

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hayri ÜN

EKİM 1998

DENİZLİ

78611

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI

Hayri ÜN

Tez Savunma Tarihi : 07.10.1998

Tezin Danışmanı : Doç. Dr. Hasan KAPLAN

EKİM 1998

DENİZLİ

78611

Hayri ÜN tarafından YÜKSEK LİSANS tezi olarak sunulan “Taşıyıcı Sistem Tasarımı” başlıklı bu çalışma, jürimizce Pamukkale Üniversitesi Lisansüstü Öğretim ve Sınav Yönergesinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

1 / 1998

Üye : Doç. Dr. Hasan KAPLAN



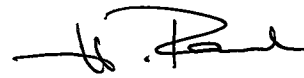
Üye : Prof. Dr. İbrahim ALYANAK



Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman ŞİMŞEK



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 31.12.1998.. tarih ve 33/1-1..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Hikmet RENDE

Enstitü Müdür

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programında yapılmıştır.

Çalışmada taşıyıcı sistem tasarımında projedeki elemanlarda oluşacak olan kesit tesirlerinin belirlenmesinde kullanılan hesap yöntemleri karşılaştırılmıştır. Taşıyıcı sistemin düzlem ve uzay olarak modellenmesi halinde elemanlarda meydana gelen kesit tesirlerinin değişimi incelenmiştir. Binanın sadece bodrum katında yer alan perdelerin taşıyıcı sistem davranışına etkisi araştırılmıştır.

Bu çalışmada beni yönlendiren, her türlü yardımı ve eleştiriyi esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Hasan Kaplan'a, çalışmam esnasında bana her zaman yardımcı olan mesai arkadaşım Araş. Gör. Şevket Murat ŞENEL'e ve katkılarını esirgemeyen bütün mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
TABLO LİSTESİ	VII
RESİM LİSTESİ	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT	X
1. GİRİŞ	1
1.1- Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
1.2. Taşıyıcı Sistem Tasarımı	5
1.2.1. Mimari Tasarım	5
1.2.2. Taşıyıcı Sistem Seçimi Ve Boyutlandırma	6
1.2.3. Kolon, Tüp Ve Perde Seçimi	7
1.3. Önceki Çalışmalar	8
2. AÇI, CROSS VE RİJİTLİK MATRİSİ YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	14
2.1. Açı yöntemi	14
2.2. Cross Yöntemine Göre Çözüm	19
2.3. Rijitlik Matrisi Yöntemi ile Çözüm	22
Kodlama Tablosu	23
2.4. Elde edilen sonuçların karşılaştırılması	29
2.4.1. Oluşan Deplasmanların Çizimi	30
2.4.3. Değişik Örneklerin Moment Sonuçlarının Karşılaştırılması	32
2.4. Deneysel Çalışma	34
3. DÜZLEM ÇÖZÜMLER İLE UZAY ÇÖZÜMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	40
3.1. Giriş	40

3.2. Düzlem ve Uzay Çözüm Elemanları	41
3.2. Dinamik Analiz	42
3.3. SAP90 Programına Göre Sistemin Çözümü	42
3.4. Deplasmanlar ve Kesit Tesirleri	47
3.4.1. Düğüm Noktalarının Dinamik Yükler Altındaki Deformasyonları	47
3.4.2. Elemanlarda Dinamik Yükler Altındaki Kesit Tesirleri	48
4. BODRUM KATA YERLEŞTİRİLEN PERDE DUVARLARIN TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞINA ETKİSİ	53
4.1. Taşıyıcı Sistemler	53
4.1.1. Çerçevesiz Betonarme Yapılar	53
4.1.2. Perde Duvarlı Betonarme Yapılar	53
4.1.3. Perde Duvarlı-Çerçevesiz Sistemler	54
4.2. Perde Duvarlar	55
4.2.1. Perde Duvarların Tanımı ve İşlevi	55
4.2.2. Perde Duvarların Düzenlenmesi	56
4.2.3. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte Perde Duvarlar İçin Verilen Esaslar	57
4.4. Yapının Planda Uygunluğu	58
4.5. Örnek Sistemler	59
4.5.1. Modellenen Sistemin Sap90 Data Dosyası	60
4.6. Modellenen Sistemlerin Deforme Olmuş Şekilleri	68
4.6.1. Perdesiz Durum	68
4.6.2. Dört Taraflı Perdeli Durum	69
4.6.3. Üç Taraflı Perdeli İki Kısa Yönde Perdeli Durum	70
4.6.4. Üç Taraflı Perdeli İki Uzun Yönde Perdeli Durum	71
4.6.5. İki Kısa Kenarlı Perdeli Durum	72
4.6.6. İki Uzun Kenarlı Perdeli Durum	73
4.6.7. Bir Uzun Bir Kısa Kenarlı Perdeli Durum	74
4.6.8. Bir Kısa Kenarlı Perdeli Durum	75
4.6.9. Bir Uzun Kenarlı Perdeli Durum	76
4.6. Modellenen Sistemdeki Düğüm Deplasmanları ve Eleman Kesit Tesirleri	77
4.6.1. Düğüm Deplasmanları	77

IV

4.6.2. Eleman Kesit Tesirleri	82
4.6.2.1. X yönünde Deprem İvmesi Etkimesi Durumu	82
4.6.2.2. Y yönünde Deprem İvmesi Etkimesi Durumu	88
5. SONUÇLAR	94
KAYNAKLAR	96



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Kolon ve perdelerden oluşan bir taşıyıcı sistem	3
Şekil 2.1. Düğüm noktası sabit sistemler	14
Şekil 2.2. Düğüm noktası hareketli sistemler	14
Şekil 2.4. Örneklerde mesnet bölgesindeki moment sonuçlarının karşılaştırılması	32
Şekil 2.5. Örneklerde mesnet bölgesindeki moment sonuçlarının karşılaştırılması	33
Şekil 2.6. Seçilen sistem ve yükleme şekli	35
Şekil 2.7. Rijitlik matrisi metoduna göre deforme olmuş şekil	38
Şekil 2.8. Kuvvet deplasman grafiği	38
Şekil 3.1. Seçilen sistemin kolon-perde yerleşim planı	40
Şekil 3.2. Düzlem çözümlerde çubuk elemanda dikkate alınan kesit tesirleri	41
Şekil 3.3. Uzay çözümlerde çubuk elemanda dikkate alınan kesit tesirleri	41
Şekil 3.4. Seçilen sistemin uzay olarak görünüşü	43
Şekil 3.5. A-A aksının deforme olmamış şekli	43
Şekil 3.6. B-B aksının deforme olmamış şekli	44
Şekil 3.7. Sistemin düşey yükler altında deforme olmuş şekli	44
Şekil 3.8. Sistemin dinamik yükler altında deforme olmuş şekli	45
Şekil 3.10. A-A aksının dinamik yükler altında deforme olmuş şekli	46
Şekil 3.11. B-B aksının düşey yükler altında deforme olmuş şekli	46
Şekil 3.12. B-B aksının dinamik yükler altında deforme olmuş şekli	47
Şekil 3.13. Seçilen düğümlerdeki deplasman değerleri	50
Şekil 3.14. Seçilen elemanlarda dinamik yükler altındaki moment karşılaştırması	51
Şekil 4.1. Perde duvar elemanı	55
Şekil 4.2. Modellenen sistemin üç boyutlu olarak görünüşü.	66
Şekil 4.3. Modellenen sistem üzerinde seçilen düğüm ve eleman numaraları	66
Şekil 4.4. Modellenen sistem üzerinde perde duvarların yerleşim biçimi	67
Şekil 4.5. Perdesiz durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu	68
Şekil 4.6. Perdesiz durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu	68
Şekil 4.7. Dört tarafı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu	69
Şekil 4.8. Dört tarafı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu	69

Şekil 4.9. Üç tarafı perdeli iki kısa perdeli durum kısa yönde yatay yük etkime durumu	70
Şekil 4.10. Üç yönü perdeli iki kısa perdeli durum Uzun yönde yatay yük etkime durumu	70
Şekil 4.11. Üç yönü perdeli iki uzun perdeli durum kısa yönde yatay yük etkime durumu	71
Şekil 4.12. Üç yönü perdeli iki uzun perdeli durum uzun yönde yatay yük etkime durumu	71
Şekil 4.13. İki kısa kenarı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu	72
Şekil 4.14. İki kısa kenarı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu	72
Şekil 4.15. İki uzun kenarı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu	73
Şekil 4.16. İki uzun kenarı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu	73
Şekil 4.17. Bir kısa bir uzun perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu	74
Şekil 4.18. Bir kısa bir uzun perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu	74
Şekil 4.19. Bir kısa kenarı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu	75
Şekil 4.20. Bir kısa kenarı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu	75
Şekil 4.21. Bir uzun kenarı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu	76
Şekil 4.22. Bir uzun kenarı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu	76
Şekil 4.23. 17 nolu düğüme ait deformasyonlar	78
Şekil 4.24. 45 nolu düğüme ait deformasyonlar	79
Şekil 4.25. 17 nolu düğüme ait deformasyonlar	80
Şekil 4.26. 45 nolu düğüme ait deformasyonlar	80
Şekil 4.27. 1 nolu elemana ait kesit tesirleri	82
Şekil 4.28. 41 nolu elemana ait kesit tesirleri	83
Şekil 4.29. 13 nolu elemana ait kesit tesirleri	84
Şekil 4.30. 53 nolu elemana ait kesit tesirleri	85
Şekil 4.31. 3 nolu elemana ait kesit tesirleri	86
Şekil 4.32. 43 nolu elemana ait kesit tesirleri	87
Şekil 4.33. 1 nolu elemana ait kesit tesirleri	88
Şekil 4.34. 41 nolu elemana ait kesit tesirleri	89
Şekil 4.35. 13 nolu elemana ait kesit tesirleri	90
Şekil 4.36. 53 nolu elemana ait kesit tesirleri	91
Şekil 4.37. 3 nolu elemana ait kesit tesirleri	92
Şekil 4.38. 43 nolu elemana ait kesit tesirleri	93

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Elde Edilen Deplasmanlar:	29
Tablo 2.2. Belirlenen Noktalarda Ölçülen Deplasman Değerleri	36
Tablo 2.3. 2 Nolu Noktadaki Deneysel Veriler ile Rijitlik Matrisi Deplasmanlar Verilerinin Karşılaştırılması	38
Tablo 3.1 Seçilen Düğüm Noktalarının Dinamik Yükler Altındaki Deplasmanları	50
Tablo 3.2 Seçilen elemanlarda dinamik yükler altındaki kesit tesirleri	51
Tablo 4.1 Perde Duvarlar ile İlgili Konstrüktif Esaslar	58
Tablo 4.2. X yönünde Deprem Kuvveti Etkimesi Durumunda 17 nolu Düğümdeki Deformasyonlar	77
Tablo 4.3. X yönünde Deprem Kuvveti Etkimesi Durumunda 45 nolu Düğümdeki Deformasyonlar	78
Tablo 4.4. Y yönünde Deprem Kuvveti Etkimesi Durumunda 17 nolu Düğümdeki Deformasyonlar	79
Tablo 4.5. Y yönünde Deprem Kuvveti Etkimesi Durumunda 45 nolu Düğümdeki Deformasyonlar	80
Tablo 4.6. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 1 Nolu Elemanın Kesit Tesirleri	82
Tablo 4.7. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 41 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	83
Tablo 4.8. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 13 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	84
Tablo 4.9. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 53 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	85
Tablo 4.10. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 3 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	86
Tablo 4.11. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 43 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	87
Tablo 4.12. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 1 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	88
Tablo 4.13. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 41 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	89
Tablo 4.14. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 13 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	90
Tablo 4.15. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 53 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	91
Tablo 4.16. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 3 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	92
Tablo 4.17. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 43 nolu Elemanın Kesit Tesirleri	93

RESİM LİSTESİ

Sayfa

Resim 2.1. Seçilen sistemin genel görünüşü	34
Resim 2.2. Sistemde oluşan deplasmanları ölçmeye yarayan deplasman ölçerler	34
Resim 2.3. Test çerçevesi	36
Resim 2.4. Sistemin deforme olmuş şekli	37
Resim 2.5. Sistemin deforme olmuş şeklinin yakından görünüşü	37



ÖZET

Çalışmada taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak kesit tesirlerinin hesaplanmasında kullanılan hesap yöntemleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla ele alınan 22 örnek üzerinde değişik yöntemlere göre çözüm yapılmıştır. Elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında, düğüm noktalarını sabit kabul ederek çözüm yapan yöntemlerin, yaklaşık sonuçlar verdikleri ve gerçek davranışı yansıtmadıkları görülmüştür.

Bir taşıyıcı sistemin iki boyutlu ve üç boyutlu deprem analizleri yapılarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. İki boyutlu çözümlerden elde edilen sonuçlar yaklaşık olmakta ve gerçek davranışı yansıtmamaktadır.

Binanın sadece bodrum katında yer alan perde duvarların taşıyıcı sistem davranışına etkisi araştırılmıştır. Bir yapının sadece bodrum katı kenar akslarına değişik şekillerde perde duvarlar yerleştirilmiş ve sistem çözülmüştür. Perde duvarların simetrik yerleştirilmemesi durumunda kolonlarda burulma momentlerinin oluştuğu görülmüştür. Yapıda sadece bodrum kata yerleştirilen perde duvarların simetrik yerleştirmesi veya bodrum kata yerleştirilen perde duvarların diğer kolonlardan derzlerle ayrılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

ABSTRACT

In this work, the analyzing methods which are used to solve the element forces of the project elements, are compared. Twenty two models are determined and solved with different solution methods. It is shown that the methods that accept the joints as fixed, do not give the correct results and do not describe the real behavior.

The earthquake design analyzed by plane solutions and space solutions are compared on a model. The results given by plane solutions are approximate and do not describe the real behavior.

The effect of the share walls that have been settled at only basement, has been studied. These share walls have been settled at only basement with different geometries, and system has been analyzed. There has been axial torque on the columns as the share walls did not settled symmetric. So that those kind of share walls have to be built symmetric or have to be separated from the other columns by the spaces.

1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinin görevi, insanların içinde yaşadıkları mekanları, güvenli, ekonomik ve fonksiyonel olacak şekilde planlamak ve inşa etmektir. Bu amaca yönelik olarak, inşaat mühendisi, projelerinde ve uygulamalarında gelişen teknolojiden yararlanmak zorundadır. 1980'li yıllarda defter büyüklüğündeki bir bilgisayar ile boyutu onbinlere varan bir denklem sisteminin çözülebileceği hayal edilemezken, günümüzde bu gerçekleşmiş ve basit kabuller içeren klasik yöntemler yerini daha gerçekçi çözümler sunan modern yöntemlere bırakmıştır. Her gün gelişen teknik imkanların uygulamaya aktarılmasında mühendislere önemli görev düşmektedir.

Ülkemiz topraklarının %80'inden fazlası deprem kuşağında yer almaktadır. Orta şiddette bile olsa her deprem afeti sonrasında büyük can ve mal kayıpları ortaya çıkmakta, ülke maddi ve manevi olarak zarar görmektedir. Son yıllarda olan ve kent merkezlerinde betonarme yapıların depreme dayanıksız olduğunu ortaya koyan depremlerden alınması gereken önemli dersler vardır.

Gelişmekte olan ülkelerde sınırlı ekonomik kaynaklar nedeni ile, bu kaynakların depreme dayanıklı yapı üretiminde en etkin şekilde kullanımı gerekmektedir. Depreme dayanıklı yapı yapımında, maliyeti aşırı derecede artırıcı çözümler yerine, araştırmalara dayalı daha uygun çözümler kullanılmalıdır.

Depreme dayanıklı yapı yapabilmek yalnızca teknik bir sorun değildir. Aynı zamanda bunu etkileyen sosyal ve ekonomik faktörler de vardır. Bu nedenle daha az riskli ve ilave maliyetlerin azaltılması, hem ülke ekonomisi açısından kaynakların akılcı kullanılması hem de deprem hasarının en aza indirilmesi sağlanmalıdır.

Bugün önemli olan şu ya da bu biçimde olan bir mimari tasarımın gerçekleşme olanağının bulunup bulunmadığını değil de gerçekleşmesinin doğru olup olmadığıdır .

Çok katlı yapılarda, artan kat sayısına paralel olarak yapıya gelen deprem kuvvetleri de artmakta ve yapı daha fazla yatay kuvvete maruz kalmaktadır. Artan bu yatay

tesirlerin yalnız çerçeve taşıyıcı elemanları ile karşılanması, kolon kesitlerinin aşırı derecede büyümesine neden olacağından gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle gerekse maliyet bakımından uygun bir çözüm şekli değildir. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentlerine maruz kalmaktadırlar. Bu durumda yatay etkilere karşı, rijitliği kolonlara nazaran daha fazla olan Perde elemanlar tercih edilmektedir. Ancak bu tercihin yerleştirilmesi hususunda gayet hassas davranılmalıdır.

Perdelerin gerekli olup olmadığı konusunda artık günümüzde bir tereddüt söz konusu değildir. İyi projelendirilmiş ve iyi bir şekilde inşa edilmiş yapılardan, perdeli olan yapıların deprem sonrası durumları ile çerçeveli olanların deprem sonrası durumları incelendiğinde ortaya perde duvarlı sistemlerin lehine bir sonuç çıkmaktadır.

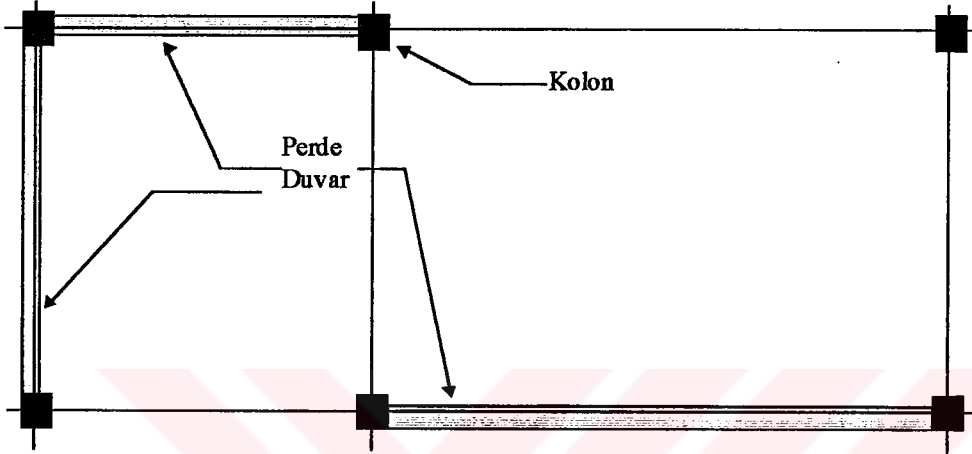
Perde duvarların davranışı, bir ucu zemine ya da temel yapısına ankastre olan konsol kirişlere benzetilebilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli bir husus da yatay ötelenmelerin belirli limitler altında kalmasının sağlanmasıdır.

1.1- Çalışmanın Amacı ve Önemi

Gelişen teknoloji ve bilgilerle beraber inşaat mühendisliği sahasında da bir çok yönetmelik ve şartnameler değişmektedir. Daha önceden el ile çözüm yapılmakta iken şu anda bilgisayar ile daha detaylı ve hızlı bir şekilde çözüm yapılmaktadır. Çoğu üniversitede hala lisans seviyesinde hiperstatik sistemlerin çözümünde anlatılan Cross ve Açı yöntemleri genellikle iki boyutlu çözüm yapmakta ve özellikle düğüm deplasmanlarını ihmal etmektedir. Bu yüzden sistemin asıl davranışı hakkında bize hatalı sonuçlar vermektedir. Düğüm deplasmanları ihmal edilmeden "rijitlik matrisi" yardımıyla çözüm yapıldığında daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca rijitlik matrisi ile çözüm üç boyutlu çözüm yapmaya imkan sağlamaktadır. Özellikle burulma momenti etkilerinin göz önünde bulundurulması gereken durumlarda kesinlikle üç boyutlu çözüm yapılması gerekmektedir.

Çalışmada projedeki elemanların iki veya üç boyutlu modellenmesi durumlarında elemanlarda meydana gelen kesit tesirleri ile çözümleme sırasında düğüm deplasmanlarının ihmal edilip edilmemesi durumlarına göre sistem incelenecek ve her iki durum için oluşan momentler ve kesme kuvvetleri karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırmaların yanında sadece bodrum katta bulunan perde duvarların sistem davranışına etkisi araştırılmıştır.



Şekil 1.1 Kolon ve perdelerden oluşan bir taşıyıcı sistem

Örneğin şekil 1.1'deki gibi bir sistemde değişik akslara göre İki boyutlu çözüm yapıldığında ve o akslarda ortaya çıkan moment ve kesme kuvvetlerine göre sistem güvenli bir şekilde projelendirilse bile yine de proje eksik olacak ve olası bir depremde binada hasarlar oluşabilecektir.

Rijitlik matrisi yöntemi ile çözüm yapıldığında binlerle ifade edilebilecek boyutlu matrisler ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden günümüzde üç boyutlu çözüm yapan programlar geliştirilmiştir. Bunlardan birisi de "SAP90" paket programıdır. Bu çalışmada rijitlik matrisi yöntemini kullanarak çözüm yapan "SAP90" paket programı kullanılarak tipik bir taşıyıcı sistem ele alınarak çözülecektir.

Çalışmada aşağıda izah edilen tipte bir taşıyıcı sistem ele alınarak incelenecektir.

Taşıyıcı sistem üç katlı x ve y doğrultularında farklı boyutlu bir sistem olacaktır. Genelde perde duvarlar bodrum katta alınarak;

1. Uzun doğrultuda simetrik perde duvar olması,
2. Kısa doğrultuda simetrik perde duvar olması,
3. Her iki doğrultuda simetrik perde duvar olması,
4. Simetrik olmayan perde duvar olması, gibi değişik perde duvar birleşimleri ele alınarak çözümler yapılacaktır.

Depremlerin yol açtığı can ve mal kaybının tümünün yapılarda meydana gelen hasarın sonucu olması ve bina yapmanın da inşaat mühendisinin görevi oluşu ister istemez inşaat mühendisinin depreme dayanıklı yapı tasarımını bilmesini gerektirmektedir. Bir insanın hayatını emniyetli ve huzur içinde devam ettirebilmesi için, barındığı ve günlük hayatını içinde geçirdiği mekanların önemi büyüktür. Bir afet sonrası, içinde barınılan yapıların telafisi mümkün olmayan can ve mal kaybına yol açması bunu açık bir şekilde göstermektedir. İnsanların, hem kendi hem de başkalarının canı ve malı ile ödeyeceği hataları bilerek yapması düşünülemez. Ancak hala, ülkemizde olan her depremde bir çok can ve mal kaybı gözlenmektedir.

Ülkemizde gözlenen deprem hasarlarının büyük bir kısmının seçilen mimari ve taşıyıcı sistemin depreme uygun olmamasından kaynaklandığı görülmüştür. Bu nedenle, yatay yük taşıyıcı sistemler üzerindeki araştırmaların yapılarak bu tür sistemlerin kullanılması yaygınlaştırılmalıdır.

Yapının depreme dayanıklı olarak nitelenmesi için gerekli olan şartlardan biri de, yapının yeterli miktarda yatay rijitliğe sahip olmasıdır. Deprem ve rüzgar gibi dinamik etkiler bina yüksekliği arttıkça fazlalaşmaktadır.

Yapılarda büyük deprem kuvvetlerini taşıyabilme ve yatay ötelemeleri kısıtlayarak yapı içindeki eşyaların ve taşıyıcı olmayan bölümlerin küçük ve orta şiddetli depremlerdeki hasarını önlemek için perde duvarlar en uygun çözümdür. Salt perde duvarlı taşıyıcı sistemi olan yapılar olduğu gibi içinde hem çerçeve hem de perde duvarı olan taşıyıcı sistemli yapılar da olmaktadır.

1.2. Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Taşıyıcı sistem tasarımında, sistemin oluşturulması ve çözülmesi aşamasında, aşağıdaki sıralamaya uyulmaktadır.

1. Mimari Tasarım (Avam Proje, kesin Proje, Uygulama Projesi)
2. Malzeme ve işçilik seçimi
3. Taşıyıcı Sistem Seçimi
 - a. Döşeme seçimi
 - b. Kiriş seçimi
 - c. Kolon, Tüp, Perde seçimi
 - d. Temel Seçimi
4. Yapısal Analiz için Gerekli Etüdler
 - a. Zemin Etüdü
 - b. Deprem Etüdü
 - c. Rüzgar Etüdü
 - d. Malzeme Etüdü
5. Yapısal Analiz
 - a. Yapısal modelleme
 - b. Düşey yük analizi
 - c. Yatay Yük Analizi
 - d. Betonarme Kesit hesabı
 - e. Rüzgar, Sünme, Rötne ve Isı Hesabı
 - f. Temel Hesabı

1.2.1. Mimari Tasarım

Bir yapının en elverişsiz durumlarda dahi ayakta kalmasını, göçme durumuna gelmemesini isteriz. Yapıyı oluşturan bütün elemanların limit durumuna gelmeden çalışmasını isteriz. Yapılan bütün hesaplar bu doğrultudadır. Yapının yalnızca işletme yüklerine karşı değil; ülkemizde olasılığı çok yüksek olan deprem yüklerine, rüzgar, kar ve ısı yüklerine karşı da dayanımlı olması istenmektedir. Daha başlangıçta mimari tasarımda

yapılan hatalı şekiller, yanlış geometri seçimleri, estetik ve görünüş kaygıları nedeniyle yapılan hatalı şekiller yapıyı önemli ölçüde riske sokmaktadır. Deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde özellikle yüksek katlı yapılarda mimari yönden sakıncalı bir geometri seçildiği takdirde, çoğu kez bunun doğurduğu göçme olasılığını taşıyıcı sistem elemanlarıyla gidermek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle tasarım aşamasında aşağıdaki ilkelere uyulması gerekmektedir.

1. Bina, planda olabildiğince basit geometrik ve simetrik şekilde olmalıdır.
2. Bina planındaki girinti ve çıkıntılar, önemli ölçüdeki döşeme yırtıkları da deprem açısından oldukça sakıncalıdır. Bu girinti ve çıkıntılar nedeniyle köşelerde gerilme yığılması, eksantrisiteden dolayı aşırı burulma etkileri meydana gelecektir. Döşemede bulunan fazla oranda yırtıklar da, diyafram süreksizliğini meydana getireceğinden deprem açısından sakıncalıdır.
3. Geometrik olarak simetrik olmayan durumların ve yine plandaki girinti ve çıkıntılarının etkisini ortadan kaldırmak için plan derzlerle bölünerek basit şekillere ayrılmalı veya o bölgede (burulmayı engelleyici yönde) perde yoğunlaştırılması yapılmalıdır.
4. Bilindiği gibi dolgu duvarlar yapıya önemli bir rijitlik kazandırmakta, deprem açısından taşıyıcı elemanlar gibi çalışmaktadır. Herhangi bir katının tuğla veya benzeri malzemeli duvarla örülmemiş yumuşak katlı yapılar deprem açısından oldukça sakıncalıdır. Hesaplarda bu durumun dikkate alınabilmesine rağmen yapı davranışını oldukça etkilemektedir.
5. Plandaki herhangi bir kenarı veya kenarları büyük olan yapılar (35 m.'den yukarı) titreşim, ısı, rötne ve farklı oturmalar sebebi ile uygun dilatasyonlar ile ayrılmalıdır.

1.2.2. Taşıyıcı Sistem Seçimi Ve Boyutlandırma

Bir yapının taşıyıcı sistemi, öncelikle mimari tasarımına ve yapının kullanım amacına (işlevine) uygun olmalıdır. Sistem makine ve elektrik tesisatlarına kolay kullanım imkanı vermelidir. Sistem elemanları ısı ve ses köprüsü oluşturmamalı, yangına karşı dayanıklı olmalıdır. Gerekliyse korunmalıdır. Bunların dışında en önemlisi, yapı yatay ve

düşey yükler altında dengede olmalı, olası deprem yüklerine karşı yeterli dayanımı sağlamalıdır. Ayrıca ekonomiklik sağlanmalıdır.

Türkiye’de yakın zamana kadar kolon kiriş türünden az katlı (1-6 katlı) çerçeve sistemli binalar yapılırken teknolojik gelişmelere paralel olarak çeşitli yapı sistemleri gelişmiştir. Birtakım yönetmeliklere de girmiş olan bu sistemlerin bazıları aşağıdadır.

- Yığma yapılar
- Kolon kiriş sistemli çerçeve karkas yapılar
- Perdeli sistemler
- Tüp sistemler
- Tüp, perde ve çerçeveli sistemler
- Çelik yapılar
- Kompozit yapılar

1.2.3. Kolon, Tüp Ve Perde Seçimi

Kolonlar doğru eksenli, düşey taşıyıcı elemanlardır. Narin kolonların yük taşıma kapasitesi uzunluğu ile ters orantılıdır. Bu narinlikten dolayı uzun kolonlarda burkulma ve stabilite çok önemlidir. Kısa kolonlarda ise bunun tam tersi kesme kuvvetleri sorun oluşturur.

Perde duvarlar, uzun kenar ile kısa kenar kalınlığının arasındaki oranın 7 katı olan elemanlardır.

Tüp sistemler ise, planda etrafı taşıyıcı duvarlarla çevrilmiş sistemlerdir. Asansör ve merdiven çevresindeki perdelerden oluşan kısım tüp sistem olarak adlandırılır.

Türkiye’de ve dünyada, yapı tasarımında (özellikle yüksek yapı) en çok kullanılan düşey taşıyıcılar kolon ve perdelerden oluşan sistemlerdir. Bu tür sistemler depreme karşı oldukça dayanıklıdır. Bir deprem anında öncelikle yapıdaki perde ve çekirdekler zorlanmakta, daha sonra sünek çerçeveler devreye girerek göçmeyi önlemektedir. Bununla

beraber kirişlerde birleştirilmiş perdelerden oluşan yapı sistemleri de deprem zorlarına karşı oldukça dayanıklı bir davranış göstermektedir.

Düsey taşıyıcıların yerleştirilmesi ve seçimindeki ilkeler:

- Seçilecek sistemde mümkün mertebe perdeler olmalıdır.
- Taşıyıcı elemanları, temelden çatıya devam eden en az iki doğrultudaki eksenlerin kesişme yerlerine konulmalıdır.
- Yerleştirilen taşıyıcılar temelden çatıya kadar devam etmelidir.
- Her taşıyıcı her iki doğrultuda kirişlere bağlanmalıdır.
- Taşıyıcıların rijitlik merkezi ile ağırlık merkezlerinin birbirine mümkün oldukça yakın olması sağlanmalıdır.
- Planda mümkün mertebe simetri sağlanmalıdır.
- Uygun taşıyıcı elemanların kullanılması yanında bunların planda uygun şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

1.3. Önceki Çalışmalar

ERIKSON (1961), çeşitli temel yapılarına oturan ve eksenel yük taşıyan boşluklu perde duvarlarını incelemiştir.

BEC (1962), sistemin bilinmeyenlerinin çözümü için basit formüller geliştirmiştir. Burada temel görüş, sistemde aranan statik değerlerden oluşan bilinmeyen tek bir fonksiyonun olduğudur. Bu fonksiyonun çözümü ile bütün bilinmeyenlerin bulunması mümkündür. Burada, tüm bağ kirişlerinin aynı rijitlikte ve kat yüksekliklerinin sabit olduğu kabul edilmektedir.

ROSMAN (1962), sürekli sistem metodunu kullanarak, perde duvarı yüksekliği boyunca yazılan denklemler sonucu elde edilen değerleri kullanarak, elde edilen diyagramlar yardımıyla kesme kuvveti ve momentleri hesaplamıştır.

SENSMEIER (1967), sürekli sistem idealleştirmesi yapılarak elde edilen ve sistem davranışını idare eden diferansiyel denklemi sonlu farklar yöntemi ile çözmüş ve bulunan sonuçlarla foto-elastik metotla bulunanlar arasında korelasyon yapmıştır.

COUL ve PURI (1968) , perde duvarlarında kesme kuvvetinin, perdenin deformasyonuna etkilerini de dikkate alarak analizi genişletmişlerdir. Burada oluşan deformasyonları, deneysel modeller üzerinde gözlemlemişlerdir.

MACLEOD (1969) , boşluklu perde duvarlarının, lineer elastik ve düzlem gerilme halindeki analizinde sonlu elemanlar yaklaşımının kullanılabilceğini, fakat boşlukların büyümesi ile oluşan bağ kirişi - perde sisteminde, her düğümde sadece düşey ve yatay deplasman içeren iki serbestlik derecesine sahip olan düzlem gerilme elemanının kullanılamayacağı görüşünü öne sürmüştür. Analizde, düğümlerde uygunluk şartı için düşey ve yatay deplasmanlara ek olarak dönme serbestlik derecesi olan yeni bir dikdörtgen eleman kullanmıştır.

YANG ve SUN (1973) , çerçeve perdelerin deprem analizinde düzlemsel sonlu eleman modeli olarak, çerçeveler için kiriş eleman, perdeler için de dikdörtgen eleman önermektedirler. Önerilen bu elemanların diğerlerinden önemli bir farkı; çerçeveler için önerilen için her düğümde aksel deplasman u , aksel şekil değiştirme du/dx , düşey yer değiştirme v ve dönme dv/dx olmak üzere dört serbestlik derecesi, perdeler için önerilen dikdörtgen eleman her düğümde, yatay deplasman u , düşey deplasman v , türevleri du/dx , du/dy , dv/dx , dv/dy ve ikinci türevleri $d^2 u/dxdy$ ve $d^2 v/dxdy$ olmak üzere sekiz serbestlik derecesi olmasıdır.

ÇAKIROĞLU ve ÖZMEN (1973) , çerçevelerin yatay yüklere göre analizi için kullanılan ve kesme kuvvetlerinin kolonlara dağıtılması esasına dayanan yaklaşık metotlar ile ardışık metotları inceleyerek, boşluklu perde ve çekirdekten oluşan sistemlerin hesabı için yaklaşık bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yöntemde, boşluklar arasında kalan kirişler yerine fiktif çerçeveler alınarak sistem, boşluksuz perdeler ile çerçevelerden oluşan bir sisteme dönüştürülmektedir.

AL-MAHAIDI ve NILSON (1975) , perdeler için her düğümde u ve v ötelenmelerini bilinmeyen olarak ele alan düzlem gerilme elemanı, bağ kirişleri için eğilmeli çubuk elemanı kullanarak yapmaktadır. Bağ kirişlerinin perdeye saplandığı düğümlerde, bağ kirişi ile düzlem gerilme elemanı arasında uygunluk şartını Lagrange çarpanları ile

sağlamaktadırlar. Ortak düğümlerde uygunluk şartı için, her düğümdede iki ilave denklem yazılmıştır. Bağ kiriş ucundaki dönme, bağ kirişinin perdeye saplandığı yerde üst ve alt yüzeydeki düğümlerin deplasmanlarına bağlı olarak ifade edilmektedir.

ANTONY ve GAESAN (1975) , Al-Mahaidi ve Nilson tarafından önerilen Lagrange çarpanlarını bağ kirişi yüksekliğine bağlı olmaksızın kullanmışlardır. Böylece sonlu eleman ağı teşkilinde karşılaşılan güçlükler ortadan kaldırılmaktadır.

