



T.C.

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI

**KIRIKKALE İLİ'NDEKİ BETONARME EĞİTİM
KURUMLARINA YAPILAN GÜÇLENDİRME
UYGULAMALARININ ANALİZİ**

MAYS RAHEEM HENDI SHUJAIRI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR / 2023



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI

**KIRIKKALE İLİ'NDEKİ BETONARME EĞİTİM
KURUMLARINA YAPILAN GÜÇLENDİRME
UYGULAMALARININ ANALİZİ**

MAYS RAHEEM HENDI SHUJAIRI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğretim Üyesi Hakan ÇAĞLAR

KIRŞEHİR / 2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

MAYS RAHEEM HENDI SHUJAIRI

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Yüksek Lisansa başlamamda ve yüksek lisans ders sürecinde kendisini tanıdığım günden bu yana gösterdiği sakin ve sabırlı hali ile her zaman bana örnek olmasının yanı sıra bir bilim adamının nasıl çalışması gerektiğini kendisinden öğrendiğim değerli danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Hakan ÇAĞLAR'a büyük bir içtenlikle teşekkür ederim. Tezimin her aşamasında gerek sorularıyla gerekse tezin şekillenmesinde ve nihai hale gelmesinde katkıları olan değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Arzu ÇAĞLAR'a teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

Tezimi, beni bu yaşıma kadar büyütüp her koşulda beni yalnız bırakmayan biricik aileme ithaf ederim.

Mart, 2023

MAYS RAHEEM HENDI SHUJAIRI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kırıkkale'nin Tarihsel Gelişimi	1
1.2. Kırıkkale'nin Coğrafi Özellikleri	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
3. BETONARME BİNALARDA MEYDANA GELEN HASARLAR.....	7
3.1. Döşeme Hasarları.....	7
3.2. Kirişlerde Oluşan Hasarlar.....	9
3.3. Kolonlarda Oluşan Hasarlar	11
3.4. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi.....	12
3.5. Perde Hasarları.....	15
3.5.1. Kesme çatlakları	16
3.5.2. Eğilme çatlakları	16
3.5.3. Kayma hasarları	17
3.6. Temelde Oluşan Hasarlar	18
4. BETONARME BİNALARDA GÜÇLENDİRME TÜRLERİ	19
4.1. Eleman Bazında Güçlendirme Türleri	19
4.1.1. Kolonların Güçlendirilmesi	19
4.1.2. Betonarme Kirişlerin Güçlendirilmesi	25
4.1.3. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi	28
4.2. Sistem Bazında Güçlendirme	31
4.2.1. Dolgu duvarların güçlendirilmesi	31
4.2.2. Betonarme çerçevelerin yerinde dökme perde duvar ile güçlendirilmesi	33
4.2.3. Betonarme çerçevelerin çelik diyagonal elemanlar ile güçlendirilmesi	36

4.2.4. Yapıya dış perdeler ekleyerek güçlendirme	38
4.2.5. Betonarme sisteme yeni çerçeveler ekleyerek güçlendirme	39
4.2.6. Betonarme sistemin kütleinin azaltılması	39
5. ÖRNEK PROJE ÜZERİNDE YAPILAN ARAŞTIRMALAR.....	40
4.1. Hasan Ali Yücel İlkokulu'nun Mevcut Durumu ve Yapılan Çalışmalar.....	40
4.2. Gazi ilköğretim Okulu'nun Mevcut Durumu ve Yapılan Çalışmalar.....	48
4.3. Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi'nin Mevcut Durumu ve Yapılan Çalışmalar.....	56
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	72

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Kırıkkale siyasi haritası	3
Şekil 3.1. Döşeme hasarları.....	8
Şekil 3.2. Döşemelerde zımbalama kırılmaları.....	8
Şekil 3.3. Düğüm noktasında mafsallaşma ve kirişte eğilme çatlakları.....	9
Şekil 3.4. Kirişte oluşan kesme çatlakları	10
Şekil 3.5. Kirişte eğilme çatlakları	10
Şekil 3.6. Kirişte kayma çatlakları	11
Şekil 3.7. Kolonlarda kesme hasarı	11
Şekil 3.8. Kolonlarda basınç hasarı	12
Şekil 3.9. Kolon-kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen hasar	13
Şekil 3.10. Güçlü kolon zayıf giriş	14
Şekil 3.11. Güçlü giriş zayıf kolon	14
Şekil 3.12. Kolon mafsallaşmasının aşamaları	15
Şekil 3.13. Perdede meydana gelen kesme hasarı	16
Şekil 3.14. Boşluklu perdelerde hasar biçimi	17
Şekil 3.15. Burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar	18
Şekil 3.16. Zemin sıvılaşması	19
Şekil 4.1. Kolonları çelik kafes içine alarak güçlendirme detayı	20
Şekil 4.2. Kolonları çelik kafes içine alarak güçlendirme	20
Şekil 4.3. Kolonun mantolama ile güçlendirme detayı	22

Şekil 4.4.	Kolonun mantolama ile güçlendirilmesine değişik örnekler	22
Şekil 4.5.	Kolonun mantolama ile güçlendirilmesi	23
Şekil 4.6.	Kolonun Lifli Polimer (LP) Sargı İle Güçlendirilmesi	24
Şekil 4.7.	LP İle Sargılı Kesitte Etkili Kuşaklama Alanı	24
Şekil 4.8.	Kolonlara kanat eklenerek güçlendirme detayı	25
Şekil 4.9.	Kirişleri çelik levhalar ile sararak güçlendirme	26
Şekil 4.10.	Kirişlerin çelik levhalar ile sararak güçlendirilmesi	26
Şekil 4.11.	Kirişin mantolama ile güçlendirilmesi	27
Şekil 4.12.	Çeşitli boyutlardaki kirişlerin iki ve üç yönden mantolanması	27
Şekil 4.13.	Kirişin lifli polimer ile sarılarak güçlendirilmesi	28
Şekil 4.14.	Kiriş-kolon birleşim bölgesinin mantolama ile güçlendirilmesi	29
Şekil 4.15.	Birleşim bölgesinin çelik levhalar ile güçlendirilmesi	30
Şekil 4.16.	Birleşim bölgesinin lifli polimer ile güçlendirilmesi	31
Şekil 4.17.	Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi ...	32
Şekil 4.18.	Dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi	33
Şekil 4.19.	Yerinde dökme perde duvar güçlendirme	34
Şekil 4.20.	Çerçeve düzlemi içine betonarme perde ekleyerek güçlendirme detayı	35
Şekil 4.21.	Çerçeve düzlemi içerisine betonarme perde eklenmesi	35
Şekil 4.22.	Çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi yöntemi	36
Şekil 4.23.	Çelik diyagonallerle çerçevenin güçlendirilmesi	37
Şekil 4.24.	Çelik diyagonal elemanlarla güçlendirme	38
Şekil 4.25.	Dış perdenin bitişik olduğu çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanması	38
Şekil 5.1.	a) Okulun eski hali b) Okulun yeni hali.....	40

Şekil 5.2.	Yerinde dökme perde duvar uygulaması.....	41
Şekil 5.3.	Laminant parke ve ıslak zemin uygulamaları.....	41
Şekil 5.4.	Bodrum kat güçlendirme uygulaması planı.....	42
Şekil 5.5.	Zemin kat güçlendirme uygulaması planı.....	44
Şekil 5.6.	Birinci kat güçlendirme uygulaması planı.....	46
Şekil 5.7.	İkinci kat güçlendirme uygulaması planı.....	48
Şekil 5.8.	a) Okulun eski hali, b) Okulun yeni hali.....	49
Şekil 5.9.	Bodrum kat güçlendirme uygulaması planı.....	51
Şekil 5.10.	Zemin kat güçlendirme uygulaması.....	53
Şekil 5.11.	Zemin kat güçlendirme uygulaması planı.....	53
Şekil 5.12.	Birinci kat güçlendirme uygulaması planı.....	55
Şekil 5.13.	İkinci kat güçlendirme uygulaması planı.....	57
Şekil 5.14.	Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi mevcut durum.....	58
Şekil 5.15.	Bodrum kat güçlendirme uygulaması planı.....	59
Şekil 5.16.	Zemin kat güçlendirme uygulaması planı.....	61
Şekil 5.17.	Birinci kat güçlendirme uygulaması planı.....	63
Şekil 5.18.	Binaya bitişik oluşturulan mahal.....	64
Şekil 5.19.	İkinci Kat güçlendirme uygulaması planı.....	65
Şekil 5.20.	Binaya bitişik ek mahale yapılan sıva uygulaması.....	66
Şekil 5.21.	Üçüncü kat güçlendirme uygulaması planı.....	67

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
A	: A Aksı
G	: G Aksı

Kısaltmalar	Açıklama
M.Ö	: Milattan Önce
YY	: Yüzyıl
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
cm	: Santimetre
LP	: Lifli Polimer
m²	: Metre Kare



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRIKKALE İLİ'NDEKİ BETONARME EĞİTİM KURUMLARINA YAPILAN GÜÇLENDİRME UYGULAMALARININ ANALİZİ

MAYS RAHEEM HENDI SHUJARI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Hakan ÇAĞLAR

Bu tez çalışmada, Kırıkkale İlinde bulunan 3 adet eğitim yapısının güçlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmada yapının mimarisi ve kullanıcıların minimum düzeyde etkilenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda uygulama aşamasında değerlendirmeler yapılarak güçlendirme önerilerinin sunulması hedeflenmiştir. Çalışmada sonuç olarak, üç eğitim kurumunda da yerinde dökme perde duvar uygulaması yapıldığı tespit edilmiştir. Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi'nde güçlendirmenin yanı sıra binaya bitişik bir şekilde yangın merdiveni depo, engelli asansörü ve holden oluşan bir mahal tasarlanmıştır. Ayrıca tüm eğitim kurumlarında güçlendirmenin yanı sıra duvar ve tavana boya, ıslak zeminlere ve koridorlara mozaik karo kaplaması ve yer yer laminant parke uygulaması yapılmıştır. Tüm eğitim kurumlarında güçsüz olan iç duvarlar yıkılıp yerine yeni duvarlar inşa edilmiştir.

Mart 2023, 85 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme, yerinde dökme perde duvar, eğitim kurumları, Kırıkkale

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

ANALYSIS OF REINFORCEMENT APPLICATIONS TO REINFORCED EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN KIRIKKALE

MAYS RAHEEM HENDI SHUJARI

Kirsehir Ahi Evran University

Graduate School of Sciences and Engineering

Advanced Technologies Department

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hakan ÇAĞLAR

In this thesis, the studies on the strengthening of 3 educational structures in Kırkkale Province were examined. In the study, it is aimed to affect the architecture of the building and the users at a minimum level. For this purpose, it is aimed to present reinforcement suggestions by making evaluations during the implementation phase. As a result of the study, in-situ shear wall application was made in all three educational institutions. In Yıldırım Beyazıt Anatolian High School, in addition to the reinforcement, a fire escape, warehouse, disabled elevator and hall were designed adjacent to the building. In addition to reinforcement, paint on walls and ceilings, mosaic tile coating on wet floors and corridors, and laminate flooring in places were applied in all educational institutions. The inner walls, which were weak in all educational institutions, were demolished and new walls were built in their place.

March 2023, 85 Pages.

Keywords: Reinforcement, cast-in-situ curtain wall, educational institutions, Kırkkale

1. GİRİŞ

Betonarme yapılar, yaşlanma, aşırı yükleme, kötü tasarım, yapının kullanım değişikliği ve deprem olayları nedeniyle bozulma ya da aşırı hasar görebilmektedirler. Bu durum betonarme yapıların sağlamlığı ve kullanılabilirliğini olumsuz etkilemektedir. Bu etkiler doğrultusunda yapılar kısa ve uzun vadeli performans ve güvenlik endişelerine yol açmaktadır (Raza vd., 2019; Engindeniz vd., 2005; Koutas vd., 2019; Siddika vd., 2019; Raza vd., 2022; Khan vd., 2022).

Hizmet ömürlerinde hasara uğramış yapıların modern talebini karşılamak için (anıtsal yapılar dışında) yenileme, restorasyon, yeniden modelleme, yenileme veya güçlendirmeye tabi tutulabilmektedir. Bu faaliyetler, binaya yeni kolonlar, duvarlar, kirişler veya kafes kirişler yerleştirmeyi içerebilmektedir (Foraboschi, 2022).

Ekonomik kaybı önlemek için, yapısal elemanlar genellikle, işletme ömürleri boyunca uygulanan yüke dayanabilecek şekilde güçlendirilmektedir (Khan vd., 2022).

Bu tez çalışmasında, Kırıkkale İlinde bulunan 3 adet eğitim yapısının güçlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada, yapının mimarisi ve kullanıcıların minimum düzeyde etkilenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda uygulama aşamasında değerlendirmeler yapılarak güçlendirme önerilerinin sunulması hedeflenmiştir.

1.1. Kırıkkale'nin Tarihsel Gelişimi

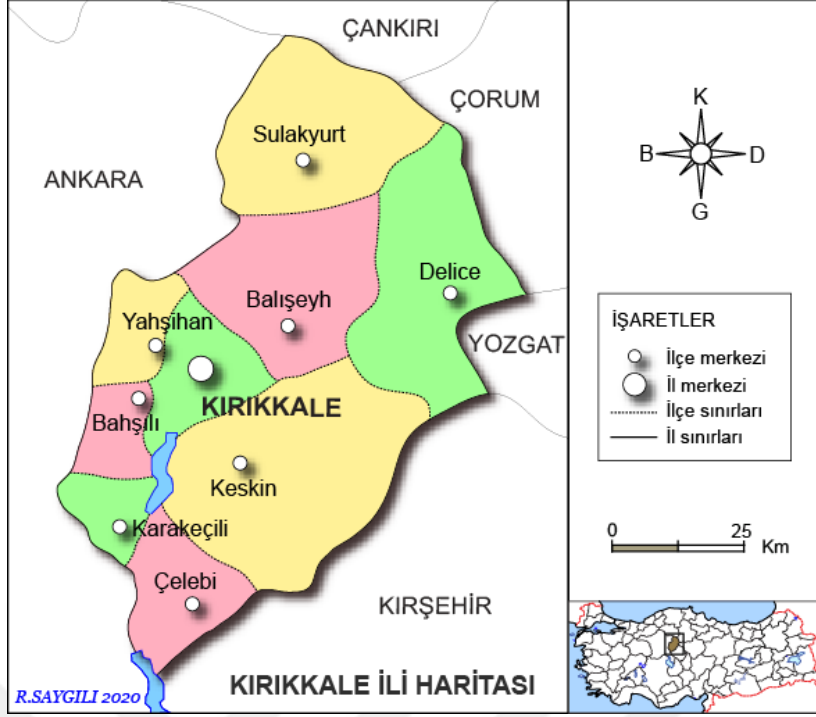
Batıdan doğuya ulaşım sağlayan yolların kesiştiği bölgede bulunan Kırıkkale, konum itibariyle farklı uygarlıklara ev sahipliği yapmış bir şehirdir. İlin tarihi geçmişi daha önce bağlı bulunduğu Ankara ili ile paraleldir (Kırıkkale Belediyesi Kültür ve Tarih Yayınları, 2008). Geçmişten günümüze kadar ilin eskiçağ tarihini belgeleyecek herhangi bir arkeolojik araştırmalar yapılmamış, ama az sayıda bilimsel araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalara göre;

- ✓ İlin tarihi Anadolu tarihiyle eşdeğer olduğu görülmüştür (Ay, 1995).

- ✓ Kırıkkale il sınırları içerisinde bulunan höyük, ören yerleri ve tarihi kalıntılar, ilin M.Ö yıllara dayandığını göstermektedir (Kırıkkale Belediyesi Kültür ve Tarih Yayınları, 2009; Ulukavak, 2011).
- ✓ Kent merkezinde bulunan eski kalıntılar Kalkolitik döneme ait olması sebebiyle il ve çevresinin 7000 yıllık bir geçmişe dayandığı görülmektedir (Karadeniz, 2006; Metin, 1997).
- ✓ Çatal Söğüt Höyüğü'nden alınan seramik kalıntılarının Eski Tunç Devri'ne ait olduğu belgelendirilmiştir (Gülyazı, 2004).
- ✓ 1073 yılında Ankara Türklerin himayesine girmiştir. Kırıkkale de aynı tarihte Türkleşmeye başlamıştır (Kırıkkale Kültür ve Tarih Yayınları, 2008).
- ✓ Bazı dönemlerde Kırıkkale Bizanslıların himayesine girse de 1100-1200 yılları arasında Selçuklu himayesine girmiştir (Kırıkkale Belediyesi Kültür ve Tarih Yayınları, 2009).
- ✓ 14. yy sonrasında Kırıkkale, Malatya iline kadar Osmanlı himayesine girmiştir (Vural, 2018; Tekel, 2021).

1.2. Kırıkkale'nin Coğrafi Özellikleri

Kırıkkale, İç Anadolu bölgesinde yer alan, doğuda Çorum ve Yozgat, batıda Ankara, kuzeyde Çankırı, güneyde Kırşehir iliyle komşu olan bir ildir (Şekil 1.1). Yaklaşık 276000 nüfusa sahip ilin yüz ölçümü 4630 km²'dir.



Şekil 1.1. Kırıkkale siyasi haritası (Web ileti 1)

Doğu güney ve Karadeniz yollarının kesiştiği nokta olan Kırıkkale 43 vilayetin batıya açılan kapısı görevini üstlenmektedir. Kırıkkale'nin büyük bir kısmı küçük yada büyük çapta akarsularla çevrilmiştir. Kızılırmak nehrinin 92 km'lik bölümü il sınırları içerisinde bulunmakta ve Ankara sınırını meydana getirmektedir. Kırıkkale, merkez ilçe ile birlikte 9 ilçe, 185 köy ve 11 belediyeden meydana gelmektedir (Tekel, 2021).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Pergel, (2013), yapmış olduğu çalışmada, Amasya il sınırları içerisinde bulunan Taşhan isimli bir tarihi yığma yapıyı incelemiştir. Çalışma sonunda, yapının güçlendirmeye ihtiyacının olduğunu bildirmiştir.

Kaya, (2017), yapmış olduğu çalışmada, eğitim kurumlarından olan bir lise binasının mevcut durumunu incelemiştir. Bu inceleme sırasında okulun rölevesini çizmiş ve İdecad programında üç boyutlu modellemesini yapmıştır. Ardından DBYBHY-2007 Bölüm 7 ye göre Mod birleştirme metodunu uygulayarak lise yapısının performans analizini belirlemiştir. Çalışmada sonuç olarak, mevcut lise yapısının can güvenliği ve hemen kullanım performans değerlerini sağlamadığını tespit etmiştir. Bu nedenle yapının taşıyıcı sisteminin güçlendirilmesinin gerekli olduğunu düşünmüştür.

