

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

BETONARME YAPILARIN ÇELİK ÇAPRAZ ELEMANLAR İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Sepanta NAIMİ
İstanbul Aydın Üniversitesi
sepantanaimi@aydin.edu.tr ORCID: 0000-0001-8641-7090

Semih KAYA
İstanbul Aydın Üniversitesi
semihky04@gmail.com ORCID: 0000-0003-0196-6336

GELİŞ TARİHİ / RECEIVED DATE: 23.09.2019 KABUL TARİHİ / ACCEPTED DATE: 04.10.2019

ÖZET

İçinde bulunduğumuz coğrafya aktif fay hatlarının bulunduğu bir deprem bölgesidir. Yakın geçmişimize bakıldığında yaşanan depremlerde, mevcut yapıların deprem performansının ne derecede zayıf olduğu ve bu depremler sonucunda çok sayıda can kaybı ve büyük oranda maddi zararlar meydana gelmiştir. Bu depremler sonucu mevcut yapıların büyük bir kısmında; projelendirme aşamasında, malzeme seçiminde ve uygulama aşamasında eksikliklerin olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum sonucunda mevcut yapılar üzerinde performans değerlendirme çalışmaları, yürütülen bu çalışmalar doğrultusunda deprem yönetmeliğinin güncelleştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Yapıları depreme karşı güvenli hale getirmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada TBDY 2018 deprem yönetmeliğine uygun ve doğrusal hesap yöntemlerinden; eşdeğer deprem yükü yöntemi ile modal analiz yöntemi ile hesaplar yapılmıştır.

Güçlendirme safhasında kullanılması gereken yapıları, fonksiyonlarını engellemeden güçlendirmek için kullanımı giderek yaygınlaşan bir anlayışla çelik çaprazlar kullanılmaktadır.

Çalışmada kullanılan çelik çaprazlar ile yapının kullanım amacı ve mimari özelliklerini en az etkileyecek şekilde yürütülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Betonarme perde, çelik çapraz, doğrusal analiz, güçlendirme.

REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH STEEL CROSS MEMBERS

ABSTRACT

Turkey is an earthquake country that is located on the land of active fault lines. Consisted earthquakes in recent years, demonstrates how poor earthquake performance and resistance of existing structures occurred. These disasters caused numerous loss of lives and substantial material damages. In large part of demolished buildings, it can be observed major deficiencies on; the stage of project planning, materials selection and

the implementation phase. This circumstance, led to concentrate the evaluation studies with respect to structure's performance. On the other hand, ongoing researches has required to renew earthquake regulations. Several studies are performed in order that structures are able to make consolidated. For this purpose, calculations are made with the aid of modal analysis and the method of equivalent earthquake load which is one of the linear calculation methods.

Steel Cross members used in this study are carried out in such a way to minimize the impacts on architectural features and the aim of structure's utilization. Steel crosses are widely used in order to strength structures without blocking functions and buildings on the stage of reinforcement.

Keywords: Reinforced concrete shearwall, steel cross, linear analysis, reinforcement.

1. GİRİŞ

Ülkemiz coğrafi konumu sebebi ile deprem kuşağında kalmakla beraber ağır, yıkıcı ve telafisi zor depremler yaşamış ve yaşanması mümkün ihtimaller ile karşı karşıya kalmıştır. Yapıların deprem davranışlarının iyileştirilmesi ve depremden sonra dayanımlarının artırılması deprem mühendisliğinin önemli konuları arasındadır. Fakat güçlendirme uygulamalarının nasıl yapıldığı ve olası bir deprem esnasında nasıl bir performans sergileyeceği konusunda endişeler vardır (Olbak ve Naimi,2016; Altay vd., 2002; Canbay vd.,2008) .

Betonarme perdelerin deprem etkisi ile davranışı, çeşitli parametrelere bağlıdır. Bunlar yapının bulunduğu zeminin özelliklerine, yapının ağırlığına, taşıyıcı sistemlerin boyutuna ve mimari özelliklerine bağlıdır. Bu parametreler yapının hasar görme oranını önemli bir oranda etkilemektedir(Wang vd., 2001; Naimi and Celikag, 2010; Celikag and Naimi, 2011).

Betonarme perdelerin temel görevi, tersinir deprem yükleri altında yapının yatay ötelenme rijitliğini artırarak, katlar arasında yatay ötelenmeleri sınırlandırmaktır. Yangın ve deprem yüküne maruz kalan betonarme yapıların güçlendirilmesi, çelik yapılara göre daha zordur aynı zamanda daha maliyetlidir (Öztürk, 2005; Celep ve Kumbasar, 2005; Naci vd.,2014).

Bu çalışmada betonarme yapıların güçlendirilmesinde, betonarme perde ile aynı kapasiteyi sağlayacak olan çelik çaprazlar kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır (Kulak, 2013). Güçlendirme safhasında kullanılması gereken yapıları, fonksiyonlarını engellemeden güçlendirmek için kullanımı giderek yaygınlaşan bir anlayışla çelik çaprazlar kullanılmaktadır. Bu amaçla aynı planlara sahip sekiz, on ve on iki katlı betonarme yapıların çelik çaprazlar ile doğrusal analizler ile tasarlanıp yapının kat ötelenmeleri ve taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlardaki değişiklikler belirlemiştir (Özer, 2007; Tansel, 2010).

