

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAKIN FAY DEPREMLERİ ETKİSİNDEKİ KONSOL KOLONLARIN
PERFORMANSI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Fatih ŞAHİN**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAKIN FAY DEPREMLERİ ETKİSİNDEKİ KONSOL KOLONLARIN
PERFORMANSI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Fatih ŞAHİN
(501041068)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 6 Mayıs 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 9 Haziran 2011**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ercan YÜKSEL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Engin ORAKDÖĞEN (İTÜ)
Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK (İTÜ)**

HAZİRAN 2011

Anne ve babama,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam esnasında bana her zaman yardımcı olan, bilgilerini ve deneyimlerini paylaşan değerli tez danışmanı hocam Doç. Dr. Ercan YÜKSEL'e ve üzerimde emeği bulunan tüm öğretim üyelerine en içten teşekkür eder, derin saygılarımı sunarım.

Yine tez çalışmamda bana yardımcı olan İnş. Y. Müh. Melih SÜRMELİ'ye ve tüm öğrenim hayatım boyunca bana maddi ve manevi destek olan, her konuda beni destekleyen ve inanan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2011

Mehmet Fatih ŞAHİN
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Prefabrike Yapı Sistemleri.....	1
1.1.1 Prefabrik betonarme yapı elemanları.....	2
1.1.1.1 Kolon elemanlar	3
1.2 Artımsal Dinamik Analiz (ADA).....	4
1.2.1 Artımsal dinamik analiz üzerine literatür araştırması.....	4
1.3 Performans Seviyeleri.....	8
1.4 Tezin Amacı ve Kapsamı.....	9
2. ANALİTİK ÇALIŞMA.....	11
2.1 Prefabrik Betonarme Kolonlar.....	11
2.1.1 S40_%2.....	12
2.2 Kullanılan Deprem Kayıtları.....	13
2.2.1 Yakın fay (Near-Fault) yer hareketleri.....	16
2.3 Kullanılan Yazılımlar.....	19
2.3.1 Perform-3D.....	19
2.3.2 XTRACT.....	19
2.4 Model Doğrulamalar.....	20
2.5 Prefabrik Kolon Statik İtme Analiz Sonuçları.....	23
3. ARTIMSAL DİNAMİK ANALİZ (ADA).....	27
3.1 S40_%2 Kolon Modeli.....	29
3.1.1 Modelleme fazı (Modeling Phase).....	29
3.1.1.1 Malzeme modelleme	35
3.1.2 Analiz fazı (Analysis Phase).....	46
4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	51
4.1 Statik İtme Analiz Sonuçları.....	51
4.2 Artımsal Dinamik Analiz Sonuçları.....	55
5. GENEL SONUÇLAR.....	69
KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	73

KISALTMALAR

ATC	: Applied Technology Council
ADA	: Artımsal Dinamik Analiz
CH	: Chi-Chi
D	: Düzce
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007
EZ	: Erzincan
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GC	: Göçme Sınırı
GV	: Güvenlik Sınırı
IDA	: Incremental Dynamic Analysis
K	: Kocaeli
LP	: Loma Prieta
MN	: Minimum Hasar Sınırı
N	: Northridge
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research
PGA	: Peak Ground Acceleration (Maksimum Yer İvmesi)
PGD	: Peak Ground Displacements (Maksimum Yerdeğiştirmesi)
PGV	: Peak Ground Velocity (Maksimum Yer Hızı)
TS	: Türk Standardı
ZTADOA	: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 : Göreli kat ötelemesi sınırları.....	9
Çizelge 1.2 : Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri.....	9
Çizelge 2.1 : Beton malzeme özellikleri.....	12
Çizelge 2.2 : Çelik malzeme özellikleri.....	12
Çizelge 2.3 : S40_%2 kolonu genel özellikleri.....	12
Çizelge 2.4 : Kolonların karakteristik özellikleri.....	13
Çizelge 2.5 : Bu çalışmada kullanılan depremler.....	14
Çizelge 2.6 : İleri yönlendirme (forward-directivity) içeren yer hareketleri.....	17
Çizelge 2.7 : İleri yönlendirme (forward-directivity) içermeyen yakın fay (near-fault) yer hareketleri.....	18
Çizelge 3.1 : Artımsal Dinamik Analize ait sayısal veriler.....	27

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 : Türkiye’deki tek katlı prefabrik sanayi yapısının görünüşü.....	2
Şekil 1.2 : Prefabrik sanayi yapısının önden görünüşü.....	2
Şekil 1.3 : Betonarme prefabrike bir yapı örneği.....	3
Şekil 1.4 : Prefabrike betonarme kolon tipleri.....	3
Şekil 1.5 : Kesit hasar bölgeleri.....	8
Şekil 2.1 : Kolonların boy kesit, en kesit ve donatı detayı görünüşü.....	11
Şekil 2.2 : Tüm depremlere ait ivme-zaman grafiği.....	15
Şekil 2.3 : Elastik spektral ivme-periyot grafiği.....	15
Şekil 2.4 : S30_%1 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.....	21
Şekil 2.5 : S30_%2 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.....	21
Şekil 2.6 : S40_%1 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.....	21
Şekil 2.7 : S40_%2 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.....	22
Şekil 2.8 : S50_%1 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.....	22
Şekil 2.9 : S50_%2 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.....	22
Şekil 2.10 : S30_%1 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.....	24
Şekil 2.11 : S30_%2 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.....	24
Şekil 2.12 : S40_%1 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.....	24
Şekil 2.13 : S40_%2 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.....	25
Şekil 2.14 : S50_%1 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.....	25
Şekil 2.15 : S50_%2 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.....	25
Şekil 3.1 : ADA için yapılan işlemlerin akış şeması.....	28
Şekil 3.2 : Modelleme fazına ait araç çubuğu.....	29
Şekil 3.3 : Yapı genel bilgi giriş arayüzü.....	30
Şekil 3.4 : Düğüm noktalarını tanımlamak için arayüz.....	30
Şekil 3.5 : Mesnet koşullarını tanımlamak için arayüz.....	31
Şekil 3.6 : Kütleleri tanımlamak için arayüz.....	32
Şekil 3.7 : Elemanın geometrik bakımdan doğrusal olup olmadığını tanımlamak için arayüz.....	32
Şekil 3.8 : Eleman atamak için arayüz.....	33
Şekil 3.9 : Lokal eksen belirlemek için arayüz.....	33
Şekil 3.10 : Mander beton modeli.....	35
Şekil 3.11 : Kesitte ve boyuna doğrultuda etkin sargı alanının hesaplanması.....	36
Şekil 3.12 : Perform-3D gerilme-birim şekildeğiştirme ilişkisi.....	37
Şekil 3.13 : Çelik gerilme-birim şekildeğiştirme ilişkisi	37
Şekil 3.14 : Sargısız gerilme-birim şekildeğiştirme ilişkisi.....	38
Şekil 3.15 : Sargılı gerilme-birim şekildeğiştirme ilişkisi.....	38
Şekil 3.16 : Materials sekmesindeki “inelastic steel material, non-buckling” arayüzü.....	39
Şekil 3.17 : S420b donatı çeliğine ait malzeme bilgileri.....	39
Şekil 3.18 : S420b donatı çeliği histeretik davranış bilgileri.....	40
Şekil 3.19 : Materials sekmesindeki “inelastic concrete material” arayüzü.....	41

Şekil 3.20	: Sargısız betona ait gerilme-birim şekildeğiştirme değerleri.....	41
Şekil 3.21	: Histeretik davranış giriş arayüzü.....	41
Şekil 3.22	: “Column, inelastic fiber section arayüzü”.....	42
Şekil 3.23	: “Structural fibers” arayüzü.....	43
Şekil 3.24	: Konsol kolonda plastik mafsallın görünüşü.....	43
Şekil 3.25	: “Compound” arayüzü.....	44
Şekil 3.26	: “Basic components” arayüzü.....	44
Şekil 3.27	: “Properties” arayüzü.....	45
Şekil 3.28	: “Nodal loads” arayüzü.....	46
Şekil 3.29	: “Limit states” arayüzü.....	46
Şekil 3.30	: Analiz fazına ait araç çubuğu.....	47
Şekil 3.31	: “Load cases” arayüzü “gravity” yük durumu.....	47
Şekil 3.32	: “Load cases” arayüzü “static push-over” yük durumu.....	48
Şekil 3.33	: “Load cases” arayüzü “dynamic earthquake” yük durumu.....	48
Şekil 3.34	: “Analysis series” arayüzü.....	49
Şekil 3.35	: “Modal damping” giriş sekmesi.....	49
Şekil 4.1	: S30_%1 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.....	51
Şekil 4.2	: S30_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği	51
Şekil 4.3	: S40_%1 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği	52
Şekil 4.4	: S40_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği	52
Şekil 4.5	: S50_%1 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği	53
Şekil 4.6	: S50_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği	53
Şekil 4.7	: S60_%1 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği	54
Şekil 4.8	: S60_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği	54
Şekil 4.9	: S40_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift ilişkisi	55
Şekil 4.10	: S30_%1 kolonu PGA-drift grafiği.....	56
Şekil 4.11	: S60_%1 kolonu PGA-drift grafiği.....	56
Şekil 4.12	: S30_%2 kolonu PGA-drift grafiği.....	57
Şekil 4.13	: S60_%2 kolonu PGA-drift grafiği.....	57
Şekil 4.14	: S30_%1 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.....	58
Şekil 4.15	: S60_%1 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.....	58
Şekil 4.16	: S30_%2 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.....	59
Şekil 4.17	: S60_%2 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.....	59
Şekil 4.18	: S30_%1 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.....	60
Şekil 4.19	: S60_%1 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.....	60
Şekil 4.20	: S30_%2 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.....	61
Şekil 4.21	: S60_%2 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.....	61
Şekil 4.22	: S30_%1 kolonu Sa-drift grafiği.....	62
Şekil 4.23	: S60_%1 kolonu Sa-drift grafiği.....	62
Şekil 4.24	: S50_%1 kolonu PGA-drift grafiği.....	63
Şekil 4.25	: S50_%2 kolonu PGA-drift grafiği.....	63

Şekil 4.26	: S50_%1 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.....	64
Şekil 4.27	: S50_%2 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.....	64
Şekil 4.28	: S50_%1 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.....	65
Şekil 4.29	: S50_%2 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.....	65
Şekil 4.30	: S50_%1 kolonu Sa-drift grafiği	66
Şekil 4.31	: S50_%2 kolonu Sa-drift grafiği	66
Şekil 4.32	: İleri yönlenme içeren deprem altında tüm kolonların Sa-drift grafiği.....	67
Şekil 4.33	: İleri yönlenme içermeyen deprem altında tüm kolonların Sa-drift grafiği.....	67
Şekil A.1	: S60_%1 kolonu moment-eğrilik ilişkisi.....	74
Şekil A.2	: S60_%2 kolonu moment-eğrilik ilişkisi.....	74
Şekil B.1	: S60_%1 kolonu taban kesme kuvveti-görelî kat ötelenmesi oranı grafiği	74
Şekil B.2	: S60_%1 kolonu taban kesme kuvveti-görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.....	75
Şekil C.1	: S30_%1 kolonu S _a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği	75
Şekil C.2	: S30_%1 kolonu S _a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.	76
Şekil C.3	: S30_%2 kolonu S _a -görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.....	76
Şekil C.4	: S30_%2 kolonu S _a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği	77
Şekil C.5	: S30_%2 kolonu S _a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.	77
Şekil C.6	: S40_%1 kolonu PGA-görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.....	78
Şekil C.7	: S40_%1 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.....	78
Şekil C.8	: S40_%1 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.....	79
Şekil C.9	: S40_%1 kolonu S _a -görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.....	79
Şekil C.10	: S40_%1 kolonu S _a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği	80
Şekil C.11	: S40_%1 kolonu S _a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.	80
Şekil C.12	: S40_%2 kolonu PGA-görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.....	81
Şekil C.13	: S40_%2 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.....	81
Şekil C.14	: S40_%2 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.....	82
Şekil C.15	: S40_%2 kolonu kolonu S _a -görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.....	82
Şekil C.16	: S40_%2 kolonu S _a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği	83
Şekil C.17	: S40_%2 kolonu S _a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.	83
Şekil C.18	: S50_%1 kolonu S _a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği	84
Şekil C.19	: S50_%1 kolonu S _a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.	84
Şekil C.20	: S50_%2 kolonu S _a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği	85
Şekil C.21	: S50_%2 kolonu S _a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.	85
Şekil C.22	: S60_%1 kolonu S _a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği	86
Şekil C.23	: S60_%1 kolonu S _a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.	86
Şekil C.24	: S60_%2 kolonu S _a -görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.....	87
Şekil C.25	: S60_%2 kolonu S _a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği	87
Şekil C.26	: S60_%2 kolonu S _a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.	88

SEMBOL LİSTESİ

A_s	: Boyuna donatı alanı
b_0, h_0	: Çekirdek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan boyutlar
ϵ_{co}	: Betonda plastik şekildeğiştirmelerin başladığı şekildeğiştirme sınırı
ϵ_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi
f_c	: Sargısız beton basınç dayanımı
f_{cc}	: Sargılı beton basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ctk}	: Betonun çekme dayanımı
f_{ex}, f_{ey}	: İlgili doğrultulardaki etkili sargılama basınçları
f_{su}	: Kopma dayanımı
f_{yk}	: Karakteristik akma dayanımı
f_{yw}	: Enine donatı akma dayanımı
Φ	: Donatı çeliği çapı
E_c	: Beton elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
E_{sec}	: Sekant elastisite modülü
k_e	: Sargılama etkinlik katsayısı
L	: Kolon boyu
λ_c	: Sargılı beton basınç dayanımı ile sargısız beton basınç dayanımı arasındaki ilişki katsayısı
μ_c	: Poisson oranı
ρ_t	: Boyuna donatı oranı

YAKIN FAY DEPREMLERİ ETKİSİNDEKİ KONSOL KOLONLARIN PERFORMANSI

ÖZET

Ülkemizde, prefabrik betonarme taşıyıcı sistemler ekonomik ve inşaat süresinin kısa olmasından dolayı sıklıkla endüstriyel yapılarda kullanılmaktadır. Taşıyıcı sistem genelde soket biçimindeki temellere oturtulmuş, konsol olarak çalışan kare kesitli kolonlar ile bu kolonlara mafsallı olarak bağlanmış kirişlerden oluşmaktadır. Bu tip sistemlerin deprem etkisinde her iki deprem doğrultusunda da aynı davranışı gerçekleştirmesi beklenmektedir.

17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sonucunda, çok sayıda endüstri tipi prefabrik betonarme bina göçmüş ya da ağır hasara uğramıştır. Yerinde yapılan incelemeler sonucunda binaların başlıca göçme nedenlerinin kolon taban kesitindeki mafsallaşmalar olarak belirlenmiştir. Kolon tabanında plastik mafsal oluşmasının ana nedeni yetersiz yanal rijitlik, dayanım ve sünekliktir. Güncel çalışmalar yapının konumunun (fay hattına yakınlığının) deprem durumunda yapı davranışı üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Yakın fay depremlerinin karakteristikleri özellikle de maksimum yer hızı değerinin yüksek olması, bu depremleri uzak depremlere göre çok daha yıkıcı yapmaktadır.

Prefabrik betonarme kolon elamanlarının deprem anındaki davranışını anlayabilmek için 30x30 cm, 40x40 cm, 50x50 cm, 60x60 cm boyutlarında ve her bir kesit boyutu için %1 ve %2, boyuna donatı oranlarını içeren 8 adet kolonun Artımsal Dinamik ve Statik İtme Doğrusal Olmayan Analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler ile prefabrik betonarme kolonların performansının artan kesit boyutu ve artan donatı oranına bağlı olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Tüm kolonlar için eksenel yük düzeyi %10 alınmıştır.

Dünyanın çeşitli bölgelerinde meydana gelmiş yakın fay (near-fault) yer hareketlerinden elde edilmiş 50 adet ivme kaydı (Sehhati, Rodriguez –Marek)’in yayınından seçilerek doğrusal olmayan Artımsal Dinamik Analizde kullanılmıştır. İvme kayıtları seçilirken maksimum yer ivmesi (PGA), maksimum yer hızı (PGV) ve fay hattına uzaklık gibi özellikler dikkate alınmıştır. Artımsal Dinamik Analiz için seçilen 6 depreme ait 50 yakın fay ivme kaydı kademe kademe artacak şekilde maksimum ivme değerinin 0,05 g değerinden 1,5 g değerine kadar 0,05 g’lik artımlarla ölçeklendirilmiştir. İvme kayıtları SeismoSignal programında spektral ivme kayıtlarına dönüştürülmüştür.

Bu çalışmada moment-eğrilik, beton ve donatı çeliğinin gerilme-birim şekildeğiştirme diyagramlarının oluşturulması için XTRACT programından yararlanılmıştır.

Perform-3D programında, Artımsal Dinamik Analiz için doğrusal olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz serileri ve Statik İtme Analiz gerçekleştirilmiştir.

Aynı boyuna donatı oranına sahip prefabrik kolonların performansı değerlendirildiğinde, kesit boyutunun artırılmasının kolonda oluşacak hasar miktarının azalmasına neden olduğu açıkça görülebilmektedir. İleri yönlendirme etkisi içeren yakın fay depremleri içermeyenlere göre çok daha yıkıcı olabilmektedir.

Beşinci bölümde, tez çalışması boyunca elde edilen sonuçlar ışığında yapılan genel değerlendirmeler yer almaktadır.

PERFORMANCE OF CANTILEVER COLUMNS SUBJECTED TO NEAR-FAULT GROUND MOTIONS

SUMMARY

In Turkey, precast concrete structural systems are commonly used in industrial facilities because of their economy and construction speed. In general, the structural configuration consists of square-shaped cantilever columns founded in socket type foundations and with simply supported beams. This type of framing is expected to behave similar in two main earthquake directions.

During the M_w 7.4 earthquake that struck northwestern Turkey on August 17, 1999 many precast industrial buildings collapsed or were extensively damaged. Based on site investigations, main reasons of the building collapse were defined as plastic hinging at the base of columns. The main reason of plastic hinging at column base is insufficient lateral rigidity, strength and ductility. Recent investigations have shown that the response of structures exposed to earthquake loading is affected by location of structure closeness to fault line. The primary characteristics of near-fault ground motions, especially high peak ground velocity (PGV), make near-fault earthquakes more destructive compared to far fault ground motions.

To define “exact” behavior of prefabricated column elements under seismic excitation, nonlinear time history analysis were performed using various sectional dimensions (30x30 cm, 40x40 cm, 50x50 cm, 60x60 cm) and for each cross sectional dimension, two longitudinal reinforcement ratio (1%, 2%) were studied. The main purpose of the current study is to investigate the performance of RC precast columns due to increasing sectional dimensions and longitudinal reinforcement ratio. All columns were subjected to the axial force of 10% of the axial force capacity for the axial load level.

Acceleration records of 50 obtained near-fault ground motions occurring at various regions of the world were subjected to the column models in the Incremental Dynamic Analyses by selecting (Sehhati, Rodriguez-Marek) 's paper . While selecting earthquake records, different characteristics were considered such as peak ground acceleration (PGA), peak ground velocity (PGV), closeness to fault line, etc. For all earthquakes, the scale factors used in the second scaling ranged from 0.05 g to 1.5 g with an increment of 0.05 g. Acceleration records, converted to spectral acceleration records by using SeismoSignal software.

In this study, it is derived benefit from a cross-sectional analysis program XTRACT, to generate the moment-curvature and stress-strain diagrams of concrete and reinforcing steel.

Nonlinear Time History Analysis series and Pushover analyses was performed by using Perform-3D program.

When evaluating the performance of precast columns having the same longitudinal reinforcement ratio, it can be clearly seen that increasing cross-sectional dimensions

is the cause of decrease of the amount of damage occurring in column. Near-fault with forward-directivity earthquakes caused more damage compared to the ones which does not include the effect.

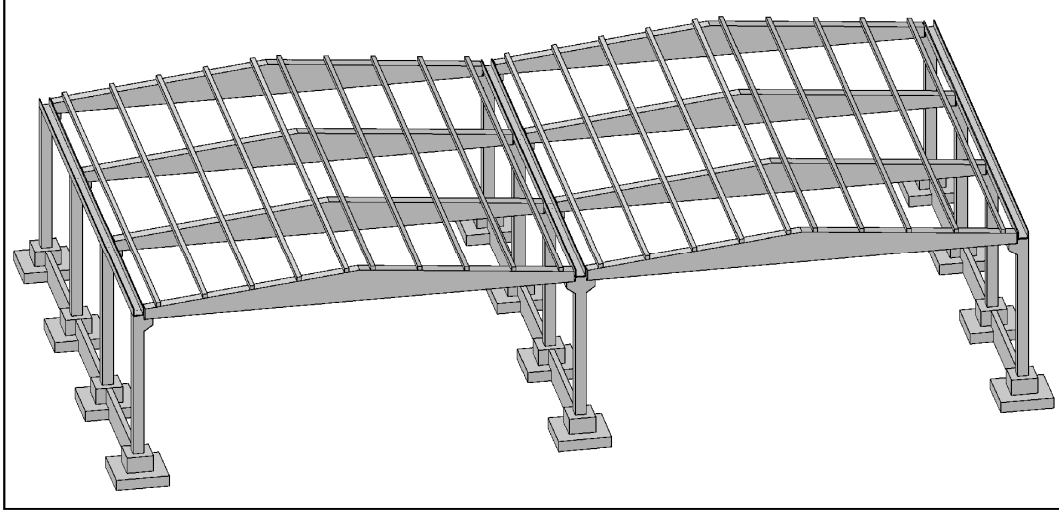
In the fifth chapter, a general evaluation is presented in the light of the results obtained from the thesis.

1.GİRİŞ

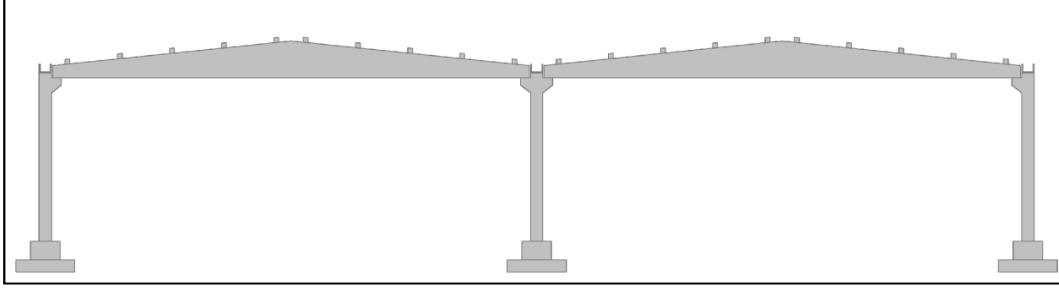
1.1 Prefabrike Yapı Sistemleri

Gelişmiş ve endüstrileşmiş ülkelerde, bina projelerinin yapım sürecinde prefabrik betonarme yapı elemanları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir bina projesinde, prefabrik betonarme yapı elemanlarının kullanılmasının birçok yararı vardır. Bu yararlar kısaca, proje toplam maliyetinin azaltılması, projenin hızlı bir şekilde tamamlanması, yapı elemanlarında istenilen kalite ve dayanımın sağlanması, malzeme israfının azaltılması, modülerizasyon ve standardizasyon olanaklarının artırılması ve şantiyede meydana gelebilecek olan iş kazası sayısının önemli ölçüde azaltılabilmesi şeklinde özetlenebilir. Avrupa’da, özellikle Kuzey Avrupa ülkelerinde, prefabrik betonarme yapı sistemleri yarım asrı aşkın bir süredir yaygın bir şekilde başarı ile uygulanmaktadır. Türkiye’de ise, betonarme yapı elemanlarının prefabrikasyonu ile ilgili çalışmalar 1960’lı yılların başında başlamıştır. Ancak, ilk çalışmaların istenilen sonuçları vermemesi nedeniyle sektör yeterli desteği alamayarak hedeflenen seviyeye ulaşamamıştır. Günümüzde, prefabrik betonarme yapı sistemleri genellikle sanayi yapılarının inşaatında kullanılmaktadır [6].

Türkiye’deki sanayi yapılarının, %90’ı prefabrik taşıyıcı sisteme sahip olduğu Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de görülmektedir. Bu yapılar hızlı imalat ve sanayi yapılarının ihtiyaç duyduğu geniş açıklık imkânları dolayısıyla tercih edilmektedir. Prefabrik sanayi yapılarının tasarımında 1998 yılına kadar 1975 tarihli “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, 1998 yılından “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği 2007 yılına kadar ise 1998 tarihli “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” dikkate alınmıştır. 1998 Adana ve 1999 Marmara depremlerinden sonra prefabrik sanayi yapılarında gözlenen hasarlar, bu yapıların deprem performanslarının ciddi olarak sorgulanmasına sebep olmuştur. Sanayi yapılarında meydana gelecek hasarlar can kaybının yanı sıra ciddi ekonomik kayba sebep olacaktır. Dolayısıyla Türkiye’deki prefabrik sanayi yapılarının deprem riskinin ortaya konması, gerekli önlemlerin alınması bakımından önemlidir [9].



Şekil 1.1 : Türkiye’de yaygın olarak uygulanan tek katlı prefabrik sanayi yapısının görünüşü [5].



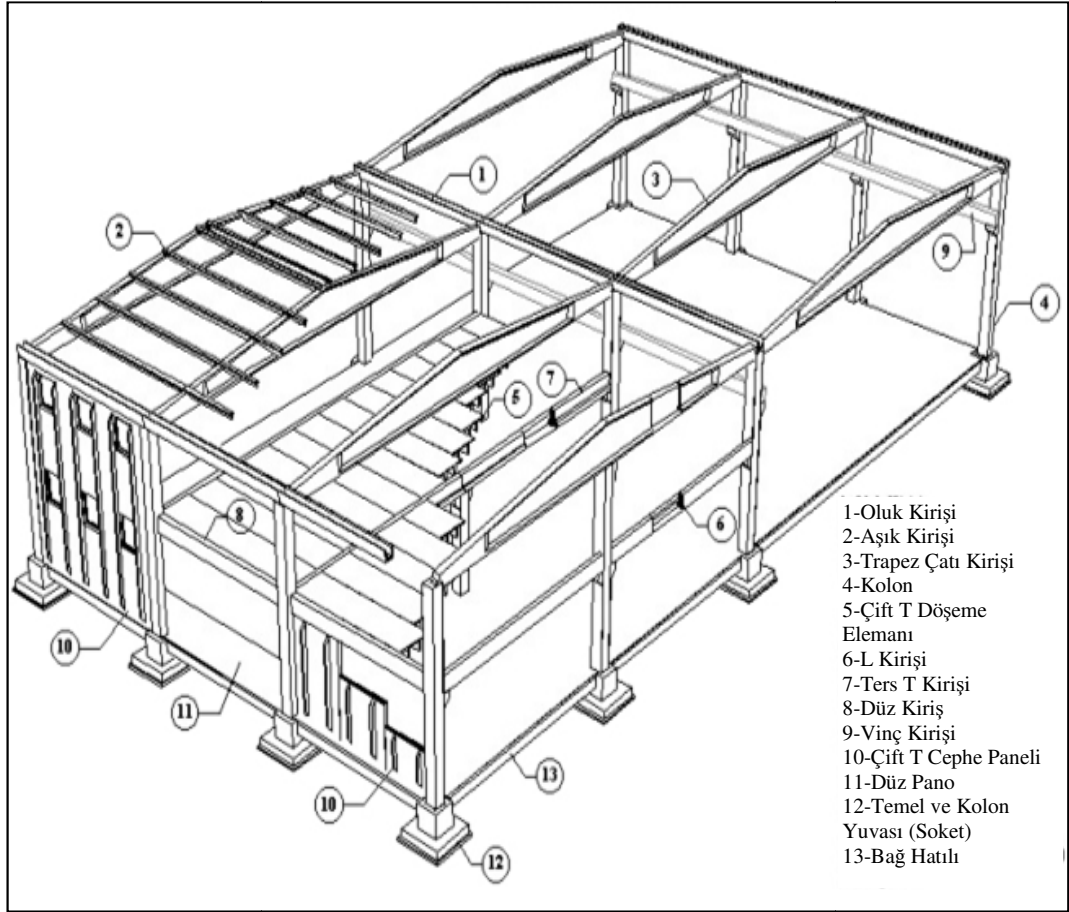
Şekil 1.2 : Prefabrik sanayi yapısının önden görünüşü [5].

1.1.1 Prefabrik betonarme yapı elemanları

Bu bölümde konut, hizmet ve endüstri binalarının yapımında kullanılan betonarme prefabrike (ön yapım) yapı elemanlarının özellikleri incelenmektedir.

Birleştirildiklerinde bir taşıyıcı sistemi meydana getiren ve atölyelerde önceden imal edilmiş olan betonarme veya öngerilmeli beton kısımlara prefabrike eleman adı verilmektedir.

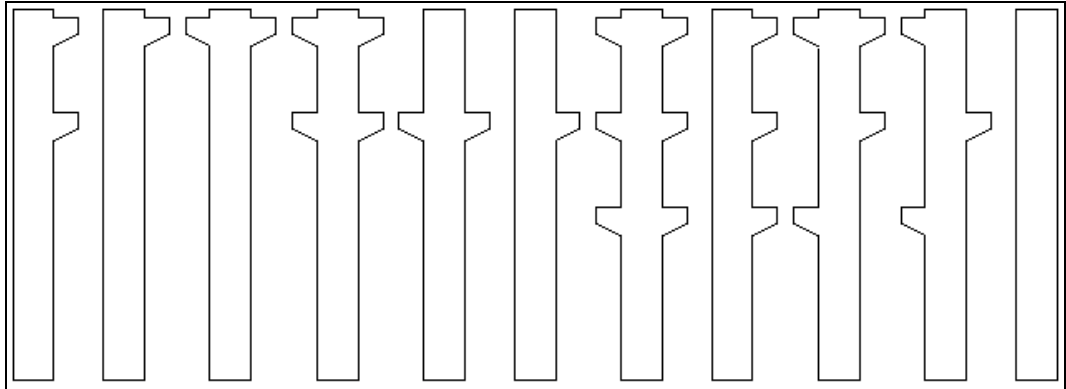
Kiriş, kolon, çerçeve, kemer gibi çubuk elemanlar ile döşeme ve duvar yapmak için kullanılan ve pano denen düzlemsel elemanlar ve kabuk kısımlarından oluşan kabuk elemanlar şeklinde olabilirler, Şekil 1.3’de görülmektedir. Elemanlar diğer elemanlarla birleşim yerlerinde, gerekli iç kuvvet aktarılmasına imkân verecek form ve donatıya sahip olmalıdırlar.



Şekil 1.3 : Betonarme prefabrike bir yapı örneği [4].

1.1.1.1 Kolon elemanlar

Kolon elemanlar Şekil 1.4’de görüldüğü gibi, bir, iki veya üç kat yüksekliğinde olabilirler. Kendileri ve kirişlerle birleşimleri mafsallı veya rijit olabilir. Kolonlar kirişlerin oturmaları için inceltilmiş uçlu konsollar veya kısa konsollar ihtiva edebilirler.



Şekil 1.4 : Prefabrike betonarme kolon tipleri.

1.2 Artımsal Dinamik Analiz (ADA)

Artımsal Dinamik Analiz (ADA), Vamvatsikos and Cornell tarafından geliştirilmiştir [1]. Artımsal Dinamik Analiz, performans dayalı deprem mühendisliğinde elastik olmayan sınır durumları incelemek için son zamanlarda alternatif bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır.

Artımsal Dinamik Analiz, yer hareketlerine maruz kalan yapıların sismik performansını belirlemek için oldukça güçlü bir araçtır. Artımsal Dinamik Analizde, sonraki her bir analiz için, yer hareketi şiddeti artacak şekilde tek bir yer hareketi ölçeklendirilir ve elde edilen bu yer hareketlerine maruz kalan belirli bir yapı için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler defalarca gerçekleştirilir. Yer hareketi kaydının, PGA, spektral ivme, spektral hız ve diğer parametrelerinden birisi ölçeklendirilir.

Her bir analiz için hasar ölçüsü olan taban kesme kuvveti, görelî kat ötelenmesi, plastik mafsal dönmesi, süneklik talebi, histeretik enerji sönümleme talebi, hasar indeksi ve kalıcı yerdeğiştirmenin maksimum değeri kaydedilir. Her bir analiz için çizilen Artımsal Dinamik Analiz eğrisi, hasar ölçü parametreleri-PGA veya diğeri şiddet ölçü parametreleri grafiğidir. Artımsal Dinamik Analiz (ADA) aracılığıyla toplanan veriler, yapıların davranışı için sezgi sağlayabilir ve Artımsal Statik İtme ve Dinamik Analiz arasındaki ilişki üzerine yeni bir ışık tutabilir [1, 2].

1.2.1 Artımsal dinamik analiz üzerine literatür araştırması

Olası deprem talep modellerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Talep modelleri, olası deprem talep analizi ve artımsal dinamik analiz kullanılarak formüle edilebilir. Talep modelleri, Kaliforniya karayolundaki üst geçite ait kolon içindir [18].

Artımsal dinamik analizin yaygın kullanımı anlatılmıştır. Artımsal dinamik analizin özellikleri NONLIN bilgisayar programı kullanılarak açıklanmıştır [19].

Artımsal dinamik analiz, aynı yer hareketinin artan şiddet düzeyinde doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz serileri gerektirir. Deprem yükünün şiddeti, genellikle birinci modun spektral ivmesi cinsinden ifade edilir. Bu çalışmada, böyle bir şiddet büyüklüğünün geçerliliği incelenmiştir. Var olan altı katlı çelik binanın, artımsal dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Uzak ve yakın yer hareketi kayıtlarının,

artımsal dinamik analiz sonuçlarına farklı deprem kaynak özelliklerinin etkisini incelemek için ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Çalışma, birinci mod spektral ivmenin $S_a(T_1, 5\%)$, artımsal dinamik analiz kapasite eğrilerini oluşturma bağlamında deprem şiddeti büyüklüğü olarak yetersiz ve eksik olduğunu ortaya koymuştur. Sismik değerlendirmede artımsal dinamik analizi daha anlamlı hale getirmek için alternatif şiddet ölçütlerinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu makalede, deprem şiddeti büyüklüğü olarak doğrusal olmayan sabit süneklikli spektradan gelen spektral büyüklükleri kullanan ön inceleme bildirilmektedir [20].

Döşemede boşluklu yapısal düzensizliklerde modelleme ve analiz sorunu mevcuttur. Bu yayında, yapıdaki dinamik tepki ve deprem talebi üzerine böyle yapısal düzensizliklerin etkisini doğru biçimde değerlendirmek için doğrusal olmayan statik itme analizi ve artımsal dinamik analiz kullanılmıştır. Talep tahminlerini karşılaştırmak için boşluk olan ve olmayan yapı modelleri kullanılarak hesaplanan mühendislik talep parametreleri oranları kullanılmıştır. Bu tip yapısal düzensizliklerin neden olduğu dinamik tepki büyütmelemlerini doğru şekilde yakalamak için artımsal dinamik analizin kullanılması gerektiği tespit edilmiştir [21].

Bu makalede, pratik yapıların artımsal dinamik analizinin hesap olarak oldukça büyük çaba gerektirdiği için, modal statik itme analizine dayanan yaklaşık bir yöntem geliştirilmiştir. Yayında sunulanlar, 20 yer hareketi kaydı için kesin ve yaklaşık yöntem tarafından hesaplanan SAC-Los Angeles'taki 3, 9 ve 20 katlı yapılar için artımsal dinamik analiz eğrileri ve sınır durum kapasiteleridir. Sonuçlar, modal statik itme analiz tabanlı yaklaşık yöntemin hesaplama süresini 30 kat (9 katlı yapı için) azalttığını göstermiştir [22].

Hasargörebilirlik eğrileri, deprem nedeniyle yapısal hasar olasılığını göstermek için faydalı araçlardır. Bu çalışmanın amacı, binaların kat sayısı esas alınarak 1975 Türk deprem yönetmeliğine göre tasarlanan İstanbul'daki orta yükseklikli betonarme çerçeveli binalar için hasargörebilirlik eğrileri oluşturmaktır. Örnek 3, 5 ve 7 katlı yapılar Türk deprem yönetmeliğine göre tasarlandı. Her bir örnek binanın akma ve göçme kapasitesini belirlemek için 12 yapay yer hareketini kullanarak bu örnek binalar için artımsal dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Hasargörebilirlik eğrileri, lognormal dağılımlı akma ve göçme hasar seviyeleri için elastik yalancı spektral ivme, maksimum yer ivmesi ve elastik spektral ivmeye göre oluşturuldu. Hasargörebilirlik parametreleri üzerine yapıların kat sayısından dolayı kaynaklanan

etkiyi incelemek için, hasargörebilirlik parametreleri ve yapı kat sayısı arasında regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Hasargörebilirlik parametrelerinin, yapı kat sayısından dolayı önemli ölçüde değiştiği gözlenmiştir [23].

Bolu ilinde kat sayıları 2 ile 7 arasında değişen 120 adet betonarme binanın gerçek proje bilgilerine göre yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda, Türkiye'deki tipik betonarme bina stoğuna uygulanabilecek hasargörebilirlik eğrileri elde edilmiştir. Belirli bir ivme spektrumuna uygun olarak üretilmiş 20 adet yer hareketi, gözönüne alınan binanın hakim periyoduna karşılık gelen spektral ivme değerine göre ölçeklendirilerek her bir yer hareketi düzeyi için tüm binaların Artımsal Dinamik Analizleri (ADA) yapılmıştır. Hasar düzeylerinin sınırları Park&Ang hasar indisi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak işlenmiş, her bir bina sınıfı ve hasar düzeyi için söz konusu hasar düzeyine ulaşma ve aşma olasılığını gösteren hasargörebilirlik eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen hasar görebilirlik eğrilerinde deprem istem parametresi olarak bina sınıfının hakim moduna karşılık gelen spektral ivme ya da spektral yerdeğiştirme seçilmiştir. Bu bildiride, çalışmada uygulanan yöntem özetlenmekte ve değişik bina sınıfları için elde edilen hasar görebilirlik eğrileri sunulmaktadır [24].

ADA, otoyol köprülerinden beklenen yapı tepkisi, hasar sonuçları ve finansal kayıpları incelemek için performansa dayalı deprem mühendisliği bağlamında yapılmıştır. Bu sayısal risk analizi işlemi şunlardan oluşur: yer hareketlerini seçmek, bir doğrusal olmayan prototip yapı modeli üzerinde ADA gerçekleştirmek, çeşitli yüzdelik performans sınırları içinde ADA sonuçlarını özetlemek ve parametrelerle tarif etmek ve risk miktarı ile ilgili sonuçları entegre etmek. Açıklayıcı bir örnek, Yeni Zelanda, Japonya ve Caltrans yönetmeliklerine göre tasarlanan betonarme otoyol köprü ayaklarıdır. Hasar görebilirliğin finansal sonuçları bakımından üç ülke arasında dört kat değişim olduğu açığa çıkmıştır [25].

Bu tezde, hem çelik moment aktaran çerçevelerde kat arası görelî kat ötelenmesini kontrol etmede doğrusal viskoz akışkan damperlerin kullanımı hem de deprem yüklerine maruz kalan bu moment aktaran çerçevelerin davranışını göstermenin yöntemi olarak artımsal dinamik analizin kullanımı ile ilgili çalışmanın detayları sunulmuştur [26].

Kazıkların doğrusal olmayan tepkisi, deprem etkisinden dolayı açık deniz platformlarının olası doğrusal olmayan davranışının en önemli kaynağıdır. Zeminin doğrusal olmama durumu, kazık zemin arayüzlerindeki süreksizlik durumu, zemin radyasyon sönümlemesi ve kazıkların yapısal doğrusal olmayan davranışları vasıtasıyla enerji yutmasını hesaba katan açık deniz platformlarının dinamik analizini sık sık gerçekleştirmek gereklidir. Bu makalede, kılıf ve zemin kazık sistemi modellenmiştir ve zemin, kazık ve yapı etkileşimi göz önünde bulundurulmuştur. Artımsal dinamik analiz (ADA), açık deniz platformlarının doğrusal olmayan davranışını incelemek için kullanılmıştır [27].

