bay$ değerleri	41
Tablo 3.7. $\pm Bay \pm 0.30Bax$ değerleri	41
Tablo 3.8. Deprem Yönü a-a asal eksen, $\alpha = 116.6^\circ$	42
Tablo 3.9. Deprem Yönü b-b asal eksen, $\alpha = 26.6^\circ$	42

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 : X Yönünde Birim Deplasman Durumu.....	7
Şekil 3.2 : Y Yönünde Birim Deplasman Durumu	8
Şekil 3.3 : Dönme Birim Deplasman Durumu.....	8
Şekil 3.4 : Burulma Düzensizliğine Sahip Yapının 1. ve 2. Kat Planı.....	11
Şekil 3.5 : Burulma Düzensizliğine Sahip Yapının 3 Boyutlu Görüntüsü.....	12
Şekil 3.6 : Erzincan D – B 1992 Depremi İvme Spektrumu.....	13
Şekil 3.7 : Titreşim Mod Şekilleri.....	15
Şekil 3.8 : 5 Örnek Yapının Genel Haline Ait Kat Planı.....	20
Şekil 3.9 : Burulma Dışmerkezlikleri Modelleri.....	22
Şekil 3.10 : 5 Katlı Yapı Modellerinde 125 Numaralı Eleman İçin Moment Değerleri (kNm).....	24
Şekil 3.11 : 10 Katlı Yapı Modellerinde 125 Nolu Eleman İçin Moment Değerleri (kNm).....	25
Şekil 3.12 : Katlı Yapı Modellerinde 148 Nolu Eleman İçin Moment Değerleri (kNm).....	27
Şekil 3.13 : 10 Katlı Yapı Modellerinde 148 Nolu Eleman İçin Moment Değerleri (kNm).....	28
Şekil 3.14 : Ortogonal Örnek Yapıların Şematik Kat Planları.....	30
Şekil 3.15 : Yapılardan SS3'e ait Kat Planı.....	31
Şekil 3.16 : Maksimum Kolon Uç Momentleri İçin BAÇ Değerleri.....	32
Şekil 3.17 : Ortogonal Olmayan Yapıya Ait Kat Planı.....	35
Şekil 3.18 : Ortogonal Olmayan Yapıya Ait Kat Planı ($\beta = 30^\circ$)	37
Şekil 3.19 : Ortogonal Olmayan Yapı Tipine Ait Kat Planı ($\beta = 45^\circ$).....	38
Şekil 3.20 : İlave Perdeli Ortogonal Olmayan Yapı Tipine Ait Kat Planı ($\beta = 30^\circ$).....	38
Şekil 3.21 : İlave Perdeli Ortogonal Olmayan Yapı Tipine Ait Kat Planı ($\beta = 30^\circ$).....	38
Şekil 3.22 : Örnek Yapı İçin Kat Planı.....	40

SEMBOL LİSTESİ

η_b	: Burulma düzensizliği katsayısı
$\Delta_{\max}$	: Herhangi bir kattaki en büyük görelî öteleme
Δ_{ort}	: Herhangi bir kattaki ortalama görelî öteleme
e_d	: Tasarım dışmerkezliği
e_s	: Gerçek dışmerkezlik
ξ	: Modal Sönüm oranı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
I_x	: X eksenî etrafındaki atalet momenti
I_y	: Y eksenî etrafındaki atalet momenti
M_i	: %5 dışmerkezlik etkisinden doğan iç kuvvetler
M_a	: Artırılmış dışmerkezlik etkisinden doğan iç kuvvetler

ORTOGONAL VE ORTOGONAL OLMAYAN ÇERÇEVELERDEN OLUŞAN YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ DİNAMİK ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışmada, deprem kuvveti etkisinde burulma yapan taşıyıcı sistemi bir veya iki eksene göre simetrik olmayan ortogonal yapıların, ayrıca ortogonal olmayan (asal eksenleri deprem doğrultularına paralel olmayan) yapıların davranışları incelenmiştir. Burulma düzensizliğine sahip genel bir yapının kütle ve rijitlik matrisleri elde edilmiştir. Döşemelerin kendi düzlemleri içerisinde rijit diyafram olarak çalıştığı göz önüne alınarak örnek yapının dinamik analizi yapılmış ve mod birleştirme kuralları (CQC, SRSS, ABSSUM) kullanılarak taban kesme kuvvetleri hesaplanmıştır.

Simetrik olmayan yapıların Eşdeğer Deprem Kuvveti Yöntemi ile analizi yapılırken uygulanacak olan tasarım dışmerkezlilikleri (eksantrisite) değerleri incelenmiştir. Yönetmelik formülleri ile hesaplanmış Artırılmış Dışmerkezlilik değerlerinin taşıyıcı sistem elemanlarının iç kuvvetlerine etkileri araştırılmıştır. Dışmerkezlilik değerindeki artışın yapıya tesir eden burulma etkilerinde artışa neden olduğu görülmüştür. Bu artış yapının rijitlik merkezine uzak olan bölgesindeki elemanlarda ilave iç kuvvetler meydana getirmiştir. Dışmerkezlilikteki artışın, yapının rijitlik merkezine yakın olan bölgesindeki elemanların iç kuvvetlerinde ise azalmaya sebep olduğu görülmüştür. Değişik dışmerkezliliklere sahip yapılar üzerinde inceleme yapılarak ABYYHY' de belirtilen Burulma Düzensizliği Katsayısının sınırları irdelenmiş olup alternatif sınırlar belirlenmiştir.

Ortogonal olmayan yapılar için yönetmelikte tanımlanmış olan %30 Kuralının kullanılabilirliği, SAP2000 paket programı yardımı ile değişik tipte örnekler çözülerek araştırılmıştır. Yapılan sayısal çalışmalar, yapıda ilave ortogonal perde duvarlar bulunmadığı zaman %30 kuralının mühendislik açısından gerekli yakınsaklığı sağladığını göstermiştir. İlave perdeler olduğunda ise yönetmelik formülünden elde edilen sonuçların %20 civarında güvenli tarafta kalan sonuçlar ortaya çıkardığı saptanmıştır.

DYNAMIC ANALYSIS OF THE STRUCTURES HAVING ORTHOGONAL AND NONORTHOGONAL FRAMES UNDER EARTHQUAKE LOADING

SUMMARY

In this study, the behaviour of unsymmetric and also non-orthogonal structures having torsional irregularity, is researched. The mass and rigidity matrices of a general structure with torsional irregularity are defined. The sample structure is analysed by using dynamic analysis method . The slabs are assumed to be infinitely rigid. The base shear of the structure is calculated by using the CQC, SRSS and ABSSUM rules.

The design eccentricity of unsymmetric structures for the Equivalent Earthquake Loading (EEL) Method is studied. The effects of the increased eccentricities, calculated by the Earthquake Code of Turkey (ECT) formulas, on the internal forces of the structural elements are investigated. As the eccentricity increases, the torsional effects on the building get larger and there exist an additional internal force created in the elements located in the flexible-side of the building. For the elements located at the stiff side, the internal forces decrease as the design eccentricity increases. Three different types of structures with different η_b (torsional irregularity coefficient) values are analysed by using both the dynamic analysis and the EEL methods, for 1-, 5- and 10- story buildings for investigating the limits of η_b and an alternative limits have been proposed for it.

The 30-Percent-Rule defined in the ECT, for non-orthogonal structures, is investigated by analysing several types of non-orthogonal structures by using SAP2000 package program. The numerical studies indicate that the 30-Percent-Rule gives satisfactory results when there are no additional orthogonal shear walls on the structure. When there are some additional orthogonal shear walls, empirical formulas gives satisfactory results by about %20 on the safe side.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Yapının depreme karşı tasarımında ve o yapının deprem güvenliğinin sağlanmasında göz önüne alınan önemli etkenler vardır. Yapının plandaki ve düşey kesitlerindeki düzensizliği, boyutları, bölme duvarların tip ve dağılımı, taşıyıcı sistemin seçimi, kütle ve rijitliklerin dağılımı binanın deprem güvenliğini önemli şekilde etkiler. Bu etmenler dolayısı ile Yapı mühendisleri düzenli ve simetrik yapı tasarımları konusunda eğitilmişlerdir.

Birçok yapı düzensizliğine ait, özellikle de burulmalı yapılar göz önüne alınarak değişik sayısal çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların bazıları Chandler (1996), Duan- Chandler (1997), Rutenberg (1995) v.b. dir. Bütün çabalara karşın, burulma etkileri konusunda belirten yönetmelikler açısından genel olarak tüm dünyada kabul görmüş ve yapılar için tavsiye edilen bir görüş birliği sağlanamamıştır. Bunun asıl nedeni, burulma açısından etkiye açık olan yapıların, deprem etkileri karşısında gösterdikleri karmaşık tepkilerin henüz tam olarak anlaşılamaması olabilir.

Üç boyutlu bir sistemin sismik analizi, yapının tipi ve konumu, taşıyıcı elemanların pozisyonları ve rijitlik dağılımı, taşıyıcı olan veya olmayan elemanların uygun olarak seçilmeleri gibi farklı parametrelere bağlıdır. Öngörülen deprem hareketi, yapısal düzensizliğin tipi ve derecesi, arttırılan dışmerkezlilik değerinin hesaplanması için gerekli yönetmelik şartları da analiz işlemini etkiler.

Bu tip düzensiz yapı tasarımı oluşturmayı önlemek için birçok ülke yönetmeliğinde caydırıcı sınırlamalar ve büyük kuvvet artırımları ve dinamik analiz gerekliliği savunulmuştur. Bu olumsuz şartlara rağmen bazı durumlarda mimari nedenlerden dolayı burulma düzensizliği olan yapılar tasarlanıp uygulanmaktadır. Bu tasarım yapılırken burulma etkileri çok dikkatli bir şekilde göz önüne alınmalıdır.

Yıkılmış veya ciddi bir şekilde hasar görmüş yapılar incelendiğinde, çoğu kez hasarın nedenlerinin doğrudan veya dolaylı olarak yapının mimari tasarımındaki düzensizliklere bağlı olduğu görülür. Bu tip düzensiz tasarımlardan dolayı yapıların

deprem altında zarar gördüğü bilindiği halde, deprem yönetmeliklerinde, bu tip yapıların yapılması konusunda herhangi bir sınırlayıcı kural yoktur. 1998 yılında Türkiye’ de yayınlanan “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” (ABYYHY) de de açık seçik bir sınırlama görülmemektedir. Sadece düzensizliklere karşı bazı uyarılar ve göz korkutucu, hesabı karmaşıktırılan bazı bilgiler vardır.

Deprem altındaki yapılardaki etkilerden dolayı, bu yönetmelikte tanımlanan düzensizlikteki yapıların elden geldiğince tasarımlarından ve inşaatlarından kaçınılmalıdır.

Bilindiği gibi burulma yönünden dengelenmemiş düzensiz yapılar, deprem etkileri altındaki düzenli yapılara göre daha narindirler.

Bu tez çalışmasında, simetrik olmayan ve bazı durumlarda ortogonal olmayan (asal eksenleri deprem doğrultularına paralel olmayan) burulmalı yapıların deprem kuvvetleri altındaki davranışları incelenmiştir.

2. BAZI ÜLKE YÖNETMELİKLERİNDE BURULMA KOŞULLARI

2.1 Japonya (1981) ;

2.1.1 Rijitlik Dışmerkezliği

Rijitlik dışmerkezliği R_e , her kat için 0.15 ten küçük olmalıdır.

$$R_e = \frac{e}{re} \quad (2.1)$$

e = Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki uzaklık.

re = Elastik yarıçap. (Burulma rijitliğinin yatay rijitliğe bölümünün karekökü)

2.2 Meksika (1995) ;

2.2.1 Düzensizlik Koşulları

Herhangi bir katta burulma rijitliği dışmerkezliği e_s , yapının dışmerkezliğe paralel olan plan boyutunun %10'unu geçemez.

2.2.2 Burulma Etkileri

Burulma rijitliği dışmerkezliği e_s , herhangi bir kattaki burulma merkezi ile ilgili katın kesme kuvveti etki doğrultusu arasındaki uzaklıktır. $1.5e_s + 0.1b$ ve $e_s - 0.1b$ şeklindeki tasarım dışmerkezliği formüllerinden en elverişsiz olanı göz önüne alınır. Burada b , yapının tasarım dışmerkezliğine paralel olan plan boyutudur.

Göz önüne alınan seviyenin altındaki katlar için tasarım dışmerkezlikleri en azından e_s nin maksimum değerine eşit olması gerekmektedir. Devrilme momenti ise göz önüne alınan seviyenin üzerindeki katlar için hesaplanan maksimum momentten büyük yada 1.5 katına eşit olmalıdır.

2.2.3 Ortogonal Etkiler

Tüm yapılar, birlikte hareket eden iki yatay yer hareketi unsurunun birleştirilmiş etkisi ile tasarlanmalıdır. Analiz yönüne paralel etkinin %100'ü ona dik yöndeki

etkinin ise %30'u göz önüne alınarak hesap yapılmalıdır. Bunlardan elde edilen en elverişsiz birleştirme ise tasarım için kullanılmalıdır.

2.3 Hindistan (1984) ;

2.3.1 Yüksek Katlı Yapıların Tasarım Kriterleri

Koşullar, kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki uzaklıktan doğan dışmerkezliğe bağlı olan yatay burulmadan dolayı meydana çıkan kesme kuvvetindeki artışlar dikkate alınarak hazırlanmalıdır. Tasarım dışmerkezliği , rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında hesaplanmış olan dışmerkezliğin 1.5 katı olarak alınabilir. Negatif burulma kesmeleri göz ardı edilebilir.

Yatayda yada düşeyde düzensiz bir plana, kütle veya rijitlik dağılımına sahip binaların tasarımında mod birleştirme yöntemi kullanarak dinamik analiz yapmak daha uygundur.

3. DÜZENSİZLİK ÇEŞİTLERİ

3.1 Düzensizliğin Tanımı

Mimari tasarıma başlarken kaçınılması gereken farklı tiplerde düzensizlikler vardır. Düzensizlikler binanın şeklinde ve görünüşünde olabilir. Örnek olarak katlar arasındaki yükseklik farkları, kütle ve rijitsizliklerin dağılımı, kısa kolonların yapılması, kolon veya perdelerin asal eksene dik olarak yerleştirilmemeleri sayılabilir.

Deprem yönetmeliklerinde belirtilen düzensiz yapıların sismik tasarımları yapılırken, yapının dinamik karakterinin de göz önüne alınarak tasarım kuvvetleri belirlenmelidir. Bazı durumlarda ABYYHY’ de eşdeğer kuvvet yöntemi yerine, dinamik analizin kullanılması öngörülmüştür. Son zamanlarda bu analiz metotlarını karşılaştırmak için birçok çalışma yapılmıştır.

3.2 Burulma Düzensizliği

Burulma düzensizliği için, ABYYHY’ de η_b olarak tanımlanan bir “Burulma Düzensizliği Katsayısı” vardır. Bu katsayı, $\Delta_{\max}$ herhangi bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesinin Δ_{ort} aynı katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranıdır [6].

$$\eta_b = \frac{\Delta_{\max}}{\Delta_{ort}} \quad (3.1)$$

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

Eğer $\eta_b = \frac{\Delta_{\max}}{\Delta_{ort}} > 1.2$ ise yapıda burulma düzensizliği mevcut demektir. Bu durumda

$1.2 < \eta_b < 2$ olmak koşulu ile, kata uygulanan $\bar{\pm} \%5$ dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için aşağıdaki formülle hesaplanacak olan artırma katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D = (\eta_b/1.2)^2 \quad (3.3)$$

Buna Artırılmış Dışmerkezlilik (AD) denir. $\eta_b > 2$ olan yapılarda tasarım, eğer Eşdeğer Deprem Yüğü altında hesap yapılacaksa, dışmerkezliliğin derecesi küçülecek tarzda yapısal rijitlik değıştirilerek yapısal çözümlene tekrar edilmelidir.

Burulma düzensizliğı olan yapılarda, Eşdeğer Deprem Yüğü (EDY)' nin uygulanmasına karşın bazı sınırlamalar vardır. Genellikle, bu tür yapıların çözümü için EDK' nin uygulanmasındaki sınırlamalar da göz önüne alınarak, Mod Birleştirme Yöntemi daha güvenli bir metot olarak tercih edilmelidir.

3.2.1 Tasarım Dışmerkezliğı

Birçok yönetmelik, simetrik olmayan yapılarda yatay deprem kuvvetlerinin her kat seviyesinde kütle merkezine dışmerkezliğıyle birlikte uygulanmasını uygun görür. Yönetmeliklerde belirtilen tasarım dışmerkezliğinin formu

$$e_d = \alpha e_s + \gamma B \quad (3.4)$$

$$e_d = \delta e_s - \gamma B \quad (3.5)$$

şeklindedir [1]. İlk bölüm dinamik dışmerkezliğı olarak adlandırılır ve kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki gerçek uzaklık olan e_s nin bir fonksiyonudur. Bu dinamik dışmerkezlilik, rijitlik ve kütledeki dağılımların farkını da hesaba alır ve burulma tepkisinin dinamik etkisi için bazı toleranslar sağlar. İkinci bölüm ise burulmalı yer hareketi gibi diğer faktörler için hesaba alınan ek dışmerkezliğı ve gerçek ile hesaplanan dışmerkezliğı arasındaki farklılıkları işaret eder. Son zamanlarda, burulma yönünden iyi dengelenmemiş yapılar ile ilgili değışik yönetmelik koşullarının karşılaştırılması için değışik çalışmalar yapılmıştır.

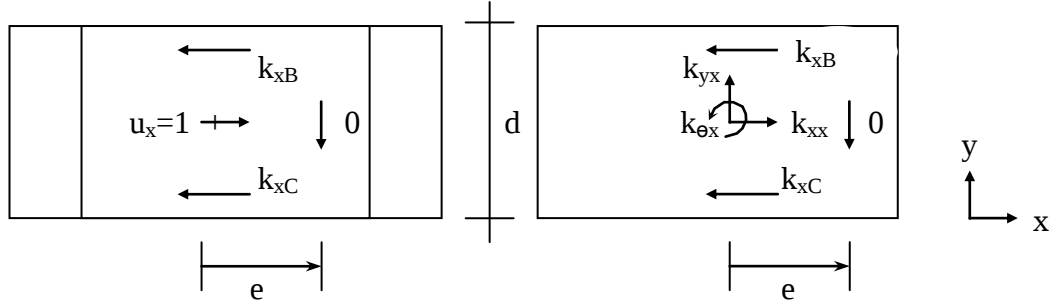
Tasarım dışmerkezliğinin elde edilmesi için yönetmeliklerde değışik sabitler kullanılmıştır. Örneğın, UBC ve ATC-3' te $\gamma = 0.05$ ve $\alpha = \delta = 1$ olmak üzere $\alpha = 1$ olduğu durumda burulma tepkisi için herhangi bir dinamik artırım yoktur. MDFC' de ise $\gamma = 0.1$ $\alpha = 1.5$ ve $\delta = 1$ olarak tanımlanmıştır. NBCC' de $\gamma = 0.1$ $\alpha = 1.5$ ve $\delta = 0.5$ dir. ABYYHY tasarım dışmerkezliğini basit bir şekilde tanımlar ki burada $\alpha = \delta = 1$ ve $\gamma = 0.05$ tir. Bu da gösterir ki ABYYHY burulma tepkisi için herhangi bir dinamik artırımı hesaba katmaz.

3.2.2 Burulmanın Genel Hali İçin Rijitlik Matrisinin Elde Edilmesi

Burulmalı bir yapının rijitlik matrisini aşağıdaki şekilde elde edilir.

Kuvvet Durumları:

1. $u_x = 1, u_y = u_\theta = 0$ olması hali (Şekil 3.1);



Şekil 3.1 : X Yönünde Birim Deplasman Durumu

Merkez noktaya göre denge denklemleri kurularak;

$$k_{xx} = k_{xB} + k_{xC}$$

$$k_{yx} = 0$$

olur ve yine merkez noktaya göre moment alınarak,

$$k_{\theta x} = (-k_{xB} \times (d/2)) + (-k_{xC} \times (-d/2)) = (d/2)(k_{xC} - k_{xB})$$

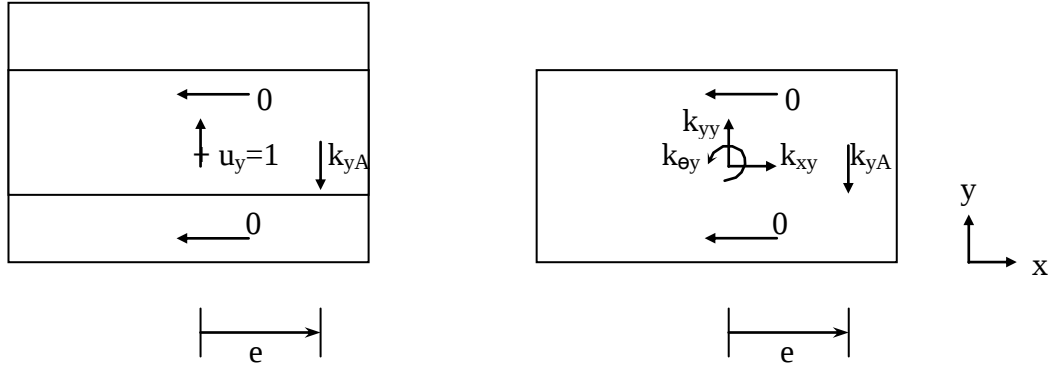
olur. Buradan da formülleri genelleştirilerek,

$$[k_{xx}] = \sum_{i=1}^{nx} [k_x]_i$$

$$[k_{\theta x}] = -\sum_{i=1}^{nx} y_i [k_x]_i$$

formülleri elde edilir.

