
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		 SAKARYA UNIVERSITY
	e-ISSN: 2147-835X		
	Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Geliş/Received</u> 21-09-2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.339213	
	<u>Kabul/Accepted</u> 01-12-2017	<u>Online Access</u>	

Dairesel kesite sahip merkezi çelik çaprazların performans analizi

Zeynep Yaman^{*1}, Elif Ağcakoca²

ÖZ

Yapıların, deprem ve rüzgâr yükleri gibi yatay yükler altında sünek davranması istenmektedir. Yapının sünek olması; kolon, kiriş gibi taşıyıcı yapı elemanlarının ve bu elemanların birleşim bölgelerinin yatay yükler altında yeterli dayanımı göstermesine bağlıdır. Çelik binaların yatay yüklere karşı yeterli performansı göstermesi için pek çok uygulama mevcuttur. Bu uygulamaların başında çelik perde sistemi kullanımı gelmektedir. Bu çalışmada hedeflenen; düzenli ve düzensiz geometriye sahip çelik binalarda, merkezi çelik çaprazlı perde türlerinden bazılarının, seçilen kesite göre yapısal performansının belirlenmesidir. Çalışmada kullanılan merkezi çelik çaprazlı perde türlerinin geometrisi diyagonal ve ters V olarak belirlenmiştir. Bu perde türlerinin çaprazlarında kullanılacak kesit geometrisi ise dairesel boru olarak seçilmiştir. Seçilen yapılarda diyagonal profillerin boyutları belirlenirken aynı kesit alanına sahip olmaları sağlanmış böylece yapı maliyetine de sınırlandırma getirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, düzenli ve düzensiz geometriye yapı performansının diyagonal ve ters V çapraz türlerindeki limit değerleri incelenmiştir. Diyagonal merkezi çelik çapraz perde sisteminin ters V merkezi çelik çapraz perde sistemine nazaran daha fazla enerji sönmüleme kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Çalışmanın yapısal analiz ve sonlu eleman modellemesinde, doğrusal olmayan statik analiz yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Push-over, merkezi çelik çaprazlar, performans analizi

Performance analysis of circular sieve owner center steel crosses

ABSTRACT

Structures are required to behave ductile under horizontal loads such as earthquake and wind loads. It is related that the structural members of the structure, such as columns, beams, and the junctions of these members have sufficient strength under horizontal loads. There are many applications for steel buildings to exhibit sufficient performance against horizontal loads. The main application of these applications is the use of the steel curtain system. The purpose in this study is to determine the structural performance of some of the types of central steel crossed curtains in steel buildings with regular and irregular geometry, according to the selected section. The geometry of the central steel crossed curtain types is determined as diagonal and reverse V. The section geometry to be used for the crosses of these curtain types is chosen as circular pipe. When the dimensions of the diagonal profiles are selected in the selected structures, the same cross-sectional area is provided so that the construction cost is limited. The end of our analysis, the limit value of the performance of steel structures with regular and irregular geometries was investigated for diagonal and inverse crossing. The diagonal central steel cross curtain

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

¹ Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, zdyaman@sakarya.edu.tr

² Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, elifd@sakarya.edu.tr

system has been found to have more energy damping capacity than the reverse V center steel cross curtain system. The nonlinear static analysis method was used in the structural analysis and finite element model of the study.

Keywords: Push-over, central steel crosses, performance analysis

1. GİRİŞ

Çelik bir bina tasarlanırken, kullanılacak perde sistemi seçimi, yapının deprem ve rüzgar yükleri altındaki davranışını büyük ölçüde değiştirmektedir. Bu değişim, sağladığı dayanıklılık açısından olumlu etki göstermektedir. Ayrıca çelik yapılarda çelik perde kullanımının, betonarme perde kullanımına kıyasla yapıya sağladığı hafiflik ve süneklik yapı davranışı için avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle, depreme dayanıklı çelik yapı tasarımında perde seçimi oldukça önemlidir. Çelik perde seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, uygun çapraz sisteminin ve bu çapraz sisteminde kullanılacak profill kesitinin seçimidir.

Çelik yapılarda kullanılan çaprazlar iç merkezi ve dış merkezi çaprazlar olarak ikiye ayrılır. Yapının birincil elemanları olan kolon, kiriş, çapraz elemanların deprem yönetmeliğinde verilen şartları sağlayarak, eleman eksenlerinin eksantirisite oluşturmayacak şekilde merkezi olarak birleştirilmesi ile merkezi çelik çaprazlar oluşturulur. Merkezi çaprazlı çerçeveler, sadece moment aktaran çerçevelerden daha düşük süneklikli olacak şekilde tasarlanır [1,2]. Merkezi çelik çaprazlı perdeler, moment aktaran çelik çerçeve sistemler ile karşılaştırıldığında büyük elastik yatay rijitliğe sahiptir [3].

1.1. Literatür Araştırması

Bu bölümde çelik yapılarda performansa dayalı analize dair yapılmış deneysel ve teorik çalışmalara değinilmiştir.

Çeşitli geometriye sahip yapıların, değişik çelik çapraz şekilleri ile yatay yük taşıma kapasiteleri incelenmiş ve taşıyıcı sistem davranış katsayıları FEMA ile karşılaştırarak çelik çapraz tiplerinin önemi vurgulanmıştır [4].

Çok katlı çelik yapıların performansa dayalı hesap yöntemleri üzerinde durulmuştur. Kapasite spektrum metodu ve deplasman katsayıları metodu kullanarak yapıların performans değerlendirilmesi yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Bununla

birlikte taşıyıcı sistemin ve yapı elemanlarının sahip olması gereken nitelikleri açıklamıştır [5].

Üç farklı çapraz eleman ile dört tip yapı modeli oluşturulmuş, toplam on iki tane merkezi çaprazlı model yapı üzerinde çalışılmıştır. Boyutlandırmada doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi ve hedef yer değiştirme değerlerini belirlemede de performansa bağlı analiz yöntemlerinden biri olan yer değiştirme katsayıları yöntemi kullanılmıştır. 1999 Düzce ve 1992 Erzincan depremlerinden elde edilen ivme kayıtlarıyla, model yapıların zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir [6].

Kutu kesite sahip çelik profiller kullanılarak dışmerkezi ters V ile V çelik çapraz perde sistem sayesinde dayanıklılığı arttırılan, 2 katlı 3 boyutlu çerçeve sistemler sayısal olarak incelenmiştir. Bu çalışmada yönetmeliğin öngördüğü bağ kirişi uzunlukları, dışmerkezi çapraz perdeli çelik çerçevenin yanal yük taşıma kapasitesi üzerine etkisi incelenmiştir [7].

