

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/356108511>

Merkezi Çelik Çaprazların Bir Çelik Yapı Üzerinde İncelenmesi / Examination of Concentrically Steel Braces on a Steel Structure

Conference Paper · November 2021

CITATIONS

0

READS

27

2 authors:



[Sadrettin Sancioğlu](#)

Karatay Univeristy

11 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Serdar Carbas](#)

Karamanoglu Mehmetbey Üniversitesi

94 PUBLICATIONS 817 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Optimal design of civil engineering structures by aid of contemporary metaheuristic algorithms [View project](#)

Merkezi Çelik Çaprazların Bir Çelik Yapı Üzerinde İncelenmesi

Sadrettin Sancioğlu^{1*} ve Serdar Çarbaş^{1,2}

¹*İnşaat Mühendisliği Bölümü / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, KTO Karatay Üniversitesi, Türkiye*
ORCID ID 0000-0002-6095-2164

²*İnşaat Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Türkiye*
ORCID ID 0000-0002-3612-0640

**(sadrettin.sancioğlu@karatay.edu.tr)*

Özet – Çelik yapılarda moment aktaran çerçeve sistemleri ve merkezi çaprazlı çerçeve sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapının düşey ve yatay yükler altında göstereceği yapısal davranışa göre yapısal elemanlar yönetmelikler uyarınca belirlenir. Bu çalışmada, 54x22 metre taban ölçülerine sahip, geniş açıklıklı, simetrik 5 katlı bir çelik çerçeve yapı, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar-2018'e (ÇYTHYE-2018) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY-2018) göre incelenmiştir. İncelenen yapıdaki kolon ve kirişler, SAP2000 yazılımı kullanılarak boyutlandırılmıştır. Tasarım kar ve rüzgâr yükleri TS EN 1991-1-3 ve TS EN 1991-1-4 standartlarına göre etki ettirilmiştir. Boyutlandırılması yapılan moment aktaran çerçeve sisteme sahip referans yapıya, farklı tiplerdeki merkezi çaprazlar, yapı sistemine uygun olarak simetrik şekilde yerleştirilmiştir. Çaprazların yapıya etki eden yükler altındaki davranışlarına bağlı olarak yapıda kullanılan çelik malzeme miktarının değişimi ve yapının ötelenme durumu incelenmiştir. Ayrıca, moment aktaran çerçeve sistemlerin ve merkezi çaprazlı çerçeve sistemlerin ötelenmesine uygun olarak statik itme analizleri yapılmış ve yapısal performans düzeyleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Çelik yapılar, Merkezi çelik çapraz, Deprem etkisi, Statik İtme Analizi, TBDY-2018, ÇYTHYE-2018

Examination of Concentrically Steel Braces on a Steel Structure

Abstract – Moment-resisting frame systems and concentrically braced frame systems are widely used in steel structures. The sizes of the structural elements are determined in accordance with the practice code of specifications in terms of the structural behavior of the structure under vertical and horizontal loads. In this study, a five story, wide-span with a 54x22 meter base area and symmetrical steel structure is examined by satisfying the regulations of both Design, Calculation and Constructional Principles of Steel Structures-2018 (DCCPSS-2018) and Turkey Building Earthquake Code-2018 (TBEC-2018). The columns and beams in the investigated structure are sized using SAP2000 software. In the design, snow and wind loads are implemented based on TS EN 1991-1-3 and TS 1991-1-4 standards. Different types of concentrically braces are located symmetrically in the reference structure owning a moment-resisting frame system. Depending on the behavior of the braces under loads affecting the structure, the change in the amount of steel used in the structure and the drifts of the structure are examined. In addition, static pushover analysis is carried out in accordance with the sidesways of moment-resisting frame systems and concentrically braced frame systems, and the structural performances are compared with each other.

Keywords – Steel structures, Concentrically steel brace, Earthquake effect, Pushover analysis, TBEC-2018, DCCPSS-2018

I. GİRİŞ

Çelik taşıyıcı yapılar da moment aktaran çerçeve sistemleri, merkezi çelik çaprazlı çerçeve sistemleri ve dışmerkezi çelik çaprazlı çerçeve sistemleri kullanılmaktadır [1]. Bu tür yapılarda, yapıya etki eden yatay yüklerin karşılanmasında ve yanal rijitliğin sağlanmasında en önemli yapı bileşeni çelik çaprazlardır [2]. Merkezi çelik çaprazlı sistemlerin yatay yüklerin karşılanmasında, moment aktaran çelik çelik çerçeveli sistemlere göre daha avantajlı olduğu daha önceki yapılan çalışmalarda gösterilmiştir [3],[4],[5]–[6]. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Bozkurt ve Serin (2021) yaptıkları çalışmada, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 ve ülkemizde yürürlükte olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018’i (TBDY-2018) esas alarak farklı kat sayılarında farklı merkezi çaprazlara sahip altı adet çelik çerçeveli yapının dinamik performanslarını incelemiştir [7].

Bozkurt ve Özbek (2021) yaptıkları çalışmada, ülkemizde yürürlükte olan Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar-2018 (ÇYTHYE-2018) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018’i esas alarak merkezi çelik çaprazlı çerçevelerin dinamik performanslarını incelemiştir. Çalışmada değişken parametre olarak; üç farklı merkezi çelik çapraz tipi, farklı kat sayıları, farklı açıklıklar ve farklı çapraz yerleşimleri seçilmek üzere toplam 18 adet yapı araştırılmıştır [8].

