


Düzlem Çelik Çerçeve Perde Tipinin ve Perde Elemanının Performansa Olan Etkilerinin Monotonik Yüklemeyle İncelenmesi

*¹Mustafa Berker Alicioğlu

¹Manisa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, İnşaat Yüksek Mühendisi, berker.alicioglu@gmail.com, 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 27.07.2020

Kabul Tarihi: 06.01.2021

Öz

Günümüzde çelik yapılar, geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu nedenle, dikkatli bir şekilde tasarlanmaları gerekmektedir. Bu çalışma ile yapı tasarımında hangi çelik perde tipinin ve elemanının kullanılması gerektiği yönünde önerilerde bulunulmuştur. Ele alınan yapı, düzlem çelik çerçeveden oluşmaktadır. Tüm çerçeveler, AISC 360-10 standardındaki ASD yaklaşımına göre tasarlanmıştır. Düzlem çelik çerçeve, üç açıklıklı ve dört katlıdır. Dört çelik perde tipi ve üç perde elemanı kullanılmıştır. Çelik perdeler, orta açıklıklıdır. Monotonik yük şablonu olarak doğrusal dinamik analiz ile elde edilen mod şekilleri kullanılmıştır. Doğrusal olmayan statik analiz yöntemi kullanılarak çerçeve performans eğrileri monotonik yükleme ile çizilmiştir. Perde tiplerinin ve perde elemanlarının çerçeve performansına olan etkileri araştırılmıştır. Performans eğrileri ve literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma sonucunda, perde tipi olarak K ve X çapraz perde tiplerinin perde elemanı olarak boru ve kutu kesitlerin kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çelik perde, Doğrusal olmayan statik analiz, Çelik perde elemanı, Performans eğrisi.

Investigation of the Effects of Shear Wall Type and Shear Wall Member on Performance in Plane Steel Frame with Monotonic Loading

*¹Mustafa Berker Alicioğlu

¹Manisa Provincial Directorate of Environment and Urbanization, Civil Engineer MSC, berker.alicioglu@gmail.com

Abstract

Nowadays steel structures have a wide range of applications. Therefore, they need to be carefully designed. With this study, suggestions were made as to which steel shear wall types and their members should be used in structure design. The structure under consideration consists of a plane steel frame. All frames are designed according to ASD approach in AISC 360-10 standard. The plane steel frame has three spans and four stories. Four steel shear wall types and three shear wall members are used. Steel shear walls are in the middle span. As monotonic load template, mode shapes obtained by linear dynamic analysis are used. Using the nonlinear static analysis method, structure performance curves are drawn with monotonic loads. The effects of shear wall types and shear wall members on frame performance were investigated. Comparison was made with performance curves and similar studies in the literature. As a result of study, it is recommended to use as shear wall types of K and X also as shear wall members of pipe and box sections.

Keywords: Steel shear wall, Nonlinear static analysis, Steel shear wall member, Performance curve.

1. GİRİŞ

Çelik yapılar, günümüzde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bina, endüstri, köprü, üst geçit, hava alanı, kule, trafik sinyalizasyonu, depo, spor tesisi, hangar, gökdelen gibi yapı tiplerinde kullanılırlar. Yapısal çelik malzemesi, belirli standartlar kapsamında fabrikalarda üretilir. Homojen ve denetimi kolay bir yapı malzemesidir. Yerinde dökme betonarme ve ön üretilmiş betonarme yapılara oranla

çok hafiftirler ve imalat süreçleri daha kısa olmaktadır. Ancak yangına karşı dayanımları azdır ve özel tedbirler alınması gerekmektedir [1]. Çelik yapıdaki taşıyıcı elemanlar, hafif ve narin oldukları için dinamik yükler altında titreşim hareketi yaparlar. Stabilite bağlantıları ve perdeler kullanılmazsa bu titreşim hareketleri kontrol edilemez. Yapıya stabilite bağlantılarının ve perdelerin eklenmesiyle titreşimleri kontrol altına almak mümkündür. Genel olarak yapı tasarımında yapının dinamik yükler etkisi

*Sorumlu Yazar: Manisa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, berker.alicioglu@gmail.com / Manisa Provincial Directorate of Environment and Urbanization, berker.alicioglu@gmail.com

altındaki davranışının ne olacağını tahmin etmek önem arz etmektedir. Doğru yapılan tahmin ile olası bir deprem esnasında yapıda can ve mal kaybının önüne geçilebilir. Çelik yapıların dinamik yükler altındaki davranışlarının anlaşılması ve doğrusal olmayan statik analiz yöntemine ilişkin araştırmacılar tarafından pek çok çalışma yapılmıştır.

[2]' de sismik yük altındaki moment aktaran çelik çerçevelerin deformasyon taleplerinin tahmin edilmesine yönelik doğrusal olmayan statik işlemlerin güvenilirliği araştırılmıştır. Araştırmada hem düzenli hem de düzensiz çelik çerçeveler ele alınmıştır. Doğrusal olmayan statik işlemlerdeki yaklaşımlar, çerçevelerin farklı ivme kayıtları altındaki çözümlenmeleri ile doğrulanmıştır.

[3-5] ile düzenli ve düzensiz yapıdaki düzlem çelik çerçevelerin performans analizleri yapılmıştır. Performans analizi, plastik mafsallı varsayımı yapılarak ikinci mertebeye etkileri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)' de değinilen merkezi çelik çaprazlı perde tipleri ele alınmıştır. Performans analizleriyle perde elemanı kesitine ve perde tiplerine ilişkin araştırma yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

[7] ile üç, altı ve dokuz katlı düzlem X çaprazlı çelik çerçeveler üzerinde kolon mesnet sınır şartlarının sismik yük azaltma katsayısına olan etkileri incelenmiştir. Mesnet şartlarının çerçeve periyodunu önemli derecede etkilemediği tespit edilmiş ancak mesnet şartlarının doğrudan yapı davranışını etkilediği belirlenmiştir.

