



EVALUATION OF NONLINEAR BEHAVIOR OF CONCENTRIC BRACED STEEL STRUCTURES

K. Armağan KORKMAZ*, Zeki AY, Devran ÇELİK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fak., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çünür-İSPARTA

Kabul/Received: 09.10.2007 Kabul/Accepted: 24.03.2008

ABSTRACT

Various different types of strengthening of existing steel structures are applied in practice. Concentric bracing is one of the common applications for strengthening of steel structures to increase the earthquake resistance. In the present study, different types of braced steel structures are investigated. The considered structures are modeled with different first story height and without bracing. Hence, earthquake behavior of different types of concentric braced steel structures is determined. In the analyses, four different types of concentric braced models were established with three different bracings; 12 different models were examined. After modeling the structures, nonlinear structural analysis as pushover analysis is realized. Displacement Coefficient method is applied as performance based analysis to determine the performance points. Finally, time history analyses were applied by using Düzce and Kocaeli earthquake data.

Keywords: Concentric braced steel structures, nonlinear pushover analysis, displacement coefficient method.

MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Mevcut çelik yapıların güçlendirilmesi ile ilgili olarak pratikte farklı uygulamalar mevcuttur. Bu uygulamalardan en yaygın olanı merkezi çaprazlar kullanılarak yapıların deprem dayanımlarının artırılmasıdır. Bu çalışmada farklı merkezi çaprazlı çelik yapı modelleri incelenmiş, farklı merkezi çaprazlı modeller ilk kat kolon yüksekliği farklı ve ilk katları çaprazsız olarak da ele alınmıştır. Böylelikle farklı yapısal özelliklerdeki merkezi çaprazlı çelik yapıların, doğrusal olmayan deprem davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Analizlerde, dört tip yapı modeli üç farklı çapraz eleman ile modellenmiş, toplam on iki adet merkezi çaprazlı model üzerinde çalışılmıştır. Yapılar boyutlandırıldıktan sonra elastik ötesi davranışlarının incelenmesi amacıyla, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri yapılmıştır. Ardından performansla ilgili analiz yöntemlerinden yer değiştirme katsayıları yöntemi kullanılarak hedef yer değiştirme değerleri belirlenmiştir. Son olarak, 1999 Düzce ve 1992 Erzincan depremlerinin ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analizler uygulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Merkezi çapraz elemanlar, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi, yer değiştirme katsayısı yöntemi.

1. GİRİŞ

Çalışma kapsamında, ilk kat yüksekliği farklı ve ilk katta çapraz eleman olmayan farklı tipte yerleştirilen merkezi çaprazlı çelik yapı modelleri ele alınarak, bu modellerin deprem

*Sorumlu Yazar/Corresponding Autor: e-mail/e-ileti: armagan@mmf.sdu.edu, tel: (246) 211 11 97

davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, altı katlı, farklı merkezi çelik çapraz elemanlı 12 model üzerinde çalışılmıştır. Çalışmaya esas alınan modeller öncelikle Türk deprem yönetmeliğine (TDY) ve standartlarına göre boyutlandırılmıştır. Ardından, tüm modellerin elastik ötesi davranışlarının incelenmesi amacıyla, doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri SAP 2000 V9 programıyla gerçekleştirilmiştir [1-4]. Doğrusal olmayan itme analizlerinin akabinde yer değiştirme katsayısı yöntemi uygulanarak performans noktaları belirlenmiştir [5,6]. Son olarak, 1999 Düzce ve 1992 Erzincan depremlerinin ivme kayıtları kullanılarak her yapı için zaman tanım alanında dinamik analizler uygulanmıştır.

