

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME BİNALARDA
KISA KOLON ETKİSİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN
DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Mahir MUTLU

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Naci ÇAĞLAR

Haziran 2007

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME BİNALARDA
KISA KOLON ETKİSİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN
DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Mahir MUTLU

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 13 / 06 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Yrd. Doç. Dr.
Mehmet SARIBIYIK
Jüri Başkanı**

**Yrd. Doç. Dr.
Naci ÇAĞLAR
Üye**

**Yrd. Doç. Dr.
Hüseyin KASAP
Üye**

ÖNSÖZ

Deprem etkisindeki betonarme binalarda kısa kolon etkisi, deprem hasarlarının önemli nedenlerinden biridir. Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada farklı kısa kolon oluşumlarının deprem etkisindeki betonarme binaların davranışına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla üç katlı betonarme bir binanın matematik modeli kurularak, Lusas paket programında doğrusal olmayan dinamik analizleri yapılmıştır.

Sakarya Üniversitesi'nde lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca birçok çalışmalarında yardımlarından, desteğinden ötürü danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Naci ÇAĞLAR' a teşekkürler ederim.

Çalışmalarımın çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm; Dr. Hafez KEYPOUR, Turgutlu Tuğla ve Kiremitçileri Sanayicileri Derneği Mak.Müh. Ufuk YİĞİT, İ.B.B. Mesken Müdürlüğü Müdür Yardımcım İnş.Müh. Sami AYHAN, Kontrol Amirim İnş.Müh. Hakan Mesci, Kontrol Şefim İnş.Yük.Müh. İskender AYDOĞDU, İnş. Tekn. Okan Atabay' a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, çalışmalarım süresince beni destekleyen İnş.Müh. Murat GÜNEŞ ve İnş.Müh. Serkan BAŞ' a teşekkür ederim.

Bana tüm hayatım boyunca her türlü desteği veren çok sevdiğim saygı değer aileme teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar.....	2
1.2. Çalışmanın Kapsam Amacı.....	4
BÖLÜM 2.	
DEPREM HAREKETİ.....	7
2.1. Spektrum.....	12
BÖLÜM 3.	
SONLU ELEMAN ANALİZİ.....	15
3.1. İki boyutlu İzoparametrik elemanlar.....	16
3.2. Çubuklar.....	23
BÖLÜM 4.	
YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞI.....	26
4.1. Yapıların Doğrusal Olmayan Davranış Nedenleri.....	30
4.2. Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler.....	31

4.3. Geometrik Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler.....	32
BÖLÜM 5.	
SAYISAL UYGULAMALAR.....	34
5.1. A Tipi Yapı Modelleri.....	40
5.2. B Tipi Yapı Modelleri	47
5.3. C Tipi Yapı Modelleri	55
5.4. D Tipi Yapı Modelleri	61
5.5. E Tipi Yapı Modelleri	66
5.6. F Tipi Yapı Modelleri	72
5.7. G Tipi Yapı Modelleri	77
5.8. H Tipi Yapı Modelleri	83
5.9. Tüm Yapı Modelleri	88
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	93
6.1. Gerilmeler açısından.....	93
6.2. Yer değiştirmeler açısından.....	94
6.3. Öneriler.....	95
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	100

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$[D]$: Malzeme Matrisi
$[C]$: Sistemin Sönüm Matrisi
E	: Elastisite Modülü
G	: Kayma Modülünü
H	: Bina Yüksekliği
Hz	: Hertz
k	: Eleman Rijitlik Matrisi
$[K]$: Sistem Rijitlik Matrisi
m	: Eleman Kütlesi
$[M]$: Kütle Matrisi
t	: Zaman
T	: Periyod
ν	: Poisson Oranı
ρ	: Kütleli Yoğunluk
v	: Deplasman
m	: Metre
w	: Doğal frekans
ϕ	: Mod şekli
S_a	: Spektral ivme
S_v	: Spektral hız
S_d	: Spektral yer değiştirme
σ	: Gerilme
α_i	: modal katılma çarpan
N_i	: Lagrange şekil fonksiyonu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Şekil 2.1. Yer değiştirme spektrum eğrisinin elde edilmesi [13].....	8
Şekil 2.2.	İvme spektrumu eğrisinin elde edilmesi.....	9
Şekil 2.3.	Yer değiştirme hız ve ivme spektrum eğrileri (El Centro Depremi 1940, K-G bileşeni).....	10
Şekil 2.4.	El Centro depremi (1940, K-G bileşeni) spektrum eğrileri.....	11
Şekil 2.5.	Spektrum şiddet tanımı.....	12
Şekil 2.6.	Deprem ivme spektrumunun normalize edilmesi.....	13
Şekil 2.7.	Değişik zemin durumlarına ait normalleştirilmiş ortalama ivme spektrumları.....	14
Şekil 3.1.	Sonlu eleman metodu ile eleman modellendirilmesi.....	15
Şekil 3.2.	Dört düğümlü izoparametrik eleman.....	16
Şekil 3.3.	İki boyutlu eleman.....	23
Şekil 3.4.	İki boyutlu elemanın yerel koordinat sisteminde (a), ve genel koordinat sisteminde biçimi bozulmuş şekliyle birlikte (b) gösterimi.....	24
Şekil 4.1.	Yük – Şekil Değiştirme Grafiği.....	26
Şekil 4.2.	Yük Değişkeni- Yer değiştirme Grafiği.....	27
Şekil 4.3.	Yük – Şekil Değiştirme Grafiği.....	32
Şekil 4.4.	Yatay ve düşey yük altında Δ yer değiştirmesi.....	32
Şekil 5.1.	Seçilen betonarme üç katlı model.....	35
Şekil 5.2.	Kısa kolon etkisi sonucu oluşan hasar ve problemin sonlu eleman modeli.....	39
Şekil 5.3.	A5 Tipi yapı modeli [8].....	40
Şekil 5.4.	A5 Tipi yapı modelinin büyük bir yapıdaki gösterimi [9].....	41
Şekil 5.5.	A5 Tipi yapı modeli [10].....	41

Şekil 5.6.	A1 tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.....	42
Şekil 5.7.	A1 tipi yapı modelinde kısa kolon çatlama ve gerilme dağılımı...	42
Şekil 5.8.	A tipi yapı modellerinin 2. normal kat deplasman- Toplam yük grafiği.....	43
Şekil 5.9.	A tipi yapı modellerinin zemin kat deplasman- Toplam yük grafiği.....	44
Şekil 5.10.	A tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği.....	45
Şekil 5.11.	A tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli.....	46
Şekil 5.12.	B4 tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.....	48
Şekil 5.13.	B4 tipi yapı modelinde zemin kat gerilme ve çatlama şekli.....	48
Şekil 5.14.	Seçilen B5 tipi yapı modeli [12].....	49
Şekil 5.15.	B5 tipi yapı modeli.....	49
Şekil 5.16.	B Tipi yapı modellerinin 2.normal kat deplasman- toplam yük grafiği.....	50
Şekil 5.17.	B tipi yapı modellerinin Zemin kat deplasman-Toplam yük grafiği.....	51
Şekil 5.18.	B tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği.....	52
Şekil 5.19.	B5 yapı modelinin zemin katta oluşan gerilme-çatlama ve deformasyon şekli.....	53
Şekil 5.20.	B tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli.....	54
Şekil 5.21.	C5 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.....	56
Şekil 5.22.	C5 Tipi yapı modelinde kısa kolon çatlama ve gerilme dağılımı..	56
Şekil 5.23.	C Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği.....	57
Şekil 5.24.	C Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği.....	58
Şekil 5.25.	C tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği.....	59

Şekil 5.26.	C tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli.....	60
Şekil 5.27.	D5 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.....	62
Şekil 5.28.	D Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği.....	63
Şekil 5.29.	D Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği.....	63
Şekil 5.30.	D Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği.....	64
Şekil 5.31.	D tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli.....	65
Şekil 5.32.	E5 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.....	67
Şekil 5.33.	E5 Tipi yapı modelinde kısa kolon çatlama ve gerilme dağılımı...	67
Şekil 5.34.	E5 Tipi yapı modelinde kısa kolon çatlama ve gerilme dağılımı...	68
Şekil 5.35.	E Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği.....	68
Şekil 5.36.	E Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği.....	69
Şekil 5.37.	E tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği.....	70
Şekil 5.38.	E tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli.....	71
Şekil 5.39.	F1 Tipi yapı modeli [8].....	72
Şekil 5.40.	F5 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.....	73
Şekil 5.41.	F Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-toplam yük Grafiği.....	74
Şekil 5.42.	F Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-toplam yük Grafiği.....	74
Şekil 5.43.	F tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği.....	75
Şekil 5.44.	F tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli.....	76

Şekil 5.45.	G Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.....	78
Şekil 5.46.	G tipi yapı modelinde zemin kat orta kolon üzerindeki çatlama ve gerilme dağılımı.....	78
Şekil 5.47.	G Tipi Yapı Modelinin 2.Normal kat deplasman-toplam yük grafiği.....	79
Şekil 5.48.	G tipi yapı modelinin zemin kat deplasman - Toplam yük grafiği	80
Şekil 5.49.	G tipi yapı modelinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği	81
Şekil 5.50.	G tipi yapı modelinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli.....	82
Şekil 5.51.	H Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.....	83
Şekil 5.52.	H Tipi Yapı Modelinin 2.Normal kat deplasman-toplam yük grafiği.....	84
Şekil 5.53.	H tipi yapı modelinin zemin kat yer değiştirme - toplam yük grafiği.....	85
Şekil 5.54.	H tipi yapı modelinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği	86
Şekil 5.55.	H tipi yapı modelinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli.....	87
Şekil 5.56.	Tüm yapı modellerinin toplam yatay yük - 2. kat yer değiştirme grafiği.....	88
Şekil 5.57.	Tüm yapı modellerinin normalleştirilmiş toplam yatay yük – maksimum yer değiştirme ilişkisi.....	89
Şekil 5.58.	Şekil 5.57. C ve E Tipi yapı modellerinin toplam yatay yük - 2. kat yer değiştirme grafiği.....	90
Şekil 5.59.	B ve D tipi yapı modellerinin toplam yatay yük - 2. kat yer değiştirme grafiği.....	90
Şekil 5.60.	Tüm yapı modellerinin zemin kat orta kolonları boyunca normal gerilme grafiği.....	91
Şekil 6.1.	Önerilen sistem detayı.....	93

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 4.1.	Yapıların Doğrusal Olmayan Davranış Nedenleri.....	29
Tablo 5.1.	Modellerin genel özellikleri.....	36
Tablo 5.2.	Yapı analizlerinde kullanılan doğrusal olmayan malzeme özellikleri.....	38
Tablo 5.3.	A tipi yapı modellerinin genel özellikleri.....	40
Tablo 5.4.	B tipi yapı modellerin genel özellikleri.....	47
Tablo 5.5.	C Tipi yapı modellerin genel özellikleri.....	55
Tablo 5.6.	D Tipi yapı modellerin genel özellikleri.....	61
Tablo 5.7.	E Tipi yapı modellerin genel özellikleri.....	66
Tablo 5.8.	F Tipi yapı modellerin genel özellikleri.....	72
Tablo 5.9.	G Tipi yapı modelinin genel özellikleri.....	77
Tablo 5.10.	H Tipi yapı modellerin genel özellikleri.....	83

ÖZET

Anahtar kelimeler: Kısa kolon, çatlama, kırılma, bant pencere, doğrusal olmayan analiz, dolgu duvar.

Tez çalışmasında; Deprem etkisindeki betonarme binalarda kısa kolon etkisinin taşıyıcı sistemde ve dolgu duvarlarda nasıl deprem hasarları meydana getirdiği incelenmiştir. Bu amaçla 3 katlı bir bina modellenerek zemin katta farklı şekil ve boyutlarda bant pencereler ele alınmıştır. Bu çalışmada toplam 32 farklı model üzerinde çalışılmıştır. Taşıyıcı elemanlar ile duvarları, malzeme bakımından lineer olmayan şekilde modellenmiştir.

Yapının matematik modelleri yapılarak, Lusas yapı analiz programında doğrusal olmayan yapı analizleri yapılmıştır. Çalışmada ele alınan modellerin yük- deplasman ve seçilen kolonda oluşan gerilme grafikleri kolon boyunca grafikler halinde gösterilmiştir. Bu grafiklerde ele alınan ilişkilerin karşılaştırılabilmesi için, tüm modellerin grafik eğrileri tek bir grafikte çizilmiştir. Ayrıca analizler neticesinde modellerde meydana gelen çatlama durumları şekillerde gösterilmiştir.

INVESTIGATION OF NONLINEAR RESPONSE OF SHORT COLUMN EFFECTS OF THE REINFORCED CONCRETE BUILDINGS SUBJECTED TO EARTHQUAKE

SUMMARY

Key Words: Short column, cracking, band window, nonlinear analysis, fill wall.

In this study, the short column effects to response of reinforced concrete buildings subjected to earthquake are investigated. For this purpose, the three storeys reinforced concrete buildings are modelled and analysed. In the first storey, different forms of band windows are considered. The material properties of reinforced concrete beam and columns and fill wall are considered as nonlinear.

The nonlinear analyses of all mathematical models are carried out by using of LUSAS finite element analysis packet programme. The graphics of load- top and first stories displacements are illustrated. The stress curves of selected columns are also presented. Furthermore, the nonlinear crack growths are monitored for selected columns of all models.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Doğal afetler içerisinde en önemlilerinden biri deprem etkisidir. Deprem etkileri yapılar da pek çok farklı hasarlar meydana getirmektedir. Bu hasarların nedenlerinin daha gerçekçi biçimde bulunması yapıların tasarımında önem teşkil etmektedir. Deprem etkilerinden oluşan yapı hasarlarının kaçınılmaz olduğu durumlarda, tasarımcı hasar seviyesini ve hasar bölgesini doğru seçerek olumsuz sonuçları en az mertebeye indirgemiş olur. Bu nedenle deprem etkisindeki yapıların davranışının incelenmesi oldukça önemlidir.

Ülkemizde yapılan yapılar incelendiğinde bakıldığında yapıların tasarımında dolgu duvarların etkisi dikkate alınmamaktadır. Yapıların sadece taşıyıcı sistemleri ile yani kolon, perde, kiriş ve döşeme gibi birbirine bağlanmış rijit elemanlar ile analiz edilmektedir. Deprem etkisinde yapının davranışına duvarların da etkisi vardır. Göz önüne alınan bir yapının düşük şiddette deprem etkisi altında lineer elastik sınırlar içerisinde olduğu kabul edilirse duvarların etkisinin ciddi farklar meydana getirmeyeceği söylenebilir. Ancak deprem etkisi yüksekse lineer elastik sınır aşılar ve yapının tasarımına göre farklı şekillerde etkiler yaratır. Bu etkiler yapılarda hasarları meydana getirmektedir.

Sunulan tez çalışmasında yapı tasarımında yapılan kısa kolon oluşumunun, deprem etkisi altında yapı davranışı üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Çalışmada taşıyıcı elemanlar ile duvarları, malzeme bakımından doğrusal olmayan şekilde modellenmiştir. Modellerin analizleri doğrusal olmayan analizle yapılmıştır. Burada farklı boyutlardaki bant pencereci tuğla duvarların taşıyıcı sistemler üzerindeki etkileri incelenerek yapı davranışını üzerinde oluşturduğu olumsuzluklar incelenmiştir.

1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Boduroğlu ve Güney [1]; deprem etkisi altındaki simetrik ve asimetrik yapıların, lineer olmayan tepkilerine dolgu duvarların katkısını incelemişlerdir. Yapıların tasarım aşamalarında dolgu duvarların rijitliklerinin yapı davranışına etkisini dikkate alınmadığını dile getirmişler. Bu amaçla yaptıkları çalışmada bu elemanların sahip oldukları rijitliklerinin, yapıların gerek simetrik gerek asimetrik plana sahip olması durumunda, deprem etkisi altında, yapı davranışını etkilediğini dile getirmişlerdir. Burulma etkisinin beklenmediğı simetrik yapılarda, duvar etkisi ile burulma tepkisi ortaya çıktığı yorumlamışlardır. Yaptıkları çalışmada taşıyıcı elemanlar ile duvarları, malzeme bakımından lineer olmayan şekilde modellemişlerdir. Yaptıkları model çalışmasıyla yapı dinamik karakteristikleri elde edilip, bulunan verileri karşılaştırarak duvarların, yapıların dinamik ötelenme ve burulma tepkisine yaptığı katkıları göstermişlerdir.

Dumanoğlu ve Çakıroğlu [2]; zemine kısmen gömülü yapıların iki boyutlu lineer olmayan deprem analizleri gerçekleştirilmiştir. Birçok betonarme ve çelik yapı elemanlarının büyük deformasyonlar karşısında doğrusal olmayan histerik davranış gösterdiğini dile getirmişlerdir. Lineer olmayan sistemlerin dinamik analizlerinde adım adım çözümler yöntemi üzerinde durmuşlardır.

Sezen ve arkadaşları [3], 1999 yılında Kuzey Anadolu Fay Hattının Adapazarı, Kocaeli, Gölcük segmenti üzerinde, Richter ölçeğine göre $M_s = 7.4$ manyitudünde ve yaklaşık 45- 50 saniye süren depremin sonuçlarını incelemişlerdir. Deprem etkisi altında yapılarda meydana gelen hasar nedenleri üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmaları içerisinde bölme duvarların planda yanlış yerleştirilmesinin yapı davranışını olumsuz yönde etkilediğı ve ağır hasarlara neden olduğunu örnekleriyle ortaya koymuşlardır.

Dönmez [4], dolgu duvarların, deprem etkisi altında taşıyıcı sisteme katkısını araştırmıştır. Dolgu duvarları, eşdeğer sanal çubuk modeli kullanarak modellemiştir. Yaptığı analizler sonucunda, ele aldığı yapı modellerinin maksimum yer değiştirmelerini, taban kesme kuvvetlerini ve 1.mod titreşim periyotları elde etmiştir.

Farklı taşıyıcı sistemlerin analiz sonuçlarını karşılaştırmış ve dolgu duvarların taşıyıcı sistem davranış özelliklerini büyük ölçüde değiştirebildiğini gözlemlemiştir.

Özdoğdu [5], deprem etkisi altında binaların davranışına dolgu duvarların etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada band pencere yapımından kaçınılması gerektiği veya zorunluluk teşkil etmesi durumunda kolon kenarlarının bölme duvarlarla muhakkak doldurulmasını dile getirmişlerdir. Ayrıca zemin kat yüksekliklerinin diğer katlarla aynı tutulması, düşey doğrultuda ani rijitlik değişimlerinden kaçınılması sonuçlarında bulunmuşlardır. Bu çalışmada dikkat edilmesi gereken; taşıyıcı elemanlar ile duvarları, malzeme bakımından lineer olan şekilde modellemiştir. Bu modelleme ile yapının dinamik analizi gerçekleştirilmiştir.

Yalçın [6], dolgu duvarların ve konumlarının çok katlı betonarme yapıların deprem kuvvetleri altındaki davranışına etkilerini araştırmıştır. Dolgu duvarların yapılardaki etkileri dört ayrı modelde incelemiştir. Çözümlemeler sonucunda dolgu duvarlı modellerde yer değiştirmelerin azaldığı, toplam kesme kuvvetlerinin arttığı, periyotların küçüldüğü belirlenmiştir.

Köksal ve arkadaşları [7], aksenal basınç altında beton briket yığma prizmaların sonlu eleman analizini incelemişlerdir. Bu çalışmada, Drucker- Prager akma kriteri kullanılarak bindirmesiz örülmüş prizmaların lineer olmayan sonlu eleman analizleri gerçekleştirilmiştir. Beton blok ve harca ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri için bağıntılar önerilmiş ve bu bağıntılar, doğrusal olmayan sonlu eleman analizlerinde kullanılarak prizmaların kırılmaya yakın gerçek davranışlarını incelemişlerdir.

Aliaari ve arkadaşı [8], “The Seismic Infill Wall Isolator Sub frame” (SIWIS) sisteminin deprem etkisi altında kolon ve dolgu duvarlarda meydana getirdiği etkileri incelemişlerdir. Bu sistem, deprem esnasında kolonlarda ve dolgu duvarlarda oluşabilecek zararları önlemek ve can güvenliğini temin etmek amacıyla dolgu duvarlı yapılara uyarlanmıştır. SIWIS sistemi rüzgâr yükü altında dolgu duvar-çerçeve arasında etkileşimi sağladığı ve deprem esnasında yapıların kaymasını azalttığı görülmüştür. Bunun yanında hasarın olduğu durumlarda dolgu duvar-

çerçeve birleşimini ayırdığı gözlenmiştir. Bu sistem dolgu duvar- çerçeve arasında bir nevi sigorta görevini üstlenmiştir. Yapılan araştırmalarda bu sistemin yatay yüklemelere karşı gösterdiği tepkiler ölçülmüştür. Araştırma sonuçları göstermiş ki SIWIS sistem, bu yüklemelere karşı başlangıçta yüksek bir mukavemet göstermiş ardından dolgu duvar ve sınırlandırılmış çerçevenin ayrılmasını sağlamıştır.

Çağatay [9], 27 Haziran 1998 yılında gerçekleşen Ceyhan depreminde, Adana'nın organize sanayi bölgesinde bulunan endüstriyel bir yapıda oluşan hasarları incelemiştir. Yapılan araştırmada; deprem sonucunda yapının dış tarafında bulunan tüm kolonların kısa kolon etkisinden dolayı zarar gördüğü tespit edilmiştir. Yapının ikinci katının tabana göre 10 cm yer değiştirdiği görülmüştür.

Karakostas [10], ITSAK (Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering) ekibinin 2004 yılında yayımlanan makalesinde, 14 Ağustos 2003 tarihinde Yunanistan'ın Lefkada adasında gerçekleşen 6,2 büyüklüğündeki deprem sonucunda, o bölgede bulunan binaların ve altyapıların sismik davranışları, çeşitli zemin araştırmaları uygulanıp incelenmiş ve meydana gelen hasarlar gözlemlenmiştir. Şekil 5.5.' te görüldüğü üzere, kısa kolonlarda kesme kuvvetinden kaynaklanan hasar durumu gözlenmiştir.

Sağlamer [11], 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminden sonra İTÜ öğretim görevlileri, deprem bölgelerindeki yapısal hasarları tespit etmek amacıyla incelemelerde bulunmuşlar ve değerlendirme raporu yayınlamışlardır. Belediyeler tarafından onaylanan uygulama projelerinde olmamasına rağmen, binaların giriş katlarının ticari hacimler (dükkân, market, galeri, depo vb.) şeklinde kullanılmaları, yumuşak kat olarak tanımlanan ve yeterli rijitliğe sahip olmayan katların ortaya çıkmasına sebep olduğu dile getirilmiş. Deprem bölgelerinde İTÜ uzmanları tarafından yapılan incelemelerde binalardaki hasarların çok önemli bir bölümünün zemin katların yeterli rijitliğe sahip olmamasından kaynaklandığı tespit etmişlerdir. Bazı binalarda ise yer kazanmak amacıyla zemin katlarda bazı kolonların kesildiği görülmüştür. Binalardaki hasarların sebepleri arasında, daha önceki depremlerde de hasara sebep olan ve ara kat yapılmasından kaynaklanan "kısa kolon" problemini göstermişlerdir.

Bachmann [12], Yapıların sismik tasarımında; mühendisler, mimarlar, yapı sahipleri için temel prensipleri incelemiştir. Bu çalışmada yapıların depremlerden korunmaları için basit ve kolay anlaşılabilir davranışlardan bahsetmiştir. Bunun için açıklamalarda ve örneklemelerde bulunmuştur. Harçlı tuğla duvarların rijitliği, büyük boyutlu kolonlarda dahi kesme kuvveti etkisine maruz bırakmıştır.

1.2. Çalışmanın Kapsam ve Amacı

Yapılan bu çalışmada yapı tasarımında oluşturulan kısa kolonunun; deprem etkisi altında yapı davranışına etkileri incelenmiştir. Çalışmada üç katlı betonarme bir binanın Lusas paket programında iki boyutlu matematik modeli kurulmuştur. Zemin katta kolonlar arası tuğla duvarlarda farklı bant pencere boşlukları bırakılarak 32 faklı model oluşturulmuştur. Taşıyıcı elemanlar ile duvarları, malzeme bakımından lineer olmayan şekilde modellenmiş ve doğrusal olmayan yapı analizi yapılmıştır.

Analizlerin tamamında malzemeler homojen izotropik ve doğrusal olmayan şekilde modellenmiştir. Yapı modellerinin tamamında, kolon, kiriş kesitleri, duvar kalınlıkları ve kat yüksekliklerinin tamamı sabit tutulmuştur.

Çalışmanın ilk bölümünde konuya giriş yapılarak konu genel hatlarıyla tanımlanmıştır.

İkinci bölümde deprem hareketi hakkında bilgi verilmiş, yer değiştirme, hız ve ivme spektrum eğrilerinin elde edilişi ve kullanılışı ve elastik tasarım ivme spektrumu kısaca özetlenmiştir.

Üçüncü bölümde sonlu elemanlar analizi üzerine bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölüm yapı analizlerinde yapılan doğrusal analiz ve doğrusal olmayan analizlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Beşinci bölüm sayısal uygulamalardan oluşturulmuştur. Bu bölümde doğrusal olmayan analizleri yapılan modeller tanıtılmıştır. Doğrusal olmayan analizler sonucu

elde edilen yapı davranışları, gerilme dağılımları, yer değiştirmeler grafikler halinde sunulmuştur. Ayrıca analizler neticesinde modeller üzerinde oluşan çatlamalar şekiller halinde gösterilerek değerlendirilmiştir.

Altıncı bölüm sonuçlar ve önerilerden oluşmaktadır.

BÖLÜM 2. DEPREM HAREKETİ

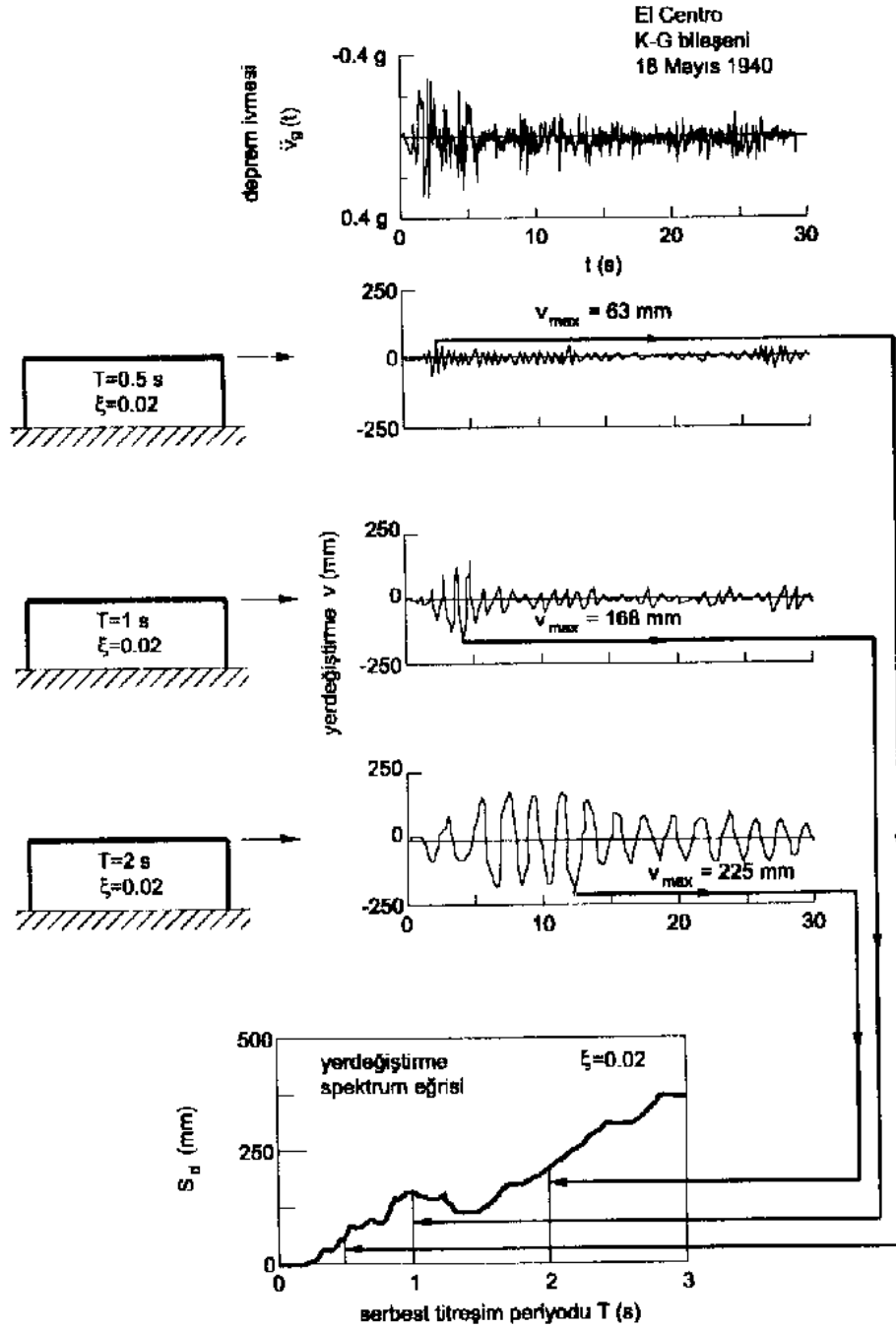
Doğal afetlerden biri olan deprem, yer kabuğunun bir hareketi olarak yapılarda zamana bağlı bir yer değiştirme etkisi meydana getirmektedir. Deprem hareketine karşı dayanıklı yapıların oluşturulabilmesi için, binaların planları açısından düzensizliklerden uzak olması ve taşıyıcı sistemlerinin de deprem etkisi ile oluşacak yatay kuvvetleri taşıyacak boyutlarda tasarlanması önemlidir.

Günümüze kadar dünyada meydana gelen depremler üzerinde incelemeler ve araştırmalar yapılmaktadır. Bu sayede deprem hareketlerini daha iyi anlamamıza ve depremin tahmin edilme çalışmalarının ilerlemesine faydaları olmaktadır. Bilimin bu incelemeleri ve araştırmalarıyla amacı; deprem sonrası oluşabilecek hasarları ve can kayıplarını ortadan kaldırmak, yapıların güvenli tasarlanması ve sağlam inşa edilmesidir.

Deprem hareketinin meydana getirdiği titreşimler nedeniyle oluşacak maksimum tepkileri bilinmesi ve bina analizinde kullanılması bir çözüm yöntemidir. Deprem Spektrum grafiği; deprem etkisine maruz kalan yapı için tek serbestlik dereceli sistem davranışının, ivme, hız veya yer değiştirmelerindeki maksimum değerleri serbest titreşim periyoduna bağlı olarak gösterilmesidir.

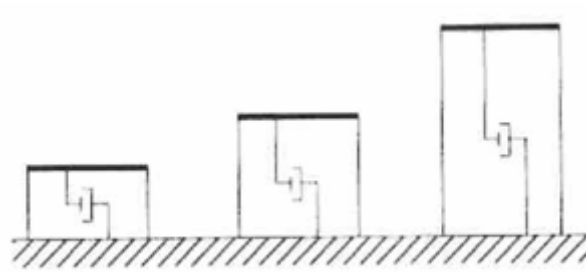
Yapı sistemlerinin deprem etkisine göre analizlerinde çözüm yöntemi, önceden meydana gelmiş deprem kayıtlarının ele alınıp, hareket denklemlerinin, zaman veya frekans alanında integre edilmesi ile yer değiştirme, hız, ivme ve elastik kuvvetlerin bulunmasıdır. Ancak, pek çok durumda bu uzun hesapların yapılması hem yorucu ve uzun hem de gereksizdir. Daha elverişli bir çözüm yöntemi ise deprem spektrumlarından faydalanılmaktadır [13].

Deprem spektrum eğrilerinden yer değiştirme spektrum eğrisinin elde edilişi Şekil 2.1. de gösterilmiştir. Burada üç tane tek serbestlik dereceli sisteme ait kat yer değiştirmelerinin zamana bağlı değişimleri verilmiştir.

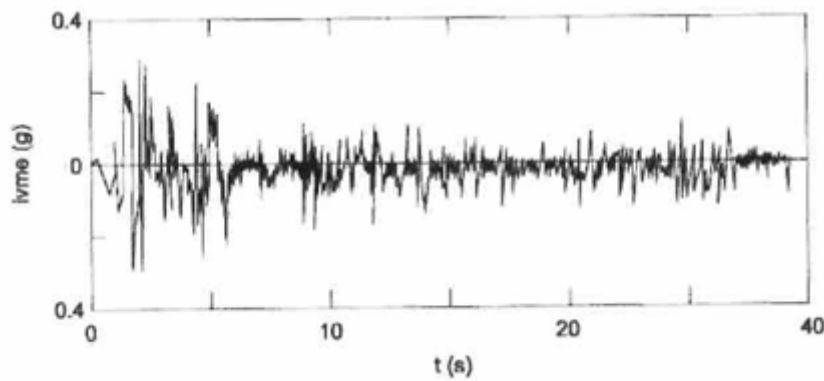


Şekil 2.1. Yer değiştirme spektrum eğrisinin elde edilmesi [13].