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı 2018 deprem yönetmeliği ve TS500 yönetmeliğine uygun bir şekilde tasarlanmış, kullanım açısından büyük önen arz eden sekiz, on ve oniki katlı konut yapılarının yine ilgili yönetmeliğe uygun doğrusal analiz yöntemlerinden, Eşdeğer deprem yükü analizi ve modal analiz yöntemleri ile betonarme yapının çelik çapraz elemanlar ile güçlendirilmesi ve elde edilen sayısal verilerin karşılaştırılıp yorumlanması amaçlanmıştır.

Bu amaçla ülkemizde çoğunlukla mevcut olan yükseklikteki betonarme binaların bir kısmını temsil etmek üzere, uygulama kusurlarında kaynaklı ve kullanılan malzemelerin yetersizliğinden oluşan perdeli/çerçeve binalar için doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü ve modal hesap yöntemi ile sonuçları değerlendirilmiş ve ters v dış merkezli çelik çapraz kullanılarak yorumlanmıştır.

2. Malzeme Özellikleri

2.1 Betonarme Malzeme Modelleri

Betonarme yapı elemanlarının davranışı, elemana ait kesit davranışı, kesitte kullanılan malzeme, kesitin geometrisi ve kesite etki eden yüklemelere bağlıdır. Betonarme bir yapıyı oluşturan kesitlerde donatı çeliği ve beton malzemesi farklı davranış özelliklerine sahiptir. Donatı çeliğinin davranışının elasto-plastik olduğu ve çekme ile basınç gerilmeleri altındaki davranışlarının özdeş olduğu varsayılır. Beton ise doğrusal olmayan bir davranışa sahip olup çekme ve basınç gerilmeleri altında farklı deformasyon özelliklerine sahiptir.

Betonarme Beton:

Üst Yapıda

: C35/45

- Karakteristik silindir basınç dayanımı : $f_{ck,cyl} = 35 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Karakteristik küp basınç dayanımı : $f_{ck,cube} = 45 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Karakteristik çekme dayanımı : $f_{ctk} = 2.1 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Betonun birim hacim ağırlığı : $\gamma_s = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- Betonun elastisite modülü : $E_c = 33000 \text{ Mpa(N/mm}^2\text{)}$

Temelde

: C30/37

- Karakteristik silindir basınç dayanımı : $f_{ck,cyl} = 30 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Karakteristik küp basınç dayanımı : $f_{ck,cube} = 37 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Karakteristik çekme dayanımı : $f_{ctk} = 1.9 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Betonun birim hacim ağırlığı : $\gamma_s = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- Betonun elastisite modülü : $E_c = 32000 \text{ Mpa(N/mm}^2\text{)}$

Betonarme Demiri:

- Donatı Çeliği : B420C (TS708-2018)
- Minimum akma dayanımı : $f_yk = 420 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Minimum kopma dayanımı : $f_{su} = 575 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Çeliğin birim hacim ağırlığı : $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- Donatı çeliğinin elastisite modülü : $E_s = 200000 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$
- Termal genleşme katsayısı : $\alpha_s = 0.000012$
- Minimum kopma uzaması : $\epsilon_{su} = \%12$

Betonarme Elemanlarda Paspayları

Betonarme elemanların donatı detaylarında kullanılacak temiz pas payları;

- Kolonlarda ve kirişlerde : 40mm
- Perdelerde, Toprakla temas eden yüzeylerde : 40mm
- Toprakla temas etmeyen yüzeylerde : 35mm
- Döşemelerde : 25 mm
- Temelde, Toprakla temas eden yüzeylerde : 75mm
- Toprakla temas etmeyen yüzeylerde : 50mm

2.2 Yapı Malzemesi Olarak Çelik

Düşük karbon miktarına sahip olan yapı çeliğinin işleme ve kullanım açısından en önemli özellikleri; mukavemet, süneklik, işlenebilme özelliği ve korozyona dayanımı olarak belirtilebilir. Yapı çeliğinin en önemli ve bütün çelik sınıfları için geçerli olan özelliği mekanik özellikleridir. Çelik türlerine göre değişim gösteren bu özellikler, akma sınırı, çekme dayanımı, uzama, büzülme ve sertliktir.

Çalışmada kullanılan yapı çeliği sınıfı st235 malzemesi kullanılmıştır. Sekiz, on ve on iki katlı binaların güçlendirmede kullanılan çelik profilleri ise sırası ile HEB140, HEB160 ve HEB180 profilleri kullanılmıştır.

