

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Perde Duvar ile Güçlendirmede Ankraj Çapı ve Lokasyonunun Betonarme Çerçevenin Performansına Etkileri

Effects of Anchor Diameter and Location on the Performance of Reinforced Concrete Frame in Reinforcement with Shear Wall

Orkun Çelik^{1,*} Orhan Doğan¹

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale, Türkiye.

Geliş / Received: 20.02.2025

Kabul / Accepted: 07.04.2025

*Sorumlu Yazar: Orkun Çelik orkuncelik@msn.com

ÖZ: Bu çalışmada, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018)'e uygun olarak binaların güçlendirilmesine ilişkin kriterlerden beton dayanımına bağlı ankraj çapı ve ankraj lokasyonu konusunda belirtilen standartlara ilave edilebilecek detayların belirlenmesi, güçlendirmenin maliyet, iş gücü, zaman ve malzeme kullanımı açısından ekonomiklik sağlayacak standartlar ortaya koyulması amaçlanmıştır. Yatay ve düşey yüklerin etkisine maruz bırakılmak üzere 1/2 ölçekli, 150 cm x 150 cm ebatlarında iki boyutlu toplam dört adet betonarme çerçeve deney için hazırlanmıştır. TBDY-2018'e uygun olarak bu çerçevelerin iki tanesine 6Ø12 diğer iki tanesine ise 11Ø8 ankraj uygulaması ile perde ilavesi yapılmıştır. Bu dört çerçeve için göçme seviyesine ulaştıktan sonra 0,95 P_{max}'a kadar yapılan yüklemeler ile toplam dört adet deney yapılmıştır. İlk deney grubu için 11Ø8 ile yapılan ankrajların 6Ø12 ile yapılan ankraj alanına göre %19 azalmasına rağmen göre enerji tüketim kapasitesi ve maksimum enerji taşıma kapasitesinde artış olduğu görülmüştür. 11Ø8 ile yapılan ankrajların farklı döşeme ve giriş bağlantı lokasyonları dikkate alınarak tamamlanan diğer deney grubunda ise ankraj lokasyonunun, ankrajların enerji tüketim kapasitesine, rijitliğe ve enerji taşıma kapasitesine katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ankraj donatısı, ankraj çapı, ankraj lokasyonu, güçlendirme, perde duvar.

ABSTRACT: This study aims to determine supplementary details to the existing standards specified in TBDY-2018 (Turkish Building Earthquake Code-2018) regarding anchor diameter and anchor location based on concrete strength for building retrofitting, as well as to propose cost-effective retrofitting standards in terms of cost, labor, time, and material usage. For this purpose, four two-dimensional reinforced concrete frames at a 1/2 scale (150 cm x 150 cm) were prepared and subjected to horizontal and vertical loads. In compliance with TBDY-2018, two of these frames were retrofitted with shear walls using 6Ø12 anchors, while the other two were retrofitted using 11Ø8 anchors. After reaching the collapse level, a total of four experiments were conducted on these frames by applying loads up to 0.95 P_{max}. For the first experimental group, despite a 19% reduction in anchor area for the 11Ø8 anchors compared to the 6Ø12 anchors, an increase in energy dissipation capacity and maximum energy load-bearing capacity was observed. In the second experimental group, which considered different slab and beam connection locations for the 11Ø8 anchors, it was concluded that anchor location significantly contributes to energy dissipation capacity, stiffness, and energy load-bearing capacity.

Keywords: Anchorage, anchorage location, diameter, reinforced concrete, shearwall.

1. GİRİŞ

Betonarmenin tarihçesine bakıldığında, betonarmenin bulunması ile yapı teknikleri ve yapısal tasarımların beraber geliştiği

görülmektedir. Bununla birlikte, betonarmenin gelişim süreci içerisinde imalat ve tasarımdan kaynaklanan eksikliklerin önüne geçilmesi, yapının ilk halinin korunması, restorasyonu ve sağlamlaştırılması amacıyla yapıların

güçlendirilmesinde de farklı görüş ve yöntemler gelişmiştir [1].

1800'lü yıllardan itibaren beton ve betonarme ile ilgili keşfedilen her yeni gelişme ile birlikte yapılarda tespit edilen tasarım hataları ve çevresel etkenlerin birlikte değerlendirilmesiyle yeni metotların geliştirilmesine yol açmıştır [2]. Bu amaçla yapılan birçok çalışmada, yeni ürün ve tasarım arayışı olduğu gözlemlenmektedir [3].

Özellikle önemli fay hatlarının geçtiği ülkelerde, depremin yıkıcı ve can alıcı etkilerinin en aza indirmek büyük önem taşır. Bu amaçla yapılmış bilimsel çalışmalar, ülkelerin depreme yönelik yeni stratejiler ve standartlar geliştirmesine ışık tutmaktadır [4], [5], [6], [7]. Bunun yanı sıra depreme dayanıklı yapı tasarımı ve hasarlı yapıların güçlendirilmesine yönelik mevzuat ve uygulama esasları özellikle yıkım gücü büyük depremler sonrası yapılan tespitlere dayanmaktadır [8], [9], [10]. Ancak, Türkiye'nin bir deprem ülkesi olmasına rağmen yapıların güçlendirilmesi konusunda şekil, yöntem ve standartlar ilk olarak 2007 yılında yayımlanan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)"te yer almıştır[2].

DBYBHY-2007'nin yürürlüğe girmesi ile birlikte kamu kurumları dışında diğer binaların güçlendirilmesine yeterince önemin verilmediği görülmektedir. Güçlendirmeye önem verilmemesinin detaylarına bakıldığında, kentsel dönüşüm ile ilgili teşviklerin ve finansal kolaylıkların sağlanması nedeniyle kentsel dönüşümüne daha çok önem verildiği, buna bağlı olarak depreme dayanıksız yapıların yıkıldığı, ayrıca yapıların güçlendirilmesi konusunda yeterli devlet politikası oluşturulamadığı görülmektedir.

Ülkemizde mevcut konut stoğunun korunması, geçmiş olan yapıların gelecek nesillere aktarılması, değişken piyasa koşullarından dolayı inşaat maliyetlerinin artmasından dolayı kentsel dönüşüm yerine alternatif arayışları sebebiyle, 2018 yılında yayımlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ile birlikte kamu kurumları dışındaki yapılar için de güçlendirme konusu ön plana çıkmaya başlamıştır[11].

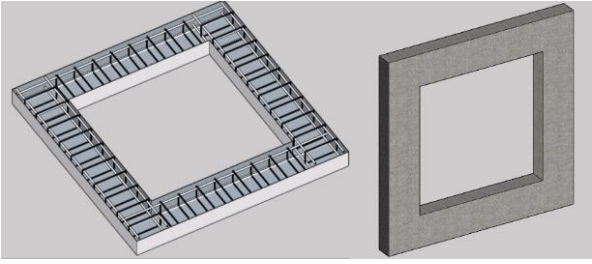
DBYBHY-2007'de "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" başlıklı yedinci bölümde güçlendirme tekniklerinin genel hatlarından bahsedilmiş, TBDY-2018'de "Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar" başlıklı 15.bölümde, DBYBHY-2007'de belirtilen tekniklerin teknik detaylarına ve standartlarına aynı şekilde yer verilerek yeniden düzenlenmiştir.

Çalışmamızda, TBDY-2018'de "Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar" başlıklı 15'inci bölümünde belirtilen güçlendirmeye ilişkin kriterlerden beton dayanımına bağlı ankraj çapı, ankraj lokasyonu, ankraj ve bindirme boyu ile kimyasal ankraj kullanımı konusunda belirtilen standartlara ilave edilebilecek detayların belirlenmesi, güçlendirmenin maliyet, iş gücü, zaman ve malzeme kullanımı açısından ekonomiklik sağlayacak standartlar ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda Kale (2004) tarafından yapılan çalışmada kullandığı yatay ve düşey yüke maruz bırakılmış 150 x 150 cm ebadındaki çerçevelerden, farklı deney grupları oluşturulmuş ve oluşturulan deney gruplarındaki numunelere ankraj ekimi yapılmıştır. Numunelere, ankraj ekimi sonrasında perde duvar imalatı ile güçlendirme yapılmış, yatay ve düşey yüklere maruz bırakılarak kayıt altına alınan yük ve deformasyon verileri değerlendirilmiştir [12].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Kale [12] tarafından yapılan çalışmada, yatay ve düşey yüklere maruz bırakılmış orta hasarlı 150 cm x 150 cm ebatlarında, sahada hazır brüt beton kullanılarak üretilmiş (C16/20) 1/2 ölçekli, tek açıklıklı ve tek katlı betonarme çerçeveyi temsil eden altı adet numune kullanılmıştır (Şekil 1). Deneyler laboratuvar ortamında, Şekil 2'deki deney düzeneğinde yapılmıştır.