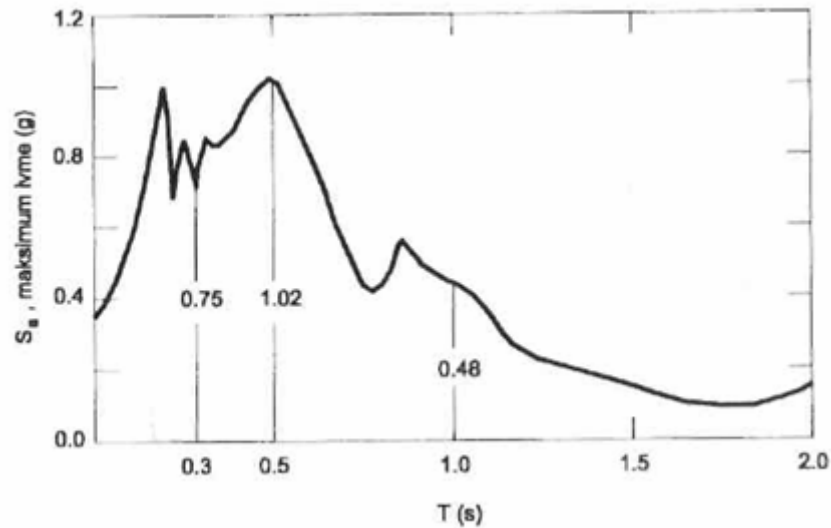
Deprem hareketi etkisi altındaki tek serbestlik dereceli sistemlere ait zaman tanım alanındaki kat yer değiştirmeleri hesaplanır (Şekil 2.1.). Elde edilen yer değiştirmelerin maksimumları ilgili tek serbestlik dereceli sistemin periyoduna bağlı olarak grafik ortamına aktarılarak yer değiştirme spektrum eğrisi elde edilir [13].



periyot	$T = 0.3s$	$T = 0.5s$	$T = 1.0s$
sönüm	$\xi = 0.05$	$\xi = 0.05$	$\xi = 0.05$
maksimum ivme	$\ddot{v}_{\max} = 0.75g$	$\ddot{v}_{\max} = 1.02g$	$\ddot{v}_{\max} = 0.48g$



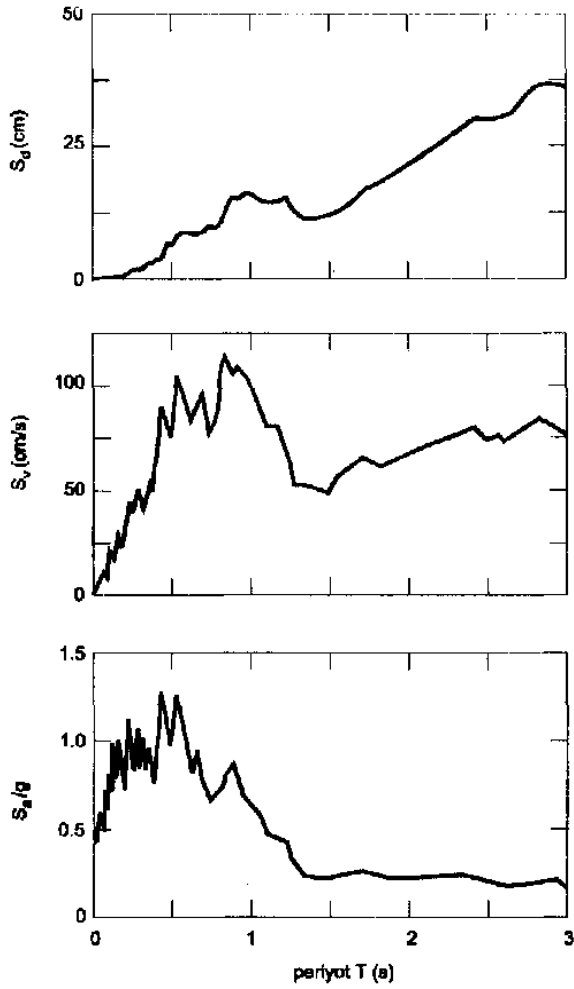
El Centro California depremi 18 Mayıs 1940
(K-G bileşeni)



Şekil 2.2. İvme spektrumu eğrisinin elde edilmesi [13].

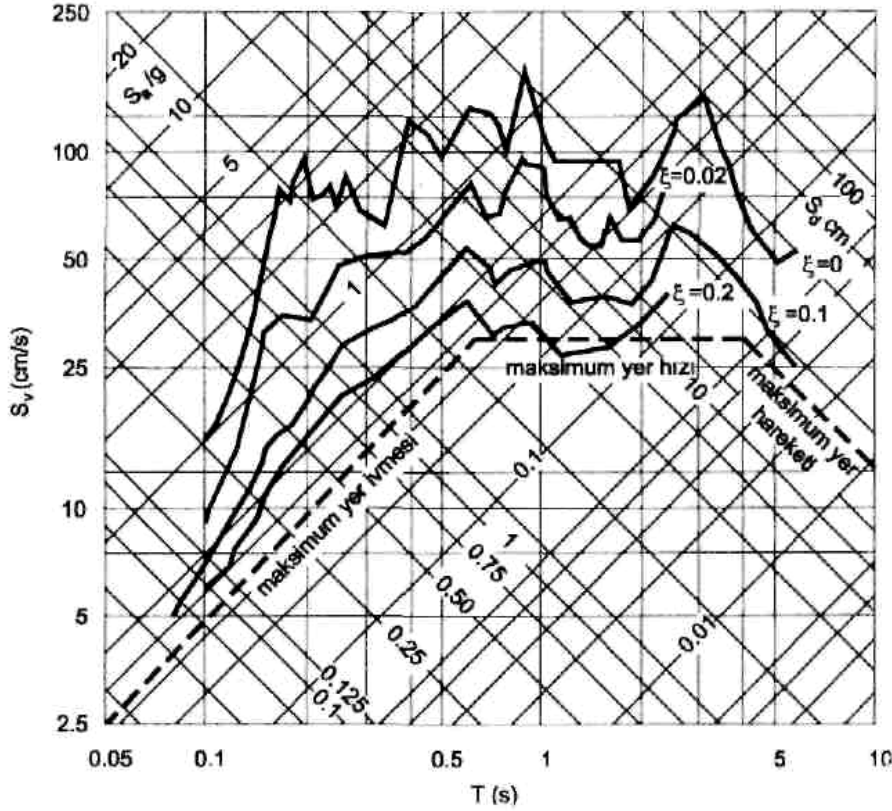
Şekil 2.2. de verilen belirli bir depreme ait ivme spektrumu ve üç ayrı yapı için spektrum eğrisinden okunan değerler verilmiştir. Şekil 2.3.' de yer değiştirme, hız ve ivme spektrum eğrileri gösterilmiştir. Ayrıca bu değerler birbirleriyle ilişkilidir. Yer değiştirme spektrum eğrisi zaman tanım alanındaki yer değiştirmelerin maksimumlarıdır, hız spektrum eğrisi ise

yer değiştirme spektrum eğrisinin doğal titreşim frekansı katı kadardır ($S_v = w S_d$). İvme spektrum eğrisi de yine yer değiştirme spektrum eğrisinin doğal titreşim frekansının karesi katı kadardır ($S_a = w^2 S_d$). Spektrum eğrilerinden her biri belirli bir deprem kaydı içindir. Ve depreme bağlı olduğu gibi deprem kaydının alındığı yere de bağlıdır. Bu farklılıklar deprem merkezinin kayıt tutulan yere mesafesi, zemin koşulları ve hareketin kayıt yerine geçtiği zemin karakteristiklerine ile ilişkilidir [13].



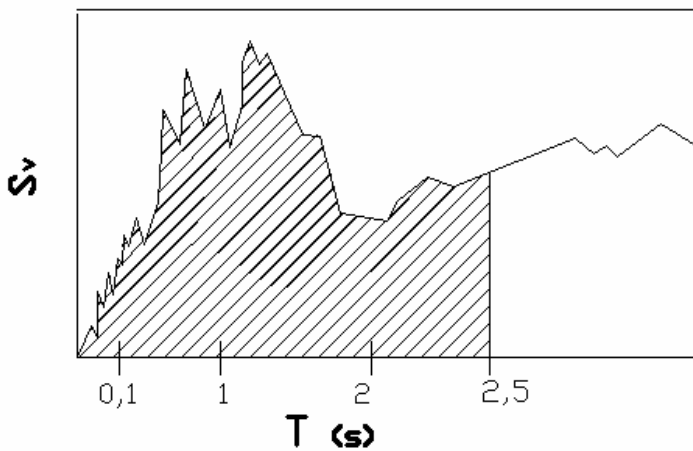
şekil 2.3. Yer değiştirme, hız ve ivme spektrum eğrileri (El Centro Depremi 1940, K-G bileşeni)

Yer değiştirme spektrum eğrisi, hız spektrum eğrisi ve ivme spektrum eğrisinin birbiriyle bağlantılı olmasından dolayı bu eğrilerin birbirlerinden bağımsız eğriler şeklinde değil de tek bir eğride birleştirilmesi ile spektrum eğrileri oluşturulmuştur (şekil 2.4.).



Şekil 2.4. El Centro depremi (1940, K-G bileşeni) spektrum eğrileri.

Deprem spektrum eğrisi deprem hareketinin yapı olan en büyük etkisini gösteren bir ölçüdür. Bundan dolayı farklı sönüm oranları için periyoda bağlı olarak verilen bu eğrilerin altında kalan alan, yer hareketinin büyüklüğünün bir ölçüsü olarak bir değer ile ifade edilmektedir. Houser tarafından sönüme bağlı olarak spektrum şiddeti tanımlanmıştır. Spektrum şiddeti, deprem hareketinin periyodu 0,1 s ve 2,5 s arasındaki yapılarda meydana getirilebileceği hasarın bir ölçüsü olarak da kabul edilebilir (Şekil 2.5.) [13]



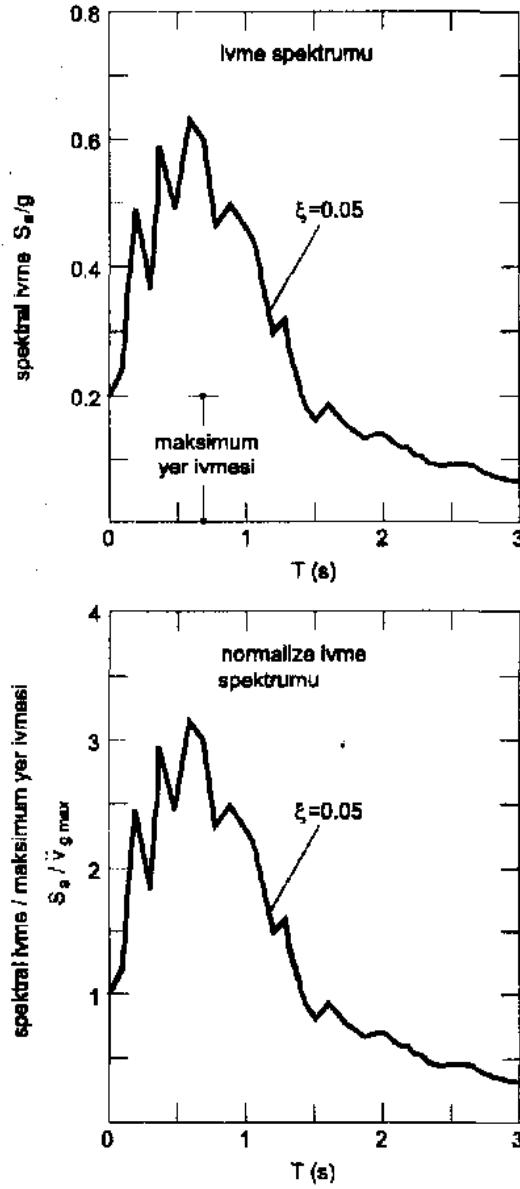
Şekil 2.5. Spektrum şiddet tanımı

2.1. Spektrum

Zemin sınıfı deprem hareketinin spektrumu üzerindeki önemli derecede etkilidir. Farklı zemin durumlarına ait spektrum eğrilerinin birbirleriyle karşılaştırılmasından önce spektrum eğrileri normalleştirilir (Şekil 2.6.). Şekil 2.6.' da normalleştirilmiş dört farklı sınıfta yerel zemin durumunda alınan kayıtların spektrum eğrileri verilmiştir [13].

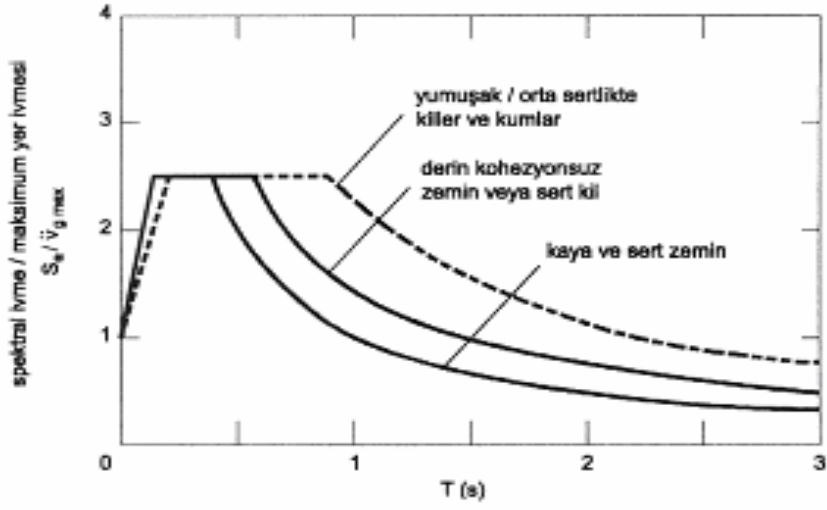
- a) Kaya.
- b) 70m den daha az kalınlıkta sert zemin.
- c) 80m den fazla kalınlıkta kohezyonsuz zemin,
- d) Yumuşak ve orta sertlikte kil ve kum dolgusunun bulunduğu yerel zemin.

Şekil 2.6.' de normalize edilmiş spektrum eğrisinde görüldüğü gibi 0,5 saniyeden büyük periyotlarda zeminler arasında spektral değer farklılıkları görülmektedir. Kohezyonsuz zeminde ve yumuşak ve orta sertlikteki kil dolgusunda spektral değerlerin 0,5 saniyelik periyodun üzerinde, sert zemin ve kayaya göre daha büyük olduğu görülmektedir. Bu ise, söz konusu zeminlerin uzun periyoda ait titreşim bileşenlerinin daha büyük oranlarda yer hareketi ile etkileşime girdiğini gösterir.



Şekil 2.6. Deprem ivme spektrumunun normalize edilmesi.

Deprem yönetmeliklerinde ve tasarımlarda kullanılan dinamik analizlerde normalleştirilmiş ortalama ivme spektrum eğrileri kullanılır (Şekil 2.7). Deprem yönetmeliğinde bu eğrilerdeki normalleştirilmiş ivme spektrumu A_0 katsayıları ile çarpılarak deprem bölgelerine göre tasarım kolaylığı sağlanmıştır. Dolayısıyla bu eğri ile 4 farklı zemin tipleri ve 4 farklı deprem bölgeleri özetlenmiştir.



Şekil 2.7. Değişik zemin durumlarına ait normalize edilmiş ortalama ivme spektrumları.

BÖLÜM 3. SONLU ELEMAN ANALİZİ

Bilgisayar teknolojisinin öncesinde, mühendislik problemlerinin cevaplarının bulunması yalnızca, deneysel çalışmaların dışında yapılan basit yaklaşımlarla mümkündü. Bugün bilgisayarlar kolaylıkla ve çok daha hızlı bir şekilde tasarımlara izin vererek hesaplamalar yapabilmektedirler. Kompleks mühendislik tasarımlarının değerlendirilmesi matematik modelin yapılması ile mümkün olmaktadır.

Kompleks biçimli bir dış yükün analizi kolaylıkla yapılamadığından dolayı, bu tür sistemlerin birçok küçük basit şekillere bölümlendirilmesi ihtiyacı duyulmuştur. Bu yaklaşım sonlu elemanlar metodu diye adlandırılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Sonlu eleman metodu ile eleman modellendirilmesi

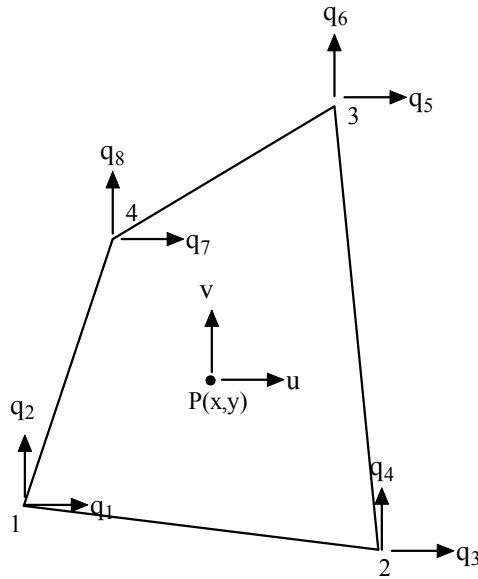
Şeklin her bir koordinatındaki düğüm noktası sonlu eleman olarak tanımlanmıştır. Sonlu elemanlar metodunda bitişik elemanlar ortak düğüm noktalarında birbirlerine etki etmektedirler.

Gerçek mühendislik problemleri dış kuvvetlerin etkisi altında sonsuz farklı şekilde davranırlar. Sonlu elemanlar modeline esas olan bir modelde serbestlik dereceleri reaksiyonları verirken buda düğüm noktalarını ifade eder. Sonlu eleman analizi mühendislik problemlerinin sayısal çözümünde çok güçlü bir araç haline gelmiştir. Sonlu eleman analizinde, sürekli bir ortamı tanımlayan karmaşık bir bölge, sonlu

elemanlar adı verilen basit geometrik şekilli elemanlara indirgenmiştir. Bu elemanlara yapının malzeme özellikleri atanmaktadır. Sayısal çözüm, sistemlerin çoğunda sistemin düğüm noktaları olarak adlandırılan belirli noktalarında elde edilmektedir. Sonuç olarak, tek bir işlemde tüm yapıyı çözmek yerine, çözümler, yapıyı meydana getiren her eleman için ayrı ayrı formüle edilmekte ve bir araya getirildiğinde tüm yapının davranışı elde edilmektedir. Böylelikle analiz yöntemi oldukça basitleştirilmesine karşın yapılacak işlem sayısı, temel yapıyı oluşturan sonlu eleman sayısına bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle gereken işlemler ancak bilgisayarlar ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu sonlu elemanlar iki veya üç boyutlu olsa da, genellikle iki boyutlu üçgen veya dörtgen elemanlar kullanılmaktadır.

3.1. İki boyutlu İzoparametrik Elemanlar

Çalışmada betonarme yapının matematik modeli oluşturulurken iki boyutlu izoparametrik eleman olarak dört düğümlü izotropik elemanlar kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Dört düğümlü izoparametrik Eleman

Şekil Fonksiyonları

Burada, global eksen takımı x,y ile lokal eksen takımı ise ξ,η ile tanımlanmıştır. Şekil fonksiyonları kurulurken Lagrange şekil fonksiyonu $N_i=1$, i noktasında birim şekil değiştirme ve diğer noktalarda sıfır yazılarak elde edilir:

$$N_1 = 1 \quad (1 \text{ düğümünde})$$

$$N_1 = 0 \quad (2, 3 \text{ ve } 4 \text{ düğümünde})$$

$$N_1 = \alpha_1 + \alpha_2\xi + \alpha_3\eta + \alpha_4\xi\eta$$

$$N_1 = c(1 - \xi)(1 - \eta) \quad (3.2)$$

$$1 = c[1 - (-1)][1 - (-1)]$$

$$1 = c(2)(2) \quad c = \frac{1}{4} \quad (3.3)$$

Sonuç olarak 1.düğüm noktası için şekil fonksiyonu

$$N_1 = \frac{1}{4}(1 - \xi)(1 - \eta) \quad (3.4)$$

olarak tanımlanır ve diğer bütün noktalar için de aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$N_2 = \frac{1}{4}(1 + \xi)(1 - \eta)$$

$$N_3 = \frac{1}{4}(1 + \xi)(1 + \eta) \quad (3.5)$$

$$N_4 = \frac{1}{4}(1 - \xi)(1 + \eta)$$

$$N_i = \frac{1}{4}(1 + \xi\xi_i)(1 + \eta\eta_i)$$

ξ_i, η_i i noktasındaki koordinatlardır.

Noktasal değerleri yerdeğiştirme teriminde tanımlarsak:

$$u = \sum N_i q_i \quad (3.6)$$

$$u = N_1 q_1 + N_2 q_3 + N_3 q_5 + N_4 q_7$$

$$v = N_1 q_2 + N_2 q_4 + N_3 q_6 + N_4 q_8 \quad (3.7.a)$$

matris formunda aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$u = Nq \quad (3.7.b)$$

$$u = [u, v]^T$$

$$q = [q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, \dots, q_8]^T$$

$$N = \begin{bmatrix} N_1 & 0 & N_2 & 0 & N_3 & 0 & N_4 & 0 \\ 0 & N_1 & 0 & N_2 & 0 & N_3 & 0 & N_4 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

İzoparametrik formülasyonda, aynı şekil değiştirme fonksiyonları N_i , ayrıca noktasal koordinatlı bir elemanın bir noktasının koordinatlarını da ifade eder.

$$x = N_1 x_1 + N_2 x_2 + N_3 x_3 + N_4 x_4$$

$$y = N_1 y_1 + N_2 y_2 + N_3 y_3 + N_4 y_4 \quad (3.9)$$

$$u = \sum N_i u_i$$

$$x = \sum N_i x_i$$

$$v = \sum N_i v_i \quad y = \sum N_i y_i$$

$$f = f_{(x,y)}$$

$$\begin{matrix} x_{(\xi,\eta)} \\ y_{(\xi,\eta)} \end{matrix} \Rightarrow f = f[x_{(\xi,\eta)}, y_{(\xi,\eta)}]$$

türevlemenin zincir kuralı kullanılarak;

$$\frac{\partial f}{\partial \xi} = \frac{\partial f}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \xi} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \xi}$$

$$\frac{\partial f}{\partial \eta} = \frac{\partial f}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \eta} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \eta} \quad (3.10)$$

ya da

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \xi} \\ \frac{\partial f}{\partial \eta} \end{Bmatrix} = J \begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{Bmatrix} \quad (3.11)$$

olarak ifade edilir.

Jakobiyen matrisi

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

$$J = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} -(1-\eta)x_1 + (1-\eta)x_2 + (1+\eta)x_3 - (1+\eta)x_4 & -(1-\eta)y_1 + (1-\eta)y_2 + (1+\eta)y_3 - (1+\eta)y_4 \\ -(1-\xi)x_1 - (1+\xi)x_2 + (1+\xi)x_3 + (1-\xi)x_4 & -(1-\xi)y_1 - (1+\xi)y_2 + (1+\xi)y_3 + (1-\xi)y_4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

olarak ifade edilir.

(3.11) denkleminin şu şekilde tersi alınabilir;

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{Bmatrix} = \mathbf{J}^{-1} \begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \xi} \\ \frac{\partial f}{\partial \eta} \end{Bmatrix} \quad (3.14)$$

ya da

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{Bmatrix} = \frac{1}{\det \mathbf{J}} \begin{bmatrix} J_{22} & -J_{12} \\ -J_{21} & J_{11} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial f}{\partial \xi} \\ \frac{\partial f}{\partial \eta} \end{Bmatrix} \quad (3.15)$$

Bu ifadeler elemanın rijitlik matrisinde kullanılacaktır.

Eleman Rijitlik Matrisi

Dörtgen elemanın rijitlik matrisi gövdedeki gerilme enerjisinden elde edilebilmektedir;

$$U = \int_v \frac{1}{2} \boldsymbol{\sigma}^T \boldsymbol{\varepsilon} dV \quad (3.16)$$

yahut

$$U = \sum_e t_e \int_e \frac{1}{2} \sigma^T \varepsilon dV \quad (3.17)$$

t_e e elemanın kalınlığıdır.

Gerilme yer değiştirme ilişkisi

$$\varepsilon = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \end{Bmatrix} \quad (3.18)$$

$f \equiv u$ olduęu dūřünölerek denklem (3.15) de

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial u}{\partial y} \end{Bmatrix} = \frac{1}{\det J} \begin{bmatrix} J_{22} & -J_{12} \\ -J_{21} & J_{11} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial \xi} \\ \frac{\partial u}{\partial \eta} \end{Bmatrix} \quad (3.19.a)$$

özetle,

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \end{Bmatrix} = \frac{1}{\det J} \begin{bmatrix} J_{22} & -J_{12} \\ -J_{21} & J_{11} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial v}{\partial \xi} \\ \frac{\partial v}{\partial \eta} \end{Bmatrix} \quad (3.19.b)$$

olarak ifade edilir.

Denklem (3.18) ve (3.19.a,b)

$$\varepsilon = A \left\{ \begin{array}{c} \frac{\partial u}{\partial \xi} \\ \frac{\partial u}{\partial \eta} \\ \frac{\partial v}{\partial \xi} \\ \frac{\partial v}{\partial \eta} \end{array} \right\} \quad (3.20)$$

A ise;

$$A = \frac{1}{\det J} \begin{bmatrix} J_{22} & -J_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -J_{21} & J_{11} \\ -J_{21} & J_{11} & J_{22} & -J_{12} \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

Şeklinde olur.

Enterpolasyon denklemleri (3.7a) dan

$$\left\{ \begin{array}{c} \frac{\partial u}{\partial \xi} \\ \frac{\partial u}{\partial \eta} \\ \frac{\partial v}{\partial \xi} \\ \frac{\partial v}{\partial \eta} \end{array} \right\} = \mathbf{G} \mathbf{q} \quad (3.22)$$

$$\mathbf{G} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} -(1-\eta) & 0 & (1-\eta) & 0 & (1+\eta) & 0 & -(1+\eta) & 0 \\ -(1-\xi) & 0 & -(1+\xi) & 0 & (1+\xi) & 0 & (1-\xi) & 0 \\ 0 & -(1-\eta) & 0 & (1-\eta) & 0 & (1+\eta) & 0 & -(1+\eta) \\ 0 & -(1-\xi) & 0 & -(1+\eta) & 0 & (1+\xi) & 0 & (1-\xi) \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

(3.20) ve (3.22) denklemleri

$$\varepsilon = Bq \quad (3.24)$$

$$B = AG \quad (3.25)$$

ifadelerini verir.

Gerilme denklemi ise

$$\sigma = DBq \quad (3.26)$$

olarak ifade edilir.

D matrisinin boyutu 3×3 dür.

(3.17) denkleminde verilen gerilme enerjisi

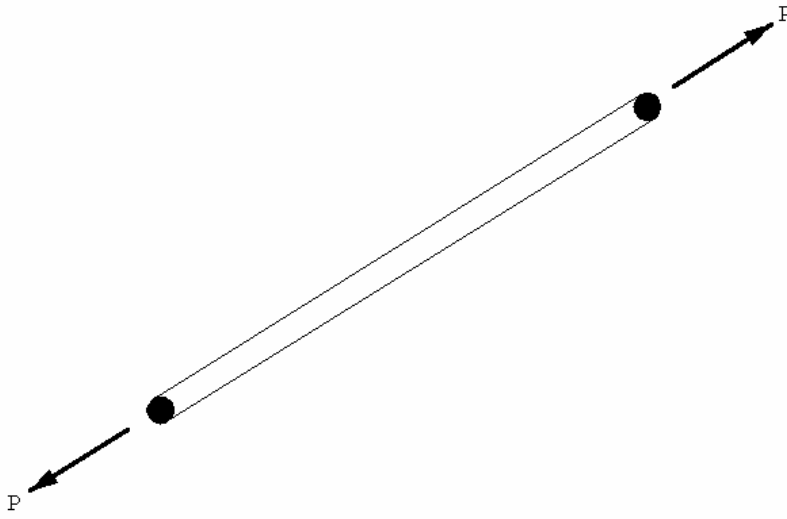
$$U = \sum_e \frac{1}{2} q^T \left[t_e \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 B^T DB \det J d\xi d\eta \right] q \quad (3.27.a)$$

$$= \sum_e \frac{1}{2} q^T k^e q \quad (3.27.b)$$

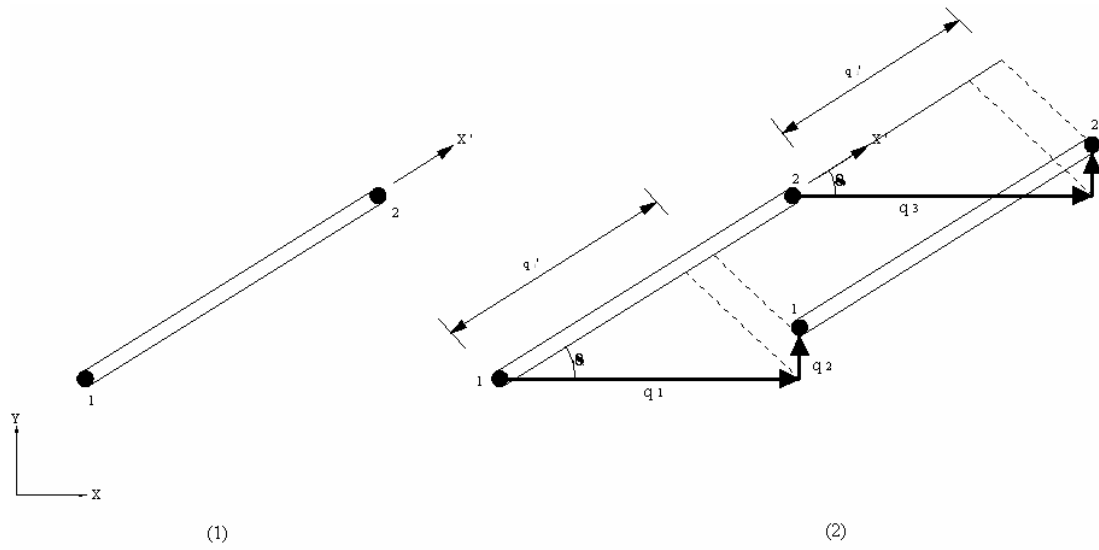
$$k^e = t_e \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 B^T DB \det J d\xi d\eta \quad (3.28)$$

3.2. Çubuklar

Bu çalışmada donatı, çubuk elemanlarla modellenmiştir. Her düğüm noktasında iki yer değiştirme vardır (Şekil 3.3). Noktasal yer değiştirme vektörü aşağıdaki gibi verilmiştir;



Şekil 3.3 İki boyutlu eleman



Şekil 3.4. İki boyutlu elemanın yerel koordinant sisteminde (a), ve genel koordinant sisteminde biçimi bozulmuş şekliyle birlikte (b) gösterimi

Eleman yer değiştirme vektörü genel koordinant sisteminde (4x1) boyutunda olarak sembolize edilir;

$$q = [q_1, q_2, q_3, q_4]^T \quad (3.29)$$

Genel koordinant sisteminde

$$\begin{aligned} q_1' &= q_1 \cos \theta + q_2 \sin \theta \\ q_2' &= q_3 \cos \theta + q_4 \sin \theta \end{aligned} \quad (3.30)$$

Bu safhada l ve m olarak $l = \cos \theta$, $l = \sin \theta$ diye tanımlanabilir.

Dönüşüm matrisi;

$q'_3 = q_3$ kabulü yapılarak

$$L = \begin{bmatrix} l & m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & l & m \end{bmatrix} \quad (3.31)$$

Elde edilir.

Yerel eksenlerdeki rijitlik matrisi ise:

$$k' = \frac{E_e A_e}{l_e} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.32)$$

şeklinde olur.

Genel koordinatlarda ki eleman rijitlik matrisi

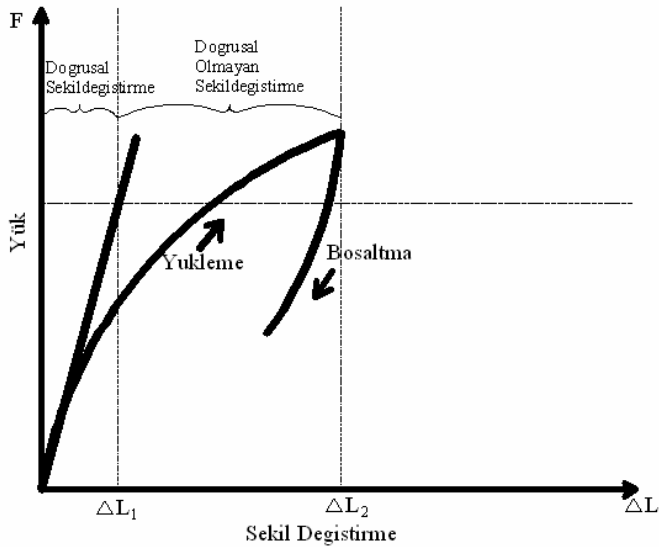
$$k = L^T k' L \quad (3.33)$$

$$k = \frac{E_e A_e}{l_e} \begin{bmatrix} l^2 & lm & -l^2 & -lm \\ lm & m^2 & -lm & -m^2 \\ -l^2 & -lm & l^2 & lm \\ -lm & -m^2 & lm & m^2 \end{bmatrix} \quad (3.34)$$

olarak tanımlanmıştır. Eleman rijitlik matrisleri kullanılarak sistemin rijitlik matrisi yazılır ve sonlu eleman analizi yapılır.