Deprem yönetmeliğine göre planda düzensizliğe sahip çelik bir yapının güçlendirilmesin konusu incelenmiş ayrıca üç farklı planda düzensiz model yapılar ele alınarak, betonarme perde ve çapraz elemanlar kullanılarak çelik yapıların dayanıklılığı arttırılmıştır. Sonuç olarak yatay yükler etkisi altında çelik yapılarda betonarme perde ve merkezi çelik çaprazların performansa katkısı incelenmiştir [8].

Moment çerçeveleri ile birlikte perde duvarlar veya çaprazların beraber kullanıldığı karma sistemler, ASCE 7-05 te belirtilen “karma sistemlerde moment çerçeveleri yatay yüklerin %25 ini karşılamalıdır” kuralı dikkate alınarak incelenmiştir. Bunun için taşıyıcı sistemi moment çerçeveleri olan ve deprem talebinin yüzde 15, 25 ve 40’ını karşılayacak şekilde tasarlanmış karma sistemlerden oluşan 12 katlı, 16 katlı ve 20 katlı yapılar merkezi çelik çaprazlı olarak tasarlanmış ve binaların lineer statik ve push-over analizi yapılmıştır [9].

Doktora tez çalışmasında, her iki yönde süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistem oluşturularak, Çelik Yapıların Tasarım

Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2016 (ÇYTHYEEY) ve taslak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2016 (TBDY)'ya göre doğrusal olmayan statik itme analizi ve dinamik zaman tanım alanı analizleri yapılarak yapı performansı incelenmiştir [10].

Türk Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre tasarlanan çelik endüstri yapılarında farklı çaprazlı perde alternatiflerinin deprem performansları incelenmiştir [11].

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, aynı kesit alanına sahip profiller ile yapılmış birbirinden farklı merkezi çelik çaprazlı perdelerin yatay yükler altında yapı davranışına olan etkilerinin karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma, hem çelik perde türleri arasında hem de planda düzenli ve düzensiz yapılar arasında yapılmıştır. Çelik çaprazlı perdelerin teşkilinde aynı kesit alanına sahip profillerin seçilmesindeki neden, performansları karşılaştırılan yapı maliyetlerinin yaklaşık olarak aynı olmasını sağlamaktır. Çalışmada, maliyetleri yaklaşık eşit olan yapı sistemleri için, planda düzenli ve düzensiz bir yapının doğrusal olmayan davranışını daha olumlu etkileyecek perde türünün belirlenmesi hedeflenmiştir.

Yatay yükler altında gerçek yapı davranışına yakın çözüm yapmak için yapı sistemlerinin çözümlenmesinde malzemenin gerçek davranışı ve yapı geometri değişimlerinin göz önüne alındığı doğrusal olmayan statik analiz kullanılmıştır.

Çalışma kapsam açısından, merkezi çelik çaprazlı perdeleri, doğrusal olmayan yapı davranışını ve sonlu eleman modellemesini içermektedir. Merkezi çelik çaprazlı perde olarak, Türk Deprem Yönetmeliğinde verilen çelik çapraz türlerinden birkaçı dikkate alınmıştır [12].

2. ÇELİK YAPILARDA PERFORMANS KAVRAMI VE KABULLER

Bir yapının deprem sonrası mekanizma durumuna (göçme moduna) geçmemesi için iki koşul vardır. Bunlardan birincisi dayanım, ikincisi sünekliktir. Depreme dayanıklı yapı tasarlarken, depremin yapıdan isteyeceği maksimum kuvvet göre veya depremin yapıdan talep ettiği sünekliğe göre tasarım yapmak mümkündür [13]. Depremin yapıdan isteyeceği maksimum kuvvete göre tasarım olan dayanıma göre tasarımda, depremin istediği maksimum kuvvet esas alındığından, yapı

maliyeti çok yüksek ve taşıyıcı kesitler büyük olmaktadır. Depremin istediği maksimum kuvvete göre değil, depremin yapıdan talep ettiği sünekliğe göre tasarım ise süneklik kabiliyeti yüksek çelik malzemenin yapılan bir yapı için daha avantajlı olacaktır. Deprem yüklerinin deprem yönetmeliklerinde yer alan taşıyıcı sistem davranış katsayısıyla azaltılması bu nedenle yapılır [14]. Yapı için performans kavramı da bu nokta da başlar. DBYBHY 2007 ye göre bir binanın performansı doğrusal elastik yöntemler (eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi) veya doğrusal elastik olmayan yöntemler (artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi) ile hesaplanabilir [15].

Deprem yönetmeliğinde açıklanan doğrusal elastik olmayan hesap yönteminin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanması ve daha sonra bu istem büyüklüklerinin, DBYBHY 2007 bölüm 7'de tanımlaması bulunan, şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasitesi karşılaştırılarak, kesit ve bina bazında yapısal performans değerlendirmesi yapılmasıdır [15][16].

DBYBHY 2007 Bölüm 7.8 de, mevcut yapıların değerlendirilmesinde ve güçlendirme esasında kullanılacak üç deprem tehlikesi tanımlanmıştır: Tanımlanan birinci deprem düzeyi, yapıların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı fazla olan, görece olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. Bu depremin 50 yılda aşılma olasılığı %50, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır. İkinci deprem düzeyi, yapıların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. Bu depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır. Üçüncü deprem düzeyi, yapıların maruz kalabileceği en şiddetli deprem yer hareketini ifade etmektedir. Bu çok seyrek depremin 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır [12].

2.1. Performans Analizindeki Kavramlar

Taşıyıcı elemanların kesitleri elastik gerilmeye ulaşsa bile, genel olarak bir dayanım fazlalığına sahip olmaktadır. Bu dayanım fazlalığı, çeliğin uzayabilen bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu dayanım fazlalığı, yapı sisteminin türüne ve yüke bağlı olarak değişir.