ÇAKIROĞLU (1978) , uçlarında sonsuz kısımları bulunan çubukların ikinci mertebeye teorisi için birim deplasman sabitlerini vermektedir. Bu tür çubukların deplasman sabitlerinin hesabı için tablolar düzenlenmiştir. Bağ kirişi uçlarındaki sonsuz rijit kısımların kat yüksekliği, kiriş açıklığı ve perde boyutlarına göre değiştiği belirtilmektedir.

POPOV ve arkadaşları (1979) , sonlu elemanlar yöntemini kullanarak perde duvarların analizini yapan bir bilgisayar programı olan 'SUBWALL' ı hazırlamışlardır. Yapmış oldukları çözümde, boşluklu perde ve bağ kirişleri için düzlem gerilme elemanı kullanmışlardır. Bağ kirişi uç kuvvetlerini ise o bölgedeki düğümlerin iç kuvvetlerinden elde etmişlerdir.

AYDIN (1984) , çerçeve, perde ve boşluklu perdelerden meydana gelen sistemlerin çözümü için yaklaşık bir metot önermiştir.

DÜNDAR ve KIRAL (1985) , boşluklu perde ve perde-çerçeve sistemlerin düşey ve yatay yükler altında çözümünü yapan bir bilgisayar programı hazırlamışlardır. Programda metot olarak sonlu elemanlar yönteminin çerçeveler için özel bir uygulaması olan rijitlik matrisi yöntemini kullanmışlardır.

CHOI ve BANG (1987) , boşluklu perdelerin çözümü için yeni bir sonlu eleman modeli önermişlerdir. Bu modelde, önce sistem boşluklar dikkate alınmadan modellenmekte, sonra boşluklardan dolayı oluşan negatif rijitlik sistemi ilave edilmektedir. Boşlukların küçük olması halinde, bu metot rahatlıkla kullanılabilir.

OCHOA (1987) , bağ kirişi ve perdelerden oluşan betonarme boşluklu perdelerin, sismik davranışını incelemiştir. Kabul edilebilir deplasman sınırlarını belirleyerek çeşitli dizayn parametreleri vermiştir. Bağ kirişi ve perde elemanlar için rijitlik, mukavemet ve deplasmanlara bağlı çeşitli limitler tanımlamıştır.

SÖZEN (1990) , Japon Yapı Araştırma Enstitüsü'nde denenen yedi katlı, gerçek büyüklükteki betonarme yapıdan ve bu yapının California Üniversitesi'nde (Berkeley) dinamik olarak denenen 1/5 ölçekli modelinden elde etmiş oldukları deney sonuçlarını karşılaştırıp yorumlamıştır. Bu çalışma sonunda, yapıda oluşan taban kesme kuvvetinin, sıradan varsayımlara dayanan yöntemlerle elde edilen kesme dayanımından daha büyük olabileceğini ve bu toplam taban kesme kuvvetinin yaklaşık beşte üçünün perde tarafından taşındığını göstermiştir.

CALL ve BENSMAIL (1991) , süreklilik yaklaşımını esas alarak yapı yüksekliği boyunca rasgele bir veya iki yerde diğerlerine nazaran daha rijit bağ kirişleri kullanarak, rijit ve fleksibil temele oturan boşluklu perde duvarların yanal yük analizlerini yapmışlardır. Yapıyı, yüksekliği boyunca düzgün yayılı olarak etki eden yüklerle, tabandan başlayıp yükseklik boyunca artan üçgen yayılı yük ve tepe noktadan etki eden tekil yük olmak üzere üç farklı yükleme için çözmüşlerdir.

Yapmış oldukları sayısal çözümler sonucunda, yapı yüksekliğinin 1/3 ile 2/3 'ü arasında rijitleştirme yapmanın optimum sonuç verdiği sonucuna varmışlardır.

KAPLAN (1991), Boşluklu perdelerin davranışını sonlu elemanlar yöntemi ile inceleyerek, bağ kirişi ve perde birleşim yerindeki uygunluk için değişik alternatifleri karşılaştırarak, yeni bir sonlu eleman modeli kullanmıştır.

SAATÇIOĞLU (1991), betonarme kısa perdelerin deprem yükü altındaki davranışını deneysel olarak araştırmıştır. Büyük ölçekli perde elemanları tersinir tekrarlanır yük altında denemiştir.

FARRAİ, REED ve SALMAN (1993), düşük seviyeli perde duvarların yapısal davranışları ile ilgili mevcut olan dotalar (veriler) ı özetlemişlerdir. Bu dotaları perde duvarların farklı kırılma modlarının belirlenmesinde kullanmışlardır.

SHEU ve CHANG (1993), Betonarme perde duvarlı yapılarda depremden önce veya sonra meydana gelen hasarların tespiti için analitik bir metot geliştirmişlerdir.

JIANG HUTCHINSON ve CHALLER (1993), asimetrik çok katlı yapıların tasarımında ortaya çıkan eksantirisitenin üç ayrı tanımlamasını yapmışlardır. Bu üç yaklaşımı kullanarak, sismik yapı yüklerinden dolayı ortaya çıkan yatay ve rotasyonel rijit kat yer değiştirmelerinin oluşturduğu deformasyonlarının bulunduğu kesme-tipi yapıların asimetrisinin belirlenmesinde yeni formüller geliştirmişlerdir.

MO ve JOST (1993), lineer olmayan bir model kullanarak, çerçevesel perde duvarların sismik çözümlerini yapmışlardır. Çelik ve beton malzeme mukavemetlerinin değişiminin çözümler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

COULL ve WHAB (1993), rijit birleştirilmiş çerçeve ve perde duvarlardan oluşan bir taşıyıcı sistemin bulunduğu üç boyutlu yüksek bina yapılarının, elemanları arasında yatay yüklerin dağıtımının analizinde yaklaşık bir metot geliştirmişlerdir.

KWAN (1993), birleşik perde duvar-çerçeve yapıların analizinde birkaç değişik kiriş-duvar düğüm rotasyonlarının tanımlamasını yapmıştır. Kiriş-duvar düğümündeki uç rotasyonu için en uygun tanımlamanın kiriş-duvar birleşim yüzeyindeki düşey liflerin rotasyonu olduğunu göstermiştir.

MO (1993), depreme dayanıklı yapı tasarımı için pratik bir sistem tanımlaması yapmıştır. Zemin katı perde duvarlı olarak teşkil edilmiş çok katlı bir çerçevenin sismik analizini yapmış ve çıkan sonuçları yorumlamıştır.

DOĞAN, YILMAZ ve ÇITIPITIOĞLU (1994), Boşluklu perde duvarların davranış biçimlerini açıklamışlar, yapısal çözüm yöntemlerini özetlemişler ve sonlu elemanlarla modellemede karşılaşılan güçlükleri izah etmişlerdir. Değişik sonlu eleman modelleri

kullanarak çözümler yapmışlar ve bunların sonuçlarının sürekli bağlantı ve eşdeğer çerçeve metotları ile yapılan çözümlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır.

JAMES ve KUNNATH (1994), betonarme perde duvarların elastik olmayan bölgede statik ve dinamik analizleri için etkili bir model vermişlerdir.

ZORAPAPEL, HART ve FRANGOPOL (1994), yatay yükler altındaki betonarme duvar yapıları için olası bir sistemin performansını incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada sistem duktilitesini göz önünde bulundurmanın gereksiz olduğu sonucuna varmışlardır.

WRIGHT, HOSSAIN ve GALLOCHER (1994), yüksek yapılardaki yatay yükleri karşılamak için kullanılabilen kompozit duvar sistemini anlatmışlardır. Kompozit duvarın kesme rijitliğini analitik modellerle incelemişler ve sonlu eleman çözümleri ile karşılaştırmışlardır.

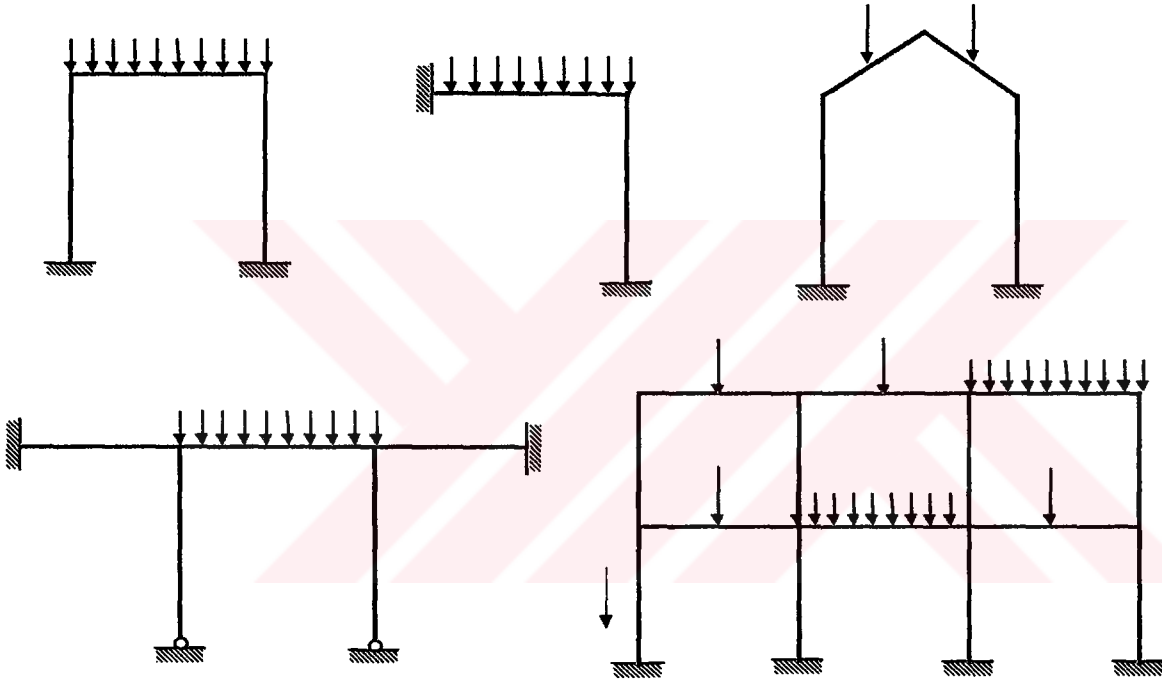
WALLACE ve WOOD (1994), simetrik olmayan kesitli duvarlar için sismik düzenlemeler ve deneysel araştırmalar yapmışlardır.

GHOSH (1994), yüksek dereceli deprem bölgelerinde yapılan çok katlı betonarme binaların yapısal sistemlerini incelemişlerdir. Kullanılan sistemin uygunluğunu ve pratik olarak kesin kabul edilebilirliğini karşılaştırmışlardır. Kesme duvar dizaynını kolaylaştıran ve iyileştiren üniform yapı tipi değişimini karşılaştırmışlardır.

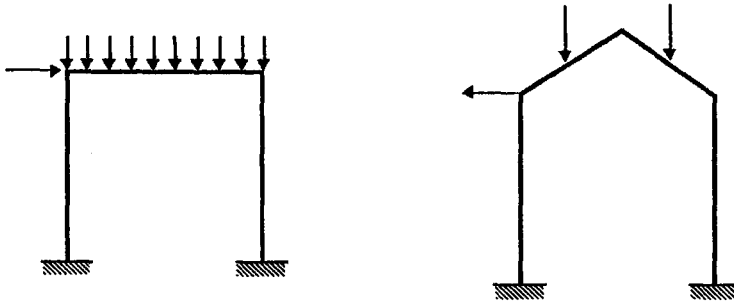
2. AÇI, CROSS VE RİJİTLİK MATRİSİ YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

2.1. Açı yöntemi

Özellikle hiperstatik sistemlerin çözümünde kullanılan açı yöntemi sistemleri düğüm noktaları sabit ve düğüm noktaları hareketli sistemler olarak ikiye ayırmaktadır.



Şekil 2.1. Düğüm noktası sabit sistemler



Şekil 2.2. Düğüm noktası hareketli sistemler

Şekil 1.1. ve şekil 1.2.'de görüldüğü gibi düğüm noktası sabit sistemler yatayda deplasman yapması beklenmeyen veya yapacağı deplasmanlar ihmal edilebilecek sistemler düğüm noktası hareketli sistemler ise yatayda deplasman yapması beklenen sistemlerdir. Açı yönteminde düğüm noktası sabit sistemler için çözüm yapılırken serbest düğümlerde sadece dönme var kabul edilerek yapılır.

Düğüm noktaları sabit sistemlerin açı yöntemi ile çözümünde işlem sırası aşağıda verilmiştir.

1. Taşıyıcı sistemin düğümleri numaralanır
2. Düğümlerde tutulmuş olan dönmeler bilinmeyen düğüm dönmeleri işaretlenir
3. Eleman birim deplasman sabitleri hesaplanır

$$k_{ii} = \frac{4EI}{L}$$

$$k_{ji} = \frac{2EI}{L}$$

4. Eleman ankastrelik uç momentleri hesaplanır.
5. Bilinmeyen dönme bulunan her düğüm için düğüm denge denklemleri yazılır

$$\sum M_{aij} + M_i + \theta_i \cdot \sum k_{ii} + \sum k_{ij} \cdot \theta_j = 0$$

6. Düğümlerde yazılan denge denklemlerinden oluşan denklem sistemi çözülerek bilinmeyen düğüm dönmeleri hesaplanır
7. Eleman denklemleri kullanılarak, eleman uç momentleri hesaplanır

$$(2\theta_i + \theta_j) \frac{2EI}{L} + M_{aij} = M_{ij}$$

$$(\theta_i + 2\theta_j) \frac{2EI}{L} + M_{aji} = M_{ji}$$

8. Eleman uç kesme kuvvetleri, denge denklemleri ile hesaplanır

$$\frac{6EI}{L^2} \theta_i + \frac{6EI}{L^2} \theta_j + T_{oij} = T_{ij}$$

$$-\frac{6EI}{L^2} \theta_i - \frac{6EI}{L^2} \theta_j + T_{oji} = T_{ji}$$

9. Sistemin taşıma şeması çizilerek uç kuvvetleri şekil üzerinde gösterilir. Bu arada düğümlerde denge şartı da dikkate alınarak çubuk aksenal kuvvetleri belirlenir.
10. Diyagramlar çizilir

Burada ;

M_{aj} : i-j çubuğunun i düğümündeki ankastrelik uç momenti

M_i : i düğümüne etki eden direk dış moment

θ_i : i düğümündeki dönme

θ_j : j düğümündeki dönme

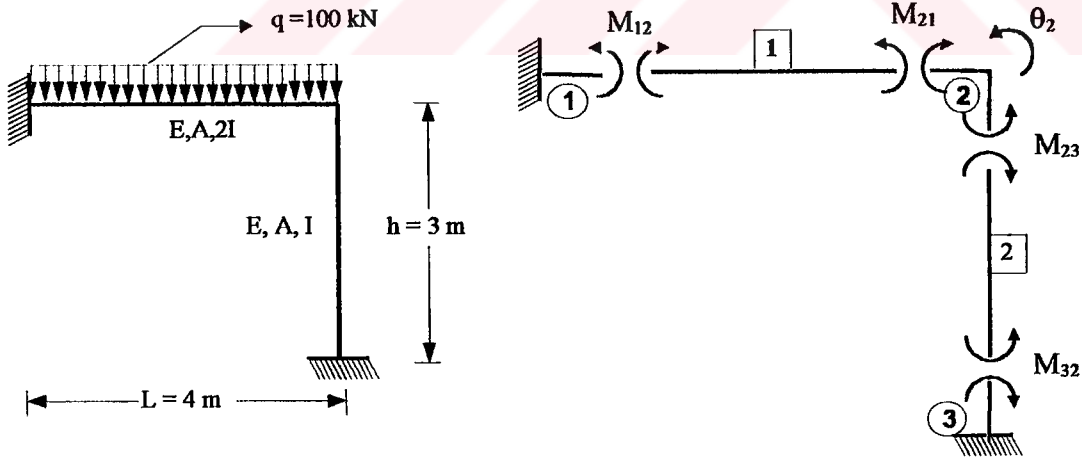
k_{ii} : i-j düğümü arasında uzanan herhangi bir çubuğun, diğer bütün deplasmanları sıfır iken i düğümünde birim deplasman meydana gelmesi için i düğümüne etkimesi gereken moment. (birim deplasman sabiti)

k_{ji} : i-j düğümü arasında uzanan herhangi bir çubuğun, diğer bütün deplasmanları sıfır iken i düğümünde birim deplasman meydana gelirken j düğümünden etkimesi gereken moment (birim deplasman sabiti)

Örnek :

Aşağıdaki örnek Açı metoduna göre düğüm noktası sabit kabul edilen bir sistemdir.

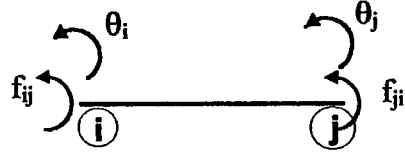
1 ve 3 düğümleri ankastre olduğu için dönme yok sadece 2 düğümünde dönme vardır.



$$\theta_1=0 \quad \theta_3=0 \quad \theta_2 \neq 0$$

$$M_{12} \neq 0, \quad M_{32} \neq 0, \quad M_{21} + M_{23} = 0$$

Açı metoduna göre herhangi bir i düğümündeki moment ifadesi :



$$M_{ij} = 2EI/L (2\theta_i + \theta_j) + f_{ij}$$

$E=1$ $I=1$ alınarak çözüm yapılırsa:

Ankastrelik uç kuvvetleri:

$$f_{12} = qL^2/12 = 133.33 \quad f_{21} = -qL^2/12 = -133.33$$

$$M_{21} + M_{23} = 0$$

$$2 \cdot 1 \cdot 2/4(2\theta_2 + \theta_1) + (-133.33) + 2 \cdot 1 \cdot 1/3(2\theta_2 + \theta_3) + 0 = 0$$

$$\theta_2 = 39.99$$

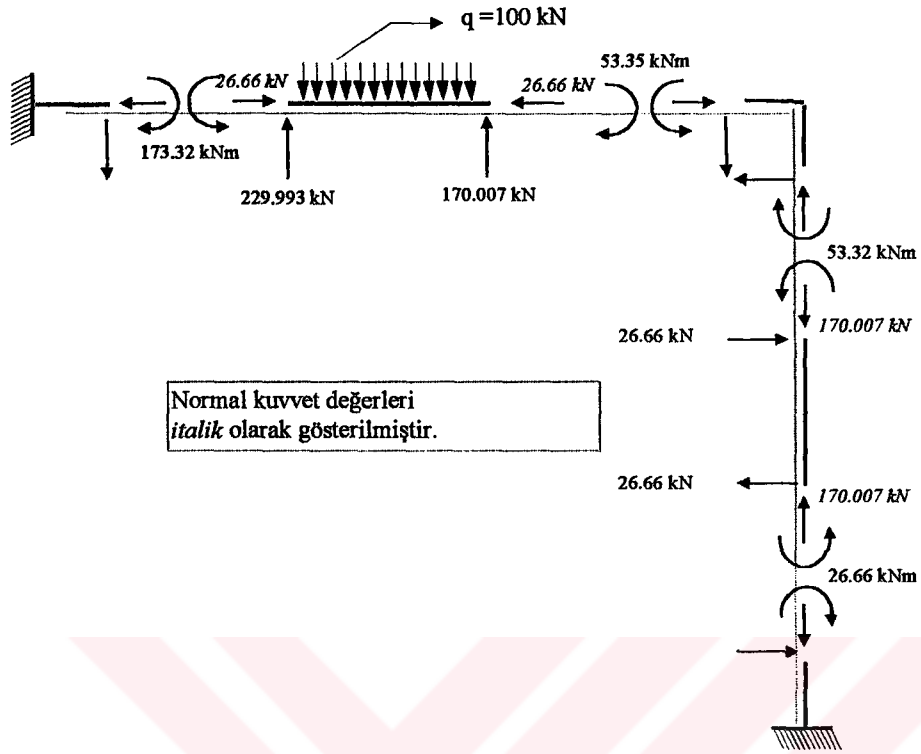
$$M_{12} = 173.32 \text{ kNm}$$

$$M_{21} = 53.35 \text{ kNm}$$

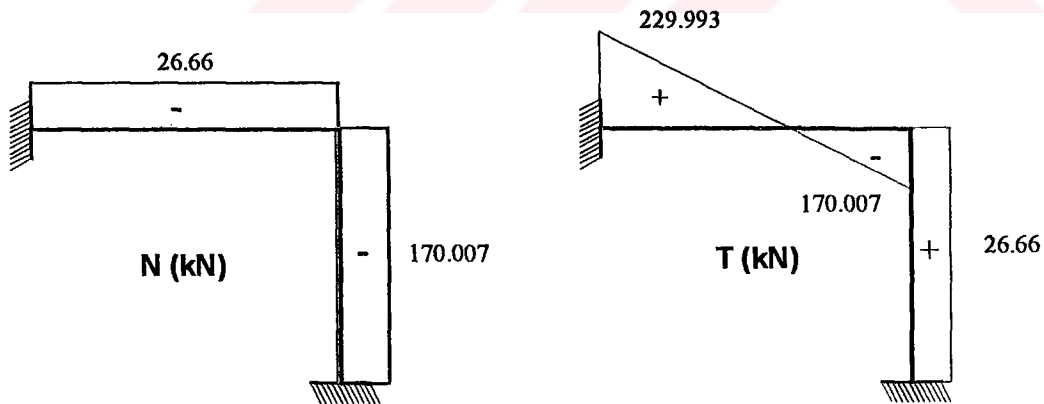
$$M_{23} = 53.35 \text{ kNm}$$

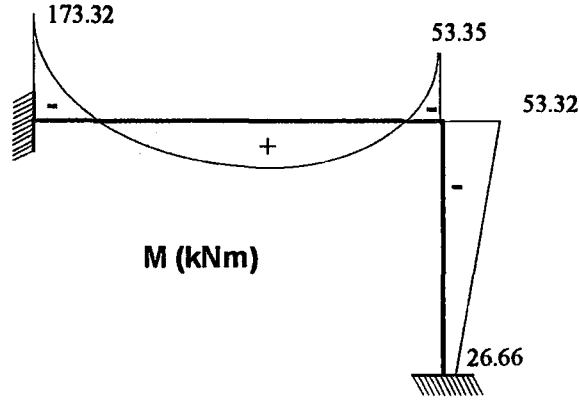
$$M_{32} = 26.66 \text{ kNm}$$

Kesit Tesirleri



Sistem Kesit Tesirleri Diyagramları





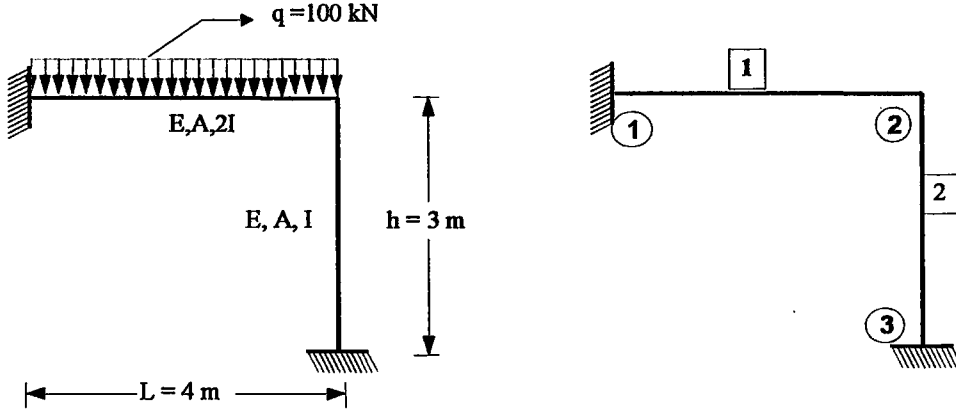
2.2. Cross Yöntemine Göre Çözüm

Cross metodu bir yönüyle açı metodunda elde edilen denklemlerin ardışık olarak çözülmesidir. Ancak cross metodunda denklem oluşturulmadan adım adım denge durumuna yaklaşılmaktadır.

Düğüm noktaları sabit sistemlerin çözümünde işlem sırası:

1. sistemin düğümleri ve elemanları numaralandırılır.
2. Çubukların ara yüklerinden dolayı oluşan ankastrelik mesnet momentleri hesaplanır.
3. Çubuk rijitlikleri hesaplanır.
4. Moment dağıtılacak olan ara düğümler için dağıtma katsayıları r_{ij} değerleri hesaplanır.
5. Kenarlarda basit mesnette konsol momenti varsa, ilgili yüze yazılır. Dağıtma katsayısı 1 alınarak dengeleme yapılır.
6. Düğümlerde moment farkı sıfıra yaklaşıncaya kadar dengeleme işlemine devam edilir.
7. Taşıyıcı sistem taşıma şeması çizilerek uç kuvvetleri belirlenir.
8. Kesit tesirleri diyagramları çizilir.

Bir önceki örneği cross yöntemi ile çözelim;



$E=1$ $I=1$ alınarak çözüm yapılırsa:

Ankastrelik uç kuvvetleri:

$$f_{12} = qL^2/12 = 133.33 \quad f_{21} = -qL^2/12 = -133.33$$

Çubuk rijitlikleri:

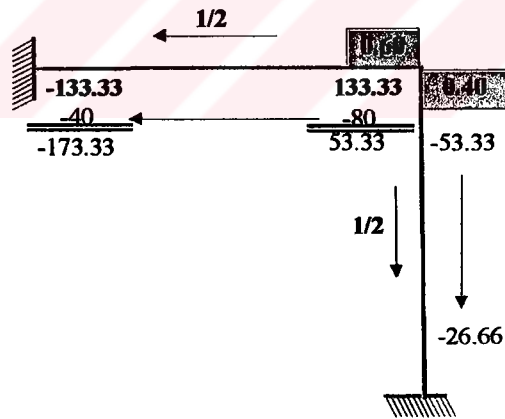
$$k_{12} = 4EI/L = 4 \cdot 1 \cdot 1 / 4 = 2$$

$$k_{23} = 4EI/L = 4 \cdot 1 \cdot 1 / 3 = 1.33$$

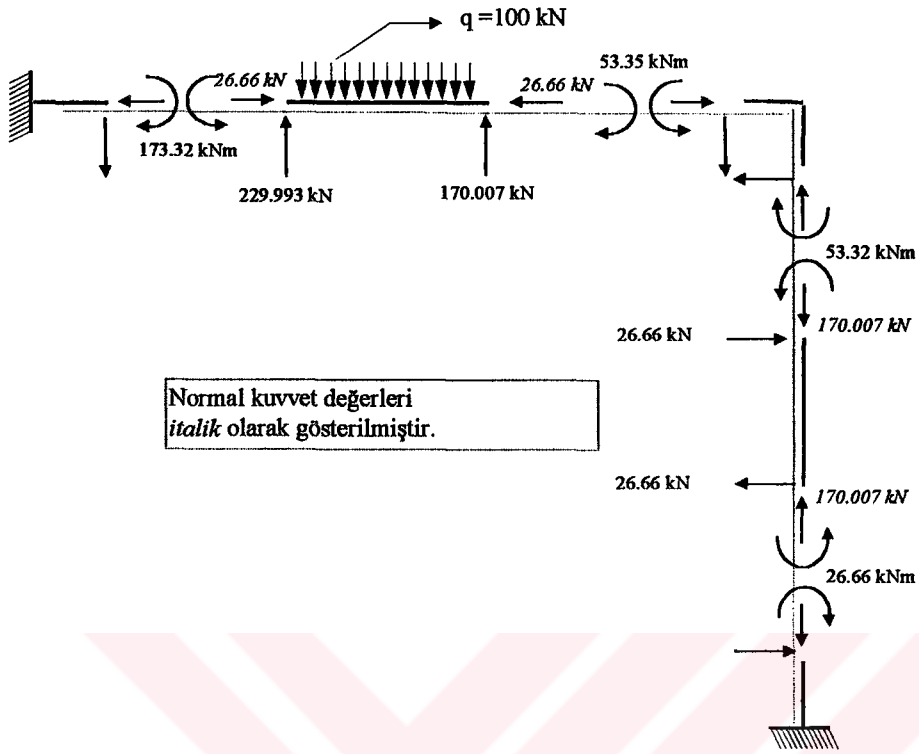
Dağıtma katsayıları:

$$r_{12} = 2 / (2 + 1.33) = 0.60$$

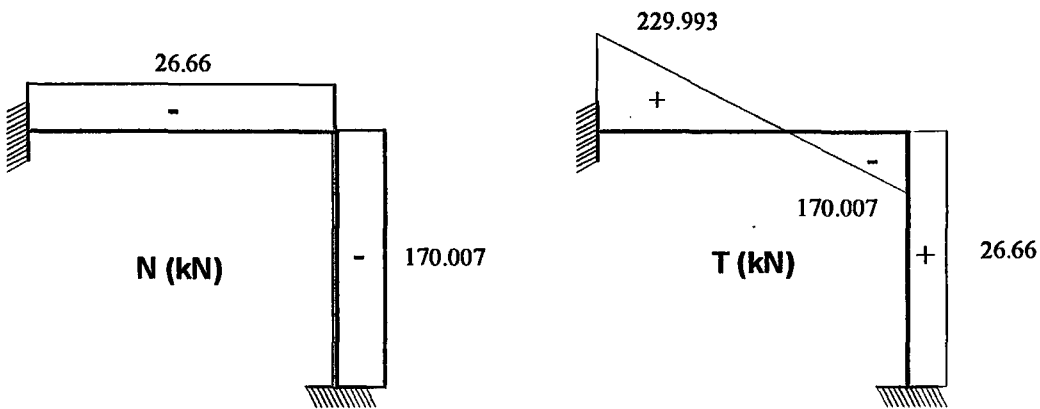
$$r_{23} = 1.33 / (2 + 1.33) = 0.40$$

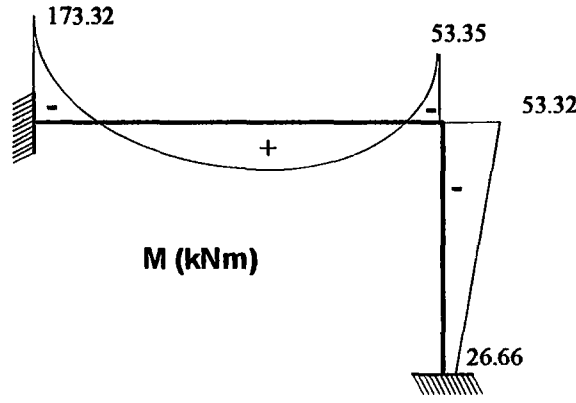


Kesit Tesirleri



Sistem Kesit Tesirleri Diyagramları





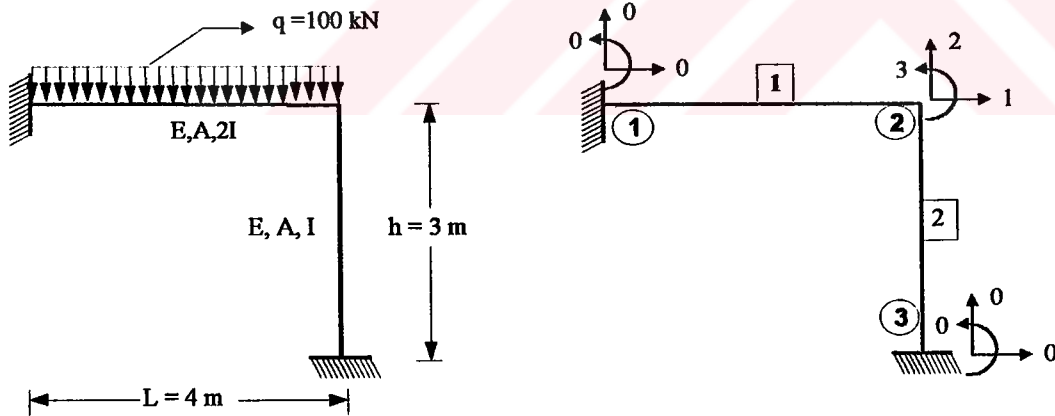
2.3. Rijitlik Matrisi Yöntemi ile Çözüm

Her taşıyıcı sistem düğümlerde birleşen elemanlardan meydana gelmektedir. Sistemin düğüm bilgileri ve eleman bilgileri uygun şekilde tanımlanarak, düğümlerde ve elemanlarda oluşan etkiler (deplasman, kesit tesiri) rijitlik matrisi yöntemi ile kolayca hesaplanabilir. Aşağıda rijitlik matrisi ile çözümde takip edilecek olan işlem sırası maddeler halinde verilmiştir.

- Düğümlere sıra ile numara verilir
- Elemanlar numaralanır
- Düğüm serbestlik dereceleri ve mesnet şartları dikkate alınarak sistemin serbestlik derecesi belirlenir. Bunun için her deplasmana sıra ile bir numara verilir. Tutulmuş olan doğrultulara sıfır yazılır.
- Elemanların hangi düğüme bağlandıkları ve sistem içinde hangi deplasmanları yapmakta olduğu belirlenir.
- Eleman rijitlik matrisleri $[k]$, eleman koordinatlarında elde edilir
- $[k]' = [T]^T [k] [T]$ dönüşümü yapılarak eleman rijitlik matrisleri sistem koordinatlarında elde edilir
- Üzerinde ara yük bulunan elemanlar için $\{f\}$ ankastrelik uç kuvvetleri vektörleri eleman koordinatlarında elde edilir
- $\{f\}' = [T]^T \{f\}$ dönüşümü yapılarak, eleman ankastrelik uç kuvvetlerinin sistem koordinatlarındaki karşılığı elde edilir.

- Sistem rijitlik matrisi $[K]$, eleman rijitlik matrislerinin birleştirilmesi ile elde edilir. Bunun için düğümlerde uygunluk ve süreklilik şartlarına dayalı ifadeler kullanılabilir. En yaygın olarak kotlama tekniği kullanılmaktadır.
- Eleman ankastrelik uç kuvvetlerinin ters işaretlileri ilgili düğümlere etkililerek, doğrudan düğüme etkileyen direk yükler de dikkate alınarak sistem yük vektörü $\{Q\}$ hesaplanır. Sistemde, sıcaklık değişimi ve mesnet çökmeleri söz konusu ise, bu etkilerden dolayı oluşan ankastrelik uç kuvvetleri hesaplanarak eş değer düğüm yükleri elde edilebilir.
- Sistem denklemi $[K]\{D\}=\{Q\}$ çözülerek bilinmeyen düğüm deplasmanları elde edilir. Bu lineer denklem sisteminin çözümünde, gauss eliminasyon yöntemi kullanılabilir.
- Hesaplanan düğüm deplasmanlarından ilgili bileşenler alınarak, her eleman için sistem koordinatlarındaki uç deplasmanlarını içeren $\{d\}$ ' vektörleri belirlenir.
- Eleman denklemi $[k]\{d\}'+\{f\}'=\{p\}'$ çözülerek, sistem koordinatlarında eleman uç kuvvetleri hesaplanır.
- $\{p\}=[T]\{p}'$ ifadesi ile, eleman koordinatlarında eleman uç kuvvetleri hesaplanır.
- Ara yükler de dikkate alınarak elemanlar için kesit tesirleri diyagramları çizilir.