2. $u_x = 0, u_y = 1, u_\theta = 0$ olması hali (Şekil 3.2);



Şekil 3.2 : Y Yönünde Birim Deplasman Durumu

Denge denklemlerinden;

$$k_{xy} = 0$$

$k_{yy} = k_{yA}$ bulunur ve merkez noktaya göre momentten,

$$k_{\theta y} = e \times k_{yA} \text{ olur.}$$

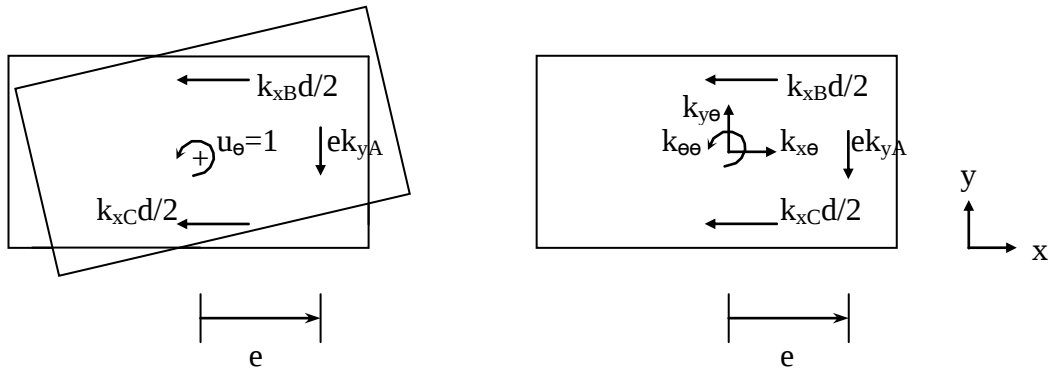
Genelleştirilecek olursa,

$$[k_{yy}] = \sum_{j=1}^{ny} [k_y]_j$$

$$[k_{\theta y}] = \sum_{j=1}^{ny} x_j [k_y]_j$$

formülleri elde edilir.

3. $u_x = u_y = 0, u_\theta = 1$ olması hali (Şekil 3.3);



Şekil 3.3 : Dönme Birim Deplasman Durumu

Denge denklemlerinden;

$$k_{x\theta} = k_{xC} d/2 - k_{xB} d/2 = (d/2)(k_{xC} - k_{xB})$$

$$k_{y\theta} = e \times k_{yA}$$

olur ve moment alınmasıyla,

$$k_{\theta\theta} = e.k_{yA} \times e + k_{xB} d/2 \times d/2 + (-k_{xC} d/2 \times (-d/2)) = e^2 k_y + (d^2/4)(k_{xB} + k_{xC})$$

olur. Bu formüller genelleştirilerek,

$$[k_{x\theta}] = [k_{\theta x}] = -\sum_{i=1}^{nx} y_i [k_x]_i$$

$$[k_{y\theta}] = [k_{\theta y}] = \sum_{j=1}^{ny} x_j [k_y]_j$$

$$k_{\theta\theta} = \sum_{i=1}^{nx} y_i^2 [k_x]_i + \sum_{j=1}^{ny} x_j^2 [k_y]_j$$

formülleri elde edilir.

Elde edilen bütün formüller birleştirilerek burulmanın genel hali için rijitlik matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$[k] = \begin{bmatrix} [k_{xx}] & [0] & [k_{x\theta}] \\ [0] & [k_{yy}] & [k_{y\theta}] \\ [k_{\theta x}] & [k_{\theta y}] & [k_{\theta\theta}] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[\sum_{i=1}^{nx} [k_x]_i \right] & 0 & -\sum_{i=1}^{nx} y_i [k_x]_i \\ 0 & \left[\sum_{j=1}^{ny} [k_y]_j \right] & \sum_{j=1}^{ny} x_j [k_y]_j \\ -\sum_{i=1}^{nx} y_i [k_x]_i & \sum_{j=1}^{ny} x_j [k_y]_j & \sum_{i=1}^{nx} y_i^2 [k_x]_i + \sum_{j=1}^{ny} x_j^2 [k_y]_j \end{bmatrix}$$

Burada;

$[k_x]_i, [k_y]_j$ = x ve y eksenlerine paralel olan çerçevelerin rijitlik matrislerini,

n_x, n_y = x ve y eksenlerine paralel olan çerçeve sayısını,

x_j = y eksenine paralel olan “j” çerçevesinin y eksenine olan uzaklığını ve

y_i = x eksenine paralel olan “i” çerçevesinin x eksenine olan uzaklığını ifade etmektedir.

Bu durumda yukarıda incelemiş olan sistemin rijitlik matrisi şu şekilde olur;

$$[k] = \begin{bmatrix} k_{xB} + k_{xC} & 0 & (d/2)(k_{xC} - k_{xB}) \\ 0 & k_{yA} & e.k_{yA} \\ (d/2)(k_{xC} - k_{xB}) & e.k_{yA} & e^2 k_{yA} + (d^2/4)(k_{xB} + k_{xC}) \end{bmatrix}$$

Böyle bir sistemin kütle matrisi ise şu şekilde tanımlanabilir;

$$[m] = \begin{bmatrix} [m_{xx}] & [0] & [m_{x\theta}] \\ [0] & [m_{yy}] & [m_{y\theta}] \\ [m_{\theta x}] & [m_{\theta y}] & [m_{\theta\theta}] \end{bmatrix}$$

Burada,

$$[m_{xx}] = [m_{yy}] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \quad (3.6a),$$

$$[m_{\theta\theta}] = \begin{bmatrix} I_{G1} & 0 \\ 0 & I_{G2} \end{bmatrix} \quad (3.6b),$$

$$[m_{x\theta}] = [m_{\theta x}] = \begin{bmatrix} -m_1 y_{G1} & 0 \\ 0 & -m_2 y_{G2} \end{bmatrix} \quad (3.6c),$$

$$[m_{y\theta}] = [m_{\theta y}] = \begin{bmatrix} m_1 x_{G1} & 0 \\ 0 & m_2 x_{G2} \end{bmatrix} \quad (3.6d)$$

dir. Öyle ise,

$$[m] = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} & [0] & \begin{bmatrix} -m_1 y_{G1} & 0 \\ 0 & -m_2 y_{G2} \end{bmatrix} \\ [0] & \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} m_1 x_{G1} & 0 \\ 0 & m_2 x_{G2} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} -m_1 y_{G1} & 0 \\ 0 & -m_2 y_{G2} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} m_1 x_{G1} & 0 \\ 0 & m_2 x_{G2} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} I_{G1} & 0 \\ 0 & I_{G2} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

olur. Yukarıda tanımlanan matrislerde;

m_1, m_2 = Her katın toplanmış kütlelerini ($m = q/g \iint dx dy$),

I_{G1}, I_{G2} = m_1 ve m_2 nin kutupsal kütle atalet momentini ($I_G = \iint (x_2^2 + y_2^2) dm$) ve

X_{G1}, Y_{G1} = Her katın ağırlık merkezinin rijitlik merkezine göre koordinatlarını tanımlamaktadır.

3.3 Yönetmelik Parametrelerini, İç Kuvvetleri ve Tasarım Dışmerkezliklerini İrdelemek Amacı ile Yapılan Parametrik Çalışmalar

3.3.1 Örnek 1

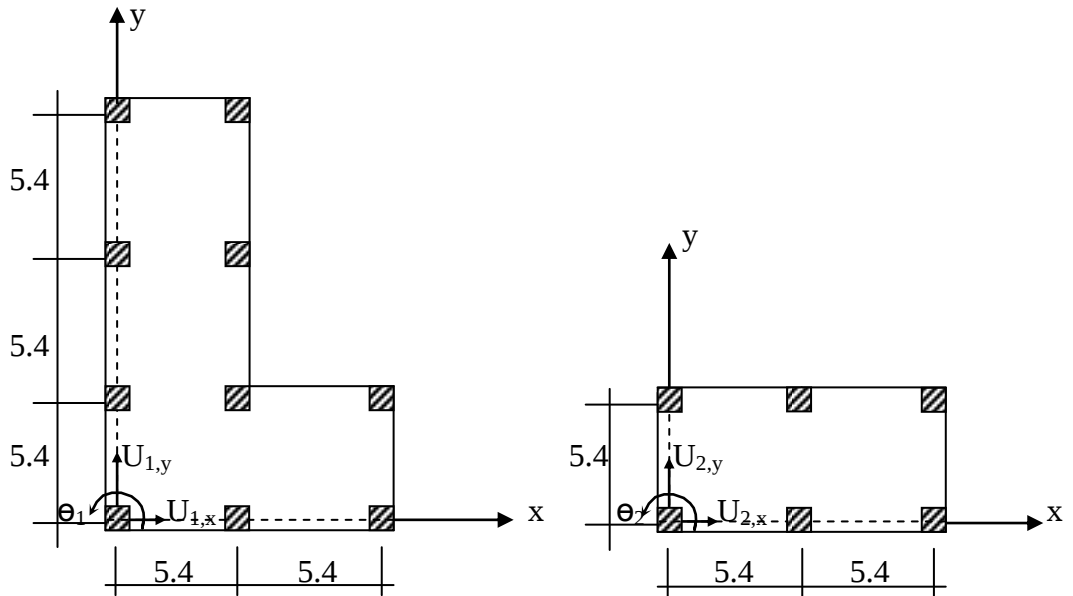
Bu çalışmada, burulma düzensizliğine sahip 2 katlı bir yapının kütle ve rijitlik matrisleri oluşturularak yapının periyotları, frekansları ve mod şekilleri bulunup taban kesme kuvvetleri ve modların katkıları hesaplanacaktır.

3.3.1.1 Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem

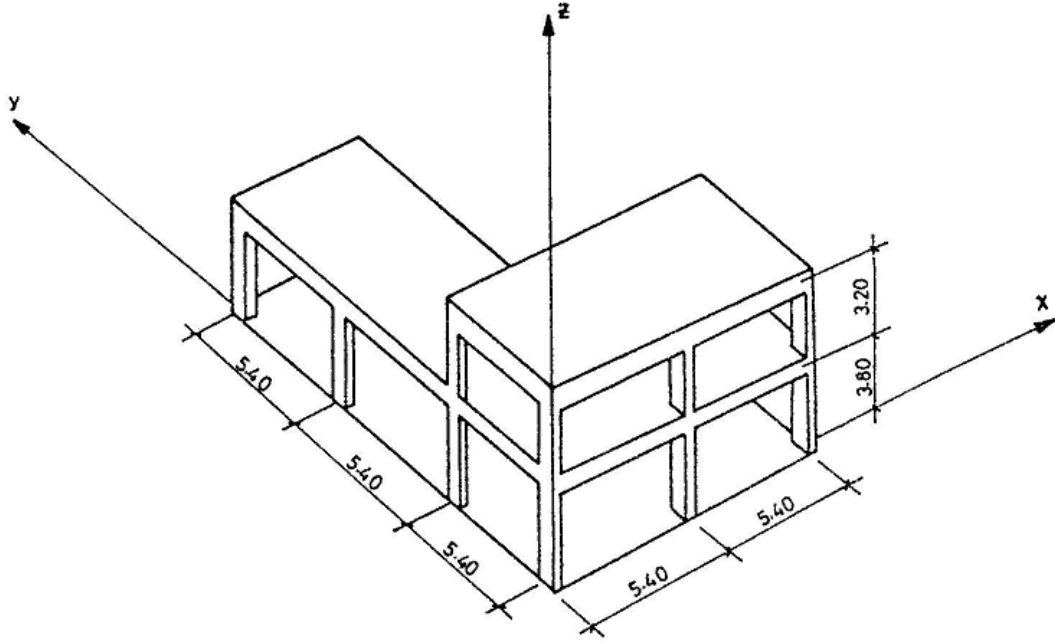
1. Göz önüne alınan örnek yapının kütle ve rijitlik matrisleri oluşturulur.
2. Yapının periyotları, mod şekilleri ve kütle katılım faktörleri hesaplanır.
3. Tasarım spektrumu yardımı ile deplasmanlar hesaplanarak her mod için kat kesme kuvvetleri bulunur.
4. Her mod için etkin kütleler ve kütle katılım faktörleri hesaplanarak nihai kesme kuvveti elde edilir.

3.3.1.2 Yapısal Bilgi

Kat planları Şekil 3.4 deki gibi olan düzensiz bir yapıya sahip olan 2 katlı binanın kat yükseklikleri $h_1 = 3.8$ m ve $h_2 = 3.2$ m dir. Kolonlar ilk katta 30 / 35 cm / cm, ikinci katta 30 / 30 cm / cm, kirişler 25 / 60 cm / cm boyutlarında ve döşeme kalınlığı ise 20 cm olarak seçilmişlerdir.



Şekil 3.4 : Burulma Düzensizliğine Sahip Yapının 1. ve 2. Kat Planı



Şekil 3.5 : Burulma Düzensizliğine Sahip Yapının 3 Boyutlu Görüntüsü

3.3.1.3 Modelleme ve Hesap Ayrıntıları

Örnek binanın düzensiz bir yapıya sahip olmasından dolayı hesap modelinde her kat için 2 yerdeğiştirme (U_x , U_y) ve bir dönme (Θ) olmak üzere 3 adet serbestlik derecesi seçmek uygun görülmüştür. Deprem kuvvetlerinin değerlendirilmesinde her iki deprem doğrultusu da (x, y) dikkate alınmıştır. Yapının taban kesme kuvveti hesaplanırken $\xi = 0.05$ için Erzincan D – B 1992 depremi ivme spektrumu kullanılmıştır (Şekil 3.6).

Döşemelerin kendi düzlemleri içerisinde sonsuz rijit bir diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Burulma düzensizliğine sahip olan yapının kütle ve rijitlik matrisini aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$[m] = \begin{bmatrix} [m_{xx}] & [0] & [m_{x\theta}] \\ [0] & [m_{yy}] & [m_{y\theta}] \\ [m_{\theta x}] & [m_{\theta y}] & [m_{\theta\theta}] \end{bmatrix}$$

$$[k] = \begin{bmatrix} [k_{xx}] & [0] & [k_{x\theta}] \\ [0] & [k_{yy}] & [k_{y\theta}] \\ [k_{\theta x}] & [k_{\theta y}] & [k_{\theta\theta}] \end{bmatrix}$$



Şekil 3.6 : Erzincan 1992 Depremi D – B İvme Spektrumu ($a_{maks} = 491.88 \text{ cm} / \text{s}^2$)

Yapılan işlemler sonucunda sistemin kütle ve rijitlik matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$[m] = \begin{bmatrix} 12.84 & 0 & 0 & 0 & -86.67 & 0 \\ 0 & 4.52 & 0 & 0 & 0 & -12.20 \\ 0 & 0 & 12.84 & 0 & 52.00 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4.52 & 0 & 24.41 \\ -86.67 & 0 & 52.00 & 0 & 1185.65 & 0 \\ 0 & -12.20 & 0 & 24.41 & 0 & 219.67 \end{bmatrix} kN \frac{s^2}{m}$$

$$[k] = \begin{bmatrix} 6410.74 & -2966.34 & 0 & 0 & -3218881 & 8009.12 \\ -2966.34 & 2966.34 & 0 & 0 & 8009.12 & -8009.12 \\ 0 & 0 & 7654.74 & -2966.34 & 362718 & -1601662 \\ 0 & 0 & -2966.34 & 2966.34 & -1601662 & 1601662 \\ -3218881 & 8009.12 & 362718 & -1601662 & 64273801 & -18739878 \\ 8009.12 & -8009.12 & -1601662 & 1601662 & -18739878 & 18739878 \end{bmatrix} \frac{kN}{m}$$

$([k] - \omega_i^2 [m])\{\phi\}_i = (0)$ denklemini Fortran’da hazırlanan bir program (Ek-1) yardımı ile çözülerek sistemin frekansları (ω_i), periyotları (T_i) ve mod şekilleri (ϕ_i) değerleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\omega_1 = 12.99 \text{ rad/s} \quad T_1 = 0.484 \text{ s}$$

$$\{\phi\}_1 = [0.2623 \quad 0.3475 \quad -0.0384 \quad -0.0405 \quad 0.0096 \quad 0.0109]^T$$

$$\omega_2 = 15.33 \text{ rad/s} \quad T_2 = 0.410 \text{ s}$$

$$\{\phi\}_2 = [0.0010 \quad 0.0001 \quad -0.1960 \quad -0.3091 \quad -0.0018 \quad -0.0021]^T$$

$$\omega_3 = 19.77 \text{ rad/s} \quad T_3 = 0.318 \text{ s}$$

$$\{\phi\}_3 = [0.1408 \quad 0.2325 \quad -0.1961 \quad -0.2533 \quad 0.0389 \quad 0.0534]^T$$

$$\omega_4 = 31.77 \text{ rad/s} \quad T_4 = 0.1985 \text{ s}$$

$$\{\phi\}_4 = [-0.0981 \quad 0.1465 \quad -0.1778 \quad -0.2588 \quad -0.0025 \quad -0.0084]^T$$

$$\omega_5 = 33.04 \text{ rad/s} \quad T_5 = 0.190 \text{ s}$$

$$\{\phi\}_5 = [0.2214 \quad -0.1242 \quad 0.0261 \quad -0.4578 \quad 0.0138 \quad 0.0566]^T$$

$$\omega_6 = 42.49 \text{ rad/s} \quad T_6 = 0.148 \text{ s}$$

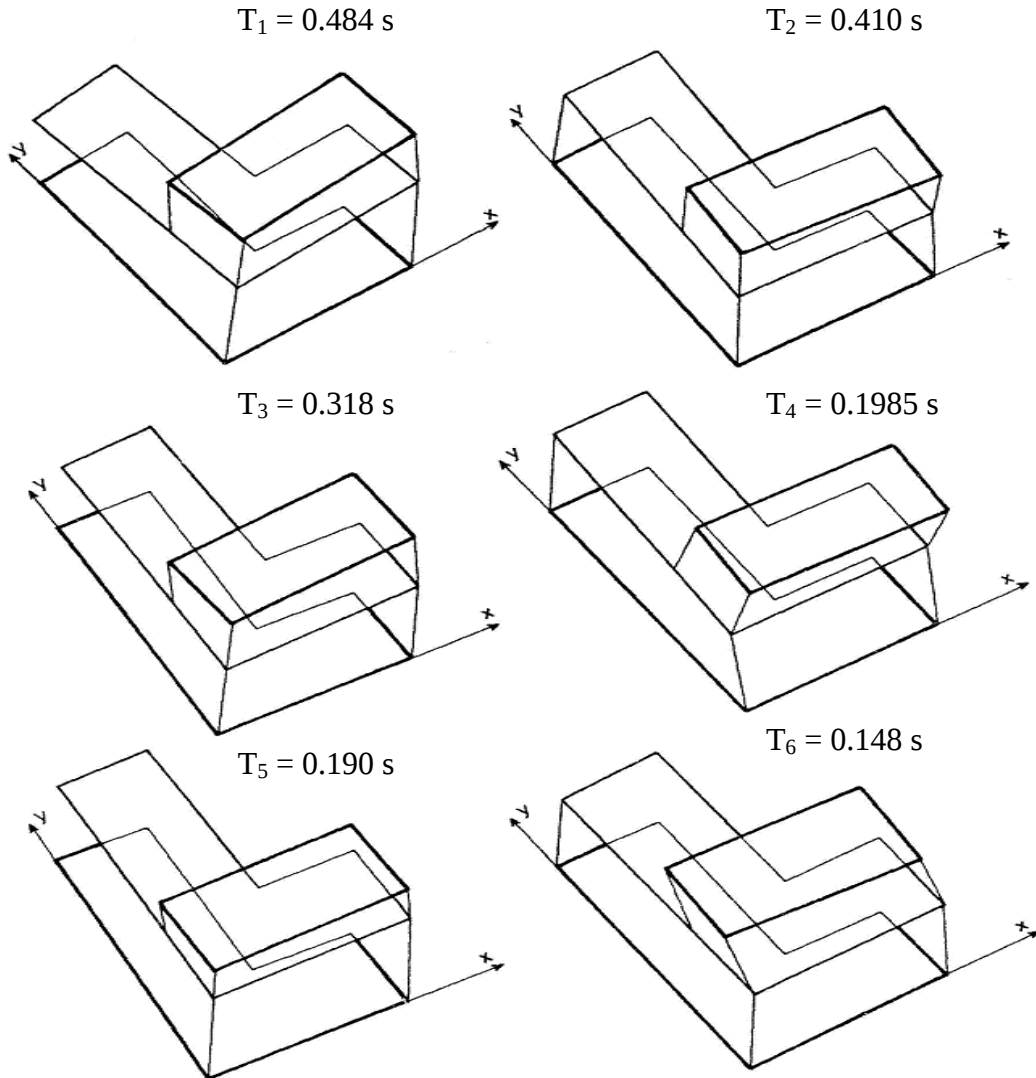
$$\{\phi\}_6 = [0.2176 \quad -0.3769 \quad -0.0960 \quad 0.5606 \quad 0.0274 \quad -0.1092]^T$$

