

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAGONAL OLMAYAN YAPILARIN
DBYBHY 2007'YE GÖRE DEPREM
PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet AYDIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Yasin FAHJAN

GEBZE
2010

 GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ	MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JÜRİ ONAY FORMU
--	--

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN) :

ÜYE :

ÜYE :

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../... tarih ve .../... sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen .../.../... tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Yüksek Lisans / Doktora öğrencisi'ın çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu .../.../... tarih ve .../.../... sayılı kararıyla Anabilim Dalında Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak onaylanmıştır.

İmza/Mühür

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: ORTAGONAL OLMAYAN YAPILARIN DBYBHY 2007'YE GÖRE DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YAZAR ADI: MEHMET AYDIN

Mart 2007'de yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar (DBYBHY 2007)'de betonarme binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi amaçlı doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri önerilmektedir.

Yapının analizi yapılırken yapının taşıyıcı sistemindeki kolonların yönleri önem arz etmektedir. Taşıyıcı sistemdeki kolonlarının her iki yöne de dik olması durumunda yapı ortagonal, her iki yöne dik kolonların yanında bu yönlerde dik olmayan kolonların bulunduğu sistemlere ise ortagonal olmayan sistemler denir. Ortagonal olmayan yapılar ortagonal olmayan sistem ve ortagonal olmayan elemanlar olmak üzere ikiye ayrılır. Ortagonal olmayan sistem, taşıyıcı sistemin yapıda düzensizlik oluşturan değişik açılardaki aks sistemine sahip olması ve sistemin genelinde ortagonal olmama durumudur. Ortagonal olmayan eleman, sistem ortagonal görünse bile taşıyıcı sistemdeki kolonların her iki yöne de dik olmaması durumudur. Bu sistemlerde elemanlar sistemin global koordinat sistemine uymamaktadır.

Bu çalışmada, DBYBHY 2007'de öngörülen eşdeğer statik itme metodu ve nonlineer zaman tanım alanında analiz metodu, ortagonal olmayan üç farklı ve orta katlı betonarme yapıya uygulanmıştır. Çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Ortagonal olmayan, Artımsal İtme Analizi, Zaman Tanım, Alanı, Dinamik Analiz

SUMMARY

THESIS TITLE: THE EARTHQUAKE PERFORMANCE PRACTICE OF NON-ORTHOGONAL STRUCTURES ACORDING TO DBYBHY 2007.

AUTHOR NAME: MEHMET AYDIN

In Turkish Earthquake Code (DBYBHY) issued in March 2007, linear elastic and non-linear elastic calculation methods are suggested for the purpose of evaluating earthquake performances of reinforced concrete buildings.

While doing the analysis of the building, the directions of the columns in the carrier system of the building have importance. The buildings of whose columns in carrier system are perpendicular to both directions are called orthogonal; and the systems in which there are non-perpendicular columns beside perpendicular columns to both sides are called non-orthogonal systems. Non-orthogonal buildings are divided into two as non-orthogonal system and non-orthogonal components. Non-orthogonal system is that the carrier system has axle system in different angles which result in disproportion and is the case of being non-orthogonal throughout the system. The non-orthogonal component, even the system seems like orthogonal, is the case that the columns in the carrier system are not perpendicular to both directions. The components in these systems do not match to the global coordinate system of the system.

In this study, equivalent static pushover method and non-linear time history analysis method projected in DBYBHY 2007 have been applied to three different non-orthogonal buildings and a mid-rise reinforced concrete building. The results have been compared.

KEY WORDS: Non-orthogonal, Pushover Analysis, Time History, Dynamic Analysis.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince bilgi birikimini, değerli görüş ve tavsiyelerini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Yasin FAHJAN' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Engin bilgi birikimleri ile değerli katkılarıyla tezimin gelişmesine yardımcı olan Doç. Dr. Bülent AKBAŞ ve Y. Doç. Dr. Bilge DORAN' a, güler yüzü ile örnek hocalarımdan Prof. Dr. Bilge SİYAHÎ' ye, çalışmam süresince maddi manevi desteğini aldığım anneme, babama, sevgili kardeşime ve tez hazırlanma sürecinde anlayışından dolayı nişanlım Ayşe'ye ve ailesine, yüksek lisans öğrenimim süresince desteği için İnş. Müh. Doğan AYDIN ve ailesine, yardım ve desteklerinden dolayı sınıf arkadaşlarım İnş. Yük. Müh. Rıza YEŞİL ve İnş. Yük. Müh. Y. Serdar İŞÇİ' ye çok teşekkür ederim.

Mehmet AYDIN

Gebze, Haziran 2010

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	ii
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER (KISALTMALAR) DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABOLOAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Yapılan Çalışmalar	2
1.1.1 Statik İtme Analizi İle İlgili Çalışmalar	2
1.1.2 Ortagonallik İle İlgili Çalışmalar	5
1.2 Çalışma Hedefi ve Kapsam	6
2. ORTAGONAL OLMAYAN BİNALAR	7
2.1 Ortagonal Olmayan Binaların sınıflandırılması	7
2.1.1 Ortagonal Olmayan Sistem	8
2.1.2 Ortagonal Olmayan Eleman	9
2.2 Şartnamede Ortagonallik ve Düzensizlik	9
3. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ	11
3.1 Artımsal İtme Analizi Metotları	11
3.1.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi	11
3.1.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi	13
3.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	13
4. SAYISAL UYGULAMALAR	15
4.1 Kullanılan Deprem Kaydının Seçilmesi	31

4.2 Araştırma Bulguları	37
5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	70
6. SONUÇ	73
KAYNAKLAR DİZİNİ	75
ÖZGEÇMİŞ	78

SİMGELER (KISALTMALAR) DİZİNİ

ARSA: Artımsal Spektrum Analizi

LİSA: Lineer Spektrum Analizi

ATC40: Applied Technology Council

FEMA 273: Federal Emergency Management Agency

TDY2007: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar 2007

ABYYHY: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında yönetmelik

TSD: Tek Serbestlik Dereceli Sistem

ADRS: Acceleration - Displacement Response Spectra

B_a : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü

B_{ax} : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_{ay} : Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_b : Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü

B_{bx} : Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_{by} : Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Ortogonal Olmayan Sistemler (ÖZMEN, 2005)	8
2.2 Ortogonal Olmayan Elemanlar	9
2.3 Şartnamede Ortogonalılık (DBYBHY2007)	10
3.1 Kesit Hasar Bölgeleri (DBYBHY2007)	14
4.1 Sistem A Planı	16
4.2 Sistem A 2S7 Kolon Kesiti	17
4.3 Sistem A 2S7 Kolonu Plastik Mafsallık Özellikleri	18
4.4 Sistem B Planı	20
4.5 Sistem B 2S7 Kolon Kesiti	21
4.6 Sistem B 2S7 Kolonu Plastik Mafsallık Özellikleri	22
4.7 Sistem C Planı	23
4.8 Sistem C 2S7 Kolon Kesiti	24
4.9 Sistem C 2S7 Kolonu Plastik Mafsallık Özellikleri	25
4.10 Analizlerde Kullanılan Sistemin Üç Boyutlu Görüntüsü	26
4.11 Statik İtme Analizi Yük Tanımlanması	27
4.12 Statik İtme Analizi Eğrisi	28
4.13 Kapasite ve Talep Eğrisi	28
4.14 Statik İtme Analizi Sonucu Yapıda Oluşan Plastik Mafsallar	30
4.15 Orijinal Kayıt (P1096-DZC180)	32
4.16 Ölçeklenmiş Kayıt (P1096-DZC180)	32
4.17 Orijinal Kayıt (P0989-NEE090)	33
4.18 Ölçeklenmiş Kayıt (P0989-NEE090)	33
4.19 Orijinal Kayıt (P0778-SJW160)	34
4.20 Ölçeklenmiş Kayıt (P0778-SJW160)	34
4.21 Matlab Programı Yardımı İle Çizilen Spektrumlar	35
4.22 Deprem Kayıtlarının Tanımlanması	36
4.23 Sistem A Kat Deplasmanları	43
4.24 Sistem A Kolon Eksenel Kuvvetleri	43

4.25 Sistem A Kolon Momentleri	44
4.26 Sistem A Kolon Kesme Kuvvetleri	44
4.27 Sistem A Kolon Plastik Dönme Değerleri	45
4.28 Sistem A Kiriş Momentleri	45
4.29 Sistem A Kiriş Kesme Kuvvetleri	46
4.30 Sistem A Kiriş Plastik Dönme Değerleri	46
4.31 Sistem A Kapasite ve Talep Eğrisi	47
4.32 Sistem B Kat Deplasmanları	54
4.33 Sistem B Kolon Eksenel Kuvvetleri	54
4.34 Sistem B Kolon Momentleri	55
4.35 Sistem B Kolon Kesme Kuvveti	55
4.36 Sistem B Kolon Plastik Dönme Değerleri	56
4.37 Sistem B Kiriş Mement Değerleri	56
4.38 Sistem B Kiriş Kesme Kuvveti Değerleri	57
4.39 Sistem B Kiriş Plastik Döneme Değerleri	57
4.40 Sistem B Kapasite ve Talep Eğrisi	58
4.41 Sistem C Kat Ötelemeleri	65
4.42 Sistem C Kolon Eksenel Kuvvet Değerleri	65
4.43 Sistem C Kolon Moment Değerleri	66
4.44 Sistem C Kolon Kesme Kuvveti Değerleri	66
4.45 Sistem C Kolon Plastik Dönme Değerleri	67
4.46 Sistem C Kiriş Moment Değerleri	67
4.47 Sistem C Kiriş Kesme Kuvvetleri	68
4.48 Sistem C Kiriş Plastik Dönme Değerleri	68
4.49 Sistem C Kapasite ve Talep Eğrisi	69

TABOLOAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Analiz İçin Kullanılan Sistemler	6
4.1 Analiz İçin Kullanılan Sistem	25
4.2 Sistem A Statik İtme Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (PUSH X)	37
4.3 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (NEE090)	37
4.4 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (DZC)	38
4.5 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (SJW)	38
4.6 Sistem A Statik İtme Analizi Kolon Değerleri (PUSH X)	39
4.7 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Kolon Değerleri (NEE090)	39
4.8 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Kolon Değerleri (DZC180)	40
4.9 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Kolon Değerleri (SJW160)	40
4.10 Sistem A Statik İtme Analizi Kiriş Değerleri (PUSH X)	41
4.11 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Kiriş Değerleri (NEE090)	41
4.12 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Kiriş Değerleri (DZC180)	42
4.13 Sistem A Zaman Geçmişî Analizi Kiriş Değerleri (SJW160)	42
4.14 Sistem B Statik İtme Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (PUSH X)	48
4.15 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (NEE090)	48
4.16 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (DZC180)	49
4.17 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (SJW160)	49
4.18 Sistem A Statik İtme Analizi kolon Değerleri (PUSH X)	50
4.19 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Kolon Değerleri (NEE090)	50
4.20 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Kolon Değerleri (DZC180)	51
4.21 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Kolon Değerleri (SJW160)	51
4.22 Sistem B Statik İtme Analizi Kiriş Değerleri (PUSH X)	52
4.23 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Kiriş Değerleri (NEE090)	52
4.24 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Kiriş Değerleri (DZC180)	53
4.25 Sistem B Zaman Geçmişî Analizi Kiriş Değerleri (SJW160)	53
4.26 Sistem C Statik İtme Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (PUSH X)	59
4.27 Sistem C Zaman Geçmişî Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (NEE090)	59

4.28	Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (DZC180)	60
4.29	Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (SJW160)	60
4.30	Sistem C Statik İtme Analizi Kolon Değerleri (PUSH X)	61
4.31	Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kolon Değerleri (NEE090)	61
4.32	Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kolon Değerleri (DZC180)	62
4.33	Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kolon (SJW160)	62
4.34	Sistem C Statik İtme Analizi Kiriş Değerleri (PUSH X)	63
4.35	Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kiriş Değerleri (NEE090)	63
4.36	Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kiriş Değerleri (DZC180)	64
4.37	Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kiriş Değerleri (SJW160)	64

1. GİRİŞ

Ülkemizde yaşanan yıkıcı depremlerin ardından mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi önemli bir durum haline gelmiştir. Depremde hasar gören veya yıkılan yapılar üzerinde yapılan incelemeler, hasar ve yıkılmanın çeşitli nedenlere dayandığını göstermektedir. Genelde hasar oluşmasına; gerekli zemin etütlerinin yapılmaması, bina geometrisinin ve taşıyıcı sistemin hatalı, kesitlerin yetersiz, detaylandırmanın eksik veya yanlış, yapım kalitesinin kötü olmasının sebep olduğunu söylemek mümkündür.

Günümüzdeki yapı standartları, öngörülen sismik istemleri ve yapısal davranışı tahmin etmek için lineer elastik analize izin vermesine karşın, pek çok yapı, deprem yükleri etkisi altında elastik ötesi bir davranış gösterdiği için lineer elastik prosedürler yetersiz kalmakta veya tam doğru sonuç vermemektedirler. Bu nedenle, son yıllarda, performansa dayalı sismik tasarım, hem mevcut yapıların güçlendirilmesi hem de yeni yapılacak olan yapıların tasarımında dünyadaki pek çok inşaat mühendisliği kuruluşları tarafından en yaygın tercih edilen hesap yaklaşımı olmuştur. Performansa dayalı tasarım, yapının maruz kaldığı risk ve gösterebileceği performansın dengesine dayanır [Durmuş, 2003].

Betonarme yapılarda düşey yüklerin yatay elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtılmasında kiriş ve döşemelerin biçim ve boyutları etkili olmaktadır. Çerçevesiz yapılarda kolon ve kirişlere gelen deprem yükleri çerçeve açıklıklarına bağlı olarak önemli boyutlarda değişebilmektedir. Bu bağlamda betonarme çerçeve bir yapının, planda taşıyıcı sisteminin çerçeve açıklıklarının düzenli olması çoğu zaman üzerinde yapılacağı arsanın konumu ve mimari yaklaşımlar nedeni ile sağlanamamaktadır. Bundan dolayı taşıyıcı elemanların eksenlerinin paralel olması güçleşir. Yapıda taşıyıcı sistemin eksenlerinin paralel olmaması kolon ve kiriş boyutlarının normalden büyük çıkmasına ve bu sebeple yapıların ağırlıklarının artmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda çerçeve açıklıklarının düzensiz ve kolon aksların paralel olmadığı bir yapıda, rijitlik ve kütle merkezinin çakıştırılması da güç olmaktadır. Bu durumlar karşısında da yapı depremde zorlanmaktadır. Diğer bir yandan yapı planının dış akslarına yerleştirilen merdivenler ve asansörler yapının

rijitlik merkezini simetri merkezinden kenara çektikleri için ek burulma meydana getirmektedir. Bu durumda burulmayı önlemek için, simetri merkezinin iki tarafından eşit mesafelerde aynı şekil ve boyutta taşıyıcıların kullanılması gerekmektedir [Konak, 2002].

Performansa dayalı yapı tasarımı çoğunlukla ortagonal yapılarda uygulanmıştır, konu hakkında ülkemizde de birçok çalışma yapılmış DBYBHY2007’ de mevcut yapıların değerlendirilmesi kısmında ele alınmıştır. Ortagonal olmayan yapılarda performansa dayalı tasarım ile ilgili bir çalışma yapılmamış ve bu yöntemin nasıl sonuç vereceği bilinmemektedir. Sık sık deprem yaşanan ülkemizde mevcut ortagonal olmayan yapıların değerlendirilmesi ve yeni yapılacak yapıların projelendirilmesi için bu yöntemin kontrol edilmesi ve mevcut yapılarda gerekli tedbirlerin alınması gereklidir.

1.1 Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde statik itme analizi ve ortagonalite ile ilgili bazı literatür çalışmaları özetlenmiştir.

1.1.1 Statik İtme Analizi İle İlgili Çalışmalar

Çok modlu itme analizi yöntemi ARSA (Artımsal Spektrum Analizi), binaların ve köprülerin iki boyutlu ve üç boyutlu nonlinear analizlerinin gerçekleştirilebilmesi amacı ile geliştirilmiştir (Aydınoglu, 2003). Yöntemin pratikte kullanılmak üzere geliştirilen versiyonunda (Aydınoglu, 2004, 2007), doğrudan yönetmeliklerde tanımlanan elastik davranış spektrumu esas alınmaktadır. Nonlinear modal yerdeğiştirmeler için ise, deprem mühendisliğinde yaygın olarak kullanılmakta olan “eşit yerdeğiştirme kuralı”ndan yararlanılmaktadır. ARSA, ardışık iki plastik mafsallı oluşumu arasındaki “doğrusallaştırılmış” artıma karşı gelen her bir itme adımında Linear Spektrum Analizi (LİSA)’nın uygulanması ile gerçekleştirilmektedir.

Kalay (1999), makalesinde performansa dayalı tasarımın ilgili olarak form fonksiyon ilişkisini inceleyerek, performansa dayalı tasarım metodolojisini geliştirmiştir.

Fajfar (2000), yapıların sismik analizi için basit doğrusal olmayan bir yöntem (N2 metot) sunmuştur. Yöntemde, tek serbestlik dereceli bir sistemin spektrum analizi ile çok serbestlik dereceli bir sistemin pushover analizini birleştirmiştir. Prosedür, sismik davranışın temel özellikleri göz önünde tutarak, görsel yoruma imkan verecek şekilde ivme-deplasman formatında formüle edilmiştir. Bu çalışma, kapasite spektrum yönteminden önemli bir fark göstermiştir. Ayrıca, etki özellikleri ardışık işlemler gerekmeksizin elde edilebilmiş ve genellikle N2 yönteminin sonuçlarının doğruluğu, birinci mod için sağlanmıştır. Makalede, yeni bir yöntem tanımlanmış, tartışılmıştır. Applied Technology Council (ATC40) ve Federal Emergency Management Agency (FEMA 273) 'de verilen doğrusal olmayan statik prosedürleri için önerilen yöntemler arasında benzerlikler ve farklar tartışılmış ve yöntemin uygulaması bir örnekte gösterilmiştir.

Medhaker vd. (2000), çalışmasında, halen depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili standartlarda kullanılan spektral ivmeye dayalı tasarım yöntemlerinin kavramsal temelleri tekrar gözden geçirilmiş ve tartışılmıştır. Tasarım prosedürleri için temel olarak deplasmanları kullanan bir alternatif yöntem sunmuştur. Yöntemde, burulma etkileri de dikkate alınarak, elastik ve elastik ötesi sismik tasarım için kavramsal temellerin, tek ve çok serbestlik dereceli yapılara uygulaması gözden geçirilmiştir. Yazara göre, bu ve bir sonraki makale çelik binaların sismik tasarımı için deplasmana dayalı prosedürün ilk uygulamasıdır.

Chopra (1999), bu çalışmasında, ATC 40 ve FEMA 273 dokümanlarında verilen, elastik ötesi olarak deforme olması beklenen bir binaya uygulanan deplasman etkilerini belirlemek için basitleştirilmiş doğrusal olmayan analiz prosedürlerini incelemiştir. Bu dokümanlardaki nonlineer statik prosedür kapasite spektrum yöntemine dayanan birkaç yaklaşım gerektirir. Pushover analiz için yanal kuvvet dağılımı ve kapasite diyagramına göre bu sonuçların değişimi yalnızca elastik sistemin temel titreşim moduna dayanır. Elastik ötesi tek serbestlik dereceli bir

sistemin (TSD) depremden kaynaklanan deformasyonlarını dinamik analiz ile belirlemek yerine eşdeğer doğrusal TSD bir sistemin ardışık olarak belirlenmektedir. Çalışmada, bu son yaklaşım ilk defa değerlendirilmiş ve elastik ötesi tek serbestlik dereceli sistemlerin pik deformasyonunu tahmin etmek için, kapasite ve etki diyagramların dayanan düzeltilmiş, basitleştirilmiş bir analiz prosedürü geliştirilmiştir.

Xue (2001), çalışmasında, basit fakat etkili bir deplasmana dayalı sismik tasarım prosedürü sunmuştur. Bu prosedür, elastik ötesi etki spektrumu için Newmark-Hall indirgeme faktörleri kullanılarak kapasite spektrum yönteminden elde edilen formüllere bağlıdır. Bu formüllerdeki, rijitlik ve hedef deplasmanlar arasındaki, yapının duktilite ve dayanım etkileri arasındaki kapalı ilişki, açık bir şekilde gösterilmiştir. Çok yönlü performans hedefleri böyle bir ön tasarım prosedüründe kolaylıkla göz önünde bulundurulabilir. Tek serbestlik dereceli sistemler için önerilen prosedür, kapasite spektrum yöntemine bağlı Newmark- Hall faktörleri kullanılarak Acceleration - Displacement Response Spectra (ADRS) format spektrumdan türetilen bazı basitleştirilmiş formülasyonlara bağlıdır.

Miranda vd. (2002), tek serbestlik dereceli sistemlerin maksimum elastik ötesi deplasman istemin tahmin etmek için altı yaklaşık yöntem değerlendirmiştir. Tüm yöntemlerde, elastik ötesi sistemin maksimum deplasman etkisi doğrusal elastik sistemin maksimum deplasman etkisinden tahmin edilmiştir. Bunun içinde değerlendirilen yöntemlerin tümü, sonunda, pratik durumlar için uygulandığı zaman her yöntemin avantaj ve dezavantajları araştırılmıştır.

Farrow vd. (1999), günümüzde U.S.'da bina şartnamelerinde sismik tasarım yaklaşımları birkaç statik ve dinamik analiz prosedürleri kullanılarak desteklemiştir. Statik prosedürler arasında, kapasite- etki – indeks ilişkilerine dayanan doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemleri kullanmak yaygın olmuş ve kullanılan bu ilişkilerin faydası basitlik ve adaptasyon yeteneğinden gelirken bu ilişkilerin gelişiminde önemli eksikler görülmüştür. Bu araştırmada, yeni kapasite- etki- indeks ilişkileri ve yer hareketi ölçme yöntemleri önermiştir.

1.1.2 Ortagonallik İle İlgili Çalışmalar

1 Ocak 1998 tarihinde yürürlüğe girmiş olan yeni “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında yönetmelik” (ABYYHY) hükümlerine göre, “Asal Eksenleri Deprem Doğrultularına Paralel Olmayan” (Non-Ortogonal, NO) elemanlar içeren yapılarda A4 türü düzensizlik bulunmaktadır. Bu yapıların deprem hesapları, istenildiği gibi seçilebilen, birbirine dik iki doğrultudaki yatay yüklere göre yapılabilir. Ancak ortogonal olmayan elemanların asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetlerin hesabı için özel bir superpozisyon formülünün kullanılması gerekir.

