

Çelik Bir Yapıda Dışmerkez Diyagonal Çaprazların Etkisi **The Effect of Eccentric Diagonal Braces on a Steel Structure**

Berna BAYRAM¹, Sadrettin SANCIOĞLU^{1,*}, Serdar ÇARBAŞ^{1,2}

¹İnşaat Müh. Bölümü, Müh. Fakültesi, KTO Karatay Üniversitesi, Konya, Türkiye

² İnşaat Müh. Bölümü, Müh. Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi,
Karaman, Türkiye

*Sorumlu yazar: sadrettin.sancioğlu@karatay.edu.tr

Öz

Yüksek süneklik ve taşıma gücü gibi özelliklerinden dolayı çelik yapı sistemleri, diğer yapı türlerine göre daha fazla tercih edilmektedir. Yapının, yatay yük taşıma kapasitesini arttırmak ve yanal ötelenmesini azaltmak için çelik çaprazlar kullanılmaktadır. Yapının tasarımında kullanılan çaprazların kesitleri, yönleri ve yerleri yapının yatay yükler altında farklı davranışlar göstermesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, dışmerkez diyagonal çelik çaprazlar, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar (ÇYTHYE–2018) yönetmeliğine uygun şekilde teşkil edilmişlerdir. 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. Yapısal modeller, yapıda oluşan yer değiştirmeler, periyotlar ve yapı ağırlıkları bakımından birbirleri ile kıyaslanmışlardır. Bu çalışma sonucunda çelik diyagonal çaprazların yapıya eklenmesi ile kesitler optimize edilmiş ve yapı ağırlığında azalmalar gözlemlenmiştir. Yapı ağırlığının azalması ile hem yapıya etkiyecek deprem yükleri hem de yapının yatay ötelenmeleri önemli miktarda azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çelik yapılar, dışmerkez diyagonal çelik çapraz, çelik yapı yönetmelikleri

Abstract

Due to high ductility and load-carrying capacity, steel structures are more preferred than the other types of structures. Steel braces are used to increase the horizontal load-carrying capacity and to reduce the lateral displacement of a structure. The cross-sectional sizes, the orientations, and the locations of the braces used in the design of a steel structure lead to different structural features under horizontal loads. In this study, eccentric diagonal steel braces are used according to the provisions of Regulations on Steel Structures of Turkey. Also, the structural behaviors of eccentric diagonal steel braces under earthquake effects are evaluated using the total equivalent seismic load method as stated in Turkish Building Earthquake Regulations. In design example; two-building models have compared as a five-story non-braced steel structure with six spans in the X direction and three spans in the Y direction and as same structure additionally with eccentric diagonal steel braces. The structural models were compared with each other in terms of displacements, periods, and structural weights. As a result, cross-sections are optimized by adding eccentric diagonal steel braces to the structure and reductions in structural weight are observed. Since the weight of the building decreased, the earthquake loads effect on the structure and the lateral displacements of the structure decreased significantly.

Key words: Steel structures, eccentric diagonal steel braces, steel structures provisions

1. Giriş

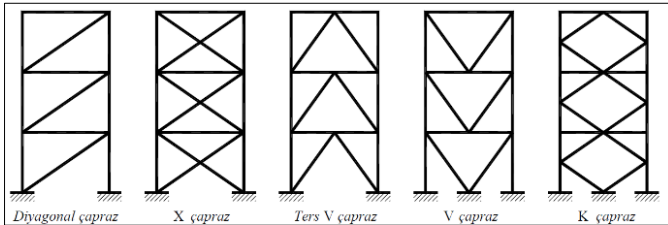
Ülkemizde yüksek katlı yapılaşma arttıkça taşıyıcı sistemlerde çelik malzeme kullanımı gittikçe popüler hale gelmiştir. Çelik taşıyıcı sisteme sahip yapıların yatay yükler altında göstermiş olduğu davranış, kullanılan malzemenin özellikleri, kullanılan kesitlerin geometrileri, birleşim yerleri ve şekillerine bağlıdır. Bu nedenle yapı elemanlarındaki bağlantılarda gevrek kırılma gözlenmemesi için yapının sünek tasarlanması gerekmektedir. Çelik malzemenin en önemli özellikleri sünekliği ve çevrimsel plastik yükleme etkisindeki enerji tüketme kapasitesidir. Taşıyıcı sisteme deprem ve rüzgâr gibi yatay yükler etki ettiğinde bu yüklerle karşı yanal rijitliği sağlamak amacıyla günümüzde moment aktaran yapı sistemleri ve çelik çapraz sistemleri kullanılmaktadır. Çelik çerçevelere çaprazlar moment aktaracak şekilde veya

mafsallı birleşimler ile eklenmektedir. Çaprazlar, merkezi veya dışmerkez bağlantı şekilleri ile yatay yük taşımaktadır. Bu elemanlarda yatay yükler aksel kuvvet dayanımları ile sağlanmaktadır.