$M_i = \{\phi_i^T\} \{m\} \{\phi_i\}$ formülünden yararlanılarak her mod için genelleştirilmiş kütleler hesaplanmıştır. Buna göre;

$$M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = M_5 = M_6 = 1 \text{ dir.}$$

$\Gamma_i = \frac{\{\phi_i^T\} \{m\} \{1\}}{M_1}$ formülünden yararlanılarak her mod için kütle katılım faktörleri hesaplanmıştır. Buna göre;

$$\Gamma_1 = 3.974 \quad \Gamma_2 = 0.195 \quad \Gamma_3 = -1.164 \quad \Gamma_4 = -0.278 \quad \Gamma_5 = 0.395 \quad \Gamma_6 = 0.048 \text{ dir.}$$



Şekil 3.7 : Titreşim Mod Şekilleri

İvme spektrumundan ($a_{\max} = 491.88 \text{ cm/s}^2$)

$$T_1 = 0.484 \text{ s} \rightarrow S_a/a_{\max} = 1.85$$

$$D_1 = S_a/a_{\max} \times a_{\max} \times (1/\omega_1)^2 = 1.85 \times 491.88 \times (1/12.99)^2 = 5.4 \text{ cm}$$

$$T_2 = 0.410 \text{ s} \rightarrow S_a/a_{\max} = 1.45$$

$$D_2 = S_a/a_{\max} \times a_{\max} \times (1/\omega_2)^2 = 1.45 \times 491.88 \times (1/15.33)^2 = 3.0 \text{ cm}$$

$$T_3 = 0.318 \text{ s} \rightarrow S_a/a_{\max} = 3.00$$

$$D_3 = S_a/a_{\max} \times a_{\max} \times (1/\omega_3)^2 = 3.00 \times 491.88 \times (19.77)^2 = 3.8 \text{ cm}$$

$$T_4 = 0.1985 \text{ s} \rightarrow S_a/a_{\max} = 2.8$$

$$D_4 = S_a/a_{\max} \times a_{\max} \times (1/\omega_4)^2 = 2.8 \times 491.88 \times (31.77)^2 = 1.4 \text{ cm}$$

$$T_5 = 0.190 \text{ s} \rightarrow S_a/a_{\max} = 2.72$$

$$D_5 = S_a/a_{\max} \times a_{\max} \times (1/\omega_5)^2 = 2.42 \times 491.88 \times (33.04)^2 = 1.2 \text{ cm}$$

$$T_6 = 0.148 \text{ s} \rightarrow S_a/a_{\max} = 1.8$$

$$D_6 = S_a/a_{\max} \times a_{\max} \times (1/\omega_6)^2 = 1.8 \times 491.88 \times (42.49)^2 = 0.5 \text{ cm}$$

Sisteme gelen yatay deprem kuvvetleri;

$\{f_{An}\} = \Gamma_n [k_y] \phi_n D_n$ denklemi yardımı ile hesaplanabilir.

1.Mod için:

$$\begin{Bmatrix} f_{X1} \\ f_{X2} \\ f_{Y1} \\ f_{Y2} \\ f_{\theta1} \\ f_{\theta2} \end{Bmatrix}_I = 3.974 \times [k_n] \times \phi_n \times 5.393 = \begin{Bmatrix} 92.02 \\ 51.93 \\ -0.04 \\ 3.13 \\ -485.61 \\ -101.23 \end{Bmatrix}_t$$

$$V_{bX1} = 143.95 \text{ kN},$$

$$V_{bY1} = 3.09 \text{ kN}, V_{b\theta1} = -586.84 \text{ kNm}$$

2.Mod için:

$$\begin{Bmatrix} f_{X1} \\ f_{X2} \\ f_{Y1} \\ f_{Y2} \\ f_{\theta1} \\ f_{\theta2} \end{Bmatrix}_{II} = 0.195 \times [k_n] \times \phi_n \times 3.035 = \begin{Bmatrix} 0.28 \\ -0.002 \\ -3.64 \\ -2.01 \\ -17.47 \\ -11.01 \end{Bmatrix} t$$

$$V_{bXII} = 0.0278 \text{ kN},$$

$$V_{bYII} = -5.65 \text{ kN}, V_{b\theta II} = -28.48 \text{ kNm}$$

3.Mod için:

$$\begin{Bmatrix} f_{X1} \\ f_{X2} \\ f_{Y1} \\ f_{Y2} \\ f_{\theta1} \\ f_{\theta2} \end{Bmatrix}_{III} = -1.164 \times [k_n] \times \phi_n \times 3.775 = \begin{Bmatrix} 26.81 \\ -6.85 \\ 8.53 \\ -2.75 \\ -407.59 \\ -46.88 \end{Bmatrix} t$$

$$V_{bXIII} = 19.96 \text{ kN},$$

$$V_{bYIII} = 5.78 \text{ kN}, V_{b\theta III} = -454.47 \text{ kNm}$$

4.Mod için:

$$\begin{Bmatrix} f_{X1} \\ f_{X2} \\ f_{Y1} \\ f_{Y2} \\ f_{\theta1} \\ f_{\theta2} \end{Bmatrix}_{IV} = -0.278 \times [k_n] \times \phi_n \times 1.365 = \begin{Bmatrix} 3.99 \\ -2.94 \\ 2.09 \\ 1.27 \\ -7.56 \\ 16.57 \end{Bmatrix} t$$

$$V_{bXIV} = 1.05 \text{ kN},$$

$$V_{bYIV} = 3.36 \text{ kN}, V_{b\theta IV} = 9.01 \text{ kNm}$$

5.Mod için:

$$\begin{Bmatrix} f_{X1} \\ f_{X2} \\ f_{Y1} \\ f_{Y2} \\ f_{\theta1} \\ f_{\theta2} \end{Bmatrix}_{\nabla} = 0.395 \times [k_n] \times \phi_n \times 1.226 = \begin{Bmatrix} 8.70 \\ -6.62 \\ 5.57 \\ -3.63 \\ -7.60 \\ 14.71 \end{Bmatrix}_t$$

$$V_{bX\nabla} = 2.08 \text{ kN},$$

$$V_{bY\nabla} = 1.94 \text{ kN}, V_{b\theta\nabla} = 7.11 \text{ kNm}$$

6.Mod için:

$$\begin{Bmatrix} f_{X1} \\ f_{X2} \\ f_{Y1} \\ f_{Y2} \\ f_{\theta1} \\ f_{\theta2} \end{Bmatrix}_{\nabla I} = 0.048 \times [k_n] \times \phi_n \times 0.490 = \begin{Bmatrix} 0.178 \\ -0.16 \\ 0.081 \\ -0.056 \\ 3.66 \\ -2.42 \end{Bmatrix}_t$$

$$V_{bX\nabla I} = 0.018 \text{ kN},$$

$$V_{bY\nabla I} = 0.025 \text{ kN}, V_{b\theta\nabla I} = 1.24 \text{ kNm}$$

Tablo 3.1 : Modların Birleştirilmesi

	V_{bX} (kN)	V_{bY} (kN)	$V_{b\theta}$ (kNm)
ABSSUM	167.086	19.845	1087.15
SRSS	145.35	9.48	742.88
CQC	162.32	8.14	657.25

Etkin Kütleler :

$$1.\text{Mod: } \left[\sum (m_i \cdot \phi_{xir}) \right] / M_r \Rightarrow 3.974^2 / M_r^* = 15.79 > 0.90 \sum m_i > 0.9 \times 17.36 = 15.624$$

1. modun katkısı yeterlidir.

3.3.2 Örnek 2

Bu çalışmada, perdelerinin yerleri değiştirilmiş olan 3 adet yapı 1, 5 ve 10 katlı olarak analiz edilecek, burulma düzensizliği katsayısı ve bazı taşıyıcı elemanların iç kuvvet değerleri hesaplanarak karşılaştırılacaktır.

3.3.2.1 Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem

1. Göz önüne alınan yapı, kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı varsayılarak, %5 ek dışmerkezlik etkisi kullanılarak E.D.Y. Yöntemi ve Dinamik Analiz (Mod Birleştirme Yöntemi) ile analiz edilir.
2. Burulma Düzensizliği Katsayısı η_b değeri hesaplanır.
3. Artırılmış dışmerkezlik değeri hesaplanır.
4. Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki gerçek uzaklık olan mevcut dışmerkezlik değeri hesaplanır.
5. Toplam dışmerkezlik hesaplanır.
6. İç kuvvetler hesaplanır.
7. Bulunan değerler yönetmelik değerleriyle karşılaştırılır.

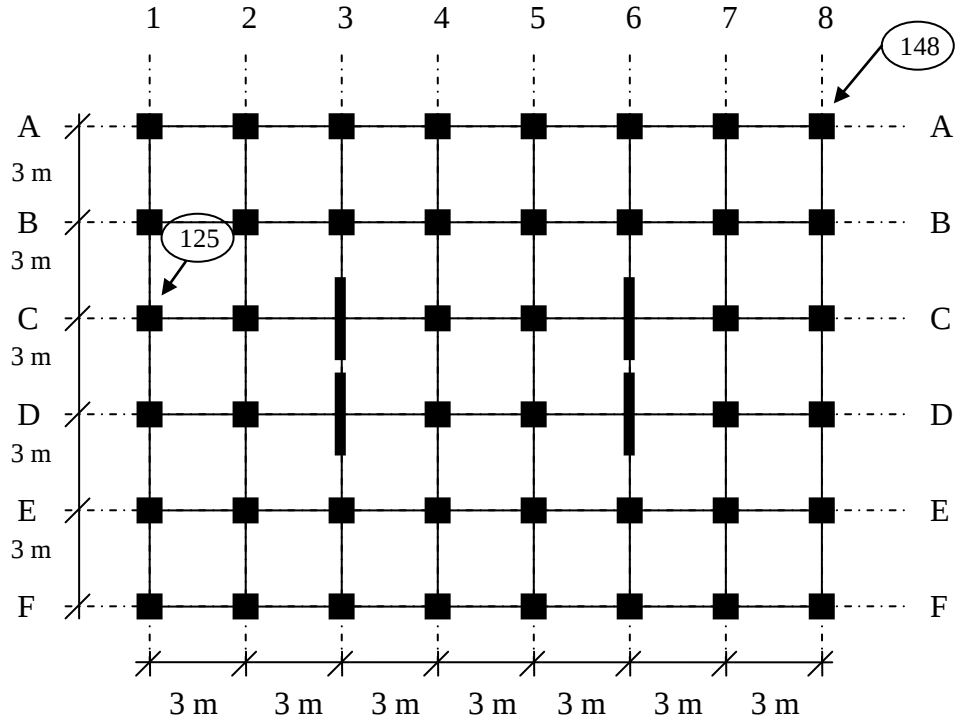
3.3.2.2 Yapısal Bilgi

Planı Şekil 3.8 deki gibi olan örnek yapı, Y eksenine paralel 4 adet perde ihtiva etmektedir. N=1, N=5 ve N=10 katlı olarak 3 farklı şekilde modellenenecektir. Değişik kat adedine sahip yapılara göre kolon ve perde kesitleri değişmekte, kiriş kesitleri bütün modellerde sabit kalmaktadır. İç kuvvetlerin karşılaştırılabilmesi için bazı düşey taşıyıcı elemanlar örnek olarak seçilmiştir.

Yapıdaki düşey taşıyıcı eleman olan kolonlar, 1 katlı model için 30 / 30 cm / cm , 5 ve 10 katlı modeller içinse 50 / 50 cm / cm boyutlarında, perdeler ise 1 katlı modelde 25 / 250 cm / cm 5 ve 10 katlı modellerde 30 / 250 cm / cm boyutlarında seçilmişlerdir. Döşeme kalınlığı 20 cm. alınmıştır. İç açıklıklardaki kirişler için 150 cm. tabla genişliğine sahip tablalı kesit, kenar açıklıklardaki kirişler içinse 75 cm. tabla genişliğine sahip yarım tablalı kesit seçilmiştir. Perdeler yapılara, değişik dışmerkezlik değerleri oluşturabilmek amacı ile üç farklı şekilde yerleştirilmişlerdir.

3.3.2.3 Modelleme ve Hesap Detayları

İç kuvvetler, yapının ABYYHY’de anlatılan E.D.Y. Yöntemi ve mod birleştirme yöntemi ile analiz edilmesiyle hesaplanmıştır. Analizler SAP2000 programında 3 boyutlu çerçeve modeli kullanılarak yapılmıştır. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R değeri, çerçeve ve perdelerde iyi bir süneklik sağlamak amacı ile 8 olarak kabul edilmiştir. Yapını 1.deprem bölgesinde bulunduğu farz edilerek etkin yer ivme katsayısı $A_0 = 0.40$ olarak kullanılmıştır. Yapı önem katsayısı ise $I = 1$ olarak seçilmiştir.



Şekil 3.8 : Örnek Yapının Genel Haline Ait Kat Planı

Yönetmelik formülleri ile hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri, yapıya her kat seviyesinde %5 ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınarak tespit edilmiş olan kaydırılmış kütle merkezlerine yatay yük olarak etki ettirilmişlerdir. Her yapı türü için $(\Delta_i)_{\min}$ minimum ve $(\Delta_i)_{\max}$ maksimum göreceli yer değiştirme değerleri bulunup (3.2) denklemi ile ortalama yer değiştirme değerleri bulunmuş olup bu değerler, (3.1) denkleminde yerlerine konularak burulma düzensizliği katsayısı η_b hesaplanmıştır. Burulma düzensizliği katsayısı η_b 'nin 1.2 den büyük olduğu ($\eta_b \geq 1.2$) durumlarda yapıda burulma düzensizliği olduğu anlaşılarak %5 ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için de (3.3) denklemi ile hesaplanan katsayı ile çarpılarak artırılmış dışmerkezlik değerleri bulunmuştur.

$$e_x = \Sigma x I_x / \Sigma I_x \quad (3.7)$$

$$e_y = \Sigma y I_y / \Sigma I_y \quad (3.8)$$

Mevcut dışmerkezlikler (3.7) ve (3.8) denklemleri ile hesaplanmışlardır.

Burada;

x ve y , düşey yapı elemanlarının merkezlerinin yapının kütle merkezinden geçen eksenlere olan uzaklıklarını, I_x ve I_y ise düşey taşıyıcı elemanların X ve Y

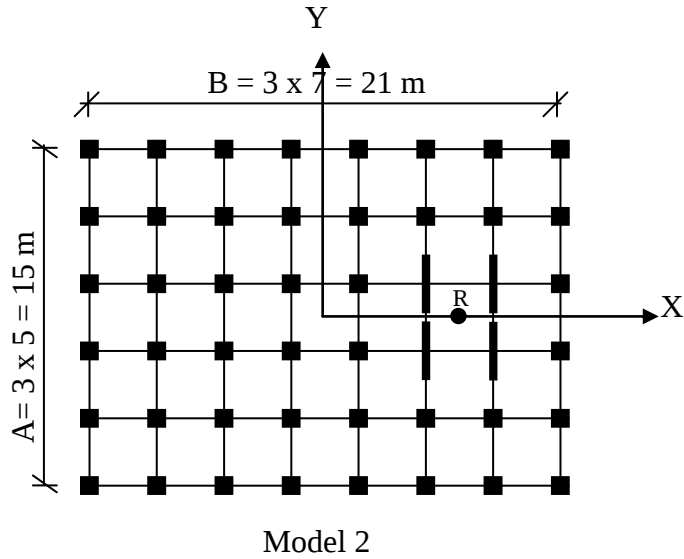
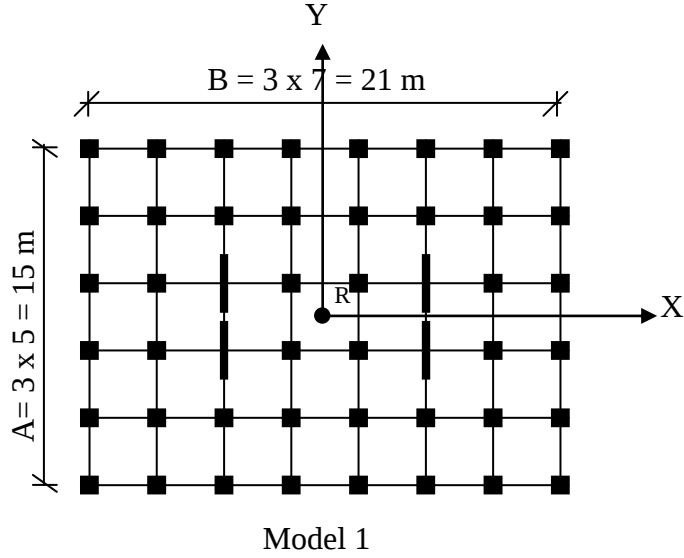
eksenleri etrafındaki atalet momentlerini ifade etmektedir. Örnek olarak kullanılan yapılar X eksenine göre tam simetrik olduklarından e_y değeri sıfır olur.

Toplam dışmerkezliğin hesaplanması için artırılmış dışmerkezlik değeri, mevcut dışmerkezliğe şu şekilde eklenebilir;

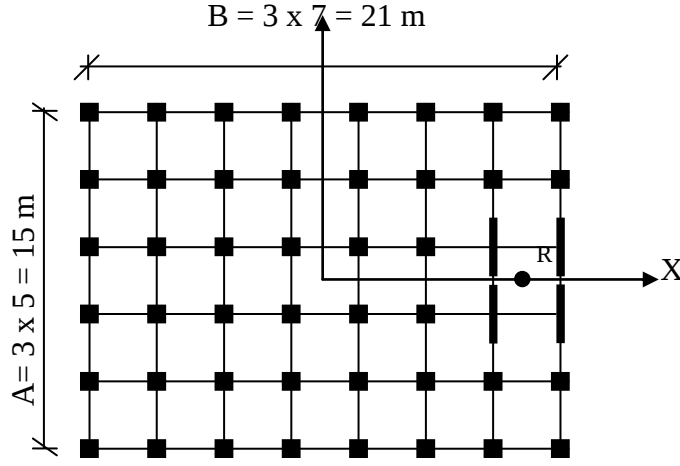
$$e_{top} = (e_{0,x}) \times D + e_x \quad (3.9)$$

Burada;

e_x X eksenine göre mevcut dışmerkezliği, $e_{0,x}$ X eksenine göre %5 ek dışmerkezliği ifade etmektedir.



Y



Model 3

Şekil 3.9 : Burulma Dışmerkezlilikleri Modelleri

Tablo 3.2 : Dışmerkezlilikler (m)

	Model 1			Model 2			Model 3		
	1 kat	5 kat	10 kat	1 kat	5 kat	10 kat	1 kat	5 kat	10 kat
B	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
$e_0 = 0.05B$	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
$e_1 = \Sigma xI_x / \Sigma I_x$	0.00	0.00	0.00	5.82	5.17	5.17	8.73	7.75	7.75
$\eta = \Delta_{\max} / \Delta_{ort}$	1.41	1.42	1.39	2.37	1.81	1.68	2.04	1.79	1.66
$D = (\eta/1.2)^2$	1.37	1.4	1.34	3.89	2.28	1.97	2.88	2.25	1.92
$e_{top} = e_0 D + e_1$	1.44	1.47	1.41	9.90	7.56	7.23	11.75	10.11	9.76

3.3.2.4 Burulma Düzensizliği Katsayısı

Sonuçlardan da anlaşılabileceği gibi, burulma düzensizliği katsayısı η_b için ABYYHY’de bildirilmiş olan alt sınır değeri 1.2 nin oldukça düşük bir değer olduğu ve bu sınır değerın tamamen simetrik olan bir yapıda bile kolaylıkla aşılabileceği tespit edilmiştir. Simetrik olan ve sadece %5 ek dışmerkezlilik etkisi göz önüne alınarak yapılan birçok sayısal örnekte hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı η_b değerlerinin 1.4 civarında olduğu saptanmıştır.