Özmen (2005), Uygulamada karşılaşılan özel halleri kapsayan ve aynı zamanda gerçekçi ve güvenli olan yeni bir superpozisyon formülasyonu geliştirmek üzere çeşitli formüller denenmiş ve önerilenlerin uygun olduğu saptanmıştır.

Özmen (2000), Çalışmada geometri ve rijitlik dağılımı bakımından simetrik olan yapılarda, sadece geometrik bakımdan düzensiz olan yapılarda, zayıf akslı yapılarda ve asimetrik yapılarda yatay yükler altındaki davranışlarının incelenmiştir.

Korkmaz vd. (2007), Çalışmada Antalya yöresinde de görülen yumuşak kat düzensizliği ve dolgu duvarların betonarme yapıların deprem davranışına etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında alt kat kolonlarının daha yüksek olduğu ve dolgu duvarların mevcut olduğu betonarme yapıların deprem davranışındaki değişiklikler incelenmiştir. Bu amaçla, dolgu duvarların yapının tüm katlarında bulunduğu düzenli ve sadece alt katta bulunmadığı düzensiz yapıların da analizleri yapılarak, deprem davranışına etkileri incelenmiştir. Elastik ötesi statik itme analizi yapılarak yapıların kapasite eğrileri, kat yatay yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri, katlardaki maksimum plastik dönmeler ve plastikleşen kesitlerin sistemdeki dağılımları belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre yapıların deprem davranışlarındaki değişiklikler yorumlanmıştır.

1.2 Çalışma Hedefi ve Kapsamı

Günümüzde kullanılmaya başlayan performansa dayalı yapı tasarımı yöntemini kullanarak ortogonal olmayan yapıların deprem sırasında nasıl tepki vereceğini ve statik itme analizi ile zaman tanım alanında yapılan analiz sonuçlarının ne kadar örtüştüğünü görmek amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında DBYBHY2007 ye uygun olarak tasarlanan 6 katlı yapı, orta zayıflıkta tasarlanan 6 katlı ABYYHY 1975'ye uygun yapılmış yapı birde bu yapılardan daha zayıf olan 6 katlı yapı analiz edilmiştir. Öncelikle statik itme analizine tabii tutulup sonra zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Ardından sonuçlar tablolar yardımı ile yorumlanmıştır. Analizi yapılan sistem özellikleri Tablo 1.1' de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Analiz İçin Kullanılan Sistemler

	SİSTEM A	SİSTEM B	SİSTEM C
KAT SAYISI	6	6	6
BETON SINIFI	C25	C25	C25
DEMİR SINIFI	S420	S420	S420
KOLON EBATLARI	55 X 55	40 X 40	35 X 35
KOLON DONATI ORANI	1.00%	0.80%	0.80%
KİRİŞ EBATLARI	40 X 40	35 X 40	35 X 40
KAT YÜKS.	2.8 mt	2.8 mt	2.8 mt
DÖŞEME KALINLIĞI	12 cm	12 cm	12 cm
SABİT YÜKLER	2 kN/m ²	2 kN/m ²	2 kN/m ²
HAREKETLİ YÜKLER	3.5 kN/m ²	3.5 kN/m ²	3.5 kN/m ²

2. ORTAGONAL OLMAYAN BİNALAR

Ortogonal olmayan, yani bazı çerçeveleri ve/veya perdeleri birbirine dik düzlemler içinde olmayan yapılar, genellikle simetrik olmayan yapılar sınıfına girerler. Bu tür bazı yapıların planda 2'den çok sayıda, fakat ortogonal olmayan simetri eksenleri vardır. Merkezi simetrisi olan bu yapılara ortogonal olmayan yapılar denir.

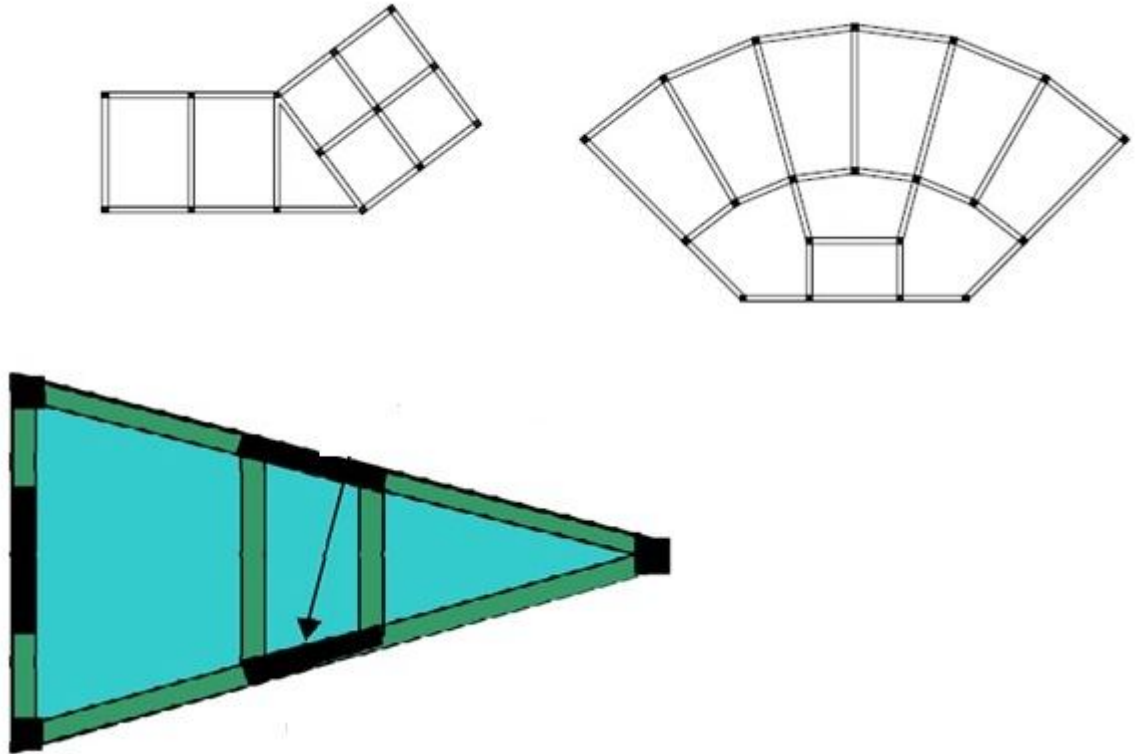
2.1 Ortogonal Olmayan Binaların sınıflandırılması

Ortogonal olmayan yapılar ortogonal olmayan sistem ve ortogonal olmayan elemanlar olmak üzere ikiye ayrılır.

2.1.1 Ortogonal Olmayan Sistem

Taşıyıcı sistemin global ekseninde farklı açılarda aks sistemine sahip olması sonucu oluşan sisteme ortogonal olmayan sistem denir.

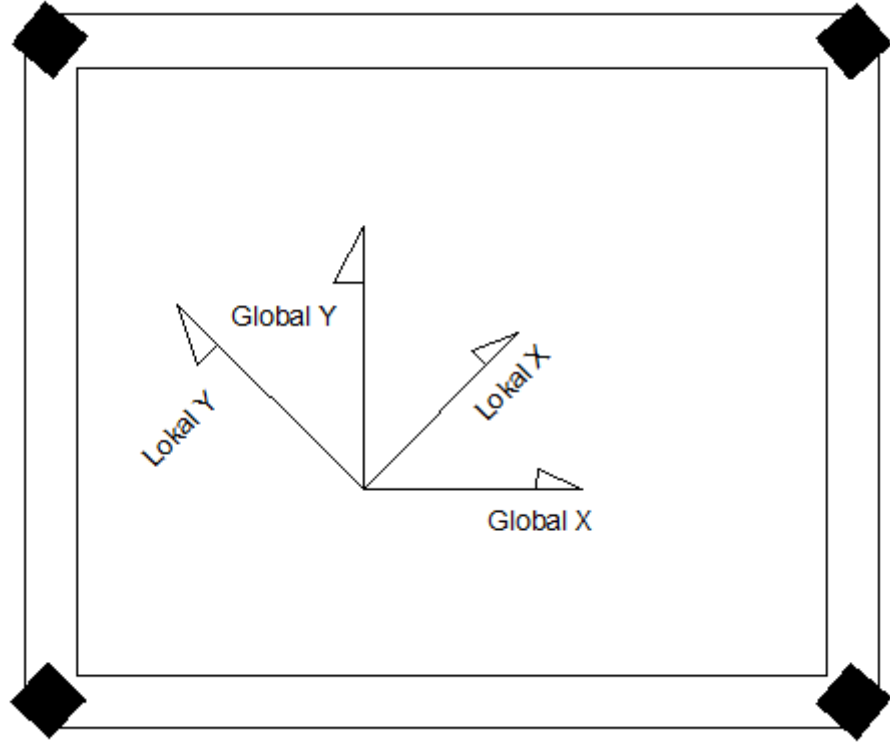
Deprem yönetmeliklerinde, bu tür yapıların deprem hesaplarının iki ortogonal doğrultuda yapılması ve tasarım büyüklüklerinin özel bir superpozisyon formülü ile elde edilmesi öngörülmektedir. Ortogonal deprem doğrultularından biri sistemin simetri eksenlerinden biri olarak seçilebilir. Örneğin Şekil 2.1’de gösterilen yapıların Y eksenleri doğrultusundaki davranışları simetrik olduğu halde X eksenleri doğrultusundaki davranışları simetrik değildir. Uygulamada özellikle perdelerin ve/veya çekirdeklerin konumları nedeniyle, bu tür yapıların merkezi simetri özellikleri de bozulmaktadır [ÖZMEN,2000]



Şekil 2.1 Ortogonal Olmayan Sistemler (ÖZMEN, 2005)

2.1.2 Ortogonal Olmayan Eleman

Taşıyıcı elemanların sistemin global koordinat sistemine uymayarak değişik açılarda akslar oluşturduğu sistemdir.

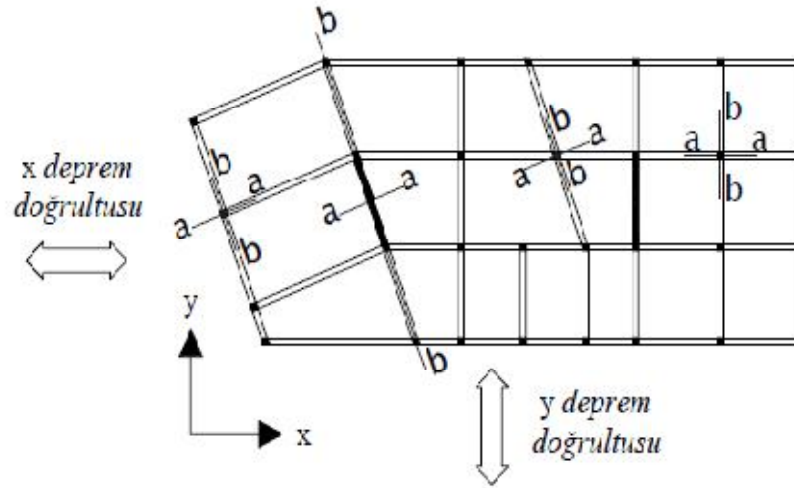


Şekil 2.2 Ortogonal Olmayan Elemanlar

2.2 Şartnamede Ortogonallik ve Düzensizlik

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler, en elverişsiz sonucu verecek şekilde aşağıdaki formüllerle bulunur.

$$\begin{aligned}
 B_a &= \mp B_{ax} \mp 0.30 B_{ay} \quad \text{veya} \quad B_a = \mp 0.30 B_{ax} \mp B_{ay} \\
 B_b &= \mp B_{bx} \mp 0.30 B_{by} \quad \text{veya} \quad B_b = \mp 0.30 B_{bx} \mp B_{by}
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$



Şekil 2.3 Şartnamede Ortogonalite (DBYBHY2007)

2007 Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmelikte aşağıdaki gibi gruplanmıştır.

A- Planda Düzensizlik Durumları

- A1 Burulma düzensizliği
- A2 Döşeme süreksizliği
- A3 Planda çıkıntılar bulunması

B- Düşey doğrultuda Düzensizlik Durumları

- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat)
- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat)
- Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

3. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılır. [DBYBHY2007]

3.1 Artımsal İtme Analizi Metotları

Yönetmelik kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. İlk iki yöntem, bu Yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

3.1.1 Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizi'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönüne alınacaktır.

Sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilecektir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı elde edilebilir.

Alternatif olarak, artımsal itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımı, her bir itme adımında öncekilere göre *değişken* olarak gözönüne alınabilir. Bu durumda yük dağılımı, her bir itme adımı öncesinde taşıyıcı sistemde oluşmuş bulunan tüm plastik kesitler gözönüne alınarak hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) titreşim mod şeklinin genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olarak tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram

olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri tanımlanacaktır.

3.1.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak Mod Birleştirme Yöntemi'nin artımsal olarak uygulanmasıdır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında, taşıyıcı sistemde “adım adım doğrusal elastik” davranışın esas alındığı bir yöntemdir. [DBYBHY2007]

3.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır. [DBYBHY2007]

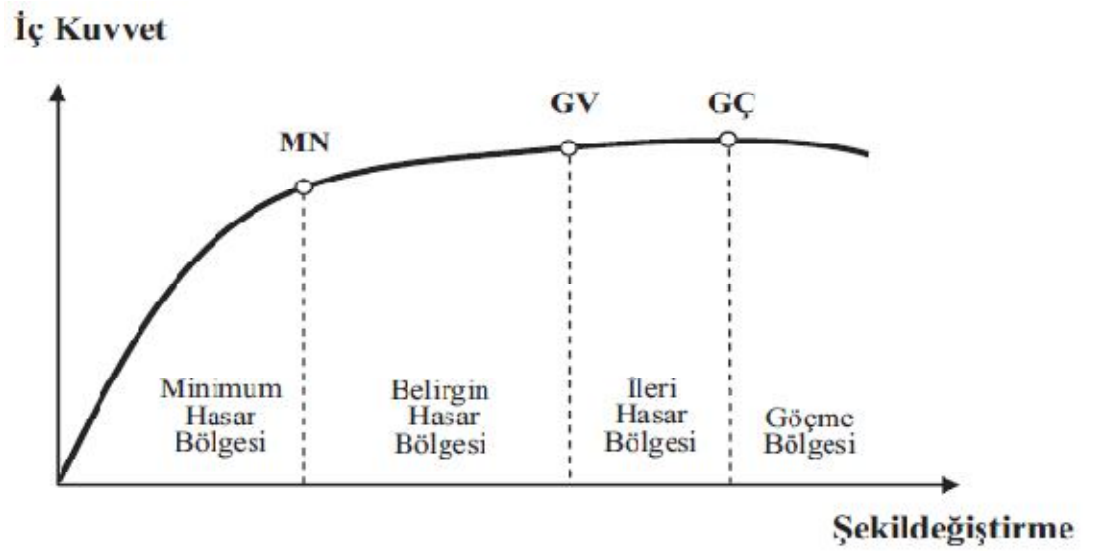
Değerlendirme Koşulları

Yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri DBYBHY2007' de aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Kesit Hasar Sınırları, Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını

tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

Kesit Hasar Bölgeleri, Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.1) [DBYBHY2007].



Şekil 3.1 Kesit Hasar Bölgeleri (DBYBHY2007)

4. SAYISAL UYGULAMALAR

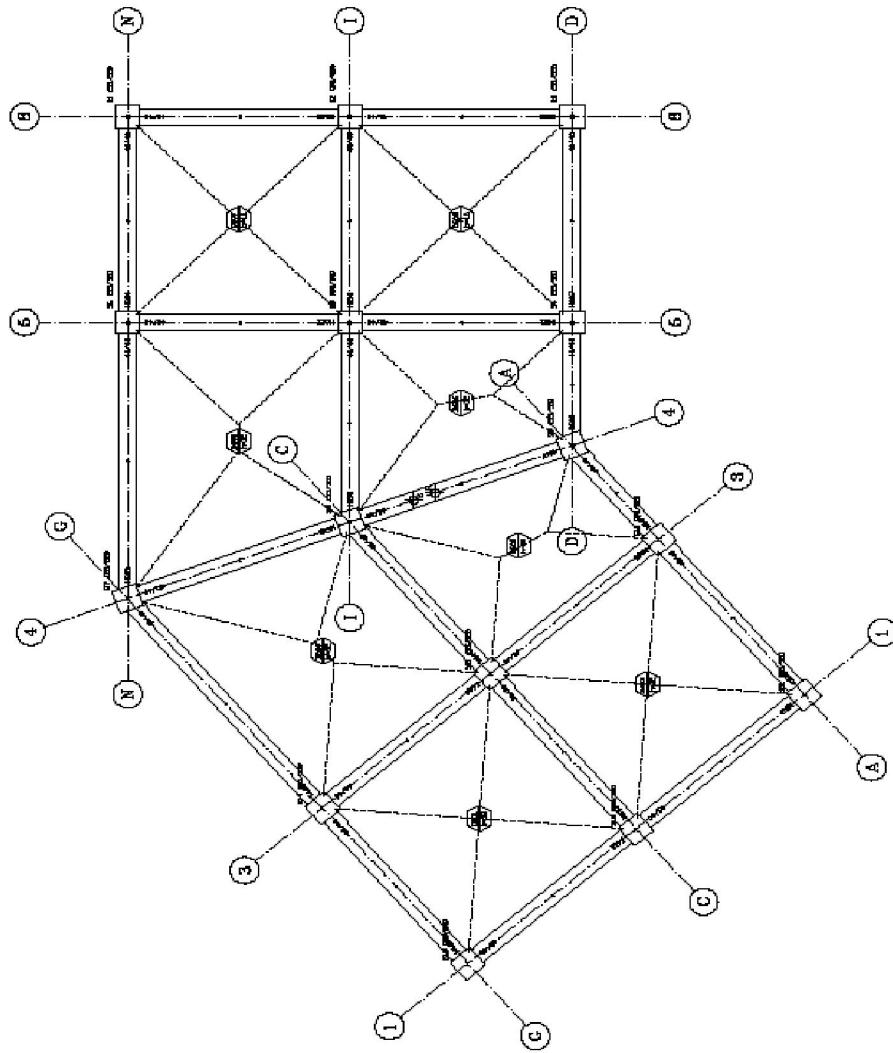
Yapının analizi yapılırken yapının taşıyıcı sistemindeki kolonların yönleri önem arz etmektedir. Taşıyıcı sistemdeki kolonlarının her iki yöne de dik olması durumunda yapı ortagonal, her iki yöne dik kolonların yanında bu yönlerde dik olmayan kolonların bulunduğu sistemlere ise ortagonal olmayan sistemler denir.

Analizi yapılan ortagonal olmayan modeller 3 ayrı sistem olarak incelenmiştir.

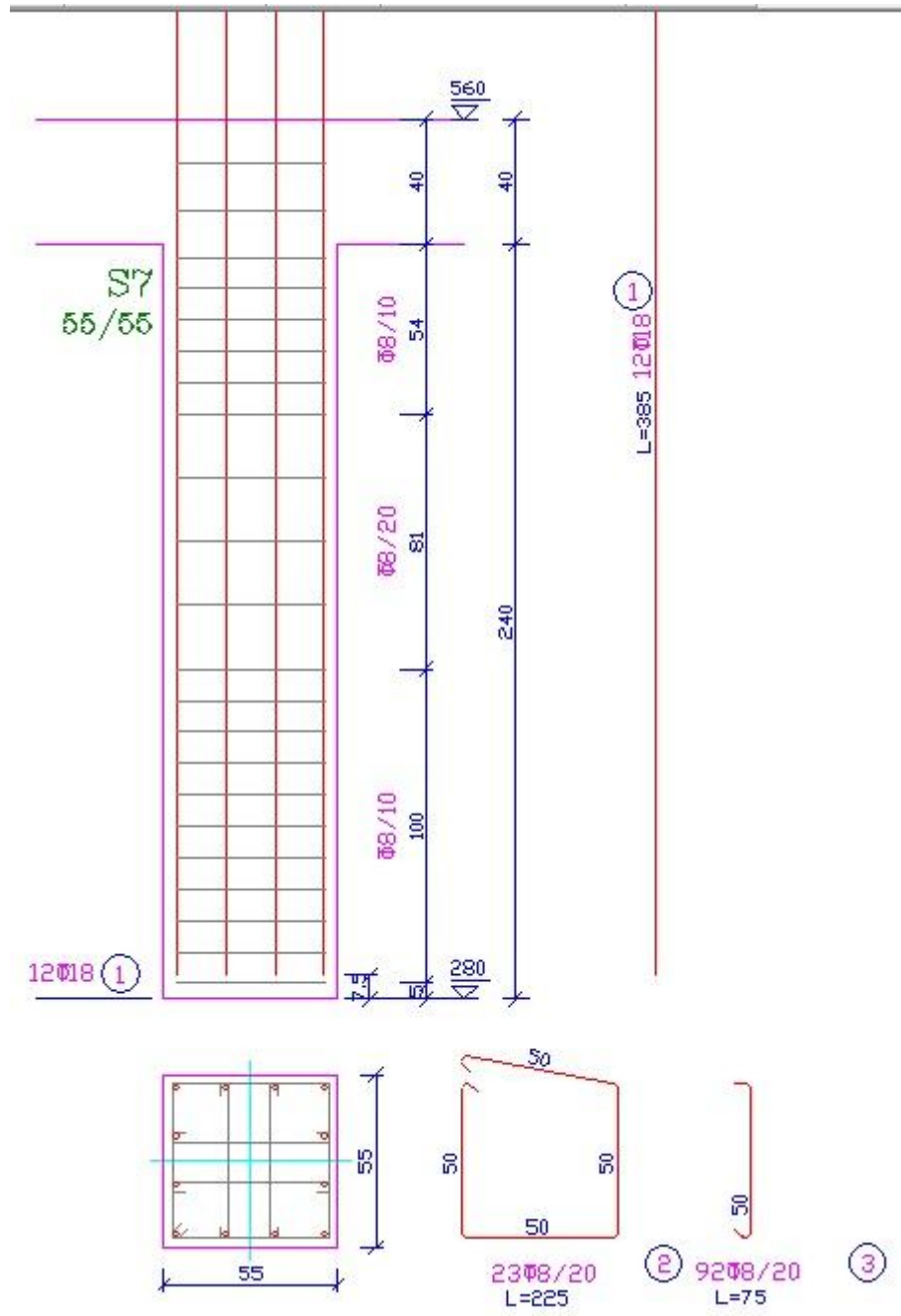
Sistem A

Planı Şekil 4.1’de verilen, 6 Katlı olarak modellenen ortagonal olmayan yapının beton sınıfı C25 ve donatı sınıfı S420, kolon ebatları 55x55 cm, kolonlardaki donatı oranı %1.01 (Şekil 4.2, Şekil 4.3), kirişle ebatları 40x40 cm, kat yüksekliği 2.8 mt, döşeme kalınlığı 12 cm, döşeme sabit yükleri: 0.2 t/m ve hareketli yükleri: 0.35 t/m olarak seçilmiştir. Binanın düşey taşıyıcı sistem kesitleri, bina yüksekliği boyunca sabit kabul edilmiştir.

Sistem A



Şekil 4.1 Sistem A Planı



Şekil 4.2 Sistem A 2S7 Kolon Kesiti

P-M2-M3 Interaction Surface Definition for 2S7

Edit

User Interaction Surface Options

☐ Circular Symmetry
☐ Doubly Symmetric about M2 and M3
☒ No Symmetry

Number of Curves: 16

Number of Points on Each Curve: 15

Scale Factors (Same for All Curves)

P: 1. M2: 1. M3: 1.

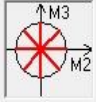
☐ Include Scale Factors in Plots Tonf., m, C

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-764.576	0.	0.
15	128.252	0.	0.

Interaction Surface Requirements - No Symmetry

1. A minimum of 8 P-M2-M3 curves are specified.
2. P (tension positive) increases monotonically.
3. Each curve must be convex and the interaction surface as a whole must be convex (no dimples in surface).



Interaction Curve Data

Current Curve: 1

Point	P	M2	M3
1	-764.576	0.	0.
2	-700.802	14.162	0.
3	-637.029	28.347	0.
4	-573.256	39.781	0.
5	-509.482	48.568	0.
6	-445.709	55.296	0.
7	-381.935	60.186	0.
8	-318.162	63.632	0.
9	-254.388	63.351	0.
10	-190.615	60.106	0.
11	-126.841	53.251	0.

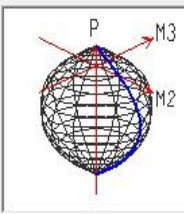
Insert Curve Delete Curve Check Surface

3D Plot

Plan: 315 Elevation: 25 Aperture: 0

☒ Show All Lines
☐ Hide P Direction Lines
☐ Hide M2-M3 Lines
☒ Highlight Current Curve

3D MM PM3 PM2

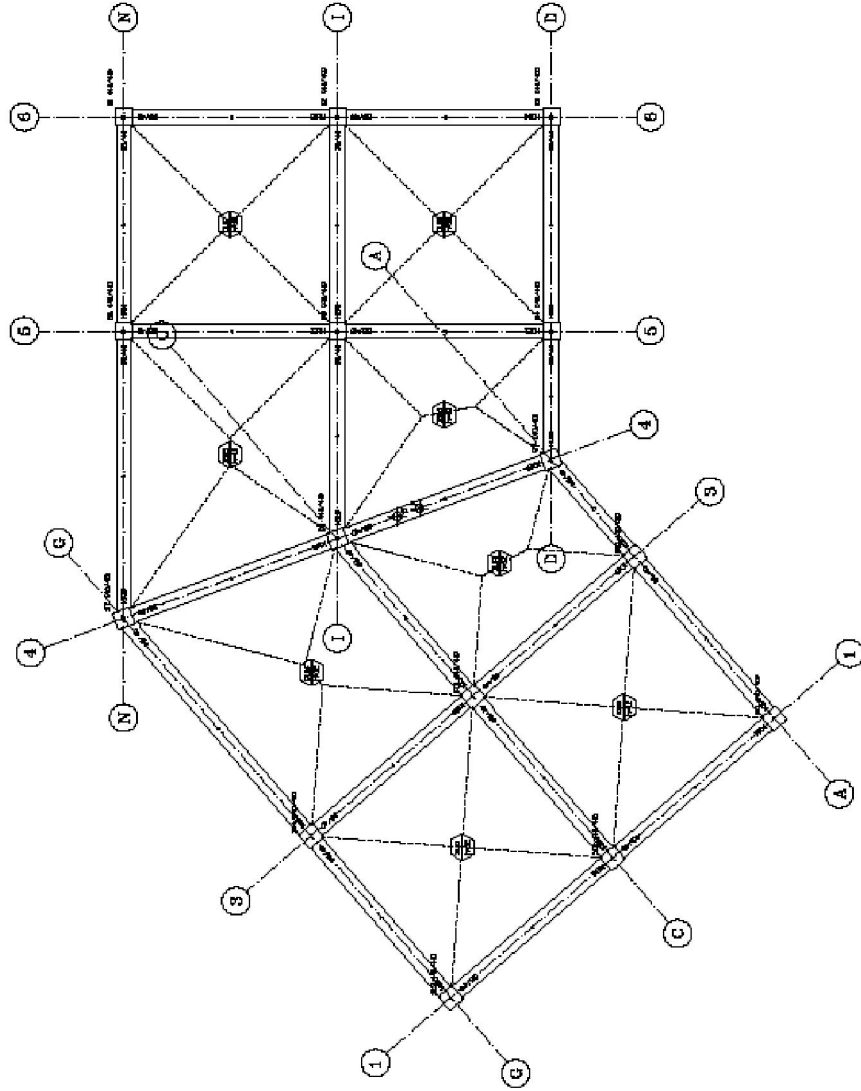


Şekil 4.3 Sistem A 2S7 Kolonu Plastik Mafsallık Özellikleri

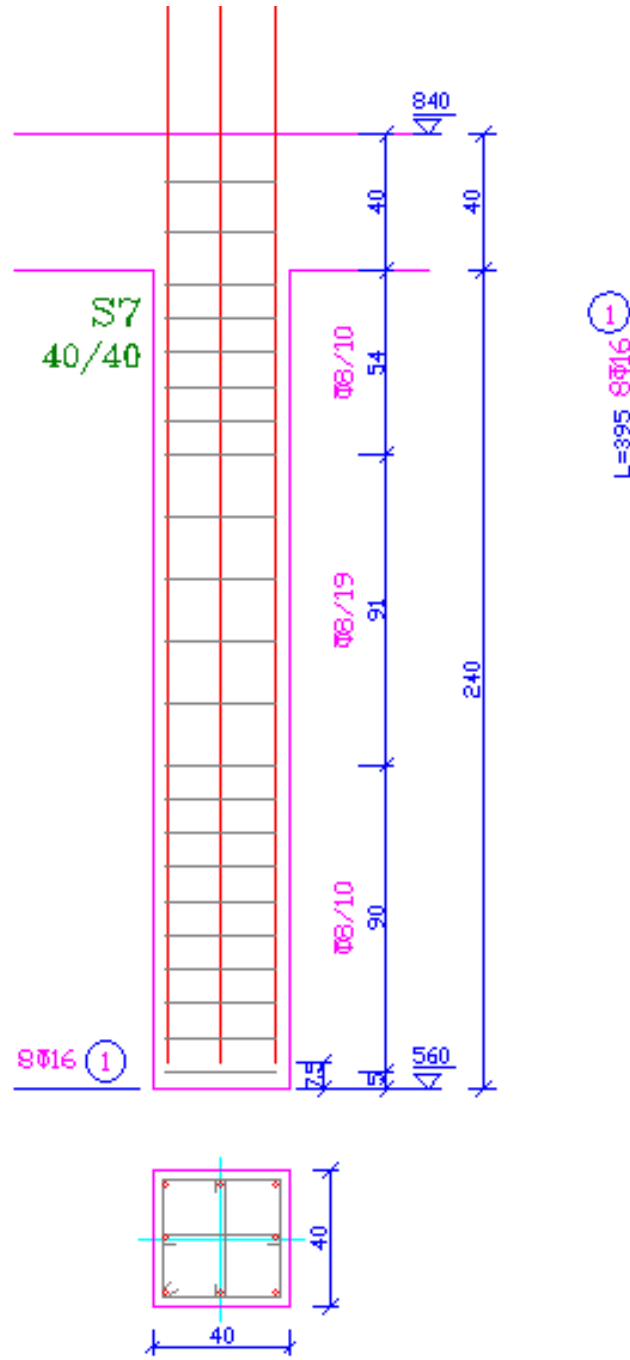
Sistem B

Planı Şekil 4.4’de verilen, 6 Katlı olarak modellenen ortagonal olmayan yapının beton sınıfı C25 ve donatı sınıfı S420, kolon ebatları 40x40 cm, kolonlardaki donatı oranı %08 (Şekil 4.5, Şekil 4.6), kirişle ebatları 35x40 cm, kat yüksekliği 2.8 mt, döşeme kalınlığı 12 cm, döşeme sabit yükleri: 0.2 t/m ve hareketli yükleri: 0.35 t/m olarak seçilmiştir. Binanın düşey taşıyıcı sistem kesitleri, bina yüksekliği boyunca sabit kabul edilmiştir.

Sistem B



Şekil 4.4 Sistem B Planı



Şekil 4.5 Sistem B 2S7 Kolon Kesiti

P-M2-M3 Interaction Surface Definition for 2S7

Edit

User Interaction Surface Options

☐ Circular Symmetry
☐ Doubly Symmetric about M2 and M3
☒ No Symmetry

Number of Curves: 16

Number of Points on Each Curve: 15

Scale Factors (Same for All Curves)

P: 1. M2: 1. M3: 1.

☐ Include Scale Factors in Plots: Tonf, m, C

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-391.04	0.	0.
15	53.76	0.	0.

Interaction Surface Requirements - No Symmetry

1. A minimum of 8 P-M2-M3 curves are specified.
2. P (tension positive) increases monotonically.
3. Each curve must be convex and the interaction surface as a whole must be convex (no dimples in surface).

Interaction Curve Data

Current Curve: 1

Point	P	M2	M3
1	-391.04	0.	0.
2	-359.269	5.08	0.
3	-327.497	10.197	0.
4	-295.726	14.346	0.
5	-263.954	17.493	0.
6	-232.183	19.9	0.
7	-200.411	21.571	0.
8	-168.64	22.667	0.
9	-136.869	22.673	0.
10	-105.097	21.253	0.
11	-73.326	19.106	0.

Insert Curve Delete Curve Check Surface

3D Plot

Plan: 315

Elevation: 25

Aperture: 0

☒ Show All Lines
☐ Hide P Direction Lines
☐ Hide M2-M3 Lines
☒ Highlight Current Curve

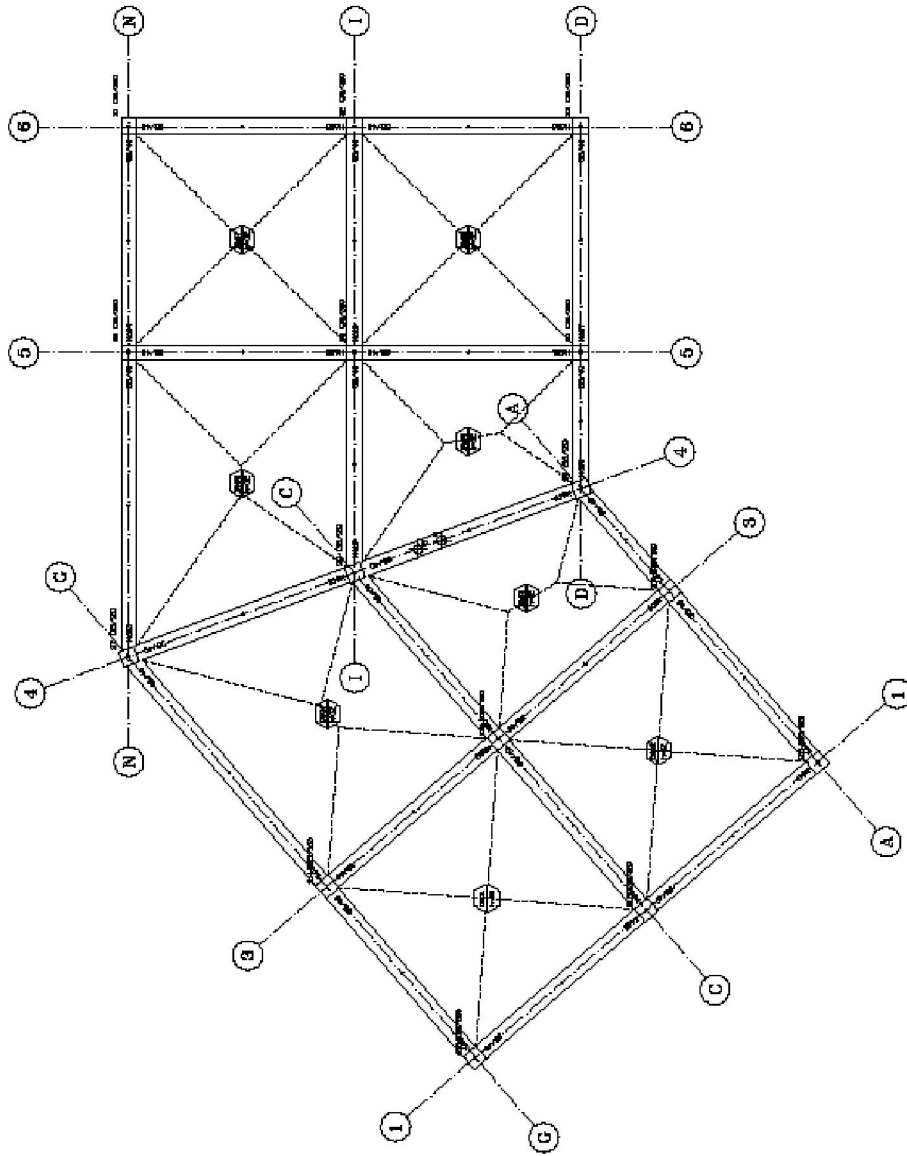
3D MM PM3 PM2

Şekil 4.6 Sistem B 2S7 Kolonu Plastik Mafsal Özellikleri

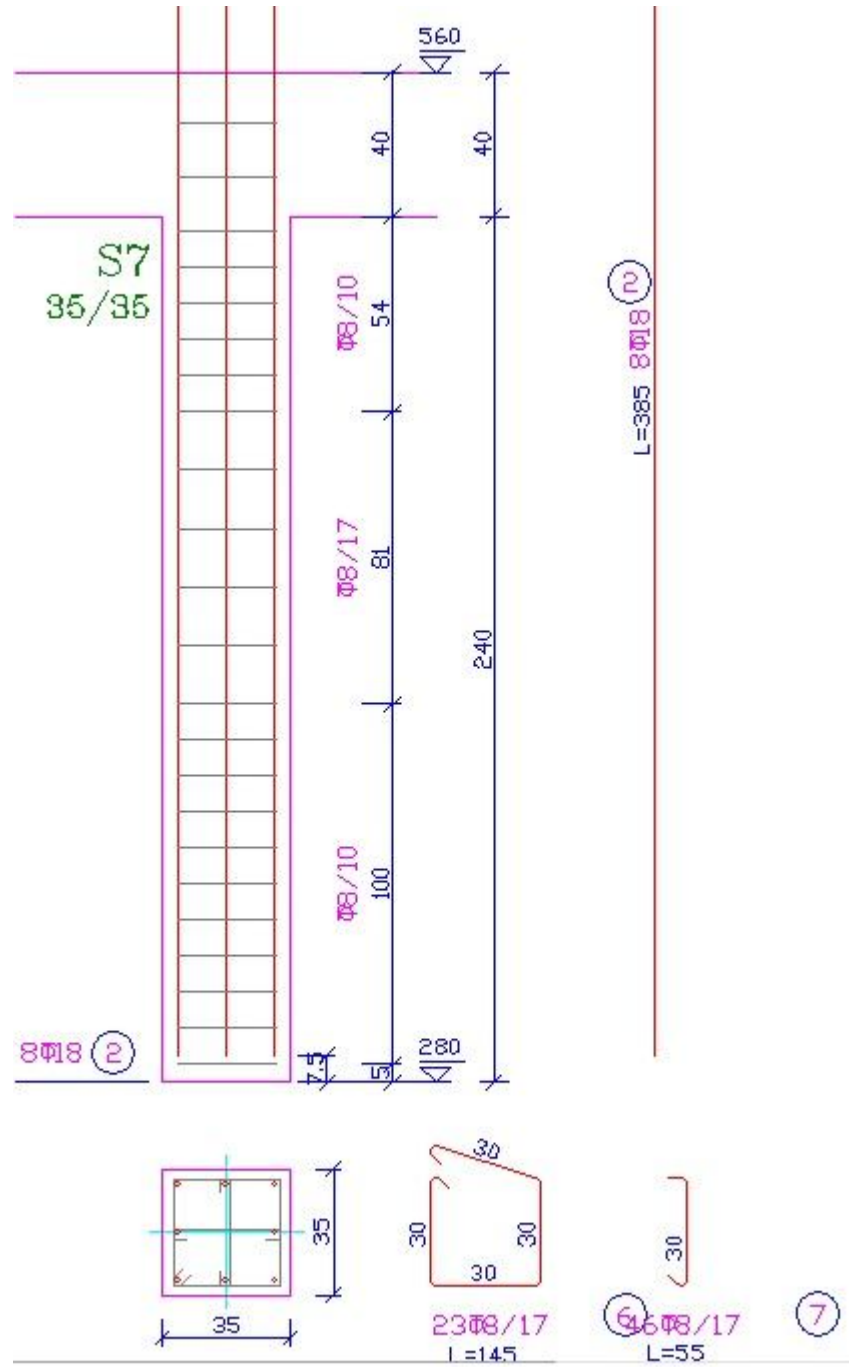
Sistem C

Planı Şekil 4.7’de verilen, 6 Katlı olarak modellenen ortagonal olmayan yapının beton sınıfı C25 ve donatı sınıfı S420, kolon ebatları 35x35 cm, kolonlardaki donatı oranı %08 (Şekil 4.8, Şekil 4.9), kirişle ebatları 35x40 cm, kat yüksekliği 2.8 mt, döşeme kalınlığı 12 cm, döşeme sabit yükleri: 0.2 t/m ve hareketli yükleri: 0.35 t/m olarak seçilmiştir. Binanın düşey taşıyıcı sistem kesitleri, bina yüksekliği boyunca sabit kabul edilmiştir.

Sistem C



Şekil 4.7 Sistem C Planı



Şekil 4.8 Sistem C 2S7 Kolon Kesiti

P-M2-M3 Interaction Surface Definition for 2S7

Edit

User Interaction Surface Options

☐ Circular Symmetry
☐ Doubly Symmetric about M2 and M3
☒ No Symmetry

Number of Curves: 16
 Number of Points on Each Curve: 15

Scale Factors (Same for All Curves)

P: 1.0
 M2: 1.0
 M3: 1.0

☐ Include Scale Factors in Plots
 Tonf, m, C

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-299.39	0.0	0.0
15	41.16	0.0	0.0

Interaction Surface Requirements - No Symmetry

- A minimum of 8 P-M2-M3 curves are specified.
- P (tension positive) increases monotonically.
- Each curve must be convex and the interaction surface as a whole must be convex (no dimples in surface).

Interaction Curve Data

Current Curve: 1

Point	P	M2	M3
1	-299.39	0.0	0.0
2	-275.065	3.33	0.0
3	-250.74	6.741	0.0
4	-226.415	9.5	0.0
5	-202.09	11.605	0.0
6	-177.765	13.17	0.0
7	-153.44	14.251	0.0
8	-129.115	14.943	0.0
9	-104.79	15.005	0.0
10	-80.465	14.037	0.0
11	-56.14	12.537	0.0

Insert Curve Delete Curve Check Surface

3D Plot

Plan: 315
 Elevation: 25
 Aperture: 0

☒ Show All Lines
☐ Hide P Direction Lines
☐ Hide M2-M3 Lines
☒ Highlight Current Curve

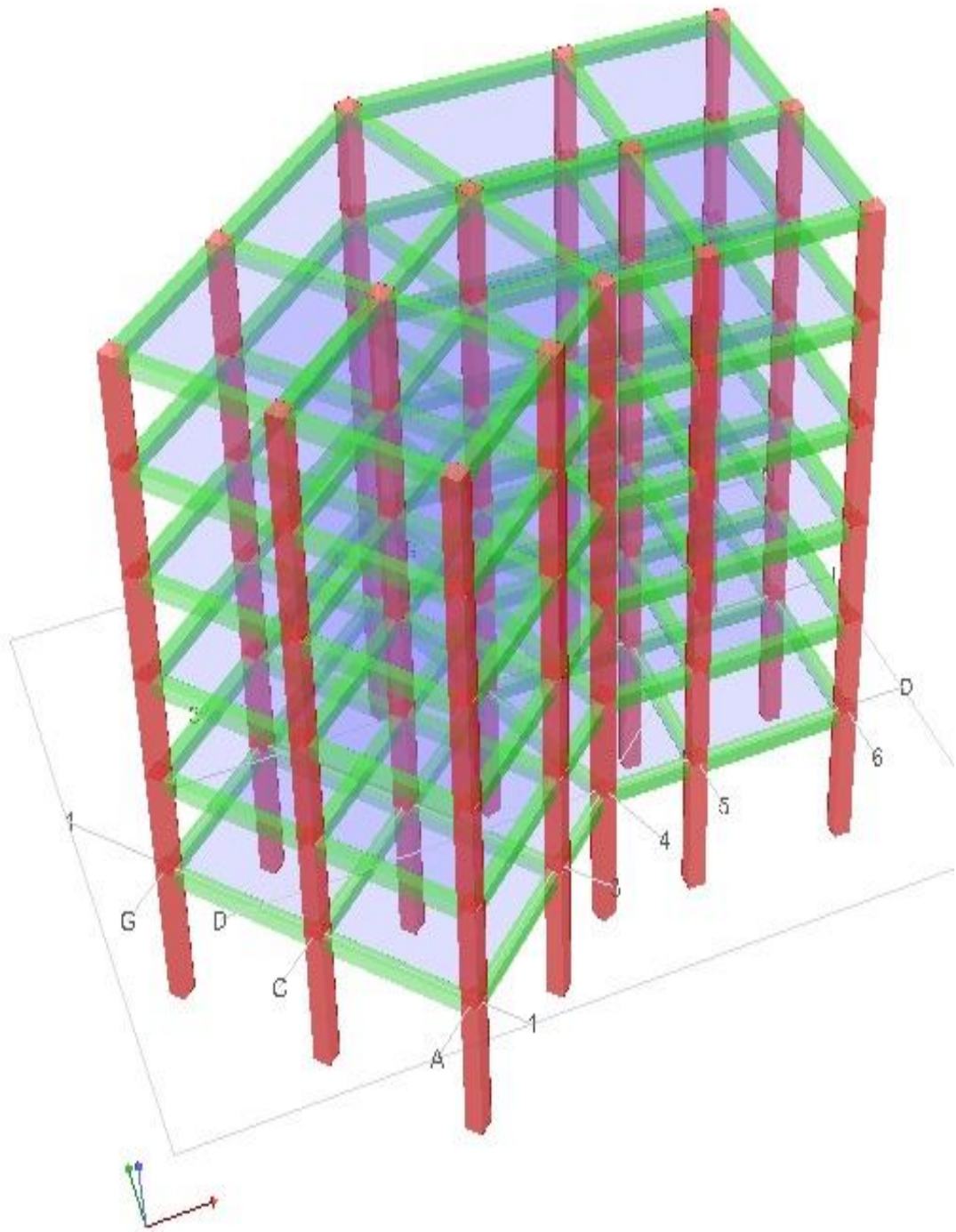
3D MM PM3 PM2

Şekil 4.9 Sistem C 2S7 Kolonu Plastik Mafsal Özellikleri

Tablo 4.1' de analiz için kullanılan sistemlerin özellikleri tablo halinde verilmiştir.

Tablo 4.1 Analiz İçin Kullanılan Sistem

	SİSTEM A	SİSTEM B	SİSTEM C
KAT SAYISI	6	6	6
BETON SINIFI	C25	C25	C25
DEMİR SINIFI	S420	S420	S420
KOLON EBATLARI	55 X 55	40 X 40	35 X 35
KOLON DONATI ORANI	1.00%	0.80%	0.80%
KİRİŞ EBATLARI	40 X 40	35 X 40	35 X 40
KAT YÜKS.	2.8 mt	2.8 mt	2.8 mt
DÖŞEME KALINLIĞI	12 cm	12 cm	12 cm
SABİT YÜKLER	2 kN/m ²	2 kN/m ²	2 kN/m ²
HAREKETLİ YÜKLER	3.5 kN/m ²	3.5 kN/m ²	3.5 kN/m ²



Şekil 4.10 Analizlerde Kullanılan Sistemin Üç Boyutlu Görüntüsü

Yapı modelleri ve yapı elemanlarının plastik davranış özelliklerinin tanımlanması PROBİNA 15.1 programı kullanılarak yapılmış analizleri yapmak üzere Sap 2000 v14.1 programına aktarılmıştır. Yapının üç boyutlu görüntüsü Şekil 4.10 'da gösterilmiştir.

Elemanlara plastik özellikleri atandıktan sonra eşdeğer statik itme analizi yapmak üzere sistemlere sabit ve hareketli (G+Q) düşey yükler atanmıştır. Ardından statik itme analizinin başlangıç noktası olarak daha önce yüklenen G+Q yüklemesi seçilmiştir ve Sap 2000 programı ile lineer olmayan statik itme analizi yapılmıştır. (Şekil 4.11)

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	2	1.
Mode	2	1.

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

☒ None

☐ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Other Parameters:

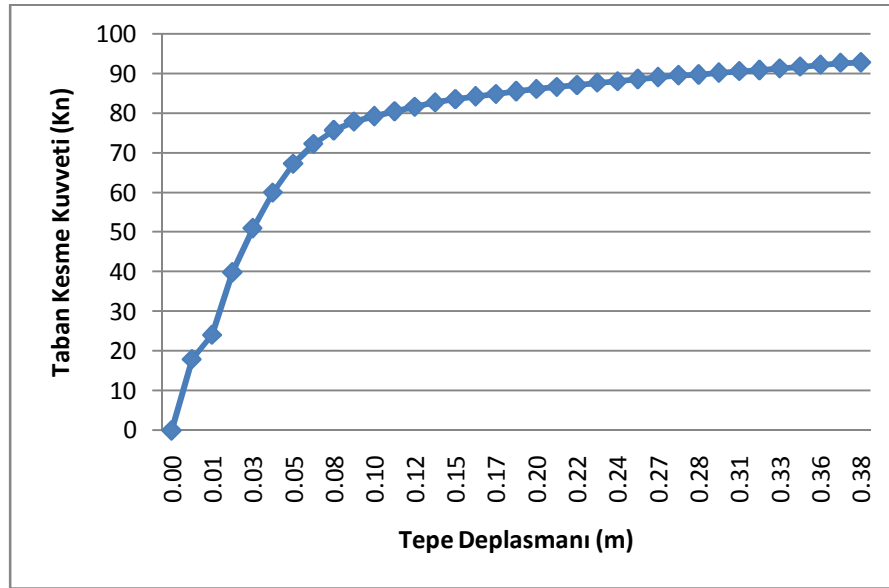
Load Application:

Results Saved:

Nonlinear Parameters:

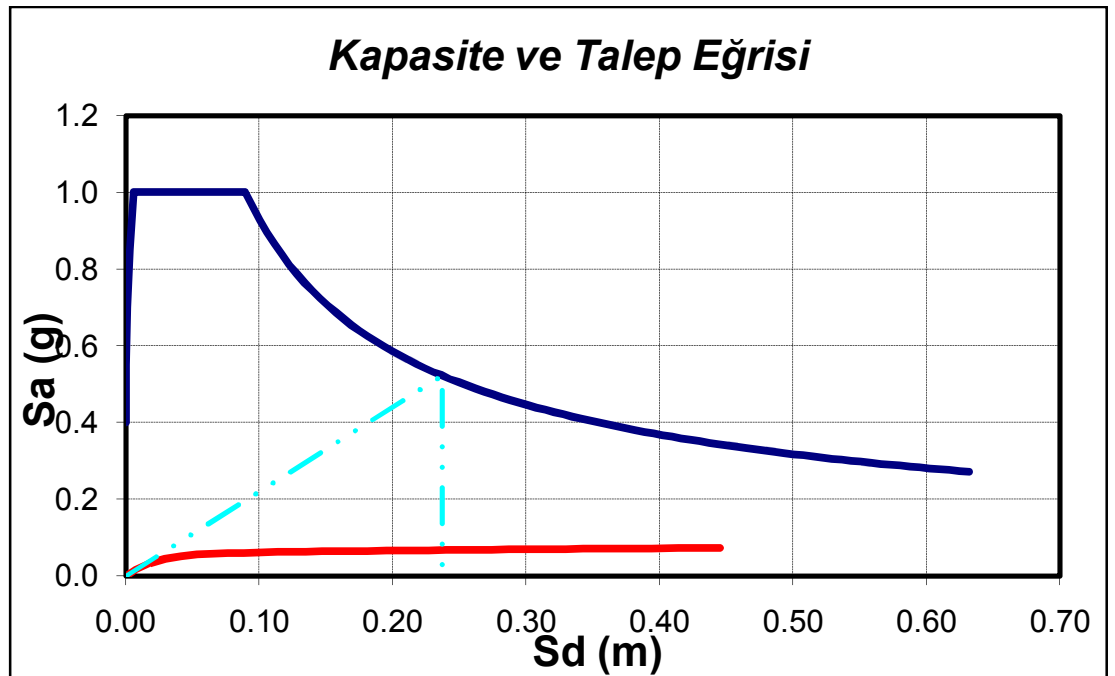
Şekil 4.11 Statik İtme Analizi Yük Tanımlanması

Yapılan lineer olmayan analiz sonucunda yapıya etkiyen taban kesme kuvvetine göre değişen bina tepe deplasmanı elde edilmiştir. (Şekil 4.12)



Şekil 4.12 Statik İtme Analizi Eğrisi

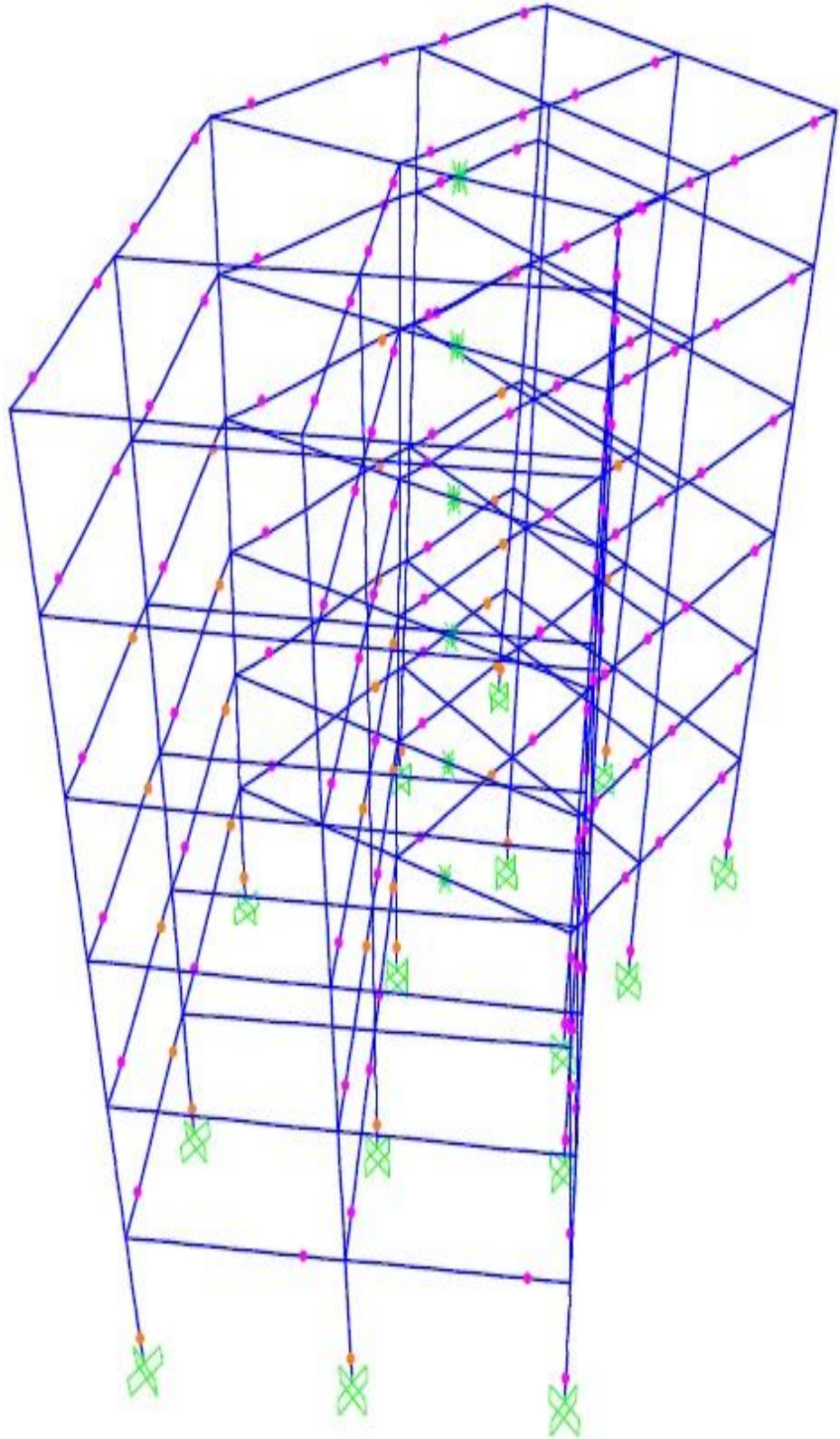
Şekil 4.12 deki grafiği kullanmak üzere Excel programına tablo halinde aktarılmış ve Kapasite – Talep Eğrisi grafiği çizdirilmiştir. (Şekil 4.13)



Şekil 4.13: Kapasite ve Talep Eğrisi

Bulunan bu talep tepe deplasmanını Sap 2000 programında deplasman kontrolü yapmak amacı ile kullanılmıştır ve analiz bu değere göre yeniden yapılmıştır. Şekil 4.14’de analiz sonrası oluşan plastik mafsallar görülmektedir.

Yapılan analize göre yapıda oluşan plastik mafsallar, görelî kat ötelemeleri, elemanlara etkiyen moment, eksenel ve kesme kuvvet değerleri elde edilmiştir. Bu değerler zaman tanım alanında yapılacak olan lineer olmayan analiz sonucu değerler ile karşılaştırılmak üzere arşivlenmiştir.



Şekil 4.14 Statik İtme Analizi Sonucu Yapıda Oluşan Plastik Mafsallar

4.1 Kullanılan Deprem Kaydının Seçilmesi

Kullanılacak kayıtlar <http://peer.berkeley.edu/smcat/> internet sayfasından alınmıştır ve ölçeklenmiştir. Deprem kayıtların ölçeklemesi Z3 sınıfına uygun olarak (Yasin M. FAHJAN, İMO Teknik Dergi, 2008) Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi adlı makalesine göre yapılmıştır.

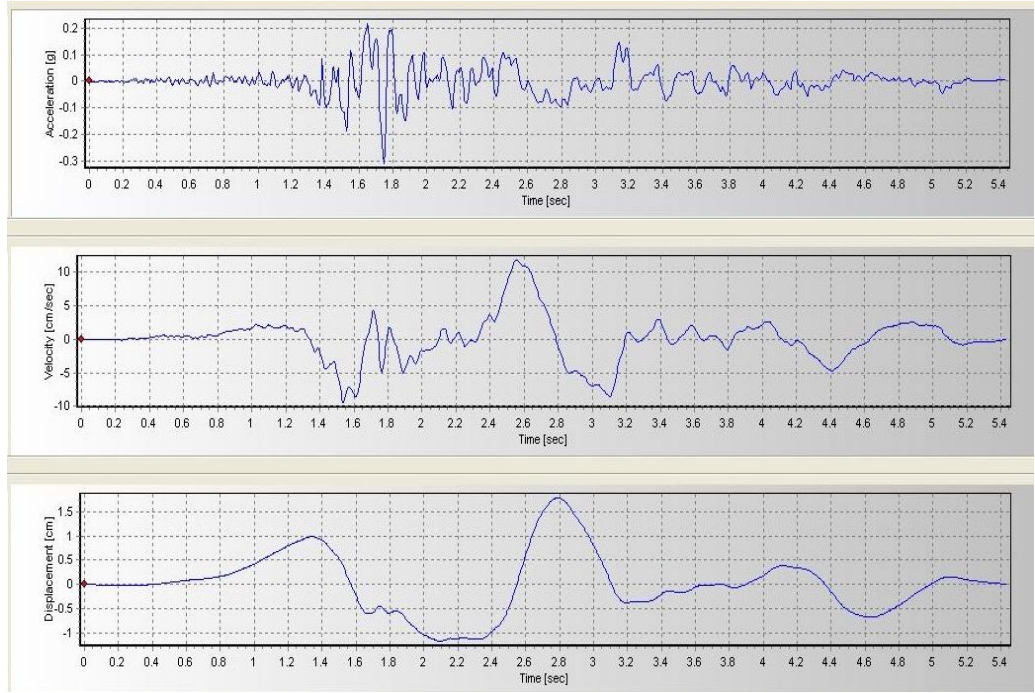
Makaledeki ölçekleme katsayıları 9.81 ile çarpılarak aşağıdaki yeni ölçekleme katsayıları bulunmuştur.

EQ: DZC180 --> 13.852

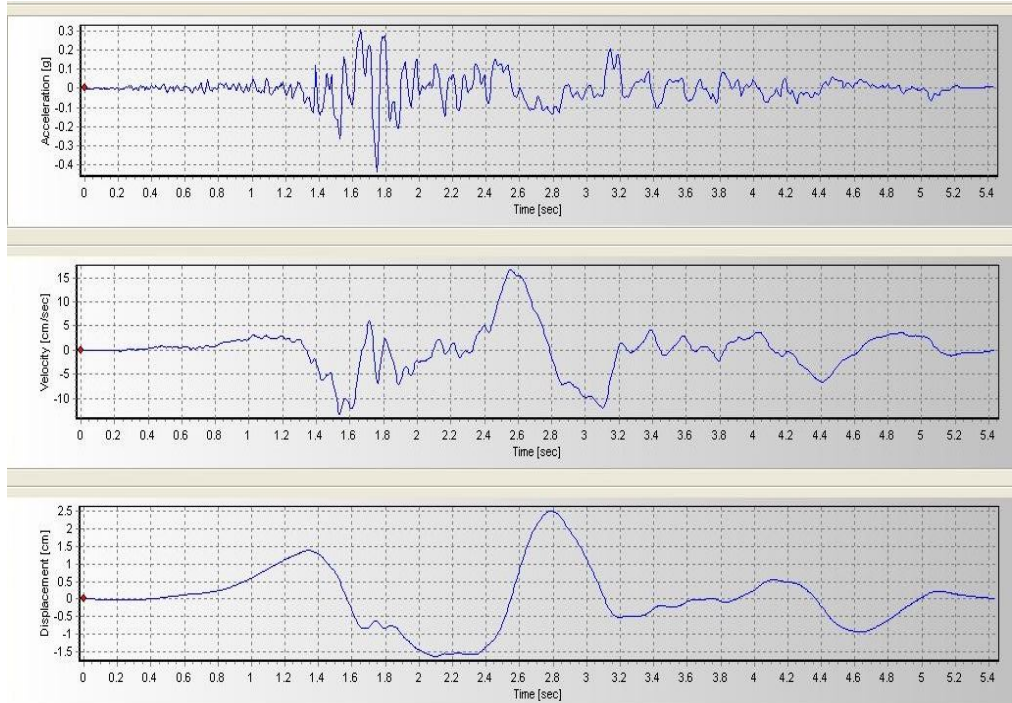
EQ: NEE090 --> 66.394

EQ: SJW160 --> 53.837 olarak bulunmuştur.

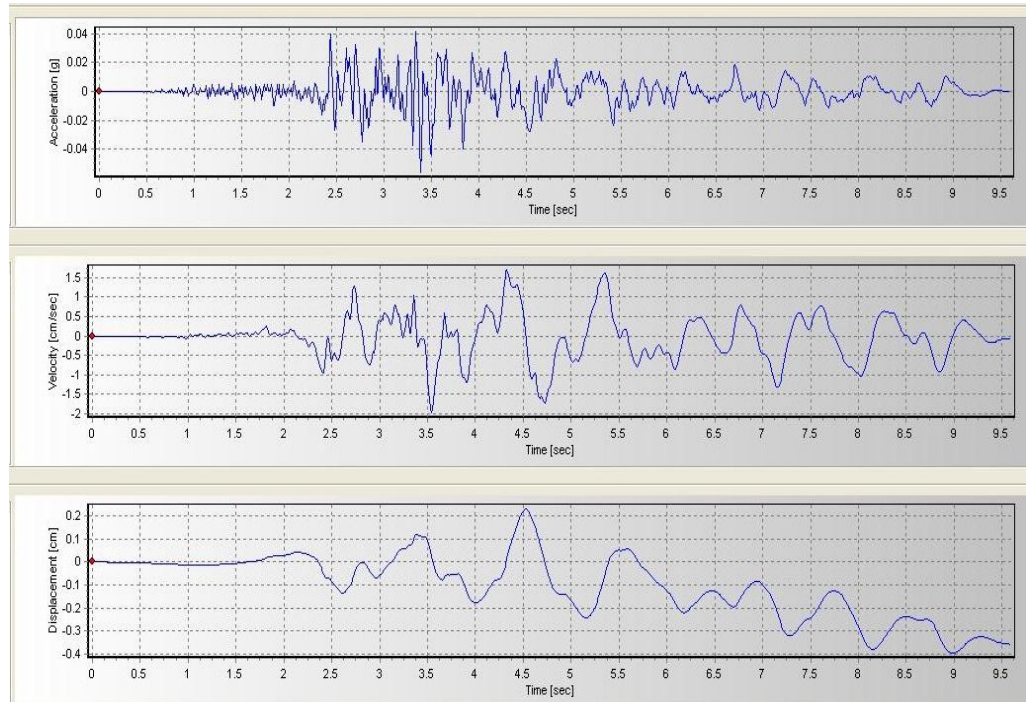
Orijinal kayıtların ve ölçeklenmiş kayıtların seismosignal programı ile İvme – Zaman, Hız- Zaman ve Deplasman – Zaman grafikleri elde edilmiştir. Orijinal kayıtlar Şekil 4.16, Şekil 4.18 ve Şekil 20’ de gösterilmiştir. Ölçeklenmiş kayıtlar Şekil 4.17, Şekil 4.19 ve Şekil 21’ de gösterilmiştir.



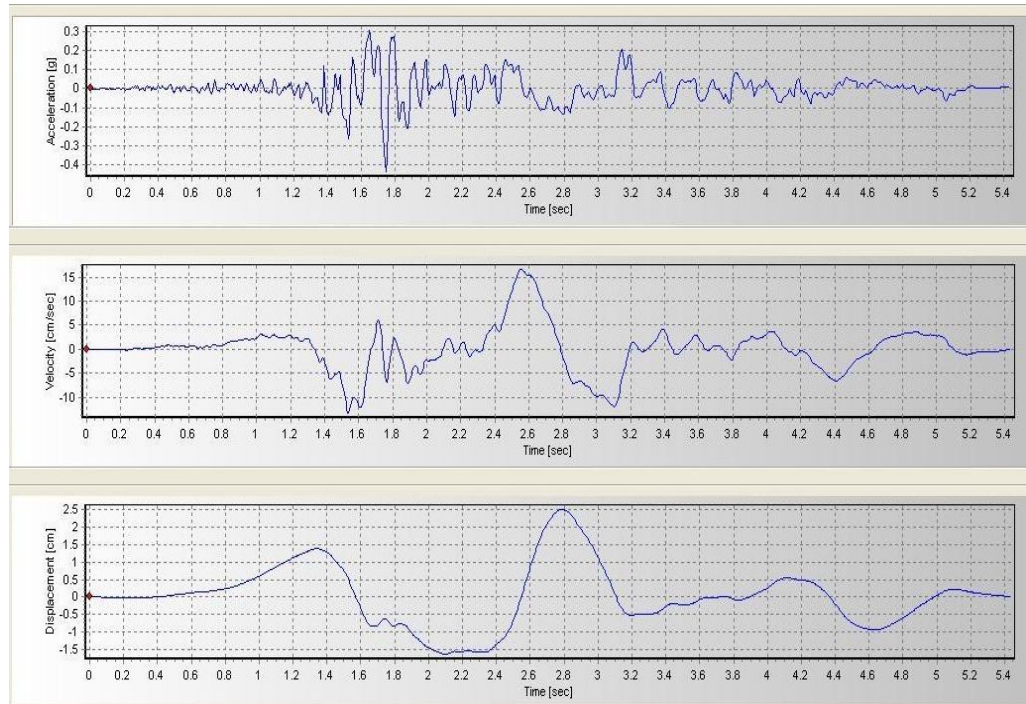
Şekil 4.15 Orijinal Kayıt (P1096-DZC180)



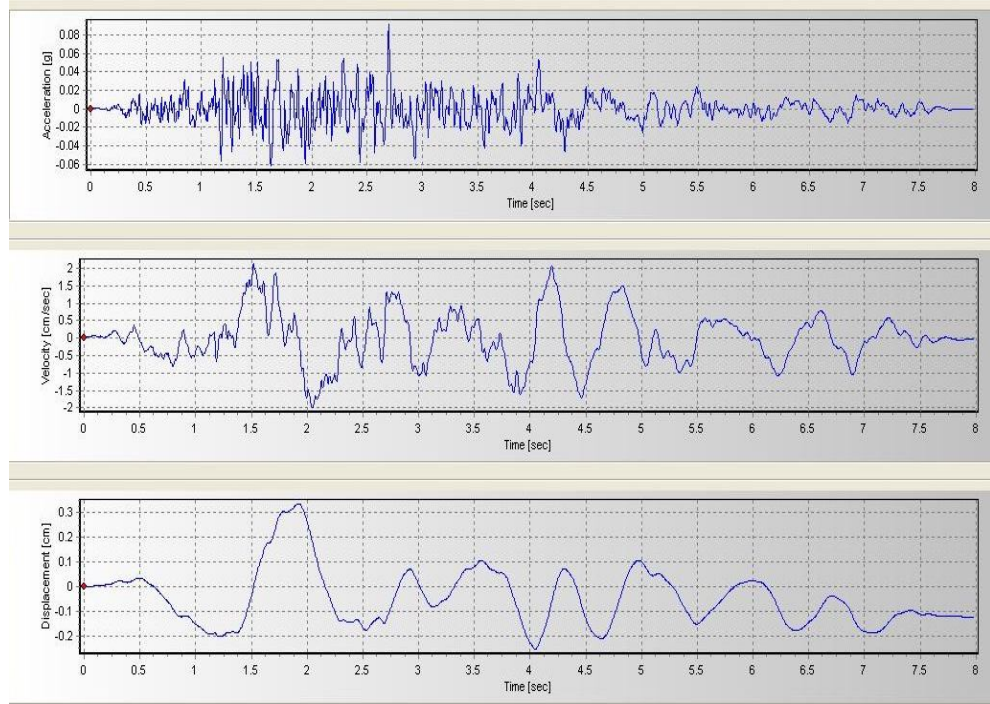
Şekil 4.16 Ölçeklenmiş Kayıt (P1096-DZC180)



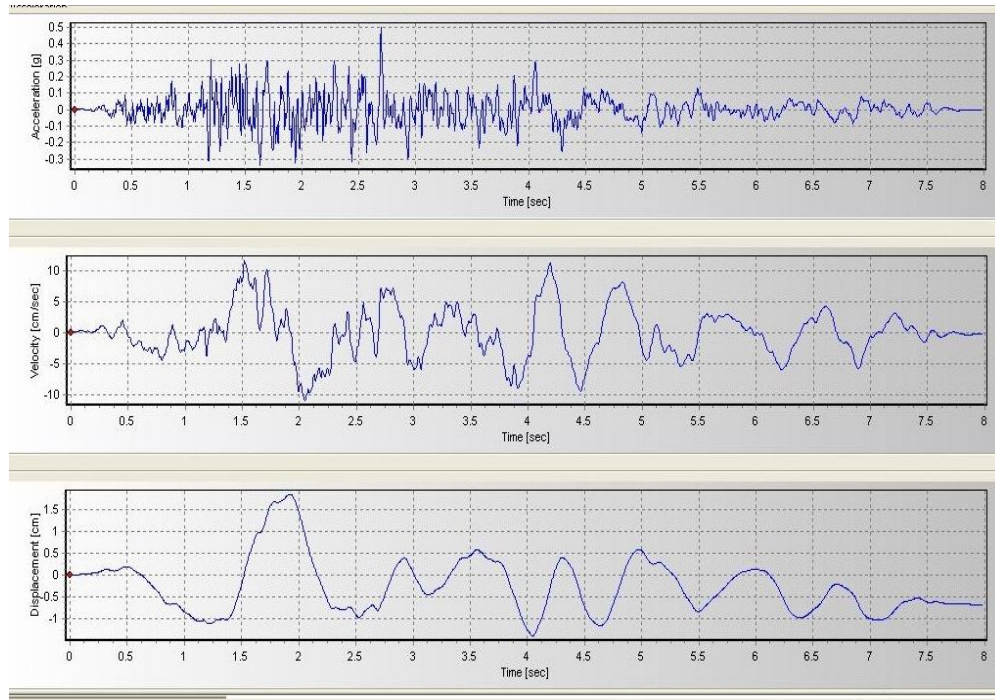
Şekil 4.17 Orijinal Kayıt (P0989-NEE090)



Şekil 4.18 Ölçeklenmiş Kayıt (P0989-NEE090)

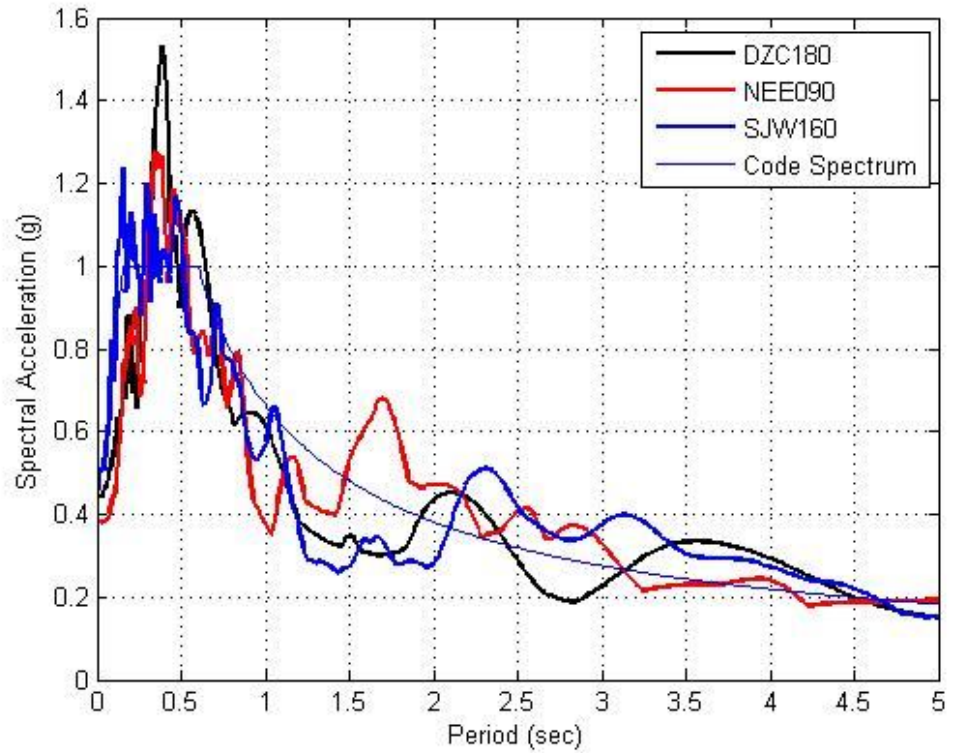


Şekil 4.19 Orijinal Kayıt (P0778-SJW160)



Şekil 4.20 Ölçeklenmiş Kayıt (P0778-SJW160)

Ölçeklenmiş deprem kayıtları ve Doç. Dr. Yasin FAHJAN' ın hazırladığı Matlab programı yardımı ile aşağıdaki spektral ivme ve period grafiğini elde edilmiştir. Böylelikle ölçekleme yapılan kayıtların doğruluğunu ve birbiri ile ve spektrumla olan uyumunu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21 Matlab Programı Yardımı İle Çizilen Spektrumlar

Ölçekleme işlemi tamamlanan kayıtlar Sap 2000 programına tanıtılmıştır. Deprem kaydının okunmaya nereden başlanacağı, büyütme katsayısı, kayıt etkili süresi ve analizin statik ivme analizinde olduğu gibi (G+Q) yüklemesinden sonra başlayacağı ayarlanmıştır.

Load Case Data - Nonlinear Direct Integration History

Load Case Name: DZC180 Notes:

Load Case Type: Time History

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

Use Modes from Case: MODAL

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

Time History Type:

☐ Modal

☒ Direct Integration

Geometric Nonlinearity Parameters:

☒ None

☐ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	DZC180	13.852
Accel	U1	DZC180	13.852

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:

Number of Output Time Steps: 300

Output Time Step Size: 0.1

Time History Motion Type:

☒ Transient

☐ Periodic

Other Parameters:

Damping: Proportional Damping

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor

Nonlinear Parameters: Default

Şekil 4.22 Deprem Kayıtlarının Tanımlanması

Yapılan analize göre yapıda oluşan plastik mafsallar, görelî kat ötelemeleri, elemanlara etkiyen moment, eksenel ve kesme kuvvet değerleri elde edilmiştir. Bu değerler lineer olmayan statik analiz sonucu değerler ile karşılaştırılmak üzere arşivlenmiştir.

Görelî kat ötelemeleri hesaplanırken farklı zamanlarda farklı katların en fazla öteleme yapacağı göz önüne alınarak analiz sonuçları 0.1 sn aralıklar ile tablo lanmıştır ve katların en fazla yaptığı kat ötelemeleri kaydedilmiştir.

4.2 Araştırma Bulguları

Acer 5920 G (T7500 2.2 GHZ 4MB L2 cache, 2 GB Ram 250 Gb Hdd, Windows 7) dizüstü bilgisayar ile her bir sistem için yaklaşık 3.5 saat süren lineer olmayan statik itme analizi ve üç adet deprem kaydı kullanarak yapılan lineer olmayan analiz sonuçlarına göre oluşturulan tablolar aşağıdadır.

SİSTEM A

Tablo 4.2 : Sistem A Statik İtme Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (PUSH X)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.03	0.01	2.8	0.01	0.00
2	0.08	0.03	2.8	0.02	0.01
3	0.12	0.04	2.8	0.02	0.01
4	0.16	0.06	2.8	0.01	0.01
5	0.20	0.07	2.8	0.01	0.00
6	0.23	0.08	2.8	0.01	0.00
BİNA	0.23	0.08	16.8	0.01	0.01

Tablo 4.3 : Sistem A Zaman Geçmişi Analizi Görelî Kat Ötelemeleri (NEE090)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.01	0.00	2.8	0.00	0.00
2	0.03	0.01	2.8	0.00	0.00
3	0.05	0.01	2.8	0.00	0.00
4	0.07	0.01	2.8	0.00	0.00
5	0.08	0.02	2.8	0.00	0.00
6	0.09	0.02	2.8	0.00	0.00
BİNA	0.09	0.02	16.8	0.00	0.00

Tablo 4.4 : Sistem A Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (DZC)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.03	0.00	2.8	0.01	0.00
2	0.07	0.01	2.8	0.01	0.00
3	0.10	0.01	2.8	0.01	0.00
4	0.12	0.01	2.8	0.01	0.00
5	0.13	0.02	2.8	0.01	0.00
6	0.14	0.02	2.8	0.01	0.00
BİNA	0.14	0.02	16.8	0.01	0.00

Tablo 4.5 : Sistem A Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (SJW)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.02	0.00	2.8	0.01	0.00
2	0.05	0.01	2.8	0.01	0.00
3	0.08	0.01	2.8	0.01	0.00
4	0.10	0.02	2.8	0.01	0.00
5	0.12	0.02	2.8	0.01	0.00
6	0.13	0.02	2.8	0.01	0.00
BİNA	0.13	0.02	16.8	0.01	0.00

Tablo 4.6 : Sistem A Statik İtme Analizi Kolon Değerleri (PUSH X)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1084.33	685.16	226.40	0.0145
2	904.49	354.55	195.60	0.0000
3	721.63	233.51	170.50	0.0000
4	541.44	296.61	140.89	0.0000
5	360.46	298.90	104.15	0.0000
6	179.08	189.62	44.91	0.0000

Tablo 4.7 : Sistem A Zaman Geçmişi Analizi Kolon Değerleri (NEE090)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1290.30	493.98	17.25	0.0024
2	1076.74	334.39	18.73	0.0000
3	850.00	22.18	14.33	0.0000
4	627.89	22.93	13.23	0.0000
5	410.55	21.37	11.26	0.0000
6	199.79	15.21	7.08	0.0000

Tablo 4.8 : Sistem A Zaman Geçmiş Analizi Kolon Değerleri (DZC180)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1373.77	510.95	211.03	0.0090
2	1138.63	413.81	191.24	0.0000
3	890.69	391.11	157.31	0.0000
4	655.05	291.16	150.87	0.0000
5	428.12	258.44	136.45	0.0000
6	208.21	171.23	92.41	0.0000

Tablo 4.9 : Sistem A Zaman Geçmiş Analizi Kolon Değerleri (SJW160)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1356.83	520.91	196.41	0.0054
2	1135.71	329.20	196.66	0.0000
3	894.92	306.03	162.73	0.0000
4	662.72	296.15	159.65	0.0000
5	434.57	254.33	124.23	0.0000
6	212.89	180.27	78.77	0.0000

Tablo 4.10 : Sistem A Statik İtme Analizi Kiriş Değerleri (PUSH X)

KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	182.94	97.95	0.0180
2	225.21	109.15	0.0178
3	204.68	106.00	0.0189
4	185.93	97.42	0.0168
5	155.48	89.72	0.0156
6	124.33	82.60	0.0151

Tablo 4.11 : Sistem A Zaman Geçmişi Analizi Kiriş Değerleri (NEE090)

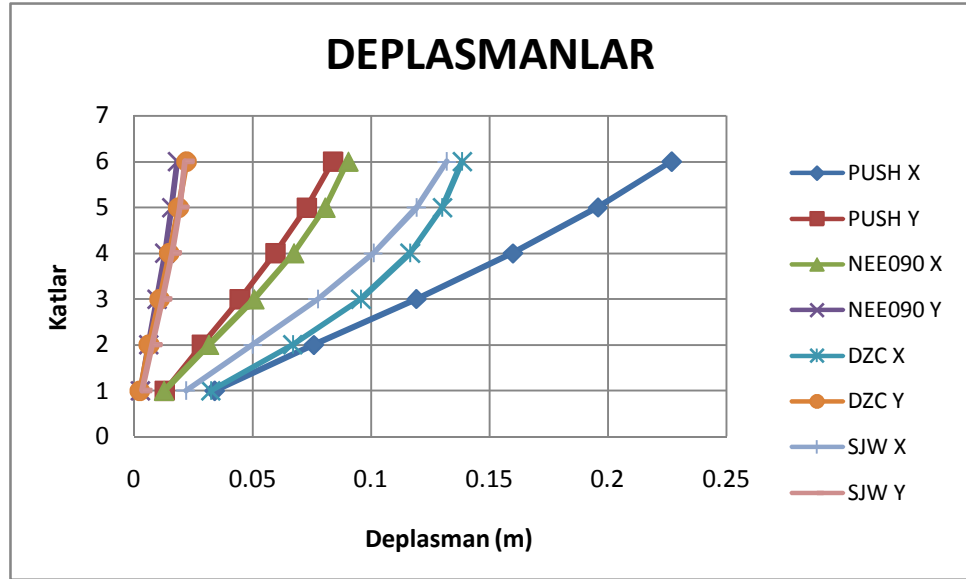
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	180.90	93.59	0.0013
2	227.70	110.51	0.0004
3	209.74	105.97	0.0003
4	179.81	95.68	0.0041
5	160.62	86.81	0.0013
6	121.69	77.09	0.0015

Tablo 4.12 : Sistem A Zaman Geçmişi Analizi Kiriş Değerleri (DZC180)

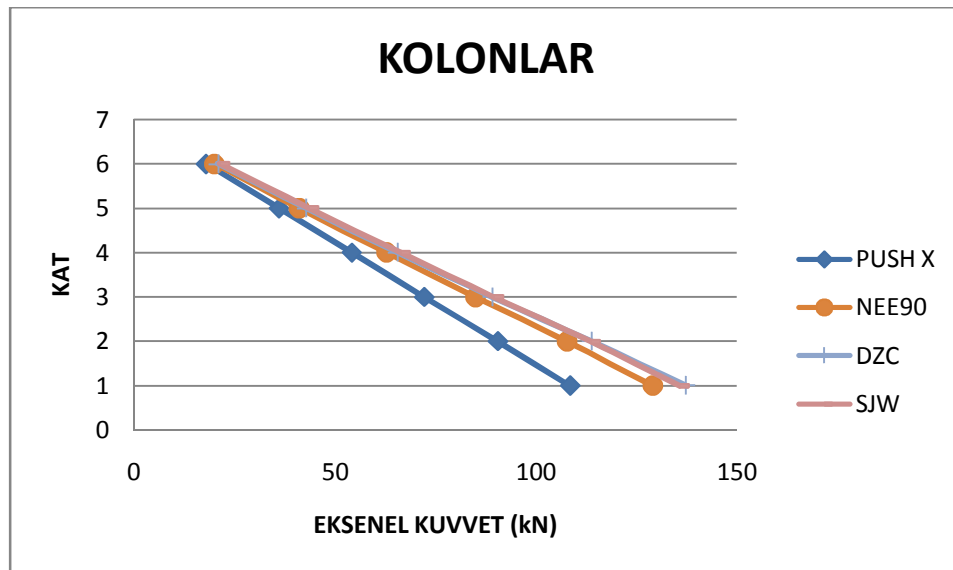
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	180.90	99.58	0.0070
2	227.70	113.36	0.0043
3	209.74	108.22	0.0032
4	179.81	97.74	0.0041
5	156.19	88.90	0.0062
6	124.66	81.15	0.0072

Tablo 4.13 : Sistem A Zaman Geçmişi Analizi Kiriş Değerleri (SJW160)

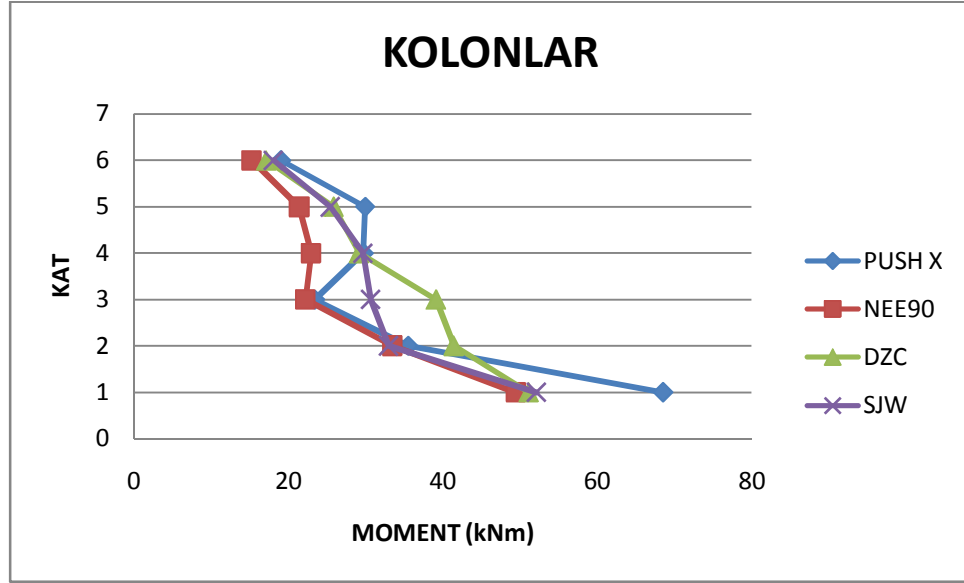
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	180.90	99.58	0.0038
2	225.80	112.75	0.0032
3	209.74	110.50	0.0040
4	179.81	102.91	0.0032
5	156.19	92.59	0.0036
6	124.66	82.30	0.0039



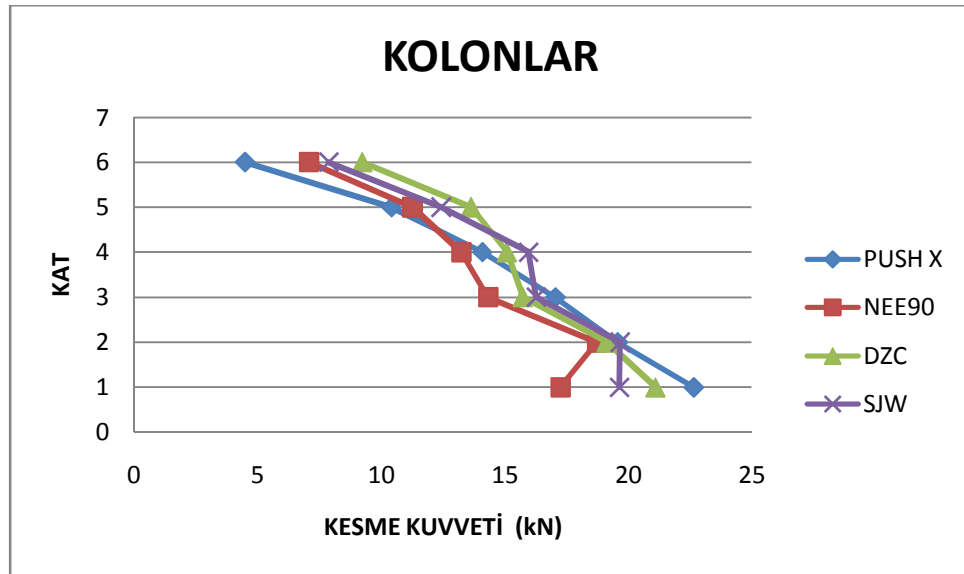
Şekil 4.23 Sistem A Kat Deplasmanları



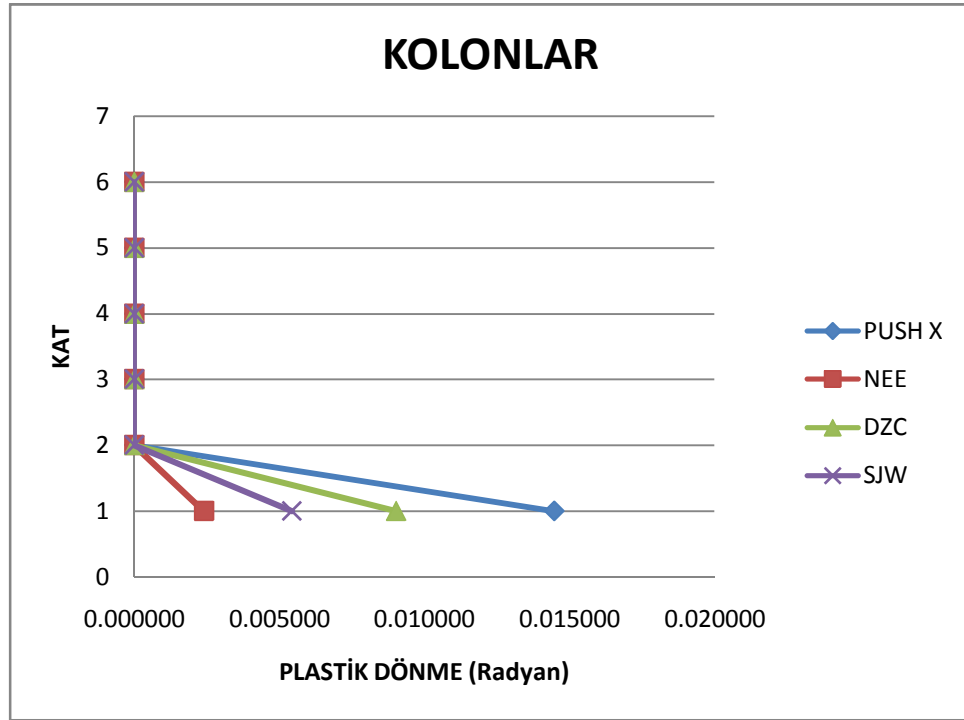
Şekil 4.24 Sistem A Kolon Eksenel Kuvvetleri



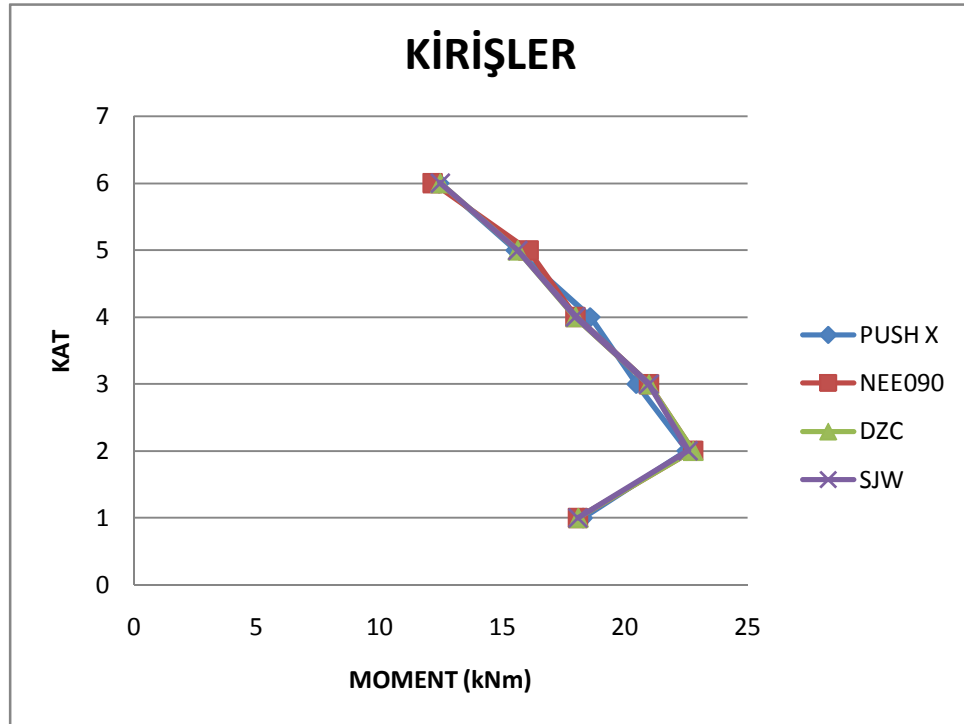
Şekil 4.25 Sistem A Kolon Momentleri



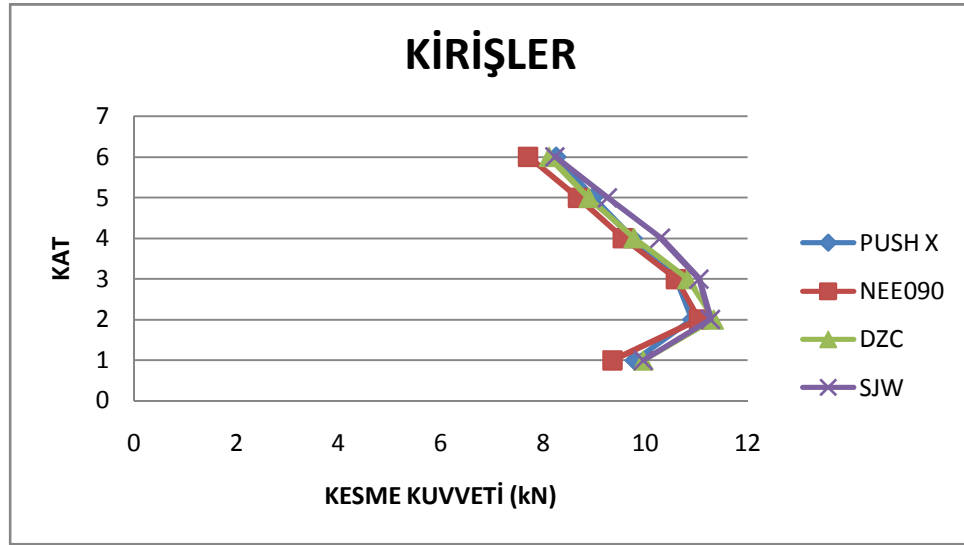
Şekil 4.26 Sistem A Kolon Kesme Kuvvetleri



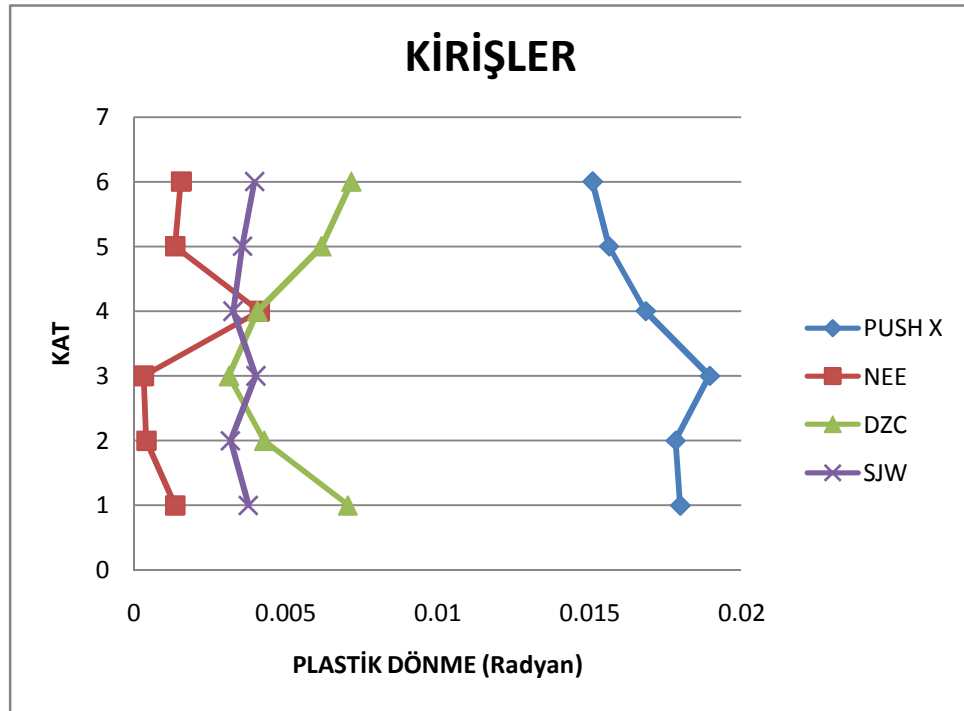
Şekil 4.27 Sistem A Kolon Plastik Dönme Değerleri



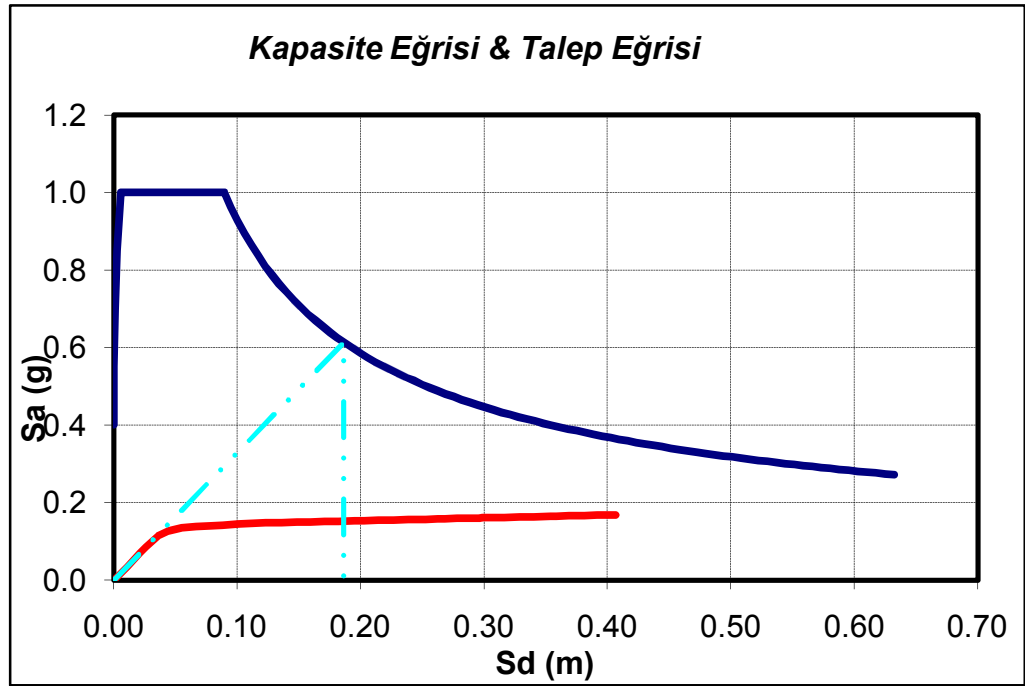
Şekil 4.28 Sistem A Kiriş Momentleri



Şekil 4.29 Sistem A Kiriş Kesme Kuvvetleri



Şekil 4.30 Sistem A Kiriş Plastik Dönme Değerleri



Şekil 4.31 Sistem A Kapasite ve Talep Eğrisi

SİSTEM B

Tablo 4.14 : Sistem B Statik İtme Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (PUSH X)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.07	0.02	2.8	0.02	0.01
2	0.11	0.05	2.8	0.02	0.01
3	0.22	0.08	2.8	0.04	0.01
4	0.30	0.11	2.8	0.03	0.01
5	0.35	0.13	2.8	0.02	0.01
6	0.36	0.13	2.8	0.00	0.00
BİNA	0.36	0.13	16.8	0.02	0.01

Tablo 4.15 : Sistem B Zaman Geçmişi Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (NEE090)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.02	0.01	2.8	0.01	0.01
2	0.05	0.01	2.8	0.01	0.00
3	0.08	0.01	2.8	0.01	0.00
4	0.10	0.01	2.8	0.01	0.00
5	0.12	0.01	2.8	0.01	0.00
6	0.11	0.00	2.8	0.00	0.00
BİNA	0.11	0.00	16.8	0.01	0.00

Tablo 4.16 : Sistem B Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (DZC180)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.05	0.02	2.8	0.02	0.01
2	0.11	0.02	2.8	0.02	0.01
3	0.17	0.02	2.8	0.02	0.00
4	0.22	0.02	2.8	0.02	0.00
5	0.24	0.01	2.8	0.01	0.00
6	0.25	0.01	2.8	0.00	0.00
BİNA	0.25	0.01	16.8	0.01	0.00

Tablo 4.17 : Sistem B Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (SJW160)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.05	0.03	2.8	0.02	0.01
2	0.10	0.03	2.8	0.02	0.00
3	0.15	0.02	2.8	0.02	0.00
4	0.19	0.02	2.8	0.01	0.00
5	0.22	0.02	2.8	0.01	0.00
6	0.23	0.00	2.8	0.00	0.00
BİNA	0.23	0.00	16.8	0.01	0.00

Tablo 4.18 : Sistem A Statik İtme Analizi kolon Değerleri (PUSH X)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1002.94	297.65	99.08	0.0286
2	836.13	159.26	87.22	0.0000
3	667.79	135.61	79.24	0.0000
4	499.32	155.59	59.90	0.0023
5	332.50	89.92	43.42	0.0178
6	165.67	86.40	24.78	0.0000

Tablo 4.19 : Sistem B Zaman Geçmişi Analizi Kolon Değerleri (NEE090)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1132.56	193.40	92.14	0.0037
2	936.05	113.69	83.75	0.0000
3	742.95	114.65	67.48	0.0000
4	548.99	106.57	69.45	0.0000
5	361.80	118.13	54.89	0.0000
6	174.36	61.74	40.32	0.0000

Tablo 4.20 : Sistem B Zaman Geçmiş Analizi Kolon Değerleri (DZC180)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1146.31	209.56	101.48	0.0130
2	945.39	135.52	85.09	0.0000
3	749.21	139.75	72.18	0.0000
4	553.15	151.46	72.68	0.0044
5	363.86	126.75	58.93	0.0009
6	177.12	71.73	68.21	0.0004

Tablo 4.21 : Sistem B Zaman Geçmiş Analizi Kolon Değerleri (SJW160)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1112.86	203.41	94.33	0.0132
2	929.22	153.90	90.09	0.0000
3	739.81	158.45	85.06	0.0000
4	549.32	154.64	73.58	0.0006
5	362.86	118.49	77.20	0.0014
6	177.26	84.59	43.05	0.0000

Tablo 4.22 : Sistem B Statik İtme Analizi Kiriş Değerleri (PUSH X)

KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	88.86	75.40	0.0414
2	89.47	75.19	0.0444
3	89.47	75.23	0.0419
4	89.39	75.21	0.0338
5	88.80	74.38	0.0112
6	88.91	68.90	0.0022

Tablo 4.23 : Sistem B Zaman Geçmişi Analizi Kiriş Değerleri (NEE090)

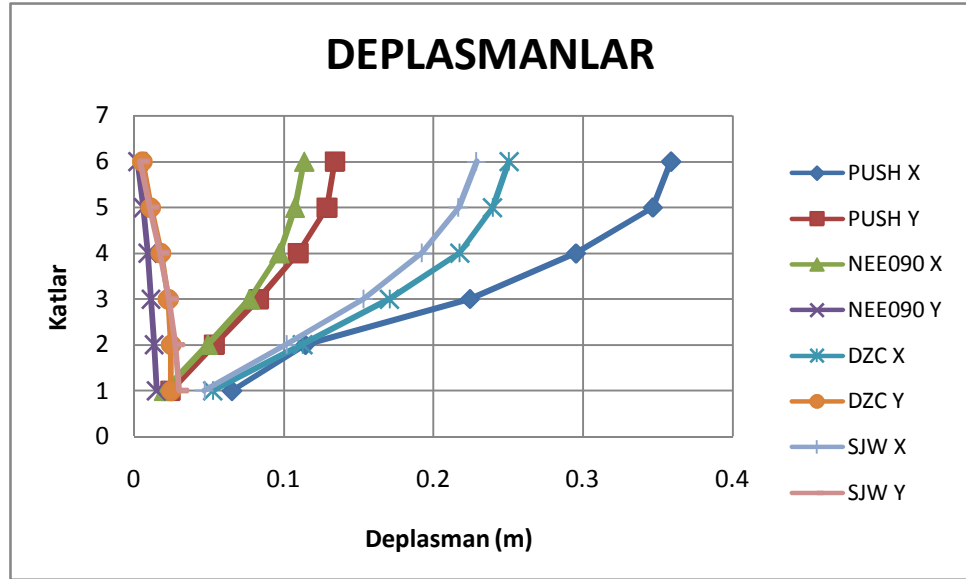
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	89.47	75.49	0.0103
2	89.47	75.23	0.0117
3	89.47	75.23	0.0100
4	89.47	75.23	0.0082
5	89.47	67.35	0.0041
6	89.47	63.65	0.0009

Tablo 4.24 : Sistem B Zaman Geçmişi Analizi Kiriş Değerleri (DZC180)

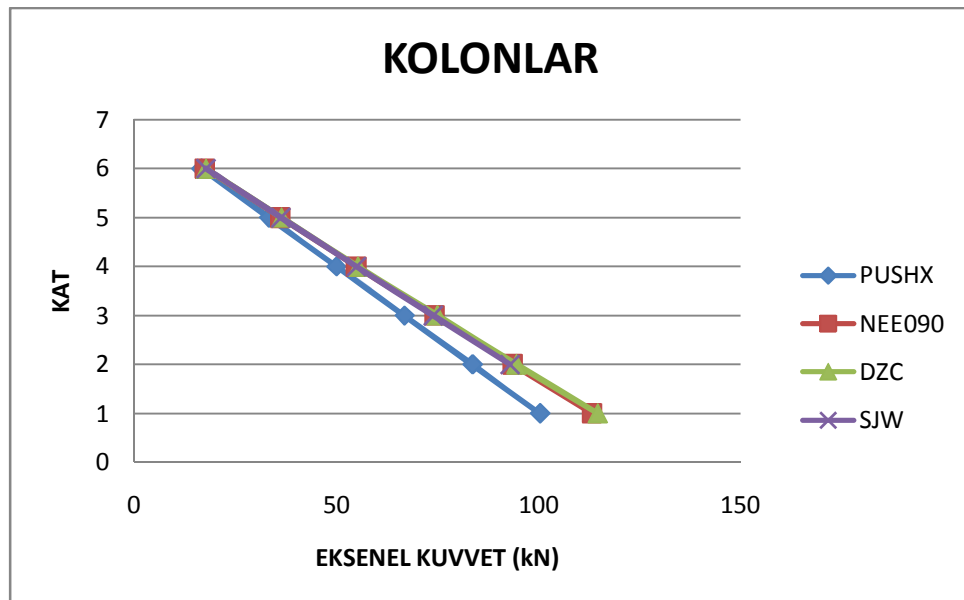
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	89.47	75.49	0.0187
2	89.47	75.23	0.0205
3	89.47	75.23	0.0194
4	89.47	75.23	0.0119
5	89.47	72.54	0.0079
6	89.47	67.45	0.0017

Tablo 4.25 : Sistem B Zaman Geçmişi Analizi Kiriş Değerleri (SJW160)

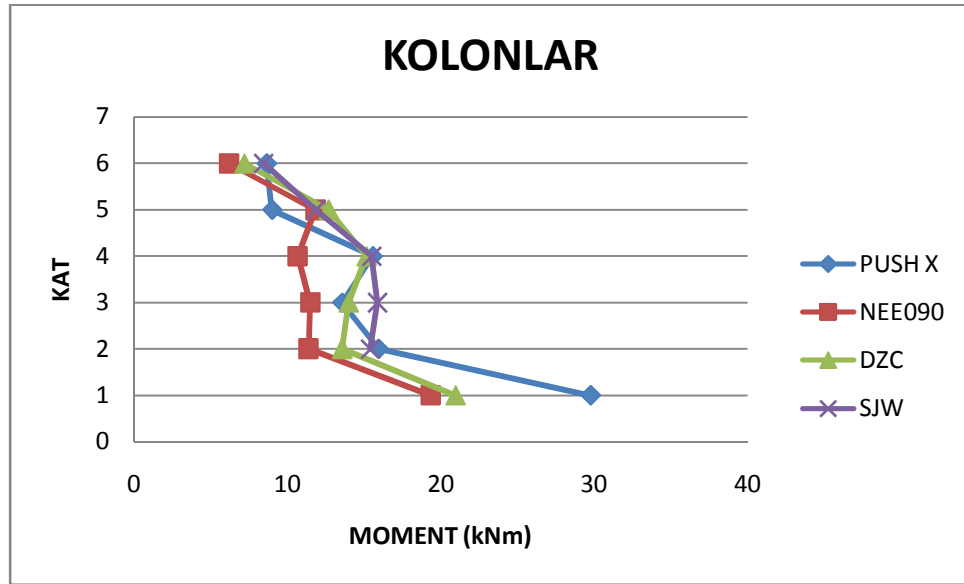
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	89.47	75.49	0.0200
2	89.47	75.23	0.0213
3	89.47	75.22	0.0189
4	89.47	75.22	0.0143
5	89.47	74.56	0.0084
6	89.47	66.57	0.0030



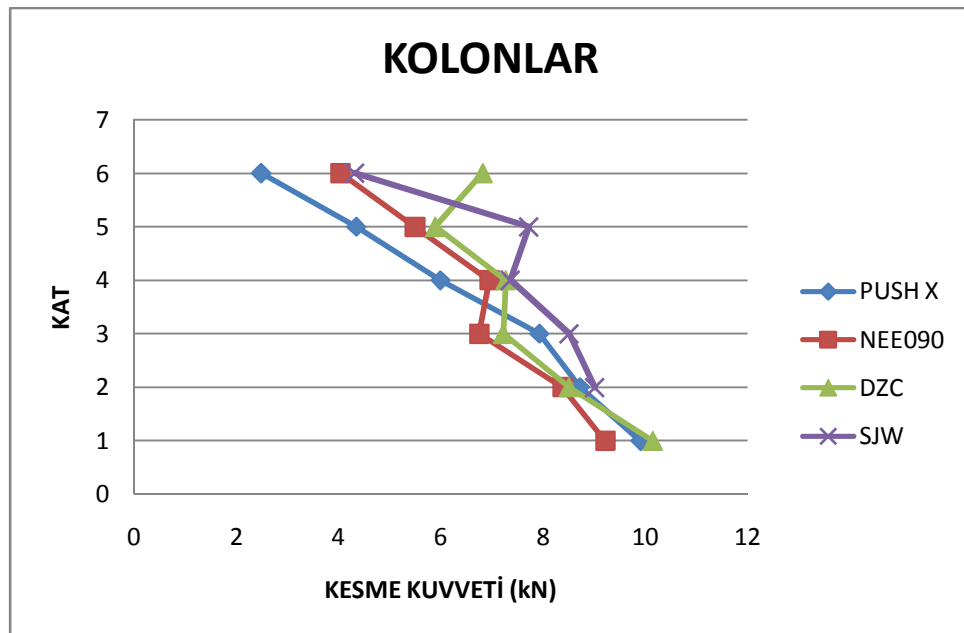
Şekil 4.32 Sistem B Kat Deplasmanları



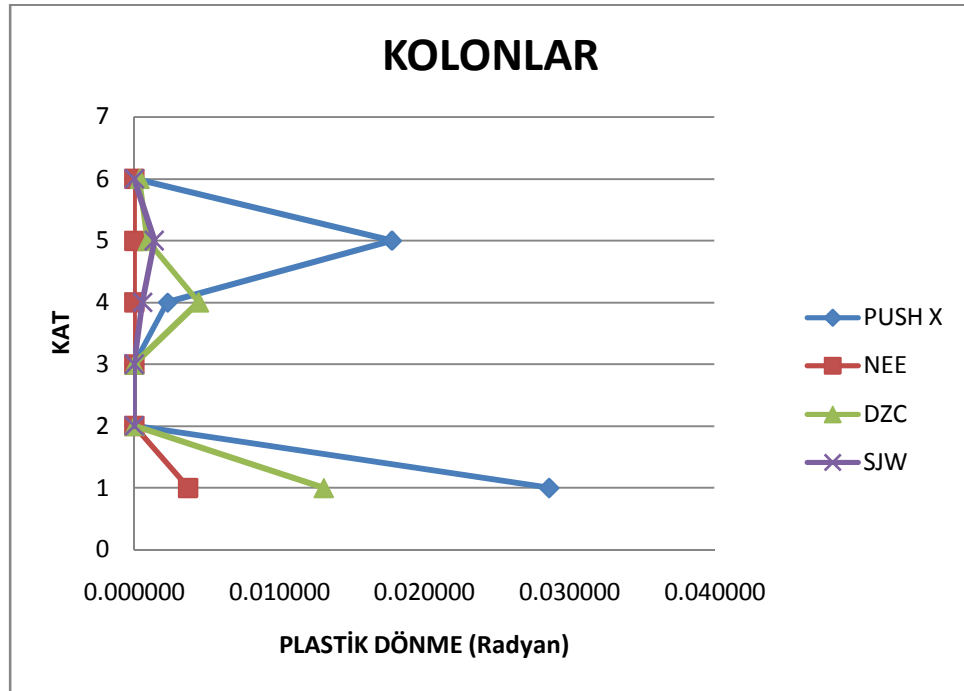
Şekil 4.33 Sistem B Kolon Eksenel Kuvvetleri



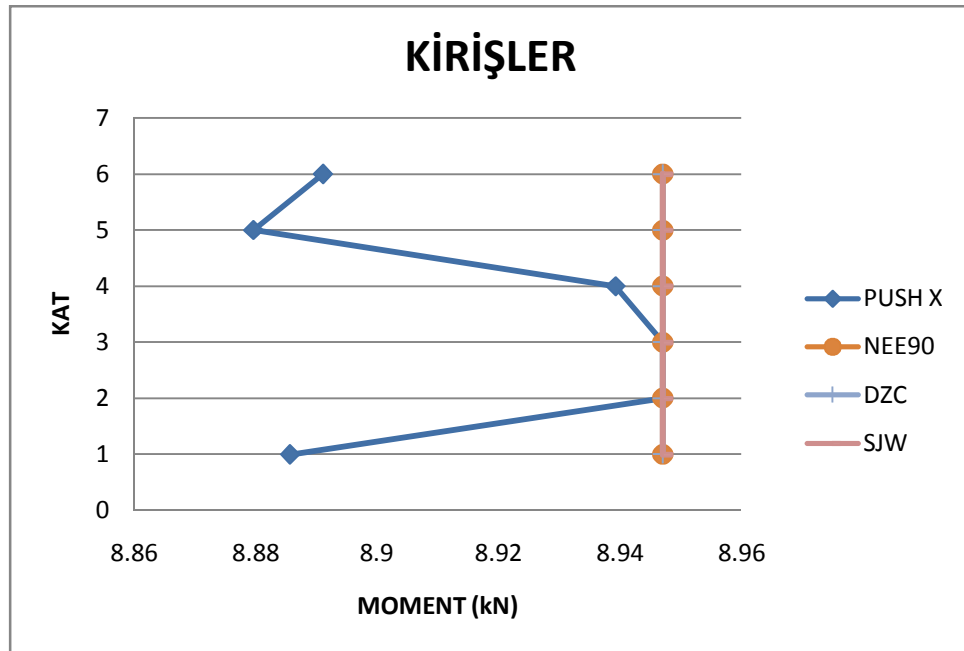
Şekil 4.34 Sistem B Kolon Momentleri



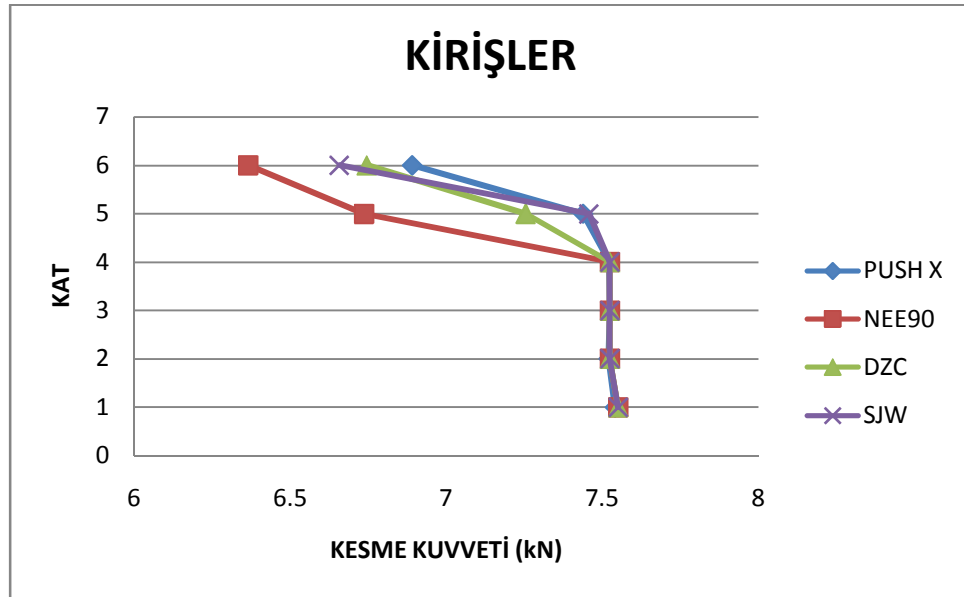
Şekil 4.35 Sistem B Kolon Kesme Kuvveti



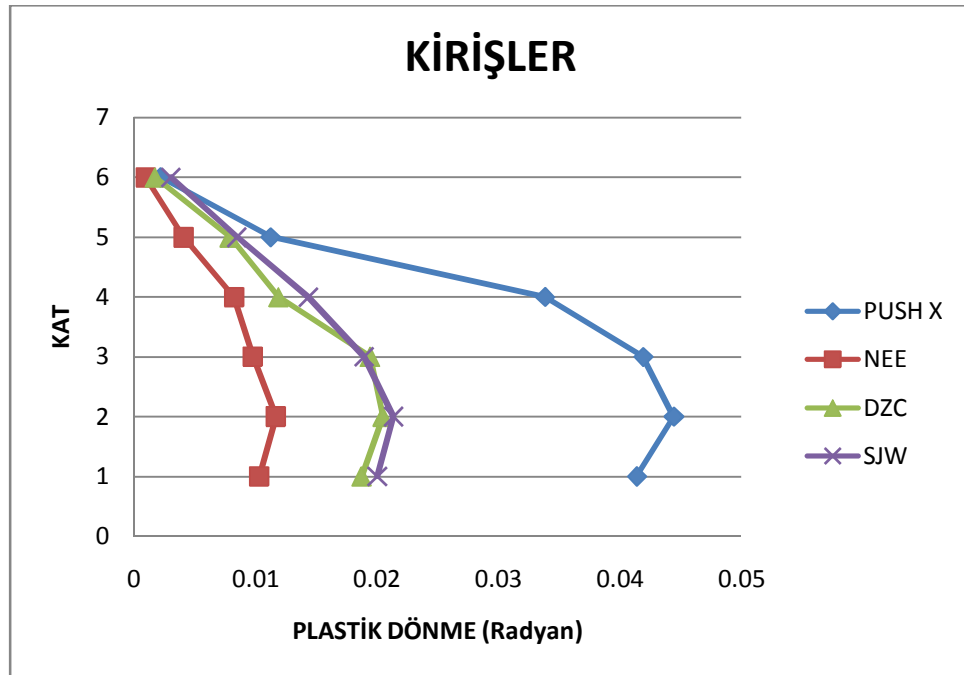
Şekil 4.36 Sistem B Kolon Plastik Dönme Değerleri



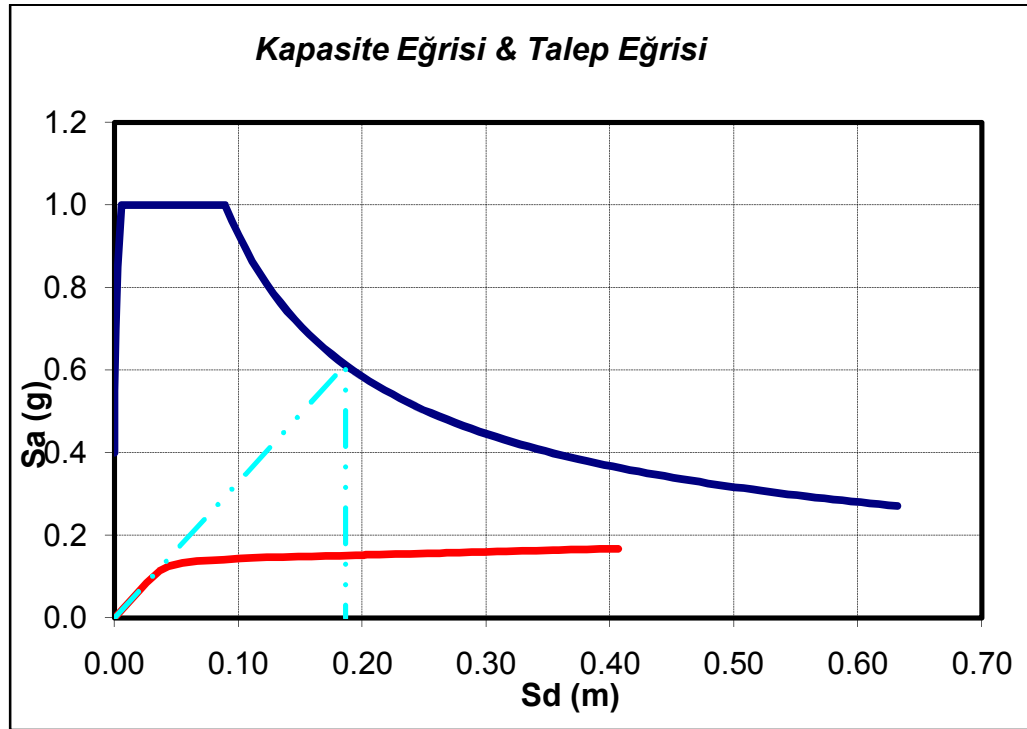
Şekil 4.37 Sistem B Kiriş Mement Değerleri



Şekil 4.38 Sistem B Kiriş Kesme Kuvveti Değerleri



Şekil 4.39 Sistem B Kiriş Plastik Döneme Değerleri



Şekil 4.40 Sistem B Kapasite ve Talep Eğrisi

SİSTEM C

Tablo 4.26 : Sistem C Statik İtme Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (PUSH X)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.08	0.03	2.8	0.03	0.01
2	0.18	0.06	2.8	0.03	0.01
3	0.27	0.10	2.8	0.03	0.01
4	0.35	0.13	2.8	0.03	0.01
5	0.38	0.14	2.8	0.01	0.00
6	0.38	0.14	2.8	0.00	0.00
BİNA	0.38	0.14	16.8	0.02	0.01

Tablo 4.27 : Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (NEE090)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.03	0.02	2.8	0.00	0.01
2	0.06	0.02	2.8	0.01	0.00
3	0.09	0.01	2.8	0.01	0.00
4	0.11	0.01	2.8	0.01	0.00
5	0.12	0.01	2.8	0.00	0.00
6	0.12	0.00	2.8	0.00	0.00
BİNA	0.12	0.00	16.8	0.01	0.00

Tablo 4.28 : Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (DZC180)

KAT	DEPLASMA N X (m)	DEPLASMA N Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ İ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.07	0.03	2.8	0.03	0.01
2	0.15	0.03	2.8	0.03	0.00
3	0.22	0.03	2.8	0.02	0.00
4	0.26	0.02	2.8	0.02	0.00
5	0.27	0.01	2.8	0.01	0.00
6	0.27	0.01	2.8	0.00	0.00
BİNA	0.27	0.01	16.8	0.02	0.00

Tablo 4.29 : Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Göreli Kat Ötelemeleri (SJW160)

KAT	DEPLASMAN X (m)	DEPLASMAN Y (m)	KAT YÜKSEKLİĞİ (m)	ÖTELEME X	ÖTELEME Y
1	0.06	0.03	2.8	0.02	0.01
2	0.14	0.02	2.8	0.03	0.00
3	0.19	0.02	2.8	0.02	0.00
4	0.22	0.02	2.8	0.01	0.00
5	0.23	0.01	2.8	0.01	0.00
6	0.23	0.00	2.8	0.01	0.00
BİNA	0.23	0.00	16.8	0.01	0.00

Tablo 4.30 : Sistem C Statik İtme Analizi Kolon Değerleri (PUSH X)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	982.19	189.48	72.96	0.0368
2	818.37	123.41	79.14	0.0001
3	652.07	117.97	65.34	0.0002
4	486.56	129.64	52.67	0.0175
5	325.02	101.21	41.48	0.0088
6	159.03	51.92	59.81	0.0010

Tablo 4.31 : Sistem C Zaman Geçmişi Analizi Kolon Değerleri (NEE090)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1100.80	141.81	75.15	0.0074
2	918.81	113.42	69.13	0.0006
3	731.66	100.77	61.84	0.0000
4	539.75	93.61	57.73	0.0000
5	351.52	86.79	64.52	0.0000
6	166.40	63.48	37.73	0.0013

Tablo 4.32 : Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kolon Değerleri (DZC180)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1122.14	152.31	46.76	0.0210
2	930.48	118.72	54.96	0.0015
3	738.35	126.73	70.08	0.0023
4	546.50	118.95	60.95	0.0097
5	352.60	96.43	61.34	0.0019
6	173.79	67.21	49.05	0.0012

Tablo 4.33 : Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kolon (SJW160)

KOLON	EKSENEL KUVVET (kN)	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	1089.46	161.27	87.85	0.0182
2	903.60	121.44	80.09	0.0010
3	722.80	124.57	67.60	0.0038
4	535.35	119.50	69.29	0.0020
5	356.70	97.48	71.20	0.0017
6	171.50	62.03	47.49	0.0030

Tablo 4.34 : Sistem C Statik İtme Analizi Kiriş Değerleri (PUSH X)

KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	89.47	75.45	0.0487
2	89.47	75.18	0.0514
3	89.05	75.11	0.0470
4	88.59	74.93	0.0227
5	88.93	70.07	0.0062
6	85.16	62.75	0.0000

Tablo 4.35 : Sistem C Zaman Geçmişi Analizi Kiriş Değerleri (NEE090)

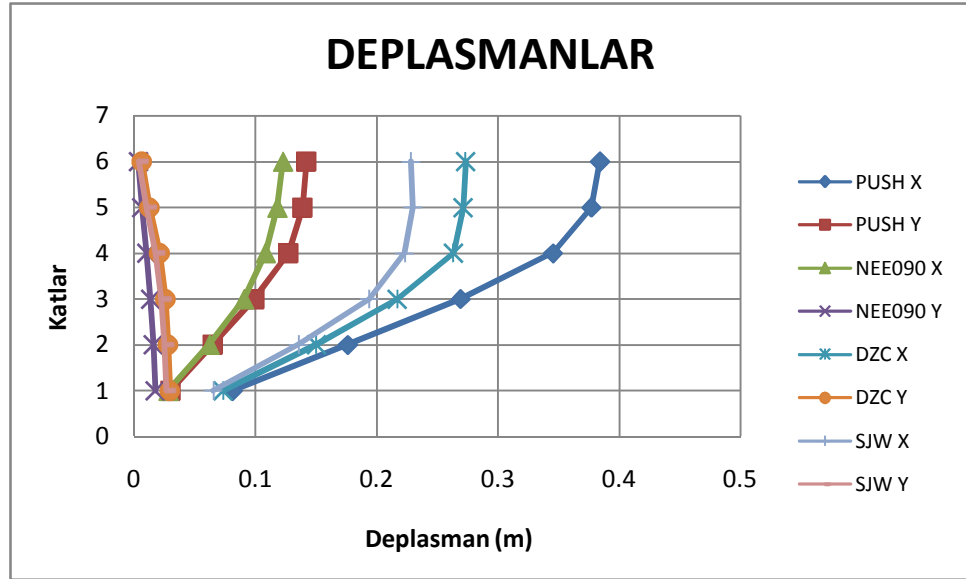
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	89.47	75.45	0.0128
2	89.47	75.18	0.0133
3	90.07	75.18	0.0102
4	89.93	71.51	0.0069
5	89.47	69.57	0.0032
6	89.14	62.15	0.0003

Tablo 4.36 : Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kiriş Değerleri (DZC180)

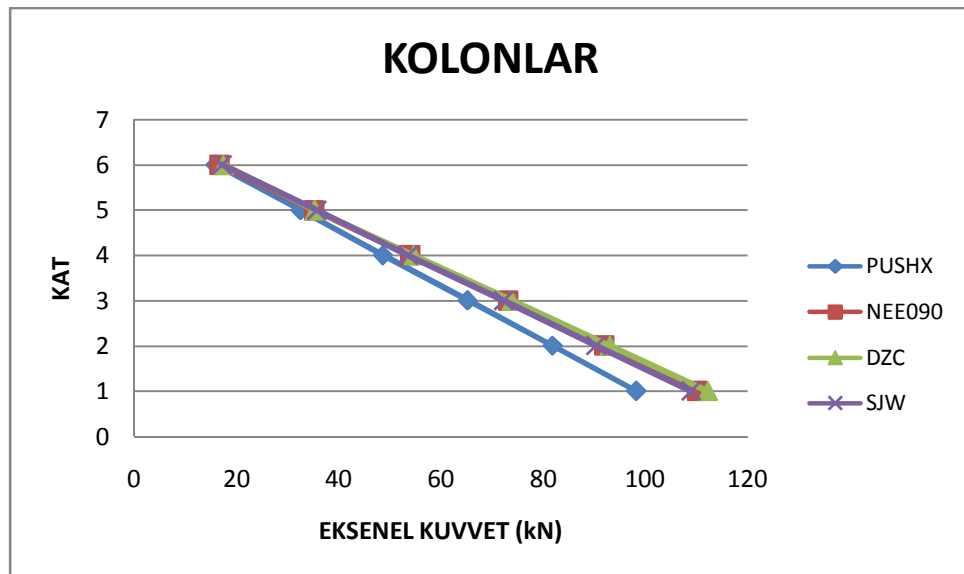
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	90.19	75.45	0.0083
2	90.07	75.18	0.0240
3	90.07	75.18	0.0201
4	90.07	75.18	0.0086
5	89.47	72.15	0.0044
6	87.09	62.97	0.0015

Tablo 4.37 : Sistem C Zaman Geçmiş Analizi Kiriş Değerleri (SJW160)

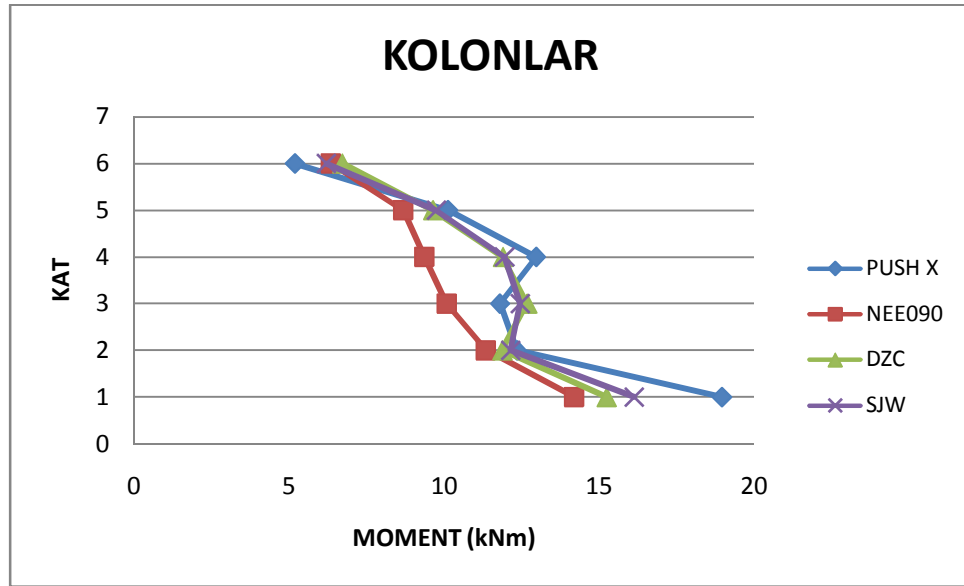
KİRİŞ	MOMENT (kNm)	KESME KUVVETİ (kN)	PLASTİK DÖNME (Rd)
1	90.19	75.45	0.0249
2	90.07	75.18	0.0258
3	90.07	75.18	0.0176
4	90.08	75.18	0.0092
5	89.47	73.42	0.0077
6	86.84	64.64	0.0008