[8] ile literatürde yapıların sismik yükler altındaki davranışlarının doğrusal olmayan statik yöntemler ile tahmin edilebileceğinin yer aldığı belirtilerek monotonik yükler ile performans analizi yapıldığı bildirilmiştir. Ancak sismik yüklerin tekrarlı etkiye sahip olduğu ve performans analizinin döngüsel yükler ile yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Uzun ya da orta süreli depremlerde döngüsel performans analizinin yapısal davranışı doğru tahmin etmede kullanılabileceği bildirilmiştir.

[9]' de katlar arası müsaade edilen öteleme limitlerine göre tasarlanmış X çapraz çelik çerçeveli yapıların performans analizleri yapılmıştır. X çaprazlar, farklı aks aralıklarına konularak konfigüre edilmiştir. Konfigürasyonla elde edilen farklı yapıların performansları kıyaslanmış ve en fazla taban kesme kuvveti karşılayan konfigürasyonlar belirlenmiştir.

[10] ile dış merkez çaprazlı çelik çerçeve yapılarıdaki çapraz elemanların dönme kapasitelerinin, yapısal kapasiteyi belirlediği bildirilmiştir. Standartlar bu dönme kapasitelerini, basitleştirilmiş el hesaplamalarından gelişmiş doğrusal olmayan analizlere kadar tahmin yolu sunmaktadır. Son çalışmalar, Yeni Zelanda Çelik Endüstrisi tarafından önerilen elastik analiz yaklaşımıyla tahmin edilen yapısal davranışın konservatif olduğunu göstermektedir. Doğrusal olmayan statik analiz ile çelik

endüstrisinin yaklaşımları karşılaştırılarak dış merkez çaprazlı çelik çerçeve tasarımıdaki dönme kapasitelerinin hesap yönteminin değiştirilmesi önerilmiştir.

[11] ile çelik yapıların rüzgâr ve deprem gibi yanal yük etkilerine maruz kaldıkları belirtilerek söz konusu yüklere karşı yapıların yanal rijitliklerinin büyük öneme sahip olduğu bildirilmiştir. Çalışmada çeşitli çelik çapraz tipleri ve yapılar üzerinde elastik rijitlik faktörüne (K) ilişkin karşılaştırma yapılmıştır. Plastik mafsallı tanımlı ile statik itme analizi kullanılmıştır. Sonuç olarak kat sayısındaki artışın K değerini azalttığı, açıklık mesafesindeki artışın K değerini arttırdığı belirlenmiştir. Bunun dışında, çelik çapraz kullanımının K değerini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir.

[12] ile statik yükler altındaki çelik çerçeveli yapıların plastik mafsallı modeline ilişkin genel bilgiler verilmiştir. Hem rijit plastik hem de elastoplastik mafsallar ele alınmış avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Ayrıca üç boyutlu plastik mafsallı nasıl modellenmesi gerektiği üzerinde durulmuştur.

[13] ile dışmerkez diyagonal çelik çaprazlar, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE-2018) yönetmeliğine uygun şekilde teşkil edilmiştir. Ayrıca, dışmerkez diyagonal çaprazların deprem etkisi altındaki yapısal davranışları Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) esaslarına göre eşdeğer deprem yükü çözüm yöntemi kullanılarak irdelenmiştir. Tasarım örneği olarak; X yönünde altı, Y yönünde üç açıklığa sahip beş katlı çapraz eklenmemiş bir çelik yapı ve dışmerkez diyagonal çelik çaprazlar eklenmiş bir çelik yapı olmak üzere iki yapı modeli karşılaştırılmıştır.

[16] ile İstanbul'da rastgele seçilen bir koordinatta yer alan beş katlı simetrik çelik bir binanın ülkemizde yürürlükte olan (ÇYTHYE-2018) ve (TBDY-2018) nezdinde çaprazlı ve çaprazsız tasarımı ve boyutlandırılması yapılarak deprem etkisi altındaki performansı incelenmiştir. Bina ağırlığı ve kat ötelemeleri yönünden kıyaslama yapılarak çapraz kullanımının önemi vurgulanmıştır.

[17] ile beş katlı, moment aktaran çelik çerçevelerden oluşan bir bina ile dışmerkez "V" çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan bir binanın düşey yük ve deprem etkileri altında tasarımı yapılarak yapısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

[18] ile dışmerkez diyagonal çelik çaprazların deprem etkisi altında performansları (TBDY-2018) esaslarına göre Eşdeğer Deprem Yükü çözüm yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, çalışmada beş katlı X yönünde altı Y yönünde üç açıklıklı çapraz eklenmemiş çelik bir bina ve dışmerkez diyagonal çelik çaprazlar eklenmiş çelik bir bina olmak üzere iki adet farklı model oluşturulmuştur. Bu iki yapı modelinin taşıyıcı sistemleri, oluşan yer değiştirmeler, periyotlar ve yapı ağırlıkları bakımından birbirleri ile kıyaslanmıştır.

[19] ile beş katlı, moment aktaran çelik çerçevelerden oluşan bir bina ile dışmerkez “V” çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan bir binanın düşey yük ve deprem etkileri altında tasarımı yapılarak yapısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, dışmerkez “V” çaprazlı binanın deprem etkisi altında en üst kat ötelenmesinin daha az olduğu ve buna bağlı olarak yapıyı oluşturan kesitlerin küçüldüğü görülmüştür.

Bu çalışma ile de tek bir düzlem çelik çerçevede dört farklı perde tipi ve üç farklı perde elemanı ele alınmıştır. Perdeler orta açıklıkta olup perde tipleri için (TBDY-2018)’ den yararlanılmıştır. Çerçevelerin mod şekilleri belirlenmiş ve birinci mod şekli yatay yük şablonu olarak kullanılmıştır. Doğrusal olmayan statik analiz yöntemi ile performans eğrileri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Çerçeveler, göçme öncesine kadar yüklenmiştir.

2. DOĞRUSAL OLMAYAN STATİK ANALİZ

Doğrusal olmayan statik analiz, malzeme davranışının ve geometrik şekil değiştirmelerin doğrusal olmadığı yapı sistemleri için çeşitli amaçlar kapsamında kullanılır.