Bunun yanı sıra, yine ABYYHY’de burulma düzensizliği katsayısı η_b için belirtilmiş olan üst sınır değeri 2 nin ise oldukça yüksek olduğu ve yapılan çoğu sayısal örnekte bu değere kolay kolay ulaşılamadığı görülmüştür. Yapılan örneklerde

sadece bir katlı yapıda bu değer 2 nin üzerine çıkmıştır ama şu da kabul edilmelidir ki uygulamada bir katlı bir yapıya bir yönde dört adet perde koyulması çok düşük bir ihtimaldir. Değişik tipteki on katlı yapılarda burulma düzensizliği katsayısı η_b değerlerinin 1.7 civarında olduğu görülmüştür. Bu değer yapının kat sayısı azaldıkça artmaktadır ve bir katlı yapıda 2.1 değerine ulaşılmıştır. Tek katlı yapılar için hesaplanan değerleri, uygulamaya uygun olmadığı için göz ardı edersek değerlerin beş ve on katlı yapılar için 1.7 –1.8 aralığında olduğu görülmektedir. Tüm parametreler hesaba alındığında burulma düzensizliği katsayısı η_b için kabul edilebilecek sınır değerlerin $1.4 \leq \eta < 1.8$ şekilde olması daha uygundur [1];

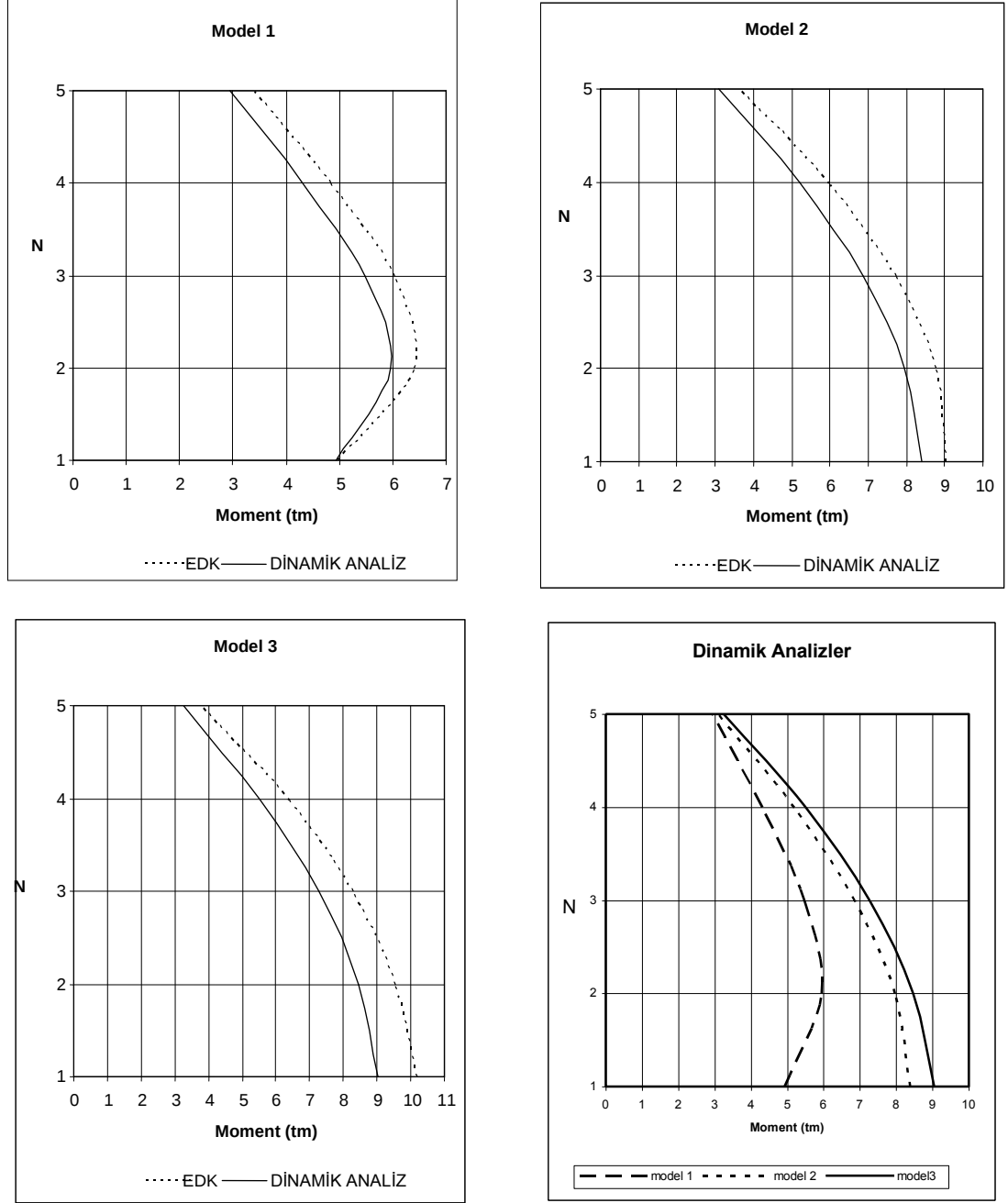
3.3.2.5 İç Kuvvetler

a) C1 Aksındaki 125 nolu kolon (Yapının rijitlik merkezine uzak olan bölge)

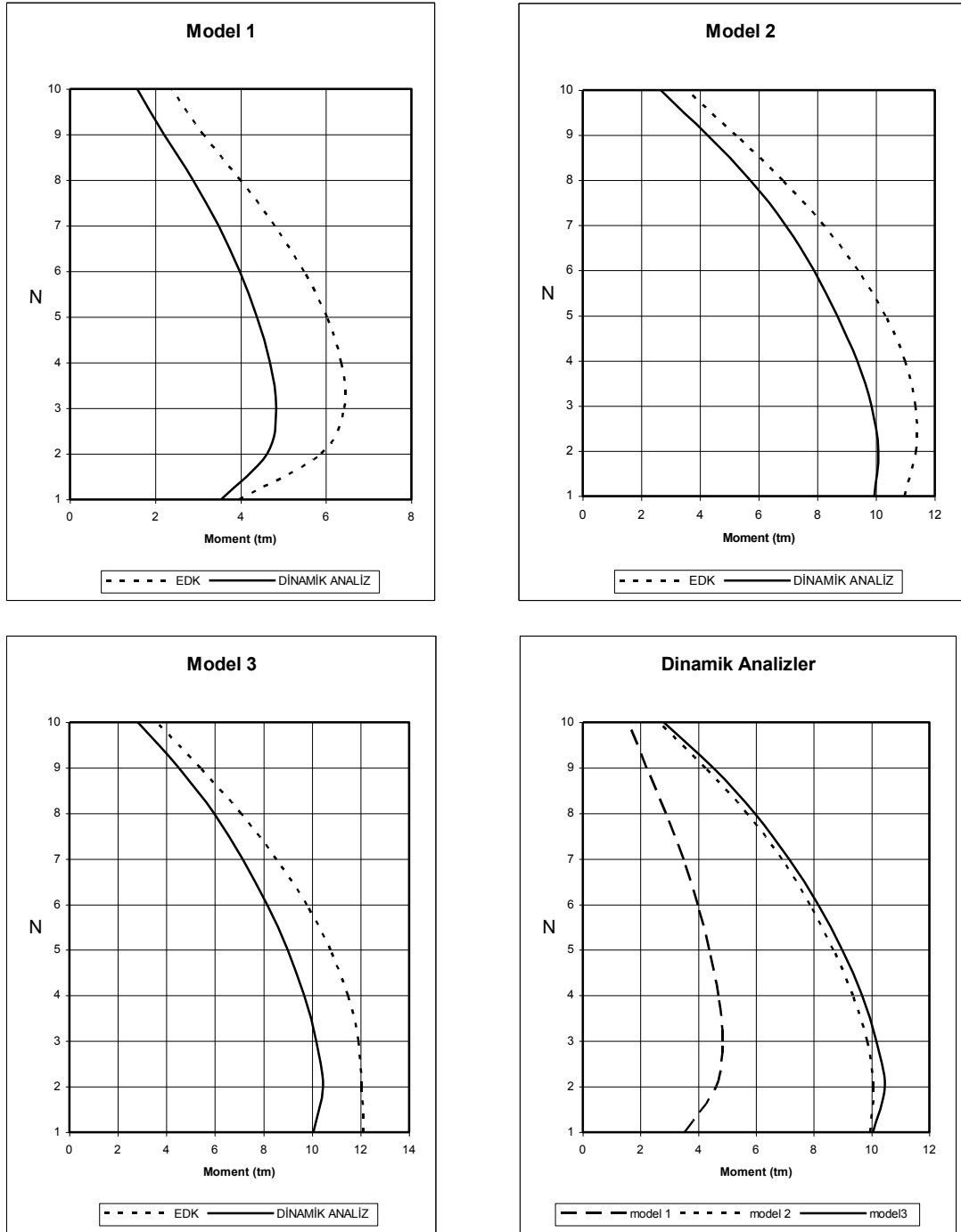
- Tüm yapı çeşitlerinde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan iç kuvvet değerleri, mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan iç kuvvet değerlerine göre %20 - %30 civarında daha yüksek çıkmıştır.
- Tek katlı yapılarda genel durumdan biraz değişik sonuçlar elde edilmiştir. Tam simetrik yapıda dinamik analiz, E.D.Y. Yöntemine göre %5 oranında fazla değerler ortaya çıkarmıştır. Bu eleman için elde edilen eğilme momenti değerleri Şekil 3.10 ve Şekil 3.11 de gösterilmiştir.
- Eğilme momenti değerlerinin yapının tabanından ikinci katına çıkıldıkça bir miktar yükseldiği ve ikinci kattan üst katlara doğru gidildikçe de moment değerlerinde bir azalma olduğu görülmüştür. Moment dağılımları beş ve on katlı yapılarda büyük benzerlikler göstermektedir. Tabanda elde edilen moment değerleri, perdeler ve kolonlar arasındaki etkileşimler göz önüne alınarak açıklanabilir.
- Dışmerkezlik değeri arttıkça yapıda meydana gelen burulma etkileri artmaktadır ve rijitlik merkezine uzak bölgedeki elemanlarda ek bir iç kuvvet oluşmaktadır. Bunun yanı bu bölgedeki kolonlardaki kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinde de dışmerkezliğin artmasıyla birlikte artış görülmektedir.

Bu nedenlerden dolayı, Denklem (3.4) de verilen α katsayısının çok yüksek değerleri elemanların iç kuvvetlerinde oluşacak benzer yükseklikte bir artışa işaret etmektedir. Bu artış, yapının rijitlik merkezine uzak olan bölgesindeki elemanlar için

daha da önemli bir hale gelmektedir. Şuna da dikkat edilmelidir ki, rijitlik merkezine uzak olan bölgedeki eleman iç kuvvetleri 2-3 kat büyük olan yapılarda, uç yer değiştirmeler de 2-3 kat büyük olabilir.



Şekil 3.10 : 5 Katlı Yapı Modellerinde 125 Nolu Eleman İçin Moment Değerleri (kNm).



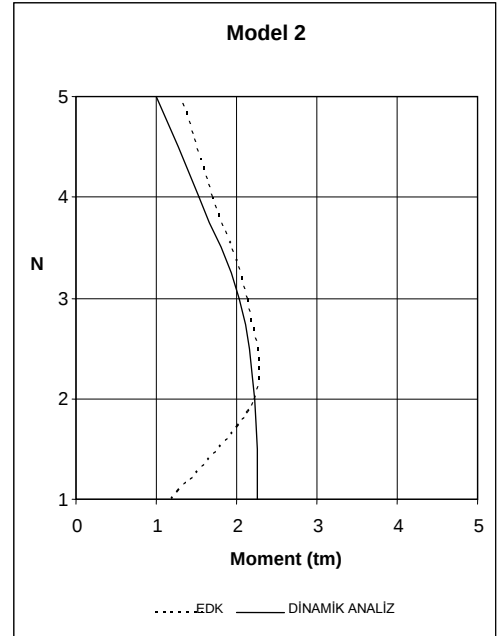
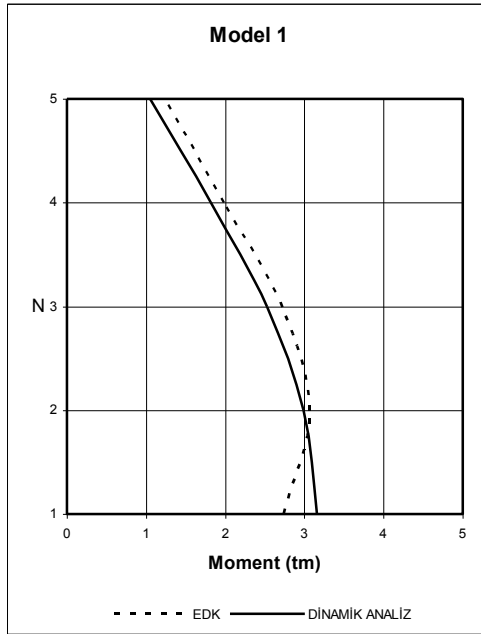
Şekil 3.11 : 10 Katlı Yapı Modellerinde 125 Nolu Eleman İçin Moment Değerleri (kNm).

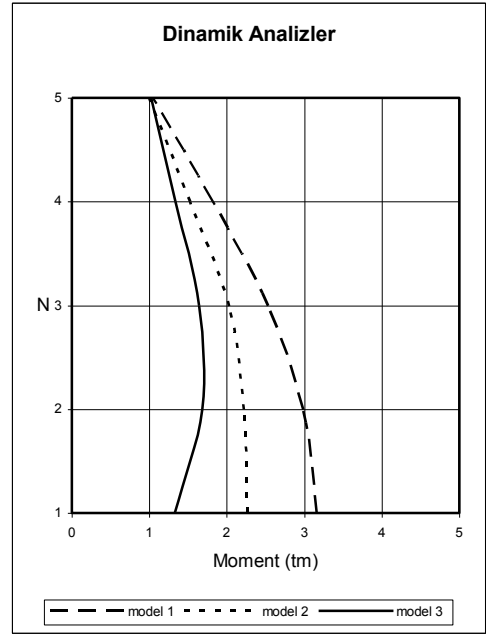
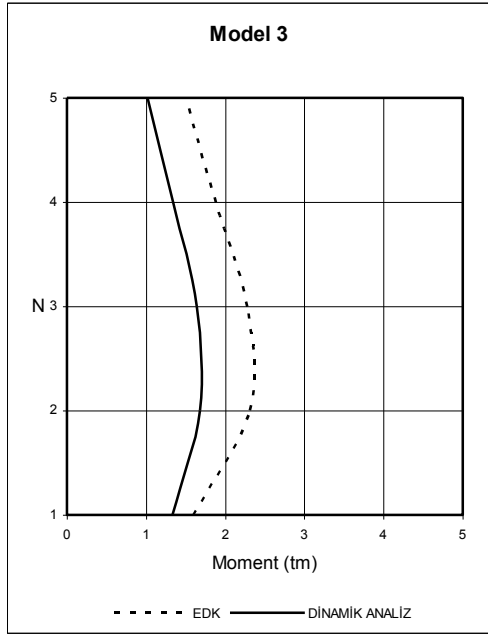
b) A8 Aksındaki 148 nolu kolon (Yapının rijitlik merkezine yakın olan bölge)

- Tüm yapı çeşitlerinde, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13 de gösterildiği gibi dinamik analiz ile elde edilen iç kuvvet değerleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan iç kuvvet değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Bu da göstermektedir ki dinamik analiz yönteminden elde edilen sonuçlar yapının rijitlik merkezine yakın olan bölgesindeki kolonlar için kullanışsızdır.

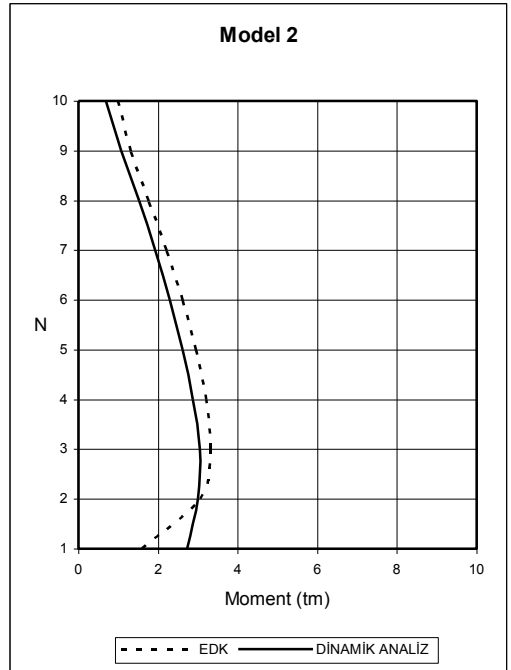
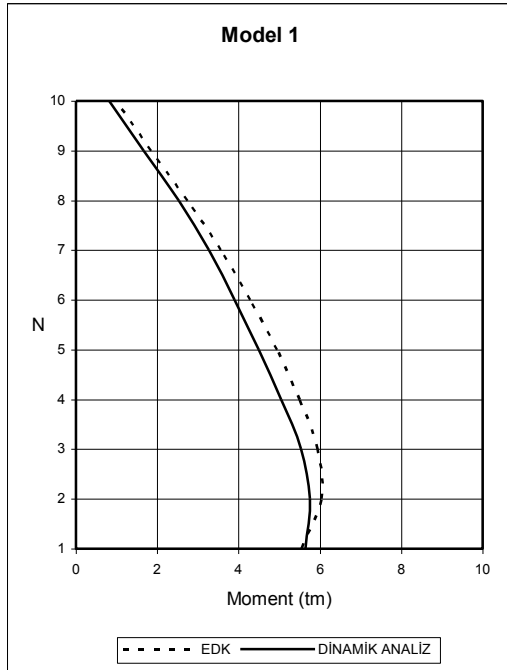
- 1. yapı tipinde meydana çıkan eğilme momenti değerleri, 2. ve 3. tip yapılardaki moment değerlerinden daha yüksektir. En düşük moment değerleri ise dışmerkezliğin en yüksek olduğu yapı tipi olan 3. tipte oluşmuştur.
- Beş ve on katlı yapılarda üst katlara doğru gidildikçe moment değerleri birbirlerine oldukça yaklaşarak en üst katlarda neredeyse eşitlenmişlerdir. Bu durum, rijitlik merkezine yakın bölge kolonları için beklenen doğal bir davranış şeklidir.
- Tasarım dışmerkezliği e_d değerlerindeki artışın, bu bölgede bulunan elemanlardaki kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinde azalmaya neden olduğu görülmüştür.

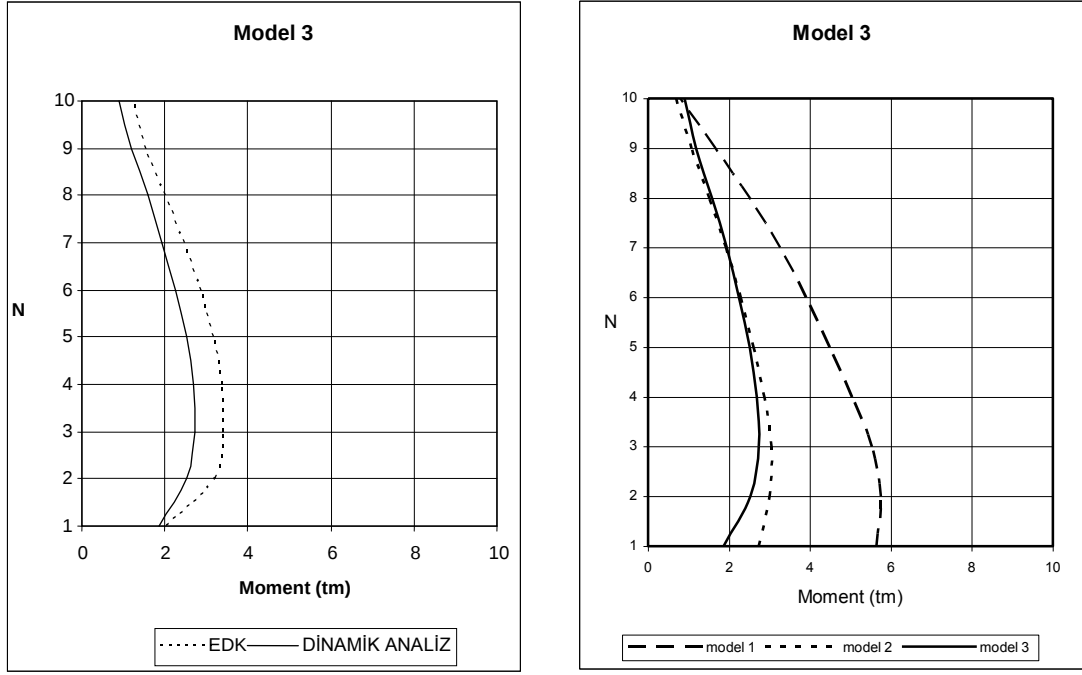
Bu nedenlerden dolayı, Denklem (3.5) de verilen δ katsayısının çok düşük değerleri rijitlik merkezine yakın olan bölgedeki elemanlar için oldukça güvenilir tarafta kalan iç kuvvetler meydana getirmektedir.





Şekil 3.12 : 5 Katlı Yapı Modellerinde 148 Nolu Eleman İçin Moment Değerleri (kNtm).





Şekil 3.13 : 10 Katlı Yapı Modellerinde 148 Nolu Eleman İçin Moment Değerleri (kNm).