Urganlı, (2021), yapmış olduğu çalışmada, Tokat İli Erbaa İlçesinde bulunan Atatürk İlkokulu, Hüseyin Özdilek Ortaokulu ve Kemal Kıvırcıoğlu İlkokulu-Ortaokulunun deprem sonrası güçlendirme çalışmalarını detaylı bir şekilde incelemiştir. Çalışma sonucunda, bu yapıların güçlendirme uygulamasının ardından yapıda oluşan değişikliklerin mimari açıdan olumlu ve olumsuz etkiler yarattığını tespit etmiştir.

Küçük, (2006), yapmış olduğu çalışmada, deprem anında yapıda meydana gelebilecek hasarları ve bunları minimize etmenin metotlarını bildirmiştir. Deprem ve mimarlığın birbiriyle bağlantılı olduğunu ve mimarlık eğitiminde yapılacak düzenlemelerle deprem sırasında oluşabilecek hasarların azalabileceği sonucuna varmıştır.

Coza, (2003), yapmış olduğu çalışmada, betonarme yapılar tasarlanırken taşıyıcı sistemi ve inşası sırasında yapılan hataları tespit etmiş ve bu hatalardan kaynaklanabilecek hasarları bildirmiştir. Sonuç olarak, yapılan hataları, yapının yapılacağı zeminin uygun olmaması, projelendirmenin eksik ve hatalı yapılması, kalitesiz yapı malzemesi ve kötü işçilik uygulaması ve yönetmeliklere aykırı uygulamalar olduğunu ifade etmiştir.

Acar, (2020), yapmış olduğu çalışmada, yapıların deprem sırasında yapmış olduğu davranışlar, deprem sırasında hasar almaları, yapıların kullanım ömrünü tamamlaması vb. nedenlerden dolayı eksik olması halinde betonarme taşıyıcı sistemin farklı metotlarla onarılması ve güçlendirilmesini incelemiştir. Çalışma sonucunda güçlendirme tekniklerinin yapının mimarisi üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkilerinin olduğunu bildirmiştir.

Yüceer, (2005), yapmış olduğu çalışmada, Atina ve Venedik tüzüğünü incelemiş ve tarihi yapılarda koruma ve güçlendirme uygulamaları yapılırken bu tüzüklerde yer alan kurllara uyulması gerektiğini bildirmiştir. Bunun yanı sıra tarihi yapıya daha sonra eklenen kısımların çağdaş yaklaşımlar ile birlikte tarihi ve kültürel özelliğini kaybettirmeyecek şekilde yapılmasını bildirmiştir.

Mahrabel, (2006), yapmış olduğu çalışmada, tarihi yapıların taşıyıcı elemanlarını, yapılarda meydana gelen hasarları ve nedenlerini incelemiş, örnek bir yapı üzerinde güçlendirme önerisinde bulunmuştur.

Yavuz, (2012), yapmış olduğu çalışmada, yapılar üzerinde yapılan incelemelerde yapıya zarar vermeyen yöntemlerin kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Örneğin duvar içerisinde bulunan boşluklar, malzeme özellik ve farklılıklarını tespit etmek için radar, ultrason ve mekanik darbe ile yaratılan ses yöntemlerinin kullanılmasını önermiştir. Gama ışınlarının da bu bağlamda oldukça güzel sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Amman, (2012), yapmış olduğu çalışmada, tarihi yapıların taşıyıcı sistemi ve sistemlerde meydana gelen hasarların neler olduğunu ve bu yapılarda kullanılacak güçlendirme tekniklerini irdelemiştir. Çalışma sonucunda konu hakkında çeşitli önerilerde bulunmuştur.

Bayraktar vd., (2015), yapmış olduğu çalışmada, tahribatsız ölçüm yöntemi olan Çevresel titreşim testini, yığma ve betonarme yapıım sistemine sahip kubbeli camilerde uygulamışlardır. Cami kubbelerinin dinamik analizini yapmış, karakteristik özelliklerini tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda yığma yapılarda bulunan taşıyıcı eleman ve dinamik analizlerinin yapı üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Aşık, (2018), yapmış olduğu çalışmada Konya ilinde bulunan 13. Yüzyıl yapısı olan Zenburi mescidini incelemiştir. Mescidin, taşıyıcı sisteminin mevcut hali, inşasında kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri, mevut yapıda meydana gelen hasarlar, hasarların durumu ve onarım/güçlendirme önerisinde bulunmuştur.

Karaca, (2022), yapmış olduğu çalışmada Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 yönetmeliğine göre mevcut betonarme eğitim kurumunun nonlineer analiz yöntemini kullanarak performansını değerlendirmiştir. Yapılan değerlendirmenin ardından yapının güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varmıştır. Daha sonra yapı için 3 değişik güçlendirme önerisinde bulunmuştur. Öneriler doğrultusunda deprem yer hareketleri için güçlendirme

yapılan yapıların performans analizleri yapılmıştır. Böylelikle yapının olması gereken performans düzeyine ulaştığı görülmüştür.

Gülmez, (2010), yapmış olduğu çalışmada, Ülkemizde mevcut yapı stoğunun güçlendirme uygulamalarında depreme etkisine karşı uygun metotlar belirlemiştir. Sonuç olarak, ülkemizde güçlendirme metotlarının baz alındığı sekiz temel kural bulunduğunu bildirmiştir.



3. BETONARME BİNALARDA MEYDANA GELEN HASARLAR

Proje hataları, yapıya aşırı yüklemeler ve temel oturmaları betonarme taşıyıcı sistemlerde çatlakların meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu çatlaklar belirli bir derinliğe geldiğinde yapı tehlikeye girmektedir (Sargın, 2020). Bu yüzden hasara uğramış yapılar güvenlik önlemi alındıktan sonra ivedilikle tespit edilmelidir. Yapılan tespit çalışmalarının ardından hasara bağlı olarak yapıya onarma, güçlendirme veya yıkım işlemi yapılmaktadır (Raofe, 2019).

Betonarme yapılarda hasar türleri;

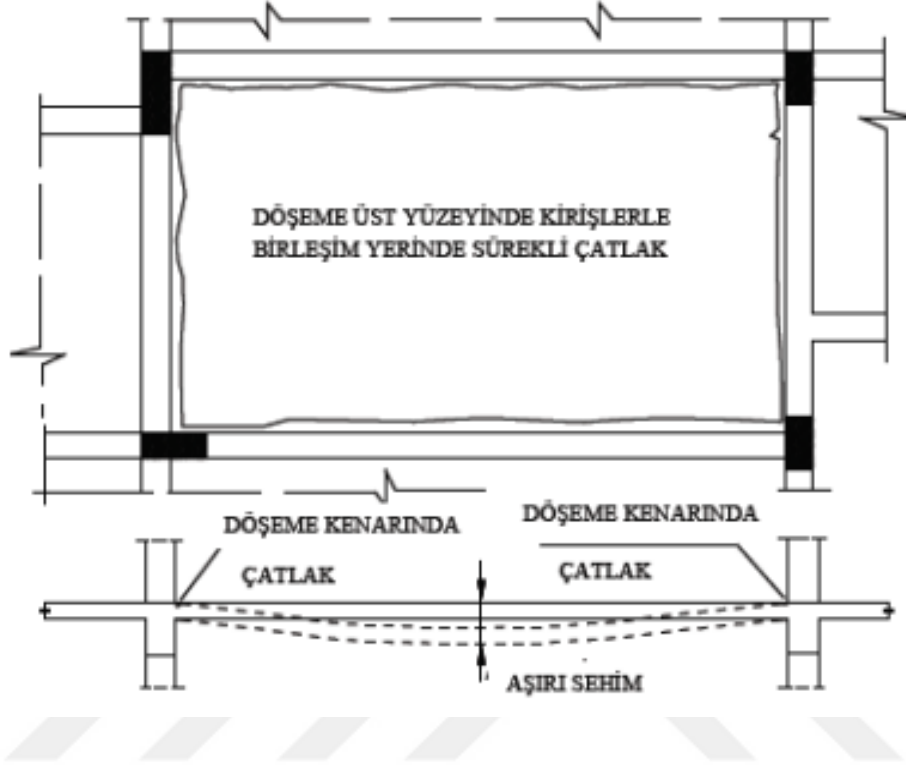
- Döşemede oluşan hasarlar
- Kirişlerde oluşan hasarlar
- Kolonlarda oluşan hasarlar
- Kolon-kiriş bölgelerinde oluşan hasarlar
- Perdede oluşan hasarlar
 - Kesme çatlakları
 - Eğilme çatlakları
 - Kayma hasarları
- Temelde oluşan hasarlar şeklinde sıralanmaktadır.

3.1. Döşeme Hasarları

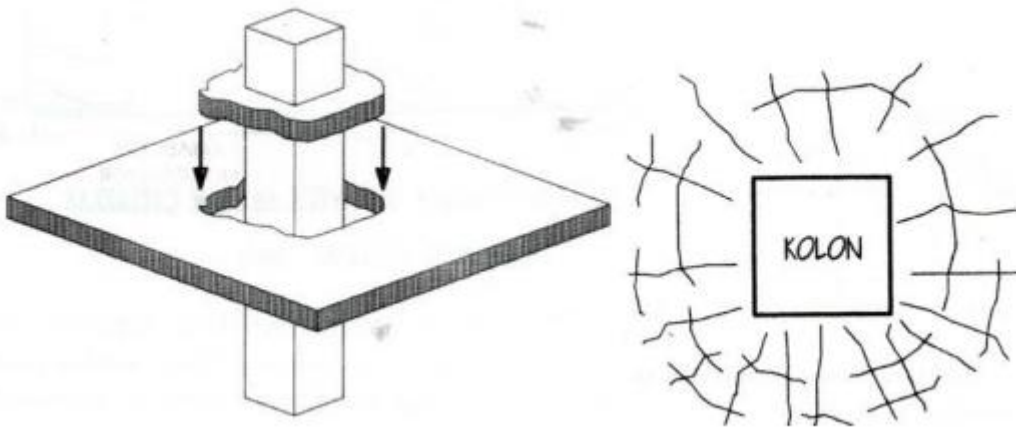
Yapıya etki eden hareketli yükler döşemede titreşimlere neden olmaktadır. Döşemelerde çok yüksek miktarda titreşim meydana gelmesi döşemenin dayanıksız olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca döşemelerde meydana gelen çatlaklar genellikle açıklık orasında meydana gelen sehimlerden kaynaklanmaktadır. Bu çatlakların nedeni, açıklığın döşeme kalınlığından fazla olması, betonun kalıp içerisinde kalma süresinin kısaltılması veya proje aşamasında belirlenen döşeme mukavemetinin uygulamadaki döşeme mukavemetinden fazla olmasıdır (Özdöner, 2011).

Döşemelerde ayrıca döşemenin kirişle birleştiği bölgede kiriş kenarına paralel bir şekilde, konsol döşemelerin mesnet kesitinde, geniş açıklıklı kiriş döşemelerde, çatlaklar oluşmaktadır (Şekil 3.1) (Sargın, 2020). Bunun yanı sıra konsol döşemelerin mesnetlerinde ve döşemede yer alan boşlukların kenarlarında gerilme yığılmaları meydana gelmesi nedeniyle çatlaklar oluşabilmektedir (Erdel, 2019). Kirişsiz döşemelerde yapıya etkileyen

yükler doğrudan kolona aktarılırlar. Bu nedenle zımbalama kırılmaları meydana gelmektedir (Şekil 3.2). (Sargın, 2020; Erdel, 2019).



Şekil 3.1. Döşeme hasarları (Sargın, 2020)



Şekil 3.2. Döşemelerde zımbalama kırılmaları (Bayülke, 2010)

3.2. Kirişlerde Oluşan Hasarlar

Betonarme kirişlerde, düşey yüklerin etkisinden kaynaklı olarak eğilme çatlakları görülmektedir (Şekil 3.3). Bu çatlaklarının nedeni boyuna donatının yetersiz sayıda kullanılmasındır (Özdöner, 2011). Bunun yanı sıra yapıya yatay ve düşey yüklerin birlikte etki ettiği durumlarda ise mesnet bölgelerine yakın alanlarda hasarlar görülmektedir. Bunun önüne geçilmesi için mesnet bölgelerine yakın yerlerde saplama kiriş yapılmamalıdır (Erdel, 2019).



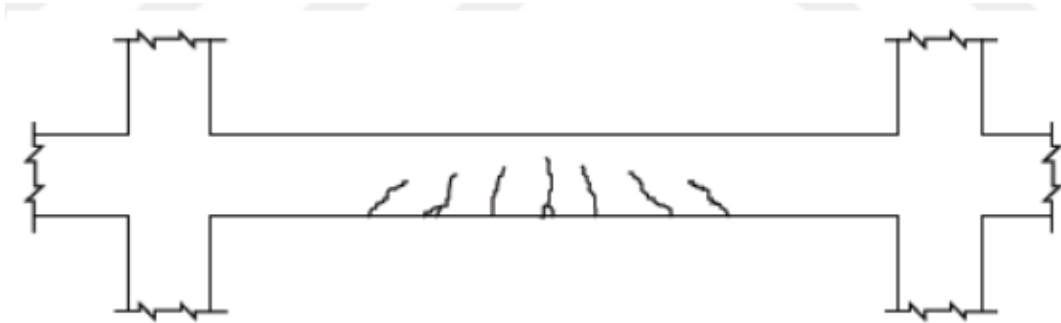
Şekil 3.3. Düğüm noktasında mafsallaşma ve kirişte eğilme çatlakları (Raofe, 2019)

Yatay yükler altında kirişlerde en fazla zorlanan yerler mesnet bölgeleridir. Bu bölgelerde kiriş eksenine dik yönde eğilme çatlakları ve 450°'lik açı ile kesme çatlakları oluşmaktadır (Şekil 3.4). Bunun nedeni Etriye donatısının olması gerekenden az olmasıdır (Halis, 2019).

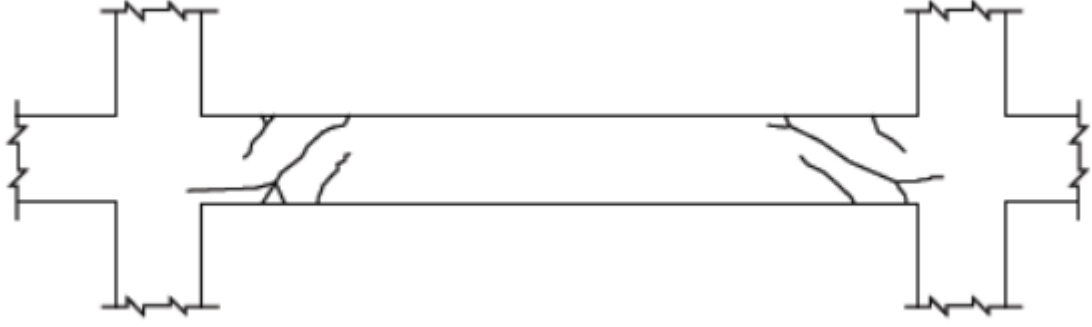


Şekil 3.4. Kirişte oluşan kesme çatlakları (Çırak, 2011)

Kirişlerde düşey yüklerden kaynaklanan çatlaklar görülmektedir. Bu çatlaklar genellikle açıklık ortasında ve kiriş mesnet bölgelerindedir. Eğilme momenti için yetersiz donatı kullanılması açıklık ortasında meydana gelen çatlakların oluşumuna neden olarak görülmektedir (Şekil 3.5). Ayrıca kesme kuvveti taşıma kabiliyetinin olması gerekenden az olması mesnet noktalarına yakın yerlerde meydana gelen çatlakların sebebi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.6). (Sargın, 2020).



Şekil 3.5. Kirişte eğilme çatlakları (Demirkan, 2014)



Şekil 3.6. Kirişte kayma çatlağı (Demirkan, 2014)

3.3. Kolonlarda Oluşan Hasarlar

Kolonlarda genellikle aksenal kuvvet, moment ve kesme kuvvetin neden olduğu hasarlar görülmektedir. Kolon elemanına etki eden kuvvet eğer kolonun taşıma kapasitesinden büyük ise hasar oluşmasına neden olmaktadır (Özdöner, 2011).

Betonarme kolonlarda beton ve donatı arasındaki mukavemetin yetersiz olması halinde, aynı bölgede kolonun boyuna donatılarının arasına betonun girmemesi nedeniyle aderans sağlanamaması halinde donatı üzerinde yer alan beton kopmakta ve kolondan ayrılmaktadır. Kolonda meydana gelen kesme hasarı Şekil 3.7'de verilmiştir (Raofe, 2019).



Şekil 3.7. Kolonlarda kesme hasarı (Raofe, 2019)

Kolonda meydana gelen yüksek miktarda aksel yük ya da beton basınç mukavemetinin projede belirlenen dayanımdan az olması halinde kolon üzerinde basınç kırılması hasarı meydana gelmektedir. Zamanla kolonda bulunan boyuna donatının akma sınırına ulaşmadan beton ezilerek çatlamaktadır. Bu durum yapının aniden çökmesine sebep olmaktadır. Kolonlarda meydana gelen basınç hasarı Şekil 3.8'de verilmektedir (Raofe, 2019).



Şekil 3.8. Kolonlarda basınç hasarı (Raofe, 2019)

Deprem tersinir etkisi nedeniyle kolonun uç bölgesinde basınç nedeniyle ezilme ve çekme kuvveti nedeniyle çatlaklar meydana gelmektedir. Bu uç kısımlarda etriyenin yetersiz olması, hasar miktarının artmasına ve boyuna donatının burkulmasına neden olmaktadır (Sargın, 2020).

3.4. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi

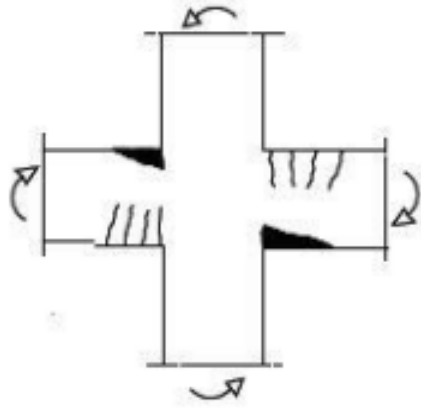
Deprem yükleri açısından oldukça önemli olan kolon kiriş birleşim bölgeleri yönetmeliklere sadık kalınarak yapılan yapılarda güçlü kolon zayıf kiriş anlayışına göre kiriş uç bölgelerinde mafsallaşma görülmektedir. Bu birleşim bölgelerinde bulunan etriyelerin yetersiz olması durumunda, düşey yük etkisi nedeniyle kolonun boyuna donatısının burkulmasına böylelikle üzerinde yer alan betonun sıyrılmasına neden olmaktadır. Ayrıca kirişin boyuna donatılarının bu bölgelerde yetersiz bir şekilde bağlanması halinde donatılar birleşim yerinden ayrılmaktadır (Raofe, 2019). Şekil 3.9'da kolon-kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen hasar görüntüsü sunulmuştur.



