

Yüzeğe Yakın Monte Yöntemi İle Güçlendirilen Kolonların Kapasite Hesabı

*¹Abdullah Gündoğay and ¹Hamide Tekeli Kabaş

¹Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Özet

Betonarme binaların güvenliği, ancak taşıyıcı sistem elemanlarının güvenliği ile sağlanabilir. Kolon elemanlar hem üzerine aldıkları düşey ve yatay yükleri temele güvenle aktarmada hem de görelî kat ötelenmelerinin sınırlanmasında önemli rol oynarlar. Mevcut binalarda yönetmelik kurallarına uyulmadan tasarlanan ya da proje kriterlerini sağlamayan kolonların mutlaka güçlendirilmesi gerekir. Son yıllarda yapılan araştırmalarda, eleman rijitliğini değiştirmemesi, uygulama kolaylığı, vb. nedenlerle kolonların yüzeğe yakın monte yöntemi ile güçlendirilmesi tercih edilen bir konu olmuştur. Bu yöntemde kolon eleman beton örtü tabakası hizasında oluk açılmakta ve ilave donatılar bu oluk içerisine tamir harcı yardımıyla yerleştirilmektedir. Yapılan çalışma kapsamında, literatürde yüzeğe yakın monte yöntemi ile güçlendirilerek deneysel sonuçları elde edilmiş betonarme bir kolona ait kapasite hesapları analitik olarak yapılmış ve ilave edilecek donatının çapı, adedi ve malzeme türü değişiminin kapasite üzerindeki etkinliği incelenmiştir. Analitik hesaplar sonucunda %15 eksenel yük oranında kesitlerin moment kapasiteleri %16-113, %30 eksenel yük oranında ise %6-85 arasında değişen oranlarda artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, kolon, güçlendirme, yüzeğe yakın monte yöntemi, kapasite

Abstract

The safety of reinforced concrete buildings can only be ensured by the safety of the load-bearing system elements. Column elements have an important role both in safely transferring on to the foundation of the vertical and horizontal loads and in limiting the relative story drifts. Columns that are designed without complying of code rules in existing buildings or that do not meet the project criteria must be strengthened. In recent years, researches have focused on subject strengthening of the columns by using the near surface mounted method for reasons such as do not change the stiffness of the element, ease of application, etc. In this method, a groove is made at concrete cover layer of the column element and additional reinforcements are placed in this groove with the help of repair mortar. Within the scope of the study, the capacity calculations of a reinforced concrete column, of which experimental results were obtained by strengthening with the near-surface mounted method in the literature, were analytically obtained and the effectiveness of the change in diameter, number, and material type of the reinforcement to be added on the capacity was investigated. As a result of the analytical calculations, the moment capacities of the cross sections at 15% and 30% axial load levels increased by 16.4%-113.3% and 6.4-85.7%, respectively.

Keywords: Reinforced concrete, column, strengthening, near surface mounted method, capacity

1. Giriş

Ülkemizdeki mevcut yapı stokunun çok büyük bir kısmını betonarme binalar oluşturmaktadır. Mevcut binaların deprem güvenliği incelendiğinde genellikle kendilerinden beklenen deprem performans seviyesini sağlamadığı görülmüştür [1-2]. Deprem esnasında can ve mal kayıplarını

*Corresponding author: Abdullah Gündoğay Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Suleyman Demirel University, 32260, Isparta TURKEY. E-mail address: abdullahgundogay@sdu.edu.tr; +902462110910

önleyerek en az seviyeye indirebilmek için yeni yapılacak olan binaların mühendislik ve denetim hizmeti alması sağlanarak depreme dayanıklı olacak şekilde inşa edilmesi, deprem performans seviyesini sağlamayan binaların güçlendirilmesi veya kentsel dönüşüm kapsamında yıkılması gerekmektedir.

Deprem esnasında betonarme binaların yıkılmadan ayakta kalabilmesi için kolon elemanların hasar görmemesi gerekmektedir. Özellikle mevcut binalarda kolon elemanların deprem güvenliklerinin sağlanması büyük öneme sahiptir. Deprem güvenliği yetersiz olanlar muhakkak güçlendirilmelidir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)'nde [3] betonarme kolon elemanların kesme ve/veya eğilme kapasiteleri için çeşitli güçlendirme yöntemlerinden bahsedilmektedir. Kolon elemanların eğilme kapasitesinin artırılması için sadece kolon boyutlarının artırılması önerilmektedir. Kolon kesit boyutlarının artırılması mimari açıdan her zaman uygun olmayabilir ve uygulama zorlukları da bulunmaktadır.