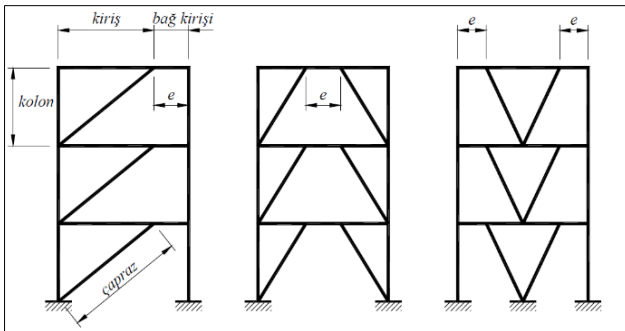
Tasarım yapılırken çaprazların çerçeveye merkezi olarak bağlandığı sistemler yüksek süneklik düzeyine sahip çerçeveler veya süneklik düzeyi sınırlı olan çerçeveler olarak boyutlandırılmalıdır. Merkezi çaprazlı çerçeveler, yukarıda belirtilen deprem ve rüzgar gibi yatay yüklere karşı çapraz bağlantısı olmayan moment aktaran çerçevelerden daha büyük rijitlik ve dayanım sağlamaları nedeniyle kullanımları çok daha fazladır.

Moment aktaran merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemler (Şekil 1), yön değiştiren büyük yatay yükler etkisinde, enerji tüketimi değişik çapraz elemanların basınç altında burkularak akmaya erişmesiyle ve çekme altında akmasıyla enerjinin tüketimini sağlarlar.

Moment aktaran dışmerkez çelik çaprazlı çerçeveler süneklik düzeyi yüksek sistem olarak tasarlanmalıdır (Şekil 2). Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler, diğerlerine göre yeni gelişmekte olan çaprazlı çerçeve türüdür. Bu çerçevelerin özelliği, moment aktaran çelik çerçevelerin yüksek sünekliği ile merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin dayanım ve rijitliğinin birleştirebilmesidir [1].



Şekil 1. TB DY-2018'de bulunan merkezi çaprazlı çelik sistem örnekleri



Şekil 2. TB DY-2018'de bulunan dışmerkez çaprazlı çelik sistem örnekleri

Çapraz elemanı dışmerkezli bağlanan çerçevelerde, enerji çapraz elemanlar tarafından sönümlenirken diğer yapı elemanları elastik davranış göstermektedir. Diğer taraftan merkezi çapraz eleman içeren çerçevelerde ise çerçeve elemanları elastik sınır içerisinde sadece normal kuvvet taşımaktadır [2].

1.1. Geçmişte Yapılan Çalışmalar

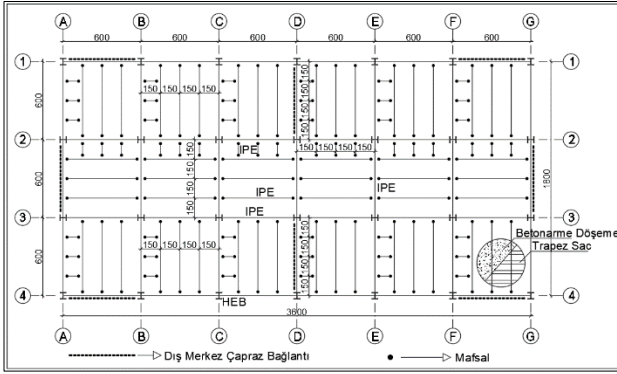
Literatüre bakıldığında çelik çaprazlar ile ilgili analitik ve deneysel birçok araştırma yapılmıştır. Bu bağlamda, Karaböcek v.d. yapay arı kolonisi optimizasyonu kullanarak diyagonal çelik çaprazların (DÇÇ) optimum dağılımlarının bulunması için yeni bir algoritma sunmuştur [2]. Bosco ve Rossi eksantrik olarak desteklenmiş çerçevelerin ve momente karşı dayanıklı çerçevelerin oluşturduğu ikili sistemleri eksantrik desteklerle yapıların sismik davranışını kuvvet tasarımı yaklaşımı ile kapasite tasarım ilkelerine uyarak analitik olarak incelemişlerdir [3]. Çavdar, çalışmasında farklı çapraz elemanlar kullanılarak oluşturulan üç farklı yapının deprem performansını eşdeğer deprem yükü çözüm yöntemi kullanılarak değerlendirmiştir [4]. Turgut, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 kurallarına uygun olarak dışmerkez çelik çaprazlı perdelerden oluşan bir yapı sisteminin tasarımı, aynı yapının bir yönde moment aktaran çerçevelerden oluşması durumunda yapının davranışında oluşacak farklılıklar ve dışmerkez çelik çaprazlı sistemde kullanılan kesitlerin yeterli olup olmadığının araştırmayı amaçlamıştır [5]. Türker ve Lekesiz çalışmalarında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye göre tasarlanan çelik endüstri yapılarında farklı çaprazlı perde alternatiflerinin deprem performanslarını incelemişlerdir [6]. Topkaya ve Kazemzadeh Azad sismik etkiler altında dışmerkez bağlı çaprazların bağ kirişlerini hem deneysel hemde analitik olarak incelemişlerdir [7].