Şekil 1: Numuneleri üç boyutlu çizimleri.

2.1 Deney Hazırlığının Yapılması

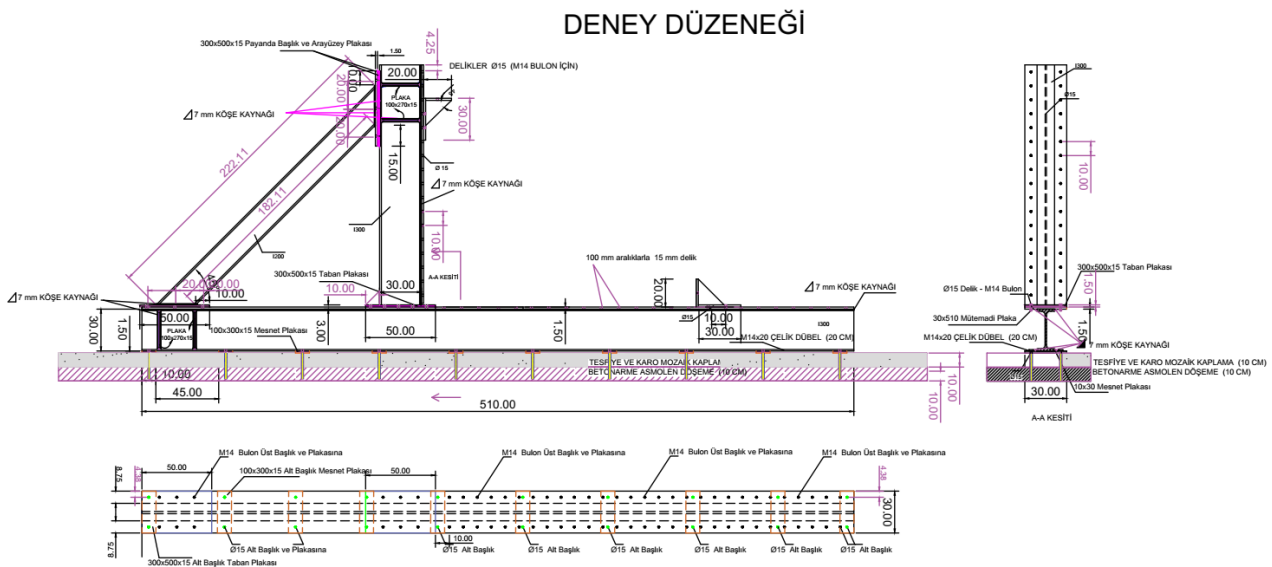
Kale[12] tarafından deneyde kullanılmış olan altı adet numune, hasar düzeyine ve deneyde elde edilmiş deformasyon ve maksimum yük değerlerine bakılmaksızın gruplara ayrılmıştır [12]. Deney grupları ve grup özellikleri, ulusal ve uluslararası yayınlardaki çalışmalara göre belirlenmiştir.

Chrysostomou ve ark. tarafından yapılan çalışmada, İspanya/İTALYA’da Avrupa Birliği Ortak Araştırma Merkezi (JRC-Joint Research Center) bünyesinde bulunan Avrupa Yapısal Değerlendirme Laboratuvarı (ELSA- The European Laboratory for Structural Assessment)’nda çok katlı ve çok açıklıklı betonarme çerçeve binaların sismik

güçlendirilmesinin etkinliği, 3B tam ölçekli bir numune üzerinde deneysel olarak incelemiştir. [13].

Bu güçlendirme, seçilen açıklıkların betonarme ile doldurularak yeni duvarlara dönüştürülmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Modelin temel parametreleri, betonarme dolgu ile çevreleyen betonarme çerçeve arasındaki bağlantı detayları ve dolgudaki donatı yüzdesi olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin etkisi, deney sırasında iki doldurulmuş çerçeve için farklı bağlantı detayları ve donatı yüzdeleri kullanılarak analiz edilmiştir.

Çelik yaptığı çalışmada, kesme ve çekme performanslarının belirlenmesi için yeni iki farklı kesme levhası ve çekme levhası tasarımı yapılarak hazırlanmış levhalar yardımıyla 3 farklı yığma binada 21 adet kesme ve 36 adet çekme testi yapmıştır. Duvar yüzeyi ile kuvvet kaynağı hidrolik krik o arasına tasarlanan levhalar yerleştirilerek düzenekler hazırlanmış, ankraj çapı ve gömme derinliğine bağlı olarak ankrajların maksimum kesme ve çekme kuvvetleri ve ayrıca aralarındaki bağıntı belirlenmiştir. Ankrajların gömme çapı ve derinliği ile kesme ve çekme performansı arasındaki ilişki belirlenmiştir[14].



Şekil 2: Deney Düzenneği.

Tekeli ve ark. yaptıkları çalışmada, dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi yöntemini incelenmiş, dört adet aynı yapısal özelliklere sahip betonarme çerçeve üretmişlerdir. Bu numunelerden bir tanesi yalın halde bırakılırken, diğer üçünün açıklığı dolgu duvar ile örülmüştür. Tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerden iki tanesi, duvar yüzeyine tek taraflı olarak uygulanan hasır donatılı sıva ile güçlendirilmiştir. Güçlendirilen iki numunede ankraj aralığı ve işçiliği değiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan yapılan güçlendirmenin elemanın yük taşıma kapasitesi yanında enerji tüketme kapasitesini de artırdığı görülmüştür. Yanal yük taşıma kapasitesi açısından dolgu duvarlı numunede %120, seyrek ankraj ile güçlendirmede %160 ve sık ankraj ile güçlendirmede %180 yalın numuneye göre artış sağlanmıştır. Ankraj işçiliği kötü olan numunede güçlendirme yüzeyinin deney sırasında dolgu duvardan ayrıldığı görülmüştür. Güçlendirmenin tek taraflı yapılması nedeniyle güçlendirme uygulanmayan yüzeyde hasar X şeklinde ortaya çıkmıştır [15].

Anıl ve Altın tarafından yapılan çalışmada, kısmi dolgular eklenerek güçlendirilen sünek betonarme çerçevelerin döngüsel yatay yükleme altındaki davranışını araştırmıştır. Tek gözlü, tek katlı, 1/3 ölçekli dokuz test numunesi oluşturularak ters döngüsel yükleme altında test edilmiştir. Sonuç olarak, kısmi dolgulu betonarme çerçevelerin, dolgusuz çerçeveye göre önemli ölçüde daha yüksek nihai mukavemet ve daha yüksek başlangıç rijitliği sergilediğini göstermiştir. Dolgu duvarının en-boy oranı arttıkça, yatay mukavemet ve rijitliğinin önemli ölçüde arttığı ve çerçeveler ile dolgular arasındaki bağlantının da dolgulu çerçevelerin davranışını etkilediği görülmüştür. Kolona ve çerçevenin kirişlerine bağlı kısmi dolgu duvarlarına sahip numuneler ise en başarılı davranışı göstermiştir [16].

Redwan ve ark. çalışmasında, merkez ve köşe perde duvarlar oluşturularak betonarme simetrik binalarının deplasman ve deformasyon kontrolünü araştırmak amacıyla Bangladeş'teki dört farklı sismik bölgede, en-boy oranı ve önerilen genişlik-boy oranı temelinde farklı sınırlayıcı kriterler belirleyerek ETABS programında eşdeğer statik analiz yöntemi ile yapmış olduğu analizler neticesinde köşe perdelerinin bina içlerindeki

perdelere göre daha iyi performans gösterdiğini bildirmiştir[17].

Nishtala ve Radke, perde duvar ve çelik destek sistemlerinin uygulanması yoluyla yüksek binaların sismik direncini araştırarak güçlendirmede perde duvarın çelik çaprazlara göre daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir[18].

