

Beton Dayanımının Güçlendirilmiş Betonarme Kolonların Davranışına Etkisi

*¹Naci Çağlar, ¹M Nadhr AlOlabi, ¹N Gül Köroğlu, ²İlker Subaşı, ³A Hamdi Serdar

*¹İnşaat Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, 54187 Sakarya, TÜRKİYE
²İnşaat Mühendisliği, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İstanbul Arel Üniversitesi, 34537 İstanbul, TÜRKİYE
³İnşaat Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, 54187 Sakarya, TÜRKİYE

Özet

Türkiye ve İtalya gibi ülkelerde meydana gelen şiddetli depremler sonrası birçok betonarme bina ya yıkılmış ya da oturamaz hale gelmiştir. Bu depremler sonrası yapı elemanlarının ve yapıların güçlendirilmesi çalışmaları hız kazanmıştır. Betonarme kolonların güçlendirilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de betonarme manto kullanılmasıdır. Betonarme manto ile güçlendirilmiş betonarme kolonların davranışını belirlemek amacıyla birçok deneysel ve sayısal çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda güçlendirilmiş betonarme kolonların davranışı incelemekle birlikte mevcut kolonun beton dayanımının güçlendirilmiş betonarme kolon davranışı üzerindeki etkileri pek incelenmemiştir. Bu çalışmada mevcut kolonun beton dayanımı 14-50MPa aralığında değiştirilerek güçlendirilmiş betonarme kolon davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme kolon, güçlendirme, betonarme manto, moment-eğrilik

Effect of Concrete Quality to Response of Strengthened RC Column

Abstract

In countries like Turkey and Italy, after severe earthquakes many of the concrete buildings collapse or become unable to be used. After these earthquakes, the strengthening of structures and structural elements accelerates. One of the widely used methods to strengthen concrete columns is reinforced concrete jacketing. A lot of experimental and numerical studies have been carried out to determine the behavior of strengthened RC columns by jacketing. In these studies, the behavior of the strengthened RC columns was investigated, but the effect of concrete strength of existing columns on the behavior of the strengthened RC columns was not examined well. In this study, existing concrete strength effect on the behavior of the strengthened RC columns was investigated by taking the concrete strength of the existing part in the range of 14-50 MPa,

Key words: Reinforced concrete column, strengthening, jacketing, moment-curvature

1. Giriş

Türkiye'nin önemli bir kısmı aktif bir deprem kuşağında yer almaktadır. Yakın geçmişte ülkemizde meydana gelen birçok şiddetli deprem ciddi şekilde can ve mal kaybına neden olmuştur [1]. Bu can ve mal kayıpları ülkemizdeki betonarme yapıların önemli bir kısmının deprem davranışı açısından yetersizliğini gözler önüne sermiştir. Bu yetersizliklerin başında uygun olmayan sistem tasarımı, donatı düzenleme kusurları, işçilik hataları, düşük dayanımlı beton kullanılması, yetersiz malzeme kullanımı gibi birçok etken bulunmaktadır [2].

Bu tür yapıları yıkıp yeniden yapmak çok maliyetli ve zaman alan bir süreç olmasından dolayı bir diğer tercih de bu yapıların güçlendirilmesidir. Betonarme kolonların güçlendirilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri mantolama tekniğidir. Mevcut betonarme kolonların manto ile güçlendirilmesi betonun yanı sıra çelik elemanlar ve ya fiber takviyeli polimerler kullanılarak da yapılabilir [3]. Ancak son 30 yıldır maliyeti sebebiyle betonarme manto güçlendirme tekniği olarak kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir [4]. Bu yöntemde; mevcut kolonun boyutları artırılarak kolonun aksel yük taşıma kapasitesi, eğilme ve kayma rijitliği ve sünekliği iyileştirilerek deprem yüklerine karşı yeterli güvenlikte olması sağlanmış olur [2].