Bir yapının gerçek davranışını belirlenmesi için kullanılan bu yakınsamalar ve kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

Sünek yapılarda elastik ötesi idealleştirme Şekil 1’ de gösterildiği gibidir. Şekilde yer alan f_e ; maksimum kuvvet, f_y ; dayanım kuvveti, f_d ; tasarım kuvvetini, u_d ; tasarım yer değiştirmeyi, u_y ; dayanım kuvvetine karşılık gelen yer değiştirmeyi, u_e ; elastik yer değiştirmeyi, u_{mak} ; yapının maksimum yapacağı yer değiştirmeyi simgelemektedir. Süneklik;

$$\mu = \frac{u_{mak}}{u_y} \quad (1)$$

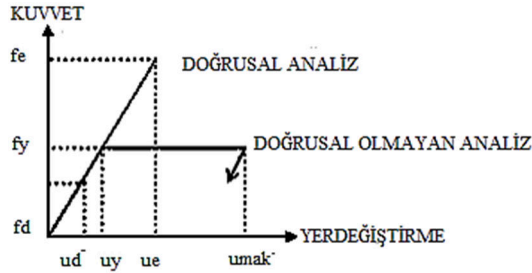
dayanım fazlalığı;

$$D = \frac{f_y}{f_d} \quad (2)$$

taşıyıcı sistem davranış katsayısı;

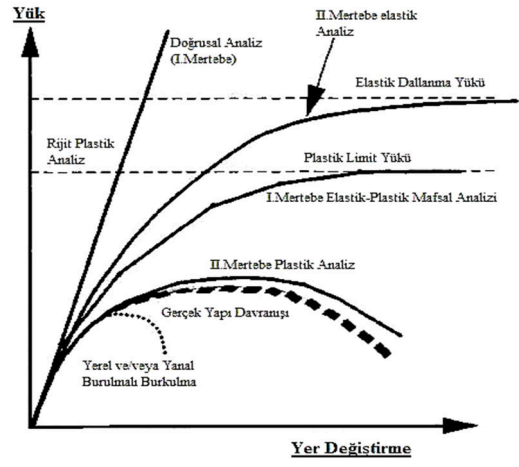
$$R = \mu.D \quad (3)$$

bağıntılarıyla hesaplanırlar.



Şekil 1. Çelik yapıda elastik ötesi idealleştirilmiş davranış

Çelik yapılar, maruz kaldıkları yükler altında doğrusal olmayan davranış sergilerler. Bu davranışlarını ifade edebilmek için farklı çözüm yöntemleri kullanılmaktadır. Gerçeğe en yakın yapı davranışını saptayabilmek için ikinci mertebe plastik çözümleme yapılması gerekmektedir [17]. Çeşitli analizlerin gerçek yapı davranışına yakınsaklıkları Şekil 2 deki gibidir.



Şekil 2. Çeşitli analiz yöntemleri ve gerçek yapı davranışı[19]

Plastik analiz, ele alınan yapı sistemindeki yapısal elemanlara ait kesit zorlarının malzemenin gerilme-şekil değiştirme eğrisinde bulunan doğrusal bölge dışındaki kısmına yük taşınması durumunda yapılan çözümlerdir.

2.2. Plastikleşme Momenti ve Plastik Mafsal

Plastik mafsal kavramını anlayabilmek için Eğilme davranışı gösteren bir yapı elemanın gerilme-şekil değiştirme diyagramını incelememiz gerekir. Eğilmeye maruz kalan yapı elemanın en dış liflerindeki gerilme değeri, artan yükleme karşısında, malzemenin şekil değiştirmeden karşı koyabileceği maksimum dayanım değerine ulaşan ilk bölgedir. Eleman en kesitin en dış liflerinde bu değişimler meydana gelirken, en dış liflerden en kesitin ağırlık merkezine doğru gidildikçe, bu bölgelerin henüz dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerini doldurmadığı görülür. İşte en kesitteki tüm liflerin dayanım ve şekil değiştirmede maksimum kapasiteye ulaştığı anda, elemandaki kesit momentine M_p “plastikleşme momenti” adı verilir ve tüm liflerin yükleme karşısında dayanımını kaybettiği bu bölgeye de plastik mafsal bölgesi denir. Plastik mafsallaşma ile M_p momentine karşılık gelen plastikleşme, bu momentin oluştuğu noktada yer alan kiriş kesitinde meydana geldiği kabul edilir. Maksimum momentin oluştuğu noktada bütün kesitin plastikleştiği hale karşı gelen M_p moment oluşmasını sağlayan P yük değeri tekrar arttırılmaya çalışılırsa, M_p momentine ulaşan bölge, bu yük artımı ile yapısal bir mafsal davranışı gösterir. Kesitin tamamının plastikleştiği ve M_p momentine ulaştığı anda bu kesitin yer aldığı kiriş noktasında plastik mafsal oluşmuştur denir [18]

Plastik mafsal, doğrusal olmayan çözümlemede kesit modelinin davranışını temsil etmektedir. Davranışın tanımlanması için iki farklı kullanım yaklaşımı vardır;

1. Yayılı plastik mafsal; yapı sistemlerindeki taşıyıcı elemanların yüklere maruz kalması sonucu oluşan akmanın eleman boyunca gerçekleştiği varsayımı yapılır.
2. Yoğunlaştırılmış plastik mafsal; yapı sistemlerindeki taşıyıcı elemanların yüklere maruz kalması sonucu oluşan akmanın elemanın bir noktasında meydana geldiği varsayımı yapılır.

2.3. Plastik Mafsal Hipotezi

Yatay yükler altında yeteri kadar süneklik gösteren bir model yapı, doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsal adı verilen noktalarda toplandığı, diğer bölgelerde ise sistemin doğrusal elastik olarak davrandığı düşünülmektedir. Bu kabul plastik mafsal hipotezi olarak adlandırılır. Bu kabulün geçerli olması için plastik deformasyonların meydana geldiği bölge çok fazla olması istenmemektedir.

Plastik mafsalın dönmesi ile dönme kapasitesi olarak tanımlanan sınır değere eşit ulaşıncaya kesit taşıma kapasitesinin kaybeder ve sistem göçme mekanizmasına geçer. Dönme kapasitesinin yaklaşık olarak hesabı, $\theta_p = l_p \cdot \phi_p$ şeklindedir. Buradaki; θ_p dönme kapasitesini, l_p plastik mafsal boyunu, ϕ_p kesitin yapacağı maksimum eğriliği temsil etmektedir. l_p değeri, çelik yapı birleşim türüne göre farklılık göstermektedir.

Çelik yapılar da alın levhalı takviye levhasız moment birleşimleri, AISC-LRFD standardına uygun tasarlanırsa, plastik mafsal kiriş üzerinde oluşur ve bu durumda plastik mafsal boyu kiriş derinliğinin yarısına eşit olduğu kabul edilir [20].