3.Zemin ve Deprem Parametreleri

Bir yapıyı tasarlarken amaç yapı yüklerinin güvenli bir şekilde zemine iletilmesidir, ama yapının yüklerini zemine iletmekle beraber zeminin bu yükleri taşıyıp taşıyamadığı gibi durumların da incelenmesi gerekiyor. Bu incelemeleri yapmak için lazım olan zemin parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Zemin Parametreleri

Yerel Zemin Sınıfı	: ZD
Harita Spektral ivme Katsayıları	: $S_s=0.7935 g / S_1=0.2171$
Tasarım Spektral ivme Katsayıları	: $S_{ds}=0.938g / S_{d1}=0.47g$
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	: $P_{GA} = 0.33$
Zemin emniyetli taşıma gücü	:100 kN/m ²
Düşey Yataklanma Katsayısı	:10000 kN/m ³

Deprem Parametreleri

Tasarım Depremi	:DD2
Yerel Zemin Sınıfı	:ZD

Harita Spektral ivme Katsayıları	: $S_s=0.8584g$ / $S_1=0.242$
Tasarım Spektral ivme Katsayıları	: $S_{ds}=1.03g$ / $S_{d1}=0.363g$
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	: $PGA = 0.355$
I (Bina Önem Katsayısı)	: $I=1$
BKS(Bina Kullanım Sınıfı)	:3
Spektrum Karakteristik Periyodu	:(TA) $0.0705s$
Spektrum Karakteristik Periyodu	:(TB) $0.3524s$
Üstyapı Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ($R_{x,y}$)	:4
BYS (Bina Yükseklik Sınıfı)	:4
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	
konut,otopark	:0.3
mağaza, dükkan	:0.6
depo	:0.8

4.Tasarım Kapsamında Kullanılacak Hesap Yöntemleri

Tasarım kapsamında kullanılacak hesap yöntemleri, eşdeğer deprem yükü yöntemi ile modal hesap yöntemlerinin etabs programı kullanılarak tasarım yapılmıştır.

4.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Doğrusal Deprem Hesabı

Birbirine dik (x) ve (y) yönlerinden yapıya etki eden deprem yükleri için ayrı ayrı hesaplanır. Şekil4.1 ve Şekil 4.2'de gösterildiği gibi toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) x-yönü ve y-yönü için Excel programı yardımı ile hesaplanmıştır.

$$V_{tE}^{(x)} = m_t S_{aR} (T_p^{(x)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (1.)$$

$$S_{ac}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (2.)$$

$$S_{ac}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (4.)$$

$$S_{ac}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (5.)$$

$$S_{aR}(T_p(x)) \geq \frac{S_{aE}(T)}{R_a(T)} \quad (6.)$$

X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
Bina Periyodu	T _x	0.576	Bina Periyodu	T _y	0.947
SYB Geçiş periyodu	T _L	6	SYB Geçiş periyodu	T _L	6
Üst yapı sistem davranışı	R	4	Üst yapı sistem davranışı	R	4
Bina Önem Katsayısı	I	1	Bina Önem Katsayısı	I	1
Bina ağırlığı(kN)	W	95367.5	Bina ağırlığı(kN)	W	95367.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5	Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5
Spektrum karak. Periyodu	TA	0.0704854	Spektrum karak. Periyodu	TA	0.0704854
Spektrum karak. Periyodu	TB	0.3524272	Spektrum karak. Periyodu	TB	0.3524272
	Ra(T)	4		Ra(T)	4
	Sae	0.6302083		Sae	0.3833157
Tasarım Spektral ivme k.	Sd1	0.363	Tasarım Spektral ivme k.	Sd1	0.363
Tasarım Spektral ivme k.	Sds	1.03	Tasarım Spektral ivme k.	Sds	1.03
Ampirik Katsayı	Y _E	0.9	Ampirik Katsayı	Y _E	0.9
Taban Kesme kuvveti(kN)	V=C _s x W	13522.813	Taban Kesme kuvveti(kN)	V=C _s x W	8225.0692

Şekil 4.1 12 Katlı Betonarme Bina X ve Y Yönü Eşdeğer Deprem Yüküne Göre Taban Kesme Kuvveti

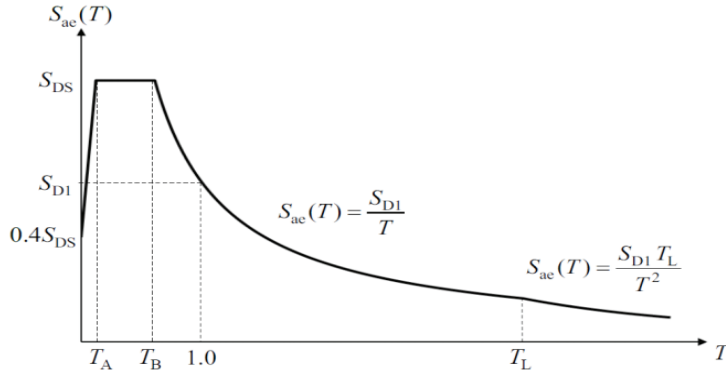
X YÖNÜ			Y YÖNÜ		
Bina Periyodu	T _x	0.578	Bina Periyodu	T _y	0.98
SYB Geçiş periyodu	T _L	6	SYB Geçiş periyodu	T _L	6
Üst yapı sistem davranışı	R	4	Üst yapı sistem davranışı	R	4
Bina Önem Katsayısı	I	1	Bina Önem Katsayısı	I	1
Bina ağırlığı(kN)	W	91244.9	Bina ağırlığı(kN)	W	91244.9
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5	Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5
Spektrum karak. Periyodu	TA	0.0704854	Spektrum karak. Periyodu	TA	0.0704854
Spektrum karak. Periyodu	TB	0.3524272	Spektrum karak. Periyodu	TB	0.3524272
	Ra(T)	4		Ra(T)	4
	Sae	0.6280277		Sae	0.3704082
Tasarım Spektral ivme k.	Sd1	0.363	Tasarım Spektral ivme k.	Sd1	0.363
Tasarım Spektral ivme k.	Sds	1.03	Tasarım Spektral ivme k.	Sds	1.03
Ampirik Katsayı	Y _E	0.9	Ampirik Katsayı	Y _E	0.9
Taban Kesme kuvveti(kN)	V=C _s x W	12893.473	Taban Kesme kuvveti(kN)	V=C _s x W	7604.5176