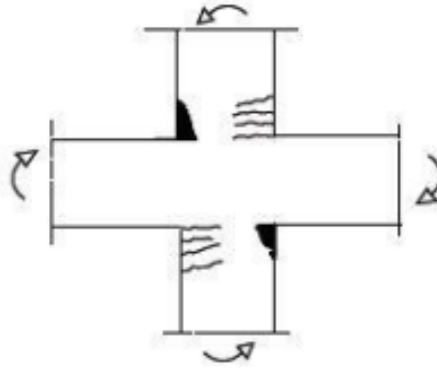
Şekil 3.9. Kolon-kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen hasar (Koç, 2016)

Yapının ek yerlerinde kirişlerden gelen kesme kuvvetleri oldukça etkilidir. Etriyenin olmaması sebebiyle boyuna donatı burkulması meydana gelmektedir. Çoğunlukla bu tip hasarlar dış aks kolon kiriş birleşim bölgelerinde görülmektedir.

Diğer bir hasar ise güçlü kiriş zayıf kolon prensibi neticesinde birleşim yerlerinde oluşan hasarlardır. Güçlü kolon zayıf kiriş (Şekil 3.10) prensibi gibi zayıf kolon güçlü kiriş (Şekil 3.11) prensibinde de kiriş uçlarında mafsallaşma görülmektedir. Yaşanılan depremlere bakıldığında bu kurallara uyulmamasından dolayı büyük hasarlar meydana geldiği görülmüştür (Sargın, 2020).

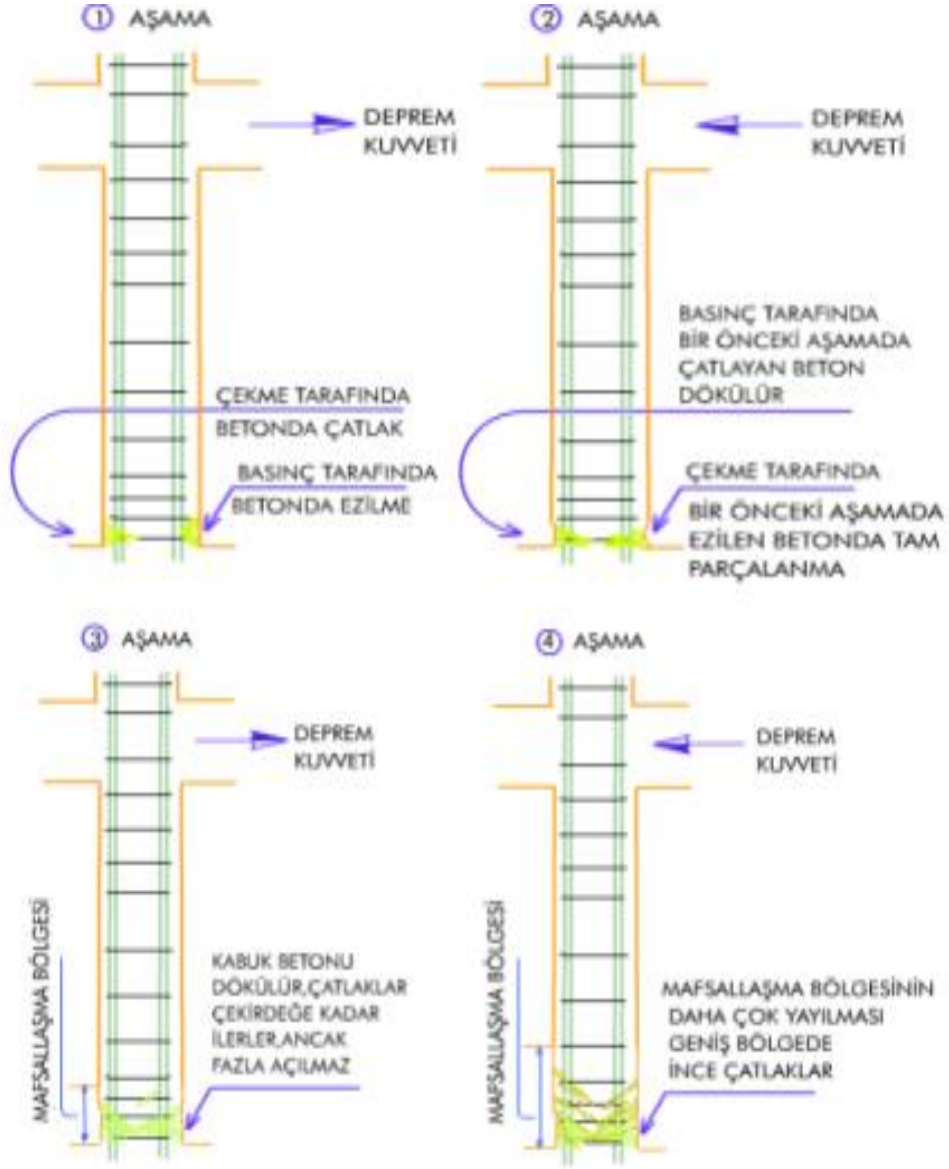


Şekil 3.10. Güçlü kolon zayıf kiriş (Sargın, 2020)



Şekil 3.11. Güçlü kiriş zayıf kolon (Sargın, 2020)

Sistem rijitliğinde oldukça önemli olan kolon kiriş birleşim yerlerinde yeterli sayıda etriye bulunmaması, etriyenin kullanılmaması ve kolon ve kiriş donatılarının ankrajının yetersiz uygulanmasından ötürü kolon kiriş donatıları demarke olmaktadır. Olması gereken taşıma gücüne erişmeden bu yapı elemanlarında plastik mafsallaşma meydana gelmekte ve böylece hasarlar oluşmaktadır (Şekil 3.12) (Erdel, 2019).



Şekil 3.12. Kolon mafsallaşmasının aşamaları (Erdel, 2019)

3.5. Perde Hasarları

Perde duvarlarda yük taşıma kapasitesini arttırmak ya da burula etkisini azaltmak amacıyla güçlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Perde duvarların yatay yükleri karşılamalarından dolayı hasar aldıklarında güçlendirme ve onarımı dikkatli bir şekilde yapmak gerekmektedir (Erdel, 2019).

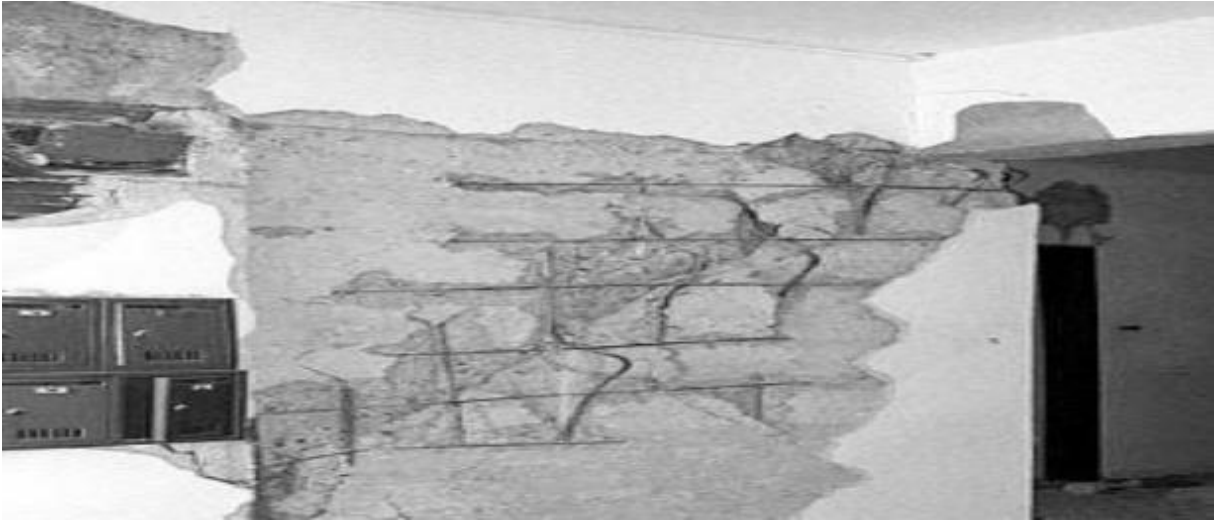
Deprem anında perdelerde meydana gelen hasarlar yapının yüksekliğine göre farklılık göstermektedir. Perde duvarlarda;

- Kesme çatlakları

- Eğilme çatlakları
- Kayma hasarları meydana gelmektedir (Halis, 2019).

3.5.1. Kesme çatlakları

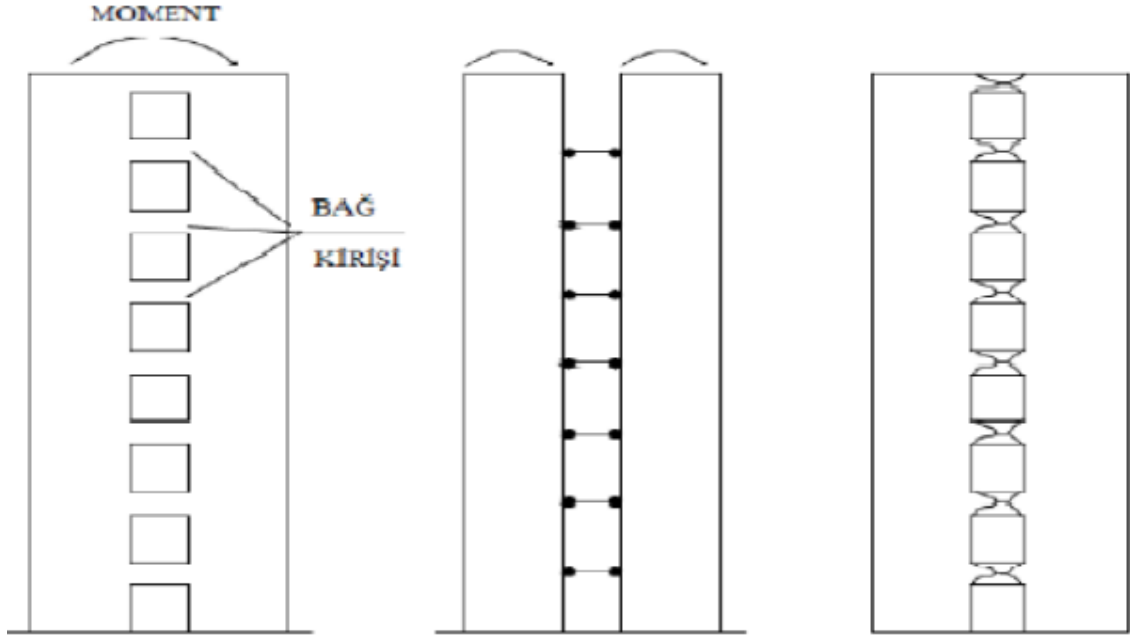
Kesme çatlaklarına genellikle az katlı yapılarda rastlanmaktadır (Şekil 3.13). Perdelerde genellikle X köşegen şeklinde meydana gelen çatlaklar ve hasarlar görülmektedir. Çatlakların oluşum nedeni kesme kuvvetinin oluşturduğu eğik çekme gerilmeleridir. Eğik çekme gerilmelerinin neden olduğu güç tükenmesi dikkate alınmadığında yapının ani bir şekilde çökmesi ile sonuçlanmaktadır (Raofe, 2019).



Şekil 3.13. Perdede meydana gelen kesme hasarı (Çırak, 2011)

3.5.2. Eğilme çatlakları

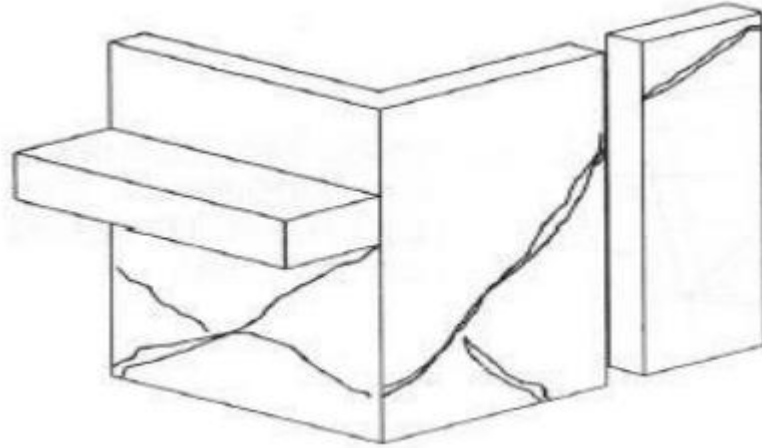
Eğilme çatlakları, yüksek katlı binalarda zemin ve zemine yakın katlardaki perdelerde oluşan çatlaklardır. Genellikle boşluk bulunmayan perde duvarlarda görülmektedir. Kapı ve pencere boşluğu bulunan perde duvarlarda oluşan hasarlar, boşluk bulunmayan perde duvarlardaki hasarlardan yapı bakımından farklılık göstermektedir. Deprem anında, kapı pencere boşluğu bulunan perde duvarı birbirlerine kat seviyesinde sarılmış iki tane dolu perde duvar şeklinde çalışmaktadır. Bu perdeleri birbirine bağlayan bağ kirişlerinin uç bölgelerinde kesme veya eğilme kırılması oluşmaktadır. Bu kırılmaların sonucunda boşluklu perde iki perde şeklinde çalışmaktadır. Son olarak perdenin alt bölgesinde eğilme çatlakları oluşmaktadır (Şekil 3.14)(Şirin, 2006).



Şekil 3.14. Boşluklu perdelerde hasar biçimi (Şirin, 2006)

3.5.3. Kayma hasarları

Perde duvar inşa ederken perde beton kademeli bir şekilde dökülmektedir. Bu durum soğuk derzlerin oluşmasına neden olmaktadır. İki perdenin farklı günlerde inşa edilmesi ve sürtünme kuvveti için yeterli boşluk bırakılmaması bu durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bütün çatlakların yatay olarak meydana gelmesi, düşey yüklerin taşıyıcılığı açısından tehlike arz etmemektedir. Ayrıca proje safhasında perdelerin simetrik olarak konumlandırılmaması deprem anında perdelerde burulma momentleri oluşturur ve yüzden perdede hasar oluşmaktadır. Şekil 3.15’de burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar verilmiştir (Halis, 2019).

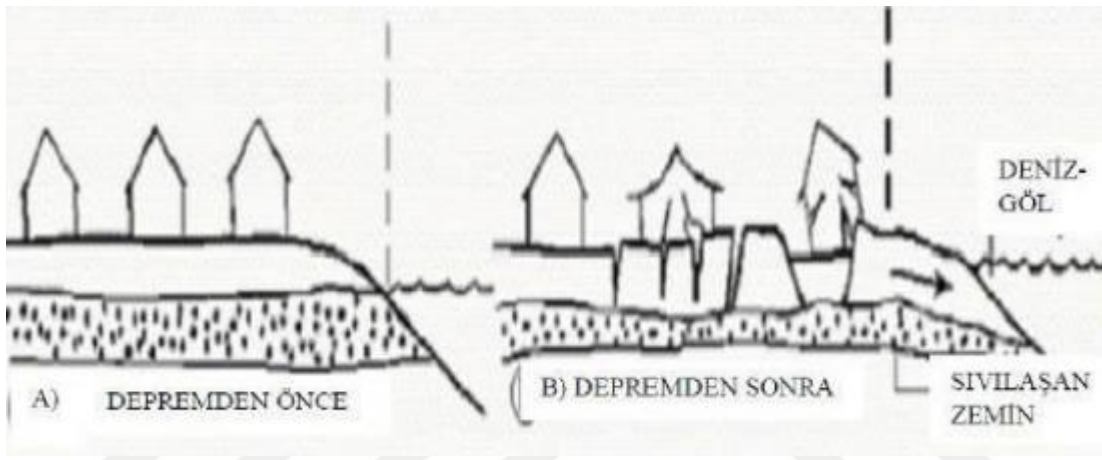


Şekil 3.15. Burulma çatlakları oluşmuş bir perde duvar (Raofe, 2019)

3.6. Temelde Oluşan Hasarlar

Deprem anında genellikle temelde hasar ve çatlaklara neden olan zemin sıvılaşması görülmektedir. Bu sorun çoğunlukla akarsu havzalarında ve kıyı bölgelerde görülmektedir (Şekil 3.16) (Halis, 2019).

Zemin sıvılaşması vb. sebeplerden dolayı zeminin taşıma kapasitesinde azalma meydana gelmektedir. Bu durum yapının bütün olarak oturmasına ya da oturma sırasında dönmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu olay neticesinde kolonun tekil temeli ya da plak temeli zımbalamaya zorlamakta ve çatlaklar oluşmaktadır (Demirkan, 2014; Halis, 2019).



Şekil 3.16. Zemin sıvılaşması (Halis, 2019)

4. BETONARME BİNALARDA GÜÇLENDİRME TÜRLERİ

4.1. Eleman Bazında Güçlendirme Yöntemleri

4.1.1. Kolonların Güçlendirilmesi

DBYBHY (2007)'den önce projelendirilmiş betonarme binaların çoğunda perde elemanlar bulunmamaktadır. Binalarda perde elemanların olmaması kolonları daha dikkatli ve özenli tasarlamayı gerektirmektedir. Yapıya etki eden yüklerden dolayı kolonlarda aksel yük kapasitesi, düşük süneklik, eğilme momenti vb. sorunlar oluşmaktadır (Şahin, 2019).