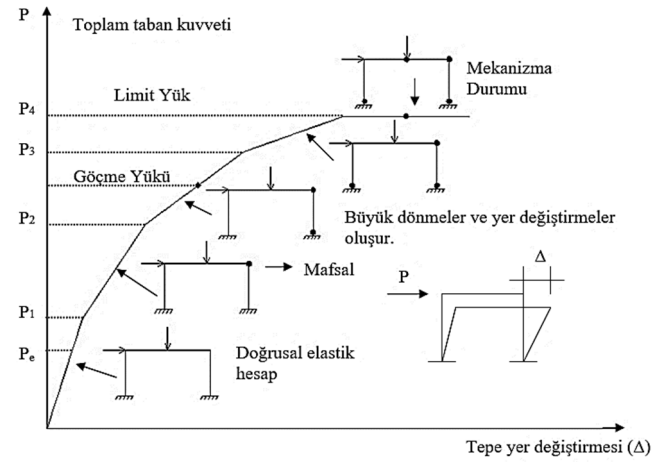
Bu çalışmada, doğrusal olmayan statik çözümlemede, bu hipotezden yararlanılmıştır.

2.4. Artan Yanal Yükler Altında Doğrusal Olmayan Yapı Davranışı

Gerçekte çoğu çelik yapı sistemi hiperstatiktir. Hiperstatik derecesine sahip taşıyıcı sistemlerde elastik bölgenin dışında yükleme yapıldığında elastik durum ile karşılaştırıldığında daha fazla yük taşıdığı bilinmektedir.

Yapıların normalde üzerlerinde bulunan mevcut yükler altında emniyet sınırları içerisinde kalması

hedeflenir. Bazı durumlarda, örneğin; deprem olması durumunda yapı bu dış yükü histeretik davranışını bozmayacak şekilde yani plastikleşme göstermeyecek şekilde karşılaşması istenmektedir. Bu durum, yapılarda performans analizi gerçekleştirilerek belirlenen performans seviyesi olarak da bilinmektedir. Emniyet sınırı olarak; kullanıma devam, plastikleşmeye geçmeme sınırı olarak da hemen kullanım performans seviyeleri belirlenmiştir. Şekil 3 incelendiğinde, düzlem çerçeve sistemin hiperstatiklik derecesi uygulanan yükün artmasıyla azalmakta ve belli bir yük değeri sonucu sistem mekanizma durumuna geçmektedir. Mekanizmanın oluşmasına sebep olan yüke de limit yük denir. Bu yük sistemin bir kısmını etkileyebileceği gibi, sistemin tümünde de etkinlik gösterebilir. Mekanizma durumu, sistemde belli sayıda plastik mafsal oluşmasıyla kısmen ya da tamamen sistemin yük taşıyamaz hale gelmesidir.



Şekil 3. Mekanizma durumları

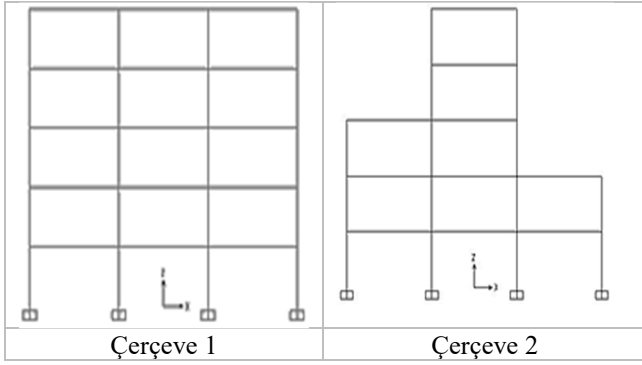
3. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Bu çalışmada yatay ve düşey planda düzenli ve düzensiz olan iki yapı modeli belirlenmiştir. Düşey yükler etkisi altında yapıda mafsallaşma gerçekleşmemesi için kolonların kirişlerden daha rijit olması gerekmektedir. Bu sebeple seçilen çerçeve sistemleri için kolon kesitlerine ait atalet momenti ve kesit alanı kiriş kesitlerine oranla daha büyük alınmıştır. Çerçeve sistemi için seçilen kolon profil ve kiriş profil tek tiptir. Kolonlar için IPE300, kirişler için IPE240 Avrupa profilleri ön görülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. Seçilen kolon ve kiriş profil enkesitleri

Yapı Elemanı / Profil	Atalet momenti (cm ⁴)	Kesit alanı (cm ²)
Kolon / IPE300	8356	53.8
Kiriş / IPE240	3892	39.1

Şekil 4’de görülen çerçeve tipleri çalışma kapsamında incelenen çerçeve tipleridir.



Şekil 4 Analizlerde kullanılan yapı modelleri

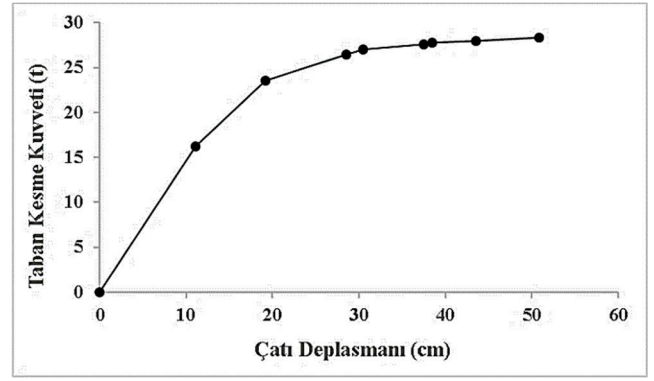
Her iki çerçeve, x yönünde 3, z yönünde 5 açıklıklı olup açıklık mesafeleri x yönü 6 metre, z yönü 3 metredir. Kirişlerin üzerine 1 t/m’ lik çizgisel düşey yük tanımlanmıştır. Çelik malzeme akma dayanımı ise 2,40 t/cm²’ dir.

Söz konusu düzlem çerçeve sistemlerde doğrusal olmayan statik analizinin gerçekleştirilebilmesi için bir yan yük şablonu tanımlanmalıdır. Bunun için modal analizden yararlanılmıştır.

Bu analiz ile yapının dinamik özellikleri elde edilmiştir. Bu analiz sonrası elde edilen verilerle depremin dinamik karakteri karşılaştırılarak yapıya etkimesi muhtemel deprem yükleri saptanmıştır. Bu nedenle, yan yük şablonu olarak x yönü hâkim periyoduna karşı gelen yapı mod şekilleri tercih edilmiştir.