BÖLÜM 4. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞI

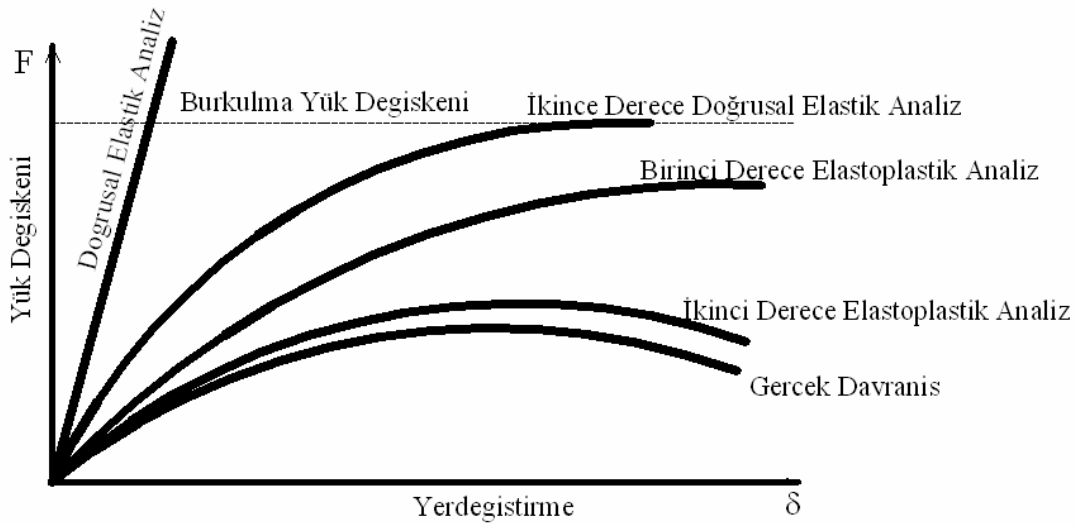
Bu çalışmada malzemelerin gerilme-şekil değiştirme eğrileri doğrusal olmadığından doğrusal olmayan davranış göstermektedir. Bu yüzden bu bölümde doğrusal olmayan davranış incelenecektir. Malzemeler gerilme-şekil değiştirme eğrileri sabit değerli ve yapı üzerinden yükün kaldırılmasından sonra tekrar ilk haline geliyorsa doğrusal davranış gösterirler. İlk haline dönmüyorsa doğrusal olmayan davranış gösterirler (Şekil 4.1.). Yapı elemanının ya da yapının elastik olması aynı zamanda doğrusal davranış göstermesini gerektirmez. Elastik sınırların üzerinde bir deformasyona uğrayan birçok yapı elemanı doğrusal olmayan özellik gösterebilirler. Plastik kaymalar, iç sürtünmeler mekanik enerjilerin bir kısımları kaybedilir. Bu tür sistemlere de tekrarlı (histerezis) sistemler denir. Yapılarda birçok betonarme ve çelik yapı elemanları doğrusal histeretik davranış gösterebilirler.



Şekil 4.1. Yük – Şekil Değiştirme Grafiği

Yönetmeliklerde yapıların yatay deprem yükleri altındaki analizleri için kullanılmakta olan yöntemler, genel olarak yapıların deprem etkileri altında

doğrusal-elastik davranış göstereceği esasına dayanmaktadır. Deprem etkilerine göre yapı sistemlerinin analizinde, malzemenin doğrusal-elastik sınır ötesindeki davranışını dikkate almak üzere, taşıyıcı sistem davranış katsayısı tanımlanmakta ve elastik deprem yükleri bu katsayıya bağlı olarak bir deprem yükü azaltma katsayısı ile küçültülmektedir. Doğrusal-elastik analiz yöntemlerinde yapının davranışı hesaplanan katsayıya bağlı olmaktadır. Gerçekte ise, deprem etkileri altında yapılarda, deprem, yapıların büyük miktarda enerji sönümlendiği elastik ötesi davranışa neden olmakta ve bunun sonucu doğrusal-elastik analiz yöntemleri ile tasarlanan yapılarda ağır hasara neden olmaktadır. “Doğrusal-elastik davranış” kabulü, analizleri önemli miktarda kolaylaştırmasına ve yapının elastik kapasitesini iyi bir şekilde belirlemesine karşı, yapının göçme mekanizmasının belirlenmesi ve elastik ötesi kapasitesinin devreye sokulması konusunda yetersiz kalmaktadır. Ayrıca doğrusal-elastik analiz yöntemleri ile yapı sisteminin deprem etkileri altında gerçek performansının anlaşılması mümkün olmamaktadır.



Şekil 4.2. Yük Değişkeni- Yerdeğiştirme Grafiği

Yapıların doğrusal olmayan davranışı, doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri ile gerçeğe yakın bir şekilde belirlenebilmektedir. Ancak doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemlerini yapı analizlerinde oldukça karmaşık olması, zaman alıcı olması ve çok fazla sayıda yerel deprem kaydı gerektirmesi uygulama açısından bu yöntemleri zorlaştırmaktadır. Daha çok özel projeler ve bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan malzemeden yapılmış bir çerçeve sisteminin,

geometrik biçim değişimlerinin denge denklemlerine etkisini göz önüne alan ikinci mertebe teorisine göre hesabı ile elde edilen şematik yük değişimi– yer değiştirme bağıntısı Şekil 4.2.' de gösterilmiştir.

Yapının davranışının doğrusal olmaması dış yükler altında genel olarak iki nedenden oluşmaktadır. Geometri değişimleri nedeniyle denge denklemlerinin doğrusal olmaması ve malzemenin doğrusal-elastik olmaması nedeniyle, gerilme- şekil değiştirme bağıntılarının doğrusal olmamaktadır. Narin yapılarda dayanımı yüksek malzemelerle yapı yerdeğştirmeleri düşük değerde değildir. İkinci mertebe analizin bu durumda uygulanması gerekmektedir. Geometrik değişimlerin denge denklemlerine olan etkisinin ihmal edilmediği durumlarda geometrik olarak doğrusal olmayan davranış incelenir.

Deprem kuvvetleri etkisinde yapı sistemlerinin analizlerinde, statik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlere göre yapılan analizler yönetmeliklerde de geçtiği üzere, yapıların deprem etkilerine karşı elastik sınırlar içinde davranacağı esasına dayanmaktadır. Doğrusal davranışı esas alan bu yöntemlerde, malzemeye ait gerilme- şekil değiştirme bağıntıları doğrusal-elastik alınmakta ve yerdeğştirmelerin sınırlı olduğu varsayılmaktadır. Elastik analizler, yapının elastik kapasitesinin iyi bir şekilde belirlenmesine ve ilk elastik ötesi davranışın nerede olabileceğini göstermesine karşı, yapının göçme mekanizmasını belirleyemez ve elastik ötesi davranışlar sonucu oluşan kuvvet dağılımlarını da göz önüne alınmamaktadır. Yapının elastik sınırlar içerisinde hesaplanması doğru olmamaktadır. Bu durumda deprem etkileri altında yapının elastik ötesi kapasitesinin devreye sokulması gerekmektedir ve bu kapasitenin hesaplanabilmesi için doğrusal olmayan analiz şarttır.

Deprem etkileri altında yapı davranışlarını daha yakından incelemek ve bunun sonucunda daha gerçekçi ve ekonomik çözümler üretmek mümkündür. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri yapılarak, deprem etkileri altında yapıların performansları daha gerçekçi bilinebilir.

Yapıların, yapı tasarımı ve yapı malzemelerinin değişimleri bakımından doğrusal olmayan analizlerinde hesap yöntemleri, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin sistem üzerinde sürekli olması durumunun dikkate alındığı yöntemler ve doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsalları verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal elastik davrandığı kabulünün yapıldığı plastik mafsalları hipotezine dayanan yöntemler olarak ayrılmaktadır [21].

Yapıların tasarımı ve değerlendirilmesinde, yapının doğrusal olmayan davranışı belirlenmelidir. Yapıların doğrusal olmayan davranışının belirlenmesinde kullanılan yöntemler, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemleri ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yapı sistemlerinin deprem yükleri altındaki doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesi için kullanılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemleri, yapı sisteminin deprem yükleri altındaki dayanımını temsil eden yatay yük – tepe noktası yer değiştirmesi ilişkisinin, malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesi ve değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Genel olarak birinci mod etkilerinin hakim olduğu düzgün yapılarda doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemi uygulanmaktadır. Yüksek mod etkilerinin önemli olabileceği yapılarda ise, yüksek mod etkilerinin katılımını da içeren doğrusal olmayan statik modal artımsal itme analizi yöntemi daha doğru sonuçlar vermektedir.

Doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemlerinin (zaman tanım alanında analiz) kullanılması ile yapıların doğrusal olmayan davranışının gerçeğe yakın bir şekilde belirlenmesi mümkündür. Ancak bu yöntemler oldukça karmaşık, zaman alıcı ve çok fazla sayıda yerel deprem kaydı gerektirdiğinden uygulama açısından çok pratik olmamakta, daha çok özel projeler ve bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır. Bundan dolayı, uygulaması doğrusal olmayan analiz yöntemlerine göre daha kolay olan spektrum esaslı doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemleri üzerinde durulmuş ve bu konuda çalışmalar ve araştırmalar önem kazanmıştır.

4.1. Yapıların Doğrusal Olmayan Davranış Nedenleri

Deprem yükleri etkisi altında yapıların davranışının doğrusal olmama nedenleri genel olarak iki nedenden oluşmaktadır. Geometri değişimleri nedeniyle denge denklemlerinin doğrusal olmaması ve Malzemenin doğrusal-elastik olmaması nedeniyle, gerilme-şekil değiştirme bağıntılarının doğrusal olmamasıdır. Yapının dış yükler altında analizinin ile elde edilmesi için iç kuvvetler, şekil değiştirmeler ve yer değiştirmelerin çözüm olabilmeleri için aşağıdaki üç durumu sağlaması gerekmektedir.

a) Bünye denklemleri: Malzemenin cinsine ve özelliklerine bağlı olan gerilme şekil değiştirme bağıntılarına bünye denklemleri denilmektedir.

b) Denge koşulları: Sistemi oluşturan elemanların ve bu elemanların birleştiği düğüm noktalarının denge denklemlerinden oluşmaktadır.

c) Geometrik uygunluk koşulları: Elemanların ve düğüm noktalarının süreklilik denklemleri ile mesnetlerdeki geometrik koşullardır.

Yapıların davranışının doğrusal olmamasına neden olan etkenler Tablo 4.1.' de topluca gösterilmiştir.

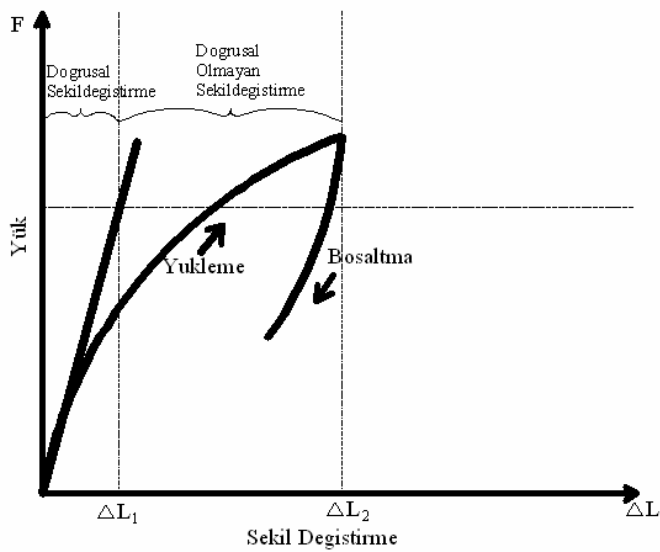
Tablo 4.1. Yapıların Doğrusal Olmayan Davranış Nedenleri

Yapı Sisteminin Çözümü için Sağlanması Gerekli Koşullar	DOĞRUSAL DAVRANIŞ	DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ				
		Malzeme Bakımından	Geometrik Değişimler Bakımından		Malzeme ve Geometrik Bakımdan	
Gerilme Şekildeğiştirme Bağıntıları (Bünye Denk.)	Doğrusal ve Elastik	Doğrusal ve Elastik Olmayan	Doğrusal ve Elastik	Doğrusal ve Elastik	Doğrusal ve Elastik Olmayan	Doğrusal ve Elastik Olmayan
Geometrik Yerdeğiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük Değil	Küçük Değil	Küçük Değil	Küçük Değil
Denge Denklemlerinde Yerdeğiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük	Küçük Değil	Küçük	Küçük Değil

Tablo 4.1.' de görüldüğü gibi geometrik yer değiştirmelerin küçük olmadığı şartlarda doğrusal olmayan yapı davranışı dikkate alınmaktadır. Denge denklelerinde yer değiştirmelerin küçük olmadığı durumlarda da yapı davranışı doğrusal olmayan davranış olması gerekmektedir.

4.2. Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler

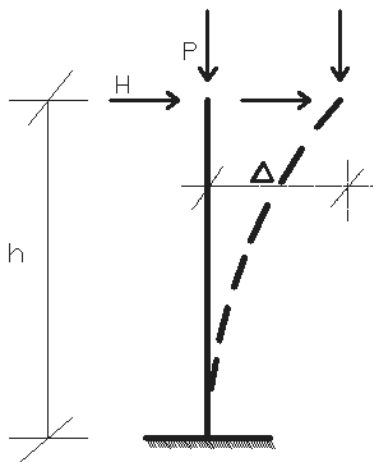
Doğrusal olmayan malzemelerden yapılmış bir yapıda, büyük dış yükler altında malzeme doğrusal elastik sınırları aşar ve plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu çalışmada betonarme yapıya etkiletilen deprem yükleri, limit değere ulaştığında büyük yer değiştirmeler meydana gelmiştir. Bu yer değiştirmelerle meydana gelen şekil değişimleri, betonarme yapıda çatlamaları ve kırılmaları meydana getirmiştir. Dolayısıyla çatlamaların aşırı olduğu yerlerde plastik mafsallar oluşmuştur. Malzeme davranışının lineer olmadığı durumda gerilme-şekil değiştirme eğrisi elastoplastiktir. Yapı malzemesinin dış yükler altındaki şekil değiştirme davranışı şekil 4.2.' de gösterilmiştir. Yük değeri düşey eksene, dış kuvvetlerden dolayı malzemede alınan küçük L boyunda kısmı için uzunluğunun ΔL değişimi yatay eksene taşınarak elde edilen F- ΔL grafiği Şekil 4.3.' de verilmiştir. Bu grafiğin, artan yük değeri için elde edilen birinci bölümü yükleme eğrisi, azalan yük değeri için elde edilen ikinci bölümü ise boşaltma eğrisi olarak isimlendirilir. Yük- şekil değiştirme grafiğinde düşey eksenle başlangıç teğeti arasında kalan ΔL_1 şekil değiştirmelerine doğrusal şekil değiştirmeler, başlangıç teğeti ile yükleme boşaltma eğrileri arasında kalan $\Delta L_2 - \Delta L_1$ aralığındaki şekil değiştirmelerine de lineer olmayan şekil değiştirmeler adı verilir.



Şekil 4.3. Yük – Şekil Değişirme Grafiği

4.3. Geometrik Bakımından Doğrusal Olmayan Sistemler

Geometrik değişimlerin denge denklemlerine olan etkisinin ihmal edilmediği durumlarda geometrik olarak doğrusal olmayan davranış incelenir. Deprem yükleri altında yapının yer değiştirmelerinin yeter derecede küçük olmadığı durumlarda denge denklemlerinin şekil değiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir. Yer değiştirmelerin denge denklemleri üzerinde etkisinin dikkate alındığı bu duruma ikinci mertbe teorisi denir (Şekil 4.4.). İkinci mertbe analizin bu durumda uygulanması gerekmektedir.



Şekil 4.4. Yatay ve düşey yük altında Δ yerdeğişmesi

Yapıya etki eden yatay kuvvetlerin etkisi altında tepe noktası Δ kadar yer değiştirir. İlk konumuna göre meydana gelen bu yerdeğiştirme, birinci merteye telenmedir. Bu yatay yüklere ilave olarak düşey kuvvetler varsa, bu kuvvetler mevcut yerdeğiştirmenin olmasından dolayı yapıda ek yerdeğiştirme olmasına neden olacaktır. Şekil 4.4.' de son durum için görüldüğü gibi geometrik bakımından doğrusal olmayan davranışında yerdeğiştirme Δ ile gösterilmiştir.

BÖLÜM 5. SAYISAL UYGULAMALAR

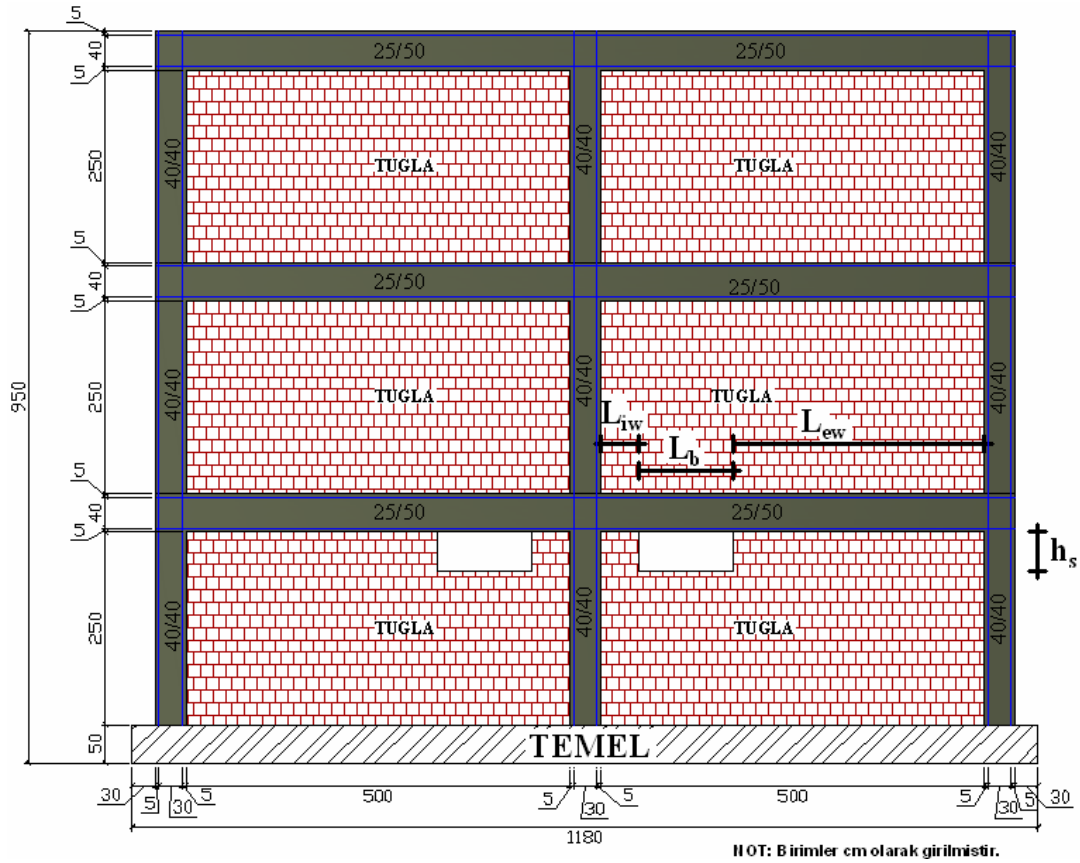
Bu tez çalışmasında yapı tasarımında oluşturulan kısa kolonunun, deprem etkisi altındaki yapı davranışına etkilerini araştırmak amacıyla LUSAS paket programında doğrusal olmayan yapı analizleri yapılmıştır. Yapı modeli olarak üç katlı betonarme bir bina seçilmiş ve kısa kolon oluşumunun farklı formları için iki boyutlu matematik modeller oluşturulmuştur (Şekil 5.1.).

Şekil 5.1. (a)'daki yapı modelinde de gösterildiği üzere zemin katta kolonlar arası tuğla duvarlarda h_s, L_b, L_{iw}, L_{ew} bant pencere değerleri değiştirilerek 32 farklı model oluşturulmuştur. Yapı analizinde kullanılan matematik modelin düzenli ve yoğun bir sonlu eleman ağı yapılmıştır. Şekil 5.2. (b)'de yapı modelinin LUSAS programında oluşturulan matematik modelin sonlu eleman ağı gösterilmiştir.

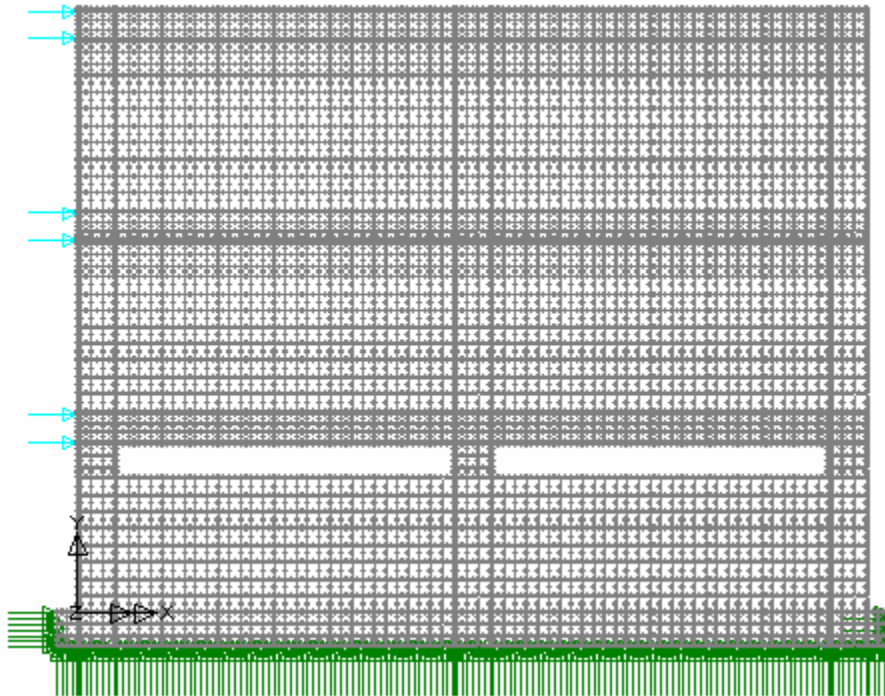
Tüm yapı modellerinde kullanılan malzeme özellikleri Tablo 5.1.'de özetlenmiştir.

Yapı modellerinin tamamı iki açıklıklı ve 3 katlı olarak belirlenmiştir ve iki boyutlu analizleri yapılmıştır. Modellerin tamamında kolonlar 40x40cm, kirişler 25x50cm, duvarlar 13,50 cm kalınlığında, temel 50cm derinliğinde ve kat yükseklikleri tüm katlarda 300 cm olarak seçilmiştir. Yapı modellerinde kullanılan donatı kesit alanları; kiriş üst bölgelerinde 225 mm², kiriş alt bölgelerinde 450 mm², kolonlarda ise 900 mm² olarak seçilmiştir.

Taşıyıcı elemanlar ile duvarlar, malzeme bakımından lineer olmayan şekilde modellenmiş ve doğrusal olmayan yapı analizleri yapılmıştır. Doğrusal olmayan analizlerin tamamında kullanılan malzeme özellikleri Tablo 5.2.'de özetlenmiştir.



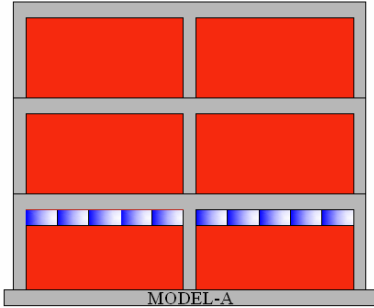
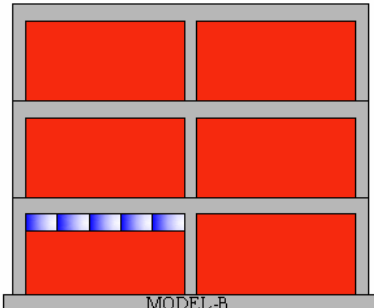
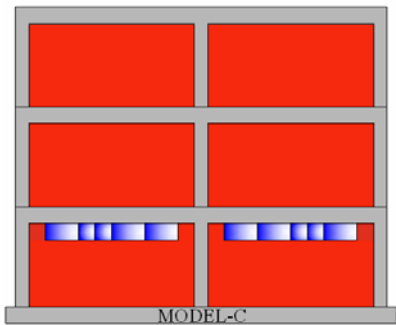
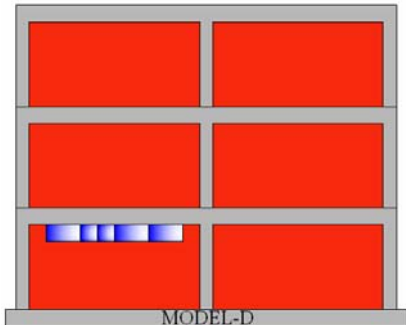
(a) düzlemsel çerçeve sistemi



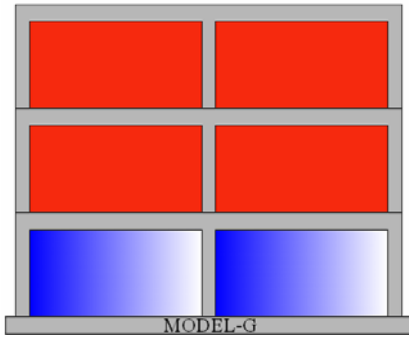
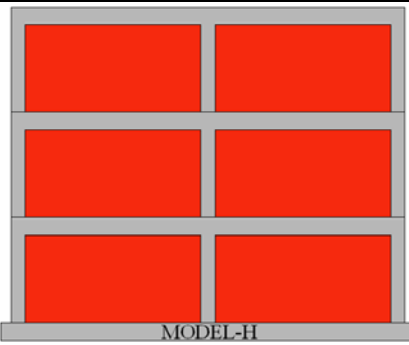
(b) sonlu eleman modeli

Şekil 5.1. Seçilen betonarme üç katlı model

Tablo 5.1. Modellerin genel özellikleri.

Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
A1 Modeli		0	1000	4000	500
A2 Modeli			2000	3000	
A3 Modeli			3000	2000	
A4 Modeli			4000	1000	
A5 Modeli			5000	0	
B1 Modeli		0	1000	4000	500
B2 Modeli			2000	3000	
B3 Modeli			3000	2000	
B4 Modeli			4000	1000	
B5 Modeli			5000	0	
C1 Modeli		500	1000	3500	500
C2 Modeli			2000	2500	
C3 Modeli			2500	2000	
C4 Modeli			3000	1500	
C5 Modeli			4000	500	
D1 Modeli		500	1000	3500	500
D2 Modeli			2000	2500	
D3 Modeli			2500	2000	
D4 Modeli			3000	1500	
D5 Modeli			4000	500	

Tablo 5.1. Modellerin genel özellikleri (devam).

E1 Modeli		1000	1000	3000	500
E2 Modeli			1500	2500	
E3 Modeli			2000	2000	
E4 Modeli			2500	1500	
E5 Modeli			3000	1000	
F1 Modeli		1000	1000	3000	500
F2 Modeli			1500	2500	
F3 Modeli			2000	2000	
F4 Modeli			2500	1500	
F5 Modeli			3000	1000	
G Modeli		0	5000	0	2500
H Modeli		5000	0	0	0

Tablo 5.2. Yapı analizlerinde kullanılan doğrusal olmayan malzeme özellikleri

		BETON (C20)	ÇELİK	TUĞLA DUVAR
Elastisite Modülü (GPa)		24	209	7,8
Poisson oranı		0,20	0,30	0,15
Kütle (kg/m³)		2400	7800	800
Çekme Mukavemeti (MPa)		3,158	-	0,1
Tek Eksenli Başlangıç Akma Gerilmesi (MPa)		-	-	-
Hardening gradient	Slope	-	2121	-
	Plastik Strain	-	1	-

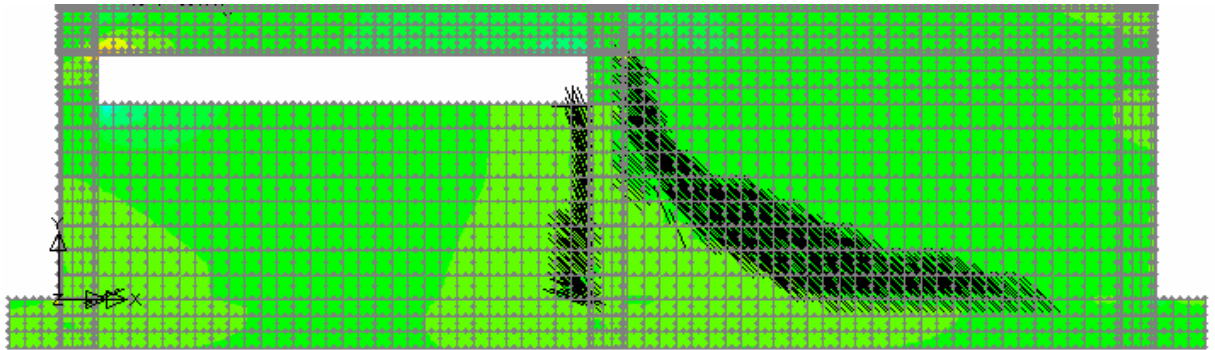
Yapı modellerinin her birinin doğrusal olmayan analizleri sonucu elde edilen yapı davranışları, gerilme dağılımları, yer değiştirmeler grafikler halinde sunulmuştur. Ayrıca analizler neticesinde modeller üzerinde oluşan çatlamlar şekiller halinde gösterilerek değerlendirilmiştir.

Sonlu Eleman Modelinin Doğrulanması

Çalışmada kullanılan sonlu eleman modelinin ele alınan problemi ne kadar gerçekçi olarak yansıtabildiğini belirlemek üzere literatürden seçilen çatlak modeli ile sonlu eleman modelinin sonucu karşılaştırılmıştır (Şekil 5.3). Şekilden de açıkça görüldüğü gibi, ele alınan problemin sonlu eleman simülasyonu gerçeğe oldukça yakın sonuçlar vermektedir.



(a) Kısa Kolon Hasarı



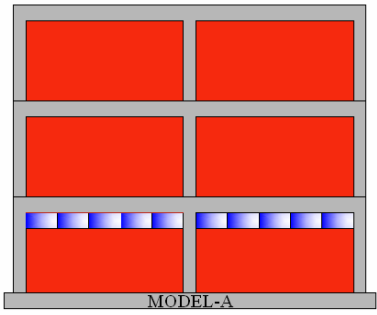
b) Sonlu Eleman Modeli

Şekil 5.2. Kısa kolon etkisi sonucu oluşan hasar ve problemin sonlu eleman modeli

5.1. A Tipi Yapı Modelleri

A tipi yapı modellerinde, bant pencereler zemin katta her iki taraftan orta kolona sıfır başlayarak en büyük açıklığa kadar modellenmişlerdir. Bant pencere uzunluğu A1 tipi modelde 1m' den başlayıp, 1'er m arttırılarak A5 tipi modelde 5m' de bitmektedir (Tablo 5.3.).

Tablo 5.3. A Tipi yapı modellerinin genel özellikleri.

Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
A1 Modeli		0	1000	4000	500
A2 Modeli			2000	3000	
A3 Modeli			3000	2000	
A4 Modeli			4000	1000	
A5 Modeli			5000	0	



Şekil 5.3. A5 Tipi yapı modeli [8]

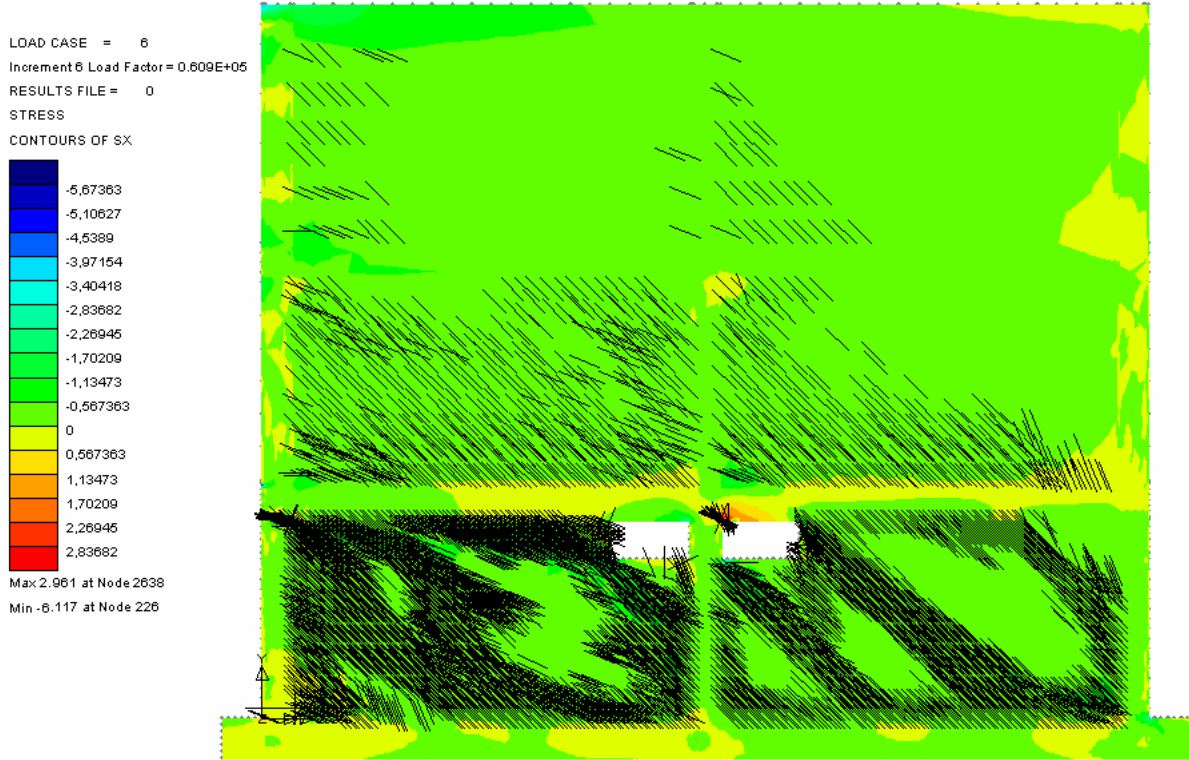


Şekil 5.4. A5 Tipi yapı modelinin büyük bir yapıdaki gösterimi [9]



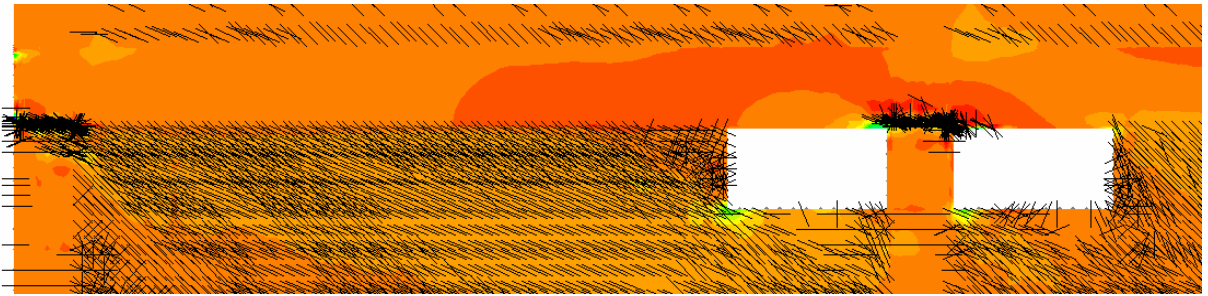
Şekil 5.5. A5 Tipi yapı modeli [10]

A1 Yapı Tipi modelinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarından, yük çarpanı 6 olan analiz sonucuna karşılık gelen gerilme ve çatlak dağılımı gösterilmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. A1 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.