Örnek :



Kodlama Tablosu			
Eleman No	Tarifi	Kod Numarası	β
1	1-2	0 0 0 1 2 3	0
2	2-3	1 2 3 0 0 0	270

Eleman Rijitlik Matrisleri

$$[k] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

E=1 A=1 I=1 L ise elemanın boyu

alınacaktır.

$$[k_1] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0.25 & 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 \\ 0 & 0.375 & 0.75 & 0 & -0.375 & 0.75 \\ 0 & 0.75 & 2 & 0 & -0.75 & 1 \\ -0.25 & 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0 & -0.375 & -0.75 & 0 & 0.375 & -0.75 \\ 0 & 0.75 & 1 & 0 & -0.75 & 2 \end{bmatrix}$$

$$[k_2] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0.333 & 0 & 0 & -0.333 & 0 & 0 \\ 0 & 0.444 & 0.667 & 0 & -0.444 & 0.667 \\ 0 & 0.667 & 1.333 & 0 & -0.667 & 0.667 \\ -0.333 & 0 & 0 & 0.333 & 0 & 0 \\ 0 & -0.444 & -0.667 & 0 & 0.444 & -0.667 \\ 0 & 0.667 & 0.667 & 0 & -0.667 & 1.333 \end{bmatrix}$$

Sistem koordinatlarındaki eleman rijitlik matrisleri

[T] koordinat dönüşüm matrisi ve [k]' sistem koordinatlarındaki rijitlik matrisi olmak üzere;

$[k]' = [T]^T * [k] * [T]$ idi. Burada 1 nolu elemanın sistem rijitlik matrisi ile eleman rijitlik matrisi $\beta = 0$ olduğu için birbirine eşittir. Buna bağlı olarak

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos(\beta) & \sin(\beta) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin(\beta) & \cos(\beta) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos(\beta) & \sin(\beta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin(\beta) & \cos(\beta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[k_1] = [k_1'] = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0.25 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.25 & 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 \\ 0 & 0.375 & 0.75 & 0 & -0.375 & 0.75 \\ 0 & 0.75 & 2 & 0 & -0.75 & 1 \\ -0.25 & 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0 & -0.375 & -0.75 & 0 & 0.375 & -0.75 \\ 0 & 0.75 & 1 & 0 & -0.75 & 2 \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix}$$

$$[k_2] = \begin{matrix} \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 0.444 & 0 & 0.667 & -0.444 & 0 & 0.667 \\ 0 & 0.333 & 0 & 0 & -0.333 & 0 \\ 0.667 & 0 & 1.333 & -0.667 & 0 & 0.667 \\ -0.444 & 0 & -0.667 & 0.444 & 0 & -0.667 \\ 0 & -0.333 & 0 & 0 & 0.333 & 0 \\ 0.667 & 0 & 0.667 & -0.667 & 0 & 1.333 \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$$

Sistem Rijitlik Matrisi

$$[K] = \begin{matrix} \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 0.25+0.444 & 0+0 & 0+0.667 \\ 0+0 & 0.375+0.333 & -0.75+0 \\ 0+0.667 & -0.75+0 & 2+1.333 \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} = \begin{matrix} \begin{matrix} 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 0.694 & 0 & 0.667 \\ 0 & 0.708 & -0.75 \\ 0.667 & -0.75 & 3.333 \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix}$$

Eleman Yük vektörleri

$$f_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{qL}{2} \\ \frac{qL^2}{12} \\ 0 \\ \frac{qL}{2} \\ -\frac{qL^2}{12} \end{bmatrix} = \begin{matrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 200 \\ 133.33 \\ 0 \\ 200 \\ -133.33 \end{bmatrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix} \end{matrix} \quad f_2 = 0$$

Sistem Yük vektörü

Sistem yük vektörü, sistem koordinatlarındaki ankastrelik uç kuvvetlerinin ters işaretlileri toplanıp, varsa düğüm yükleri direkt olarak matrise ilave edilmesi ile bulunur.

$$\{Q\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ -200 \\ 133.33 \end{Bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix}$$

Sistem Denklemi çözümü

Sistem denklemi $[K] * \{D\} = \{Q\}$ şeklinde idi. İfadeler yerine konular ve denklem çözülürse; $\{D\}$ vektörü bulunur.

$$\begin{bmatrix} 0.694 & 0 & 0.667 \\ 0 & 0.708 & -0.75 \\ 0.667 & -0.75 & 3.333 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ -200 \\ 133.33 \end{Bmatrix}$$

$$\{D\} = \begin{Bmatrix} 39.779 \\ -326.08 \\ -41.298 \end{Bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix}$$

Eleman Deplasman vektörleri

Burada 1 nolu elemanın sistem koordinatlarındaki deplasman matrisi ile eleman koordinatlarındaki deplasman matrisi $\beta = 0$ olduğu için birbirin aynıdır.

$$\{d\} = [T] * \{d\}'$$

$$d_1 = d_1' = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 39.779 \\ -326.08 \\ -41.298 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \quad d_2 = \begin{Bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 39.779 \\ -326.08 \\ -41.298 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad d_2 = \begin{Bmatrix} 326.08 \\ 39.779 \\ -41.298 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Çubuk Uç Kuvvetlerinin Hesabı

$$[k] * \{d\} + \{f\} = \{p\}$$

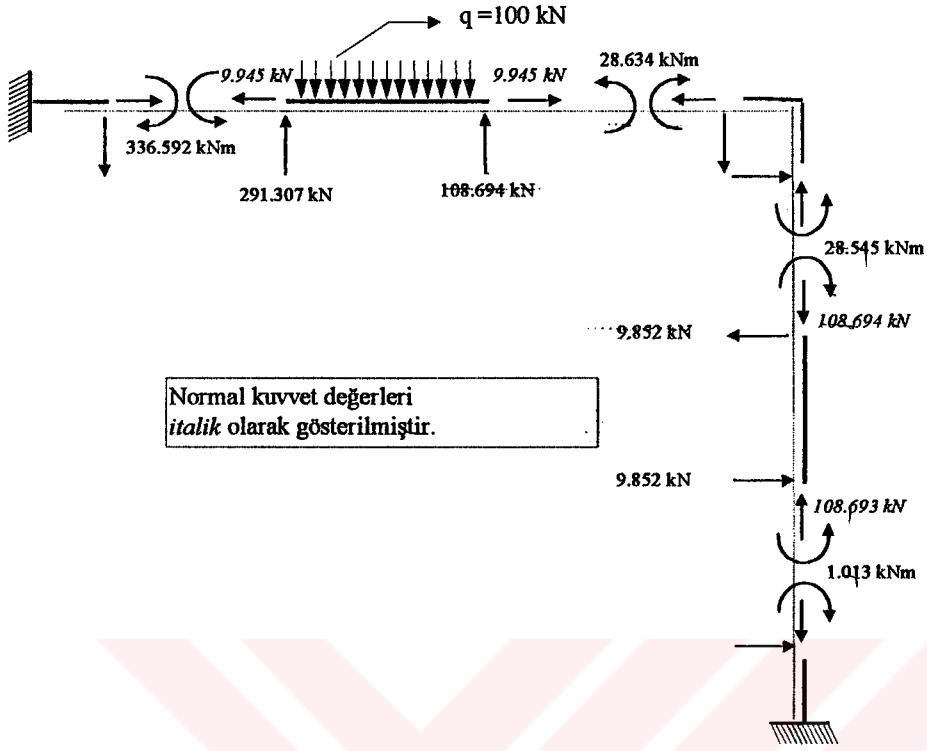
1 nolu elemanın çubuk uç kuvvetleri

$$\{p\}_1 = \begin{bmatrix} 0.25 & 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 \\ 0 & 0.375 & 0.75 & 0 & -0.375 & 0.75 \\ 0 & 0.75 & 2 & 0 & -0.75 & 2 \\ -0.25 & 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0 & -0.375 & -0.75 & 0 & 0.375 & -0.75 \\ 0 & 0.75 & 2 & 0 & -0.75 & 2 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 39.779 \\ -326.08 \\ -41.298 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ 200 \\ 133.33 \\ 0 \\ 200 \\ -133.33 \end{Bmatrix} = \{p\}_1 = \begin{Bmatrix} -9.945 \\ 291.307 \\ 336.592 \\ 9.945 \\ 108.694 \\ 28.634 \end{Bmatrix}$$

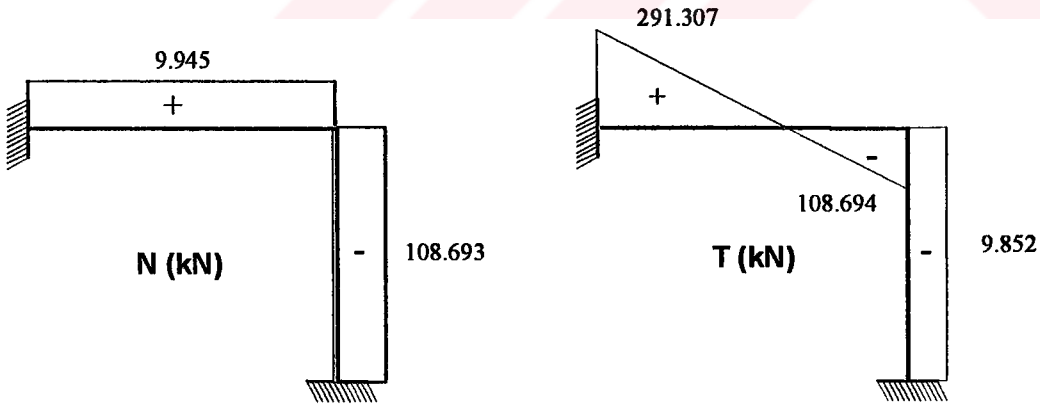
2 nolu elemanın çubuk uç kuvvetleri için;

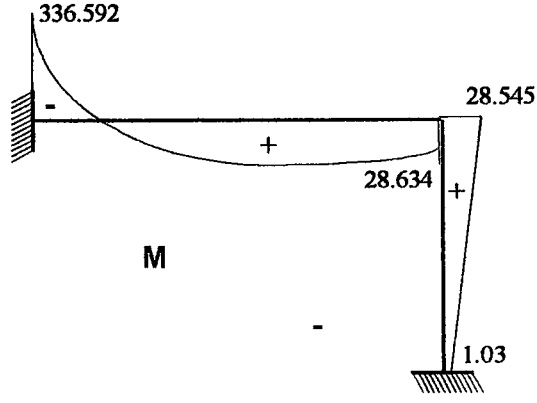
$$\{p\}_2 = \begin{bmatrix} 0.333 & 0 & 0 & -0.333 & 0 & 0 \\ 0 & 0.464 & 0.667 & 0 & -0.464 & 0.667 \\ 0 & 0.667 & 1.333 & 0 & -0.667 & 1.333 \\ -0.333 & 0 & 0 & 0.333 & 0 & 0 \\ 0 & -0.464 & -0.667 & 0 & 0.464 & -0.667 \\ 0 & 0.667 & 1.333 & 0 & -0.667 & 1.333 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} 326.08 \\ 39.779 \\ -41.298 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} + \{0\} = \{p\}_2 = \begin{Bmatrix} 108.693 \\ -9.852 \\ -28.545 \\ -108.693 \\ 9.852 \\ -1.013 \end{Bmatrix}$$

Kesit Tesirleri



Sistem Kesit Tesirleri Diyagramları





2.4. Elde edilen sonuçların karşılaştırılması

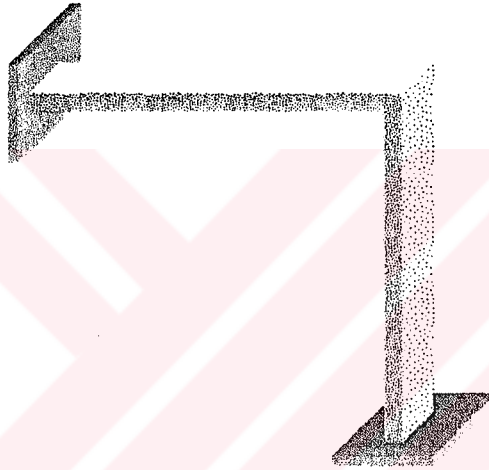
Örnekler çözüldüğünde aşağıdaki tabloda verilen deplasman değerleri hesaplanmıştır. Hesaplarda A, E ve I değerleri 1 alınarak yapıldığı için gerçek değerler için A, E ve I'nın gerçek değerleri alınmalıdır. 2 nolu nokta için Cross yöntemine göre bir dönme değeri bulunamadığı için ilgili yere “?” işareti konmuştur.

Tablo 2.1. Elde Edilen Deplasmanlar:

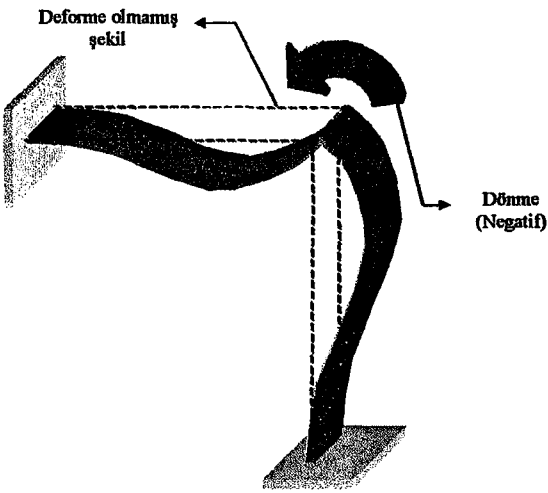
Metod	1 Nolu Nokta			2 Nolu Nokta			3 Nolu Nokta		
	δ_x	δ_y	θ	δ_x	δ_y	θ	δ_x	δ_y	θ
Açı Metodu	0	0	0	0	0	39.99	0	0	0
Cross	0	0	0	0	0	?	0	0	0
Rijitlik Matrisi	0	0	0	39.77/EA	-326.1/EA	-41.29/EI	0	0	0

2.4.1. Oluşan Deplasmanların Çizimi

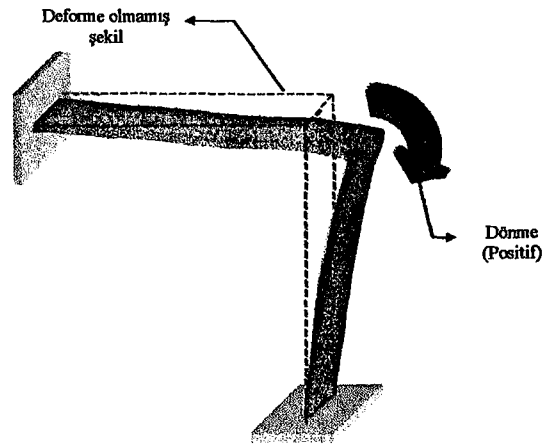
Elde edilen sonuçlara göre yöntemlerin verdiği deforme olmuş şekilleri aşağıda verilmiştir. Cross ve Açı yöntemlerine göre düğüm noktaları sabit olmakta ve serbest olan düğümde dönme meydana gelmektedir. Rijitlik matrisi yöntemine göre ise ilgili düğümde dönmenin yanında yatay ve düşey deplasmanlar da oluşmaktadır. Ayrıca aynı düğümde Açı yöntemine göre pozitif dönme meydana gelirken rijitlik matrisi yöntemine göre negatif dönme meydana gelmektedir.



Sistemin Deforme olmamış şekli



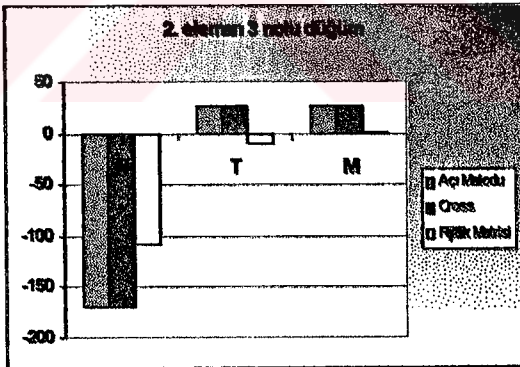
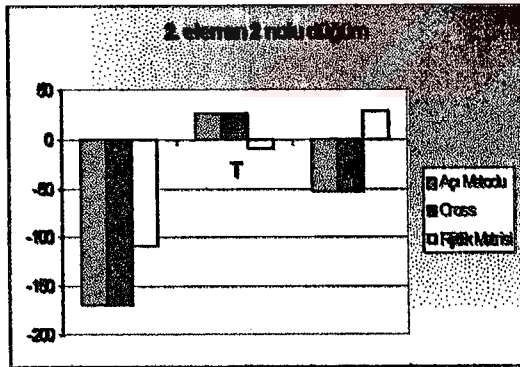
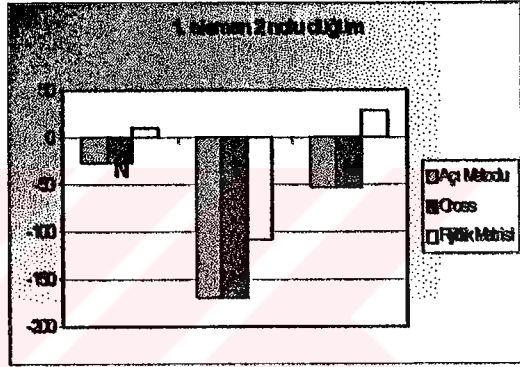
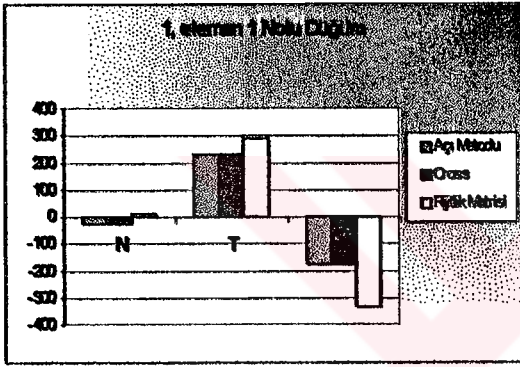
Açı ve Cross metodlarına göre Deforme olmuş şekil



Rijitlik Matrisi Metoduna göre Deforme olmuş şekil

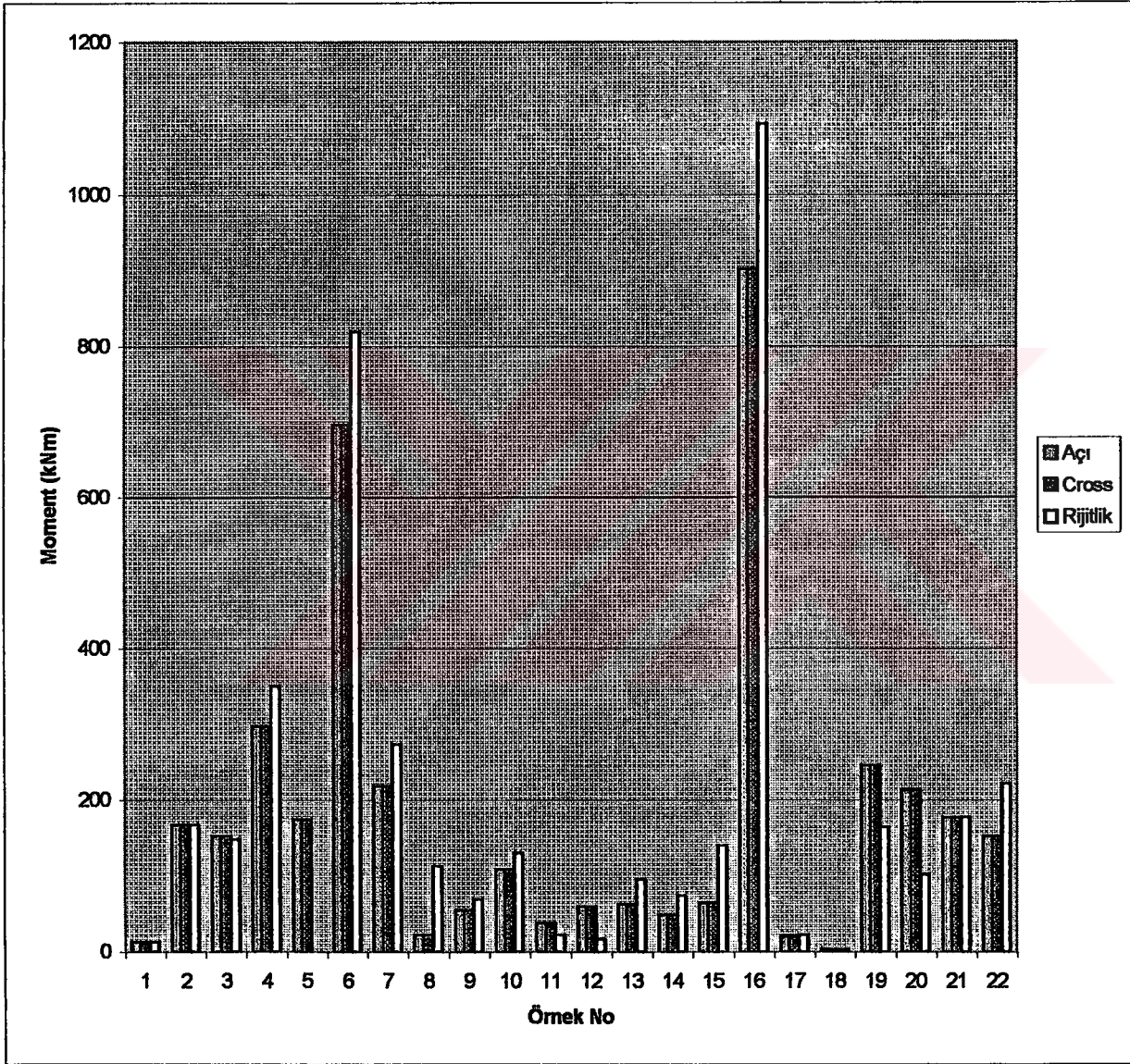
Kesit Tesirleri:

Metod	1 Nolu Eleman						2 Nolu Eleman					
	1 Dügümü			2 Dügümü			2 Dügümü			3 Dügümü		
	N kN	T kN	M kNm	N kN	T kN	M kNm	N kN	T kN	M kNm	N kN	T kN	M kNm
Açı Metodu	-27	+229	-173	-26	-170	-53	-170	+26	-53	-170	+26	+26
Cross	-27	+229	-173	-26	-170	-53	-170	+26	-53	-170	+26	+26
Rijitlik Matrisi	+10	+291	-336	+10	-108	+28	-108	-10	+28	-108	-10	+1



2.4.3. Değişik Örneklerin Moment Sonuçlarının Karşılaştırılması

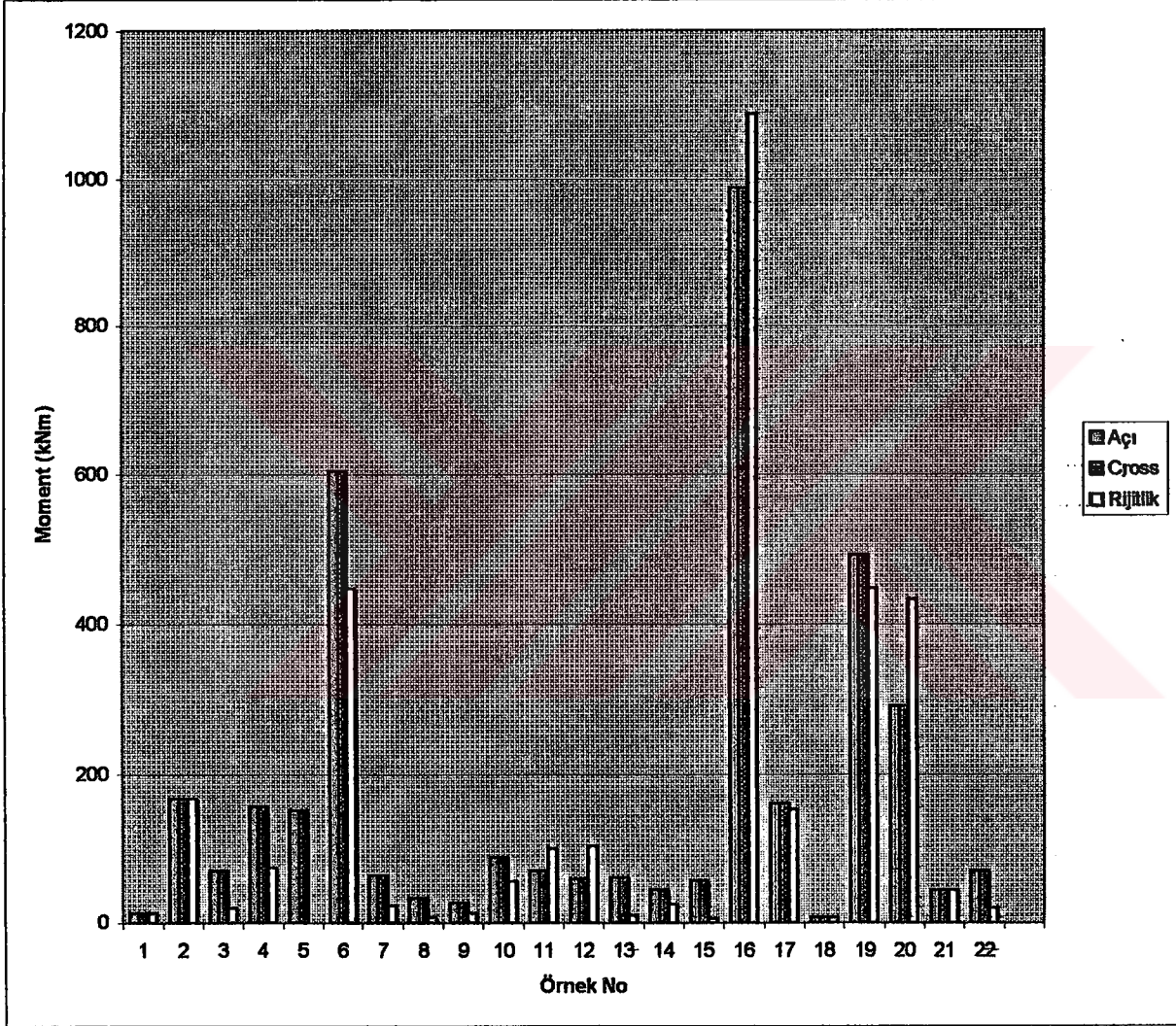
Şu ana kadar bir adet örnek üzerinde yöntemlerin işlem sıraları ve çözüm metotları üzerinde durulmuştur. Şekil 2.4.'de Seçilen 22 adet örnek üzerindeki mesnet bölgesindeki moment sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 2.4. Örneklerde mesnet bölgesindeki moment sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 2.5.'de ise örnekler üzerindeki açıklık bölgesindeki moment sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir.

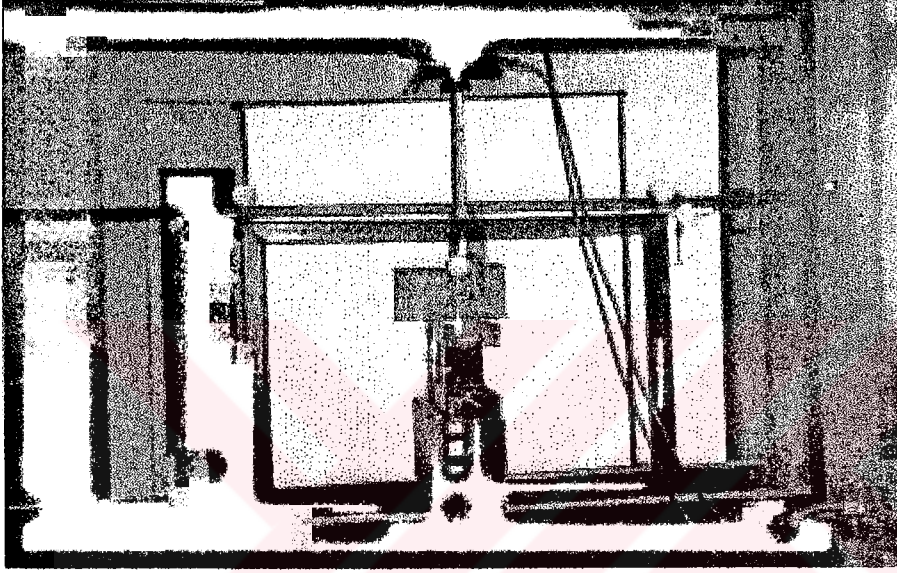
Şekil 2.5.'de ise örnekler üzerindeki açıklık bölgesindeki moment sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir. Geometrik ve yükleme şekli olarak simetrik olan sistemlerde bütün metotlar yaklaşık olarak aynı sonucu vermektedir. Simetrik olmayan sistemlerde ise eleman kesit tesirleri farklı olmaktadır.



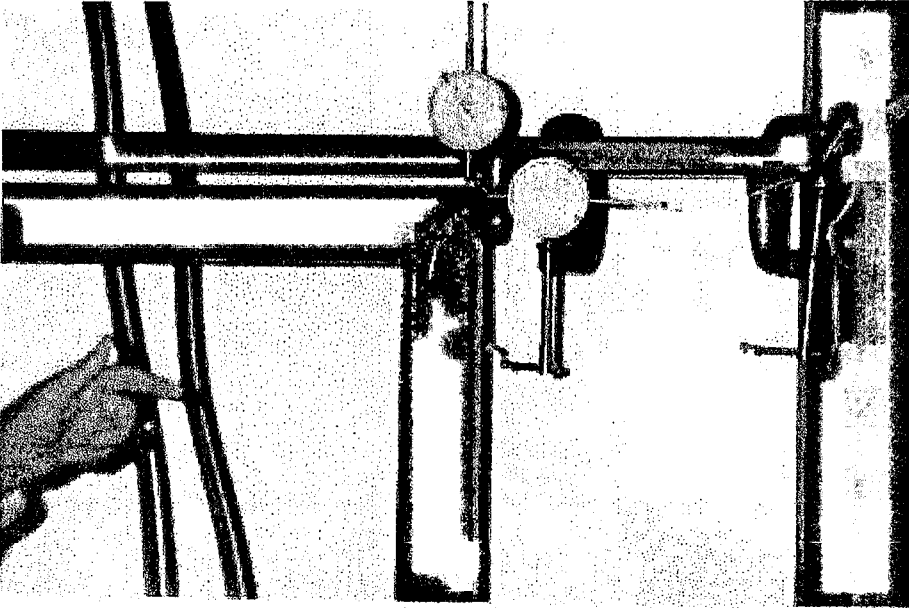
Şekil 2.5. Örneklerde mesnet bölgesindeki moment sonuçlarının karşılaştırılması

2.4. Deneysel Çalışma

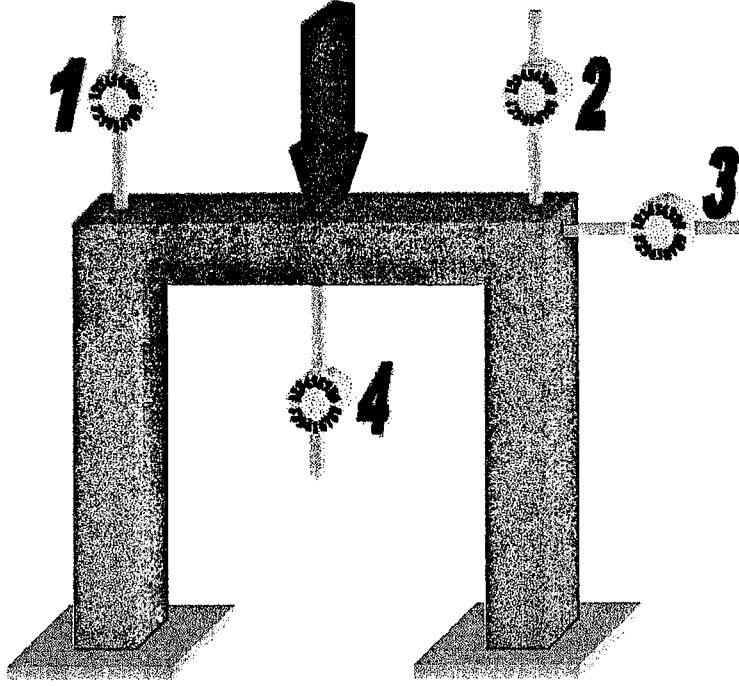
Önceki bölümlerde Açık, Cross ve Rijitlik matrisi yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Hangi yöntemin gerçek çözüme daha yakın olduğunu anlayabilmek için seçilen bir çerçeve sistem üzerinde, Resim 2.1.'deki gibi açıklık ortasından bir tekil yük verilerek açıklık ortası ve kenar düğümlerdeki deplasmanlar ölçülmüştür.



Resim 2.1. Seçilen sistemin genel görünüşü



Resim 2.2. Sistemde oluşan deplasmanları ölçmeye yarayan deplasman ölçerler



Şekil 2.6. Seçilen sistem ve yükleme şekli

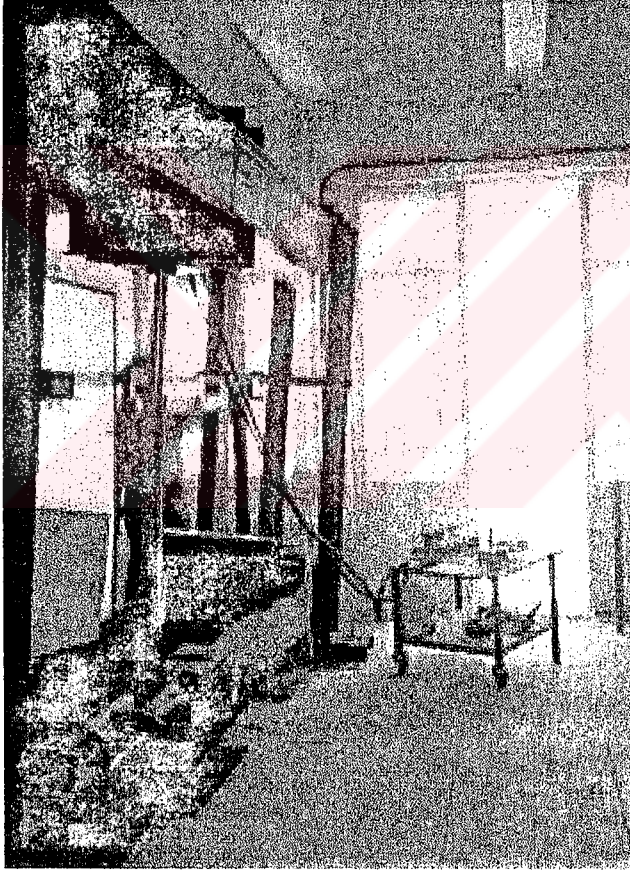
Uzunluğu 150 cm olan I80 profilleri uçlarından 45 derece kesilerek birbirlerine küt kaynakla birleştirilmiştir. Hesaplarımıza göre gerek kiriş uçlarında gerekse kolon ayaklarındaki kaynaklar sistem burkuluncaya kadar hiçbir zarar görmeyecektir. Çubuklar levhalara tespit edildikten sonra sistemin ankastre çalışabilmesi için levhalar arasına çubuklar kaynatılarak sistemin ayaklardan dışa açılması önlenmiştir. Aynı zamanda sistemin ölçümlerinin hassas olabilmesi için levha ayakları Resim 2.3.'de görülen Test çerçevesine kaynaklarla tespit edildi.