Bu çalışmada, artımsal dinamik analiz ile karşılaştırılması yoluyla betonarme çerçeveli yapılar için statik itme analiz yöntemlerini doğrulamak amaçlanmaktadır. Çok sayıda benzeştirilmiş zaman tanım alanında tepki spektrumu, artımsal dinamik analiz gerçekleştirmek için kullanılmıştır ve sonuçlar istatistiksel yönden analiz edilmiştir. Üç farklı statik itme analizi göz önünde bulunduruldu, bunlar, bilinen (birinci mod yük dağılımı, düzgün yük dağılımı) ve deplasmana dayalı uyarlamalı statik itme analizi (Adaptive Pushover) yöntemleridir. Üç durum ile ilgili olarak, dinamik analiz sonuçlarına karşı statik analiz sonuçlarının karşılaştırılması, kapasite eğrileri, katlar arası göreceli kat ötelenmesi, maksimum tepe yerdeğiştirmeleri açısından yapılmıştır [28].

Bu çalışmada, artımsal dinamik analiz yöntemini kullanmanın amacı, Victoria, B.C., Canada’ da bulunan 8 katlı eşmerkezli mesnetli çelik çerçevelerin performansa dayalı deprem tasarımının önemini belirtmek içindir [29].

Yüksek kulelerin performans çalışması son zamanlarda dikkat çekmektedir. Yüksek yapıların lokal ve global davranışını değerlendirmek için güçlü analiz metodları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, artımsal dinamik analiz, yüksek kulelere özellikle Tahran Telekomünikasyon kulesine tatbik edilmiştir. Üç farklı sonlu eleman modeli geliştirilmiştir. İlk model, ADA uygulanan iki boyutlu fiber giriş eleman modelidir. Diğer iki model, iki boyutlu modelin geçerliğini incelemek için kullanılan çok iyi sonlu elemanlara bölünmüş üç boyutlu elastik ve elastik olmayan çok eksenli elemana dayanan modellerdir. $S_a(T_1)$ ’in, PGA’dan daha etkili olduğu gözlenmiştir [30].

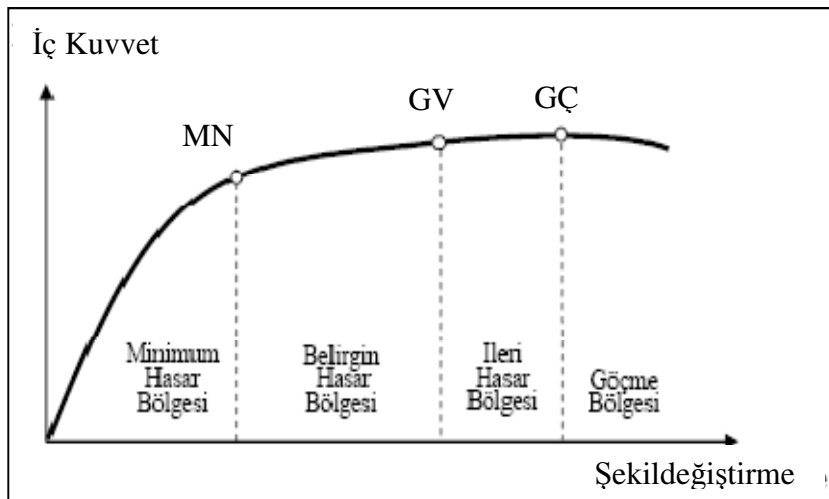
1.3 Performans Seviyeleri

Mevcut binaların performans değerlendirilmesi konusu 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (*DBYBHY*) içinde Bölüm 7’de yer almaktadır [12].

2007 Deprem Yönetmeliğinde performansın tanımı “Herhangi bir deprem etkisi altında binada oluşması muhtemel hasarların düzeyine ve bina içerisindeki dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği” şeklinde yapılmaktadır. Performans esaslı tasarımda yapı elemanlarının elastik ötesi davranış gösterdiği durum gözönüne alınarak hesap yapılmaktadır.

2007 Deprem Yönetmeliğinde sünek eleman kesitleri için minimum hasar sınırı (MN), güvenlik sınırı (GV) ve göçme sınırı (GÇ) olarak 3 adet sınır durum tanımlanmıştır. Minimum hasar sınırı; kesitte elastik ötesi davranış başlangıcını, güvenlik sınırı; kesit dayanımının güvenli şekilde sağlandığı elastik ötesi davranış sınırını, göçme sınırı ise kesite ait göçme öncesi davranışın sınırını belirtmektedir.

Kritik kesitlerinin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar minimum hasar *bölgesinde*, MN ile GV arasında kalan elemanlar belirgin hasar bölgesinde, GV ile GÇ arasında kalan elemanlar ileri hasar bölgesi’nde, GÇ’yi aşan elemanlar ise *göçme bölgesinde* yer aldığı Şekil 1.5’de görülmektedir.



Şekil 1.5 : Kesit hasar bölgeleri [12].

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için Çizelge 1.1’de verilen değeri aşmayacaktır.

Çizelge 1.1 : Görelî kat ötelemesi sınırları.

Görelî Kat Ötelenmesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
	0,01	0,03	0,04

Beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiğî betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıdaki Çizelge 1.2’de tanımlanmıştır.

Çizelge 1.2 : Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri.

	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
ϵ_{cu}	0.0035		
ϵ_{cg}		0.0135	0.018
ϵ_s	0.01	0.04	0.06

1.4 Tezin Amacı ve Kapsamı

Literatürde bahsedildiğî üzere Türkiye’deki sanayi yapılarının yaklaşık %90’ını prefabrik sanayi yapıları oluşturmakta ve bu öneme binaen, farklı kolon enkesit boyutu ve boyuna donatı oranı parametrelerine bağılı olarak 8 tip 1/1 ölçekli prefabrik betonarme kolon modeli oluşturuldu [9].

Bu çalışmanın amacı, bu konsol kolonların, farklı düzeylerdeki 50 yakın fay (near-fault) deprem etkisi altındaki davranışının ve performansının belirlenmesidir. Bunun için tüm konsol kolonların doğrusal olmayan “Artımsal Dinamik Analizi” yapılmış; ayrıca doğrusal olmayan statik itme analizi (Pushover) gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar ışığında tüm konsol kolonların parametrik olarak genel davranış üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması ve performans irdelemesi yapılmıştır.

Çalışmada izlenen yol sırayla aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- a) Artımsal Dinamik Analiz (ADA) yönteminin incelenmesi,
- b) Statik İtme Analiz (Pushover) yönteminin incelenmesi,
- c) Prefabrik sanayi yapı sistemlerinin incelenmesi,
- d) Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinin incelenmesi,
- e) Sayısal incelemeye esas olan farklı tipteki konsol kolonların tasarlanması,
- f) Artımsal Dinamik Analiz için kullanılacak deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi,
- g) SeismoSignal programı marifetiyle yer hareketi ivme kayıtlarının spektral ivme kayıtlarına çevrilmesi [11],
- h) Konsol kolonların, XTRACT paket programında analizi yapılarak malzeme davranış modellerinin elde edilmesi [10],
- ı) Tüm kolonların, Perform-3D programında, Artımsal Dinamik Analiz için doğrusal olmayan Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz serilerinin ve Statik İtme Analizinin gerçekleştirilmesi [7],
- j) İleri yönlenme (forward directivity) etkisi içeren ve içermeyen yakın fay (near-fault) yer hareketlerinin yapı üzerindeki tesirini ortaya koymak,
- k) Yapılan analizlerden elde edilen sonuçların performans bazında ve parametrik olarak karşılaştırılmasıdır.

hazırlanmıştır. Tüm kolonlarda eksenel yük düzeyi %10, yükseklik 600 cm alınmıştır.

Bu prefabrik betonarme kolonların kesit boyutu ve yüksekliği, boyuna donatı yüzdesi, alanı ve çapı, enine donatı çapı ve aralığı, donatı sayısı ve yerleşimi, yük düzeyi, beton ve çeliğe ait malzeme bilgisi hakkındaki bilgiler aşağıda verilmiştir.

Prefabrik betonarme kolonların her birisi şu şekilde isimlendirilmiştir:

S30_%1: 30, kolonun 30×30 cm kesit boyutunda olduğunu, %1 ise kolondaki boyuna donatı yüzdesini göstermektedir.

Kolon modelleri, 2007 Deprem Yönetmeliği'ndeki yerel zemin sınıfı Z2 esas alınarak tasarlanmıştır.

Tüm prefabrik betonarme kolonların boyutlandırılmasında kullanılan beton ve çelik malzeme özellikleri Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de sunulmaktadır.

Çizelge 2.1 : Beton malzeme özellikleri.

Malzeme	Sınıfı	Ec (MPa)	fck (MPa)	fctk (MPa)	Poisson Oranı (μ_c)
Beton	C40	34000	40	2,2	0,2

Çizelge 2.2 : Çelik malzeme özellikleri.

Malzeme	Sınıfı	Es (MPa)	fyk (MPa)	fsu (MPa)
Donatı Çeliği	S420b	200000	420	550

2.1.1 S40_%2

S40_%2 kodlu kolon modeline ait karakteristik özellikler Çizelge 2.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.3 : S40_%2 kolonu genel özellikleri.

Bilgi Türü	Değeri
Kesit boyutu (b=h)	40×40 cm
Paspayı	2 cm
Kolon Yüksekliği (L)	600 cm
Boyuna Donatı Yüzdesi (ρ_t)	2%
Enine Donatı Çapı ve Aralığı	Φ8/100
Boyuna Donatı Sayısı	8
Yük Düzeyi	10%

Örnek olarak S40_%2 kodlu kolon modeline ait donatı hesabı Denk. (2.1) ve Denk. (2.2) vasıtasıyla ve yük hesabı Denk. (2.3) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$A_s = \rho_t \times b \times h / 8 \quad (2.1)$$

$$A_s = 0,02 \times 400 \times 400 / 8$$

$$A_s = 400 \text{ mm}^2$$

$$\Phi = \sqrt{\frac{4 \times A_s}{\pi}} \quad (2.2)$$

$$\Phi = \sqrt{\frac{4 \times 400}{\pi}}$$

$$\Phi = 22,56758 \text{ mm}$$

$$\Phi \cong 22 \text{ mm}$$

$$N = 0,10 \times f_{ck} \times b \times h \quad (2.3)$$

$$N = 0,1 \times 40 \times 400 \times 400$$

$$N = 640000 \text{ N} = 640 \text{ kN}$$

Tüm prefabrik betonarme kolon tiplerine ait özellikler, topluca aşağıdaki Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Kolonların karakteristik özellikleri.

Kesit	b=h (cm)	Paspayı (cm)	Yükseklik (L) (cm)	Boyuna donatı yüzdesi (%)	A_s (mm ²)	Eşdeğer Boyuna donatı	Enine donatı	Yük düzeyi (%)	Yük (kN)
S30_%1	30	2	600	1	113	8 Φ 12	Φ 8/100	10	360
S30_%2	30	2	600	2	225	8 Φ 16	Φ 8/100	10	360
S40_%1	40	2	600	1	200	8 Φ 16	Φ 8/100	10	640
S40_%2	40	2	600	2	400	8 Φ 22	Φ 8/100	10	640
S50_%1	50	2	600	1	313	8 Φ 20	Φ 8/100	10	1000
S50_%2	50	2	600	2	625	8 Φ 28	Φ 8/100	10	1000
S60_%1	60	2	600	1	450	8 Φ 24	Φ 8/100	10	1440
S60_%2	60	2	600	2	900	8 Φ 32	Φ 8/100	10	1440

2.2 Kullanılan Deprem Kayıtları

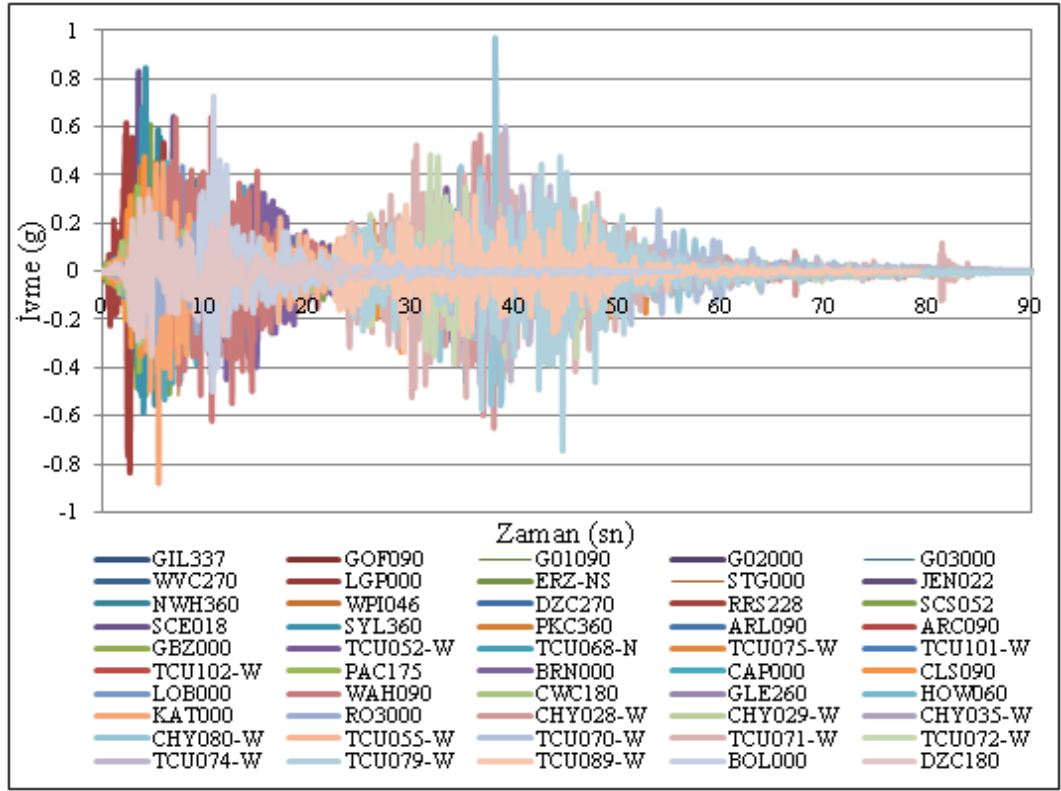
Artımsal Dinamik Analiz (Incremental Dynamic Analysis) için 8 tip prefabrik betonarme kolon Dünya’nın çeşitli bölgelerinde meydana gelmiş Çizelge 2.5’de

gösterilen 6 depreme ait 50 tane yer hareketi, (Sehhati, Rodriguez–Marek)’in makalesinden seçilmiştir [3]. Bu yer hareketlerine ait ivme kayıtları, Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Yer Hareketi Araştırma Motoru (PEER Ground Motion Search Engine) Veritabanı’ndan elde edilmiştir [16]. Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER) Yer Hareketi Veritabanı’nda verilen tüm yer hareketi kayıtları yerçekimi ivmesi (g) cinsindendir. Kullandığımız deprem kayıtlarından 27 tanesi ileri yönlenme (forward-directivity) etkisi içeren yakın fay (near-fault) yer hareketleridir. Deprem kayıtlarının alındığı istasyonların deprem merkezine uzaklığı 0,24 km-20 km, şiddeti 6,7-7,6, PGA’sı 0,12 g-0,968 g, PGV’si 8,1 cm/s-263,1 cm/s aralığında değişmektedir.

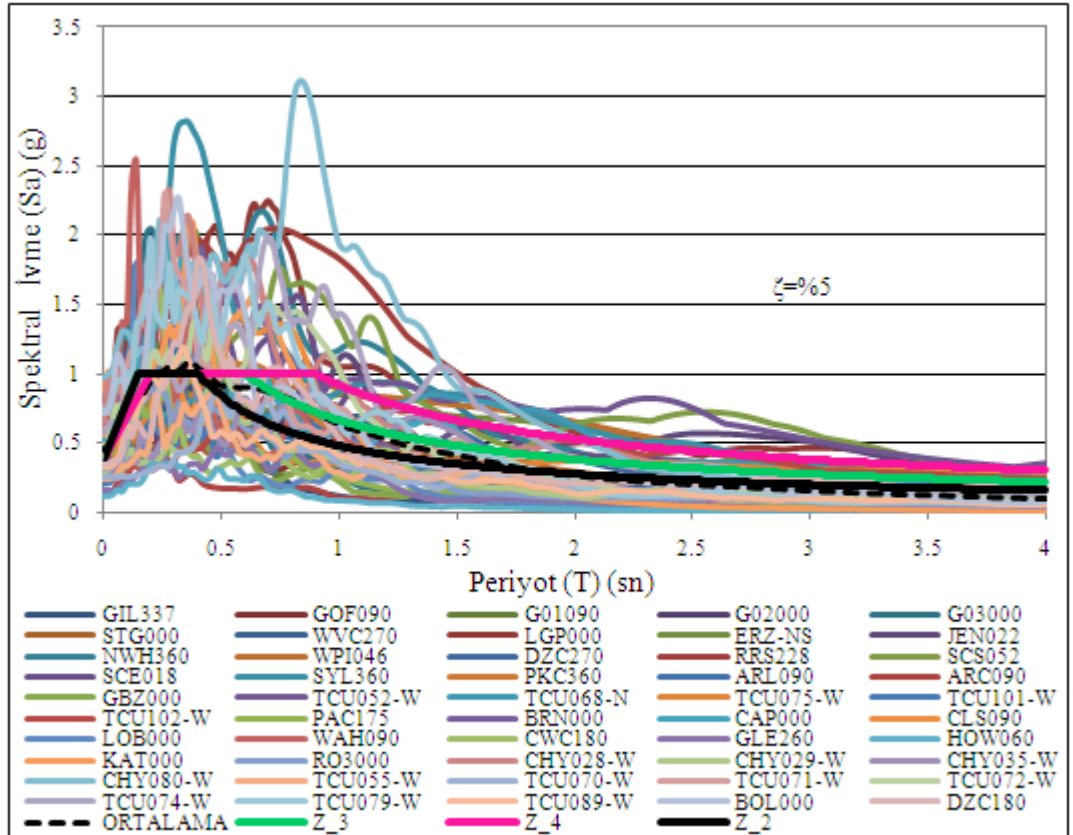
Çizelge 2.5 : Bu çalışmada kullanılan depremler.

Deprem	Tarih	Büyüklik
Loma Prieta (LP)	18.10.1989	6,9
Erzincan (EZ)	13.03.1992	6,9
Northridge (N)	17.01.1994	6,7
Kocaeli (K)	17.08.1999	7,4
Chi-Chi (CH)	20.09.1999	7,6
Düzce (D)	12.11.1999	7,1

Artımsal Dinamik Analiz esnasında kolonların maruz kaldığı yer hareketlerinin İvme-Zaman ve Elastik Spektral İvme-Periyot grafikleri Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 : Tüm depremlere ait ivme-zaman grafiği.



Şekil 2.3 : Elastik spektral ivme-periyot grafiği.

2.2.1 Yakın fay (near-fault) yer hareketleri

Yakın fay yer hareketi kayıtları, fay kırığından çok daha uzakta kaydedilen kayıtlardan oldukça farklı karakterlere sahip olabilir. Bu yer hareketleri, bazen hız-zaman kaydının başında büyük tekil vurumlar içerir ve özellikle sismik kaynak yakınlarında bulunan yapılar için hasar verici olabilmektedir. İlerleyen fayın doğrultusuna bağlı olarak arazinin topografyası yakın fay yer hareketlerinin ayırt edici özelliklerinde payı var. Fay kırığı, hemen hemen kayma dalga hızına eşit hızda araziye doğru ilerlediğinde, dalga yüzünün girişimi fayın normal doğrultusunda büyük genlikli ve kısa süreli hız tekil vurumlarına neden olabilmektedir.

Yakın istasyonlarda ileri yönlenme etkisi (forward directvity), yani kırığın istasyona doğru ilerlemesi, faya dik bileşende uzun periyotlu enerjinin çoğalmasına, genliğin paralel bileşenden büyük olmasına ve daha kısa deprem süresine neden olmaktadır. İstasyondaki ivmenin tahmin edilenden yüksek olmasının nedeni ise, bir ileri yönlenme etkisi veya kötü zemin koşulları, ya da topografya etkisi nedeniyle oluşan büyütme olabilir ve bu olay genellikle "ileri yönlenme (forward directivity)" olarak adlandırılmaktadır. İleri yönlenme etkilerinden etkilenen yakın-fay yer hareketleri, deprem kayıtlarının başlangıcında hız tekil vurumlarını belirgin olarak göstermektedir. İleri yönlenme (forward-directivity), tekil vurumlar içeren yakın-fay yer hareketleri daha yüksek Maksimum Yer Hızına (PGV) sahiptir [3].

Prebabrik betonarme kolonların Artımsal Dinamik Analiz (ADA) esnasında maruz kaldığı ileri yönlenme (forward-directivity) etkisi içeren yakın fay (near-fault) yer hareketleri Çizelge 2.6’de detaylı bir şekilde listelenmiştir.

Prebabrik betonarme kolonların Artımsal Dinamik Analiz (ADA) esnasında maruz kaldığı ileri yönlenme (forward-directivity) etkisi içermeyen yakın fay (near-fault) yer hareketleri Çizelge 2.7’de detaylı bir şekilde listelenmiştir.

Çizelge 2.6 : İleri yönlenme (forward-directivity) içeren yer hareketleri.

Sıra No	Dosya Adı	Deprem Adı	İstasyon Adı	Veri Kaynağı	Uzaklık (km)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	Zaman Aralığı (sn.)	Veri Sayısı	Kayıt Süresi (sn.)
1	GIL337	Loma Prieta	47006 Gilroy - Gavilan Coll.	CDMG	11,6	0,325	22,3	4,59	0,005	7991	39,96
2	GOF090	Loma Prieta	57476 Gilroy - Historic Bldg.	CDMG	12,7	0,284	42	11,1	0,005	7991	39,96
3	G01090	Loma Prieta	47379 Gilroy Array #1	CDMG	11,2	0,473	33,9	8,03	0,005	7989	39,95
4	G02000	Loma Prieta	47380 Gilroy Array #2	CDMG	12,7	0,367	32,9	7,15	0,005	7990	39,95
5	G03000	Loma Prieta	47381 Gilroy Array #3	CDMG	14,4	0,555	35,7	8,21	0,005	7989	39,95
6	STG000	Loma Prieta	58065 Saratoga - Aloha Ave	CDMG	13	0,512	41,2	16,21	0,005	7991	39,96
7	WVC270	Loma Prieta	58235 Saratoga - W Valley Coll.	CDMG	13,7	0,332	61,5	36,4	0,005	7990	39,95
8	LGP000	Loma Prieta	16 LGPC	UCSC	6,1	0,563	94,8	41,18	0,005	4993	24,97
9	ERZ-NS	Erzincan	95 Erzincan		2	0,515	83,9	27,35	0,005	4262	21,31
10	JEN022	Northridge	0655 Jensen Filter Plant	USGS	6,2	0,424	106,2	43,06	0,02	1222	24,44
11	NWH360	Northridge	24279 Newhall - Fire Sta	CDMG	7,1	0,59	97,2	38,05	0,02	2000	40
12	WPI046	Northridge	90056 Newhall - W. Pico Canyon Rd.	USC	7,1	0,455	92,8	56,64	0,01	2499	24,99
13	DZC270	Kocaeli	Duzce	ERD	12,7	0,358	46,4	17,61	0,005	5437	27,19
14	RRS228	Northridge	77 Rinaldi Receiving Sta	DWP	7,1	0,838	166,1	28,78	0,005	2990	14,95
15	SCS052	Northridge	74 Sylmar - Converter Sta	DWP	6,2	0,612	117,4	53,47	0,005	8000	40
16	SCE018	Northridge	75 Sylmar - Converter Sta East	DWP	6,1	0,828	117,5	34,22	0,005	8000	40
17	SYL360	Northridge	24514 Sylmar - Olive View Med FF	CDMG	6,4	0,843	129,6	32,68	0,02	2000	40
18	PKC360	Northridge	24088 Pacoima Kagel Canyon	CDMG	8,2	0,433	51,5	7,21	0,02	2000	40
19	ARL090	Northridge	24087 Arleta - Nordhoff Fire Sta	CDMG	9,2	0,344	40,6	15,04	0,02	2000	40
20	ARC090	Kocaeli	Arcelik	KOERI	17	0,149	39,5	35,57	0,005	6000	30
21	GBZ000	Kocaeli	Gebze	ERD	17	0,244	50,3	42,74	0,005	5600	28
22	TCU052-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU052	CWB	0,24	0,348	159	184,4	0,005	18000	90
23	TCU068-N	Chi-Chi, Taiwan	TCU068	CWB	1,09	0,462	263,1	430	0,005	10093	50,47
24	TCU075-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU075	CWB	1,49	0,333	88,3	86,45	0,005	18000	90
25	TCU101-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU101	CWB	2,94	0,202	67,9	75,36	0,005	9800	49
26	TCU102-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU102	CWB	1,79	0,298	112,4	89,19	0,005	18000	90
27	PAC175	Northridge	24207 Pacoima Dam (downstr)	CDMG	8	0,415	45,6	5,06	0,02	1000	20

Çizelge 2.7 : İleri yönlenme (forward-directivity) içermeyen yakın fay (near-fault) yer hareketleri.

Sıra No	Dosya Adı	Deprem Adı	İstasyon Adı	Veri Kaynağı	Uzaklık (km)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	Zaman Aralığı (sn.)	Veri Sayısı	Kayıt Süresi (sn.)
1	BRN000	Loma Prieta	13 BRAN	UCSC	10,3	0,453	51,3	8,37	0,005	4993	24,97
2	CAP000	Loma Prieta	47125 Capitola	CDMG	14,5	0,529	36,5	9,11	0,005	7991	39,96
3	CLS090	Loma Prieta	57007 Corralitos	CDMG	5,1	0,479	45,2	11,37	0,005	7989	39,95
4	LOB000	Loma Prieta	58135 UCSC Lick Observatory	UCSC	17,9	0,45	18,7	3,84	0,005	7990	39,95
5	WAH090	Loma Prieta	14 WAHO	UCSC	16,9	0,638	38	5,85	0,005	4993	24,97
6	CWC180	Northridge	90009 N. Hollywood - Coldwater Can	USC	14,6	0,298	25	6,46	0,01	2192	21,92
7	GLE260	Northridge	90058 Sunland - Mt Gleason Ave	USC	17,7	0,157	14,5	4,29	0,01	2999	29,99
8	HOW060	Northridge	90059 Burbank - Howard Rd.	USC	20	0,12	9,5	2,25	0,01	2999	29,99
9	KAT000	Northridge	90055 Simi Valley - Katherine Rd	USC	14,6	0,877	40,9	5,29	0,01	2499	24,99
10	RO3000	Northridge	90006 Sun Valley - Roscoe Blvd	USC	12,3	0,303	22,1	7,84	0,01	3028	30,28
11	CHY028-W	Chi-Chi, Taiwan	CHY028	CWB	7,31	0,653	72,8	14,68	0,005	18000	90
12	CHY029-W	Chi-Chi, Taiwan	CHY029	CWB	15,28	0,277	30,3	14,73	0,005	18000	90
13	CHY035-W	Chi-Chi, Taiwan	CHY035	CWB	18,12	0,252	45,6	12,03	0,005	18000	90
14	CHY080-W	Chi-Chi, Taiwan	CHY080	CWB	6,95	0,968	107,5	18,6	0,005	18000	90
15	TCU055-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU055	CWB	6,88	0,237	26,2	9,95	0,005	11200	56
16	TCU070-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU070	CWB	19,1	0,255	52,1	48,09	0,005	18000	90
17	TCU071-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU071	CWB	4,94	0,567	44,4	13,76	0,005	18000	90
18	TCU072-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU072	CWB	7,36	0,489	71,7	38,64	0,005	18000	90
19	TCU074-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU074	CWB	13,67	0,597	73,3	20,44	0,005	18000	90
20	TCU079-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU079	CWB	10,04	0,742	61,2	11,11	0,005	18000	90
21	TCU089-W	Chi-Chi, Taiwan	TCU089	CWB	8,22	0,333	30,9	18,52	0,005	15800	79
22	BOL000	Duzce, Turkey	Bolu	ERD	17,6	0,728	56,4	23,07	0,01	5590	55,9
23	DZC180	Duzce, Turkey	Duzce	ERD	8,2	0,348	60	42,09	0,005	5177	25,89

2.3 Kullanılan Yazılımlar

Tez çalışması kapsamında, prefabrik betonarme kolonların malzeme davranış modelleri, kesitlerin davranışları, Statik İtme Analizi (Pushover) ve Artımsal Dinamik Analiz (ADA) için XTRACT ve Perform-3D bilgisayar programları kullanılmıştır.

2.3.1 Perform-3D

Perform-3D, deprem mühendisliği hesapları için geliştirilmiş ileri düzeyde doğrusal olmayan (nonlinear) hesap ve performans tabanlı deprem güvenliği değerlendirme yazılımıdır. 3D doğrusal olmayan statik itme analizi, 3D doğrusal olmayan zaman tanım alanında deprem tasarımı, kademeli yükleme, periyodik statik itme analizlerini yapabilmektedir.

Karmaşık perde duvarlı ve düzensiz yapılar doğrusal olmayan olarak çok farklı seçeneklerle deplasman-tabanlı veya dayanım-tabanlı limit durumlar için hesaplanabilirler. Çok çeşitli eleman tipleri desteklenmektedir. Bunlardan bazıları: (panel bölgesi dahil) kirişler, kolonlar, çaprazlar, delikli ve deliksiz perdeler, döşemeler, damperler ve sismik izolatörler.

Doğrusal olmayan analiz statik ve/veya dinamik olabilir ve aynı modelde çalıştırılabilir. Dinamik deprem yükünü takip eden statik itme analizinde olduğu gibi yükler herhangi bir sıra ile uygulanabilmektedir.

Perform-3D güçlü performans tabanlı tasarım olanakları sunar ve tüm elemanlar ve tüm limit durumlar için talep/kapasite (kullanım) oranlarını hesaplar. Performans tasarımları ATC-40, FEMA-356 veya ATC-440'a dayanır ve tam otomatiktir.

Perform-3D çıktıları şunları içerir; kapasite kullanım oranları grafikleri, enerji denge çizimleri, modal formlar, deplasmanlar, deplasman ve kuvvetlerin zaman tanım kayıtları, renkli konturlarla talep/kapasite grafikleri, ATC-40, FEMA-356 ve ATC-40 için pushover diyagramları, moment ve kesme kuvveti diyagramları, animasyonlu deplasmanlar, kullanım oranları, histeretik çevrim grafikleri [17].

2.3.2 XTRACT

XTRACT genel bir kesitte lineer olmayan hesap yapabilmektedir. Çözüm için kesitte otomatik olarak sonlu eleman ağı oluşturulmaktadır. Malzeme modelleri program

kütüphanesinde yer alanlar arasından seçilebileceği gibi kullanıcı tarafından da tanımlanabilir. Bu özellik farklı malzemeler kullanılarak oluşturulmuş kompozit kesitler için önemlidir [14].

XTRACT altı malzeme modeli sunuyor. Sargılı ve sargısız beton için Mander modelleri, İki-doğrulu (bilineer) çelik modeli, parabolik pekleşmeli iki-doğrulu model, Menegotto Pinto modeli ve kullanıcı tanımlı malzeme parametreleri çok çabuk girişi yapılabilir. Gerilme-şekildeğiştirme diyagramları doğruluk için görüntülenebilir. XTRACT, beton, çelik, öngerilmeli ve kompozit yapı kesitleri için moment-eğrilik, normal kuvvet-moment etkileşimi, moment-moment etkileşimi oluşturabilmektedir.

2.4 Model Doğrulamalar

Perform-3D programında Artımsal Dinamik Analizi gerçekleştirilecek olan prefabrik kolonlara ait malzeme davranış modelleri, XTRACT programında icra edilen analizler sonucunda elde edilmiştir. XTRACT programından alınan sargılı ve sargısız beton, çelik gerilme-birim şekildeğiştirme eğrileri, Perform-3D programında malzeme modeli girişi yapılabilmesi için uygun şekilde idealleştirilerek gerekli noktalara ait değerler tespit edilmiştir.

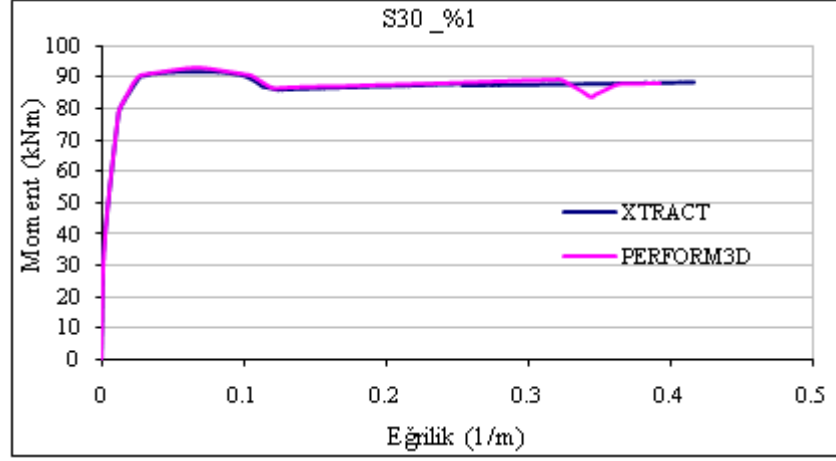
Moment-eğrilik ilişkisi dayanımı ve kesitin dönme kapasitesini belirler. Moment-eğrilik ilişkisi çıkarılırken malzeme modellerinin olabildiğince gerçekçi olması büyük önem taşımaktadır.

Eksenel kuvvetin etkisindeki betonarme bir kesitin davranışı moment-eğrilik ilişkisinden çok açık bir biçimde izlenebilmektedir.

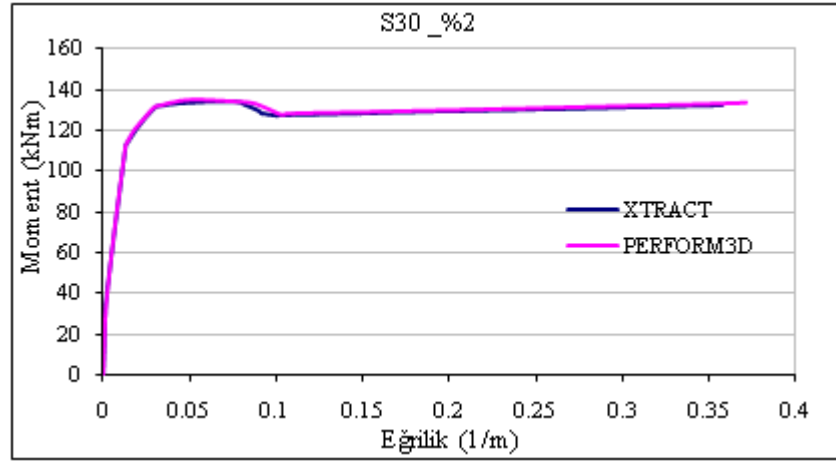
Perform-3D programında, modelin doğru girilip girilemediğini kontrol etmek amacıyla XTRACT ve Perform-3D programında hesaplanan moment-eğrilik ilişkileri karşılaştırılmıştır.

Perform-3D programında çıkan sonuçlar ile XTRACT programında üretilen moment-eğrilik ilişkisi sonuçlarındaki akma momenti ve eğriliği dahil o ana kadar birebir örtüştüğü, akmadan sonraki kısmın eğimi, en yüksek moment kapasitesinin hemen hemen uyumlu olduğu, maksimum dönme kapasitesinin bazı kolonlarda aynı, diğerlerinde de çok yakın olduğu görülmektedir.

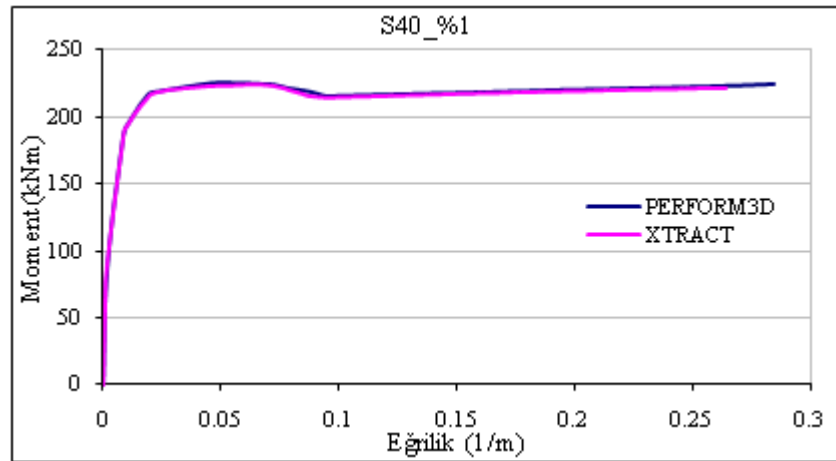
30×30 cm ve 40×40 cm 50×50 cm kesitlerine sahip prefabrik betonarme kolonlara ait karşılaştırmalı moment-eğrilik ilişkileri aşağıda Şekil 2.4'den Şekil 2.9'a, kadarki grafiklerde, diğerleri ise Ek A'da verilmiştir.



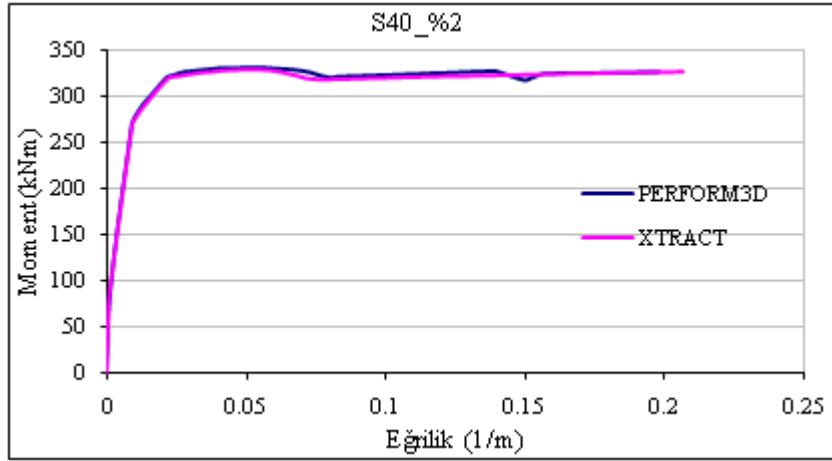
Şekil 2.4 : S30_%1 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.



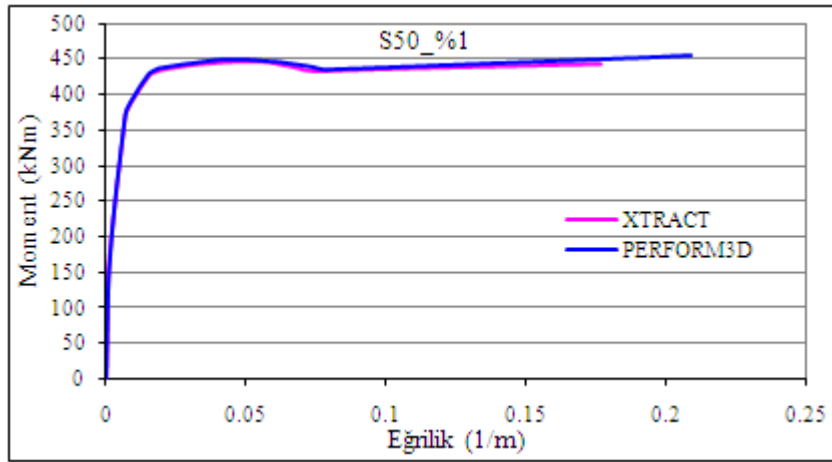
Şekil 2.5 : S30_%2 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.



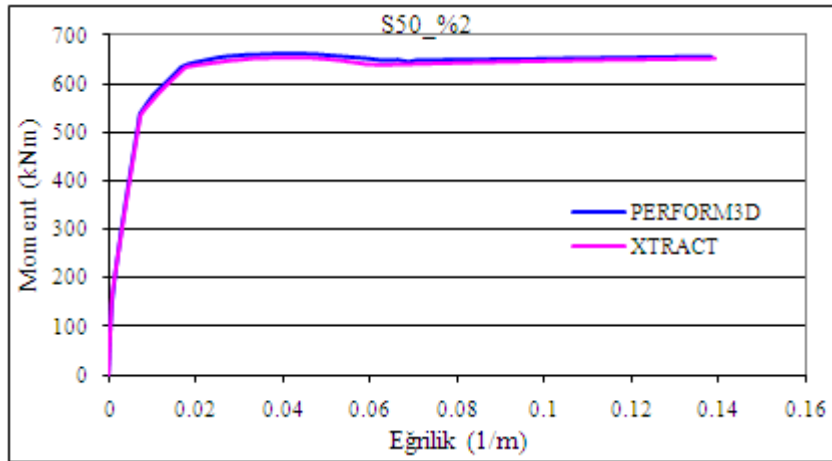
Şekil 2.6 : S40_%1 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.