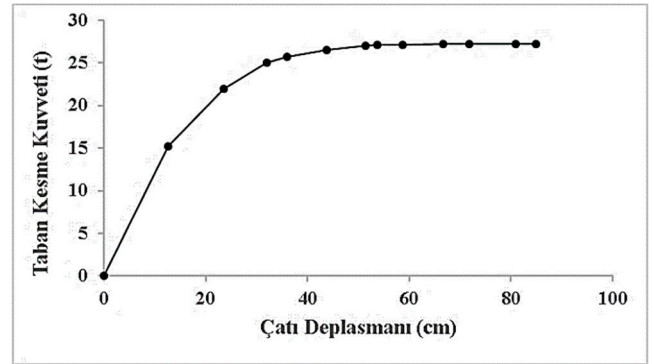
Analizler Sap 2000 sonlu eleman programı kullanılarak yapılmıştır. Sonlu eleman ile yapılan çözümleme de çerçeve geometrileri oluşturulmuş ve düşey yüklemeler tanımlanmıştır. Yapı elemanları için plastik kesit tanımlamaları yapılmıştır. Bu tanımlamada kirişlerin eğilme momenti (M3) etkisinde, kolonların aksel yük ve eğilme momenti (P-M3) etkisinde, perde elemanların ise aksel yük (P) etkisinde mafsallaşacağı ön görülmüştür.

Analiz sonucunda Çerçeve_1 ve Çerçeve_2 için elastik ve plastik limit değerleri hesaplanmıştır. Çerçeve 1 için elastik limit değeri, 16.25t taban kesme kuvveti etkisi ile 11.06cm çatı deplasmanı olarak hesaplanırken, plastik limit değeri, 28.38t taban kesme kuvveti etkisi ile 50.88cm olarak hesaplanmıştır(Şekil 5).



Şekil 5. Çerçeve 1 performans eğrisi

Çerçeve 2 için 12.59cm çatı deplasmanını oluşturan 15.25t taban kesme kuvveti etkisi elastik limit değeri olarak hesaplanırken, 84.91cm çatı deplasmanını oluşturan 27.25t taban kesme kuvveti etkisi plastik limit değeri olarak hesaplanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Çerçeve 2 performans eğrisi

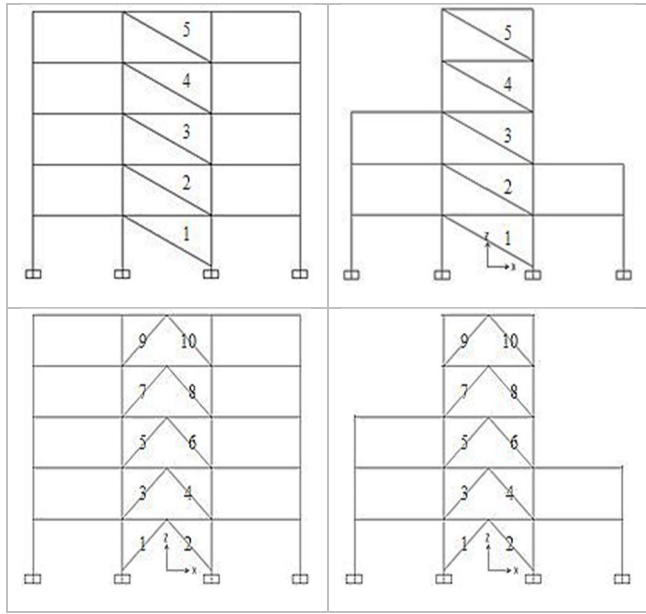
3.1. Çelik çapraz perde sistemli çerçevelerde performans analizi

Çalışma kapsamında incelenen çerçevelerin dairesel kesitli diagonal ve ters V merkezi çaprazı ile güçlendirilmesi ile yapının deprem yükleri etkisi altında performansı incelenmiştir (Tablo 2). Çaprazlarda kullanılan dairesel profilde cidar kalınlığı 10mm kesit alanı 28.27 cm² olarak belirlenmiştir.

Bu iki farklı çerçevede bulunan diyagonaller; daire kesit kullanılarak oluşturulmuş ve çerçevelerin doğrusal olmayan statik analiz yapılarak II. Mertebe Elasto- Plastik Limit yük değeri hesap edilmiştir. Limit Yük değerine karşı gelen çatı deplasman ve taban kesme kuvvet değerleri ile birlikte çelik perde sistemini çerçeveleyen yapı elemanlarında oluşan deformasyonlar kıyaslanmıştır. Ele alınan bu yapının yapı elemanlarının numaralandırılması Şekil 8 de verilmiştir.

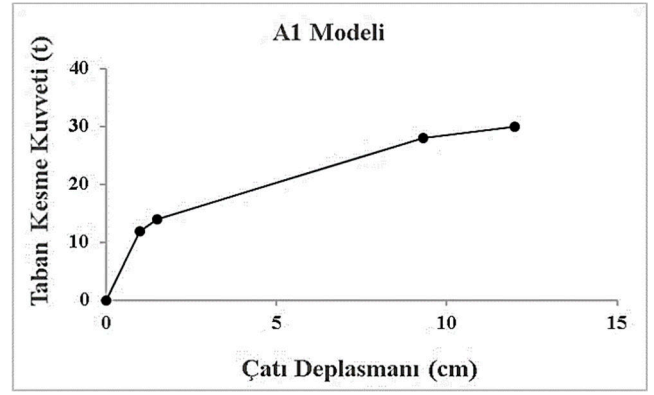
Tablo 2. Merkezi çelik çaprazlarla güçlendirilmiş model çerçeveler

Perde Sistemi Çapraz Sistem	Çerçeve Tipi	
	Çerçeve_1	Çerçeve_2
Diyagonal Çapraz	A1	A2
Ters V Çapraz	B1	B2



Şekil 7 Yapı elemanlarının numaralandırılması

A1 model yapısı için 1 cm çatı deplasmanına karşılık gelen 11,87 t' luk taban kesme kuvveti elastik limit değerini verirken, 12 cm deplasmana karşılık gelen 30 t taban kesme kuvveti plastik limit değerini vermektedir.(Şekil 8, Tablo 4)

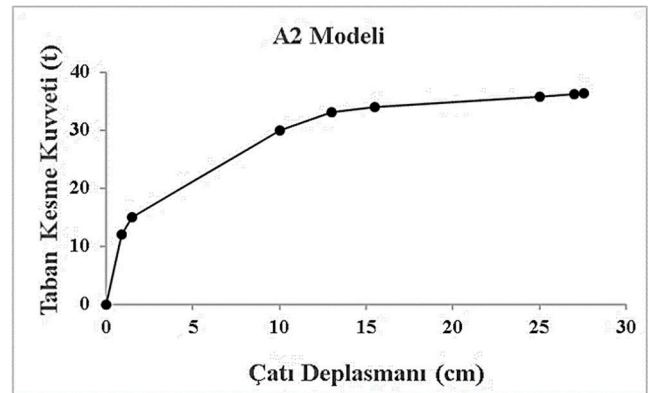


Şekil 8. A1 model yapısı performans eğrisi

Tablo 3. A1 model yapısı mafsallaşma bilgileri.