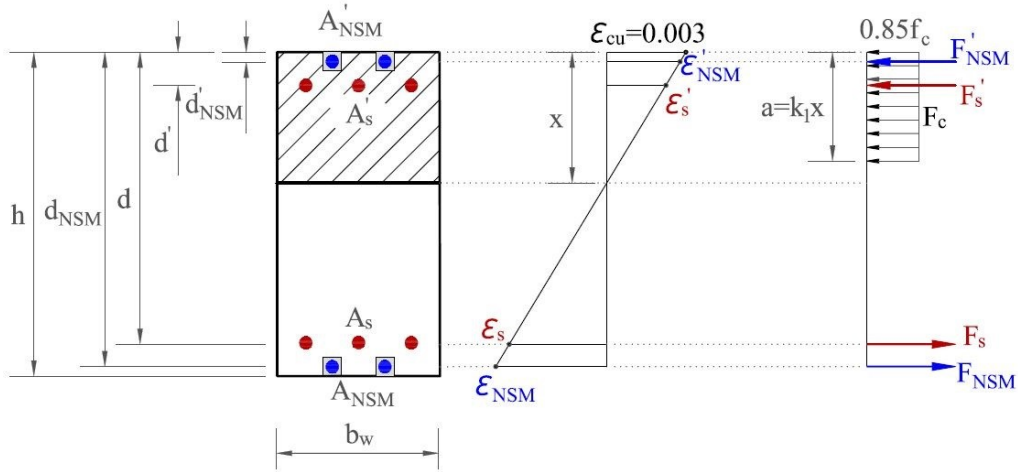
Son yıllarda kolon elemanların eğilme kapasitesinin artırılması ile ilgili yapılan çalışmalarda mimari açıdan uygun olması, eleman rijitliğini değiştirmemesi, uygulama kolaylığı, vb. nedenlerden dolayı yüzeye yakın monte yöntemi ile güçlendirme tercih edilmeye başlanmıştır [4-9]. Bu yöntemde betonarme kolonun paspayı tabakasında oluk açılarak içerisine güçlendirme donatıları/levhaları tamir harcıyla birlikte yerleştirilmektedir. Böylece kolon elemanın boyutlarında herhangi bir değişiklik yapılmadan eğilme kapasitesi artırılmaktadır.

Bu çalışmada yüzeye yakın monte yöntemi ile güçlendirilen betonarme kolonlarda oluk içerisinde kullanılan donatı çapının ($\emptyset 10-12-14$), adedinin (2-4) ve malzeme türünün (çelik, GFRP ve AFRP) değişiminin kolon kapasitesine etkisi incelenmiştir. Kolonların karşılıklı etki diyagramları elde edilerek incelenen parametrelerin etkisi yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Analitik Hesaplar ve Karşılıklı Etki Diyagramı

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kapasiteleri kesit ve malzeme özelliklerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Kapasite hesaplarının doğru bir şekilde yapılarak eleman davranışının anlaşılabilmesi büyük önem arz etmektedir. Yüzeye yakın monte yöntemi ile güçlendirilen betonarme bir kesite ait şekil değiştirme ve kuvvet dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de verilen kuvvet dağılımı dikkate alınarak kesite ait moment kapasitesinin hesabı Denklem 1'e göre yapılmaktadır.

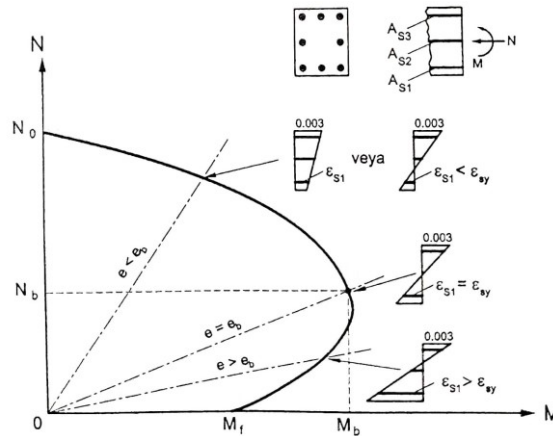


Şekil 1. Yüzeyle yakın monte yöntemi ile güçlendirilen betonarme elemanın şekildeğiştirme ve kuvvet dağılımı

$$M_r = 0.85f_c b_w a \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_s f_s \left(d - \frac{h}{2} \right) + A'_{NSM} f'_{NSM} \left(\frac{h}{2} - d'_{NSM} \right) + A_{NSM} f_{NSM} \left(d_{NSM} - \frac{h}{2} \right) \quad (1)$$