Rao ve Rajasekhar tarafından yapılan çalışmada, perde duvarlı ve belirli özgün tasarım özelliklerine sahip altı katlı bir betonarme bina için yapmış oldukları itme analizinin sonuçları ile orijinal standart tabanlı tasarımda bazı değişiklikler yaparak can güvenliği sağlanabileceği performans hedefine ulaşılması beklendiğini bildirmişlerdir [19].

Zıvrallı tarafından yapılan çalışmada, mevcut bir betonarme binanın kolonlarında kimyasal dübel ile ankrajlanan 72 adet donatının çekme deneylerini gerçekleştirmiş; 4 farklı kalınlıkta ($\emptyset 10, 12, 14, 16$) ve 3 farklı derinlikte (5, 10 ve 15 cm) ankrajlar altılı gruplar halinde ekilmiştir. Her gruptaki altı numuneden üç adedi tam sıyrılmalı, üç adedi kısmi sıyrılmalı ankraj çekme deneyine tabi tutulmuştur. Mevcut yapının beton dayanımını belirlemek için kolonlarından 11 adet beton karot örneği alınmıştır. Ankraj çapı ve gömme derinliği ile ankrajların maksimum çekme kuvvetleri arasındaki bağıntı mevcut beton dayanımı için belirlenmiştir [20].

Karadağlı tarafından yapılan çalışmada, DBYBHY-2007'ye göre betonarme güçlendirme elemanlarının donatı ankraj çapı $\emptyset 12$ ve kimyasal dübel ankraj derinliği 15 cm olarak uygulanırken, 2018 yılı itibarıyla yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018 ile betonarme güçlendirme elemanlarının donatı ankraj çapı $\emptyset 16$ olarak uygulanmaya başlandığı, Türkiye'de yapı stokunun beton basınç dayanımının oldukça düşük ve sahada uygulamadaki başarısızlıklarla daha fazla düştüğü düşünüldüğünde karakteristik dayanımı (fck) 4.51, 10, 15, 20 MPa olan 4 ayrı beton blokta kimyasal yapıştırıcı kullanılarak 192 adet donatı ekilerek çekme deneyleri yapılmıştır. 4 farklı çapta ($\emptyset 8, \emptyset 10, \emptyset 12, \emptyset 14$) ve 3 farklı derinlikte (8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm) ankraj donatısı ekilmiştir. Tüm numuneler tam sıyrılmalı çekip-çıkarma (çekme) deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler sonunda ankraj çapının, ankraj derinliğinin ve

beton dayanımının ayrı ayrı artmasıyla çekme performansının da arttığı görülmüştür. Ayrıca çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depreminde güçlendirmesi yapılmış bazı binaların betonarme perdelerinin düzlem dışı devrildiğini ve görevini yerine getiremediğini bildirmiştir [21].

Hakim ve Masri tarafından yapılan çalışmada, eski binaların durumunun nasıl değerlendirileceğine ve uygun sismik güçlendirme yöntemlerinin nasıl tasarlanıp uygulanacağına odaklanılarak değerlendirme sürecini ve tasarım önerilerini uygulamak için bir vaka çalışması seçilmiştir. Geleneksel sismik iyileştirme yöntemleri ve daha yenilikçi bir yaklaşım olan çelik çapraz bağlantı sistemlerinin kurulumu değerlendirilmiştir. Önerilen güçlendirme yöntemleri, teknik, ekonomik ve sosyal boyutların ideal bir uyumunu hedeflemiştir. ETABS yazılımı ile üç yapısal sistemin (mevcut durum, perde duvarlı modifiye edilmiş ve çapraz bağlantılı sistem) statik eşdeğer, dinamik ve push-over analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, perde duvar sistemi ile çelik çapraz bağlantı sisteminin karşılaştırıldığında, her ikisinin de istenen sismik performansı sağladığını gösterdiği, ancak mevcut yapıya çelik çapraz bağlantılar eklenmesinin, perde duvar ekleme sistemine kıyasla daha iyi bir süneklik sağladığı ve temelde daha az bir değişiklik gerektirdiği bildirilmiştir [22].

İncelenen literatür kapsamında yapılan değerlendirme sonucunda, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yayımlandığından itibaren düzlem içi yerinde inşa edilen perde duvar güçlendirmesi ile ilgili güçlendirme perdesinin çerçeve sisteme katkısını ve perde ankrajların performansını yansıtan doğrudan alakalı literatür çalışmasının yapılmadığı görülmüştür.

Çalışmamızda, özellikle Chrysostomou ve ark., Karadağlı, Zıvrallı, Çelik, Anıl ve Altın tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında, TBDY-2018’de belirlenmiş ankraj çapı ve boyunu temsilen iki adet numune, çalışmamız için modellenmiş ankraj çapı ve boyunu temsilen iki adet numune ve ankrajların yerleşim lokasyonunu temsilen iki adet numune oluşturulmuştur. Deney gruplarının beton dayanımına göre, önceki

deneydeki hasar durumlarına bakılmaksızın deney grupları belirlenmiştir.

2.1.1 Deney Gruplarının Belirlenmesi

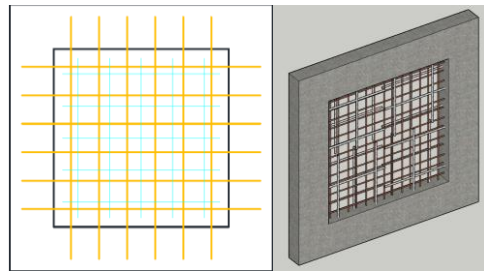
İncelenen literatür çerçevesinde, A ve B grubu olmak üzere iki adet deney grubu oluşturulmuştur. A grubu da kendi içerisinde, mevcut Yönetmelik kriterleri ile deney için belirlenmiş ankraj çapı olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Her bir grup için iki adet numune olacak şekilde toplam altı adet numuneye ilişkin bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Deney gruplarına ilişkin bilgiler.

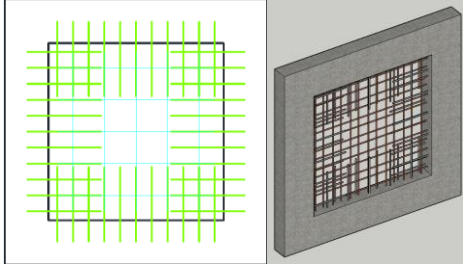
Grubu	Grup Notasyonu	Numune Sayısı	Beton Dayanımı	Ankraj Delik Derinliği (cm)	Ankraj Bindirme Uzunluğu (cm)	Kolon ve Kirişlerde Kullanılan Ankraj Çapı ve Sayısı
Ankraj çapı	A ₁	2	C16/20	18	50	6Ø12
	A ₂	2	C16/20	12	30	11Ø8
Ankraj lokasyonu	B	2	C16/20	12	30	11Ø8
Toplam Numune Sayısı	6					

2.1.2 Numunelerin Hazırlanması

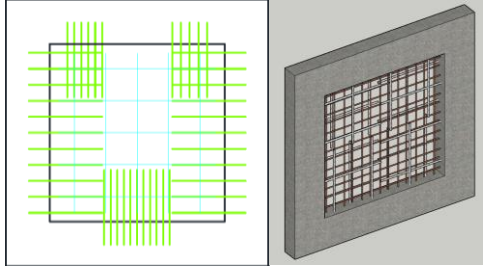
A₁, A₂ ve B deney gruplarında kullanılan numuneler, Kale’nin çalışmasında boş çerçeve grubundan seçilen numunelerdir. Çerçevelerin, perde imalatı amacıyla beton dökülmeden önceki durumlarını gösteren çizimler Şekil 3-5’te gösterilmiştir.



Şekil 3: A₁ grubu numunelerin ankraj çizimleri.



Şekil 4: A2 grubu numunelerin ankraj çizimleri.

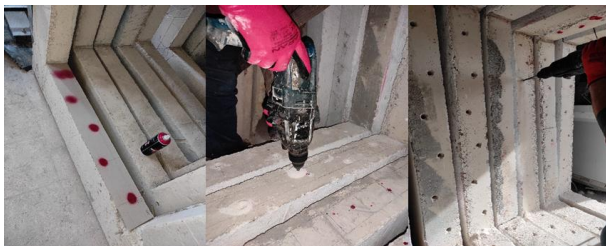


Şekil 5: B grubu numunelerin ankraj çizimleri.