Bu çalışmada, Elazığ/Sivrice bölgesinde işyeri olarak varsayılan çok açıklıklı ve 5 katlı bir çelik

çerçeveli simetrik yapı incelenmiştir. Moment aktaran çelik çerçeveli sistem, X merkezi çaprazlı sistem, V merkezi çaprazlı sistem, ters V merkezi çaprazlı sistem ve diyagonal merkezi çaprazlı sistemler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda farklı tiplerdeki merkezi çaprazların yatay yükler altında yapının davranışına etkisi, kullanılacak yapısal çelik malzeme miktarına etkisi, taban kesme kuvveti ve tepe noktası ötelenmesine etkisi araştırılmıştır. İncelenen tüm yapı modellerine statik itme analizi yapılarak, performans hedefleri kontrol edilmiştir.

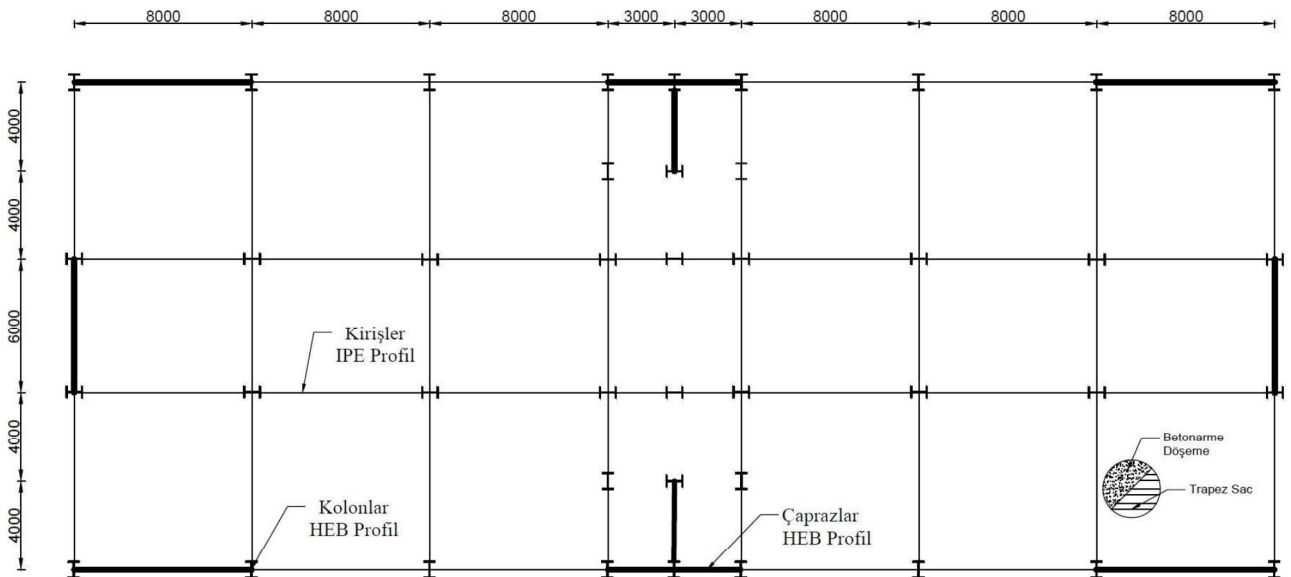
II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Çelik Yapı Tasarımı

Bu çalışmada, taban alanı 54x22 m, x- ekseninde her biri 8 m olan yedi açıklıklı ve y- ekseninde üç açıklıklı (8-6-8 m) olan simetrik 5 katlı bir çelik çerçeveli yapı incelenmiştir. İlk kat 4 m, diğer katlar 3,5 m olarak tasarlanmıştır. Yapı, ZC yerel zemin sınıfına sahip olup, konumu Elazığ/Sivrice bölgesi içinde işyeri olarak yapılacağı varsayılmıştır. Yapı ile ilgili özet bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yapı Özellikleri

	Model Numarası				
	1	2	3	4	5
Çapraz tipi	-	X	V	Ters V	Diyagonal
Kat Adedi	5	5	5	5	5
Zemin kat yüksekliği (m)	4	4	4	4	4
Normal kat Yükseliği (m)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5



Şekil 1. Çelik Çerçeve Yapının Plan Görünüşü (Tüm ölçüler mm cinsindedir.)

Yapının kat döşemeleri trapez sac levhalar üzerinde betonarme döşeme sisteminden oluşturulmuştur. Böylece döşemeler kendi düzlemleri içerisinde rijit bir diyafram oluşturmaktadır. Tali kirişler, x- ekseninde sürekli yerleştirilerek ana kirişlere mafsallı bağlanırken; y- ekseninde parçalı olarak yerleştirilmiş ve orta noktalarda tali kirişlere, uç noktalarda ise ana kirişlere mafsallı olarak bağlanmıştır. İncelenen çelik çerçeve yapının plan görünüşü Şekil 1’de verilmiştir.