Şekil 1 ve Denklem 1'de verilen b_w , kesitin gövde genişliğini; h , kesitin yüksekliğini; d , donatı çeliğinin faydalı yüksekliğini; d' , donatı çeliğinin paspayı tabakası kalınlığını; d'_{NSM} , güçlendirme donatısının paspayı tabakası kalınlığını; d_{NSM} , güçlendirme donatısının faydalı yüksekliğini; A'_s , kesitin basınç donatısı alanını; A_s , kesitin çekme donatısı alanını; A'_{NSM} , basınca çalışan güçlendirme donatısı alanını; A_{NSM} , çekmeye çalışan güçlendirme donatısı alanını; ϵ_{cu} , beton ezilme birim şekildeğiştirmesini; ϵ'_s , basınç donatısı birim şekildeğiştirmesini; ϵ_s , çekme donatısı birim şekildeğiştirmesini; ϵ'_{NSM} , basınca çalışan güçlendirme donatısının birim şekildeğiştirmesini; ϵ_{NSM} , çekmeye çalışan güçlendirme donatısı birim şekildeğiştirmesini; f_c , beton basınç dayanımını; f'_s , basınç donatısının gerilmesini; f_s , çekme donatısının gerilmesini; f'_{NSM} , basınca çalışan güçlendirme donatısının gerilmesini; f_{NSM} , çekmeye çalışan güçlendirme donatısının gerilmesini; x , tarafsız eksen derinliğini; k_1 , eşdeğer dikdörtgen basınç bloğu derinlik katsayısını; a , eşdeğer dikdörtgen basınç bloğu derinliğini; F_c , beton basınç kuvvetini; F'_s , basınç donatısının toplam kuvvetini; F_s , çekme donatısının toplam kuvvetini; F'_{NSM} , basınca çalışan güçlendirme donatısının toplam kuvvetini; F_{NSM} , çekmeye çalışan güçlendirme donatısının toplam kuvvetini ifade etmektedir.

Betonarme kolon elemanlarda farklı tarafsız eksen derinliği değerleri için aksenal yük ve moment değerleri hesaplanarak karşılıklı etki diyagramı elde edilir (Şekil 2).



Şekil 2. Betonarme kolon elemanın karşılıklı etki diyagramı [10]

Şekil 2’de verilen karşılıklı etki diyagramında N_0 , kesitte saf basınç durumuna karşılık gelen eksenel yük kapasitesini; N_b , kesitte dengeli kırılma durumuna karşılık gelen eksenel yük kapasitesini; M_b , kesitte dengeli kırılma durumuna karşılık gelen moment kapasitesini; M_f , ise saf eğilme durumuna karşılık gelen moment kapasitesini ifade etmektedir.

2.2. Analitik Hesapların Doğrulanması

Çalışma kapsamında analitik hesapların doğrulanabilmesi amacıyla Sarafraz [8] tarafından yapılmış deneysel çalışmada yüzeye yakın monte yöntemi ile güçlendirilen kolonların deney sonuçları kullanılmıştır. Deneysel çalışmada 200x200x1300 mm boyutlarında, 4Ø10 boyuna donatıya ve Ø12/100 mm enine donatıya sahip betonarme kolonlar farklı çaplardaki GFRP donatılar kullanılarak güçlendirilmiştir [8]. Sarafraz [8] tarafından yapılan çalışmada 200 kN sabit eksenel yük altında döngüsel yatay yük uygulayarak numune deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar referans numune ile kıyaslanmıştır. Deneysel ve analitik hesap sonucunda elde edilen eğilme momenti değerleri Tablo 1’de sunulmuştur. Elde edilen sonuçların kıyaslanabilmesi için her numunenin analitik hesap sonuçları deneysel çalışmaya oranlanarak hata oranları hesaplanmıştır. Hata oranları incelendiğinde analitik hesap sonuçları ile deneysel çalışma sonuçlarının uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Betonarme kolonların deneysel ve analitik hesap sonuçları