3.3.2.6 Kanaat ve Tavsiyeler

Burulma düzensizliğine sahip yapılar üzerinde yapılan sayısal çalışmalar göz önüne alınarak bir değerlendirme yapıldığında aşağıdaki kanaatlere ulaşılabilir.

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı η_b nın alt sınır değeri 1.2'nin aşılması, yapıda burulma düzensizliğinin varlığının göstergesi olarak kabul edilmiştir. Yönetmelikte belirtilen bu alt sınır değerin oldukça düşük olduğu belirtilebilir. Sınırlı sayıda yapılmış olan sayısal çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, bu alt sınır değerin 1.4'e yükseltilmesinin daha uygun olabileceği söylenebilir [1].

2. Yönetmelikte belirtilmiş olan burulma düzensizliği katsayısı η_b nın üst sınır değeri olan 2'nin aşılması ise yapı planının yeniden gözden geçirilmesi gerektiğinin işareti olabilir. Yine sayısal çalışmalar doğrultusunda ve burulma düzensizliğine karşı alınan güvenlik önlemleri de göz önünde tutularak, burulma düzensizliği katsayısı η_b nın üst sınır değerinin 1.8 civarında olması gerektiği söylenebilir [1].

3. Dışmerkezlik etkisi her zaman, yapının zayıf bölgesindeki elemanlar için yüksek tasarım kuvveti değerlerinin çıkmasına, rijit bölgesindeki elemanlar içinse düşük tasarım kuvveti değerlerinin çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle zayıf bölge

elemanlarında yeterli bir güvenlik sağlamak amacı ile hesaplanan dışmerkezliğin %5 ek dışmerkezlik etkisi hesaba alınmadan önce %50 civarında artırılması önerilebilir.

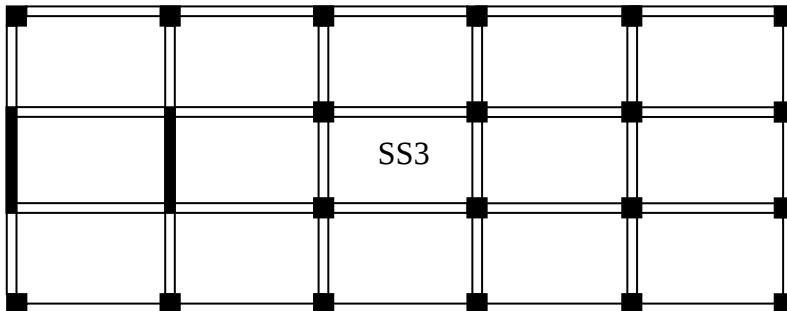
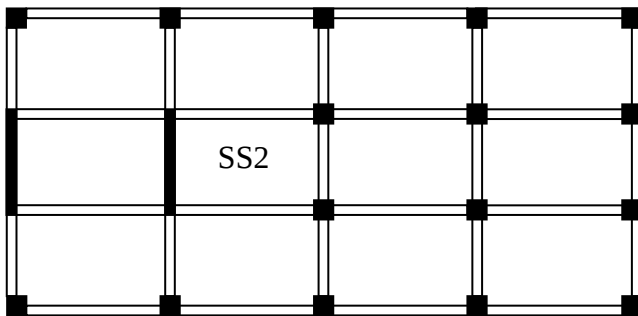
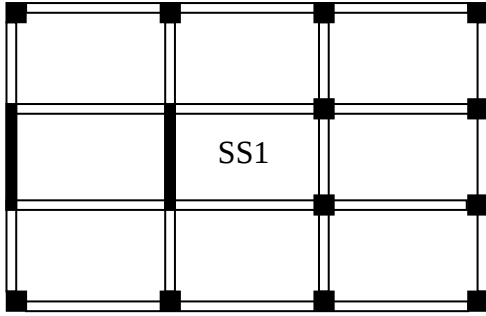
4. Rijit bölge kolonlarının iç kuvvetlerinin gereğinden fazla ve uygunsuz bir şekilde azaltılmasını engellemek için, hesaplanan dışmerkezliğin %5 ek dışmerkezlik etkisi hesaba alınmadan önce %50 civarında azaltılması önerilebilir. Maksimum ve minimum nihai dışmerkezlik değerleri aşağıdaki şekilde öngörülebilir [1];

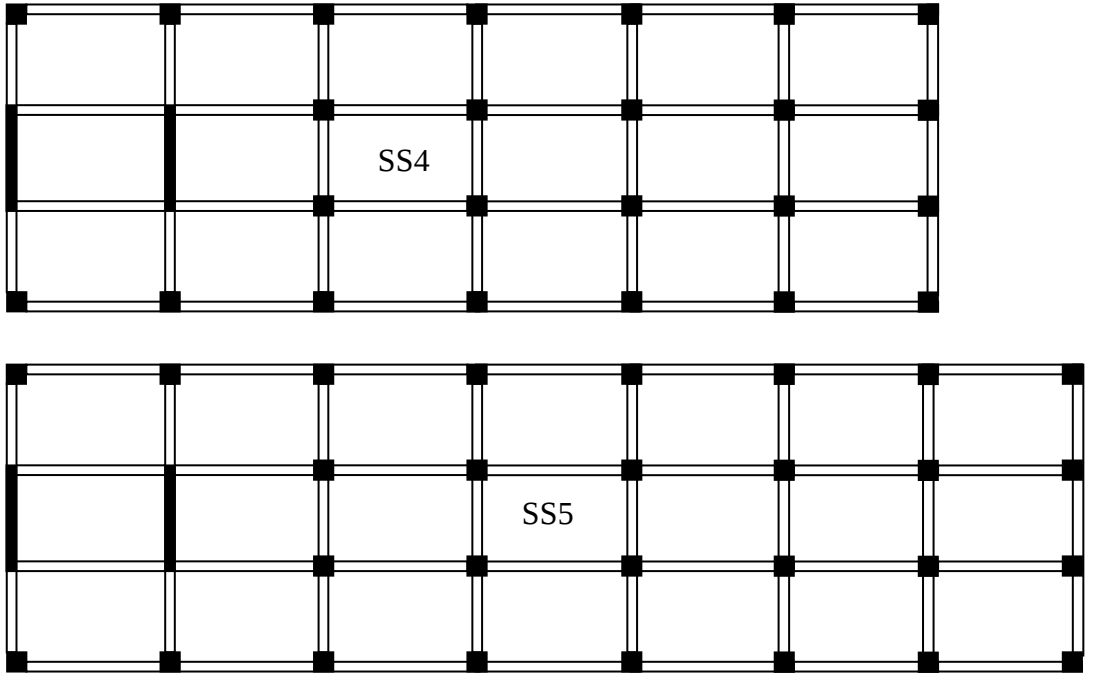
$$e_{\max} = 1.5e_s + 0.05B \quad (3.10a)$$

$$e_{\min} = 0.5e_s - 0.05B \quad (3.10b)$$

3.3.3 Örnek 3

Bu çalışmada, burulma düzensizliği bulunan yapıların düşey taşıyıcı elemanlarında, dışmerkezlik etkisinin artırılmasıyla meydana gelen iç kuvvet değerlerindeki değişiklikleri incelemek amacı ile, değişik çerçeve sayısına sahip 5 adet dikdörtgen planlı yapı (Şekil 3.14) incelenecektir.





Şekil 3.14 : Örnek Yapıların Şematik Kat Planları

3.3.3.1 Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem

Parametrik çalışmalar, yüksek derecede burulma düzensizliğine sahip birbirinden farklı çok katlı çerçevesel ve perdeli yapılar hakkında başarılı sonuçlar vermiştir. Parametrik çalışmaların temel adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Göz önüne alınan örnek yapı, öncelikle her katın döşeme seviyesinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek, %5 dışmerkezlilik uygulanmak sureti ile analiz edilir.
2. Burulma Düzensizliği Katsayısı η_b ve Artırılmış Dışmerkezlilik (AD), yapının her kat seviyesinde tek tek hesaplanacaktır.
3. Her katta AE kullanılarak yapı yeniden rijit diyafram modeli kabul edilerek analiz edilecektir.
4. Her kritik kesit için Burulma Artırma Çarpanı (BAÇ) ve Ortalama Burulma Artırma Çarpanı hesaplanmalıdır;

$$BAÇ = \frac{M_i}{M_a} \quad (3.11)$$

$$BAÇ_{ort} = \frac{\sum M_i}{\sum M_a} \quad (3.12)$$

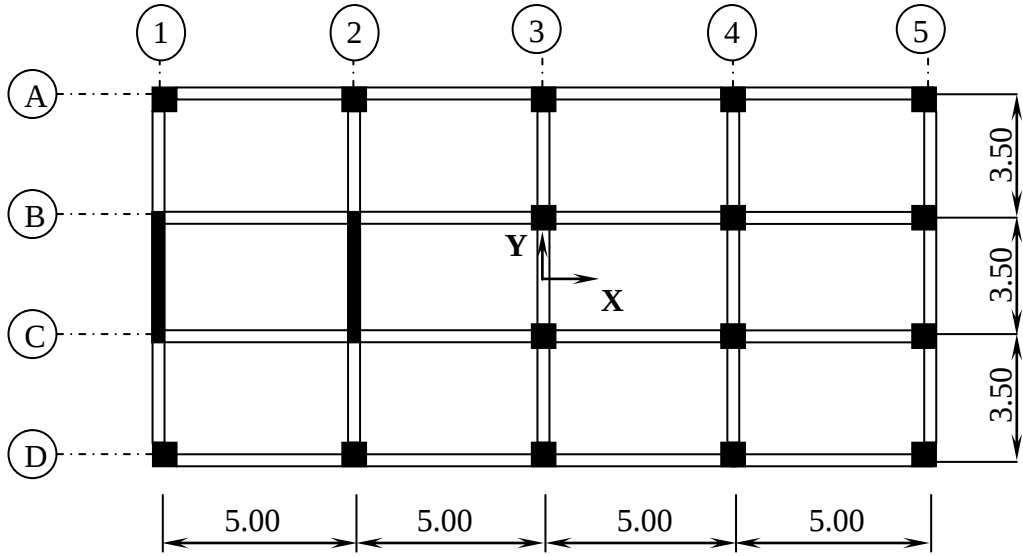
M_i = Kolon ve kirişlerde hesaplanan iç kuvvetler.

M_a = Dışmerkezlilikten doğan kolon ve kiriş uç momentleri.

5. BAÇ değerleri karşılaştırılırken, y aksları boyunca hesaplanan ortalama değerler göz önüne alınmıştır.

3.3.3.2 Yapısal Bilgi

Şekil 3.14 te görüldüğü gibi, tüm yapı tipleri benzer konfigürasyona sahip olup aks aralıkları, kolon ve kiriş boyutları hepsinde aynıdır. Yapılar 10’ar katlı olarak tasarlanmış olup kolonlar 50 / 50 cm / cm, kirişler 25 / 60 cm / cm boyutlarında seçilmişlerdir. Döşeme kalınlıkları 20 cm olup döşemelerin kendi düzlemleri içerisinde rijit oldukları kabul edilmiştir. Kat yükseklikleri ilk katlarda 4 m, diğer katlarda 3’er metredir.



Şekil 3.15 : Örnek Yapılardan SS3’e ait Kat Planı

3.3.3.3 Modelleme ve Hesap Detayları

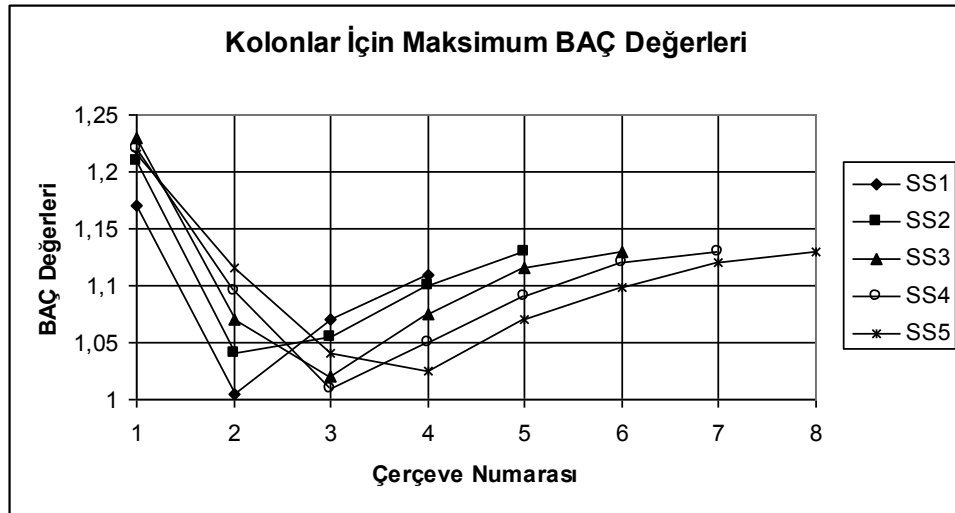
Tüm yapılarda kütle merkezi binanın geometrik merkezi olarak kabul edilmiş, uygulanacak olan deprem kuvvetleri bu kütle merkezi esas alınarak, hesaplanmış olan dışmerkezliliklere etki ettirilmişlerdir. Yapıların hepsi ABYYHY’ de tanımlanmış olan E.D.Y. Yöntemine göre analiz edilmişlerdir.

Yapıların 3. deprem bölgesinde oldukları, yerel zemin sınıfının Z2 olduğu ve bina önem katsayısının I=1 olduğu kabul edilmiştir.

Tüm yapılar X eksenine göre simetrik olduklarından, sadece Y eksenine göre %5 ek dışmerkezlilik etkisi göz önüne alınarak analizle yapılmıştır.

3.3.3.4 Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Gözlemler ve BAÇ Değerlerinin Hesaplanması

Göz önüne alınan yapılar için hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayısı η_b değerleri 1,73 ile 1,98 arasında çıkmıştır. Bu değerler yönetmelikte belirtilmiş olan η_b 'nin alt sınır değeri olan 1.2 den büyüktürler ve dolayısıyla bu yapıların analizleri, yönetmelik formülü (3.3) ile hesaplanan katsayılarla çarpılarak elde edilen artırılmış dışmerkezlilik değerleri kullanılarak, yeniden yapılmıştır. Analiz tekrarlandıktan sonra düşey taşıyıcı elemanlar için elde edilen yeni moment değerleri ile ilk analizden elde edilen moment değerleri (3.11) denkleminde yerlerine konularak BAÇ değerleri hesaplanmıştır. Maksimum BAÇ değerleri kullanılarak elde edilen grafikler Şekil 3.16' da sunulmuştur.



Şekil 3.16 : Maksimum Kolon Uç Momentleri İçin BAÇ Değerleri

3.3.3.5 Gözlemler

Bu şekillerin ve değerlerin incelenmesinden elde ettiğimiz sonuçlar şunlardır;

- Beklendiği gibi, maksimum BAÇ değerleri zayıf ve rijit bölgedeki uç çerçevelerde meydana gelmiştir.
- Rijit bölgedeki çerçeveler için hesaplanan BAÇ değerleri, zayıf bölgedeki çerçevelerinkinden daha yüksektir.

Bunların yanında şuna da dikkat edilmelidir ki, zayıf bölge elemanlarındaki uç moment değerleri, rijit bölgedekilerden oldukça fazladır. Bundan dolayı tasarımcı için zayıf bölgedeki, faktörler daha ön plana çıkmaktadır.

3.3.3.6 Sonuçların Değerlendirilmesi

Maksimum momentler için hesaplanmış olan BAÇ değerleri zayıf bölgede %13'ten küçük çıkmıştır. Bunun yanında rijit bölgedeki artırma çarpanları %22 civarındadır. Ama rijit bölgedeki moment değerlerinin zayıf bölgedekilere oranla daha küçük olmasından dolayı rijit bölge için BAÇ değerleri tasarımda çok önemli bir rol oynamamaktadır. Tüm yapılar içinse ortalama BAÇ değerleri % 10 civarlarındadır.

Depremler tekrar tekrar göstermektedir ki , düzenli yapılarla karşılaştırıldığında karmaşık ve / veya düzensiz yapıların ayakta kalmak için oldukça az şansları vardır. Çok iyi bilinen bir gerçek de şudur ki, burulma düzensizliği deprem esnasında yapılarda meydana gelen hasarların oluşmasındaki en büyük etkenlerden birisidir.

Son zamanlarda yayımlanan yeni geliştirilmiş yönetmeliklerde, bu potansiyel tehlikeli düzensizliğin, yapının dışmerkezliğinde oluşan kesin miktardaki basit bir artışa bağlı olduğu belirtilmiştir.

Yapılan bu çalışmada elde edilen değerlere göre, yüksek burulma düzensizliğine sahip olan yapılarda meydana gelen eğilme momentlerindeki ortalama %10 olan artış, bu tip yapıların deprem etkisi altında hasar görme potansiyelleri göz önüne alınınca, oldukça düşüktür [2].

Böylece şöyle bir sonuca varılabilir ki, bu tip yapılardaki hasarların önlenmesi için yönetmeliklerde değişik birkaç parametre tanımlanmalı ve oldukça ciddi ölçüler saptanmalıdır.

3.4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu

Yapının taşıyıcı sisteminde bulunan düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik iki yatay deprem doğrultusuna paralel olmaması durumunda bir düzensizlik oluşur.

3.4.1 Asal Eksenleri Deprem Doğrultularına Paralel Olmayan Taşıyıcı Sistem Elemanlarına İlişkin Büyüklüklerin Düzeltilmesi

Herhangi bir θ açısı kadar döndürülmüş kolon veya perde elemanı için tasarımda kullanılan iç kuvvet olan B_a , aşağıdaki denklemler yardımı ile hesaplanır [3];

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0,3 B_{ay} \quad (3.13a)$$

$$B_a = \pm 0,3 B_{ax} \pm B_{ay} \quad (3.13b)$$

B_a = Taşıyıcı sistem elemanının (a) asal eksen doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğünü,

B_{ax} = Taşıyıcı sistem elemanının (a) asal eksen doğrultusunda (X) doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğünü,

B_{ay} = Taşıyıcı sistem elemanının (a) asal eksen doğrultusunda (X)'e dik (Y) doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğünü göstermektedir.

Şüphesiz ki aynı hesaplar a-a asal eksenine dik olan b-b asal eksenleri içinde kullanılırlar.

3.5 Yönetmelik Formüllerini İrdelemek Amacı ile Yapılan Sayısal Çalışmalar

3.5.1 Örnek 1

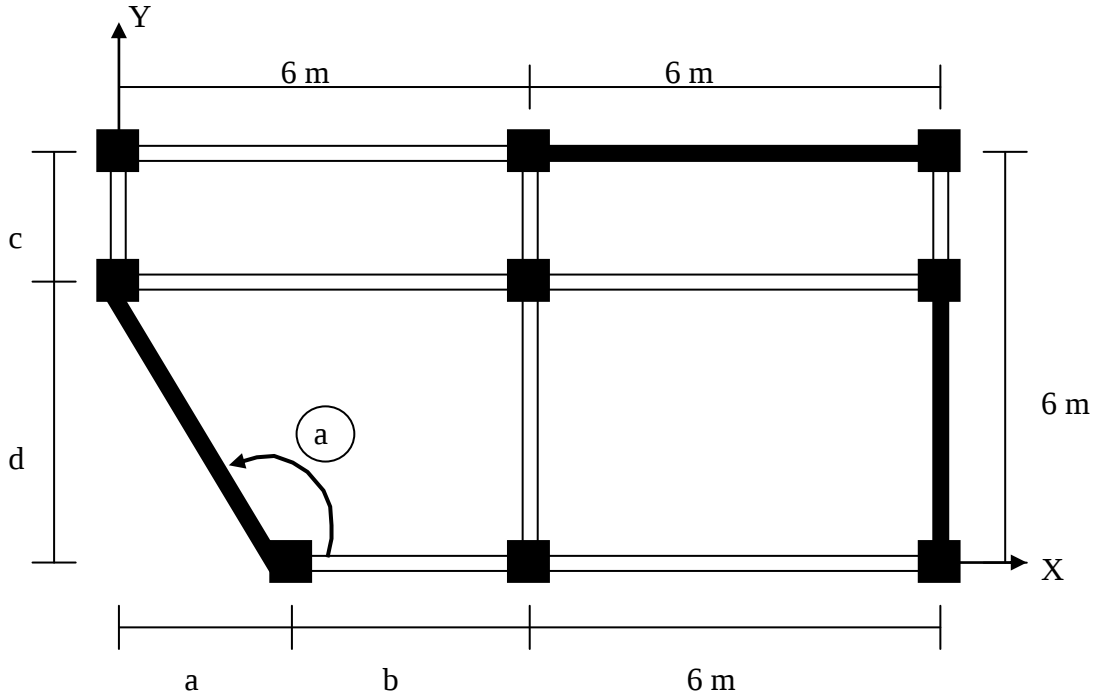
3.5.1.1 Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem

1. Göz önüne alınan ortogonal olmayan bir yapı, kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı varsayılarak mod birleştirme yöntemiyle analize tabi tutulmuştur.
2. 12 Kasım Düzce Depremi D – B kayıtlarından (Ek – 2) elde edilen deprem kuvvetleri, bilgisayar programı yardımı ile değişik açılarla yapıya etki ettirilmiştir.
3. Ortogonal olmayan elemanın, deprem yönü-X, deprem yönü-Y ve asal eksen yönünde etki ettirilen deprem kuvvetlerinden oluşan iç kuvvetleri hesaplanır.
4. Kuvvetler, ABYYHY’de belirtilmiş olan formülde yerlerine konularak artırılmış toplam iç kuvvetler bulunur ve asal eksen yönünde etki ettirilen deprem dolayısıyla oluşan iç kuvvetler ile karşılaştırılır.