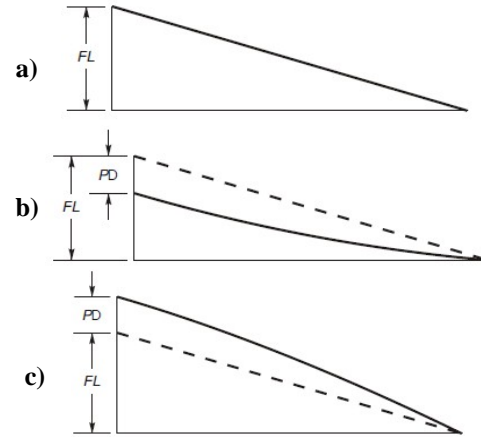
İkinci mertebeli etkilerinin önem taşıdığı yapı sistemlerindeki doğrusal analizlerin süperpoze edilmesinde, inşaat aşamalarında zaman içerisinde sünme, büzülme etkilerinin önemli olduğu yapı sistemlerinin tasarımında, sadece çekme bölgesinde çalışan yapısal elemanlarının bulunduğu yapı sistemlerinde doğrusal olmayan statik analizden yararlanılır [20].

Ayrıca kablolu yapı sistemlerinde, yapı sistemleri için statik itme ve geçmeli burkulma analizinin yapılmasında, doğrusal olmayan doğrudan integrasyon zaman tanım alanı analizlerinin ilk koşullarının tahmin edilmesinde, malzemenin ve geometrik şekil değişimlerinin doğrusal olmaması durumunun statik analizde göz önüne alınmasında doğrusal olmayan statik analiz kullanılır [20].

Yapı malzemesinin doğrusal olmayan davranışı, yapı sistemlerini oluşturan elemanların statik, yarı statik ve dinamik yükler etkisi altındaki davranışlarını doğrudan etkiler. Bağlantı ve mesnet elemanlarındaki çeşitli doğrusal olmayan davranış, yapı sistemini oluşturan tek boyutlu çubuk elemanların çekme ve/veya basınç kuvveti limitleri ve çubuk elemanlardaki plastik mafsallık davranışı doğrudan yapı malzemesinin doğrusal olmayan davranışıyla ilgilidir. Geometrik şekil değiştirmelerin doğrusal olmayan davranışı, ikinci mertebeli ve büyük yer değiştirme etkilerinin yapı sisteminin sistem rijitlik matrisine yansıtılmasıyla dikkate alınır [21].

Çekme kuvveti altında geometrik şekil değiştirmeler, eğilme momentinde ikincil bir azalışa neden olurken basınç kuvveti ikincil bir artışa neden olur. Yapılardaki çekme ve basınç kuvvetleri, geometrik şekil değiştirmelere neden olmaktadır. Şekil 1 ile konsol bir giriş üzerinde P-delta etkisi olarak da adlandırılan ikinci mertebeli etkilerinin

moment diyagramına olan etkileri gösterilmiştir. Çalışma kapsamında çelik perde tipinin ve perde elemanının yapı performansına olan etkisi incelenmiştir. Doğrusal olmayan analiz yöntemiyle çerçevelerin statik itme analizi yapılarak yapı performans eğrileri çizilmiştir. Analizde yapı elemanları için [22]’ deki Tablo 5-6 ile verilen plastik mafsallık tanımlamalarından yararlanılmıştır.



Şekil 1. a) P-delta etkisi olmayan moment eğrisi, b) Çekme kuvveti ile P-delta etkili moment eğrisi, c) Basınç kuvveti ile P-delta etkili moment eğrisi [20]

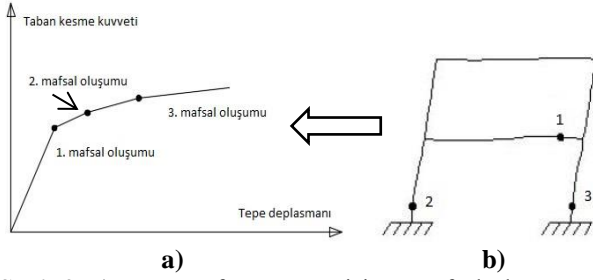
Statik İtme Analizi

Statik itme analizi, yapı sistemlerinin sismik yüklere karşı performans tabanlı tasarım yöntemlerinden biri olarak tanımlanabilir [20]. Analizin amacı, yapı sisteminin dayanım ve deformasyon kapasitesini tahmin ederek tasarım depremindeki performansını belirlemektir [23].

Analizin yapılabilmesi için yapı sistemindeki plastik mafsallık oluşum noktalarının tayin edilmesi ve bu noktalara plastik mafsallık tanımlanması gerekmektedir. Plastik mafsalları tanımlanmış yapı sistemi için doğrusal olmayan statik analiz yük durumları tanımlanır.

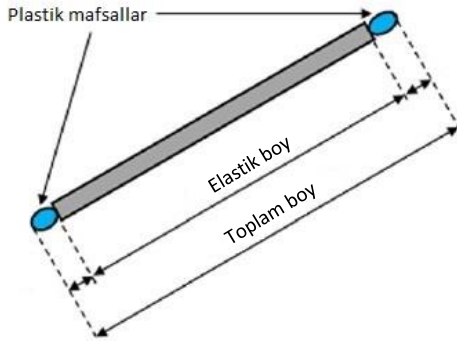
Analize önce düşey yükleme ile başlanır. Yapı sistemini oluşturan elemanların düşey yükler altında dayanımlarını kaybetmemeleri gerekmektedir. Düşey yükleme altında yapılan çözümleme ile elemanlardaki gerilme sıfırdan farklı olacaktır. Bir sonraki adım, yatay yük altında çözümlemesidir. Yapı sistemindeki elemanlar, belirli bir yatay yük seviyesine kadar doğrusal davranış sergilerler. Artan yatay yük altında yapıyı oluşturan elemanlardan birinde ya da bir kaçında elastik yük taşıma kapasitesi aşılır. Elastik yük taşıma kapasitesi aşılacak elemanda ya da elemanlarda plastik mafsallık oluştuğu kabul edilir. Yapı sisteminin dayanımını kaybettiği seviyeye kadar yapıya artan yatay yük uygulanır. Artan yatay yüklerin yapı sistemindeki toplam taban kesme kuvveti ile bu kuvvete karşılık gelen tepe deplasman çiftlerinden oluşan eğri çizilir. Çizilen bu eğriye yapı performans eğrisi ya da statik itme eğrisi denir. Böylelikle artan yatay yükler altında yapı

sistemindeki elemanların dayanım seviyeleri ve dayanımlarını kaybetme sıraları tahmin edilebilir.