Çelik yapıların çapraz elemanlarla güçlendirilmesi konusunda literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar içinde, çelik çaprazlı yapıların doğrusal olmayan davranışıyla ilgili olanlar da mevcuttur. Bu çalışmalardan biri Mahim tarafından gerçekleştirilmiştir. Mahim, çalışmasında, 1989 Loma Prieta, 1994 Northridge ve 1995 Hyogo-ken Nanbu depremlerinde kaynaklı birleşimli moment dayanımlı çelik çerçeve yapılar için beklenmeyen hasarları değerlendirmek amacıyla önemli araştırmalar gerçekleştirmişlerdir [7]. Bir diğeri de Moghaddam ve Hajirasouliha tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin sismik şekil değiştirme taleplerini tahmin etmek için statik artımsal itme analizinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Statik artımsal itme analizinin güvenilirliğini, çerçeve yapılar üzerinde doğrusal olmayan dinamik analiz yapılarak doğrulanmıştır [8]. Yang ise çalışmasında, yüksek sismik hareketlilik gösteren bölgelerde sıklıkla kullanılan merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin düzensiz dağılan düşey yüklem koşulları altında çapraz elemanlarında oluşacak burkulmaya bağlı sistem davranışının yeterli olmadığı belirtilmiştir [9]. Chao ve Goel, çalışmalarında, son zamanlarda geliştirilen enerjiye dayalı olarak gerçekleştirdikleri çalışmanın sonuçlarını sunmuşlardır [10].

Merkezi çaprazlı çelik yapı sistemleri, yanal yükleri doğrusal elastik bölgede kalarak taşıyabilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu tip çapraz elemanlı sistemlerde çapraz elemanlarının narinliği oldukça yüksektir. Bu özellikteki çapraz elemanlar genellikle korniyer, yuvarlak çelik çubuk veya çelik lama elemanlarıdır. Her ne kadar bu tür sistemler deprem yüklerine karşı koymak üzere kullanılmış olsa da, bu elemanların elastik ötesi çevrimsel cevapları yeterli değildir. Öte yandan narinlik azaldıkça elastik ötesi çevrimsel davranışlar iyileşmeye, yani enerji yutum kapasitesi artmaya başlar. Bu tip sistemlerin, çaprazsız sistemlere göre oldukça büyük elastik yatay rijitliği vardır [11,12].

2. DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZLER VE YER DEĞİŞTİRME KATSAYISI YÖNTEMİ

Yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarının değerlendirilmesi için zaman tanım alanında dinamik analiz ve statik artımsal itme analiz yöntemlerinden bahsetmek mümkündür. Zaman tanım alanında dinamik analizler doğrudan deprem etkilerinin yapıya etkilmesi açısından en gerçekçi sonuçları vermektedir ancak uygulamadaki zorluklar ve zaman alıcılığı nedeniyle, günümüzde statik artımsal itme analizleri tercih edilir hale gelmiştir. Statik artımsal itme analizleri, yapı sistemlerinin yatay kuvvetler altındaki davranışını temsil eden yatay kuvvet-yer değiştirme ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesine ve bu ilişkinin değerlendirilmesine dayanmaktadır [13,14]. Doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri ile yapının performansının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kriterde yapılabilmektedir [5,6].

Yer değiştirme katsayıları yöntemi, doğrusal statik itme analizinin kullanıldığı bir performansa bağlı analiz yöntemidir. Belirli bir deprem hareketi için yapıya yüklenen yer değiştirme talebi ile yapının yatay yük taşıma kapasitesinin birbirine bağımlı olduğu esasına dayanmaktadır. Kapasite Spektrumu Yöntemi'nden farklı olarak, bu yöntemde yer değiştirme talebi grafiksel olarak değil, direkt olarak sayısal bir şekilde belirlenmektedir. Yer değiştirme Katsayıları Yöntemi'nde, yer değiştirme talebi yapı sisteminin özelliklerine bağlı olarak

belirlenen katsayılar kullanılarak hesaplanmaktadır. Yer değiştirme Katsayıları Yöntemi, kapasite eğrisinin belirlenmesi, maksimum yer değiştirmenin hesaplanması ve yapının performans seviyesinin belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Yer değiştirme Katsayıları Yöntemi'nde ilk olarak, taban kesme kuvveti (V_T) ile yapının tepe noktası yer değiştirmesi (δ_{maks}) arasındaki ilişkiyi belirleyen kapasite eğrisi elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin elde edilmesinde, yapının birinci doğal titreşim periyoduna ve etkin olan modlara bağlı olarak, uygun bir yatay yük dağılımı seçilmektedir. Artan yatay yükler altında, malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre hesap yapılarak yapıya ait kapasite eğrisi elde edilmektedir. Yapının performans kontrolünün yapılacağı talep yer değiştirmesi (δ) denklem 1'de verilmiştir.

$$\delta_r = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (1)$$

Burada, verilen katsayılar yapının tepe yer değiştirmesinin spektral yer değiştirmeye ilişkilendiren katsayılarıdır ve FEMA'da tanımlandığı gibi hesaplanır [5,6].

3. MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK YAPILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Çalışmaya Esas Alınan Yapılar ve Özellikleri

Çalışmaya esas alınan yapılar geometri bakımından her iki düzlemde rijit, yatayda düzenli, düşeyde ise deprem yönetmeliğinde tanımlanan değişen kat yüksekliği ve yumuşak kat olmak üzere iki tipte düzensizlik dikkate alınarak birinci deprem bölgesi, Z2 yerel zemin sınıfı için yapıların elastik analizleri yapılarak boyutlandırılmıştır. Modellerde aks aralıkları 6m alınmış, x ve y yönünde üç açıklığa sahiptir. Tüm modeller altı katlı tasarlanmış ve kat yükseklikleri Model 1 ve 2 için 3m, Model 3 ve 4 için birinci katta 5m, diğer katlar için 3m alınmıştır. Analizi yapılan modellerin tamamı her iki deprem yönü içinde üç tip (I, Ters V, V) çelik çapraz elemanlarla desteklenmiştir. Kolon boyutları; merkez kolonların ilk katında HEA550, ikinci katında HEA500, üçüncü kat ve üzeri katlarda HEA400, dış kolonların ilk katında HEA500, ikinci kat ve üzeri katlarda HEA400 şeklinde teşkil edilmiştir. Kiriş boyutları ise IPE360 şeklinde teşkil edilmiştir. Çapraz elemanlar için kutu kesitli 160x80x8 çelik profil seçilmiştir. Analizlerde profillerin malzeme özellikleri Türkiye'de kullanılan St37 yapı çeliğine ait malzeme özellikleri olarak tanımlanmıştır. Çelik çerçeveyi oluşturan elemanlar yönetmelikte belirtilen; süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin boyutlandırılmasında uyulacak kurallar kapsamında ilk olarak kesit enkesit koşulları irdelenmiştir. Bu durumda (TDY Madde4.3.1.1). Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kiriş ve kolonlarında başlık genişliği/kalınlığı, gövde genişliği/kalınlığı oranlarına ilişkin TDY Çizelge 4.3'de verilen sınır değerler göz önünde bulundurulmuş ve kesitler kontrol edilmiştir. Yönetmeliğin tasarım kriterleri kapsamında ikinci sırada (TDY Madde4.3.2). kolonların kirişlerden güçlü olma koşulu irdelenmiştir. (TDY Madde4.3.2.1). Çerçeve türü sistemlerde veya perdeli (çaprazlı)-çerçeve sistemlerin çerçevelerinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların eğilme momenti kapasiteleri toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasiteleri toplamının 1.1Da katından daha büyük olacaktır." uyarınca dikkate alınmıştır. Çaprazların narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) $4,0\sqrt{E_S / \sigma_I}$ sınır değerine göre boyutlandırılmıştır [1].

Tüm modellerde, kat ağırlıkları SAP2000 bilgisayar programı tarafından doğrudan alınmış, hareketli yük ise 2 kN/m olarak döşemelere etkilmiştir [3]. Yapıların serbest titreşim analizleri SAP2000 bilgisayar programı ile yapılarak 1. mod doğal titreşim periyotları belirlenmiş, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 5 alınmıştır. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (Ra(T)) seçimi yapılırken TDY Çizelge 2.5'den deprem yüklerinin çerçevelerle ve çelik çapraz elemanlarla karşılandığı süneklik düzeyi normal sistemler için tanımlanmış olan taşıyıcı sistem davranış katsayısı esas alınmıştır. Buna göre eşdeğer deprem yükü hesaplanarak kat ağırlığı ve yüksekliğiyle orantılı olarak kat seviyelerine her düğüm noktasına tekil kuvvetler olarak