Şekil 2.7 : S40_%2 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.



Şekil 2.8 : S50_%1 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.



Şekil 2.9 : S50_%2 kodlu kolona ait moment-eğrilik ilişkisi.

2.5 Prefabrik Kolon Statik İtme Analiz Sonuçları

Yapıların doğrusal olmayan davranışlarının dikkate alındığı hesap yöntemleri, özellikle son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapı sisteminin deprem etkisindeki davranışını temsil eden yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme durumu, yapının doğrusal olmayan davranışını esas alan çeşitli yöntemler ile elde edilebilmektedir. Yapı performansı, amaçlanan deprem istemi etkisinde yapıda oluşması beklenen hasar durumu ile ilişkilidir.

Performansa dayalı yapı tasarımı için uygun hesap yönteminin seçilmesi güncel bir konu olup, son yıllarda doğrusal olmayan hesap yöntemleri oldukça yaygınlaşmıştır. Doğrusal olmayan analiz için önerilen başlıca yöntemlerden biriside, statik itme analizidir.

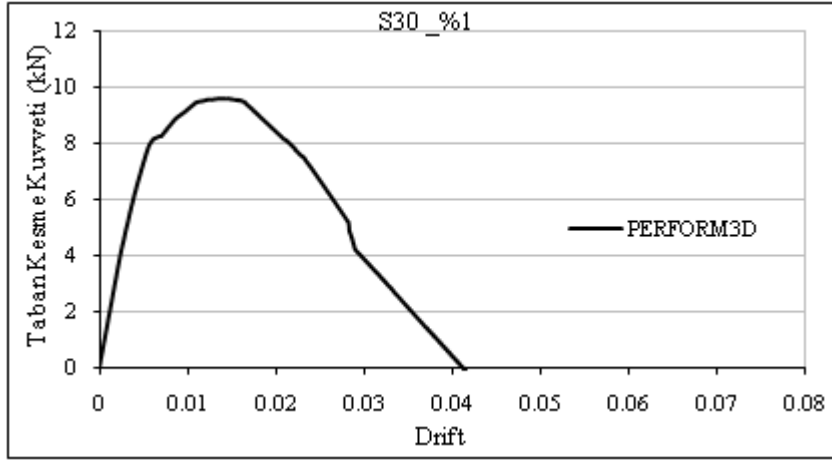
Doğrusal olmayan statik itme analizi, yapı sistemlerinin yerdeğiştirme istemlerinin ve buna bağlı olarak bina kapasitesinin belirlenmesi için basit bir yaklaşım biçimidir. Bu yöntemde, sisteme etkiyen yatay deprem kuvvetleri yapı yüksekliği boyunca çeşitli esaslara göre dağıtılmakta ve her bir analiz adımının sonunda da bir miktar arttırılmaktadır. Bu arttırma, deprem yerdeğiştirme istemine ulaşıncaya kadar devam ettirilmiştir. Daha sonra, taşıyıcı sisteme ait ‘Taban Kesme Kuvveti-Tepe Yatay Yerdeğiştirmesi’ eğrisinden yola çıkılarak yapının kapasite eğrisi değerlendirilerek yapısal performans izlenebilmektedir.

Tepe yerdeğiştirmesi; binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmeyi, Taban kesme kuvveti; her adımda eşdeğer deprem yüklerinin deprem doğrultusundaki toplamını ifade etmektedir.

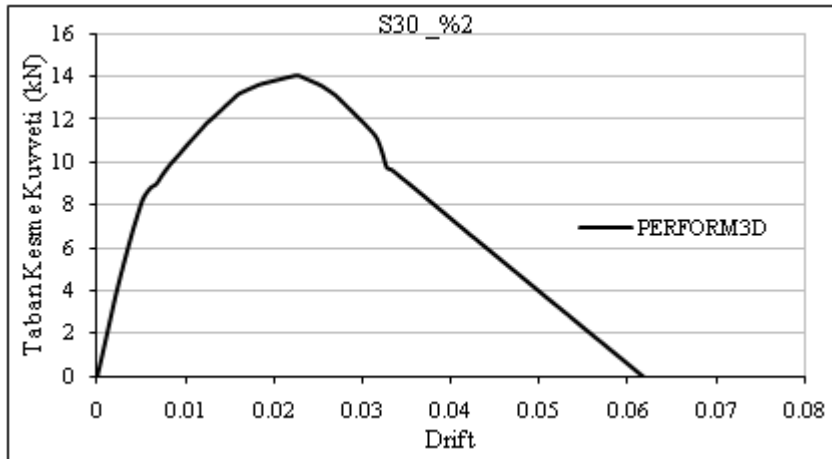
Yapının yatay dayanım ve yerdeğiştirme kapasitesi itme eğrisi ile ifade edilebilmektedir. Kuvvet veya yerdeğiştirme esaslı olarak gerçekleştirilebilen itme analizinin her adımı için yapı tabanında oluşan kesme kuvveti ile tepe yatay yerdeğiştirmesi değerleri grafiksel olarak gösterildiğinde aşağıdaki eğriler elde edilmiştir.

Perform-3D programında, prefabrik betonarme kolonların doğrusal olmayan statik itme (Pushover) analizi ikinci mertebe (P-Delta) etkileri göz önüne alınarak icra edilmiştir. 30×30 cm, 40×40 cm ve 50×50 cm kesitlerine sahip prefabrik betonarme

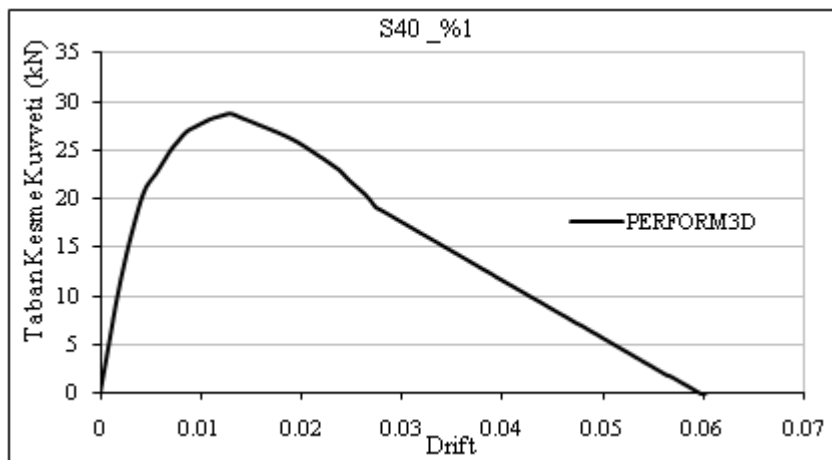
kolonlara ait Taban kesme kuvveti-Drift ilişkileri aşağıda Şekil 2.10'dan Şekil 2.15'e, kadarki grafiklerde, diğerleri ise Ek B'de verilmiştir.



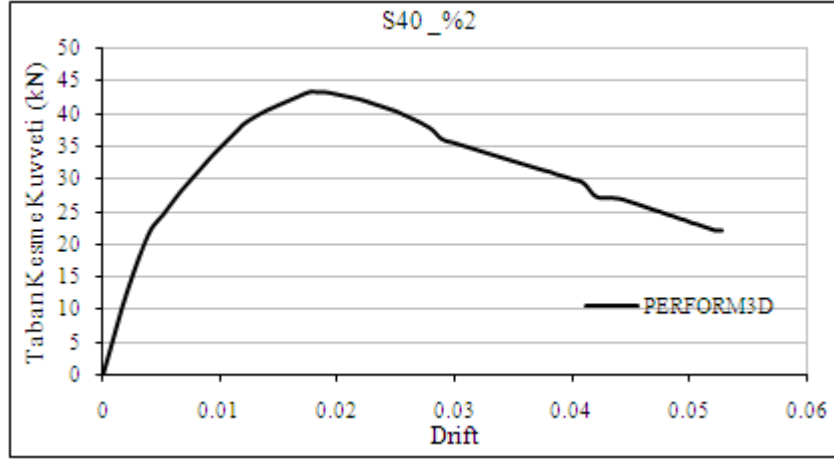
Şekil 2.10 : S30_%1 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.



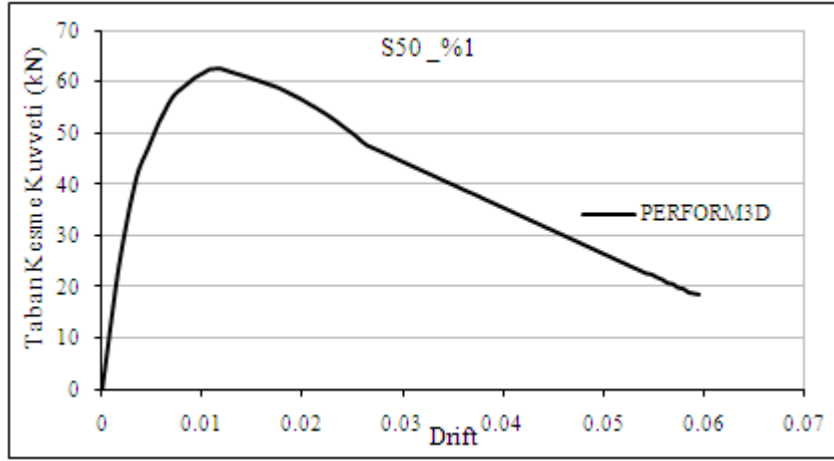
Şekil 2.11 : S30_%2 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.



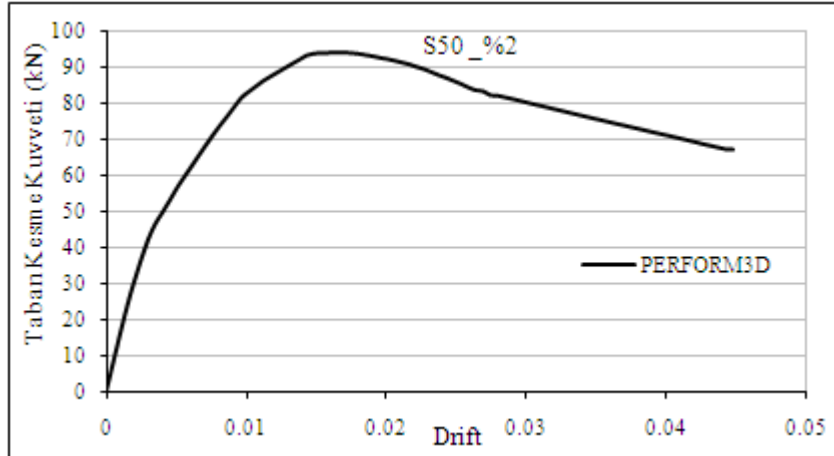
Şekil 2.12 : S40_%1 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.



Şekil 2.13 : S40_%2 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.



Şekil 2.14 : S50_%1 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.



Şekil 2.15 : S50_%2 kodlu kolona ait taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.

3. ARTIMSAL DİNAMİK ANALİZ (ADA)

Kolon enkesit boyutu ve boyuna donatı oranı parametrelerine bağlı olarak 8 tip prefabrik betonarme kolon modeli tasarlanmıştır. Artımsal Dinamik Analiz (ADA) için 6 depreme ait 50 yakın-fay yer hareketine maruz bırakılan bu prefabrik kolonlara, Perform-3D programında 12000 kez zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yapılmıştır. Yapılacak işlemler özetle Şekil 3.1’de verilen akış diyagramında gösterilmiştir.

- Prefabrik kolonların rijitlik, dayanım ve süneklikleri üzerinde etkili olduğu bilinen parametreler kolon enkesit boyutu, boyuna donatı oranı değişken olarak kullanılmıştır.
- Artımsal Dinamik Analiz için seçilen 6 depreme ait 50 yakın fay ivme kaydı kademe kademe artacak şekilde maksimum ivme değerinin 0,05 g değerinden 1,5 g değerine kadar 0,05 g’lik artımlarla ölçeklendirilmiştir. 8 tip prefabrik betonarme kolon modelinin maruz kaldığı depremler altında gerçekleştirilen Artımsal Dinamik Analiz için sayısal veriler Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 : Artımsal Dinamik Analize ait sayısal veriler.

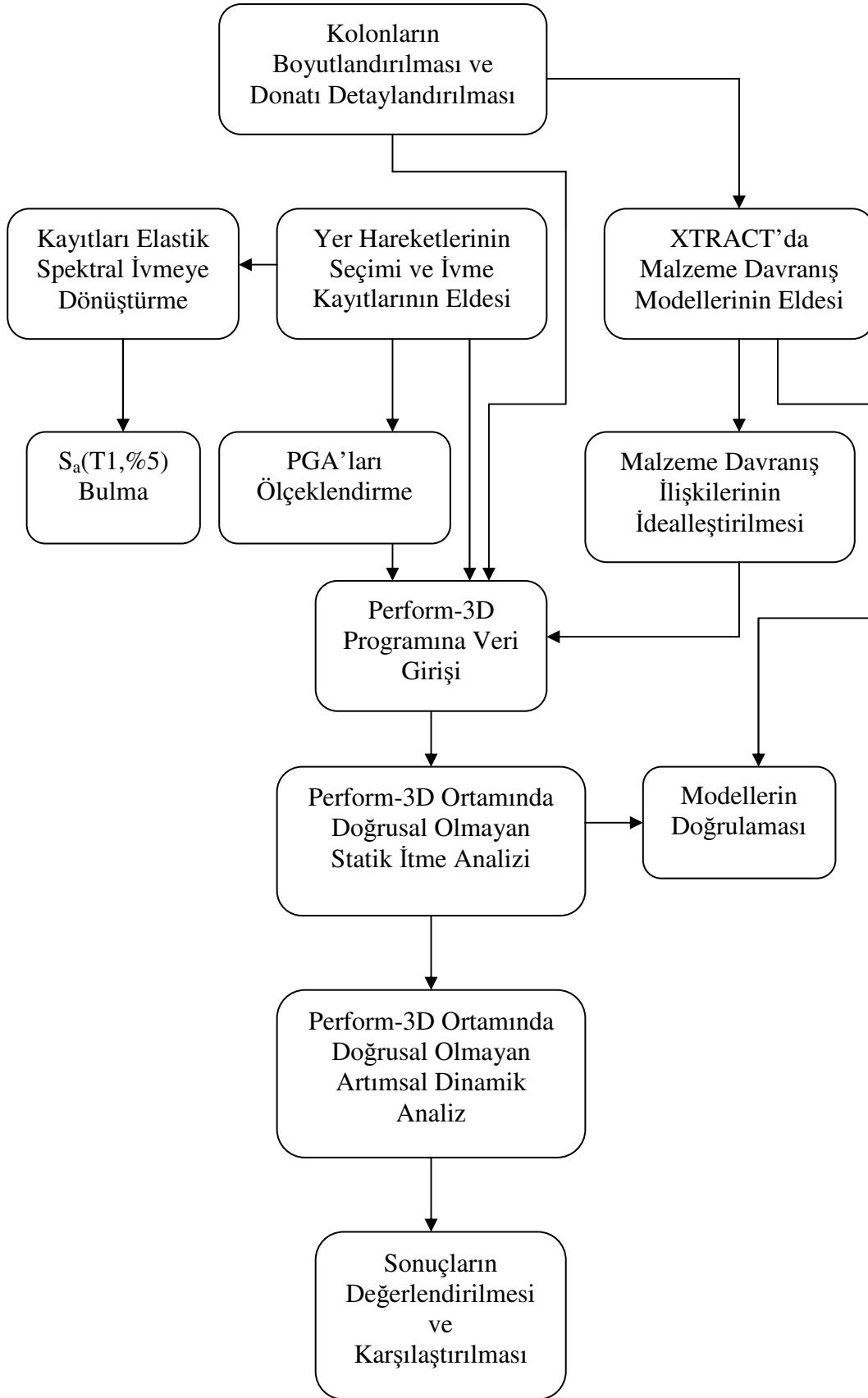
Model Sayısı	Deprem Sayısı	İvme Kayıt Sayısı	PGA Düzeyi Sayısı	ZTADOA Sayısı	Toplam Sonuç Dosyası Sayısı
8	6	50	30	12000	84000

Kesit moment-eğrilik ilişkisinin hesabında; beton için Mander sargılı ve sargısız modelleri, çelik için de pekleşmeli iki kollu davranış modeli kullanılmıştır. Kesit moment-eğrilik ilişkisinin hesabı, beton ve çelik davranış modellerinin oluşturulması için XTRACT programından yararlanılmıştır.

Hesaplarda yapılan varsayımlar:

- Prefabrik betonarme kolonların doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerinin plastik mafsalsal (plastik kesit) adı verilen kesitte toplandığı varsayılmıştır.

- Malzeme ve geometri değişimleri bakımından elemanlar doğrusal değildir.



Şekil 3.1 : ADA için yapılan işlemlerin akış şeması.

OVERALL STRUCTURE

THIS CAN NOT BE CHANGED

Structure Name

Force Unit Length Unit

Gravity Acceleration

STRUCTURES folder

THIS CAN BE CHANGED IF DESIRED

Structure Description

Minimum spacing between nodes Save changes every minutes

This is the minimum spacing in both the H and V directions. It determines the minimum element size. If you change this value, it applies only to new or moved nodes. Existing nodes are not affected.

Changes to the structure data are saved at this interval. If you do not want automatic saving, choose "Never".

Beep with error message? ☒ Yes ☐ No

This may turn the beep on or off when there is an error message, but it may not.

Şekil 3.3 : Yapı genel bilgi giriş arayüzü.

NODES

Nodes
Supports
Masses
Slaving

Add, move and delete nodes.

Length unit for coordinates = m

Single
Interpolate
Duplicate

Grid
Move
Delete

Create a regular grid of nodes. You can then use Move, Delete, etc. to make the grid irregular.

Specify orientation.

☒ Vertical ☐ Horizontal

Angle from H1 (degrees)



Specify dimensions.

H1 Coordinate of Start

H2 Coordinate of Start

V Coordinate of Start

No. of Bays No. of Stories

Bay Width

Story Height

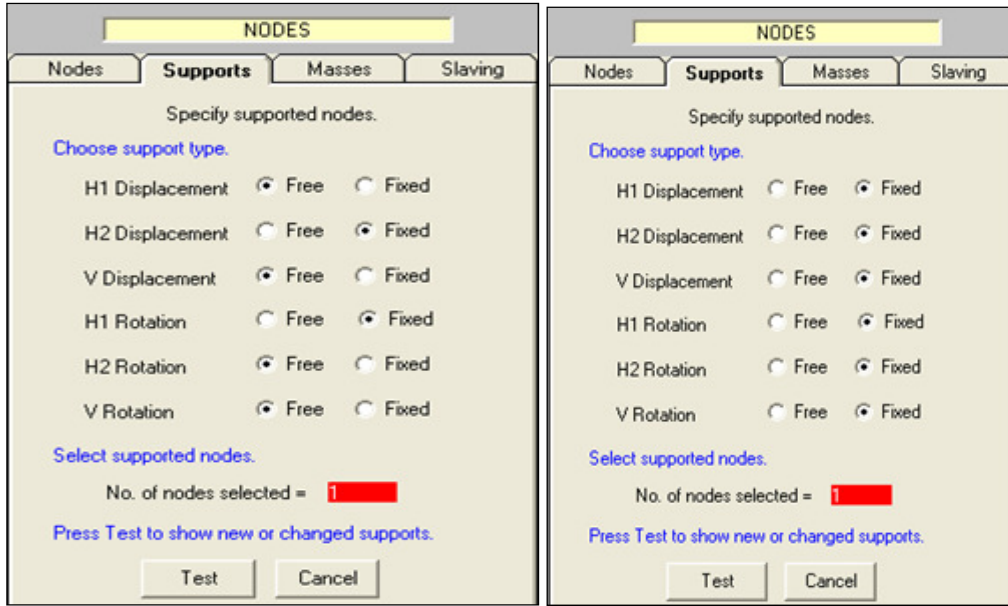
Specify action if nodes have same coordinates.

☒ Error ☐ Not an error. Ignore new node(s).

Press Test to show new nodes.

Şekil 3.4 : Düğüm noktalarını tanımlamak için arayüz.

Araç çubuğundan, “Modeling Phase > Nodes” butonlarına basılır sonra “Supports” sekmesine tıklanarak aşağıdaki Şekil 3.5’de görülen arayüz açılmaktadır. Buradan, model girişini yaptığımız kolonun alt ucundaki düğüm noktası seçilir ve ardından seçili alt uç ankastre yani tüm yönlerdeki yerdeğiştirme ve dönmeleri “Fixed” olarak seçilir; daha sonra kolonun üst ucundaki düğüm noktası seçilir, seçim sonrası H2 doğrultusunda yerdeğiştirme “Fixed”, H1 doğrultusundaki dönme “Fixed” alınmıştır. Çünkü sistem H1 doğrultusunda hareket ettiriliyor ve analiz sonuçlarında bozulma engellenmektedir.



Şekil 3.5 : Mesnet koşullarını tanımlamak için arayüz.

Araç çubuğundan, “Modeling Phase > Nodes” butonlarına basılır sonra “Masses” sekmesine tıklanarak aşağıdaki Şekil 3.6’da görülen arayüz açılmaktadır.

Öncelikle kütleli atayabilmek için bir isim vermek gerekli olup; “New” butonuna basılarak görüntülenen pencereye isim girilmiştir. İsim olarak “kutle_640 kN” girilmiştir. Sonra kütleli atanacağı düğüm noktası seçilmiştir. Bölüm 2.1.4’de hesaplanan yük değeri olan 640 kN, burada “H1 Translation” kutucuğuna 640 girilerek aynı zamanda H2 içinde aynı değer atanılmış olmaktadır.

Araç çubuğundan, “Modeling Phase > Elements” butonlarına basılır sonra “Group Data” sekmesine tıklanarak aşağıdaki Şekil 3.7’de görülen arayüz açılmaktadır. Bu arayüzde yapı elemanının geometri bakımından doğrusal olup olmadığı tanıtılmış ve girilen model için ikinci mertebe (P-Delta) etkileri dahil edilmiştir.

NODES

Nodes Supports **Masses** Slaving

Specify up to 5 mass patterns. You can combine these patterns later to create mass distributions for analysis.

New Choose pattern name to edit an existing pattern.

kulle_640 kN

Specify weights or masses, and optional tributary area.

H1 Translation 640 ☒ Weight Units
H2 Translation Same as H1 ☐ Mass Units
V Translation Weights are kN
H1 Rotation Length unit = m
H2 Rotation Tributary Area (default = 1.0)
V Rotation

Select nodes. No. of nodes selected =

Choose Add or Replace.

☒ Add to existing masses. ☐ Replace existing masses.
To delete, specify zero masses and choose Replace.

Press Test to show new or changed masses.

Test Cancel

Şekil 3.6 : Kütleleri tanımlamak için arayüz.

ELEMENTS

Current Group Column

New Element Type = Column

Properties Orientations Change Group

Group Data Add Elements Delete Elems

Properties of Current Group :

Group Name = Column

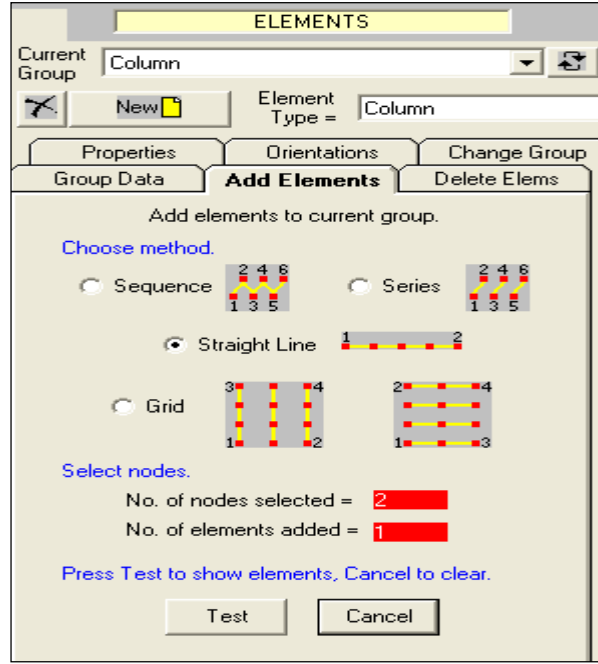
Rename Element Type = Column

Geometric Nonlinearity
☐ None
☒ P-delta
☐ Large displacements

Scale Factor for Beta-K Damping
To reduce the Beta-K damping stiffness, specify a value < 1.

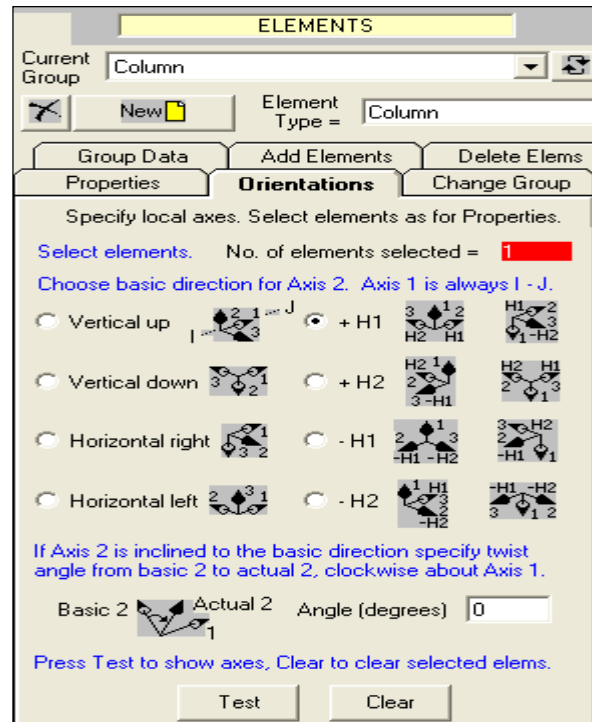
Şekil 3.7 : Elemanın geometrik bakımdan doğrusal olup olmadığını tanımlamak için arayüz.

Araç çubuğundan, “Modeling Phase > Elements” butonlarına basılır sonra “Add Elements” sekmesine tıklanarak aşağıdaki Şekil 3.8’de görülen arayüz açılmaktadır. Önceden tanımlanan iki düğüm noktası seçilir, atayacağımız çubuk eleman seçilir, ardından “Test” butonuna basılır ve onaylandığında eleman atanmış olmaktadır.



Şekil 3.8 : Eleman atamak için arayüz.

Araç çubuğundan, “Modeling Phase > Elements” butonlarına basılır sonra “Orientations” sekmesine tıklanarak aşağıdaki Şekil 3.9’da görülen arayüz açılmaktadır. Bu kısımda elemanın lokal eksen yönü tayin edilmiştir. Önce eleman seçilir ardından “+H1” seçilir sonra “Test” butonuna basılır ve onaylandığında lokal eksen yönü belirlenmiştir.



Şekil 3.9 : Lokal eksen belirlemek için arayüz.

3.1.1.1 Malzeme modelleme

Modeling phase > component properties

Burada, doğrusal ve doğrusal olmayan bileşenlerin özellikleri tanımlanmıştır. Elemanlar bileşenlerden (component) meydana gelmektedir. Basit bir eleman, mesela kiriş, tek bir bileşenden meydana gelebilmektedir. Daha karmaşık bir eleman, mesela kolon, pek çok farklı tiplere sahip bileşenlerden meydana gelebilmektedir. Elemanlara özellikleri atanmadan önce, ilk önce bileşenlerin özellikleri belirlenmelidir.

Bu, doğrusal olmayan modelleme için en kritik ve karmaşık görevdir ve genellikle en çok zaman gerektiren görevdir.

Prefabrik betonarme kolonlar beton ve çelik malzemesinden meydana gelmiş olup bu malzemeler XTRACT paket programı marifetiyle, kabuk betonunda Mander sargısız beton modeli, etriyelerle çevrili çekirdek betonunda ise Mander sargılı beton modeli, donatı çeliğinde pekleşmeyi de gözönüne alan pekleşmeli ideal elostoplastik (bilinear) modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen sargılı ve sargısız beton ve donatı çeliği için gerilme-birim şekildeğiştirme ilişkileri Perform-3D yazılımında modellerin oluşturulması için kullanılmıştır.

Mander sargılı beton davranış modeli

Yapının performansını belirlemek için kullanılan analiz modellerinde gerçekçi eğilme momenti-eğrilik ilişkileri tanımlamak için, sargı etkisini de gözönüne alan beton modelleri kullanılmalıdır. Betonarme kesitte kabuk betonu için sargısız, çekirdek betonu için sargılı beton davranış modeli esas alınır. Mander 1988 yılında beton için sargı etkisini de gözönüne alan gerilme-şekildeğiştirme modelini önermiştir [15].

Mander modelinde beton basınç gerilmesi,

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r-1+x^r} \quad (3.1)$$

bağıntısı ile verilir. Denklemden f_{cc} sargılı beton dayanımını, χ ise

$$\chi = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (3.2)$$

şeklinde tanımlanan bir oranı göstermektedir.

Burada ε_c beton basınç şekildeğiştirmesi, ε_{cc} ; λ_c sargılı beton dayanımı ile sargısız beton dayanımı arasındaki ilişkiyi gösteren bir katsayı ve $\varepsilon_{co}=0.002$ olmak üzere,

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}[1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad (3.3)$$

ile tanımlanan birim şekildeğiştirmedir.

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (3.4)$$

ile tanımlanırken, bağıntıda

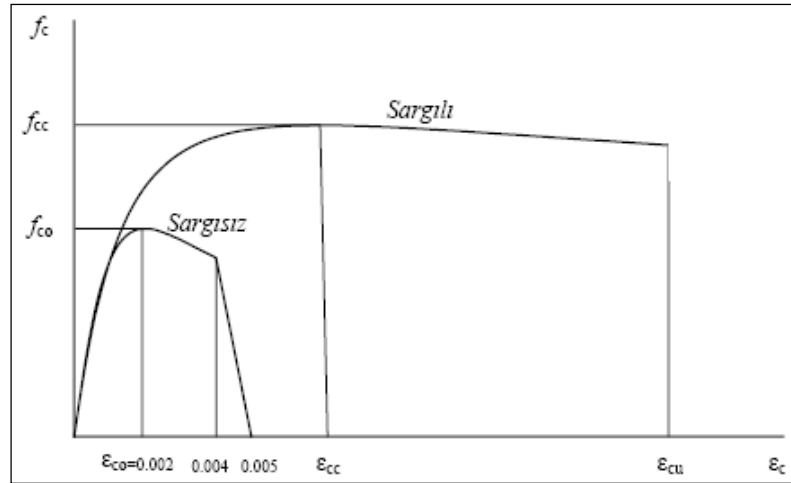
$$E_c \cong 5000\sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]} \quad (3.5)$$

beton elastisite modülünü

$$E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (3.6)$$

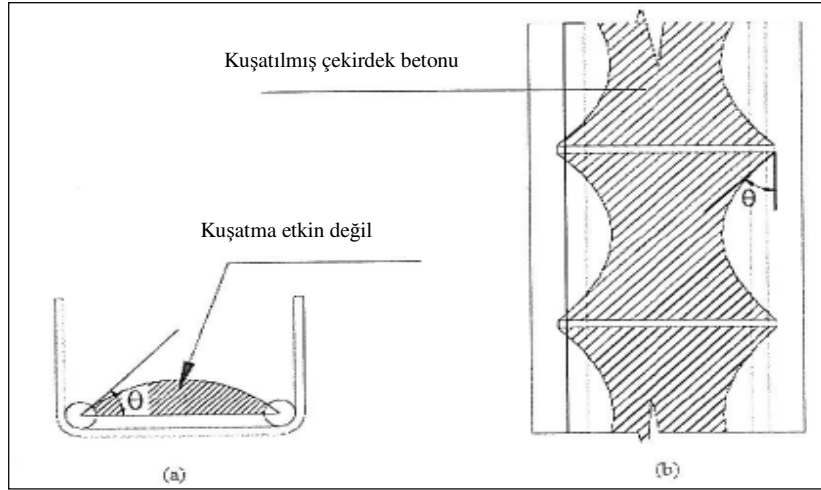
sekant elastisite modülünü göstermektedir.

Sargısız kabuk betonu için $\varepsilon_c > 2\varepsilon_{co}$ olan bölgede gerilme-birim şekildeğiştirme bağıntısının doğrusal olarak azaldığı varsayılarak betonun dökülmesine karşı gelen birim şekildeğiştirme değerinde gerilme sıfır değerini alır, ve Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 : Mander beton modeli [15].

Mander, betonarme kesitte sargı basıncının etkili olduğu bölgeleri belirlemek için, düşeyde etriyeler arasındaki ve yatayda mesnetlenmiş boyuna donatı çubukları arasındaki bölgede, kesitteki sargı gerilmelerinin ikinci derece parabolü şeklinde değişeceği varsayımını yapmıştır ve Şekil 3.11’de gösterilmektedir.



Şekil 3.11 : Kesitte ve boyuna doğrultuda etkin sargı alanının hesaplanması [15].

Mander, ikinci derece parabollerinin başlangıç teğet eğimini $\theta=45^\circ$ almış, kuşatmanın etkin olmadığı parabol alanlarını hesaplayarak bu değerleri çekirdek beton alanından çıkarmış ve etkin sargılanmış beton alanını bulmuştur. Bulunan etkin sargılanmış çekirdek beton alanını, çevre etriye eksenleri arasında kalan ve boyuna donatı alanı içermeyen çekirdek betonu alanına oranlayarak k_e sargılama etkinlik katsayısını belirlemiştir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \left[1 - \frac{A_s}{b_0h_0}\right]^{-1} \quad (3.7)$$

Bu katsayı kullanılarak, x ve y doğrultularındaki etkili sargılama basıncı

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (3.8)$$

ile hesaplanmıştır.

Sargılanmış beton dayanımını veren

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (3.9)$$

denkleminde, f_{co} sargısız betonun basınç dayanımıdır. λ_c ise

$$\lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (3.10)$$

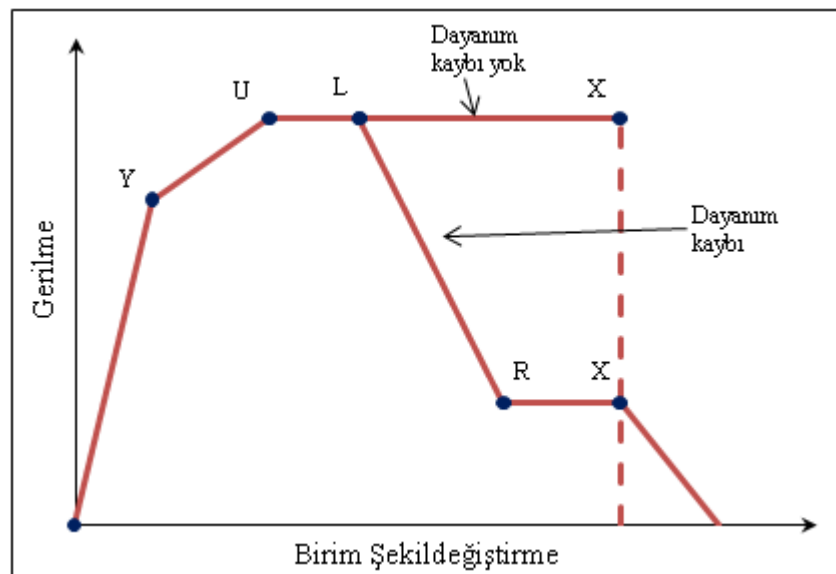
bağıntısı ile belirlenmiştir.

2007 Deprem Yönetmeliği'nde f_e etkili sargılama basıncı için dikdörtgen kesitlerde

Denk. (3.8)'de verilen değerlerin ortalamasının alınması öngörülmektedir. Bu durumda;

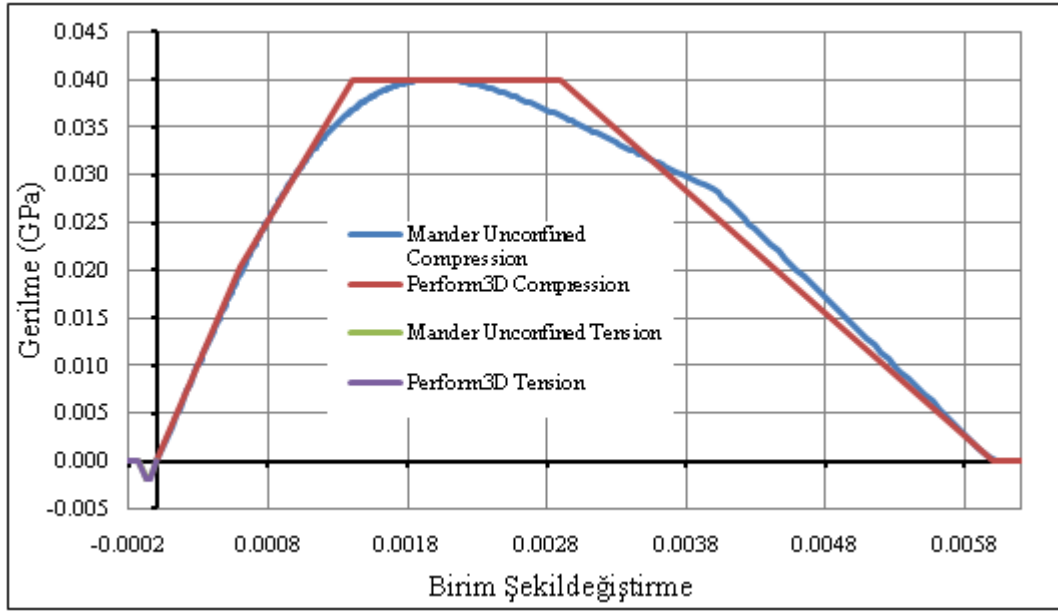
$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + 1.4 \rho_s f_{yw} \varepsilon_{su} / f_{cc} \quad (3.11)$$

Bu aşamadan sonra XTRACT programından çıkarılan malzeme modellerine ilişkin bilgiler Perform-3D programına tanımlanabilecek şekilde, Şekil 3.12’de gösterildiği biçimde idealleştirilmiştir. İdealleştirilen malzeme modellerine ait eğriler Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’de gösterilmiştir.

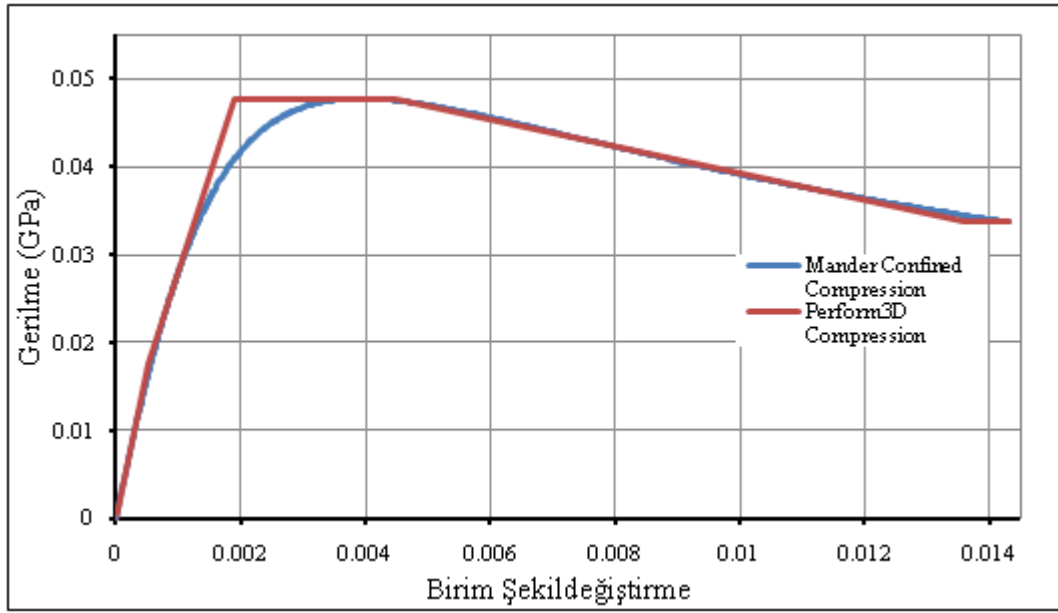


Birim Şekil değiştirme (Strain)	Gerilme (GPa) (Stress)
0.00	0.00
0.002	0.42
0.02	0.44
0.04	0.47
0.06	0.50
0.08	0.53
0.10	0.55

37



Şekil 3.14 : Sargısız beton gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi.