B. Yük Analizi

Yapıya etki eden sabit ve hareketli yüklerin analizi çatı ve normal katlar olarak ikiye ayrılmıştır. Çatı katı ölü yüklerinde kaplama, izolasyon, döşeme, tesisat vb. etkiler göz önünde bulundurulurken, kolon ve kirişlerin öz yükleri kullanılan kesitlere göre değişiklik göstereceğinden dahil edilmemiştir. Kolon ve kirişlerin öz yükleri kullanılacak yapısal analiz programı olan SAP2000’de direkt dahil edilecektir [9]. Normal kat ölü yüklerinin belirlenmesinde kaplama, döşeme, tesisat, bölme duvarları vb. etkiler dikkate alınmıştır. Çatı kar yükü bölgesi, TS EN 1991-1-3 Çizelge MA.2’de göre Elazığ/Sivrice için “III” olarak belirtilmiştir. Elazığ/Sivrice’nin rakımı 1266 m olduğundan, TS EN 1991-1-3 Çizelge MA.1’de verilen çizelgede belirtilen kar yükü değeri %10 artırılarak etkilmiştir [10]. Ölü yükler, hareketli yükler ve kar yükleri plan üzerinde alansal olarak yerçekimi doğrultusunda etkilmiştir. Rüzgâr yükleri için SAP2000 programında, TS EN 1991-1-4 standardı seçilmiştir. Elazığ/Sivrice için arazi kategorisi, orografi katsayısı, türbülans katsayısı, yapısal katsayı ve hava yoğunluğu bilgileri ilgili standarda (TS EN 1991-1-4) uygun şekilde girilmiştir. Standarda göre rüzgâr hızı yüksekliğe bağlı değişkenlik gösterir (0-8 m için 28 m/s; 9-20 m için 36 m/s). Ancak bu çalışma için bu değişkenlik dikkate alınmamış ve en gayri müsait durum düşünülerek program içerisinde rüzgâr hızı 36 m/s girilmiştir. Rüzgâr yükleri, program içerisinde kat döşemelerinde oluşturulan rijit diyaframlar üzerinden her iki ekseninde de etkilmiştir [11]. Analizde kullanılan yükler Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Düşey Yükler

Çatı Döşemesi (kN/m ²)	
G (ölü yük)	4
Q _r (çatı hareketli yük)	2
S (kar yükü) (%10 arttırılmış)	1,485
Normal Kat Döşemesi (kN/m ²)	
G (ölü yük)	4
Q (hareketli yük)	2

Çalışmada yatay ve düşey deprem etkisi dikkate alınmıştır. Buna göre yatay deprem yükleri program içerisinde kat döşemelerinde oluşturulan rijit diyaframlar üzerinden her iki ekseninde de etkilmiştir. Deprem parametreleri, Elazığ/Sivrice için AFAD-Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından alınmıştır [12]. Alınan bilgiler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Deprem Parametreleri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi		Yerel Zemin Sınıfı		
DD-2		ZC		
S _s	S ₁	PGA [g]	PGV [cm/sn]	
1,616	0,422	0,670	53,036	
T _A (sn)	T _B (sn)	T _L (sn)	S _{ds}	S _{d1}
0,065	0,326	6	1,939	0,633

Düşey deprem etkisi TBDY-2018 4.4.3.2’ye uygun olarak TBDY-2018 Denklem 4.10’da verilen formülle yaklaşık hesaplanmıştır (Denklem 1). Hesaplanan değer, ölü yük (G) içerisine katılmıştır [13].

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3)S_{DS}G \quad (1)$$

C. Yük Kombinasyonları

Analizlerde kullanılacak kombinasyonlar ÇYTHYE-2018 Bölüm 5.3.1 ve TBDY-2018 Bölüm 4.4.4’e göre belirlenmiş ve aşağıda sırasıyla verilmiştir [14]. Düşey deprem etkisi yukarıda yaklaşık olarak hesaplanıp ölü yük (G) içerisine dahil edilmiştir. Analizde kullanılacak kombinasyonlar, ÇYTHYE-2018 5.3.1-Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) ve TBDY-2018 Denklem 4.11’e göre belirlenmiştir. Tüm yük kombinasyonlarında G, Q, Q_r, S, rüzgar (W) ve deprem (E) yükleri kullanılmıştır. W yükleri hem x hem de y ekseninde dikkate alınırken, E yükleri ise x, y ve z (düşey deprem) eksenlerinde

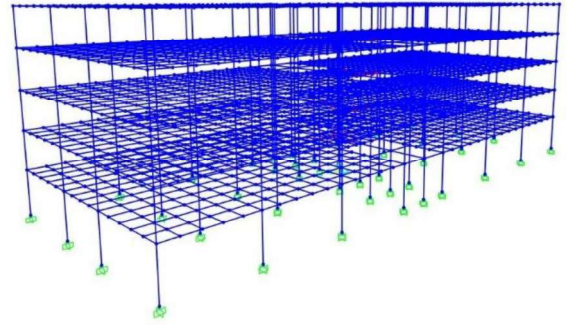
dikkate alınmıştır. Ayrıca TBDY-2018 4.4.4.2 (a)'ya göre TBDY-2018 Denklem 4.11'deki G yerine 1.2G kullanılacaktır.

- K1 : 1.4G
 K2 : 1.2G+1.6Q+0.5Q_r
 K3 : 1.2G+1.6Q+0.5S
 K4 : 1.2G+1.6Q_r+1.0Q
 K5 : 1.2G+1.6Q_r+0.8W_x
 K6 : 1.2G+1.6Q_r+0.8W_y
 K7 : 1.2G+1.6S+1.0Q
 K8 : 1.2G+1.6S+0.8W_x
 K9 : 1.2G+1.6S+0.8W_y
 K10 : 1.2G+1.0Q+0.5Q_r+1.6W_x
 K11 : 1.2G+1.0Q+0.5S+1.6W_x
 K12 : 1.2G+1.0Q+0.5Q_r+1.6W_y
 K13 : 1.2G+1.0Q+0.5S+1.6W_y
 K14 : 1.2G+1.0Q+0.2S+1.0E_x
 K15 : 1.2G+1.0Q+0.2S+1.0E_y
 K16 : 0.9G+1.6W_x
 K17 : 0.9G+1.6W_y
 K18 : 0.9G+1.0E_x
 K19 : 0.9G+1.0E_y [14]
 K20 : 1.2G+1.0Q+0.2S+1.0E_x+0.3E_y
 K21 : 1.2G+1.0Q+0.2S+0.3E_x+1.0E_y [13]