Yapılacak olan çalışmada biri ortogonal olmayan 3 adet perdeye sahip olan 5 katlı bir yapıyı göz önüne alınacaktır. Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan ampirik formül

(denklem 3.13a ve 3.13b), ortogonal olmayan elemanın pozisyonuna ve sistemde ek olarak bulunan ortogonal perde elemanların durumuna göre irdelenecektir. Ortogonal olmayan elemanın Y-ekseniyle yaptığı açıları $\beta = 30^\circ$ ve $\beta = 45^\circ$ olarak seçilerek 2 adet yapı çeşidi oluşturulmuştur. Deprem kuvvetinin yönünü (α) ise 5 farklı şekilde seçilmiştir;

- Ortogonal olmayan elemanın asal eksenine paralel
- Elemanın asal ekseninden 15° sağ tarafta,
- Elemanın asal ekseninden 15° sol tarafta,
- X eksenine paralel,
- Y eksenine paralel.



Şekil 3.17 : Ortogonal Olmayan Yapıya Ait Kat Planı

Tablo 3.3: Ortogonal Olmayan Yapı Tipleri İçin Gerekli Parametreler

Tip	Boyutlar				$\beta(^{\circ})$	α				
	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)		$\alpha_{(1)}(^{\circ})$	$\alpha_{(2)}(^{\circ})$	$\alpha_{(3)}(^{\circ})$	$\alpha_{(4)}(^{\circ})$	$\alpha_{(5)}(^{\circ})$
						X	Y	a - 15°	a - 15°	a - 15°
Tip 1	2.5	3.5	1.67	4.33	30	0	90	105	120	135
Tip 2	3.54	2.46	2.46	3.54	45	0	90	120	135	150

3.5.1.2 Yapısal Bilgi

Örnek olarak, kat planı şekildeki gibi olan beş katlı bir yapı seçilmiştir. Bu beş katlı yapıyı ek ortogonal perdeler olan (Tip A) ve ek ortogonal perdeler olmayan (Tip B) şeklinde iki ayrı biçimde incelenecektir. İki tip yapıda da β açılarını değiştirerek 2'şer değişik yapı tipi elde edilir. Bütün yapı tiplerinde kiriş ve kolon boyutları sabit tutulmuş olup ortogonal olmayan elemanın Y-ekseni ile yaptığı açının değişmesiyle birlikte bazı yapı elemanlarının uzunlukları da doğal olarak değişmektedir.

Örnek yapıya etki ettireceğimiz deprem yönü α açısı ile belirtilmektedir ve pozitif X yönünden başlayarak saat yönünün tersine olarak değişmektedir. β açısı ise daha önceden anlatıldığı gibi seçilmektedir. Kat planı tüm yapı tiplerinde aynı olmakla birlikte döşeme kalınlığı 20 cm ve perde kalınlığı da 30 cm seçilmiştir. Orta açıklıktaki kirişler 120 cm tabla genişliğine sahip tablalı kesit, kenar açıklıktaki kirişler ise 60 cm tabla genişliğine sahip yarım tablalı kesit olarak seçilmişlerdir.

3.5.1.3 Ek Perdeler Olmayan Durum (Tip B)

Sistemde ortogonal olmayan perde dışında deprem yüklerini karşılayacak başka ortogonal perde olmaması durumu.

3.5.1.4 Modelleme ve Hesap Detayları

İç kuvvetlerin ve taban kesmesinin hesaplanabilmesi için SAP2000 programı kullanılarak mod birleştirme yöntemi ile analiz yapılmıştır. Her katın kütlesi kütle merkezinde tanımlanmış olup döşemeler kendi düzlemleri içerisinde rijit olarak belirtilmişlerdir. Deprem yükü azaltma katsayısı R, sünek bir davranış elde edilebilmesi için 8 olarak kabul edilmiş, yapının 1.derece deprem bölgesinde olduğu ve zemin sınıfının Z1 olduğu varsayılmıştır. Bina önem katsayısı ise 1 olarak belirlenmiştir.

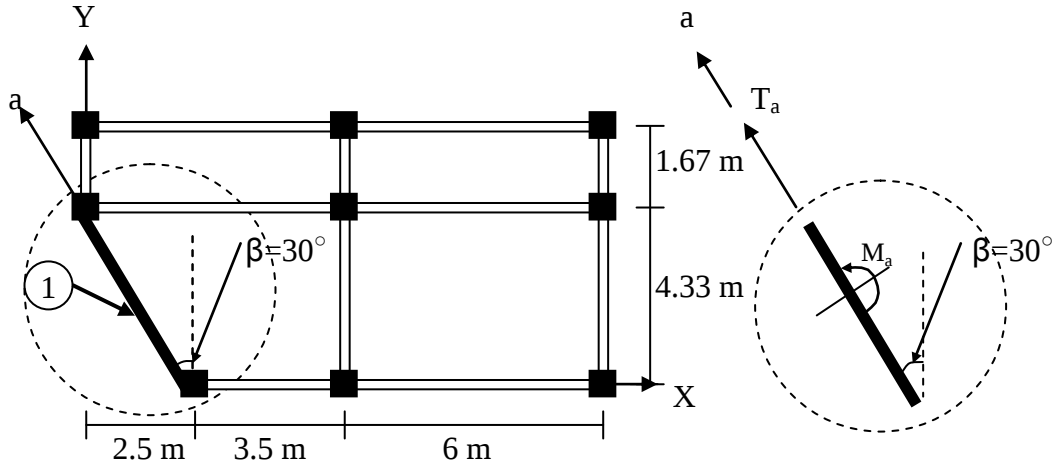
3.5.1.5 Sonuçların Değerlendirilmesi

Her iki tipteki yapıyı da, beş değişik deprem kuvveti doğrultusu kullanarak ortogonal olmayan elemanın konumuna göre bilgisayar programı yardımı ile mod birleştirme yöntemine göre analize tabi tutarak elde edilen iç kuvvet değerleri ile yönetmelik formülleriyle hesaplanan iç kuvvet değerlerinin karşılaştırılması amacı ile bir r katsayısı belirlenmiştir. Burada $r = A_{\alpha} / A_0$ olmakla birlikte A_{α} , α açısıyla etkiyen

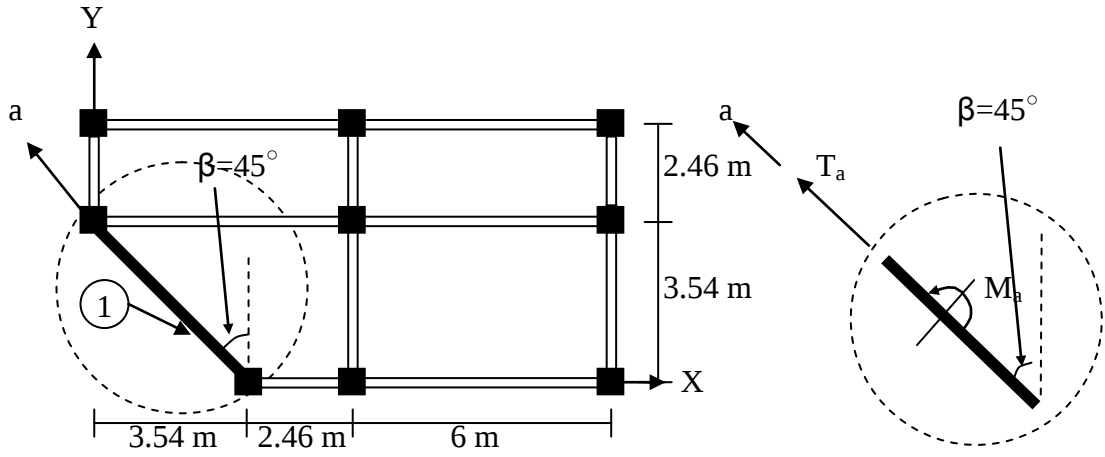
deprem kuvvetinden dolayı oluşan iç kuvvet değerlerini, A_0 ise deprem kuvvetinin ortogonal olmayan elemanın asal eksenine doğrultusunda etkidiği durumda oluşan iç kuvvet değerlerini ifade etmektedir. Aşağıda verilen şekillerde, ortogonal olmayan elemanda oluşan iç kuvvetler gösterilmiştir. r değeri koyu renkte belirtilmiştir.

Sonuçlar, Ek – 3 deki Şekil C.1, Şekil C.2, Şekil C.3 ve Şekil C.4 te karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. $\beta = 30^\circ$ olan yapı tipi için yapılan hesaplamalarda, deprem yönü olarak ortogonal olmayan elemanın asal eksenine seçildiği durumda elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri yönetmelikte belirtilen ampirik formül ile elde edilen değerlere oldukça yakındır [1]. Diğer deprem yönleri için elde edilen değerler ise asal eksene paralel yöndeki deprem kuvvetinden oluşan iç kuvvetlere göre 0.62 ile 1 katsayıları arasında değişmektedir.

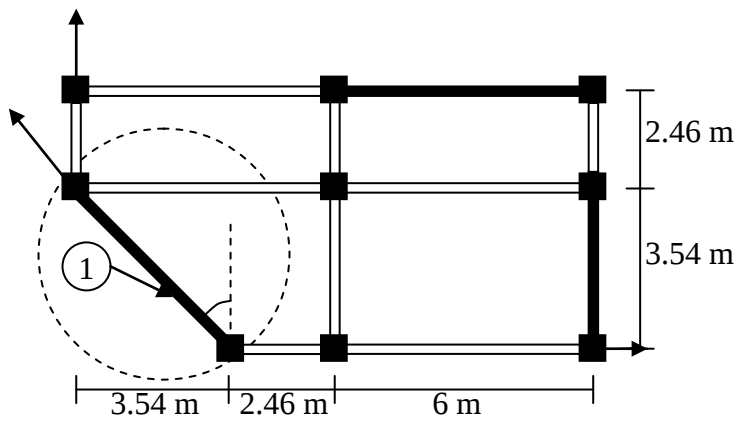
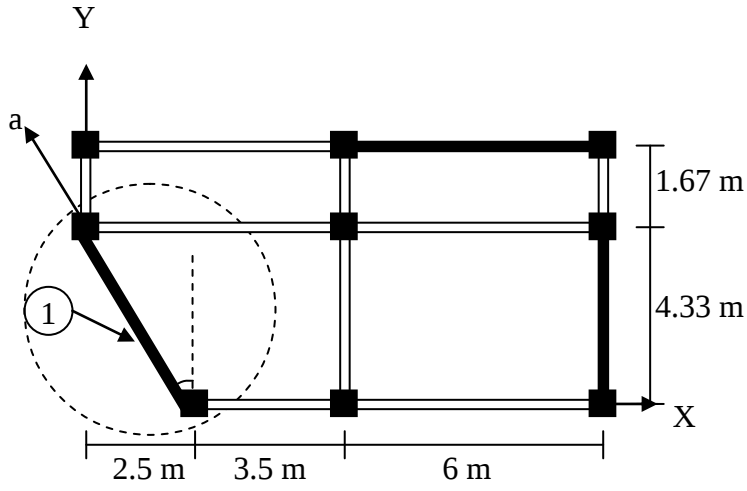
$\beta = 45^\circ$ olan yapı tipi için yapılan hesaplamalarda ise, asal eksen doğrultusundaki deprem kuvveti için elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri yönetmelik formülünden elde edilen değerlere oranla 0.95 seviyesindedir. Diğer deprem doğrultularında ise bu katsayılar 0.71 ile 0.91 arasında değişmektedir.



Şekil 3.18 : Ortogonal Olmayan Yapı Tipine Ait Kat Planı ($\beta = 30^\circ$)



3.5.1.6 İlave Perde Olması Durumu



3.5.1.7 Sonuçların İrdelenmesi

Bütün yapı tiplerinde “r” katsayılarının birbirlerine yakın oldukları görülmüştür. Sayısal çalışmalar sonucunda anlaşılmıştır ki yönetmelikte tanımlanmış olan ampirik formülün kullanılması, ortogonal olmayan yapı elemanları için tatmin edici değerler ortaya çıkarmıştır. İlgili yönetmelik formülü, irdelenen yapıda ek olarak başka perde olmadığı zaman daha iyi ve akla yatkın sonuçlar vermektedir.

Tip (A)’da ortogonal olmayan perde elemanın Y-ekseni ile yaptığı açı $\beta = 30^\circ$ iken yapılan çalışmada yönetmelik formülü bilgisayardan elde edilen değerlere göre 1.05 kat daha büyük değerler vermiştir. $\beta = 45^\circ$ olduğu durumda ise “r” katsayısı 1.5 civarındadır. Bu sonuçlar tamamen mantıklıdır ve normal değerlere göre daha güvenli tarafta kalmaktadır.

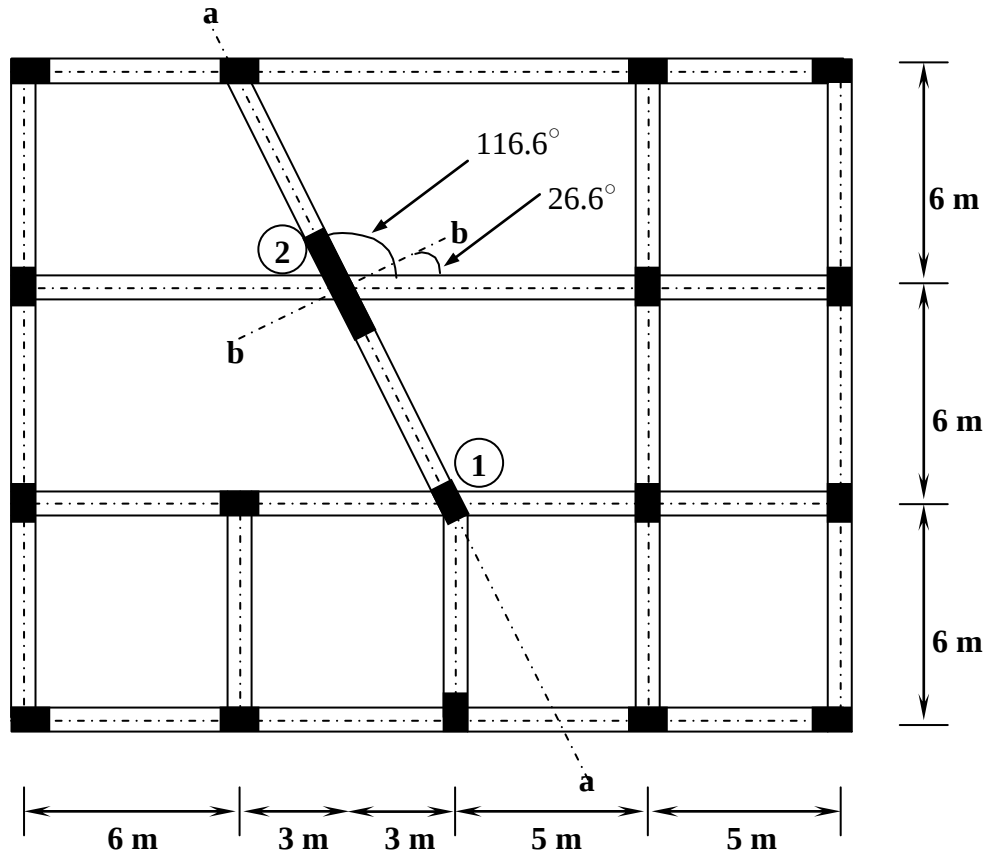
Tip (B)’de ise ampirik formüller deprem kuvvetinin ortogonal olmayan elemanın asal eksen yönünde olduğu durumda, bilgisayar yardımı ile hesaplanan iç kuvvet değerlerine oldukça yakın, neredeyse aynı sonuçları vermiştir.

Yönetmelik formülü, sistemde ortogonal olmayan elemandan başka ortogonal olan perdeler varsa %5 - %50 arasında değişen oranlarda daha güvenli tarafta sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Ek ortogonal perdeler olmadığı durumda formül daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

3.5.2 Örnek 2

3.5.2.1 Parametrik Çalışma İçin İzlenecek Yöntem

Bu çalışmada planı Şekil 3.22 deki gibi olan A4 türü düzensizliğe sahip yapının asal eksenleri deprem doğrultularına paralel olmayan elemanlarına ait büyüklüklerin hesabı için verilmiş olan Deprem Yönetmeliği formülleri irdelenecektir.



Şekil 3.22: Örnek Yapı İçin Kat Planı

3.5.2.2 Yapısal Bilgi

Kat planı tüm katlarında aynı olan 2 katlı bir yapı. Kat yükseklikleri 3 m, döşeme kalınlığı 20 cm, bütün kolonlar için kolon boyutları 30 / 50 cm / cm ve 50 / 30 cm / cm olup 2 numaralı kolon boyutu 150 / 25 cm / cm dir. Kiriş boyutları ise 30 / 70 cm / cm olarak seçilmiştir.

3.5.2.3 Modelleme ve Hesap Detayları

Önce yapının serbest titreşim analizi yapılarak binaya ait doğal periyot ve etkin kütle oranları belirlenmiş olup hesaba katılacak mod sayısı belirlenerek spektral ivme değerleri hesaplanmış ve yapının SAP2000 programı kullanılarak mod birleştirme yöntemi ile analizi yapılmıştır. Her katın kütlesi kütle merkezinde tanımlanmış olup döşemeler kendi düzlemleri içerisinde sonsuz rijit olarak belirtilmişlerdir. Deprem yükü azaltma katsayısı R, sünek bir davranış elde edilebilmesi için 8 olarak kabul edilmiş, yapının 1.derece deprem bölgesinde olduğu ve zemin sınıfının Z2 olduğu varsayılmıştır. Bina önem katsayısı ise 1 olarak belirlenmiştir.

Yapının X ve Y yönünde spektrum analizleri yapıp, asal eksenleri deprem doğrultularına paralel olmayan 1 ve 2 kolonları için aşağıdaki moment değerlerine ulaşılmıştır. Büyük eksen ilgili elemanın a-a eksenine, Küçük eksen ise b-b eksenine karşılık gelmekte olup belirtilen moment değerleri bu eksenler doğrultusundadır (Şekil 3.22).

Tablo 3.4 : Deprem Yönü X, $\alpha = 0^\circ$

Kolon No	Büyük Eksen (kN-m)		Küçük Eksen (kN-m)	
	$M_{üst}$	M_{alt}	$M_{üst}$	M_{alt}
1	3.35	4.13	3.56	3.83
2	7.48	51.59	5.06	6.34

Tablo 3.5 : Deprem Yönü Y, $\alpha = 90^\circ$

Kolon No	Büyük Eksen (kN-m)		Küçük Eksen (kN-m)	
	$M_{üst}$	M_{alt}	$M_{üst}$	M_{alt}
1	5.71	7.08	2.13	2.33
2	12.45	88.67	2.99	3.64

Aynı kolonlar için Yönetmelik formülleri kullanılarak elde edilen sonuçlar şu şekildedir;

Tablo 3.6 : $\pm B_{ax} \pm 0.30B_{ay}$ değerleri.

Kolon No	Büyük Eksen (kN-m)		Küçük Eksen (kN-m)	
	$M_{üst}$	M_{alt}	$M_{üst}$	M_{alt}
1	5.063	6.254	4.199	4.529
2	11.215	78.191	5.957	7.432

Tablo 3.7 : $\pm B_{ay} \pm 0.30B_{ax}$ değerleri.

Kolon No	Büyük Eksen (kN-m)		Küçük Eksen (kN-m)	
	$M_{üst}$	M_{alt}	$M_{üst}$	M_{alt}
1	6.715	8.319	3.198	3.479
2	14.694	104.147	4.508	5.542

1 ve 2 nolu elemanlara ait en elverişsiz uç momentlerinin hesabı için deprem doğrultusu olarak ilgili elemanların asal eksen doğrultuları seçilmiş ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

Tablo 3.8 : Deprem Yönü a-a asal eksen, $\alpha = 116.6^\circ$

Kolon No	Büyük Eksen (kN-m)		Küçük Eksen (kN-m)	
	$M_{üst}$	M_{alt}	$M_{üst}$	M_{alt}
1	6.59	8.14	0.46	0.47
2	14.47	101.86	2.19	1.97

Tablo 3.9 : Deprem Yönü b-b asal eksen, $\alpha = 26.6^\circ$

Kolon No	Büyük Eksen (kN-m)		Küçük Eksen (kN-m)	
	$M_{üst}$	M_{alt}	$M_{üst}$	M_{alt}
1	0.69	0.94	4.12	4.46
2	1.20	12.18	5.45	7.04

3.5.2.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

Yukarıdaki sonuç tablolarının incelenmesinden aşağıdaki sonuçlar elde edilebilir.