Eleman	P (ton)	Plastik U (cm)	M ₃ (tcm)	Plastik R (rad)	Karakter P-M	Hasar (FEMA)
Kiriş 1 (Sağ)	---	---	-973.14	-0.0017	Basınç	≤ AY
Kiriş 2 (Sağ)	---	---	-976.51	0.0032	Basınç	≤ AY
Diyagonal 1 (Üst)	-10.25	-0.99	---	---	Basınç	≥ GK
Diyagonal 1 (Alt)	-10.32	-0.98	---	---	Basınç	≥ GK
Diyagonal 2 (Üst)	-9.22	-1.70	---	---	Basınç	≥ GK
Diyagonal 2 (Alt)	-9.28	-1.70	---	---	Basınç	≥ GK
Diyagonal 3 (Üst)	-9.31	-1.39	---	---	Basınç	≥ GK
Diyagonal 3 (Alt)	-9.37	-1.38	---	---	Basınç	≥ GK
Diyagonal 4 (Üst)	-10.70	-0.64	---	---	Basınç	≥ GK
Diyagonal 4 (Alt)	-10.76	-0.64	---	---	Basınç	≥ GK
Diyagonal 5 (Üst)	-10.75	0.00	---	---	Basınç	≤ AY
Diyagonal 5 (Alt)	-10.81	-0.06	---	---	Basınç	≥ GK

A2 model yapısı için 0.90cm çatı deplasmanına karşılık gelen 12.02 t taban kesme kuvveti elastik limit değeri olarak hesaplanırken, 27.53 cm çatı deplasmanına karşılık 36.39 t taban kesme kuvveti plastik limit değeri olarak hesaplanmıştır (Şekil 9, Tablo 5).

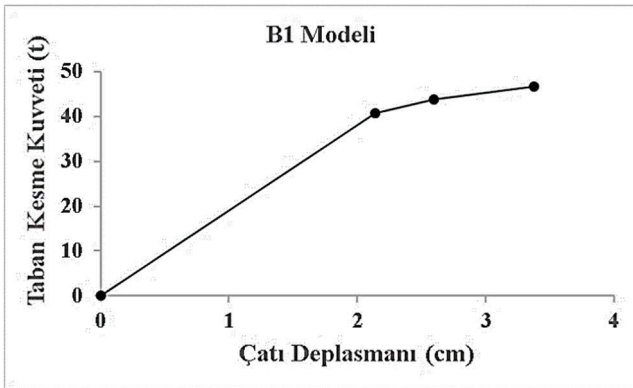


Şekil 9. A2 model yapısı performans eğrisi

Tablo 4. A2 model yapısı mafsallaşma bilgileri

Eleman	P (ton)	Plastik U (cm)	M ₃ (tcm)	Plastik R (rad)	Karakter P-M	Hasar (FEMA)
Kolon 1 (Alt)	-2.38	0.00	1805.90	0.0145	Basınç-Çekme	AY - CG
Kolon 3 (Üst)	2.93	0.0009	-1652.66	-0.0002	Çekme-Basınç	≤ AY
Kolon 6 (Alt)	-44.41	-0.03	1705.72	0.0158	Basınç-Çekme	≥ GK
Kiriş 1 (Sol)	---	---	963.96	0.0005	Çekme	≤ AY
Kiriş 1 (Sağ)	---	---	-1026.94	-0.0244	Basınç	AY - CG
Kiriş 2 (Sol)	---	---	966.84	0.0000	Çekme	≤ AY
Kiriş 2 (Sağ)	---	---	-1021.58	-0.0224	Basınç	AY - CG
Kiriş 3 (Sağ)	---	---	-993.32	-0.0141	Basınç	AY - CG
Diagonal 1 (Üst)	-7.48	-3.12	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 1 (Alt)	-7.54	-3.10	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 2 (Üst)	-6.76	-3.67	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 2 (Alt)	-6.83	-3.65	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 3 (Üst)	-7.08	-3.12	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 3 (Alt)	-7.15	-3.10	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 4 (Üst)	-9.42	-1.63	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 4 (Alt)	-9.48	-1.62	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 5 (Üst)	-11.27	-0.20	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 5 (Alt)	-11.34	-0.20	---	---	Basınç	≥ GK

B1 model yapısı için elastik limit değeri, 2.14cm çatı deplasmanına karşılık gelen 40.75 t taban kesme kuvveti etkisi olarak hesaplanırken, plastik limit değeri, 3.38cm çatı deplasmanına karşılık gelen 46.69 t taban kesme kuvveti etkisi olarak hesaplanmıştır (Şekil 10, Tablo 6).



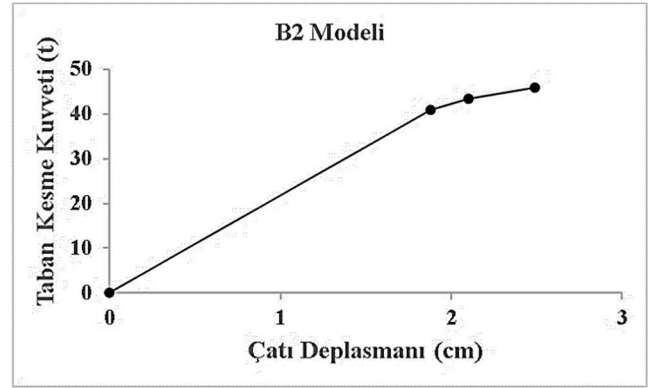
Şekil 10. B1 model yapısı performans eğrisi