Şekil 2. a) Yapı performans eğrisi ve mafsall oluşum sırası, b) artan yatay yükler altında deforme olmuş çerçeve ve mafsall oluşum sırası

Şekil 2 ile düzlem çerçeve bir yapının artan yatay yükler altındaki mafsall oluşum sıralamasının gösterimi yapılmıştır. Birinci mafsall oluşmasıyla yapı, doğrusal olmayan davranış göstermektedir. Her mafsall oluşumunda yapı performans eğrisi bükülmektedir. Çelik yapılarda plastik mafsallar, eleman bazında düşünüldüğünde çok büyük olmayan bölgesel noktalarda meydana gelirler. Bu nedenle mafsallaşmanın elemanın belirli bir kesitinde oluşacağı varsayımı yapılabilir.



Şekil 3. Plastik mafsall varsayımı [12]

Plastik mafsall varsayımı, elemanın belirli noktalarının mafsallaşacağı, mafsallaşmayan diğer bölgelerinin elastik davranacağı varsayımına dayanmaktadır. Yapı malzemesinin doğrusal olmayan davranışı, plastik mafsall varsayımıyla statik itme analizine ilave edilmiş olur. Analizde ikinci mertbe etkilerinin denge denklemlerine ilave edilmesiyle de geometrik şekil değişimleri dikkate alınır.

Ancak tasarımı yapılacak yapı sistemi için plastik mafsall oluşma potansiyeli olan noktaların doğru tayin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Aksi durumda sismik yükler altındaki yapı davranışı, yanlış tahmin edilebilir.

2.2. Modal Analiz

Modal analiz, doğrusal bir analiz yöntemi olmakla birlikte yapıların titreşim modlarının belirlenmesinde kullanılır. Bu modlar, yapı davranışının anlaşılmasını sağlar. Ayrıca mod birleştirme ve modal zaman tanım alanı yük durumları için

modal süperpozisyonun temelini oluştururlar. Analizin modal yük durumuna göre iki tipi vardır. Bunlardan birincisi öz vektör analizi ikincisi ise ritz vektör analizidir [24].

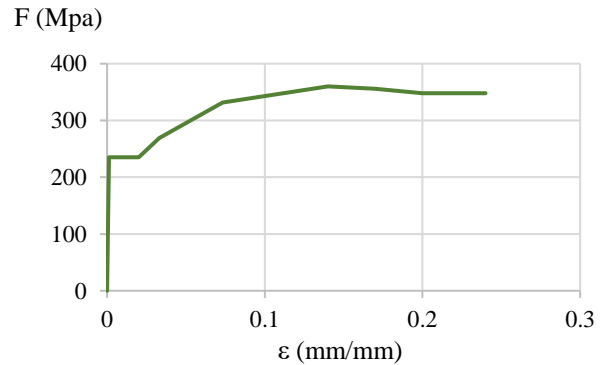
Ritz vektör analizi, belirli bir yükleme tarafından uyarılan modları bulmaya çalışır. Öz vektör analizi, yapının sönümsüz serbest titreşim mod şekillerini ve frekanslarını belirler. Genel öz değer problemi, denklem (1)' de yer almaktadır.

$$[K - \Omega^2 M]\phi = 0 \quad (1)$$

Denklem (1) ile gösterimi yapılan eşitlikte K rijitlik matrisini, Ω^2 öz vektör diyagonal matrisini, M diyagonal kütle matrisini ve ϕ mod şekillerini temsil etmektedir [20].

3. NÜMERİK ÇALIŞMA

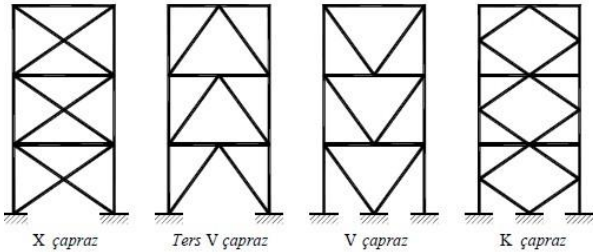
Çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanan yapısal analiz ve tasarım yapabilen Sap 2000 bilgisayar programı kullanılmıştır [25]. Yapı, düzlem çelik çerçeveden oluşmaktadır. Çerçeve, üç açıklıklı ve dört katlıdır. Kolonlar arası mesafe 5 metre, kat yüksekliği 3 metredir. Çerçevenin gösterimi, Şekil 6 ile yapılmıştır. Perdeler orta açıklıklıdır. Yapının zemine ankastre bağlandığı varsayılmıştır. Çerçeveler, eleman ve sistem bazında kusursuzdur. Malzeme olarak S235 yapısal çelik malzemesi kullanılmış olup Şekil 4 ile basınç ve çekme bölgelerindeki gerilme (F) - şekil değiştirme (ϵ) grafiğine yer verilmiştir. Grafiğin çizilmesinde Yun ve diğ. (2017) de yer alan bağlantılardan faydalanılmıştır [26].



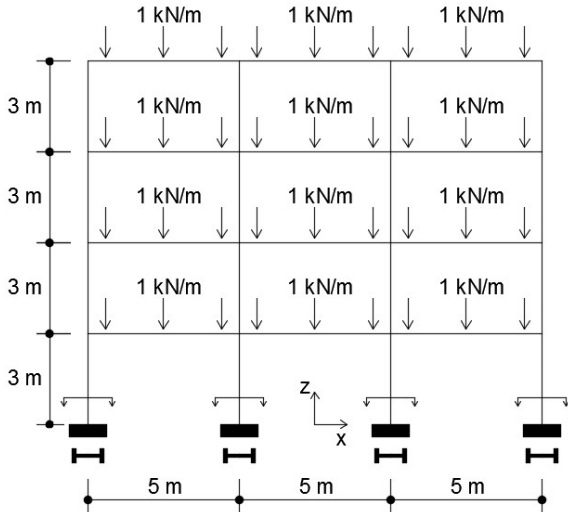
Şekil 4. S235 yapısal çeliğin gerilme - şekil değiştirme grafiği

Çalışmada dört farklı çelik perde tipi ele alınmıştır. Perde tipleri, (TBDY-2018)'in 9. Bölümünde yer alan X çapraz, Ters V çapraz, V çapraz ve K çapraz merkezi çaprazlı çelik çerçevelerdir [15]. Tüm çerçeveler, AISC 360-10 standardındaki ASD yaklaşımına göre tasarlanmıştır [27]. Tasarımda sadece Şekil 6 ile gösterimi yapılan düşey yükleme durumu kullanılmıştır. Analiz sonucunda kolonlar IPE 300, kirişler IPE 240, perde elemanlar IPE100, 60x60x5 kutu ve 108x3.6 boru kesit olarak tasarlanmıştır.