Şekil 3.15 : Sargılı beton gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi.

Araç çubuğundan, “Modeling Phase > Component Properties” butonlarına basılır sonra “Materials” sekmesine tıklanarak aşağıdaki Şekil 3.16’da görülen arayüz açılmaktadır. “Type” kutucuğundan “Inelastic Steel Material, Non-Buckling” seçilerek çelik malzeme modeli burada girilmiştir.

COMPONENT PROPERTIES

Type:

Choose type and name to edit an existing material.

Name:

Length Unit: Force Unit:

Status:

Shape of Relationship

☐ E-P-P
☒ Trilinear

Symmetry

☒ Yes ☐ No

Strain Capacities

☐ Yes ☒ No

Strength Loss

☐ Yes ☒ No

Cyclic Degradation

☐ None
☐ YULRX
☒ YX+3

Upper/Lower Bounds

☐ Yes ☒ No

Şekil 3.16 : Materials sekmesindeki “inelastic steel material, non-buckling” arayüzü.

Kolonda kullanılan S420b cinsi donatı, malzeme özellikleri dikkate alınarak pekleşmeli ideal elasto plastik olarak modellenmiş ve donatı gerilme-birim şekildeğiştirme değerleri Şekil 3.17’de görüldüğü gibi girilmiştir. Tersinir yükleme için histeretik davranış Şekil 3.18’de tanımlanmıştır. Histeretik özellikleri tahmin edebilmek, yapı elemanı hakkında detaylı bilgi sunar.

Basic Relationship

F = stress. D = strain.

Positive

Tension Stresses

Compression Stresses

Tension Strains

Compression Strains

Şekil 3.17 : S420b donatı çeliğine ait malzeme bilgileri.

Basic Relationship			Strength Loss			Strain Capacities		
Cyclic Degradation			Upper/Lower Bounds					
For Tension Strains			For Compression Strains					
Point	Deformation	Energy Factor	Point	Deformation	Energy Factor			
Y		0.5	Y					
1	0.008	0.5	1					
2	0.05	0.5	2					
3	0.06	0.5	3					
X		0.5	X					
Unloading Behavior Unloading Stiffness Factor 0.5 Min -1 Max +1 This factor controls the unloading behavior for a trilinear F-D relationship. You can use Plot Loops to show the effect. See the User Guide for details.								
Paste			Copy Clear					

Şekil 3.18 : S420b donatı çeliği histeretik davranış bilgileri.

XTRACT programından elde edilip ardından uygun şekilde idealleştirilen sargısız ve sargılı beton modeli gerilme-birim şekildeğiştirme değerlerini girebilmek için “Type” kutucuğundan “Inelastic Concrete Material” seçilerek ekrana gelen arayüzden sargılı ve sargısız beton malzemenin ismi Şekil 3.19’da görüldüğü gibi tanımlanmıştır. Ardından malzemenin davranışının en iyi biçimde programa aktarabilmek için gözönüne alınan özellikleri belirten Şekil 3.19’daki kutucuklar işaretlenmiştir.

Daha sonra sağ tarafta “Basic Relationship” ve “Strength Loss” sekmesi tıklandığında açılan Şekil 3.20’deki arayüz vasıtasıyla değerler aktarılmaktadır. Aşağıda verilen şekillerde sargısız betona ait girişler görülmekte ve sargılı beton modeli girişide aynı şekilde yapılmaktadır.

Histeretik davranış bilgileri önceden gerçekleştirilen deneylerden elde edilmiştir.

Sargısız betonun histeretik davranışı “Cyclic Degradation” sekmesi tıklandığında Şekil 3.21’de görüldüğü gibi karşımıza gelen arayüz üzerinden girilmektedir.

COMPONENT PROPERTIES

Materials

Type: Inelastic Concrete Material

Name: Unconfined_40x40_2

Length Unit: mm Force Unit: kN

Status: Saved.

Graph Save Save As Delete

Shape of Relationship: ☐ E-P-P ☒ Trilinear

Tension Strength: ☒ Yes ☐ No

Strain Capacities: ☐ Yes ☒ No

Strength Loss: ☒ Yes ☐ No

Upper/Lower Bounds: ☐ Yes ☒ No

Cyclic Degradation: ☐ None ☒ YULRX ☐ YX+3

Şekil 3.19 : Materials sekmesindeki “inelastic concrete material” arayüzü.

Basic Relationship

F = stress. D = strain.

Positive

Stiffness, KO

Modulus, E: 34

KH/KO Pos = 0.721

KH/KO Neg = 0.721

Tension Stresses: FY 0.0018215 FU 0.001898

Compression Stresses: FY 0.0204 FU 0.04

Tension Strains: DU 0.000065 DX 1

Compression Strains: DU 0.0014 DX 0.01845

Strength Loss

Tension Strains: DL 0.000074 DR 0.000133 FR/FU 0.0000

Compression Strains: DL 0.0029 DR 0.006 FR/FU 0.0000

Şekil 3.20 : Sargısız betona ait gerilme-birim şekildeğiştirme değerleri.

Cyclic Degradation

Specify dissipation factors for compression only. There is assumed to be no energy dissipation in tension.

For Compression Strains:

Point	Energy Factor
Y	0.5
U	0.5
L	0.5
R	0.5
X	0.5

Şekil 3.21 : Histeretik davranışı tanımlamak için giriş arayüzü.

Bir fiber (dilim veya lif) kesit, genellikle çelik ve beton gibi farklı tip fiberlere sahip olabilmektedir. Fiber kesitler, çerçeve ve perde duvar elemanları için kullanılabilir. Kolon fiber sayısı 60 ile sınırlı olup ne kadar çok fiber kesit kullanırsa analiz süresini çokça arttırabilmektedir. Yalnız elemanda kullanılan fiberlerin sayısının çok olması doğrusal olmayan davranışı daha iyi anlayabilmek açısından sonuçların daha gerçekçi çıkmasını sağlayabilmektedir.

Kolon kesiti fiberlere bölünmüş ve her birine önceden tanımlanan malzemeler atanmıştır. Malzeme olarak sargılı ve sargısız beton (Inelastic Concrete Material), çelik (Non-buckling steel) kullanılmıştır.

Araç çubuğundan “Component Properties” butonuna basılır ardından “Cross Sects” sekmesine tıklanır açılan Şekil 3.22’deki arayüzden “Type” kutucuğundan “Column, Fiber Section” seçilir fiber kesite isim verilmesinin ardından Şekil 3.23’deki “Structural Fibers” arayüzü yardımıyla bölünmüş fiberler geometrik ve malzeme özellikleri bakımından tanımlanmıştır. Ayrıca soldaki arayüz üzerinde “Section Properties” kısmından girilen bilgilerin kontrolü yapılabilmektedir.

COMPONENT PROPERTIES		
Materials	Strength Sects	Compound
Inelastic	Elastic	Cross Sects.
Type: Column, Inelastic Fiber Section		
New Choose type and name to edit an existing section.		
Name: Fiber_40x40_%2		
Purge Rename <input <input="" type="button" value="Filter"/>		
Length Unit: m Force Unit: kN		
Status: Saved.		
Check Save Save As Delete		
Fiber Areas and Coordinates FIXED SIZE option		
Section Properties		
	Concrete	Steel
Area =	0.16	0.0032
Inertia about Axis 3 =	0.002122	6.221e-5
Axis 2 Centroid =	0	0
Inertia about Axis 2 =	5.776e-4	6.221e-5
Axis 3 Centroid =	0	0

Şekil 3.22 : Column, “inelastic fiber section” arayüzü.

Structural Fibers

Capacities

Shear and Torsion

Other Properties

STRUCTURAL FIBER TO BE ADDED OR CHANGED

Material Type

Inelastic Steel Material, Non-Buckling

Material Name

S420

Fiber Area

Axis 2 Coord

Axis 3 Coord

Add

Insert

Replace

Delete

Axis 2

Axis 3

Fiber

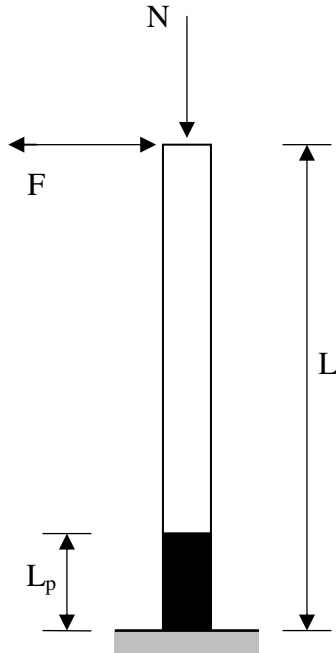
STRUCTURAL FIBER LIST (MAX 60)

Click to highlight row for Insert, Replace or Delete.

No.	Type	Material Name	Area	Axis 2 Coord	Axis 3 Coord
1	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0004	-0.19	-0.19
2	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0002	-0.175	-0.19
3	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0002	-0.165	-0.19
4	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0004	-0.15	-0.19
5	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0004	-0.13	-0.19
6	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0006	-0.105	-0.19
7	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0006	-0.075	-0.19
8	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0008	-0.04	-0.19
9	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0008	0	-0.19
10	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0008	0.04	-0.19
11	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0006	0.075	-0.19
12	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0006	0.105	-0.19
13	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0004	0.13	-0.19
14	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0004	0.15	-0.19
15	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0002	0.165	-0.19
16	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0002	0.175	-0.19
17	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0004	0.19	-0.19
18	Concrete	Unconfined_40x40_%2	0.0072	-0.19	0
19	Concrete	Confined_40x40_%2	0.0036	-0.175	0
20	Concrete	Confined_40x40_%2	0.0036	-0.165	0

Şekil 3.23 : “Structural fibers” arayüzü.

Prefabrik betonarme kolonlarda doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik mafsall (plastik kesit) adı verilen kesitte toplandığı varsayılmıştır. Konsol kolonun ankastre mesnetli alt ucunda, Şekil 3.24’de görüldüğü üzere plastik mafsall tanımlanmıştır. Bu plastik mafsallın boyu (L_p), kesitin çalışan boyutunun yarısı alınmıştır.



Şekil 3.24 : Konsol kolonda plastik mafsallın görünüşü.

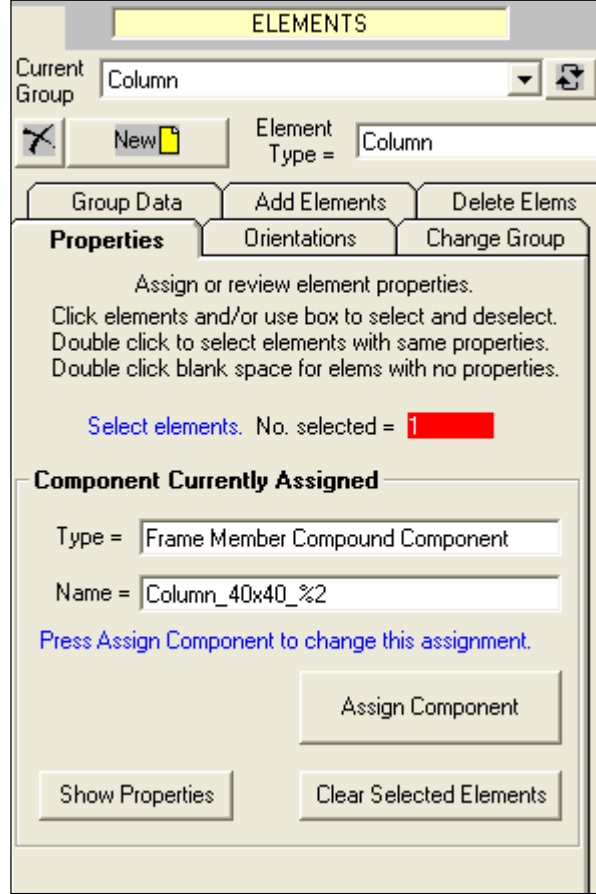
Perform-3D programı, kolonun boyca tek veya birden çok parça halinde tanımlanmasına izin vermektedir. Bunun için, araç çubuğundaki “Component Properties” butonuna basılır ardından “Compound” sekmesine tıklanır açılan Şekil 3.25’deki arayüzden “Type” kutucuğundan “Frame Member Compound Component” seçilip bütün halindeki kolona bu arayüzde isim verilmiştir. Şekil 3.25’deki arayüzün sağ tarafındaki “Basic Components” sekmesi tıklanıp, açılan Şekil 3.26’daki arayüzde kolon alt ucu plastik mafsallık kısmı olmak üzere iki parça halinde ve bu parçaların önceden tanımlanan eleman tipleri atanmıştır.

Şekil 3.25 : “Compound” arayüzü.

No.	Component Type	Component Name	Length	Propn
1	Column, Inelastic Fiber Section	Fiber_40x40_2		0.03333
2	Column, Inelastic Fiber Section	Fiber_40x40_2		0.96667

Şekil 3.26 : “Basic components” arayüzü.

Araç çubuğundan “Elements” butonuna basılır ardından “Properties” sekmesine tıklanır açılan Şekil 3.27’deki arayüzden seçilen yapı elemanına önceden tanımlanan özellikleri bu kısımda atanılmıştır.



Şekil 3.27 : “Properties” arayüzü.

Perform-3D programında, araç çubuğundan “Load Patterns” butonuna basılıp, ardından “Nodal Loads” sekmesine tıklandığında açılan Şekil 3.28’deki arayüzden, 8 tip konsol kolonun üst ucuna etkiyen 4 farklı düşey yük ve yatay yük değerleri bu kısımda tanımlanmıştır.

Sınır durumlar, yapının performans gerekliliklerini yerine getirip getirmediğini açıklayan sonuçları ayrıştırmaktadır. Yapılacak analizler için, araç çubuğundan “Limit States” butonuna basılıp, ardından “Type” kutucuğundan “Drift” seçilerek açılan Şekil 3.29’deki arayüzden sistemin tepe noktası için her iki zıt yönde en fazla %10’luk görelî kat ötelemesine kadar izin verilmiştir.

LOAD PATTERNS

Nodal Loads
Element Loads
Self Weight

Choose pattern name to edit an existing pattern.

Select one or more nodes. No. selected = 1

Specify loads and optional tributary area.

Units = kN and m Positive Moment

H1 Force

H1 Moment

H2 Force

H2 Moment

V Force

V Moment

Tributary Area (default = 1.0)

Choose Add or Replace.

☒ Add to existing loads.

☐ Replace existing loads.

To delete loads, specify zero loads and choose Replace.

Press Test to show new loads, Cancel to clear.

☐ Show forces only, as resultants
 ☐ Also make arrow lengths proportional to loads

LOAD PATTERNS

Nodal Loads
Element Loads
Self Weight

Choose pattern name to edit an existing pattern.

Select one or more nodes. No. selected = 1

Specify loads and optional tributary area.

Units = kN and m Positive Moment

H1 Force

H1 Moment

H2 Force

H2 Moment

V Force

V Moment

Tributary Area (default = 1.0)

Choose Add or Replace.

☒ Add to existing loads.

☐ Replace existing loads.

To delete loads, specify zero loads and choose Replace.

Press Test to show new loads, Cancel to clear.

☐ Show forces only, as resultants
 ☐ Also make arrow lengths proportional to loads

Şekil 3.28 : “Nodal loads” arayüzü.

LIMIT STATES

Type

Choose name to edit an existing limit state.

Status

Drift Conditions

Positive drift limit

Negative drift limit

☒ All drifts

☐ Highlighted drifts only

LIST OF DRIFTS

No.	Name
1	First story

Şekil 3.29 : “Limit states” arayüzü.

3.1.2 Analiz fazı (analysis phase)

Analiz aşamasındaki görevler, yapı analiz, davranış değerlendirme ve talep-kapasite görevlerine ayrılabilir. Yapı analiz görevleri, yük durumlarını tanımlamak ve yapı analizlerini gerçekleştirmek içindir. Davranış değerlendirme görevleri, analiz modelinin davranışını kontrol etmeyi ve incelemeyi sağlamaktadır. Talep-kapasite görevleri, talep-kapasite oranlarının hesaplanmasına izin verir ve dolayısıyla yapının performansı hakkında kararlar vermektedir. Analiz fazına ait araç çubuğu Şekil 3.30’da görülmektedir.

46



Şekil 3.30 : Analiz fazına ait araç çubuğu.

Analysis Phase > Set Up Load Cases

İcra edilecek analizlerdeki yük durumları, analiz yöntemleri, analizin hangi durumda sonlandırılacağı gibi bilgilerin girişi Şekil 3.31’de görülen “Load Cases” arayüzünden yapılmıştır. Buraya ulaşmak için araç çubuğundan “Set Up Load Cases” butonuna basılmıştır.

Şekil 3.31 : “Load cases” arayüzü, “gravity” yük durumu.

Daha önce tanımlanan sisteme etkiyen düşey yük, Şekil 3.31’deki “Load Cases” arayüzünden, “Load Case Type” kutucuğundaki “Gravity” seçilip, burada yük listesine eklenmiştir.

Statik İtme Analizi için gerekli yük durumu, analiz metodu, analizin kaç adımda gerçekleştirileceği ve analizin hangi sınır durumda durdurulacağı Şekil 3.32’deki “Load Cases” arayüzünde ki “Static Push-Over” yük durum tipinde belirtilmiştir. Bu kısma, “Load Cases” arayüzünden “Load Case Type” kutucuğundan “Static Push-Over” seçeneği seçilerek ulaşılmaktadır.

Statik İtme Analizi işlem sınırı, yapı elemanını oluşturan malzemelerden herhangi birisinde güç tükenmesi yaşandığında analiz durdurulacak şekilde ayarlanmıştır.

LOAD CASES

Load Case Type: Static Push-Over

Status: Saved

Load Case Name: Pushover

Analysis Method:

- ☒ Nonlinear (usual option)
- ☐ Linear (currently not allowed)

Control Information for Nonlinear Analysis:

- No. of Load Steps: 200
- Max. Events in any Step: 200
- Initial Step to First Event? ☐ Yes ☒ No
- Maximum Allowable Drift (see Controlled Drifts): 0.1
- Limit State to Stop Analysis. Type: Default
- Name: Deformation beyond X point for any component
- Reference Drift: First story

The reference drift is usually the roof drift relative to the base. It is used as the main deformation measure for plotting push-over analysis results.

Load Type:

- ☒ Nodal Load Patterns
- ☐ Displacement Pattern
- ☐ Mode Shapes

Nodal Load Patterns

LOAD PATTERN LIST (MAX. 20) Click to highlight for Insert/Replace/Delete.

No.	Type	Name	Factor
1	Node	yatay	1

LOAD PATTERN TO BE ADDED OR CHANGED

Name: yatay

Scale Factor: 1

The sign of the scale factor defines the load direction, and hence the push-over direction.

Add Insert Replace Delete

Şekil 3.32 : “Load cases” arayüzü, “static push-over” yük durumu.

“Load Cases” arayüzündenki “Load Case Type” kutucuğundan “Dynamic Earthquake” seçeneği seçildiğinde Şekil 3.33’de görülen arayüz ekrana gelmektedir. Açılan bu arayüz vasıtasıyla, deprem kayıtları eklenmiş ve bu kayıtların özellikleri girilmiş, analizin ne zaman durdurulacağı ve birim zaman aralığında kaç adım analiz yapılacağı tanımlanmıştır. Daha önce belirtilen görelî kat ötelenmesi (drift) sınır değeri, analizin durdurulacağı sınır durum olarak alınmıştır.

LOAD CASES

Load Case Type: Dynamic Earthquake

Status: Saved

Load Case Name: GIL337_1

Control Information for Dynamic Analysis:

- Total Time (sec): 39.955
- Time Step (sec): 0.005
- Max Events in any Step (analysis stops if exceeded): 200
- Save results every: 1 time steps (default = every step)
- Limit State to Stop Analysis. Type: Drift
- Name: Limit State
- Reference Drift: First story

Earthquake Direction in Plan:

- Angle from structure H1 axis to earthquake Q1 axis (degrees): 0

Q1 Earthquake:

- Group: Loma Prieta
- Name: GIL337
- Peak Acceln (g): -0.3251
- Duration (sec): 39.955
- Acceln Scale Factor: 0.1538
- Time Scale Factor: 1

Q2 Earthquake:

- Group: NONE
- Name:
- Peak Acceln (g):
- Duration (sec):
- Acceln Scale Factor: 1.0
- Time Scale Factor: 1.0

V Earthquake (usually not applied):

- Group: NONE
- Name:
- Peak Acceln (g):
- Duration (sec):
- Acceln Scale Factor: 1.0
- Time Scale Factor: 1.0

Şekil 3.33 : “Load cases” arayüzü, “dynamic earthquake” yük durumu.

Analysis Phase > Run Analyses

Şekil 3.34’de görülen arayüzleri görüntüleyebilmek için araç çubuğundan “Run Analyses” butonuna basılarak ulaşılmaktadır. Bu aşamaya kadar yapı modeli ve yük durumları kurulmuştur. Bu arayüzde, bir veya birden fazla analiz gerçekleştirebilmek için analiz serisi veya serileri tanımlanmıştır. Yapı sisteminin sönümleme oranı ve sistemin analizinde P-Delta etkilerinin katılıp katılmayacağı analiz serisinde belirtilmiştir. Modal sönümleme oranı % 5 olarak alındığı Şekil 3.35’de görülmektedir.

The image displays two side-by-side screenshots of the 'ANALYSIS SERIES' dialog box. Both screenshots show the 'TYPE OF OPERATION' section with three radio buttons: 'Start a new analysis series', 'Continue or change an existing series' (selected), and 'Delete an existing series'. Below this is the 'CONTINUE OR CHANGE AN EXISTING SERIES' section. The left screenshot shows 'Series name' as 'Pushover' and 'Number of analyses' as '2'. The right screenshot shows 'Series name' as 'NTH' and 'Number of analyses' as '811'. Both have a 'Description' field. Below the dialog boxes are two tabs: 'Basic + Masses' and 'Modal Damping'. The 'Basic + Masses' tab shows 'Type of load sequence' as 'Standard' and 'Include P-Delta effects?' as 'Yes'. The 'Modal Damping' tab shows 'Damping Ratios' with 'Same damping ratio for all modes' selected and a ratio of 5%.

Şekil 3.34 : “Analysis series” arayüzü.

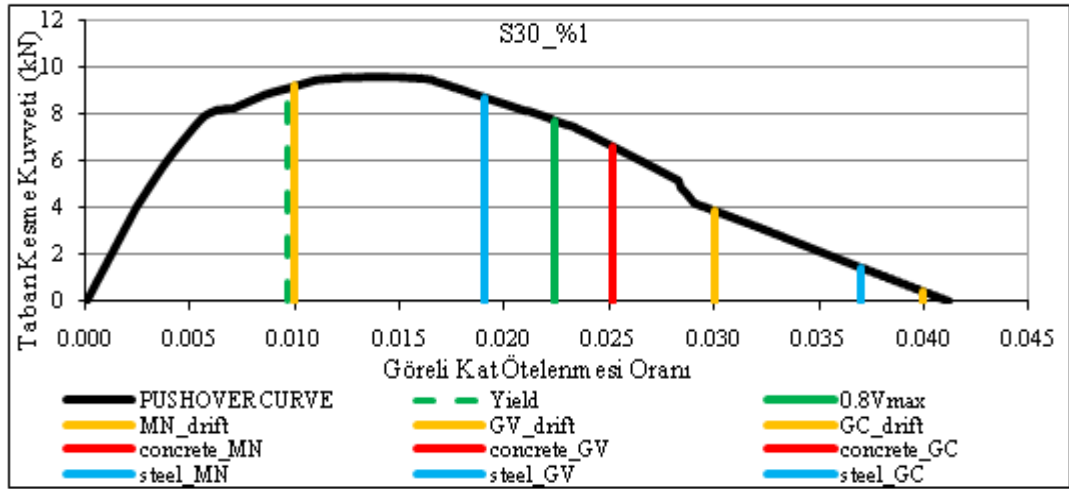
The image shows the 'Modal Damping' tab in the 'ANALYSIS SERIES' dialog box. It contains a text box explaining modal damping and a section for 'Damping Ratios'. The 'Damping Ratios' section has three radio buttons: 'No modal damping.', 'Same damping ratio for all modes. Ratio (%)' (selected), and 'Damping ratio depends on period as follows.'. Below the radio buttons is a table with 6 columns for 'Period (seconds)' and 6 columns for 'Damping Ratio (%)'. A note at the bottom states: 'Specify from 2 to 6 periods and corresponding damping ratios. Damping ratios are interpolated linearly between periods.'

Şekil 3.35 : “Modal damping” giriş sekmesi.

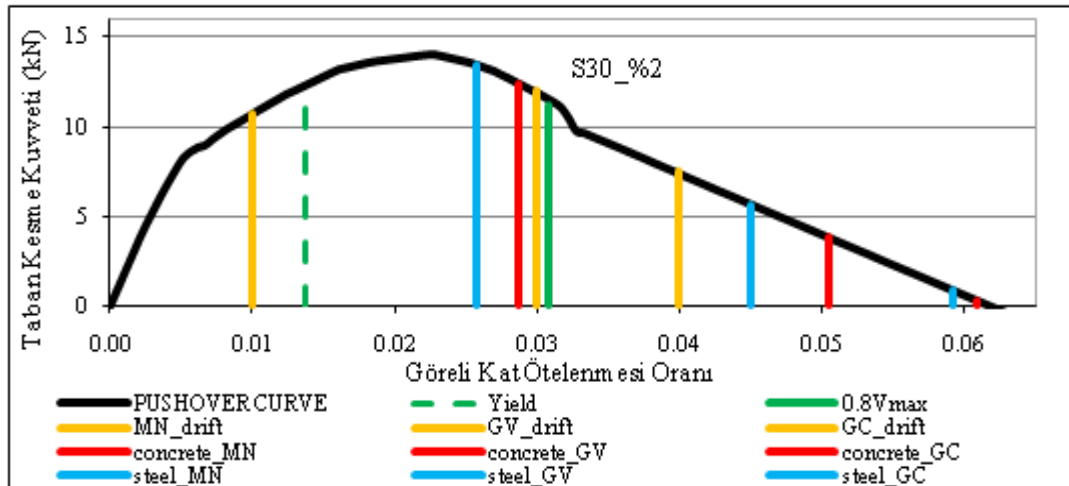
4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

4.1 Statik İtme Analiz Sonuçları

Literatürdeki deneysel çalışmaların sonuçlarına dayalı olarak en büyük dayanıma eriştikten sonra %20 oranında dayanım azalmasının olduğu aşama göçme sınırı olarak kabul edilmiştir. Performans kriterleri olan görelî kat ötelenmesi oranı (drift), beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme sınır değerleri için DBYBHY (2007) esas alınmıştır.

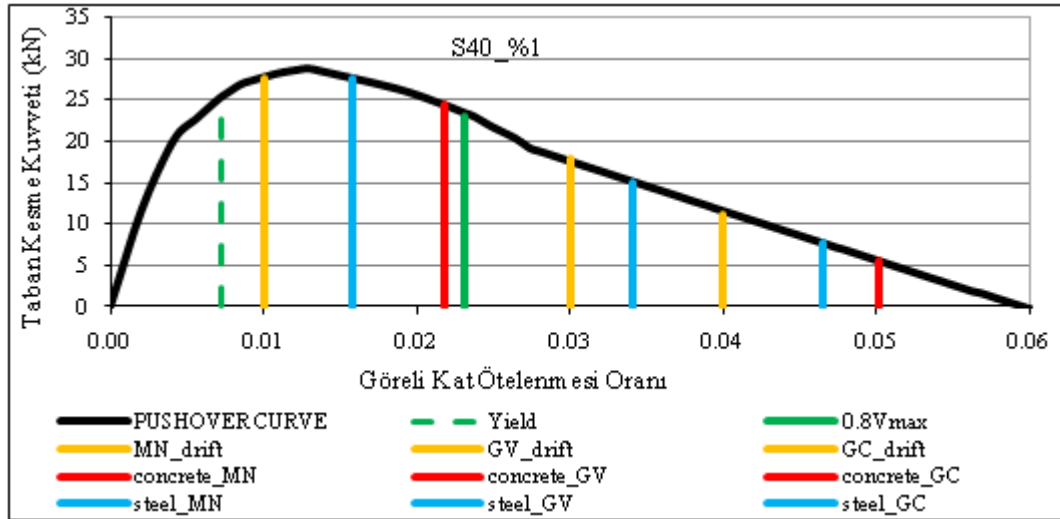


Şekil 4.1 : S30_%1 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.

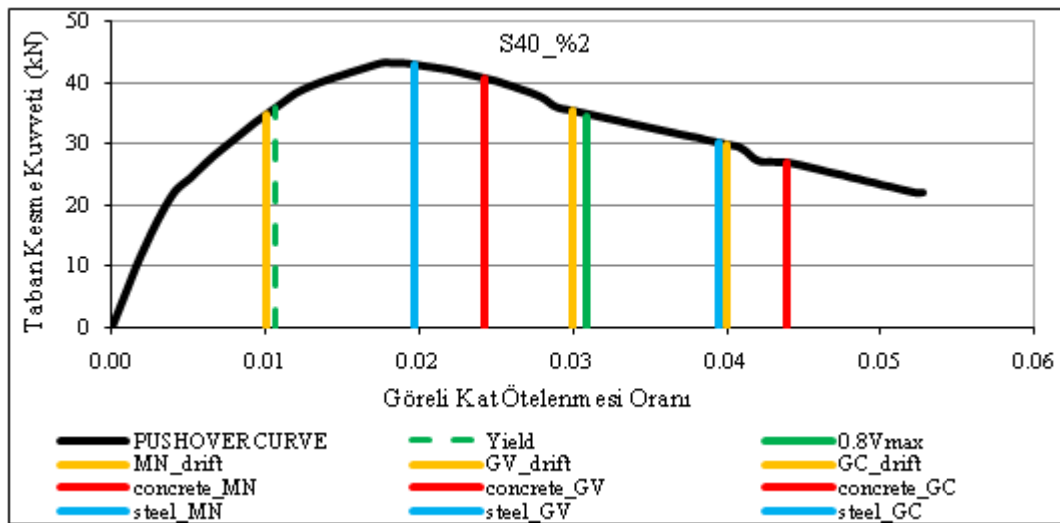


Şekil 4.2 : S30_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.

Konsol kolonların boyuna donatı oranları sabit, enkesit boyutları arttığı durumda: Yatay dayanım kapasitesi artıyor, %1'lik boyuna donatı oranlı kolonlarda yatay deplasman kapasitesinde anlamlı bir değişim söz konusu değil fakat %2'lik boyuna donatı oranlı kolonlarda yatay deplasman kapasitesinde 40×40 cm'lik enkesitten sonra önemli artış olmaktadır. Akma noktasındaki drift değerinde azalma, yatay dayanım değerinde ise artış görülmektedir. Süneklik artmaktadır. İkinci mertebe etkiler azalmaktadır. $(\epsilon_{cg})_{MN}$ seviyesinde deplasman değerlerinde azalma, dayanım değerlerinde ise artma gözlemleniyor, $(\epsilon_s)_{MN}$ seviyesinde deplasman değerlerinde azalma, dayanım değerlerinde ise artma gözlemlenmektedir. Göreli kat ötelenmesi oranı hasar sınırlarındaki yatay dayanım değerleri, Şekil 4.1'den Şekil 4.8'e kadarki kapasite eğrilerini incelediğimizde artmakta olduğu görülmektedir.

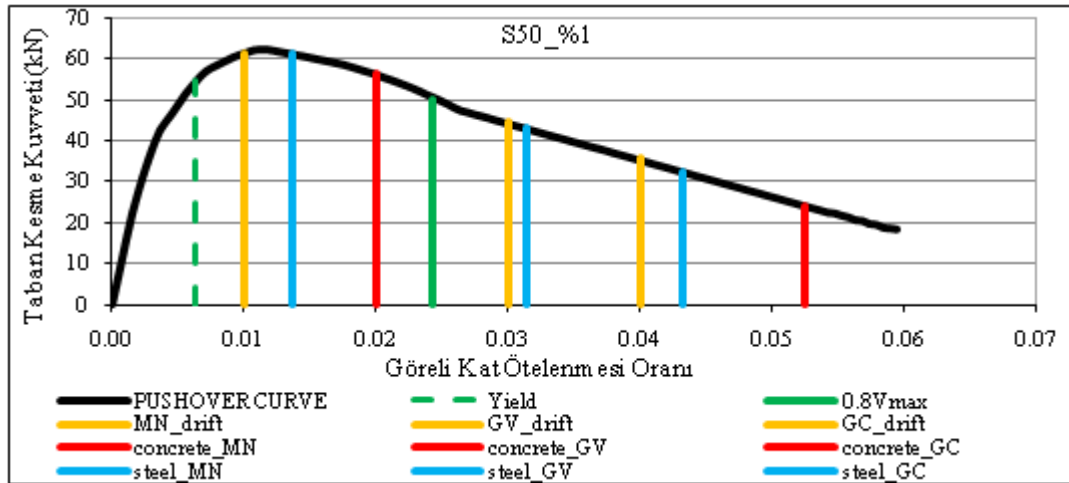


Şekil 4.3 : S40_%1 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.

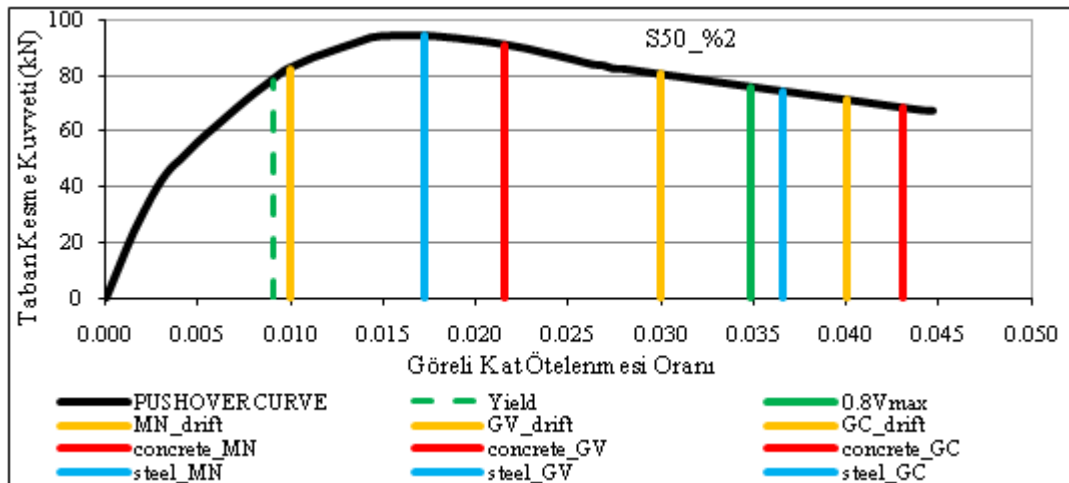


Şekil 4.4 : S40_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.

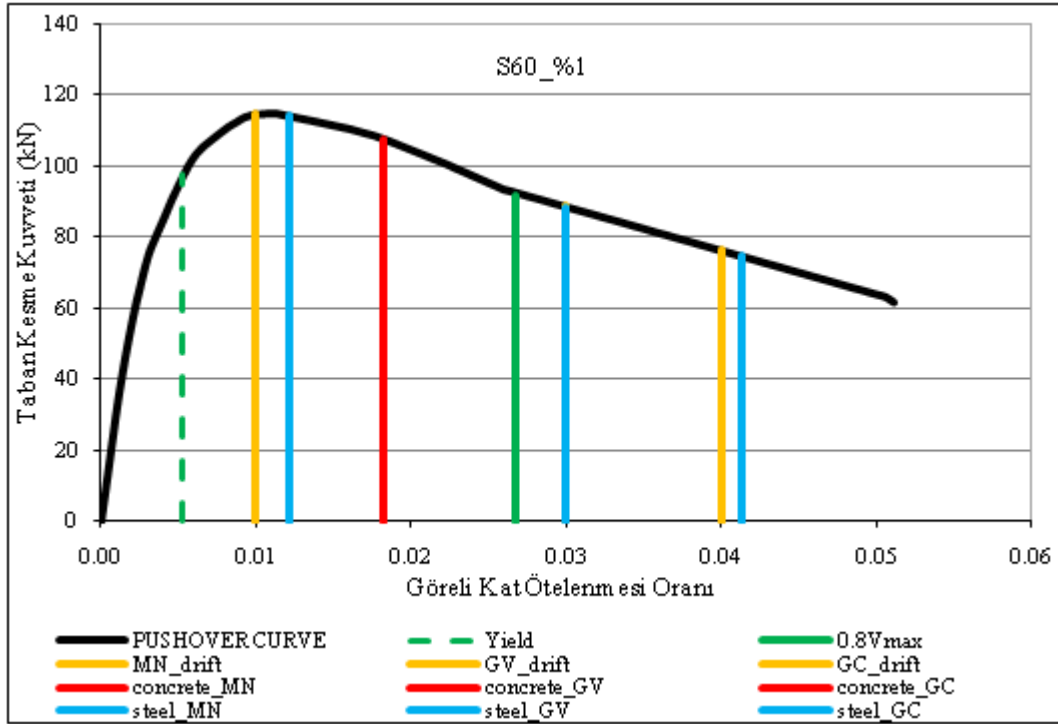
Konsol kolonların enkesit boyutları sabit, boyuna donatı oranları arttığı durumda: Yatay dayanım kapasitesi artmakta, yatay deplasman kapasitesinde de ciddi artış söz konusu, akma noktasındaki drift değerinde artma, yatay dayanım değerinde de artış görülmektedir. Süneklik artmaktadır. İkinci merteye etkiler azalmaktadır. $(\epsilon_{cg})_{MN}$ seviyesinde 30×30 cm’lik enkesitte deplasman değerlerinde azalma, dayanım değerlerinde ise artma, 60×60 cm’lik enkesitte deplasman değerlerinde önemli değişim yok, dayanım değerlerinde ise artma var, diğer kesitlerde ise deplasman değerlerinde artma, dayanım değerlerinde de artma gözlemlenmektedir. $(\epsilon_s)_{MN}$ seviyesinde deplasman değerlerinde artma, dayanım değerlerinde de artma gözlemlenmekte, görelî kat ötelenmesi oranı hasar sınırlarındaki yatay dayanım değerleri, Şekil 4.1’den Şekil 4.8’e kadarki kapasite eğrilerini incelediğimizde artmakta olduğu görülmektedir.



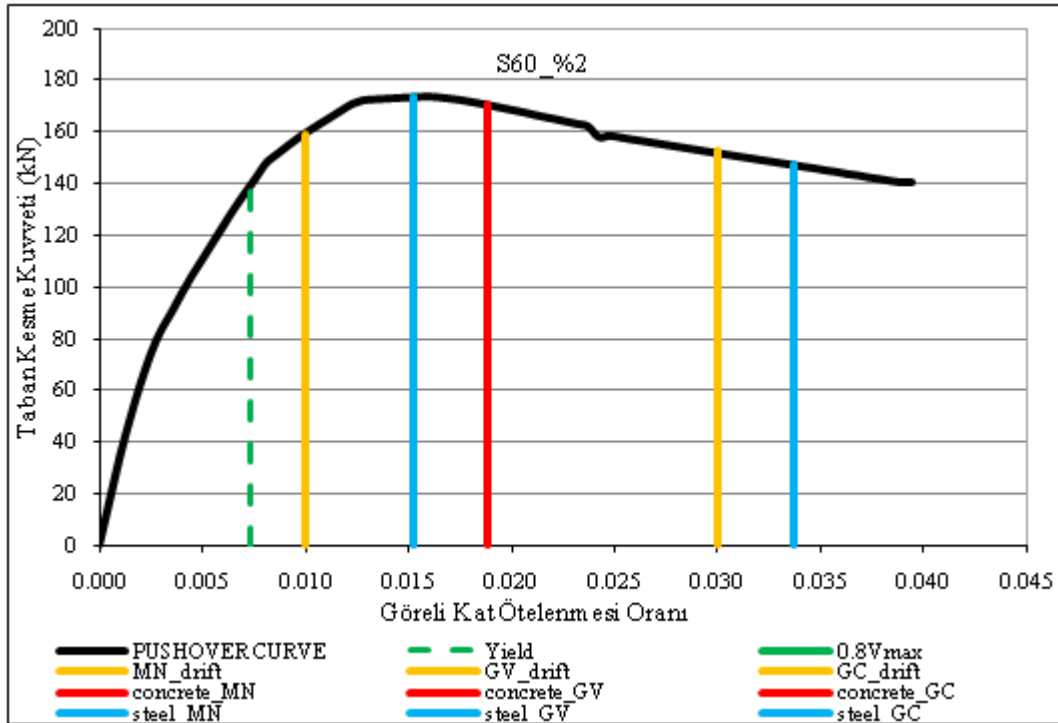
Şekil 4.5 : S50_%1 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.