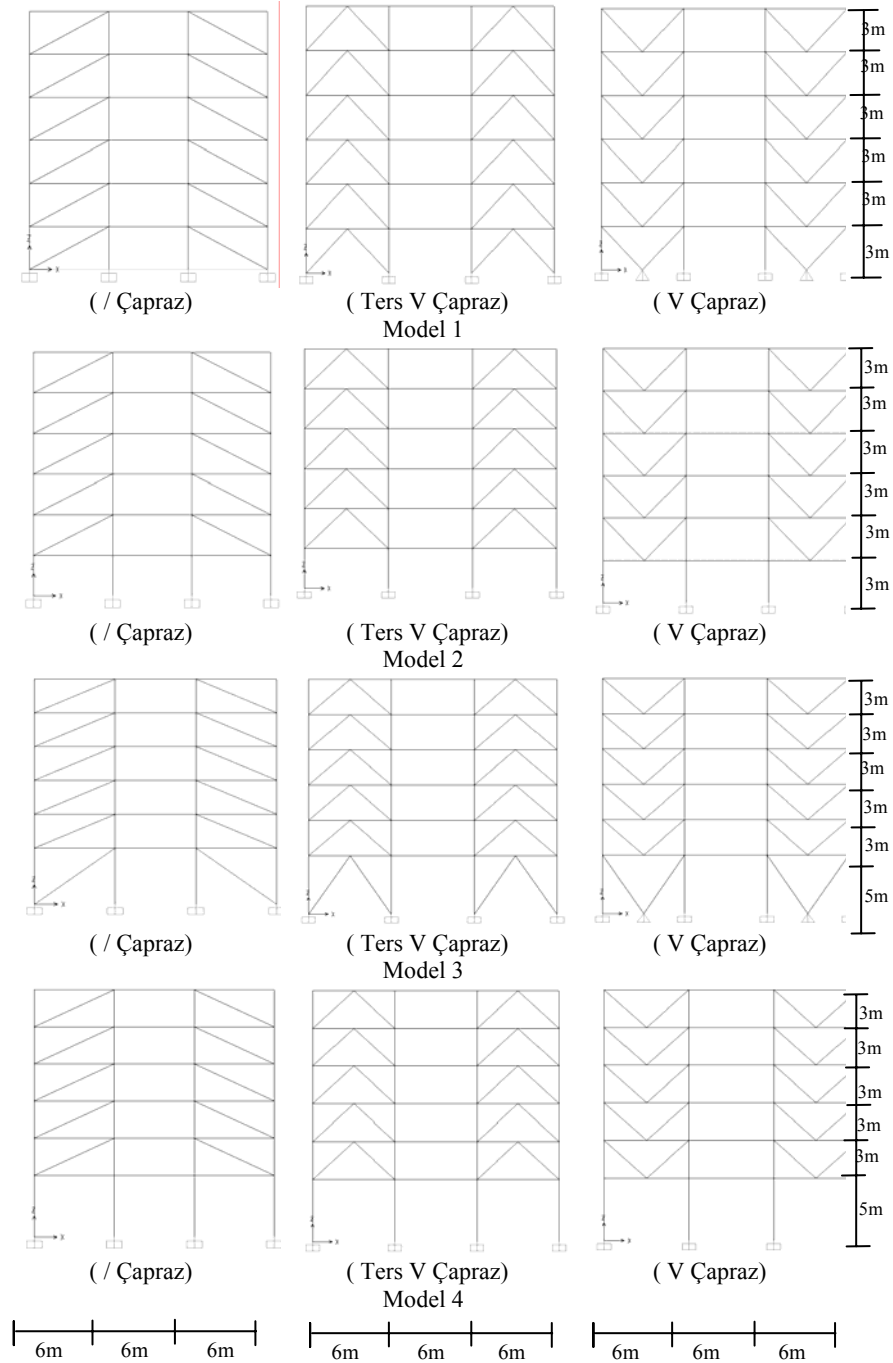
dağıtılmıştır. Çizelge 1’de örnek modellerin yapısal özellikleri, Şekil 1’de ise çerçeve geometrisi görülmektedir. Analizler bu model yapılar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Analiz Yapılan Yapı Modellerinin Özellikleri