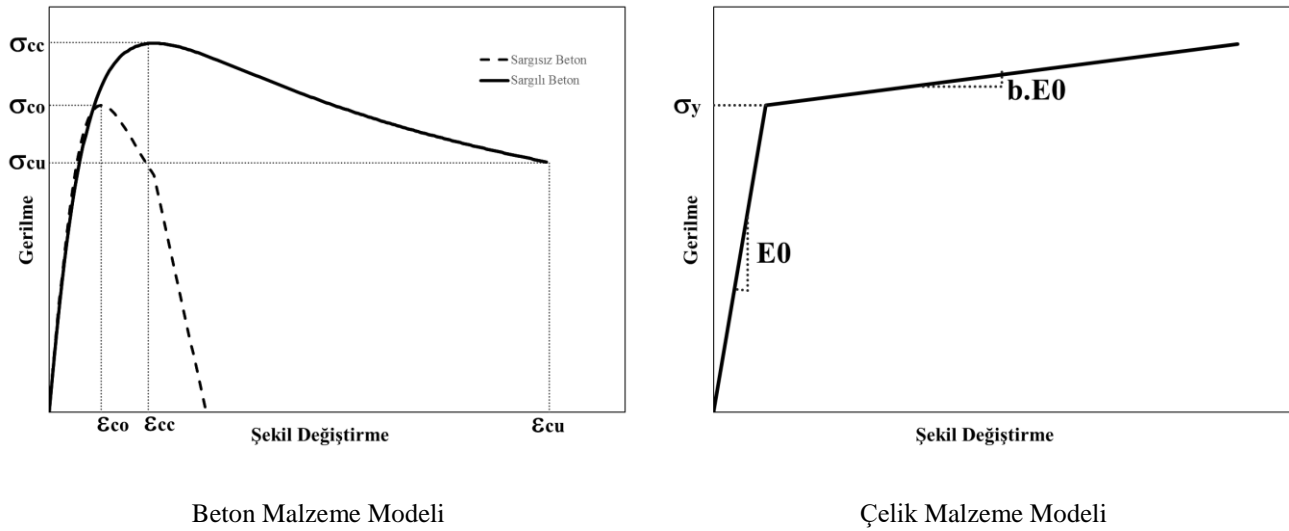
Betonarme manto ile güçlendirilmiş betonarme kolonların davranışını belirlemek amacıyla birçok deneysel çalışma yapılmıştır [2-5].Yapılan bu deneysel çalışmalarda genel olarak manto yapılmamış mevcut kolonlar ile manto yapılmış kolonların aksel yük ve tekrarlı yükleme etkisi altında davranışları incelenmiştir. Mevcut kolonlara yükleme ile hasar verilip ardından manto yapılarak kolonun yükler etkisi altındaki davranışı tekrar gözlemlenmiştir. Deneyler sırasında kolonlara yük verildikten sonra her bir yüzde meydana gelen deplasmanlar hesaplanarak her bir deneye ait yük-birim deformasyon grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen bu verilere göre deney elemanlarının dayanım, dayanım azalması, enerji tüketme kapasitesi, süneklik ve rijitlikleri hakkında değerlendirme yapılmıştır [2]. Bu çalışmalarda mantolama tekniğinin mevcut yapının dayanım ve sünekliğinde önemli iyileşmeler sağlandığı ve depreme karşı betonarme kolonların performansını arttırdığı gösterilmiştir [2-5].

Yapısal veya yapısal olmayan elemanların davranışlarını belirlemenin en gerçekçi yolu deneysel çalışmalardır. Fakat deneysel çalışmalardaki yaşanan sıkıntılar ve oldukça zaman alıcı olması gibi nedenlerle eleman ve yapıların davranışları sayısal analizler yoluyla da yaygın olarak araştırılmaktadır[6-8]. Bu çalışmada Matlab [9] programı yardımıyla yazılan bilgisayar kodu ile betonarme manto ile güçlendirilen betonarme kolonların yatay yük etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Yapılan deneysel ve sayısal çalışmalarda güçlendirilmiş betonarme kolonların davranışı incelenmekle birlikte mevcut kolonun beton dayanımının güçlendirilmiş betonarme kolon davranışı üzerindeki etkileri pek incelenmemiştir. Bu çalışmada mevcut kolonun beton dayanımı 14-50MPa aralığında değiştirilerek güçlendirilmiş betonarme kolon davranışı üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Matlab Tabanlı Kod ve Doğrulanması