Şekil 4.6 : S50_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.



Şekil 4.7 : S60_%1 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.



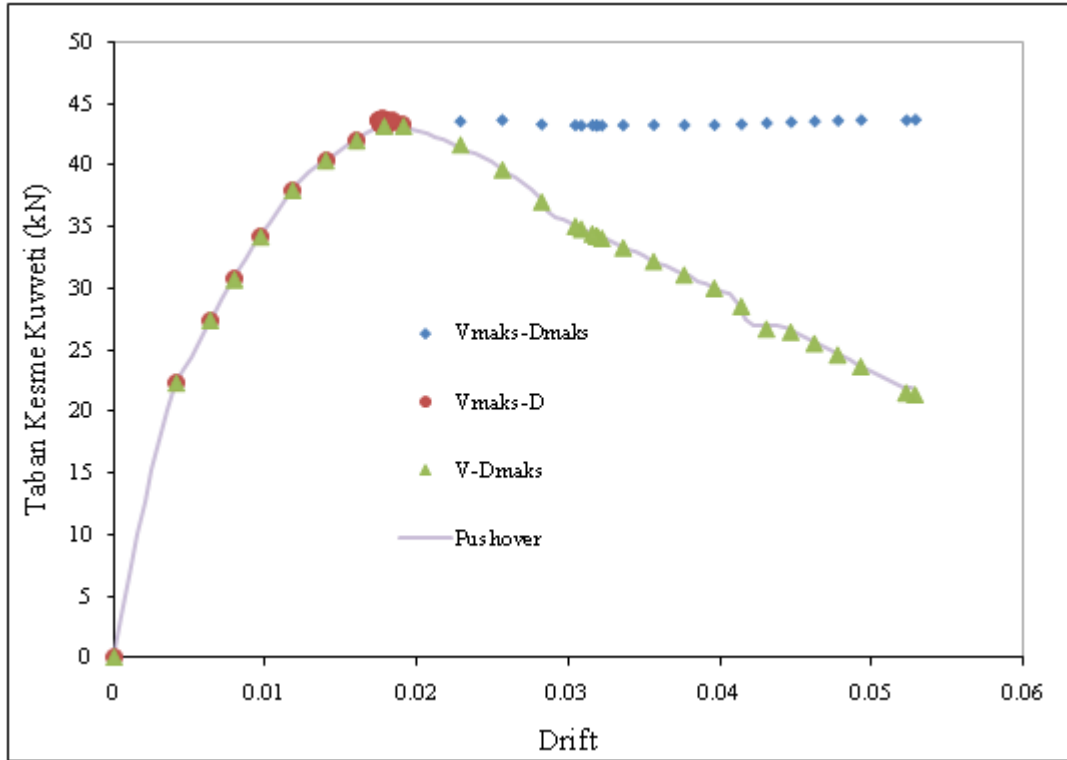
Şekil 4.8 : S60_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift grafiği.

Beton ve donatı çeliği birim şekil değiştirme hasar sınırlarının performans kriteri olamayacağı, görel kat ötelenmesi hasar sınırlarının performans kriteri olabileceği tespit edilmiştir.

4.2 Artımsal Dinamik Analiz Sonuçları

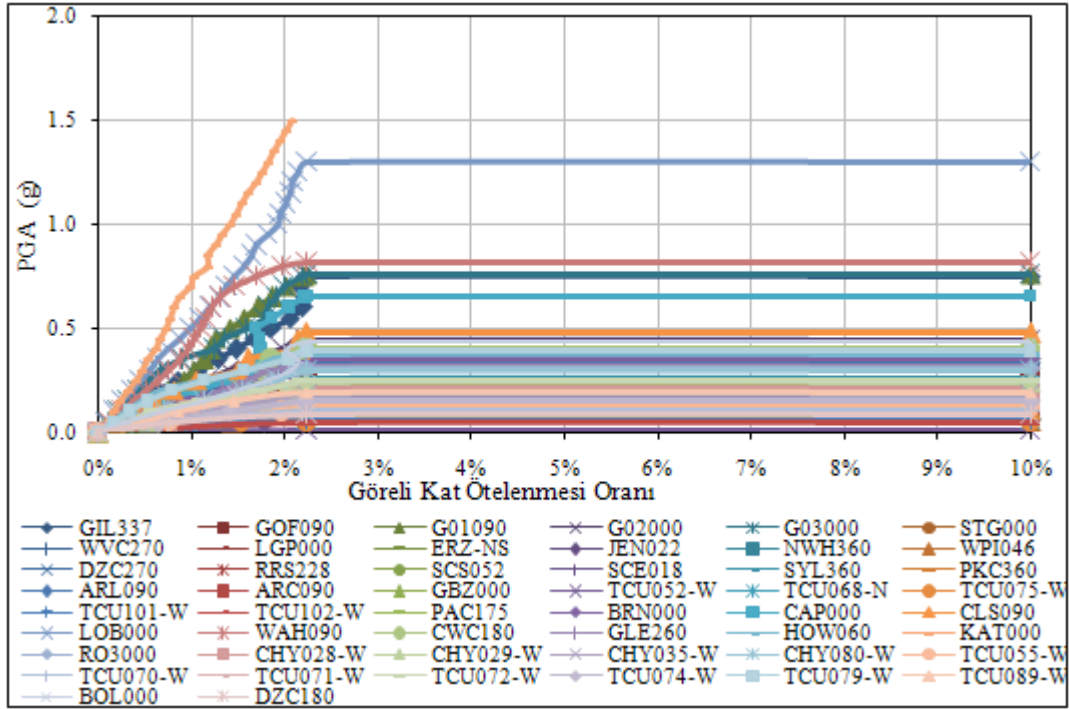
Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar işlenerek; beton birim şekildeğiştirmesi-maksimum yer ivmesi, elik birim şekildeğiştirmesi-maksimum yer ivmesi, eğrilik-maksimum yer ivmesi, yutulan enerji-maksimum yer ivmesi, taban kesme kuvveti-görelü kat ötelenmesi, yatay dayanım oranı-görelü kat ötelenmesi grafikleri oluşturulmuştur.

CAP000 depreminin farklı düzeylerine maruz kalan S40_%2 kolonunun Artımsal Dinamik Analiz sonucunda Taban Kesme Kuvveti-Drift (Görelü Kat Ötelenmesi) değerlerinin farklı eşleşmelerinden elde edilen nokta dağılımları, Statik İtme Analizinden (Push-over) bulunan kapasite eğrisi ile karşılaştırılması Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Bu grafikte, elastik kısmın ve maksimum dayanıma kadar olan eğrinin bire bir örtüştüğü, Statik İtme Analizine ait kapasite eğrisinin azalan kolunun Artımsal Dinamik Analiz’den gelen değerlerin görelü kat ötelenmesi değerlerinin maksimum olduğu zamanlara karşı gelen taban kesme kuvveti ilişkisinin üst üste geldiği görölmektedir. Bu durum, Statik İtme Analizi ile Artımsal Dinamik Analiz arasında ilişkiyi ortaya koymaktadır.

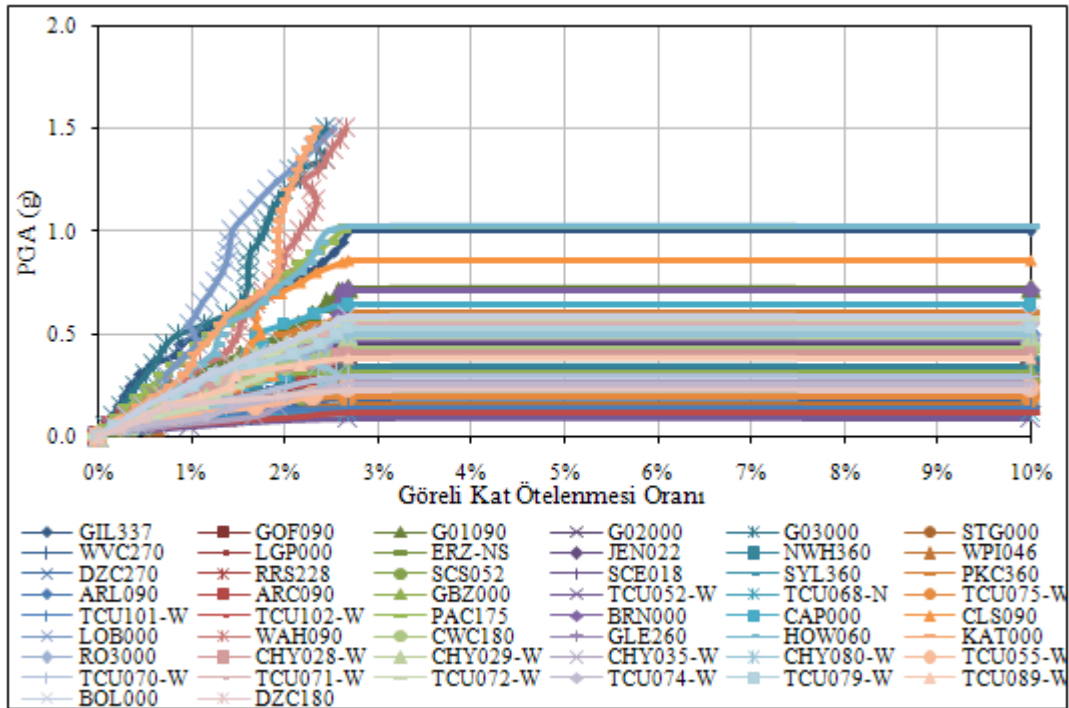


Şekil 4.9 : S40_%2 kolonu taban kesme kuvveti-drift ilişkisi.

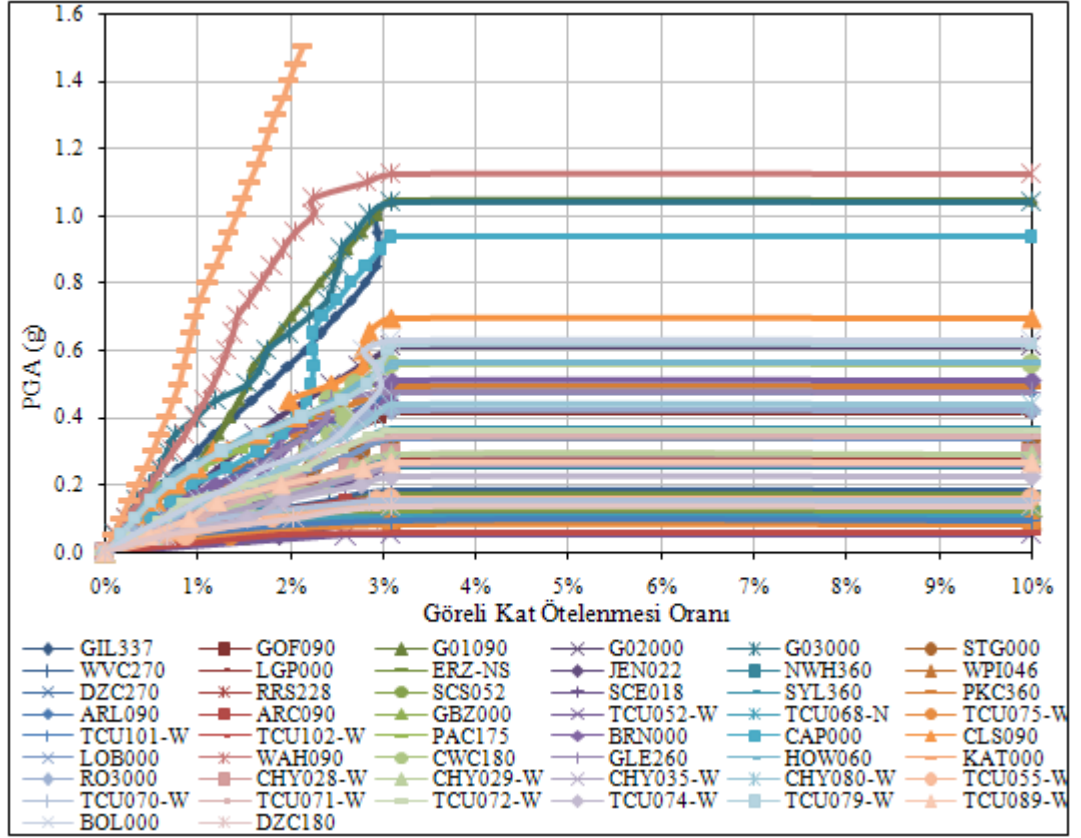
Konsol kolonların boyuna donatı oranları sabit, enkesit boyutları arttığı durumda; Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 grafikleri incelendiğinde yatay deplasman kapasiteleri artmakta ve yatay yerdeğiştirme için daha yüksek ivme düzeylerine karşı koyabilmektedir.



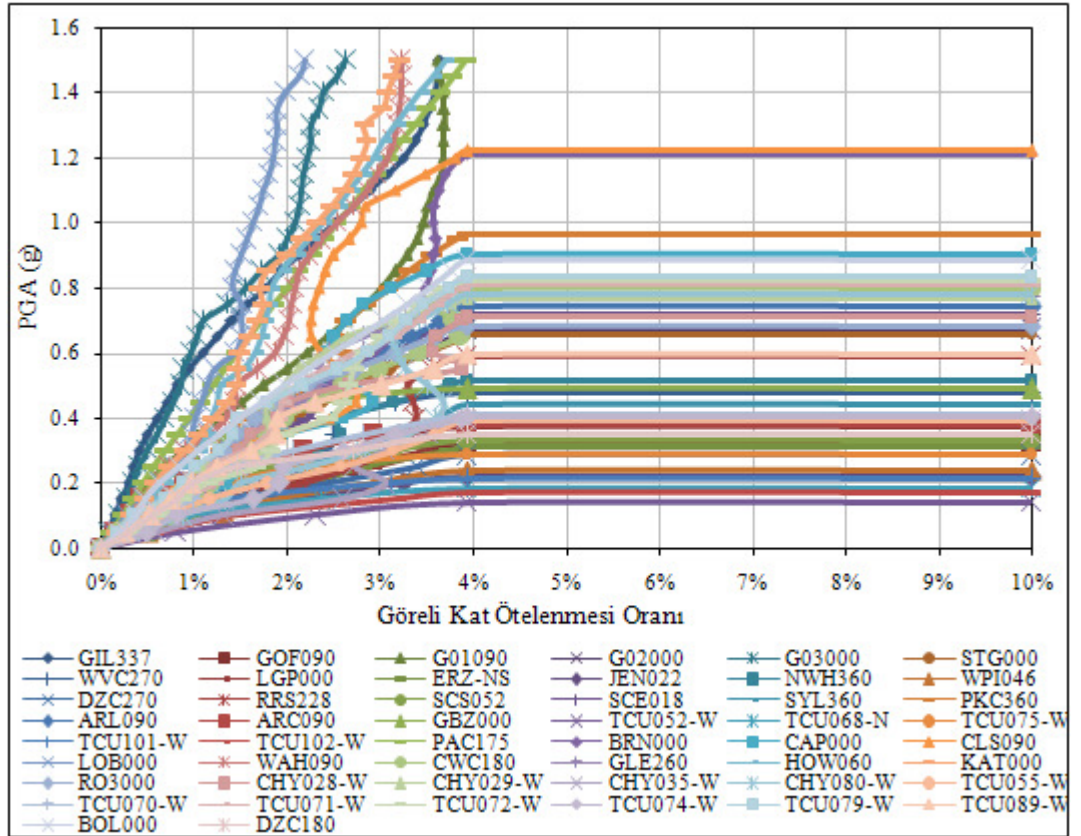
Şekil 4.10 : S30_%1 kolonu PGA-drift grafiği.



Şekil 4.11 : S60_%1 kolonu PGA-drift grafiği.

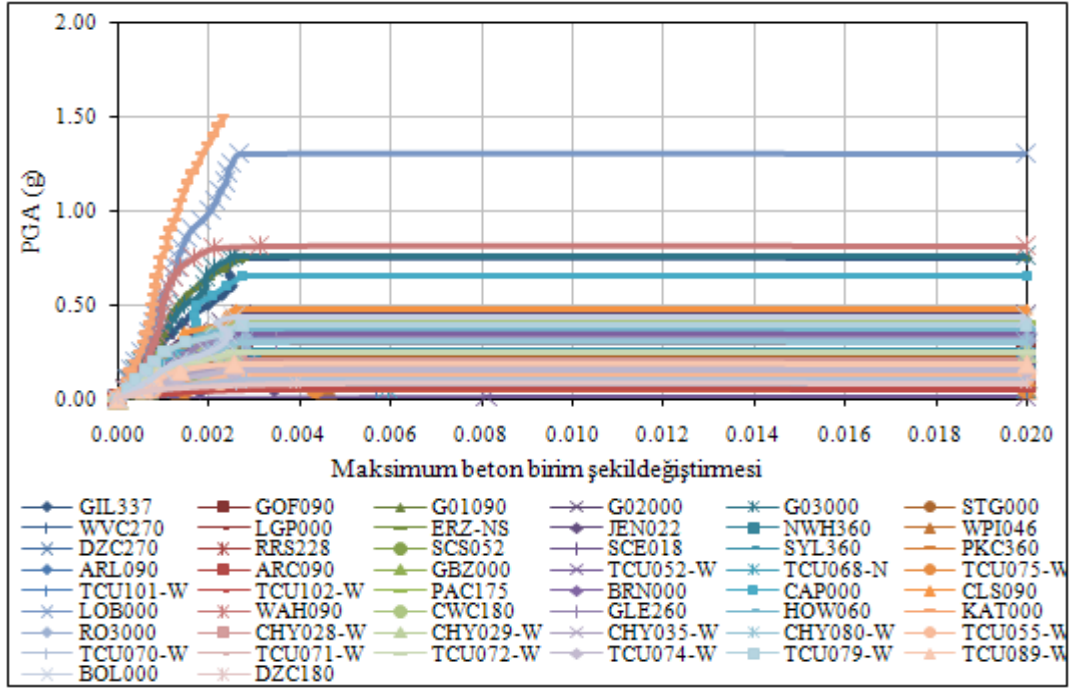


Şekil 4.12 : S30_%2 kolonu PGA-drift grafiği.

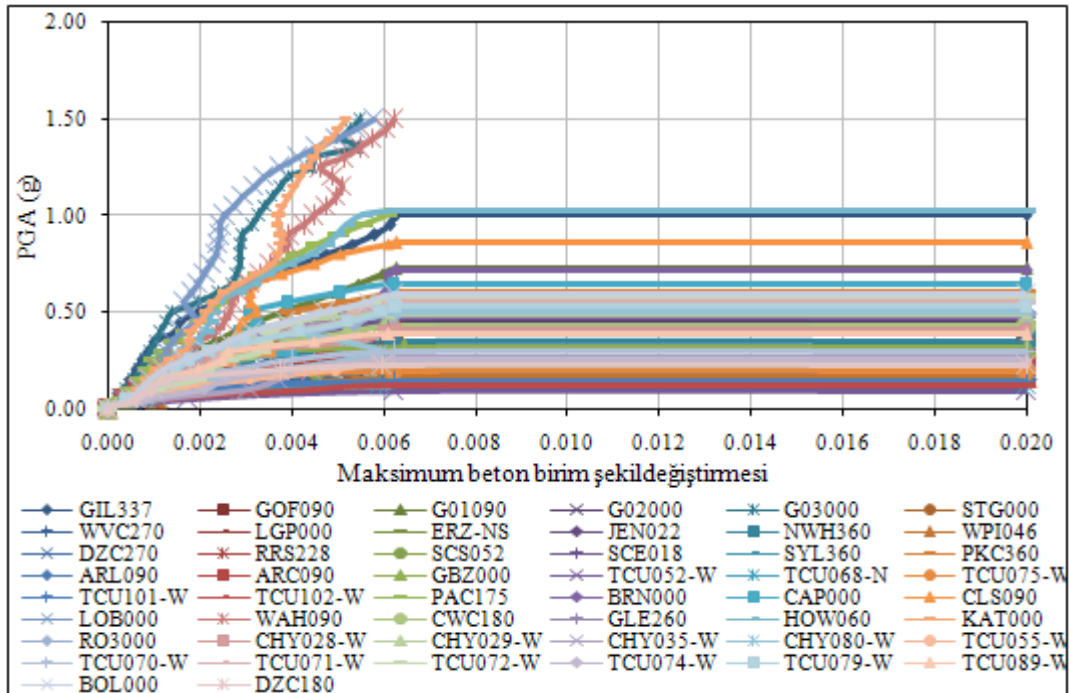


Şekil 4.13 : S60_%2 kolonu PGA-drift grafiği.

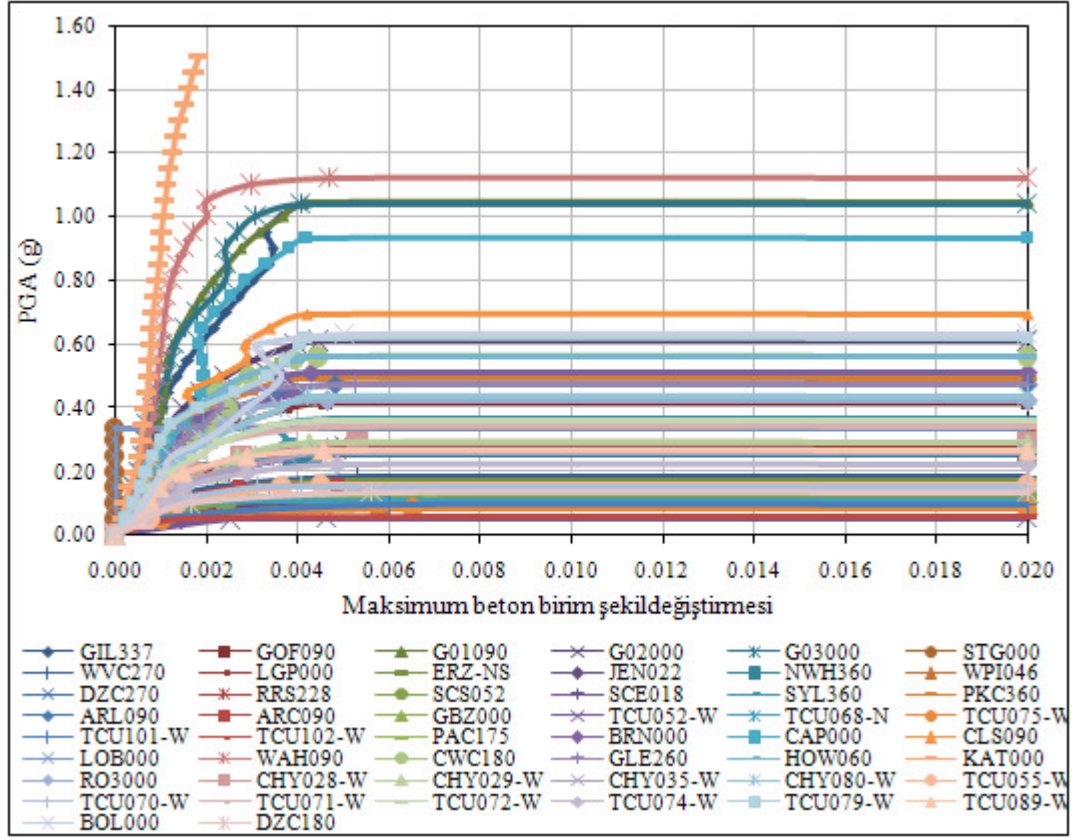
Konsol kolonların boyuna donatı oranları sabit, en kesit boyutları arttığı durumda; Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17 grafikleri incelendiğinde beton birim şekil değiştirme kapasiteleri artmakta ve özellikle 50×50 cm ve 60×60 cm lik enkesitlere sahip kolonlarda beton birim şekil değiştirme için daha yüksek ivme düzeylerine karşı koyabilmektedir.



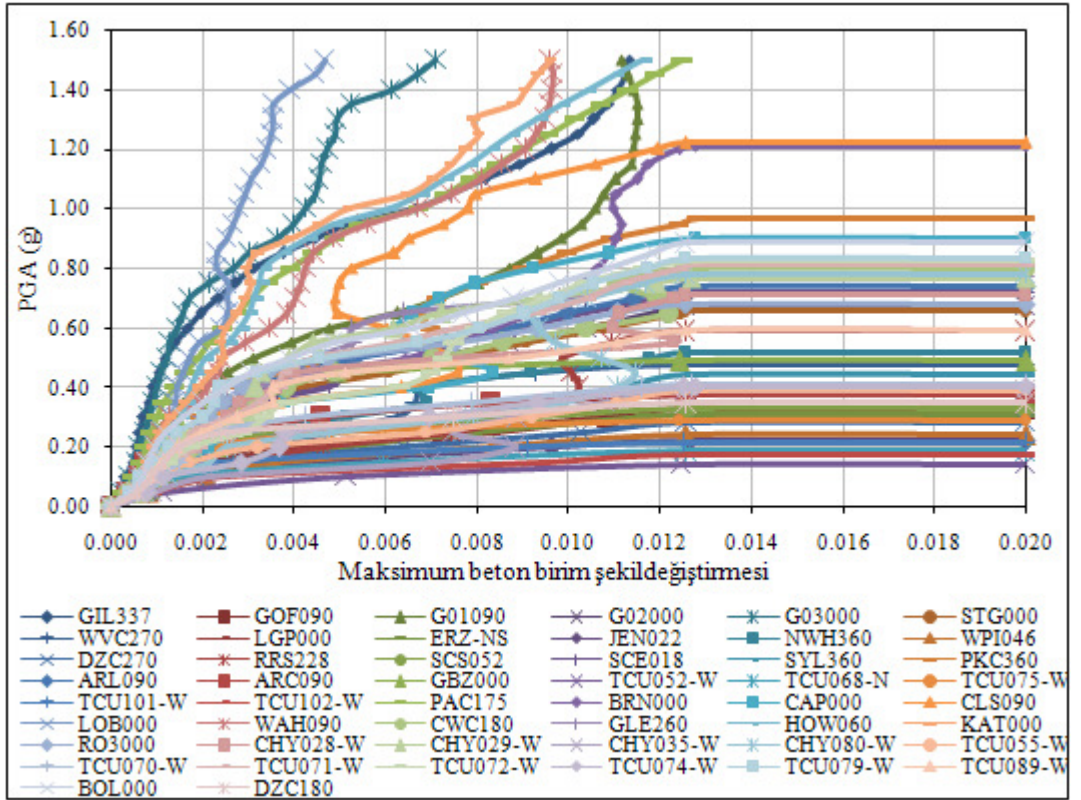
Şekil 4.14 : S30_%1 kolonu PGA-maksimum beton birim şekil değiştirme grafiği.



Şekil 4.15 : S60_%1 kolonu PGA-maksimum beton birim şekil değiştirme grafiği.

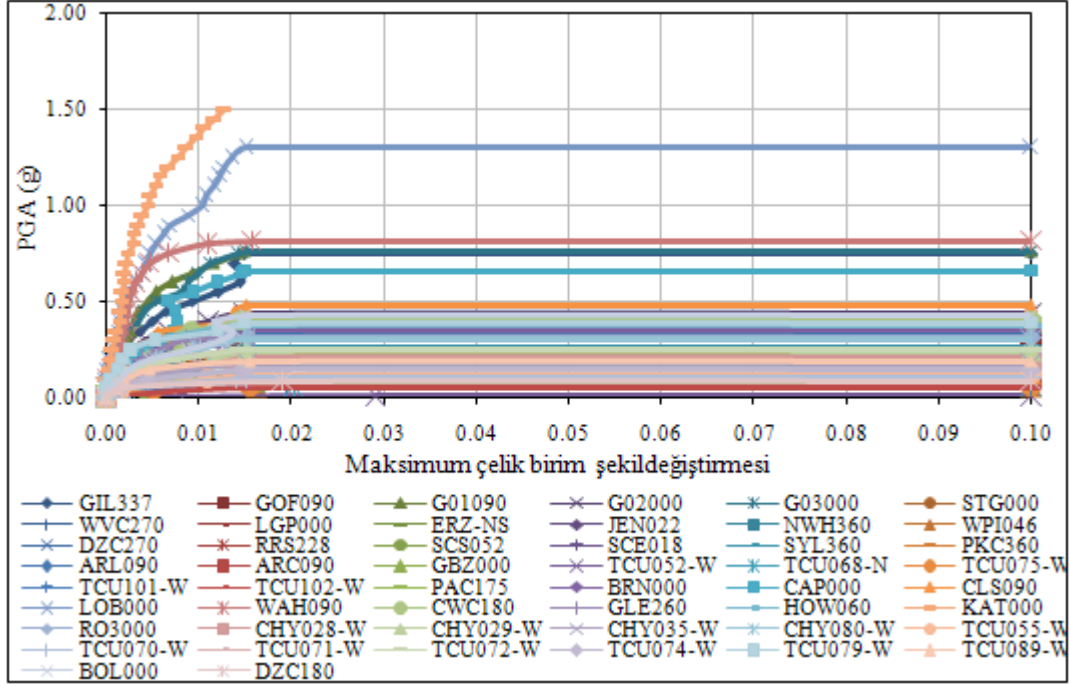


Şekil 4.16 : S30_2% kolonu PGA-maksimum beton birim şekil değiştirme grafiği.

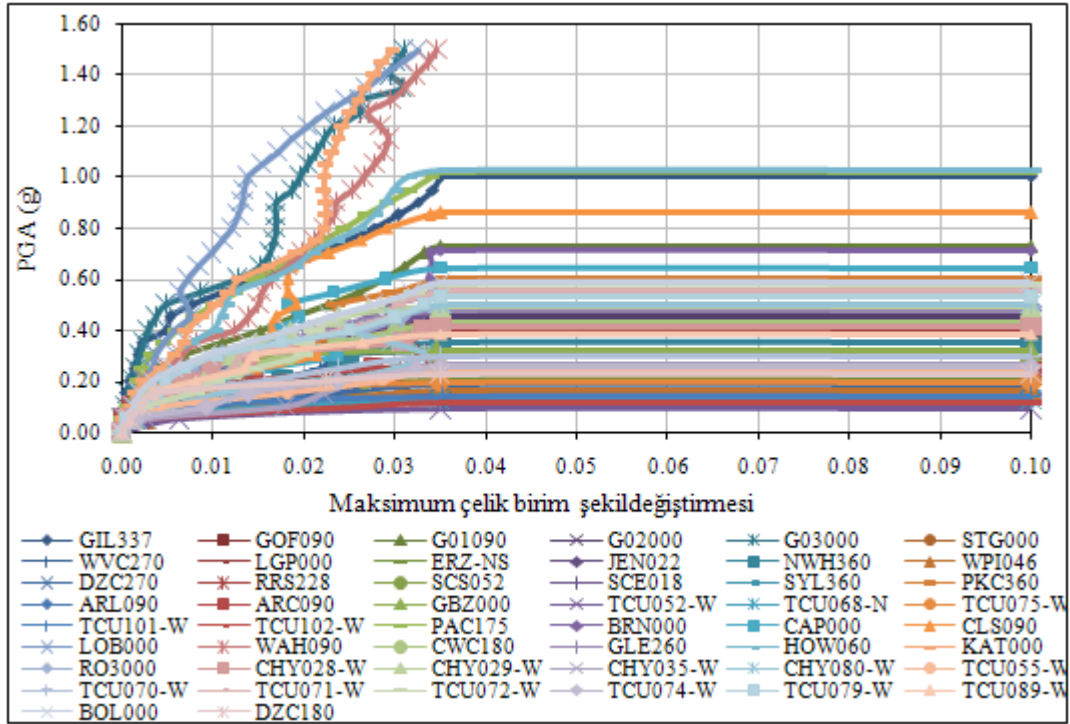


Şekil 4.17 : S60_2% kolonu PGA-maksimum beton birim şekil değiştirme grafiği.

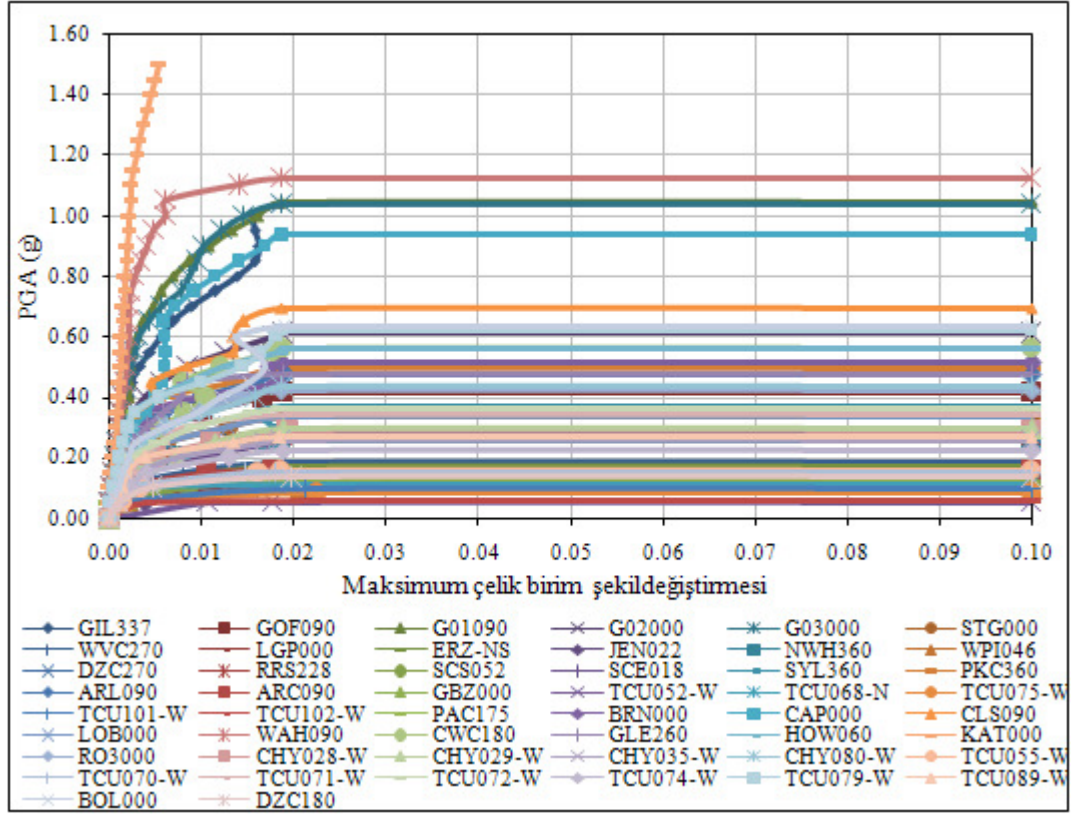
Konsol kolonların boyuna donatı oranları sabit, en kesit boyutları arttığı durumda; Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21 grafikleri incelendiğinde çelik birim şekildeğiştirme kapasiteleri artmakta ve çelik birim şekildeğiştirme için daha yüksek ivme düzeylerine karşı koyabilmektedir.



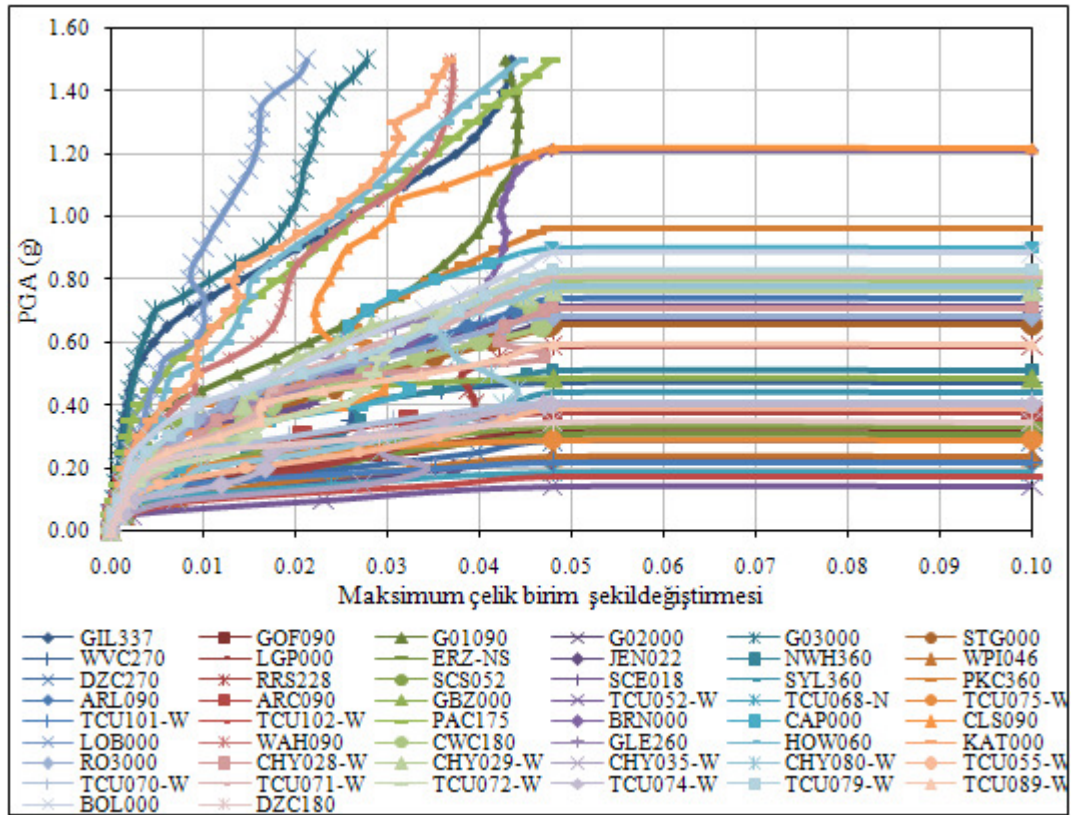
Şekil 4.18 : S30_%1 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.



Şekil 4.19 : S60_%1 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.

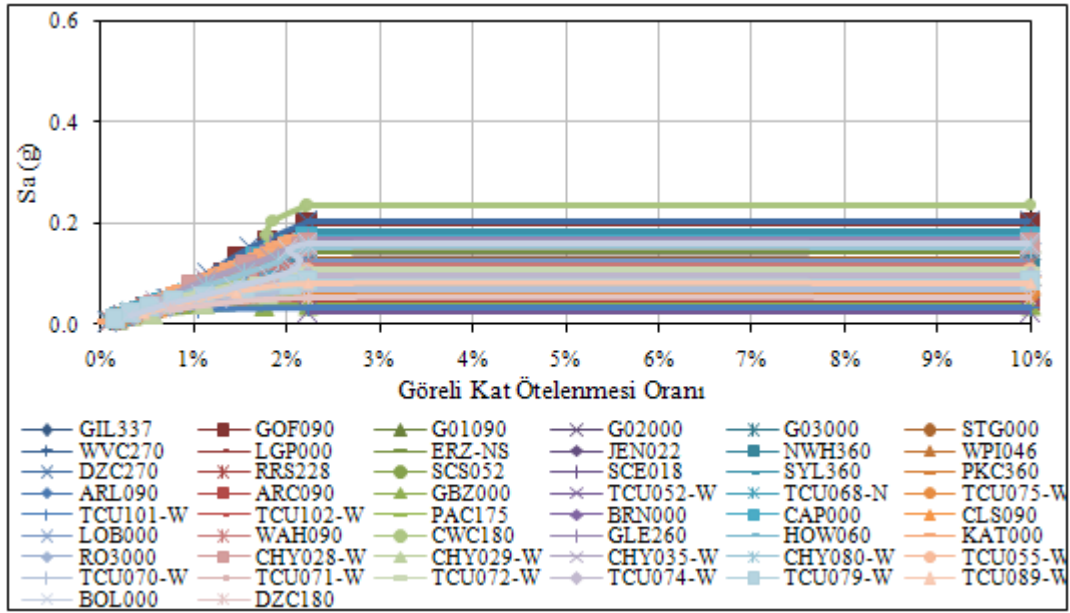


Şekil 4.20 : S30_%2 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.