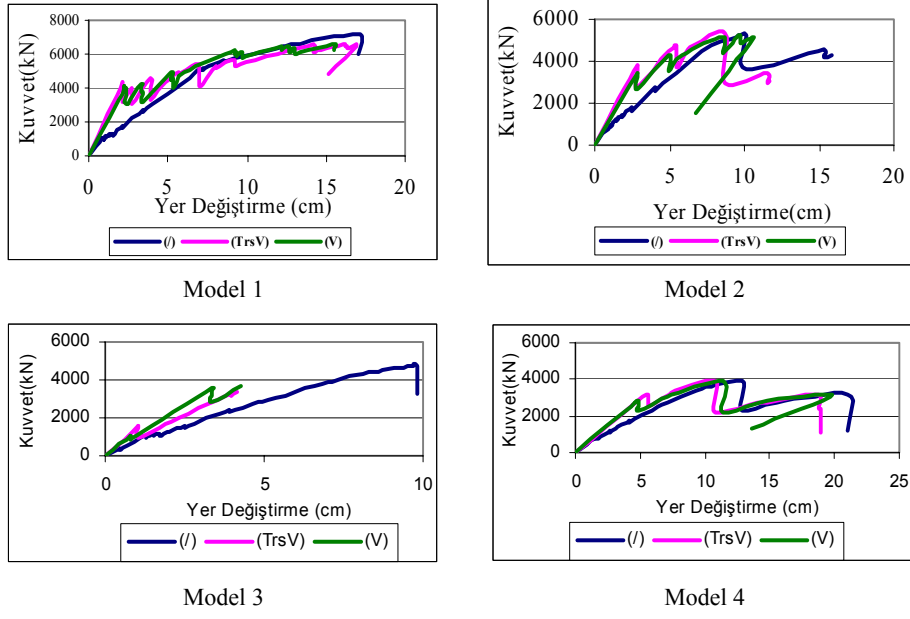
Çapraz Tipleri	Modeller	Periyot (sn)	Yapı Ağırlığı (kN)	Taban Kesme Kuvveti (kN)
/ Çapraz	Model 1	0.92	9203	1134
	Model 2	0.93	9188	1122
	Model 3	1.11	9255	981
	Model 4	1.15	9238	952
Ters V Çapraz	Model 1	0.92	9227	1137
	Model 2	0.93	9208	1125
	Model 3	1.11	9283	984
	Model 4	1.14	9258	961
V Çapraz	Model 1	0.92	9227	1137
	Model 2	0.93	9208	1122
	Model 3	1.11	9283	984
	Model 4	1.14	9258	961

3.2. Çalışmaya Esas Alınan Yapıların Doğrusal Olmayan Analizleri

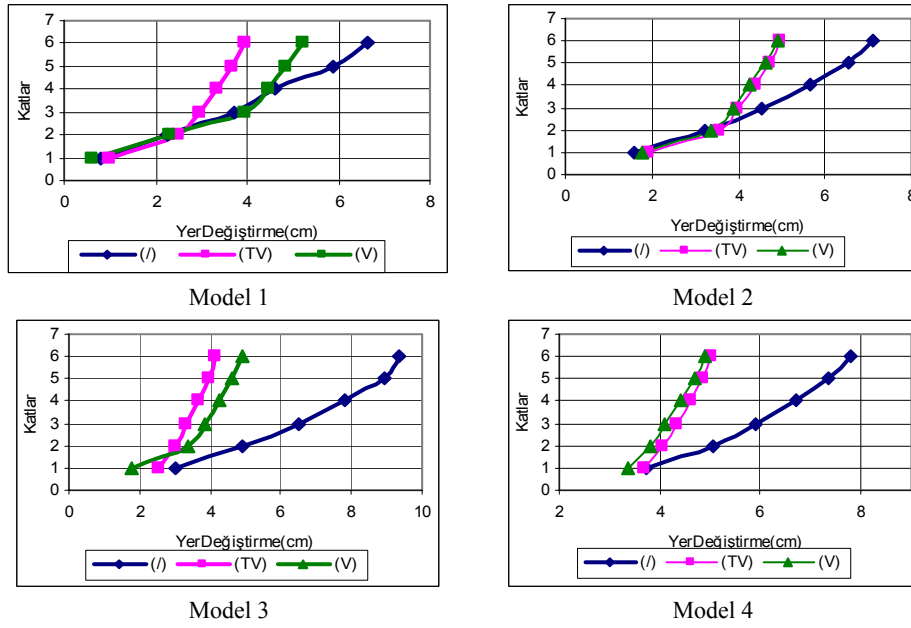
Yapılar boyutlandırıldıktan sonra Doğrusal olmayan analizler yapılırken kolonlarda aksel yük ve moment (P-M2-M3) etkileri, kirişlerde ise kesme kuvveti ve moment (V2-M3) kuvvetleri mafsallık koşullarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Çapraz elemanlarda ise sadece aksel yük kapsamında mafsallık koşulları belirlenmiştir. Analizlerde çerçeve elemanları ve çapraz elemanlar için performans kriterleri kesit özelliklerine bağlı olarak FEMA’den belirlenmiştir [5-7]. Statik artımsal itme analizlerinde P- Δ etkileri dikkate alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda, her tip yapının, birinci deprem bölgesi ve Z2 yerel zemin sınıfı için, çelik çapraz elemanlı yapıların statik artımsal itme eğrileri grafikler halinde verilmiştir. Şekil 1’de görümleri verilen model yapıların doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilerek statik artımsal itme eğrileri Şekil 2’de verildiği gibi elde edilmiştir. Şekil 3’de örnek yapıların statik itme analizi sonucu elde edilen taşıyıcı elemanlarda ilk plastik mafsallık oluşması noktasındaki kat ötelenme değerleri verilmiştir. Şekil 4’de ise örnek yapıların statik itme analizi sonucu elde edilen taşıyıcı elemanlarda ilk plastik mafsallık oluşması noktasındaki göreceli kat ötelenmeleri verilmiştir. Statik itme analizinin ardından, her model için yer değiştirme katsayıları yöntemi kullanılarak 1. deprem bölgesi Z2 yerel zemin sınıfı için hedef yer değiştirme hesaplanmış ve analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Son olarak zaman tanım alanında dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Analizlerde 1999 yılın da ülkemizde meydana gelen 1999 Düzce (DUZCE/DZC-UP) ve 1992 Erzincan (ERZINKAN/ERZ-UP) deprem kayıtları kullanılmıştır. Analizler sonucunda tüm modeller için her iki derem için maksimum taban kesme kuvveti ve maksimum yer değiştirme değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.