Kiriş açıklığının tam ortası tespit edilerek Resim 2.3.'de görülen Test çerçevesinin yük kolu sistemin tam ortasından tekil yük uygulanacak şekilde yerleştirildi. Kiriş ve kolon uçlarında ve kiriş ortasında deplasmanları ölçmek için milimetrenin yüzde birine duyarlı ölçerler yerleştirildi.

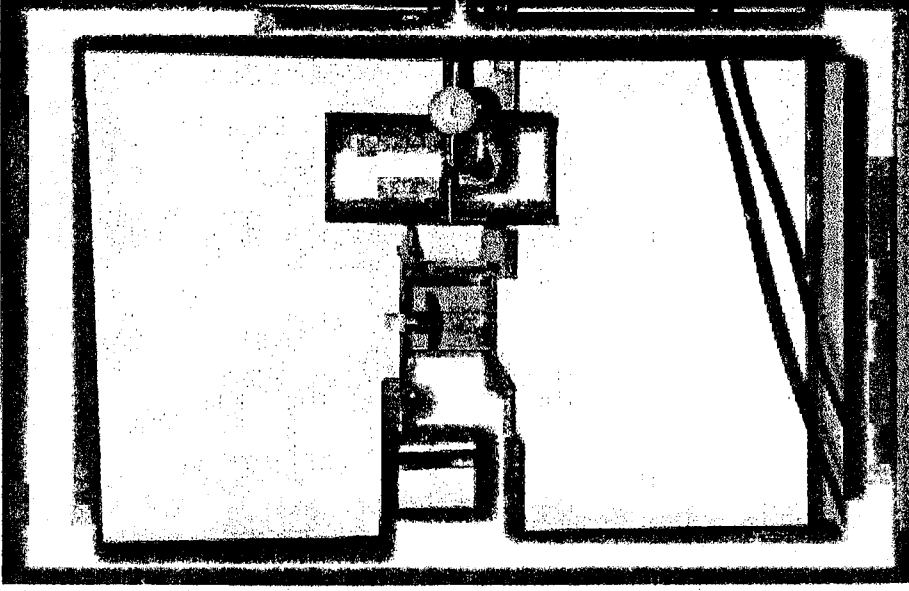
Sistem hazırlandıktan sonra sisteme sırasıyla 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3100 ve 3200 kg'lık kuvvetler uygulanarak deplasmanlar ölçülmüştür ve bu yükler altında meydana gelen deplasmanlar tablo 2.2.'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Belirlenen Noktalarda Ölçülen Deplasman Değerleri

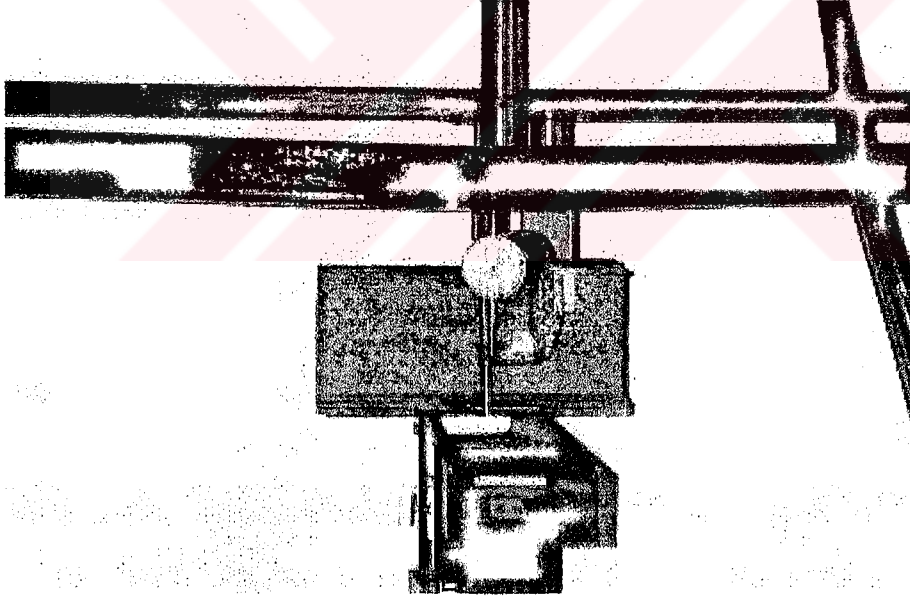
Verilen Yük (kg)	1 Nolu Nokta		1 Nolu Nokta		1 Nolu Nokta		1 Nolu Nokta	
	Okuma	Deplas. (cm)	Okuma	Deplas. (cm)	Okuma	Deplas. (cm)	Okuma	Deplas. (cm)
0	1.12	0.00	13.29	0.00	16.62	0.00	15.24	0.00
500	0.98	0.14	14.65	1.36	16.19	0.43	17.18	2.04
1000	0.83	0.29	16.09	2.80	15.69	0.93	17.11	1.87
1500	0.60	0.52	17.66	4.37	15.08	1.54	17.12	1.80
2000	0.26	0.86	19.69	6.40	13.86	2.76	17.23	1.99
2500	24.78	1.34	22.20	8.91	11.70	4.92	17.13	1.89
3000	24.28	1.86	24.73	11.44	-	-	-	-
3100	-	-	1.36	13.07	-	-	-	-
3200	-	-	4.90	16.41	-	-	-	-



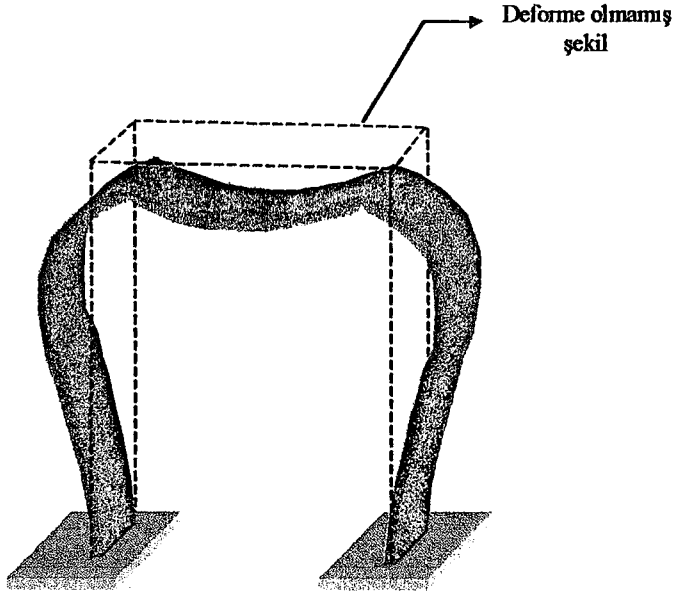
Resim 2.3. Test çerçevesi



Resim 2.4. Sistemin deforme olmuş şekli



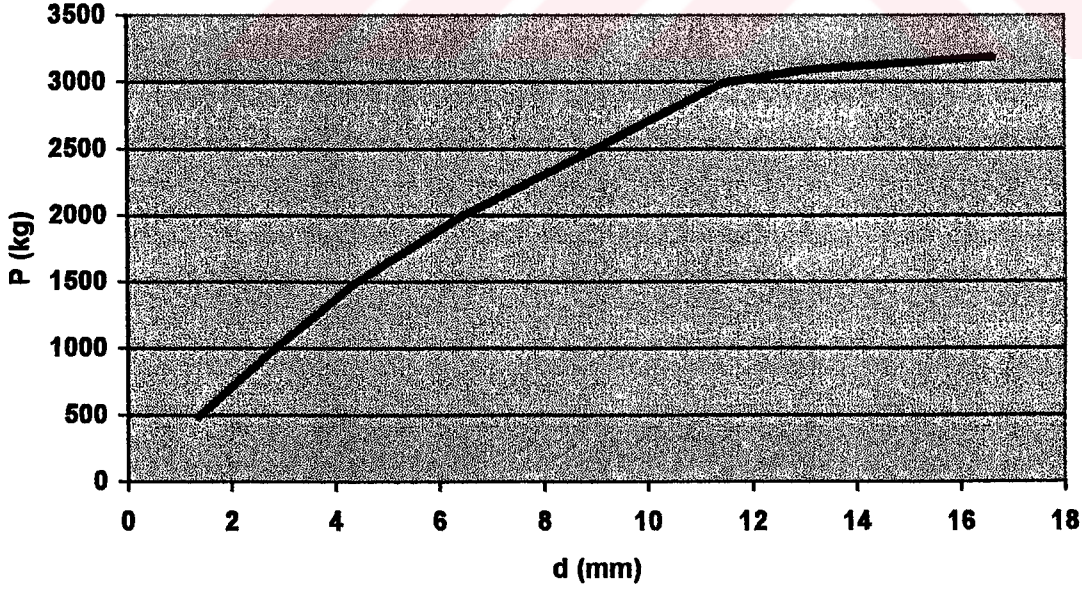
Resim 2.5. Sistemin deforme olmuş şeklinin yakından görünüşü



Şekil 2.7. Rijitlik matrisi metoduna göre deforme olmuş şekil

Tablo 2.3. 2 Nolu Noktadaki Deneysel Veriler ile Rijitlik Matrisi Deplasmanlar Verilerinin Karşılaştırılması

Yöntem	500	1000	1500	2000	2500	3000	3100	3200
Rijitlik Matrisi	1.10	2.20	3.30	4.40	5.50	6.60	6.82	7.04
Deneysel	1.36	2.8	4.37	6.4	8.91	11.44	13.07	16.61



Şekil 2.8. Kuvvet deplasman grafiği

Tablo 2.3.'de görüldüğü gibi hesap yolu ile elde edilen deplasmanlar ile rijitlik matrisi ile elde edilen sonuçlar farklılık arz etmektedir. Bunun nedenleri;

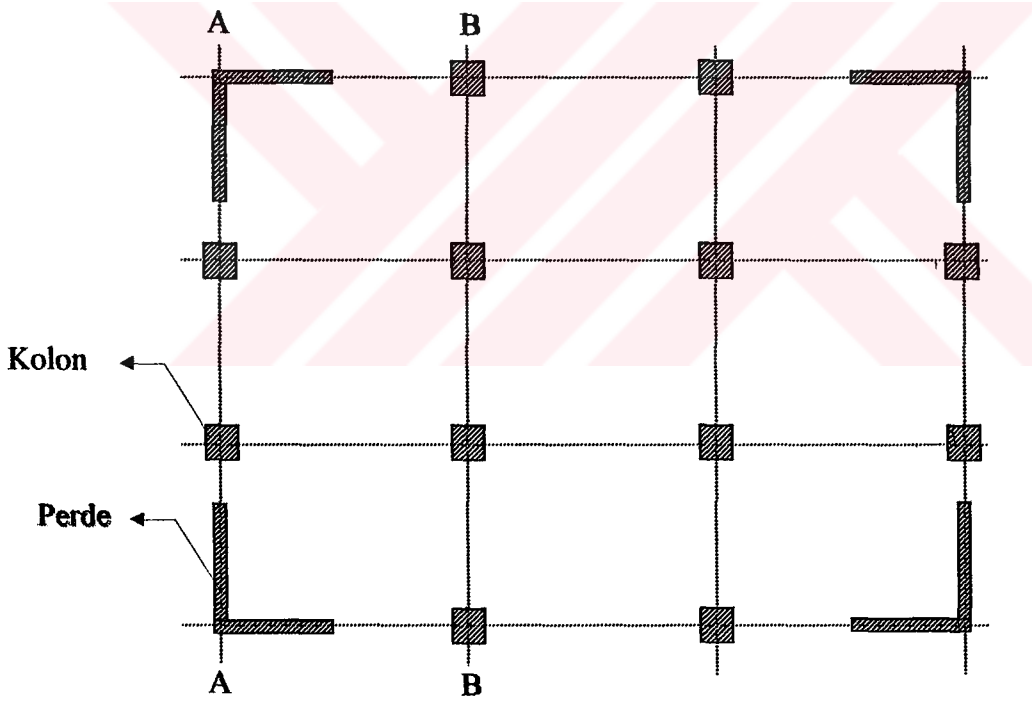
1. Sistemde istenen mesnet şartlarının elde edilememesi
2. Gerekli rijitliğin sağlanamayıp, sistemin düzlemine dik doğrultuda deformasyon yapması ve bundan dolayı sistemde eksantrisitenin oluşması
3. Belli bir değerden sonra çerçevenin taşıma gücünün limitine gelmiş olması
4. Sistemin basınç makinesine kaynaklanıp ankastre edilme işleminde, ankastre işleminde her taraftan dengeli kullanılmaması

Ancak deneyde elde edilmek istenen düğümlerdeki deplasmanlar görülmüş ve ölçülmüştür. Rijitlik matrisi yöntemi ile aynı yönde deplasmanların deneyde de oluştuğu gözlenmiştir. Dolayısıyla düğüm noktası sabit kabul edilerek yapılan çözümler gerçeği yansıtmamaktadır.

3. DÜZLEM ÇÖZÜMLER İLE UZAY ÇÖZÜMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

3.1. Giriş

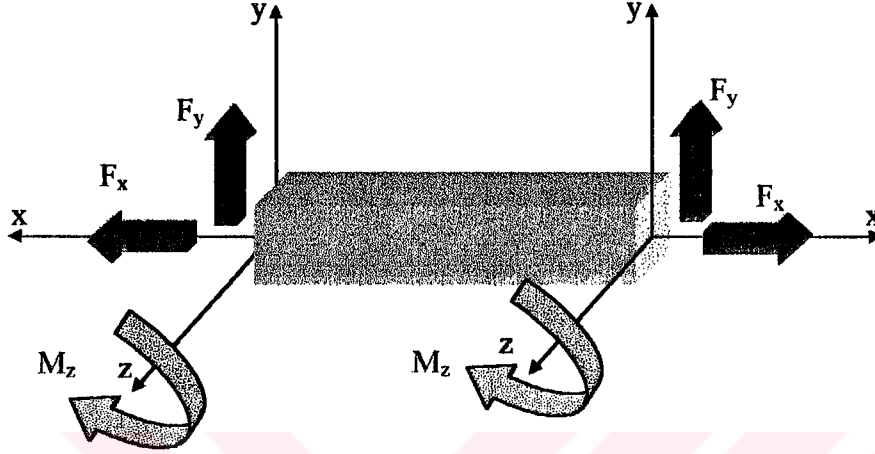
Taşıyıcı sistem tasarımında önemli yeri olan sistem elemanlarında meydana gelen kesit tesirlerinin hesaplanma metotları arasındaki farklılıklar bölüm 2'de verilmişti. Bu bölümde yine önemli bir yeri olan düzlem çözümler ile uzay çözümler karşılaştırılacaktır. Bunun için şekil 3.1'de verilen sistem düşey ve yatay yüklere göre düzlem ve uzay çözümleri yapılacak ve seçilen elemanlar arasında kıyaslamalar yapılacaktır. Bunun için A-A aksı ve B-B aksında seçilen kolon ve kiriş elemanlarının kesit tesirleri karşılaştırılacaktır.



Şekil 3.1. Seçilen sistemin kolon-perde yerleşim planı

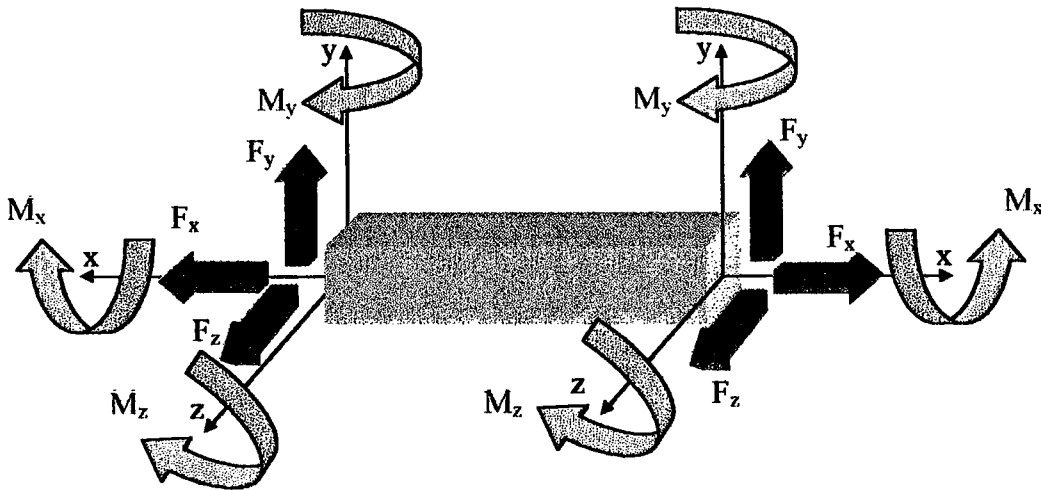
3.2. Düzlem ve Uzay Çözüm Elemanları

Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi düzlem çözümlerde çubuk eleman üzerinde oluşması beklenen kesit tesirleri F_x , F_y , ve M_z olarak her düğümde 3 bilinmeyen kabul edilir. Dolayısıyla çubuk elemenda toplam altı tane kesit tesiri hesaplanır.



Şekil 3.2. Düzlem çözümlerde çubuk elemenda dikkate alınan kesit tesirleri

Şekil 3.3'de görüldüğü gibi uzay çözümlerde ise çubuk eleman üzerinde oluşması beklenen kesit tesirleri F_x , F_y , F_z ve M_x , M_y , ve M_z 'dir. Dolayısıyla her düğümde altı tane olmak üzere çubuk elemenda toplam on iki tane kesit tesiri hesaplanır.



Şekil 3.3. Uzay çözümlerde çubuk elemenda dikkate alınan kesit tesirleri

Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.'de de görüldüğü gibi düzlem çözümlerde altı serbestlik derecesi ihmal edilmektedir. Bunların içerisinde en önemlilerinden birisi özellikle dinamik analizde etkili olan ve kolonlarda ortaya çıkan M_z burulma momentleridir. Ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi çakışmayan binalarda burulma momenti kolonlara ilave kesit tesirleri getirmekte ve deprem esnasında büyük hasarlara neden olabilmektedir.

3.2. Dinamik Analiz

Yapılarda dinamik analiz (deprem hesabı) ancak 3 boyutlu olarak dikkate alınırsa gerçekçi olabilir ve gerçek değerlere ulaşılabilir. Çoğu kez yapılarda rijitlik merkezini ve ağırlık merkezinin çakıştırılması da oldukça güçtür. Bu şekildeki hesapta ise burulma momentleri dikkate alınmamaktadır.

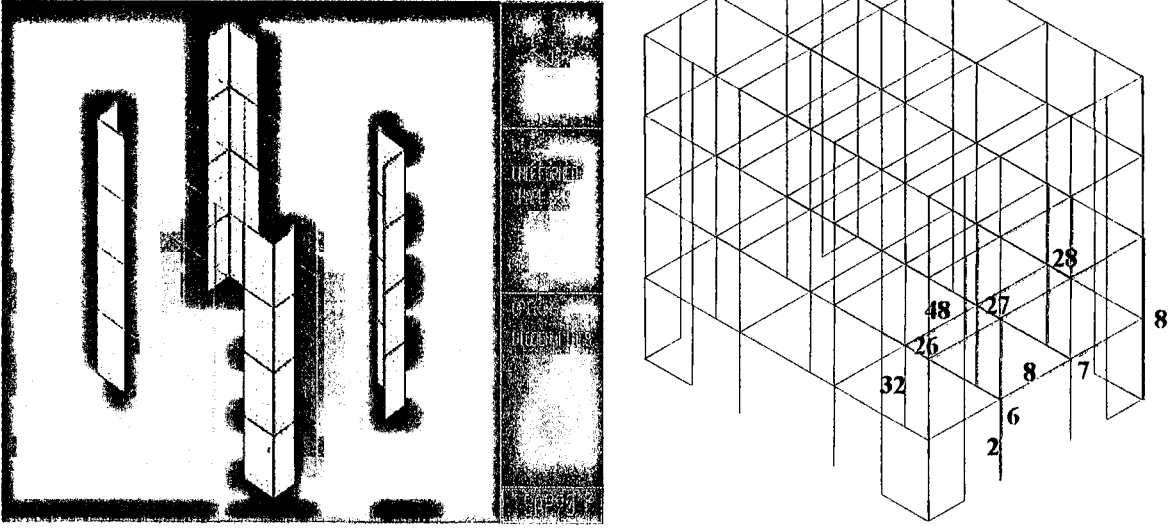
Gelişen bilgisayar teknolojisi ile birlikte artık daha gerçekçi çözümler yapılmaktadır. Ancak bunların bir kısmı hala iki boyutlu çözümler yapmaktadırlar.

Bu çalışmada üç boyutlu çözüm imkanı sağlayan SAP90 yapısal analiz programı kullanılarak iki boyutlu çözümler ile üç boyutlu çözümler karşılaştırılacaktır.

Yapının belirli bir yer hareketinde modal mukabelelerinin bulunarak bunların belirli bir şekilde süperpoze edilmesi yoluyla yapılan hesapların hepsine Dinamik Hesap denilmektedir. (Modal Süperpozisyon Yöntemi).

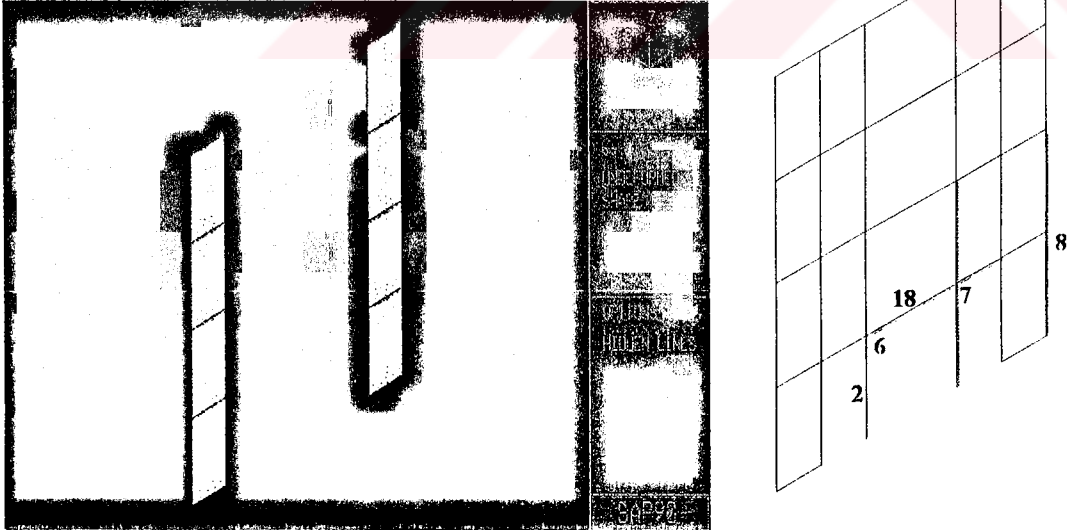
3.3. SAP90 Programına Göre Sistemin Çözümü

Seçilen sistem Sap90 Programında, üç boyutlu olarak ve seçilen iki aks iki boyutlu olarak modellenerek, elde edilen çözümler karşılaştırılacaktır. Bunun için 3.3.1.'de görülen sisteme +x yönünde El Centro deprem ivmesi kayıtları gözönüne alınarak dinamik analiz yapılmıştır.

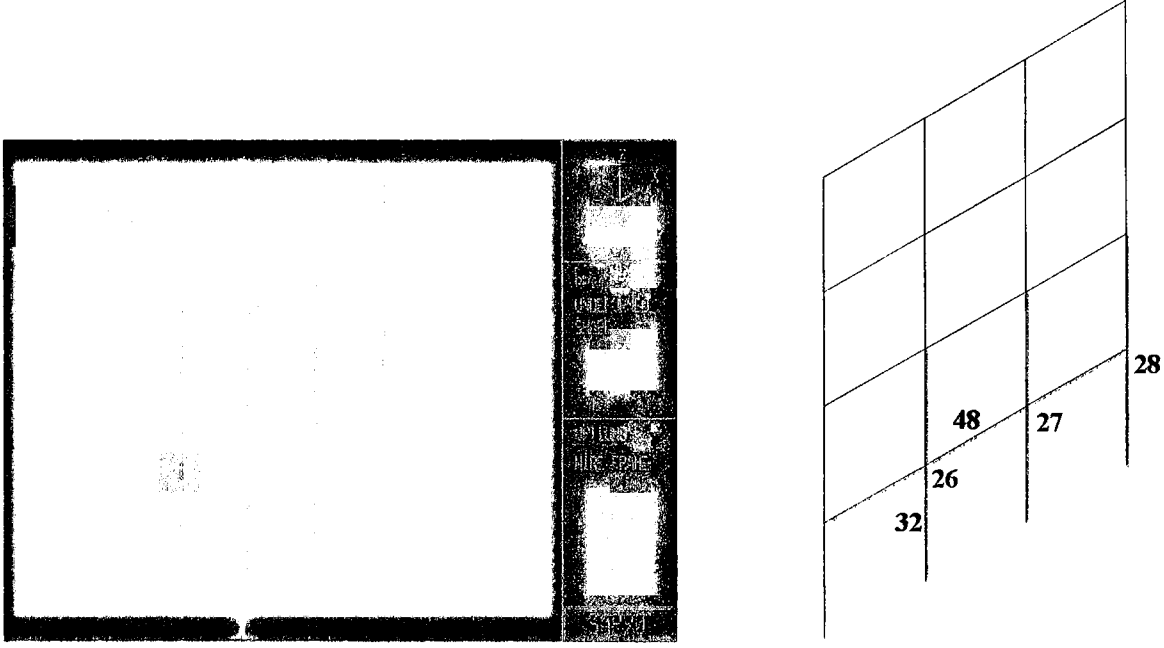


Şekil 3.4. Seçilen sistemin uzay olarak görünüşü

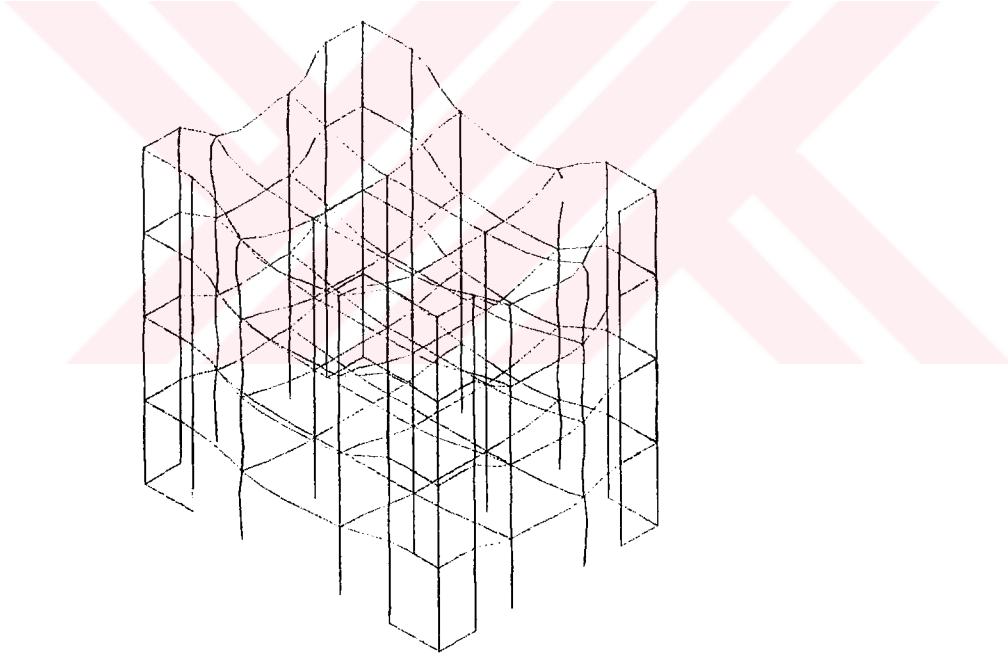
Şekil 3.4.'de sistemin deforme olmamış şekli ile sistem üzerinde kıyaslama yapılacak elemanlar ve düğüm noktaları verilmiştir. Yine Şekil 3.5. ve Şekil 3.6.'da ise seçilen A-A aksı ve B-B akslarının deforme olmamış şekilleri verilmiştir.



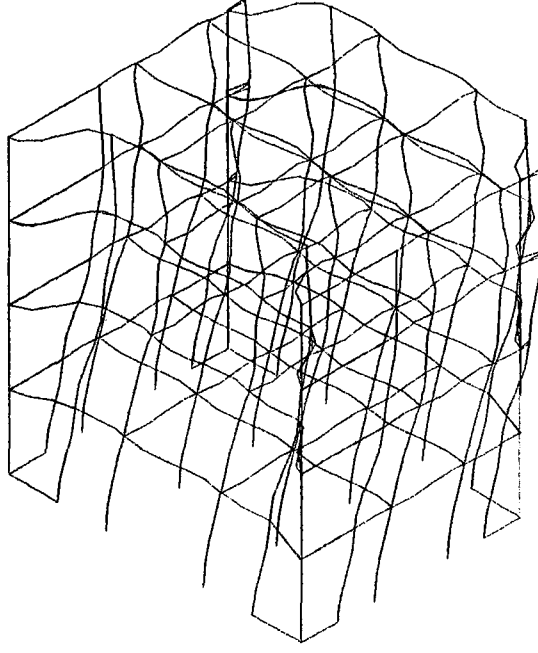
Şekil 3.5. A-A aksının deforme olmamış şekli



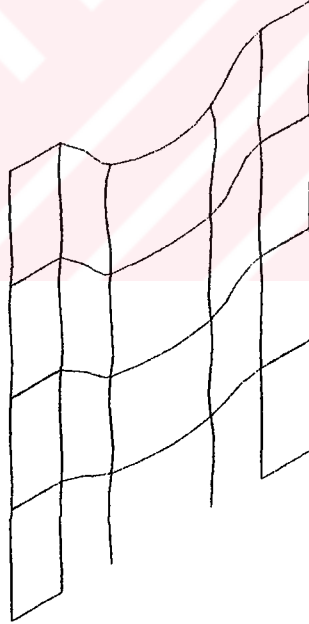
Şekil 3.6. B-B aksının deforme olmamış şekli



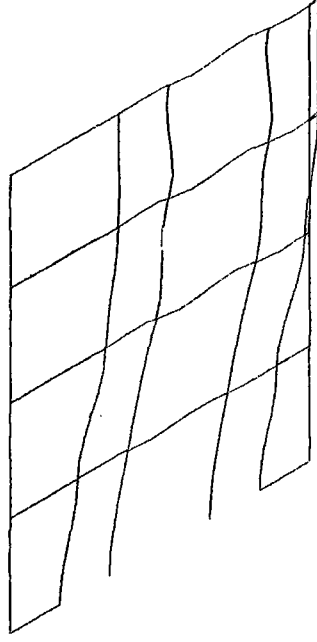
Şekil 3.7. Sistemin düşey yükler altında deforme olmuş şekli



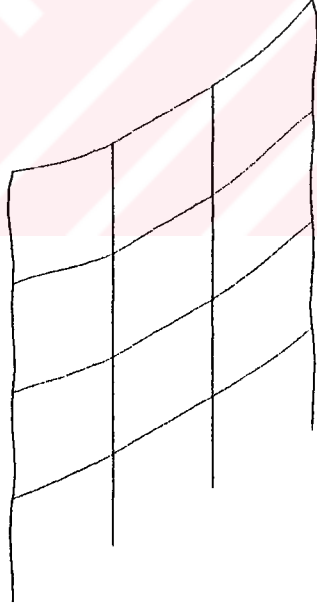
Şekil 3.8. Sistemin dinamik yükler altında deforme olmuş şekli



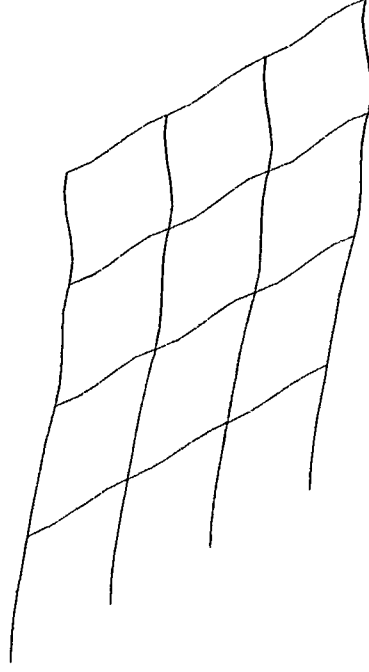
Şekil 3.9. A-A aksının düşey yükler altında deforme olmuş şekli



Şekil 3.10. A-A aksının dinamik yükler altında deforme olmuş şekli



Şekil 3.11. B-B aksının düşey yükler altında deforme olmuş şekli



Şekil 3.12. B-B aksının dinamik yükler altında deforme olmuş şekli

3.4. Deplasmanlar ve Kesit Tesirleri

3.4.1. Düğüm Noktalarının Dinamik Yükler Altındaki Deformasyonları

Seçilen düğüm noktalarına ait Sap90 düğüm deplasmanları çıktıkları aşağıda verilmiştir.

ÜÇ BOYUTLU SİSTEM KARŞILAŞTIRMA

JOINT DISPLACEMENTS

LOAD CONDITION 1 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
6	.0000E+00	.0000E+00	-.2641E-03	-.1727E-03	.8456E-04	.0000E+00
7	.0000E+00	.0000E+00	-.2641E-03	-.1727E-03	-.8456E-04	.0000E+00
8	.0000E+00	.0000E+00	-.2114E-04	-.1983E-04	-.1957E-04	.0000E+00
26	.0000E+00	.0000E+00	-.4693E-03	-.9298E-06	.1969E-05	.0000E+00
27	.0000E+00	.0000E+00	-.4693E-03	-.9298E-06	-.1969E-05	.0000E+00
28	.0000E+00	.0000E+00	-.2952E-03	-.1338E-03	-.9869E-04	.0000E+00

DYNAMIC LOAD - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
6	.004209	.000001	.000060	.000001	.002338	.000000
7	.004209	.000001	.000060	.000001	.002338	.000000
8	.0000E+00	.0000E+00	.2368E-04	.6973E-06	.5909E-04	.0000E+00
26	.004209	.000001	.000002	.000001	.002372	.000000
27	.004209	.000001	.000002	.000001	.002372	.000000
28	.004209	.000001	.000088	.000003	.002487	.000000

AA AKSI ICIN KARSILASTIRMA**J O I N T D I S P L A C E M E N T S**

LOAD CONDITION 1 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
6	.0000E+00	.0000E+00	-.1433E-03	.0000E+00	.7623E-04	.0000E+00
7	.0000E+00	.0000E+00	-.1433E-03	.0000E+00	-.7623E-04	.0000E+00
8	.0000E+00	.0000E+00	-.1938E-04	.0000E+00	-.2222E-04	.0000E+00

DYNAMIC LOAD - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
6	.004071	.000000	.000053	.000000	.002230	.000000
7	.004071	.000000	.000053	.000000	.002230	.000000
8	.0000E+00	.0000E+00	.4849E-04	.0000E+00	.6707E-04	.0000E+00

BB AKSI İÇİN KARSILASTIRMA**J O I N T D I S P L A C E M E N T S**

LOAD CONDITION 1 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
26	.0000E+00	.0000E+00	-.2015E-03	.0000E+00	-.3229E-06	.0000E+00
27	.0000E+00	.0000E+00	-.2015E-03	.0000E+00	.3229E-06	.0000E+00
28	.0000E+00	.0000E+00	-.1010E-03	.0000E+00	-.9927E-04	.0000E+00

DYNAMIC LOAD - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	U(Z)	R(X)	R(Y)	R(Z)
26	.022312	.000000	.000283	.000000	.012451	.000000
27	.022312	.000000	.000283	.000000	.012451	.000000
28	.022312	.000000	.000503	.000000	.013277	.000000

3.4.2. Elemanlarda Dinamik Yükler Altındaki Kesit Tesirleri

Seçilen elemanlara ait kesit tesirleri Sap90 çıktıları aşağıda verilmiştir.