Numune Adı	Beton Dayanımı (MPa) [8]	Eğilme Momenti (kNm)		Hata Oranı (%)
		Deneysel [8]	Analitik	
NS	25.3	21.9	22.3	1.8
S08	24.2	26.4	26.4	0.0
S10	24.8	29.8	28.9	3.0
S12	25.2	31.7	31.8	0.3

2.3. Parametrelerin Belirlenmesi

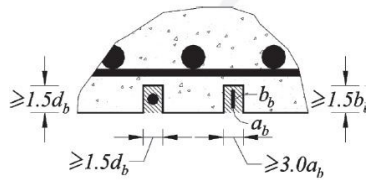
Çalışmada yüzeye yakın monte yöntemi ile güçlendirilen betonarme kolonlarda oluk içerisinde

kullanılan donatı çapı, adedi ve malzeme türünün kolon kapasitesine etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda Sarafraz'ın [8] deneysel çalışmasındaki kolon elemanların kesit ve malzeme özellikleri kullanılarak parametreler incelenmiştir. Parametrelerin dağılımı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Parametrelerin dağılımı

Parametreler	Donatı Çapı (mm)	Donatı Adedi	Malzeme Türü
	10-12-14	2-4	Çelik-GFRP-AFRP

Tablo 2'de verilen parametrelerin dağılımı belirlenirken kolon elemanların yüzeye yakın monte yöntemi ile güçlendirilmesinde kullanılan ACI 440.2R'de [11] verilen sınırlara uyulmuştur. Bu kapsamda oluk genişliğinin/derinliğinin güçlendirme donatısı çapının en az 1.5 katı ve oluklar arası net mesafesinin ise oluk genişliğinin en az 2 katı olması gerekmektedir (Şekil 3).



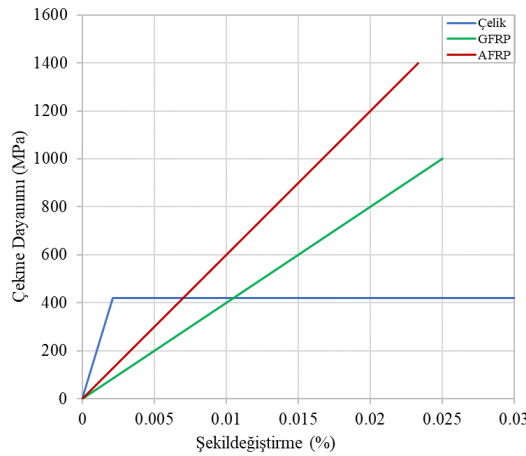
Şekil 3. Minimum oluk boyutları [11]

2.4. Güçlendirme Malzemelerinin Mekanik Özellikleri

Çalışma kapsamında kullanılan güçlendirme malzemelerine ait mekanik özellikler Tablo 3'te, bu malzemelere ait gerilme-şekildeğiştirme diyagramları ise Şekil 4'te sunulmuştur.

Tablo 3. Güçlendirme malzemelerinin mekanik özellikleri [3, 12]

Mekanik Özellikler	Malzeme Türü		
	Çelik [3]	GFRP [12]	AFRP [12]
Çekme Dayanımı (MPa)	420	1000	1400
Elastisite Modülü (MPa)	200000	40000	60000