Bu çalışmada ise amaç, moment aktaran bir çelik çerçeve sistemine diyagonal dışmerkezli çapraz elemanların eklenmesi ile oluşan farklılıkların sismik yükler altında kıyaslanmasıdır. Bu yapı sistemleri tasarlanırken başta TBDY-2018 ve ÇYTHYE-2018 yönetmeliklerine esaslarına bağlı kalınmıştır.

2. Materyal ve Metot

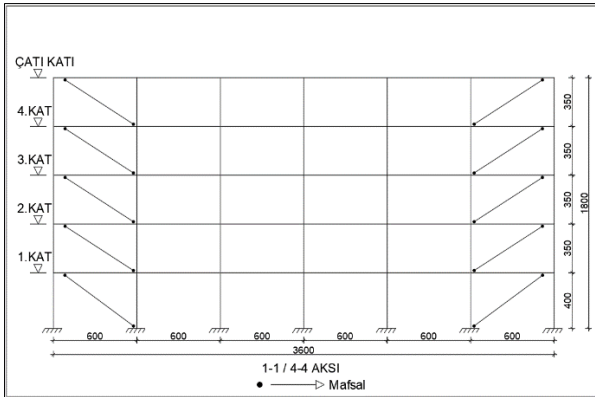
2.1. Yapı Tasarımı

Bu çalışma kapsamında incelenen çelik yapı zemin dahil beş katlı, global X yönünde altı ve global Y yönünde üç açıklığa sahip İstanbul/Tuzla konumunda ofis binası olarak kullanılması planlanan bir yapı olarak tasarlanmıştır. Yapıda burulma düzensizliği gözlenmemesi için kolon ve çaprazların yerleşimlerine özen gösterilmiş ve bu bağlamda yapı simetrik bir düzende tasarlanmıştır. Kolon yerleşimleri kolonların zayıf ve güçlü eksenleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Yapıya ait tipik kat planı Şekil 3'te verilmiştir.

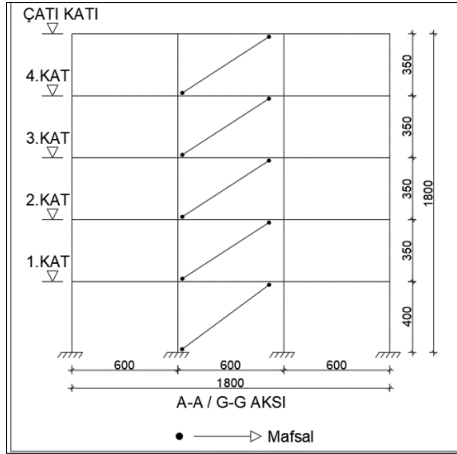


Şekil 3. Tipik kat planı

Moment aktaran çelik çerçeve (Model 1) ve bu yapı modeline dışmerkez diyagonal çaprazlar eklenerek oluşturulan modeller (Model 2) SAP2000 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5'te Model 2'de bulunan çaprazların görüntüsü verilmektedir. Her iki yapı modeline ait mimari özellikler Tablo 1'de sunulmuştur.



Şekil 4. X-Z düzleminde diyagonal çaprazlar



Şekil 5. Y-Z düzleminde diyagonal çaprazlar

Tablo 1.

Model 1 ve Model 2 özellikleri

Özellikler	Model 1	Model 2
Kat Sayısı	5	5
Zemin Kat Kat Yüksekliği (m)	4	4
1./2./3./4. Katlar Kat Yüksekliği (m)	3,5	3,5
X Yönünde Açıklık (m)	6	6
Y Yönünde Açıklık (m)	6	6
X Yönünde Açıklık Sayısı	6	6
Y Yönünde Açıklık Sayısı	3	3
Çerçeve Tipi	MRF*	EBF**
Çapraz Eleman Sayısı	-	40

2.2. Analiz

Oluşturulan modellerde sabit yük olarak kaplama, tesviye, betonarme plak, tesisat, asma tavan gibi ağırlıkların oluşturduğu döşemeye gelen toplam yük $G = 400 \text{ kg/m}^2$, tek ve çift katmanlı iç ve dış duvarların oluşturduğu toplam yük $G = 1620 \text{ kg/m}$ alınmıştır. Yapıya etkiyen hareketli yükler TS498 Tablo 7’de belirtildiği üzere bürolarda 200 kg/m^2 ve büro koridorlarında 500 kg/m^2 olarak alınmıştır [8]. Yapı için seçilen konumda yapıya etki etmesi beklenen kar yükleri TS EN 1991-1-3’te belirtilen esaslar doğrultusunda hesaplanmış ve $S = 60 \text{ kg/m}^2$ olarak yapıya etki ettirilmiştir [9].