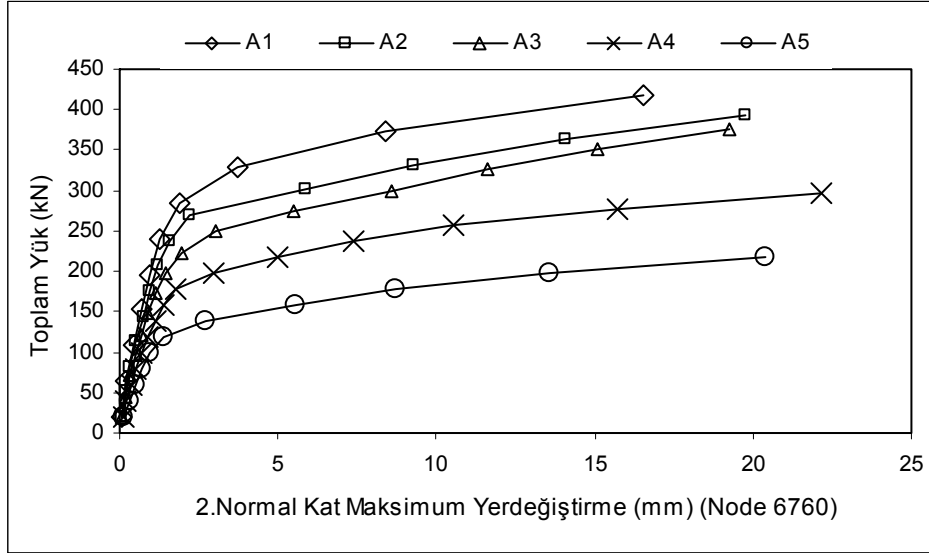
Şekilden de açıkça görüldüğü gibi bant pencere çevresindeki gerilme artışları pencere köşelerinde artmakta ve çatlamlar bu gölgede belirgin biçimde meydana gelmektedir. Burada tuğla malzemelerindeki çatlamlar farklı yerlerde oluşmuştur. Dolgu duvarların sol kolon üzerinde rijitlik yönünden etkisi görülmektedir. Kolonun elastikliğini engellemektedir.



Şekil 5.7. A1 Tipi yapı modelinde kısa kolon çatlama ve gerilme dağılımı.

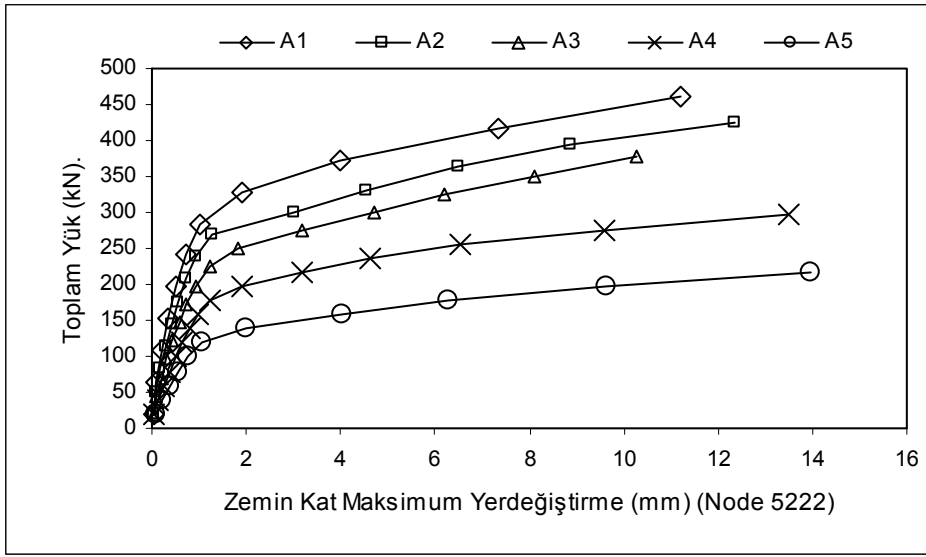
A1 Yapı Tipi modelinde kısa kolon oluşumu olan bölgeye yakın bakıldığında; kesme kuvvetinin etkisi daha belirgin gösterilmiştir (Şekil 5.7). Burada Şekil 5.6. ve şekil 5.7' deki gerilme dağılımları arasındaki farklılıklar, yük artış seviyelerinin farklı seçilmesinden kaynaklanmaktadır.

A tipi yapı modellerinin yatay yük etkisi altındaki 2. kat toplam yer değiştirme grafikleri tek bir grafik üzerinde Şekil 5.8' de gösterilmiştir. Bunun sonucu olarak ta kısa kolon oluşumunun farklı formlarının betonarme yapı davranışına etkisi daha net gözlemlenebilmektedir.



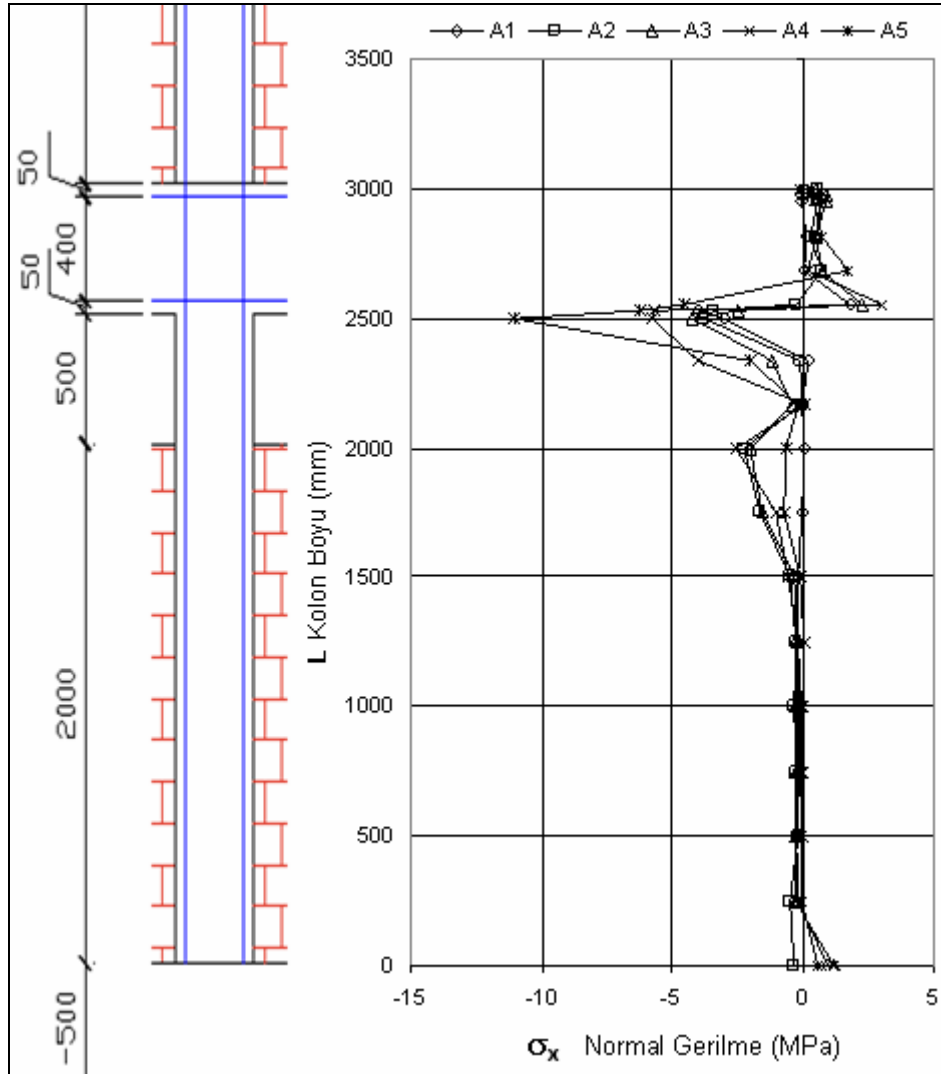
Şekil 5.8. A Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği

Şekil 5.8.' den de açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yük- yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Dayanımı en yüksek olarak gözüken A1 tipi yapı modelinin yatay yük taşıma kapasitesi 350 kN civarlarındadır. Dayanımı en düşük gözüken A5 tipi yapı modelinde ise modelinin yatay yük taşıma kapasitesi 150 kN civarlarındadır. A1 tipi model için; bant pencere boyutu diğerlerine göre en az boyda olduğundan diğer modellere kıyasla daha dayanımı yüksek model olmaktadır.



Şekil 5.9. A Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafığı

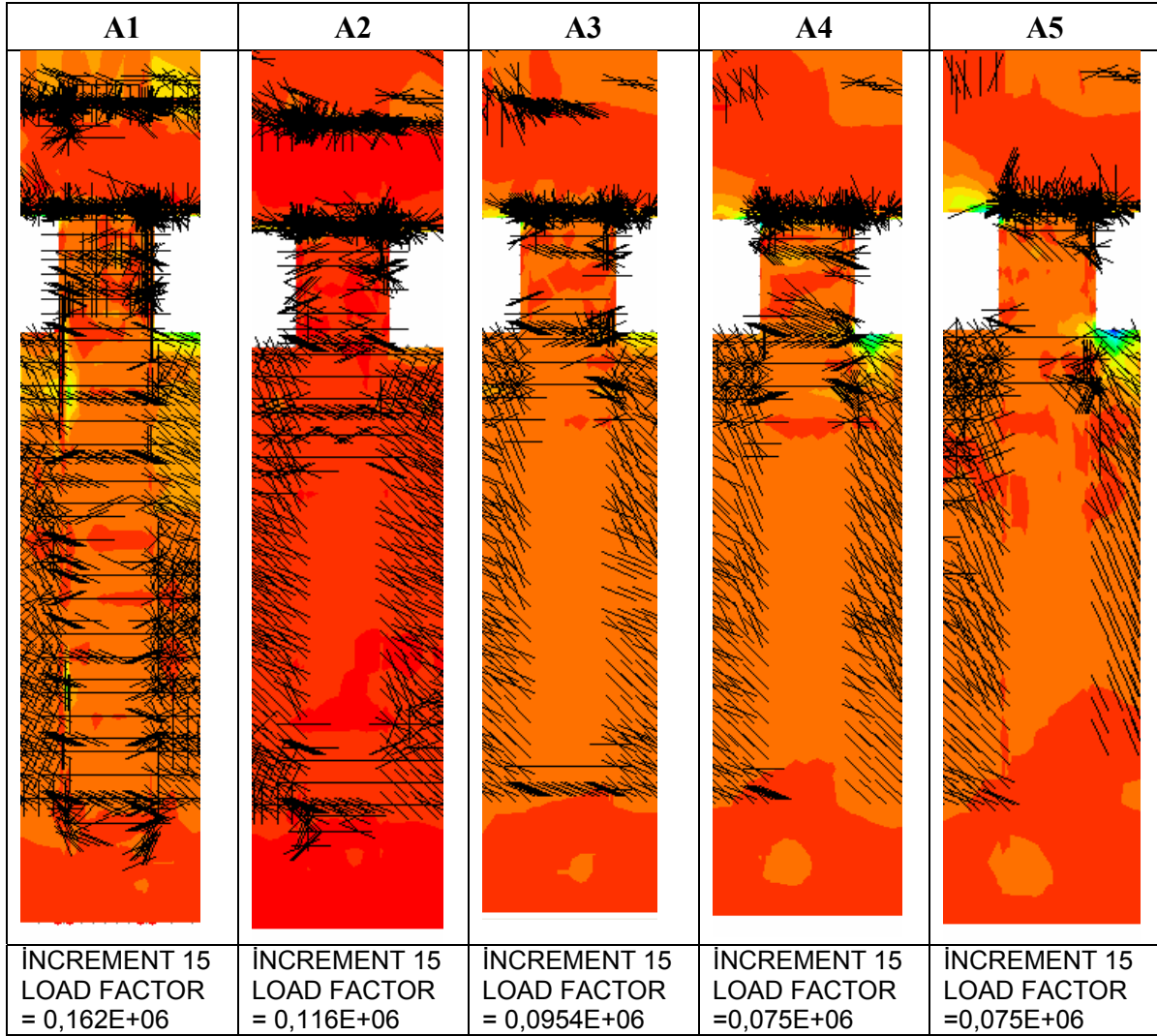
A tipi yapı modellerinin toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi zemin kat için Şekil 5.9.' da gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Dayanımı en yüksek olan model A1 tipi toplam 320 kN yük civarında altında doğrusal olmayan davranışı başlamıştır. A5 tipi model ise 130 kN yük civarlarında altında doğrusallıktan çıkmıştır. A1 tipi model için; bant pencere boyutu diğerlerine göre en az boyda olduğundan diğer modellere kıyasla daha dayanımı yüksek model olmaktadır.



Şekil 5.10. A tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği

Şekil 5.10.' de A tipi yapı modellerinde seçilen orta kolonlarındaki gerilme dağılımı gösterilmiştir. Şekil üzerinde 5(beş) farklı A tipi yapı modelinin sonuçları mevcuttur. Kolon boyunca temel üstünden 1500 mm' ye kadar gerilme değerleri çok düşük değerlerdedir. 1500 ile 2000 mm aralığında biraz artış gözlenmiştir. Normal gerilme değeri, 2500 mm' ye yaklaştıkça artmakta ve 2500mm' de en büyük değerlerine ulaşmaktadır. Kolonun 2500 -3000 mm aralığında bant pencerenin varlığı bu sonucu oluşturmaktadır. Bu sonuç A tipi yapı modellerinin tümünde de meydana gelmiştir (Şekil 5.7.). Yatay yük etkisi altında taşıyıcı olmayan dolgu duvarlar, bağlı buldukları kolona temas yüzeyleri boyunca kolonun şekil değiştirmesini rijitlikleri ile kısıtlamaktadırlar. Kısıtlanmayan kolon kısmı 2500- 3000 mm aralığındadır. Dolayısıyla kesme kuvveti kolonun açıkta kalan kısmına, normal bant penceresiz

duruma göre daha fazla büyüklükte etkimiştir. Tuğla duvarlar bitişik oldukları kolonların şekil değiştirmelerini engellemekte ve kolon davranışını değiştirmektedir. Kolonun önemli bir bölümü yarı perde duvar gibi çalışmakta ve kolon davranışını gösteren kısımda kolon boyu çok kısaldığından oluşan kesme kuvvetlerinde ani artmalar meydana gelmektedir.



Şekil 5.11. A tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli

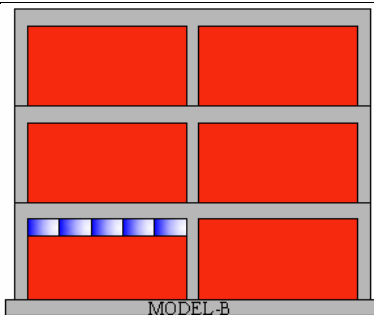
A tipi yapı modellerin zemin kattaki seçilen orta kolonda meydana gelen çatlama ve gerilme dağılımı şekil 5.11.' de gösterilmiştir. Burada modellerin hepsi eşit sayıda yükleme artışlarına karşılık gelen dağılımları temsil etmektedirler. Şekilde A1 modelinde çatlamlar daha aşırı derecededirler. A1 yapı modelinin yatay yük taşıma kapasitesini veren yük çarpanı 162 000 olduğundan diğer modellerden daha iyi bir

davranış göstermektedir. Özellikle kolona gelen kiriş birleşim yerinde aşırı derecede çatlamlar kesme kuvvetinin etkisi ile meydana gelmiştir.

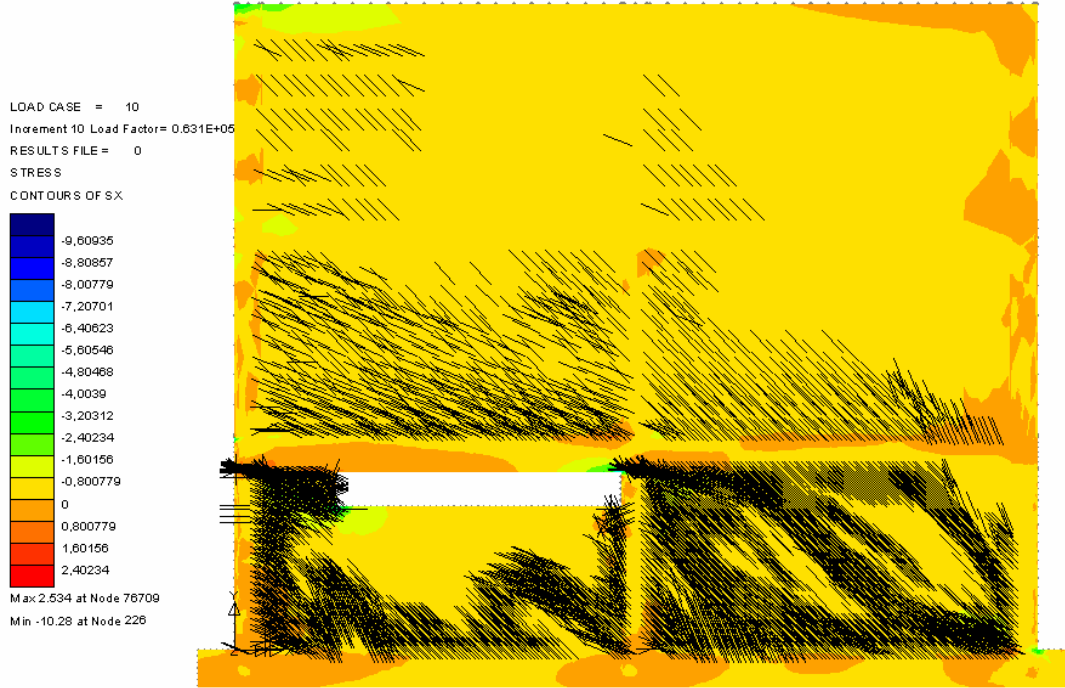
5.2. B Tipi Yapı Modelleri

B tipi yapı modellerinde, bant pencereler zemin katta sol taraftan orta kolona sıfır başlayarak en büyük açıklığa kadar modellenmişlerdir. Bant pencere uzunluğu B1 tipi modelde 1m' den başlayıp, 1'er m arttırılarak B5 tipi modelde 5m' de bitmektedir (Tablo 5.4.).

Tablo 5.4. B tipi yapı modellerin genel özellikleri.

Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
B1 Modeli		0	1000	4000	500
B2 Modeli			2000	3000	
B3 Modeli			3000	2000	
B4 Modeli			4000	1000	
B5 Modeli			5000	0	

B1 Yapı Tipi modelinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarından, yük çarpanı 10 olan analiz sonucuna karşılık gelen gerilme ve çatlama dağılımı gösterilmiştir (Şekil 5.12.).



Şekil 5.12. B4 tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı

Şekil 5.12.' de görülen B4 tipi yapı modelinde çatlamlar kolon yüzeyi boyunca bant pencerede ve bu boşlukların özellikle köşe ve uç noktalarda aşırı derecede meydana gelmiştir. B4 modelin sol tarafında kolon ile bant pencere arasında 1000 mm uzunluğunda tuğla duvar vardır. Burada dikkat edilirse aşırı derecede çatlaklıklar oluşmuştur. Buradan şu sonucu rahatlıkla söyleyebiliriz: bant pencere altında kalan 2000 mm mesafedeki tuğla duvar kolonun elastik davranışını, bant pencereden dolayı meydana gelen boşluğun engelleyici olmamasından dolayı sınırlandırmaktadır. Demek istiyoruz ki tuğlanın rijitliği yapının davranışı üzerinde etkili olmuştur. İlgili yerin daha yakından şekil görüntüsü şekil 5.13.' da gösterilmiştir.

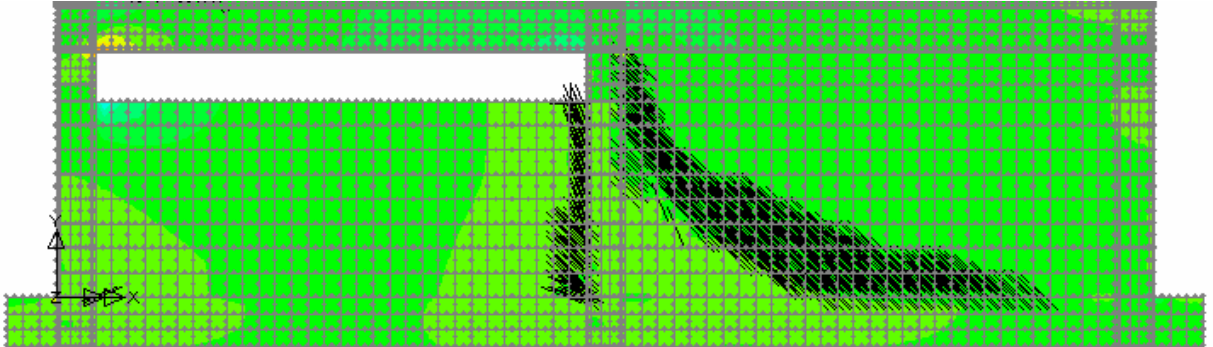


Şekil 5.13. B4 tipi yapı modelinde zemin kat gerilme ve çatlama şekli.

B4 Yapı Tipi modelinde kısa kolon oluşumu olan bölgeye yakın bakıldığında; kesme kuvvetinin etkisi daha belirgin gösterilmiştir (Şekil 5.13.).

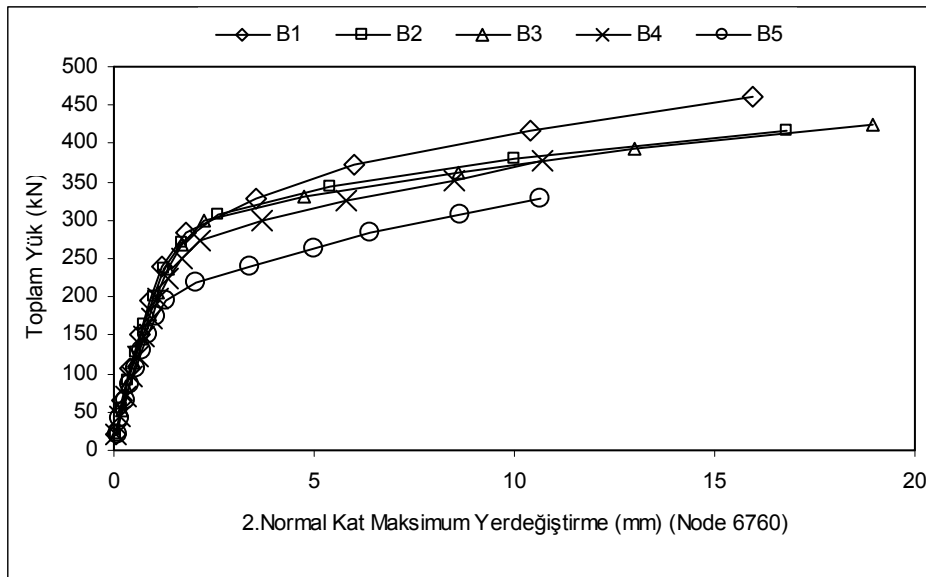


Şekil 5.14. Seçilen B5 tipi yapı modeli [12]



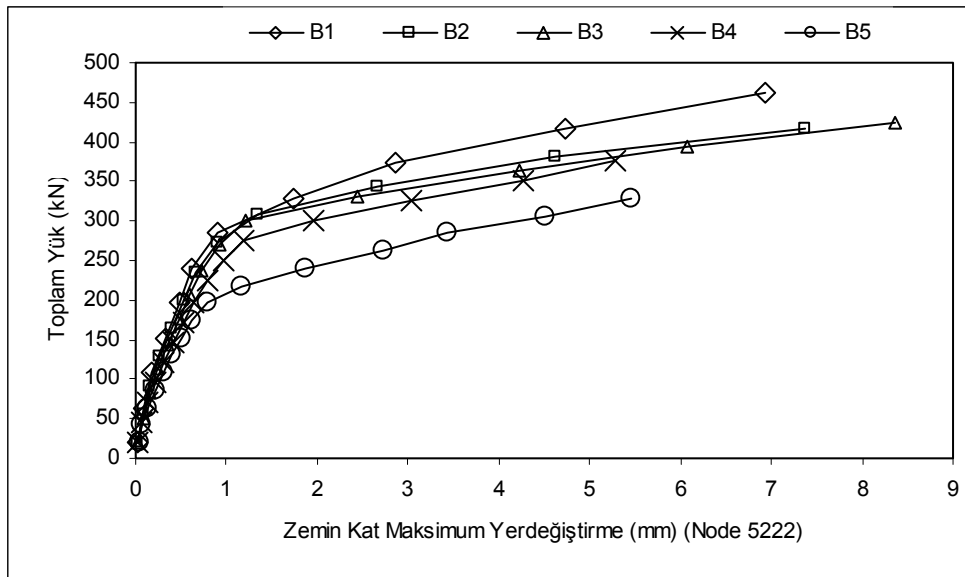
Şekil 5.15. B5 tipi yapı modeli

Tüm B tipi yapı modellerinin yatay yük etkisi altındaki 2. kat toplam yer değiştirme grafikleri tek bir grafik üzerinde şekil 5.16.' da gösterilmiştir. Bunun sonucu olarak kısa kolon oluşumunun farklı formlarının betonarme yapı davranışına etkisi daha net gözlemlenebilmektedir.



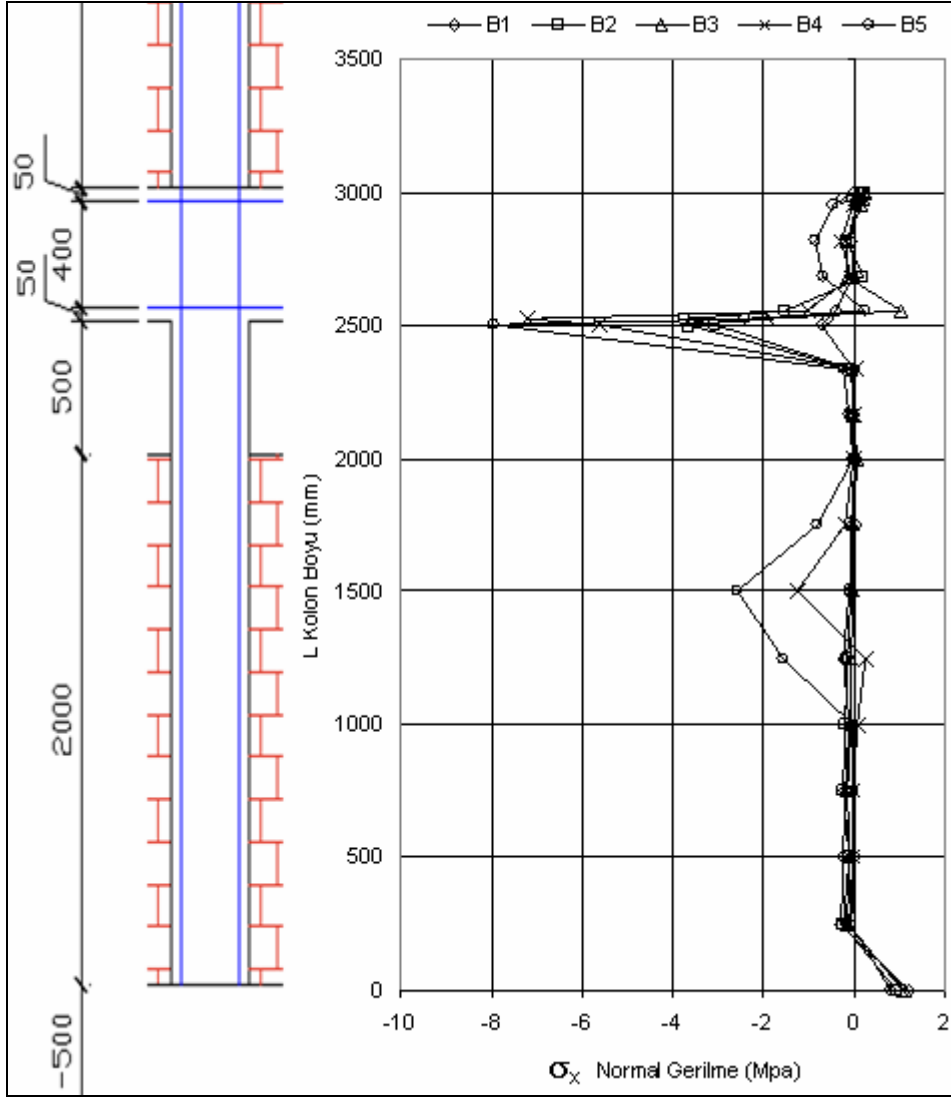
Şekil 5.16. B Tipi yapı modellerinin 2.normal kat deplasman- toplam yük grafiği

B tipi yapı modellerinin, toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi tepe noktası için Şekil 5.16.' da gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Dayanımı en yüksek olan model B1 tipi diğer eğrilerden en üstte bulunmaktadır. B1 modeli eşit yük artışları neticesinde diğer B modellerine nazaran daha fazla yük taşıma kapasitesine sahiptir. En az yük taşıma kapasitesine karşı gelen model şekilden de görüldüğü üzere B5 modelidir.



Şekil 5.17. B tipi yapı modellerinin Zemin kat deplasman-Toplam yük grafiği

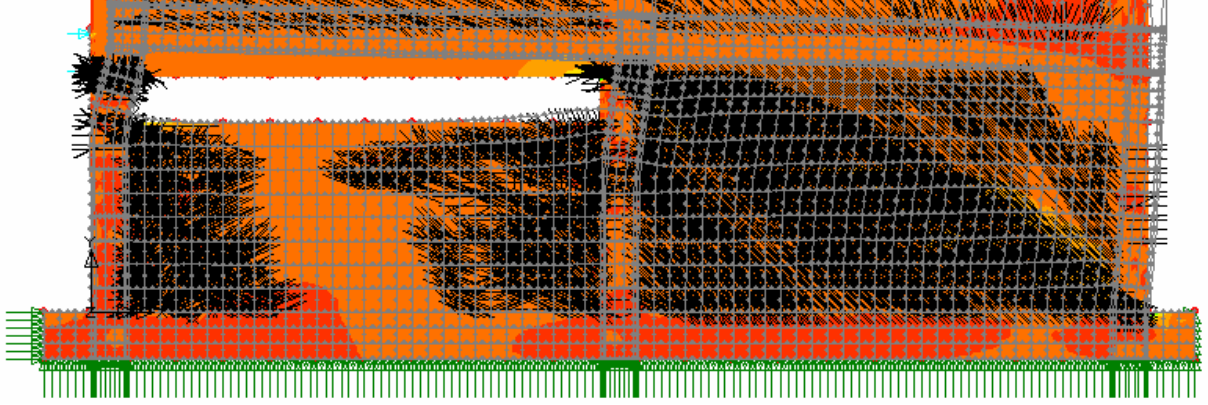
Şekil 5.17.' de B tipi yapı modellerinin toplam yatay yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi zemin kat için gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Dayanımı en yüksek olan model A tipi modellerde olduğu gibi en az bant pencereleli modele karşılık gelen B1 tipi yapı modelidir. B5 tipi yapı modeli yaklaşık 200 kN değerinde eğri yataylaşmaya diğer modellerden daha düşük yük taşıma kapasitesinde başlamıştır.