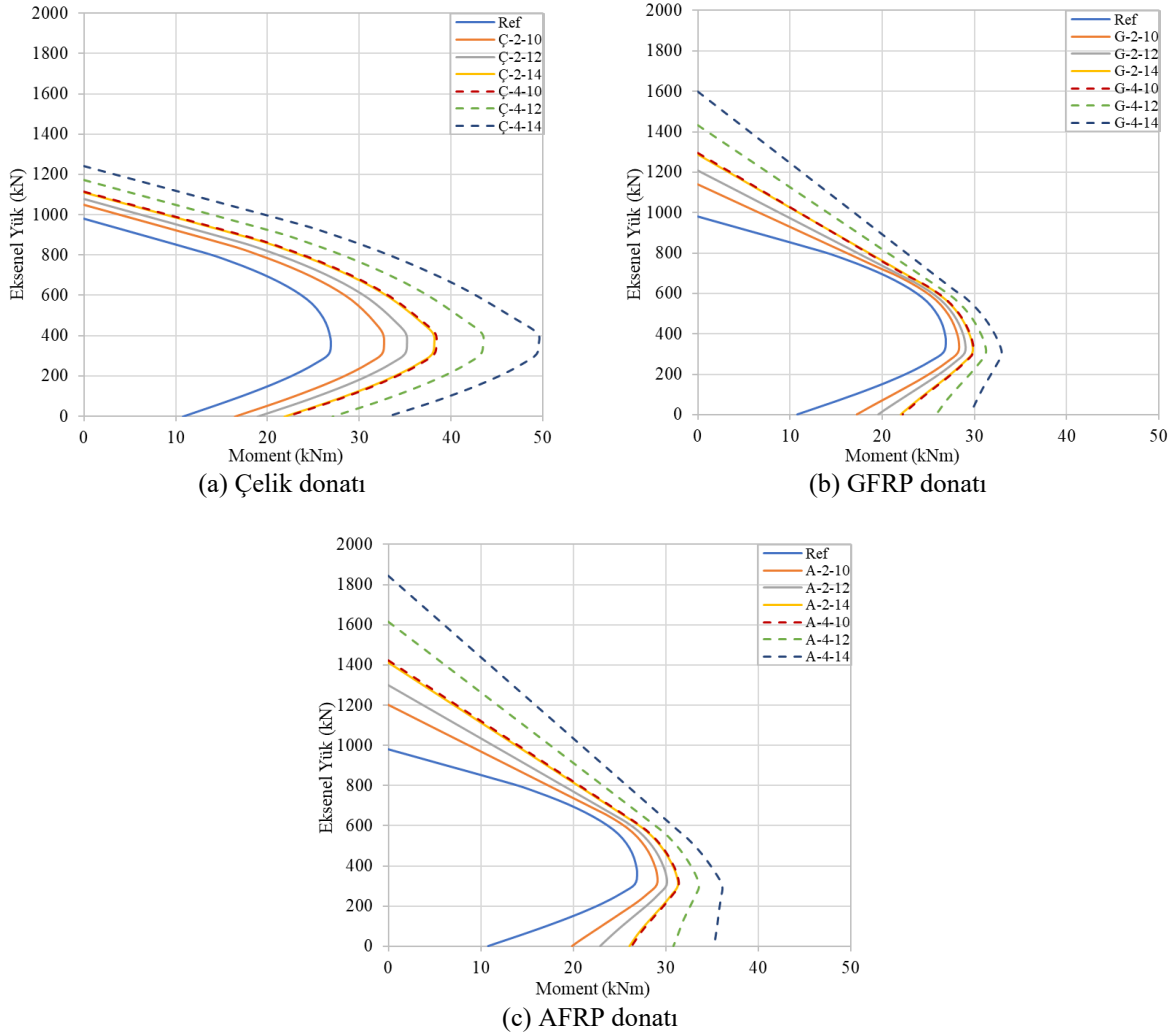


Şekil 4. Güçlendirme malzemelerinin gerilme-şekildeğiştirme diyagramları

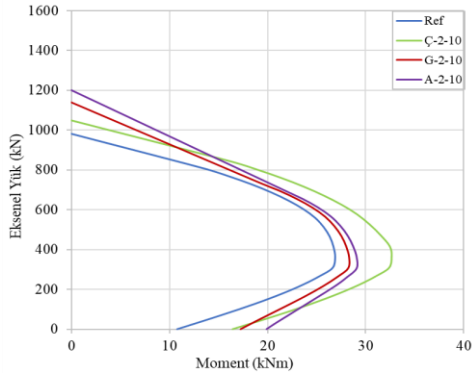
Şekil 4'te verilen diyagramlar incelendiğinde çelik malzeme elastoplastik davranış gösterirken, GFRP ve AFRP malzemeleri ise lineer elastik davranış göstermektedir. Bu nedenle çelik malzemede kırılma sünek olurken, GFRP ve AFRP'de ise kırılma ani olarak gerçekleşmektedir.