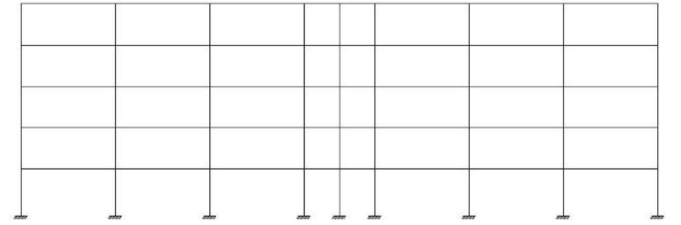
D. Yapısal Analiz

Çalışmada incelenecek yapının analizleri SAP2000 programında yapılmıştır (Şekil 2). Yapıdaki kolon, kiriş, tali kiriş ve çaprazların malzeme kalitesi S275 olarak belirlenmiştir. Kolon ve çapraz kesitleri HEB profillerden seçilirken, kirişler ve tali kirişler IPE profillerden seçilmiştir. Ölü, hareketli ve kar yükleri döşemelere tanımlanan alanlar üzerine alansal yük olarak atanmıştır. Rüzgar ve deprem yükleri ise ilgili yönetmelik ve standartlarda belirtilen değerlerin program içerisine girilerek otomatik yükleme yapılmıştır. Yapının işyeri olarak kullanılacağı varsayılarak TBDY-2018 Tablo 3.1'de belirtilen bilgilere istinaden bina önem katsayısı, I= 1.0 ve bina kullanım sınıfı, BKS=3 olarak tanımlanmıştır. Çerçeve tipi Ordinary Concentrically Braced Frame (OCBF) ve tasarım koşulu Load and Resistance Factor Design (LRFD) seçilmiştir. Program içerisinde Sismik Tasarım Kategorisi ASCE 7-05 Bölüm 11.6'da belirtilen koşullara göre D seçilmiştir [15]. Yapıda deprem etkileri moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ve süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı çelik çerçeveler (merdiven ve asansör) tarafından birlikte karşılanmaktadır.

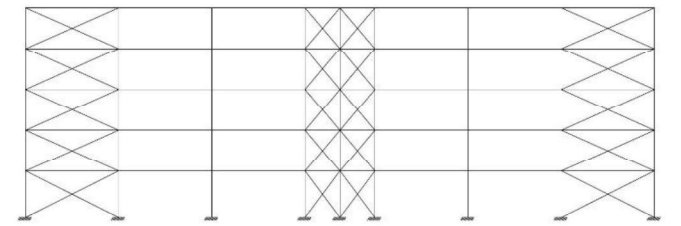
Bundan dolayı TBDY-2018 Tablo 4.1 C15'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı R=6 ve dayanım fazlalığı katsayısı D=2,5 olarak belirlenmiştir (BYS≥2). TBDY-2018 Tablo 3.2'ye göre deprem tasarım sınıfı, DTS=1 olarak tanımlanmıştır. TBDY-2018 Tablo 3.3'e göre DTS=1 ve H_N=18 için bina yükseklik sınıfı, BYS=5'tir. İncelenecek yapının bina performans hedefi TBDY-2018 Tablo 3.4(a)'ya göre BYS≥2, DD-2 ve DTS=1 için normal performans hedefi Kontrollü Hasar (KH) olarak belirlenmiştir. İncelenen modeller Şekil 3'te verilmiştir.



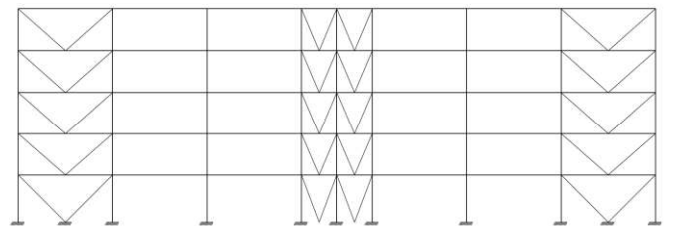
Şekil 2. Model Görünüşü



(a) Referans Model

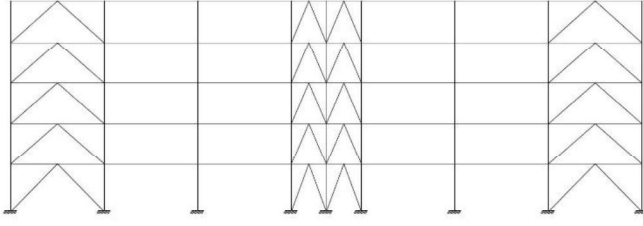


(b) X merkezi çaprazlı model

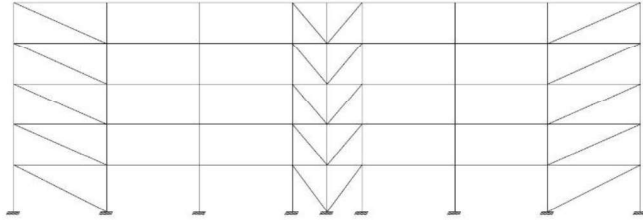


(c) V merkezi çaprazlı model

(d)