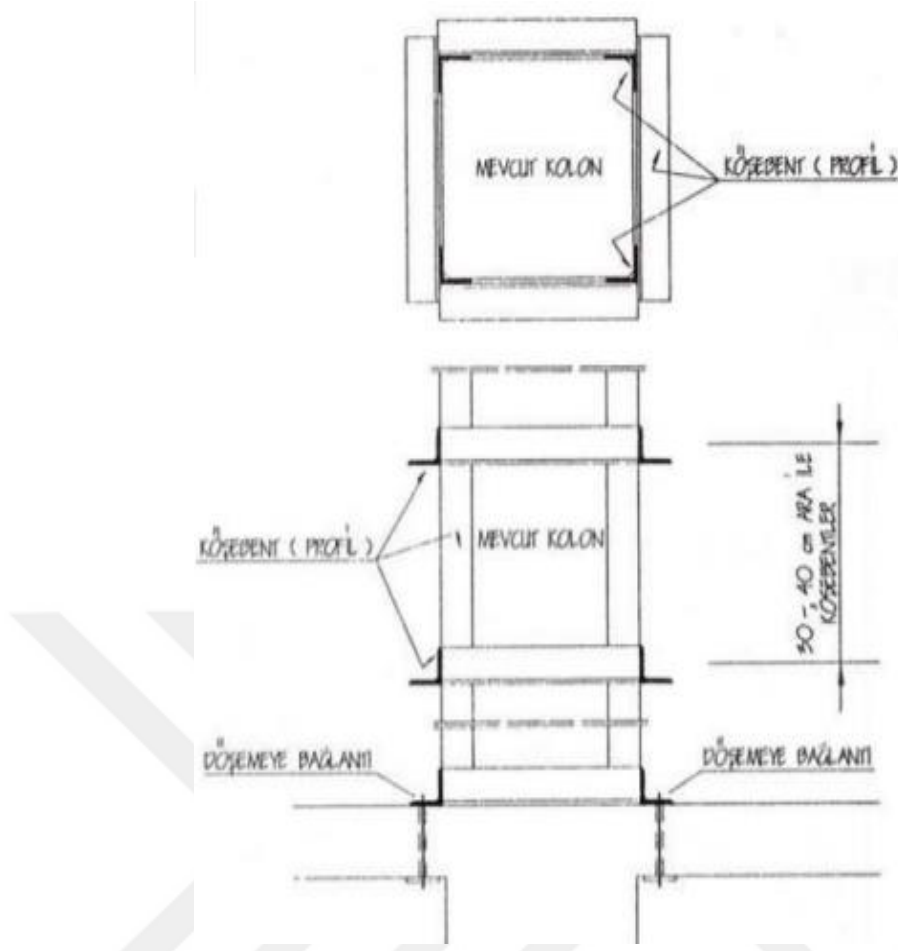
Bu sorunlar nedeniyle hasar görmüş kolonun olası yüklere karşı direnebilmesi ve yükü taşıma kapasitesinin artması için kolonların güçlendirilmesi gerekmektedir (Ayaz, 2020).

Kolonlar;

- ✓ Çelik kafes içine alınarak
- ✓ Mantolama yöntemiyle
- ✓ Lifli polimer ile sarılarak
- ✓ Kanat eklenerek güçlendirilmektedir.

❖ Kolonların çelik kafes içine alınarak güçlendirilmesi

Kolonları güçlendirmede etkili bir yol olan bu yöntemde, dikdörtgen ya da kare forma sahip kolonların köşelerine takılan köşebentlerin, yatay plakalara kaynaklanması şeklinde uygulanmaktadır (Urgancı, 2021). Çelik kafes içine alınarak güçlendirilme yöntemi uygulanırken köşebentler, plakalar ve kolon yüzeyi arasında hiç boşluk bulunmaması gerekmektedir (Gülmez, 2010). Bu yöntemde kolonlar çelik kafes içine alınarak kolonun aksel yük kapasitesi artırılmakta ve süneklik özelliğinde iyileşme sağlanmaktadır (Raofe, 2019). Uygulanışı oldukça hızlı olan bu yöntem de kolonun rijitliğinde dikkate değer bir değişim olmamaktadır. Uygulama tamamlandığında hasarlı kolonun olası ya da artçı depremlerde çok fazla hasar görmesi engellenerek parçalanıp dağılması önlenmektedir (Bayülke, 1995). Şekil 4.1. de kolonların çelik kafes içine alınarak güçlendirme detayı, Şekil 4.2'de ise uygulama görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 4.1. Kolonları çelik kafes içine alarak güçlendirme detayı (Urgancı, 2021)



Şekil 4.2. Kolonları çelik kafes içine alarak güçlendirme (Urgancı, 2021)

Uygulamada özenli davranılması gereken en önemli detay çelik kafesin betonarme kolonun etrafını çok sıkı bir şekilde sarmasıdır. Aksi bir durum yaşandığında, kolonun süneklik özelliğine herhangi bir katkısı olamayacak ve yangın durumunda çelik profillerin dayanımları azalacaktır. Kolonların çelik kafes içine alınarak güçlendirme yöntemi, yapım tarihi çok eski yıllara dayanan ve kullanımına devam edilen yapıların güçlendirilmesi için tercih edilebilir bir yöntemdir (Karaca, 2022).

❖ Kolonların mantolama yöntemiyle güçlendirilmesi

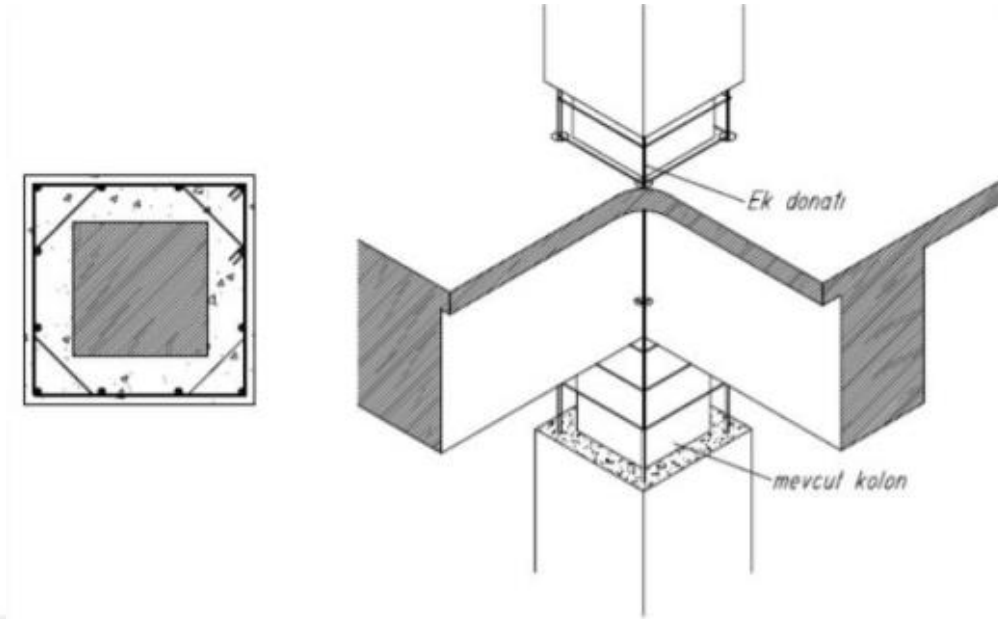
Kolonların mantolama yöntemiyle güçlendirilmesi en çok kullanılan güçlendirme yöntemidir. Bu yöntemin amacı kolonun boyuna donatı miktarı ve en kesitini artırarak eksenel yük kapasitesini ve sünekliğini iyileştirmektir (Karaca, 2022). Mantolamada;

- ✓ Mevcut beton ve yeni betonun aderansının iyi olması
- ✓ Mevcut ve yeni donatıların ankrajlanarak beraber çalışmasının sağlanması
- ✓ Yapıya etkiyen yüklerin mevcut ve yeni malzemelerin beraber karşılanmasının sağlanması dikkat edilecek en önemli husustur.

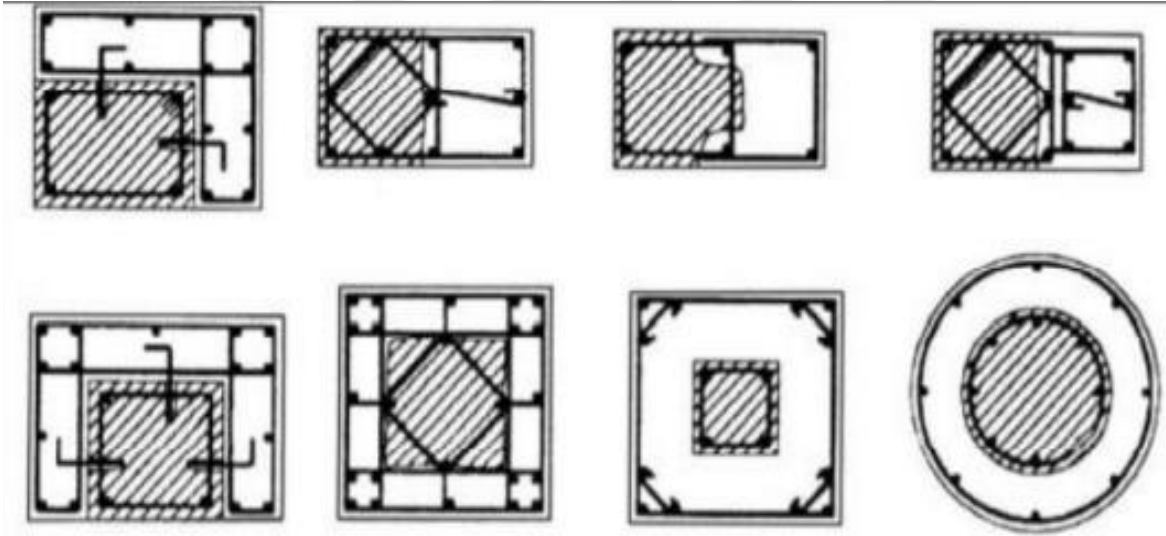
Mantolama işlemi, kolonun 1 ya da 4 tarafına uygulanabilmektedir. En uygun mantolama 4 yönden yapılan mantolamadır. Çünkü bu şekilde yapılan mantolama ile eski beton ve yeni dökülen beton tam anlamıyla birlikte çalışmış olacaktır. Fakat mimari açıdan dört yönü uygun olmaması durumunda az 3 yönünün yapılması gerekmektedir (Ayaz, 2020).

Mantolama işlemine ilk olarak, kolon yüzeyindeki sıva katmanı, donatıların sardığı çekirdek bölgesine kadar (bir başka deyişle pas payına kadar) sıyrılmakta ve yüzey pürüzlü hale getirilmektedir (Karaca, 2022). 2007 Deprem yönetmeliğine göre kolona uygulanacak manto kalınlığı minimum 10 cm olmalıdır. 10 cm kalınlığındaki manto alt kat döşemesinin üstünden üst kat döşemesinin altına kadar uygulanmaktadır. Dikey donatılar etriyelerle sarılmakta ve beton dökümü yapılarak mantolama işlemi tamamlanmaktadır (Gündüz, 2019).

Kolonlarda meydana gelen çatlaklar 5 cm geçmediği durumlarda aderansı arttırmak için epoksi reçinesi kullanılmaktadır. (İşler, 2014). Şekil 4.3’de kolonun mantolama ile güçlendirme detayı, Şekil 4.4’de kolonun mantolama ile güçlendirilmesine örnekler, Şekil 4.5’de ise kolonun güçlendirme fotoğrafları verilmiştir.



Şekil 4.3. Kolonun mantolama ile güçlendirme detayı (Urgancı, 2021)



Şekil 4.4. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesine değişik örnekler (Urgancı, 2021)



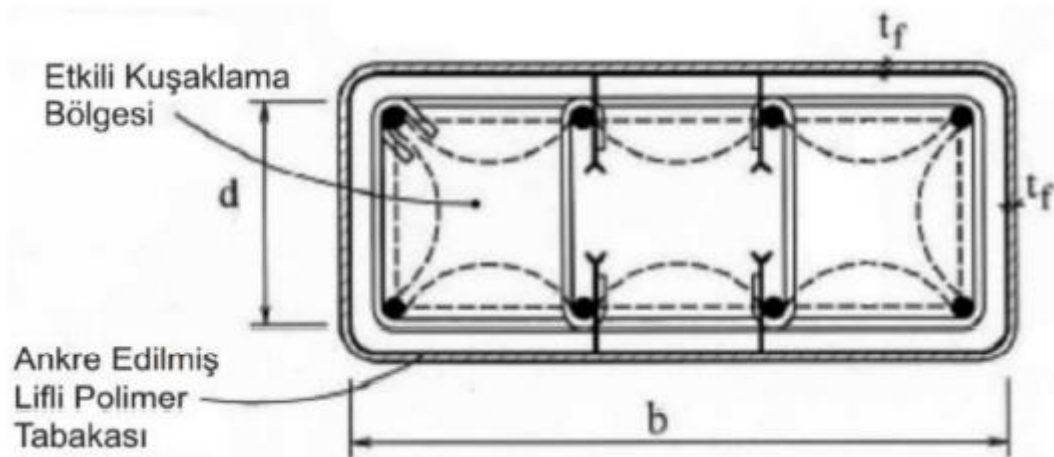
Şekil 4.5. Kolonun mantolama ile güçlendirilmesi (Karapınar, (2020))

❖ Kolonların lifli polimer (LP) ile sarılarak güçlendirilmesi

Son yıllarda sıkça kullanılan güçlendirme yöntemlerinden biri de kolonların lifli polimer (LP) ile güçlendirilmesi yöntemidir. Bu yöntemde LP'ler kolonların 4 tarafına yapıştırma yöntemiyle sarılarak uygulanmaktadır (Şekil 4.6, Şekil 4.7). LP'in aşırı derecede dayanıklılığa ve sertlik kabiliyetine sahip olması en büyük tercih sebebi olmaktadır. LP uygulaması yapılırken lifli polimer üretici firmasının belirttiği teknikler kullanılarak yapılmalıdır (Urgancı, 2021). Ayrıca yöntemden en iyi verimi elde etmek için, uygulaması sırasında liflerin zarar görmemesi sağlanmalıdır (Acar, 2020).



Şekil 4.6. Kolonun Lifli Polimer (LP) Sargı İle Güçlendirilmesi (Urgancı, 2021)

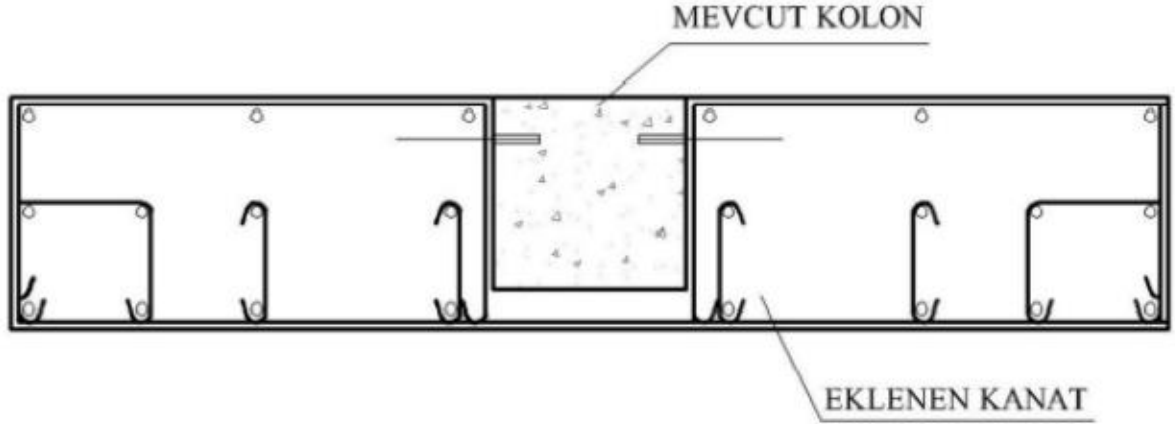


Şekil 4.7. LP İle Sargılı Kesitte Etkili Kuşaklama Alanı (Urgancı, 2021)

❖ Kolonların kanat eklenerek güçlendirilmesi

Kolonları güçlendirmede kullanılan yöntemlerden biri de kolonlara kanat eklenerek güçlendirme yöntemidir. Uygulamada ilk olarak kolonun sol ve sağ tarafına betonarme perde yapımıyla başlanmaktadır. Betonarme perdelerden ve kolondan gelen yatay donatılar birbirlerine kaynaklanarak üç eleman arasında yük transferi yapılmaktadır. Beton dökme işlemi tamamlandıktan sonra sistem tek parça bir yapı elemanı gibi işlem görmektedir. Bu

yöntemle kolonun kesme kuvveti dayanımı ve eğilme dayanımı ciddi derecede artmaktadır (Karaca, 2022). Şekil 4.8’de kolonlara kanat eklenerek güçlendirme detayı verilmiştir.



Şekil 4.8. Kolonlara kanat eklenerek güçlendirme detayı (Karaca, 2022)

4.1.2. Betonarme Kirişlerin Güçlendirilmesi

Güçlendirme yapılan bir diğer yapı elemanı kirişlerdir. Betonarme kirişlerin güçlendirilmesi;

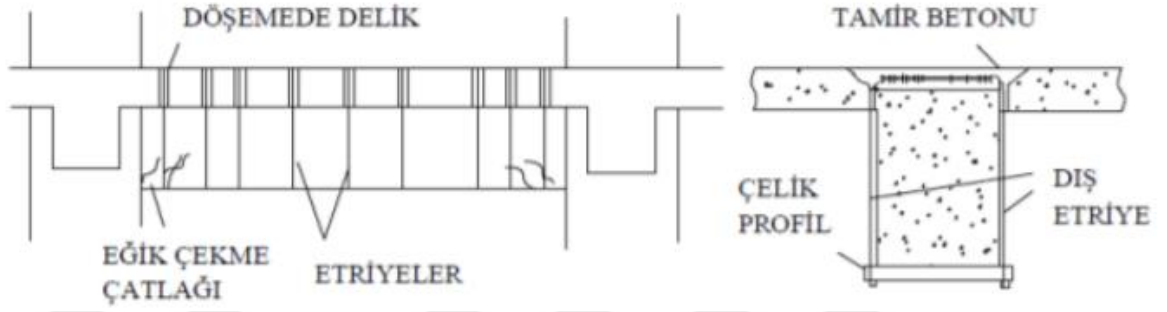
- ✓ Kirişlerin çelik levhalar ile sarılarak güçlendirilmesi,
- ✓ Kirişlerin mantolama yöntemiyle güçlendirilmesi,
- ✓ Kirişlerin lifli polimer ile sarılarak güçlendirilmesi şeklinde yapılmaktadır.

❖ Kirişlerin çelik levhalar ile sarılarak güçlendirilmesi

Yapı elemanlarından biri olan kirişlerin hasar görmesi ya da rijitliğini ve dayanımını kaybetmesi durumunda güçlendirmeye ve onarılmaya ihtiyaç duymaktadır. Güçlendirmede kirişlerin süneklik ve kesme momenti değerlerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bunun nedeni deprem gibi yapıya etkiyen yatay yükler altında göçme davranışı göstermesidir. Kirişlere güçlendirme yapılması durumunda kirişin eğilme kapasitesi ve sünekliği max. dereceye ulaşmaktadır (Gürol, 2007).

Kirişlerin çelik levhalar ile sarılarak güçlendirilmesi yöntemi uygulamasında ilk olarak yüzey işleme hazır hale getirilmelidir. Kiriş yüzeyinde bulunan pürüzler giderilmeli var olan oyuklar epoksi reçinesiyle doldurulmalıdır (Ayaz, 2020). Yüzeyin düzeltme işlemi tamamlandıktan sonra çelik levhalar bulonla ya da yapıştırılarak kirişlere sabitlenmektedir. Bu levhalardan alt bölgede bulunan profil eğilme rijitliğini, yan bölgelerde bulunan profiller ise kesme kapasitesini arttırmaktadır. Rijitliğini daha da arttırılması amacıyla U harfi

formundaki profiller kirişin alt bölgesinden geçirilerek kirişe sabitlenmektedir. Böylece kirişlerin üstünde bulunan döşemeye kadar boşluk oluşur ve etriyeler kirişin iki yanından eklenebilmektedir (Şekil 4.9). Profiller ve etriyeler yerleştirildikten sonra kirişlerde oluşan boşluklar beton ya da harçlarla doldurularak güçlendirme işlemi tamamlanmaktadır (Şekil 4.10) (Karaca, 2022).