Şekil 4.2 12 Katlı Çelik Çaprazlı Bina X ve Y Yönü Eşdeğer Deprem Yüküne Göre Taban Kesme Kuvveti

4.2 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

Mod birleştirme yönteminde, verilen bir deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri modal hesap yöntemi ile hesaplanır, (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).

Yapıya etki edecek deprem yükü hesabı çok modlu spektral analiz yöntemi (Mod Birleştirme Yöntemi) ve etabs analiz programı kullanılarak belirlenmiştir. Spektral ivme katsayıları için şekil4.3' de verilen spektral ivme – periyod eğrisi kullanılmıştır.



Şekil 4.3 Spektral İvme – Periyod Eğrisi

SPECTX, SPECTY: Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanmış ve eşdeğer deprem kuvvetine dengelenmiş deprem kuvveti.

Etabsa girilecek scale factor değeri.

$$S_c = \frac{9.81}{R} \times I$$

(etabsa girilecek scale factor değeri.= $9.81 \times 1/4=2,4525$)

Çizelge 4.1 12 Katlı Betonarme Binada Mod Birleştirme Yöntemi ile Hesaplanmış Deprem Kuvveti

TABLE: Base Reactions						
Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
SPECTX Max	13453.156	993.2918	1.567E-06	7432.696	290541.17	120743.22
SPECTXP Max	13453.156	993.2918	1.581E-06	7435.6207	290567.25	130890.35
SPECTXN Max	13453.156	993.2918	1.581E-06	7435.6207	290567.25	130890.35
SPECTY Max	600.1906	8354.217	7.696E-07	152731.76	4950.7738	115481.89
SPECTYP Max	600.1907	8354.217	7.801E-07	152734.06	4971.0482	123627.16
SPECTYN Max	600.1907	8354.217	7.801E-07	152734.06	4971.0482	123627.16

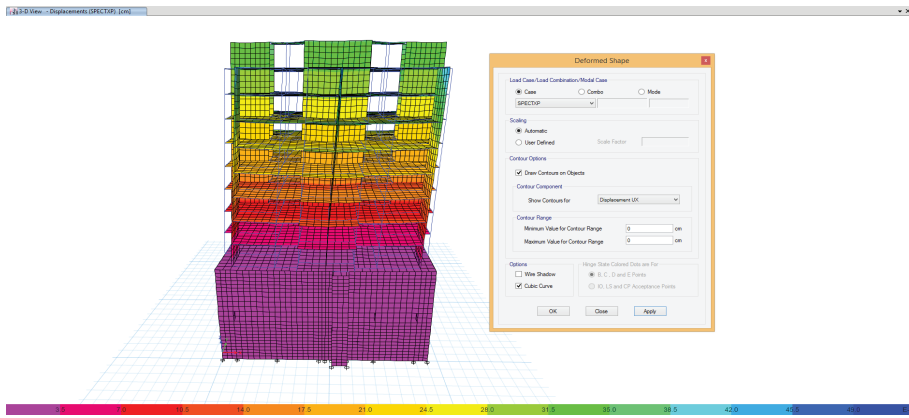
Çizelge 4.2 12 Katlı Çelik Çaprazlı Binada Mod Birleştirme Yöntemi ile Hesaplanmış Deprem Kuvveti

TABLE: Base Reactions						
Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
SPECTX Max	12911.569	878.6221	0.0009	7872.8828	282915.27	106833.56
SPECTXP Max	12911.569	878.6221	0.001	7876.5998	282949.21	117757.79
SPECTXN Max	12911.569	878.6221	0.001	7876.5998	282949.21	117757.79
SPECTY Max	538.7507	7742.616	0.0007	138596.58	4761.7301	108046.04
SPECTYP Max	538.7507	7742.616	0.0008	138599.33	4786.4184	116483.31
SPECTYN Max	538.7507	7742.616	0.0008	138599.33	4786.4184	116483.31

5. Ötelenmelerin Kontrolü

Deprem kuvvetleri altında oluşan kat ötelenmeleri aşağıda verilmiştir. Ötelenmeler TBDY2018'e göre sınırlar içinde kalmaktadır. Sınır şart değeri; Gevrek malzemenen yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumu tercih edilmiştir.