(e) Ters V merkezi çaprazlı model

(e) Diyagonal merkezi çaprazlı model
Şekil 3. İncelenen Yapı Modelleri

Yapısal analizler sonucunda yönetmeliklere uygun şekilde kolon, kiriş, tali kiriş ve çaprazlar için minimum kesitler belirlenmiştir. Kesitler, önceki bölümde açıklanan kombinasyonlardan en gayri müsait kombinasyona göre belirlenmiştir. Aynı zamanda kesitler belirlenirken, yapısal elemanlar kat bazında aynı kesit özelliklerine sahip olmasına dikkat edilmiştir. Birleşim elemanlarının ağırlıkları dikkate alınmamıştır. Yapıda kullanılan kesitler ve kat ağırlıkları Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3. Yapıda Kullanılan Kesitler ve Ağırlıkları

Modeller	Kat	h (m)	Kolon Kesiti	Kiriş Kesiti	Tali Kiriş Kesiti	Çapraz Kesiti	Ağırlık (kN)
1. Model	1	4	HEB450	IPE500	IPE270	-	1050
	2	3,5	HEB400	IPE500	IPE270	-	992
	3	3,5	HEB400	IPE450	IPE270	-	936
	4	3,5	HEB300	IPE450	IPE270	-	881
	5	3,5	HEB280	IPE500	IPE270	-	917
2. Model	1	4	HEB500	IPE500	IPE270	HEB200	1159
	2	3,5	HEB320	IPE500	IPE270	HEB200	1032
	3	3,5	HEB260	IPE500	IPE270	HEB200	983
	4	3,5	HEB200	IPE500	IPE270	HEB200	992
	5	3,5	HEB160	IPE500	IPE270	HEB180	908
3. Model	1	4	HEB500	IPE450	IPE270	HEB180	1080
	2	3,5	HEB340	IPE450	IPE270	HEB200	966
	3	3,5	HEB260	IPE450	IPE270	HEB200	906
	4	3,5	HEB200	IPE500	IPE270	HEB200	934
	5	3,5	HEB160	IPE500	IPE270	HEB200	880
4. Model	1	4	HEB500	IPE450	IPE270	HEB220	1103
	2	3,5	HEB300	IPE450	IPE270	HEB200	941
	3	3,5	HEB240	IPE450	IPE270	HEB200	892
	4	3,5	HEB200	IPE500	IPE270	HEB200	934
	5	3,5	HEB160	IPE500	IPE270	HEB200	890
5. Model	1	4	HEB550	IPE450	IPE270	HEB220	1096
	2	3,5	HEB360	IPE450	IPE270	HEB220	972
	3	3,5	HEB280	IPE450	IPE270	HEB220	916
	4	3,5	HEB200	IPE500	IPE270	HEB200	904
	5	3,5	HEB160	IPE500	IPE270	HEB180	869

TBDY-2018'e göre etkin görel kat ötelemeleri kontrol edilmiş ve belirtilen sınırlar içerisinde kalmıştır. TBDY-2018 Bölüm 4.9.1'e göre azaltılmış görel kat ötelemeleri ve etkin görel kat ötelemeleri her iki eksen için hesaplanmıştır. Hesaplanan etkin görel kat ötelemeleri, λ , katsayısı ile çarpılarak kontrol edilmiştir. λ katsayısı DD-3 için hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin DD-2 için hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. λ katsayısı her iki yön için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler TBDY-2018 Denklem 4.34b'ye göre kontrol edilmiştir.

TBDY-2018 Denklem 4.34b Denklem 2’de verilmiştir.

$$\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i} \leq 0,0016\kappa \quad (2)$$

κ katsayısı çelik binalar için 0,5 olarak belirlenmiştir. Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü -x ve -y yönü için sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 4. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (-x yönü)

Modeller	Kat	h (m)	$u_i^{(x)}$ (m)	$\Delta_i^{(x)}$ (m)	$\delta_i^{(x)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(x)}$	$\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i}$
1. Model	1	4	0,0082	0,0082	0,0492	0,00384719
	2	3,5	0,0185	0,0103	0,0618	0,0055228
	3	3,5	0,0286	0,0101	0,0606	0,00541556
	4	3,5	0,0395	0,0109	0,0654	0,00584452
	5	3,5	0,0464	0,0069	0,0414	0,00369974
2. Model	1	4	0,0027	0,0027	0,0162	0,0012668
	2	3,5	0,0061	0,0034	0,0204	0,00182312
	3	3,5	0,01	0,0039	0,0234	0,00209122
	4	3,5	0,0141	0,0041	0,0246	0,00219847
	5	3,5	0,0181	0,004	0,024	0,00214485
3. Model	1	4	0,0037	0,0037	0,0222	0,00173382
	2	3,5	0,008	0,0043	0,0258	0,00230283
	3	3,5	0,0127	0,0047	0,0282	0,00251705
	4	3,5	0,0176	0,0049	0,0294	0,00262416
	5	3,5	0,022	0,0044	0,0264	0,00235639
4. Model	1	4	0,0029	0,0029	0,0174	0,00136064
	2	3,5	0,0065	0,0036	0,0216	0,00193036
	3	3,5	0,0106	0,0041	0,0246	0,00219847
	4	3,5	0,0144	0,0038	0,0228	0,0020376
	5	3,5	0,0177	0,0033	0,0198	0,0017695
5. Model	1	4	0,0035	0,0035	0,021	0,00164218
	2	3,5	0,0079	0,0044	0,0264	0,00235938
	3	3,5	0,0127	0,0048	0,0288	0,00257387
	4	3,5	0,0178	0,0051	0,0306	0,00273474
	5	3,5	0,0224	0,0046	0,0276	0,00246663

Tablo 5. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (-y yönü)