Yapıya etki etmesi beklenen rüzgar yükleri SAP2000 yazılımı tarafından otomatik olarak yapı modeline etki ettirilmiştir. Modellerin tasarımı sırasında ÇYTHYE-2018’de önerilen yük ve dayanım katsayıları ile tasarım (YDKT) yöntemi kullanılmıştır.

Her iki yapı modelinde de TBDY-2018’ de belirtilen koşullar sağlandığından deprem analizinde eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Deprem hesaplamalarında kullanılacak olan bazı değerler Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2.

Deprem tasarımı için değerler

Özellikler	Model 1	Model 2
Kat Sayısı	5	5
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD2	DD2
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	ZC
S_{DS}	1,409	1,409
S_{D1}	0,489	0,489
Bina Kullanım Sınıfı	3	3
I (Bina Önem Katsayısı)	1	1
Deprem Tasarım Sınıfı	1	1
Bina Yükseklik Sınıfı	5	5
Performans Hedefi	KH	KH
Tasarım Yaklaşımı	DGT	DGT
R (Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı)	8	8
D (Dayanım Fazlalığı Katsayısı)	3	3
Süneklik Düzeyi	Yüksek	Yüksek

TBDY-2018’e göre Eşdeğer Deprem Yükü binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü Eş.1 ile elde edilir.

$$V_{tE}^X = m_t \times S_{aR} (T_p^{(x)}) \geq 0,04 \times m_t \times I \times S_{DS} \times g \quad (1)$$

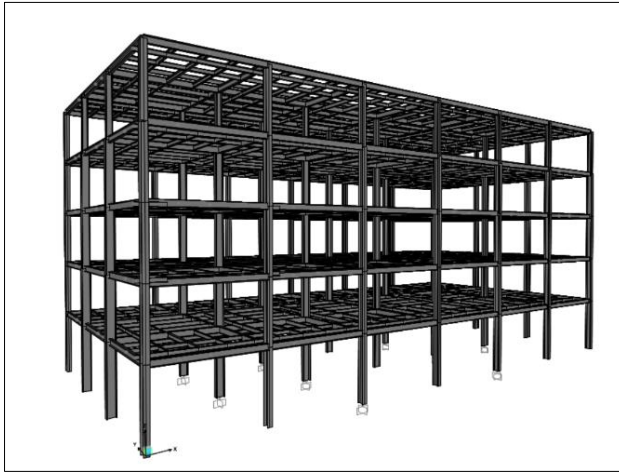
Eş.1’de “ m_t ” binanın ton cinsinden toplam kütesini, “ $S_{aR}(T_p)$ ” azaltılmış tasarım spektral ivmesini, “ S_{DS} ” kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını ve “ g ” ise yerçekimi ivmesini ifade etmektedir.

Model 1 için deprem yükü bulunmadan önce belirtilen yükler altında binaya bir ön boyutlandırma yapılmış ve bu boyutlara bağlı olarak bina ağırlığından deprem yükü hesaplanmıştır. Hesaplanan deprem yüklerine göre modeldeki kesitler güvenle taşıyan optimum kesitler ile değiştirilmiş ve en nihai kesitler Tablo 3'te verilmiş olup Model 1'e ait SAP2000'de hazırlanmış 3D sonlu elemanlar modeli Şekil 6'da verilmektedir.

Tablo 3.

Model 1'de kullanılan kesitler

KOLON	
Dış Çerçeve	HE400B- HE320B
İç Çerçeve	HE500B- HE450B- HE320B
KİRİŞ	
Dış Çerçeve	IPE330
İç Çerçeve	IPE360
TALİ KİRİŞ	
X Yönü	IPE220- IPE270
Y Yönü	IPE240

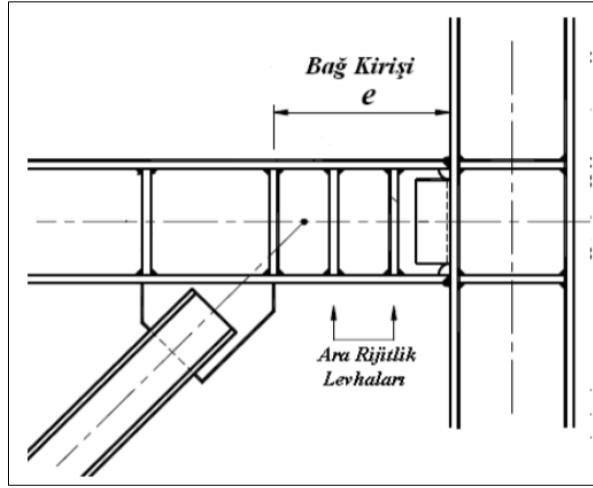


Şekil 6. Model 1 3D sonlu eleman modeli

2.3. TBDY-2018 Uyarınca Bağ Kirişinin Tasarımı

Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve taşıyıcı sistemlerde, çapraz elemanın en az bir ucunun kolon kiriş birleşim noktasından belirli bir uzaklıkta eksantrik bir noktaya bağlanır ve elastik sınır düzeyini aşan deprem gibi yatay yükler altında ilk plastik şekil

değiştirmenin çapraz elemanda değil; elemanın bağlandığı kiriş üzerinde olması amaçlanır. İşte kolon, kiriş ve çapraz elemanlardan önce plastik şekil değiştirmesine izin verilen yapı elemanı literatürde bağ kiriş olarak tanımlanır [10]. TBDY-2018' e göre bağ kiriş boyutlandırılması yapılırken deprem etkisini içeren yük kombinasyonları doğrultusunda hesaplanmalıdır. Şekil 7’de temsili bir dışmerkez çapraz bağlı bir bağ kirişi verilmiştir.