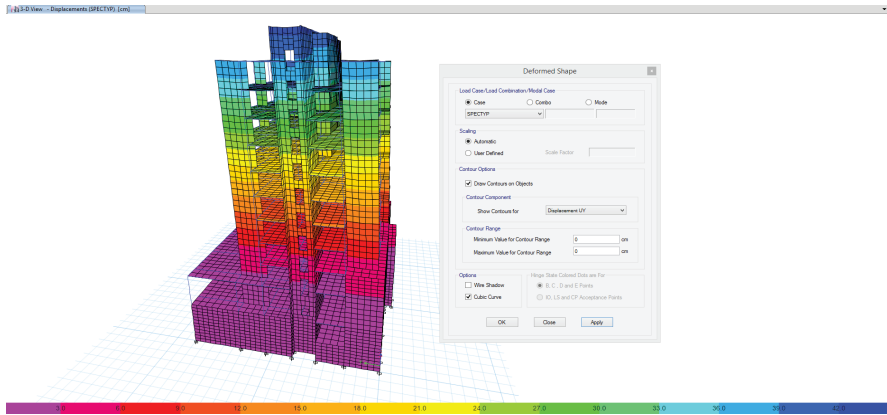
$$\delta(x) = \frac{R}{I} \Delta_i(x) \quad \text{ve} \quad \lambda \frac{\delta_{i\max}(x)}{h_i} \leq 0,008k \quad (7.)$$



Şekil 5.1 12 Katlı Betonarme Bina X Yönü Deplasman Deformasyon Görüntüsü

Denk.7'e göre x yönü görel kat ötelenmesi;

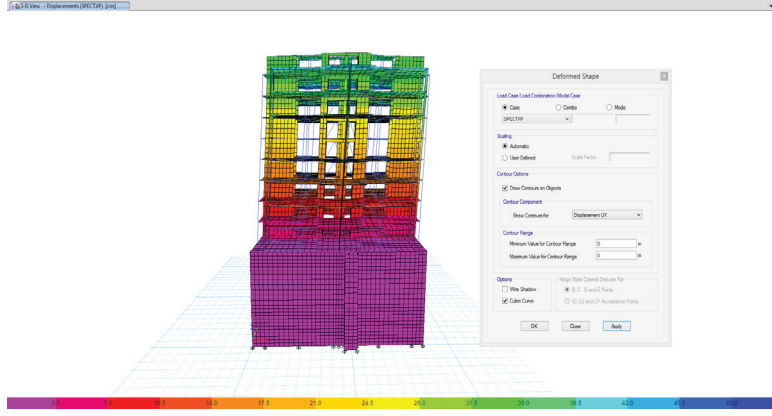
$$(0.402 \times 4.220 \text{ mm} \times 4) / 3000 \text{ mm} = 0.00226192 \leq 0.008 \sqrt{}$$



Şekil 5.2 12 Katlı Betonarme Bina Y Yönü Deplasman Deformasyon Görüntüsü

Denk.7'e göre y yönü göreli kat ötelenmesi;

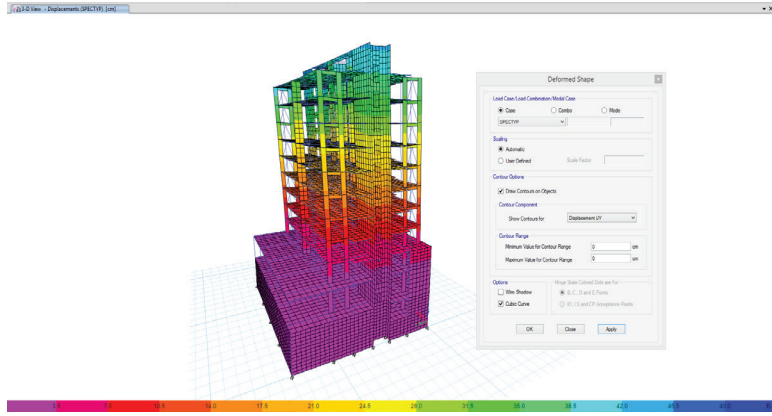
$$(0.402 \times 4.200 \text{ mm} \times 4) / 3000 \text{ mm} = 0.0022512 \leq 0.008 \checkmark$$



Şekil 5.3 12 Katlı Çelik Çaprazlı Bina X Yönü Deplasman Deformasyon Görüntüsü

Denk.7'e göre x yönü göreli kat ötelenmesi;

$$(0.402 \times 4.19 \text{ mm} \times 4) / 3000 \text{ mm} = 0.00224584 \leq 0.008 \checkmark$$



Şekil 5.4 12 Katlı Çelik Çaprazlı Bina Y Yönü Deplasman Deformasyon Görüntüsü

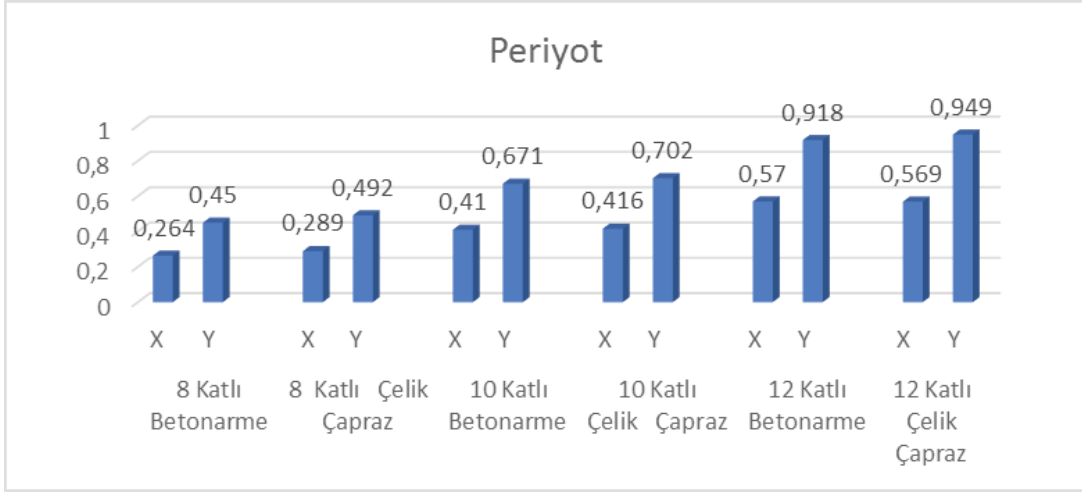
Denk.7'e göre y yönü göreli kat ötelenmesi;