Şekil 4.9. Kirişleri çelik levhalar ile sararak güçlendirme (Demirkan, 2014)

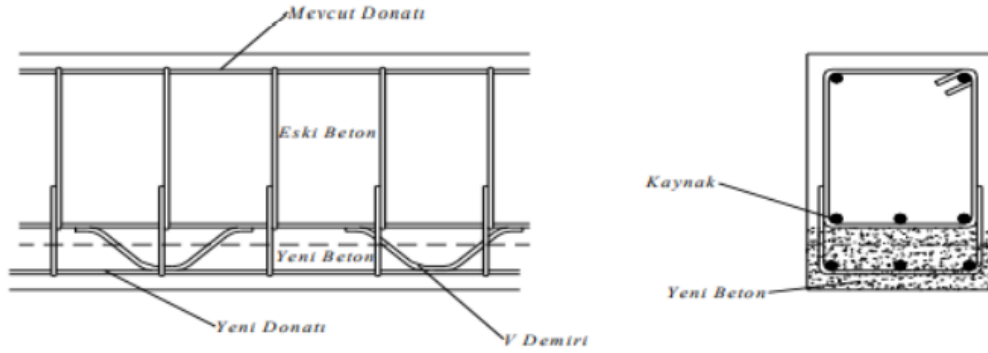


Şekil 4.10. Kirişlerin çelik levhalar ile sararak güçlendirilmesi (Urgancı, 2021)

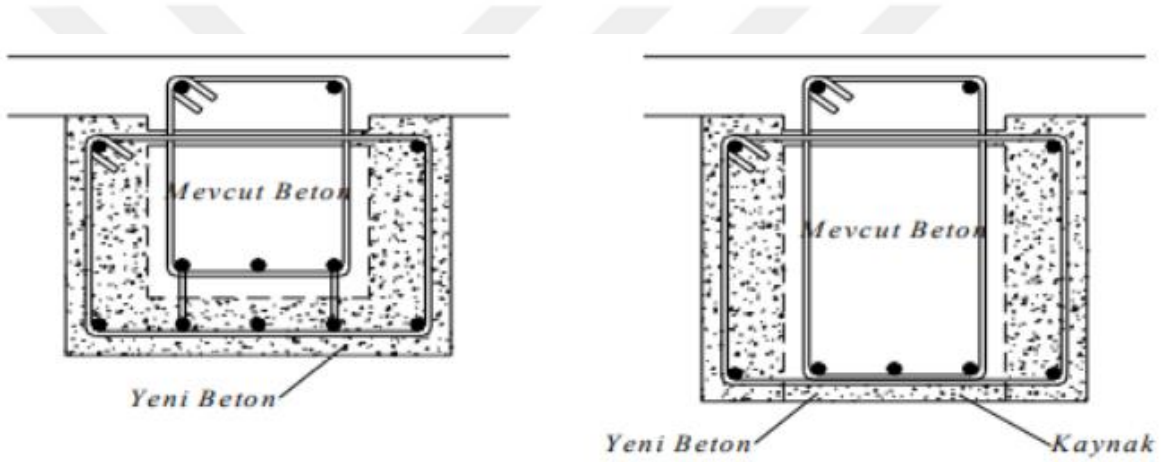
❖ Kirişlerin mantolama yöntemiyle güçlendirilmesi

Kirişin güçlendirilmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise kirişlerin mantolama yöntemiyle güçlendirilmesi yöntemidir. Bu yöntemde amaç kirişlerin eğilme ve kesme mukavemetlerini arttırmaktır. Yöntem, kirişe yeni donatılar ve etriyeler ekleyerek mantolanması esasına dayanmaktadır (Şekil 4.11- Şekil 4.12). Bu yöntem uygulanırken var olan kiriş ile mantolama arasında kenetlenmenin maksimum düzeyde olması ve kiriş donatılarının eğilmeye karşı dayanım gösterebilmesi için komşu açıklıklara kadar sürdürülmesine dikkat

edilmelidir. Kenetlenme işlemi epoksi vasıtasıyla kolon içerisine dahil edilerek yapılmaktadır (Karaca, 2022).



Şekil 4.11. Kirişin mantolama ile güçlendirilmesi (Karaca, 2022)



Şekil 4.12. Çeşitli boyutlardaki kirişlerin iki ve üç yönden mantolanması (Karaca, 2022)

❖ Kirişlerin lifli polimer ile sarılarak güçlendirilmesi

Kiriş güçlendirmede kullanılan yöntemlerden biri de kirişlerin lifli polimer ile sarılarak güçlendirilmesi yöntemidir (Şekil 4.13). Lifli polimer uygulaması hem uygulama kolaylığı hem de iyi bir performans elde edebilmek için oldukça sık kullanılan bir yöntemdir (Öncü, 2011). Bu yöntemde süneklik kabiliyeti ve kesme mukavemetinin iyileştirilmesi amaçlanıyorsa kirişin 4 tarafı da lifli polimerle sarılması gerekmektedir. Böylece alınabilecek verim arttırılabilmektedir. Ayrıca Lifli Polimer uygulaması yapılırken üretici firma tarafından önerilen kullanım şekli ve tekniklerine dikkat edilmelidir (Urgancı, 2021). Lifli polimer uygulamasında ilk olarak uygulama yapılacak kirişin yüzeyi işleme uygun hale getirilmektedir. Ardından kirişin hangi mukavemeti iyileştirilmek isteniyorsa liflerin yönü ve yapıştırılma yeri ona göre seçilmektedir. Bu yöntemde en etkili yapıştırma şekli U harfi

formunda olan uygulama veya kirişin 4 tarafının da lifli polimerle sarılma yöntemidir. Kirişin 4 tarafının lifli polimerle sarılma yöntemi zahmetli bir uygulama olduğu için çok sık tercih edilmemektedir (Ayaz, 2020)



Şekil 4.13. Kirişin lifli polimer ile sarılarak güçlendirilmesi (Urgancı, 2021)

4.1.3. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi

Kolon-kiriş birleşim bölgeleri taşıyıcı yapı elemanlarının bir arada bulunduğu, yatay ve düşey yüklerin etkisi altında kalan düğüm noktalarıdır. Bu yüzden oldukça narin ve işçilik uygulamasının rahatlıkla yapılmadığı bölgelerdir (Karaca, 2022).

Kolon kiriş birleşim bölgelerini güçlendirilmesi için;

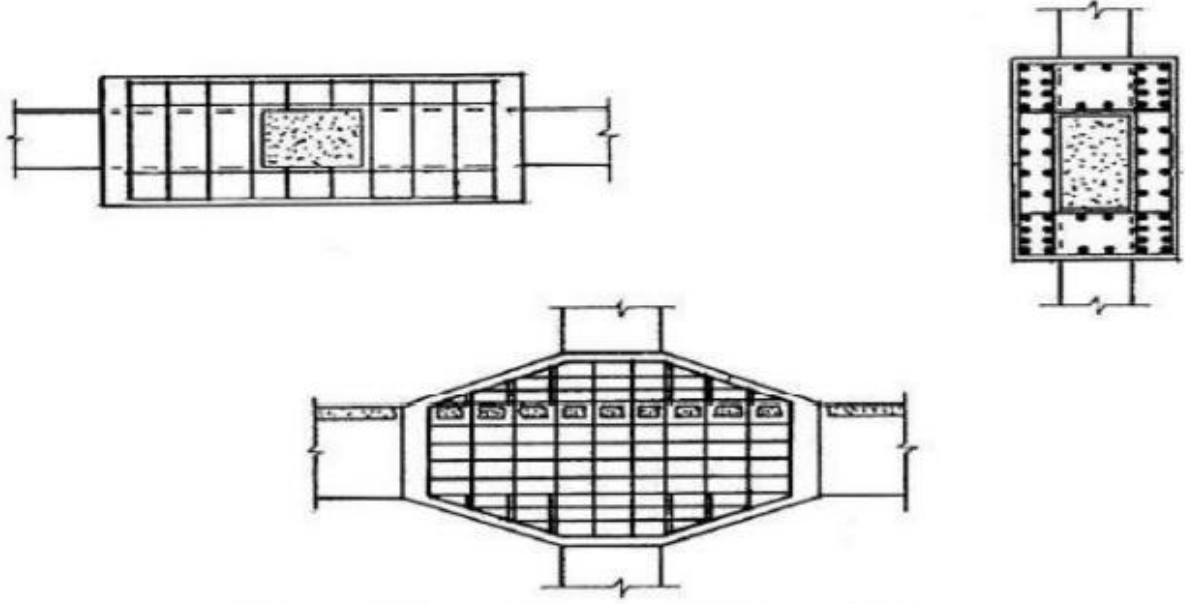
- ✓ Birleşim bölgelerinin mantolama ile güçlendirilmesi,
- ✓ Birleşim bölgelerinin çelik levhalar ile güçlendirilmesi,
- ✓ Birleşim bölgelerinin lifli polimer ile güçlendirilmesi yöntemleri kullanılmaktadır.

Mantolama yöntemi ile güçlendirme işlemi zor bir yöntem olduğu için genellikle çelik levhalar ile güçlendirme veya lifli polimer ile sarılarak güçlendirme yöntemi uygulanmaktadır (Sargın, 2020).

❖ Birleşim bölgelerinin mantolama ile güçlendirilmesi

Birleşim bölgelerinde basınç, çekme ve kesme hasarlarının yanı sıra yetersiz ankraj boyunun neden olduğu hasarlar bulunmaktadır. Şekil 4.14’de sunulan mantolama uygulamasında da

görüldüğü üzere hem kolon hem de kiriş beraber çalışarak entegrasyon sağlanmaktadır. Birleşim bölgesinin yanında bulunan kiriş ve kolona ek olarak etriye ilavesinin birleşim noktasının ve birleşimin hareketini değiştirmekte ve kesme mukavemetini arttırmaktadır (Raofe, 2019).



Şekil 4.14. Kiriş-kolon birleşim bölgesinin mantolama ile güçlendirilmesi (Raofe, 2019).

Yapıya etkiyen yüklerde hasar gören kolon-kiriş birleşim bölgelerinin mantolama ile güçlendirilmesinde yapılması gerekenler aşağıda verilmiştir.

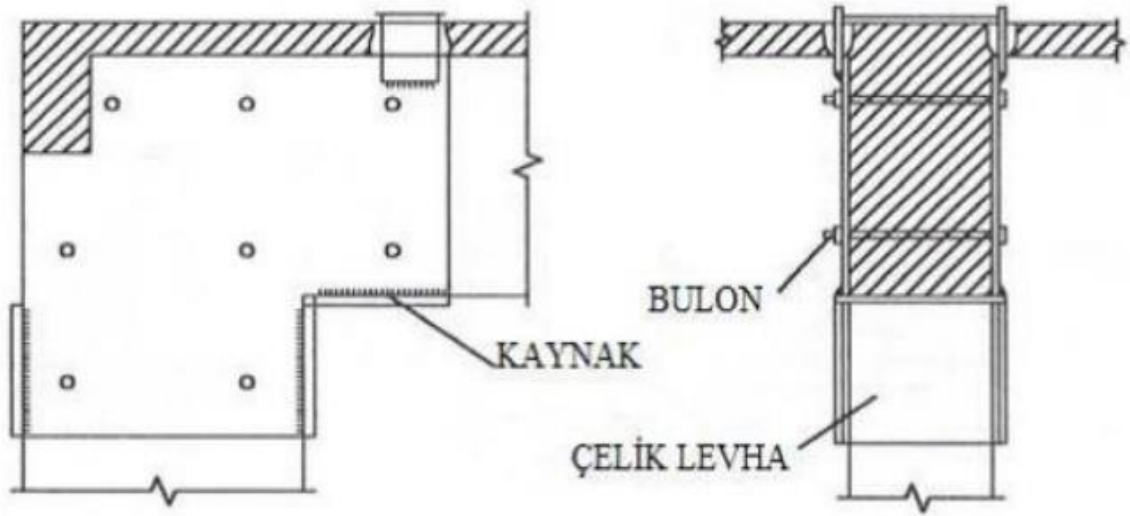
- ✓ Eklenen donatıların mevcut donatılara bağlanabilmesi için mevcut beton katmanının sökülerek donatıların görünür olması sağlanır.
- ✓ Birleşim bölgelerinde mantolama yapılırken kolon ve kiriş birlikte uygulama içerisine dahil edilir.
- ✓ Mantolama genişliği uygulama için yeterli düzeyde seçilmelidir.
- ✓ Sünekliği arttırmak için kullanılan etriyelerin yatay ve kısa aralıklı yerleştirilmesi gerekmektedir.
- ✓ Düşey yönde kullanılan etriyeler döşemede oluşturulan boşluklardan uzatılarak bağlanması gerekmektedir (Raofe, 2019).

❖ Birleşim bölgelerinin çelik levhalar ile güçlendirilmesi

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde meydana gelen hasarlarda hasar küçük boyutta ise epoksi uygulamasıyla onarım yapılmaktadır. Şayet hasar boyutu büyük ve dağılmaya neden olacak

şekilde ise dağılmanın önüne geçilmesi ve yük akışının sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için fiber takviyeli polimer plaklar vasıtasıyla birleşim bölgeleri sarılarak güçlendirilmektedir (Nakipoğlu, 2018).

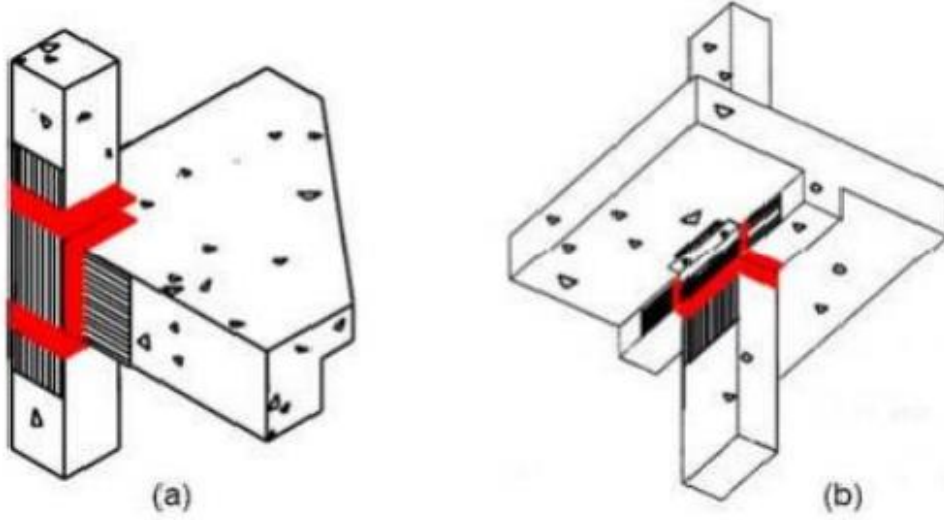
Birleşim bölgelerinin çelik levhalar ile sarılarak güçlendirme yönteminde, çelik levhalar düğüm noktasına bulonlarla tutturulmaktadır. Şayet kolona 4 taraftan kiriş saplanırsa bu yöntemi uygulamak son derece zordur. Levhaların kolon ve kirişlere güçlü bir şekilde bağlanması durumunda son derece iyi bir güçlendirme sistemi oluşturulmaktadır (Şekil 4.15) (Celep ve Kumbasar, 2000).



Şekil 4.15. Birleşim bölgesinin çelik levhalar ile güçlendirilmesi (Celep ve Kumbasar, 2000)

❖ Birleşim bölgelerinin lifli polimer ile güçlendirilmesi

Birleşim bölgelerinin güçlendirme yöntemlerinden biri de lifli polimer ile güçlendirme yöntemidir. Hızlı uygulanabilmeleri, ebatlarına rağmen mükemmel dayanım özelliğine sahip olmaları ve kesme kırılmalarını engellemeleri yönünden kullanım oranları gün geçtikçe artmaktadır. Şekil 4.16 (a)'da, birleşim bölgelerinin dış birleşim detayı, Şekil 4.16 (b)'de ise iç birleşim detayı sunulmuştur. Bu yöntemin tek dezavantajı maliyetinin yüksek olmasıdır. Fakat kullanım oranının artması durumunda maliyetlerin düşmesi böylelikle yeni bir alternatif oluşacağı düşünülmektedir (Karaca, 2022).



Şekil 4.16. Birleşim bölgesinin lifli polimer ile güçlendirilmesi (Öncü, 2011)

4.2. Sistem Bazında Güçlendirme

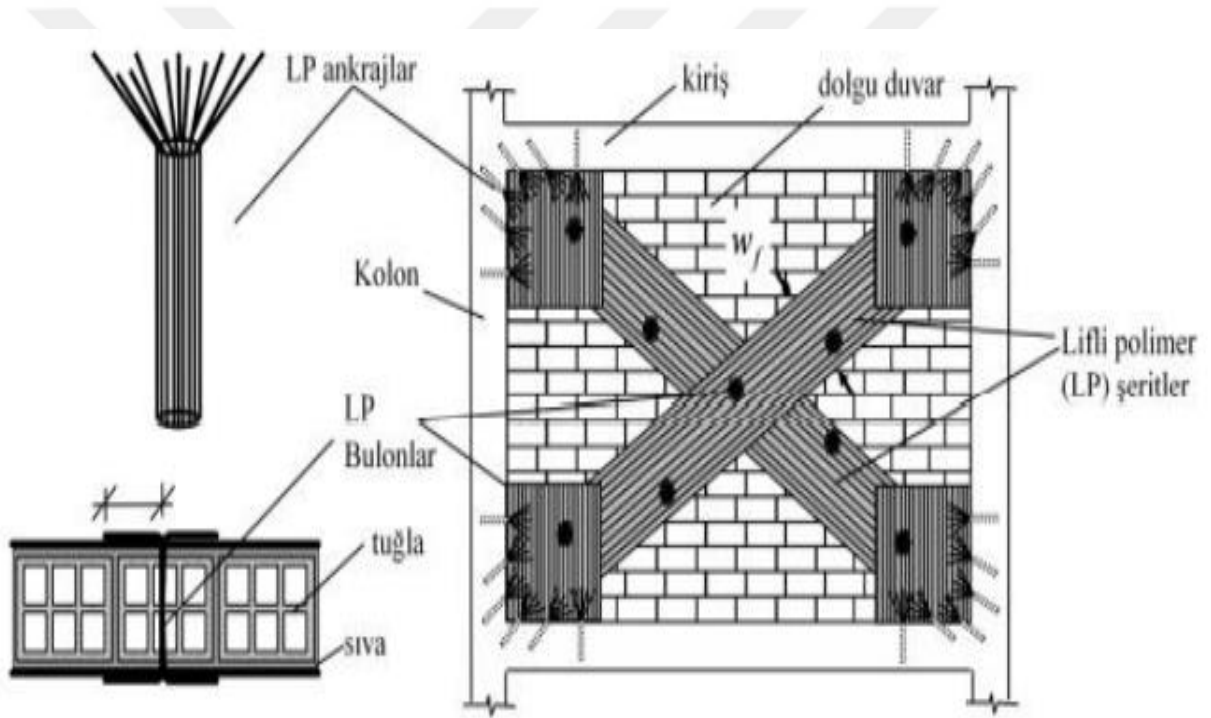
Kolon kiriş düğüm noktalarında etriye sayısının az olması, deprem yükünü karşılayacak perdelerin olmadığı durumlarda güçlendirme yapılması nerdeyse imkânsız ve pahalı olmaktadır. Bu yüzden güçlendirme eleman bazında değil de sistem bazında yapılmaktadır. Sistem bazında güçlendirme, çerçevelerin dayanımını arttırarak rijitleştirilmesi amacıyla yapılmaktadır (Karaca, 2022).