Şekil 7. Dışmerkez çelik çaprazlı taşıyıcı sisteme ait bağ kirişi birleşim detayları

Model 2 oluşturulurken performans açısından kısa bağ kirişi tercih edilmiştir ve bu nedenle yönetmeliklerde tavsiye edilen bağ kirişinin boyu Eş.2’de verilmektedir.

$$1,0 \times \frac{M_p}{V_p} \leq e \leq 1,3 \times \frac{M_p}{V_p} \quad (2)$$

Eşitlikte “e” bağ kirişi boyunu, “ V_p ” bağ kirişinin plastik kesme dayanımını ve “ M_p ” bağ kirişinin plastik eğilme dayanımını ifade etmektedir. V_p ve M_p nin değerleri Eş.3’te verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$V_p = 0,6 \times F_y \times (d - 2tf) \times t_w \quad (3)$$

$$M_p = W_p \times F_y$$

Model 2 tipik kat planında IPE330 kesitlere bağlanan 6 adet, IPE360 kesitlere bağlanan 2 adet dışmerkezli diyagonal çelik çapraz bulunmaktadır. Her kata ait bağ kirişi boyları belirlendikten sonra SAP2000 paket programı kullanılarak Model 2 oluşturulmuştur. Model 2’de kullanılan çaprazlar kesiti boru profillerden seçilmiştir. Yönetmeliklerde tavsiye edildiği üzere bağ kirişlerin orta noktalarında plastik mafsallar tanımlanmış ve analiz edilmiştir.

3. Bulgular

Yapısal analizi tamamlanan Model 1 ve Model 2' nin X ve Y yönlerindeki deplasmanları, deprem etkilerini içeren yük kombinasyonları altındaki maksimum değerleri incelenmiştir. Her iki modelde okunan deplasmanlar kıyaslandığında Model 2'ye eklenen dışmerkez diyagonal çaprazların taşıyıcı sistemin yanal deplasmanına katkısı oldukça fazladır.

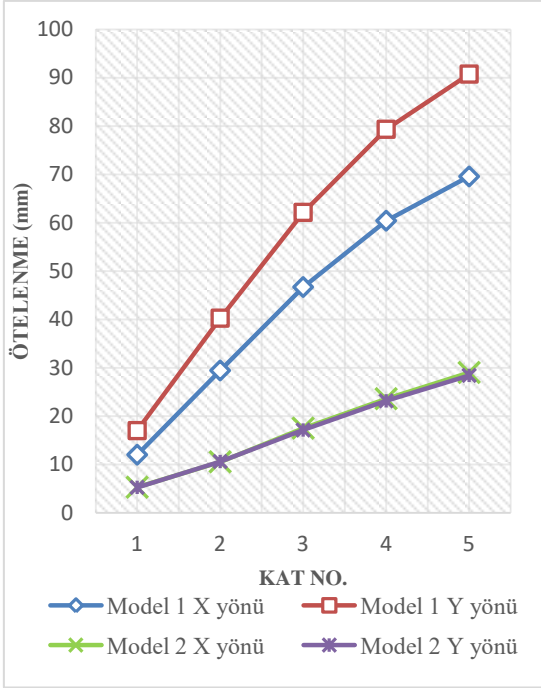
Üst katlarda yatay deplasmanlar kıyaslandığında çaprazların eklenmiş olduğu Model 2'de Model 1'e oranla X yönünde %58,30 ve Y yönünde %72,96 azalma gözlenmiştir.

Model 1 ve Model 2' ye ait hem X hem de Y yönlerine ait yatay deplasmanlar Tablo 4'te ve Şekil 8' de verilmektedir.

Tablo 4.

Model 1 ve Model 2'ye ait katlara göre yatay deplasmanlar (mm) ve değişim oranları

KAT NO	Model 1	Model 1	Model 2	Model 2	X yönü azalma	Y yönü azalma
	X yönü	Y yönü	X yönü	Y yönü	(%)	(%)
1	12	16,99	5,28	5,25	56,00	69,10
2	29,43	40,25	10,53	10,59	64,22	73,69
3	46,69	62,14	17,5	17,11	62,52	72,47
4	60,41	79,33	23,59	23,15	60,95	70,82
5	69,57	90,75	29,02	28,41	58,30	68,69