- Deprem doğrultusuna paralel asal eksen yönündeki eğilme momentleri, yönetmelik formülleri ile elde edilen moment değerlerine çok yakındır.
- Deprem doğrultusuna dik asal eksen yönünde ise formüller oldukça emniyetli sonuçlar vermektedir.

Sonuç olarak, bu tip yapılarda asal eksenleri deprem doğrultusuna paralel olmayan elemanlar için ilave deprem analizleri yapmak yerine, yönetmelik formüllerinin kullanılabileceği görülmektedir [4].

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Günümüze kadar yaşanan depremler göstermiştir ki düzensiz yapılar deprem kuvvetleri karşısında, düzenli yapılara göre güvenilirlik açısından oldukça zayıftırlar. Bu düzensizlikler yapının şeklinde ve planında olabilir. En önemli düzensizliklerden birisi burulma düzensizliğidir ve depremde meydana gelen hasarlardan çoğu bu düzensizlikten dolayı oluşur.

Yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişen bu düzensizlik türü, ilgili yapıyı potansiyel bir tehlikeye dönüştürebilir.

Burulma düzensizliği için birçok yönetmelikte değişik sınırlamalar getirilmiştir. Türkiye’de kullanılan ABYYHY’ de bu düzensizlik için bir katsayı tanımlanmıştır (η_b) ve bu katsayı için $\eta_b < 1.2$ gibi bir sınırlama belirtilmiştir. η_b katsayısı bu sınırı aştığı zaman yapıda burulma düzensizliği olduğu kabul edilir. η_b katsayısının $1.2 \leq \eta_b < 2$ değerleri arasında kalması durumunda yapının analizi, uygulanan dışmerkezlik etkisinin belirtilen formüller kullanılarak artırılmasıyla yeniden yapılır. Yapılan sayısal çalışmalar gösteriyor ki bu işlem sonucunda, yapının elemanlarının iç kuvvetlerinde ortalama %10’luk bir artış görülmektedir ve bu değer yapının deprem etkisi altında hasar görme potansiyeli düşünüldüğünde oldukça düşüktür. η_b değerinin 2 den büyük olması durumunda ise dinamik analiz yapılması zorunluluğu belirtilmiştir.

Başka bir çalışmada ise burulma düzensizliğine sahip bazı yapılar üzerinde yapılan çalışmalara göre η_b nin alt sınır değeri olan 1.2 değerinin çok kolay aşıldığı ve üst sınır olan 2’ye ise kolay kolay ulaşamadığı gözlenmiştir. Elde edilen değerler neticesinde dinamik analiz için bu sınırların $1.4 \leq \eta_b < 1.8$ olmasının daha uygun olabileceği görülmüştür.

Bu tip düzensiz yapılardaki hasar oranlarının azaltılması için yönetmeliklerde bazı değişik parametreler tanımlanmalı ve ciddi ölçüler saptanmalıdır.

Dışmerkezlik etkisi her zaman, yapının rijitlik merkezine uzak olan bölgesindeki elemanlar için yüksek tasarım kuvveti değerlerinin çıkmasına, rijitlik merkezine yakın olan bölgesindeki elemanlar içinse düşük tasarım kuvveti değerlerinin çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle uzak bölge elemanlarında yeterli bir güvenlik sağlamak amacı ile hesaplanan dışmerkezliğin %5 ek dışmerkezlik etkisi hesaba alınmadan önce %50 civarında artırılması önerilebilir.

Rijitlik merkezine yakın olan bölge kolonlarının iç kuvvetlerinin gereğinden fazla ve uygunsuz bir şekilde azaltılmasını engellemek için, hesaplanan dışmerkezliğin %5 ek dışmerkezlik etkisi hesaba alınmadan önce %50 civarında azaltılması önerilebilir. Maksimum ve minimum nihai dışmerkezlik değerleri aşağıdaki şekilde öngörülebilir;

$$e_{\max} = 1.5e_s + 0.05B \quad (4.1a)$$

$$e_{\min} = 0.5e_s - 0.05B \quad (4.1b)$$

Diğer bir düzensizlik tipi ise yapının taşıyıcı sistemindeki düşey elemanların plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınmış birbirine dik iki yatay deprem doğrultusuna paralel olmaması durumunda meydana gelir.

Bu durumdaki elemanların iç kuvvetlerinin düzenlenmesi için ABYYHY' de %30 kuralı adı altında bir formülasyon tanımlanmıştır. Deprem doğrultusuna paralel olan asal eksen doğrultusundaki iç kuvvet değerleri, yönetmelikte belirtilen formüller ile hesaplanan değerlere oldukça yakındır. Bununla birlikte, deprem doğrultusuna dik asal eksen yönünde ise %30 kuralı oldukça güvenli sonuçlar vermektedir. Sistemde ortogonal olmayan eleman dışında ek olarak ortogonal perdeler olduğu zaman %30 kuralı ortogonal olmayan elemanın iç kuvvet değerleri için güvenli tarafta kalan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Tezcan, S., Altan, C.**, 2000, Parametric Analysis of Irregular Structures Under Seismic Loading According to the New Turkish Earthquake Code, Engineering Structures.
- [2] **Özmen, G., Gülay, F.G.**, 2002 , An Investigation of Torsionally Irregular Multi-Story Buildings Under Earthquake Loading, Structural Engineering and Mechanics.
- [3] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**,1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara.
- [4] **Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü**, 1998, Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Analiz ve Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi, Adana.
- [5] **Mexico City Building Code**, 1995, Deperdamentdel Distrio Federal.
- [6] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2001, Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul .
- [7] **Chopra, A. K.**, 2001, Dynamics of Structures : Theory and Applications to Earthquake Engineering, New Jersey.
- [8] **Clough, R. W., Penzien, J.**, 1975, Dynamics of Structures, Amerika.
- [9] **Wilson, E.L.**, 2000, Yapıların Üç Boyutlu Statik ve Dinamik Analizi, Berkeley, California, Amerika.
- [10] **Çağatay, İsmail H., Güzeldağ, S.**, 2002, Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY-98) SAP 2000N Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [11] **Japan Society of Civil Engineers**, 1981, Eartquake Resistant Design Method for Buildings, Ministry of International Trade and Industry, Japan.
- [12] **Boner, Z., Dimora, S., Peter, P.**, Study on the Seismic Design of Irregular Structural Systems , Sofia , Bulgaria.
- [13] **Pojani N., Myslimaj, B.**, 1989, National Report of the Albanian Delegation, Structral Engineering and Mechanics.
- [14] **Sofronie, R.**, Design Concepts of Irreguler Buildings , Bucharest ,Romania.
- [15] **Zorbozan, M., Özmen, G.**, A Method of Successive Approximations for the

Lateral Analysis of Non-Orthogonal Multi-Story Structures, Istanbul, Türkiye.

[16] **Özmen, G.**, 1972 , Burulma Yapan Çok Katlı Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı, Teknik Rapor No.13, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi

[17] **Indian Standart Criteria for Eartquake Resistant Design of Structures**, 1984, Indian Standarts Institution.

EKLER

Ek – 1

```
subroutine jacobi ( )
implicit real*8(a-h,o-z)
dimension a(6,6), b(6,6),x(6,6),eigv(6),d(6)
dimension ei(6),nx(6),vv(6),mx(6)
open (unit=5,file="jacob6.txt",action="readwrite")
rewind(unit=11)
read (unit=11,fmt="(6f9.3)")b
rewind(unit=21)
read (unit=21,fmt="(6f12.3)")a
n=6
write (5,101)
101 format(1h1,10x,'input data',/)
do 201 i=1,n
write(5,501) (a(i,j),j=1,n)
201 continue
do 301 i=1,n
write(5,501) (b(i,j),j=1,n)
301 continue
401 format (2i10)
501 format (8f15.3)
ifpr=0
nsmax=15
if(d(6).ne.999.)write(5,410)
rtcl=1.d-12
iout=5
do 20 i=1,n
if(a(i,i).gt.0. .and. b(i,i).gt.0.) go to 10
write (5,440)
stop
10 d(i)=a(i,i)/b(i,i)
20 eigv(i)=d(i)
do 40 i=1,n
do 30 j=1,n
30 x(i,j)=0.
40 x(i,i)=1.
if(n.eq.1) return
nsweep=0
nr=n-1
50 nsweep=nsweep+1
if(ifpr.eq.1) write(5,420)nsweep
```

```

eps=(.01**nsweep)**2
do 220 j=1,nr
jj=j+1
do 220 k=jj,n
eptola=(a(j,k)*a(j,k))/(a(j,j)*a(k,k))
eptolb=(b(j,k)*b(j,k))/(b(j,j)*b(k,k))
if((eptola.lt.eps).and.(eptolb.lt.eps)) go to 220
akk=a(k,k)*b(j,k)-b(k,k)*a(j,k)
ajj=a(j,j)*b(j,k)-b(j,j)*a(j,k)
ab=a(j,j)*b(k,k)-a(k,k)*b(j,j)
check=(ab*ab+4.*akk*ajj)/4.
if(check)60,70,70
60 write(5,440)
stop
70 sqch=dsqrt(check)
d1=ab/2.+sqch
d2=ab/2.-sqch
den=d1
if(dabs(d2).gt.dabs(d1))den=d2
if(den)90,80,90
80 ca=0.
cg=-a(j,k)/a(k,k)
go to 100
90 ca=akk/den
cg=-ajj/den
100 if(n-2)110,200,110
110 jp1=j+1
jm1=j-1
kp1=k+1
km1=k-1
if(jm1-1)140,120,120
120 do 130 i=1,jm1
aj=a(i,j)
bj=b(i,j)
ak=a(i,k)
bk=b(i,k)
a(i,j)=aj+cg*ak
b(i,j)=bj+cg*bk
a(i,k)=ak+ca*aj
130 b(i,k)=bk+ca*bj
140 if(kp1-n)150,150,170
150 do 160 i=kp1,n
aj=a(j,i)
bj=b(j,i)
ak=a(k,i)
bk=b(k,i)
a(j,i)=aj+cg*ak
b(j,i)=bj+cg*bk
a(k,i)=ak+ca*aj
160 b(k,i)=bk+ca*bj

```

```

170 if(jp1-km1)180,180,200
180 do 190 i=jp1,km1
aj=a(j,i)
bj=b(j,i)
ak=a(i,k)
bk=b(i,k)
a(j,i)=aj+cg*ak
b(j,i)=bj+cg*bk
a(i,k)=ak+ca*aj
190 b(i,k)=bk+ca*bj
200 ak=a(k,k)
bk=b(k,k)
a(k,k)=ak+2.*ca*a(j,k)+ca*ca*a(j,j)
b(k,k)=bk+2.*ca*b(j,k)+ca*ca*b(j,j)
a(j,j)=a(j,j)+2.*cg*a(j,k)+cg*cg*ak
b(j,j)=b(j,j)+2.*cg*b(j,k)+cg*cg*bk
a(j,k)=0.
b(j,k)=0.
do 210 i=1,n
xj=x(i,j)
xk=x(i,k)
x(i,j)=xj+cg*xk
210 x(i,k)=xk+ca*xj
220 continue
do 230 i=1,n
if(a(i,i).gt.0. .and. b(i,i).gt.0.) go to 230
write(5,440)
stop
230 eigv(i)=a(i,i)/b(i,i)
if(ifpr.eq.0) go to 240
write(5,430) (eigv(i), i=1,n)
240 do 250 i=1,n
tol=rtcl*d(i)
dif=dabs(eigv(i)-d(i))
if (dif.gt.tol) go to 390
250 continue
eps=rtcl**2
do 260 j=1,nr
jj=j+1
do 260 k=jj,n
epsa=(a(j,k)*a(j,k))/(a(j,j)*a(k,k))
epsb=(b(j,k)*b(j,k))/(b(j,j)*b(k,k))
if ((epsa.lt.eps).and.(epsb.lt.eps))go to 260
go to 390
260 continue
270 do 280 i=1,n
do 280 j=1,n
a(j,i)=a(i,j)
280 b(j,i)=b(i,j)
do 290 j=1,n

```

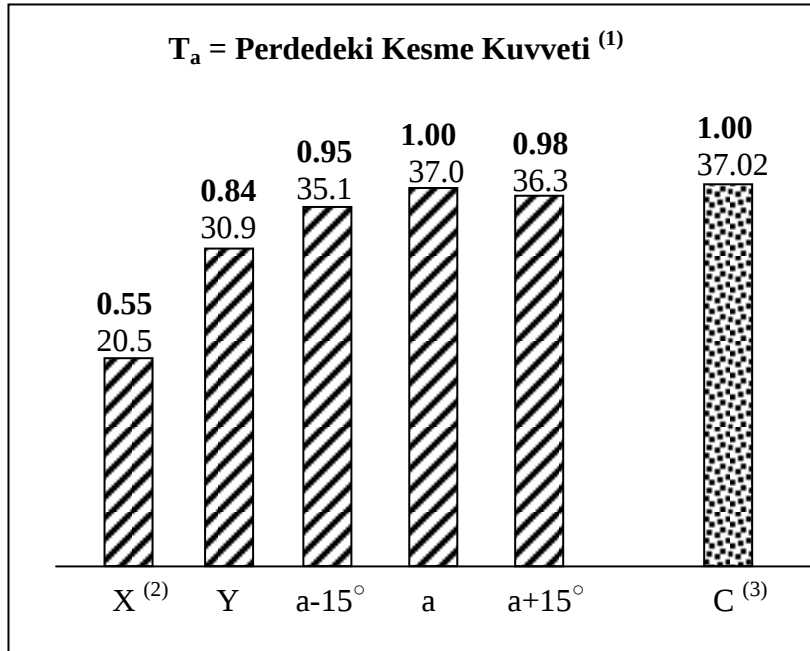
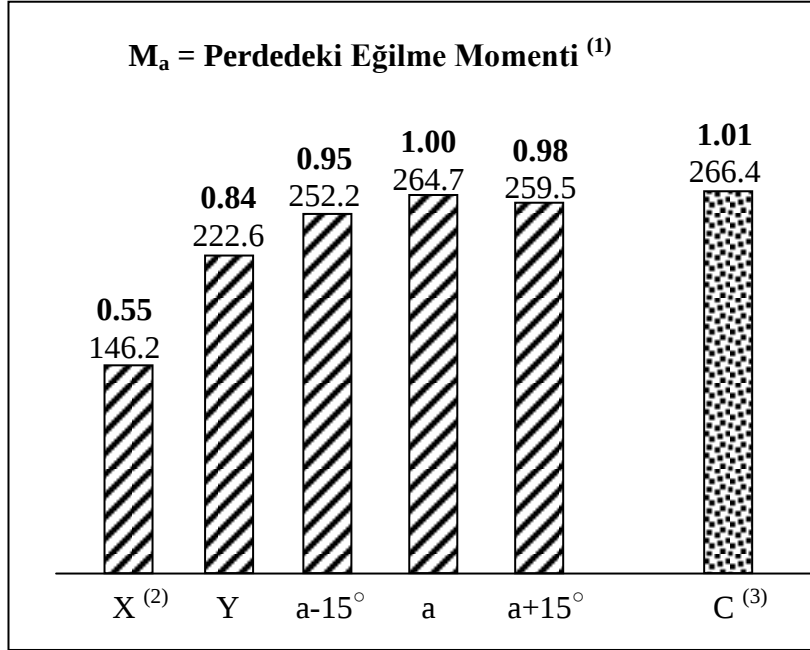
```

bb=dsqrt(b(j,j))
do 290 k=1,n
290 x(k,j)=x(k,j)/bb
do 300 i=1,n
300 ei(i)=eigv(i)
kx=0
do 320 j=1,n
small=1.0e20
do 310 i=1,n
if(ei(i).gt.small) go to 310
kkk=i
small=ei(i)
310 continue
kx=kx+1
nx(kx)=kkk
eigv(j)=ei(kkk)
ei(kkk)=1.e20
320 continue
do 330 i=1,n
ii=nx(i)
330 mx(ii)=i
do 360 j=1,n
do 350 jt=1,n
jj=nx(j)
vv(jt)=x(jt,j)
340 format(6i5,6e15.4)
x(jt,j)=x(jt,jj)
x(jt,jj)=vv(jt)
350 continue
kj=mx(j)
nx(kj)=jj
mx(jj)=mx(j)
360 continue
if(d(6).eq.999.) return
write (5,430) (eigv(il), il=1,n)
open(
unit=22,file="eigen.txt",status="scratch",action="readwrite",position="rewind")
write (unit=22,fmt="(6e14.5)")eigv
write (5,380)
do 370 li=1,n
370 write(5,430) (x(li,lj),lj=1,n)
open(
unit=23,file="eigenvec.txt",status="scratch",action="readwrite",position="rewind")
write (unit=23,fmt="(6e14.5)")x
380 format(/10x,'eigenvectors',/)
return
390 do 400 i=1,n
400 d(i)=eigv(i)
if(nsweep.lt.nsmax)go to 50
go to 270

```

```
410 format(//,10x,'eigenvalues',/)  
420 format(/,27hosweep number in *jacobi* = ,i4)  
430 format(1ho,6e14.5/)  
440 format (10x, '*** error solution stop ***')  
end
```

Ek - 2

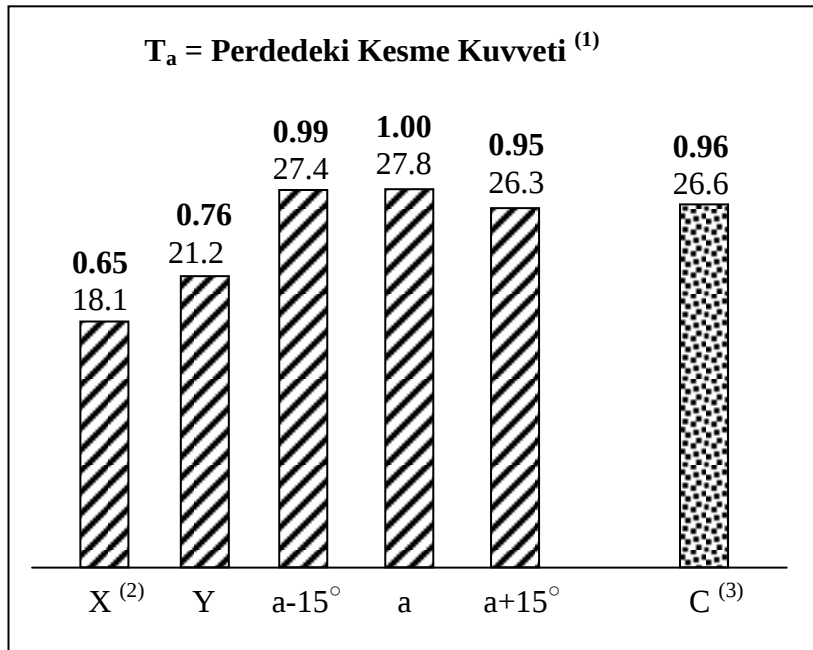
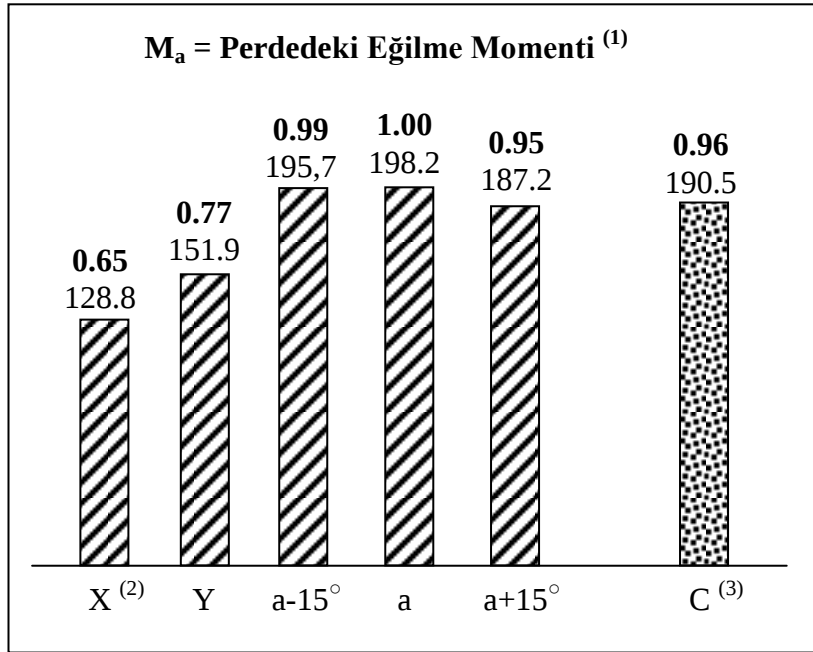


⁽¹⁾ Kesme ve Moment Değerleri Bina Tabanında Olup Birimleri kN ve kN-m dir.