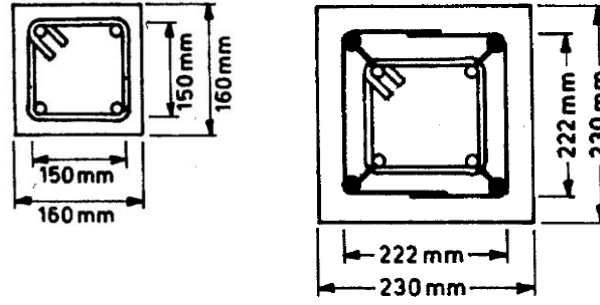
Bu çalışma kapsamında, betonarme manto ile güçlendirilmiş betonarme kolon kesitlerinin moment eğrilik ilişkisini belirlemek amacıyla Matlab programı kullanılarak bir bilgisayar kodu yazılmıştır. Bu bilgisayar kodu ile betonarme kolon kesiti şeritlere bölünerek her bir şeritin (lifin) belirli bir eğrilik durumunda eğilme momentine katkısı belirlenmektedir. Şeritli veya lifli model olarak adlandırılabilen bu hesaplama metodu ile betonarme manto ile güçlendirilmiş betonarme kolon kesitlerinin artan eğriliklere karşılık gelen eğilme momentleri belirlenebilmektedir. Bu metodun (şeritli veya lifli model) betonarme bir kolon kesiti için takip edilmesi gereken işlem adımı detaylarına literatürden ulaşılabilir [8].

Bu bilgisayar kodu ile güçlendirilmiş betonarme kolon kesitlerinin moment-eğrilik ilişkisini gerçekçi bir şekilde belirleyebilmek için malzeme modelleri doğru seçilmelidir. Bu çalışma kapsamında sargılanmamış ve sargılanmış betonlar için Mander beton modeli [10] kullanılmış ve donatı için de donatının akması ve pekleşmesini dikkate alan model kullanılmıştır (Şekil 1).

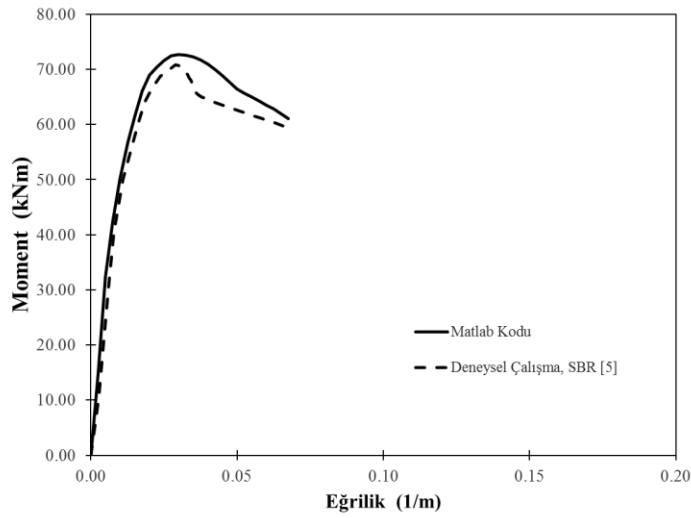


Şekil 1. Matlab tabanlı geliştirilen bilgisayar kodunda kullanılan malzeme modelleri

Bu çalışma kapsamında geliştirilen Matlab tabanlı bilgisayar kodunu doğrulamak amacıyla U.Ersoy ve ark. yapmış oldukları SBR numaralı deney numunesi kullanılmıştır [5]. U.Ersoy ve ark. bu çalışmada mevcut kolonun ve mantolanmış kolonun davranışını incelemiştir. Bu deneyde mevcut kolonun basınç dayanımı 40.3 MPa ve mantonun basınç dayanımı 33.0 MPa olarak alınmıştır. Kolonun kesit boyutları Şekil 2’de gösterilmiştir. Mevcut kolon ve mantoda kullanılan donatı 4φ12 ve donatının akma dayanımı 300 MPa’dır. Mevcut kolonda φ4/100 mm etriye kullanılırken mantoda φ8/200 mm etriye kullanılmıştır. Etriyelerin akma dayanımı 260 MPa olarak alınmıştır [5].



Şekil 2. U.Ersoy ve ark. SBR numaralı deney numunelerinin kesit boyutları ve özellikleri [5]



Şekil 3. Matlab tabanlı bilgisayar kodunun deneysel sonuçlar ile doğrulanması

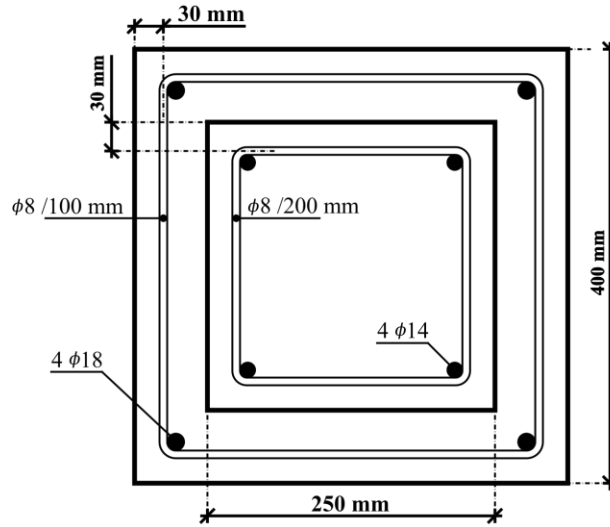
Şekil 3'den de görüldüğü gibi sayısal sonuçlar ile deneysel sonuçlar oldukça yakındır. Dolayısıyla betonarme manto ile güçlendirilmiş betonarme kolon kesitlerinin moment eğrilik ilişkisinin Matlab tabanlı olarak yazılmış olan bu bilgisayar programı ile gerçekçi bir şekilde belirlenebildiği gösterilmiştir.

3. Sayısal Çalışma

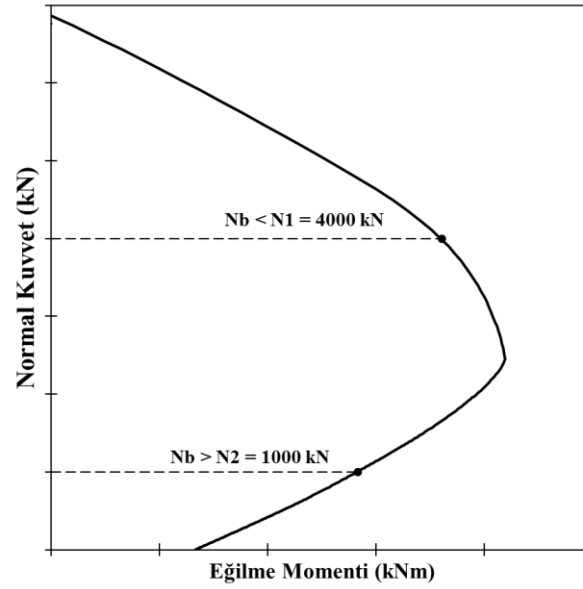
Bu çalışmada, betonarme manto ile güçlendirilmiş betonarme kolonların davranışına mevcut kolonun beton dayanımının etkisini belirlemek üzere parametrik bir çalışma yapılmıştır. Sayısal çalışmalar kapsamında kullanılacak olan güçlendirilmiş betonarme kolon kesiti 400x400 mm boyutlarındadır (Şekil 4). Boyuna donatı mevcut kolonda 4φ14 mantoda ise 4φ18, etriye ise mevcut kolonda φ8/200 mm mantoda ise φ8/100 mm olarak seçilmiştir. Seçilen betonarme kolonun genel özellikleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Seçilen betonarme kolon kesitlerinin genel özellikleri

| | Boyutlar (mm) | Beton Dayanımı (MPa) | Paspayı (mm) | Boyuna Donatı | Etriye | Boyuna Donatı ve Etriyenin Akma Dayanımı (MPa) |
|-------------------|---------------|----------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------------------------------------|
| Mevcut Kolon | 250x250 | 14-20-25-35-50 | 30 | 4 ϕ 14 | ϕ 8/200 mm | 220 |
| Mantolanmış Kolon | 400x400 | 50 | 30 | 4 ϕ 18 | ϕ 8/100 mm | 420 |

**Şekil 4.** Seçilen betonarme kolon kesit boyutları ve özellikleri

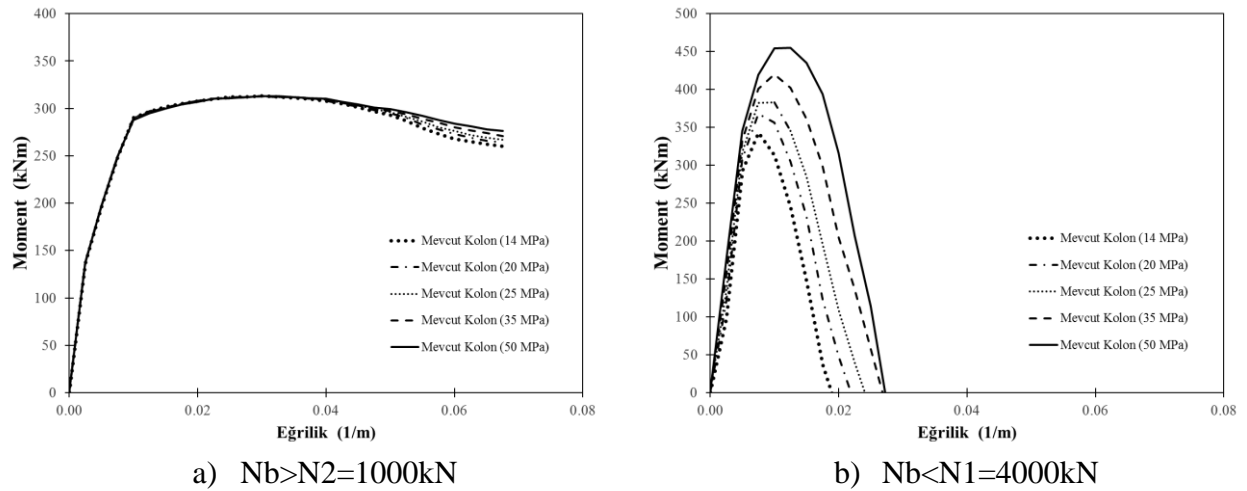
Seçilen güçlendirilmiş betonarme kolonda mantonun beton dayanımı 50MPa değerinde sabit tutulmuş mevcut kolonun beton dayanımı ise 14-20-25-35-50 MPa olacak şekilde değiştirilerek kolon kesitlerinin analizleri yapılmıştır. Bu sayısal analizlerde betonarme kolon kesitlerine etki eden iki farklı ($N_1=4000\text{kN}$ ve $N_2=1000\text{kN}$) aksenal yük değeri dikkate alınarak moment eğrilik ilişkileri belirlenmiştir (Şekil 5). Bu iki değer, dengeli aksenal yük (N_b) değeri ve maksimum aksenal yük (N_{max}) değerine göre seçilmiştir. Maksimum aksenal yük (N_{max}) değeri, mevcut kolonun beton dayanımı 14MPa ve mantonun beton dayanımı 50MPa iken $N_{max}=6080\text{kN}$, mevcut kolon ve mantonun beton dayanımları 50MPa iken ise $N_{max}=8380\text{kN}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. Seçilmiş olan iki normal kuvvet

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, betonarme manto ile güçlendirilmiş betonarme kolonların davranışına mevcut kolonun beton dayanımının etkisini araştırmak amacıyla parametrik bir çalışma yapılmıştır. Mevcut kolonun beton dayanımı 14-50MPa aralığında değiştirilirken betonarme mantonun beton dayanımı 50MPa olarak seçilmiş ve sabit tutulmuştur. Sayısal modellerin analizleri yapılmış ve $N_b < N_1 = 4000 \text{ kN}$ ve $N_b > N_2 = 1000 \text{ kN}$ durumlarına karşılık gelen sonuçlar Şekil 6 da sunulmuştur.



Şekil 6. Betonarme kolon kesitlerinin moment-eğrilik ilişkileri

Şekil 6'daki sonuçlar incelendiğinde, güçlendirilmiş betonarme kolonların davranışına mevcut kolonun beton dayanımının etkisinin eksenel yük seviyesine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi eksenel yük seviyesinin $N < N_b$ olduğu durumlarda mevcut kolonun beton dayanımının güçlendirilmiş betonarme kolon davranışına herhangi bir etkisi yoktur. Fakat eksenel yük seviyesinin $N > N_b$ olduğu durumlarda ise mevcut kolonun beton dayanımının güçlendirilmiş betonarme kolon davranışı üzerinde belirgin bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca beklendiği gibi güçlendirilmiş betonarme kolonun davranışının $N < N_b$ olduğu durumda sünek ve $N > N_b$ olduğu durumda ise gevrek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla sünek davranışın etkin olduğu kolonlarda mevcut kolonun beton dayanımının herhangi bir etkisinin olmadığı ama bununla birlikte gevrek davranışın etkin olduğu kolonlarda ise mevcut kolonun beton dayanımının belirgin bir şekilde güçlendirilmiş betonarme kolonun davranışı üzerinde etkisinin olduğu gösterilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Arslan, M.H. , What Is To Be Learned From Damage And Failure Of Reinforced Concrete Structures During Recent Earthquakes In Turkey?. 1-22, 2006.
- [2] Aykaç, B. , Can, H. , Mantolama Yönteminin Dikdörtgen Kesitli Betonarme Kolonlarda Uygulanabilirliği, 223-229, 2008.
- [3] Vandoros, K.G. , Dritsos, S.E. , Fardis, M.N. , Concrete jacket construction detail effectiveness when strengthening RC columns, 264-276, 2008.
- [4] Bousias, S. , Spathis, A.L. , Fardis, M.N. , Seismic Retrofitting Of Columns With Lap-Splices Via RC Jackets, 2004.
- [5] Ersoy, U., Tankut, T., Suleiman, R. 'Behavior of jacketed columns' ACI Structural Journal, 90 (3): 288-293, 1993.
- [6] Ersoy, U., Özcebe, G. Sarılmış Betonarme Kesitlerde Moment-Eğrilik İlişkisi Analitik bir İrdeleme. İMO Teknik Dergi, 1799-1827, Yazı 129, 1998.
- [7] Aydemir, C. ve Zorbozan, M. Betonarme Kolonların Olası Eğilme Momenti Kapasitelerinin Belirlenmesi İçin Bir Yöntem, İMO Teknik Dergi, 5903-5930, Yazı 376, 2012.
- [8] Sönmez, İ. K. Betonarme Yapı Sistemlerinde Yapısal Performans Düzeyini Belirleyen Bir Bilgisayar Programı Geliştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [9] MATLAB, The Mathworks Inc, 2013.
- [10] J.B. Mander, M.J.N. Priestley, R. Park Theoretical stress-strain model for confined concrete ASCE J Struct Eng, 114 (8) (1988), pp. 1804-1826.