3. Analitik Hesap Sonuçları

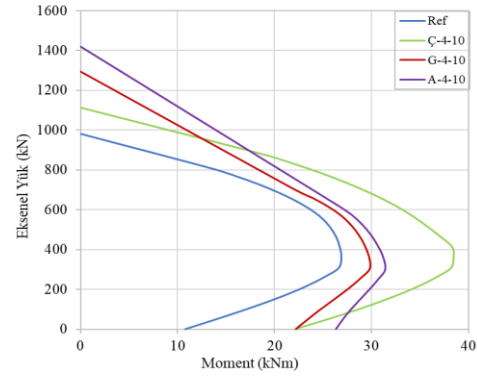
Yapılan analitik hesaplar sonucunda yüze yakın monte yöntemi ile güçlendirilen betonarme kolonların karşılıklı etki diyagramları farklı parametreler dikkate alınarak elde edilmiştir. Bu kapsamda oluk içerisinde kullanılan donatı çapı, adedi ve malzeme türü değiştirilmiştir. Karşılıklı etki diyagramına parametrelerin etkinliğinin anlaşılabilmesi için kıyaslamalı olarak grafikler verilmiştir. Bu kapsamda donatı çapı ve adedinin değişimi Şekil 5'te, malzeme türünün değişimi ise Şekil 6'da kıyaslanmıştır. Şekil 5 ve Şekil 6'da verilen karşılıklı etki diyagramlarının adlandırılmasında Ç harfi "Çelik", G harfi "GFRP", A harfi "AFRP" malzemesinin kısaltmasını, sonra gelen sayılar sırasıyla güçlendirme donatısı adedini ve çapını (mm) ifade etmektedir. Güçlendirilmemiş kesit ise "Ref" kısaltması ile gösterilmiştir.



Şekil 5. Donatı çapı ve adedi değişiminin karşılıklı etki diyagramına etkisi



(a) 2 adet 10 mm güçlendirme donatısı



(b) 4 adet 10 mm güçlendirme donatısı

Şekil 6. Malzeme türü değişiminin karşılıklı etki diyagramına etkisi

4. Tartışma

Analitik hesaplar sonucunda elde edilen karşılıklı etki diyagramlarının yorumlanabilmesi için aksel yükün %15 ve %30 oranlarına karşılık gelen moment kapasitesi değerleri, güçlendirilmemiş kesite göre moment kapasitelerinin yüzdesel değişimleri M_{ref} (%) ile Tablo 4'te donatı çapına, Tablo 5'te donatı adedine, Tablo 6'da ise malzeme türüne bağlı olarak sunulmuştur. Tablolarda tek değişken kullanılarak kıyaslamalar yapılmış ve sıralama yapılırken kesitler yatay çizgilerle gruplara ayrılmıştır. Grup içerisindeki en düşük parametre referans alınarak kendi içerisinde artış yüzdesi M_{ed} (%) hesaplanmıştır. Burada M_{ed} ifadesi gruptaki güçlendirilmiş en düşük moment kapasitesine göre artış yüzdesini göstermektedir. Güçlendirilmemiş kesitte %15 aksel yük oranında moment kapasitesi 19.98 kNm, %30 aksel yük oranında ise 26.40 kNm olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. Moment kapasitelerinin donatı çapına göre değişimi

Kesit Adı	Eksel Yükl Oranı					
	%15			%30		
	M (kNm)	M_{ref} (%)	M_{ed} (%)	M (kNm)	M_{ref} (%)	M_{ed} (%)
Ç-2-10	25.8	28.9	-	32.2	21.9	-
Ç-2-12	28.3	41.6	9.9	34.7	31.5	7.9
Ç-2-14	31.3	56.6	21.5	37.7	42.9	17.2
Ç-4-10	31.5	57.8	-	37.9	43.7	-
Ç-4-12	36.6	83.2	16.1	43.0	63.0	13.4
Ç-4-14	42.6	113.3	35.2	49.0	85.7	29.2
G-2-10	23.3	16.4	-	28.1	6.4	-
G-2-12	24.6	23.0	5.7	28.8	9.2	2.6
G-2-14	26.1	30.5	12.1	29.7	12.5	5.7
G-4-10	26.2	31.0	-	29.8	12.8	-
G-4-12	28.5	42.8	9.0	31.2	18.3	4.9
G-4-14	31.1	55.8	18.9	32.9	24.7	10.6
A-2-10	24.8	23.9	-	28.9	9.6	-
A-2-12	26.6	33.2	7.5	30.0	13.8	3.8
A-2-14	28.7	43.6	15.9	31.3	18.6	8.2
A-4-10	28.8	44.4	-	31.4	19.0	-
A-4-12	32.1	60.6	11.3	33.6	27.2	6.8
A-4-14	35.6	78.4	23.6	36.1	36.6	14.8