$$(0.402 \times 4.09 \text{ mm} \times 4) / 3000 \text{ mm} = 0.00219224 \leq 0.008 \checkmark$$

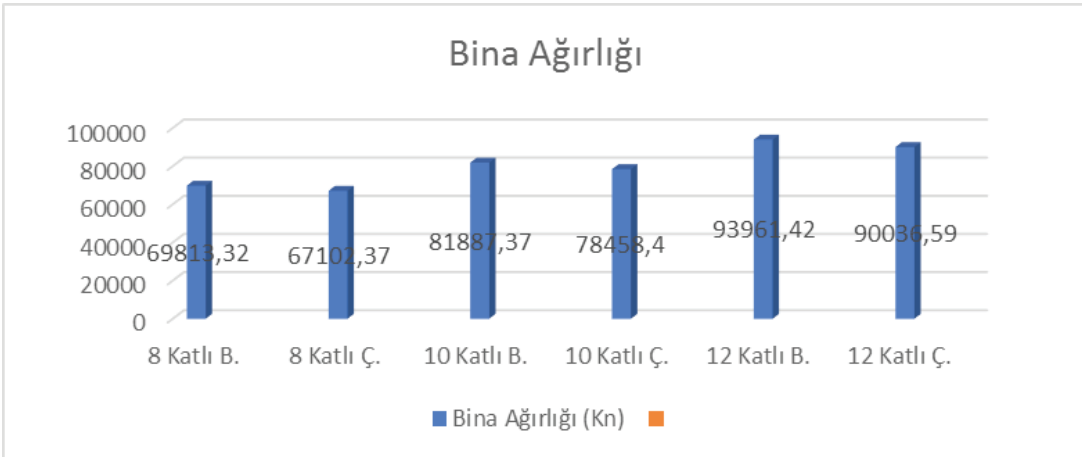
Şekil 5.1 ve Şekil 5.2' te sırası ile x yönü ve y yönünde on iki katlı betonarme yapının deplasmanları gösterilmektedir. TBDY2018 deprem yönetmeliğinin belirlediği denk.7' de belirtilen denkleme uygun olarak göreli kat ötelenmeleri hesaplanmış sınır değere göre kontroller yapılmıştır. Aynı şekilde Şekil 5.3 ve

şekil 5.4'te belirtildiği gibi on iki katlı çelik çaprazlı yapıya ait deplasmanlara göre görelî kat ötelenmeleri hesaplanmış ve denk.7' uygunluğu belirtilmiştir.

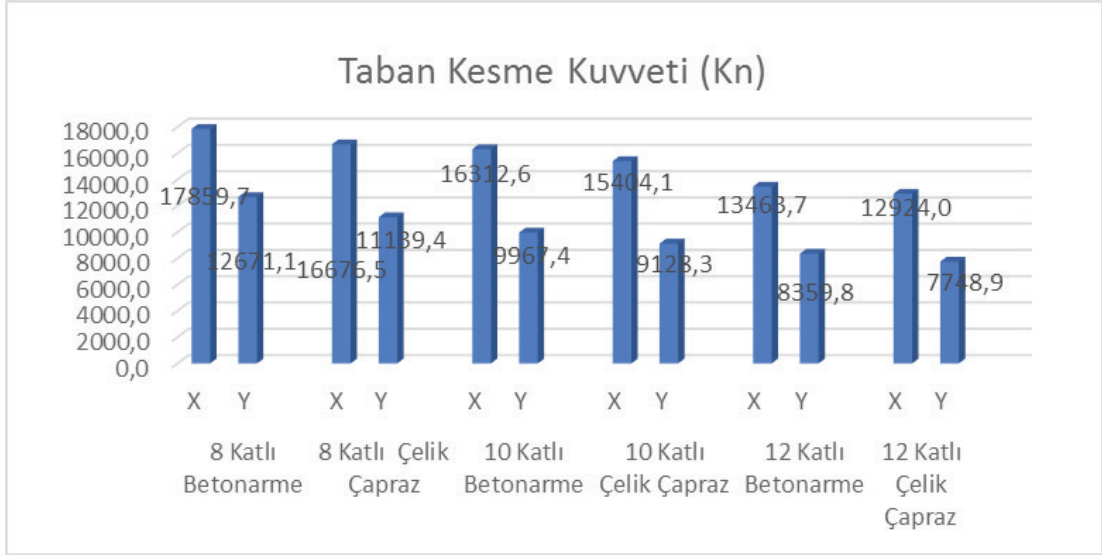
Ayrıca on iki katlı, on katlı ve sekiz katlı yapıların hem betonarme yapıya ait hemde çelik çaprazlı yapıya ait x ve y yönündeki periyot değerleri, bina toplam ağırlığı, x ve y yönünde oluşan taban kesme kuvvetleri ve x ve y yönündeki görelî kat ötelenmeleri sırası ile şekil 5.5, şekil 5.6, şekil 5.7 ve şekil 5.8'da grafiklere aktararak belirtilmiştir.