Sistem bazında güçlendirme;

- Dolgu duvarların güçlendirilmesi
 - Dolgu duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi
 - Dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi
- Betonarme çerçevelerin yerinde dökme perde duvar ile güçlendirilmesi
 - Çerçeve düzlemi içine betonarme perde eklenmesi
 - Çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi
- Betonarme çerçevelerin çelik diyagonal elemanlar ile güçlendirilmesi
- Yapıya dış perde ekleyerek güçlendirme
- Betonarme sisteme yeni çerçeveler ekleyerek güçlendirme
- Betonarme sisteminin kütesinin azaltılması şeklinde yapılmaktadır.

❖ Dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi

Dolgu duvarların güçlendirilmesi yöntemlerinden bir diğeri de dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi yöntemidir. Bu yöntemde, uzunluk/yüksekliğin 0.5-2 arasında değişen dolgu duvarların kesme mukavemeti ve rijitlik kabiliyetinin artırılması amaçlanmaktadır. Yöntem uygulanırken yük dağılımının homojen olması ve betonarme çerçeve ve lifli polimer şeritler arasında uygun miktarda ankraj çubuğu kullanabilmek amacıyla kare lifli polimer levha uygulanmaktadır. Yöntem eski duvarın her iki tarafına da yapılmakta ve lifli polimer levhalar bulonlarla duvara tutturulmaktadır. Yöntemin uygulama detayı Şekil 4.18’de verilmiştir (Karaca, 2022).



Şekil 4.18. Dolgu duvarların lifli polimer ile güçlendirilmesi (TBDY, 2018)

4.2.2. Betonarme çerçevelerin yerinde dökme perde duvar ile güçlendirilmesi

Taşıyıcı sistemin rijitlik kabiliyeti ve mukavemetinin yeterli olmadığı durumlarda kullanılan bu yöntem, maliyetinin düşük ve kullanım alanının geniş olması sebebiyle en yaygın kullanılan yöntemdir. Yöntemin en büyük dezavantajı yapılacak olan perdenin tüm duvar boyunca yapılması gerekliliğidir (Şekil 4.19) (Gündüz, 2019).

Betonarme çerçevelerin yerinde dökme perde duvar ile güçlendirilmesi;

- Çerçeve düzlemi içine betonarme perde eklenmesi
- Çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi şeklinde yapılmaktadır.

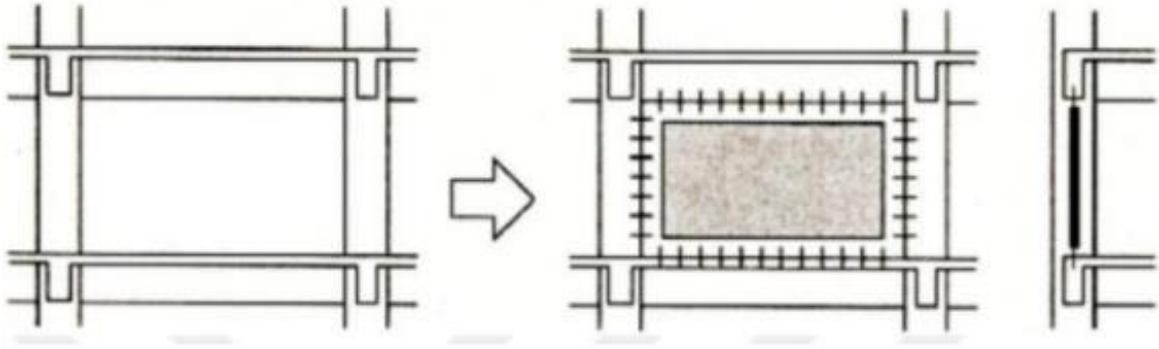


Şekil 4.19. Yerinde dökme perde duvar güçlendirme (Altın, 2008)

❖ Çerçeve düzlemi içine betonarme perde eklenmesi

Güçlendirme yöntemlerinden biride çerçeve düzlemi içine betonarme perde eklenmesi yöntemidir. Bu yöntemde binanın eski betonarme sistemine eklenecek olan perdeler temelden itibaren yapılmaktadır. Yapılacak perdeler eski çerçeveye ankraj çubuklarıyla birleştirilip yeni perdelerle beraber çalışması amaçlanmaktadır (Urgancı, 2021).

Binaya ilave edilecek perde duvarlar plan düzleminde binanın ağırlık merkezi ve simetrisini değiştirmeyecek biçimde planlanmaktadır. Bu duruma dikkat edilmemesi halinde deprem anında binada burulma etkisi yaşanacak bu nedenle binada hasar ve çökmeler yaşanmaktadır (Acar, 2020). Şekil 4.20’de çerçeve düzlemi içine betonarme perde ekleyerek güçlendirme detayı, Şekil 4.21’de çerçeve düzlemi içerisine betonarme perde eklenmesi fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 4.20. Çerçeve düzlemi içine betonarme perde ekleyerek güçlendirme detayı (Gürol, 2007)



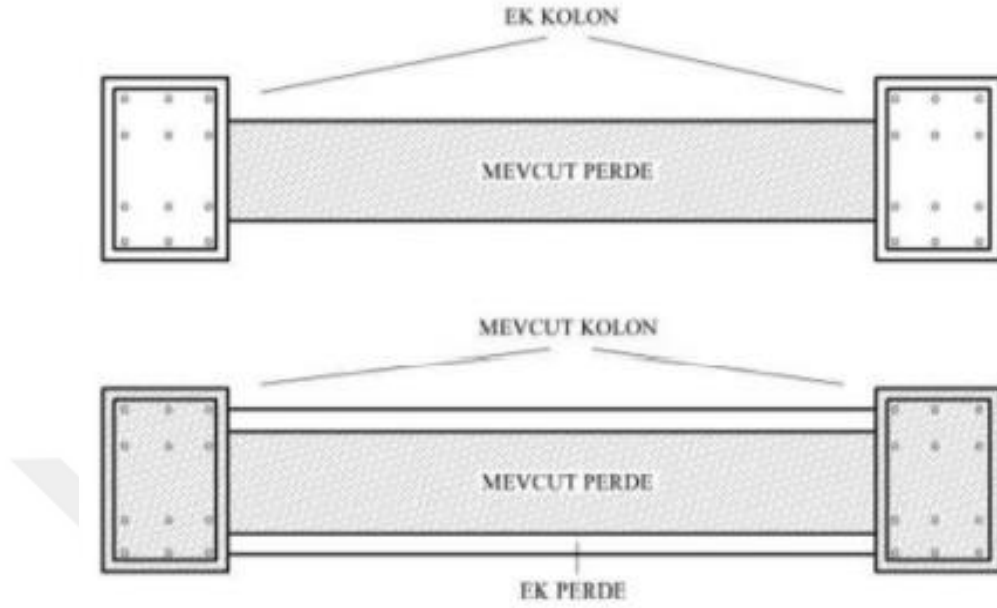
Şekil 4.21. Çerçeve düzlemi içerisine betonarme perde eklenmesi (Urgancı, 2021)

❖ Çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi

Güçlendirme yöntemlerinden biri de çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi yöntemidir. Sisteme ilave edilecek perde duvarlar dış çerçeveye bitişik fakat çerçeve çapı dışında düzenlenmektedir (Sargın, 2020). Eklenecek perde duvarlar temel seviyesinden başlayıp perdenin üst kısmına kadar devam etmektedir. Perdeler çerçeveye ankraj çubukları yardımıyla sabitlenmektedir (Urgancı, 2021).

Güçlendirme sırasında eski perde duvarın gerek eğilme gerekse kesme mukavemetini iyileştirmek amacıyla eski perde sistemine bitişik bir şekilde ön ve arka yüzeye betonarme yerinde dökme tabaka eklenerek daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Çerçeve düzlemine

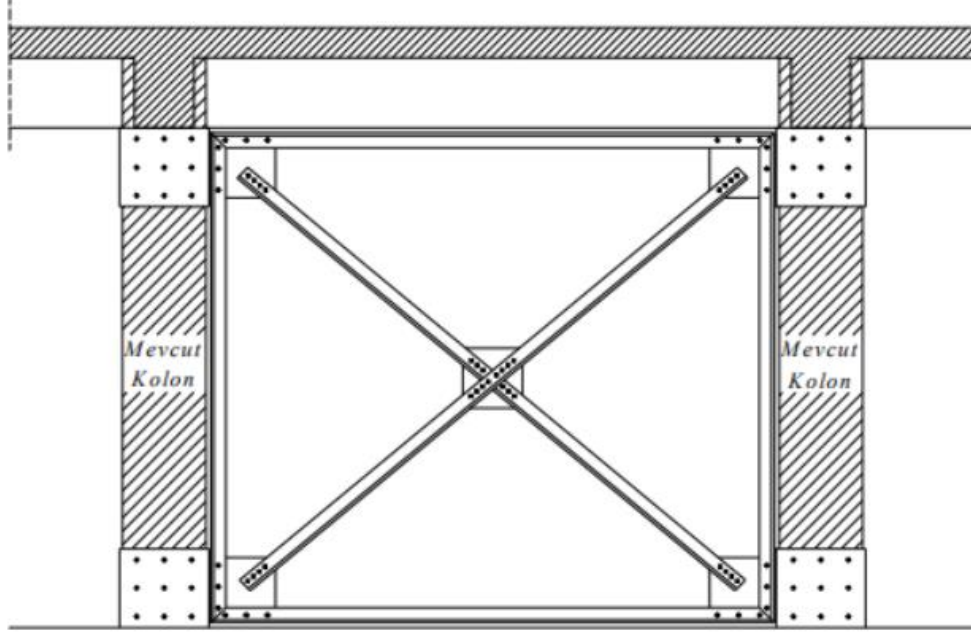
bitişik betonarme perde eklenmesi yöntemi kesitin çok fazla artması ve maliyet artışından dolayı çok fazla uygulanmamaktadır (Şekil 4.22) (Öncü, 2011).



Şekil 4.22. Çerçeve düzlemine bitişik betonarme perde eklenmesi yöntemi (Öncü, 2011)

4.2.3. Betonarme çerçevelerin çelik diyagonal elemanlar ile güçlendirilmesi

Bina güçlendirme işlemi binaya perde duvar eklenerek yapıldığında binanın ağırlığı artmakta, bu da deprem yükünün artmasına neden olmaktadır. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmanın en etkili yolu sisteme hafif ve rijitliği yüksek olan elemanların ilave edilmesidir. Bunun için en etkili yöntem betonarme çerçevelerin çelik diyagonal elemanlar ile güçlendirilmesi yöntemidir. Bu yöntem çerçeve düzlemine çelik çapraz elemanların ilave edilmesiyle yapılan bir yöntemdir. Uygulanışı çok kısa olan bu yöntemin en önemli avantajı, diyagonallerin kapı ve pencere boşluklarını kapatmadan ilave edilebilmesidir (Karaca, 2022). Şekil 4.23’de çelik diyagonallerle çerçevenin güçlendirilmesi yönteminin detayı verilmiştir.



Şekil 4.23. Çelik diyagonallerle çerçevenin güçlendirilmesi (Karaca, 2022)

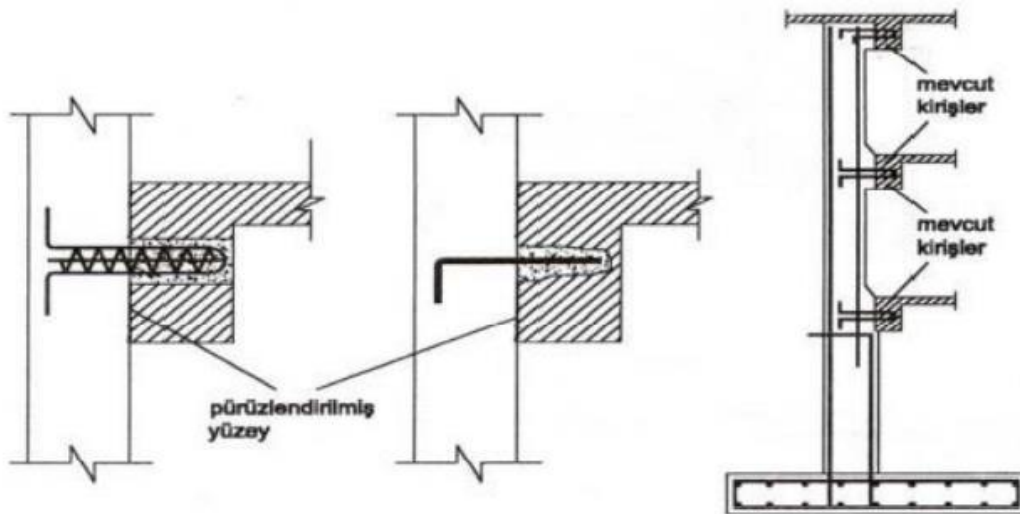
Çelik diyagonalle güçlendirme yapılması durumunda beton ve çelik elemanlar arasında yük aktarımının sağlıklı bir şekilde yapıldığına dikkat edilmelidir. Çünkü çelik elemanlar ve beton birleşim noktalarında ciddi derecede basınç ve eğilme kuvvetleri meydana gelmektedir. Eğer yeterli yük akışı sağlanmazsa deprem anında ciddi hasarlara sebep olabilmektedir. Betonun kalitesiz olması durumunda çelik elemanlarda et kalınlığı fazla olan köşe plakları kullanılmaktadır (Karaca, 2022). Şekil 4.24’de çelik diyagonal elemanlarla güçlendirme yöntemine ait bir fotoğraf verilmiştir.



Şekil 4.24. Çelik diyagonal elemanlarla güçlendirme (Öncü, 2011)

4.2.4. Yapıya dış perdeler ekleyerek güçlendirme

Yapıya dış perdeler ekleyerek güçlendirme yöntemi, binanın kullanılması nedeniyle içeriden uygulama yapılamadığı durumlarda tercih edilen bir yöntemdir. Deprem riski yüksek olan yerlerde mimari koşulların elverdiği şekilde uygulanmaktadır. Uygulaması, yapının dış çerçevesinde çerçeveye bitişik bir şekilde ankraj çubuklarıyla çerçeveye bağlanma şeklinde yapılmaktadır. Dış perdeler temel seviyesinden döşeme üstüne kadar devam edecek şekilde yapılmalıdır (Şekil 4.25) (Karaca, 2022).



Şekil 4.25. Dış perdenin bitişik olduğu çerçeveye ankraj çubukları ile bağlanması (Öncü, 2011)

4.2.5. Betonarme sisteme yeni çerçeveler ekleyerek güçlendirme

Betonarme sisteme yeni çerçeveler ekleyerek güçlendirme yöntemi, kullanıcıların binayı tahliye etmesine gerek kalmadan dışardan uygulanabilen bir yöntemdir. Bu yöntemde, yapıya etki eden yatay yüklerin rijit elemanlar tarafından göğüslenerek zemine aktarılması amaçlanmaktadır (Karaca, 2022). Yine bu yöntemde de eklenecek çerçeve temel seviyesinden başlayarak sonuna kadar devam etmelidir. Ayrıca üretilen temel sistemi ile eski yapının temelleri birbirine bağlanarak birlikte sağlıklı bir şekilde yük paylaşımı sağlanmalıdır (Karapınar, 2020).

4.2.6. Betonarme sistemin kütlelerinin azaltılması

Deprem sırasında binaya tesir eden yükler ile binanın ağırlığı ile doğru orantılıdır. Bu yüzden bina ağırlığının azaltılmasıyla yapıya etkiyen deprem yükü de azaltılmış olacaktır. Binaya etkiyen deprem yüklerini minimize etmek için kullanılan bu yöntemde, binanın en üst katı ya da birden fazla katının yıkılmakta ya da bina iç duvarlarını oluşturan malzemelerin hafif malzemelerden seçilmektedir (Erdel, 2019). Bunun yanı sıra eski çatının kaldırılarak daha hafif malzemelerden inşa edilen yeni bir çatının yapımı, çatıda bulunan ekstra yükleri zemine indirilmesi, balkonların ve beton duvarların hafif malzemelerden üretilmesi sistem kütlelerini azaltmanın etkili yolları arasında yer almaktadır (Karapınar, 2020).

5. ÖRNEK PROJE ÜZERİNDE YAPILAN ARAŞTIRMALAR

5.1. Hasan Ali Yücel İlkokulu'nun Mevcut Durumu ve Yapılan Çalışmalar

Çalışma kapsamında incelenen Hasan Ali Yücel İlkokulu 2001 yılında eğitim öğretime başlamıştır. Okul bodrum, Zemin+2 katan oluşmaktadır. Eğitim kurumuna yapılan güçlendirme çalışması 2019 yılında başlamış, aynı yıl içerisinde tamamlanmıştır. Yapının eski hali Şekil 5.1a'da güçlendirme sonrası hali ise Şekil 1b'de verilmiştir. Dikdörtgen formda tasarlanan binaya ilk defa güçlendirme çalışması yapılmıştır. Hasan Ali Yücel İlkokulu döneminin yönetmelikleri esas alınarak yapılmıştır.



a)

b)

Şekil 5.1. a) Okulun eski hali b) Okulun yeni hali

Şekil 5.4'de okulun bodrum kat, Şekil 5.5'de zemin kat, Şekil 5.6'da birinci kat ve Şekil 5.7'de ikinci kat planları verilmiştir. Bu planlar üzerinde güçlendirme yapılan alanlar işaretlenmiştir.

Şekil 5.2 incelendiğinde; bodrum katın boyu 32.85 m, eni ise 14.80 m'dir. Kat taban alanı 486.18 m²'dir. Katta çok amaçlı salon, 4 adet depo, 2 adet wc, kazan dairesi, hayat atölyesi, kantin, konferans salonu bulunmaktadır. Yapıda genellikle 30x70 cm boyutlarında kolonlar kullanılmıştır. Bunun yanı sıra 2 adet 30x460 cm ve 2 adet 30x690 cm boyutlarında perde duvar bulunmaktadır.