Tablo 5. B1 model yapısı mafsallaşma bilgileri

Eleman	P (ton)	Plastik U (cm)	M ₃ (tcm)	Plastik R ₃ (rad)	Karakter P-M	Hasar (FEMA)
Kolon 6 (Alt)	-85.83	0.00	517.40	0.00	Basınç-Çekme	≤ AY
Diagonal 2 (Üst)	-27.46	-0.35	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 2 (Alt)	-27.53	-0.35	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 4 (Üst)	-22.93	-1.18	---	---	Basınç	≥ GK
Diagonal 4 (Alt)	-23.00	-0.10	---	---	Basınç	AY - CG
Diagonal 6 (Üst)	-28.21	-0.047	---	---	Basınç	≤ AY
Diagonal 6 (Alt)	-28.28	-0.047	---	---	Basınç	≤ AY

B2 model yapısı için elastik limit değeri, 1.88cm çatı deplasmanını oluşturan 40.86 t taban kesme

kuvveti etkisi olarak hesaplanırken, plastik limit değeri, 2.49 cm çatı deplasmanını oluşturan 46.02t taban kesme kuvveti etkisi olarak hesaplanmıştır (Şekil 11, Tablo 7)



Şekil 11. B2 model yapısı performans eğrisi

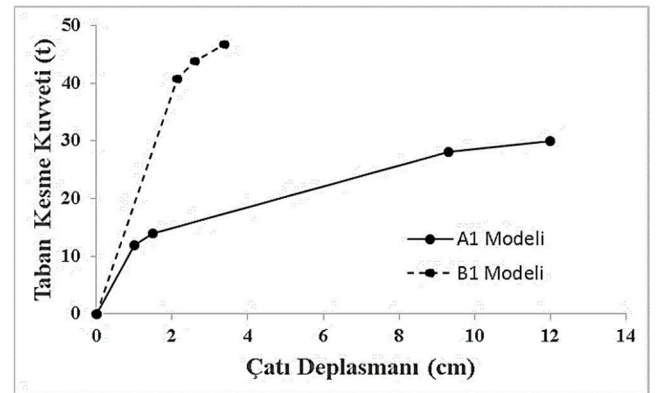
Tablo 6. B2 model yapısı mafsallaşma bilgileri

Eleman	P (ton)	Plastik U (cm)	M ₃ (tcm)	Plastik R (rad)	Karakter P-M	Hasar (FEMA)
Diagonal 2 (Üst)	-28.39	-0.17	--	--	Basınç	≥ GK
Diagonal 2 (Alt)	-28.46	-0.17	--	--	Basınç	≥ GK
Diagonal 4 (Üst)	-28.75	-0.10	--	--	Basınç	≥ GK
Diagonal 4 (Alt)	-28.82	-0.10	--	--	Basınç	≥ GK

4. SONUÇLAR

Analizler sonucu yapı performans eğrileri elde edilmiştir. Bu eğriler altında kalan alan yapının sönümlendiği enerji miktarını göstermektedir. Bu alan ne kadar büyük olursa yapı o kadar fazla enerji sönümlenmektedir.

A1 modeli B1 modeli ile kıyaslandığında; diyagonal merkezi çelik çapraz perde sistemi ile tasarlanan düzenli geometriye sahip çerçevenin, ters V merkezi çelik çapraz perde sistemi ile tasarlanan düzenli geometriye sahip çerçeveden daha fazla enerji sönümlene kapasitesine sahip olduğu görülmüştür (Şekil 12, Tablo 8).

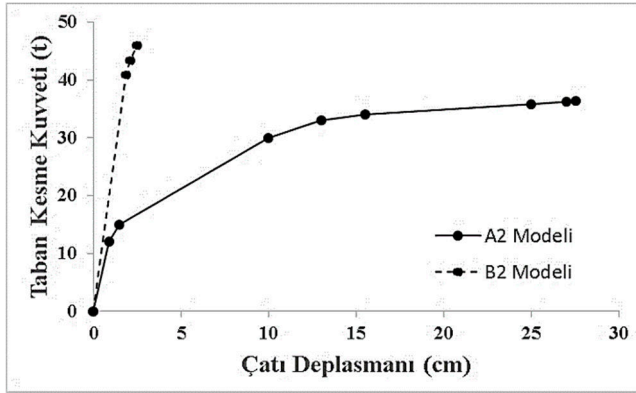


Şekil 12. A1 ve B1 Modeli Performans eğrileri

Tablo 7. A1 ve B1 Modeli Performans Değerleri

	Elastik sınır (cm)	Taban kesme kuvveti (ton)	Plastik sınır (cm)	Taban kesme kuvveti (ton)
A1	1.00	11.87	12.00	30.01
B1	2.14	40.75	3.38	46.69

A2 modeli B2 modeli ile kıyaslandığında; düzenli geometriye sahip çerçevedeki enerji sönümlenme kapasitesine benzer olarak, diyagonal merkezi çelik çapraz perde sistemi ile tasarlanan düzensiz geometriye sahip çerçevenin, ters V merkezi çelik çapraz perde sistemi ile tasarlanan düzensiz geometriye sahip çerçeveden daha fazla enerji sönümlenme kapasitesine sahip olduğu görülmüştür (Şekil 13, Tablo 9).

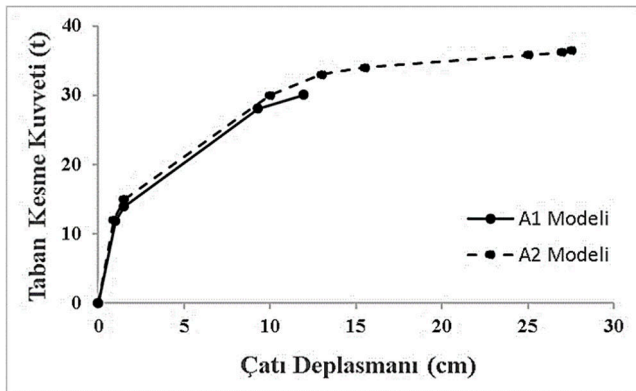


Şekil 13. A2 ve B2 Modeli Performans eğrileri

Tablo 8. A2 ve B2 Modeli Performans Değerleri

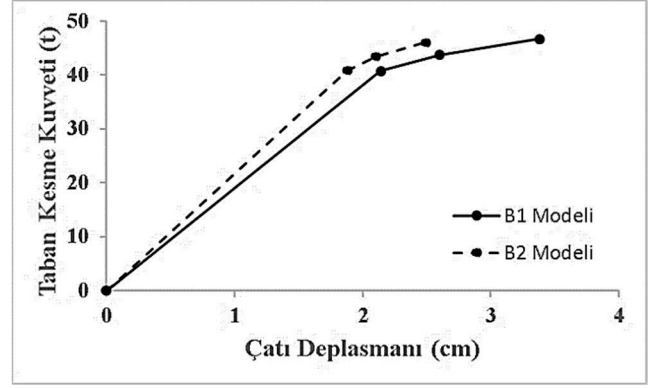
	Elastik sınır (cm)	Taban kesme kuvveti (ton)	Plastik sınır (cm)	Taban kesme kuvveti (ton)
A2	0.9	12.02	27.53	36.39
B2	1.88	40.86	2.49	46.02