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.

Numunelerin hazırlanması ile ilgili olarak elektrikli el matkabı yardımıyla;

- A₁ grubunda Ø12 ankraj çubukları için 15 mm çapında uç ile 18 cm derinliğinde, her bir kolonda altı adet, her bir kirişte altı adet olmak üzere 24 adet,
- A₂ grubunda Ø8 ankraj çubukları için 12 mm çapında uç ile 12 cm derinliğinde, her bir kolonda 11 adet, her bir kirişte 11 adet olmak üzere 44 adet,



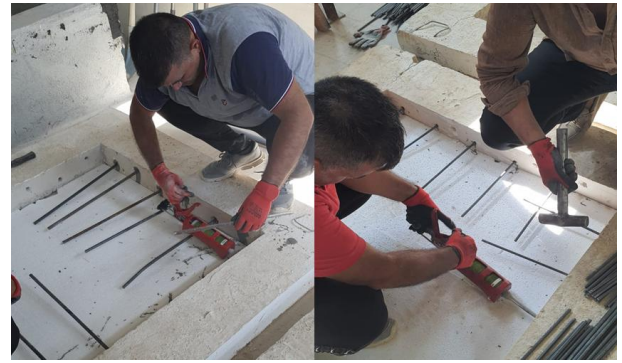
Şekil 6: Numunelere deliklerin delinmesi.

- B grubunda Ø8 ankraj çubukları için 12 mm çapında uç ile 12 cm derinliğinde, her bir kolonda 11 adet, her bir kirişte 11 adet olmak üzere 44 adet delik delinmiştir.

Numuneler delinmeden önce, belirlenen tasarıma göre mukavva üzerinde delik yerleri belirlenerek şablon hazırlanmış, şablon ve kırmızı sprey boya

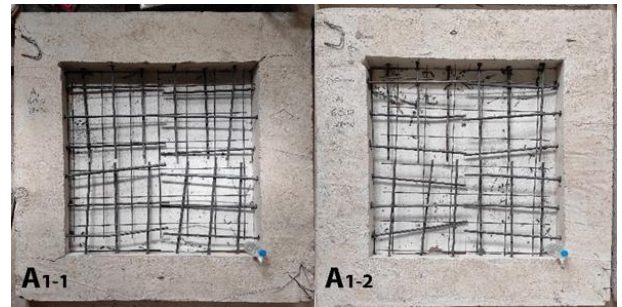
yardımla delik yerleri işaretlenmiştir (Şekil 6). Açılan delikler, tek bir sıra yerine çapraz ve şaşırtmalı olarak delinmiştir. Daha sonra numuneler, ankrajların ekilmesi için laboratuvar ortamında zemine yerleştirilmiştir.

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 [23].

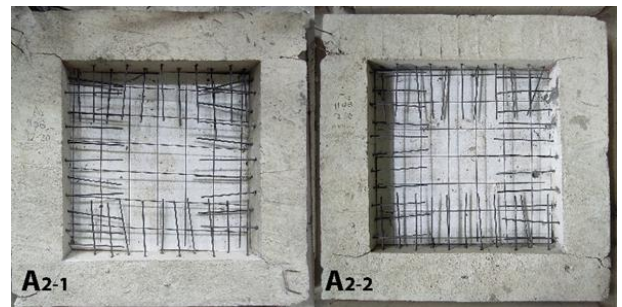


Şekil 7: Ankrajların ekilmesi.

Perde beton imalatı öncesinde, deney düzeneğinde çerçeveye sabitleme parçasını takmak için numunelerin uygun köşesine 0,5 lt. içi dolu su şişesi bırakılmıştır (Şekil 8-10).



Şekil 8: Ankraj ekimi tamamlanan A₁ grubu.



Şekil 9: Ankraj ekimi tamamlanan A₂ grubu.



Şekil 10: Ankraj ekimi tamamlanan B grubu.

Çerçeveslerin ankraj ekimi ve hasır yerleştirme işlemleri tamamlandıktan sonra C30/37 hazır beton dökülerek çerçevelerin perde beton imalatı tamamlanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11: Perde duvar imalatlarının tamamlanması.

Perde için dökülen betonun basınç dayanımlarının tespiti için beton dökülme aşamasında hazır beton, 150 x 150 x 150 mm'lik küplere TS EN 12390-2 (2019)'ye uygun olarak dayanım tespiti amacıyla 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 bir gün 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.

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

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

28. gün sonunda kür havuzundan çıkarılan numuneler, kuruduktan sonra TS EN 12390-3 (2019)'e uygun olarak Kırıkkale 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 3: 28 gün suda bekletilmiş numunelerin basınç dayanım değerleri

Küp Numuneleri	Basınç Dayanımı, f_{ck} (MPa)		
	28 Günlük Suda Bekletilmiş (Küp)	28 Günlük Suda Bekletilmiş Küp (Ortalama)	28 Günlük Suda Bekletilmiş Silindir (Ortalama) $0,85.f_{ck}$
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

Küp Numuneleri	Basınç Dayanımı, f_{cd} (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	32.474,88
6	32,44			
7	31,81			
8	33,45			
9	32,69			

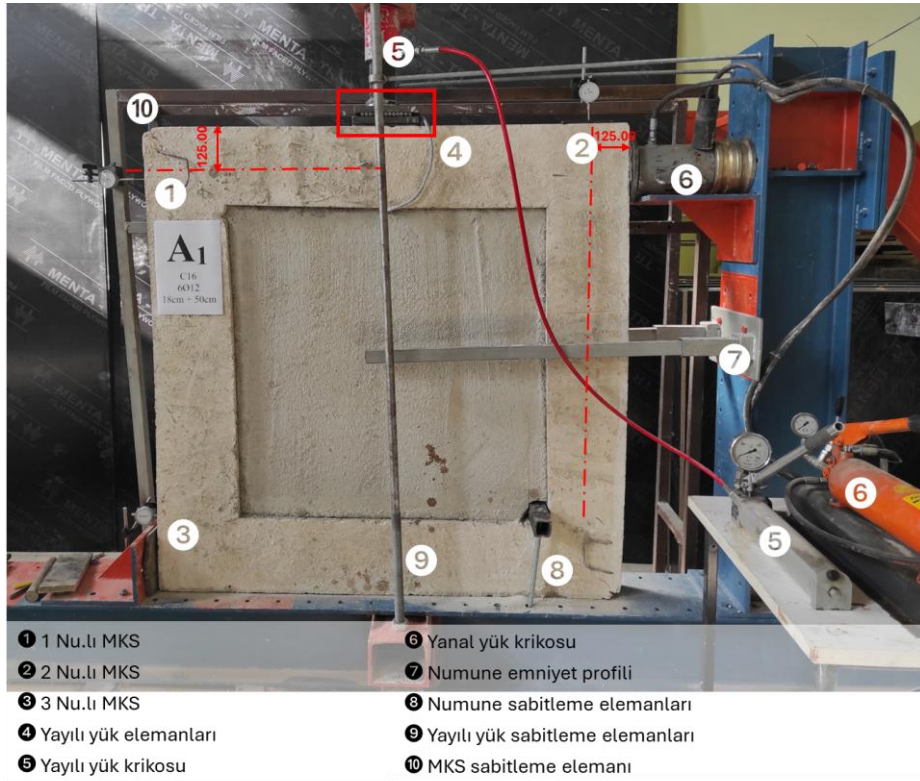
2.1.3 Deney Düzeneklerinin Hazırlanması

Şekil 2’de çizimi gösterilen deney düzeneği, Şekil 12’de gösterilen ekipmanlarla birlikte deney için hazırlanmıştır.

Çalışmada betonarme çerçevede yatay ve düşey yükleme sonucunda oluşan deformasyona bağlı yer değiştirmeleri ölçmek için Şekil 12’de 1, 2 ve 3 numara ile belirtilen üç adet mekanik komparatör saati (MKS) kullanılmıştır. Ayrıca, yatay ve düşey yükler için iki adet hidrolik krik o kullanılmıştır. 5 numara ile gösterilen düşey krik o, itme özellikli, el

kontrollü 10 ton kapasitelidir. 6 numara ile gösterilen yatay krik o ise, çift etkili, itme ve çekme özellikli, el kontrollü 40 ton kapasitelidir. İki krikoda da uygulanan kuvvet değerlerinin ölçülmesi, hidrolik krik o üzerinde bulunan basınç ölçen manometreler ile yapılmaktadır.