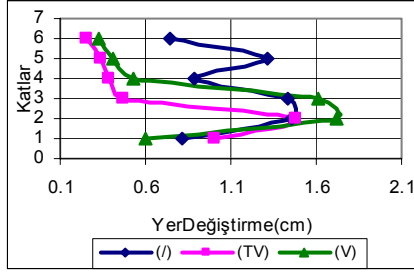
Şekil 1. Analizleri Yapılan Çelik Yapı Modelleri



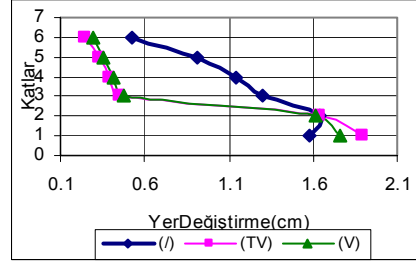
Şekil 2. Statik Artımsal İtme Eğrileri



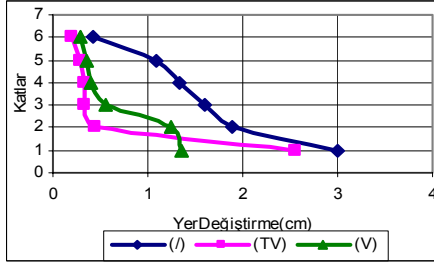
Şekil 3. Seçilen Yapıların İlk Plastik Mafsıl Durumu İçin Kat Ötelenmeleri



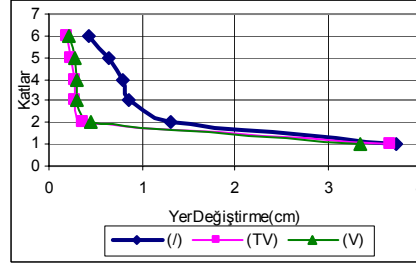
Model 1



Model 2



Model 3



Model 4

Şekil 4. Seçilen Yapıların İlk Plastik Mafsıl Durumu İçin Görelî Kat Ötelenmeleri

Çizelge 2. Yer değiştirme Katsayıları Yöntemine Göre Maksimum Yer değiştirmeleri

Modeller	Çapraz Tipleri	C_0	C_1	C_2	$S_a(g)$	$T_e(sn)$	$\delta_{maks} (cm)$
Model 1	/	1.3	1.028	1.014	0.513	0.92	14.95
	Ters V	1.3	1.001	1.000	0.513	0.92	14.35
	V	1.3	1.001	1.000	0.510	0.92	14.46
Model 2	/	1.3	1.024	1.010	0.509	0.93	15.03
	Ters V	1.3	1.003	1.000	0.509	0.93	14.56
	V	1.3	1.002	1.000	0.509	0.93	14.55
Model 3	/	1.3	1.000	1.000	0.441	1.11	17.96
	Ters V	1.3	1.023	1.014	0.441	1.11	18.65
	V	1.3	0.998	1.000	0.441	1.11	17.92
Model 4	/	1.3	1.003	1.000	0.429	1.15	18.79
	Ters V	1.3	1.004	1.000	0.432	1.14	18.62
	V	1.3	1.023	1.015	0.432	1.14	19.26