Tablo 4'teki değerler incelendiğinde referans numuneye göre uygulanan güçlendirme ile kesit moment kapasitesinde %15 aksenal yük seviyesi için %16 ile %113 arasında, %30 aksenal yük seviyesinde ise %6 ile %85 arasında artış meydana gelmiştir. Çelik malzeme kullanılan kesitlerde güçlendirme donatı çapının 12 mm olması durumunda moment kapasitesinde 1.44, donatı çapının 14 mm olması durumunda ise 1.96 civarında artış meydana gelmiştir. Beklendiği gibi bu oran donatı kesit alan oranı ile aynı olarak karşımıza çıkmaktadır. Benzer oranlar diğer malzeme sınıfları içinde elde edilmiştir. Dolayısıyla sadece donatıdaki çap artışı ile moment kapasitesindeki artış yüzdesi yaklaşık olarak iki katına kadar çıkarılabilmektedir. Güçlendirilmiş numuneler arasında elde edilen artış yüzdeleri kıyaslandığında ise en büyük artış %35.2 ile çelik donatıda meydana gelirken, AFRP ve GFRP donatılarda sırasıyla %23.6 ve %18.9 artış meydana gelmiştir. Sonuçlardan %30 aksenal yük seviyesi için elde edilen momentlerin %15 seviyesindeki momentlerden daha büyük olduğu, ancak artış yüzdelerinin %15 aksenal yük seviyesinde daha fazla olarak ortaya çıktığı görülebilir.

Tablo 5. Moment kapasitelerinin donatı adedine göre değişimi

Kesit Adı	Eksenal Yük Oranı			
	%15		%30	
	M (kNm)	M _{ed} (%)	M (kNm)	M _{ed} (%)
Ç-2-10	25.8	-	32.2	-
Ç-4-10	31.5	22.1	37.9	17.7
Ç-2-12	28.3	-	34.7	-
Ç-4-12	36.6	29.3	43.0	23.9
Ç-2-14	31.3	-	37.7	-
Ç-4-14	42.6	36.1	49.0	30.0
G-2-10	23.3	-	28.1	-
G-4-10	26.2	12.4	29.8	6.0
G-2-12	24.6	-	28.8	-
G-4-12	28.5	15.9	31.2	8.3
G-2-14	26.1	-	29.7	-
G-4-14	31.1	19.2	32.9	10.8
A-2-10	24.8	-	28.9	-
A-4-10	28.8	16.1	31.4	8.7
A-2-12	26.6	-	30.0	-
A-4-12	32.1	20.7	33.6	12.0
A-2-14	28.7	-	31.3	-
A-4-14	35.6	24.0	36.1	15.3

Tablo 5'te elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapılan değerlendirmelerde donatı adedi iki katına çıktığı için moment kapasitesinin referans numuneye göre artış yüzdeleri de iki katına çıkmıştır. Ancak toplam moment kapasitesi açısından incelendiğinde donatı adedinin iki katına çıkması, moment kapasitesini en fazla çelik, GFRP ve AFRP donatılar için sırasıyla %36.1, %19.2 ve %24.0 olarak artışa sebep olmuştur.

Tablo 6. Moment kapasitelerinin malzeme türüne göre değişimi

Kesit Adı	Eksenel Yük Oranı			
	%15		%30	
	M (kNm)	M _{ed} (%)	M (kNm)	M _{ed} (%)
G-2-10	23.3	-	28.1	-
Ç-2-10	25.8	10.7	32.2	14.6
A-2-10	24.8	6.4	28.9	2.8
G-2-12	24.6	-	28.8	-
Ç-2-12	28.3	15.0	34.7	20.5
A-2-12	26.6	8.1	30.0	4.2
G-2-14	26.1	-	29.7	-
Ç-2-14	31.3	19.9	37.7	26.9
A-2-14	28.7	10.0	31.3	5.4
G-4-10	26.2	-	29.8	-
Ç-4-10	31.5	20.2	37.9	27.2
A-4-10	28.8	9.9	31.4	5.4
G-4-12	28.5	-	31.2	-
Ç-4-12	36.6	28.4	43.0	37.8
A-4-12	32.1	12.6	33.6	7.7
G-4-14	31.1	-	32.9	-
Ç-4-14	42.6	37.0	49.0	48.9
A-4-14	35.6	14.5	36.1	9.7

Tablo 6 incelendiğinde çelik donatı için elde edilen moment kapasitesinin diğer malzeme türlerine göre daha yüksek olduğu görülebilir. Bunun nedeni çelik donatının elastisite modülünün daha büyük olmasından dolayı donatıda daha büyük kuvvetlerin ortaya çıkması olarak söylenebilir. Numunenin toplam moment kapasitesi açısından güçlendirilmiş numuneler kıyaslandığında en düşük kapasite GFRP malzemede görülmüştür. Her bir grup için bu numuneye göre artış oranı farklı eksenel yük seviyeleri için incelendiğinde en büyük artışın %37.0 ve %48.9 oranları ile çelik donatıda ortaya çıktığı, AFRP donatıda ise en büyük değerlerin %14.5 ve %9.7 oranında kaldığı görülmüştür.