Uzmanlarla yapılan görüşmede yapının taşıyıcı sisteminin bazı bölgelerinde kolonların yetersiz olduğu ve bu aksların güçlendirilmesi için yerinde dökme perde duvar uygulaması

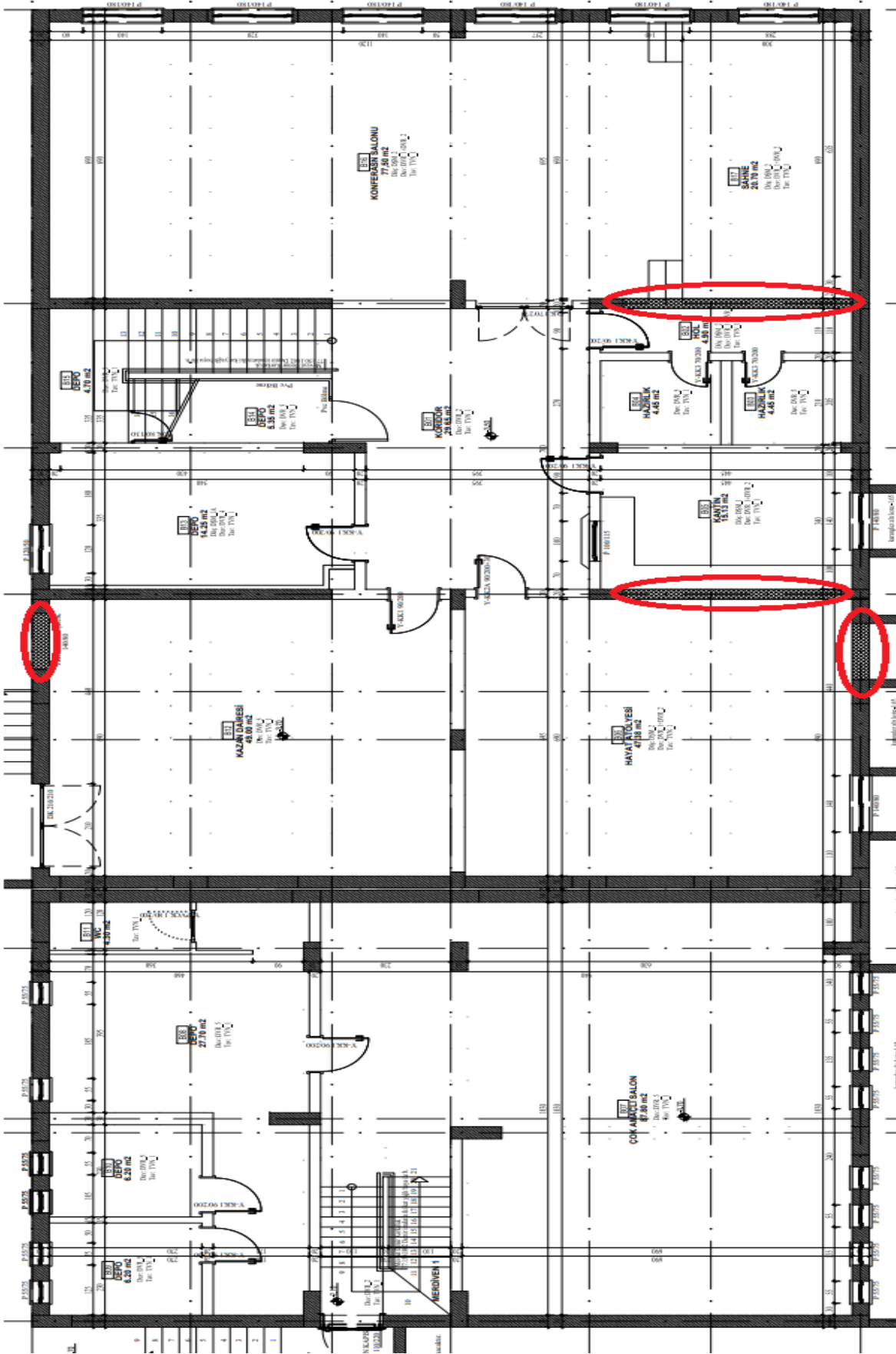
yapıldığını bildirmişlerdir. Bodrum katta 4 yerde güçlendirme çalışması yapılmıştır. Bu yerinde dökme perde duvarların 2 adedi 30 cm x 200 cm boyutunda ve 8 ve 10 aksında yer almaktadır. Diğer 2 adedi ise 30 cm x 400 cm boyutunda ve A ve G akslarında bulunmaktadır. Yapılan yerinde dökme perde kolonlar (Şekil 5.2) yapının düzeninde herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır (Şekil 5.3) .



Şekil 5.2. Yerinde dökme perde duvar uygulaması



Şekil 5.3. Laminant parke ve ıslak zemin uygulamaları

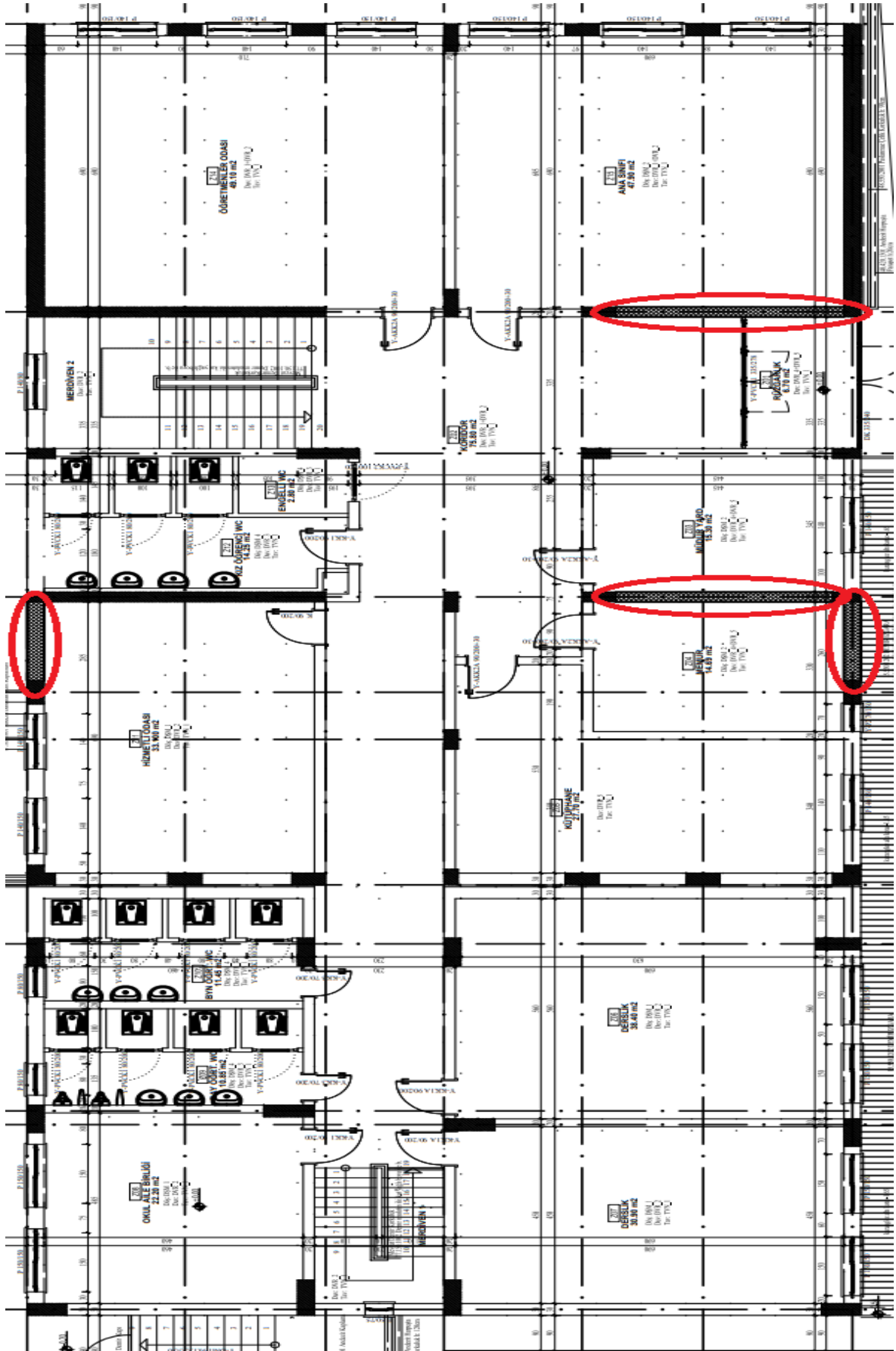


Şekil 5.4. Bodrum kat güçlendirme uygulaması planı

Zemin kat alanı 486.18 m²'dir. Kat içerisinde, okul aile birliği, bay/bayan öğretmen wc, hizmetli odası, kız öğrenci wc, öğretmenler odası, ana sınıfı, müdür yardımcısı odası, memur, kütüphane ve 2 adet derslik bulunmaktadır.

Zemin katta 4 yerde güçlendirme çalışması yapılmıştır. Güçlendirme türü olarak yerinde dökme perde duvar uygulaması yapılmıştır. Bodrum katta yapılan uygulamanın zemin katada aynı bölgede devamlılığı sağlanarak yapılmıştır.

Uzmanlarla yapılan görüşmede yapının taşıyıcı sisteminin bazı bölgelerinde kolonların yetersiz olduğu ve bu aksların güçlendirilmesi için yerinde dökme perde duvar uygulaması yapıldığını bildirmişlerdir. Zemin katta da 4 bölgede güçlendirme çalışması yapılmıştır. Bu yerinde dökme perde duvarların 2 adedi 30 cm x 200 cm boyutunda ve 8 ve 10 aksında yer almaktadır. Diğer 2 adedi ise 30 cm x 400 cm boyutunda ve A ve G akslarında bulunmaktadır. Yapılan yerinde dökme perde kolonlar yapının düzeninde herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.

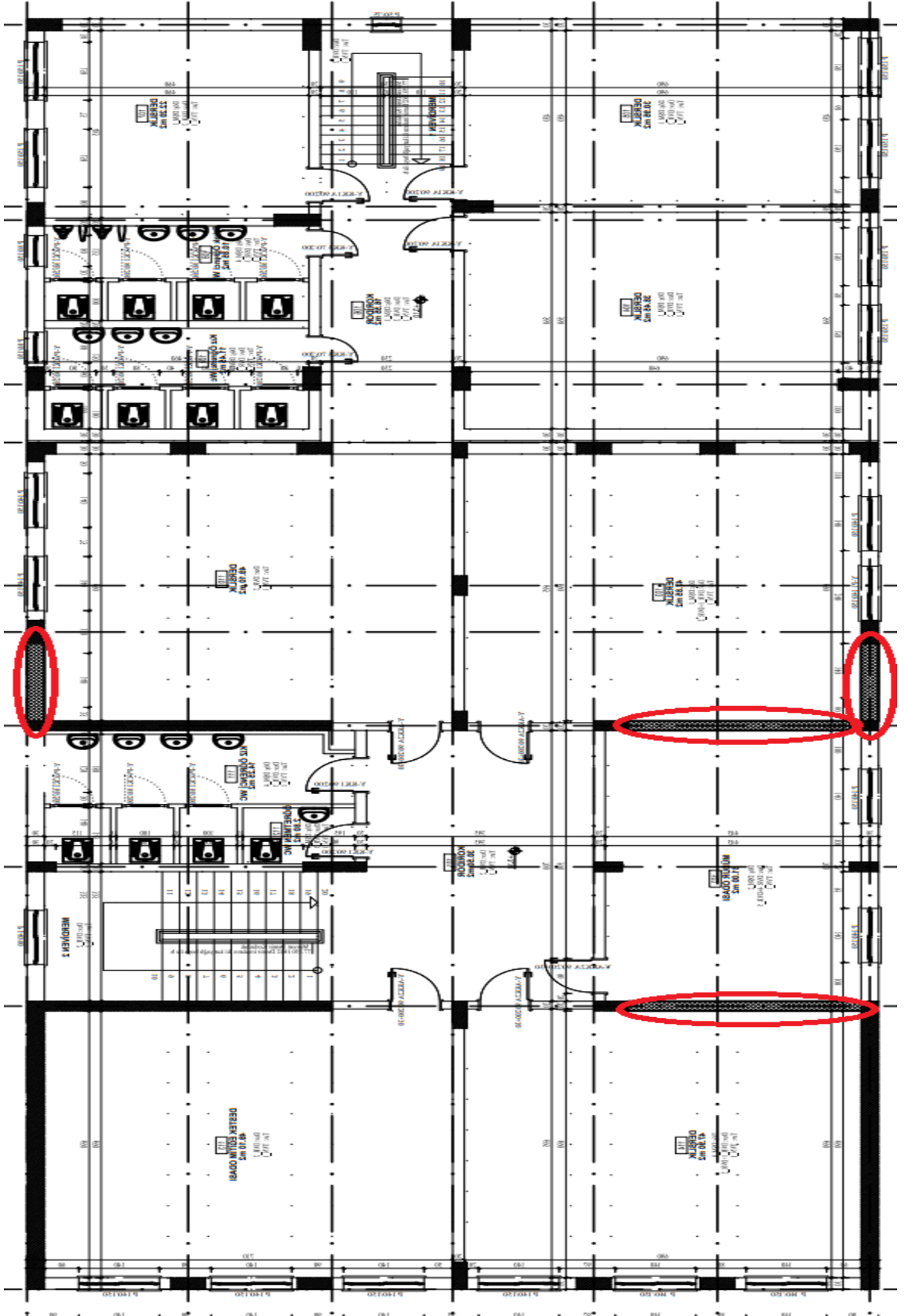


Şekil 5.5. Zemin kat güçlendirme uygulaması planı

Birinci kat alanı 486.18 m²'dir. Plan incelendiğinde, kız/erkek öğrenci wc, bay/bayan öğretmen wc, 6 adet derslik, destek eğitim odası ve müdür odası bulunmaktadır.

Birinci katta 4 yerde güçlendirme çalışması yapılmıştır. Güçlendirme türü olarak yerinde dökme perde duvar uygulaması yapılmıştır. Zemin katta uygulanan perde duvar uygulaması aynı yerde ve aynı sayıda Birinci katta da devam ettirilmiştir. Yerinde dökme perde duvarların 2 adedi 30cm x 200 cm, 2 adedi ise 30cm x 400 cm'dir. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.

Uzmanlarla yapılan görüşmede yapının taşıyıcı sisteminin bazı bölgelerinde kolonların yetersiz olduğu ve bu aksların güçlendirilmesi için yerinde dökme perde duvar uygulaması yapıldığını bildirmişlerdir. 1. katta da 4 bölgede güçlendirme çalışması yapılmıştır. Bu yerinde dökme perde duvarların 2 adedi 30 cm x 200 cm boyutunda ve 8 ve 10 aksında yer almaktadır. Diğer 2 adedi ise 30 cm x 400 cm boyutunda ve A ve G akslarında bulunmaktadır. Yapılan yerinde dökme perde kolonlar yapının düzeninde herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır

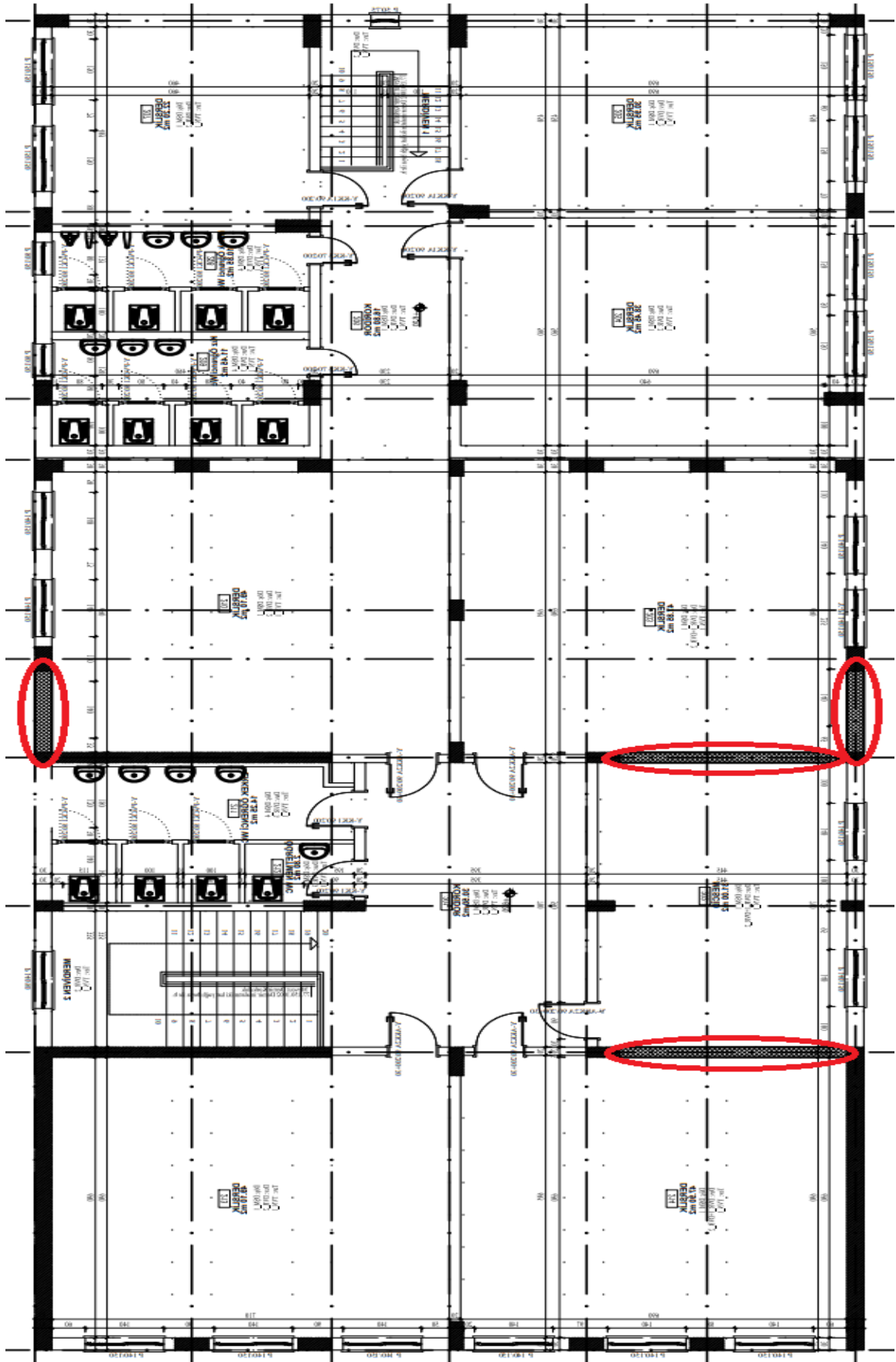


Şekil 5.6. Birinci kat güçlendirme uygulaması planı

İkinci kat alanı 486.18 m²'dir. Plan incelendiğinde, kız/erkek öğrenci wc, bay/bayan öğretmen wc, 6 adet derslik, 1 adet mescit bulunmaktadır.