Çizelge 3. Zaman Tanım Alanı Maksimum Taban Kesme Kuvveti ve Yer Değiştirme Sonuçları

Modeller	Çapraz Tipleri	Data	Maksimum Taban Kesme (kN)	Maksimum Yer Değiştirme (cm)
Model 1	/	DÜZCE (DUZCE/DZC-UP)	3793	11.21
	Ters V		4568	11.53
	V		4612	11.21
Model 2	/		3793	12.28
	Ters V		4137	11.96
	V		4224	11.53
Model 3	/		3027	11.12
	Ters V		4051	10.96
	V		3075	10.69
Model 4	/		3075	13.25
	Ters V		3386	12.15
	V		3489	12.11
Model 1	/	ERZİNCAN (ERZİNCAN/ERZ-UP)	5784	13.06
	Ters V		5700	14.87
	V		5482	14.61
Model 2	/		5525	15.03
	Ters V		5956	15.38
	V		5637	15.07
Model 3	/		4094	11.12
	Ters V		4051	11.14
	V		4525	12.23
Model 4	/		4655	15.58
	Ters V		4353	14.99
	V		4357	14.91

4. SONUÇLAR

Son yıllarda meydana gelen depremlerin etkisiyle hız kazanmış olan güçlendirme çalışmalarının incelenmesi ve mevcut yapıların güçlendirme tiplerinin değerlendirilmesi bu çalışmada ana amaç olarak belirlenmiştir. Çelik yapıların güçlendirilmesi amacıyla kullanılmakta olan çelik çapraz elemanların farklı şekillerde uygulanmasıyla elde edilen dayanımdaki değişim karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. 3 farklı çaprazlama modeli, ilk kat yüksekliği farklı ve çaprazsız olarak tasarlanan 4 farklı model üzerinde uygulanarak karşılaştırılmıştır. Çalışmada doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi ve yer değiştirme katsayısı yöntemini takiben zaman tanım alanında dinamik analiz uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır:

Çizelge 1 incelendiğinde; yapı periyotları yakın değerlerde gözlenmektedir. Şekil 2’de verilen farklı çapraz tiplerinin karşılaştırıldığı statik artımsal itme eğrileri incelendiğinde; Model 1 TersV ve V tipi çapraz elemanlar kullanılarak güçlendirilen yapının doğrusal elastik bölgede daha rijit bir eğim ve daha yüksek bir dayanım sergilediği görülmektedir. / tipi çelik çapraz eleman uygulamasında ise yapının elastik ve elastik ötesi bölgede hemen hemen aynı eğimi takip ettiği buna bağlı olarak yapının daha sünek bir davranış sergilediği anlaşılmaktadır. Buna karşın yapıların dayanım seviyesi ve maksimum yer değiştirmeleri karşılaştırıldığında yaklaşık değerler göze çarpmaktadır. İlk katta farklı kat yüksekliği ve ilk katta çelik çapraz eleman bulunmayan modellerin statik artımsal itme eğrileri kıyaslandığında; yapıda mevcut olan düşeydeki düzensizliğin çapraz tipine göre daha etkin olduğu ortaya çıkmaktadır. İlk kat yüksekliği 5 m olan model 3 için / tipi çelik çapraz eleman kullanıldığı durumda yapının diğer çapraz elemanlara göre daha sünek davrandığı belirgin bir şekilde anlaşılmaktadır. Bu durumda farklı kat yüksekliğine