Perde elemanlarının tasarlanmasında kesit alanlarının birbirine yakın olması gözetilmiştir. Kesit alanları birbirine yakın olan perdelerin malzeme maliyetinin de yakın olacağı düşünülmüştür. Ayrıca tasarlanan perde elemanlarının temini, piyasa şartlarında oldukça kolaydır. Bu yönüyle de çalışmanın uygulama alanında yer bulacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 5. Perde tipleri [15]



Şekil 6. Düzlem çelik çerçeve ve düşey yükleme durumu

Analizde malzemenin doğrusal olmayan özelliği dikkate alınarak kolon, kiriş ve perde elemanları için plastik mafsalları tanımlamaları yapılmıştır. Mafsallaşmanın elemanların uç noktalarında oluşacağı öngörülerek mafsallar arasında kalan bölgenin elastik davranacağı kabul edilmiştir. Kiriş elemanları üzerinde (-Z) yönünde 1,0 kN/m çizgisel yük bulunmaktadır. Yapı performans eğrileri, (X) yönü için çizdirilmiştir. Analizlerde tüm perde elemanlarının kuvvetli eksenindeki kesit özelliklerinden yararlanılmış olup kutu ve boru kesitli perde elemanlarının kesit özellikleri her iki ekseninde (kuvvetli- zayıf) de aynıdır. Perde elemanları için kuvvetli eksen etrafındaki kesit özellikleri Tablo 1 ile gösterilmiştir.

Tablo 1' in birinci sütunu perde elemanı kesit isimlerini, ikinci sütunu mm² cinsinden kesit alanını, üçüncü sütunu mm³ cinsinden kesitin plastik modülünü ve dördüncü

sütunu mm cinsinden kesitin atalet yarıçapını göstermektedir.

Tablo 1. Perde elemanlarının kesit özellikleri

Profil	Kesit alanı (mm ²)	Plastik modül (mm ³)	Atalet yarıçapı (mm)
IPE100	1.030	39.400	40,7455
60x60x5	1.100	22.750	22,5469
108x3.6	1.181	39.250	36,9337

Modal analizde kullanılan kütle, kirişler üzerindeki düşey yükleme ile hesaba katılmış olup mod şekilleri, öz vektör analizine göre elde edilmiştir. Yapı performans eğrileri, monotonik yükler altında çizilmiştir. Monotonik yük katsayıları, modal analiz sonrası elde edilen (X) hâkim yönündeki 1. mod şekilleridir. Mod şekilleri, Şekil 7' de gösterilmiştir. Monotonik yükler, kat seviyelerine etkilmiştir. Yatay yükler, monotonik yük katsayılarının katı şeklinde artmaktadır.

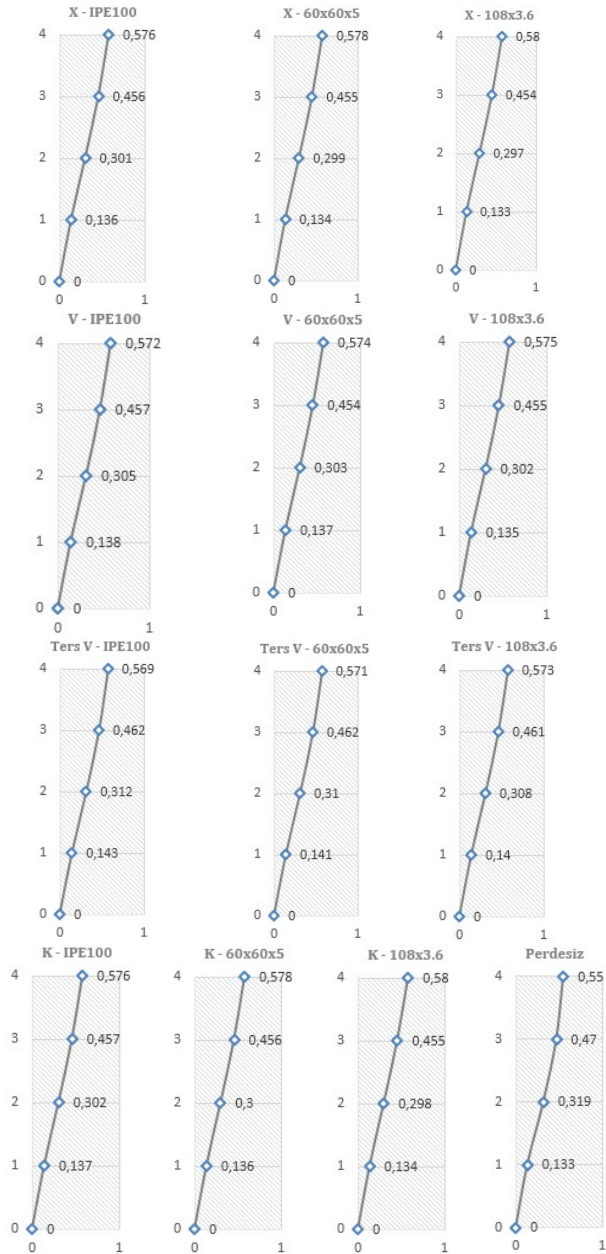
Tablo 2 ile analizlerde kullanılan yükleme durumları gösterilmiştir. Tablo 2' deki birinci sütun yük isimlerini, ikinci sütun yük tiplerini, üçüncü sütun analiz tiplerini ve dördüncü sütun yük miktarını göstermektedir. Düşey yüklerin gösterimi, Şekil 6 ile yapılmıştır. Aynı zamanda bu yükler, modal analiz için kullanılan kütle de oluşturmaktadır.