Modeller	Kat	h (m)	$u_i^{(x)}$ (m)	$\Delta_i^{(x)}$ (m)	$\delta_i^{(x)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(x)}$	$\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i}$
1. Model	1	4	0,0117	0,0117	0,0702	0,005489289
	2	3,5	0,0266	0,0149	0,0894	0,007989295
	3	3,5	0,0409	0,0143	0,0858	0,007667578
	4	3,5	0,0548	0,0139	0,0834	0,007453101
	5	3,5	0,0637	0,0089	0,0534	0,004772129
2. Model	1	4	0,004	0,004	0,024	0,00187674
	2	3,5	0,0093	0,0053	0,0318	0,002841921
	3	3,5	0,0157	0,0064	0,0384	0,003431753
	4	3,5	0,0228	0,0071	0,0426	0,003807101
	5	3,5	0,0298	0,007	0,042	0,00375348
3. Model	1	4	0,0055	0,0055	0,033	0,0025773
	2	3,5	0,0122	0,0067	0,0402	0,003588137
	3	3,5	0,0198	0,0076	0,0456	0,004070126
	4	3,5	0,028	0,0082	0,0492	0,004391451
	5	3,5	0,0357	0,0077	0,0462	0,00412368
4. Model	1	4	0,0042	0,0042	0,0252	0,001970577
	2	3,5	0,01	0,0058	0,0348	0,003110026
	3	3,5	0,0167	0,0067	0,0402	0,003592617
	4	3,5	0,0235	0,0068	0,0408	0,003646238
	5	3,5	0,0295	0,006	0,036	0,003217269
5. Model	1	4	0,0047	0,0047	0,0282	0,002205219
	2	3,5	0,011	0,0063	0,0378	0,003378208
	3	3,5	0,0178	0,0068	0,0408	0,003646319
	4	3,5	0,0254	0,0076	0,0456	0,004075298
	5	3,5	0,0325	0,0071	0,0426	0,003807186

E. Statik İtme Analizi

TBDY-2018’e göre yapıların deprem yükleri etkisi altında davranışı doğrusal ve doğrusal olmayan yapısal analizlerle incelenmektedir. Deprem etkisi altında yapının performans hedefinin tespiti için yapılan statik itme analizi, elemanların

elastik ötesi davranışlarını inceleyen bir sayısal yöntemdir. Bu çalışmada doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden statik itme analizi seçilmiştir. Yapısal analiz sonuçlarından belirlenen kolon, kiriş ve çapraz kesitlerinin her iki uç kısmına plastik mafsalları tanımlanmıştır. Analizde ikinci mertebeye etkileri ve hareketli yük katılım katsayısı dikkate alınmıştır. Deplasman kontrollü analizde birden fazla durum incelenmiştir. Statik itme analizinden taban kesme kuvveti ve tepe noktası yer değiştirme değerleri alınmıştır. Statik itme analizine göre tüm modeller her iki ekseninde de Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlamıştır. Statik itme analizi sonuçları Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6. Yapısal Analiz Sonuçları (-x yönü)

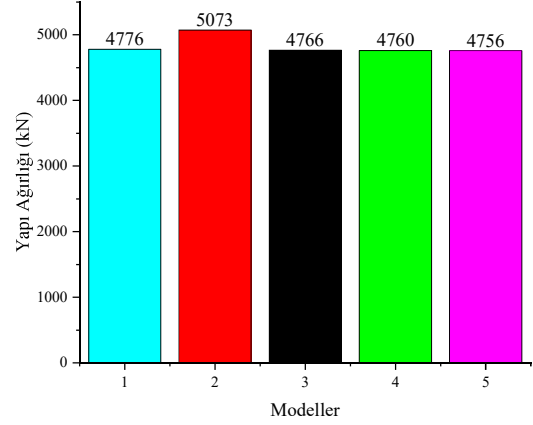
Modeller	Tepe Noktası Ötelenmesi (-x) (m)	Taban Kesme Kuvveti (-x) (kN)	Performans Hedefi
1	0,0467	2558	KH
2	0,0181	4613	KH
3	0,022	4119	KH
4	0,0177	4411	KH
5	0,0224	4106	KH

Tablo 7. Yapısal Analiz Sonuçları (-y yönü)

Modeller	Tepe Noktası Ötelenmesi (-y) (m)	Taban Kesme Kuvveti (-y) (kN)	Performans Hedefi
1	0,0658	3435	KH
2	0,0298	3777	KH
3	0,0362	3435	KH
4	0,0295	3654	KH
5	0,0328	3435	KH

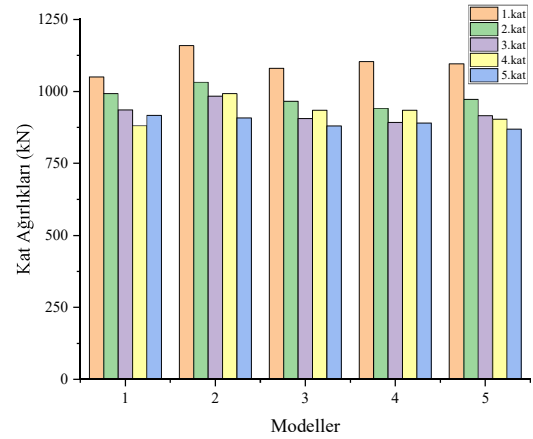
III. BULGULAR

Yapısal analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre yapı ağırlıkları (yapısal çelik bakımından) karşılaştırıldığında, 1,3,4 ve 5 numaralı modellerin yapı ağırlıkları yaklaşık olarak benzer iken 2. modelin yapı ağırlığının daha fazla olduğu görülmüştür. Bu artışın sebebi 2. Modeldeki merkezi X çaprazların kolon ve kiriş kesitlerini değiştirirse de çaprazların kendi öz ağırlıklarının da eklenmesidir. Yapı ağırlıklarının karşılaştırılması Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Yapı Ağırlıkları