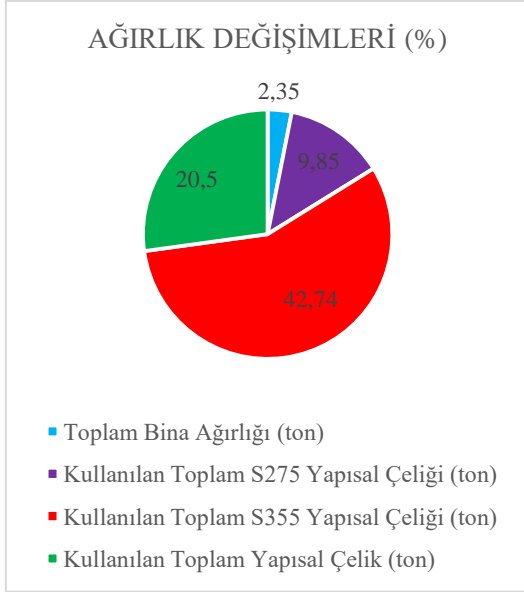
Şekil 8. Model 1 ve Model 2'ye ait katlara göre yatay deplasmanlar

Dışmerkez çaprazların eklenmesi ile Model 2’de kesitler değişmiştir. Değişen bu kesitler yapı ağırlığında azalmalara sebep olmuş, bu nedenle Model 1 ve Model 2 toplam ağırlık ve taşıyıcı sistem elemanları için kullanılan malzeme ağırlığı bakımından kıyaslanmıştır. Değerler Tablo 5’te ve Model 1’den Model 2’ye geçerken gözlenen ağırlık değişimleri ve grafik olarak Şekil 9’da verilmektedir.

Tablo 5.

Model 1 ve Model 2’ye ait ağırlıkların değerleri ve değişimler

AĞIRLIKLAR (TON)	MODEL 1	MODEL 2	DEĞİŞİM (%)
Toplam Bina Ağırlığı (ton)	2167,6	2116,72	%2,35 azalma
Kullanılan Toplam S275 Yapısal Çeliği (ton)	167,82	151,3	%9,85 azalma
Kullanılan Toplam S355 Yapısal Çeliği (ton)	80,4	46,04	%42,74 azalma
Kullanılan Toplam Yapısal Çelik (ton)	248,22	197,34	%20,50 azalma



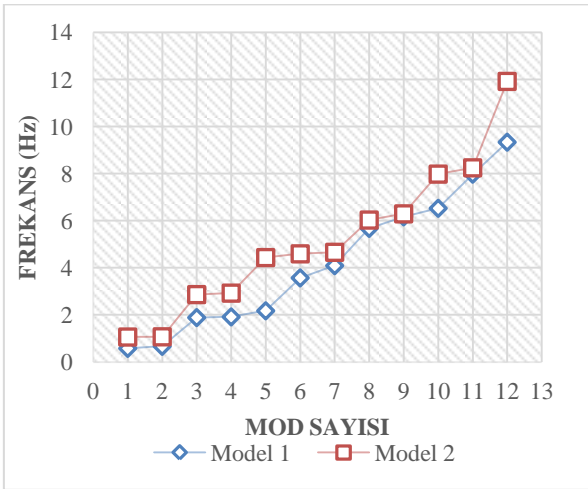
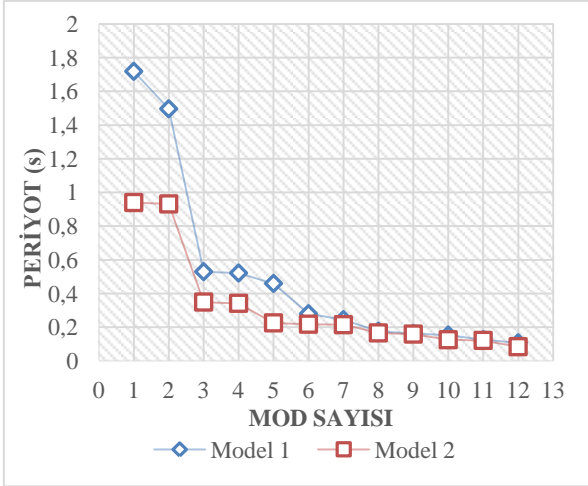
Şekil 9. Ağırlık değişimlerinin yüzdeleri

SAP2000 paket programından alınan en büyük periyot, frekanslar ve bu değerlerin Model 1 ve Model 2'ye göre değişimleri Tablo 6' da verilmiştir. Şekil 10'da ise mod sayılarına göre her iki modelin de periyot ve frekans değerleri verilmektedir.

Tablo 6.