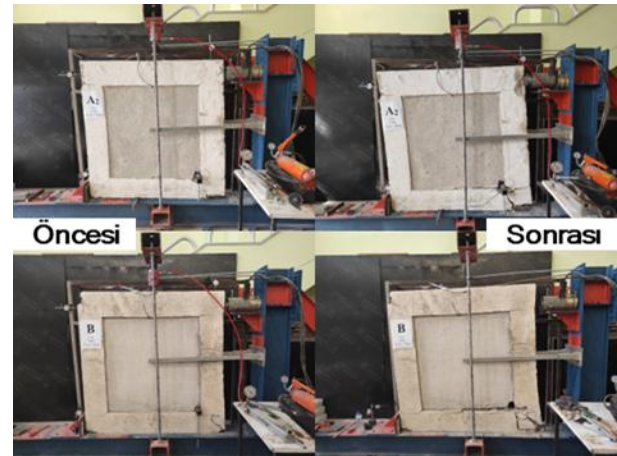
Deney hazırlığında ve deneylerin yapılmasında hazır bulunan katılımcılar, deney boyunca eldiven, baret, gözlük, toz maskesi gibi kişisel koruyucu ekipmanlar kullanarak iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin her türlü ilkeye uyum sağlamıştır.



Şekil 12: Deney düzeneği ekipmanları.

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 numunelerden iki adedinin önceki ve sonraki hali Şekil 13’tedir.



Şekil 13: A2-2 ve B grubu numunelerin deneyleri.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Kale'nin çalışmasında [12] 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;
 - A_{11} , A_{12} , A_{21} , A_{22} , B_1 , B_2 numuneleri için 8 mm deformasyona karşılık gelen yük miktarı,
- Çalışmada güçlendirilerek kullanılan çerçeveler için referans noktası olarak;
 - A_{11} , A_{12} , A_{21} , A_{22} , B_1 , B_2 numuneleri için 35 mm deformasyona karşılık gelen yük miktarı tespit edilmiştir. Referans noktaları esas alınarak, yük-deformasyon oranı (P/δ_{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.

A_1 , A_2 ve B deney grupları için yüklemeler, maksimum yüke (P_{max}) ulaştıktan sonra P_{max} 'ın %95'ine kadar devam ettirilmiş ve deneyler sonlandırılmıştır.

3.1 Ankraj Çapı (A) Grubu Numuneleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi

A_1 ve A_2 deney grupları, Kale'nin çalışmasında kullandığı boş çerçevelerden oluşturulmuştur.

A_1 deney grubunda TBDY-2018'e uygun olarak ölçeklendirilerek kullanılan 6Ø12 ankrajın toplam alanı 6,78 cm² iken A_2 deney grubunda ölçeklendirilerek kullanılan 11Ø8 ankrajın toplam kesit alanı 5,50 cm²'dir. A_1 grubuna göre A_2 grubundaki ankrajların toplam kesit alanında görülen %19 oranında azalma için, 6Ø12 ankraj verilerinde uygulanan yükleme değerleri (5,5/6,78) oranıyla çarpılarak P değerlerinde düzeltme yapılmıştır.

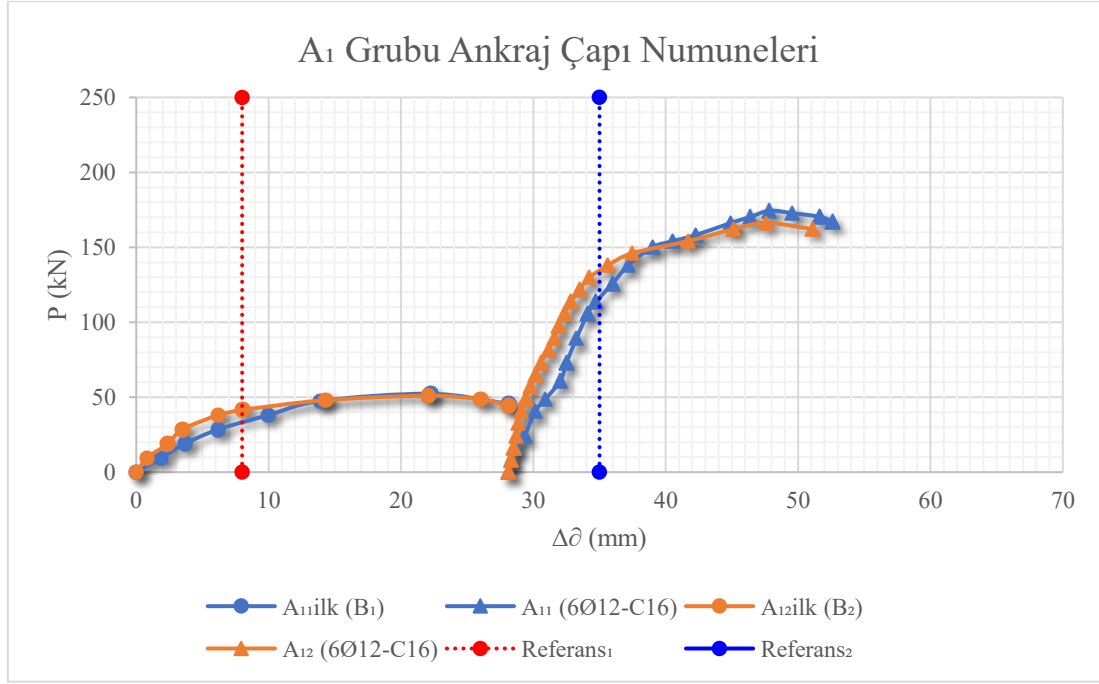
A_1 ve A_2 grubu için, referans noktası olarak belirlenmiş 8 mm ve 35 mm deformasyonlarına karşılık gelen yük miktarı, belirlenen referans değerlerine oranlanarak rijitlik değerine karşılık gelen eğim ($K=P/\delta_{ref}$) hesaplanmıştır.

3.1.1 A_1 Grubu Numunelerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Rijitlik (K) değerlendirmesi için, A_1 grubu numunelerinin verilerinden oluşturulmuş grafik Şekil 14'tedir. Rijitlik (K) bakımından; düzeltilmiş 6Ø12 ankraj değerleri ile Kale'nin çalışmasındaki veriler karşılaştırıldığında, rijitliğin A_{1-1} numunesi için %396,30 oranında arttığı, A_{1-2} numunesi için %359,33 oranında arttığı görülmüştür.

Maksimum taşıma kapasitesi (P_{max}) bakımından; düzeltilmiş 6Ø12 ankraj değerleri ile Kale'nin çalışmasındaki veriler karşılaştırıldığında, maksimum taşıma kapasitesinin A_{1-1} numunesi için %233,80 oranında arttığı, A_{1-2} numunesi için %226,07 oranında arttığı görülmüştür.

Enerji tüketim kapasitesi (W) bakımından; düzeltilmiş 6Ø12 ankraj değerleri ile Kale'nin çalışmasındaki veriler karşılaştırıldığında, maksimum tüketim kapasitesinin A_{1-1} numunesi için %196,97 oranında arttığı, A_{1-2} numunesi için %185,90 oranında arttığı görülmüştür.



Şekil 14: A1 grubu numuneleri yük-deformasyon grafiği.

3.1.2 A2 Grubu Numunelerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Rijitlik (K) değerlendirmesi için, A₁ grubu numunelerinin verilerinden oluşturulmuş grafik Şekil 15'tedir. Rijitlik (K) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, rijitliğin A₂₋₁ numunesi için %318,61 oranında arttığı, A₂₋₂ numunesi için %280,93 oranında arttığı görülmüştür.