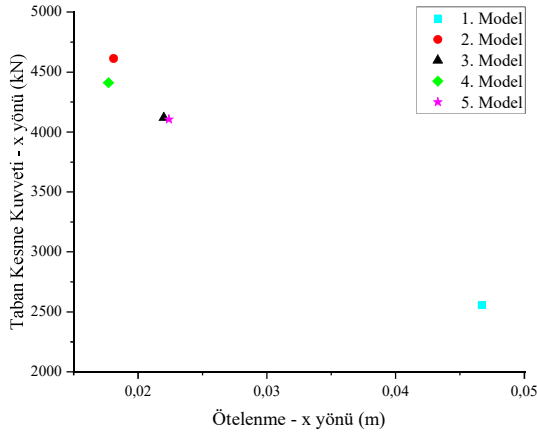
Yapı ağırlıkları katlar bazında değerlendirildiğinde, 2. modelin 1., 2., 3. ve 4. katlarında kat ağırlığı diğer modellere göre fazla iken 5. katında diğer modellere yakın ağırlığa sahiptir. Kat ağırlıklarının karşılaştırılması Şekil 5’te verilmiştir.



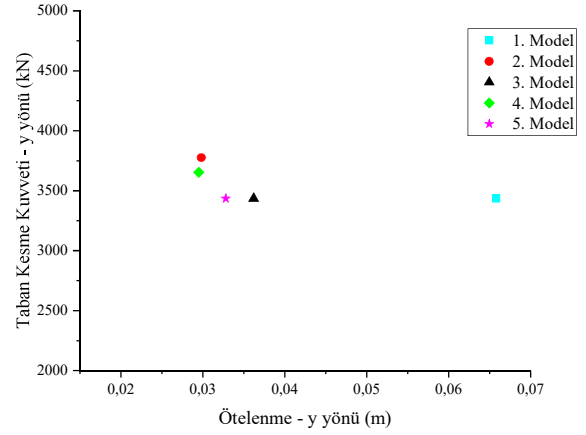
Şekil 5. Kat Ağırlıkları

Modellerin uygulanan yükler altında yönetmeliklerce oluşturulan kombinasyonlarında oluşan taban kesme kuvvetleri ve ötelenmeleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda -x yönünde 1. modelin taban kesme kuvvetinin diğer modellere göre kayda değer miktarda az olduğu ancak ötelenme miktarının ise diğer modellere göre önemli derecede fazla olduğu görülmüştür. Taban kesme kuvveti yapı ağırlığına ve deprem ivmesine bağlıdır. Depremin ivmesi ise yapının hakim doğal titreşim periyoduna bağlıdır. Yapısal analizler sonucunda 1. modelin hakim doğal titreşim periyodu -x yönünde $T_1=1,41373$ saniye iken diğer modellere ait hakim doğal titreşim periyotları sırasıyla $T_2=0,81939$, $T_3=0,9453$, $T_4=0,83794$ ve

$T_5=0,90501$ saniyedir. İvme – periyot ilişkisinde yapının periyodu düştükçe ivmesi de azalmaktadır. Yapı ağırlıkları benzer olmasına rağmen taban kesme kuvvetinin az olmasının sebebi -x yönünde hakim doğal titreşim periyodunun yüksek olması buna istinaden yapıya etki eden ivmenin az olmasından kaynaklanmaktadır. 2. ve 4. modellerin taban kesme kuvveti fazla iken -x yönündeki ötelenme değerleri düşüktür. 3. ve 5. modellerin taban kesme kuvvetleri 2. ve 4. modele göre daha düşük olduğu ancak ötelenme miktarlarının daha fazla olduğu gözlenmiştir. -x yönündeki taban kesme kuvvetleri – ötelenme karşılaştırması Şekil 6’da verilmiştir. -y yönündeki taban kesme kuvvetleri ve ötelenmeler irdelendiğinde 1. modeldeki taban kesme kuvveti -x yönündeki taban kesme kuvvetinin aksine diğer modellere benzer değerdeyken, ötelenme miktarı ise diğer modellere göre yine yüksektir. Diğer modeller kendi aralarında incelendiğinde yine -x yönündeki gibi 2. ve 4. Modellerin taban kesme kuvveti daha fazla iken ötelenme değerleri düşüktür. -y yönündeki taban kesme kuvvetleri – ötelenme karşılaştırması Şekil 7’de verilmiştir.

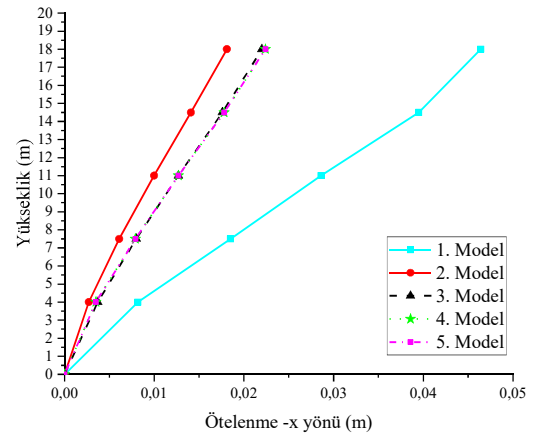


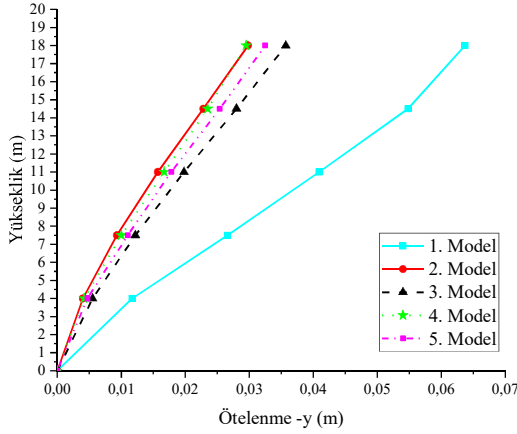
Şekil 6. Taban Kesme Kuvveti-Ötelenme İlişkisi (-x yönü)