Şekil 5.18. B tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği

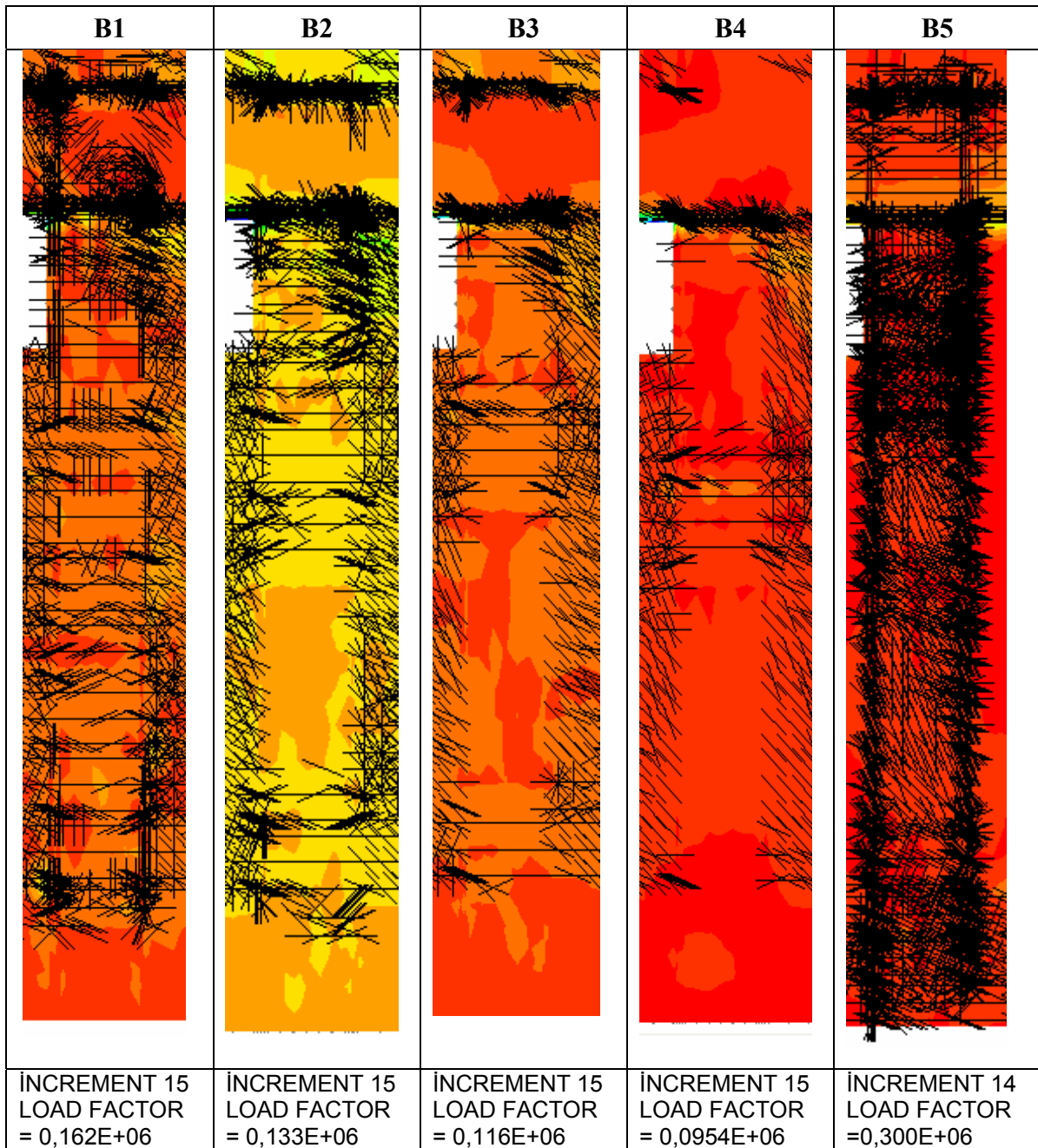
Şekil 5.18.' de B tipi yapı modellerinde seçilen orta kolonlarındaki gerilme dağılımı gösterilmiştir. Şekil üzerinde 5(beş) farklı B tipi yapı modelinin sonuçları mevcuttur. Kolon boyunca temel üstünden 1500 mm' ye kadar gerilme değerleri çok düşük değerlerdedir. 1500 ile 2000 mm aralığında biraz artış gözlenmiştir. Normal gerilme değeri, 2500 mm' ye yaklaştıkça artmakta ve 2500mm' de en büyük değerlerine ulaşmaktadır. Kolonun 2500-3000 mm aralığında bant pencerenin varlığı bu sonucu oluşturmaktadır. Bu sonuç A tipi yapı modellerinde olduğu gibi B tipi yapı modellerinin tümünde de meydana gelmiştir (Şekil 5.18.). Gerilme artışı kolon boyu boyunca 0-2500mm aralığında dolgu duvarın (harçlı tuğla duvar), kolon hareketi esnasında rijitlikleri ile kolon hareketliliğini kısıtlamaktadır. Kısıtlanmayan kolon

kısmı 2500- 3000 mm aralığındadır. Dolayısıyla kesme kuvveti kolonun açıkta kalan kısmına, normal bant penceresiz duruma göre daha fazla etki etmiştir.



Şekil 5.19. B5 yapı modelin zemin katta oluşan gerilme-çatlama ve deformasyon şekli

B5 tipi yapı modeli, diğer B tipi modellere göre daha kötü sonuçlar vermiştir. Bu yapı modelinin deformasyon, çatlama ve gerilme dağılımı şekil 5.19.'da gösterilmiştir. Zemin katta oluşan deformasyona bakıldığında belirgin olarak sol kolonda tuğla duvarın kolon elastikliği üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Burada tuğla duvarların rijitliğinin yapının davranışı üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.



Şekil 5.20. B tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli

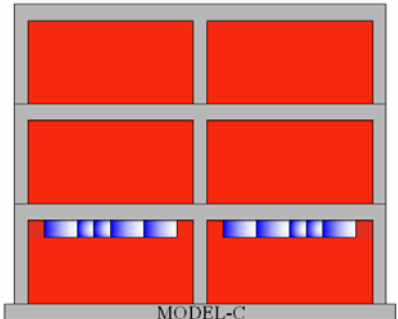
B tipi yapı modellerin zemin kattaki seçilen orta kolonda meydana gelen çatlama ve gerilme dağılımı şekil 5.20.' de gösterilmiştir. Burada B1- B2- B3- B4 tipi yapı modelleri eşit sayıda yükleme artışlarına karşılık gelen dağılımları temsil etmektedirler. B5 tipi yapı modeli ise analizlerimizde yük çarpanını 300 000 olarak sınırladığımızdan 14 yükleme artışında gösterilmiştir. Şekilde B5 tipi yapı modelinde çatlama daha aşırı derecededirler. B5 modeli yük artış seviyesi

diğerlerinden düşük olduğu halde yük çarpanı 300 000 olarak diğer modellerden fazla bir yüklemeye maruz kalarak aşırı biçimde çatlamlar meydana gelmiştir.

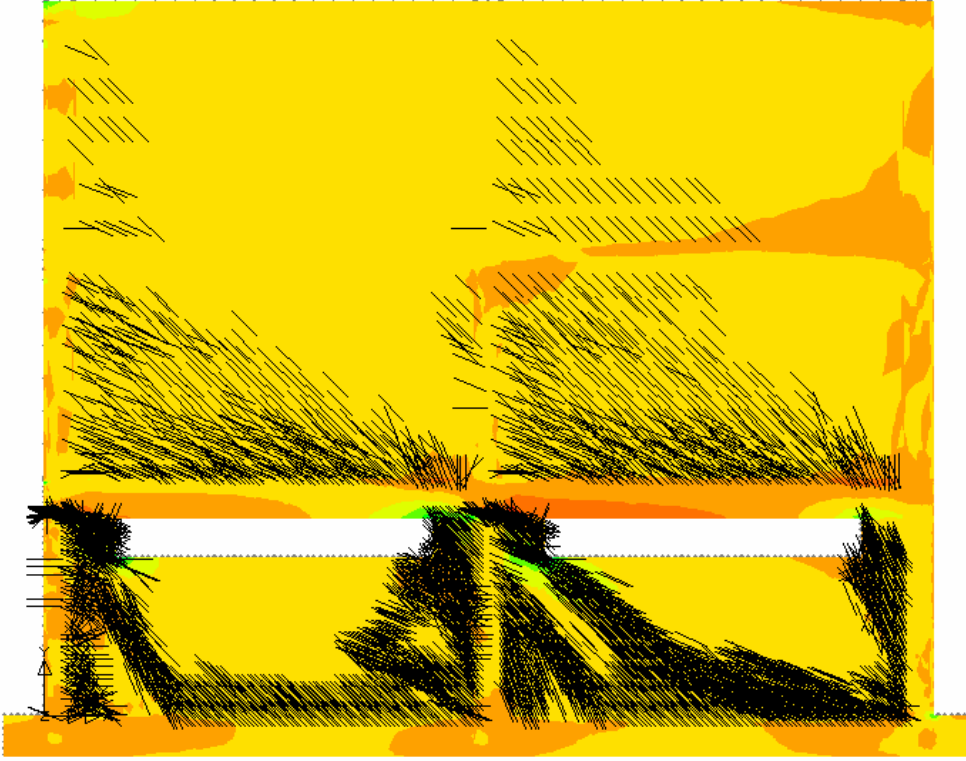
5.3. C Tipi Yapı Modelleri

Yapı modellerinden C tipi modelinde bant pencereler zemin katta her iki taraftan, orta kolondan 500 mm mesafeden başlayarak 4000 mm uzunluğa kadar modellenmişlerdir. Bant pencere uzunluğu C1 tipi modelde 1000 mm' den başlayıp, 1000' er artırılarak C5 tipi modelde 4000 mm' de sonlandırılmıştır (Tablo 5.5.).

Tablo 5.5. C Tipi yapı modellerin genel özellikleri.

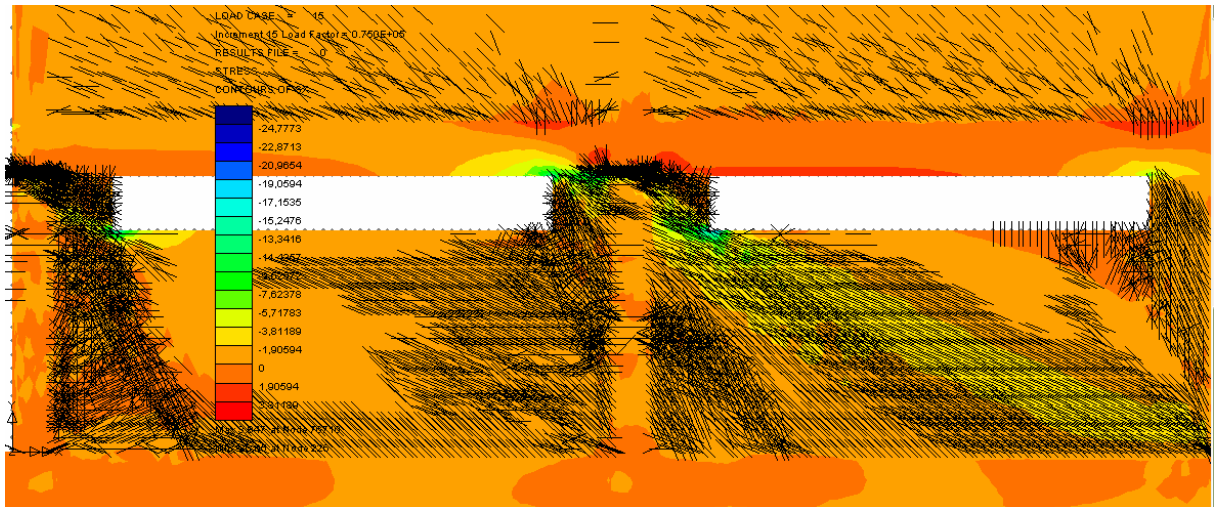
Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
C1 Modeli		500	1000	3500	500
C2 Modeli			2000	2500	
C3 Modeli			2500	2000	
C4 Modeli			3000	1500	
C5 Modeli			4000	500	

C5 Yapı Tipi modelinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarından, yük çarpanı 6 olan analiz sonucuna karşılık gelen gerilme ve çatlak dağılımı gösterilmiştir (Şekil 5.21.).



Şekil 5.21. C5 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı

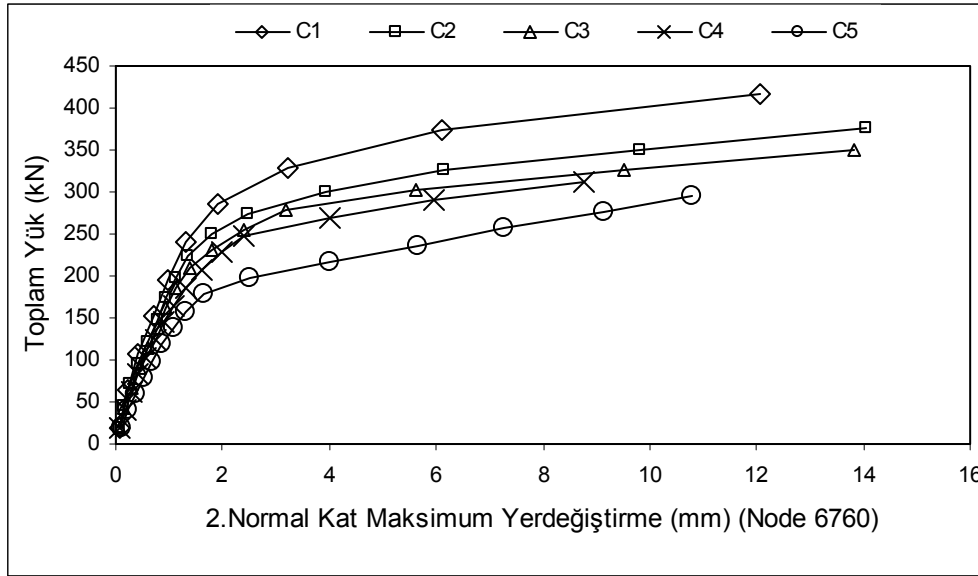
Şekil 5.21. incelendiğinde bant pencere çevresindeki gerilme artışları pencere köşelerinde artmakta ve çatlamlar bu gölgede belirgin biçimde meydana gelmektedir. Burada tuğla malzemelerindeki çatlamlar farklı yerlerde oluşmuştur. Dolgu duvarların sol kolon üzerinde rijitlik yönünden etkisi görülmektedir. Kolonun elastikliğini taşıyıcı olmayan tuğla duvarlar engellemektedir.



Şekil 5.22. C5 Tipi yapı modelinde kısa kolon çatlama ve gerilme dağılımı

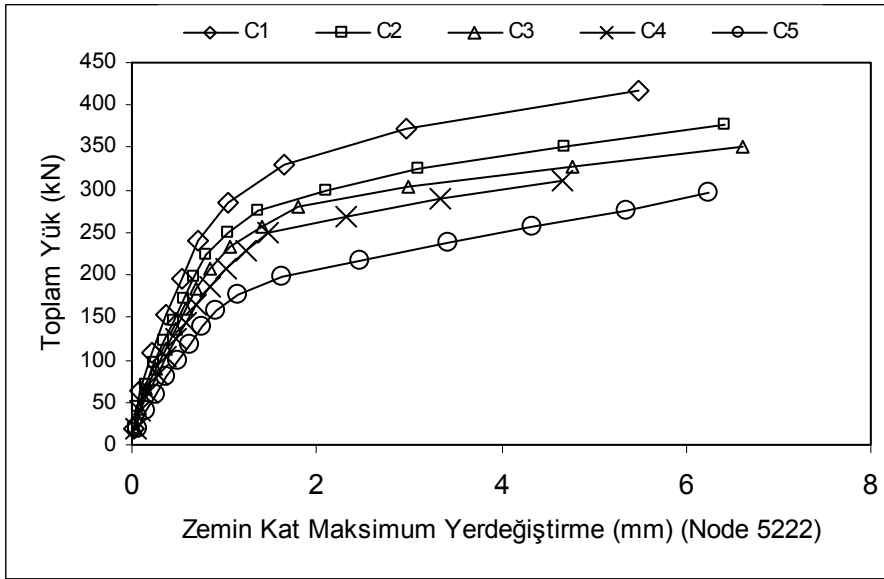
C5 tipi yapı modelinde gerilme ve çatlama dağılımlarının zemin kattaki durumları şekil 5.22.' de gösterilmiştir. Kesme kuvvetinin etkisi daha belirgin gözlenmektedir.

C tipi yapı modellerinin yatay yük etkisi altındaki 2. kat toplam yer değiştirme grafikleri tek bir grafik üzerinde şekil 5.23.' de gösterilmiştir. Bunun sonucu olarak ta kısa kolon oluşumunun farklı formlarının betonarme yapı davranışına etkisi daha net gözlemlenebilmektedir.



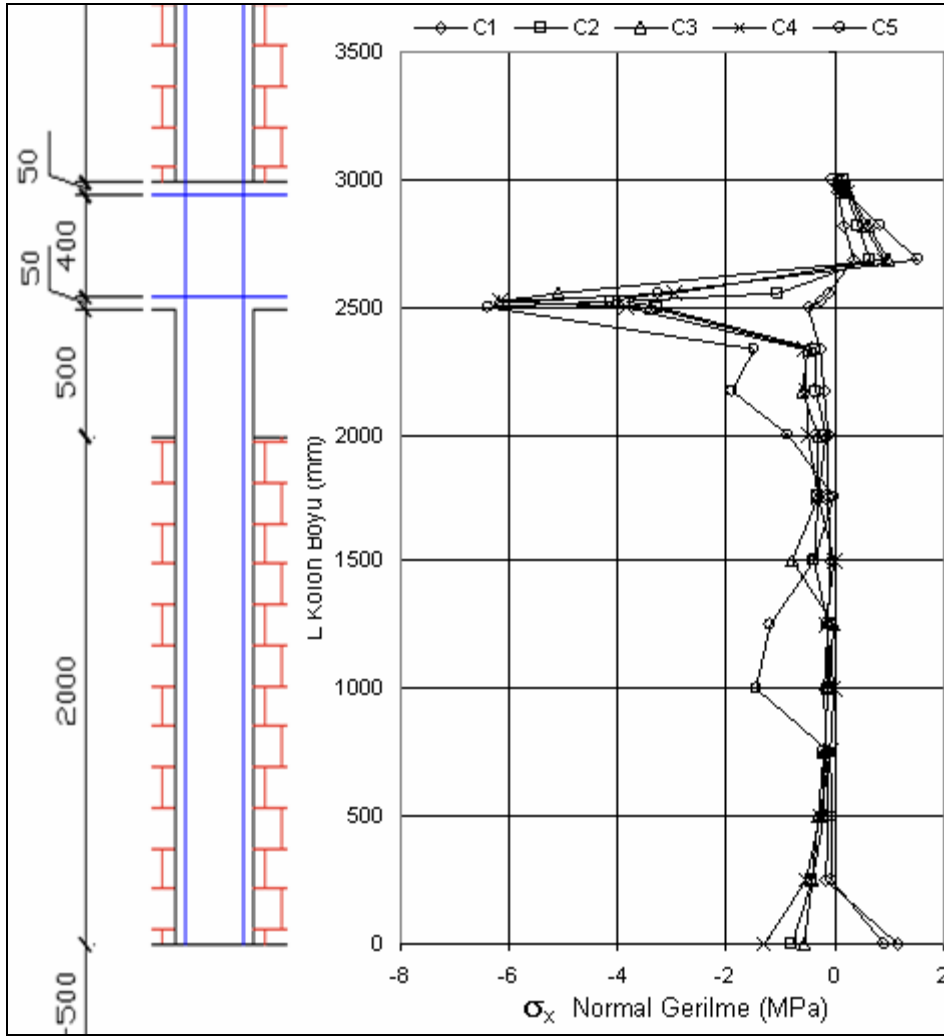
Şekil 5.23. C Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği

Şekil 5.23.' de görüldüğü gibi C tipi yapı modellerinde doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Dayanımı en yüksek olan C1 tipi yapı modeli toplam 300 kN yük civarlarında mafsallaşarak doğrusal olmayan davranışa başlamıştır. C5 tipi yapı modeli ise yaklaşık 170kN yük altında doğrusallıktan çıkmıştır. C1 tipi yapı modeli için; bant pencere boyutu diğerlerine göre en az boyda olduğundan diğer modellere kıyasla daha dayanımı yüksek model olmaktadır.



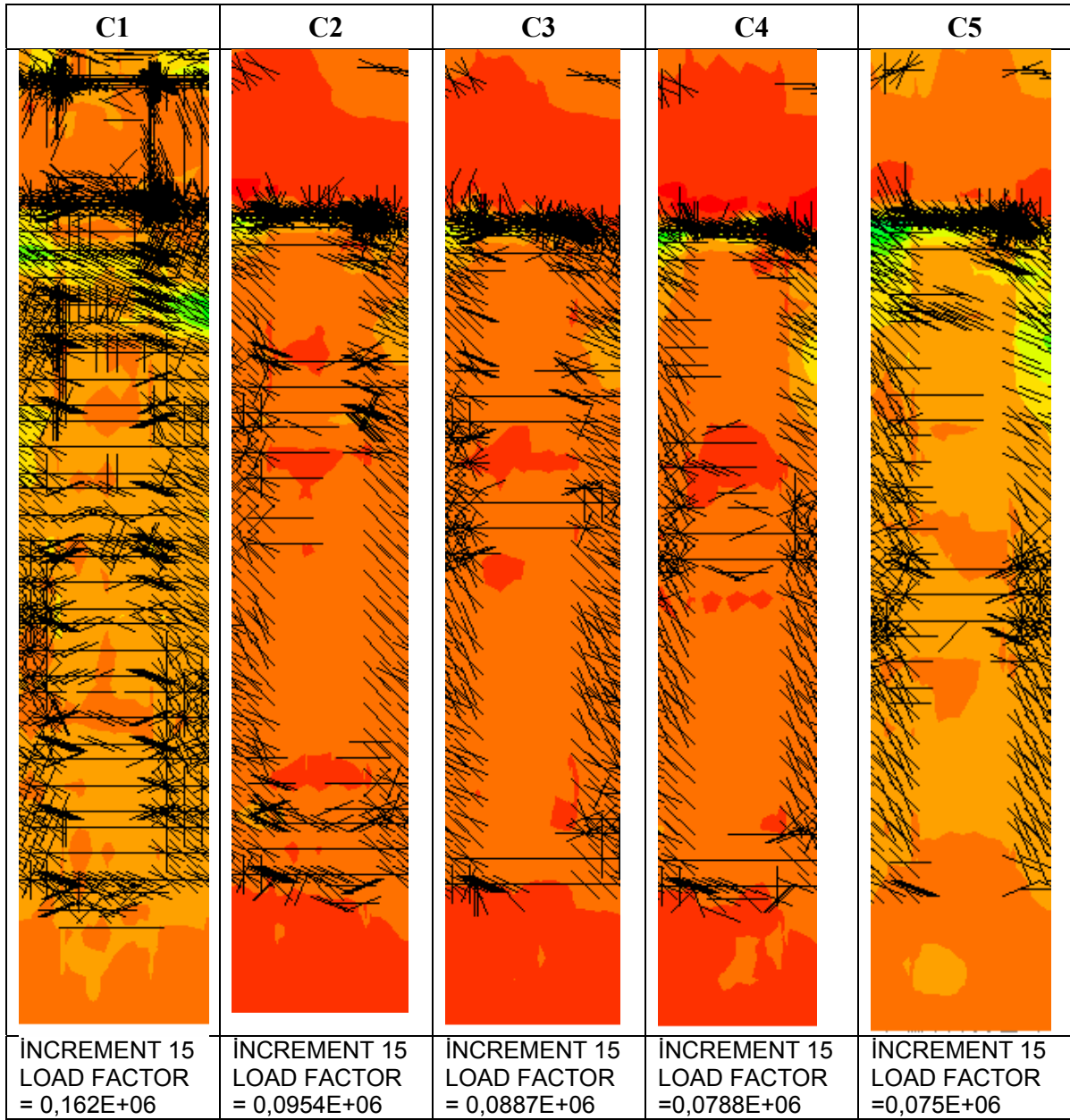
Şekil 5.24 C Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği

Şekil 5.24.' de toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi zemin kat için gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. C1 tipi yapı modeli için; bant pencere boyutu diğerlerine göre en az boyda olduğundan diğer yapı modellerine kıyasla daha yüksek taşıma kapasitesine sahip olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.25. C tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği

Şekil 5.25.' de C tipi yapı modellerinde seçilen orta kolonlarındaki gerilme dağılımı gösterilmiştir. Şekil üzerinde 5(beş) farklı C tipi yapı modelinin sonuçları mevcuttur. Kolon boyunca temel üstünden 750 mm' ye kadar sifıra yakın mertebedeki gerilmelere maruz kalmıştır. 1000 mm seviyesinde yalnızca C5 tipi yapı modelinde basınç gerilmesi yaklaşık 1,75 MPa değerine artmıştır. Diğer modellerde 1500 mm' ye kadar gerilme değerleri çok düşük değerlerdedir. 1500 ile 2000 mm aralığında biraz artış gözlenmiştir. Normal gerilme değeri, 2500 mm' de en büyük değerlerine ulaşmaktadır. Bant pencerenin başlangıç noktasının varlığı bu sonucu oluşturmuştur (Şekil 5.25.).



Şekil 5.26. C tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli

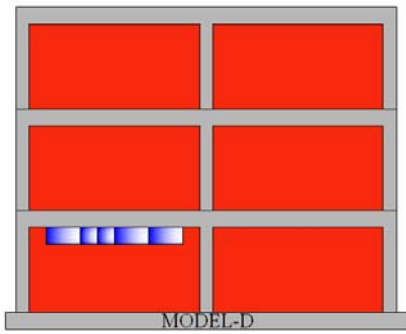
C tipi yapı modellerinin zemin kattaki seçilen orta kolonlarında meydana gelen çatlama ve gerilme dağılımı şekil 5.26.' de gösterilmiştir. Burada yapı modellerinin hepsi eşit sayıda yükleme artışlarına karşılık gelen gerilme ve çatlama dağılımlarını temsil etmektedir. Şekilde C1 tipi yapı modelinde çatlamlar betonarme kolon yüzeylerinde diğer yapı modellerine göre çatlama başlamıştır. C1 tipi yapı modelinin yatay yük taşıma kapasitesini veren yük çarpanı 162 000 olduğundan diğer modellerinden daha iyi bir davranış göstermektedir. Özellikle kolona gelen kiriş

birleşim yerinde aşırı derecede çatlamlar kesme kuvvetinin etkisi ile meydana gelmiştir.

5.4. D Tipi Yapı Modelleri

D tipi yapı modellerinde, bant pencereler zemin katta tek taraftan orta kolondan 500 mm uzaklıktan başlayarak 4000 mm' ye kadar modellenmişlerdir (tablo 5.6.).

Tablo 5.6. D Tipi yapı modellerin genel özellikleri.

Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
D1 Modeli		500	1000	3500	500
D2 Modeli			2000	2500	
D3 Modeli			2500	2000	
D4 Modeli			3000	1500	
D5 Modeli			4000	500	

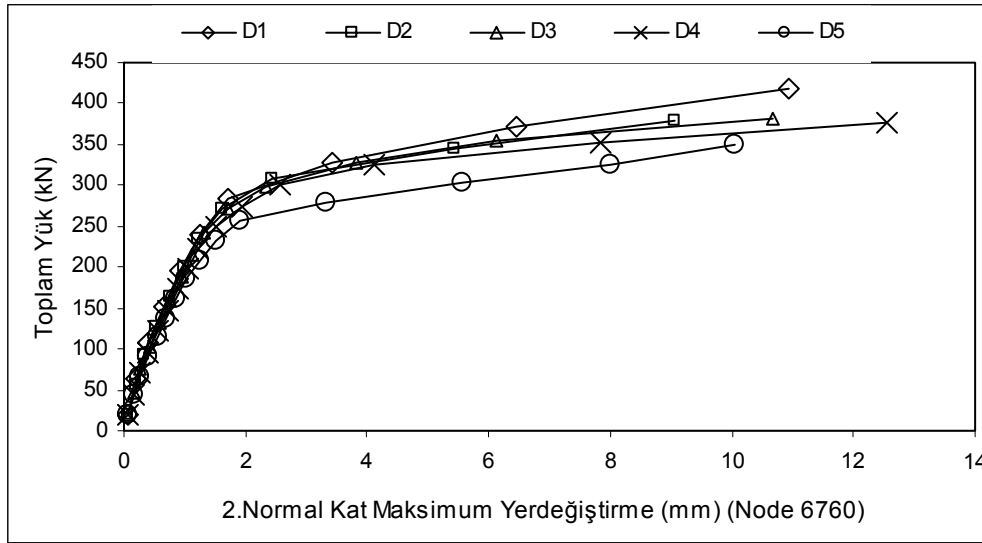
D5 Yapı Tipi modelinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarından, yük çarpanı 10 olan analiz sonucuna karşılık gelen gerilme ve çatlak dağılımı gösterilmiştir (Şekil 5.27.).



Şekil 5.27. D5 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı

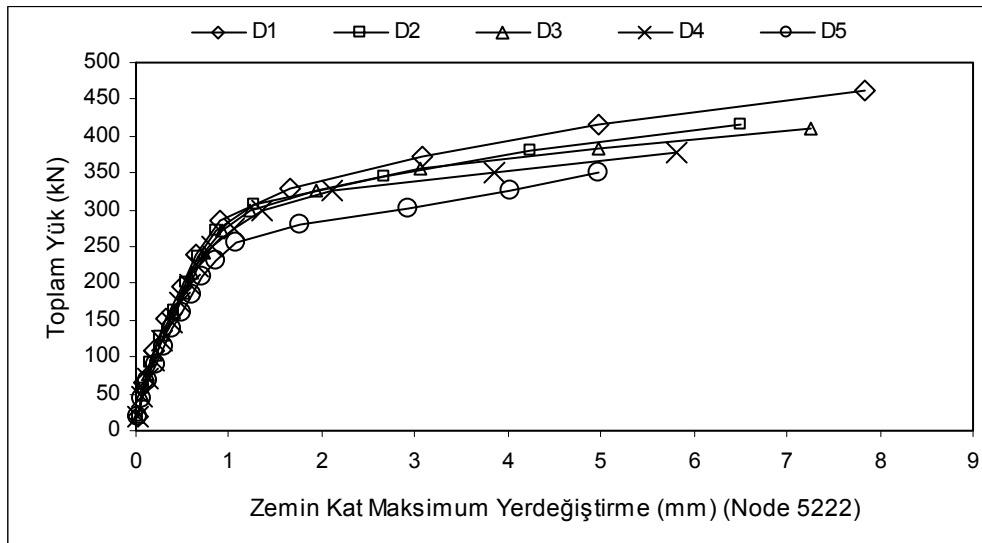
Şekil 5.27.' de D5 Tipi yapı modelinin bant pencere çevresindeki gerilme artışları pencere köşelerinde artmakta ve çatlama bu gölgede belirgin biçimde meydana gelmektedir. Burada tuğla malzemelerindeki çatlama farklı yerlerde oluşmuştur. Dolgu duvarların sol kolon üzerinde rijitlik yönünden etkisi görülmektedir. Kolonun elastikliği tuğla duvar yüzeylerde engellenmiştir.

D tipi yapı modellerinin yatay yük etkisi altındaki 2. kat toplam yer değiştirme grafikleri tek bir grafik üzerinde şekil 5.28.' de gösterilmiştir. Bunun sonucu olarak kısa kolon oluşumunun farklı formlarının betonarme yapı davranışına etkisi daha net gözlemlenebilmektedir.



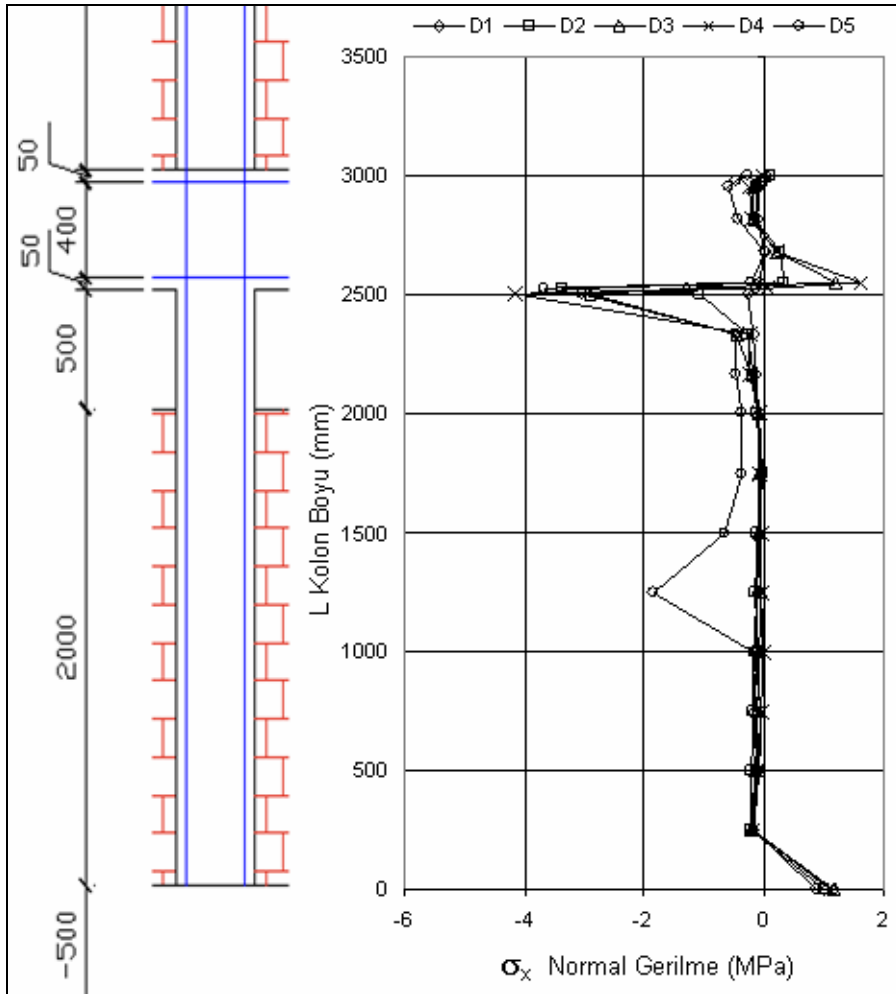
Şekil 5.28. D Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği

D tipi yapı modellerinin, toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi tepe noktası için Şekil 5.28.' da gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Dayanımı en yüksek olan model olan D1 tipi yapı modelinin eğrisi diğer yapı modellerinde olduğu gibi en üstte çıkmıştır. D1 tipi yapı modeli için; bant pencere boyutu diğerlerine göre en az boyda olduğundan diğer modellere kıyasla daha dayanımı yüksek model olmaktadır.