Tablo 2. Yükleme durumları

Yük ismi	Yük tipi	Analiz tipi	Yük
Modal	Dinamik	Doğrusal	(-Z) 1,0 kN/m
Düşey	Statik	Doğrusal olmayan	(-Z) 1,0 kN/m
Yatay	Statik	Doğrusal olmayan	1. mod şekli

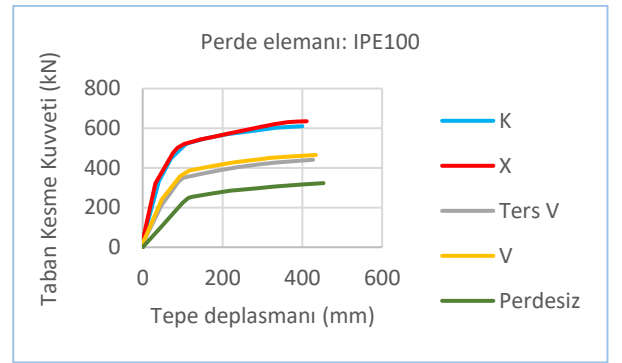
Statik itme analizinin hem düşey hem de yatay yüklemesinde Hinge Unloading Method olarak Unload Entire Structure yöntemi kullanılmıştır.

Bu yöntemde yapıda bir mafsallı oluştuğunda mafsallı oluşan noktadaki kesit tesiri mafsallı kapasitesinden daha fazla olmamaktadır. Mafsallı oluşan noktadaki kesit tesiri kapasiteye eşit olurken yapıdaki tüm yük boşaltılıp tekrar yapıya önceki mafsallı oluşturan yükten daha fazla bir yük uygulanır [20]. Bu döngü ile yapıdaki mafsallı sayısı artırılarak yapının yatay yükler altındaki kapasitesine ulaşması sağlanır. Şekil 2 ile gösterildiği gibi plastik mafsallı oluşması durumunda taban kesme kuvveti – tepe deplasman değer çiftlerinin oluşturduğu performans eğrisi doğrusal olmaktan uzaklaşır. Şekil 7 ile gösterimi yapılan mod şekli kat sayıları, zemin kat seviyesinde sıfırdır. Birinci kat seviyesinde 0,13 – 0,14 mertebelerinde, ikinci kat seviyesinde 0,29 – 0,31 mertebelerinde, üçüncü kat seviyesinde 0,45 – 0,47 mertebelerinde ve dördüncü kat seviyesinde 0,55 – 0,58 mertebelerindedir.



Şekil 7. Mod şekilleri

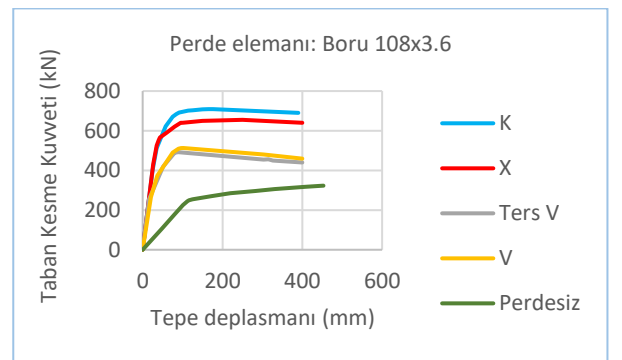
Çerçeve performansının hesaplanmasında ilk aşama modal analizdir. Modal analizle yatay yük şablonu elde edilir. Sonrasında düşey yük analizi yapılır. Çerçevelerin düşey yükler altında mafsallaşmaması gerekmektedir. Bu aşamada mafsallaşma olursa yatay yük analizine geçiş olmaz. Düşey analizle çerçeve elemanlarındaki gerilme durumu artık sifıra eşit değildir. Düşey analizle elde edilen kesit tesirlerinin üzerine yatay analiz sonuçları eklenir ve mafsallaşma durumu her bir eleman için kontrol edilir. Yapılan varsayımlar ve analizler neticesinde çelik perde tipleri ve perde elemanları için yapı performans eğrileri çizilmiştir. Şekil 8-9-10 ile perde tipleri karşılaştırılmıştır. Şekil 11-12-13-14 ile perde elemanları karşılaştırılmıştır.



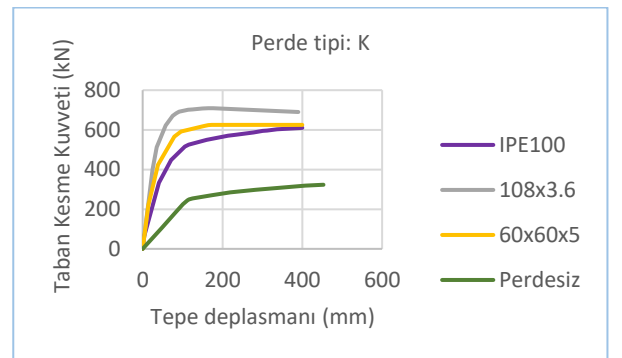
Şekil 8. Perde elemanı IPE100 için yapı performans eğrileri



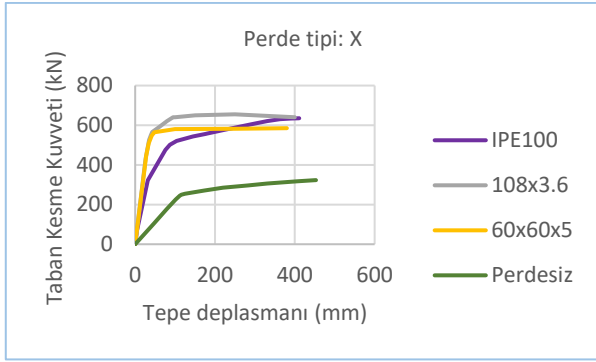
Şekil 9. Perde elemanı 60x60x5 için yapı performans eğrileri