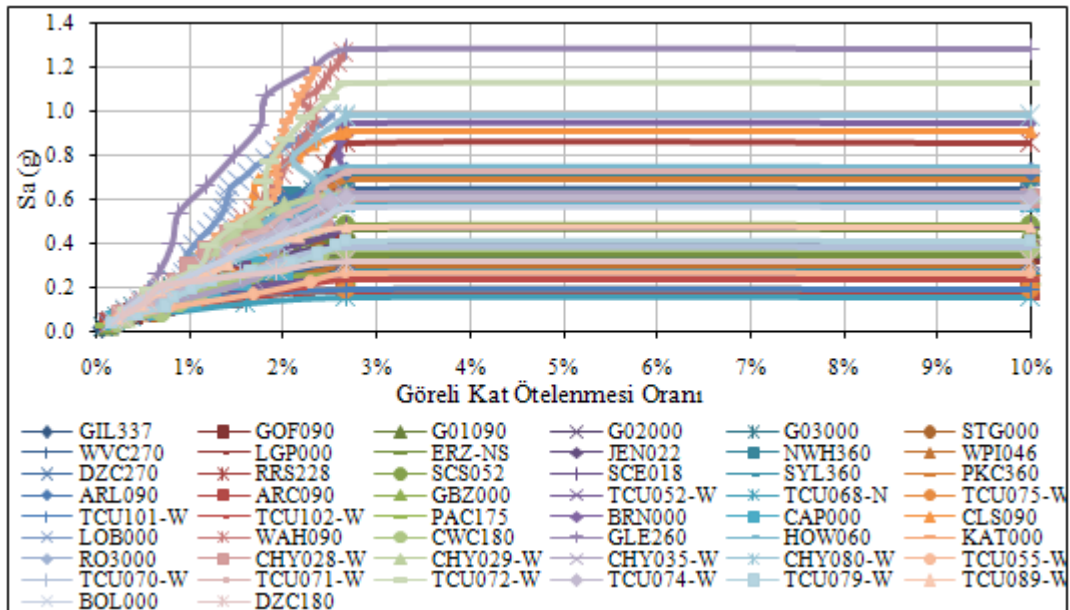


Şekil 4.21 : S60_%2 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.

Aşağıdaki grafiklerde görülen eğrilere Artımsal Dinamik Analiz eğriside (IDA curve) denilmektedir [1]. Konsol kolonların boyuna donatı oranları sabit, en kesit boyutları arttığı durumda; Şekil 4.22 ve Şekil 4.23 grafikleri incelendiğinde yatay deplasman kapasitesi, elastik sınır değeri ve yatay dayanım artmaktadır. Örneğin; “Hemen Kullanım” performans sınır değeri 0,01 için karşı gelen spektral ivme değerlerinin artışı görülüyor olması yatay dayanım kapasitesinin arttığını göstermektedir.

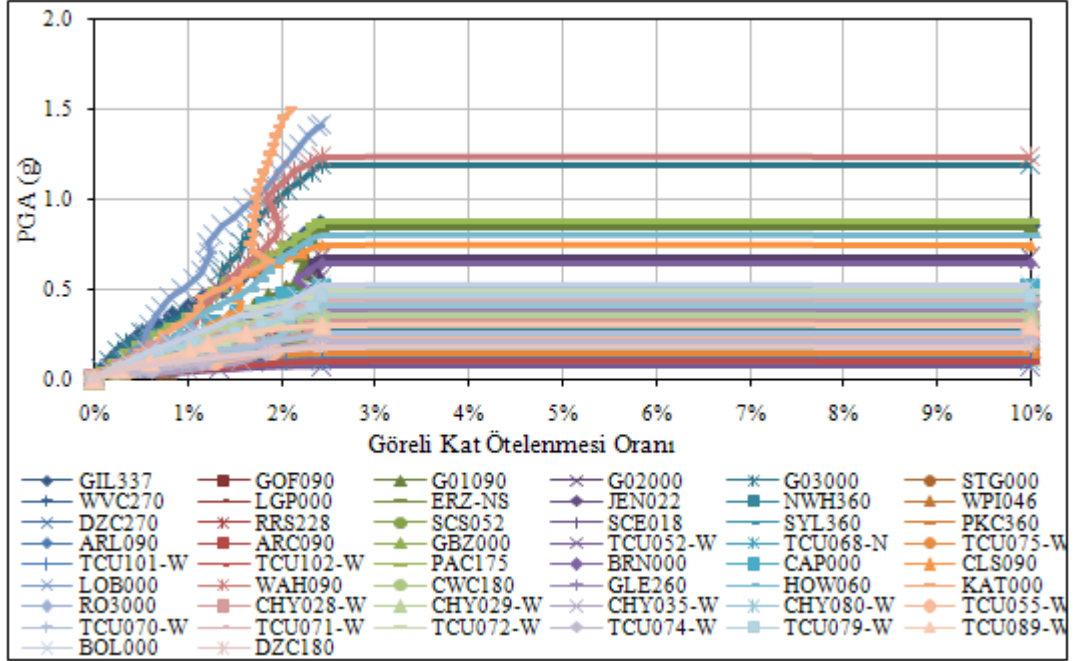


Şekil 4.22 : S30_%1 kolonu S_a -drift grafiği.

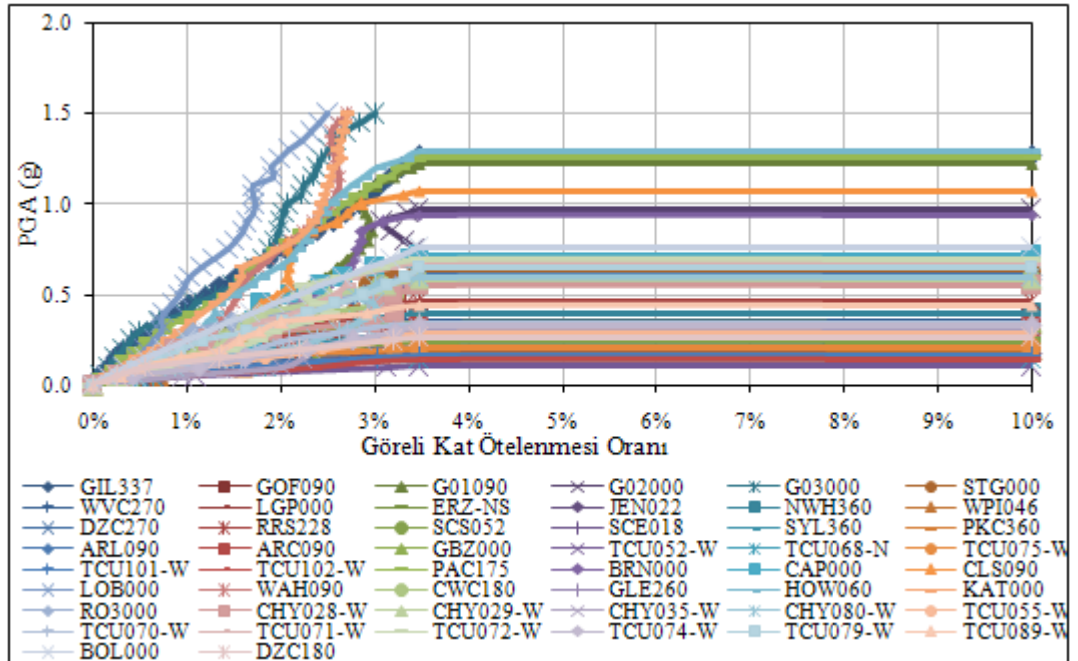


Şekil 4.23 : S60_%1 kolonu S_a -drift grafiği.

Konsol kolonların en kesit boyutları sabit, boyuna donatı oranları arttığı durumda; Şekil 4.24 ve Şekil 4.25 grafikleri incelendiğinde yatay deplasman kapasiteleri artmakta ve yatay yerdeğiştirme için daha yüksek ivme düzeylerine karşı koyabilmektedir.



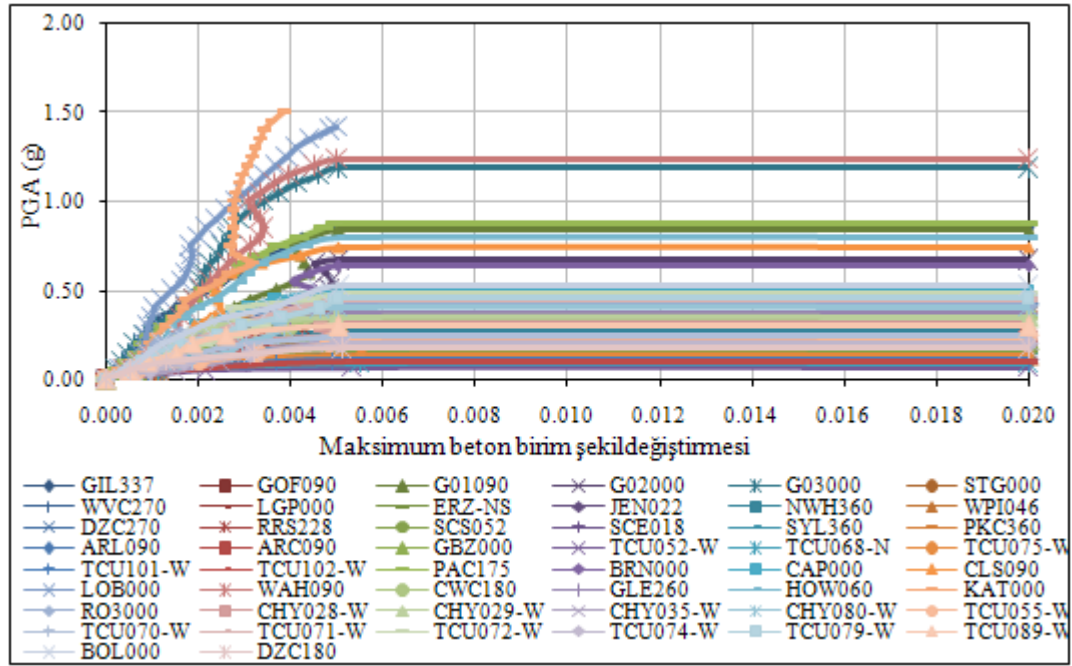
Şekil 4.24 : S50_%1 kolonu PGA-drift grafiği.



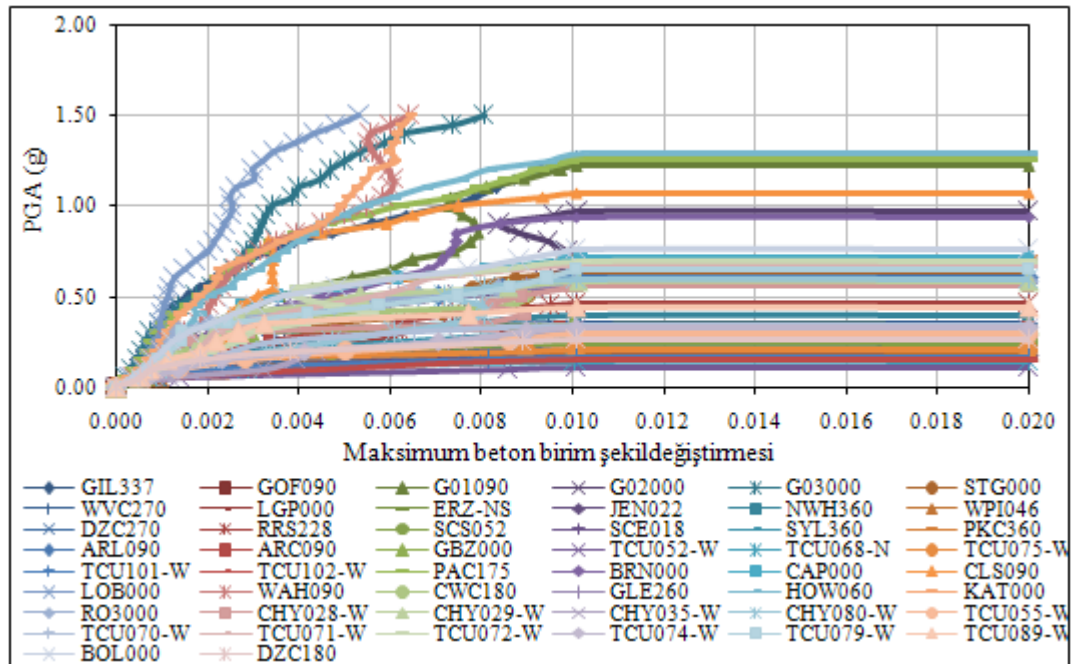
Şekil 4.25 : S50_%2 kolonu PGA-drift grafiği.

Konsol kolonların en kesit boyutları sabit, boyuna donatı oranları arttığı durumda; Şekil 4.26 ve Şekil 4.27 grafikleri incelendiğinde beton birim şekildeğiştirme

kapasiteleri artmakta ve beton birim şekildeğiştirme için karşı koyabileceği ivme düzeyinde önemli artış görülmemektedir.

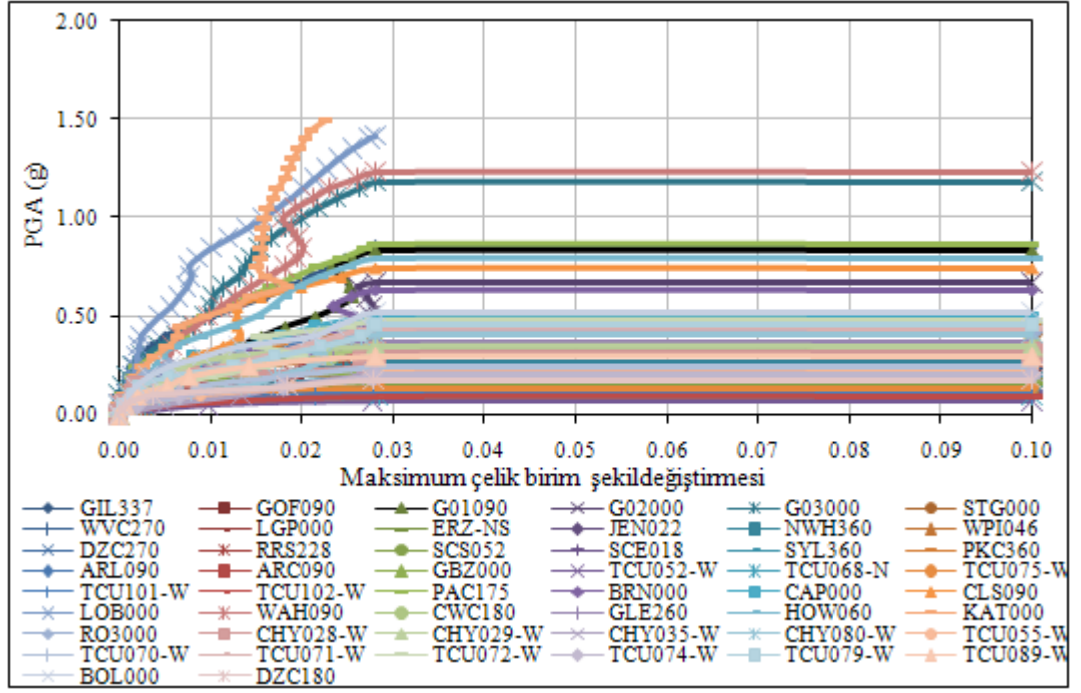


Şekil 4.26 : S50_%1 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.

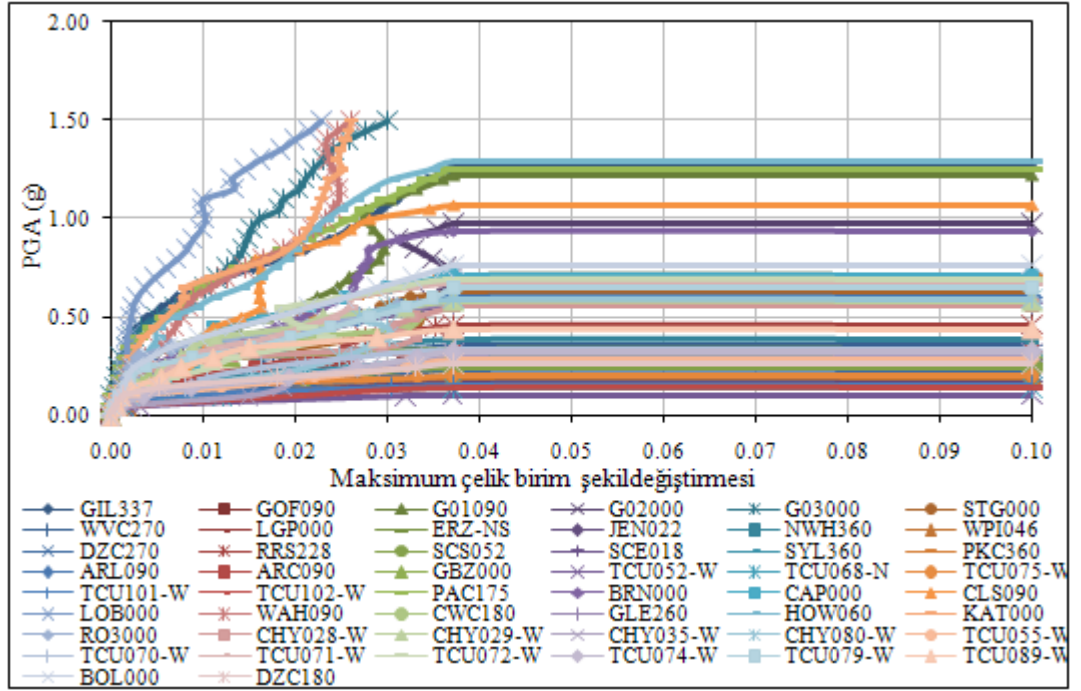


Şekil 4.27 : S50_%2 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.

Konsol kolonların en kesit boyutları sabit, boyuna donatı oranları arttığı durumda; Şekil 4.28 ve Şekil 4.29 grafikleri incelendiğinde çelik birim şekildeğiştirme kapasiteleri artmakta ve çelik birim şekildeğiştirme için karşı koyabileceği ivme düzeyinde önemli artış görülmemektedir.

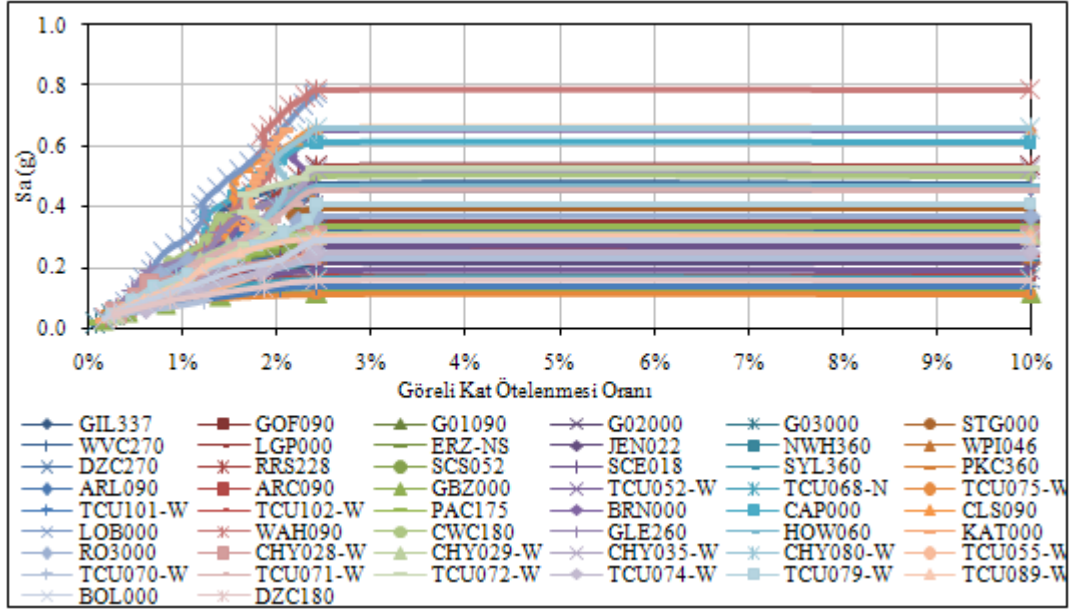


Şekil 4.28 : S50_%1 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.

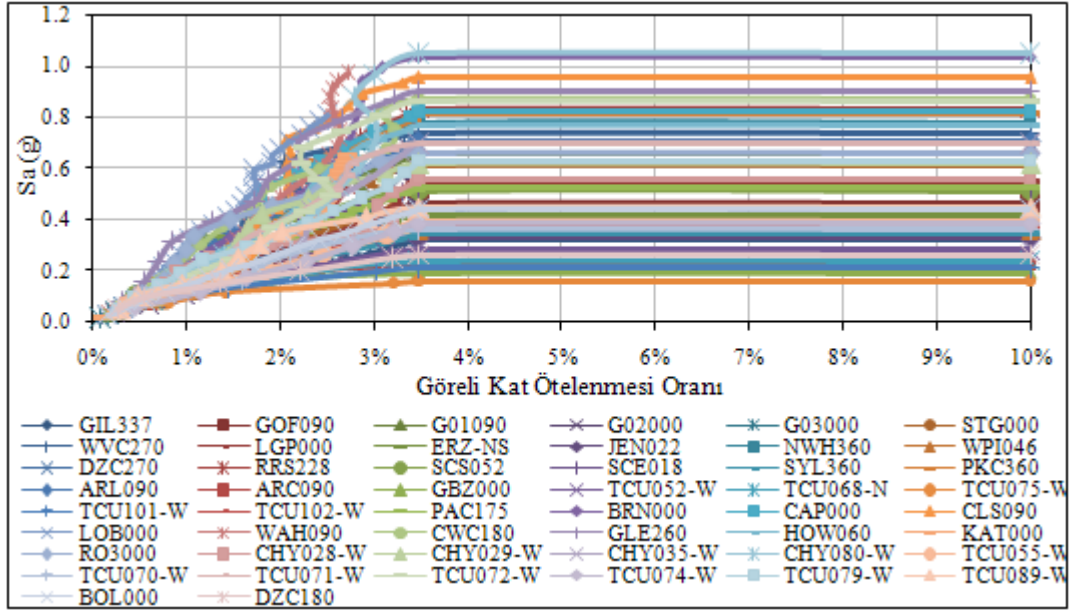


Şekil 4.29 : S50_%2 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.

Konsol kolonların en kesit boyutları sabit, boyuna donatı oranları arttığı durumda; Şekil 4.30 ve Şekil 4.31 grafikleri incelendiğinde yatay deplasman kapasitesi, elastik sınır değeri ve yatay dayanım artmaktadır. Örneğin; Hemen Kullanım performans sınır değeri 0,01 için karşı gelen spektral ivme değerlerinin artışı görülüyor olması yatay dayanım kapasitesinin arttığını göstermektedir.

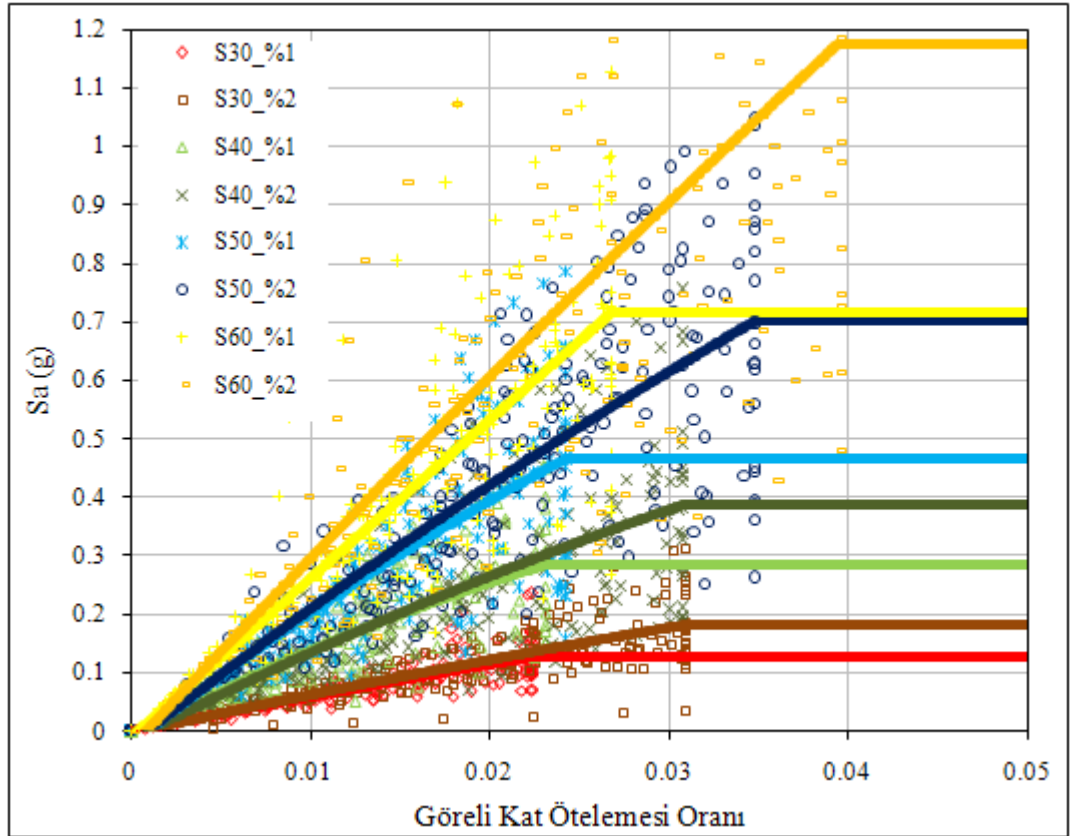
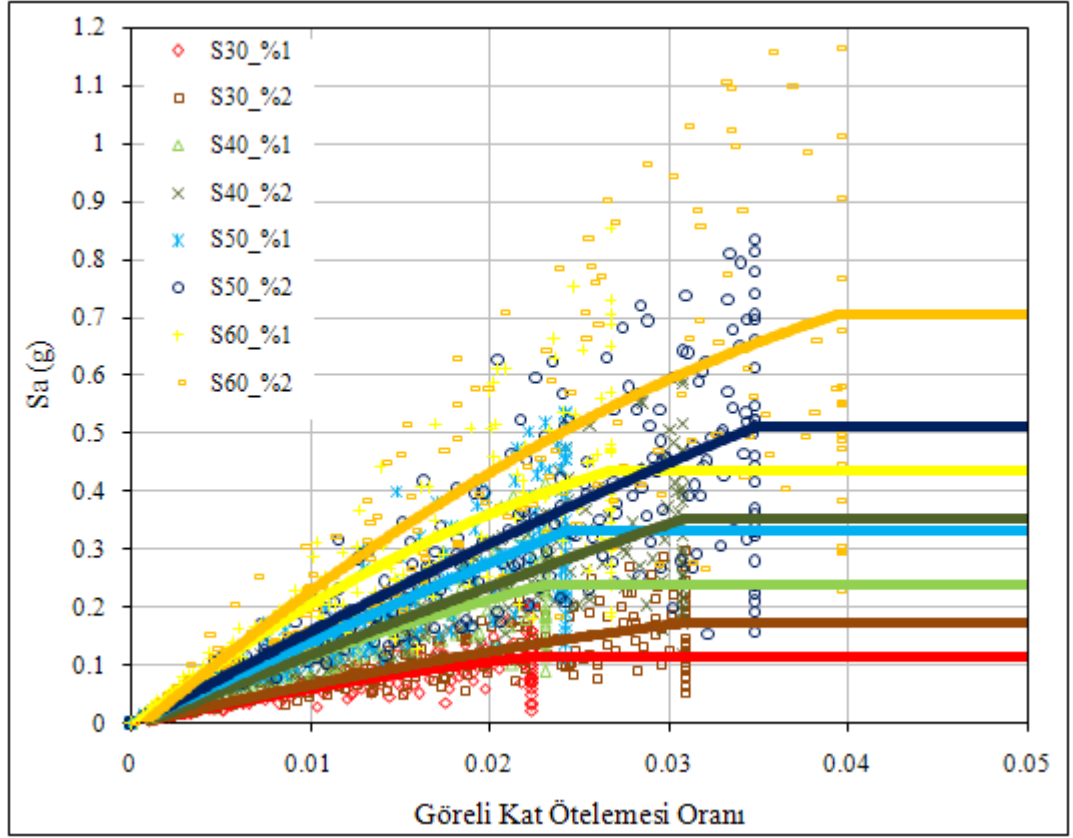


Şekil 4.30 : S50_%1 kolonu S_a -drift grafiği.



Şekil 4.31 : S50_%2 kolonu S_a -drift grafiği.

İleri yönlenme (forward-directivity) etkisi içeren yakın-fay yer hareketleri ile içermeyen yer hareketlerinin, konsol kolon üzerindeki etkisi Şekil 4.32 ve Şekil 4.33 grafikleri yardımıyla incelendi. İleri yönlenme (forward-directivity) etkisi içeren yakın fay yer hareketleri, kolonların karşı koyabileceği ivme düzeyleri açısından kolonlara daha detaylı bakarsak, S60_%2 kolonunda yaklaşık %40'luk, S60_%1 kolonunda yaklaşık %40'luk, S50_%2 kolonunda yaklaşık %30'luk, S50_%1 kolonunda yaklaşık %30'luk kayıp hesaplanmıştır.



5. GENEL SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, 30×30 cm, 40×40 cm, 50×50 cm, 60×60 cm enkesitli kolonların her birisi için %1 ve %2 boyuna donatı oranlarına göre hazırlanmış 8 tip prefabrik kolonun Artımsal Dinamik Analiz (ADA) için doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz serileri ve statik itme analizi (Pushover) gerçekleştirilmiş ve elde edilen önemli sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

- DBYBHY (2007)'de tanımlanan performans seviyeleri görelî kat ötelenmesi oranı (drift), beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme üst sınırlarına bağılı olarak 8 tip konsol kolonun doğrusal olmayan statik itme analizi sonuçları performans açısından irdelenmiştir.
- Artımsal dinamik analizden elde edilen sonuçlara göre farklı depremlerin, farklı ivme düzeylerinin yapı davranışına etkisi incelenmiştir.
- Kolona depremlerin farklı ivme düzeylerindeki görelî kat ötelenmesi oranı, maksimum beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme ve eğrilikle ilişkisi yansıtılmıştır. Ayrıca, yukarda sıralanan hasar ölçütlerinin spektral ivme diyagramları da oluşturulmuştur.
- Elde edilen tüm sonuçlar, kesit boyutu ve boyuna donatı oranı değışken parametrelerine bağılı olarak karşılaştırılmıştır.
- Dinamik analiz için kullanılan ileri yönlenme etkisi içeren ve içermeyen yakın fay yer hareketlerinin bütün konsol kolonlara etkisi incelenmiştir.
- Artımsal Dinamik Analiz ile Statik İtme Analizi arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.
- $0,8V_{maks}$ olarak seçilen göçme sınır durumunda; görelî kat ötelenmesi oranı (drift), beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme hasar sınırları grafik üzerinde işlenerek farklı kolon tiplerine ait performans seviyeleri açıkça görülebilmektedir.

- Kolonlarda, enkesit boyutunun artışı, yatay dayanımı artırmakta, ayrıca yatay deplasman kapasitesini de artırmaktadır.
- Kolonlarda, boyuna donatı oranının artışı, yatay dayanımı artırmakta ve yatay deplasman kapasitesinde de ciddi artışlara sebep olmaktadır.
- Kolonlara ait kapasite grafikleri üzerinde işaretli farklı parametrelere ait performans sınırları incelendiğinde, beton ve donatı çeliğinin performans kriteri olamayacağı, görelî kat ötelenmesinin daha uygun bir kriter olduğu anlaşılmaktadır.
- Artımsal dinamik analiz sonuçlarına göre, kolonların enkesit boyutu arttırıldığında; yatay yerdeğiştirme, yatay dayanım, beton ve donatı çeliği ve dönme kapasitesi artmaktadır.
- Artımsal dinamik analiz sonuçlarına göre, kolonların boyuna donatı oranı arttırıldığında; yatay yerdeğiştirme, yatay dayanım, beton ve donatı çeliği ve dönme kapasitesi artmaktadır.
- Dinamik analiz için kullanılan ileri yönlenme etkisi içeren ve içermeyen yakın fay yer hareketleri yatay dayanımlar üzerinde etkili olmuştur.
- Konsol kolonlarda enkesit boyutunun ve boyuna donatı oranının artışı, ikinci mertebe (P-Delta) etkilere karşı direnci artırmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Vamvatsikos, D. and Cornell, C.A.**, 2002. Incremental dynamic analysis, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **31**(3), 491 – 514.
- [2] **Vamvatsikos, D. and Cornell, C.A.**, 2004. Applied incremental dynamic analysis, *Earthquake Spectra*, **20**(2), 523 – 553.
- [3] **Sehhati, R., Rodriguez-Marek, A., ElGawady, M. and William, F.**, 2011. Effects of near-fault ground motions and equivalent pulses on multi-story structures, *Engineering Structures*, **33** (2011), 767–779.
- [4] **Karadoğan F., Yüksel E., Yüce S., Taşkın K. ve Saruhan H.**, 2006. Orijinal ve güçlendirilmiş prefabrike betonarme kolonlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, *Teknik Rapor*, İTÜ, İstanbul.
- [5] **Sürmeli M.**, 2008. Performance evaluation of precast columns under seismic excitation, *M.Sc. Thesis*, İTÜ, İstanbul.
- [6] **Polat, G. ve Damcı, A.**, Türk inşaat sektöründe prefabrik betonarme yapı elemanlarının kullanımını etkileyen faktörler, İTÜ, İstanbul, <<http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/1556.pdf> >, alındığı tarih 15.03. 2011.
- [7] **PERFORM-3D**, 2007. Nonlinear Analysis and Performance Assessment for 3D Structures, Computers and Structures Inc., Berkeley, USA.
- [8] **PERFORM-3D**, 2006. *Nonlinear Analysis and Performance Assessment for 3D Structures User Guide Version 4.*, Computers and Structures Inc., Berkeley, USA.
- [9] **Kayhan, A. H. ve Şenel Ş. M.**, 2010. Tek katlı prefabrik sanayi yapıları için hasar görülebilirlik eğrileri, *İMO Teknik Dergi*, **21**(4),5161-5184.
- [10] **XTRACT**, 2004. Kesit Analiz Programı, Imbsen Software Systems, Sacramento, USA.
- [11] **SEISMOSIGNAL**, 2010. Package for the Processing of Strong Motion Data, SeismoSoft Ltd., Pavia, Italy.
- [12] **DBYBHY**, 2007. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara.
- [13] **TS-500**, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [14] **Chadwell C.B. and Imbsen R.A.**, 2004. XTRACT: A tool for axial force - ultimate curvature interactions, *Proceedings of 2004 Structures Congress*, Nashville, TN, USA, May 22-26.
- [15] **Mander, J.B., Priestly, M.J.N. and Park, R.**, 1988. Theoretical stress-strain confined concrete, *Journal of Structural Division (ASCE)*, **114**(8), 1804-1826.

- [16] **Url-1** <<http://peer.berkeley.edu/smcat/>>, alındığı tarih 21.02.2011.
- [17] **Url-2** <<http://www.compengineering.com/>>, alındığı tarih 25.04.2011.
- [18] **Mackie, K. and Stojadinovic, B.**, 2002. Relation between probabilistic seismic demand analysis and incremental dynamic analysis, *7th US National Conference on Earthquake Engineering*, Boston, MA, USA, July 21-25.
- [19] **Charney, F.A.**, 2005. Applications in incremental dynamic analysis, *Metropolis and Beyond: Proceedings of the 2005 Structures Congress*, New York, USA, April 20-24.
- [20] **Kunnath S.K. and Kalkan E.**, 2005. IDA capacity curves: the need for alternative intensity factors, *Proc. of the ASCE Structures 2005 Congress*, April 20-24, New York, USA.
- [21] **Dana M.M. and Stojadinovic B.**, 2005. Incremental dynamic analysis of a structure with a gap, *Metropolis and Beyond: Proceedings of the 2005 Structures Congress*, New York, USA, April 20-24.
- [22] **Han S.W. and Chopra A. K.**, 2006. Approximate incremental dynamic analysis using the modal pushover analysis procedure, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **35**(15), 1853-1873.
- [23] **Kirçil M.S. and Polat Z.**, 2006. Fragility analysis of mid-rise r/c frame buildings, *Engineering Structures*, **28**(9), 1335–1345.
- [24] **Tüzün C. ve Aydınoğlu M.N.**, 2007. Gerçek binaların doğrusal olmayan analizlerinden hasargörebilirlik ilişkilerinin elde edilmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 16-20 Ekim.
- [25] **Mander J.B., Dhakal R.P., Mashiko N. and Solberg K.M.**, 2007. Incremental dynamic analysis applied to seismic financial risk assessment of bridges, *Engineering Structures*, **29**(10), 2662–2672.
- [26] **Kruep S.J.**, 2007. Using incremental dynamic analysis to visualize the effects of viscous fluid dampers on steel moment frame drift, *M.Sc. Thesis*, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.
- [27] **Asgarian B. and Fiouz A.**, 2008. Incremental dynamic analysis considering pile-soil-structure interaction for the jacket type offshore platforms, *Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, Estoril, Portugal, June 15-20.
- [28] **Ferracuti B., Pinho R., Savoia M. and Francia R.**, 2009. Verification of displacement-based adaptive pushover through multi-ground motion incremental dynamic analyses, *Engineering Structures*, **31**(8), 1789-1799.
- [29] **Tirca L. and Tremblay R.**, 2009. Incremental dynamic analysis of multi-storey concentrically braced steel, *STESSA 2009 Behavior of Steel Structures in Seismic Areas*, Philadelphia, USA, June 15-20.
- [30] **Asgarian B., Yahyai M. and Mirtaheri M.**, 2010. Incremental dynamic analysis of high-rise, *The Structural Design of Tall And Special Buildings*, **19**, 922–934.

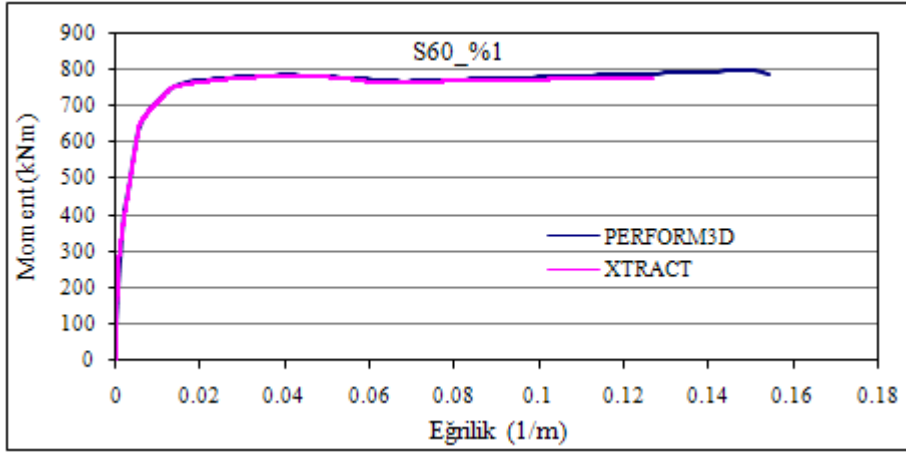
EKLER

EK A : Model Doğrulama Grafikleri

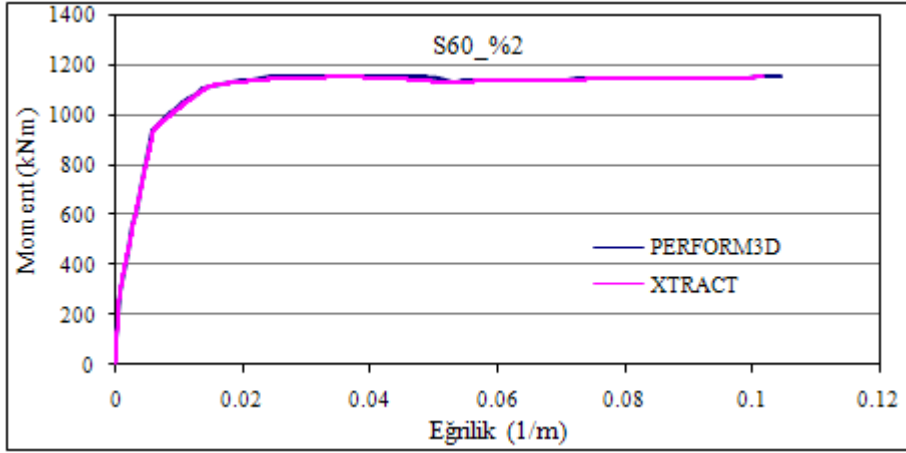
EK B : Statik İtme Analizi Kapasite Grafikleri

EK C : Artımsal Dinamik Analiz Sonuç Grafikleri

EK A

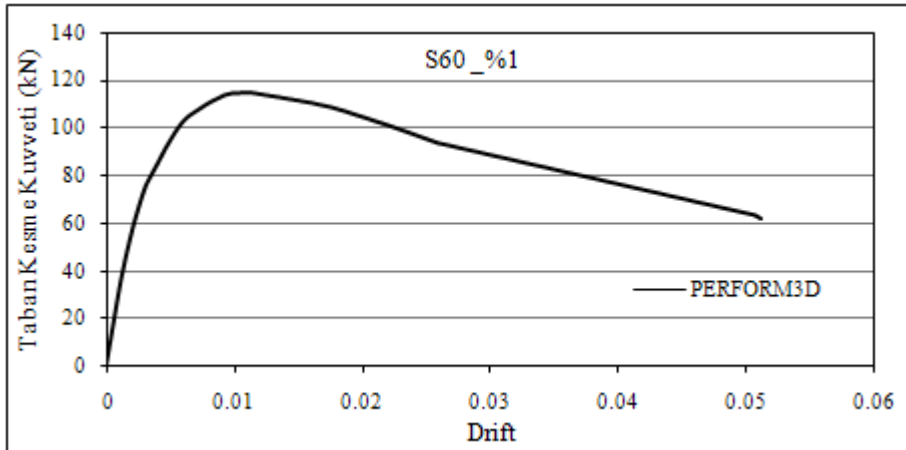


Şekil A.1 : S60_%1 kolonu moment-eğrilik ilişkisi.