Şekil 5.29. D Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği

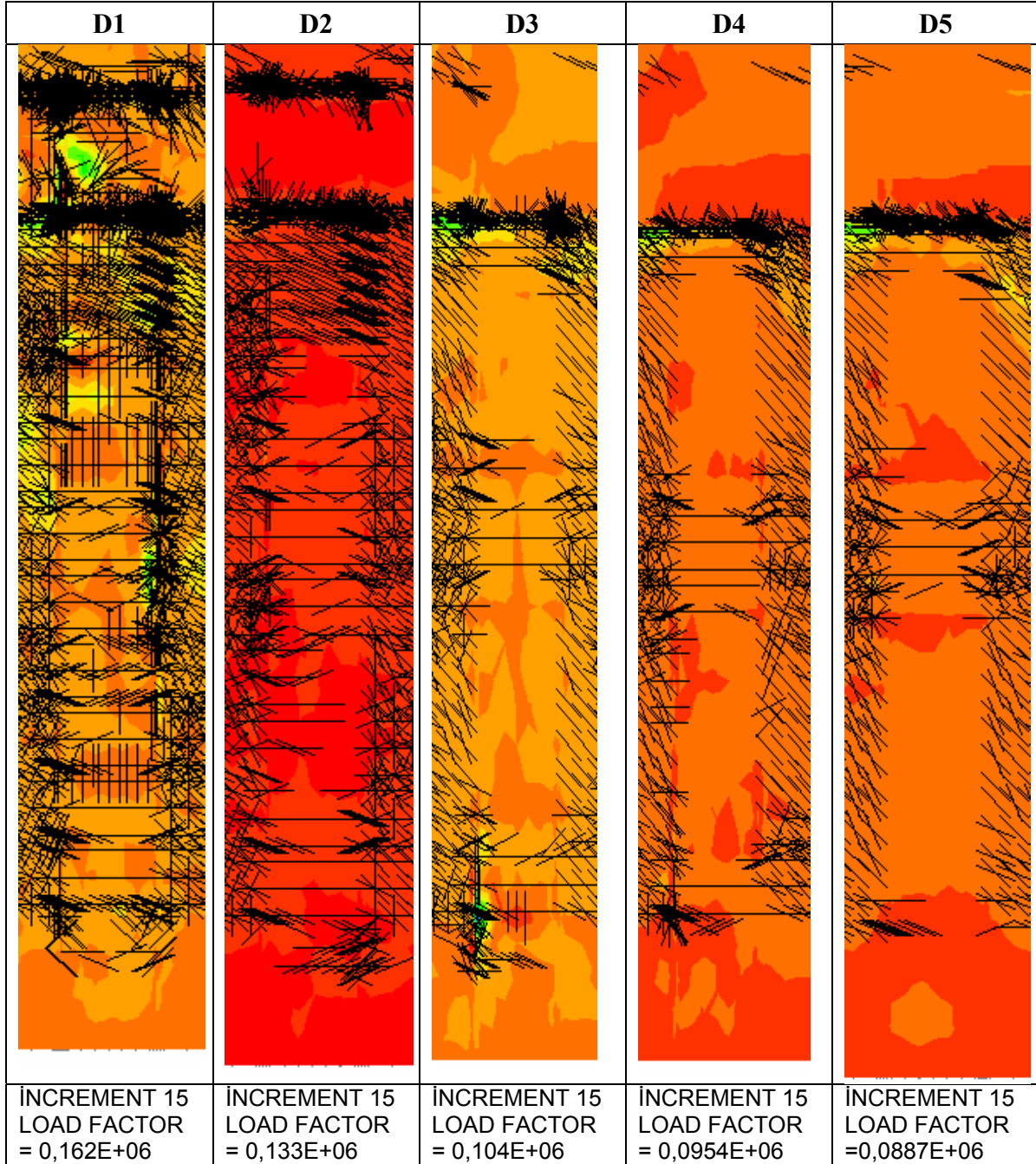
Şekil 5.29.' da D tipi yapı modellerinin toplam yatay yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi zemin kat için gösterilmiştir. Doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Dayanımı en yüksek olan model D1 tipi yapı modeli olarak gözlenmiştir. D5 tipi yapı modeli için; bant pencere boyutu diğerlerine göre en uzun boyda olduğundan diğer yapı modellerine kıyasla daha düşük seviyede doğrusallıktan uzaklaşmıştır.



Şekil 5.30. D tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği

D tipi yapı modellerinde seçilen orta kolonlarındaki gerilme dağılımı Şekil 5.30.' da gösterilmiştir. Şekil üzerinde 5 farklı D tipi yapı modellerinin sonuçları mevcuttur. Kolon boyunca temel üstünden 1500 mm' ye kadar gerilme değerleri çok düşük değerlerdedir. 1500 ile 2000 mm aralığında biraz artış gözlenmiştir. Normal gerilme değeri, 2500 mm' de en büyük değerlerine ulaşmaktadır. Ancak D5 tipi yapı

modelinde 1250 mm' de bir sıçrama olmuştur. Kolonun 2500 -3000 mm aralığında bant pencerenin varlığı sonucu oluşturmaktadır. Gerilme artışı kolon boyu boyunca 0-2500mm aralığında dolgu duvarın (harçlı tuğla duvar), kolon hareketi esnasında rijitlikleri ile kolon hareketliliğini kısıtlamaktadır. Kısıtlanmayan kolon kısmı 2500-3000 mm aralığındadır. Dolayısıyla kesme kuvveti kolonun açıkta kalan kısmına, normal bant penceresiz duruma göre daha fazla büyüklükte etkimiştir.



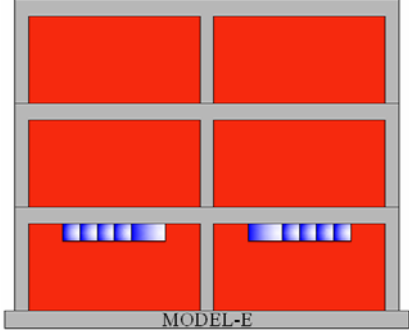
Şekil 5.31. D tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli

D tipi yapı modellerinin zemin kattaki orta kolonda meydana gelen çatlama ve gerilme dağılımı şekil 5.31.' de gösterilmiştir. Burada modellerin hepsi eşit sayıda yükleme artışlarına karşılık gelen dağılımları temsil etmektedirler. Şekilde D1 tipi yapı modelinde çatlamlar daha aşırı derecededirler. D1 yapı modelinin yatay yük taşıma kapasitesini veren yük çarpanı 162 000 olduğundan diğer modellerden daha iyi bir davranış göstermektedir. Özellikle kolona gelen kiriş birleşim yerinde aşırı derecede çatlamlar gözlenmiştir.

5.5. E Tipi Yapı Modelleri

E tipi yapı modellerinde, bant pencereler zemin katta her iki taraftan orta kolona 1000 mm uzaklıktan başlayarak 3000 mm açıklığa kadar modellenmişlerdir. (tablo 5.7.).

Tablo 5.7. E Tipi yapı modellerin genel özellikleri.

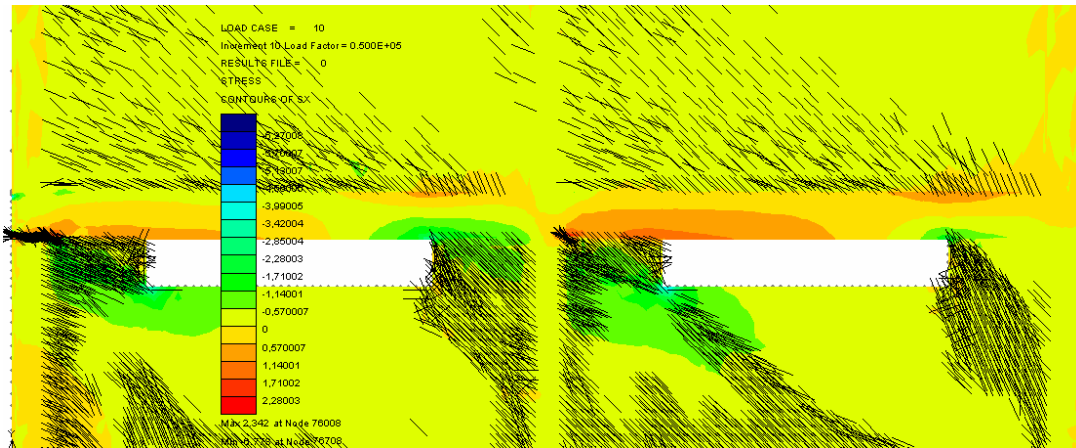
Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
E1 Modeli		1000	1000	3000	500
E2 Modeli			1500	2500	
E3 Modeli			2000	2000	
E4 Modeli			2500	1500	
E5 Modeli			3000	1000	

E5 Yapı Tipi modelinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarından, yük çarpanı 10 olan analiz sonucuna karşılık gelen gerilme ve çatlama dağılımı gösterilmiştir (Şekil 5.32.).

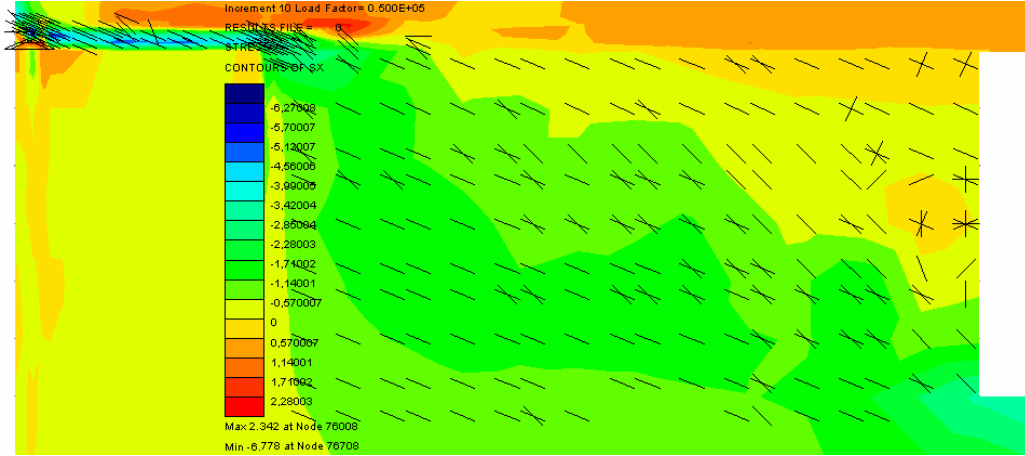


Şekil 5.32. E5 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı

Şekil 5.32.' ye bakıldığında bant pencere çevresindeki gerilme artışları pencere köşelerinde artmakta ve çatlama bu gölgede belirgin biçimde meydana gelmektedir. Kırma kuvvetinin bant pencere kısmında kolona fazla etkidiğinden tuğla duvar üzerinde eğimli bir çatlama şeklinde etkisi olmuştur. Burada tuğla duvarların kolon üzerinde rijitlik yönünden etkisi görülmektedir.



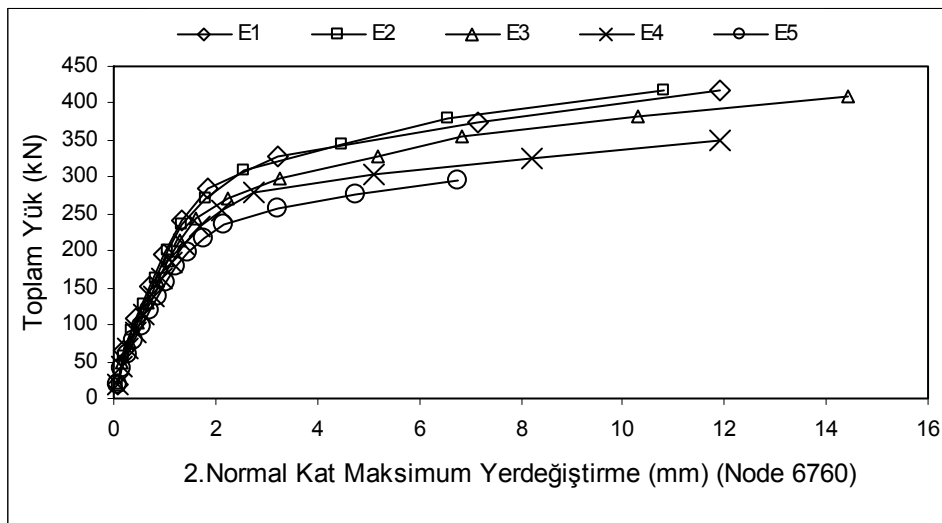
Şekil 5.33. E5 Tipi yapı modelinde kısa kolon çatlama ve gerilme dağılımı



Şekil 5.34. E5 Tipi yapı modelinde kısa kolon çatlama ve gerilme dağılımı

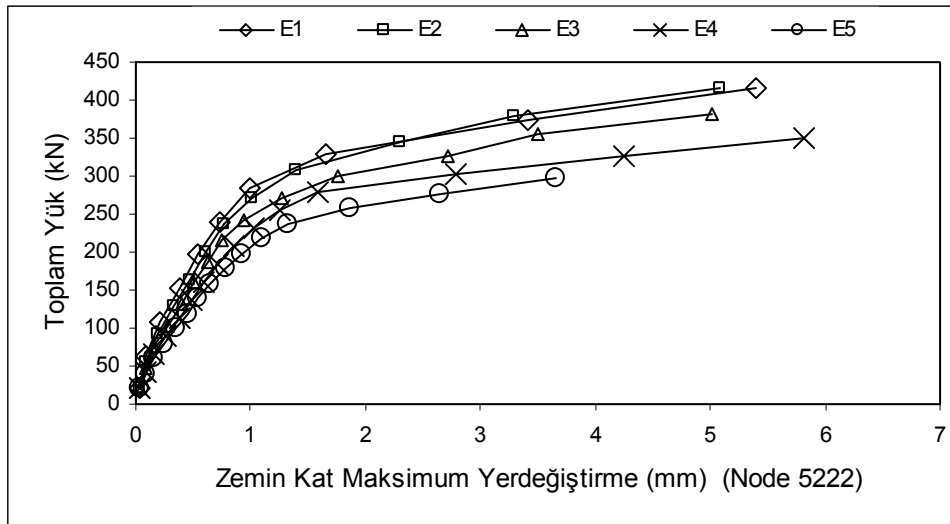
E5 tipi yapı modelinde kısa kolon oluşumu olan bölgeye yakın bakıldığında; kesme kuvvetinin etkisi daha belirgin gösterilmiştir (Şekil 5.33.). Şekil 5.34.' de ise sol kolon kiriş birleşim yerine yakından bakıldığında davranışı rahatlıkla gözlemlenmiştir. Çatlama bant pencere yüksekliğinde belirgin olarak meydana geldiği ve kesme kuvvetinin kolon üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.

E tipi yapı modellerinin yatay yük etkisi altındaki 2. kat toplam yer değiştirme grafikleri tek bir grafik üzerinde Şekil 5.35.' de gösterilmiştir. Bunun sonucu olarak kısa kolon oluşumunun farklı formlarının betonarme yapı davranışına etkisi daha net gözlemlenebilmektedir.



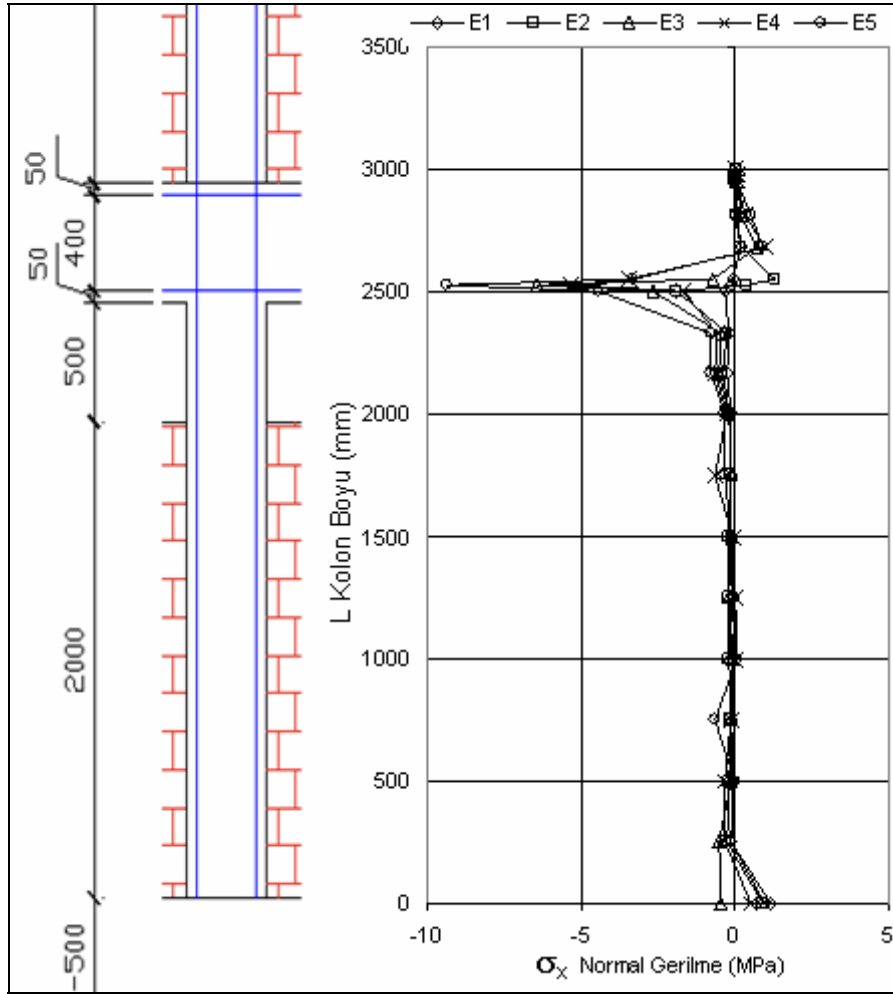
Şekil 5.35. E Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-Toplam yük Grafiği

Şekil 5.35.' da açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü- yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında eğrileri doğrusal davranıştan çıkmışlardır. E1 tipi yapı modelinin eğrisi en üstte, ve sırayla E2, E3, E4 tipi yapı modelleri olarak gitmiştir. Eğrisi an altta olan yapı modeli yine diğer yapı modellerinde olduğu gibi en büyük bant pencereyi yapı modeli olan E5 tipi olmuştur. Dayanımı en yüksek olan model E1 tipi yapı modeli olup, toplam 280 kN civarındaki yük altında doğrusal olmayan davranışa başlamıştır. E5 tipi yapı modeli ise 220 kN civarındaki yük altında doğrusallıktan çıkmıştır. E1 tipi yapı modeli ise; bant pencere boyutu diğerlerine göre en az boyda olduğundan diğer yapı modellerine kıyasla daha dayanımı yüksek yapı modeli olmaktadır.



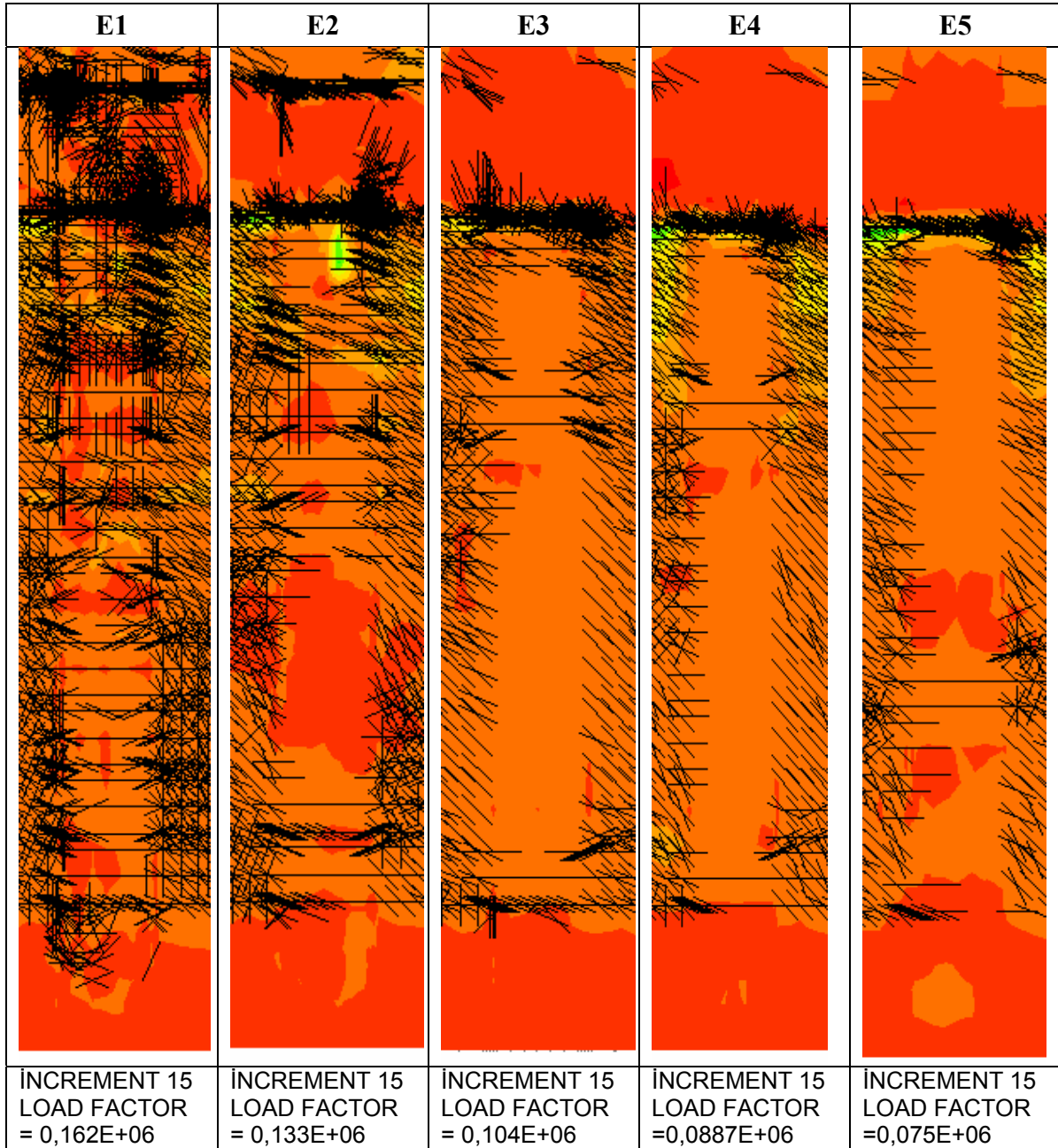
Şekil 5.36. E Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafîği

Şekil 5.36.' de toplam yatay yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi zemin kat için gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü- yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Eğrilerde en üstte olan model E1 tipi yapı modeli olup, en altta olan ise E5 tipi yapı modelidir.



Şekil 5.37. E tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği

Şekil 5.37.' de E tipi yapı modellerinde seçilen orta kolonlarındaki gerilme dağılımı gösterilmiştir. Şekil üzerinde 5 (beş) farklı E modelinin sonuçları mevcuttur. Kolon boyunca, temel üzerinden başlayarak 1500 mm' ye kadar gerilme değerleri çok düşük değerlerdedir. Normal gerilme değeri, 2500 mm' ye yaklaştıkça artmakta ve 2500mm' de en büyük değerlerine ulaşmaktadır. Kolonun 2500 -3000 mm aralığında bant pencerenin varlığı bu sonucu oluşturmaktadır. Bu sonuç E tipi yapı modellerinin tümünde de meydana gelmiştir (Şekil 5.37.). Gerilme artışı kolon boyu boyunca 0-2500mm aralığında dolgu duvarın (harçlı tuğla duvar), kolon hareketi esnasında rijitlikleri ile kolon hareketliliğini kısıtlamıştır. Kısıtlanmayan kolon kısmı 2500-3000 mm aralığındadır. Dolayısıyla kesme kuvveti kolonun açıkta kalan kısmına daha fazla büyüklükte etkimiştir.



Şekil 5.38. E tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli

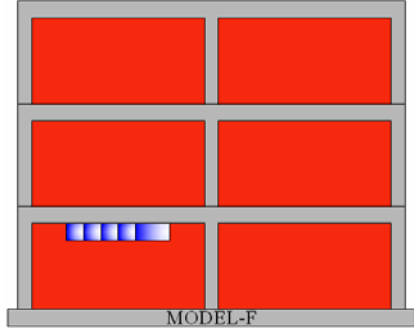
E tipi yapı modellerinin zemin kattaki seçilen orta kolonda meydana gelen çatlama ve gerilme dağılımı Şekil 5.38.' de gösterilmiştir. Burada modellerin hepsi eşit sayıda yükleme artışlarına karşılık gelen dağılımları temsil etmektedirler. Şekilde E1 modelinde çatlamlar daha aşırı derecededirler. E1 yapı modelinin yük çarpanı 162 000 olarak diğer modellerden fazla bir yüklemeye dayanmıştır. Tüm modellerde kolonunun giriş alt yüzeyindeki kısmında çatlamlar yatay doğrultu boyunca aşırı derecede meydana gelmiştir. E5 tipi yapı modelinin bant penceresinin büyük olması

şekillerde kendini göstermemiştir. Çünkü daha düşük yatay yük etkisi altında davranışına son vermiştir.

5.6. F Tipi Yapı Modelleri

F tipi yapı modellerinde, bant pencereler zemin katta her iki taraftan orta kolona sıfır başlayarak en büyük açıklığa kadar modellenmişlerdir. Bant pencere uzunluğu A1 tipi modelde 1m' den başlayıp, 1'er m arttırılarak A5 tipi modelde 5m' de bitmektedir (tablo 5.8.).

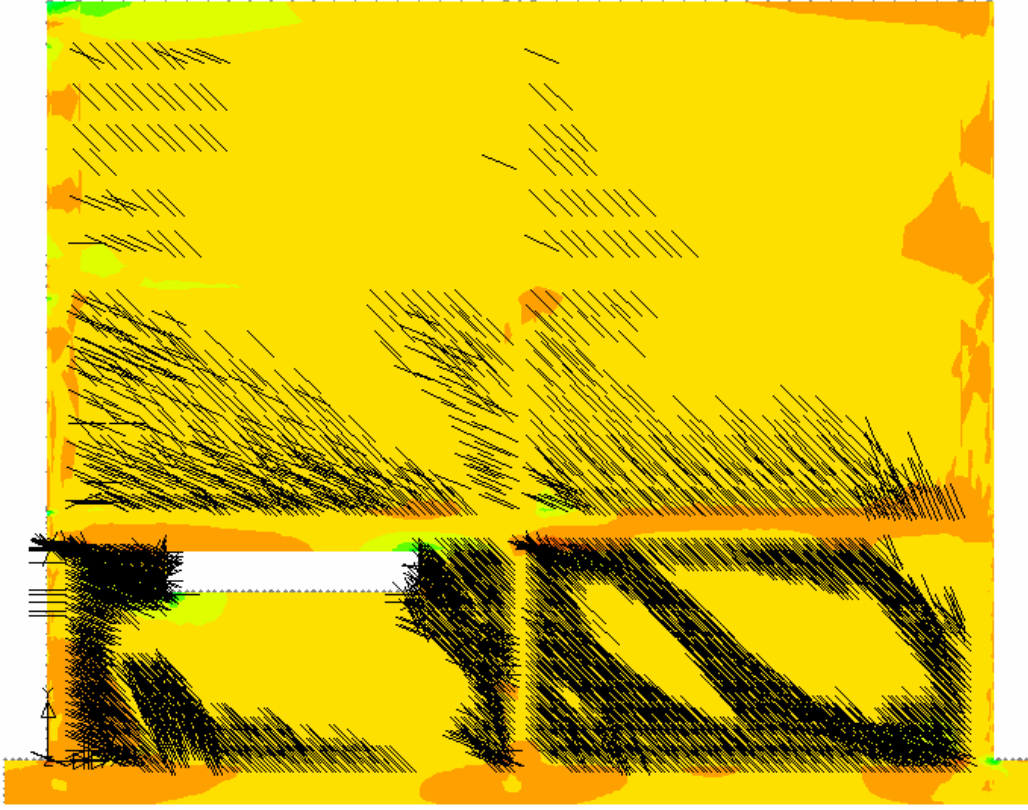
Tablo 5.8. F Tipi yapı modellerin genel özellikleri.

Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
F1 Modeli		1000	1000	3000	500
F2 Modeli			1500	2500	
F3 Modeli			2000	2000	
F4 Modeli			2500	1500	
F5 Modeli			3000	1000	



Şekil 5.39. F1 Tipi yapı modeli [8]

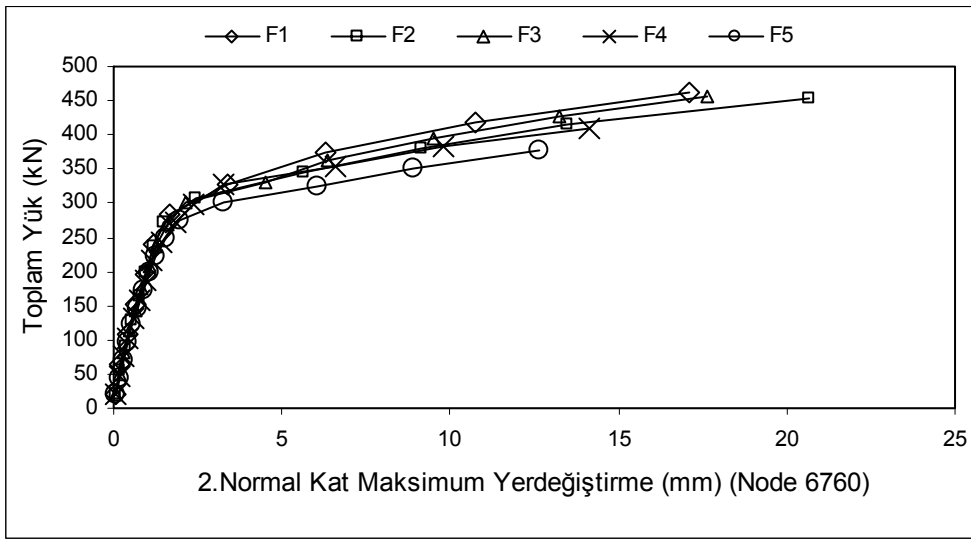
F5 Yapı Tipi modelinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarından, yük çarpanı 10 olan analiz sonucuna karşılık gelen gerilme ve çatlak dağılımı gösterilmiştir (Şekil 5.40.).



Şekil 5.40. F5 Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı

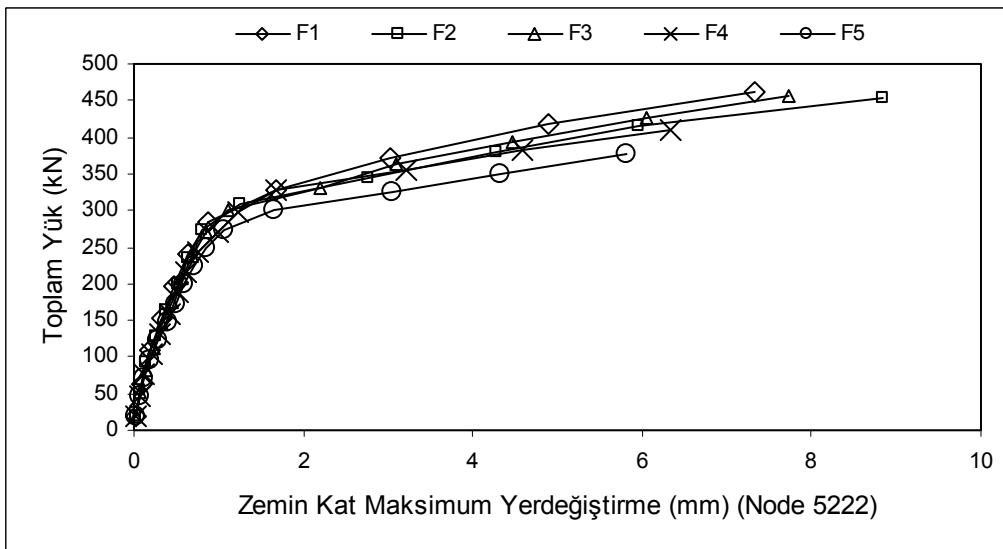
Şekil 5.40.' a bakıldığında bant pencere çevresindeki gerilme artışları pencere köşelerinde artmakta ve çatlama bu gölgede belirgin biçimde meydana gelmiştir. Kesme kuvvetinin bant pencere kısmında kolona fazla etkidiğinden tuğla duvar üzerinde eğimli bir çatlama şeklinde etkisi olmuştur. Burada tuğla duvarların kolon üzerinde rijitlik yönünden etkisi görülmektedir.

F tipi yapı modellerinin yatay yük etkisi altındaki 2. kat toplam yer değiştirme grafikleri tek bir grafik üzerinde şekil 5.41.' de gösterilmiştir. Bunun sonucu olarak kısa kolon oluşumunun farklı formlarının betonarme yapı davranışına etkisi daha net gözlemlenebilmektedir.



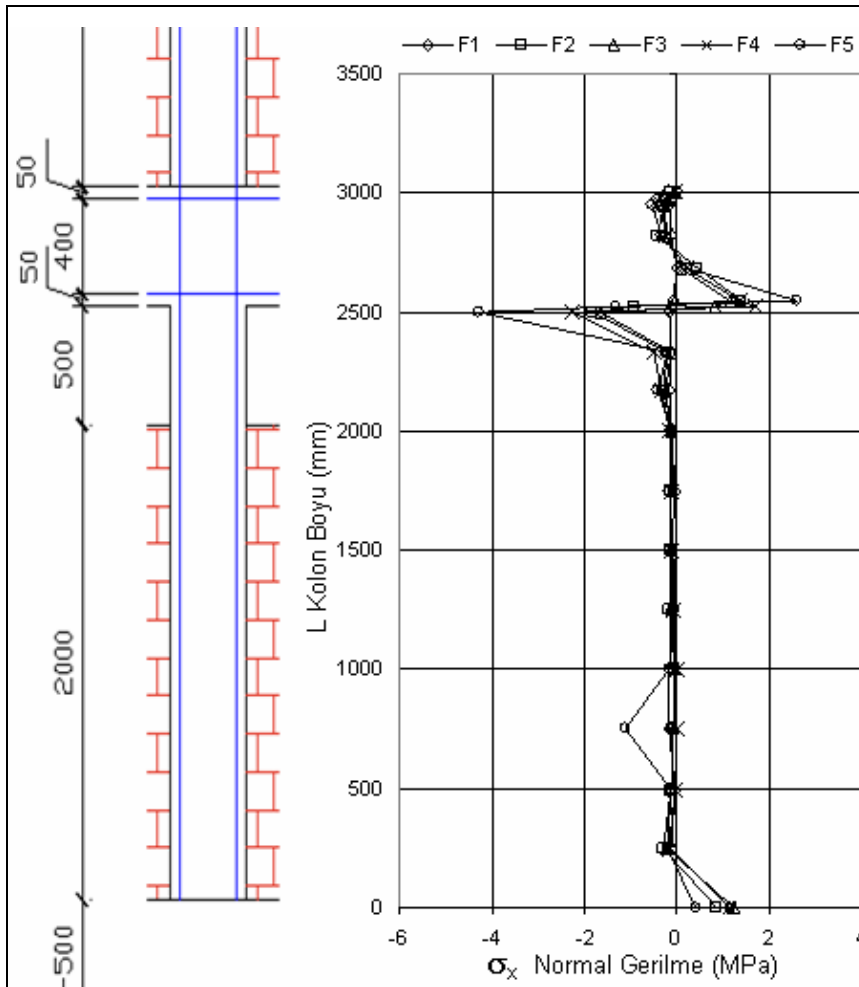
Şekil 5.41. F Tipi Yapı Modellerinin 2.Normal Kat Deplasman-Toplam yük Grafığı

F tipi yapı modellerinin, toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi tepe noktası için Şekil 5.41.' de gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Sonuçlar diğer modellerde olduğu gibi gözlemlenmiştir.



Şekil 5.42. F Tipi Yapı Modellerinin Zemin Kat Deplasman-Toplam yük Grafığı

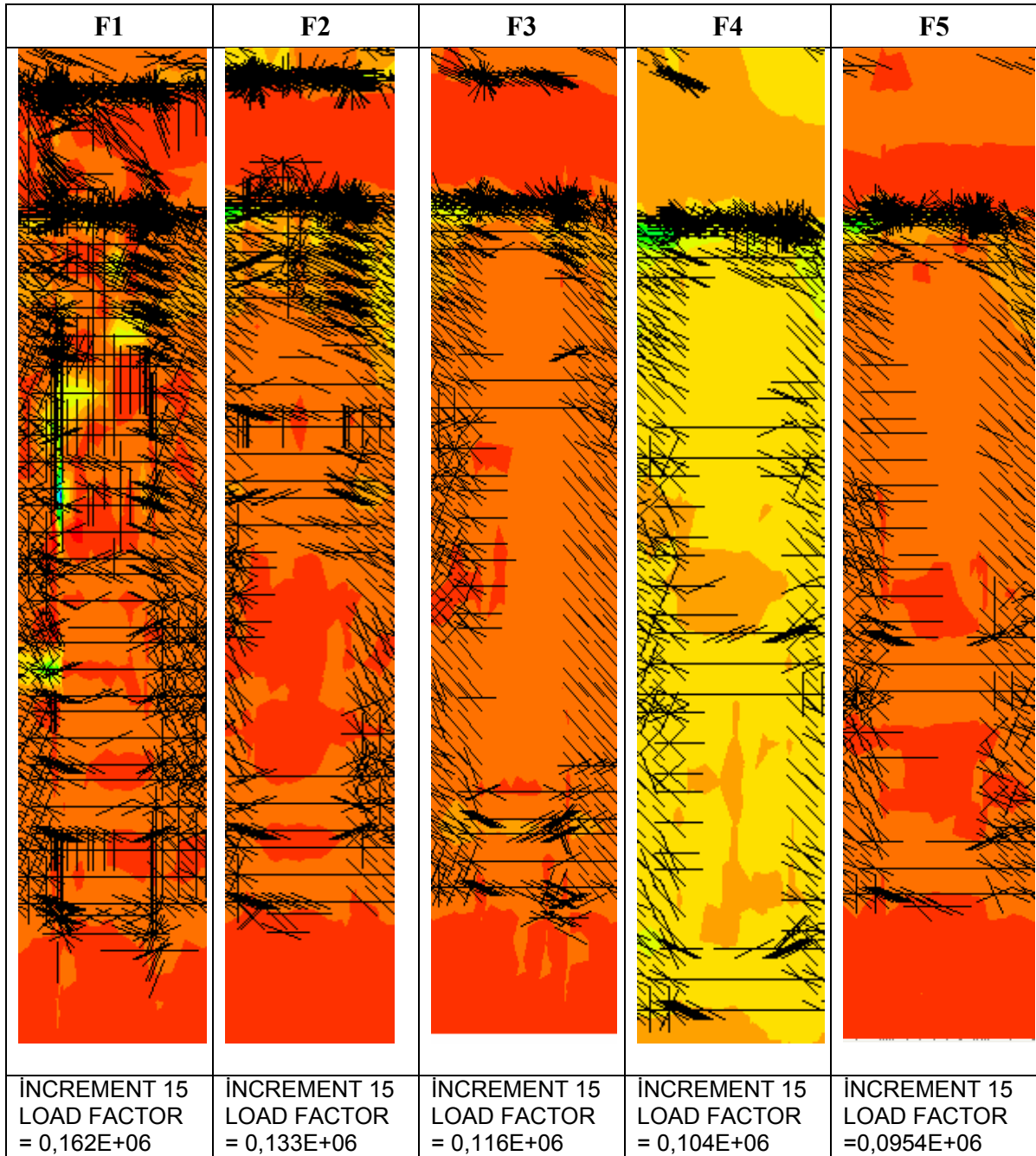
Şekil 5.42.' de F tipi yapı modellerinin toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi zemin kat için gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Yük taşıma kapasitesi en yüksek olan F1 tipi yapı modelin eğrisi az bir oranla diğer yapı modellerinin eğrisinden yukarıda çıkmıştır. İlk dört yapı modeli yaklaşık aynı noktalarda mafsallaşmışlardır. Ancak F5 tipi yapı modeli 20- 30 kN civarları kadar aşağıda doğrusal olmayan davranışa geçmiştir.



Şekil 5.43. F tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği

Şekil 5.43.' de F tipi yapı modellerinde seçilen orta kolonlarındaki gerilme dağılımı gösterilmiştir. Şekil üzerinde 5(beş) farklı F tipi yapı modelinin sonuçları mevcuttur. Kolon temel birleşim yerinde gerilmeler oluşmuştur. Kolon boyunca temel üstünden 2000 mm' ye kadar gerilme değerleri çok düşük değerlerdedir. Normal gerilme değeri, 2500 mm' ye yaklaştıkça artmakta ve 2500mm' de en büyük değerlerine

ulaşmaktadır. Kolonun 2500 -3000 mm aralığında bant pencerenin varlığı bu sonucu oluşturmaktadır. Bu sonuç F tipi yapı modellerinin tümünde de meydana gelmiştir (Şekil 5.43.). Gerilme artışı kolon boyu boyunca 0-2500mm aralığında dolgu duvarın (harçlı tuğla duvar), kolon hareketi esnasında rijitlikleri ile kolon hareketliliğini kısıtlamaktadır. Kısıtlanmayan kolon kısmı 2500- 3000 mm aralığındadır. Dolayısıyla kesme kuvveti kolonun açıkta kalan kısmına, normal bat penceresiz duruma göre daha fazla büyüklükte etkimiştir.



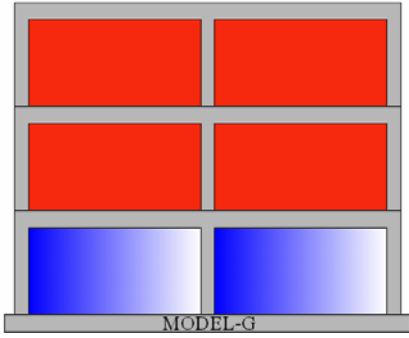
Şekil 5.44. F tipi yapı modellerinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli

F tipi yapı modellerinin zemin kattaki seçilen orta kolonda meydana gelen çatlama ve gerilme dağılımı şekil 5.44.' de gösterilmiştir. Burada modellerin hepsi eşit sayıda yükleme artışlarına karşılık gelen dağılımları temsil etmektedirler. Şekilde F1 tipi yapı modelinde çatlamlar daha aşırı derecededirler. F1 yapı modelinin yatay yük taşıma kapasitesini veren yük çarpanı 162 000 olduğundan diğer modellerden daha iyi bir davranış göstermektedir.

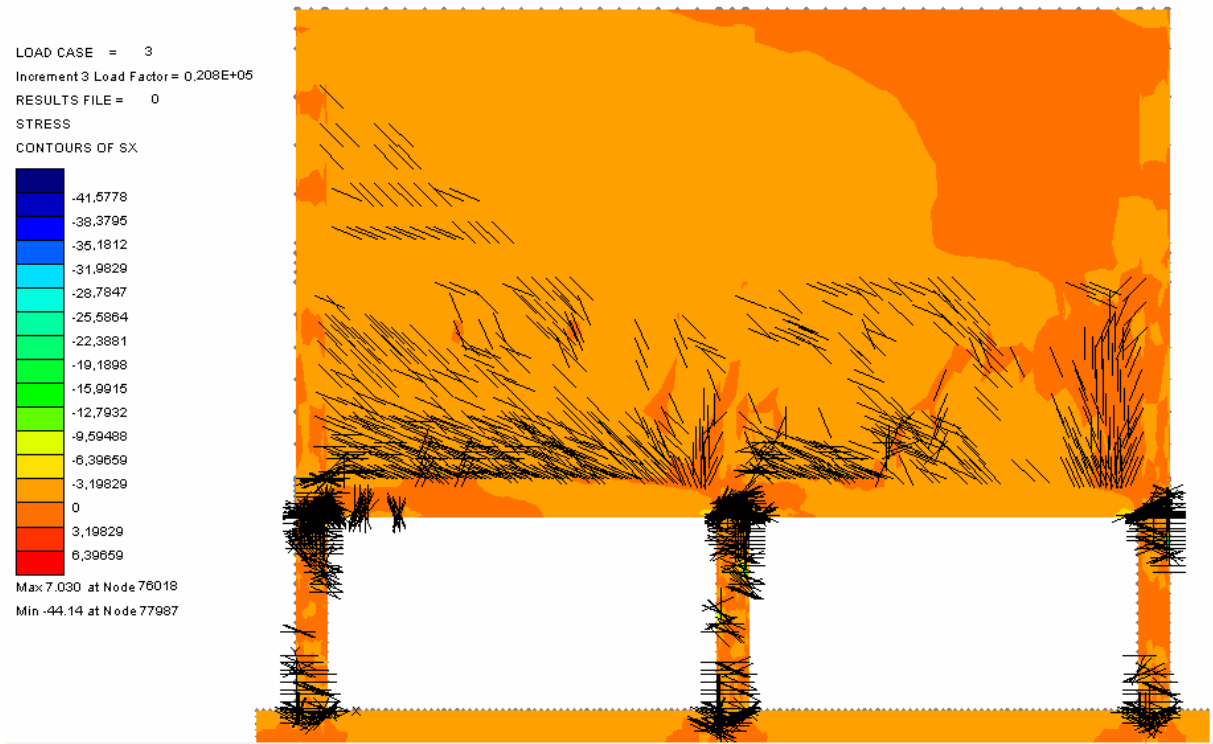
5.7. G Tipi Yapı Modelleri

G tipi yapı modelinde zemin kat komple tuğla duvarsız olarak modellenmiştir. (tablo 5.9.).

Tablo 5.9. G Tipi yapı modelinin genel özellikleri.

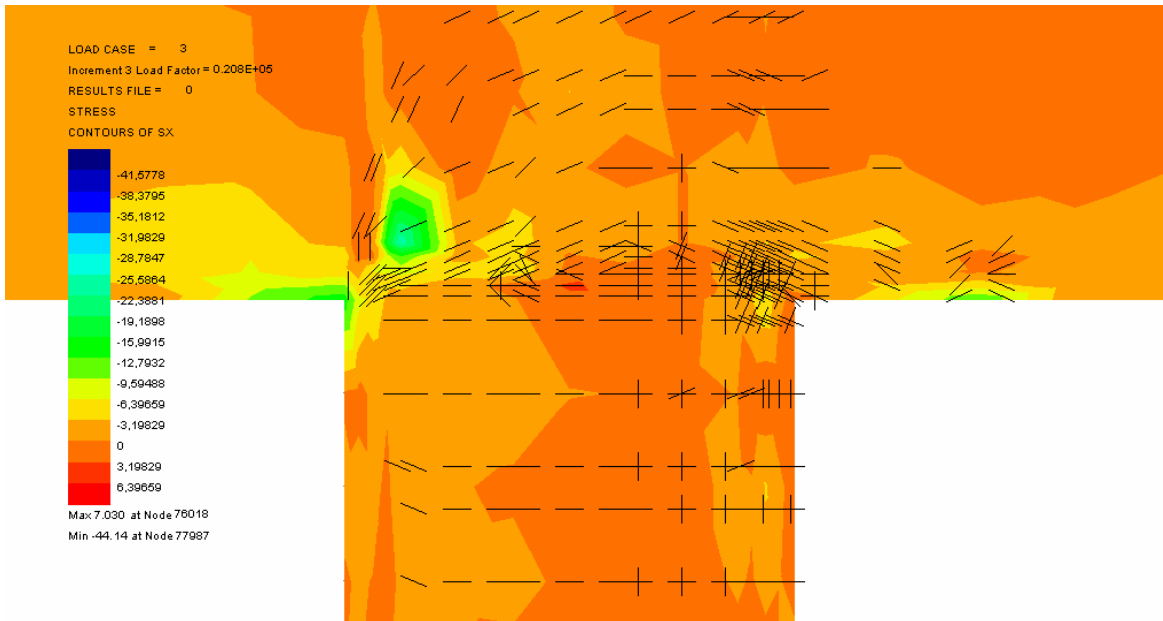
Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
G Modeli		0	5000	0	2500

G Yapı tipi modelinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarından, yük çarpanı 3 olan analiz sonucuna karşılık gelen gerilme ve çatlak dağılımı gösterilmiştir (Şekil 5.45.).



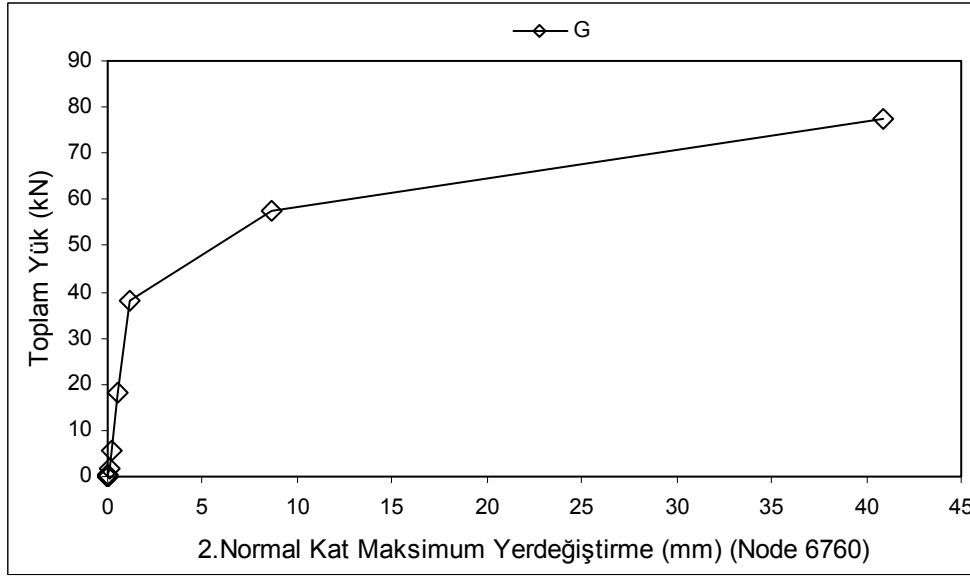
Şekil 5.45. G Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı

Şekil 5.45' de G tipi yapı modelinin yatak yük etkisi altında, kolon alt ve üst birleşim yerlerinde meydana gelen gerilme ve çatlama dağılımı gösterilmiştir. Daha iyi davranışı gözlemleyebilmemiz için şekil 5.46' da orta kolon yakından bakılmıştır.



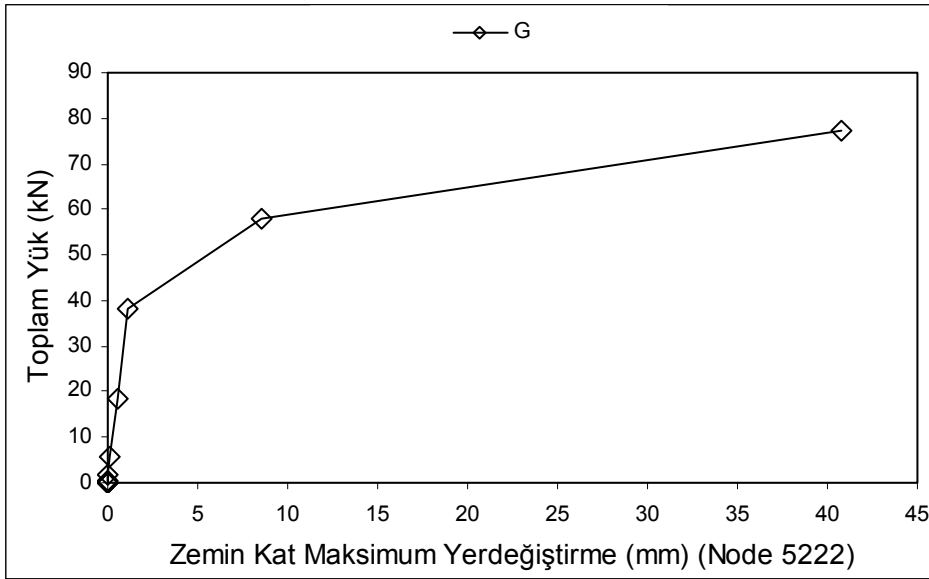
Şekil 5.46. G tipi yapı modelinde zemin kat orta kolon üzerindeki çatlama ve gerilme dağılımı.

Şekil 5.46.' da G tipi yapı modelinde orta kolona yakından analiz sonucu gösterilmiştir. Kolon gerilmeleri kolon sol köşesinde belirli bölgesel basınç gerilmeleri meydana geldiği gözlenmiştir. Ve kolon çatlama yönleri kesme kuvveti doğrultusunda neticesinde bir dağılım yönü izlemektedir. Burada zemin kat komple tuğla duvarsız olduğundan yapı yumuşak kat gibi davranış göstermiştir.



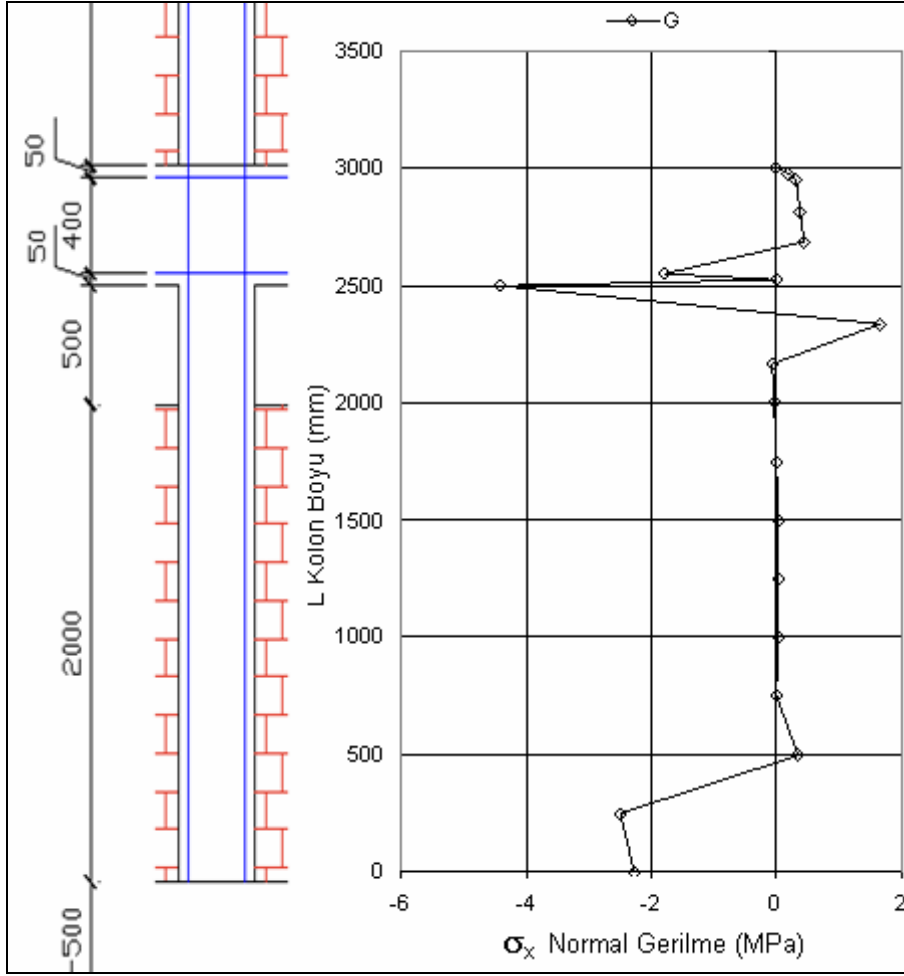
Şekil 5.47. G Tipi Yapı Modelinin 2.Normal kat deplasman-Toplam yük grafiği

G tipi yapı modelinin, toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi tepe noktası için Şekil 5.47.' da gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada model tek olduğundan herhangi bir modelle karşılaştırma yapılmamıştır. Bölüm sonunda tüm modeller arasında karşılaştırma yapılmıştır.



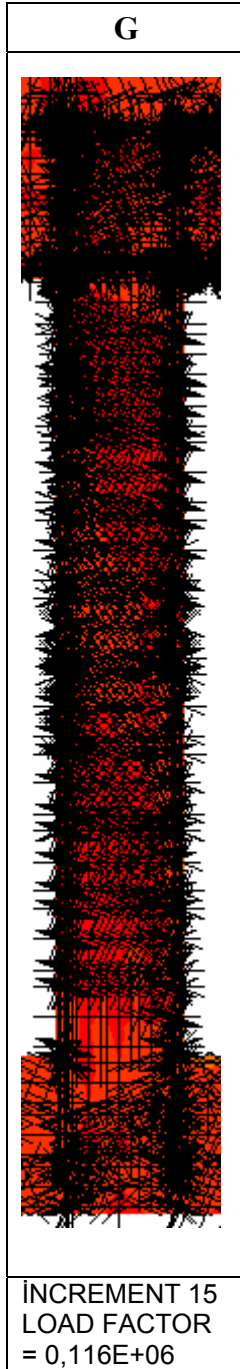
Şekil 5.48. G tipi yapı modelinin zemin kat deplasman - Toplam yük grafiği

G tipi yapı modelinin toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi zemin kat için Şekil 5.48.' da gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. G tipi yapı modeli 38 kN yatay toplam yük altında 3- 5 mm yer değiştirme yapmıştır.



Şekil 5.49. G tipi yapı modelinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği

G tipi yapı modelinde orta kolon üzerindeki gerilme dağılımı Şekil 5.49.' de gösterilmiştir. Kolon boyunca temel üstünde gerilmeler meydana gelmiştir. 500 mm' den 2250 mm' ye kadar gerilme değerleri çok düşük değerlerdedir. Normal gerilme değerinde, 2500 mm' ye yaklaştıkça artmakta ve 2500 mm' de en büyük değerine ulaşmaktadır.



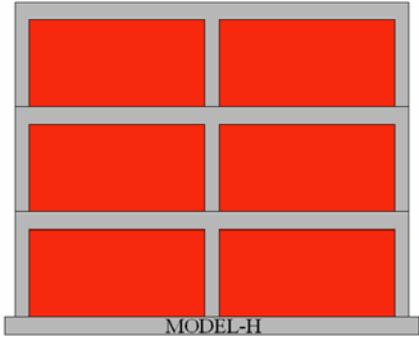
Şekil 5.50. G tipi yapı modelinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli

G tipi yapı modelinin zemin kattaki orta kolonda meydana gelen çatlama ve gerilme dağılımı Şekil 5.50.' de gösterilmiştir. Burada çatlamlar kolon yüzeyinde kabuk kaldırmakta ve çatlama donatıları aşmıştır. Yapı modelinin maruz kaldığı yükleme faktörü 116 000 yük çarpanı değerindedir.

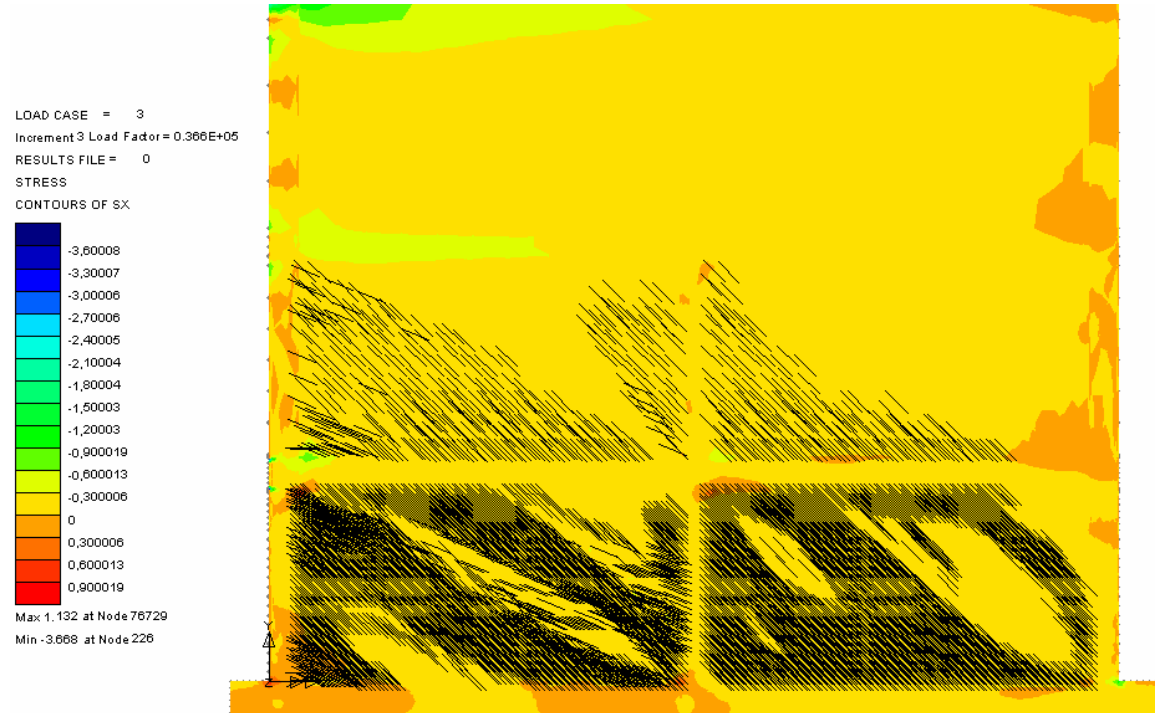
5.8. H Tipi Yapı Modeli

H tipi yapı modelinde zemin kat komple tuğla duvarsız olarak modellenmiştir. (Tablo 5.10.).

Tablo 5.10. H Tipi yapı modellerin genel özellikleri.

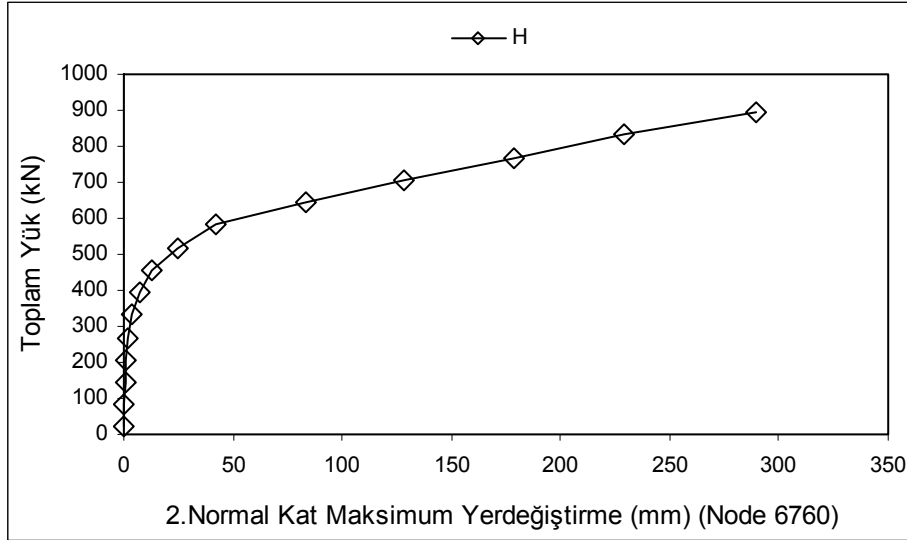
Modeller	Duvar ve pencere modelleri	L_{iw} (mm)	L_b (mm)	L_{ew} (mm)	h_s (mm)
H Modeli		5000	0	0	0

H Yapı tipi modelinin doğrusal olmayan analiz sonuçlarından, yük çarpanı 3 olan analiz sonucuna karşılık gelen gerilme ve çatlak dağılımı gösterilmiştir (Şekil 5.51.).



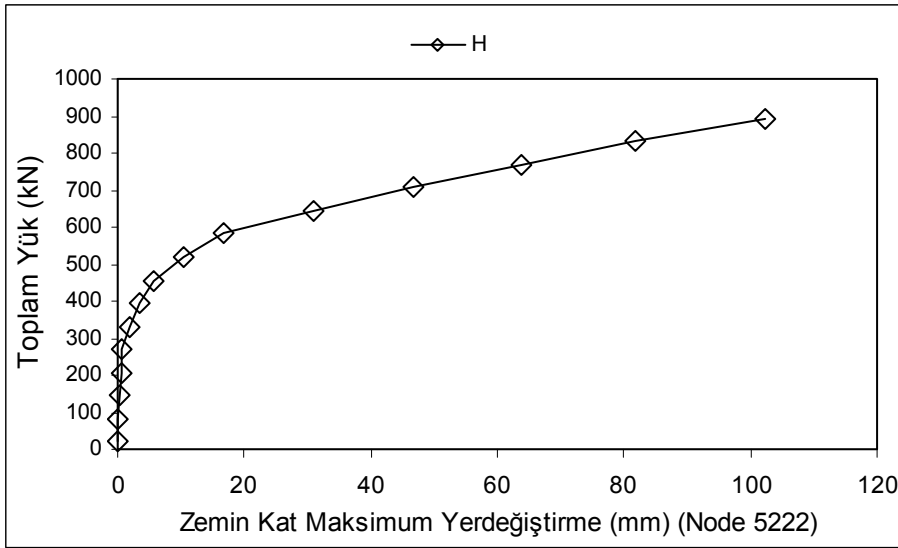
Şekil 5.51. H Tipi yapı modelinin çatlama ve gerilme dağılımı.

Şekil 5.51.' de çatlamlar tuğla yüzeylerde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Düşük yük çarpanı analiz sonuçları gösterildiğinden çatlamlar tuğla duvar yüzeyinde kalmıştır.



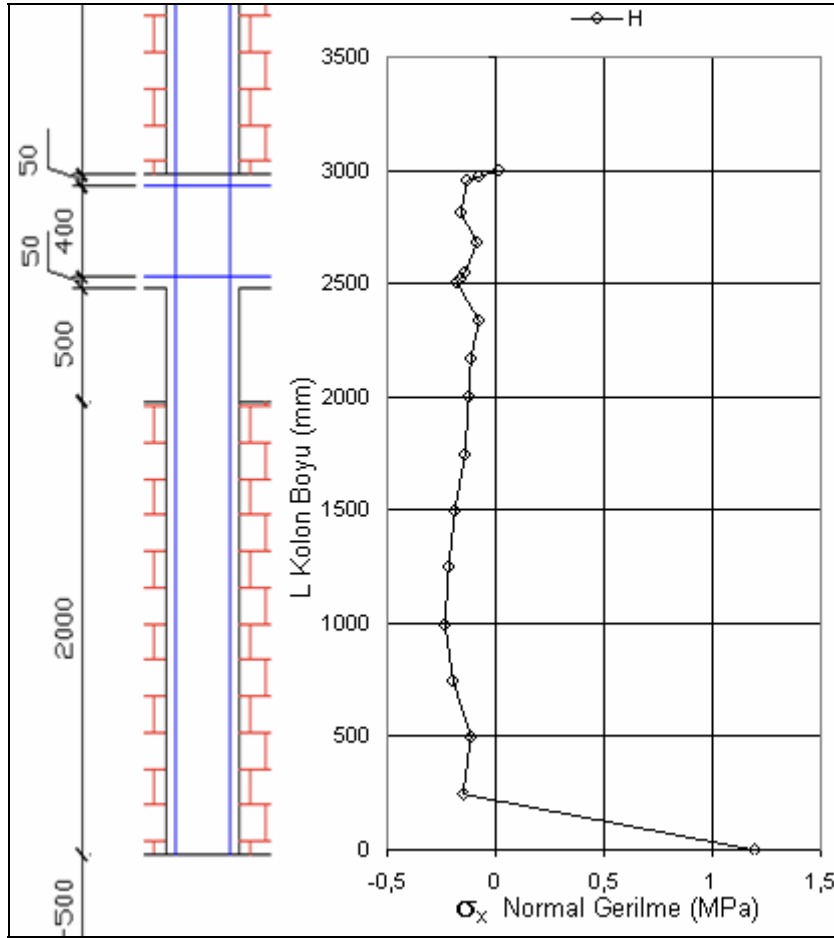
Şekil 5.52. H Tipi Yapı Modelinin 2.Normal kat deplasman-Toplam yük grafiği

H tipi yapı modelinin, toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi tepe noktası için Şekil 5.52.' da gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. Burada model tek olduğundan herhangi bir modelle karşılaştırma yapılmamıştır. Bölüm sonunda tüm modeller arasında karşılaştırma yapılmıştır.