ÜÇ BOYUTLU SİSTEM KARŞILAŞTIRMA**F R A M E E L E M E N T F O R C E S**

ELT LOAD ID COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
2 -----						
1	-38.03					.00
		.0	-.63	.61	.31	-.30
		3.0	-.63	-1.27	.31	.62
DYN	8.67					.00
		.0	.00	.00	1.73	7.05
		3.0	.00	.01	1.73	2.02
18 -----						
1	.00					.00
		.0	3.63	-1.77	.00	.00
		1.5	.00	.95	.00	.00
		3.0	-3.63	-1.77	.00	.00
DYN	.00					.00
		.0	2.25	3.38	.00	.00
		3.0	2.25	3.38	.00	.00
32 -----						
1	-67.58					.00
		.0	-.00	.00	.01	-.01
		3.0	-.00	-.01	.01	.01
DYN	.22					.00

		.0	.00	.01	1.61	6.93
48		3.0	.00	.01	1.61	2.26

1	.00					.00
		.0	3.63	-1.81	.00	.00
		1.5	.00	.91	.00	.00
		3.0	-3.63	-1.81	.00	.00
DYN	.00					.00
		.0	2.25	3.37	.00	.00
		3.0	2.25	3.37	.00	.00

AA AKSI ICIN KARSILASTIRMA

FRAME		ELEMENT		FORCES		
ELT	LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE
ID	COND	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR
						MOMENT
						AXIAL
						TORQ

2						
1	-20.63					
		.0	.00	.00	.00	.28
		3.0	.00	.00	.00	.28
DYN	7.64					
		.0	.00	.00	.00	2.01
		3.0	.00	.00	.00	2.01
18						
1	.00					
		.0	3.63	-1.78		
		1.5	.00	.94		
		3.0	-3.63	-1.78		
DYN	.00					
		.0	2.14	3.22		
		3.0	2.14	3.22		

BB AKSI İCİN KARSILASTIRMA

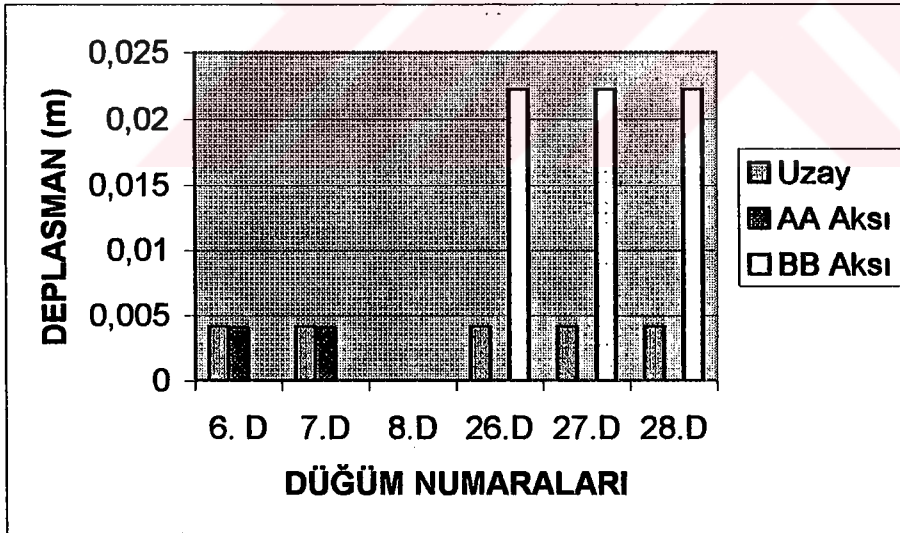
FRAME		ELEMENT		FORCES		
ELT	LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE
ID	COND	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR
						MOMENT
						AXIAL
						TORQ

32						
1	-29.02					
		.0	.00	.00	.00	-.00
		3.0	.00	.00	.00	-.00
DYN	40.76					
		.0	.00	.00	.00	10.35
		3.0	.00	.00	.00	10.35
48						
1	.00					
		.0	3.63	-1.82		
		1.5	.00	.91		
		3.0	-3.63	-1.82		
DYN	.00					
		.0	11.80	17.69		
		3.0	11.80	17.69		

Tablo 3.1 Seçilen Dügüm Noktalarının Dinamik Yükler Altındaki Deplasmanları

Dügüm no	(x) yönündeki deplasman (m)			(y) yönündeki deplasman (m)			(z) yönündeki deplasman (m)		
	Uzay	AA aks	BB aks	Uzay	AA aks	BB aks	Uzay	AA aks	BB aks
6	0.0042	0.0041	-	0	0	-	0	0	-
7	0.0042	0.0041	-	0	0	-	0	0	-
8	0.0000	0.0000	-	0	0	-	0	0	-
26	0.0042	-	0.0223	0	-	0	0	-	0
27	0.0042	-	0.0223	0	-	0	0	-	0
28	0.0042	-	0.0223	0	-	0	0	-	0

Tablo 3.1.'de de görüldüğü gibi sistemde deplasmanlar deprem ivmesinin geldiği yönde oluşmuştur. Bunun bu şekilde olmasının en büyük sebebi sistemin tamamen simetrik olmasıdır. Sistemin simetrikliği bozulmuş olsa idi y ve z yönlerinde de deplasmanlar beklenebilirdi. Bu şekilde oluşan deplasmanlar 4. Bölümde incelenecektir.



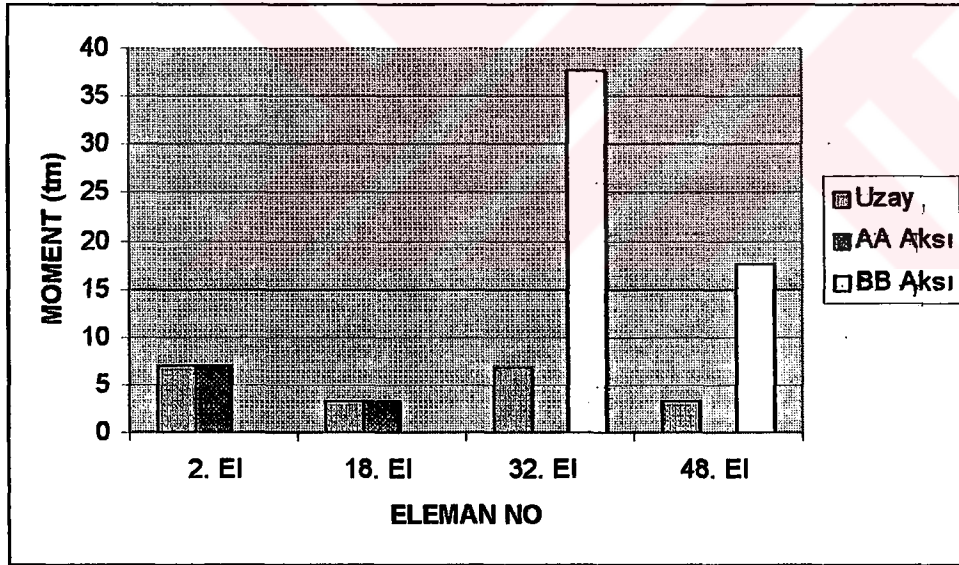
Şekil 3.13. Seçilen düğümlerdeki deplasman değerleri

Şekil 3.13.'deki grafikten de görüleceği gibi sistemde ve perde bulunan A-A aksındaki deplasmanlarda uzay çözüme göre çok fazla değişiklik olmamıştır. Perde olmayan B-B aksında ise deplasmanlar uzay çözüme ve A-A aksına göre oldukça fazladır. Örneğin 26

nolu düğümde uzay çözüme göre deplasmanlar 0.0042 m iken, B-B aksı çözümünde bu deplasman değeri 0.0223 m.' dir. Yani düzlem çerçeve çözümünde Uzay çözümün 5 katı daha büyük bir deplasman oluşmaktadır.

Tablo 3.2 Seçilen elemanlarda dinamik yükler altındaki kesit tesirleri

UZAY	Eleman No	Normal kuvvet	1-2 düzlemi		1-3 düzlemi		Eksenel burulma
			kesme	Moment	kesme	Moment	
UZAY	2	8.67	0	0	1.73	7.05	0
	18	0	2.25	3.38	0	0	0
	32	0.22	0	0	1.61	6.93	0
	48	0	2.25	3.37	0	0	0
A-A Aksı	Eleman No	Normal kuvvet	1-2 düzlemi		1-3 düzlemi		Eksenel burulma
			kesme	Moment	kesme	Moment	
A-A Aksı	2	7.64	0	0	2.01	7.02	-
	18	0	2.14	3.22	-	-	-
B-B Aksı	Eleman No	Normal kuvvet	1-2 düzlemi		1-3 düzlemi		Eksenel burulma
			kesme	moment	kesme	Moment	
B-B Aksı	32	40.76	0	0	10.35	37.71	-
	48	0	11.80	17.69	-	-	-



Şekil 3.14. Seçilen elemanlarda dinamik yükler altındaki moment karşılaştırması

Şekil 3.2.' de görüldüğü gibi olduğu gibi A-A aksı uzay Çözümle aynı moment değerlerini verirken, perde bulunmayan B-B aksı ise çok farklı sonuçlar vermektedir. Örnek olarak 32 nolu kolon eleman alınırsa uzay çözümdeki 1-3 düzleminde meydana gelen moment 6.93 kNm iken, B-B aksının düzlem çözümünde bu değer 37.71 kNm değerini almaktadır ki bu değer uzay çözümdeki değer yaklaşık 5 katı olmaktadır. Bu da Uzay çözümler ile iki

boyutlu çözümler arasında çok ciddi farklılıkların meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca buna iki boyutlu çözümlerde öngörülen yaklaşık hesap metotları da ilave edilirse, iki boyutlu çözümlerin deprem davranışı açısından gerçek çözüme ulaşmada sıkıntılara yol açmaktadır. Dolayısıyla inşaat mühendisliği açısından özellikle 1. Derece deprem bölgelerinde önemi bir kez daha ortaya çıkan hesapların doğruluğu açısından kesinlikle üç boyutlu uzay çözümlere gidilmelidir:



4. BODRUM KATA YERLEŞTİRİLEN PERDE DUVARLARIN TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞINA ETKİSİ

4.1. Taşıyıcı Sistemler

Betonarme yapıların taşıyıcı sistemleri çerçevesel, perde duvarlı ya da perdeli-çerçevesel olarak üç tipte olmaktadır. Yapının taşıyıcı sistemi seçilirken bu üç taşıyıcı sistemin yatay yükler altındaki davranıŐlarının değerlendirilmesi gerekir. Salt çerçevesel yapılar perdeli ve perdeli-çerçevesel yapılara göre daha düşük deprem dayanımındadır. Buna karşılık perdeli ve perdeli-çerçevesel taşıyıcı sistemlerin salt çerçevesel sisteme göre maliyeti daha yüksektir.

4.1.1. Çerçevesel Betonarme Yapılar

Depremin enerjisinin kalıcı deformasyonlarla tüketilmesi yaklaşımı ile tasarlanırlar. Elastik enerji tüketme güçleri azdır. Yüksek miktarda plastik enerji tüketme gücünde olabilmeleri için donatı, eksenel yük ve boyut ayrıntılarına hem proje ve tasarında hem de yapım sırasında özen göstermek gerekir. Perdeli sistemlere göre elastik olarak dayandıkları yatay yük düzeyi düşüktür.

Yatay ötelenmeleri büyük olduğu için, hafif ve orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemde hasar olmasa bile içlerindeki eşyalar ve taşıyıcı olmayan bölümlerinde hasar olasılığı yüksektir.

4.1.2. Perde Duvarlı Betonarme Yapılar

Elastik enerji tüketme güçleri salt çerçevesel sistemlere göre yüksektir. Plastik enerji tüketme güçleri aynı oranda yüksek değildir. Çerçevesel yapılara göre süneklikleri daha azdır. İlk yapım maliyetleri çerçevesel sistemlere göre yüksektir.

Hafif ve orta şiddetli depremlerde yatay ötelenmeleri çok sınırlıdır. Yapı içindeki eşyalarda ve taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında hemen hemen hiç hasar olmaması beklenir. İçinde değerli eşyalar saklanan (müzeler), önemli hizmetler vermesi beklenen (Hastane, telefon Santrali, İtfaiye) ve insanların çok yığıldığı yapıların salt perde duvarlı olarak tasarlanması gerekir.

4.1.3. Perde Duvarlı-Çerçevesel Sistemler

Bu tür yapılar yukarıda sayılan her iki taşıyıcı sistemi bir arada bulandıran yapılardır. Yapıda kat alanının bir yüzdesi olarak her iki yönde perde duvar bulunmaktadır.

Perde duvarlı çerçevesel yapıda hafif ve orta şiddetli depremlerde görülen taşıyıcı olmayan bölümleri ve yapı içindeki eşyaların hasarı önlenmektedir. Perde duvarlı çerçevesel yapıda yanal ötelenmeler kısıtlanmaktadır. Perde duvarlı çerçevesel yapıda perde depreme karşı koyan ilk yapı elemanıdır. Perde duvarın hasar sonucu taşıma gücünün azalmasından sonra çerçeve elemanları (kolonlar) daha çok zorlanmaya başlarlar.

Perde duvarlı çerçevesel yapılar bütün deprem bölgeleri için önerilir. deprem tehlikesi bölgelerde özellikle 5 katı geçen bütün betonarme yapıların perde duvarlı çerçevesel yapı olarak yapılması gerekir. Yeni yönetmelik ile getirilen bazı hususlar perdelerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir.

Perdeli-çerçevesel sistemlerde perde duvar miktarı oldukça önemlidir. 1992'deki depremde Erzincan depreminde perde duvar oranı %0.4-2.5 arasında değişen perdeli çerçevesel yapılarda hasarı son derece az olmuştur.

Perde duvarların yapı planında burulma etkisi oluşturmayacak şekilde düzenlenmesi gerekir. Sakarya Valilik Binası 1967 Adapazarı depreminde büyük hasar görmüştür. Hasarın önemli bir nedeni merdiven boşluğu çevresine konulmuş perde duvarların yapıdaki simetriyi bozmasıdır. Yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi

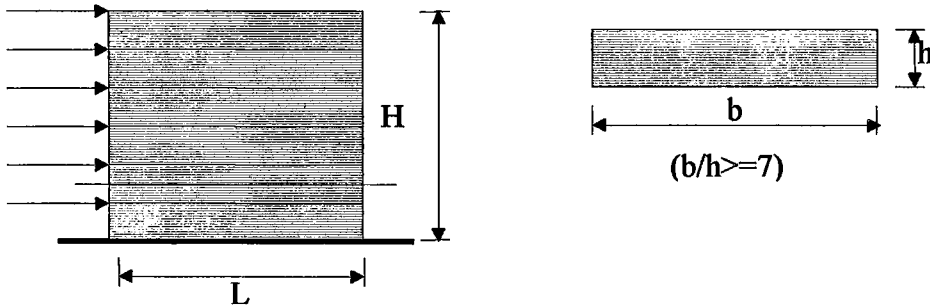
arasında 3.60 metrelik bir uzaklık bulunması yapıda hasara neden olmuştur. Bu eksantirisitenin oluşturduğu burulma etkisi, hesaplarda dikkate alınmadığı için bir çok kolona burulma nedeni ile ön görülen yüklerin üzerinde yük etkimesine ve kolonun hasarına yol açmıştır.

4.2. Perde Duvarlar

4.2.1. Perde Duvarların Tanımı ve İşlevi

Yapı yüksekliği arttıkça alt katlardaki kolon kesitlerinin büyümesinden dolayı faydalı hacim azalması ve özellikle yatay yer değiştirmelerin büyümesi sonucu bazı binalarda taşıyıcı sistem dışında kalan yapı elemanlarının büyük zarar görmesi gibi sebeplerle, çerçeveler ile diğer yatay yük taşıyıcı elemanlarında kullanılması gerekmektedir. Bu yapı elemanlarından birisi de tabanlarından zemine tam veya yarı ankastre olan dolu göydeli veya kafes sistem türünde teşkil edilmiş olan düşey perde elemanlardır.

Perdeler, planda uzun kenarlarının kısa kenarlarına oranı 7 ve 7'den büyük olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, depremden veya rüzgardan dolayı oluşan yatay yüklerin tamamına yakın kısmını taşırlar ve yapının yanall rijitliğini artırarak yatay ötelenmelerini kısıtlarlar. Bu bakımdan perdelerin kullanılması önemlidir. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin, hem yapının güvenliğini sağlayıp hem de yer değiştirmeleri sınırlandırarak yapısal olmayan elemanlarda hasarları önlemeleri bakımından etkili davrandıkları tespit edilmiştir. Bu nedenle deprem bölgelerinde yapılacak olan çok katlı yapılar da perde duvar kullanılmalıdır.



Şekil 4.1. Perde duvar elemanı

Perde duvarlar katlar arasındaki ardışık ötelenmeleri azaltıp taşıyıcı olmayan bölmelerin ve yapı içindeki eşyaların küçük ve orta şiddetli depremlerde hasara uğramalarını önler. İçinde değerli eşyalar saklanan (müzeler), önemli hizmetler vermesi beklenen (Hastahane, telefon santrali, itfaiye) ve insanların çok sayıda bulunduğu (okullar, yatakhaneler) yapıların perde duvarlı olarak tasarlanmaları gerekir.

Perde duvarlı betonarme yapıların elastik enerji tüketme güçleri salt çerçeve yapılarına göre önemli miktarda yüksektir. Plastik enerji tüketme güçleri ise aynı düzeyde yüksek değildir. Çerçeve yapılarına göre süneklikleri daha azdır. Büyük yatay kuvvetlere elastik olarak karşı koyabilirler, ancak elastik limitleri aşıldıkça süratle yıkılmaya doğru giderler. Özenli bir şekilde düzenlenen perde duvarların ilk yapım bedelleri çerçeve yapılarına nazaran çok yüksek olduğundan öncelikle yüksek yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Yüksek yapılarda görülen perde elemanlar yanında bodrum katlarında binanın dış çevresinde zemin itkisini karşılamak ve izolasyon için de perde duvar elemanlar kullanılmaktadır. Bu tür perdelerde düşey düzlemde bulunurlar, ancak dış yükler düzlemine dik, yatay olarak ortaya çıkar. Bu bakımdan bu tür perde duvarlar normal bina kat döşemelerine benzerler.

4.2.2. Perde Duvarların Düzenlenmesi

Perde duvarlı yapıların taşıyıcı sistemlerinin oluşturulmasında perde duvarların yapıda burulma etkisi oluşturmayacak şekilde yerleştirilmeleri önemlidir (Şekil 2.4). Yapılarda perde duvarlar çoğunlukla asansör boşluklarına ya da merdiven boşlukları çevrelerine yerleştirilmektedir. Eğer bu boşluklar yapının içinde simetrik değilse yapıda kütle ve rijitlik merkezleri arasında önemli mesafeler olacak ve deprem sırasında yapıda burulma etkileri oluşacaktır.

Yapı yüksekliği boyunca da perde duvarların sürekliliği önemlidir. Perde duvarlar yapının temelinden başlayarak en üst kata kadar sürekli olarak devam etmelidir. Çeşitli nedenlerle zemin katında hiç yapılmaması ya da en üst kata kadar uzatılmayıp ara bir yerde kesilmesi deprem açısından çok sakıncalıdır.

Eğer çevresine perde duvar konulacak asansör ya da merdiven boşluklarının yapıda simetrik ve kütle merkezine yakın bir yere yerleştirme olanağı yoksa ve yapıda burulma oluşması istenmiyorsa yapıya, kütle ve rijitlik merkezlerini birbirine yaklaştıracak ek perde duvarların konulması gereklidir.

Perde duvarların, yapıların üst katlarında pek etkili olmadıkları ya da gereksiz oldukları düşüncesi ile bazı yapılarda belli bir kattan sonra perde duvar yapılmamaktadır. Perde duvarın, yapının en üst katına kadar yapılmaması, perdenin kesildiği yerde gerilme yığılmalarına neden olur ve bu düzeyde büyük hasarlar oluşabilir.

4.2.3. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte Perde Duvarlar İçin Verilen Esaslar

1. Perde duvarlar yatay yükler altında meydana gelecek momentleri aksenal kuvvetleri ve kesme kuvvetlerini taşıyabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır.
2. Perde, planda uzun kenarın kalınlığa oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Düşey perde kalınlığı kat yüksekliğinin ve perde genişliğinin 1/20' sinden yada 15 cm'den az olmamalıdır. Güvenirliği hesapla gösterilemiyorsa bu minimum kalınlık 10m perde yüksekliği için alınmalı, daha yüksek perdeler de aşağı doğru her 6m ek yükseklik için minimum kalınlık ortalama 2cm artırılmalıdır. Perde duvarların minimum donatı alanları perde bütün en kesit alanının, yatay donatı için 0.0025, düşey donatı için 0.0020'sinden az olamaz. Donatı aralığı perde kalınlığının 1.5 katı ve 30cm' den fazla olamaz. Kolon tanımı ile perde tanımı arasında kalan düşey taşıyıcı elemanların minimum boyutu 25cm den az olamaz. Bu elemanlar donatı ve yatay yük katsayısı bakımından hem kolon hem de perdelerin sağlaması gerekli minimum koşulları yerine getirmelidir.
3. Betonarme perde duvarların en kesitlerinin her iki ucunda perdenin plandaki büyük boyutunun %10'u boyutundaki bölgeler de düşey donatı aralığı yarıya indirilmelidir. Ancak perde kesitinde, homojen kesit varsayımı ile çekme gerilmesi çıkması halinde, bu uç bölgedeki donatılar statikçe gerekli kesitin

BÇ:I için 0.005

BÇ:II için 0.004

BÇ:III için 0.003 den az olmamalıdır.

4. Perde duvarlarındaki donatı bindirme boyları kolonlarda öngörülen koşullara uygun olmalıdır.
5. Perdelerde bulunan boşlukların her kenarının iki yüzüne en az ikişer adet $\phi 16$ 'lık donatı yerleştirilmelidir. Büyük boşlukların bulunması halinde, boşluklar göz önüne alınarak hesap yapılmalı ve her iki kenardaki demirlerin toplam alanı, boşluk nedeni ile kesilen demirlerin alanından az olmamalıdır. Ayrıca bu boşluk köşesine her yüzeyde yatay düzlemde 45° 'lik açı meydana getiren en az ikişer adet $\phi 16$ 'lık donatı kullanılmalıdır.
6. Perdelerin diğer perdelerle ya da yapı elemanlarıyla birleştikleri noktalarda birlikte çalışmayı sağlayacak biçimde donatı bağlantısı ve detaylandırma yapılmalıdır .

Tablo 4.1 Perde Duvarlar ile İlgili Konstrüktif Esaslar

Tanım	TS500	Deprem Yön.	Ek Öneri
Min L_w	-	$7 b_w$	-
Min b_w	150 mm	150 mm, $h_{kat}/20$	200 mm
Max S_w, S_h	300 mm, $b_w, L_w/3$	300 mm, $1.5b_w$	250 mm
Min ϕ_w, ϕ_h	-	-	8 mm
Min ρ_w	0.0025	0.0025	-
Min ρ_h	0.0025	0.0020	-
Max S_c	-	$S_v/2$	-
Min $\rho_{uç}$	-	-	0.005
Min $A_s-uç$	-	-	$6\phi 12$
Min $L_{uç}$	-	$0.1L_w$	$0.1L_w, 300$ mm

4.4. Yapının Planda Uygunluğu

Yapıların yatay kesiti ve planlarının simetrik olmayan biçimlerde olması bir mimari gerek olarak kabul edilmektedir. Oysa basit ve simetrik yapıların deprem açısından daha

güvenilir olmaktadır. Ayrıca depreme dayanıklılık için gereken ayrıntıları daha kolay hesaplanabilmekte ve yerinde uygulanabilmektedir.

Basit ve simetrik olmayan yapılarda ise analizlerin güç olması sonucu statik ve dinamik çözümler çoğunlukla yaklaşık bir biçimde yapılabilmekte, bunun yanında bu tip yapılarda deprem sırasında kritik burulma etkileri de ortaya çıkacaktır.

Planda basitlik ve düzen sağlanmamış olmasının depremde oluşturacağı burulma etkisi önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Depremde yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etki etmektedir. Kütle merkezi birçok yapıda yapının geometrik merkezi olarak bilinmektedir. Rijitlik merkezi ise yapıda kolon ve perde duvar gibi düşey taşıyıcı elemanların rijitlikleri oranına göre bulunan bir noktadır. Bu iki merkez arasındaki farklılık yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı rijitlik merkezinden geçen bir eksen etrafında döndürmesine yol açar. Bu ise bina elemanlarına ilave burulma momentleri oluşturur. Burulma momenti de ne kadar büyük ise burulmanın getireceği ek yük o kadar büyük olacaktır. Depremde yapıda burulma etkilerinin oluşmasını önlemek ya da çok aza indirmek için planda basitlik ve simetri sağlamaya özen gösteren mimari planlar seçilmelidir.

Deprem açısından en uygun yapı, dış plan biçimi kare ve daire olan yapılardır. Bunlar simetrik olduklarından her yönde aynı oranda deprem kuvveti ile zorlanırlar ve yine simetri nedeni ile her yönde aynı ölçüde taşıma güçleri vardır. Bazen yapı kare ya da dikdörtgen bir plan biçiminde olsa bile, yapı içindeki düzensizliklerin sonucu yine burulma etkileri olabilir. Örneğin düşey taşıyıcılar simetrik olarak dağıtılmamış olabilir, ya da ağırlıklar belli bölgelerde yoğunlaşmışlardır. Bunun yanında binaya büyük ölçüde yatay yüklere karşı dayanım sağlayacak olan perdelerin de simetrik olarak yerleştirilmemiş olması da burulma momentlerini arttırmaya katkı sağlayacaktır.

4.5. Örnek Sistemler

Bu çalışmada binaların bodrum katlarına yerleştirilen perde duvarların taşıyıcı sisteme olan etkisi incelenecektir. Bu perde duvarların yerleştirilme esasları üzerinde çalışılacaktır. Bunun için şekil 4.6.1.'de görülen 10 katlı çerçeve sistem ele alınmıştır.

Modellenen sistemde en alt katta (bodrum) perde duvarlar yer almaktadır.. Bu sistem Sap90 yapısal analiz programında modellenerek, El-Centro deprem mukabele ivme değerleri alınarak çözülmüştür.

4.5.1. Modellenen Sistemin Sap90 Data Dosyası

Modellenen sistemin Sap90 data dosyası aşağıda verilmiştir.

C: TEZ ORNEK2 4 TARAFI PERDELI
SYSTEM

N=211 V=5 L=3

:

RESTRAINTS

1,16,1 R=1,1,1,1,1,1

17,176,1 R=1,1,0,0,0,1

201 R=1,1,1,1,1,1

202,211,1 R=0,0,1,1,1,0

:

JOINTS

1 X=0.00 Y=0.00 Z=0.00

4 X=18.0 Y=0.00 Z=0.00

13 X=0.00 Y=12.0 Z=0.00

16 X=18.0 Y=12.0 Z=0.00

17 X=0.00 Y=0.00 Z=3.00

20 X=18.0 Y=0.00 Z=3.00

29 X=0.00 Y=12.0 Z=3.00

32 X=18.0 Y=12.0 Z=3.00

33 X=0.00 Y=0.00 Z=6.00

36 X=18.0 Y=0.00 Z=6.00

45 X=0.00 Y=12.0 Z=6.00

48 X=18.0 Y=12.0 Z=6.00

49 X=0.00 Y=0.00 Z=9.00

52 X=18.0 Y=0.00 Z=9.00

61 X=0.00 Y=12.0 Z=9.00

64 X=18.0 Y=12.0 Z=9.00

65 X=0.00 Y=0.00 Z=12.0

68 X=18.0 Y=0.00 Z=12.0

77 X=0.00 Y=12.0 Z=12.0

80 X=18.0 Y=12.0 Z=12.0

81 X=0.00 Y=0.00 Z=15.0

84 X=18.0 Y=0.00 Z=15.0

93 X=0.00 Y=12.0 Z=15.0

96 X=18.0 Y=12.0 Z=15.0

97 X=0.00 Y=0.00 Z=18.0

100 X=18.0 Y=0.00 Z=18.0

109 X=0.00 Y=12.0 Z=18.0

112 X=18.0 Y=12.0 Z=18.0

113 X=0.00 Y=0.00 Z=21.0

116 X=18.0 Y=0.00 Z=21.0

125 X=0.00 Y=12.0 Z=21.0

128 X=18.0 Y=12.0 Z=21.0

129 X=0.00 Y=0.00 Z=24.0

Q=1,4,13,16,1,4

C: ZEMIN

Q=17,20,29,32,1,4

C:1. DÖSEME

Q=33,36,45,48,1,4

C:2. DÖSEME

Q=49,52,61,64,1,4

C:3. DÖSEME

Q=65,68,77,80,1,4

C:4. DÖSEME

Q=81,84,93,96,1,4

C:5. DÖSEME

Q=97,100,109,112,1,4

C:6. DÖSEME

Q=113,116,125,128,1,4

C:7. DÖSEME

132	X=18.0	Y=0.00	Z=24.0		
141	X=0.00	Y=12.0	Z=24.0		
144	X=18.0	Y=12.0	Z=24.0	Q=129,132,141,144,1,4	C:8. DÖSEME
145	X=0.00	Y=0.00	Z=27.0		
148	X=18.0	Y=0.00	Z=27.0		
157	X=0.00	Y=12.0	Z=27.0		
160	X=18.0	Y=12.0	Z=27.0	Q=145,148,157,160,1,4	C:9. DÖSEME
161	X=0.00	Y=0.00	Z=30.0		
164	X=18.0	Y=0.00	Z=30.0		
173	X=0.00	Y=12.0	Z=30.0		
176	X=18.0	Y=12.0	Z=30.0	Q=161,164,173,176,1,4	C:10. DÖSEME
201	X=9.00	Y=6.00	Z=0.00		
211	X=9.00	Y=6.00	Z=30.0	G=201,211,1	

:

MASSES

202,211,1 M=114.864/9.81,114.864/9.81

:

FRAME

NM=5	NL=8				
1	E=27E+5	SH=R	T=0.40,0.40	C:KOLON	
2	E=27E+5	SH=L	T=0.60,0.75,0.12,0.25	C:X-YONU KENAR KIRISI	
3	E=27E+5	SH=T	T=0.60,1.00,0.12,0.25	C:X-YONU KENAR KIRISI	
4	E=27E+5	SH=L	T=0.60,0.60,0.12,0.25	C:X-YONU KENAR KIRISI	
5	E=27E+5	SH=T	T=0.60,0.75,0.12,0.25	C:X-YONU KENAR KIRISI	
1	WG=0,0,-2.42				
2	WG=0,0,-1.33				
3	WG=0,0,-2.53				
4	WG=0,0,-1.63				
5	WG=0,0,-2.21				
6	WG=0,0,-2.96				
7	WG=0,0,-1.25				
8	WG=0,0,-2.05				
1,1,17	M=1	LP=3,0	MS=0,202	G=3,1,1,1	C:ZEMIN KOLONLARI
5,5,21	M=1	LP=3,0	MS=0,202	G=3,1,1,1	
9,9,25	M=1	LP=3,0	MS=0,202	G=3,1,1,1	
13,13,29	M=1	LP=3,0	MS=0,202	G=3,1,1,1	
17,17,18	M=2	LP=-2,0	MS=202,202	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2 C:ZEMIN KIRISI
18,18,19	M=2	LP=-2,0	MS=202,202		NSL=2,1,2
20,21,22	M=3	LP=-2,0	MS=202,202	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4
21,22,23	M=3	LP=-2,0	MS=202,202		NSL=4,3,4
23,25,26	M=3	LP=-2,0	MS=202,202	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4
24,26,27	M=3	LP=-2,0	MS=202,202		NSL=4,3,4
26,29,30	M=2	LP=-2,0	MS=202,202	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2
27,30,31	M=2	LP=-2,0	MS=202,202		NSL=2,1,2
29,17,21	M=4	LP=3,0	MS=202,202	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6
30,21,25	M=4	LP=3,0	MS=202,202		NSL=6,5,6
32,18,22	M=5	LP=3,0	MS=202,202	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8
33,22,26	M=5	LP=3,0	MS=202,202		NSL=8,7,8
35,19,23	M=5	LP=3,0	MS=202,202	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8
36,23,27	M=5	LP=3,0	MS=202,202		NSL=8,7,8
38,20,24	M=4	LP=3,0	MS=202,202	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6
39,24,28	M=4	LP=3,0	MS=202,202		NSL=6,5,6
41,17,33	M=1	LP=3,0	MS=202,203	G=3,1,1,1	C:1.KAT KOLON
45,21,37	M=1	LP=3,0	MS=202,203	G=3,1,1,1	
49,25,41	M=1	LP=3,0	MS=202,203	G=3,1,1,1	
53,29,45	M=1	LP=3,0	MS=202,203	G=3,1,1,1	
57,33,34	M=2	LP=-2,0	MS=203,203	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2 C:1.KAT KIRISI
58,34,35	M=2	LP=-2,0	MS=203,203		NSL=2,1,2
60,37,38	M=3	LP=-2,0	MS=203,203	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4
61,38,39	M=3	LP=-2,0	MS=203,203		NSL=4,3,4