⁽²⁾ X, Y, a = X, Y ve a Doğrultularında Etkiyen Deprem Kuvveti

⁽³⁾ C = ABYYHY’de Belirtilen Ampirik Formül (T.D.Y. 6.14)

Şekil C.1 : İlave Perde Olmayan Yapı Tipi (B) , $\beta = 30^\circ$ (Kesme Kuvveti ve Moment Değerleri, Eleman No.1)

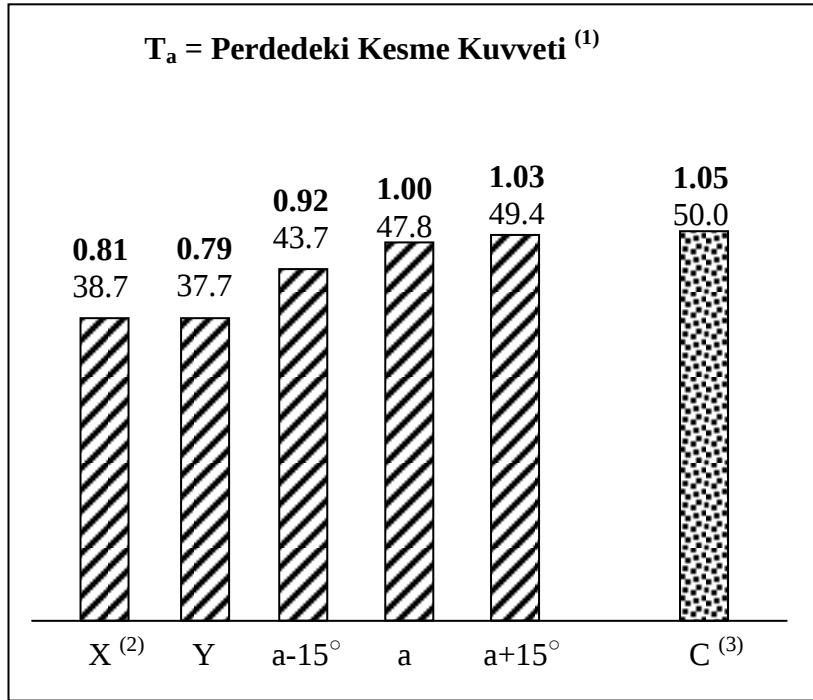
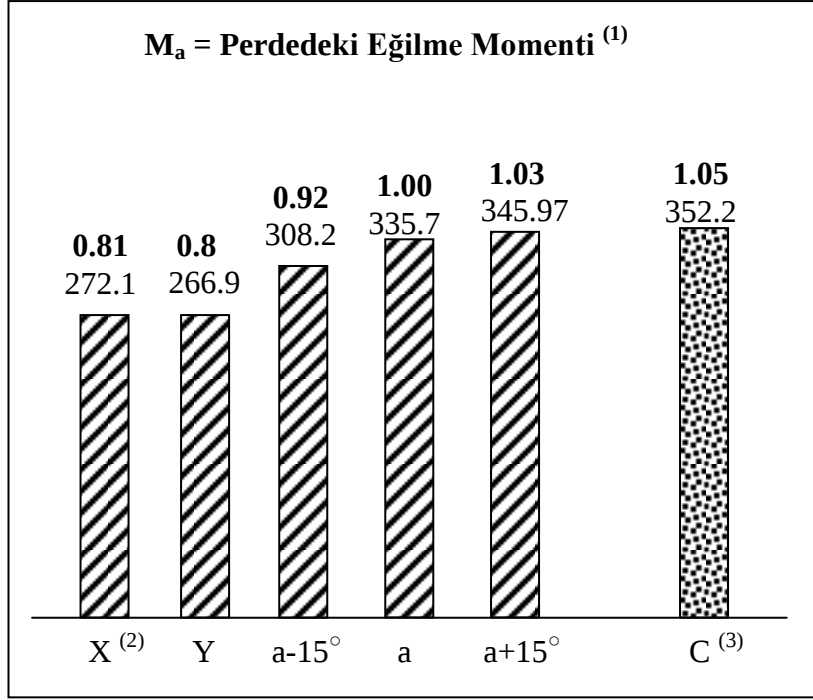


⁽¹⁾ Kesme ve Moment Değerleri Bina Tabanında Olup Birimleri kN ve kN-m dir.

⁽²⁾ X, Y, a = X, Y ve a Doğrultularında Etkiyen Deprem Kuvveti

⁽³⁾ C = ABYYHY’de Belirtilen Ampirik Formül (T.D.Y. 6.14)

Şekil C.2 : İlave Perde Olmayan Yapı Tipi (B) , $\beta = 45^\circ$ (Kesme Kuvveti ve Moment Değerleri, Eleman No.1)

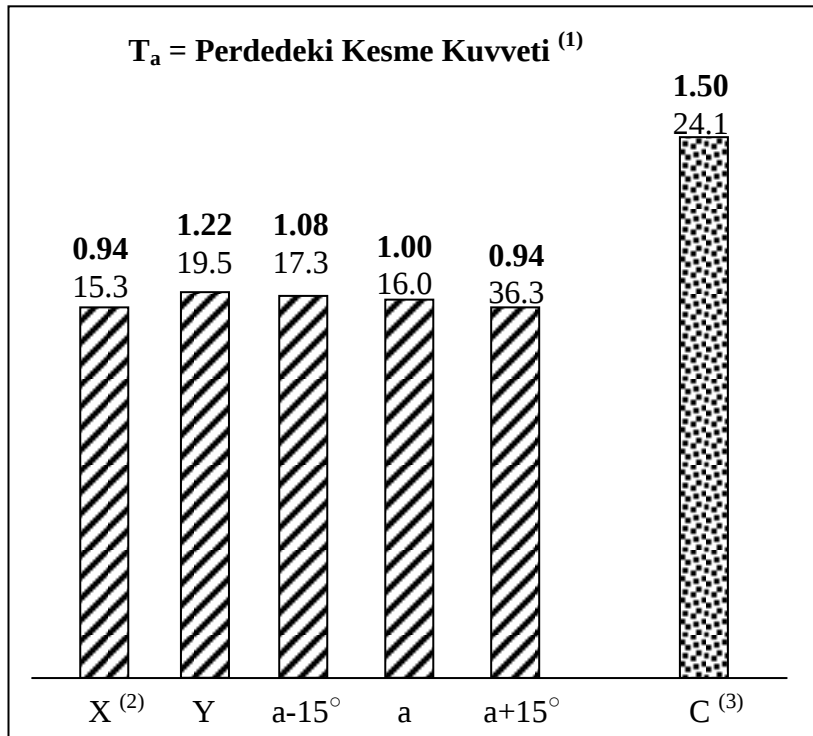
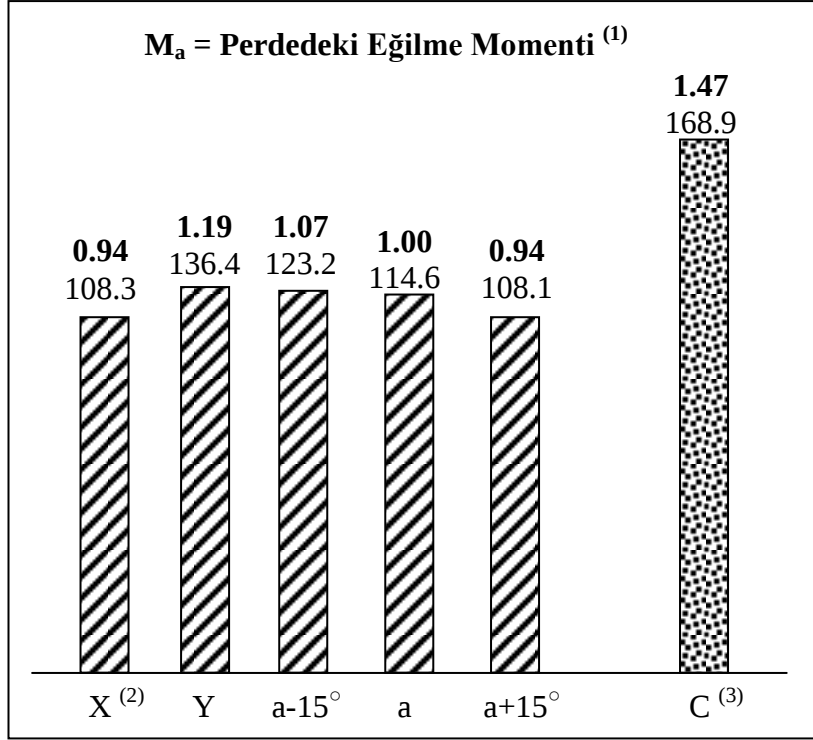


⁽¹⁾ Kesme ve Moment Değerleri Bina Tabanında Olup Birimleri kN ve kN-m dir.

⁽²⁾ X, Y, a = X, Y ve a Doğrultularında Etkiyen Deprem Kuvveti

⁽³⁾ C = ABYYHY’de Belirtilen Ampirik Formül (T.D.Y. 6.14)

Şekil C.3 : İlave Perde Olan Yapı Tipi (A) , $\beta = 30^\circ$ (Kesme Kuvveti ve Moment Değerleri, Eleman No.1)



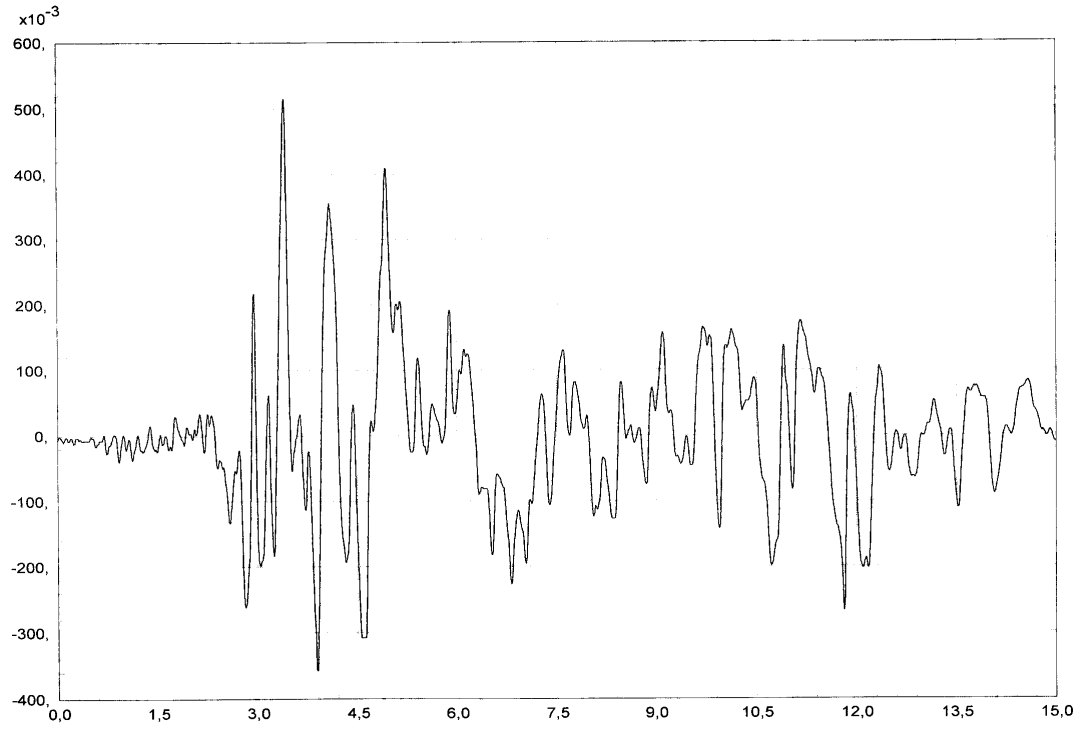
⁽¹⁾ Kesme ve Moment Değerleri Bina Tabanında Olup Birimleri kN ve kN-m dir.

⁽²⁾ X, Y, a = X, Y ve a Doğrultularında Etkiyen Deprem Kuvveti

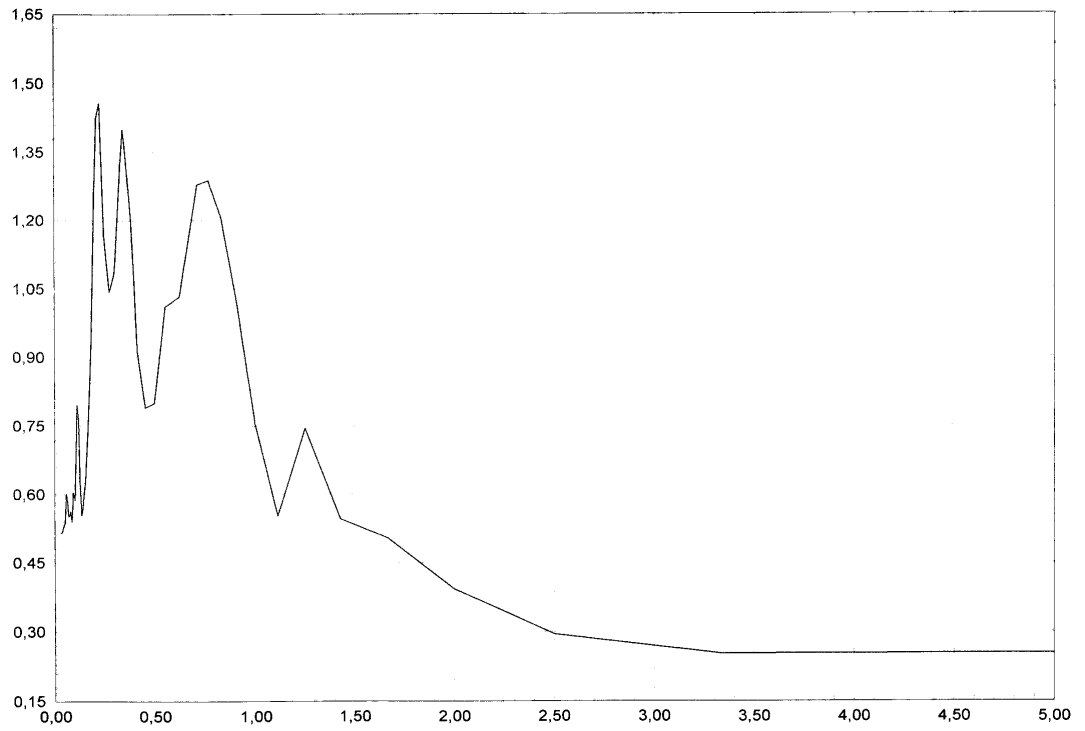
⁽³⁾ C = ABYYHY’de Belirtilen Ampirik Formül (T.D.Y. 6.14)

Şekil C.4 : İlave Perde Olan Yapı Tipi (A) , $\beta = 30^\circ$ (Kesme Kuvveti ve Moment Değerleri, Eleman No.1)

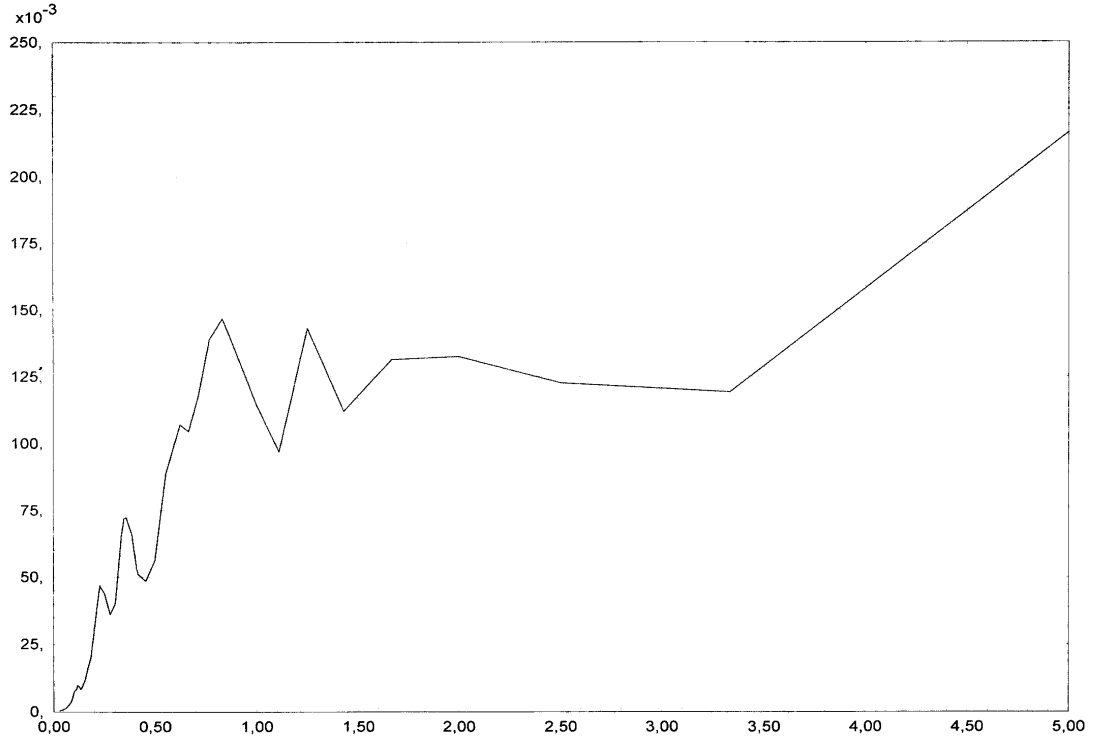
Ek – 3



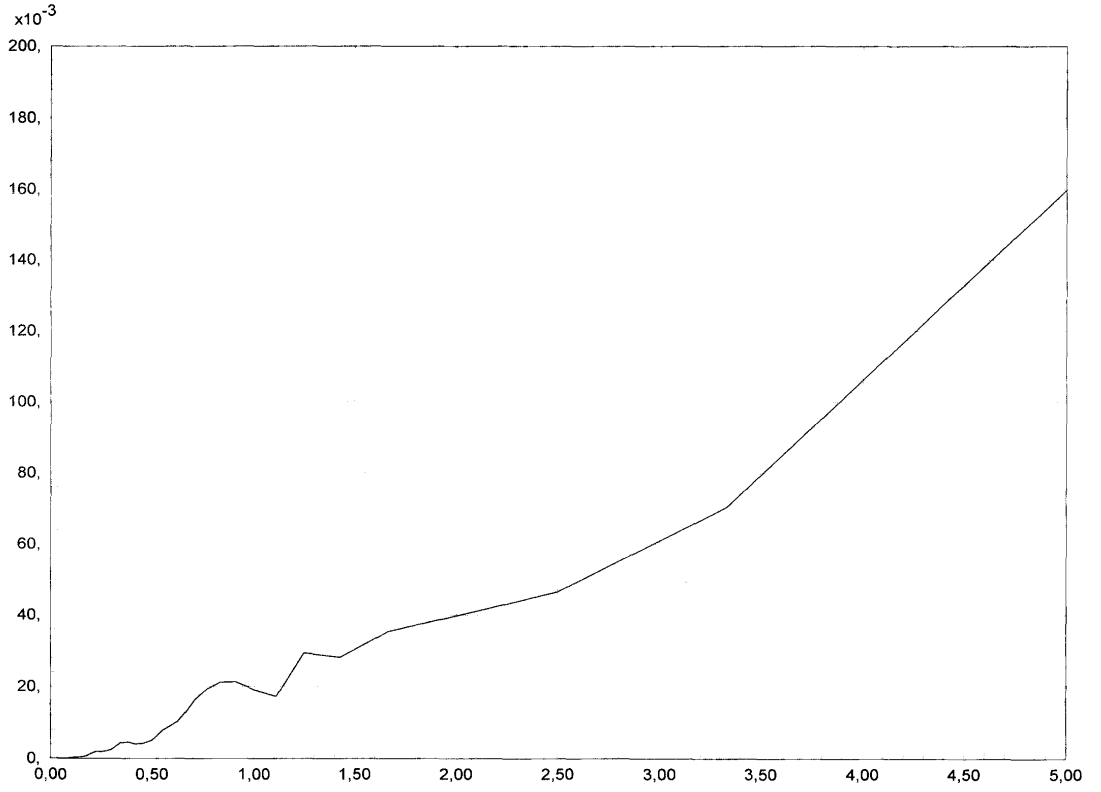
Şekil C.5 : 12 Kasım Düzce Depremi D – B İvme Kayıtları (maks = 513.78 mG)



Şekil C.6 : 12 Kasım Düzce Depremi İvme – Zaman Grafiği



Şekil C.7 : 12 Kasım Düzce Depremi Hız – Zaman Grafiği



Şekil C.8 : 12 Kasım Düzce Depremi Yerdeğiştirme – Zaman Grafiği

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Kayseride doğdu. İlk öğrenimini Kayseri Nazmi Toker İlkokulunda, orta ve lise öğrenimini Kayseri Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesinde tamamladı. 1999 – 2000 öğretim yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2000 – 2001 öğretim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2003 yılında Kayseride İz Mühendislik Proje Şirketini kurarak Proje Mühendisi olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevini sürdürmektedir.