sahip yapılarda merkezi çaprazlı güçlendirme tiplerinden / tipi çelik çapraz yapı davranışında süneklik açısından daha avantajlı gözükmektedir. Şekil 3’de yapıların statik artımsal yüklemeye altında; taşıyıcı çerçevede ilk plastik mafsallı oluştuğu andaki kat ötelenmelerine bakıldığında tüm modellerde Ters V ve V tipi çapraz uygulamalarının daha rijit bir yapı davranışı ortaya koyduğu görülmektedir. Bununla birlikte Şekil 4’de gösterilen görel kat ötelenmeleri incelendiğinde yapı davranışındaki rijitlik Ters V ve V çapraz için de görülmektedir. Ters V ve V tipi çapraz eleman kullanımında / tipi çaprazla göre düşeyde düzensizlik olmayan katlarda yapının katlar arası yer değiştirme değerlerinin yakın olması, düzensizlik bulunan katta kesme kuvvetlerinin daha etkin olduğunu göstermektedir. Buna karşın düşeyde düzensizlik bulunan yapılarda / tipi çaprazın kullanımında yapının genelinde orantısız yer değiştirme artışı göze çarpmakta ve yapı daha sünek bir davranış sergilemektedir. Örnek yapıların statik artımsal itme analizleri sonucunda “testere dişi” biçiminde bir davranış görülmektedir, bu çapraz elemanın artan yük karşısında zayıflaması ile deprem dayanımına katkısının giderek azaldığını göstermektedir. Çapraz elemanın taşıyabileceği eksenel yük artırılınca yapının yatay limit yük düzeyi de artmaktadır.

Yer değiştirme katsayıları yöntemi sonucunda elde edilen yer değiştirme değerlerine göre, V çaprazlı Model 4 en büyük yer değiştirme değerine ulaşmaktadır. Ters V çaprazlı Model 1 ise yer değiştirme açısından en düşük değerde kalmaktadır. Çizelge 2’den görüleceği üzere, yer değiştirme değerlerinde Model 1, Model 2, Model3, Model4 sırasında bir artış vardır. Düşeydeki düzensizliğin yapı yer değiştirmesine etkisi bu yöntem sonuçlarında da görülmektedir.

Zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçları Düzce ve Erzincan verileri elde edilmiştir. Zaman tanım alanında dinamik analiz sonucunda maksimum yer değiştirme ve kesme kuvveti değerleri elde edilmiştir. Düzce ve Erzincan verisi için elde edilen yer değiştirme değerleri en büyük değerini Model 4’de almıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik., (TDY2007) İstanbul, Resmi Gazete 2007.
- [2] TS 648, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [3] TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara., 1987.
- [4] Wilson E., Habibullah A., 1998, Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Computers and Structures, Berkeley.
- [5] FEMA (Federal Emergency Management Agency) Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings., 356, 2000.
- [6] FEMA (Federal Emergency Management Agency) 440 Improvement Of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures , “ NEHRP Guidelines, Washington D.C., 2005.
- [7] Mahim, S., Malley, J., Hamburger, R., “ Overview of the FEMA/Sac Program For Reduction of Earthquake Hazards in Steel Moment Frame Structures”, Journal of Constructional Steel Research, vol.58, pp.511-528., 2002.
- [8] Moghaddam, H., Hajirasouliha, I., “An investigation on accuracy of pushover analysis for estimating the seismic deformation of braced steel frames” Journal of Constructional Steel Research, 62-4, pp. 341-353., 2005.
- [9] Yang, T.Y., Stojadinovic, B., Moehle, J., “Hybrid Simulation Evaluation Of Innovative Steel Braced Framing System.” Proceedings, Eighth National Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, California CD, 1415., 2007.
- [10] Chao, S-H., Goel, S.C., “Performance-Based Design of Eccentrically Braced Frames Using Target Drift and Yield Mechanism.” AISC Engineering Journal, American Institute of Steel Construction, Third Quarter , 2006, 173-200, 2006.
- [11] Sucuoğlu, H., “Yapıların deprem Güvenliğini Değerlendirme Yöntemleri.”, ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ankara., 2002.

Evaluation of Nonlinear Behavior of Concentric Braced ...

- [12] Uzgider, E., Çağlayan, B.Ö., “Depreme Dyanıklı Çelik yapılar”, Türk Yapısal Çelik Derneği, Alp Ofset, İstanbul., Teknik Yayınlar Dizisi 1, 58s, 2005.
- [13] Archer, G., C., “AConstant Displacement Iteration Algorithm for Nonlinear Static Push-Over Analysis”, Journal of Structural Engineering., vol.2., 2001.
- [14] Hasan , R., Xu, L., Grierson, D. E., “Pushover anlysis For Performance-Based Seismic Design” Computer and Structures., vol.80, pp.2483-2493., 2002.