63,41,42	M=3	LP=-2,0	MS=203,203	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
64,42,43	M=3	LP=-2,0	MS=203,203		NSL=4,3,4	
66,45,46	M=2	LP=-2,0	MS=203,203	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
67,46,47	M=2	LP=-2,0	MS=203,203		NSL=2,1,2	
69,33,37	M=4	LP=3,0	MS=203,203	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
70,37,41	M=4	LP=3,0	MS=203,203		NSL=6,5,6	
72,34,38	M=5	LP=3,0	MS=203,203	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
73,38,42	M=5	LP=3,0	MS=203,203		NSL=8,7,8	
75,35,39	M=5	LP=3,0	MS=203,203	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
76,39,43	M=5	LP=3,0	MS=203,203		NSL=8,7,8	
78,36,40	M=4	LP=3,0	MS=203,203	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
79,40,44	M=4	LP=3,0	MS=203,203		NSL=6,5,6	
81,33,49	M=1	LP=3,0	MS=203,204	G=3,1,1,1		C:2.KAT KOLON
85,37,53	M=1	LP=3,0	MS=203,204	G=3,1,1,1		
89,41,57	M=1	LP=3,0	MS=203,204	G=3,1,1,1		
93,45,61	M=1	LP=3,0	MS=203,204	G=3,1,1,1		
97,49,50	M=2	LP=-2,0	MS=204,204	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	C:2.KAT KIRISI
98,50,51	M=2	LP=-2,0	MS=204,204		NSL=2,1,2	
100,53,54	M=3	LP=-2,0	MS=204,204	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
101,54,55	M=3	LP=-2,0	MS=204,204		NSL=4,3,4	
103,57,58	M=3	LP=-2,0	MS=204,204	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
104,58,59	M=3	LP=-2,0	MS=204,204		NSL=4,3,4	
106,61,62	M=2	LP=-2,0	MS=204,204	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
107,62,63	M=2	LP=-2,0	MS=204,204		NSL=2,1,2	
109,49,53	M=4	LP=3,0	MS=204,204	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
110,53,57	M=4	LP=3,0	MS=204,204		NSL=6,5,6	
112,50,54	M=5	LP=3,0	MS=204,204	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
113,54,58	M=5	LP=3,0	MS=204,204		NSL=8,7,8	
115,51,55	M=5	LP=3,0	MS=204,204	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
116,55,59	M=5	LP=3,0	MS=204,204		NSL=8,7,8	
118,52,56	M=4	LP=3,0	MS=204,204	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
119,56,60	M=4	LP=3,0	MS=204,204		NSL=6,5,6	
121,49,65	M=1	LP=3,0	MS=204,205	G=3,1,1,1		C:3.KAT KOLON
125,53,69	M=1	LP=3,0	MS=204,205	G=3,1,1,1		
129,57,73	M=1	LP=3,0	MS=204,205	G=3,1,1,1		
133,61,77	M=1	LP=3,0	MS=204,205	G=3,1,1,1		
137,65,66	M=2	LP=-2,0	MS=205,205	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	C:3.KAT KIRISI
138,66,67	M=2	LP=-2,0	MS=205,205		NSL=2,1,2	
140,69,70	M=3	LP=-2,0	MS=205,205	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
141,70,71	M=3	LP=-2,0	MS=205,205		NSL=4,3,4	
143,73,74	M=3	LP=-2,0	MS=205,205	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
144,74,75	M=3	LP=-2,0	MS=205,205		NSL=4,3,4	
146,77,78	M=2	LP=-2,0	MS=205,205	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
147,78,79	M=2	LP=-2,0	MS=205,205		NSL=2,1,2	
149,65,69	M=4	LP=3,0	MS=205,205	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
150,69,73	M=4	LP=3,0	MS=205,205		NSL=6,5,6	
152,66,70	M=5	LP=3,0	MS=205,205	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
153,70,74	M=5	LP=3,0	MS=205,205		NSL=8,7,8	
155,67,71	M=5	LP=3,0	MS=205,205	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
156,71,75	M=5	LP=3,0	MS=205,205		NSL=8,7,8	
158,68,72	M=4	LP=3,0	MS=205,205	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
159,72,76	M=4	LP=3,0	MS=205,205		NSL=6,5,6	
161,65,81	M=1	LP=3,0	MS=205,206	G=3,1,1,1		C:4.KAT KOLON
165,69,85	M=1	LP=3,0	MS=205,206	G=3,1,1,1		
169,73,89	M=1	LP=3,0	MS=205,206	G=3,1,1,1		
173,77,93	M=1	LP=3,0	MS=205,206	G=3,1,1,1		
177,81,82	M=2	LP=-2,0	MS=206,206	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	C:4.KAT KIRISI
178,82,83	M=2	LP=-2,0	MS=206,206		NSL=2,1,2	
180,85,86	M=3	LP=-2,0	MS=206,206	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
181,86,87	M=3	LP=-2,0	MS=206,206		NSL=4,3,4	

183,89,90	M=3	LP=-2,0	MS=206,206	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
184,90,91	M=3	LP=-2,0	MS=206,206		NSL=4,3,4	
186,93,94	M=2	LP=-2,0	MS=206,206	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
187,94,95	M=2	LP=-2,0	MS=206,206		NSL=2,1,2	
189,81,85	M=4	LP=3,0	MS=206,206	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
190,85,89	M=4	LP=3,0	MS=206,206		NSL=6,5,6	
192,82,86	M=5	LP=3,0	MS=206,206	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
193,86,90	M=5	LP=3,0	MS=206,206		NSL=8,7,8	
195,83,87	M=5	LP=3,0	MS=206,206	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
196,87,91	M=5	LP=3,0	MS=206,206		NSL=8,7,8	
198,84,88	M=4	LP=3,0	MS=206,206	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
199,88,92	M=4	LP=3,0	MS=206,206		NSL=6,5,6	
201,81,97	M=1	LP=3,0	MS=206,207	G=3,1,1,1		C:5.KAT KOLON
205,85,101	M=1	LP=3,0	MS=206,207	G=3,1,1,1		
209,89,105	M=1	LP=3,0	MS=206,207	G=3,1,1,1		
213,93,109	M=1	LP=3,0	MS=206,207	G=3,1,1,1		
217,97,98	M=2	LP=-2,0	MS=207,207	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	C:5.KAT KIRISI
218,98,99	M=2	LP=-2,0	MS=207,207		NSL=2,1,2	
220,101,102	M=3	LP=-2,0	MS=207,207	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
221,102,103	M=3	LP=-2,0	MS=207,207		NSL=4,3,4	
223,105,106	M=3	LP=-2,0	MS=207,207	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
224,106,107	M=3	LP=-2,0	MS=207,207		NSL=4,3,4	
226,109,110	M=2	LP=-2,0	MS=207,207	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
227,110,111	M=2	LP=-2,0	MS=207,207		NSL=2,1,2	
229,97,101	M=4	LP=3,0	MS=207,207	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
230,101,105	M=4	LP=3,0	MS=207,207		NSL=6,5,6	
232,98,102	M=5	LP=3,0	MS=207,207	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
233,102,106	M=5	LP=3,0	MS=207,207		NSL=8,7,8	
235,99,103	M=5	LP=3,0	MS=207,207	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
236,103,107	M=5	LP=3,0	MS=207,207		NSL=8,7,8	
238,100,104	M=4	LP=3,0	MS=207,207	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
239,104,108	M=4	LP=3,0	MS=207,207		NSL=6,5,6	
241,97,113	M=1	LP=3,0	MS=207,208	G=3,1,1,1		C:6.KAT KOLON
245,101,117	M=1	LP=3,0	MS=207,208	G=3,1,1,1		
249,105,121	M=1	LP=3,0	MS=207,208	G=3,1,1,1		
253,109,125	M=1	LP=3,0	MS=207,208	G=3,1,1,1		
257,113,114	M=2	LP=-2,0	MS=208,208	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	C:6.KAT KIRISI
258,114,115	M=2	LP=-2,0	MS=208,208		NSL=2,1,2	
260,117,118	M=3	LP=-2,0	MS=208,208	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
261,118,119	M=3	LP=-2,0	MS=208,208		NSL=4,3,4	
263,121,122	M=3	LP=-2,0	MS=208,208	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
264,122,123	M=3	LP=-2,0	MS=208,208		NSL=4,3,4	
266,125,126	M=2	LP=-2,0	MS=208,208	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
267,126,127	M=2	LP=-2,0	MS=208,208		NSL=2,1,2	
269,113,117	M=4	LP=3,0	MS=208,208	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
270,117,121	M=4	LP=3,0	MS=208,208		NSL=6,5,6	
272,114,118	M=5	LP=3,0	MS=208,208	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
273,118,122	M=5	LP=3,0	MS=208,208		NSL=8,7,8	
275,115,119	M=5	LP=3,0	MS=208,208	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
276,119,123	M=5	LP=3,0	MS=208,208		NSL=8,7,8	
278,116,120	M=4	LP=3,0	MS=208,208	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
279,120,124	M=4	LP=3,0	MS=208,208		NSL=6,5,6	
281,113,129	M=1	LP=3,0	MS=208,209	G=3,1,1,1		C:7.KAT KOLON
285,117,133	M=1	LP=3,0	MS=208,209	G=3,1,1,1		
289,121,137	M=1	LP=3,0	MS=208,209	G=3,1,1,1		
293,125,141	M=1	LP=3,0	MS=208,209	G=3,1,1,1		
297,129,130	M=2	LP=-2,0	MS=209,209	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	C:7.KAT KIRISI
298,130,131	M=2	LP=-2,0	MS=209,209		NSL=2,1,2	
300,133,134	M=3	LP=-2,0	MS=209,209	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
301,134,135	M=3	LP=-2,0	MS=209,209		NSL=4,3,4	

303,137,138	M=3	LP=-2,0	MS=209,209	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
304,138,139	M=3	LP=-2,0	MS=209,209		NSL=4,3,4	
306,141,142	M=2	LP=-2,0	MS=209,209	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
307,142,143	M=2	LP=-2,0	MS=209,209		NSL=2,1,2	
309,129,133	M=4	LP=3,0	MS=209,209	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
310,133,137	M=4	LP=3,0	MS=209,209		NSL=6,5,6	
312,130,134	M=5	LP=3,0	MS=209,209	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
313,134,138	M=5	LP=3,0	MS=209,209		NSL=8,7,8	
315,131,135	M=5	LP=3,0	MS=209,209	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
316,135,139	M=5	LP=3,0	MS=209,209		NSL=8,7,8	
318,132,136	M=4	LP=3,0	MS=209,209	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
319,136,140	M=4	LP=3,0	MS=209,209		NSL=6,5,6	
321,129,145	M=1	LP=3,0	MS=209,210	G=3,1,1,1		C:8.KAT KOLON
325,133,149	M=1	LP=3,0	MS=209,210	G=3,1,1,1		
329,137,153	M=1	LP=3,0	MS=209,210	G=3,1,1,1		
333,141,157	M=1	LP=3,0	MS=209,210	G=3,1,1,1		
337,145,146	M=2	LP=-2,0	MS=210,210	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	C:8.KAT KIRISI
338,146,147	M=2	LP=-2,0	MS=210,210		NSL=2,1,2	
340,149,150	M=3	LP=-2,0	MS=210,210	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
341,150,151	M=3	LP=-2,0	MS=210,210		NSL=4,3,4	
343,153,154	M=3	LP=-2,0	MS=210,210	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
344,154,155	M=3	LP=-2,0	MS=210,210		NSL=4,3,4	
346,157,158	M=2	LP=-2,0	MS=210,210	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
347,158,159	M=2	LP=-2,0	MS=210,210		NSL=2,1,2	
349,145,149	M=4	LP=3,0	MS=210,210	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
350,149,153	M=4	LP=3,0	MS=210,210		NSL=6,5,6	
352,146,150	M=5	LP=3,0	MS=210,210	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
353,150,154	M=5	LP=3,0	MS=210,210		NSL=8,7,8	
355,147,151	M=5	LP=3,0	MS=210,210	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
356,151,155	M=5	LP=3,0	MS=210,210		NSL=8,7,8	
358,148,152	M=4	LP=3,0	MS=210,210	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
359,152,156	M=4	LP=3,0	MS=210,210		NSL=6,5,6	
361,145,161	M=1	LP=3,0	MS=210,211	G=3,1,1,1		C:9.KAT KOLON
365,149,165	M=1	LP=3,0	MS=210,211	G=3,1,1,1		
369,153,169	M=1	LP=3,0	MS=210,211	G=3,1,1,1		
373,157,173	M=1	LP=3,0	MS=210,211	G=3,1,1,1		
377,161,162	M=2	LP=-2,0	MS=211,211	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	C:9.KAT KIRISI
378,162,163	M=2	LP=-2,0	MS=211,211		NSL=2,1,2	
380,165,166	M=3	LP=-2,0	MS=211,211	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
381,166,167	M=3	LP=-2,0	MS=211,211		NSL=4,3,4	
383,169,170	M=3	LP=-2,0	MS=211,211	G=1,2,2,2	NSL=3,4,4	
384,170,171	M=3	LP=-2,0	MS=211,211		NSL=4,3,4	
386,173,174	M=2	LP=-2,0	MS=211,211	G=1,2,2,2	NSL=1,2,2	
387,174,175	M=2	LP=-2,0	MS=211,211		NSL=2,1,2	
389,161,165	M=4	LP=3,0	MS=211,211	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
390,165,169	M=4	LP=3,0	MS=211,211		NSL=6,5,6	
392,162,166	M=5	LP=3,0	MS=211,211	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
393,166,170	M=5	LP=3,0	MS=211,211		NSL=8,7,8	
395,163,167	M=5	LP=3,0	MS=211,211	G=1,2,8,8	NSL=7,8,8	
396,167,171	M=5	LP=3,0	MS=211,211		NSL=8,7,8	
398,164,168	M=4	LP=3,0	MS=211,211	G=1,2,8,8	NSL=5,6,6	
399,168,172	M=4	LP=3,0	MS=211,211		NSL=6,5,6	

:
SHELL

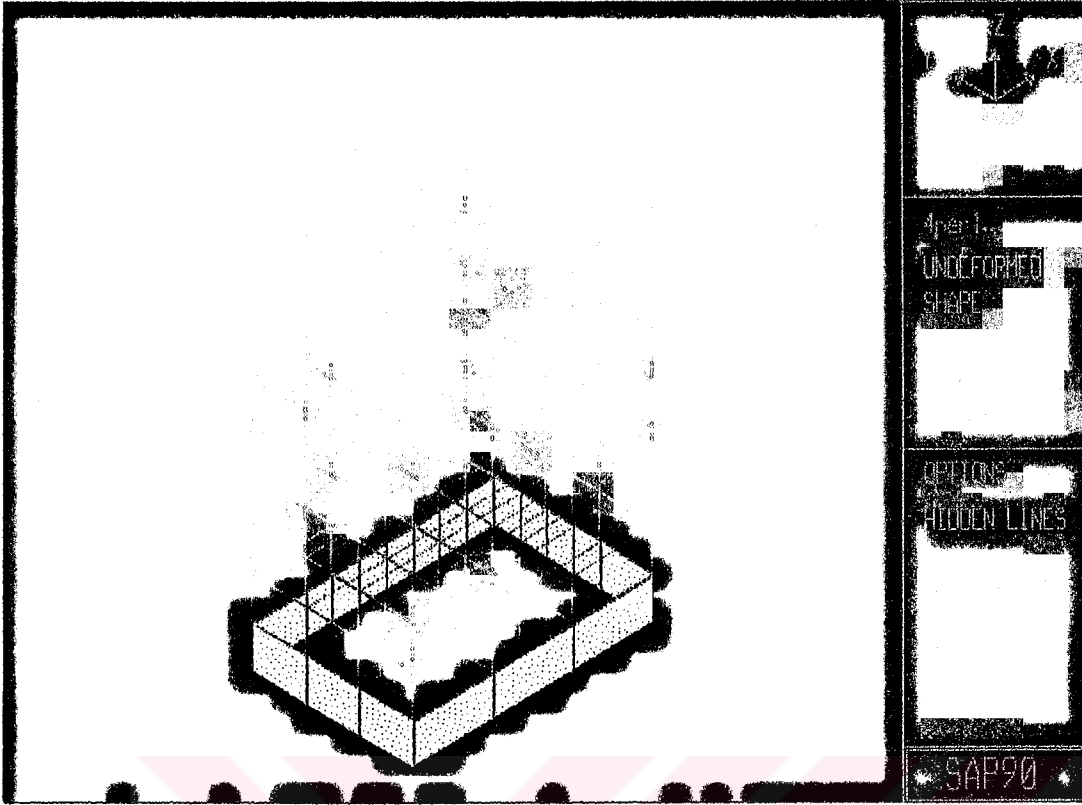
NM=2				
1	E=27E+5	U=0.15		
2	E=27E+5	U=0.15		
101	JQ=1,2,17,18	ETYPE=0	M=2	TH=0.30
102	JQ=2,3,18,19	ETYPE=0	M=2	TH=0.30
103	JQ=3,4,19,20	ETYPE=0	M=2	TH=0.30

```

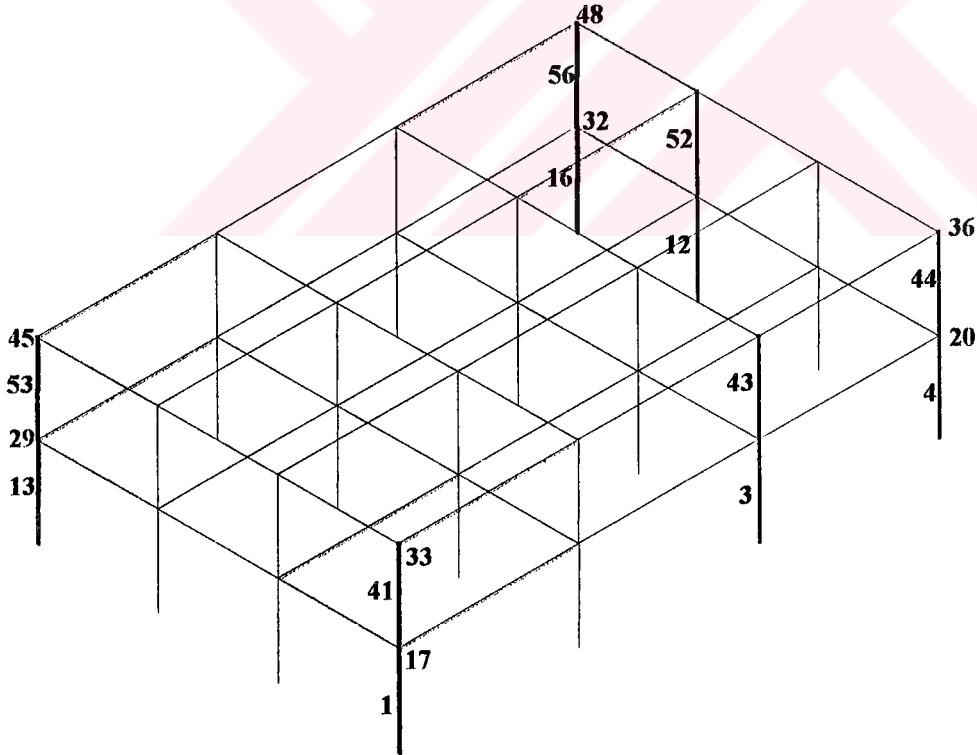
104 JQ=5,1,21,17      ETYPE=0      M=2      TH=0.30
105 JQ=9,5,25,21      ETYPE=0      M=2      TH=0.30
106 JQ=13,9,29,25     ETYPE=0      M=2      TH=0.30
107 JQ=13,14,29,30    ETYPE=0      M=2      TH=0.30
108 JQ=14,15,30,31    ETYPE=0      M=2      TH=0.30
109 JQ=15,16,31,32    ETYPE=0      M=2      TH=0.30
110 JQ=16,12,32,28    ETYPE=0      M=2      TH=0.30
111 JQ=12,8,28,24     ETYPE=0      M=2      TH=0.30
112 JQ=8,4,24,20      ETYPE=0      M=2      TH=0.30
:
SPEC
A=0      S=9.81      D=0.05
0         .400
0.100    .581
0.125    .628
0.167    .787
0.182    .9439
0.200    1.0056
0.250    0.7980
0.333    0.8806
0.431    0.9212
0.500    1.0466
0.667    .6418
1.000    .4822
1.273    .2586
2.000    .1602
10.00    .0102
100.0    .0
:
SELECT
NT=5     ID=1,4,3      SW=1
NT=5     ID=13,16,3   SW=1
NT=5     ID=3,12,9    SW=1
NT=5     ID=41,44,3   SW=1
NT=5     ID=53,56,3   SW=1
NT=5     ID=43,52,9   SW=1
NT=1     ID=17,20,3   SW=1
NT=1     ID=29,32,3   SW=1
NT=1     ID=33,36,3   SW=1
NT=1     ID=45,48,3   SW=1
:
COMBO
1         C=0,0,0      D=1

```

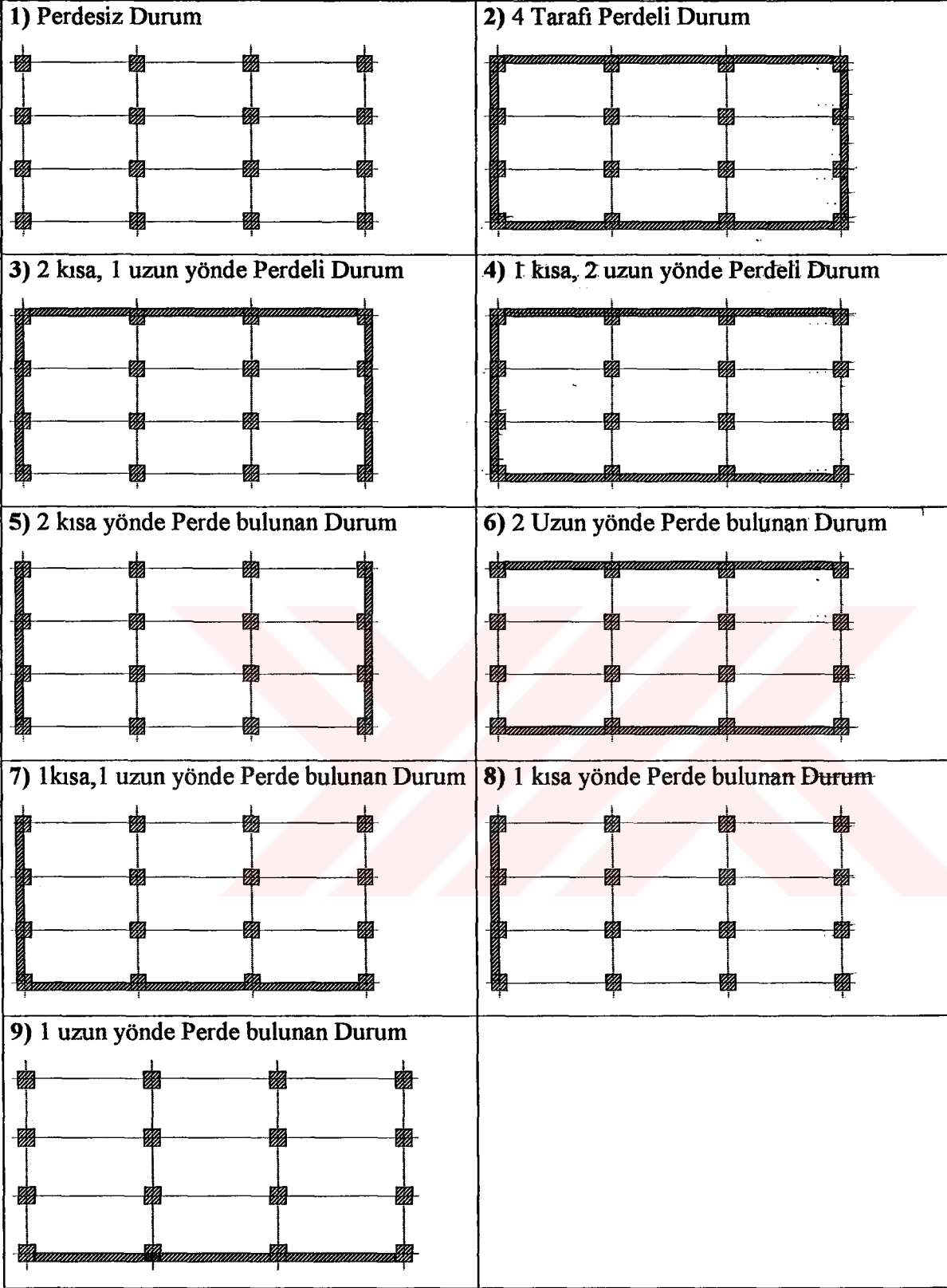
Yukarıda verilen data dosyası kullanılarak sistem modellenmiş ve çözülmüştür. Sistemin deforme olmamış şekli şekil 4.2.'de, sistemde kıyaslama yapılacak düğüm noktaları ve eleman numaraları ise şekil 4.3.'de verilmiştir. Düğüm noktaları ve elemanlar en kat iki kattan seçilmiştir. Bunun nedeni ise dinamik analizde maksimum moment değerlerinin en alt katlarda meydana gelmesidir. Düğüm noktaları ve elemanlar gösterilirken sadece ilgili katlar çizilmiştir.



Şekil 4.2. Modellenen sistemin üç boyutlu olarak görünüşü.



Şekil 4.3. Modellenen sistem üzerinde seçilen düğüm ve eleman numaraları



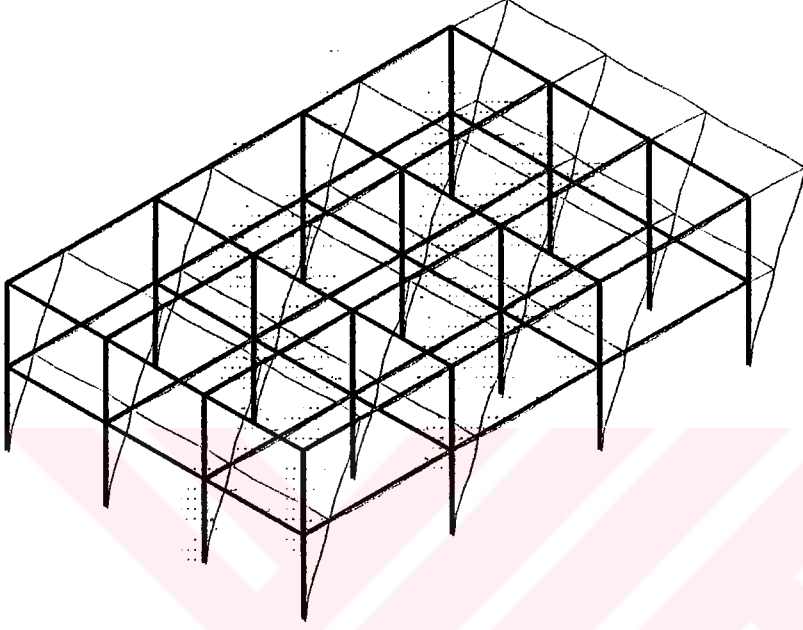
Şekil 4.4. Modellenen sistem üzerinde perde duvarların yerleşim biçimi

Şekil 4.4.'de görülen perdeler sadece en alt bodrum katta modellenmiştir.

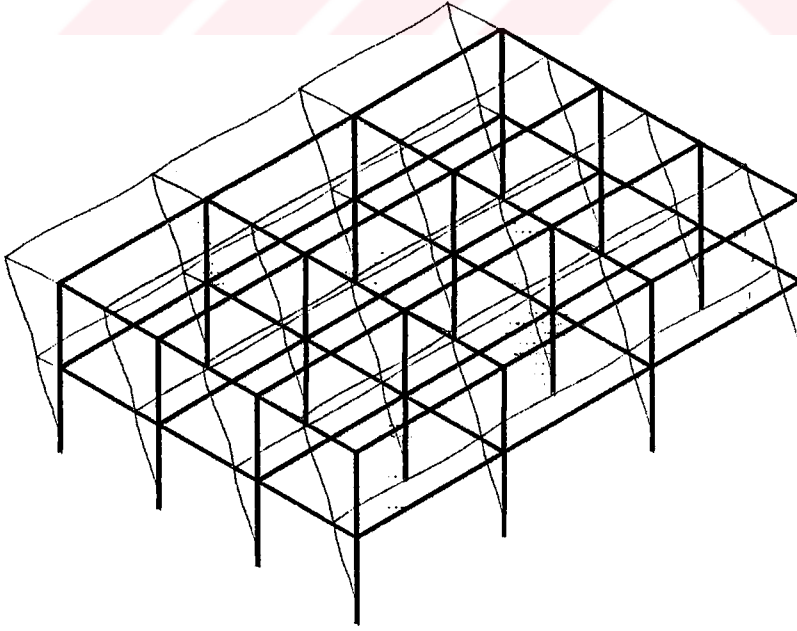
4.6. Modellenen Sistemlerin Deforme Olmuş Şekilleri

4.6.1. Perdesiz Durum

Şekil 4.5. ve 4.6.'da görüldüğü gibi perdesiz durumda sistem beraber hareket etmekte ve sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir.



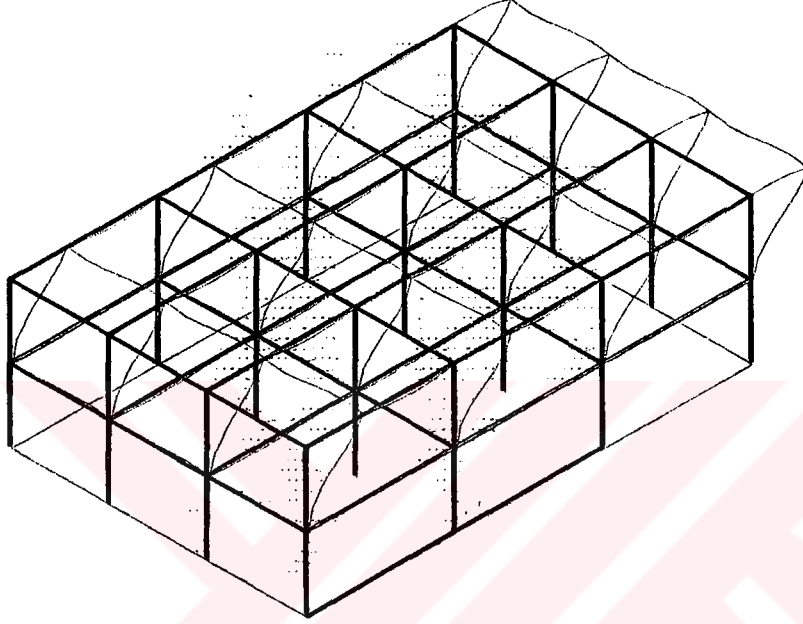
Şekil 4.5. Perdesiz durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu



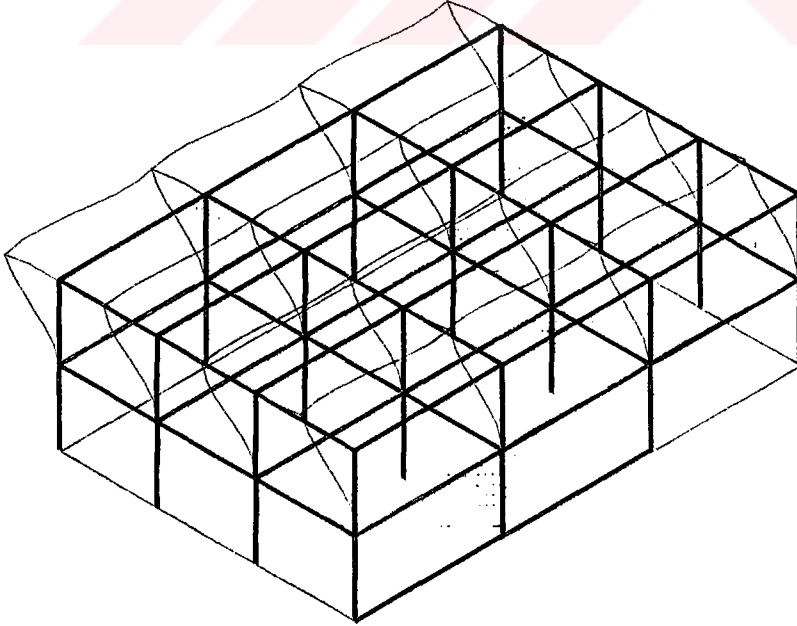
Şekil 4.6. Perdesiz durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu

4.6.2. Dört Tarafı Perdeli Durum

Dört tarafı perdeli durumda Şekil 4.7. ve 4.8.'de görüldüğü gibi sistem beraber hareket etmekte ve sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir.



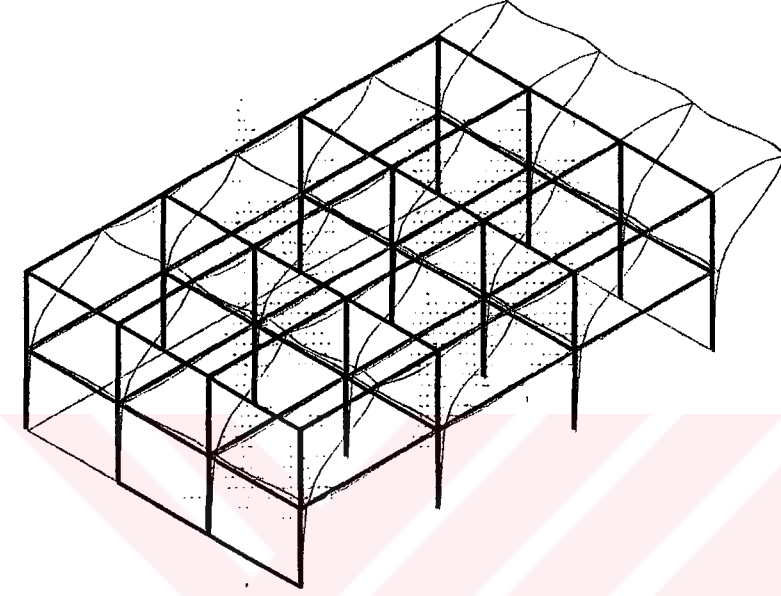
Şekil 4.7. Dört tarafı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu



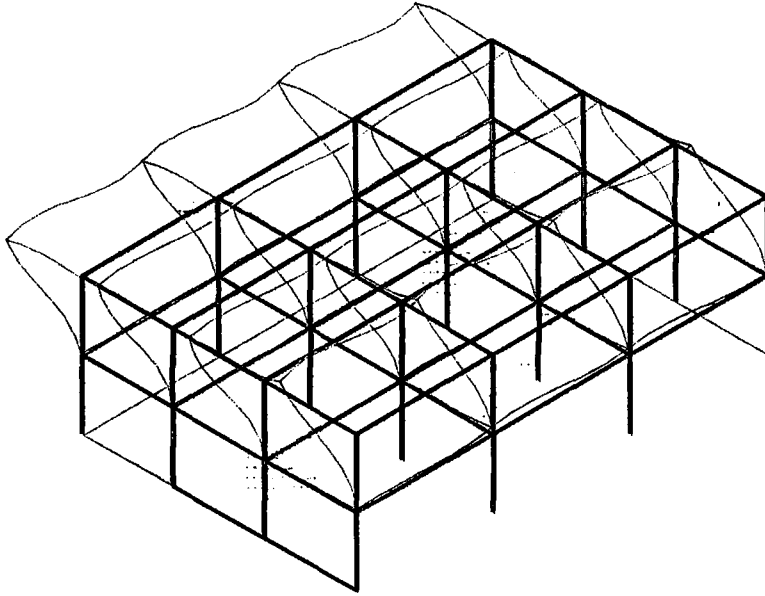
Şekil 4.8. Dört tarafı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu

4.6.3. Üç Tarafı Perdeli İki Kısa Yönde Perdeli Durum

Üç tarafı perdeli durumda Şekil 4.9.'da görüldüğü gibi sistem üzerinde dönme oluşmakta ancak Şekil 4.10.'da görüldüğü gibi sistem beraber hareket etmekte ve sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir.