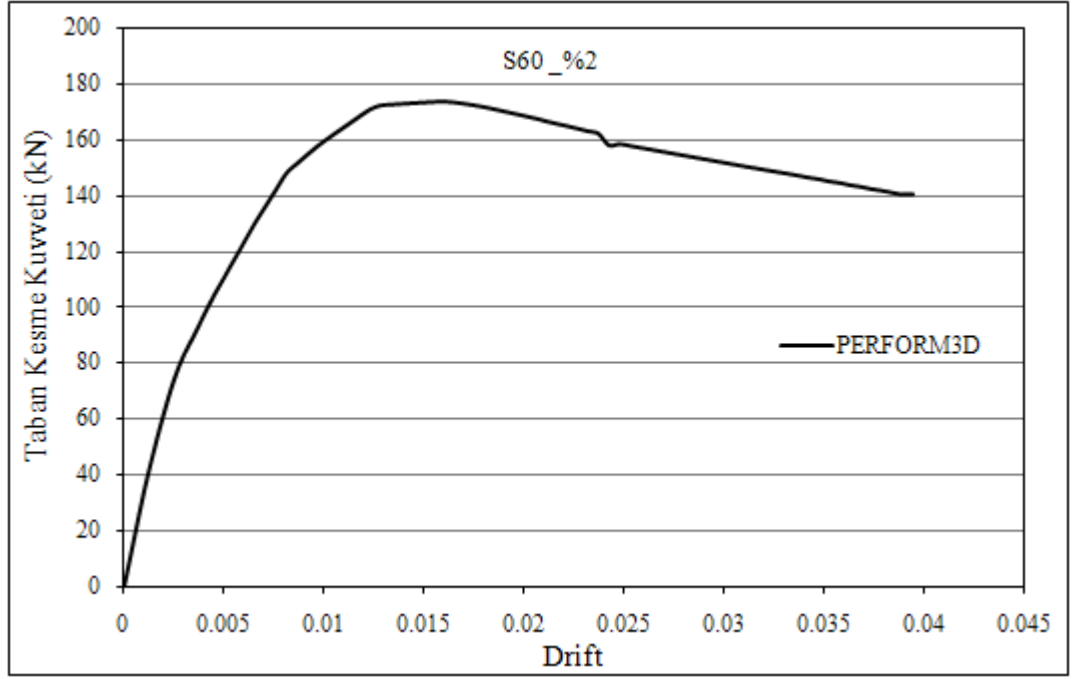


Şekil A.2 : S60_%2 moment-eğrilik ilişkisi.

EK B

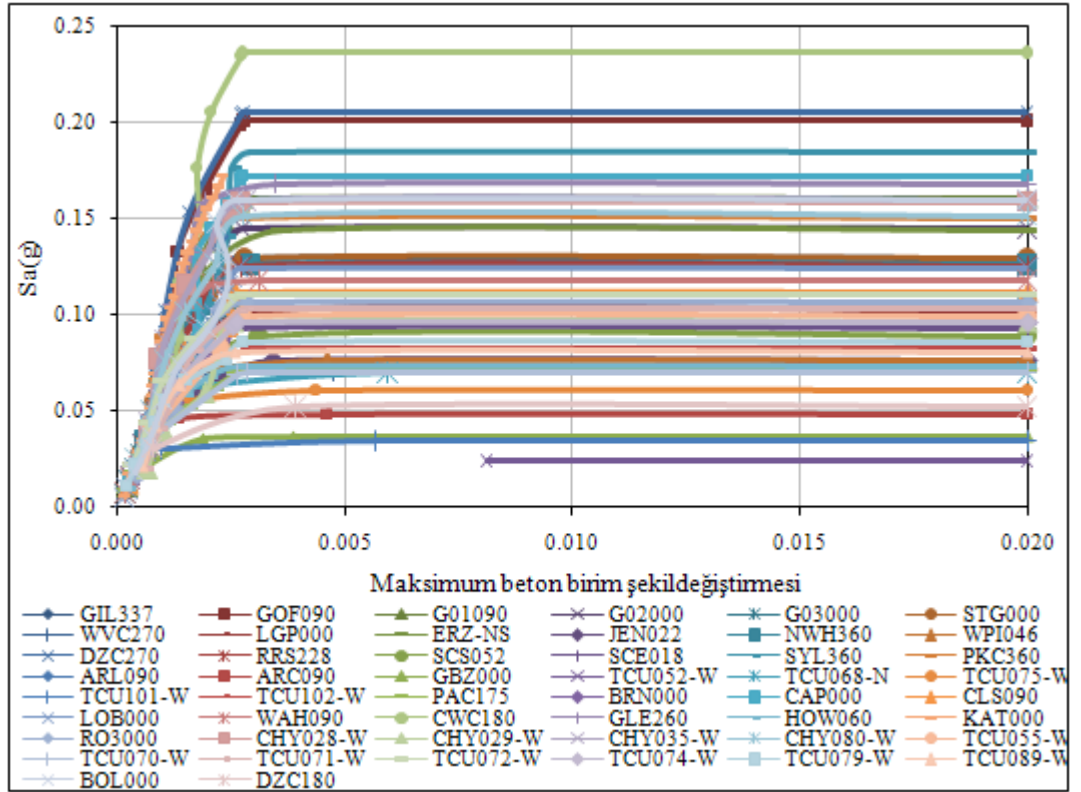


Şekil B.1 : S60_%1 kolonu taban kesme kuvveti-görel kat ötelenmesi oranı grafiği.

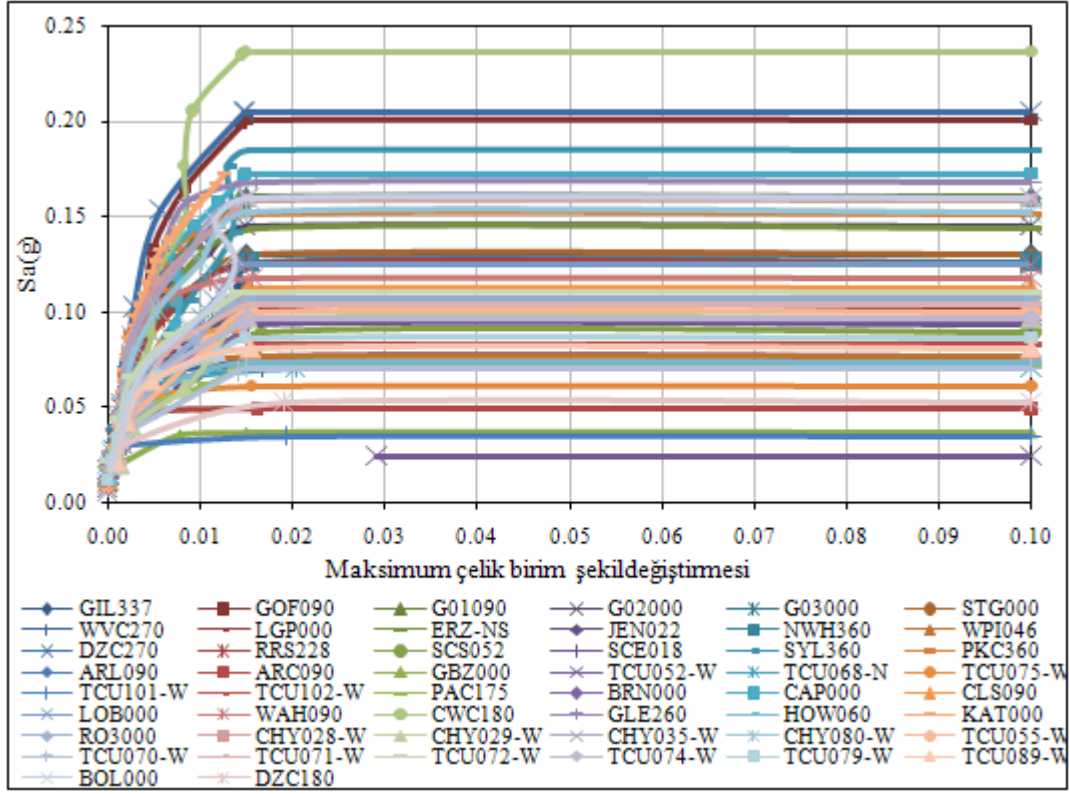


Şekil B.2 : S60_%2 kolonu taban kesme kuvveti-görelî kat ötelenmesi oranı grafiğı.

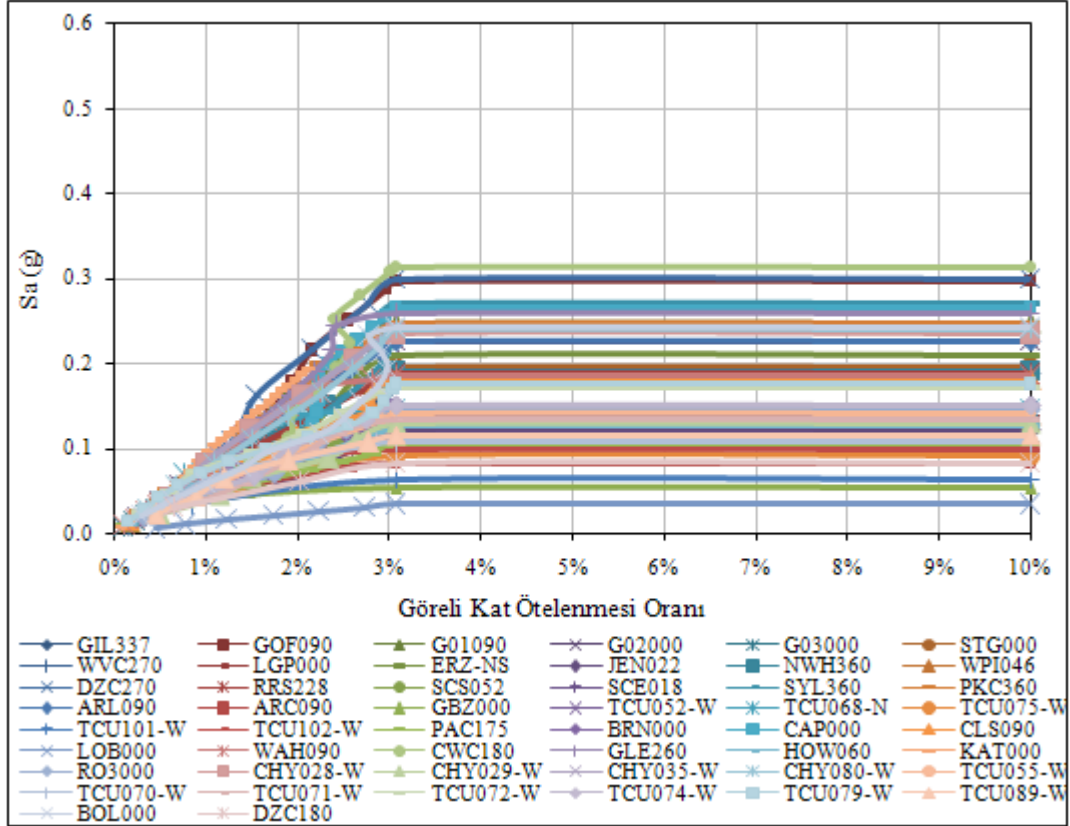
EK C



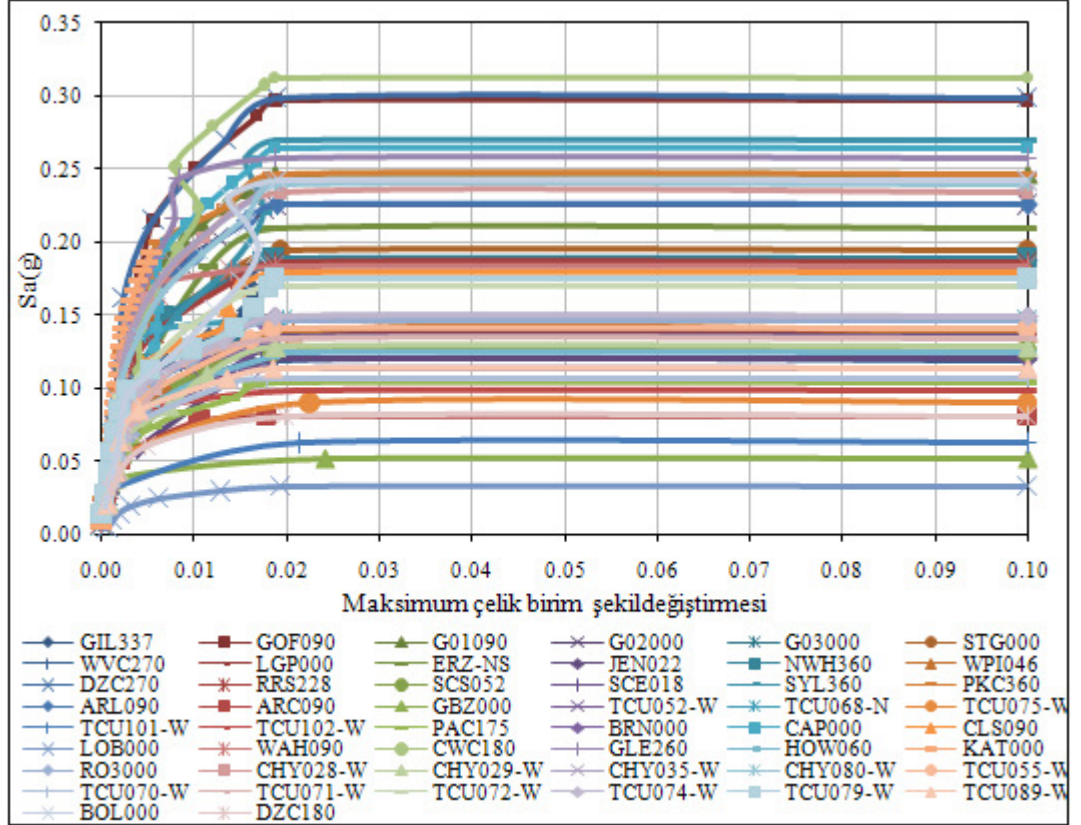
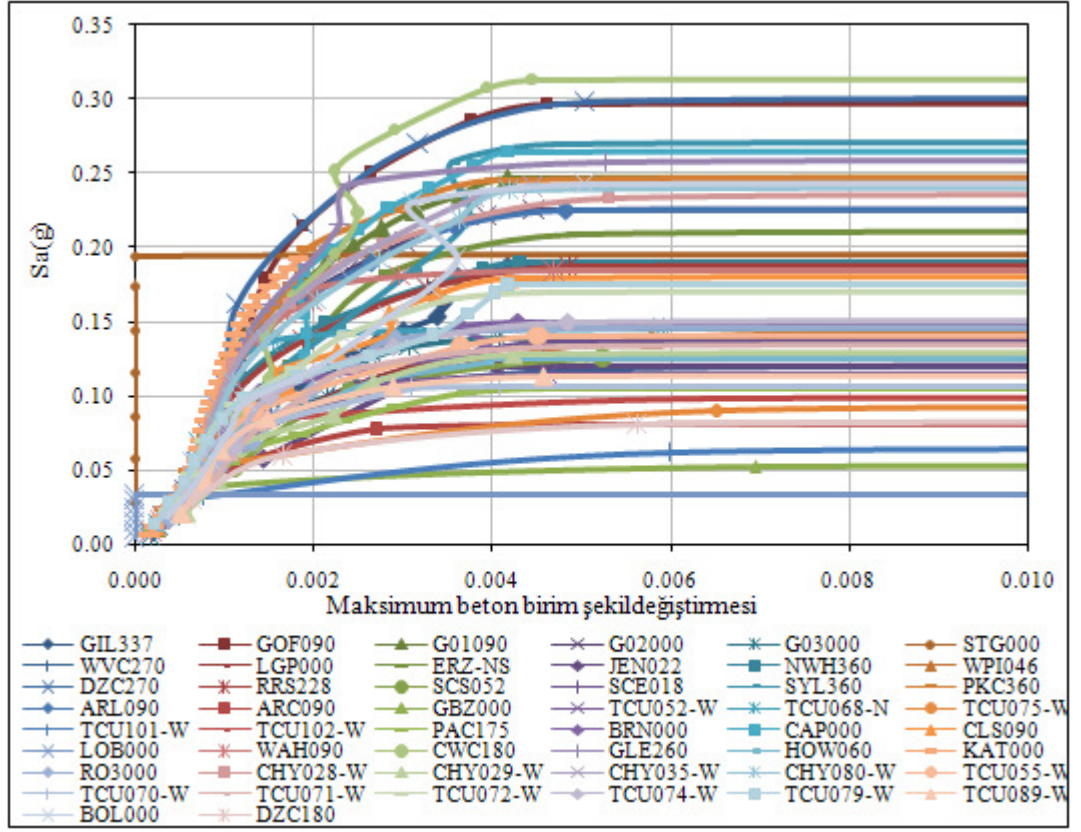
Şekil C.1 : S30_%1 kolonu S_a -maksimum beton birim şekildeğıstirme grafiğı.

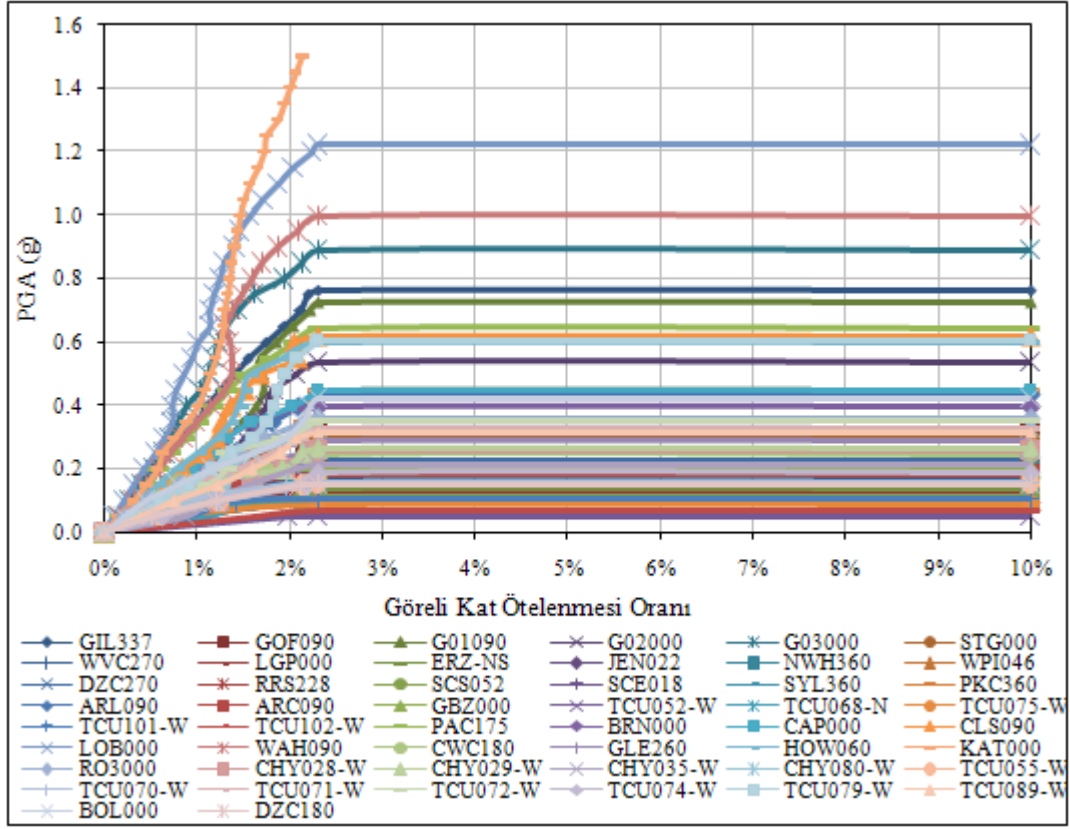


Şekil C.2 : S30_%1 kolonu S_a -maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.

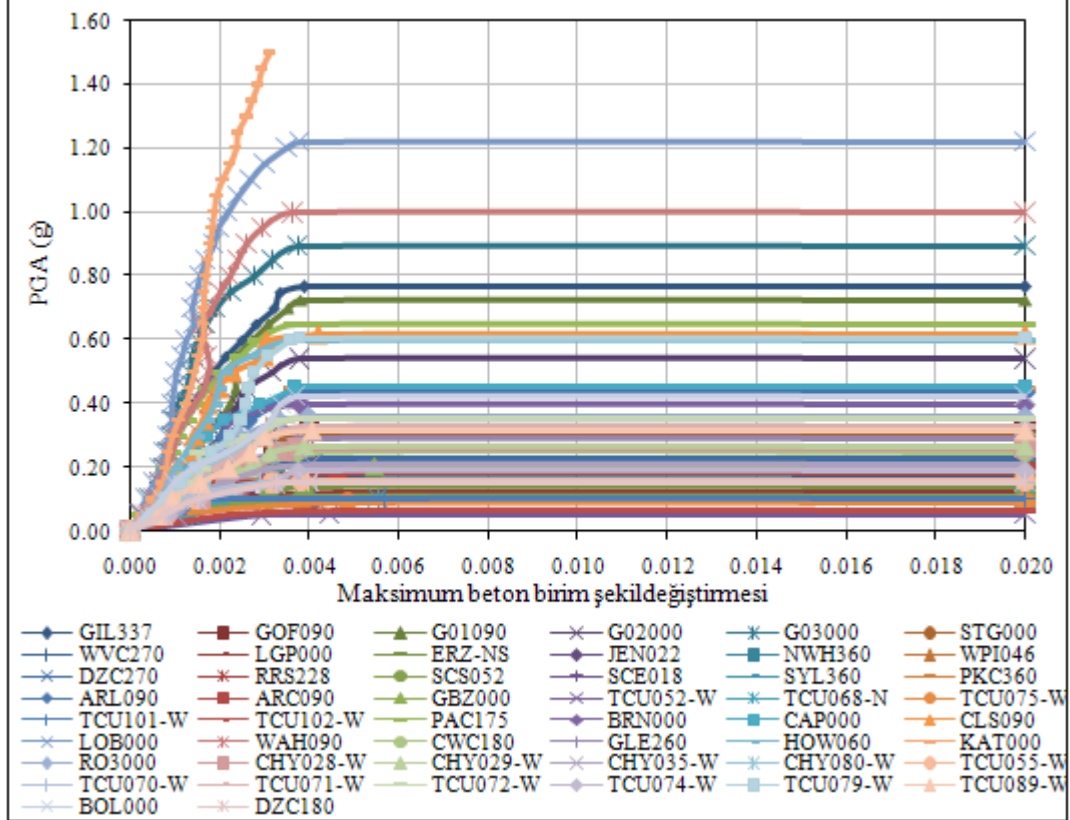


Şekil C.3 : S30_%2 kolonu S_a -görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.

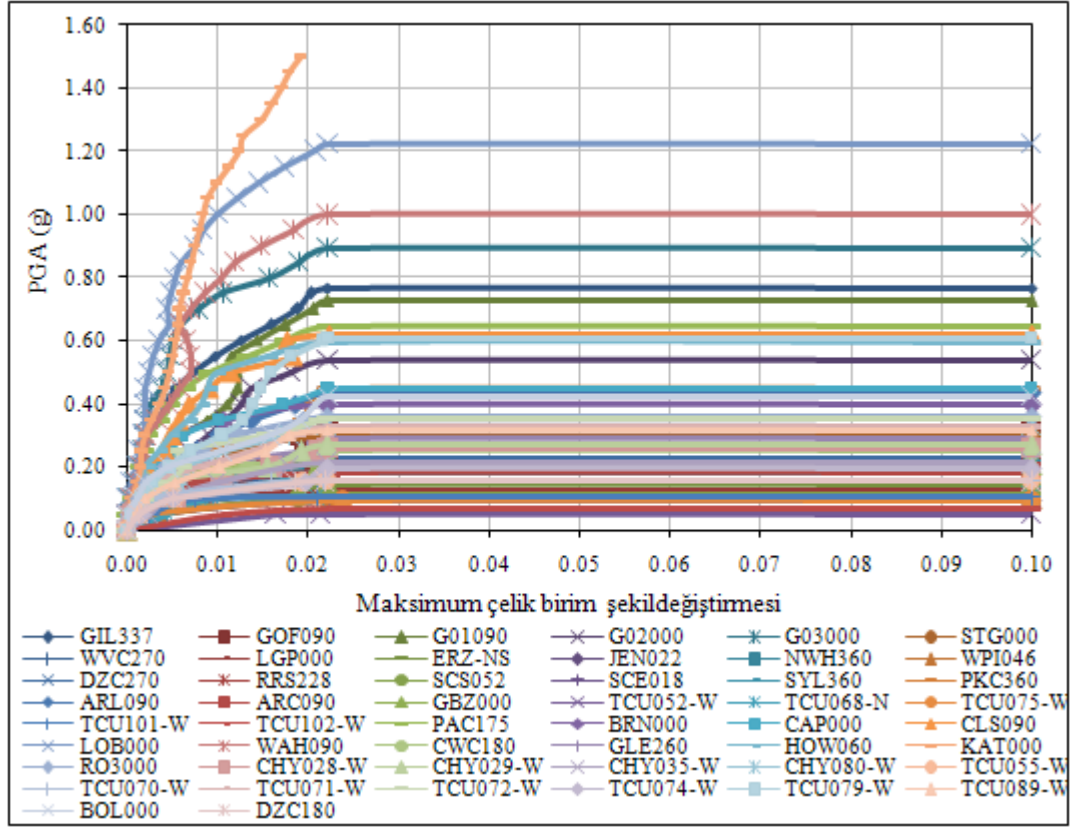




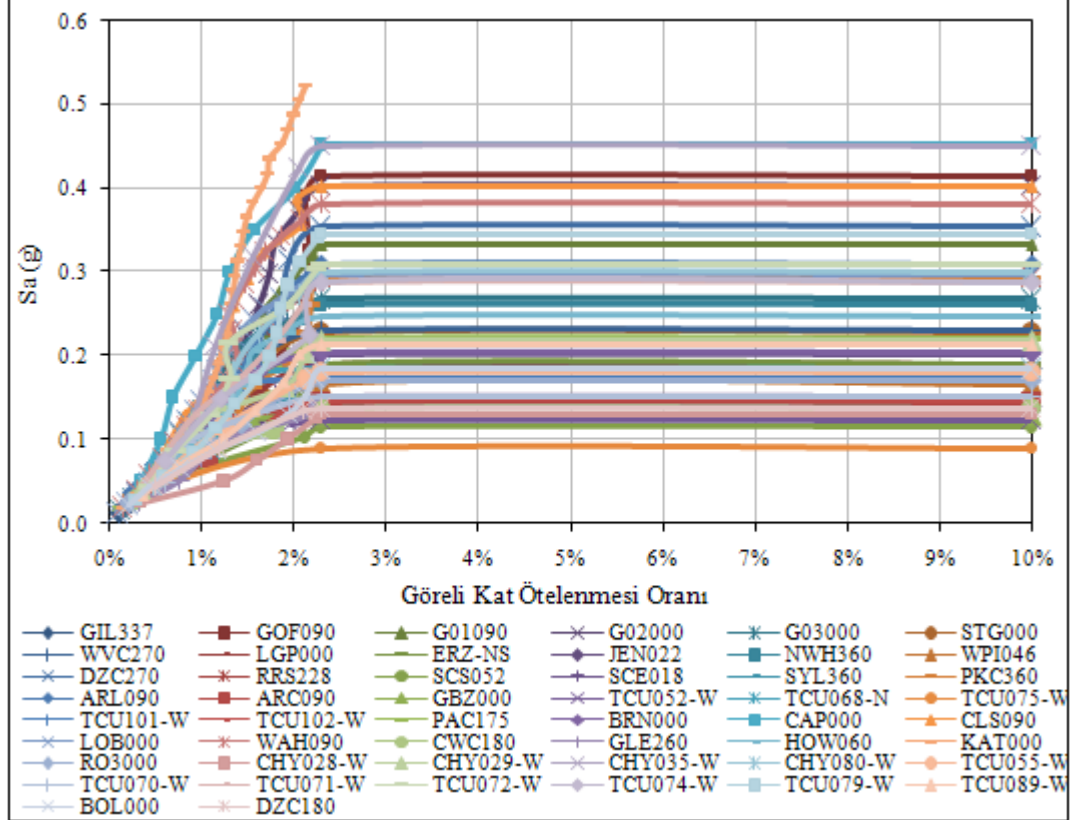
Şekil C.6 : S40_%1 kolonu PGA-görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.



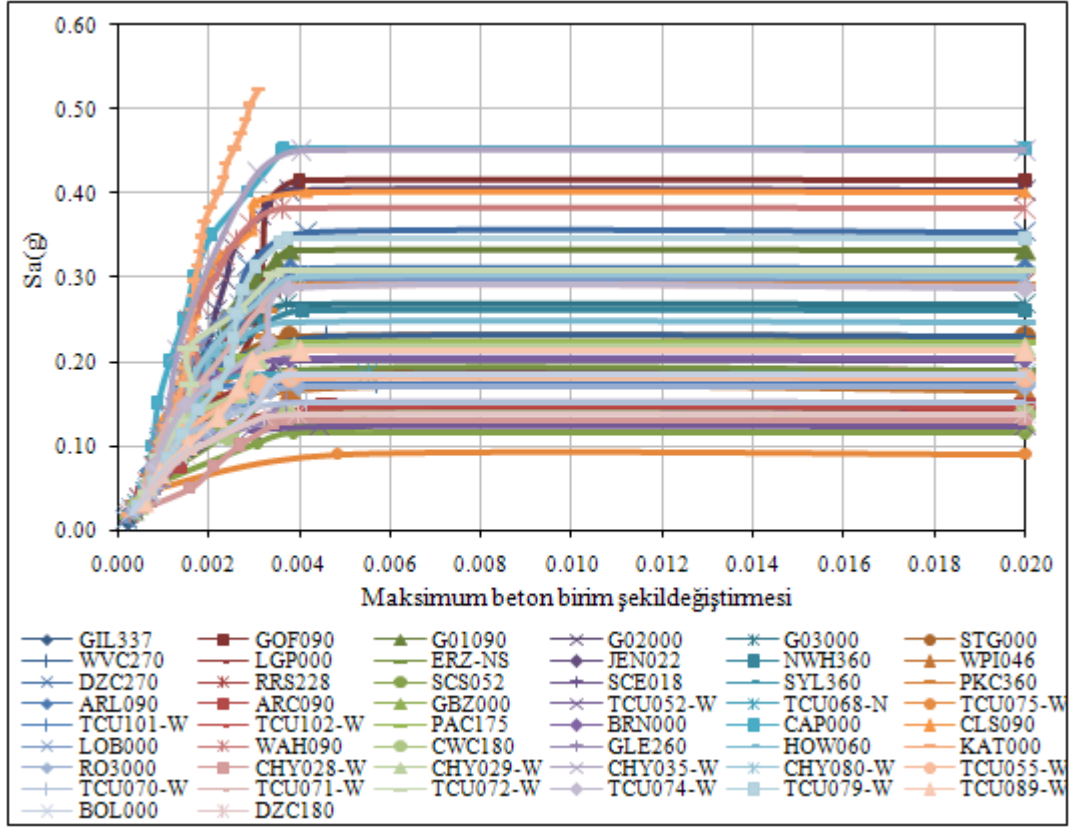
Şekil C.7 : S40_%1 kolonu PGA-maksimum beton birim şekil değişimi grafiği.



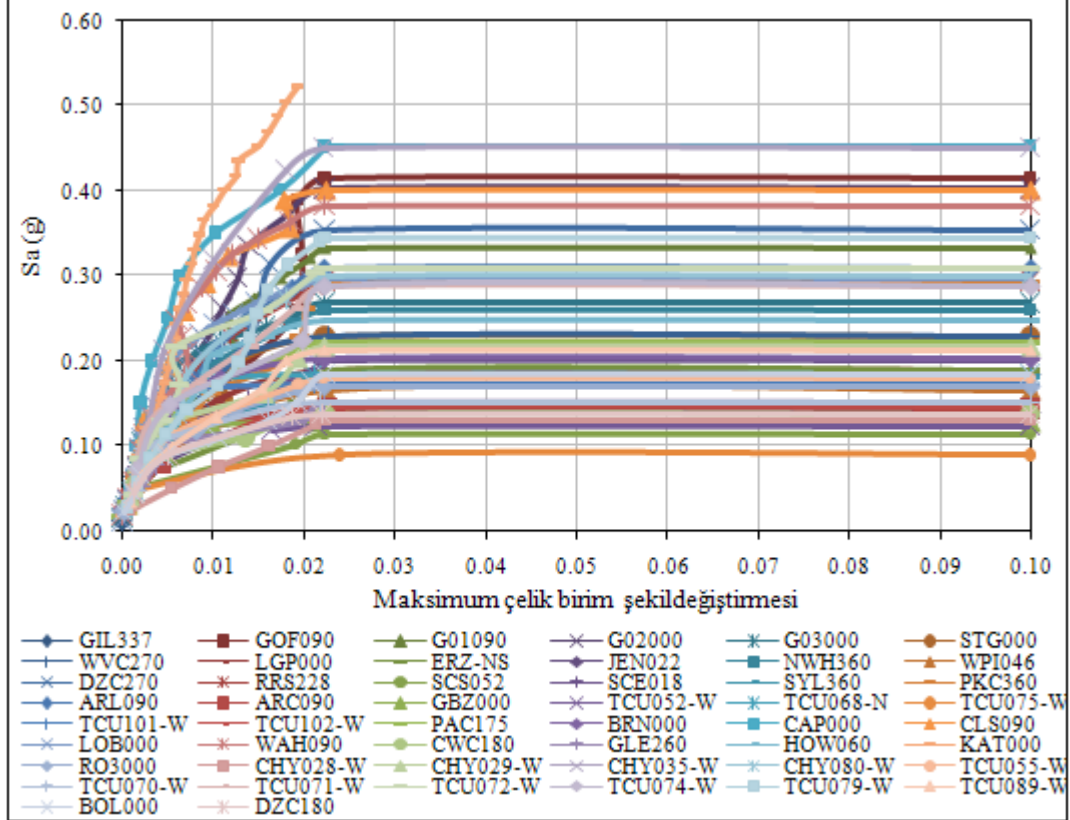
Şekil C.8 : S40_%1 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.



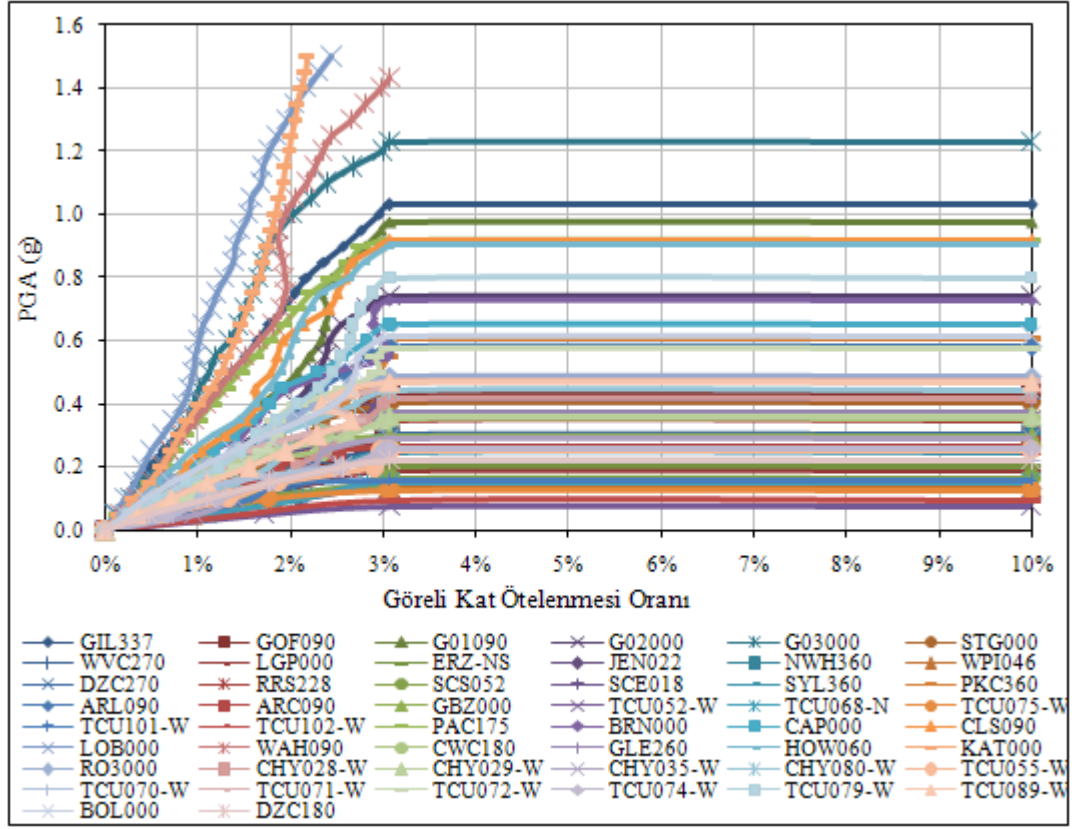
Şekil C.9 : S40_%1 kolonu S_a -görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.