Şekil 7. Taban Kesme Kuvveti-Ötelenme İlişkisi (-y yönü)

Yüksekliğe bağlı ötelenmeler karşılaştırıldığında moment aktaran çelik çerçevelere sahip 1. modelin her iki yönde de daha sünek bir davranış gösterdiği ve buna bağlı olarak ötelenmelerin fazla olduğu görülmüştür. X merkezi çapraza sahip olan 2. modelin diğer modellere göre daha rijit bir davranış sergilediği ve daha az ötelenme yaptığı görülmüştür. -x yönünde 3., 4. ve 5. modellerin benzer ötelenme yaptığı -y yönünde ise 4. modelin 2. modele yakın ötelenme yaptığı görülmüştür. - yönünde 3. ve 5. modellerin 1. modele göre kayda değer miktarda daha az ötelenme yaptığı 2. modele göre nispeten daha fazla ötelenme yaptığı görülmüştür. Yükseklik-ötelenme ilişkilerini gösteren grafikler her iki eksen için sırasıyla Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir.





IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada, işyeri olarak tasarlanan çok açıklıklı 5 katlı simetrik bir yapının moment aktaran çelik çerçevesel sistem ve farklı merkezi çelik çaprazlı sistemler kullanılarak analizleri yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- Çalışmada irdelenen tüm merkezi çelik çaprazların -x ve -y eksenleri için yatay ötelenmeleri kayda değer miktarda düşürdüğü gözlenmiştir.
- Merkezi çelik çaprazların yapı ağırlığını arttırmadan, yapının daha rijit bir davranış göstermesini sağladığı görülmüştür.
- Merkezi çelik çaprazlı modeller, moment aktaran çelik çerçevesel modellerle karşılaştırıldığında etkin görece kat ötelemelerini azalttığı görülmüştür.
- Merkezi çelik çaprazların yapının yatay yüklerden dolayı oluşan hakim doğal titreşim periyodunu azalttığı görülmüştür.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre merkezi çelik çaprazlı sistemlerin, moment aktaran çelik çerçevesel sistemlere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. İleriki çalışmalarda, yapı yüksekliğinin artırılarak çapraz performansının incelenmesi ve dışmerkezi çelik çaprazlı sistemlerin moment aktaran çelik çerçevesel sistemlerle kıyaslanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] S. Kazemzadeh Azad, C. Topkaya, A. Astaneh-Asl, Seismic behavior of concentrically braced frames designed to AISC341 and EC8 provisions, *J. Constr. Steel Res.* 133 (2017) 383–404. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2017.02.026>.
- [2] M.S. Kumar, R. Senthilkumar, L. Sourabha, Seismic performance of special concentric steel braced frames, *Structures.* 20 (2019) 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.03.012>.
- [3] V. Mohsenzadeh, L. Wiebe, Seismic design of braced frame columns with and without replaceable brace modules, *J. Constr. Steel Res.* 178 (2021) 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106460>.
- [4] M. Lotfollahi, M.M. Alinia, E. Tacioglu, Nonlinear Performance Evaluation of Diagonally and X-Braced Moment Resisting Frame Systems: Buckling and Post-Buckling Responses, *Procedia Eng.* 145 (2016) 1193–1200. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.154>.
- [5] A.İ. Akgönen, Yüksek Sünek Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Yatay Yükler Altında Davranışının İncelenmesi, *Kahramanmaraş Sutcu Imam Univ. J. Eng. Sci.* 20 (2017) 16–23.
- [6] Z. Yaman, E. Ağcakoca, Dairesel Kesite Sahip Merkezi Çelik Çaprazların Performans Analizi, *Sak. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.* 22 (2018) 340–349.
- [7] M.B. BOZKURT, B. SERİN, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Esas Alınarak Boyutlandırılan MÇÇÇ'lerin Deprem Performanslarının Karşılaştırılması, *Tek. Dergi.* (2021) 10441–10476. <https://doi.org/10.18400/tekderg.620816>.
- [8] M.B. BOZKURT, Ö. ZEYBEK, Çapraz Konfigurasyonunun Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Tasarımına ve Dinamik Performansına Etkisi, *Deu Muhendis. Fak. Fen ve Muhendis.* 23 (2021) 399–412. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2021236805>.
- [9] CSI, SAP2000, (2021).
- [10] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 1991-1-3: Yapılar Üzerindeki Etkiler - Bölüm 1-3: Genel Etkiler – Kar Yüğü (Eurocode 1), Türk Standartları Enstitüsü, 2007.
- [11] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 1991-1-4 Yapılar Üzerindeki Etkiler - Bölüm 1-4: Genel Etkiler – Rüzgâr Etkileri (Eurocode 1), Türk Standartları Enstitüsü, 2007.
- [12] TDTH, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2021). <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> (accessed September 1, 2021).
- [13] TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018.
- [14] ÇYTHYE-2018, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018.
- [15] ASCE7-05, Minimum design loads for buildings and other structures, American Society of Civil Engineers, Virginia, 2005.