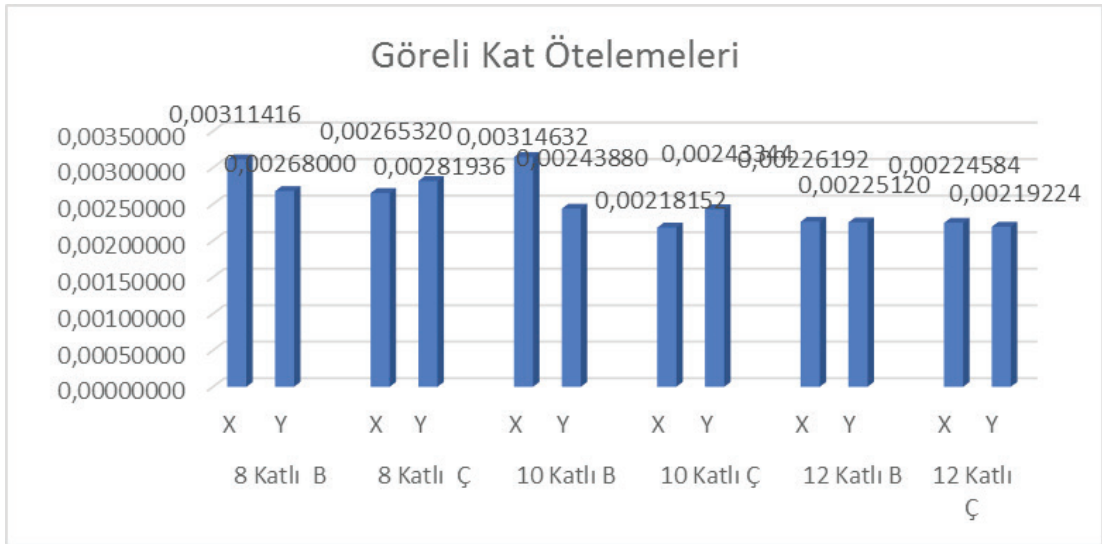
Şekil 5.5 Betonarme ve Çelik Çaprazlı 8-10 ve 12 Katlı Yapıların Periyot Grafiği



Şekil 5.6 Betonarme ve Çelik Çaprazlı 8-10 ve 12 Katlı Yapıların Bina Ağırlığı Grafiği



Şekil 5.7 Betonarme ve Çelik Çaprazlı 8-10 ve 12 Katlı Yapıların Taban Kesme Kuvveti Grafiği



Şekil 5.8 Betonarme ve Çelik Çaprazlı 8-10 ve 12 Katlı Yapıların Görelî Kat Ötelemeleri

6.Yapı Yaklaşık Maliyeti

Bir yapının yapılabilmesi için öncelikle imar durumuna göre projelendirilmesi yapılır. Yapılacak olan bu yapının proje üzerinden yaklaşık maliyeti hesaplanır. Yapıda kullanılacak olan malzemelerin (beton, demir, çelik, kalıp vb.) miktarı ve güncel fiyatları belirlenir. Bu çalışmamızda betonarme yapı ile çelik çaprazlı

yapının yaklaşık maliyeti şekil 6.1 ve şekil 6.2’te verilmiştir. Şekil 6.2’te belirtildiği gibi çelik çaprazlı yapının maliyeti betonarme yapıya göre %3.09 (yaklaşık 13004.4062 TL) gibi bir oran ile daha ekonomik olduğu görülmektedir. Ayrıca işçilik de eklendiğinde bu oranın daha da artacağını göstermektedir.

Betonarme Bina					
Malzeme	Hazır Beton	Kalıp	Betonarme Demiri	Betonarme Demiri	HE180B
			8-12 mm	14-50 mm	
Birim	m ³	m ²	Ton	Ton	Ton
Miktar	2924.8	14226.7	186.1	318	0
BirimFiyat(TL)	266.68	57.48	3280	3250	3215
Toplam	779985.664	817750.716	610408	1033500	0
Nakliye %10	77998.5664	81775.0716	61040.8	103350	0
Toplam	857984.2304	899525.7876	671448.8	1136850	0
KDV %18	154437.1615	161914.6418	120860.784	204633	0
Toplam	1012421.392	1061440.429	792309.584	1341483	0
4207654.405					