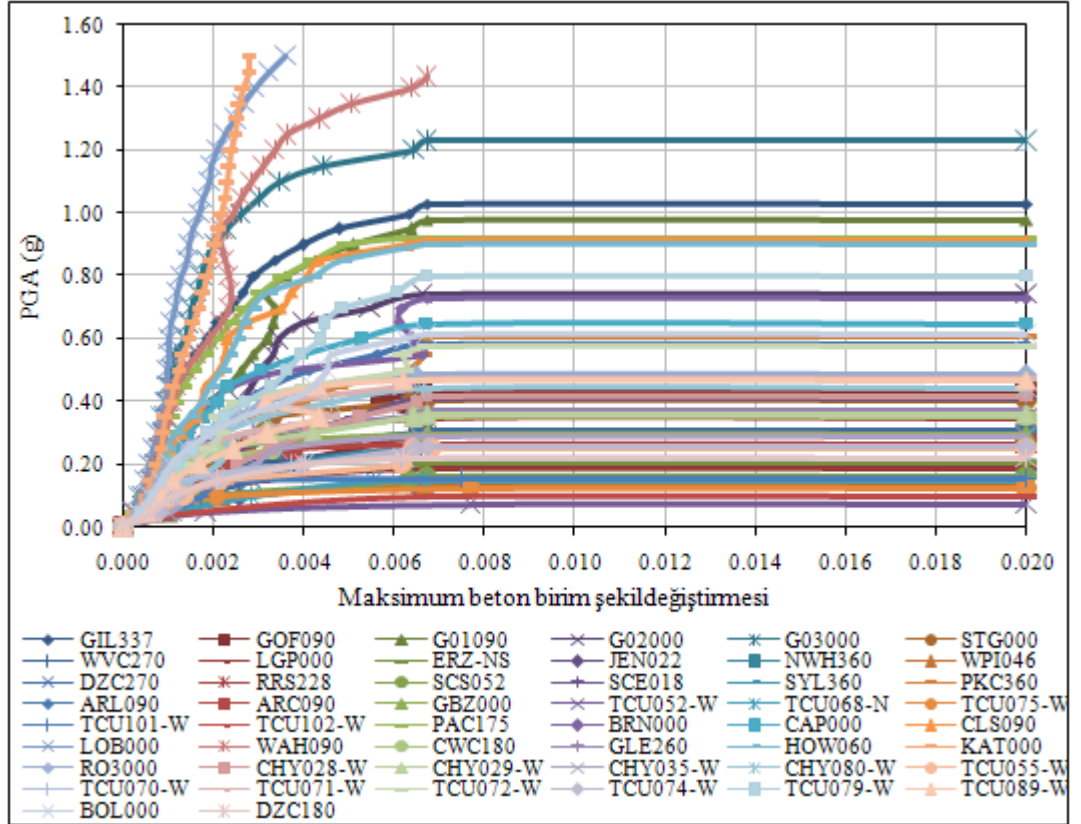
Şekil C.10 : S40_%1 kolonu S_a -maksimum beton birim şekil değişimi grafiği.



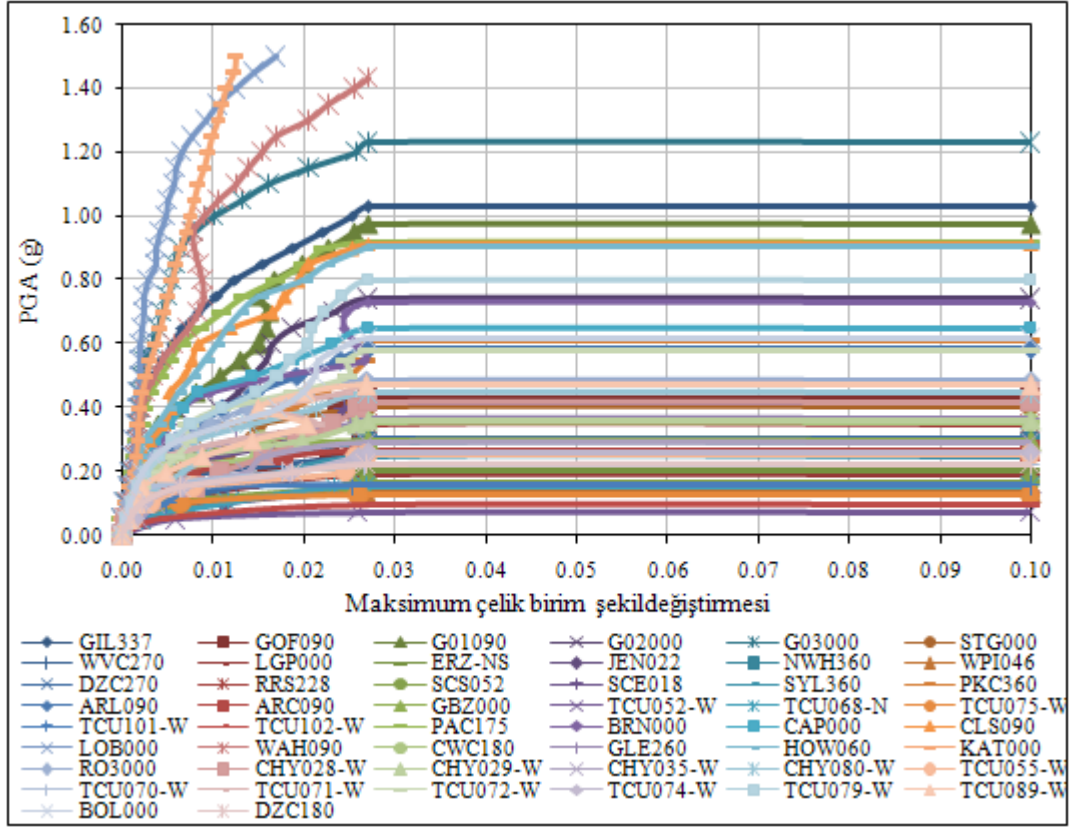
Şekil C.11 : S40_%1 kolonu S_a -maksimum çelik birim şekil değişimi grafiği.



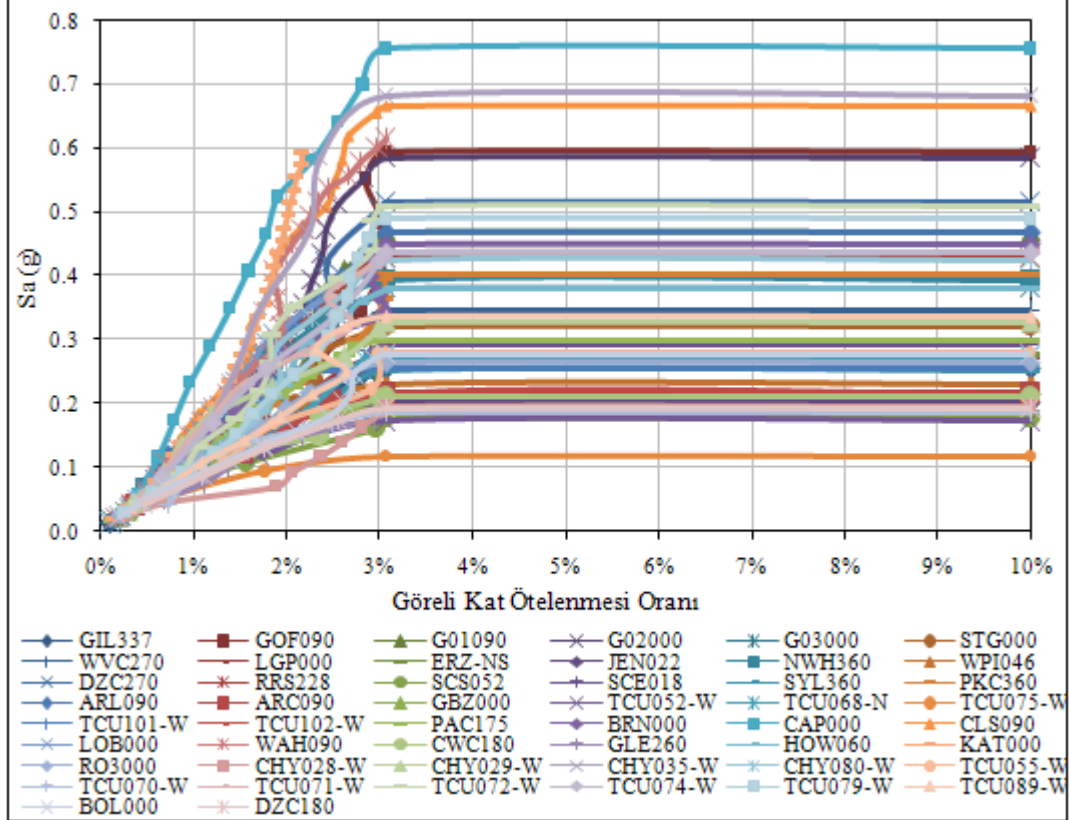
Şekil C.12 : S40_%2 kolonu PGA-görelî kat ötelenmesi oranı grafiğı.



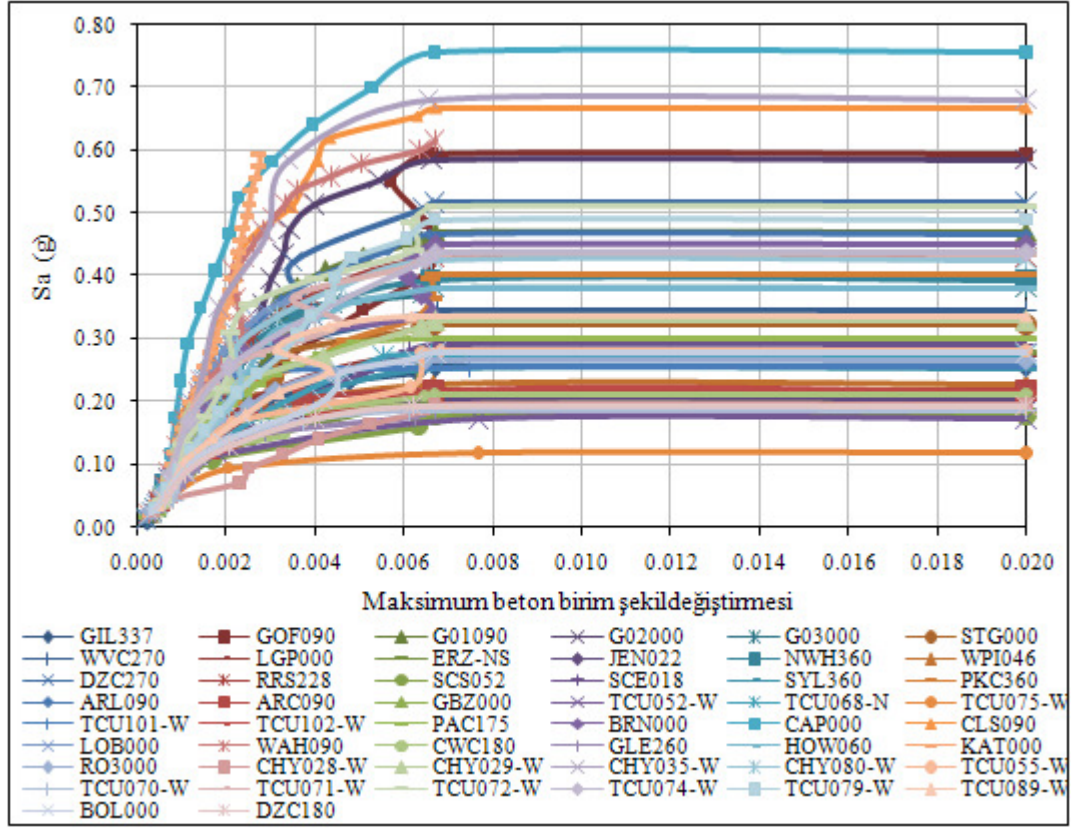
Şekil C.13 : S40_%2 kolonu PGA-maksimum beton birim şekildeğıştirme grafiğı.



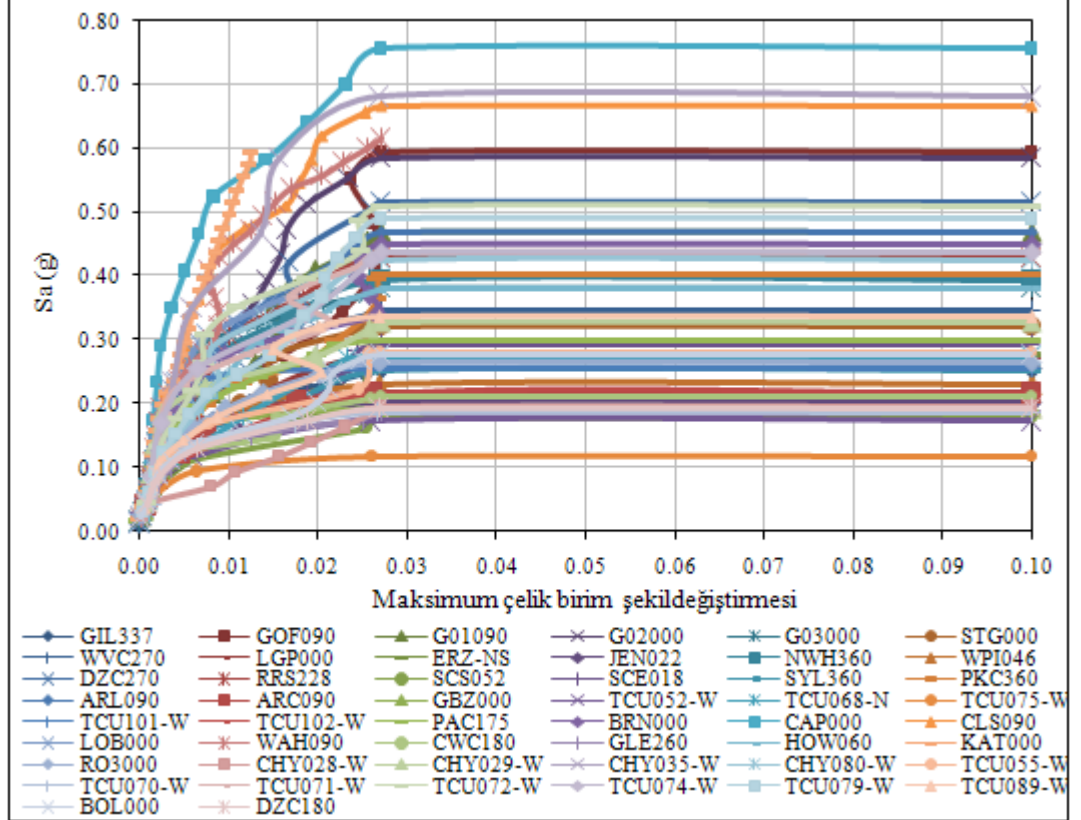
Şekil C.14 : S40_%2 kolonu PGA-maksimum çelik birim şekildeğiştirme grafiği.



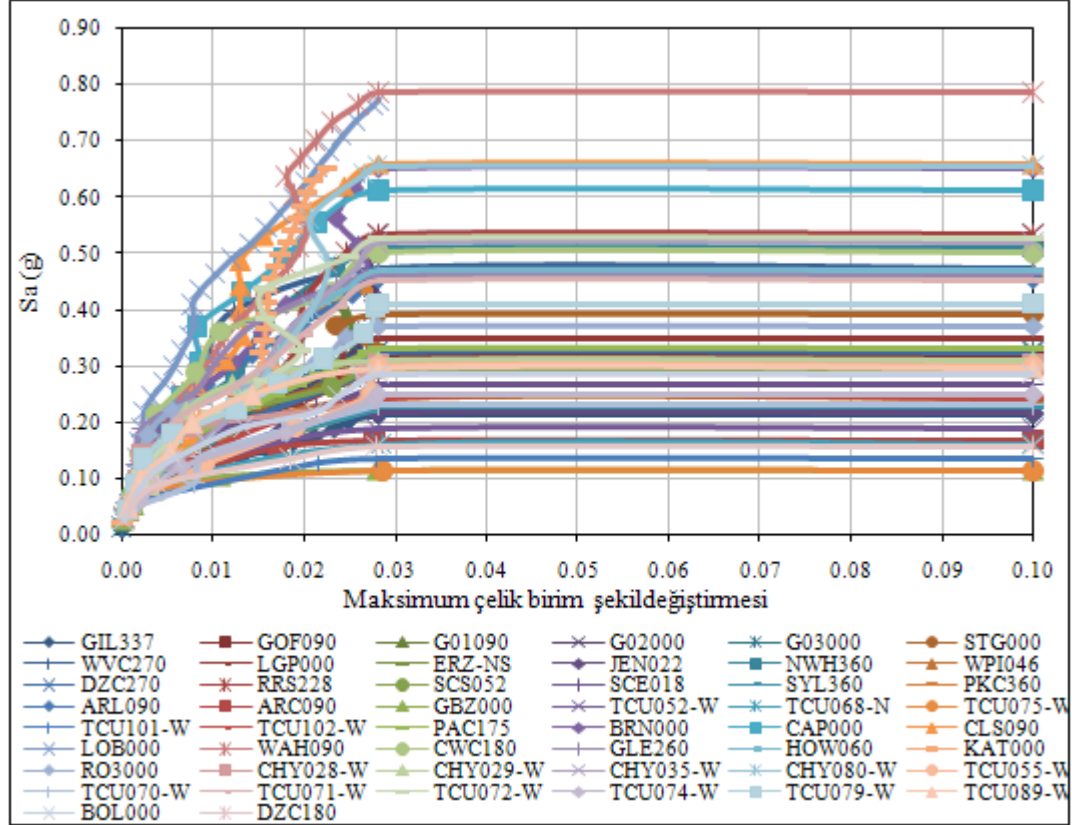
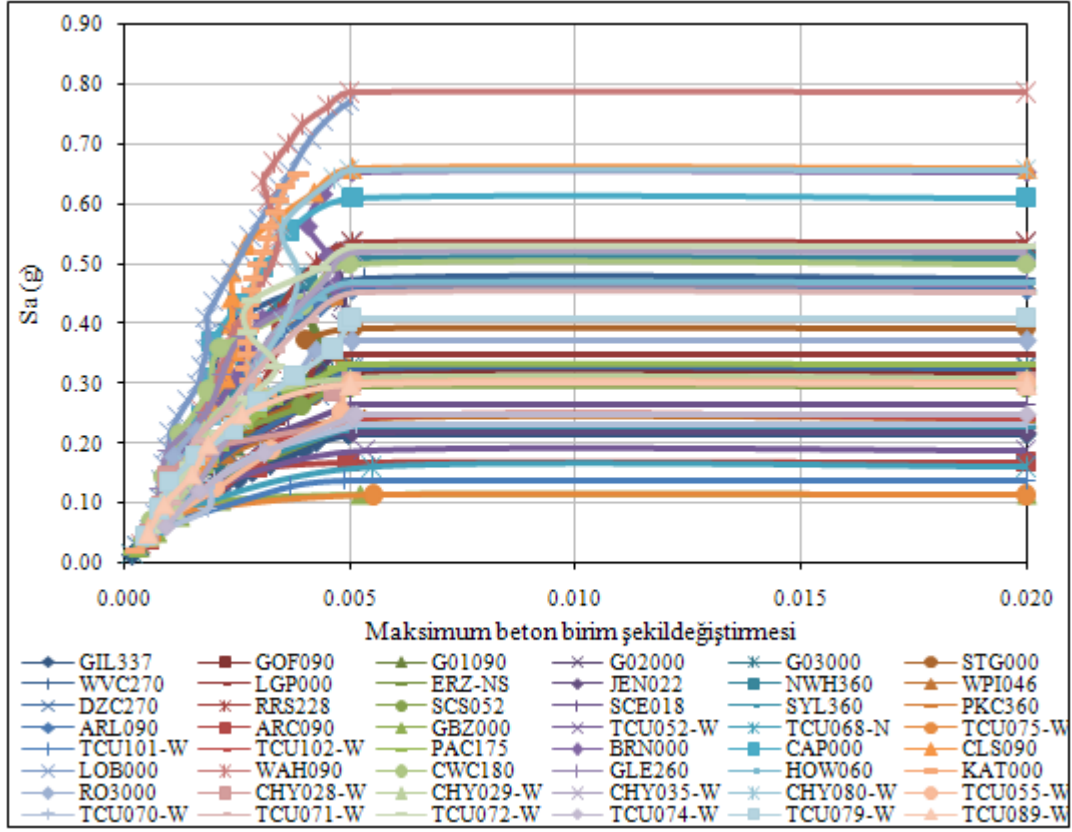
Şekil C.15 : S40_%2 kolonu kolonu S_a-görelî kat ötelenmesi oranı grafiği.

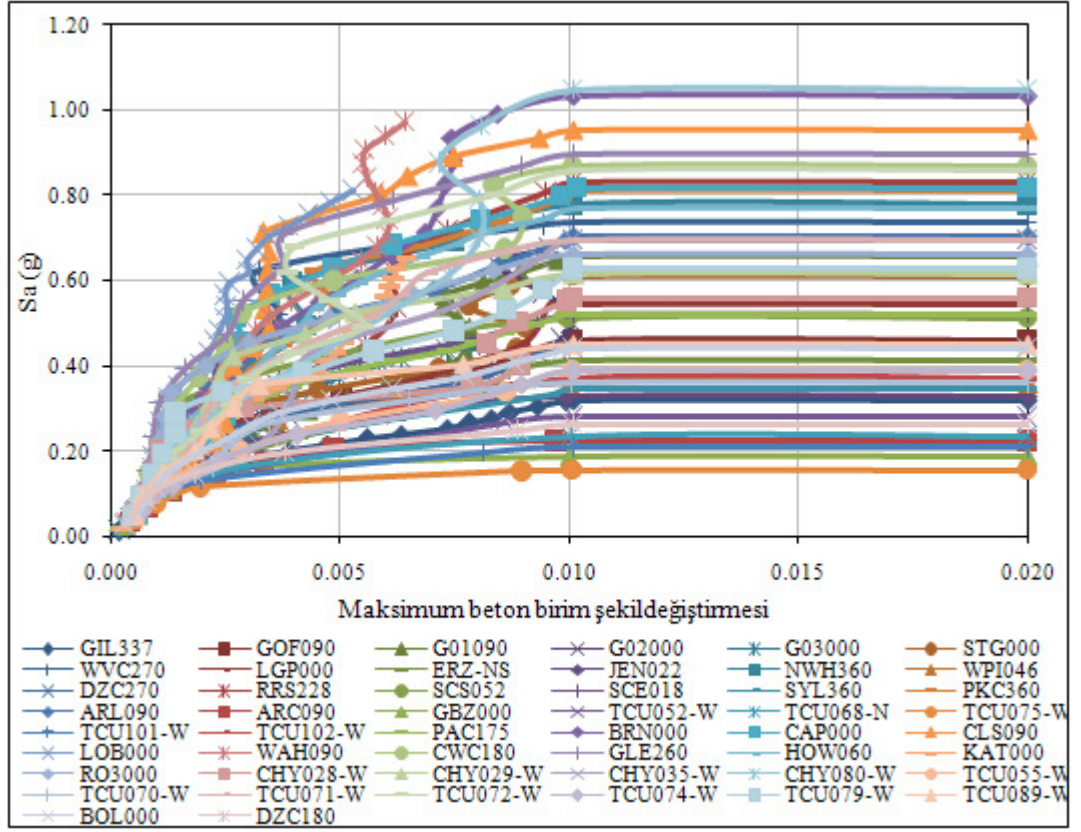


Şekil C.16 : S40_%2 kolonu S_a -maksimum beton birim şekil değiştirme grafiği.

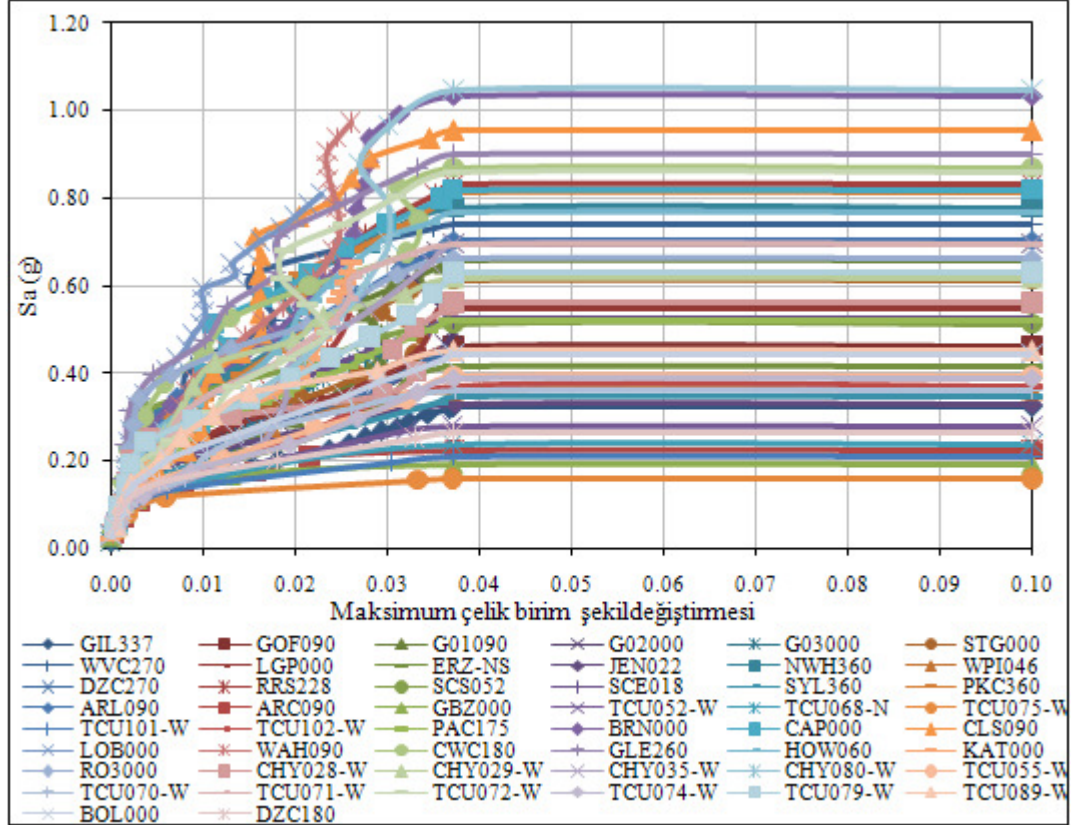


Şekil C.17 : S40_%2 kolonu S_a -maksimum çelik birim şekil değiştirme grafiği.

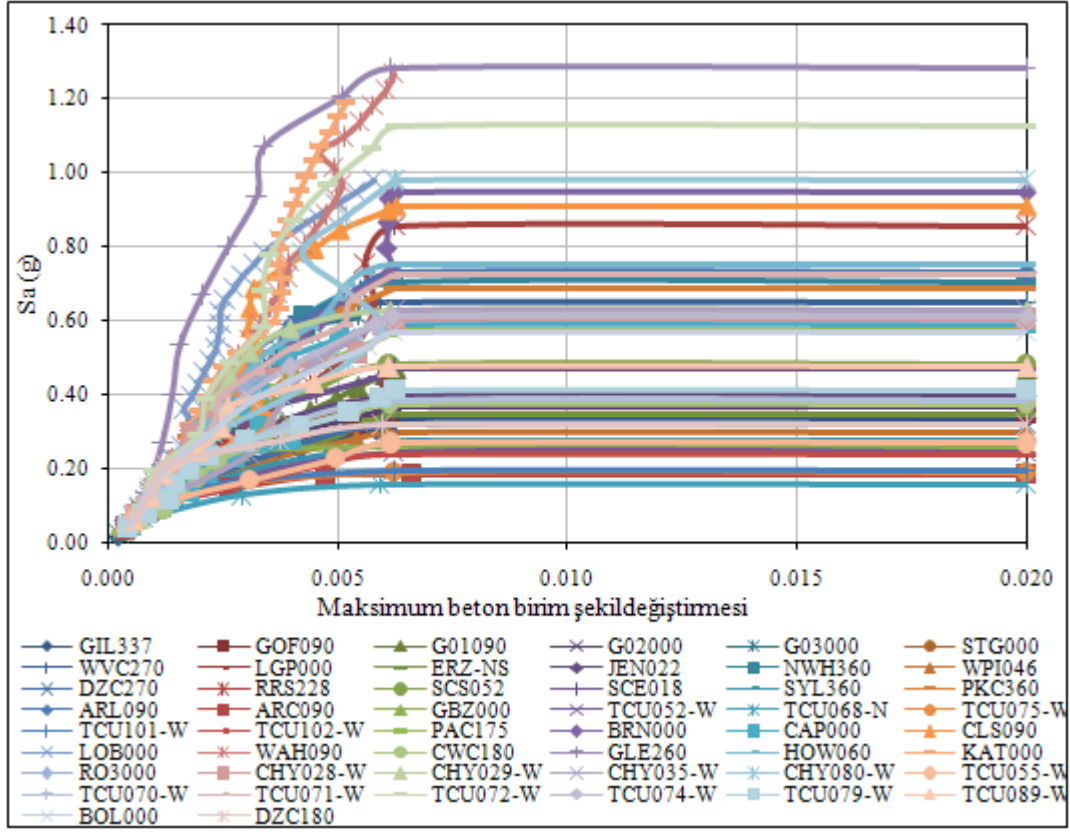




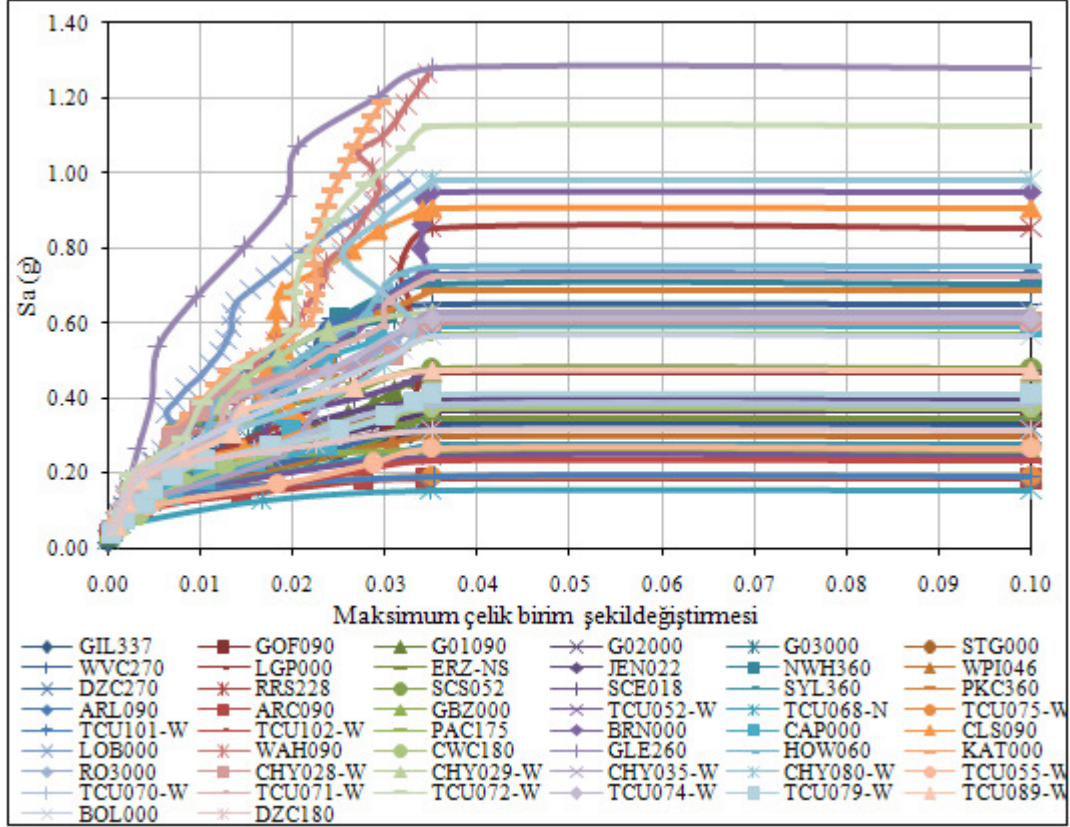
Şekil C.20 : S50_%2 kolonu S_a -maksimum beton birim şekil değişimi grafiği.



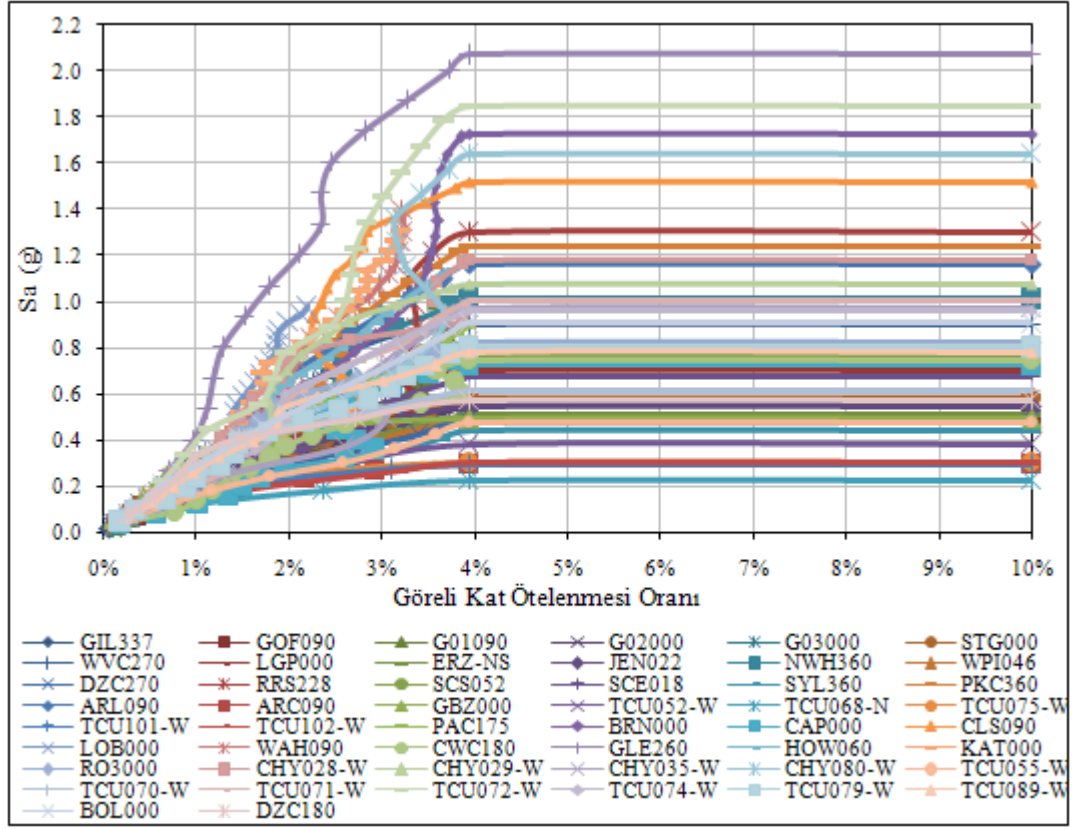
Şekil C.21 : S50_%2 kolonu S_a -maksimum çelik birim şekil değişimi grafiği.



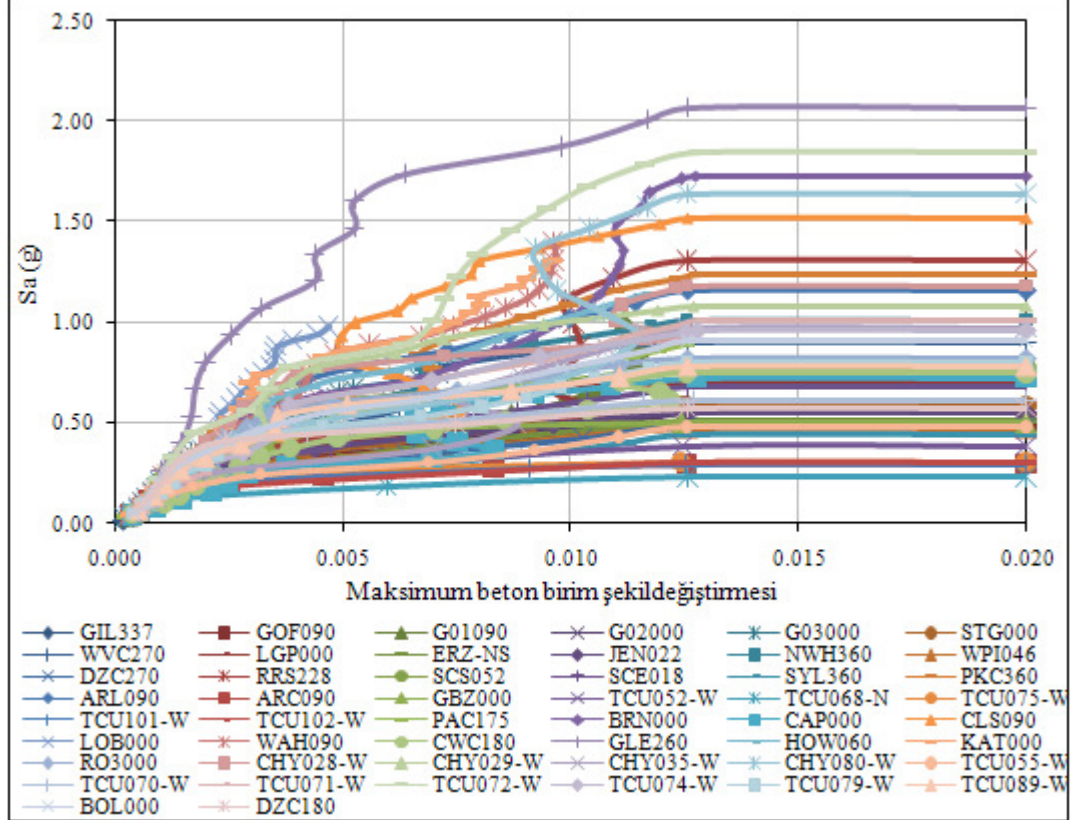
Şekil C.22 : S60_%1 kolonu S_a -maksimum beton birim şekil değişimi grafiği.



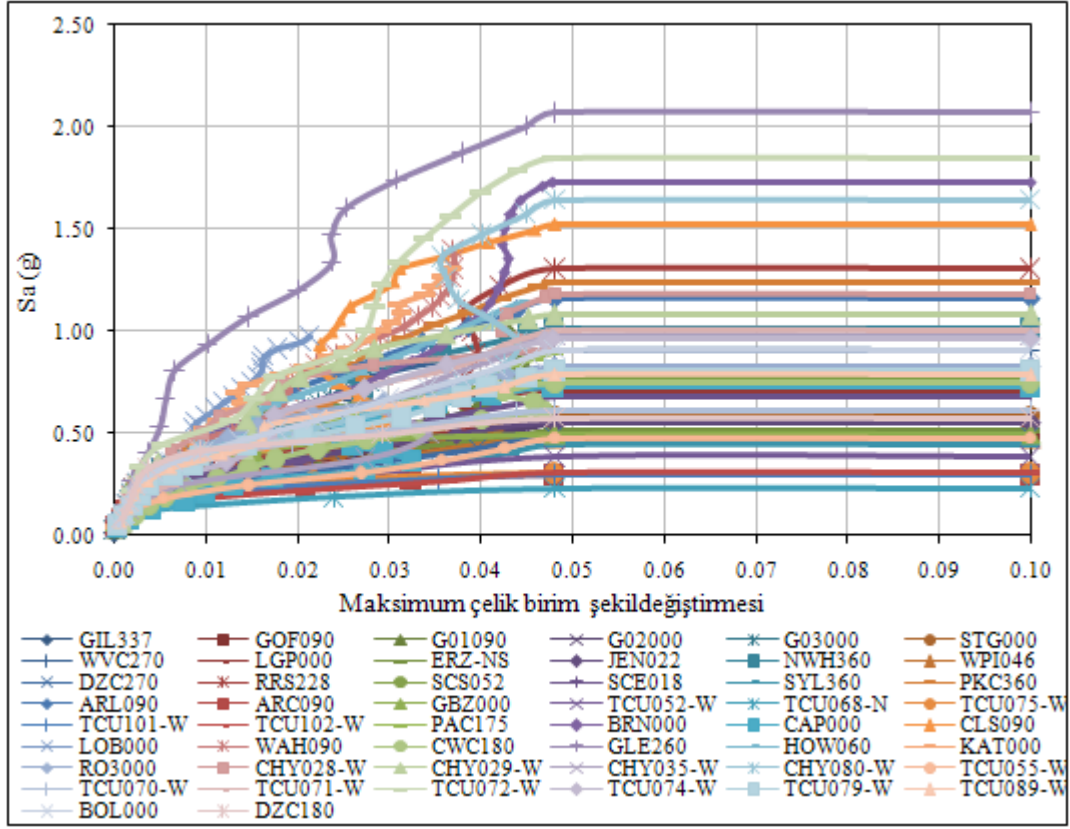
Şekil C.23 : S60_%1 kolonu S_a -maksimum çelik birim şekil değişimi grafiği.



Şekil C.24 : S60_%2 kolonu S_a -görel kat ötelenmesi oranı grafiği.



Şekil C.25 : S60_%2 kolonu S_a -maksimum beton birim şekildeğiştirme grafiği.



Şekil C.26 : S60_%2 kolonu S_a -maksimum çelik birim şekil değiştirme grafiği.

ÖZGEÇMİŞ

VESİKALIK
FOTO

Ad Soyad: Mehmet Fatih ŞAHİN

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul - 03.12.1979

Adres:

Lisans Üniversite: İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
Bölümü

Yayın Listesi: