



Perde duvar ile güçlendirmede epoksi kullanım durumu ve ankraj bindirme boyunun betonarme çerçevenin performansına etkilerinin deneysel olarak incelenmesi

Experimental investigation on the use of epoxy in shear wall strengthening and the effects of anchorage lap length on the performance of reinforced concrete frames

Orkun Çelik^{1*}, Orhan Doğan², Mehmet Ali Kalaylı³

¹Milli Savunma Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

orkuncelik@msn.com

²İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye.

odogan67@hotmail.com

³Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

mehalkal777@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 30.06.2025

Düzeltilme Tarihi/Revision: 25.07.2025

doi: 10.5505/pajes.2025.39022

Kabul Tarihi/Accepted: 31.07.2025

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu deneysel çalışmada, piyasada epoksi olarak adlandırılan kimyasal dübel kullanım durumları ile ankraj bindirme boyuna ilişkin detayların belirlenmesi, güçlendirmenin maliyet, iş gücü, zaman ve malzeme kullanımı açısından ekonomiklik sağlayacak standartların ortaya koyulması, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018)'de belirtilen standartlara ilave edilebilecek yeni standartların belirlenmesi amaçlanmıştır. Yatay ve düşey yüklerin etkisine maruz bırakılmak üzere 1/2 ölçekli, 150 cm x 150 cm ebatlarında iki boyutlu toplam altı adet betonarme çerçeve, üç grup olarak deney için hazırlanmıştır. Bu çerçevelerden dört tanesine 42 cm uzunluğundaki ankrajlarla, ankraj derinliği 18 cm olan 6Ø8 ankraj uygulaması ile perde ilavesi yapılmıştır. Diğer iki tanesine ise 20 cm uzunluğundaki ankrajlarla, ankraj derinliği 12 cm olan 6Ø8 ankraj uygulaması ile perde ilavesi yapılmıştır. Tüm çerçeveler için göçme seviyesine ulaştıktan sonra 0.95 P_{max} 'a kadar yükleme yapılarak, üç gruba ayrılmış çerçeveler ile toplam altı adet deney yapılmıştır. Epoksi kullanılmayan deney grubunun, epoksi kullanılan deney grubuna göre; rijitliğin % 6.42 oranında azaldığı, enerji tüketim kapasitesinin % 2.85 oranında azaldığı ve maksimum enerji taşıma kapasitesinin ise % 0.12 oranında arttığı görülmüştür. Güçlendirmede epoksi kullanılmamasının, epoksi kullanımına göre anlamlı bir fark yaratmadığı, ankraj bindirme boyunun ise TBDY-2018'de 10Ø olarak belirtilen ankraj bindirme boyunun en az 15Ø olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, benzer yapısal müdahalelerin mevcut taşıyıcı sistemlere etkisini anlamak açısından önemli veriler sunmaktadır. Ayrıca çalışma, epoksi kullanımının ve ankraj bindirme boyunun deneysel olarak araştırılması ve TBDY-2018 standartlarıyla karşılaştırılması bakımından özgün bir katkı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ankraj donatısı, epoksi, ankraj bindirme boyu, güçlendirme, perde duvar.

Abstract

This experimental study aims to determine the usage conditions of chemical anchors (commonly referred to as "epoxy" in the market) and the details regarding anchorage lap length, establish cost-effective standards for strengthening in terms of cost, labor, time, and material usage, and identify new standards that could be added to the Turkish Building Earthquake Code-2018 (TBDY-2018). For this purpose, a total of six two-dimensional reinforced concrete frames, scaled at 1:2 with dimensions of 150 cm x 150 cm, were prepared in three groups for testing under horizontal and vertical loads. Four of these frames were strengthened with a shear wall addition using 42 cm-long anchors with an embedment depth of 18 cm (6Ø8 anchors), while the remaining two frames were strengthened with 20 cm-long anchors with an embedment depth of 12 cm (6Ø8 anchors). After reaching the collapse level, all frames were loaded up to 0.95 P_{max} , and a total of six experiments were conducted on the frames divided into three groups. The results showed that, compared to the group using epoxy, the non-epoxy group exhibited a 6.42% decrease in stiffness, a 2.85% reduction in energy dissipation capacity, and a 0.12% increase in maximum energy carrying capacity. It was concluded that omitting epoxy in strengthening does not create a significant difference compared to epoxy use, whereas the anchorage lap length—specified as 10Ø in TBDY-2018—should be at least 15Ø. The findings of this study provide critical data for understanding the effects of similar structural interventions on existing load-bearing systems. Moreover, this study provides an original contribution by experimentally investigating the use of epoxy and anchorage lap length, along with their comparison with TBDY-2018 standards.

Keywords: Anchorage, epoxy, anchorage lap length, reinforced concrete, shearwall.

1 Giriş

Betonarmenin yapı teknolojisindeki gelişimi, tarihsel süreçte hem malzeme özelliklerinin anlaşılması hem de tasarım yaklaşımlarının olgunlaşmasıyla paralel bir seyir izlemiştir. Bu gelişim sürecinde, betonarmenin mekanik davranışına ilişkin teorik ve deneysel çalışmalar, yapı güvenliği konusunda yeni

perspektiflerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Özellikle mevcut yapıların performansının iyileştirilmesi, tarihi yapıların korunması ve deprem etkilerine karşı dayanıklılığın artırılması gibi konular, inşaat mühendisliği disiplininin önemli araştırma alanları arasında yerini almıştır[1], [2].

19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren betonarme yapıların yaygınlaşmasıyla birlikte, bu sistemlerin çevresel ve dinamik

*Yazışılan yazar/Corresponding author

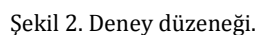
Türkiye’de deprem güvenliği konusundaki yasal düzenlemelerin tarihsel gelişimi incelendiğinde, 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)’in bu alandaki ilk kapsamlı çalışma olduğu görülmektedir[9]. Ancak bu yönetmelik, özellikle mevcut yapıların güçlendirilmesi konusunda yeterli uygulama detaylarını içermemekteydi. Kentsel dönüşüm projelerinin öncelik kazanması, mevcut yapıların güçlendirilmesi çalışmalarının ikinci plana atılmasına neden olmuş ve bu durum deprem riski taşıyan bina stoğunun iyileştirilmesi konusunda önemli bir eksiklik yaratmıştır[8], [10].

Güçlendirme uygulamalarında ankraj ekimi ve perde duvar kullanımı, taşıyıcı sistemlerin performansını artırmak amacıyla sıklıkla tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, TBDY-2018’de belirtilen güçlendirme kriterlerinden özellikle beton dayanımına bağlı ankraj tasarımı (çap, lokasyon, bindirme boyu) ve kimyasal ankraj uygulamalarının yönelik mevcut standartların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, güçlendirme sürecinde maliyet, işçilik, zaman ve malzeme

Kale tarafından gerçekleştirilen deneysel bir çalışmada, 150 cm × 150 cm boyutlarındaki çerçeve elemanlar hem yatay hem de düşey yükler altında test edilmiştir[13].

2 Deneysel çalışma

Figure 1. 3D drawings of the specimens.



2

2.1 Deney hazırlığı

Kale [13] tarafından yapılan çalışmada, altı adet numune, hasar seviyeleri ve deney sürecinde ölçülen deformasyon ile maksimum yük değerleri dikkate alınmadan gruplandırılmıştır. Grupların oluşturulmasında, ulusal ve uluslararası literatürdeki benzer çalışmalar referans alınarak belirli kriterler esas alınmıştır.

Chrysostomou ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Avrupa Birliği Ortak Araştırma Merkezi (JRC) bünyesindeki ELSA Laboratuvarı'nda (Avrupa Yapısal Değerlendirme Laboratuvarı), betonarme çerçeve sistemlerin deprem performansının iyileştirilmesine yönelik deneysel bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, İspanya/İtalya'da bulunan tesislerde, çok katlı ve çok açıklıklı bir betonarme yapı örneği üzerinde 3B testler yapılarak sismik güçlendirme yöntemlerinin etkinliği analiz edilmiştir[14], [15].

Çelik tarafından yapılan çalışmada, yığma binalardaki ankrajların kesme ve çekme dayanımlarını belirlemek amacıyla yenilikçi iki farklı levha tasarımı geliştirilmiştir. Bu kapsamda, üç farklı yığma binada 21 kesme ve 36 çekme deneyi gerçekleştirilmiş, testlerde özel olarak tasarlanan kesme ve çekme levhaları kullanılmıştır. Deney düzeneklerinde, duvar yüzeyi ile hidrolik kriko arasına yerleştirilen bu levhalar sayesinde ankrajların performansı ölçülmüştür. Çalışmada ayrıca, ankraj çapı ve gömme derinliğinin maksimum kesme ve çekme kapasitesi üzerindeki etkisi analiz edilmiş, bu parametreler arasındaki ilişki ortaya konulmuştur[16], [17].

Zıvrallı tarafından yapılan çalışmada, mevcut bir betonarme yapının kolonlarında kimyasal dübel ile ankrajlanan donatıların çekme performansı deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, farklı çaplardaki (Ø10, Ø12, Ø14 ve Ø16) ve değişken gömme derinliklerindeki (5 cm, 10 cm ve 15 cm) donatılar altılı gruplar halinde test edilmiştir. Her grupta, üç adet tam sıyrılmalı ve üç adet kısmi sıyrılmalı ankraj olmak üzere toplam altı numune çekme deneyine tabi tutulmuştur. Yapının beton dayanımını belirlemek amacıyla kolonlardan alınan 11 adet karot örneği üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, ankraj çapı ve gömme derinliği gibi parametrelerin maksimum çekme kuvveti üzerindeki etkileri, mevcut beton dayanımı dikkate alınarak analiz edilmiştir[18].

Değirmenci ve ark. tarafından yapılan çalışmada, kimyasal ankrajların mevcut betonarme yapı elemanları ile yeni taşıyıcı sistem bileşenlerinin entegrasyonunda en pratik uygulama yöntemlerinden biri olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, bu ankrajların performansının; kullanılan bağlayıcı malzemenin özellikleri, delik hazırlık aşamasında temizlik kriterlerine uyum ve betonun basınç dayanımı gibi parametrelerden önemli ölçüde etkilendiği vurgulanmıştır. Bu çalışmada, kimyasal ankraj sistemlerinin davranışını inceleyen mevcut literatür çalışmaları analiz edilerek dayanım üzerinde etkili olan temel değişkenler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, bağlayıcı türü ve delik temizliğinin ankraj kapasitesini belirlemede diğer faktörlere kıyasla daha belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, ankraj derinliği ve beton dayanımının belirli bir eşik değerine kadar anlamlı bir katkı sağladığı, ancak bu sınırın ötesinde etkinin önemsiz düzeyde kaldığı tespit edilmiştir[19].

Karadağlı tarafından yapılan çalışmada, DBYBHY-2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerindeki değişikliklerin betonarme güçlendirme uygulamalarına etkisi detaylı olarak incelenmiştir. DBYBHY-2007'de donatı ankraj çapı Ø12 ve kimyasal dübel

derinliği 15 cm olarak öngörülürken, TBDY 2018 ile donatı çapının Ø16'ya çıkarıldığı belirtilmiştir. Ancak Türkiye'deki mevcut bina stokunun düşük beton dayanımı (fck) ve sahada karşılaşılan uygulama zorlukları, bu değişikliklerin pratikteki etkinliğini sorgulanır hale getirmektedir. Bu bağlamda çalışmada, karakteristik dayanımları 4.51, 10, 15 ve 20 MPa olan beton numunelerine, Ø8, Ø10, Ø12 ve Ø14 çaplarında ve 8, 10, 12, 14 cm derinliklerinde toplam 192 adet kimyasal ankraj uygulanarak çekme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan tam sıyrılmalı çekme testleri sonucunda; ankraj çapı, derinliği ve beton dayanımı arttıkça çekme performansının da anlamlı şekilde yükseldiği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinde güçlendirilmiş olmasına rağmen bazı betonarme perdelerin düzlem dışı devrilerek taşıyıcılık fonksiyonunu kaybettiği vurgulanmıştır. Bu bulgular, mevcut güçlendirme tekniklerinin deprem performansı açısından yeniden değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Söz konusu araştırma, özellikle düşük dayanımlı betonlarda ankraj detaylarının optimizasyonu için önemli veriler sunmaktadır[20].

Çırak ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, kimyasal ankrajlar, farklı zamanlarda imal edilen yapı elemanlarının arasındaki yük aktarımını sağlamak amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu ankrajların önemli bir bölümünün kayma etkilerine maruz kalması nedeniyle, ankrajların kayma yükleri altında gösterdikleri davranışların incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, çalışmada, yapı elemanlarının arasındaki yük transferini sağlayan ankrajların kesme davranışlarının belirlenmesi amacıyla, çeşitli mühendislik disiplinlerinde sıkça tercih edilen ANSYS yazılımı kullanılarak doğrusal olmayan modeller geliştirilmiştir. Ayrıca, modelde kullanılan parametrelerde yapılan değişikliklerin sonuçlara olan etkisi detaylı şekilde araştırılmıştır. Sonuçlar, aynı model üzerinde bazı parametrelerde küçük değişiklikler yapıldığında, çok farklı sonuçların ortaya çıkabildiğini göstermektedir[21].

Çalışmamızda, yukarıda belirtilen çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında, ankraj ekiminde kimyasal dübel (epoksi) kullanılmasını temsilen iki adet numune, çalışmamız için modellenmiş ankraj ekiminde epoksi kullanılmamasını temsilen iki adet numune ve ankraj bindirme boyunu temsilen iki adet numune oluşturulmuştur. Deney grupları C10 beton dayanımına göre, önceki deneydeki hasar durumlarına bakılmaksızın belirlenmiştir.

2.1.1 Deney gruplarının belirlenmesi

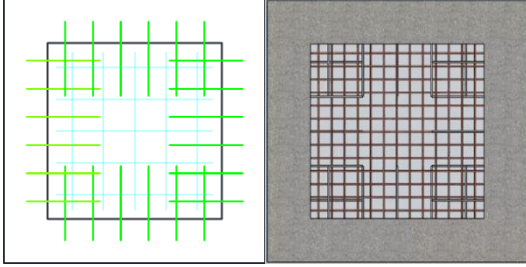
İncelenen literatür çerçevesinde, C ve D grubu olmak üzere iki adet deney grubu oluşturulmuştur. C grubu da kendi içerisinde, ankraj ekiminde epoksi kullanılan C₁ grubu ile epoksi kullanılmayan C₂ grubu olmak üzere ankraj yerleşimi ve ankraj özellikleri aynı olan iki grup oluşturulmuştur. D grubu ise ankraj bindirme boyu grubu olarak oluşturulmuştur. Her bir grup için iki adet numune olacak şekilde toplam altı adet numuneye ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Deney gruplarına ilişkin bilgiler.
Table 1. Information about experiment groups.

Grubu	Grup Notasyonu	Numune Sayısı	Beton Dayanımı	Ankraj Delik Derinliği (cm)	Ankraj Bindirme Uzunluğu (cm)	Kolon ve Kirişlerde Kullanılan Ankraj Çapı ve Sayısı
Epoksi Kullanım Durumu	C ₁	2	C10	12	42	6Ø8
	C ₂	2	C10	12	42	6Ø8
Ankraj Bindirme Boyu	D	2	C10	12	20	6Ø8
Toplam Numune Sayısı		6				

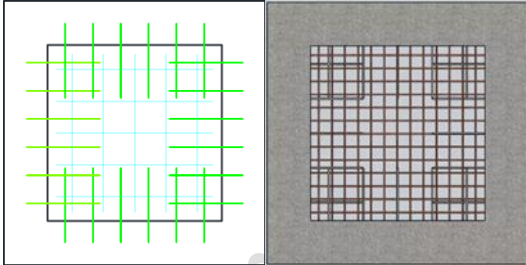
2.1.2 Numunelerin hazırlanması

C₁, C₂ ve D deney gruplarında kullanılan numuneler, Kale'nin çalışmasında boş çerçeve grubundan seçilen numunelerdir. Çerçevelerin, perde imalatı amacıyla beton dökülmeden önceki durumlarını gösteren çizimler Şekil 3-5'te gösterilmiştir.



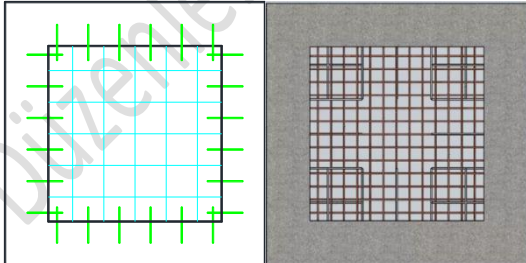
Şekil 3. C₁ grubu numunelerin ankraj çizimleri.

Figure 3. Anchor drawings of the C₁ group specimens.



Şekil 4. C₂ grubu numunelerin ankraj çizimleri.

Figure 4. Anchor drawings of the C₂ group specimens.

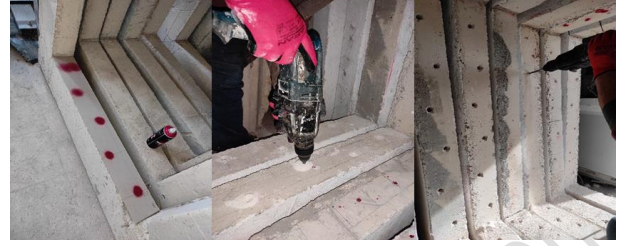


Şekil 5. D grubu numunelerin ankraj çizimleri.

Figure 5. Anchor drawings of the D group specimens.

Numuneler delinmeden önce, belirlenen tasarıma göre üzerinde delik yerleri belirtilen şablon hazırlanmış, şablon ve kırmızı sprey boya yardımıyla delik yerleri işaretlenmiştir (Şekil 6). Açılan delikler, tek bir sıra yerine çapraz ve şaşırtmalı

olarak delinmiştir. Daha sonra numuneler, ankrajların ekilmesi için laboratuvar ortamında zemine yerleştirilmiştir.



Şekil 6. Numunelere deliklerin delinmesi.

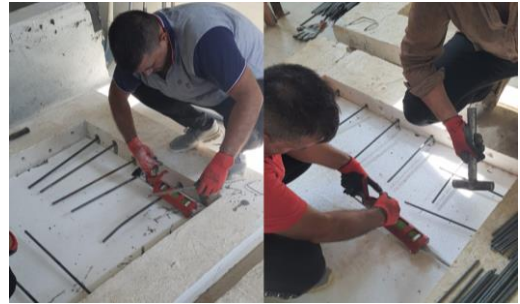
Figure 6. Drilling holes on the specimens.

Çerçevelerde beton tutuculuğunu arttırmak için ankrajların orta akslarına gelecek şekilde Q131/131 mm tipinde, 15 cm x 15 cm göz aralığında, 5 mm çapında ve yaklaşık 90 cm x 90 cm ebadında çelik hasır kullanılmıştır.

Ankraj delikleri ile ilgili olarak elektrikli el matkabı yardımıyla;

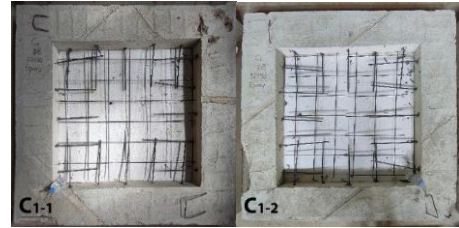
- C₁ grubunda Ø8 ankraj çubukları için 12 mm çapında uç ile 12 cm derinliğinde, her bir kolonda altı adet, her bir kirişte altı adet olmak üzere 24 adet,
- C₂ grubunda Ø8 ankraj çubukları için 12 mm çapında uç ile 12 cm derinliğinde, her bir kolonda altı adet, her bir kirişte altı adet olmak üzere 24 adet,
- D grubunda Ø8 ankraj çubukları için 12 mm çapında uç ile 12 cm derinliğinde, her bir kolonda altı adet, her bir kirişte altı adet olmak üzere 24 adet delik delinmiştir.

Ankraj ekimi öncesinde, perde duvarın modellenen perde duvara uygun olarak imal edilmesi için ankraj ekimi öncesinde 50 cm x 100 cm ebadında 25 mm kalınlığında iki adet ekspande polistiren (EPS) yerleştirilmiştir. Şekil 7'de görülen ankraj ekimi işleminde MEMOCHEM STE-410 ve NORTHFIX 410 kimyasal dübel (epoksi) kullanılmıştır [22].



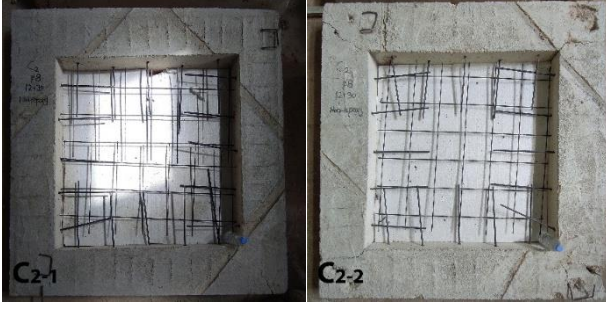
Şekil 7. Ankrajların ekilmesi.

Figure 8. Embedment of anchors.



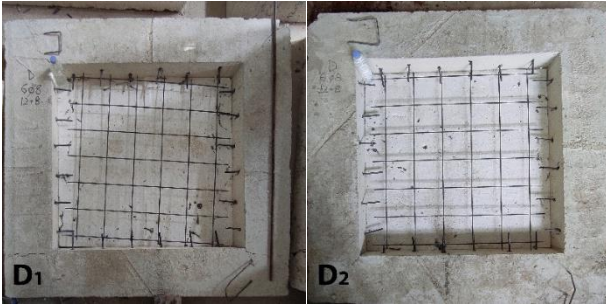
Şekil 9. Ankraj ekimi tamamlanan C₁ grubu.

Figure 8. Completed anchorage embedment (C₁ group).



Şekil 10. Ankraj ekimi tamamlanan C₂ grubu.

Figure 9. Completed anchorage embedment (C₂ group).



Şekil 11. Ankraj ekimi tamamlanan D grubu.

Figure 10. Completed anchorage embedment (D group).

Çerçevelerin ankraj ekimi ve hasır yerleştirme işlemleri tamamlandıktan sonra C30/37 hazır beton dökülerek çerçevelerin perde beton imalatı tamamlanmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Perde duvar imalatlarının tamamlanması.

Figure 11. Completion of shear wall constructions.

Perde için dökülen betonun basınç dayanımlarının tespiti için beton dökülme aşamasında hazır betondan, 15 x 15 x 15 cm'lik küplere TS EN 12390-2 (2019)'ye uygun olarak dayanım tespiti amacıyla, Çelik'in diğer çalışmasındaki [23] 6 adet çerçeve ile birlikte toplam 12 adet çerçeve için 12 adet beton numunesi alınmıştır. Alınan küp numunelerinden 9 adedi deney gününe kadar laboratuvar ortamında diğer numuneler ile birlikte muhafaza edilmiştir. Diğer üç küp numune ise beton dökümünün ardından 24 saat sonra prizini aldıktan sonra küp kalıplardan çıkarılarak TS EN 12390-2 (2019)'e göre 28 gün boyunca 20±2 °C kür havuzunda küre tabi tutulmuştur. Hazır betonun 1 m³ beton için karışım oranları, beton üretim tesisinden temin edilerek Tablo 2'de verilmiştir.

28. gün sonunda kür havuzundan çıkarılan numuneler, kuruduktan sonra TS EN 12390-3 (2019)'e uygun olarak XXXXXX Üniversitesi İnşaat Mühendisliği ABD Malzeme Laboratuvarında bilgisayar kontrollü pres makinası yardımıyla

sabit yükleme altında tek eksenli basınç dayanım testine tabii tutulmuştur. 28 gün boyunca suda bekletilen küp numunelerinin küp dayanım testi sonuçlarının ortalaması ve silindirik basınç dayanımına dönüştürülmesi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Deney elemanlarında kullanılan 1 m³ beton için karışım oranları.

Table 2. Mix proportions for 1 m³ of concrete used in test specimens.

Betonda Kullanılan Malzemeler	Ağırlık (kg)	Oranı (%)
Çimento (CEM II/A-LL 42.5R)	365.00	15.51
Kırma Kum	988.00	41.98
İri Agrega (5-11 mm)	812.00	34.41
Su	185.00	7.87
Katkı	5.11	0.23
Toplam	2 355.00	100.00

Tablo 3. 28 gün suda bekletilmiş numunelerin basınç dayanım değerleri.

Table 3. Compressive strength values of 28-day water-cured specimens.

Küp Numuneleri	Basınç Dayanımı, f_{ck} (MPa)		
	28 Günlük Suda Bekletilmiş (Küp)	28 Günlük Suda Bekletilmiş Küp (Ortalama)	28 Günlük Suda Bekletilmiş Silindir (Ortalama) $0.85f_{ck}$
1	35.17		
2	34.55	34.91	29.67
3	35.01		

Deney gününe kadar (64.gün) laboratuvar ortamında deney numuneleri ile aynı koşullarda muhafaza edilen küp numunelerinin küp dayanım testi sonuçlarının ortalaması ve silindirik basınç dayanımına dönüştürülmesi Tablo 4'te verilmiştir. Laboratuvar ortamında muhafaza edilen küp numunelerinin silindirik basınç dayanımları, yapılan betonarme hesaplarda tasarım basınç dayanımı olarak kullanılmıştır.

Tablo 4. Küp numunelerinin basınç dayanım değerleri ve elastisite modülü.

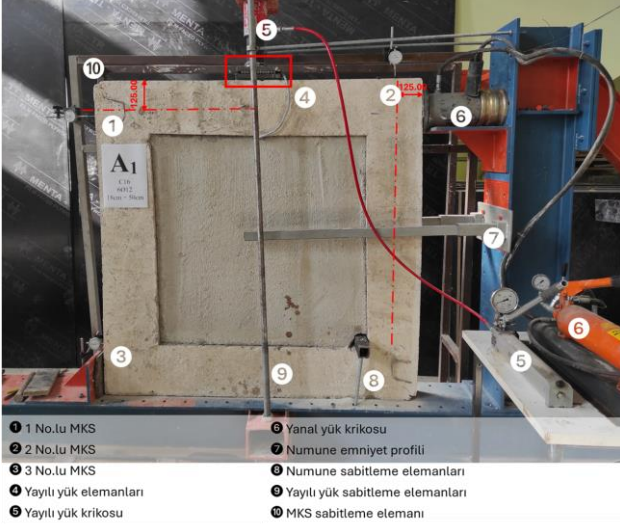
Table 4. Compressive strength values and modulus of elasticity of cube specimens.

Küp Numuneleri	Basınç Dayanımı, f_{ck} (MPa)			Deney Günü Elastisite Modülü, E_c (MPa)
	Deney Günü, 64. Gün (Küp)	Deney Günü, 64. Gün, Küp (Ortalama)	Deney Günü, 64. Gün, Silindir (Ortalama)	
1	32.18			
2	31.43			
3	33.31			
4	31.95			
5	31.57	32.31	27.47	32474.88
6	32.44			
7	31.81			
8	33.45			
9	32.69			

2.1.3 Deney düzeneğinin hazırlanması

Şekil 2'deki deney düzeneği, betonarme çerçevenin yatay ve düşey yükler altındaki davranışını incelemek amacıyla Şekil 13'de belirtilen ekipmanlarla kurulmuştur.

Deformasyon kaynaklı yer değiştirmelerin ölçümünde, Şekil 13'de 1, 2 ve 3 numaralarla gösterilen üç mekanik komparatör saati (MKS) kullanılmıştır. Yük uygulaması, düşey doğrultuda 10 ton kapasiteli itmeli el kontrollü hidrolik krika (5 numara) ve yatay doğrultuda 40 ton kapasiteli çift etkili hidrolik krika (6 numara) ile gerçekleştirilmiştir. Krika kuvvetlerinin ölçümü, sistemde bulunan manometreler yardımıyla yapılmıştır.



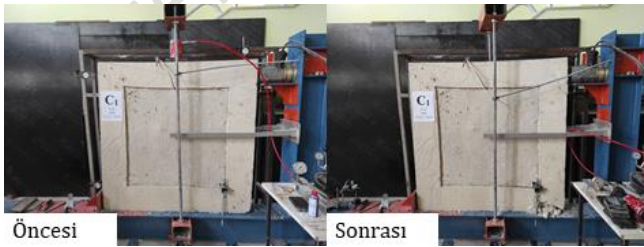
Şekil 13. Deney düzeneği ekipmanları. Fotoğraftaki açıklamalar değiştirilmiştir.

Figure 12. Experiment setup equipments.

Deney sürecinde, tüm katılımcılar iş güvenliği protokollerine uygun olarak eldiven, baret, koruyucu gözlük ve toz maskesi gibi kişisel koruyucu ekipmanları kullanmıştır. Bu önlemler sayesinde deneyler güvenli bir ortamda gerçekleştirilmiş ve olası kazaların önüne geçilmiştir.

2.2 Deneylerin yapılması

Çalışma kapsamında yapılan deneylerde, çerçevenin uğradığı ilk deformasyonundan sonra ikinci çalışmada deformasyonun devam ettiği kabul edildiğinden dolayı elde edilen deformasyon verilerine çerçevenin ilk deneydeki maksimum deformasyon verisi eklenerek deformasyon verileri elde edilmiştir. Deneye tabi tutulan C₁₋₁ numunesinin önceki ve sonraki hali Şekil 14'tedir.



Şekil 14. C₁ grubu 1. numunesinin deneyleri.

Figure 13. Tests of specimen No. 1 from C₁ group.

3 Bulgular ve değerlendirme

Kale'nin çalışmasında [13] elde ettiği veriler ile çalışma kapsamında yapılan deneylerde elde edilen verilerden rijitlik (K), maksimum taşıma kapasitesi (P_{max}), ve %95 P_{max} değerine göre enerji tüketim kapasitesi (W) değerleri incelenmiştir.

Rijitlik için eğimin hesaplanabilmesi için;

- Kale'nin çalışmasında kullanılan çerçeveler için referans noktası olarak;
 - D₁, D₂ numuneleri için 8 mm,
 - C₁₁, C₁₂, C₂₁, C₂₂ numuneleri için 15 mm deformasyona karşılık gelen yük miktarı,
- Çalışmada güçlendirilerek kullanılan çerçeveler için referans noktası olarak;
 - C₁₁, C₁₂, C₂₁, C₂₂, D₁, D₂ numuneleri için 40 mm deformasyona karşılık gelen yük miktarı tespit edilmiştir. Referans noktaları esas alınarak, yük-deformasyon oranı (P/∂_{ref}) ile eğim hesaplanmıştır.

Deneylerde elde edilen veriler, rijitlik (K), maksimum taşıma kapasitesi (P_{max}) ve P_{max} değerinin %95'i için enerji tüketim kapasitesi (W) bakımından karşılaştırmalar yapılarak deney sonuçları değerlendirilmiştir.

C₁, C₂ ve D deney grupları için yüklemeler, maksimum yüke (P_{max}) ulaştıktan sonra P_{max} 'ın %95'ine kadar devam ettirilmiş ve deneyler sonlandırılmıştır.

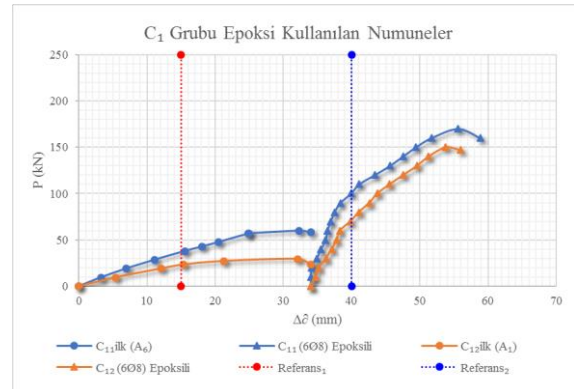
3.1 Ankras ekiminde epoksi kullanım durumu (C) grubu numuneleri sonuçlarının değerlendirilmesi

C₁ ve C₂ deney grupları, Kale'nin çalışmasında kullandığı tek tarafından düzlem dışı çelik lama ile güçlendirilerek ankrajda kesme performansı incelenmiş çerçevelerden oluşturulmuştur. C₁ ve C₂ deney grupları için yüklemeler, maksimum yüke (P_{max}) ulaştıktan sonra P_{max} 'ın %95'ine kadar devam ettirilmiş ve deneyler sonlandırılmıştır.

C₁ ve C₂ grubu için, referans noktası olarak belirlenmiş 15 mm ve 40 mm deformasyonlarına karşılık gelen yük miktarı, belirlenen referans değerlerine oranlanarak rijitlik değerine karşılık gelen eğim ($K=P/\partial_{ref}$) hesaplanmıştır.

3.1.1 C₁ grubu numunelerinin sonuçlarının değerlendirilmesi

C₁ grubu numunelerinin deney sonuçlarından oluşturulmuş grafik Şekil 15'tedir.



Şekil 15. C₁ grubu numuneleri yük-deformasyon grafiği.

Figure 14. Load-deformation graph of C₁ group specimens.

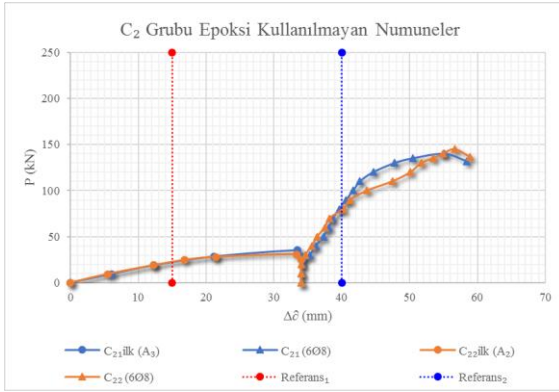
Rijitlik (K) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, rijitliğin C₁₋₁ numunesi için %619.78 oranında arttığı, C₁₋₂ numunesi için %703.42 oranında arttığı görülmüştür.

Maksimum taşıma kapasitesi (P_{max}) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum taşıma kapasitesinin C₁₋₁ numunesi için %184.52 oranında arttığı, C₁₋₂ numunesi için %412.82 oranında arttığı görülmüştür.

Enerji tüketim kapasitesi (W) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum tüketim kapasitesinin C₁₋₁ numunesi için %117.41 oranında arttığı, C₁₋₂ numunesi için %183.21 oranında arttığı görülmüştür.

3.1.2 C₂ grubu numunelerinin sonuçlarının değerlendirilmesi

C₂ grubu numunelerinin deney sonuçlarından oluşturulmuş grafik Şekil 16'dır.



Şekil 16. C₂ grubu numuneleri yük-deformasyon grafiği.

Figure 15. Load-deformation graph of C₂ group specimens.

Rijitlik (K) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, rijitliğin C₂₋₁ numunesi için %851.12 oranında arttığı, C₂₋₂ numunesi için %810.83 oranında arttığı görülmüştür.

Maksimum taşıma kapasitesi (P_{max}) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum taşıma kapasitesinin C₂₋₁ numunesi için %297.16 oranında arttığı, C₂₋₂ numunesi için %369.26 oranında arttığı görülmüştür.

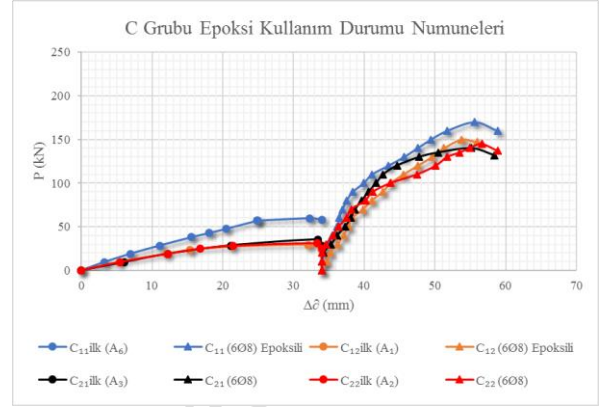
Enerji tüketim kapasitesi (W) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum tüketim kapasitesinin C₂₋₁ numunesi için %200.73 oranında arttığı, C₂₋₂ numunesi için %222.94 oranında arttığı görülmüştür.

3.1.3 C grubu karşılaştırılması

C₁ ve C₂ grubu numunelerinin deney sonuçlarından oluşturulmuş grafik Şekil 17'dir.

Genel olarak, C grubu numunelerinin çalışma öncesindeki yük-deformasyon grafiğine bakıldığında, C₁₋₁ numunesi Kale'nin çalışmasında referans numune olmasından dolayı yük değerleri diğer numunelere göre yüksek olmasına rağmen deformasyon değerlerinin uyumlu olduğu, diğer numunelerin ise yük-deformasyon miktarlarının benzer davranış gösterdiği görülmüştür. Ankrajların epoksiyle çerçeveye sabitlenmesi ile ilgili olarak, 608 olarak tasarlanan C₁ grubu numuneleri ile 608 olarak tasarlanan C₂ grubu numunelerine ilişkin deney

sonuçları incelendiğinde rijitlikle ilgili olarak, C₁ grubunun rijitlik ortalamasının 14.84 kN/mm, C₂ grubunun rijitlik ortalamasının 13.89 kN/mm olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, gruplar arası rijitlik karşılaştırıldığında, çalışma için 608 olarak modellenen C₂ grubunun rijitliğin %6.42 oranında azaldığı görülmektedir. Rijitlik tek başına değerlendirildiğinde, rijitliğin azalması yanal yüklerin etkisi altında deformasyonda artış olarak değerlendirilebilir.



Şekil 17. C grubu numunelerinin yük-deformasyon grafiği.

Figure 16. Load-deformation graph of C group specimens.

Maksimum taşıma kapasitesi bakımından incelendiğinde, C₁ grubunda yapılan perde duvar güçlendirmesinde, çerçevelerin ortalama 119.27 kN kadar maksimum taşıma kapasitesinde artış gösterdiği, C₂ grubunda ise 115.88 kN kadar maksimum taşıma kapasitesinde artış gösterdiği, C₁ ve C₂ grupları karşılaştırıldığında ise epoksi kullanılan C₁ grubuna göre C₂ grubunun maksimum taşıma kapasitesinin %2.85 oranında azaldığı görülmektedir.

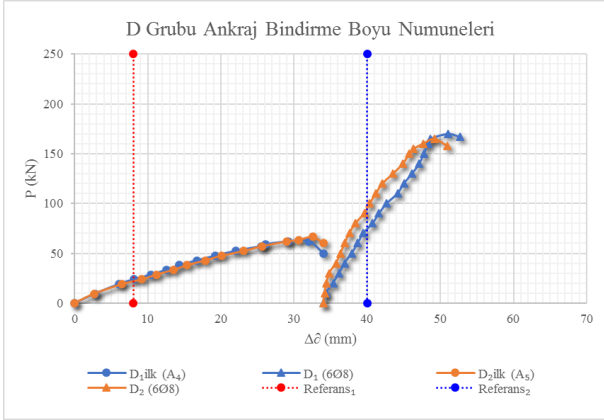
Enerji tüketim kapasitesi bakımından incelendiğinde, C₁ grubunda yapılan perde duvar güçlendirmesinde, çerçevelerin ortalama 2202.17 kN.mm enerji tüketim kapasitesinde artış gösterdiği, C₂ grubunda ise 2204.80 kN.mm kadar enerji tüketim kapasitesinde artış gösterdiği, C₁ ve C₂ grupları karşılaştırıldığında ise epoksi kullanılan C₁ grubuna göre C₂ grubunun enerji tüketim kapasitesinin %0.12 oranında arttığı görülmektedir. Bu artışın, oran açısından ihmal edilebilecek bir düzeyde olduğu değerlendirilmektedir.

C grubu rijitlik, maksimum taşıma kapasitesi ve enerji tüketim kapasitesi ile birlikte değerlendirildiğinde, C₁ ve C₂ gruplarında yapılan perde duvar ile güçlendirmenin birbirine yakın performans gösterdiği görülmektedir. Ancak uygulama açısından bakıldığında her ne kadar çalışma için ankrajların ekimi laboratuvar ortamında ve düzleme yatay olacak şekilde yapılmış olsa da uygulamada epoksi kullanımının kolon ve döşemeye ekilen ankrajlarda kolay olduğu, kırımlarda ise düşey olarak ankraj deliğine epoksinin uygulanmasından hemen sonra ankrajın ekilmesi gerektiği, bu süre içerisinde delik içine uygulanan epoksinin, düşeyde akışkanlığı sebebiyle kolon ve döşemelerdeki kadar tutuculuğunun olmadığı bilinmektedir.

Çalışmada, tek bir çerçeve içerisine uygulanan perde duvarın çok katlı bir yapıda katlarda uygulandığı göz önüne alındığında, ekilecek ankraj çapından 4 mm daha geniş delikler açılıp ankrajların bir çekiç yardımıyla çakılarak uygulanmasının uygun olacağı, bununla birlikte epoksi kullanılmamasının maliyet, zaman ve iş gücü açısından ekonomiklik sağlayacağı değerlendirilmektedir.

3.2 Ankraj bindirme boyu (D) grubu numuneleri sonuçlarının değerlendirilmesi

D grubu numunelerinin deney sonuçlarından oluşturulmuş grafik Şekil 18'dedir.



Şekil 18. D grubu numunelerinin yük-deformasyon grafiği.

Figure 17. Load-deformation graph of D group specimens.

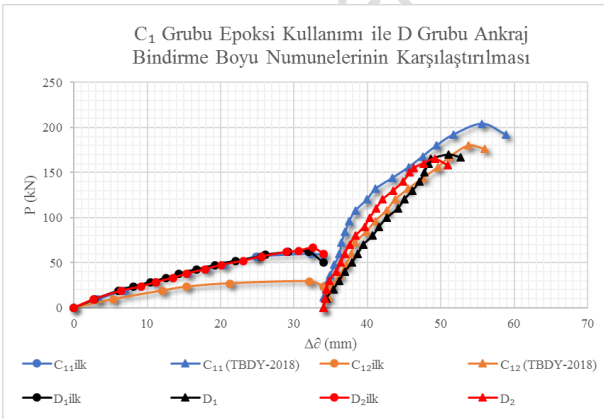
Rijitlik (K) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, rijitliğin D1 numunesi için %298.37 oranında arttığı, D2 numunesi için %470.34 oranında arttığı görülmüştür.

Maksimum taşıma kapasitesi (P_{max}) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum taşıma kapasitesinin D1 numunesi için %174.19 oranında arttığı, D2 numunesi için %148.12 oranında arttığı görülmüştür.

Enerji tüketim kapasitesi (W) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum tüketim kapasitesinin D1 numunesi için %32.94 oranında arttığı, D2 numunesi için %30.47 oranında arttığı görülmüştür.

3.3 C1 Grubu ile D Grubu Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

C1 ve D grubu numunelerinin deney sonuçlarından oluşturulmuş grafik Şekil 19'dedir.



Şekil 19. C1 ve D grubu numunelerinin yük-deformasyon grafiği.

Figure 14. Load-deformation graph of C1 and D group specimens.

4 Sonuç

Ankrajlarda epoksi kullanım durumu ile ilgili, epoksi kullanılarak ankrajların ekimi yapılan ve 608 olan numunelerden oluşan C1 grubu ile epoksi kullanılmadan ankrajların ekimi yapılan ve 608 olan numunelerden oluşan C2 grubunun deney sonuçları karşılaştırılmıştır. C2 grubunun C1 grubuna göre rijitliğinde yaklaşık %6.42 oranında azaldığı, maksimum taşıma kapasitesinin %2.85 oranında azaldığı, enerji tüketim kapasitesinin %0.12 oranında arttığı görülmüştür. C1 grubunda, hasarlı çerçevelerin güçlendirmesinde çerçevelerin deney sonrasında maksimum taşıma kapasitesinin, ilk deneydeki maksimum taşıma kapasitesine göre ortalama olarak yaklaşık %300 oranında arttığı, bununla birlikte C2 grubunda bu oranın ortalama olarak yaklaşık %330 oranında arttığı görülmüştür. Yine çerçevelerin ilk deneyleri ile karşılaştırıldığında, C1 grubunda enerji tüketim kapasitesinin ortalama olarak yaklaşık %150 oranında arttığı, C2 grubunda ise enerji tüketim kapasitesinin ortalama olarak yaklaşık %210 oranında arttığı görülmüştür. Elde edilen veriler incelendiğinde, epoksi kullanılması veya kullanılmamasının verilerin oranları açısından anlamlı bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür.

C grubu; rijitlik, maksimum taşıma kapasitesi ve enerji tüketim kapasitesi ile birlikte değerlendirildiğinde, C1 ve C2 gruplarında yapılan perde duvar ile güçlendirmenin birbirine yakın performans gösterdiği görülmektedir. Çalışmada, ankrajların ekimi laboratuvar ortamında ve düzleme yatay olacak şekilde yapılmıştır. Ancak uygulamada, epoksi kullanımının kolon ve döşemeye ekilen ankrajlarda kolay olduğu, kirşlerde ise düşey olarak ankraj deliğine epoksinin uygulanmasından hemen sonra ankraj ekilmesi gerektiği, bu süre içerisinde delik içine uygulanan epoksinin, düşeyde akışkanlığı sebebiyle kolon ve döşemelerdeki kadar tutuculuğunun olmadığı düşünülmektedir.

Genel olarak, epoksi kullanımının kıyaslanması amacıyla oluşturulan C1 grubu numuneleri ile ankrajların bindirme boyuna göre yine 608 olarak tasarlanmış D grubu numuneleri karşılaştırılmıştır. C1 ve D grubu numunelerinin çalışma öncesindeki yük-deformasyon grafiğine bakıldığında, yük-deformasyon miktarlarının kısmen benzer davranış gösterdiği görülmüştür.

Rijitlik (K) bakımından, 608 olarak tasarlanan C1 grubu numuneleri ile 608 olarak tasarlanan D grubu numunelerine ilişkin deney sonuçları incelendiğinde rijitlikle ilgili olarak, C1 grubunun rijitlik ortalamasının 14.84 kN/mm, D grubunun rijitlik ortalamasının 14.30 kN/mm olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, gruplar arası rijitlik karşılaştırıldığında, D grubunun rijitliğinin C1 grubuna kıyasla %3.63 oranında azaldığı görülmektedir.

Maksimum taşıma kapasitesi bakımından incelendiğinde, C1 grubunda yapılan perde duvar güçlendirmesinde, çerçevelerin ortalama 119.27 kN kadar maksimum taşıma kapasitesinde artış gösterdiği, D grubunda ise 112.50 kN kadar maksimum taşıma kapasitesinde artış gösterdiği, C1 ve D grupları karşılaştırıldığında ise D grubunun C1 grubuna göre maksimum taşıma kapasitesinin %5.68 oranında azaldığı görülmektedir.

Enerji tüketim kapasitesi bakımından incelendiğinde, C1 grubunda yapılan perde duvar güçlendirmesinde, çerçevelerin ortalama 2202.17 kN.mm enerji tüketim kapasitesinde artış gösterdiği, D grubunda ise 1618.89 kN.mm kadar enerji tüketim kapasitesinde artış gösterdiği, C1 ve D grupları

karşılaştırıldığında ise D grubunun C₁ grubuna göre enerji tüketim kapasitesinin %26.49 oranında azaldığı görülmektedir.

Bu çalışmada, yatay pozisyonda tek bir çerçeve içerisinde uygulanan perde duvarda bahse konu uygulama kolay olurken, sahada çok katlı bir yapıdaki katlarda uygulanmak istenildiğinde ankraj deliklerinin yüksekliği 60 cm altında olan kirişlerde boylu boyunca delinmesinin önerildiği, ancak kiriş kenar üstlerindeki ve açıklık altındaki sık donatıdan dolayı mümkün olmadığı, delik çaplarının ekilecek ankraj çapından 4 mm daha geniş delikler açılıp ankrajların bir çekiç yardımıyla çıkarılarak uygulanmadığı, bununla birlikte epoksi kullanılmamasının maliyet, zaman ve iş gücü açısından uygun olmayacağı değerlendirilmektedir. Bu durumlarda, donatının kiriş kucaklar şeklinde iki yanından uzatılarak iki kat arasındaki sürekliliğin sağlanmasının daha sağlıklı olacağı düşünülmektedir.

D grubunda, hasarlı çerçevelerin güçlendirmesinde çerçevelerin deney sonrasındaki rijitliğinin, ilk deneydeki rijitliğe göre ortalama olarak yaklaşık %385 oranında arttığı, maksimum taşıma kapasitesinin, ilk deneydeki maksimum taşıma kapasitesine göre ortalama olarak yaklaşık %160 oranında arttığı, enerji tüketim kapasitesinin ilk deneydeki enerji tüketim kapasitesine göre ortalama olarak yaklaşık %30 oranında arttığı görülmüştür.

C₁ grubu epoksi kullanımı ile D grubu ankraj bindirme boyu numune sonuçları karşılaştırıldığında, D grubunun C₁ grubuna göre rijitliğinde yaklaşık %3.63 oranında azaldığı, maksimum taşıma kapasitesinin %5.68 oranında azaldığı, enerji tüketim kapasitesinin %26.49 oranında azaldığı görülmüştür. Elde edilen veriler sonucunda, TBDY-2018'de 10Ø olarak belirtilen ankraj bindirme boyunun en az 15Ø olması gerektiği görülmüştür.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler bir arada değerlendirildiğinde ulaşılan sonuçlar şunlardır:

- C10 beton dayanımı özellikle 2000 yılı öncesinde inşa edilmiş yapı stoğunu temsil etmesi ve güçlendirmede C30 beton dayanımında perde duvar yapılması sebebiyle, her ne kadar ankrajlarda epoksi kullanımının önemini ile ilgili çalışmalar [19], [21] olsa da, epoksi kullanılmaması durumunun C30 beton dayanımının çerçeveye sağlamış olduğu iyileştirme ve güçlendirmede anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür.
- Ankraj bindirme boyu ile ilgili olarak ise, bindirme boyunun TBDY-2018'de belirtildiği gibi 10Ø olması durumu çapın en az 16 mm olması durumunda değerlendirilebilir. Ancak, ankraj çapının uygulanacak toplam ankrajların kesit alanını değiştirmeyecek şekilde azaltılması durumunda, perde duvarın inşasında C30 beton kullanılması da göz önünde bulundurularak ankraj bindirme boyunun en az 15Ø olmasının gerektiği görülmüştür.

Sonuç olarak, uluslararası standartlar ile Türkiye'nin üzerinde bulunduğu fay hatları ile benzerlik gösteren ülkelerin deprem yönetmeliklerindeki uygulama standartları göz önünde bulundurularak, düzlem içi perde ile güçlendirme ile ilgili Türkiye'deki düşük dayanımlı betonarme yapı stokunu temsil edecek deneysel yeni çalışmalar yapılmasının uygun olacağı kymetlendirilmektedir.

5 Conclusion

The experimental results of Group C₁ (samples with 6Ø8 anchors installed using epoxy) and Group C₂ (samples with 6Ø8 anchors installed without epoxy) were compared regarding the use of epoxy in anchor applications. It was observed that Group C₂ exhibited a 6.42% decrease in stiffness, a 2.85% reduction in maximum load-bearing capacity, and a 0.12% increase in energy dissipation capacity compared to Group C₁.

In Group C₁, the post-repair maximum load-bearing capacity of the damaged frames increased by approximately 300% on average compared to their initial maximum capacity, whereas in Group C₂, this increase was around 330%. Additionally, when compared to their initial tests, Group C₁ showed an average 150% increase in energy dissipation capacity, while Group C₂ demonstrated an average 210% increase. Analysis of the data revealed that the use or omission of epoxy did not create a significant difference in the performance ratios.

When evaluating Group C in terms of stiffness, maximum load-bearing capacity, and energy dissipation capacity, the shear wall strengthening applied in Groups C₁ and C₂ exhibited similar performance. In this study, anchor installation was conducted in a laboratory setting with a horizontal alignment. However, in practical applications, epoxy application is easier for anchors embedded in columns and slabs. For beams, anchors must be installed immediately after epoxy injection into vertical holes, as the epoxy's fluidity in vertical applications reduces its retention compared to columns and slabs.

While the horizontal positioning of a single frame in this study facilitated the shear wall application, field implementation in multi-story structures presents challenges. For beams with anchor hole heights below 60 cm, full-length drilling is recommended. However, due to dense reinforcement near beam edges and mid-spans, this is often impractical. Drilling holes 4 mm wider than the anchor diameter and hammering the anchors in place is also unfeasible. Moreover, omitting epoxy is deemed unsuitable due to cost, time, and labor inefficiencies. In such cases, extending reinforcement on both sides to embrace the beam and ensure continuity between floors is considered a more reliable solution.

In Group D, the post-repair stiffness of the strengthened frames increased by approximately 385%, the maximum load-bearing capacity by 160%, and the energy dissipation capacity by 30% compared to their initial tests.

When comparing Group C₁ (with epoxy) and Group D (with varying anchor lap lengths), Group D exhibited a 3.63% reduction in stiffness, a 5.68% decrease in maximum load-bearing capacity, and a 26.49% decline in energy dissipation capacity relative to Group C₁. Based on these findings, the minimum anchor lap length should be at least 15Ø, contrary to the 10Ø specified in TBDY-2018.

Key Conclusions:

- The use of C10 concrete strength (representing pre-2000 construction stock) and C30 concrete for shear wall strengthening showed that omitting epoxy did not significantly affect structural improvement, despite existing studies emphasizing its importance [19], [21].
- Regarding anchor lap length, while TBDY-2018 specifies 10Ø (for diameters ≥16 mm), reducing the anchor diameter without altering the total cross-sectional area necessitates a minimum lap length of

150, especially when using C30 concrete for shear walls.

In conclusion, considering international standards and seismic codes from countries with similar fault lines to Turkey, further experimental studies on in-plane shear wall strengthening are recommended to better represent Turkey's low-strength reinforced concrete building stock.

6 Teşekkür

7 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada, 1.Yazar giriş, literatür taraması, tasarımın yapılması, deneysel çalışma, bulgu ve değerlendirmeler ile sonuç başlıklarında; 2.Yazar fikrin oluşması, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi başlıklarında; 3.Yazar yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuştur.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede, etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

9 Kaynaklar

- [1] Topçu İB, Bahadır T. "Ferrocementin Gemi ve Teknelerde Kullanımı". *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 49-62, 2010.
- [2] Idorn GM. Innovation in concrete research—review and perspective. *Cem Concr Res*, 35 (1), 3-10, 2005.
- [3] Surahyo A. *Physical Properties of Concrete*. Editor: Surahyo A. Concrete Construction: Practical Problems and Solutions, 61-88, Cham, Springer International Publishing, 2019.
- [4] Etli S, Akgül M. "TBDY 2018 ile Tasarlanan Kompozit Binaların Ana ve Artçı Depremlerde Davranışı". *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 15(2), 416-428, 2023.
- [5] Akgül M, Doğan O. "Altındağ/Ankara Özelinde Tipik Yığma Binaların Deprem Risklerinin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi". *NWSA Academic Journals*, 15 (1), 1-14, 2020.
- [6] Akgül M, Doğan O. "Determination of Reinforcement Adherence Loss by Accelerated Corrosion Test for Normal and 4%NaCl Solubility Cured Flat and Ribbed Reinforced Concretes with Different Strengths". *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 14 (2), 691-704, 2022.
- [7] Akgül M, Etli S. *06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık, Elbistan) Depremleri Sonrasında Malatya Özelindeki Yığma Yapılarda Hasar Oluşumunun Değerlendirmesi*. Editor: Bardak S., Ayata Ü. Mühendislikte Güncel Araştırmalar, 1-22, Ankara, Türkiye, Gece Publishing, 2023.
- [8] Yildirim ME, Yesilyurt C, Gozun U, Ozturk B, Donmez C. *Structural Performance of R/C Buildings in 2023 Kahramanmaraş Earthquakes Under the Lens of Hassan Index*. Editor: Uckan, E., Akgun, H., Gok, E., Yenidogan, C., Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology-ICEES 2023. 99-114, Cham, vol 488. Springer, 2024.
- [9] T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazete. "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007". <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3.htm> (20.05.2025).
- [10] Pujol S, Bedirhanoglu I, Donmez C, Dowgala JD, Yildirim ME, Klaboe K, Koroglu FB, Lequesne RD, Ozturk B, Pledger L, Sonmez E. "Quantitative evaluation of the damage to RC buildings caused by the 2023 southeast Turkey earthquake sequence." *Earthquake Spectra*, 40(1), 505-530, 2024.
- [11] T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018". <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=24468&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (20.05.2025).
- [12] Gültepe E, Çömlekoğlu HG, Öztürk B, Dönmez C. *Discussion on the Causes of the Observed Damages in the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes*. Editor: Uckan, E., Akgun, H., Gok, E., Yenidogan, C., Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology-ICEES 2023. 81-97, Cham, vol 488. Springer, 2024.
- [13] Kale F. Betonarme çerçevelerin yatay ve düşey yükler altında davranışı ve çapraz çelik profillerle betonarme çerçevelerin güçlendirilmesinde ankraj bulonlarının kesme performansının deneysel olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye, 2024.
- [14] Panagiotakos T, Taucer F, Chrysostomou C, Roussis P, Molina Ruiz J, Onoufriou T, Kotronis P, Kosmopoulos A, Kyriakides N, Poljanšek M. "Seismic retrofitting of RC frames with RC infilling (SERFIN project) - SERIES transnational access report". Joint Research Centre: Institute for the Protection and Security of the Citizen, Publications Office, Ispra, İtalya, 2014.
- [15] Chrysostomou C, Kyriakides N, Kotronis P, Poljanšek M, Taucer F, Roussis P. Seismic Retrofitting of RC Frames with RC Infilling. *15th World Conference on Earthquake Engineering (No. 4144)*, Lisbon, Portekiz, 24-28 Eylül 2012.
- [16] Çelik F. Mevcut Yığma Binalarda Güçlendirme Ankrajlarının Çap ve Ankraj Derinliğine Bağlı Çekme ve Kesme Performanslarının Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye, 2018.
- [17] Çelik F, Doğan O. "Güçlendirme Ankrajlarının Kesme Performansının Mevcut Yığma Duvarlar Üzerinde Belirlenmesi". *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (2), 1230-1242, 2021.
- [18] Zıvrallı, İ. Mevcut betonarme binada güçlendirme ankrajlarının çap ve derinliğine bağlı çekme performansının deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye, 2024.
- [19] Değirmenci ÖÇ, Aydoğan İ, Aras M, Çerçevik AE. "Ankrajlarda Epoksi Kullanımı". *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 69-74, 2016.
- [20] Karadağlı, T.İ. Düşük dayanımlı betonlarda kimyasal ankrajlı çelik çubuğun çap ve gömme derinliğinin deneysel olarak belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye, 2024.
- [21] Çırak İF, Yılmaz S, Kaplan H. "Sonlu Eleman Yazılımı İle Ankrajın Doğrusal Olmayan Kesme Davranışının Belirlenmesi". *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (1), 28-38, 2016.
- [22] Yoldaş Endüstri A.Ş. "MEMOCHEM STE-410 Kimyasal Döbel Teknik Bilgi Formu". İzmir, Türkiye, 2021.

[23] Çelik O, Doğan O. "Perde Duvar ile Güçlendirmede Ankraj Çapı ve Lokasyonunun Betonarme Çerçevenin

Performansına Etkileri". *Türk Mühendislik Araştırma ve Eğitimi Dergisi*, 4 (1), 45–59, 2025.

Düzenlenmemiş Sürüm - Uncorrected Version