5. Sonuçlar

Çalışma kapsamında yüzeye yakın monte yöntemi ile güçlendirilen betonarme kolonlarda donatı çapı (10-12-14), adedi (2-4) ve malzeme türü (çelik, GFRP ve AFRP) parametrelerinin karşılıklı etki diyagramına etkisi analitik olarak araştırılmıştır. Kolonların karşılıklı etki diyagramları üzerinden %15 ve %30 eksenel yük oranlarındaki moment kapasiteleri belirlenerek kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

%15 eksenel yük oranında güçlendirilmiş kesitlerin moment kapasiteleri %16.4-113.3, %30 eksenel yük oranında ise %6.4-85.7 arasında değişen oranlarda artmıştır. Güçlendirilmiş kesitlerde %15 ve %30 eksenel yük oranlarında en büyük moment kapasitesi Ç-4-14 kesitinde, en küçük moment kapasitesi ise G-2-10 kesitinde ortaya çıkmıştır.

Çelik malzemenin elastisite modülü GFRP ve AFRP'ye kıyasla daha yüksek olmasından dolayı çekme dayanımına daha düşük şekildeğiştirme değerlerinde ulaşmaktadır. Bu yüzden %15 ve

%30 aksel yük oranlarında çelik malzemenin moment kapasitesine katkısı GFRP ve AFRP donatılı kesitlere göre daha fazla olmuştur.

Karşılıklı etki diyagramlarında saf basınç durumunda AFRP ve GFRP'nin aksel yük kapasitesine katkısı çelik malzemeye göre daha fazladır. Kesitte saf eğilme durumunda AFRP'nin moment kapasitesine katkısı diğer malzemelere kıyasla daha fazladır. Bunun nedeni yüksek çekme dayanımına sahip olmalarıdır.

Güçlendirilmiş kesitlerin moment kapasitesi üzerinde en etkili parametre donatı adedi olarak karşımıza çıkmaktadır. Aksel yük oranının %15'ten %30'a yükselmesi kesitlerin moment kapasitelerini arttırmış ancak moment kapasitelerinin artış yüzdesini azaltmıştır.

Kaynaklar

- [1] Gündoğay A, Tekeli H. Atölye binalarının deprem performansını etkileyen bazı parametrelerin incelenmesi, 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 2018;929-938.
- [2] Gündoğay A, Ulutaş H, Tekeli H. Mevcut atölye binalarının deprem güvenliğinin incelenmesi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 2019;10.2:755-768.
- [3] TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018:1-395.
- [4] Bournas DA, Triantafillou TC. Flexural strengthening of RC columns with NSM FRP or stainless steel. ACI Structural Journal, 2009;106.4:495-505.
- [5] Hasan, QF, Tekeli H, Demir, F. NSM Rebar and CFRP laminate strengthening for RC columns subjected to cyclic loading. Construction and Building Materials, 2016;119:21-30.
- [6] Saljoughian A, Mostofinejad D. Grooving methods in square RC columns strengthened with longitudinal CFRP under cyclic axial compression. Engineering Structures, 2018;174:724-735.
- [7] Khorramian K, Sadeghian P. Performance of high-modulus near-surface-mounted FRP laminates for strengthening of concrete columns. Composites Part B: Engineering, 2019;164:90-102.
- [8] Sarafraz, ME. Flexural Strengthening of RC Columns with Low Longitudinal Steel Ratio using GFRP Bars. International Journal of Concrete Structures and Materials, 2019;13.1:1-11.
- [9] Xing G, Ozbulut OE, Al-Dhabyani MA, Chang Z, Daghash SM. Enhancing flexural capacity of RC columns through near surface mounted SMA and CFRP bars. Journal of Composite Materials, 2020;54.29:4661-4676.
- [10] Ersoy U, Özcebe, G. Betonarme Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Hesap. Evrim Yayınevi: Ankara; 2001.
- [11] ACI 440.2R, Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. American Concrete Institute, Farmington Hills; 2017.
- [12] Dost Kimya, Dost Re-Bar System. <https://www.dostkimya.com.tr/tr/dokumanlar>, 2022.