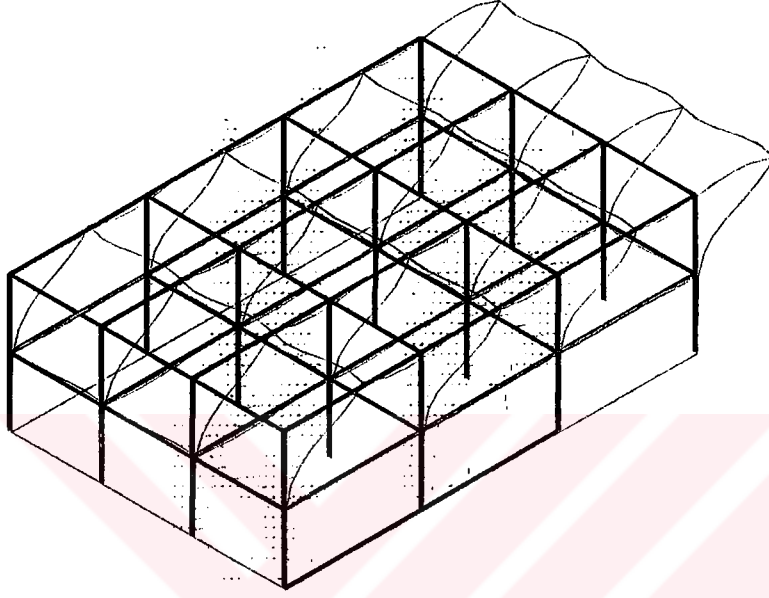
Şekil 4.9. Üç tarafı perdeli iki kısa perdeli durum kısa yönde yatay yük etkime durumu



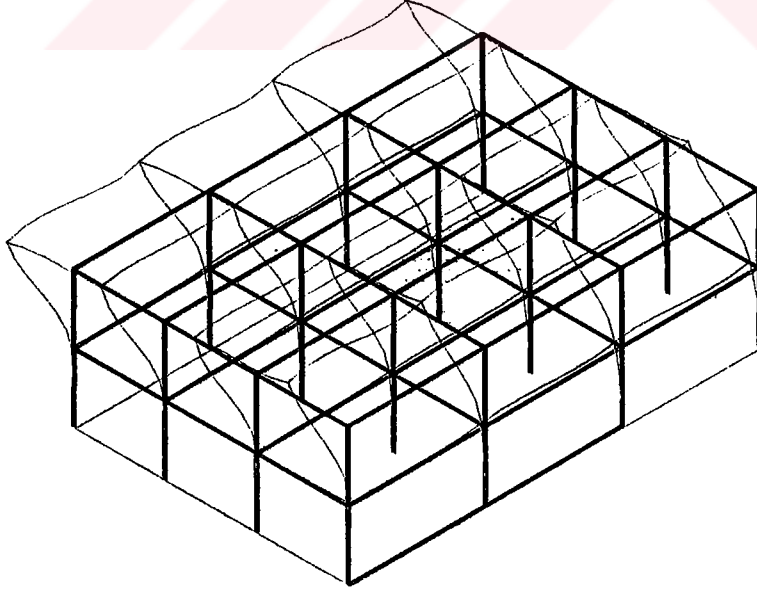
Şekil 4.10. Üç yönü perdeli iki kısa perdeli durum Uzun yönde yatay yük etkime durumu

4.6.4. Üç Tarafı Perdeli İki Uzun Yönde Perdeli Durum

Şekil 11.'de görüldüğü gibi Üç tarafı perdeli ve iki uzun yönde perde olması durumunda sistem beraber hareket etmekte ve sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir. Bununla beraber şekil 12.'de görüldüğü gibi sistem üzerinde dönme oluşmaktadır.



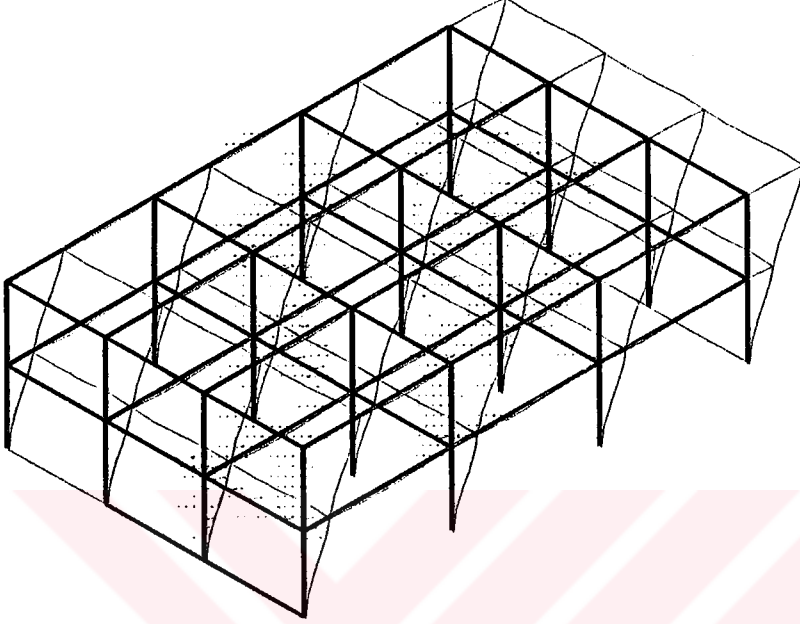
Şekil 4.11. Üç yönü perdeli iki uzun perdeli durum kısa yönde yatay yük etkime durumu



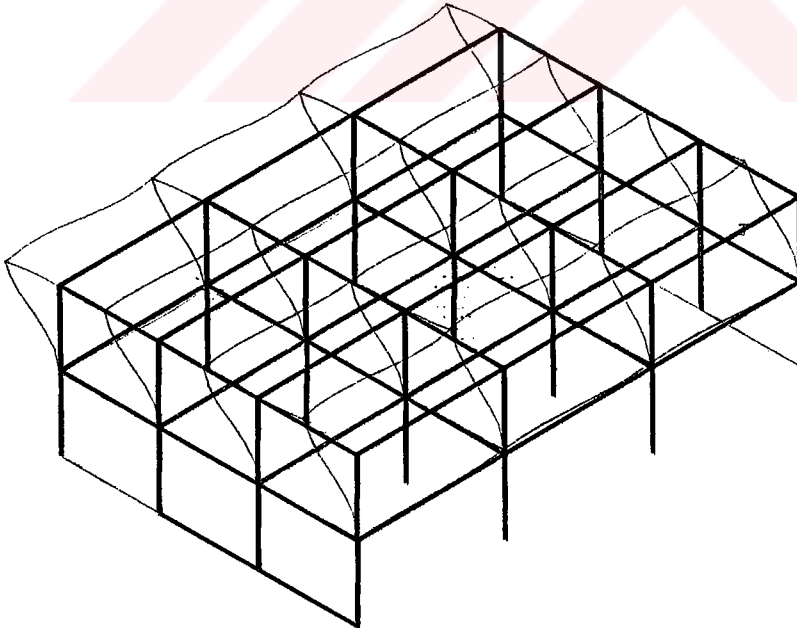
Şekil 4.12. Üç yönü perdeli iki uzun perdeli durum uzun yönde yatay yük etkime durumu

4.6.5. İki Kısa Kenarı Perdeli Durum

İki kısa kenarı perdeli durumda Şekil 4.13. ve 4.14.'de görüldüğü gibi sistem beraber hareket etmekte ve sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir.



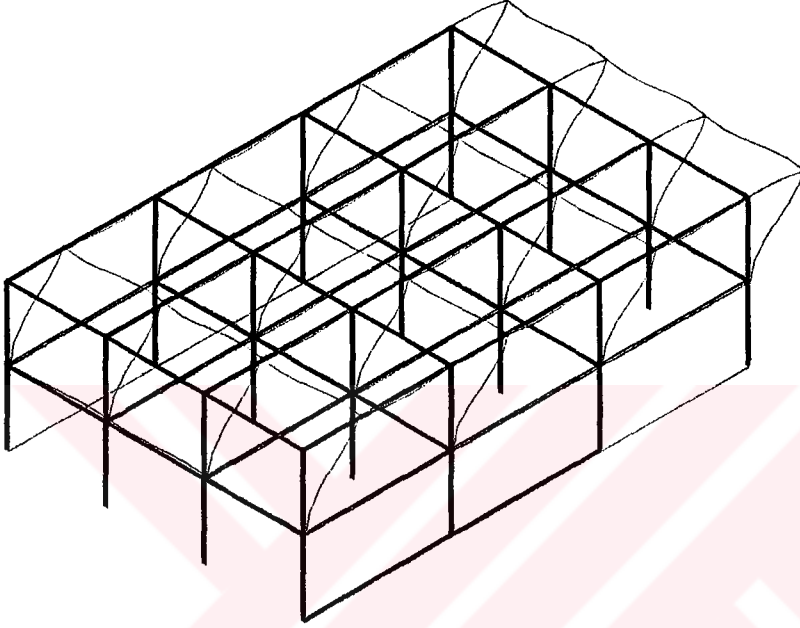
Şekil 4.13. İki kısa kenarı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu



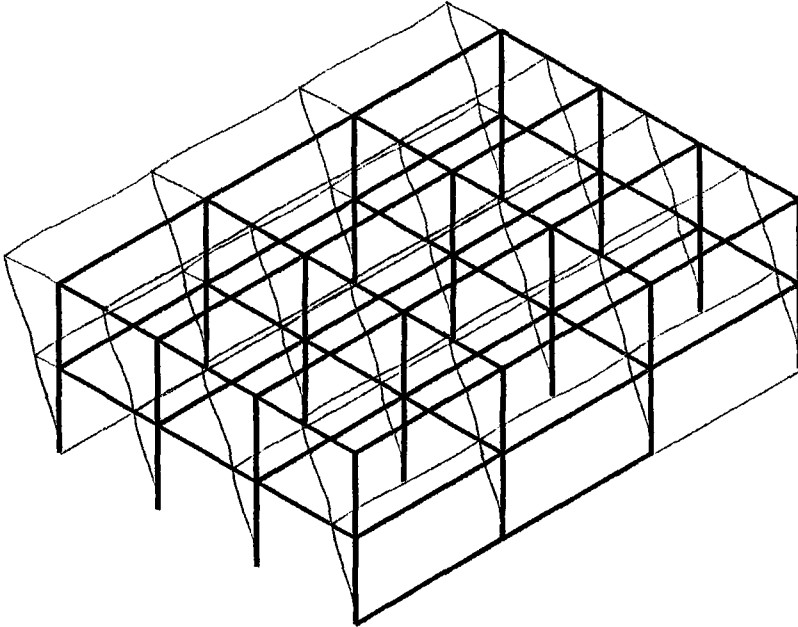
Şekil 4.14. İki kısa kenarı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu

4.6.6. İki Uzun Kenarı Perdeli Durum

Şekil 4.15. ve 4.16.'da görüldüğü gibi İki kısa kenarı perdeli durumda sistem beraber hareket etmekte ve sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir.



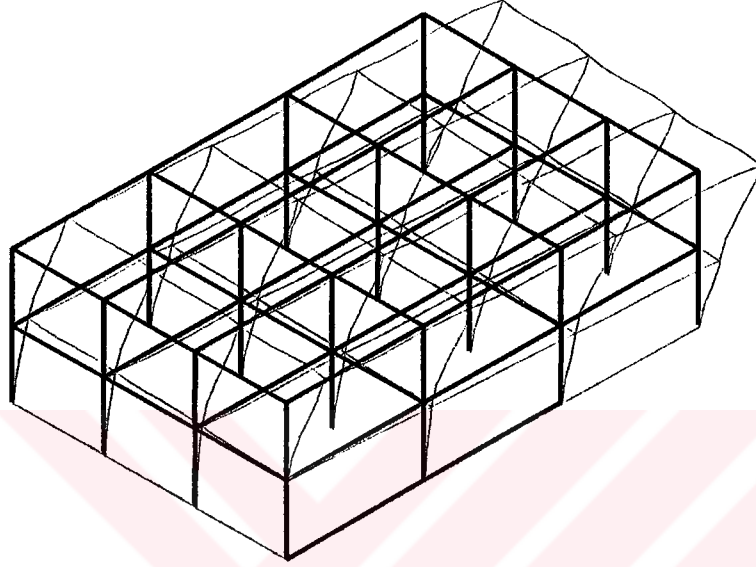
Şekil 4.15. İki uzun kenarı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu



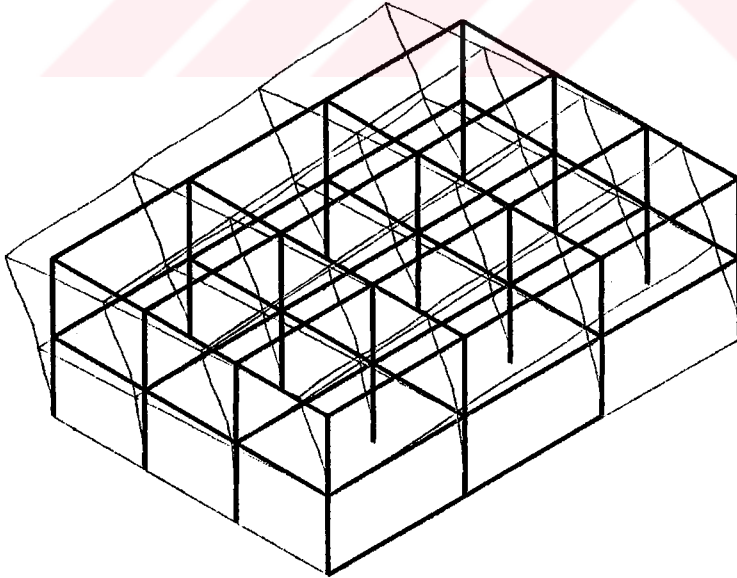
Şekil 4.16. İki uzun kenarı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu

4.6.7. Bir Uzun Bir Kısa Kenarı Perdeli Durum

Bir uzun bir kısa kenarı perdeli durumda Şekil 4.17.'de görüldüğü gibi sistem üzerinde dönme oluşmakta ancak ve 4.18.'de görüldüğü gibi sistem beraber hareket etmekte ve sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir.



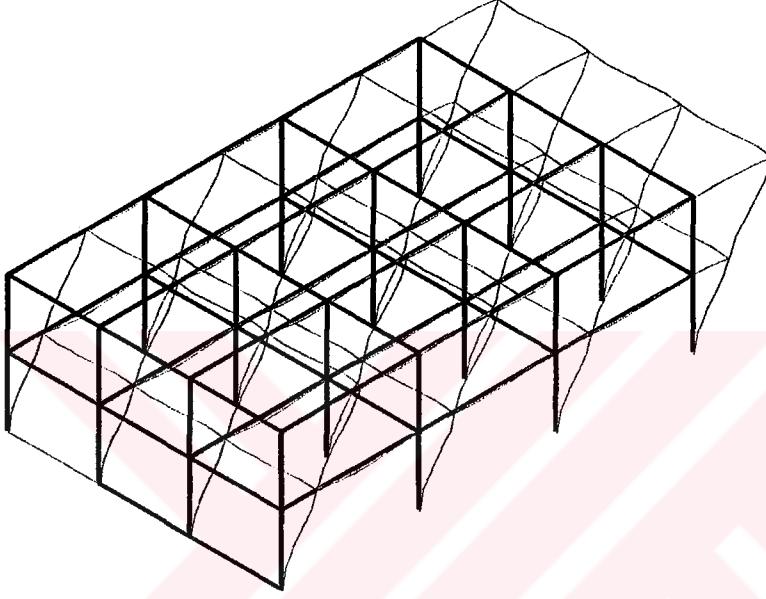
Şekil 4.17. Bir kısa bir uzun perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu



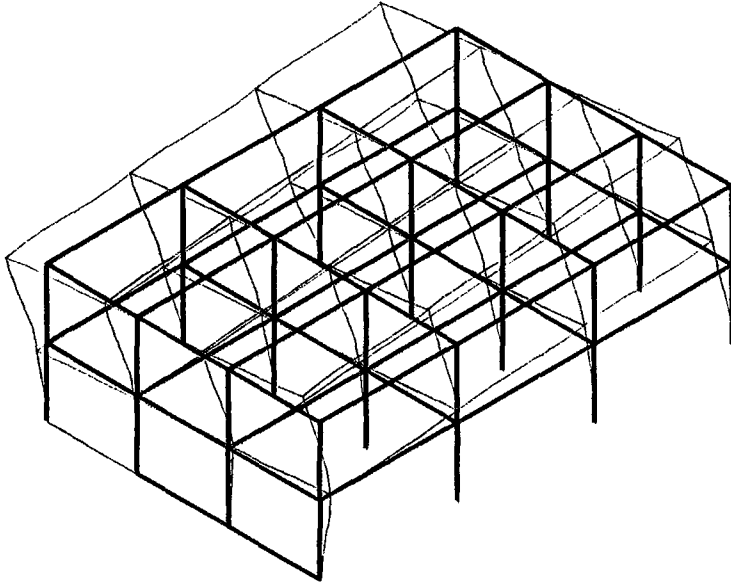
Şekil 4.18. Bir kısa bir uzun perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu

4.6.8. Bir Kısa Kenarı Perdeli Durum

Bir kısa kenarında perde bulunan durumda Şekil 19.'da görüldüğü gibi sistem beraber hareket etmekte ve sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir. Bununla beraber aynı durumda uzun yönde yatay yük etkimesi halinde Şekil 20.'de görüldüğü gibi sistem üzerinde dönme oluşmaktadır.



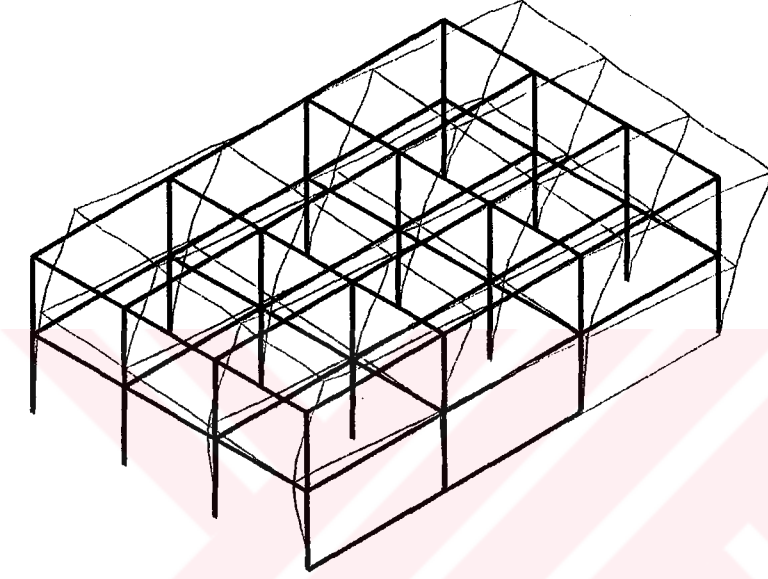
Şekil 4.19. Bir kısa kenarı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu



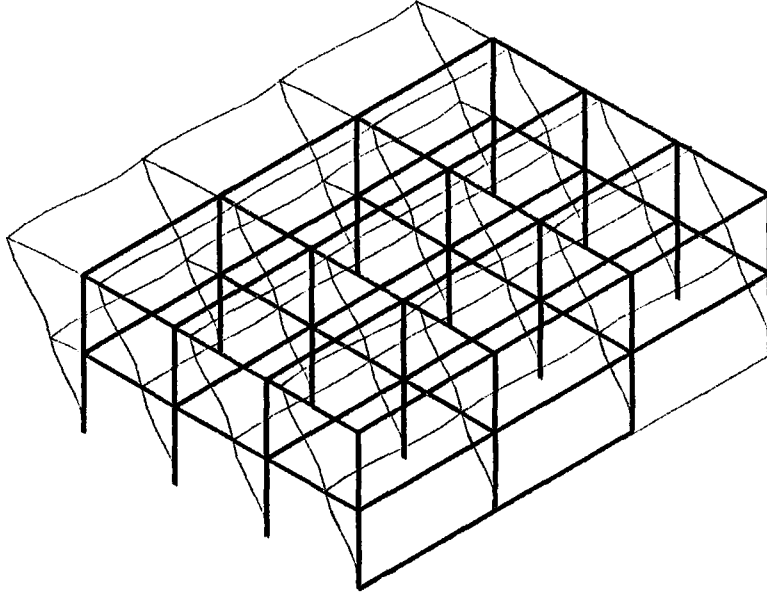
Şekil 4.20. Bir kısa kenarı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu

4.6.9. Bir Uzun Kenarı Perdeli Durum

Şekil 21.'de görüldüğü gibi Bir kısa kenarında perde bulunan durumda kısa yönde yatay yük etkimesi halinde görüldüğü gibi sistem üzerinde dönme oluşmaktadır. Fakat aynı durumda uzun yönde yatay yük etkimesi halinde Şekil 22.'de görüldüğü gibi sistem üzerinde dönme meydana gelmemektedir.



Şekil 4.21. Bir uzun kenarı perdeli durum kısa yönde yatay yük etkimesi durumu



Şekil 4.22. Bir uzun kenarı perdeli durum uzun yönde yatay yük etkimesi durumu

Şekil 5-22.'den de görülebileceği gibi simetrik olan sistemlerde deformasyonlar deprem ivmesinin geldiği yönlerde ve düzenli olmaktadır. Ancak simetrisinin bozulduğu sistemlerde, rijitliğin arttığı bölgelere doğru rijitlik merkezi kaymakta ve sistem o nokta etrafında dönmektedir. Bunun nedeni ise düğümlerin z eksenini (Bina Yükseklik doğrultusu) etrafında dönmeye başlamasıdır. Bu dönmeye dolayısıyla özellikle kolonlarda ilave burulma momentlerinin meydana gelecektir. İki boyutlu çözümlerde bu tür dönme ve burulma momentlerinin dikkate alınması mümkün olmamaktadır.

4.6. Modellenen Sistemdeki Düğüm Deplasmanları ve Eleman Kesit Tesirleri

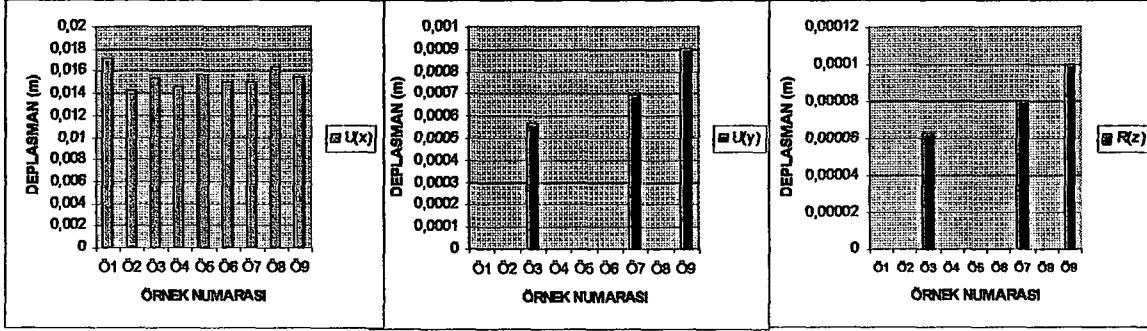
4.6.1. Düğüm Deplasmanları

Tablo 4.2. X yönünde Deprem Kuvveti Etkimesi Durumunda 17 nolu Düğümdeki Deformasyonlar

Örnek No	U(x) (m)	U(y) (m)	R(z) (rad)	Örnek
1	0,01715	0	0	Perdesiz
2	0,014261	0	0	4 tarafı perdeli
3	0,015336	0,000563	0,000063	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	0,014602	0	0	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	0,015686	0	0	2 kısa yönde perdeli
6	0,014956	0	0	2 uzun yönde perdeli
7	0,014997	0,000695	0,00008	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	0,016391	0	0	1 kısa yönde perdeli
9	0,015423	0,000902	0,0001	1 uzun yönde perdeli

Tablo 4.2. ve Şekil 4.23.'de görüldüğü gibi perdesiz sistemde en fazla deformasyon meydana gelmekte, en az deformasyon ise 4 tarafı perdeli sistemde meydana gelmektedir. Simetrisi bozulan modeller olan 3,7 ve 9 nolu örneklerde ise z eksenini etrafında dönme meydana gelmektedir. Dönmeler dikkate alınacak olursa 3 nolu düğümde 0.000063 rad., 7 nolu düğümde 0.00008 rad., 9 nolu düğümde 0.0001 rad.'lık dönmeler meydana gelmiştir.

En fazla dönme 9 nolu düğümde yani simetrikliğin en fazla bozulduğu tek yönde perde olması durumunda meydana gelmiştir.

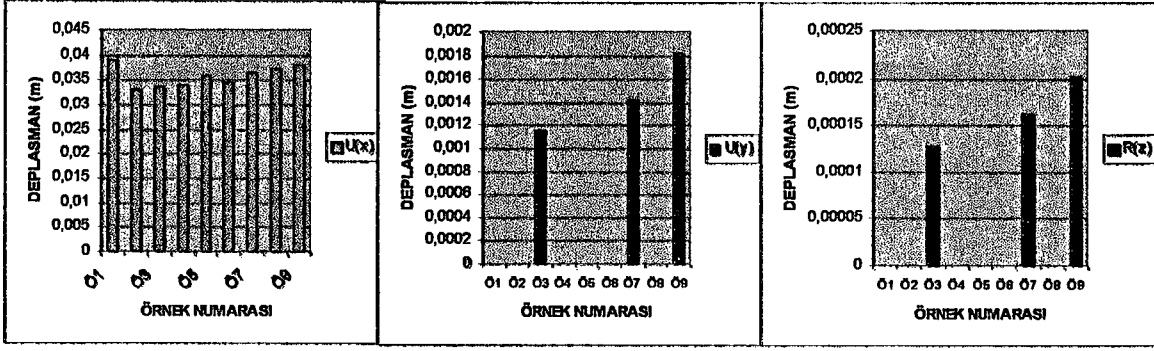


Şekil 4.23. 17 nolu düğümde ait deformasyonlar

Tablo 4.3. X yönünde Deprem Kuvveti Etkimesi Durumunda 45 nolu Düğümdeki Deformasyonlar

Örnek No	U(x) (m)	U(y) (m)	R(z)	Örneğin Özelliği
1	0,03904	0	0	Perdesiz
2	0,03312	0	0	4 tarafı perdeli
3	0,03378	0,00115	0,00013	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	0,03383	0	0	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	0,03603	0	0	2 kısa yönde perdeli
6	0,03456	0	0	2 uzun yönde perdeli
7	0,03659	0,00142	0,00016	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	0,03748	0	0	1 kısa yönde perdeli
9	0,03796	0,00182	0,0002	1 uzun yönde perdeli

Tablo 4.3. ve Şekil 4.26.'de görüldüğü 45 nolu düğümde de 17 nolu düğümde benzer deformasyonlar meydana gelmektedir. 45 nolu düğüm Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi perde olmayan zemin kat tavanında bir düğümdür. Bundan dolayı deformasyonlar da düzensiz bir artış gözlenmektedir..

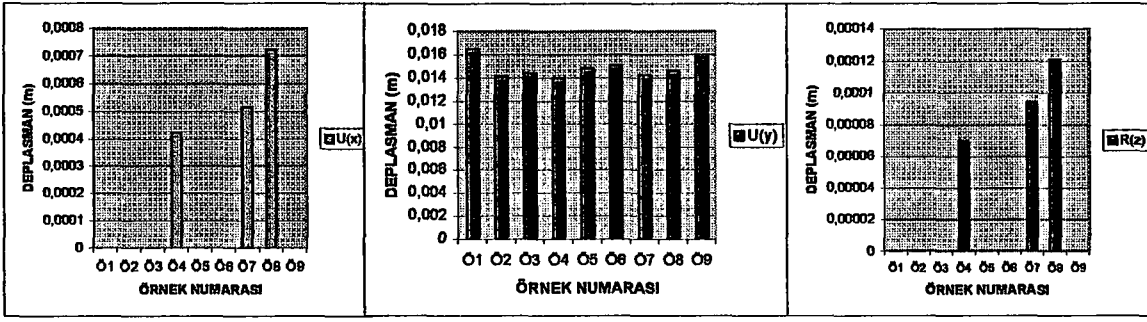


Şekil 4.24. 45 nolu düğüme ait deformasyonlar

Tablo 4.4. Y yönünde Deprem Kuvveti Etkimesi Durumunda 17 nolu Düğümdeki Deformasyonlar

Örnek No	$U(x)$ (m)	$U(y)$ (m)	$R(z)$	Örneğin Özelliği
1	0	0,016481	0	Perdesiz
2	0	0,014103	0	4 tarafi perdeli
3	0	0,014451	0	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	0,000421	0,013983	0,00007	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	0	0,014814	0	2 kısa yönde perdeli
6	0	0,015113	0	2 uzun yönde perdeli
7	0,000516	0,014277	0,000094	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	0,000724	0,014577	0,000121	1 kısa yönde perdeli
9	0	0,015772	0	1 uzun yönde perdeli

Tablo 4.4. ve Şekil 4.25.'de görüldüğü x yönünde deprem ivmesinin geldiği durumlardaki sistemlerdeki gibi perdesiz sistemde en fazla deformasyon meydana gelmekte, en az deformasyon ise 4 tarafi perdeli sistemde meydana gelmektedir. Bu defa deformasyonlar y doğrultusunda meydana gelmektedir. Bu kez Simetrisi bozulan modeller olan 4,7 ve 8 nolu örneklerde z eksenini etrafında dönme meydana gelmektedir. Dönmeler dikkate alınacak olursa 4 nolu örnekte 0.00007 rad., 7 nolu örnekte 0.000094 rad., 8 nolu örnekte 0.000121 rad.'lık dönmeler meydana gelmiştir. En fazla dönme 8 nolu düğümde yani simetrikliğin en fazla bozulduğu tek yönde bodrum perdesi olması durumunda meydana gelmiştir.

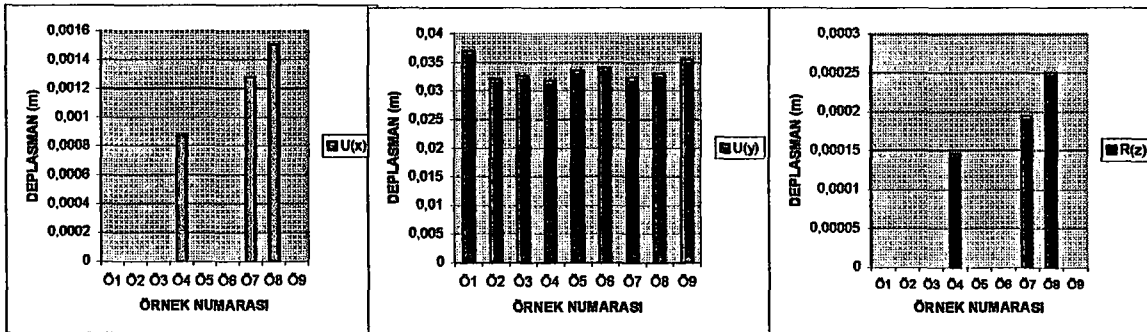


Şekil 4.25. 17 nolu düğüme ait deformasyonlar

Tablo 4.5. Y yönünde Deprem Kuvveti Etkimesi Durumunda 45 nolu Düğümdeki Deformasyonlar

Örnek No	U(x) (m)	U(y) (m)	R(z)	Örneğin Özelliği
1	0	0,037053	0	Perdesiz
2	0	0,032063	0	4 tarafı perdeli
3	0	0,032822	0	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	0,000874	0,031798	0,000146	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	0	0,033611	0	2 kısa yönde perdeli
6	0	0,034129	0	2 uzun yönde perdeli
7	0,00128	0,03244	0,000195	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	0,001509	0,033102	0,000251	1 kısa yönde perdeli
9	0	0,035541	0	1 uzun yönde perdeli

Tablo 4.5. ve Şekil 4.26.'de görüldüğü 45 nolu düğümde de 17 nolu düğüme benzer deformasyonlar meydana gelmektedir. Ayrıca 17 nolu düğüme göre deformasyonlar da lineer olmayan bir artış gözlenmektedir..



Şekil 4.26. 45 nolu düğüme ait deformasyonlar

Bütün düğümler incelendiğinde görülmektedir ki; x yönünde deprem ivmesinin geldiği durumdaki z ekseni etrafında oluşan dönme değerlerine göre y yönünde deprem ivmesinin geldiği durumdaki z ekseni etrafında oluşan dönme değerleri daha büyüktür. Örneğin 17 nolu düğüm incelenirse x yönünde deprem ivmesi gelme durumunda maksimum dönme 0.00010 rad., y yönünde deprem ivmesi gelme durumunda maksimum dönme 0.000121 rad. olmaktadır. Bu daha kısa olan perdelerin rijitliğinin daha az olduğunu, dolayısıyla dönmelerin daha fazla meydana geldiğini göstermektedir.



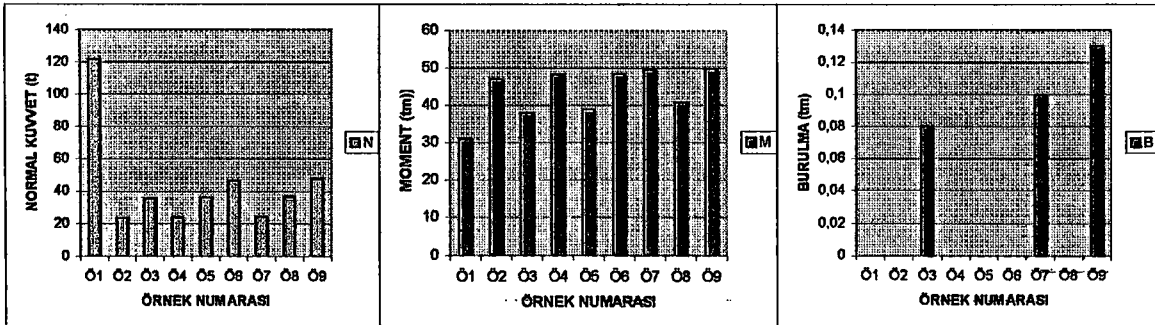
4.6.2. Eleman Kesit Tesirleri

4.6.2.1. X yönünde Deprem İvmesi Etkimesi Durumu

Tablo 4.6. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 1 Nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	122,03	31,06	0	Perdesiz
2	23,65	47,12	0	4 tarafi perdeli
3	35,45	38,11	0,08	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	23,89	48,28	0	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	36,14	39,04	0	2 kısa yönde perdeli
6	46,79	48,35	0	2 uzun yönde perdeli
7	24,42	49,59	0,1	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	36,46	40,86	0	1 kısa yönde perdeli
9	47,65	49,88	0,13	1 uzun yönde perdeli

Tablo 4.6. ve Şekil 4.27.'de görüldüğü 1 nolu eleman perdeli durumlarda daha az normal kuvvete maruz kalmakta, ancak 1 nolu elemanın üzerindeki eğilme momenti büyüklüğü perdeli durumda perdesiz duruma göre daha büyüktür. Bodrum perdelerinin yerleşimi açısından simetrik olmayan 3, 7 ve 9 nolu örneklerde ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. En fazla burulma momenti 9 nolu örnek sistem olan tek ve uzun yönde perdeli sistemde oluşmuştur. Burulma momentlerinin değerleri 3 nolu örnekte 0.08 kNm, 7 nolu örnekte 0.1 kNm ve 9 nolu örnekte 0.13 kNm'dir.