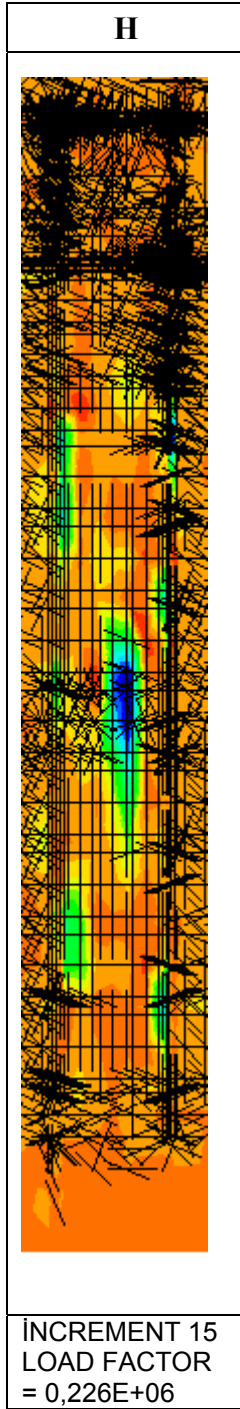
Şekil 5.53. H tipi yapı modelinin zemin kat yer değiştirme - Toplam yük grafiği

H tipi yapı modelinin toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi zemin kat için Şekil 5.53.' de gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yükleme faktörü-yer değiştirme eğrisi doğrusal olmayan biçimdedir. G modeli 450 kN yatay toplam yük altında 10 mm yer değiştirme yapmıştır.



Şekil 5.54. H tipi yapı modelinin orta kolon boyunca normal gerilme grafiği

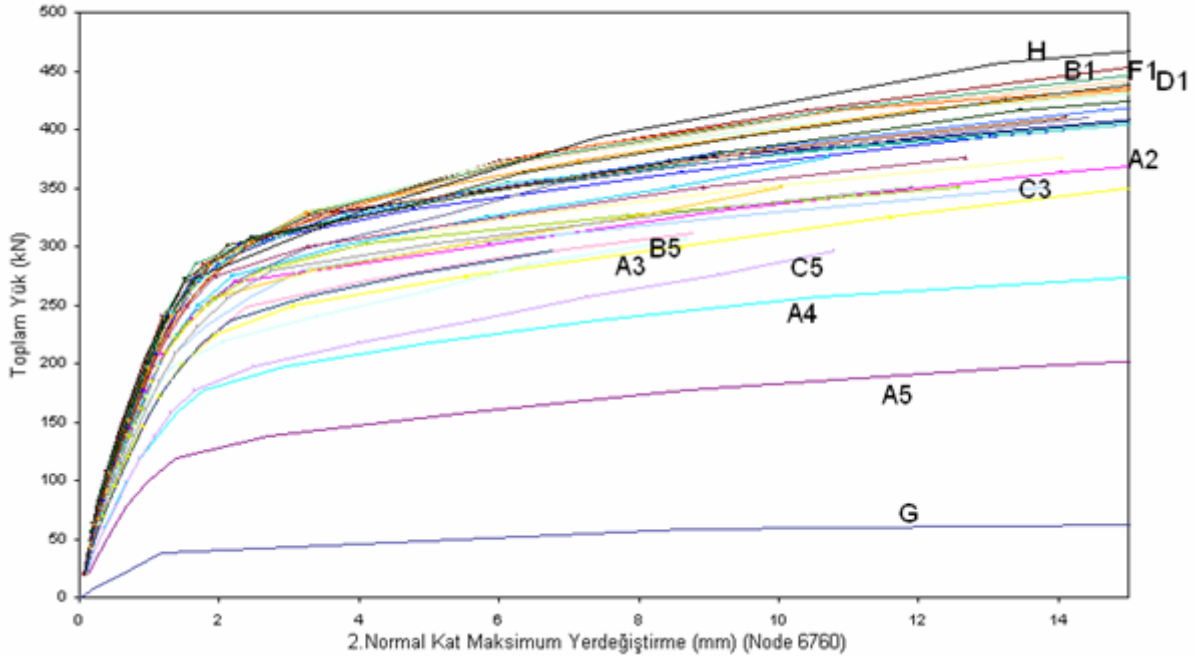
Şekil 5.54.' de H tipi yapı modelinde seçilen orta kolonlarındaki gerilme dağılımı gösterilmiştir. Kolon boyunca temel üstünde gerilmeler meydana gelmiştir. Yapı temel üstünden sonra gerilme değerleri düşük değerlerdedir.



Şekil 5.55. H tipi yapı modelinin orta kolon boyunca çatlama ve gerilme şekli

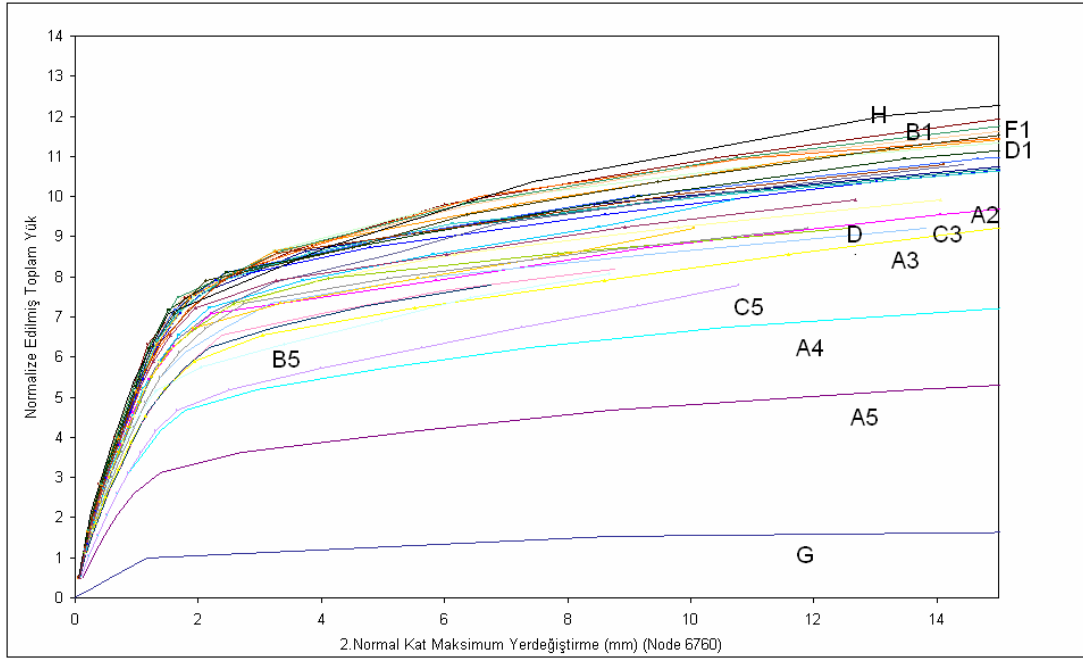
H tipi modelinin zemin kattaki orta kolonda meydana gelen çatlama ve gerilme dağılımı şekil 5.55.' de gösterilmiştir. Burada çatlamlar kolon yüzeyinde kabuk kaldırmakta ve çatlama donatıları geçmiştir. Modelin maruz kaldığı yükleme faktörü 226 000 yük çarpanı değerindedir.

5.9. Tüm Yapı Modelleri



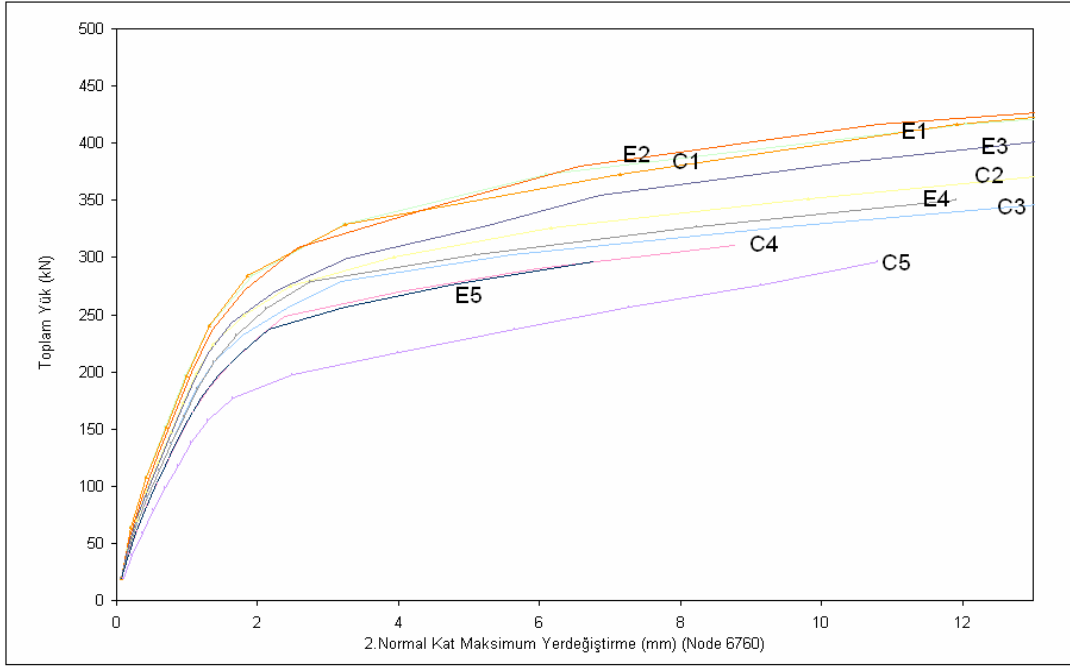
Şekil 5.56. Tüm yapı modellerinin toplam yatay yük - 2. kat yer değiştirme grafiği

Bu çalışmada ele alınan yapı modellerinin toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişimi tepe noktası için Şekil 5.56.' de gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi doğrusal olmayan analiz sonucu toplam yük değerleri-yer değiştirme eğrileri doğrusal olmayan biçimdedir. Burada modellerin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Grafik dikkatle incelendiğinde, yatay yük taşıma kapasitesinin en büyük değeri komple tuğla duvarlı H tipi yapı modelinde ve en düşük değeri ise zemin katı komple tuğla duvarsız olan G tipi yapı modelinde olduğu görülmektedir. G tipi yapı modeli yumuşak kat davranışı göstermiş ve yatay yük taşıma kapasitesi diğer modellere göre oldukça düşük değerlerdedir. Dolayısıyla çok küçük değerlerde mafsallaşmaya başlamıştır. Grafikten genel olarak şu yorumu getirmek mümkündür; zemin katta bant pencere alanı ile yapı dayanımsızlığı doğru orantılıdır.



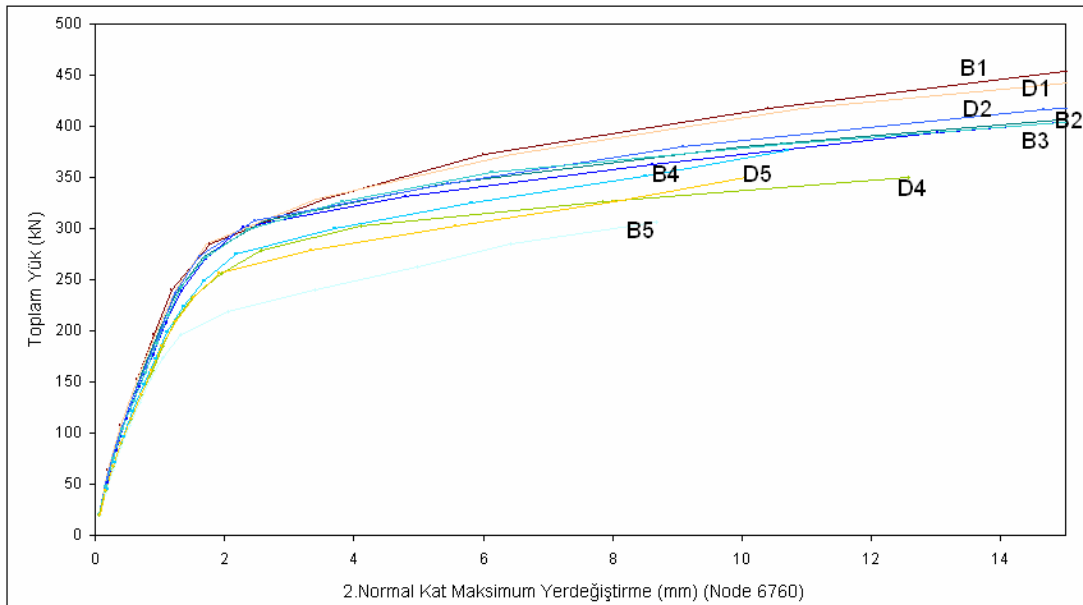
Şekil 5.57. Tüm yapı modellerinin normalleştirilmiş toplam yatay yük – maksimum yer değiştirme ilişkisi

Şekil 5.57.' de tüm yapı modellerin toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişiminin normalize edilmiş şekli gösterilmiştir. Grafik dikkatle incelendiğinde, komple tuğla duvarlı H tipi yapı modeli, zemin katı komple tuğla duvarsız olan G tipi yapı modelinin yaklaşık 10 katı kadar daha yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olduğu görülmektedir. G tipi yapı modeli baz alınarak normalleştirilmiş şekilde G tipi yapı modeli 1 değerinde iken, H tipi yapı modeli yaklaşık 10 değerleri civarındadır. B1 tipi yapı modeli, A4 tipi yapı modelinden 2 kat daha dayanıklı olduğu gözükmektedir.



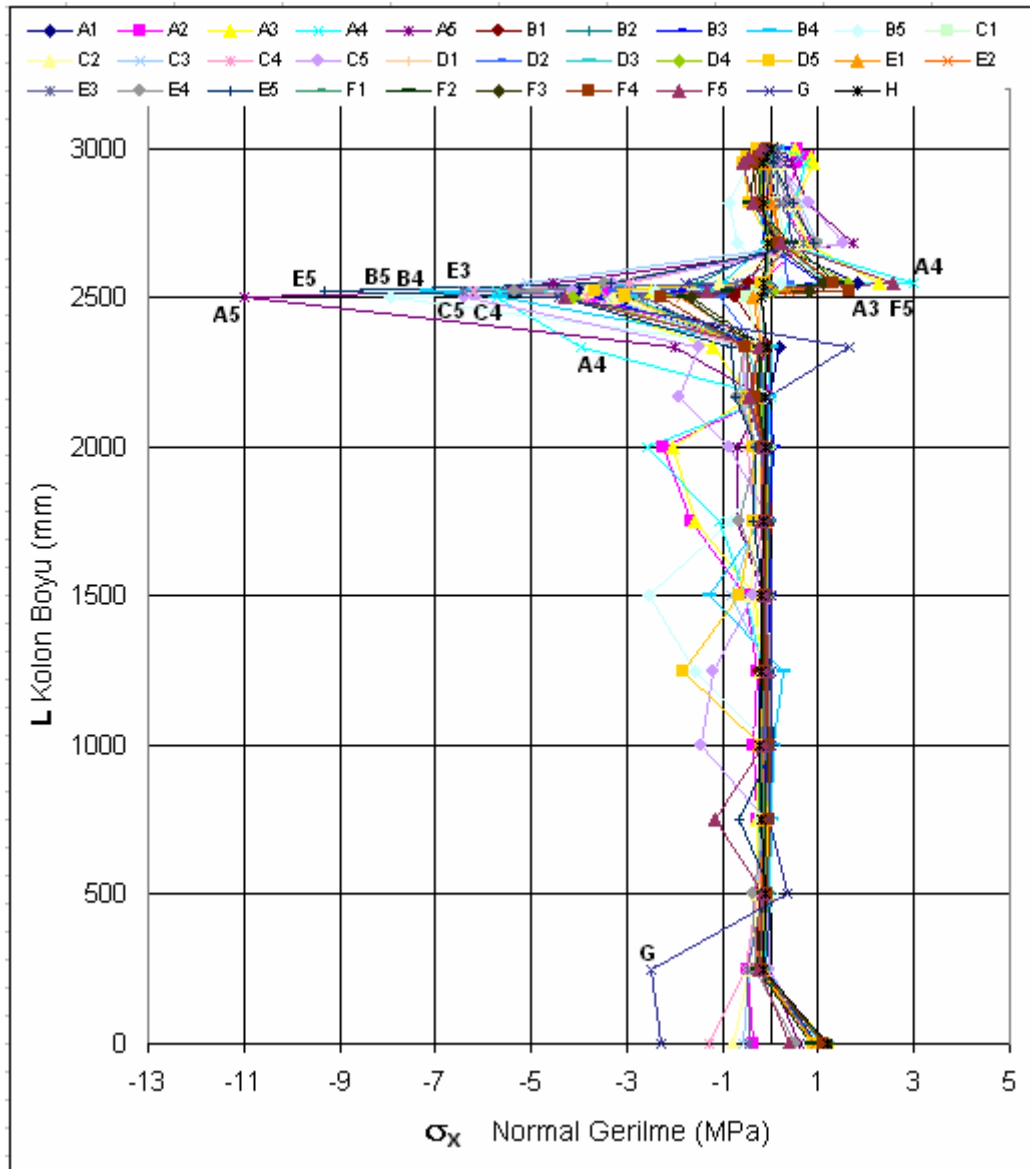
Şekil 5.58. C ve E Tipi yapı modellerinin toplam yatay yük - 2. kat yer değiştirme grafiği

Çalışmada ele alınan yapı modellerinden C ve E tipi yapı modellerinin toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişiminin tepe noktası için karşılaştırılması Şekil 5.58.' de gösterilmiştir. Burada modellerin her biri toplam yüklerle karşı yakın değerlerde mafsallaşmaya başlamıştır. E3, E4, C2, C3 modelleri yaklaşık 250 kN civarlarında doğrusal olmayan davranışlarına başlamışlardır.



Şekil 5.59 B ve D tipi yapı modellerinin toplam yatay yük - 2. kat yer değiştirme grafiği

Yapı modellerinden B ve D tipi yapı modellerinin toplam yükler etkisi altında oluşan yatay yer değiştirme değişiminin tepe noktası için karşılaştırılması Şekil 5.59.' da gösterilmiştir. Burada modellerin her biri toplam yüklere karşı yakın değerlerde mafsallaşmaya başlamıştır. B5 tipi yapı modeli, en düşük yük taşıma kapasitesinde olmakta ve yaklaşık 200 kN civarlarında mafsallaşmaya başlamıştır. B4, D5, D4 modelleri yaklaşık 250 kN civarlarında doğrusal olmayan davranışlarına başlamışlardır.



Şekil 5.60. Tüm yapı modellerinin zemin kat orta kolonları boyunca normal gerilme grafiği

Şekil 5.60 de tüm modellerin zemin katta seçilen orta kolonlarındaki gerilme dağılımı gösterilmiştir. Grafikte genel olarak tüm modellerde kolon boyunun temel üstünden 2500 mm mesafede gerilme değeri en büyük değerlerine ulaşmaktadır. En büyük değer A5 tipi yapı modelinde, daha sonra sırasıyla E5, B5 tipi yapı modellerinde meydana gelmiştir. En az değerler alan model ise G tipi yapı modeli olarak gözlenmiştir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada deprem etkisindeki betonarme yapıların davranışına bölme duvarların etkisini araştırmak amacıyla seçilen 32 farklı tipte yapı modelinin doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda bu yapıların zemin katta seçilen kolon üzerinde gerilme dağılımları, çatlama şekilleri ve deplasman grafikleri, yapının yatay yükler altında zemin ve ikinci kat yer değiştirmelerinin değişimi tek bir grafik üzerinde karşılaştırılarak incelenmiştir.

Analiz sonuçları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuç ve önerilere varılmıştır;

6.1. Gerilmeler açısından

Yapı modellerinde bant pencereler dikkate alındığında yapı davranışını üzerindeki etkileri önemli ölçüde gözlenmiştir. Tuğla duvarlar bitişik oldukları kolonların şekil değiştirmelerini engellemekte ve kolon davranışını değiştirmektedirler. Kolonun önemli bir bölümü yarı perde duvar gibi çalışmakta ve kolon davranışını gösteren kısımda kolon boyu çok kısaldığından oluşan kesme kuvvetlerinde ani artmalar meydana gelmektedir.

Modeller içerisinde en çok zorlanmalar, bant pencere alanlarının fazla olduğu modellerde ve zemin kat komple tuğla duvarsız (G tipi yapı modeli) modelde çıkmıştır. Kolonlardaki zorlanmalar bant pencere kısımlarında yığılmakta ve ani gerilme artışlarına neden olduğundan hasarların bu bölgede yoğunlaşması kaçınılmaz olmaktadır.

Yapı modellerinde zemin kat komple tuğla duvarsız (G tipi yapı modeli) ve zemin kat komple tuğla duvarlı (H tipi yapı modeli) tipi yapı modelleri dışındaki modellerin

tümünde, yatay yük etkisi altında zemin katta seçilen kolon üzerinde meydana gelen en büyük normal gerilmeler bant pencere çevrelerinde oluşmuştur. Bant pencere çevresindeki gerilme artışları pencere köşelerinde artmakta ve çatlamlar bu gölgede belirgin biçimde meydana gelmiştir.

Bu çalışmada zemin katta seçilen orta kolonların üzerinde; temel üstünden bant pencere altına kadar gerilme değerleri genellikle düşük değerlerde çıkmıştır. Normal gerilme değeri bant pencere gelen mesafede artış göstererek, bant pencere üst kısmında en büyük değerlerine ulaşmaktadır. Kolonun bu kısımdaki bant pencerenin varlığı bu sonucu oluşturmaktadır. Bu sonuçlar yapı modellerinin tümünde meydana gelmiştir (Şekil 5.57). Yatay yük etkisi altında taşıyıcı olmayan dolgu duvarlar, bağlı buldukları kolona temas yüzeyleri boyunca kolonun şekil değiştirmesini rijitlikleri ile kısıtlamaktadırlar. Kısıtlanmayan kolon kısmı ise bant pencerenin bulunduğu yerdir. Dolayısıyla kolonun açıkta kalan kısmına kesme kuvveti, normal bant penceresiz duruma göre daha fazla büyüklükte etkimiştir. Yapı modellerinden zemin kattaki kolonlar arasında komple bant pencere bırakıldığında (A5 tipi yapı modeli) gerilmeler diğer modellere göre yüksek değerlerde çıkmıştır. Daha sonra bant pencere boyları çoğunlukla fazladan aza doğru sıralanarak (E5, B5, B4, C5...) gerilme değerleri fazladan aza doğru çıkmıştır (Şekil 5.57).

Tam bant pencere bulunan modellerde, kısmi bant pencere bulunan modeller ile karşılaştırıldığında, kısmi bant pencereli modellerde gerilmeler önemli ölçülerde azalmakta ve komple dolgu duvarlı modele daha yakın davranışı göstermektedir.

6.2. Yer değiştirmeler açısından

Tüm yapı modellerinin yatay yük etkisi altındaki 2. kat ve zemin katları için toplam yer değiştirme grafikleri tek bir grafikte çizilerek, modeller arasında karşılaştırma imkânı bulunmuştur. Bunun sonucu olarak ta kısa kolon oluşumunun farklı formlarının betonarme yapı davranışına etkisi daha net gözlemlenebilmiştir (Şekil 5.56).

Bu çalışmada artan deprem yükü limit değere ulaştığında büyük yer değiştirmeler meydana gelmiştir. Bu yer değiştirmelerle meydana gelen şekil değişimleri, betonarme yapıda çatlama ve kırılmaları meydana getirmiştir. Dolayısıyla çatlama aşırı olduğu yerlerde plastik mafsallar oluşmuştur.

Doğrusal olmayan analiz sonucu yapıya etkiyen toplam yatay yükler altında, yapı maksimum yer değiştirme davranışı biçimdedir. Yapılan çalışmada yapı modellerinin her biri farklı yükler altında mafsallaşmaya başlamıştır. Yatay yük taşıma kapasitesinin en büyük değeri komple tuğla duvarlı (H tipi yapı modeli) yapı üzerinde oluşmakta ve en düşük değeri ise zemin katı komple tuğla duvarsız olan (G tipi yapı modeli) yapı modelinde görülmüştür. Zemin katı komple tuğla duvarsız olan yapı modeli yumuşak kat davranışı göstermiş ve yatay yük taşıma kapasitesi diğer modellere göre oldukça düşük değerlerdedir. Dolayısıyla düşük yük taşıma kapasitesi değerlerinde mafsallaşmaya başlamıştır.

6.3. Öneriler

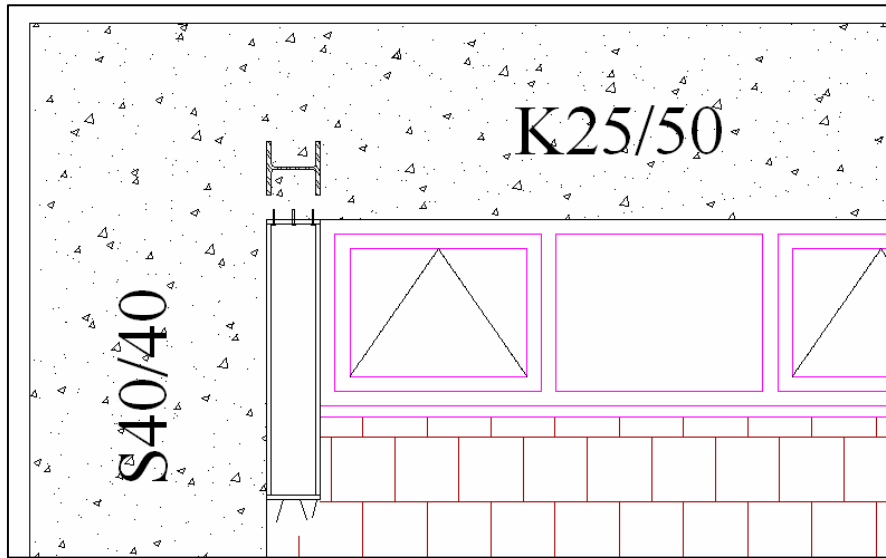
Yapılan bu çalışma sonucunda yapı sistemlerinde oldukça sık karşılaşılan band pencere yapıların deprem etkisindeki gerçek davranışlarında oldukça önemli olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla yapının deprem yükleri altında yer değiştirmeleri, yapıda oluşan çatlama durumu ve yerleri, yatay yük taşıma kapasite değerleri üzerinde önemli etkisi olduğu görülmüştür. Yapı sistemlerinin analizinde gerçek dışı sonuçların elde edilmemesi için bu etkilerin dikkate alınması gerekmektedir.

Kısa kolon oluşumundan dolayı meydana gelen deprem hasarı, tuğla duvarların bitişik oldukları kolonların şekil değiştirmelerini engellemekte ve kolon davranışını değiştirmektedir. Kolonun önemli bir bölümü yarı perde duvar gibi çalışmakta ve kolon davranışını gösteren kısımda kolon boyu çok kısaldığından oluşan kesme kuvvetlerinde ani artmalar meydana gelmektedir. Tasarım aşamasında bu artmalara tedbir alınmadığı takdirde hasarlar kaçınılmaz olmaktadır.

Zemin katta bant pencere bulunan yapı sistemlerinin davranışının incelenmesi, hasar oluşturabilecek nedenlerin gerçekçi bir biçimde ortaya konması, bu tip yapıların tasarımından kaçınılması, eğer bu durum zorunlu ise gerekli analizlerin yapılarak önlemlerin alınması önerilmektedir.

Bu çalışmada şu yorumu getirmek mümkündür; zemin katta bant pencere boşluk alanları ile yapı dayanımsızlığı doğru orantılıdır. Dolayısıyla yapı tasarım aşamasında bant pencerelerden kaçınılmaya çalışılmalıdır. Eğer bant pencere yapımı zorunlu ise, bant pencerelerin bulunduğu tuğla duvarların bağlantılı olduğu kolonlarda aşağıdaki öneri getirilebilir.

Bant pencerenin oluşturduğu boşlukta yapılmayan tuğla duvarın rijitliği hesaplanır. Bu rijitlik değerini sağlayacak çelik profiller, tuğla duvarların bant pencere düşey yüzeylerine, yeteri uzunluklarda konarak kısa kolon oluşumu önlenir (Şekil 6.1.6). Bu önerinin denenmesi gerekir ve faydalı olur.



Şekil 6.1. Önerilen sistem detayı

KAYNAKLAR

- [1] BODUROĞLU, M.H., GÜNEY, D. Deprem Etkisi Altındaki Simetrik Ve Asimetrik Yapıların, Lineer Olmayan Tepkilerine Dolgu Duvarların Katkısı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İTÜ Dergisi, Cilt:5, Sayı:3, Kısım:2, 165-174, Haziran 2006
- [2] DUMANOĞLU, A.A., CAKIROĞLU, Zemine Kısmen Gömülü Yapıların İki Boyutlu Lineer Olmayan Deprem Analizi , Türk Deprem Vakfı, Teknik Rapor, TDV/TR 042-73, Aralık 2001
- [3] SEZEN, H., WHITTAKER, A.S., ELWOOD, K.J., MOSALAM, K.M., Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practice in Turkey, Engineering Structures, vol. 25 (2003) pp. 103–114.
- [4] DÖNMEZ, S., Deprem Etkisinde Betonarme Binalarda Hasarın Oluşmasında Dolgu Duvarların Modellenmesi Ve Taşıyıcı Sisteme Katkısı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Ocak 2006.
- [5] ÖZDOĞDU, O., Deprem Etkisi Altındaki Binaların Davranışına Dolgu Duvarların Etkisi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2006.
- [6] YALÇIN, E., Dolgu Duvarların Ve Konumlarının Çok Katlı Betonarme Yapıların Deprem Kuvvetleri Altındaki Davranışına Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Şubat 1999.
- [7] KÖKSAL, E., KÖKSAL, H.O., YILDIRIM, H., Eksenel Basıç Altında Beton Briket Yığma Prizmaların Sonlu Eleman Analizi, İMO Teknik Dergi, 2004 3249-3265, Yazı 218.
- [8] ALİAARİ M., MEMARİ A.M., Analysis of Masonry In filled Steel Frames with Seismic Isolator Sub frames, Engineering Structures 27 (2005) pp.487- 500
- [9] ÇAĞATAY, İ.H., Failure of an Industrial Building During a Recent Earthquake in Turkey, Engineering Failure Analysis 12 (2005) pp.497-507

- [10] KARAKOSTAS, C., et al., Seismic Response of Structures and Infrastructure Facilities During The Lefkada, Greece Earthquake of 14/8/2003, Engineering Structures 27 (2005) pp.213- 227
- [11] SAĞLAMER, G. ve Arkadaşları, 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi İstanbul Teknik Üniversitesi Ön Değerlendirme Raporu, 1999
- [12] BACHMANN, H., Seismic Conceptual Design of Buildings – Basic Principles for engineers, architects, building owners, and authorities, Federal Department of Foreign Affairs (DFA), Federal Department of the Environment, Transport, Energy and Communications (DETEC), Zurich, December 2002
- [13] CELEP, Z., KUMBASAR, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul 2004.
- [14] ATIMTAY, E., Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2000.
- [15] FEA, "LUSAS Finite Element Library", Finite Element Analysis Ltd., Australian National University, pp.3.13-3.
- [16] FEA, "LUSAS User Manual", Finite Element Analysis Ltd., Australian National University, pp.4.217-4.251
- [17] ÇAĞATAY, İ.H., Failure Of An Industrial Building During A Recent Earthquake In Turkey, Engineer Failure Analysis, 12 (2005) 497-507.
- [18] ÖZCEBE, G., ERSOY, U., TANKUT, T., ERDURAN, E., KESKİN O., MERTOL, H.C., Strengthening Of Brick- in filled RC Frames With CFRP, Yapı Mühendisliği Araştırma Ünitesi, TÜBİTAK-OTDÜ, 2003 YMAÜ
- [19] ARSLAN, M.H., KORKMAZ, H.H., What Is To Be Learned From Damage And Failure Of Reinforced Concrete Structures During Recent Earthquakes in Turkey?, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2006.
- [20] GABOR, A., FERRIER, E., JACQUELİN, P., HAMELİN G., Analysis and Modeling of the in Plane Shear Behavior of Hollow Brick Masonry Panels, University Claude Bernard Lyon, Construction and Building Materials 20 (2006) 308-321.
- [21] ÖZER, E., Yapı sistemlerinin lineer olmayan analizi ders notları, 19 Aralık 2004, <http://www.ins.itu.edu.tr/eozer>

- [22] GUINEA, G.V., HUSSEINB, G., ELICESA, M., PLANASA, J.,
Micromechanical Modeling Of Brick-Masonry Fracture, Aim Shams
University, Cement and Concrete Research 30 (2000) 731-737 January,
2000

ÖZGEÇMİŞ

Mahir MUTLU 01.05.1981 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamlamıştır. 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden, 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2005' de Kılıç İnş.Ltd.Şti. (Kartal E-Tipi Cezaevi İnşaatı) de şantiye mühendisi olarak çalıştı. 2006 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi Mesken Müdürlüğünde sosyal konut inşaatlarında kontrol mühendisi olarak çalışmaya başlamış ve halen bu görevi sürdürmektedir.