A1 ve A2 modelleri kıyaslandığında; her iki modelin aynı merkezi çelik çaprazlı perde sistemi ile elastic limit değerlerinin yaklaşık eşit olduğu ancak plastik limit değerlerinde düzensiz yapı sistemi için ciddi artışlar olduğu gözlenmiştir. Düzensiz yapı daha fazla enerji sönümlenme kapasitesine sahiptir (Şekil 14).



Şekil 14. A1 ve A2 Modeli Performans eğrileri

B1 ve B2 modellerinin elastic ve plastic sınır değerleri incelendiğinde ise değerlerin her iki bölge için yaklaşık eşit olduğu ifade edilebilir.



Şekil 15. B1 ve B2 Modeli Performans Eğrileri

A1-A2 ve B1-B2 kıyaslarından yola çıkarak merkezi çelik çaprazlı perde sistemlerinden diyagonal perde sisteminin yapının enerji sönümlenme kapasitesinde ciddi artışlar sağladığı ifade edilebilir.

4.1. Öneriler

Çalışma, daha farklı olarak tasarlanmış olan düzenli düzensiz yapılar, farklı enkesite ve yönetmeliklerin ön gördüğü şekle sahip çelik çapraz perde sistemleri ele alınarak genişletilebilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, yaptığı çalışma ile yardımcı olan Berker Alıcıoğlu'na teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Korkmaz A., Ay Z., Çelik D., (2008). Merkezi ve Dışmerkezi Çaprazlarla Güçlendirilen Çelik Binaların Doğrusal Olmayan Davranış, Teknoloji, Cilt 11(2), Syf.105-120.
- [2] Korkmaz A., Ay Z., Çelik D., (2008). Investigation of Inelastic Behaviour Concentric and Eccentric Braced Steel Building Type Structures", Eurosteel, Graz, Austria.
- [3] Uzgider E., Çağlayan, B.Ö., (2005). Depreme Dayanıklı Çelik Yapılar. Türk Yapısal Çelik Derneği, Alp Ofset, İstanbul, Teknik Yayınlar Dizisi 1, 58s.
- [4] Bakır Ş., (2006). Evaluation Of Seismic Response Modification Factors For Steel Frames By Non-Linear Analysis, A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied

Sciences Of Middle East Technical University
November, 2006.

[5] Şen G., (2006). Çok Katlı Çelik Yapılarda Performansa Dayalı Tasarım Kriterleri, İstanbul, 2006.

[6] Korkmaz K.A., Ay Z., Çelik D., (2008) Merkezi Çaprazlı Çelik Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi , Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma Vol./Cilt 26 Issue/Sayı 1,

[7] Çelik İ.D., Ay Z., (2012), Dışmerkez Çelik Çapraz Perde Bir Sistemde Bağ Kirişi Boyunun 2007 Türk Deprem Yönetmeliği Açısından İncelenmesi, İMO Teknik Dergi, s.5827-5843, Yazı 372

[8] Korkmaz K. A., Ay Z., Çarhoğlu A. I., Çelik D., Nuhoglu A., (2013). Planda Düzensizlikleri Olan Çelik Yapıların Güçlendirilme Tiplerinin Değerlendirilmesi, GÜFBED / GUSTIJ, Volume 3(2), page 29-39.

[9] Kılıç S., (2015). Merkezi Çaprazlı Ve Moment Aktaran Çerçevesi Karma Sistemlerde% 25 Kuralının İncelenmesi, Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.

[10] Türk B. (2016). Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçeve Taşıyıcı Sistemin Tasarım Kurallarının Ve Performansının Değerlendirilmesi, Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.

[11] Türker K., Lekesiz İ., (2017), Tipik Bir Çelik Endüstri Yapısında Çaprazlı Perde Tipinin Deprem Performansına Etkisi, Dokuz Eylül University-Faculty of Engineering Journal of Science and Engineering Volume 19, Issue 57, September DOI: 10.21205/deufmd.2017195772

[12] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, (2007).

[13] Yahmi D., Branci T., Bouchaïr A., Fournely E., (2017), Evaluation of behaviour factors of steel moment-resisting frames using standard pushover method, Procedia Engineering, Volume 199, Pages 397-403,

[14] Elghazouli A.Y., (2010), Assessment of European seismic design procedures for steel framed structures, Bulletin of Earthquake Engineering., Volume 8, pp. 65-89

[15] Kutanis M., (2011). Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme Yöntemlerinin Deprem Sonrası Türkiye’de Gözlenen Yapı Performansları ile Karşılaştırılarak Geliştirilmesi, TÜBİTAK Proje No, 108M303, Sakarya.

[16] Çelik, D., (2008). Merkezi ve Dışmerkezli Güçlendirilmiş Çelik Uzay Çerçevelerin Sismik Performansı. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Yüksek Lisans Tezi, 73s.

[17] M. Ferraioli, A. Lavino, A. Mandara, (2014), Behaviour factor of code-designed steel moment-resisting frames, International Journal of Steel Structures., Volume 14, pp. 243-254

[18] Alıcıoğlu, B., (2011). Merkezi Çelik Çaprazlı Yapılarda Uygun Çapraz Kesiti ve Geometrisinin ve Çapraz Türünün Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

[19] Chan S.L., Chui P.P.T., (2000). Non-Linear Static and Cyclic Analysis of Steel Frames with Semi-Rigid Connections, Elsevier.

[20] B. ANSI , (2005), AISC 360-05-Specification for Structural Steel Buildings, Chicago, AISC

[21] SAP2000, (2010), Linear and nonlinear static and dynamic analysis of three-dimensional structures, Advanced Version 14.0, Analysis Ref. Manual, Computer and Structures, Berkeley, CA.

[22] FEMA 356, (2000), Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, Washington,.

[23] EN 1993-1, Eurocode 3: (2005), Design of steel structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings, European Committee for Standardization, CEN.