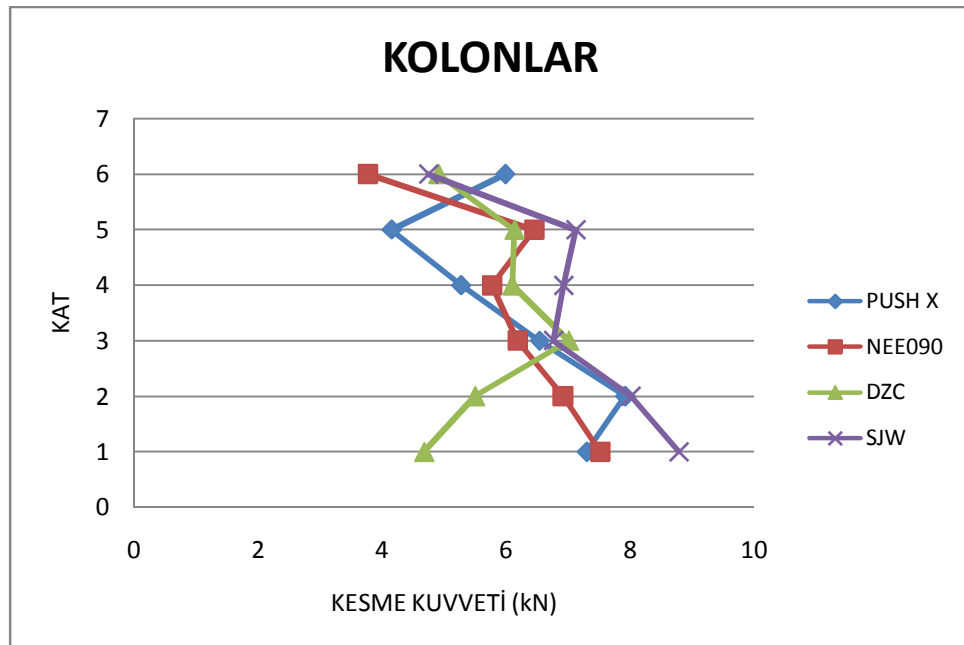
Şekil 4.41 Sistem C Kat Ötelemeleri



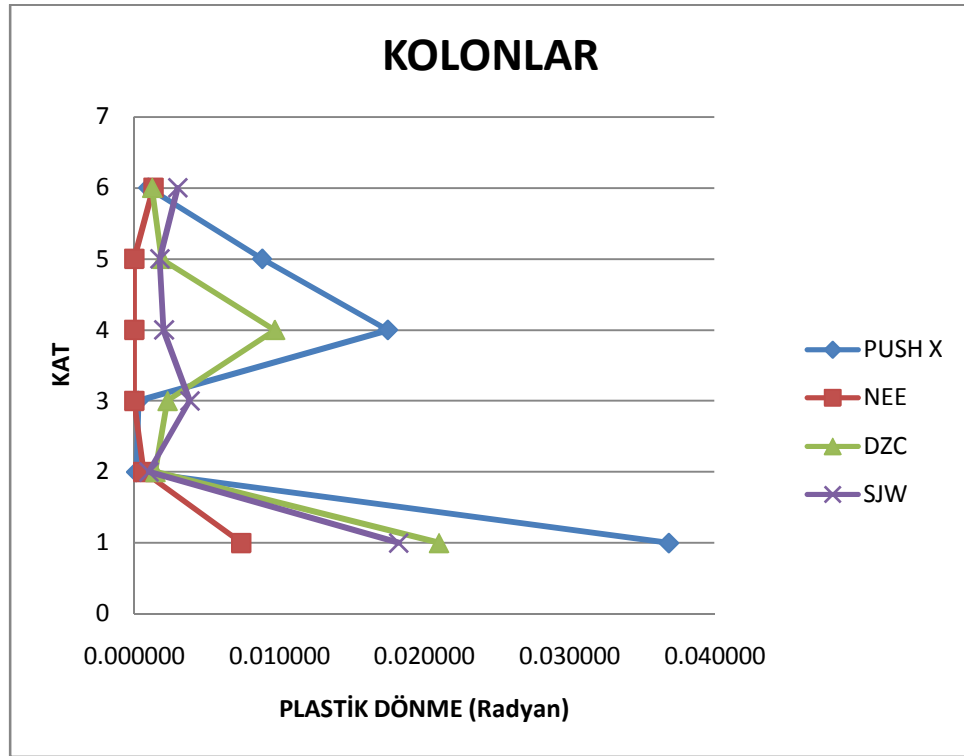
Şekil 4.42 Sistem C Kolon Eksenel Kuvvet Değerleri



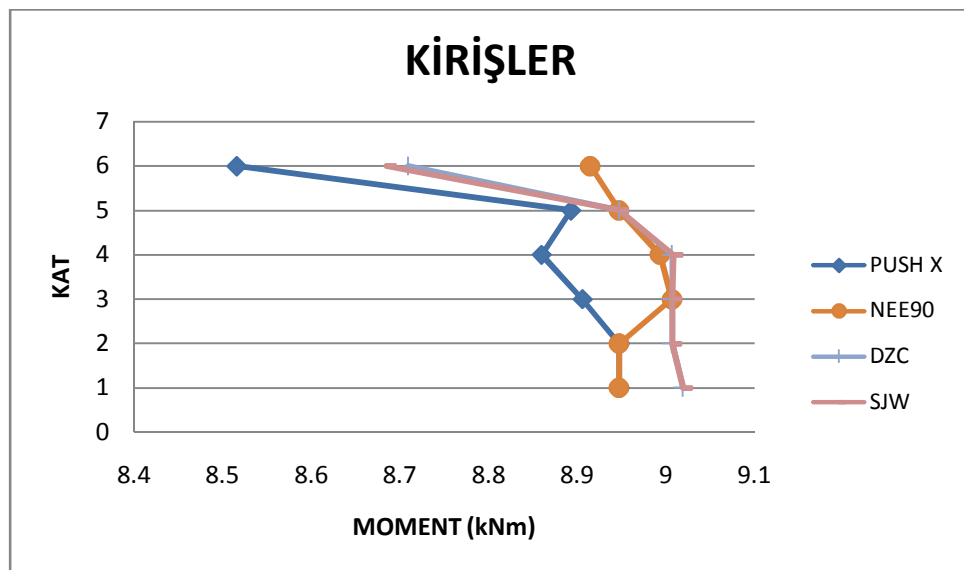
Şekil 4.43 Sistem C Kolon Moment Değerleri



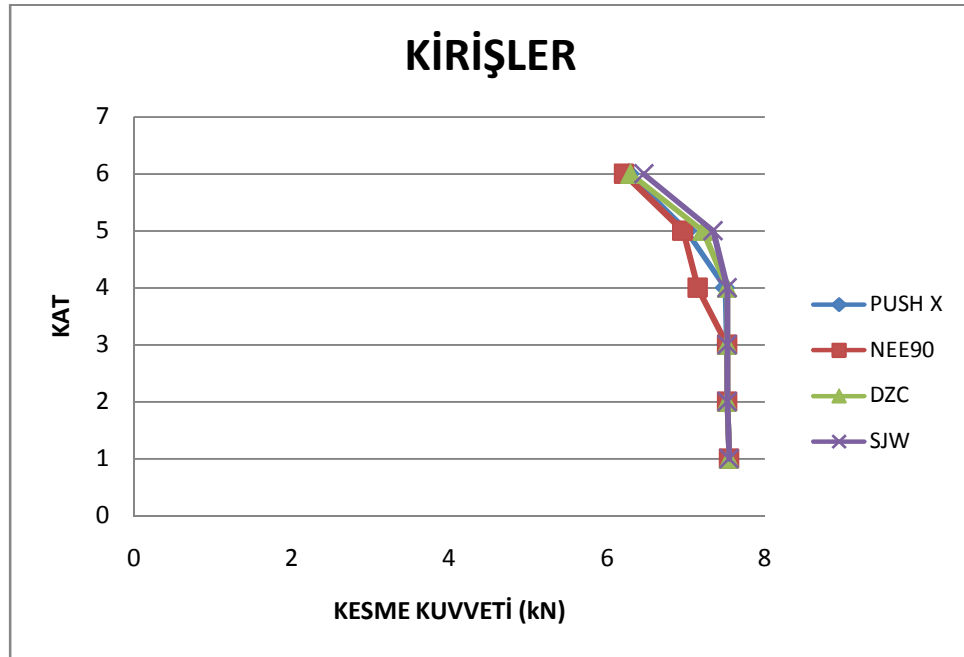
Şekil 4.44 Sistem C Kolon Kesme Kuvveti Değerleri



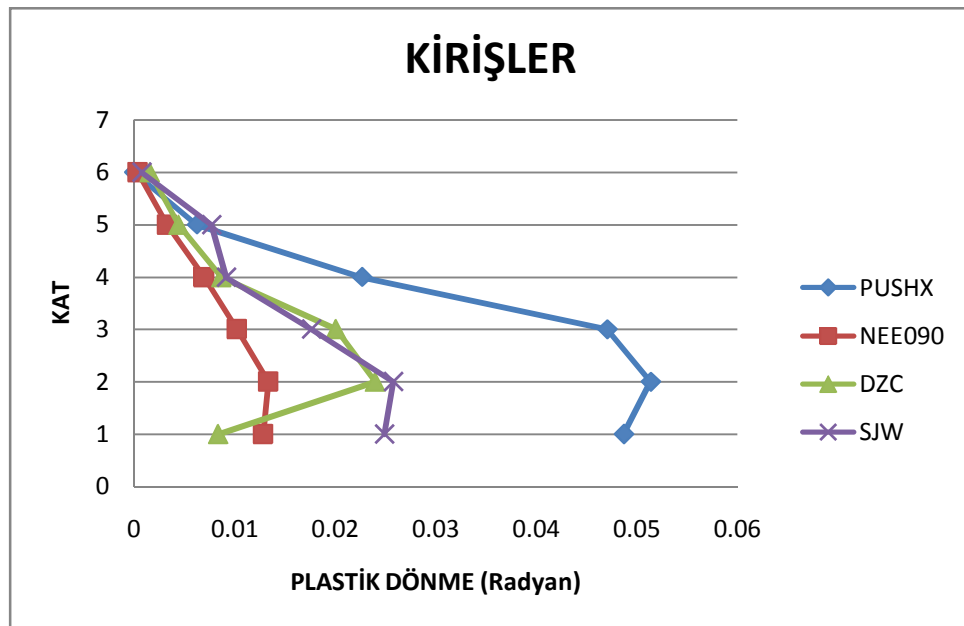
Şekil 4.45 Sistem C Kolon Plastik Dönme Değerleri



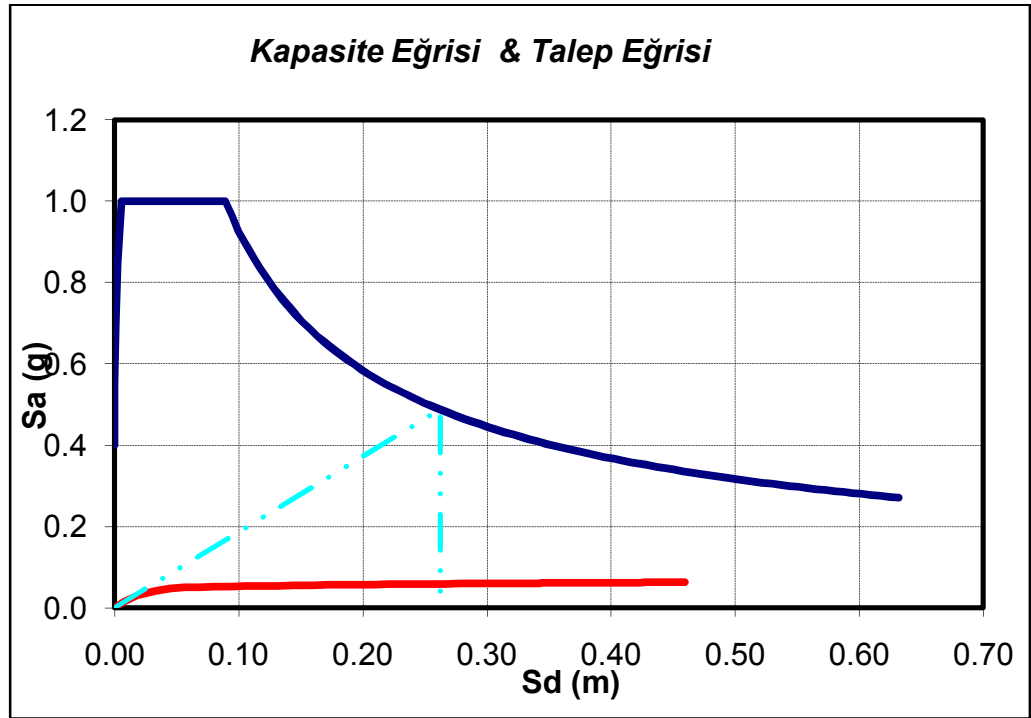
Şekil 4.46 Sistem C Kiriş Moment Değerleri



Şekil 4.47 Sistem C Kiriş Kesme Kuvvetleri



Şekil 4.48 Sistem C Kiriş Plastik Dönme Değerleri



Şekil 4.49 Sistem C Kapasite ve Talep Eğrisi

5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Analiz yöntemlerine göre değerlendirme:

Üç ortogonal olmayan yapının zaman tanım alanında üç deprem kaydı ile doğrusal olmayan analizi ve statik itme analizi yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda Şekil 4.23, Şekil 4.32 ve Şekil 4.41'a göre ortogonal olmayan yapılar için statik itme analizi yönteminin zaman tanım alanında yapılan analizlere göre yaklaşık iki kat daha fazla görelî kat ötelemesi sonucu verdiği görülmüştür.

Statik itme analiz alt kat kolonlarda eksenel kuvvet değeri Şekil 4.24, Şekil 4.32 ve Şekil 4.42'da görüldüğü gibi zaman tanım alanı yöntemine göre %20 daha az sonuç vermektedir.

Kolon momentleri diğer katlarda fazla değişim göstermemekle birlikte ilk kattaki kolonlarda statik itme analizi sonucu %40 daha fazladır. (Şekil 4.25, Şekil 4.34, Şekil 4.43)

Kolon kesme kuvvetleri Şekil 4.26, Şekil 4.35 ve Şekil 4.44'de görüldüğü gibi her iki yöntemde de fark görülmemiştir.

Kolon plastik dönme değeri Şekil 4.27, Şekil 4.36 ve Şekil 4.45'de görüldüğü gibi statik itme analizi zaman tanım alanı yöntemine göre 2 kat daha fazla dönme değeri vermiştir.

Kiriş moment değeri için statik itme yönteminin daha az moment verdiği görülmektedir. (Şekil 4.28, Şekil 4.37 ve Şekil 4.46)

Kiriş kesme kuvvetleri her iki yöntem için yakın değerlerdedir. (Şekil 4.29, Şekil 4.38, Şekil 4.47)

Kiriş plastik dönme değerleri statik itme analizi zaman tanım alanı yöntemi analizine göre 3 kat fazla dönme sonucu vermektedir. (Şekil 4.30, Şekil 4.39, Şekil 4.48)

İncelenen üç sistemde Statik itme analizi yöntemi sonuçları ile diğer üç deprem kaydı ile yapılan lineer olmayan analiz sonuçları arasında statik itme analizi yönteminin özellikle deplasmanların karşılaştırılmasında çok güvenli tarafta kaldığı ve kolon ve kirişlerde plastik dönme oranlarının yüksek olduğu görülmektedir.

Yapı rijitliğine göre analiz yöntemlerinin değerlendirilmesi;

Görelî kat ötelemeleri daha rijit olan Sistem A, Sistem B ve sistem C nin yarısı kadardır. (Şekil 4.23, Şekil 4.32, Şekil 4.41)

Kolon eksenel kuvveti değerleri her üç sistemde de yakın değerdedir. (Şekil 4.24, Şekil 4.32, Şekil 4.42)

Kolon moment değerleri Şekil 4.25, Şekil 4.34 ve Şekil 4.43'de Sistem A Sistem B nin 2 katı ve Sistem B ise Sistem C nin 2 katı olduğu görülmüştür.

Kolon kesme kuvvetleri Şekil 4.26, Şekil 4.35 ve Şekil 4.44'de Sistem A Sistem B nin 2 katı ve Sistem C ise Sistem B inin %80 i kadardır.

Kolon Dönme değerleri Şekil 4.27, Şekil 4.36 ve Şekil 4.45'de görüleceği gibi yapı zayıfladıkça arttığı görülmektedir.

Kiriş Moment değerleri Sistem B ve sistem C birbirine yakın olmasına karşın sistem A kiriş moment değerleri diğerlerinin 2 katı mertebesinde. (Şekil 4.28, Şekil 4.37, Şekil 4.46)

Kiriş Kesme kuvvetleri Sistem B ve sistem C birbirine yakın olmasına karşın sistem A kesme kuvveti %10 daha fazladır. (Şekil 4.29, Şekil 4.38, Şekil 4.47)

Kiriş plastik dönme değerleri Sistem B ve sistem C birbirine yakın olmasına karşın sistem A kiriş plastik dönme değerleri diğerlerinin yarısı mertebesindedir. (Şekil 4.30, Şekil 4.39, Şekil 4.48)

Yapıların talep deplasmanları Sistem A için 0.305m, Sistem B için 0.358m ve sistem C için 0.383m olarak bulunmuştur. Yapının rijitliği arttığında talep deplasmanın azaldığı görülmüştür. (Şekil 4.31, Şekil 4.40, Şekil 4.49)

Rijitliği fazla olan Sistem A'nın görelî kat ötelemeleri ve talep deplasmanı diğerlerine göre daha az, kolon eksenel kuvvetleri diğerlerine yakın olduğu görülmüştür. Kolon ve kiriş moment, kesme kuvvetinin Sistem A'da fazla olduğu plastik dönme değerlerinin ise az olduğu görülmüştür.

6. SONUÇ

Üç rijitliği farklı ortagonal olmayan yapının zaman tanım alanında üç deprem kaydı ile doğrusal olmayan analizi ve statik itme analizi yapılmıştır.

Sistem A: 6 Katlı DBYBHY 2007' ye uygun olarak modellenen yapı.

Sistem B: 6 Katlı ABYYHY 1975'ye uygun olarak modellenen yapı.

Sistem C: 6 Katlı yönetmelik dışı zayıf yapı.

Sistem A için ;

Statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre %100 daha fazla görelî kat ötelemesi yapmıştır. Kolon eksenel kuvvetleri statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre %27 daha az bulunmuştur. Kolon momentleri diğer katlarda fazla değişim göstermemekle birlikte ilk kattaki kolonlarda statik itme analizi sonucu %40 daha fazladır. Kolon kesme kuvvetlerinde her iki yöntemde de fark görülmemiştir. Kolon plastik dönme değerleri statik itme analizi zaman tanım alanı yöntemine göre %50 daha fazla dönme değeri vermiştir. Kiriş moment değerleri için her iki yöntemde de fark görülmemiştir. Kiriş kesme kuvvetleri her iki yöntem için yakın değerlerdedir. Kiriş plastik dönme değerleri statik itme analizi zaman tanım alanı yöntemi analizine göre 3 kat fazla dönme sonucu vermektedir.

Sistem B için ;

Statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre %34 daha fazla görelî kat ötelemesi yapmıştır. Kolon eksenel kuvvetleri statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre %10 daha az bulunmuştur. Kolon momentleri diğer katlarda fazla değişim göstermemekle birlikte ilk kattaki kolonlarda statik itme analizi sonucu %50 daha fazladır. Kolon kesme kuvvetleri

statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre %15 daha az bulunmuştur. Kolon plastik dönme değerleri statik itme analizi zaman tanım alanı yöntemine göre özellikle 1. ve 5. katlarda %300 daha fazla dönme değeri vermiştir. Kiriş moment değerleri için her iki yöntemde de fark görülmemiştir. Kiriş kesme kuvvetleri her iki yöntem için yakın değerlerdedir. Kiriş plastik dönme değerleri statik itme analizi zaman tanım alanı yöntemi analizine göre 2 kat fazla dönme sonucu vermektedir.

Sistem C için ;

Statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre %27 daha fazla görelî kat ötelemesi yapmıştır. Kolon eksenel kuvvetleri statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre alt katlarda %20 daha az bulunmuştur. Üst katlara doğru aradaki farkın azaldığı görülmektedir. Kolon momentleri statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre ilk ve 4. kattaki kolonlarda statik itme analizi sonucu %30 daha fazladır. Kolon kesme statik itme analizi zaman tanım alanında yapılan analizlere göre %45 daha az değer almıştır. Kolon plastik dönme değerleri statik itme analizi zaman tanım alanı yöntemine göre %100 daha fazla dönme değeri vermiştir. Kiriş moment değerleri için her iki yöntem için yakın değerlerdedir. Kiriş kesme kuvvetleri her iki yöntem için yakın değerlerdedir. Kiriş plastik dönme değerleri statik itme analizi zaman tanım alanı yöntemi analizine göre 2 kat fazla dönme sonucu vermektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. Durmuş G. 2003 Çelik Çerçeve Yapıların Doğrusal Olmayan Deprem Davranışları Y. Lisans tezi, 50s, ISPARTA
2. Konak, N., 2002. 17 Ağustos 1999 Depreminde Yıkılan Binaların Mimari Hataları. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans tezi, 108 s, Adapazarı.
3. Aydınoğlu M. N. (2004) “An improved pushover procedure for engineering practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA)”, International Workshop on “Performance-based Seismic Design: Concepts and Implementation”, Bled, Slovenia, PEER Report 2004/05: 345-356.
4. Aydınoğlu M. N. (2003) Yapıların Deprem Performansının Değerlendirilmesi İçin Artımsal Spektrum Analizi (ARSA) Yöntemi. Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul
5. Kalay, Y.,E., (1999). Performance – Based Design, vol.8, pp.395 – 409
6. Fajfar, P., EERI, M., 2000. A Nonlinear Analysis Method for Performance Based Design., Earthquake Spectra, vol.16, no.3, pp.573-592, Medhaker, M.S., Kennedy, D.J.L., 2000. Displacement – Based Design of Buildings-Theory, Engineering Structures, vol 22, pp.201-209
7. Chopra, A.K., Goel R.K., 1999. Capacity – Demand – Diagram Methods for Estimating Seismic Deformation of Inelastic Structures: Sdf Systems, report no. PEER- 1999/02
8. Xue, Q., 2001. A Direct Displacement – Based Seismic Design Procedure Ofinelastic Structures, vol. 23, pp.1453-1460
9. Miranda E., Ruiz-Garcia, J., 2002. Evaluation of Approximate Methods to Estimate Maximum Inelastic Displacement Demands, vol. 31, pp. 539-560
10. Farrow, K.T., Kurama, Y.C., 1999. Capacity – Demand Index Relationships for Performance – Based Seismic Design, report no. NDSE-01-02

11. Günay ÖZMEN (2005) Ortogonal Olmayan Yapılarda Maksimum Donatı Oranlarının Tayini İMO Teknik Dergi, 2005 3445-3466, Yazı 230.
12. Ozmen G, Pala S, Gulay G, Orakdiken E (2000) . Effect of structural irregularities to earthquake analysis of multi-story structures. TDV 1 TR 027-28
13. Armağan KORKMAZ, Taner UÇAR ve Erdal İRTEM (2007) Yumuşak Kat Düzenliğinin ve Dolgu Duvarların Betonarme Binaların Deprem Davranışına Etkileri
14. Yılmaz, S. 2004. Tek Katlı Prefabrik Yapıların Deprem Davranışı ve Türk Deprem
15. Yönetmeliğinin Prefabrik Yapılar Açısından Değerlendirilmesi. P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 137s, Denizli.
16. DBYBHY2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
17. Yasin M. FAHJAN, İMO Teknik Dergi, 2008, Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi
18. ATC (Applied Technology Council) 40, Seismic Evaluation And Retrofit of Concrete Buildings
19. Dr. Carlos E. Ventura, P.Eng. Short Course for CSCE Calgary 2006 Annual Conference
20. E. İrttem, K. Türker, U. Hasgöl (2004) Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi Altıncı Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, 6-8 Ekim 2004 Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

21. PROBİNA 15.1, Probina Orion, Bina Tasarım Sistemi, Prota Bilgisayar, Ankara, Türkiye
22. SAP 2000 v.14.1 Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structure, Computer and Structures, Inc, Berkeley, California
23. Deprem Kayıtları : <http://peer.berkeley.edu/smcat/>
24. M. FAHJAN, İMO Teknik Dergi, 2008 Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Ankara’ da doğdu. 2002 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde başladığı yüksek öğrenimini 2006 yılında tamamladı. 1 yıl saha mühendisliği ve askerlik hizmetinin ardından 2 yıl şantiye şefliği görevi yaptı. Kasım 2009 da kurduğu MDA Mühendislik firması ile statik proje yapım ve müteahhitlik hizmeti vermektedir.