Şekil 6.1 Betonarme Bina Yaklaşık Maliyet Hesabı

Çelik Çaprazlı Bina					
Malzeme	Hazır Beton	Kalıp	Betonarme Demiri	Betonarme Demiri	HE180B
			8-12 mm	14-50 mm	
Birim	m ³	m ²	Ton	Ton	Ton
Miktar	2747.3	14163.3	168.5	291.1	29.85
BirimFiyat	266.68	57.48	3280	3250	3215
Toplam	732649.964	814106.484	552680	946075	95967.75
Nakliye %10	73264.9964	81410.6484	55268	94607.5	9596.775
Toplam	805914.9604	895517.1324	607948	1040682.5	105564.525
KDV %18	145064.6929	161193.0838	109430.64	187322.85	19001.6145
Toplam	950979.6533	1056710.216	717378.64	1228005.35	124566.1395
4077639.999					

Şekil 6.2 Çelik Çaprazlı Bina Yaklaşık Maliyet Hesabı

7. SONUÇ

Bu çalışmada 2018 deprem yönetmeliğine uygun, 8-10 ve 12 katlı betonarme binalara ait etabs programı yardımı ile statik hesapları yapılmıştır. Bu yapıların periyot, bina ağırlıkları ve taban kesme kuvvetleri göz önüne alınarak yapıda oluşan görelî kat ötelenmeleri hesaplanmıştır.

Aynı şekilde aynı mimari planlara sahip 8-10 ve 12 katlı binaların perdeleri kaldırılıp yerine ters v dış merkezli çelik çaprazlar kullanılarak binadaki; periyot, bina ağırlığı ve taban kesme kuvvetleri göz önüne alınarak yapıda oluşan görelî kat ötelenmeleri hesaplanmıştır.

- Bu çalışmada çelik çaprazlı binalarda x ve y yönlerinde oluşan görelî kat ötelenmeleri betonarme yapıya göre daha elverişli olduğu belirlenmiştir.
- Çelik çaprazlı binadaki yapıyı oluşturan elemanların (kolon, kiriş, perde, döşeme vb.) donatı oranları betonarme binaya göre daha düşük az olduğu belirlenmiştir.
- Çelik çaprazlı bina ile betonarme bina maliyet açısından kıyaslandığında; çelik çaprazlı binanın hem donatı oranlarındaki azalmadan kaynaklı hem de perdelerin yerine çelik çaprazlar kullanılarak perdelerde kullanılan beton ve kalıp malzemeleri azaltılarak yapı yaklaşık maliyeti %3,09 oranında azaltılıp daha ekonomik bir yapı elde edilmiştir.
- Bu çalışmanın farklı tiplerde çelik çaprazlar kullanılarak ve doğrusal olmayan analizler yapılarak elemanların kapasiteleri belirlenip çalışmanın konusu genişletilebilir.

KAYNAKÇA

A. E. Kulak. 2013. "Mevcut Bir Konut Yapısının Deprem Performansının Değerlendirilmesi ve Çelik Çaprazlarla Güçlendirilmesi", İstanbul Teknik Üniversitesi, <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/6658/1/13176.pdf>.

ACI (American Concrete Institute) Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 209) and Commentary. MI, USA 2011.

Ç. Naci, A. Akkaya, A. Demir, H. Öztürk. 2014. "Farklı Kesit Geometrilerine Sahip Betonarme Kolonların Davranışının İncelenmesi", 2nd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 2095-2105.

Çelik Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, 2016.

E. Canbay, U. Ersoy, G. Özcebe, H. Sucuoğlu, S.T. Wasti. 2008. "Binalar İçin Deprem Mühendisliği-Temel İlkeler", Ankara, 11, ISBN: 978-9944-0716-1-1.

E. Özer. 2007. "Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları" www.itu.edu.tr/eozer.

ETABS. Extended 3d Analysis of Building Systems, Computers and Structures Inc. 2000. Berkeley, California.

G. Altay, G. Deodatis, G. Franco, et.al. 2002. "Benefit-Cost Analysis for Earthquake Mitigation: Evaluating Measures for Apartment Houses in Turkey", 2nd Annual ASA-DPRI Meeting, Integrated Disaster Management, Laxenberg. Austria, July.

M. Celikag, S. Naimi. 2011. "Building Construction in North Cyprus: Problems and Alternatives Solutions", Proceedings of The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC12), 14, 2269-2275.

M. Olbak ve S. Naimi. 2016. "Kentsel Dönüşüm Uygulanmış 5 Katlı İki Yapı Örneğinin Deneysel Verileri Kullanılarak Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri ile Güçlendirme Sonuçlarının İrdelenmesi", İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 31, 145-166.

M. Tansel. 2010. "Çok Katlı Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz ve Tasarımı", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Q. Wang, L. Wang, Q. Liu. 2001. "Effect of Shear Wall Height on Earthquake Response", Engineering Structures, 23(4), 376-384.

S. Naimi, M. Celikag. 2010. "Problems of Reinforce Concrete Building Construction in North Cyprus", Proceedings of The 12th International Conference on Inspection Appraisal Repairs and Maintenance of Structures, 2(2), 821-828.

T. Öztürk. 2005. " Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı", İlkbahar-Yaz Dönemi Meslekçi Eğitim Kursları, İMO, İstanbul.

TBDY2018, Türk Bina Deprem Yönetmeliği

TS 498, 1984. Betonarme Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 500 Betonarme Yapıların Yapım ve Hesap Kuralları Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Z. Celep, N. Kumbasar. 2005. Betonarme Yapılar IV. Baskı, Beta Dağıtım, İstanbul.