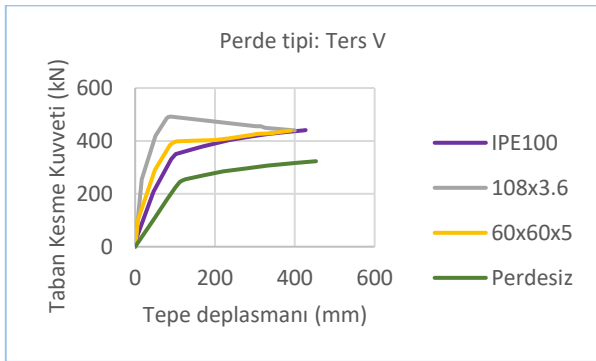
Şekil 10. Perde elemanı 108x3.6 için yapı performans eğrileri



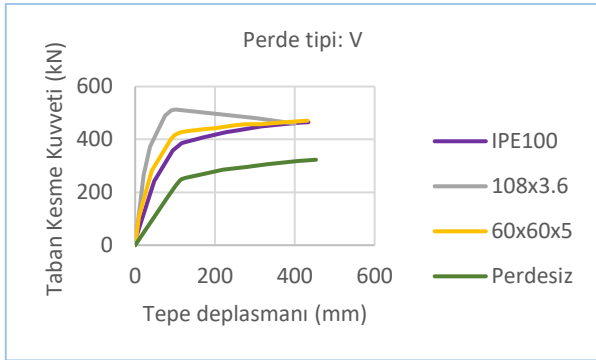
Şekil 11. Perde tipi K için yapı performans eğrileri



Şekil 12. Perde tipi X için yapı performans eğrileri



Şekil 13. Perde tipi Ters V için yapı performans eğrileri



Şekil 14. Perde tipi V için yapı performans eğrileri

Yapı performans eğrileri, çerçevelerin taşıyabileceği maksimum yatay yük seviyesine kadar başka bir deyişle göçme durumu öncesine kadar itilerek elde edilmiştir.

Yapı performans eğrilerinin elde edilmesiyle çerçevelerin maksimum taban kesme kuvveti ve maksimum tepe deplasman değerleri belirlenmiştir. Tepe deplasmanından kasıt, çerçevenin en üst katından okunan deplasman değeridir.

Tablo 3 ile çerçevelerdeki perde elemanı ve perde tipine göre taban kesme kuvveti değerleri ile tepe deplasman değerlerinden oluşan veriler gösterilmiştir.

Tablo 3'ün birinci sütunu maksimum taban kesme kuvvetini kN cinsinden, ikinci sütunu maksimum tepe deplasmanının mm cinsinden üçüncü sütunu perde tipini ve dördüncü sütunu perde elemanını göstermektedir.

Tablo 3. Maksimum taban kesme kuvveti ve maksimum tepe deplasmanı değerleri.

Maks. Taban kesme kuvveti (kN)	Maks. Tepe Deplasman (mm)	Perde tipi	Perde elemanı
323	453	Perdesiz	---
610	400	K	IPE100
635	411	X	IPE100
441	427	Ters V	IPE100
465	434	V	IPE100
625	400	K	60x60x5
585	380	X	60x60x5
439	390	Ters V	60x60x5
471	432	V	60x60x5
690	390	K	108x3.6
640	400	X	108x3.6
440	400	Ters V	108x3.6
460	400	V	108x3.6

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada ele alınan yapı, dört farklı çelik perde tipine ve üç farklı perde elemanına sahip olup düzlem çelik çerçeveden oluşmaktadır. Düzlem çelik çerçeve, üç açıklıklı ve dört katlıdır. Kolonlar arası mesafe 5 metre, kat yüksekliği 3 metredir. Kolon elemanları IPE300, giriş elemanları IPE240, perde elemanları IPE100, 60x60x5 kutu ve 108x3.6 boru kesitten oluşmaktadır. Statik itme analizi yapılarak çerçevelerin performans eğrileri çizilmiş ve maksimum taban kesme kuvvetleri ile maksimum tepe deplasmanları bulunmuştur.

X çaprazlı perde tipinde IPE100 kesiti kullanılırsa çerçevenin karşılayacağı taban kesme kuvvetinin %88 oranında, K çaprazlı perde tipinde 60x60x5 kutu kesit kullanılırsa çerçevenin karşılayacağı taban kesme kuvvetinin %93 oranında ve K çaprazlı perde tipinde 108x3.6 boru kesit kullanılırsa çerçevenin karşılayacağı taban kesme kuvvetinin %113 oranında artacağı hesaplanmıştır.

Çerçeveye çalışma kapsamındaki herhangi bir perde tipinin eklenmesi durumunda yatay yükler altındaki performansının önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Alıcıoğlu (2011) (DBYBHY-2007)' de yer alan merkezi çelik çaprazlı çerçevelerin çaprazsız çerçevelere oranla elastik ve plastik limit yük taşıma kapasitelerinin daha fazla olduğunu belirlemiştir [3].

K ile X çapraz perde tiplerinin çerçeve performansına etkilerinin benzer olduğu ve Ters V ile V çapraz perde tiplerinin çerçeve performansına etkilerinin benzer olduğu görülmüştür. K ve X çapraz perde tiplerinin Ters V ve V çapraz perde tiplerine oranla daha fazla maksimum taban kesme kuvveti karşıladığı, buna karşın tepe deplasman değerleri arasında önemli bir fark olmadığı

gözlemlenmiştir. Buradan hareketle çerçeve performansı açısından K ve X çapraz perde tiplerinin kullanımı önerilmektedir. Putra ve diğ. (2019) altı katlı çelik bir binaya X çapraz perdeler ekleyerek yapı performansının perdesiz duruma oranla önemli derecede arttığını belirlemişlerdir [9].

Sarhan ve diğ. (2020) dört, yedi ve on katlı çelik binalar üzerinde çaprazsız, Z ve X çaprazlı perde tiplerinde elastik rijitlik faktörlerine yönelik yaptıkları çalışmada X çaprazlı binanın çaprazsız ve Z çaprazlı binalara oranla daha rijit olduğunu belirlemişlerdir [11].

IPE100 kesitinin atalet yarıçapının ve plastik modülünün diğer profillerden daha büyük olmasına karşın dört farklı perde tipinde de çerçeve performansına en fazla katkısı olan perde elemanı 108x3.6 boru kesit olurken ikinci olarak 60x60x5 kutu kesit olmuştur. Buradan hareketle perde elemanı olarak boru ve kutu kesit kullanımı önerilmektedir.