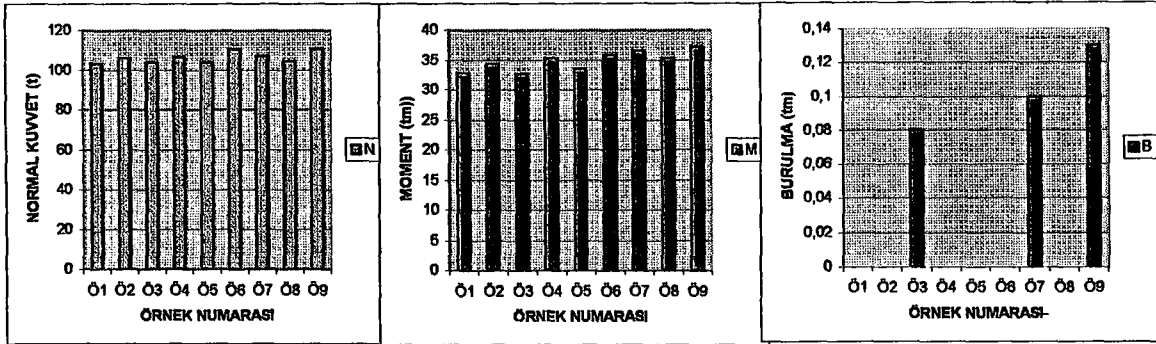


Şekil 4.27. 1 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.7. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 41 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	103,43	32,89	0	Perdesiz
2	106,29	34,41	0	4 tarafi perdeli
3	104,04	32,68	0,08	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	106,61	35,37	0	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	104,24	33,57	0	2 kısa yönde perdeli
6	110,43	35,92	0	2 uzun yönde perdeli
7	107,17	36,49	0,1	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	104,62	35,31	0	1 kısa yönde perdeli
9	110,67	37,25	0,13	1 uzun yönde perdeli

41 nolu elemanda Tablo 4.7. ve Şekil 4.28.'de görüldüğü perdeli durumlar ile perdesiz durumlar arasında normal kuvvet açısından çok fazla değişiklik olmamaktadır. 41 nolu eleman perde olmayan bölgede olduğundan dolayı alt elemana göre ani bir moment değişimi meydana gelmektedir. Bodrum perdelerinin yerleşimi açısından simetrik olmayan 3, 7 ve 9 nolu örneklerde ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. Burulma momentleri 3 nolu örnekte 0.08 kNm, 7 nolu örnekte 0.1 kNm ve 9 nolu örnekte 0.13 kNm'dir. En fazla burulma momentleri 9 nolu örnek sistem olan tek ve uzun yönde perdeli sistemde oluşmuştur.

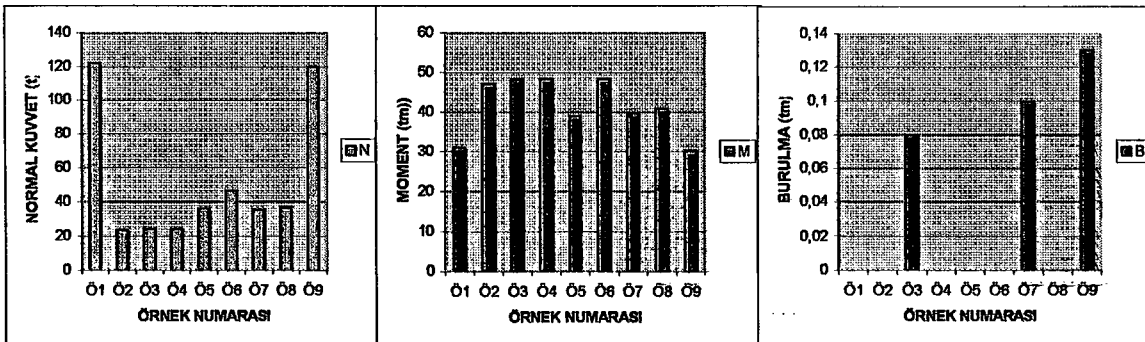


Şekil 4.28. 41 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.8. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 13 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	122,03	31,06	0	Perdesiz
2	23,65	47,12	0	4 tarafi perdeli
3	24,05	48,2	0,08	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	23,89	48,28	0	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	36,14	39,04	0	2 kısa yönde perdeli
6	46,79	48,35	0	2 uzun yönde perdeli
7	35,54	39,71	0,1	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	36,46	40,86	0	1 kısa yönde perdeli
9	119,86	30,09	0,13	1 uzun yönde perdeli

Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi 1 Nolu eleman gibi bodrum kat köşe kolonudur. 13 nolu eleman Tablo 4.8. ve Şekil 4.29.'de görüldüğü perdeli durumlarda perdesiz durumlara göre daha az normal kuvvete maruz kalmakta, bununla beraber 13 nolu elemanın üzerindeki eğilme momenti büyüklüğü perdeli durumda perdesiz duruma göre daha büyüktür. Bodrum perdelerinin yerleşimi açısından simetrik olmayan 3, 7 ve 9 nolu örneklerde ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. En fazla burulma momenti 9 nolu örnek sistem olan tek ve uzun yönde perdeli sistemde oluşmuştur. Burulma momentlerinin değerleri 3 nolu örnekte 0.08 kNm, 7 nolu örnekte 0.1 kNm ve 9 nolu örnekte 0.13 kNm'dir.

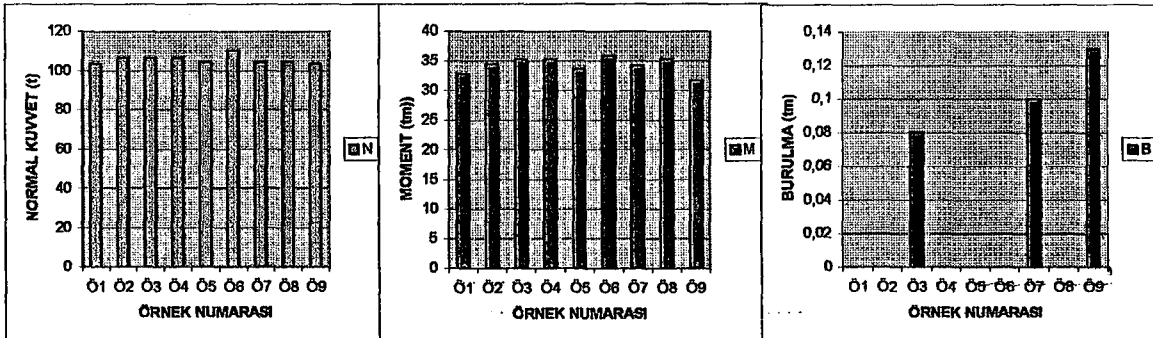


Şekil 4.29. 13 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.9. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 53 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	103,43	32,89	0	Perdesiz
2	106,29	34,41	0	4 tarafi perdeli
3	106,53	35,31	0,08	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	106,61	35,37	0	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	104,24	33,57	0	2 kısa yönde perdeli
6	110,43	35,92	0	2 uzun yönde perdeli
7	104,13	34,2	0,1	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	104,62	35,31	0	1 kısa yönde perdeli
9	103,4	31,67	0,13	1 uzun yönde perdeli

Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi 53 nolu eleman 41 Nolu eleman gibi zemin kat köşe kolonudur. 53 nolu elemanda Tablo 4.9. ve Şekil 4.30.'da görüldüğü perdeli durumlar ile perdesiz durumlarda normal kuvvet değerleri yaklaşık eşit olmaktadır 53 nolu eleman perde olmayan bölgede olduğundan dolayı alt elemana göre ani bir moment değişimi meydana gelmektedir. İlave burulma momentleri Bodrum perdelerinin yerleşimi açısından simetrik olmayan 3, 7 ve 9 nolu örneklerde meydana gelmektedir. Burulma momentleri 3 nolu örnekte 0.08 kNm, 7 nolu örnekte 0.1 kNm ve 9 nolu örnekte 0.13 kNm'dir. En büyük burulma momentleri 9 nolu örnek sistem olan tek ve uzun yönde perdeli sistemde oluşmuştur.

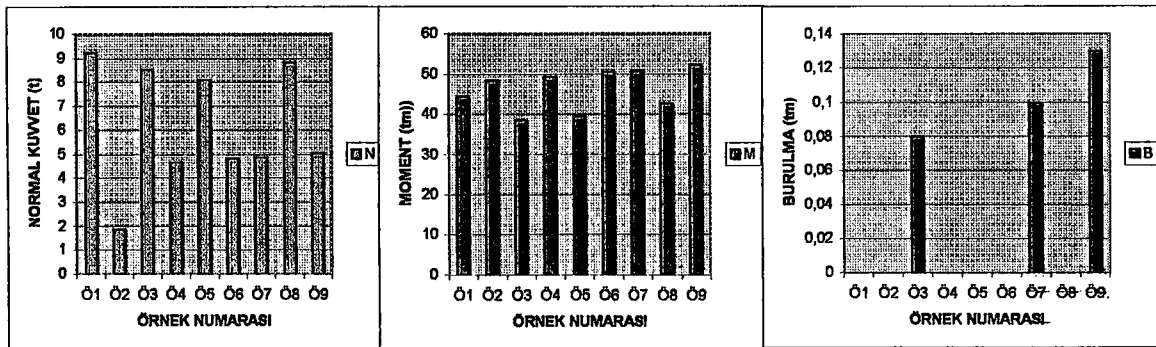


Şekil 4.30. 53 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.10. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 3 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	9,23	44,55	0	Perdesiz
2	1,89	48,28	0	4 tarafi perdeli
3	8,53	38,53	0,08	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	4,68	49,38	0	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	8,1	39,43	0	2 kısa yönde perdeli
6	4,82	50,61	0	2 uzun yönde perdeli
7	4,88	50,72	0,1	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	8,83	42,76	0	1 kısa yönde perdeli
9	5,07	52,2	0,13	1 uzun yönde perdeli

Tablo 4.10. ve Şekil 4.31.'de görüldüğü 3 nolu elemanda diğer elemanlara göre daha az normal kuvvet oluşmaktadır. Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi 3 nolu eleman diğerleri gibi köşe kolonu değil orta açıklıkta bulunan bir kolondur. 4 tarafi perdeli durumda normal kuvvet iyice azalmaktadır. Ancak bu eleman üzerinde oluşan moment değerleri diğer elemanlara göre yaklaşık %10 daha fazla olmaktadır. Yine bu elemanda da bodrum perdelerinin yerleşimi açısından simetrik olmayan 3, 7 ve 9 nolu örneklerde burulma momenti meydana gelmektedir. Burulma momentleri 3 nolu örnekte 0.08 kNm, 7 nolu örnekte 0.1 kNm ve 9 nolu örnekte 0.13 kNm olarak en fazla burulma momenti 9 nolu tek ve uzun yönde perdeli sistemde oluşmuştur. Elemanı üzerinde oluşan burulma momentinin büyüklüğünün diğer örneklerden farkı yoktur.

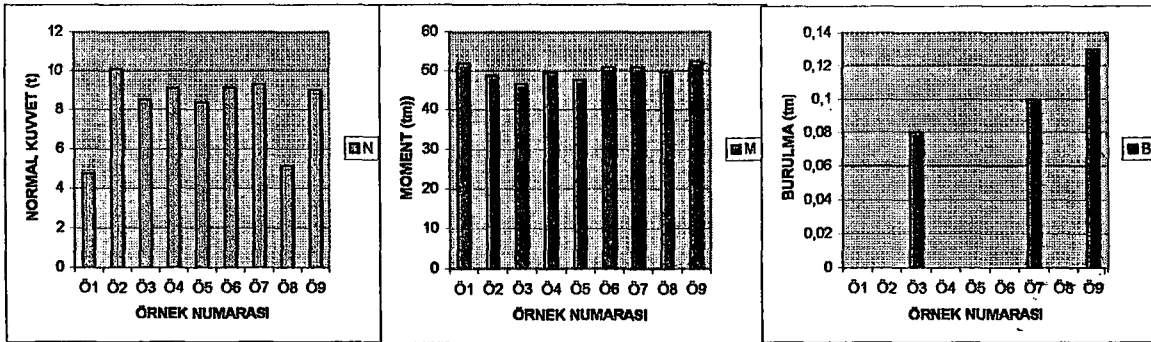


Şekil 4.31. 3 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.11. X Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 43 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	4,72	51,9	0	Perdesiz
2	10,09	48,68	0	4 tarafi perdeli
3	8,49	46,55	0,08	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	9,1	49,67	0	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	8,39	47,56	0	2 kısa yönde perdeli
6	9,12	50,85	0	2 uzun yönde perdeli
7	9,29	50,96	0,1	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	5,13	49,68	0	1 kısa yönde perdeli
9	9,02	52,39	0,13	1 uzun yönde perdeli

Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi 43 nolu eleman zemin kat orta açıklıkta bulunan bir kolondur. Tablo 4.11. ve Şekil 4.32.'de görüldüğü gibi Simetrik olmayan 3, 7 ve 9 nolu örneklerde ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. 43 nolu elemanın burulma momentleri 3 nolu örnekte 0.08 kNm, 7 nolu örnekte 0.1 kNm ve 9 nolu örnekte 0.13 kNm olarak en fazla burulma momenti 9 nolu tek ve uzun yönde perdeli sistemde oluşmuştur. 43 nolu eleman normal kuvvetin büyüklüğü perdeli durumlarda perdesiz durumlara göre daha fazladır. Üzerindeki eğilme momenti ise değeri perdeli durumda ve perdesiz durumlarda yaklaşık eşit oluşmaktadır.



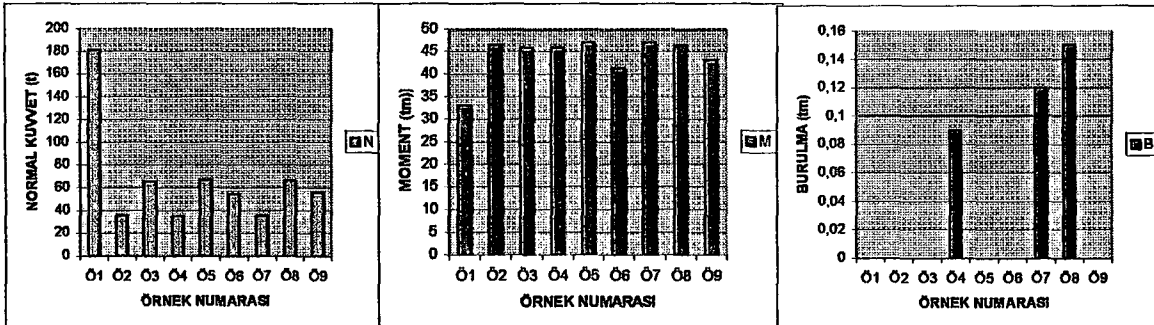
Şekil 4.32. 43 nolu elemana ait kesit tesirleri

4.6.2.2. Y yönünde Deprem İvmesi Etkimesi Durumu

Tablo 4.12. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 1 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	180,82	33,04	0	Perdesiz
2	35,2	46,39	0	4 tarafı perdeli
3	65,76	45,95	0	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	35,06	46	0,09	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	66,61	47,13	0	2 kısa yönde perdeli
6	54,88	41,23	0	2 uzun yönde perdeli
7	35,43	46,98	0,12	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	66,48	46,35	0,15	1 kısa yönde perdeli
9	55,67	43,06	0	1 uzun yönde perdeli

1 nolu eleman bodrum kat köşe kolonudur. Tablo 4.12. ve Şekil 4.33.'de görüldüğü 1 nolu eleman perdeli durumlarda 1 nolu eleman üzerindeki normal kuvvetin büyüklüğü perdesiz durumlara göre daha büyük olmaktadır. Üzerindeki eğilme momenti değeri de perdeli durumda perdesiz duruma göre daha az oluşmaktadır. oluşan normal kuvvet x yönünde deprem yükü etkimesi durumuna göre yaklaşık %40 daha fazla oluşmaktadır. Y yönünde deprem yükü etkimesi durumunda bu defa simetrik olmayan 4, 7 ve 8 nolu örneklerde ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. 1 nolu elemanın üzerindeki Burulma momentleri 4 nolu örnekte 0.09 kNm, 7 nolu örnekte 0.12 kNm ve 8 nolu örnekte 0.15 kNm olarak en fazla burulma momenti 8 nolu tek ve kısa yönde perdeli sistemde oluşmaktadır.

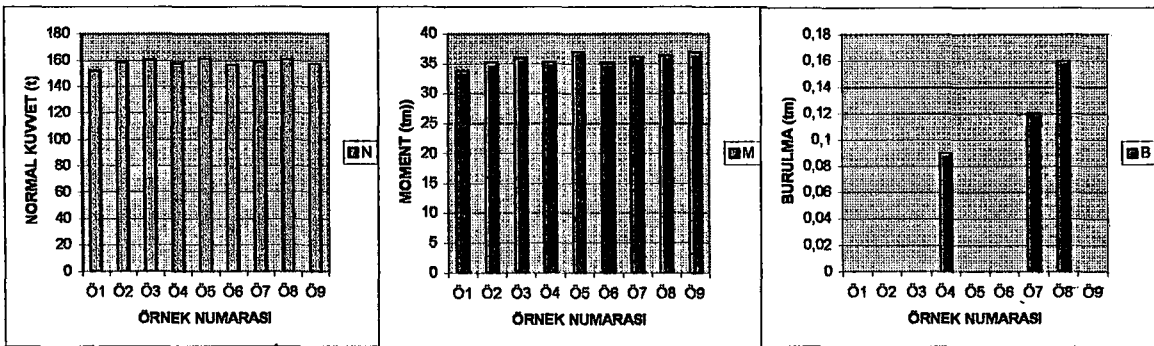


Şekil 4.33. 1 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.13. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 41 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	152,13	33,87	0	Perdesiz
2	158,15	35,19	0	4 taraflı perdeli
3	160,06	35,91	0	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	157,9	35,24	0,09	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	161,14	37,03	0	2 kısa yönde perdeli
6	156,06	35,12	0	2 uzun yönde perdeli
7	159,03	36,18	0,12	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	160,85	36,35	0,16	1 kısa yönde perdeli
9	157,58	36,96	0	1 uzun yönde perdeli

Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi 41 nolu eleman zemin kat köşe kolonudur. Tablo 4.13. ve Şekil 4.34.'de görüldüğü gibi 41 nolu eleman üzerindeki normal kuvvet değeri perdeli ile perdesiz durumlarda değişmemektedir. Bodrum kat perde yerleşimi açısından simetrik olmayan 4, 7 ve 8 nolu örneklerde Y yönünde deprem yükü etkimesi durumunda ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. En fazla burulma momentleri 8 nolu tek ve kısa yönde perdeli sistemde oluşmaktadır. 1 nolu elemanın üzerindeki Burulma momentleri 4 nolu örnekte 0.09 kNm, 7 nolu örnekte 0.12 kNm ve 8 nolu örnekte 0.15 kNm'dir.

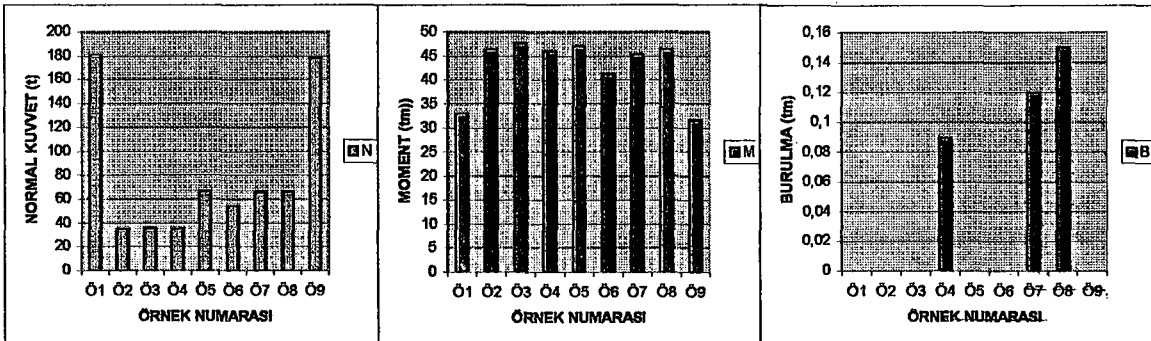


Şekil 4.34. 41 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.14. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 13 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	180,82	33,04	0	Perdesiz
2	35,2	46,39	0	4 tarafı perdeli
3	35,57	47,55	0	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	35,05	46	0,09	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	66,61	47,13	0	2 kısa yönde perdeli
6	54,87	41,23	0	2 uzun yönde perdeli
7	65,75	45,38	0,12	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	66,48	46,35	0,15	1 kısa yönde perdeli
9	178,03	31,53	0	1 uzun yönde perdeli

13 nolu eleman 1 nolu eleman gibi bodrum kat köşe kolonudur. Tablo 4.14. ve Şekil 4.35.'de görüldüğü 1 nolu eleman perdeli durumlarda 1 nolu eleman üzerindeki normal kuvvetin büyüklüğü perdesiz durumlara göre daha büyük olmaktadır. Ayrıca 9 nolu örnekte (tek uzun yönde perde bulunması) normal kuvvet değeri diğer perdeli örneklere göre oldukça yüksektir. Üzerindeki 1 nolu örnek ve 9 nolu örneklerde 13 nolu eleman üzerinde meydana gelen eğilme momenti değeri de diğer örneklere göre daha azdır. Y yönünde deprem yükü etkimesi durumunda bu defa simetrik olmayan 4, 7 ve 8 nolu örneklerde ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. Yine oluşan burulma momenti değerleri 4 nolu örnekte 0.09 kNm, 7 nolu örnekte 0.12 kNm ve 8 nolu örnekte 0.15 kNm'dir. En fazla burulma momenti 8 nolu tek ve kısa yönde perdeli sistemde oluşmaktadır.

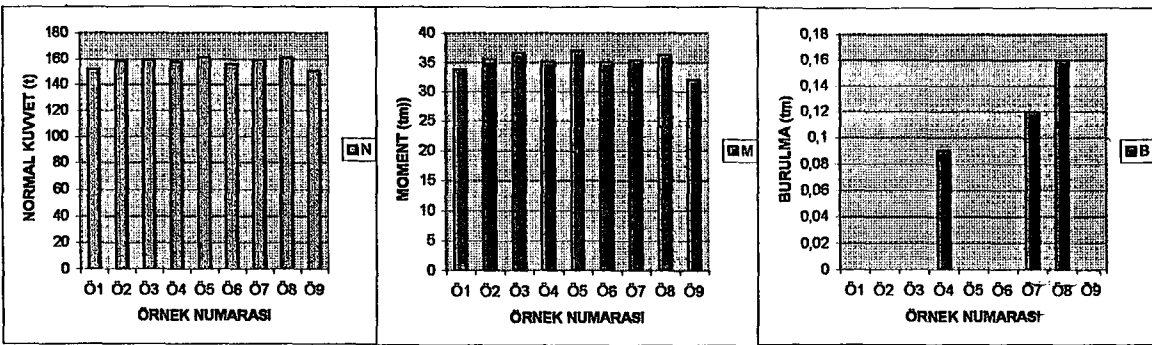


Şekil 4.35. 13 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.15. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 53 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	152,12	33,87	0	Perdesiz
2	158,15	35,6	0	4 tarafi perdeli
3	159,22	36,68	0	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	157,9	35,24	0,09	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	161,14	37,03	0	2 kısa yönde perdeli
6	156,06	35,12	0	2 uzun yönde perdeli
7	159,71	35,41	0,12	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	160,85	36,35	0,16	1 kısa yönde perdeli
9	150,73	32,08	0	1 uzun yönde perdeli

53 nolu eleman Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi zemin kat köşe kolonudur. 41 nolu eleman üzerindeki normal kuvvet değeri, ve eğilme momenti değerleri tablo 4.15. ve Şekil 4.36.'de görüldüğü gibi perdeli ile perdesiz durumlarda değişmemektedir. Bodrum kat perde yerleşimi açısından simetrik olmayan 4, 7 ve 8 nolu örneklerde Y yönünde deprem yükü etkimesi durumunda ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. En fazla burulma momenti 8 nolu örnek plan tek ve kısa yönde perdeli sistemde oluşmaktadır. 53 nolu elemanın üzerindeki Burulma momentleri 4 nolu örnekte 0.09 kNm, 7 nolu örnekte 0.12 kNm ve 8 nolu örnekte 0.16 kNm'dir.

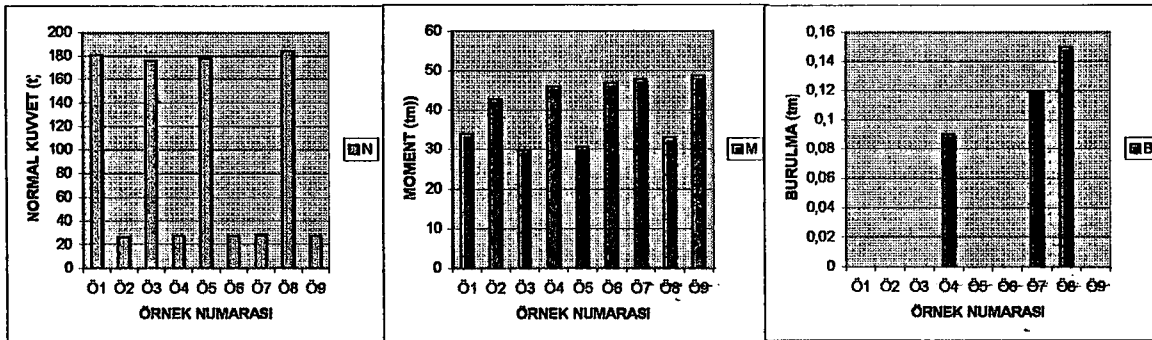


Şekil 4.36. 53 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.16. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 3 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	180,82	33,99	0	Perdesiz
2	26,5	42,83	0	4 tarafi perdeli
3	176,28	29,76	0	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	27,45	46,09	0,09	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	178,09	30,56	0	2 kısa yönde perdeli
6	27,12	46,85	0	2 uzun yönde perdeli
7	27,81	47,93	0,12	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	184,46	33,01	0,15	1 kısa yönde perdeli
9	27,51	48,93	0	1 uzun yönde perdeli

Tablo 4.16. ve Şekil 4.37.'de görüldüğü 3 nolu elemanda diğer elemanlara göre daha az normal kuvvet oluşmaktadır. Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi 3 nolu eleman orta açıklıkta bulunan bir kolondur. 4 tarafi perdeli durumda normal kuvvet iyice azalmaktadır. Ancak bu eleman üzerinde oluşan moment değerleri diğer elemanlara göre yaklaşık %10 daha fazla olmaktadır. Yine bu elemanda da bodrum perdelerinin yerleşimi açısından simetrik olmayan 4, 7 ve 8 nolu örneklerde burulma momenti meydana gelmektedir. 43 nolu elemanın üzerindeki Burulma momentleri 4 nolu örnekte 0.09 kNm, 7 nolu örnekte 0.12 kNm ve 8 nolu örnekte 0.15 kNm'dir. En fazla burulma momenti 8 nolu tek ve kısa yönde perdeli sistemde oluşmuştur. Elemanın üzerinde oluşan burulma momentinin büyüklüğünün diğer örneklerden farkı yoktur.

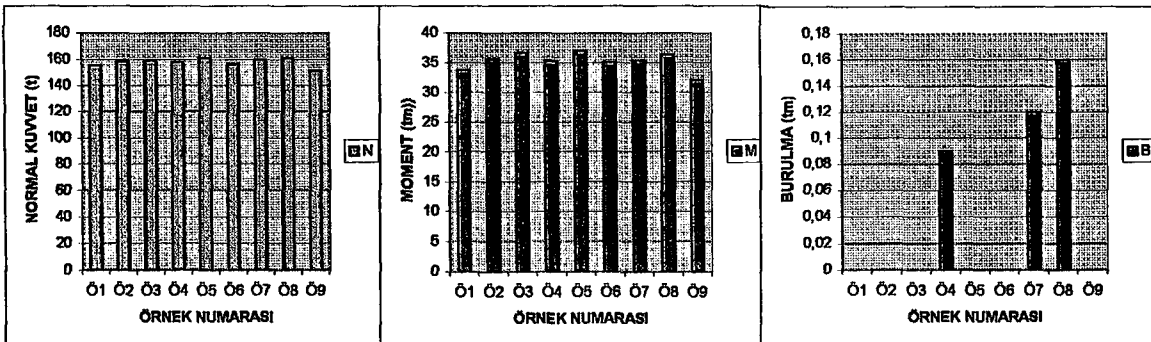


Şekil 4.37. 3 nolu elemana ait kesit tesirleri

Tablo 4.17. Y Yönünde Deprem Etkimesi Durumunda 43 nolu Elemanın Kesit Tesirleri

Örnek No	N (kN)	M (kNm)	B (kNm)	Örneğin Özelliği
1	155,29	33,87	0	Perdesiz
2	158,15	35,6	0	4 tarafı perdeli
3	159,22	36,68	0	2 kısa 1 uzun yönde perdeli
4	157,9	35,24	0,09	2 uzun 1 kısa yönde perdeli
5	161,14	37,03	0	2 kısa yönde perdeli
6	156,06	35,12	0	2 uzun yönde perdeli
7	159,71	35,41	0,12	1 uzun 1 kısa yönde perdeli
8	160,85	36,35	0,16	1 kısa yönde perdeli
9	150,73	32,08	0	1 uzun yönde perdeli

Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi 43 nolu eleman zemin kat orta açıklıkta bulunan bir kolondur. Tablo 4.17. ve Şekil 4.38.'de görüldüğü gibi Simetrik olmayan 4, 7 ve 8 nolu örneklerde ilave burulma momentleri meydana gelmektedir. 43 nolu elemanın burulma momentleri 4 nolu örnekte 0.09 kNm, 7 nolu örnekte 0.12 kNm ve 8 nolu örnekte 0.16 kNm olur. En büyük burulma momenti 8 nolu örnek olan tek ve kısa yönde perdeli sistemde oluşmuştur. 43 nolu eleman normal kuvvetin büyüklüğü perdeli ve perdesiz durumlarda birbirine yaklaşık eşittir. Üzerindeki eğilme momenti de perdeli ve perdesiz durumlarda yaklaşık eşit oluşmaktadır.



Şekil 4.38. 43 nolu elemana ait kesit tesirleri

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Hiperstatik sistemlerin çözümünde düğüm noktası sabit kabul edilip sadece dönmeler dikkate alınarak yapılan çözümler gerçek davranışı yansıtmamaktadır. Ayrıca yapılan deneylerde de düğümlerin yatay ve düşey hareket ettiği görülmüştür. Bu nedenle sabit kabul edilmeleri doğru olmamaktadır.
2. Hiperstatik sistemlerin çözümünde en doğru sonucu veren yöntem sonlu elemanlar yöntemi veya bu algoritmayı kullanan diğer yöntemler olduğu görülmüştür.
3. Birinci bölümde yapılan farklı yöntemler kullanılarak yapılan çözümlerdeki deplasmanlar ve kesit tesirlerinde oluşan farklılıkların yüksek bir oranda oluşunun sebebi çözülen örneklerin geometrisinin simetrik olmayışındır. Simetrik olan veya yaklaşık olarak simetrik kabul edilebilen sistemlerde bu fark en aza inmektedir. Bu farkın mevcut binalarda güvenlik katsayıları içerisinde kaldığı kabul edilebilir. Bununla birlikte yapılan bütün sistemlerde, gerek düğüm teşkilinde, gerekse temel davranışının tam olarak modellenememesi durumları gibi bir çok konu statik çözümlerin gerçek çözümler değil, yaklaşık çözümler olduğu kanısına varmamıza yol açmaktadır.
4. Taşıyıcı sistemlerin çözümünde kullanılan iki boyutlu çözümler, üç boyutlu yapıdan seçilen birkaç aks üzerinde çözüm yapılmaktadır. Bu çözümlerden elde edilen sonuçlar yaklaşık olmakta, üç boyutlu çözümlere göre düzlem çözümler gerçek davranışı yansıtmamaktadır.
5. Özellikle yeterli simetrikliğin, bina içerisinde sürekliliğin sağlanmadığı sistemlerde ilave burulma momentleri meydana gelecek, çözülen akslarda binanın beraber çalıştığı gerçeği dikkate alınamayacaktır.
6. Yapı analizinde özellikle dinamik çözümlerde üç boyutlu çözümler yapılmalıdır.
7. Bina içerisine yerleştirilen perde duvarların yerleşimine dikkat edilmelidir. En alt katta bodrum perdeleri eğer dikkatli bir şekilde yerleştirilmezler ise binanın dinamik davranışını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.
8. Taşıyıcı sisteme simetrik olmayan bir şekilde yerleştirilen perde duvarlar, modellenen sistemde kolonlara 0.15 kNm'ye varan ilave burulma momentleri getirmiştir. Modellenen sistemin bütün aksları boyunca sürekli olması ve sistemin simetrik olmasından dolayı bu burulma momentinin mertebesi düşük görülebilir. Ancak gerçek

yapılarda bu derece simetriklik ve sürekliliğin olmadığı gözönüne alınacak olursa, sistemde önemli oranda burulma momenti artışı oluşacaktır. Bu perde duvarlar bodrum kata simetrik bir şekilde yerleştirilmelidir.

9. Eğer bodrum kat perde duvarları bina yerleşimi açısından simetrik hale getirilemiyor ise bu perde duvarlar kolonlar ve kirişlerden ayrı düşünölmeli ve aralarında yeterli miktarda boşluk bırakılmalıdır.
10. Modellenen sistemlerin çözümünde dinamik yüklerin kısa doğruıtu yönünde gelmesi durumunda elemanlara olan kesit tesirlerinin daha fazla olduğu görölmüştür.



KAYNAKLAR

AKTAŞ, Z., ÖNCÜL, H., URAL, S., "Sayısal Çözümleme", ODTÜ, Ankara, 1981

ARISAN, F. Yapı Statiği Cilt I, II, III, İ.T.Ü. Matbaası, 1959

BEER, P.F., RUSSELL, J. "Mühendisler İçin Mekanik Statik", Birsen yayınevi, İstanbul, 1995

BREBBIA, K., J., " Finite Element Procedures in Engineering Analysis" Prentice Hall, New Jersey, 1982

CHAJES, A., Structural Analysis, department Of Civil Engineering University Of Massachusetts, New Jersey, USA, 1990

ÇAKIROĞLU, A., ÖZDEN, E., ÖZMEN, G., "Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metotları ve Elektronik Hesap Makinası Programları", İkinci baskı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1992

ÇAKIROĞLU A., ÇETMELİ E., Yapı Statiği Cilt II, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., Ekim, 1996

GHALI, A., NEVILLE, A. M., Structural Analysis, Ankara University Printing House, Ankara, Turkey, 1986.

POLAT, U., "Sonlu Elemanlar Yöntemine giriş" Ankara İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, Ağustos, 1994

READY, C., K., "Basic Structural Analysis", Megraw-Hill Publishing Company Limited, Sixth Edition, Delhi, 1981

TEZCAN, S., "Çubuk Sistemlerin Elektronik hesap makineleri ile çözümü", Arı Kitabevi, İstanbul, 1970

TEZCAN, S., KÖYLÜOĞLU A., Sap90 data hazırlama bilgileri (özet), Boğaziçi Üniversitesi, 1993.

WANG, C., K., "Intermediate Structural Analysis", McGraw-Hill Publishing Company Limited, Singapore, 1983

WILSON, E., HABİBULLAH, A., Sap90 User Manual, Berkeley, California, USA, July, 1989

WILSON, E., HABİBULLAH, A., Sap90 Structural Analysis Verification Manual, Berkeley, California, USA, July, 1989

SMITH, B. S., COULL A., Tall Building Structures Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1991