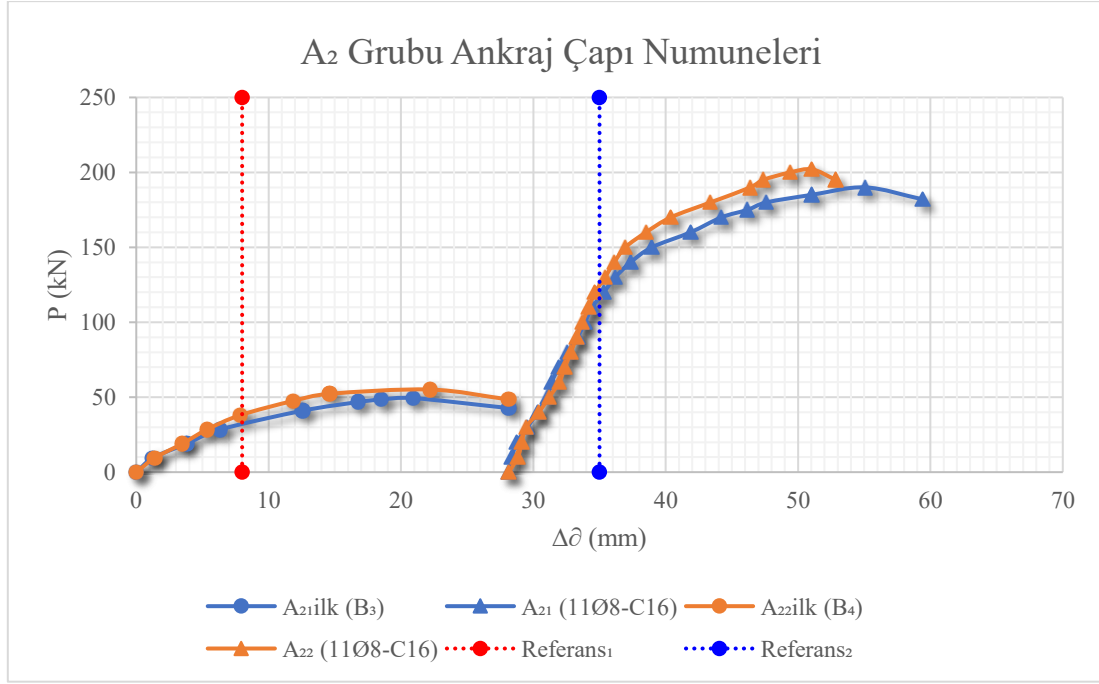
Maksimum taşıma kapasitesi (P_{max}) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum taşıma kapasitesinin A₂₋₁ numunesi için %284,62 oranında arttığı, A₂₋₂ numunesi için %266,61 oranında arttığı görülmüştür.

Enerji tüketim kapasitesi (W) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum tüketim kapasitesinin A₂₋₁ numunesi için %436,48 oranında arttığı, A₂₋₂ numunesi için %267,78 oranında arttığı görülmüştür.

3.1.3 A Grubunun Karşılaştırılması

Yük ve deformasyon verilerinden oluşturulan A₁ ve A₂ grubu numunelerine ilişkin yük ve deformasyon verilerinden oluşturulan grafik Şekil 16'dadır.

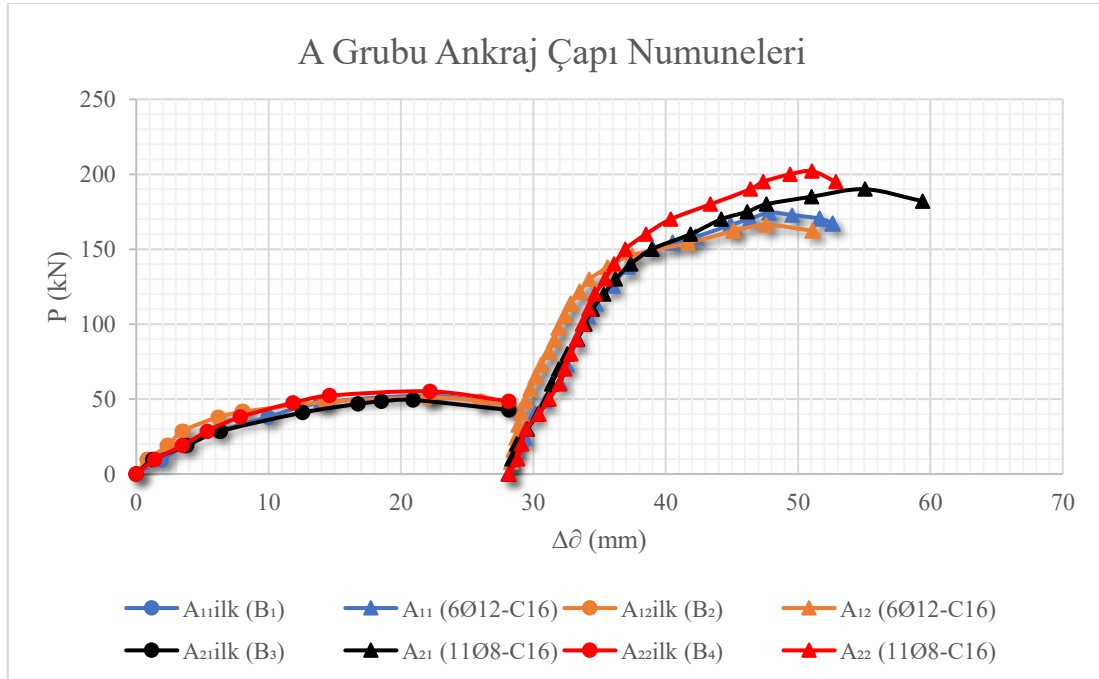
Genel olarak, A grubu numunelerinin çalışma öncesindeki yük-deformasyon grafiğine bakıldığında, numunelerde yapılan deneylerde yük-deformasyon miktarlarının benzer davranış gösterdiği görülmüştür. TBDY-2018'e uygun 6Ø12 olarak tasarlanan A₁ grubu numuneleri ile çalışma için 11Ø8 olarak tasarlanan A₂ grubu numunelerine ilişkin deney sonuçları incelendiğinde rijitlikle ilgili olarak, A₁ grubunun 22,71 kN/mm, A₂ grubunun 18,03 kN/mm rijitlik ortalaması olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, gruplar arası rijitlik karşılaştırıldığında, çalışma için 11Ø8 olarak modellenen A₂ grubunun rijitliğin %20,58 oranında azaldığı görülmektedir. Rijitlik tek başına değerlendirildiğinde, rijitliğin azalması yanal yüklerin etkisi altında deformasyonda artış olarak değerlendirilebilir.



Şekil 15: A2 grubu numuneleri yük-deformasyon grafiği.

Maksimum taşıma kapasitesi bakımından incelendiğinde, A₁ grubunda TBDY-2018'e göre yapılan perde duvar güçlendirmesinde, çerçevelerin ortalama 125,35 kN kadar maksimum taşıma kapasitesinde artış gösterdiği, A₂ grubunda

ise 150,38 kN kadar maksimum taşıma kapasitesinde artış gösterdiği, A₁ ve A₂ grupları karşılaştırıldığında ise çalışma için 11Ø8 olarak modellenen A₂ grubunun maksimum taşıma kapasitesinin %19,96 arttığı görülmektedir.



Şekil 16: A grubu numuneleri yük-deformasyon grafiği.

Enerji tüketim kapasitesi bakımından incelendiğinde, A₁ grubunda yapılan perde duvar güçlendirmesinde, çerçevelerin ortalama 2.448,79 kN.mm enerji tüketim kapasitesinde artış

gösterdiği, A₂ grubunda ise 3.504,44 kN.mm kadar enerji tüketim kapasitesinde artış gösterdiği, A₁ ve A₂ grupları karşılaştırıldığında ise çalışma için 11Ø8 olarak modellenen A₂ grubunun enerji

tüketim kapasitesinin %43,11 oranında arttığı görülmektedir.

A grubu rijitlik, maksimum taşıma kapasitesi ve enerji tüketim kapasitesi ile birlikte değerlendirildiğinde, A₂ grubunun A₁ grubuna göre kullanılan ankraj sayısı ve ankraj çapının maliyet ve tasarım açısından avantaj sağladığı görülmektedir.