Model 1 ve Model 2'ye periyot, frekans ve yüzdece değişimler

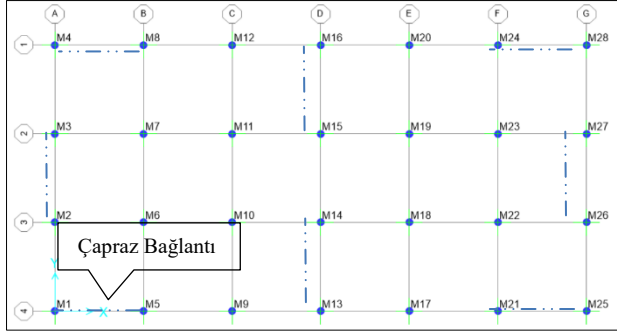
KATEGORİLER	MODEL 1	MODEL 2	DEĞİŞİM (%)
Y Yönü (Mod 1/2) Periyot (s)	1,71873	0,93169	%45,79 azalma
Y Yönü (Mod 1/2) Frekans (Hz)	0,58182	1,07332	%84,48 artış
X Yönü (Mod 1/2) Periyot (s)	1,4962	0,9399	%37,18 azalma
X Yönü (Mod 1/2) Frekans (Hz)	0,66836	1,06395	%59,19 artış



Şekil 10. Model 1 ve Model 2'ye ait modlara göre periyot ve frekans değerleri

Şekil 10'da verilen periyot ve frekans değerleri incelendiğinde Model 2'de gözlenen salınım periyot değeri Model 1'e göre daha düşük ve yapı frekansının ise daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Çapraz bağlantı elemanları bağlandığı mesnet noktalarında, mesnetlerde oluşan kesme kuvvetlerinin değişimine sebep olmaktadır. Şekil 11'da dışmerkez diyagonal çapraz elemanının bağlı olduğu mesnet noktaları ve Tablo 7'de de bu mesnetlerde gözlenen kesme kuvvetlerinin değerleri Model 1 ve Model 2 için ayrı ayrı verilmektedir.



Şekil 11. Mesnetlerin isimleri ve yerleşimi

Tablo 7.

Çaprazların bağlandığı mesnetlerde oluşan X ve Y yönüne ait kesme kuvvetleri

Mesnet Adı	Model 1		Model 2	
	Yükleme Durumu	Kuvvet (kN)	Yükleme Durumu	Kuvvet (kN)
M1	Ex	-82,43	Ex	-674,46
M2	Ex	-149,94	Ex	-49,74
M3	Ex	-149,94	Ex	-47,81
M4	Ex	-82,43	Ex	-673,28
M5	Ex	9,53	Ex	641,41
M8	Ex	9,53	Ex	640,07
M13	Ex	0	Ex	0
M14	Ex	0	Ex	0
M15	Ex	0	Ex	0
M16	Ex	0	Ex	0
M21	Ex	-9,53	Ex	-641,41
M24	Ex	-9,53	Ex	-640,07
M25	Ex	82,43	Ex	674,46
M26	Ex	149,94	Ex	49,74
M27	Ex	149,94	Ex	47,81
M1	Ey	-121,58	Ey	-18,22
M2	Ey	26,43	Ey	-675,74
M3	Ey	-26,43	Ey	648,02
M4	Ey	121,58	Ey	43,77

M5	Ey	-153,61	Ey	-30,68
M8	Ey	153,61	Ey	36,69
M13	Ey	-153,91	Ey	-723,8
M14	Ey	42	Ey	684,43
M15	Ey	-42	Ey	-684,56
M16	Ey	153,91	Ey	723,75
M21	Ey	-153,61	Ey	-30,68
M24	Ey	153,61	Ey	36,69
M25	Ey	-121,58	Ey	-18,22
M26	Ey	26,43	Ey	-675,74
M27	Ey	-26,43	Ey	648,02

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada Model 1 ve Model 2'nin kıyaslanması ile elde edilen veriler göz önüne alındığında aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır;

- Yapılan bu çalışmada çelik yapı sisteminde dışmerkez diyagonal çapraz kullanılması ile yapıda oluşan ötelenmelerde her iki yönde de gözle görünür farklar meydana getirmiştir. X yönünde %58,30 ve Y yönünde %72,96 azalma gözlenmiştir. Bu önemli azalma yapının yatay yükler altında daha rijit bir davranış sergilediğinin kanıtıdır. Çapraz elemanlar kullanılarak yapılar daha rijit ve daha dayanıklı tasarlanabilir.
- Yapıya dışmerkezli diyagonal çapraz eklendiğinde yapıdaki basınç ve çekme yüklerini çapraz elemanlar taşıdığından yapıdaki kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanlar daha az yük taşımaktadır. Bu sayede taşıyıcı elemanlar taşıma kapasitesi daha düşük kesitler kullanılarak tasarlanabilir. Daha hafif kesitler yapı ağırlığını düşürdüğünden yapıya etkiyen sismik yükler doğru orantılı bir şekilde azalır. Daha küçük kesitlerin kullanımı daha ekonomik bir tasarıma yön vermektedir.