Alicioğlu ve diğ. (2012) düzensiz geometriye sahip çelik çerçevelerde boru kesitli perde kullanılması durumunda çerçeve performansının arttığını [4], Ağcakoca ve diğ. (2012) simetrik geometriye sahip çelik çerçevelerde boru kesitli perde kullanılması durumunda çerçeve performansının arttığını tespit etmişlerdir [5].

Çalışma ile literatürde bulunan benzer veriler karşılaştırıldığında sonuçların uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Manisa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünde görevli mesai arkadaşlarım İnşaat Mühendisi Halil AĞ' a ve İnşaat Mühendisi Aydın GÖÇMEN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKÇA

- [1]. E. Kantar, R.T. Erdem, E. Gücüyen ve M.B. Alicioğlu, "Kusurlu çelik birleşimlerin darbe etkisi altında incelenmesi", Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 2018-019, (2019).
- [2]. M. Ferraioli, A.M. Avossa, A. Lavino, and A. Mandara, "Accuracy of advanced methods for nonlinear static analysis of steel moment-resisting frames," The Open Construction and Building Technology Journal, Vol. 8, pp. 310-323, 2014.
- [3]. Mustafa Berker Alicioğlu, "Merkezi çelik çaprazlı yapılarda uygun çapraz kesiti geometrisinin ve çapraz türünün belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2011.
- [4]. B. Alicioğlu, M. Aktaş, M. Elmas ve Z. Yaman, "Düzensiz geometriye sahip çerçevelerde dairesel kesite sahip merkezi çelik çaprazların performans analizi", III. International Science, Technology And Engineering

- Conference ISTEC 2012, (December 13-15, Dubai, United Arab Emirates, 2012), 405- 412, (2012).
- [5]. E. Ağcakoca, B. Alicioğlu, M. Aktaş, ve Z. Yaman, "Simetrik geometriye sahip çerçevelerde dairesel kesite sahip merkezi çelik çaprazların performans analizi", III. International Science, Technology And Engineering Conference ISTEC 2012, (December 13-15, Dubai, United Arab Emirates, 2012), 1090- 1095, (2012).
- [6]. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 2007.
- [7]. W.A. Attia and M.M.M. Irheem, "Boundary condition effect on response modification factor of X-braced steel frames," Housing and Building National Research Centre, vol.14, no 1, pp.104 -121, 2018.
- [8]. F. Barbagallo, M. Bosco, A. Ghersi, E.M. Marino, and P.P. Rossi, " Seismic assessment of steel MRFs by cyclic pushover analysis," The Open Construction and Building Technology Journal, vol. 13, pp. 12- 26, 2019.
- [9]. Z. Putra, and J. Tarigan, " Performance analysis of steel portal structures with braces designed on allowable interstory drift limits," Simetrikal Journal of Engineering and Technology, vol. 2, no 1, pp.87- 102, 2019.
- [10]. F. Yu, R. Huang, and T.J. Sullivan, "Estimating deformation demands on steel EBF systems", New Zealand Society For Earthquake Engineering, Annual Conference 2020, paper 115, (2020).
- [11]. O. Sarhan, and M. Raslan, "Study of the elastic stiffness factor of steel structures with different lateral load resisting systems," International Journal of Advanced Engineering, Sciences and Applications, vol. 1, no 2, pp. 6- 11, 2020.
- [12]. V.L. Hoang, H.N. Dang, J.P. Jaspart, and J.F. Demeoneau, "An overview of the plastic-hinge analysis of 3D steel frames," Asian Pasific Journal on Computational Engineering, 2:4, 2015.
- [13]. B. Bayram, S. Sancioğlu ve S. Çarbaş, "Çelik bir yapıda dışmerkez diyagonal çaprazların etkisi," KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(1), 128-145, 2019.
- [14]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar, Ankara, 2018.
- [15]. İç İşleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara, 2018.
- [16]. S. Sancioğlu, S. Arıbaş, B. Bayram, M. Şimşek ve S. Çarbaş, "Çelik bir binada kullanılan çapraz tiplerinin deprem etkisi altında analizi ", 8. Uluslararası Çelik Yapılar Sempozyumu, KTO Karatay Üniversitesi, Konya, 422-430, (2019).
- [17]. S. Arıbaş, S. Sancioğlu ve S. Çarbaş, "Dışmerkez V çaprazların çelik bir yapı üzerinde incelenmesi, ", KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(1), 79-97, 2019.
- [18]. B. Bayram, S. Sancioğlu ve S. Çarbaş, " Dışmerkez diyagonal çaprazların sismik yükler altında çelik yapılara etkisi", 1. Ulusal Mühendislik ve Teknoloji Kongresi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, 8-8, (2019).
- [19]. S. Arıbaş, S. Sancioğlu ve S. Çarbaş, "Moment aktaran çelik çerçeveli yapılarda dışmerkez çaprazların

TBDY-2018'e göre incelenmesi", 1. Ulusal Mühendislik ve Teknoloji Kongresi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, 10-10, (2019).

[20]. CSI Analysis Reference Manual, For SAP2000®, Etabs®, and Safe® Berkeley, California, USA, 2009.

[21]. A. Çakıroğlu ve E. Özer, Malzeme Ve Geometri Bakımından Lineer Olmayan Sistemler, Cilt 1, Matbaa Teknisyenleri Basım Evi, İstanbul, 1980.

[22]. FEMA, Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings, Prepared by the American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, (Report No. FEMA-356), Washington, D.C., (2000).

[23]. H. Krawinkler, and G.D.P.K. Seneviratna, "Pushover analysis of seismic performance evaluation," Engineering Structures, vol. 20, nos 4-6, pp. 452- 464, 1998.

[24]. J. He, and Z.F. Fu, Modal Analysis, Butterworth-Heinemann publications, 2001.

[25]. Sap 2000 V.12, Education Version, Berkeley, California, USA, 2008.

[26]. X. Yun, and L. Garner, "Stress-strain curves for hot-rolled steels, ", Journal of Constructional Steel Research, 133, pp. 36-46, 2017.

[27]. American Institute Of Steel Construction, Specification for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 360-10, Chicago, Illinois, USA, 2010.