3.2 Lokasyon (B) Grubu Numuneleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi

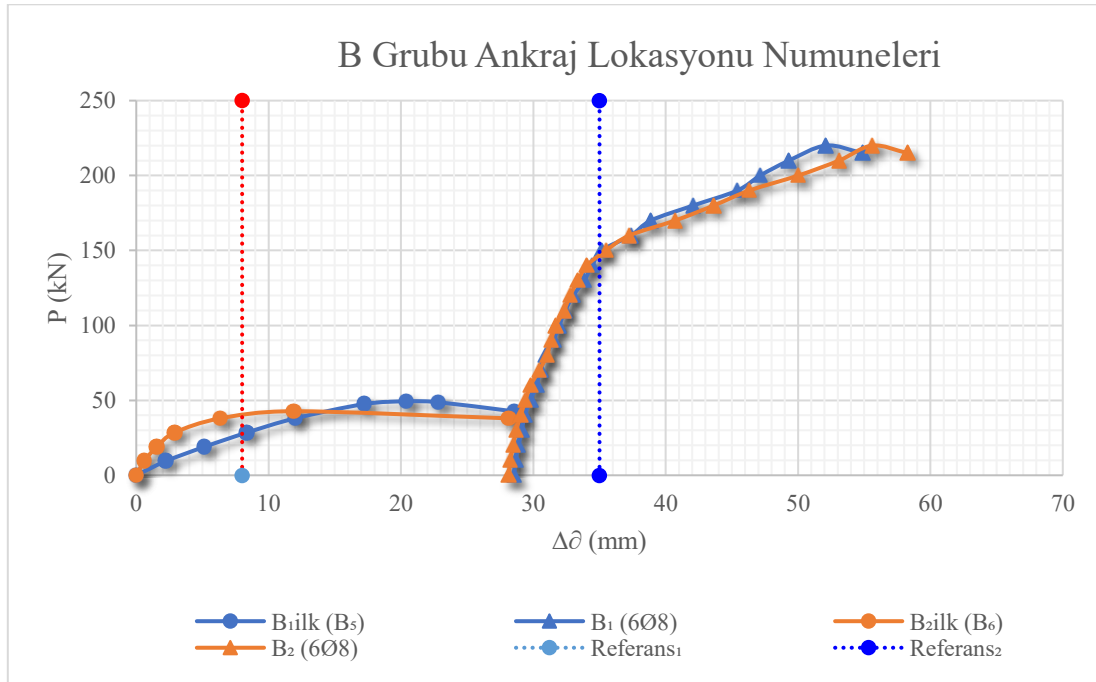
B deney grubu, Kale'nin çalışmasında kullandığı boş çerçevelerden oluşturulmuştur. B deney grubu için yüklemeler, maksimum yüke (P_{max}) ulaştıktan sonra P_{max} 'ın %95'ine kadar devam ettirilmiş ve deneyler sonlandırılmıştır.

Rijitlik (K) değerlendirmesi için, yük ve deformasyon verilerinden oluşturulan B₁ ve B₂ numunelerine ait grafiklerin birleştirilmiş hali Şekil 17'de gösterilmiştir.

B grubu için, referans noktası olarak belirlenmiş 8 mm ve 35 mm deformasyonlarına karşılık gelen yük miktarı, belirlenen referans değerlerine oranlanarak rijitlik değerine karşılık gelen eğim ($K=P/\Delta\delta_{ref}$) hesaplanmıştır.

Rijitlik (K) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, rijitliğin B₁ numunesi için %570,60 oranında arttığı, B₂ numunesi için %317,68 oranında arttığı görülmüştür.

Maksimum taşıma kapasitesi (P_{max}) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum taşıma kapasitesinin B₁ numunesi için %355,02 oranında arttığı, B₂ numunesi için %414,62 oranında arttığı görülmüştür.



Şekil 17: B grubu numuneleri yük-deformasyon grafiği.

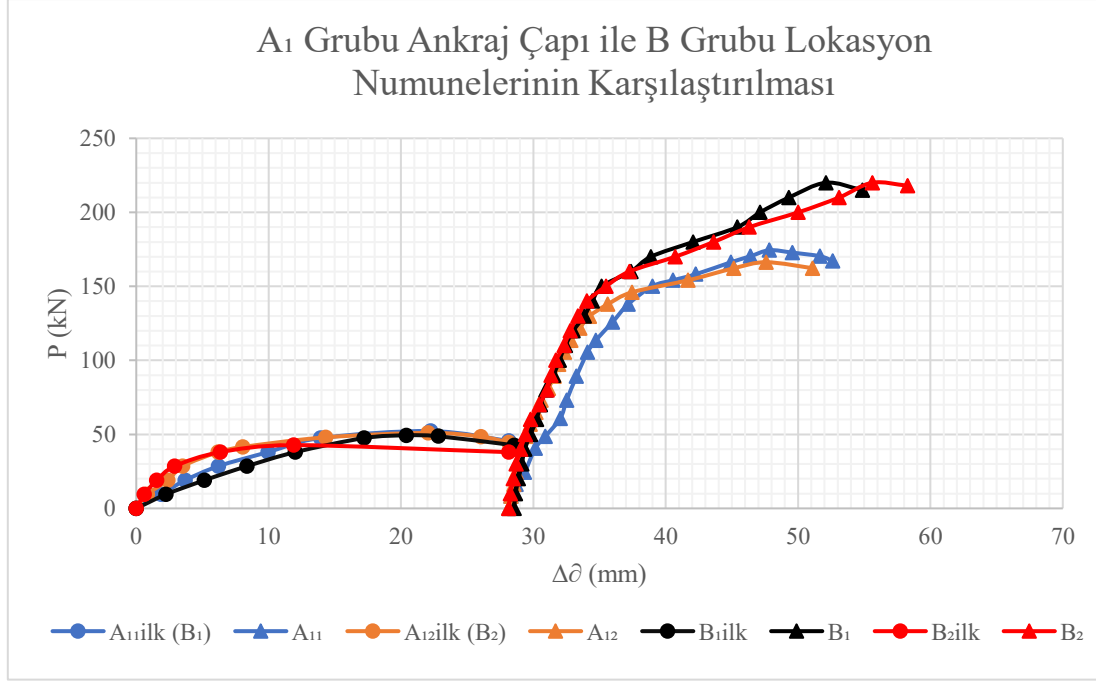
Enerji tüketim kapasitesi (W) bakımından; Kale'nin çalışmasındaki veriler ile deneyde elde edilen veriler karşılaştırıldığında, maksimum tüketim kapasitesinin B₁ numunesi için %499,87 oranında arttığı, B₂ numunesi için %1.047,22 oranında arttığı görülmüştür.

3.3 A₁ Grubu Ankraj Çapı ile B Grubu Lokasyon Numunelerinin Karşılaştırılması

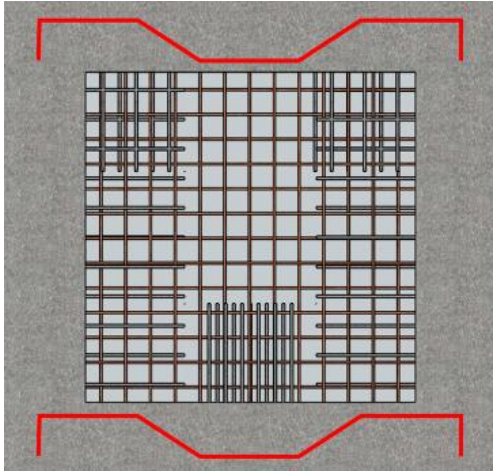
Yük ve deformasyon verilerinden oluşturulan A₁ ve B grubu numunelerine ilişkin yük ve deformasyon verilerinden oluşturulan grafik Şekil 18'dedir.

Genel olarak, TBDY-2018’de belirtilen kriterlerin iyileştirilmesi amacıyla oluşturulan A₁ grubu numuneleri ile ankrajların ekildiği lokasyon durumuna göre yine 11Ø8 olarak tasarlanmış B grubu numuneleri karşılaştırılmıştır. A₁ ve B grubu numunelerinin çalışma öncesindeki yük-

deformasyon grafiğine bakıldığında, yük-deformasyon miktarlarının benzer davranış gösterdiği görülmüştür. B grubunda, kolon-kiriş ve kolon-döşeme basınç bölgeleri dikkate alınarak bir tasarım yapılmıştır (Şekil 19).



Şekil 18: A₁ ve B grubu numuneleri yük-deformasyon grafiği.



Şekil 19: B grubunda ankraj yerleşiminin grafik çizim ile gösterimi.