- Çelik yapılarda çapraz elemanlar kullanılarak analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere yapının periyotlarında azalma elde edilir. Yapının rijitliği ne kadar fazla ise yapı salınımı o kadar azalır ki bu da yapı periyotlarında azalmaya neden olur. Dışmerkezli diyagonal çaprazların yapıya eklenmesi ile yapı periyotlarında Tablo 6'da verildiği üzere X yönünde %37,18 azalma ve Y yönünde %45,79 azalma gözlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan çaprazların en kesitleri, çaprazların konumu, bağlantı şekilleri ve yapı geometrisi daha düzensiz olacak şekilde değiştirilerek çalışma kapsamının geliştirilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- [1] Ay Z, Çelik İ, Kıymılı N. Çaprazlı çelik çerçevelerin sismik performansı üzerine bazı değerlendirmeler. Erciyes Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2010; 26: 7-17.
- [2] Karaböcek T, Sönmez M, Aydın E, Çelik T, Bölükbaş Y. Çelik yapılarda kullanılan diyagonal çelik çaprazların yapay arı koloni algoritması ile optimizasyonu. Uludağ Üni. Mühendislik Fakültesi Dergisi 2018; 23: 51-64.
- [3] Bosco M, Rossi P. A design procedure for dual eccentrically braced systems: Analytical formulation. Journal of Constructional Steel Research 2013; 80: 440-452.
- [4] Çavdar Ö. Farklı çapraz elemanlı çelik yapıların dinamik davranışının incelenmesi. 7. Çelik Yapılar Sempozyumu; 27-29 Ekim 2017; Gaziantep, Türkiye.
- [5] Turgut C. Dış Merkez Çelik Çapraz Perdeli Bir Yapının DBYBHY 2007 Kurallarına Göre Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2009.
- [6] Türker K, Lekesiz İ. Tipik bir çelik endüstri yapısında çaprazlı perde tipinin deprem performansına etkisi. Dokuz Eylül Uni. Faculty of Engineering Journal of Science and Engineering 2017; 19: 821-834.
- [7] Topkaya C, Azad K. A review of research on steel eccentrically braced frames. Journal of Constructional Steel Research 2016; 128: 53-73.
- [8] Türk Standartları Enstitüsü. TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Ankara, Türkiye, 1997.

- [9] Türk Standartları Enstitüsü. TS 1991 – 1 – 3, Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-3: Genel Etkiler-Kar Yükleri. Ankara, Türkiye, 2007.
- [10] TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara, Türkiye, 2018.
- [11] ÇYTHYE-2018, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar. Anklara, Türkiye, 2018.
- [12] AISC 360-16, Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, USA, 2005.
- [13] SAP2000, Linear and nonlinear static and dynamic analysis of three-dimensional structures, Advanced Version 20.0, Computer and Structures
- [14] Ay Z, Çelik İ. Dışmerkez Çelik Çapraz Perde Bir Sistemde Bağ Kirişi Boyunun 2007 Türk Deprem Yönetmeliği Açısından İncelenmesi. İMO Teknik Dergi 2012; 23: 5827 - 5843
- [15] Akgönen A. Yüksek Sünek Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Yatay Yükler Altında Davranışının İncelenmesi. KSU Müh. Bilimleri Dergisi 2017; 20(3): 16-23.
- [16] Korkmaz A, Ay Z, Çelik D. Investigation of Inelastic Behaviour Concentric and Eccentric Braced Steel Building Type Structures. Eurosteel; 3-5 Eylül 2008; Graz, Austria.
- [17] Alıçioğlu B. Merkezi Çelik Çaprazlı Yapılarda Uygun Çapraz Kesiti ve Geometrisinin ve Çapraz Türünün Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2011.
- [18] İnce G, Ay Z, Yılmaz Ç. Dışmerkez Ters V Çaprazlı Çerçevelerin Burulmalı Davranışları. İMO Teknik Dergi 2013; 24 (2): 6333-6350
- [19] Celep D. Çelik Bir Yapıda Deprem Yüklerinin Çelik Çaprazlar veya Betonarme Perdelerle Taşınması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [20] Doğru S, Akşar B, Akbaş B, Shen J, Doran B. Çelik Çaprazlı Çerçevelerde Farklı Performans Seviyeleri İçin Sismik Enerji İstemleri, 6. Çelik Yapılar Sempozyumu; 15-17 Ekim 2015; Eskişehir, Türkiye.

- [21] Akşar B, Doğru S, Akbaş B, Shen J, Doran B. Merkezi Çaprazlı Çerçevelerde Arttırılmış Deprem Etkileri, 6. Çelik Yapılar Sempozyumu; 15-17 Ekim 2015; Eskişehir, Türkiye.
- [22] Korkmaz A, Ay Z, Uysal Ö. Çelik Yapıların Güçlendirilmesinin Doğrusal Olmayan Analizlerle Değerlendirilmesi. Erciyes Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2008; 24: 216-226.
- [23] Yaman Z, Ağacakoca E. Dairesel Kesite Sahip Merkezi Çelik Çaprazların Performans Analizi. Sakarya Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2018; 22(2): 340-349.
- [24] Akbaş B. Endüstriyel Çelik Yapıların Sismik Detaylandırılması, 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı; 11-14 Ekim 2011; Ankara, Türkiye.
- [25] Ghobarah, A. Performance-based design in earthquake engineering: state of development. Engineering Structures 2001; 23: 878-884.