Rijitlik bakımından, 11Ø8 olarak tasarlanan A₁ grubu numuneleri ile 11Ø8 olarak tasarlanan B grubu numunelerine ilişkin deney sonuçları incelendiğinde, A₁ grubunun rijitlik ortalamasının 22,71 kN/mm, B grubunun rijitlik ortalamasının 22,51 kN/mm olduğu görülmektedir. Bununla

birlikte, gruplar arası rijitlik karşılaştırıldığında, B grubunun rijitliğin A₁ grubuna kıyasla %0,86 oranında azaldığı görülmektedir. Bu azalışın, oran açısından ihmal edilebilecek bir düzeyde olduğu değerlendirilmektedir.

Maksimum taşıma kapasitesi bakımından incelendiğinde, A₁ grubunda yapılan perde duvar güçlendirmesinde, çerçevelerin ortalama 150,38 kN kadar maksimum taşıma kapasitesinde artış gösterdiği, B grubunda ise 179,68 kN kadar maksimum taşıma kapasitesinde artış gösterdiği, A₁ ve B grupları karşılaştırıldığında ise B grubunun A₁ grubuna göre maksimum taşıma kapasitesinin %43,33 oranında arttığı görülmektedir.

Enerji tüketim kapasitesi bakımından incelendiğinde, A₁ grubunda yapılan perde duvar güçlendirmesinde, çerçevelerin ortalama 3.504,44 kN.mm enerji tüketim kapasitesinde artış gösterdiği, B grubunda ise 4.100,02 kN.mm kadar enerji tüketim kapasitesinde artış gösterdiği, A₁ ve B grupları karşılaştırıldığında ise B grubunun A₁

grubuna göre enerji tüketim kapasitesinin %67,43 oranında arttığı görülmektedir.

4. SONUÇ

Yapılan çalışma ile ankraj donatı çap ve yerlerinin güçlendirmeye sağladığı katkılar araştırılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan deneylerde kullanılan düşük dayanımlı mevcut betonarme çerçeveler ile güçlendirme ihtiyacı olan 2000 yılı öncesinde hazır beton ile yapılmayan konut stoku hedef alınmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda, TBDY-2018'de verilen güçlendirme hükümlerinin aksine, güçlendirmede kullanılan ankraj çaplarının küçültülerek ankraj sayısının artırılmasının ve ankraj yerleşiminin enerji tüketme kapasitesi bakımından güçlendirmeye katkı sağladığı görülmüştür.

Yazarların Katkıları: Her iki yazar, literatür taraması, deney gruplarının oluşturulması, deneylerin yapılması, elde edilen verilerin değerlendirilmesi, makale yazımı ve düzenleme süreçlerine katkı sağlamıştır

Teşekkür: Yazarlar, Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında 2023-139 numaralı proje ile destekleyen Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğüne teşekkür ederler.

Çıkar Çatışmaları: Yazarlar, sunulan çalışmada herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] İ. B. Topçu ve T. Bahadırılı, "Ferrocementin Gemi ve Teknelerde Kullanımı," *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 23, sy. 1, ss. 49–62, Haz. 2010.
- [2] DBYBHY, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, T.C. Resmî Gazete, 2007. [Çevrimiçi]. Erişim: 30 Ekim 2024. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3.htm>
- [3] S. Etli ve M. Akgül, "TBDY 2018 ile Tasarlanan Kompozit Binaların Ana ve Artçı Depremlerde Davranışı," *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, Şub. 2023, doi: 10.29137/umagd.1241090.

- [4] M. Akgül ve O. Doğan, "Altındağ/Ankara Özelinde Tipik Yığma Binaların Deprem Risklerinin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi," *NWSA Academic Journals*, c. 15, sy. 1, ss. 1–14, Oca. 2020, doi: 10.12739/NWSA.2020.15.1.1A0446.
- [5] M. Akgül ve O. Doğan, "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*, c. 14, sy. 2, ss. 691–704, Tem. 2022, doi: 10.29137/umagd.1092523.
- [6] M. Akgül ve S. Etli, "06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık, Elbistan) Depremleri Sonrasında Malatya Özelindeki Yığma Yapılarda Hasar Oluşumunun Değerlendirmesi," içinde S. A. Ü. Bardak, Ed., *Mühendislikte Güncel Araştırmalar*. Ankara: Gece Publishing, 2023, ss. 1–22.
- [7] M. E. Yıldırım, C. Yeşilyurt, U. Gözün, B. Öztürk ve C. Dönmez, "Structural Performance of R/C Buildings in 2023 Kahramanmaraş Earthquakes Under the Lens of Hassan Index," 2024, ss. 99–114, doi: 10.1007/978-3-031-57659-1_7.
- [8] M. Akgül ve O. Doğan, "Evaluation Of The Effect Of The Elazığ-Sivrice Earthquake Dated 4 April 2019 On Masonry Structures," *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, ss. 265–277, Oca. 2020, doi: 10.29137/umagd.621701.
- [9] E. Gültepe, H. G. Çömlekoğlu, B. Öztürk ve C. Dönmez, "Discussion on the Causes of the Observed Damages in the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes," 2024, ss. 81–97, doi: 10.1007/978-3-031-57659-1_6.
- [10] S. Pujol vd., "Quantitative Evaluation of the Damage to RC Buildings Caused by the 2023 Southeast Turkey Earthquake Sequence," *Earthquake Spectra*, c. 40, sy. 1, ss. 505–530, Şub. 2024, doi: 10.1177/87552930231211208.
- [11] TBDY, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, T.C. Resmî Gazete, 2018. [Çevrimiçi]. Erişim: 30 Ekim 2024. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm>
- [12] F. Kale, "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, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Türkiye, 2024.
- [13] C. Chrysostomou vd., "Seismic Retrofitting of RC Frames with RC Infilling (SERFIN Project)," *SERIES Transnational Access Report*, Ispra, Oca. 2014. doi: [www.doi.org/10.2788/630](https://doi.org/10.2788/630).
- [14] F. Çelik, "Mevcut Yığma Binalarda Güçlendirme Ankrajlarının Çap ve Ankraj Derinliğine Bağlı Çekme ve Kesme Performanslarının Deneysel Olarak İncelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Türkiye, 2018.
- [15] H. Tekeli vd., "Betonarme Çerçeve Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Sıva ile Güçlendirilmesi," *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 3, sy. 2, ss. 179–191, Ara. 2014, doi: 10.17798/beufen.25105.
- [16] Ö. Anıl ve S. Altın, "An Experimental Study on Reinforced Concrete Partially Infilled Frames," *Engineering Structures*, c. 29, sy. 3, ss. 449–460, Mar. 2007, doi: 10.1016/j.engstruct.2006.05.011.
- [17] Redwan-Ul-Islam, Z. Fariha, M. A. Bashar Bhuiyan ve R. Islam, "Analysis of RC Buildings Under Seismic Zones in Bangladesh Concerning Shear Wall, Aspect Ratio and Breadth to Length Ratio," *Journal of Physics: Conference Series*, c. 2521, sy. 1, s. 012005, Haz. 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2521/1/012005.
- [18] A. Nishtala ve A. Radke, "Review of Using Shear Walls and Bracings for Seismic Strengthening of High-Rise RC Structures," *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, c. 2, sy. 03, ss. 574–578, Mar. 2024, doi: 10.47392/IRJAEH.2024.0083.
- [19] J. M. Rao ve K. Rajasekhar, "Seismic Evaluation of RC Framed Building With and Without Shear Walls (Performance Based Design)," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, c. 5, sy. 6, ss. 261–269, Haz. 2016, doi: 10.21275/v5i6.NOV164112.
- [20] İ. Zıvrallı, "Mevcut betonarme binada güçlendirme ankrajlarının çap ve derinliğine bağlı çekme performansının deneysel olarak incelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Türkiye, 2024.
- [21] T. İ. Karadağlı, "Düşük dayanımlı betonlarda kimyasal ankrajlı çelik çubuğun çap ve gömme derinliğinin deneysel olarak belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Türkiye, 2024.
- [22] A. Hakim ve A. Masri, "Case Study of Seismic Evaluation and Strengthening of Existing Low-Rise Reinforced Concrete Building," *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, c. 5, sy. 1, Tem. 2018, doi: 10.14455/ISEC.res.2018.13.
- [23] Yoldaş, "MEMOCHEM STE-410 Kimyasal Dübel Teknik Bilgi Formu," Nisan 2021. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://yoldasgrup.com/wp-content/uploads/TBF-MEMOCHEM-STE-KIMYASAL-DUBEL.pdf>