Katta 4 yerde güçlendirme çalışması yapılmıştır. Güçlendirme türü olarak yerinde dökme perde duvar uygulaması yapılmıştır. Birinci katta uygulanan perde duvar uygulaması aynı yerde ve aynı sayıda ikinci katta da devam ettirilmiştir. Yerinde dökme perde duvarların 2 adedi 30x200 cm, 2 adedi ise 30cm x 400 cm'dir. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.

Uzmanlarla yapılan görüşmede yapının taşıyıcı sisteminin bazı bölgelerinde kolonların yetersiz olduğu ve bu aksların güçlendirilmesi için yerinde dökme perde duvar uygulaması yapıldığını bildirmişlerdir. 2. katta da 4 bölgede güçlendirme çalışması yapılmıştır. Bu yerinde dökme perde duvarların 2 adedi 30 cm x 200 cm boyutunda ve 8 ve 10 aksında yer almaktadır. Diğer 2 adedi ise 30 cm x 400 cm boyutunda ve A ve G akslarında bulunmaktadır. Yapılan yerinde dökme perde kolonlar yapının düzeninde herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır



Şekil 5.7. İkinci kat güçlendirme uygulaması planı

5.2. Gazi ilköğretim Okulu'nun Mevcut Durumu ve Yapılan Çalışmalar

Çalışma kapsamında incelenen Gazi İlköğretim okulu 2000 yılında eğitim öğretime başlamıştır. Okul bodrum, Zemin+2 katan oluşmaktadır. Eğitim kurumuna yapılan güçlendirme çalışması 2016 yılı Mayıs ayında başlamış, aynı yılın eylül ayında tamamlanmıştır. Yapının eski hali Şekil 5.8a'da, yeni hali ise Şekil 5.8b'de verilmiştir. Dikdörtgen formda tasarlanan binaya ilk defa güçlendirme çalışması yapılmıştır. Gazi İlköğretim Okulu döneminin yönetmelikleri esas alınarak yapılmıştır.



Şekil 5.8. a) Okulun eski hali, b) Okulun yeni hali

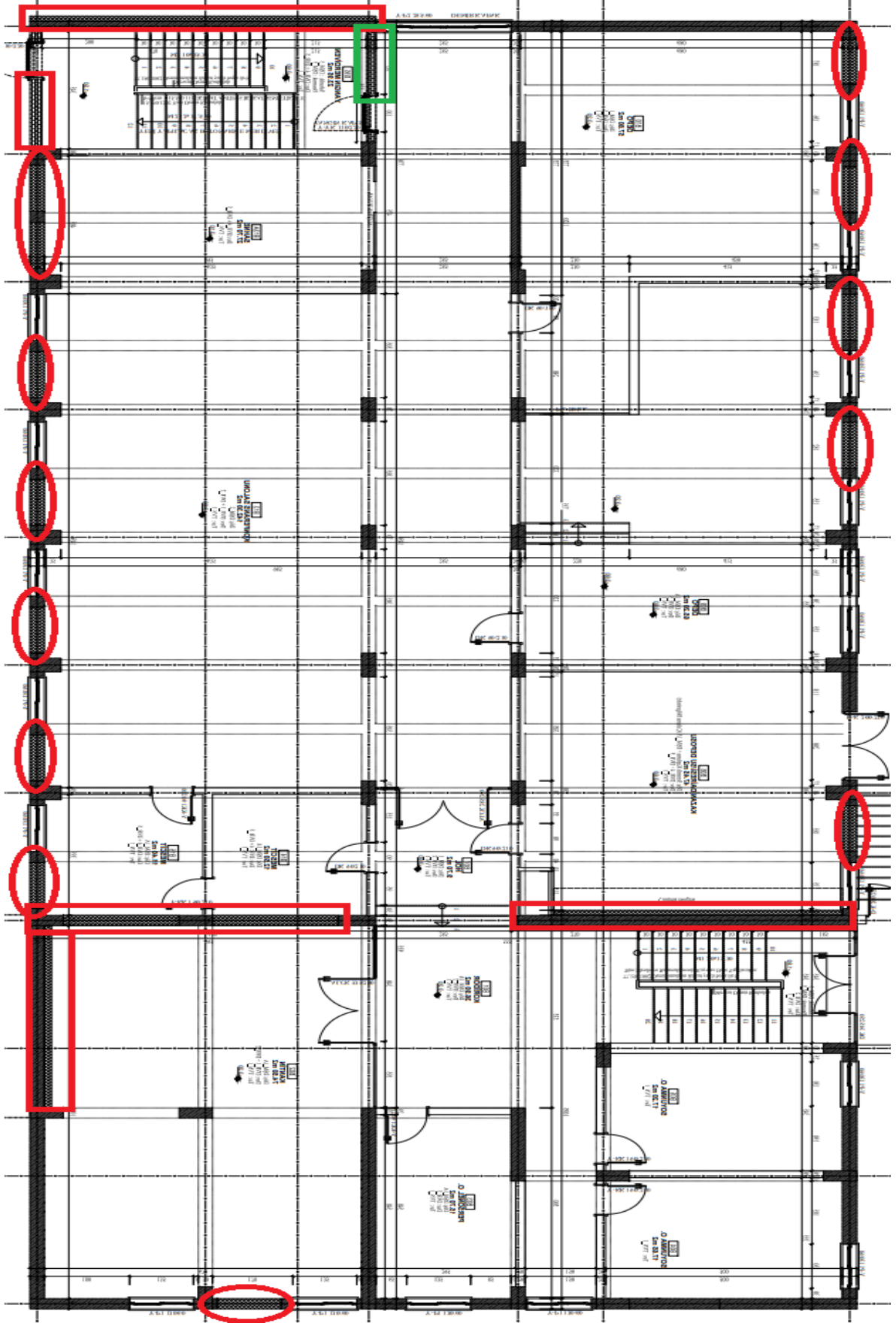
Şekil 5.9'da okulun bodrum kat, Şekil 5.11'de zemin kat, Şekil 5.12'de birinci kat ve Şekil 5.13'de ikinci kat planları verilmiştir. Bu planlar üzerinde güçlendirme yapılan alanlar işaretlenmiştir.

Bodrum kat incelendiğinde, boyu 37.80 m, eni ise 17.45 m olduğu görülmektedir. Bodrum kat taban alanı 659.61 m²'dir. Katta 2 adet soyunma odası, kazan dairesi/su deposu, 2 adet depo, konferans salonu, mescit, personel odası ve kantin bulunmaktadır.

Bodrum katta bulunan ve düşey taşıyıcı elemanlardan olan kolonlar farklı boyutlarda tasarlanmıştır. Yapı dış çerçevesinde bulunan kolonlar T şeklinde, yapı iç kısmında bulunan kolonlar ise 30x70 cm boyutlarında yapılmıştır. Ayrıca yer yer perde kolon uygulaması yapıldığı tespit edilmiştir.

Uzmanlarla yapılan görüşmede yapının taşıyıcı sisteminin bazı bölgelerinde kolonların yetersiz olduğu ve bu aksların güçlendirilmesi için yerinde dökme perde duvar uygulaması yapıldığını bildirmişlerdir.

Bodrum katta 17 bölgede kolon güçlendirme çalışması yapılmıştır. Bunların 3 adedi yangın ve kat merdiveninin güçlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Yapının neredeyse tüm akslarında yerinde dökme perde duvar güçlendirmesi uygulanmıştır. Böylelikle hemen hemen tüm dış çerçeve perde duvardan oluşmuştur. Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Güçlendirmenin yanı sıra yangın merdiveninde zayıf olan 2 adet duvar yıkılıp yeni duvar inşa edilmiştir. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.



Şekil 5.9. Bodrum kat güçlendirme uygulaması planı

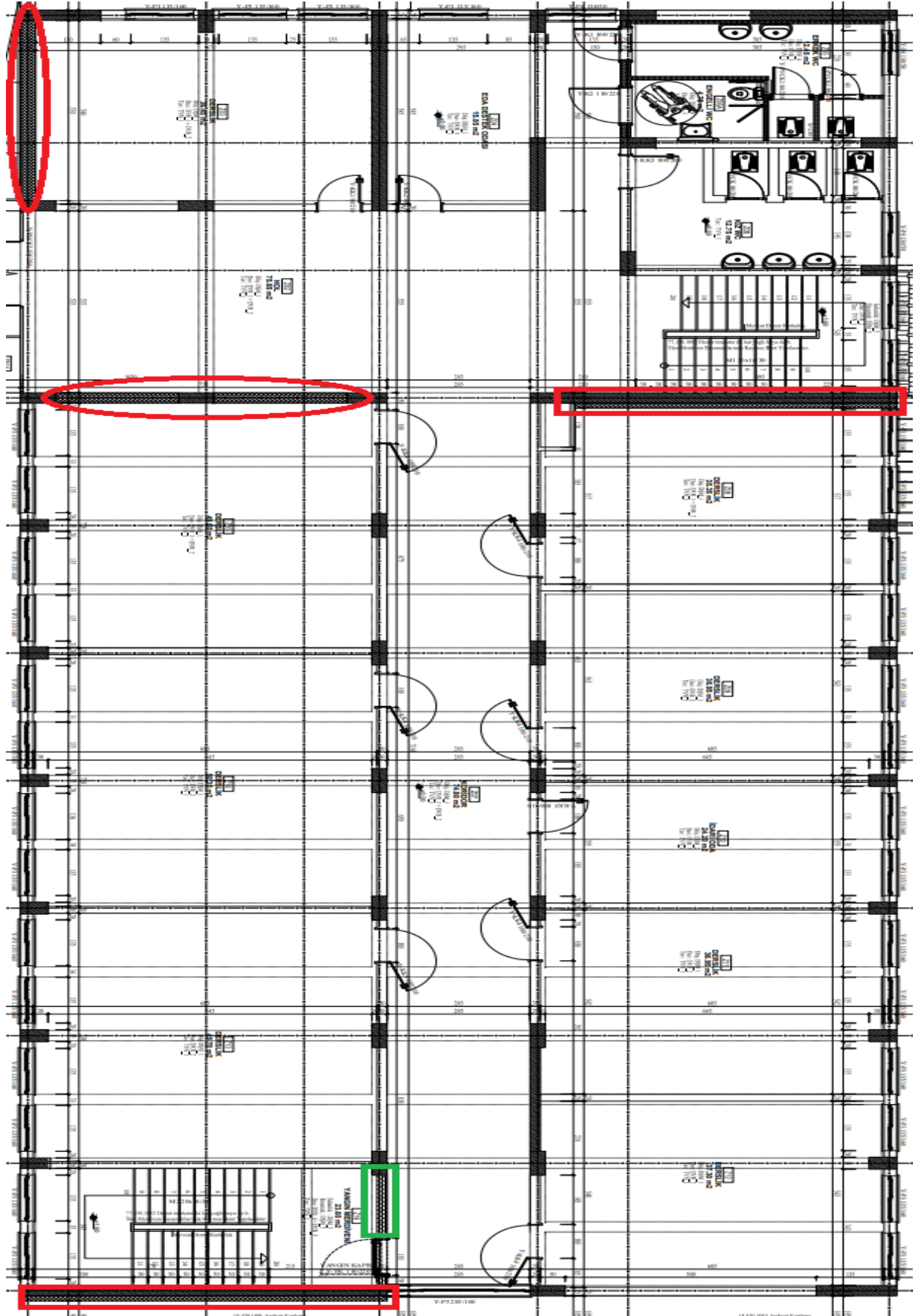
Zemin kat incelendiğinde, boyu 37.80 m, eni ise 17.45 m olduğu görülmektedir. Zemin kat kat taban alanı 659.61 m²'dir. Katta 2 adet wc, 8 adet derslik, idari oda, destek odası, sistem odası, kat merdiveni ve yangın merdiveni bulunmaktadır.

Zemin katta 4 adet yerinde dökme perde duvar uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamalarda 2 adedi yangın merdiveni ve kat merdiveni güçlendirmesi şeklinde ve bodrum katta uygulanan güçlendirmenin devamı şeklindedir. Şekil 5.10'de zemin kata yapılan güçlendirmenin görseli sunulmuştur.



Şekil 5.10. Zemin kat güçlendirme uygulaması

Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Güçlendirmenin yanı sıra yangın merdiveninde zayıf olan 1 adet duvar yıkılıp yeni duvar inşa edilmiştir. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.

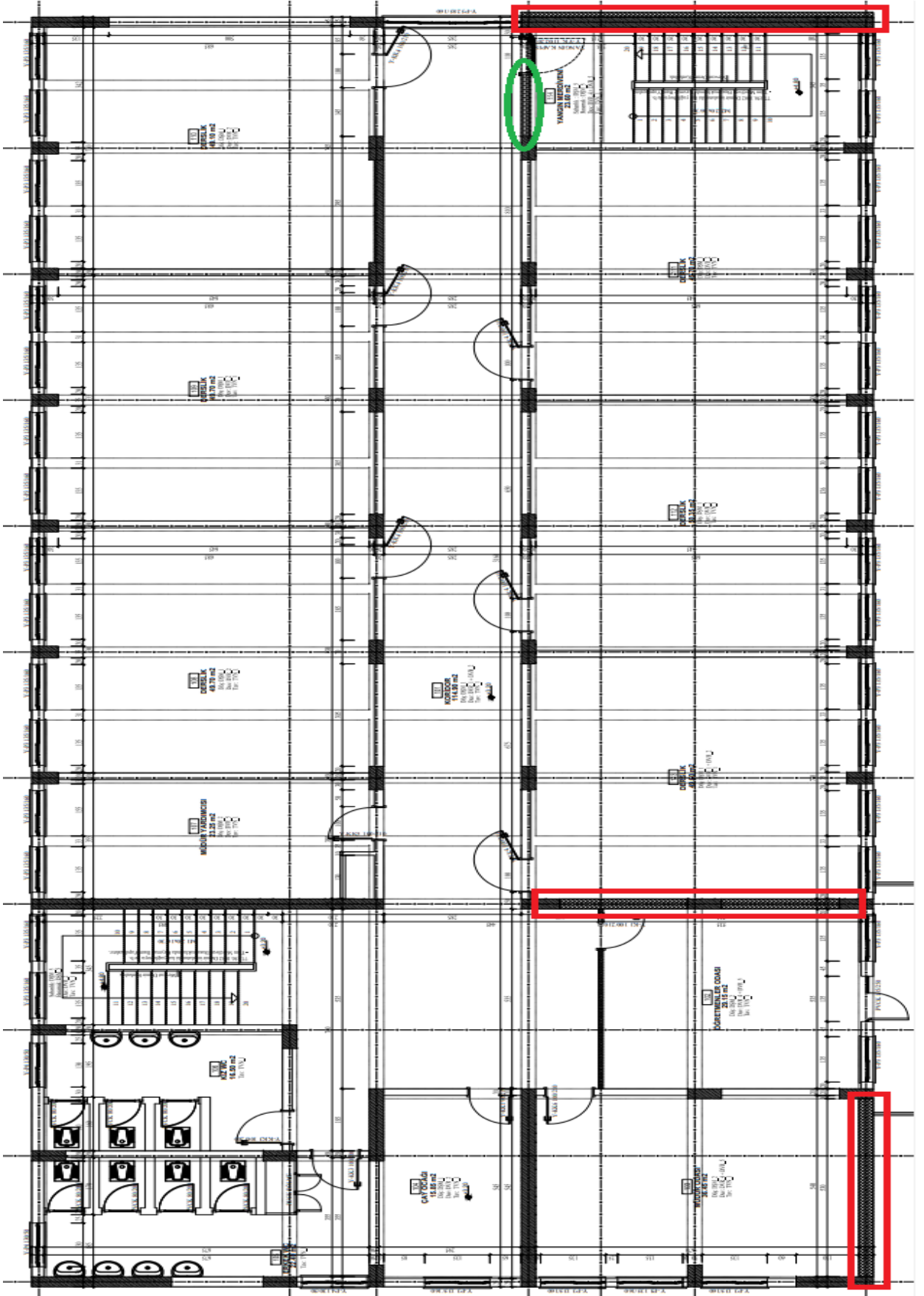


Şekil 5.11. Zemin kat güçlendirme uygulaması planı

1. kat incelendiğinde, boyu 37.80 m, eni ise 17.45 m olduğu görülmektedir. Zemin kat kat taban alanı 659.61 m²'dir. Katta 2 adet wc, 6 adet derslik, müdür odası, müdür yardımcısı odası, öğretmenler odası, çay ocağı, kat merdiveni ve yangın merdiveni bulunmaktadır.

1. katta 3 adet yerinde dökme perde duvar uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamaların 1 adedi yangın merdiveni güçlendirmesi şeklinde ve zemin katta uygulanan güçlendirmenin devamı şeklindedir.

Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Güçlendirmenin yanı sıra yangın merdiveninde zayıf olan 1 adet duvar yıkılıp yeni duvar inşa edilmiştir. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.



Şekil 5.12. Birinci kat güçlendirme uygulaması planı

2. kat incelendiğinde, boyu 37.80 m, eni ise 17.45 m olduğu görülmektedir. Zemin kat kat taban alanı 659.61 m²'dir. Katta 2 adet wc, 7 adet derslik, kütüphane, müdür yardımcısı odası, çay ocağı, kat merdiveni ve yangın merdiveni bulunmaktadır.

2. katta 3 adet yerinde dökme perde duvar uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamalarda 1 adedi yangın merdiveni güçlendirmesi şeklinde ve 1. katta uygulanan güçlendirmenin devamı şeklindedir.

Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Güçlendirmenin yanı sıra yangın merdiveninde zayıf olan 1 adet duvar yıkılıp yeni duvar inşa edilmiştir. Bunun yanı sıra duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.

5.3. Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi'nin Mevcut Durumu ve Yapılan Çalışmalar

Çalışma kapsamında incelenen Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi 1995 yılında eğitim öğretime başlamıştır. Okul bodrum, Zemin+2 katan oluşmaktadır. Eğitim kurumuna yapılan güçlendirme çalışması 2020 yılı haziran ayında başlamış, aynı yılın ekim ayında tamamlanmıştır. Yapının günümüzdeki durumu Şekil 5.14'de verilmiştir. Dikdörtgen formda tasarlanan binaya ilk defa güçlendirme çalışması yapılmıştır. Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi döneminin yönetmelikleri esas alınarak yapılmıştır.

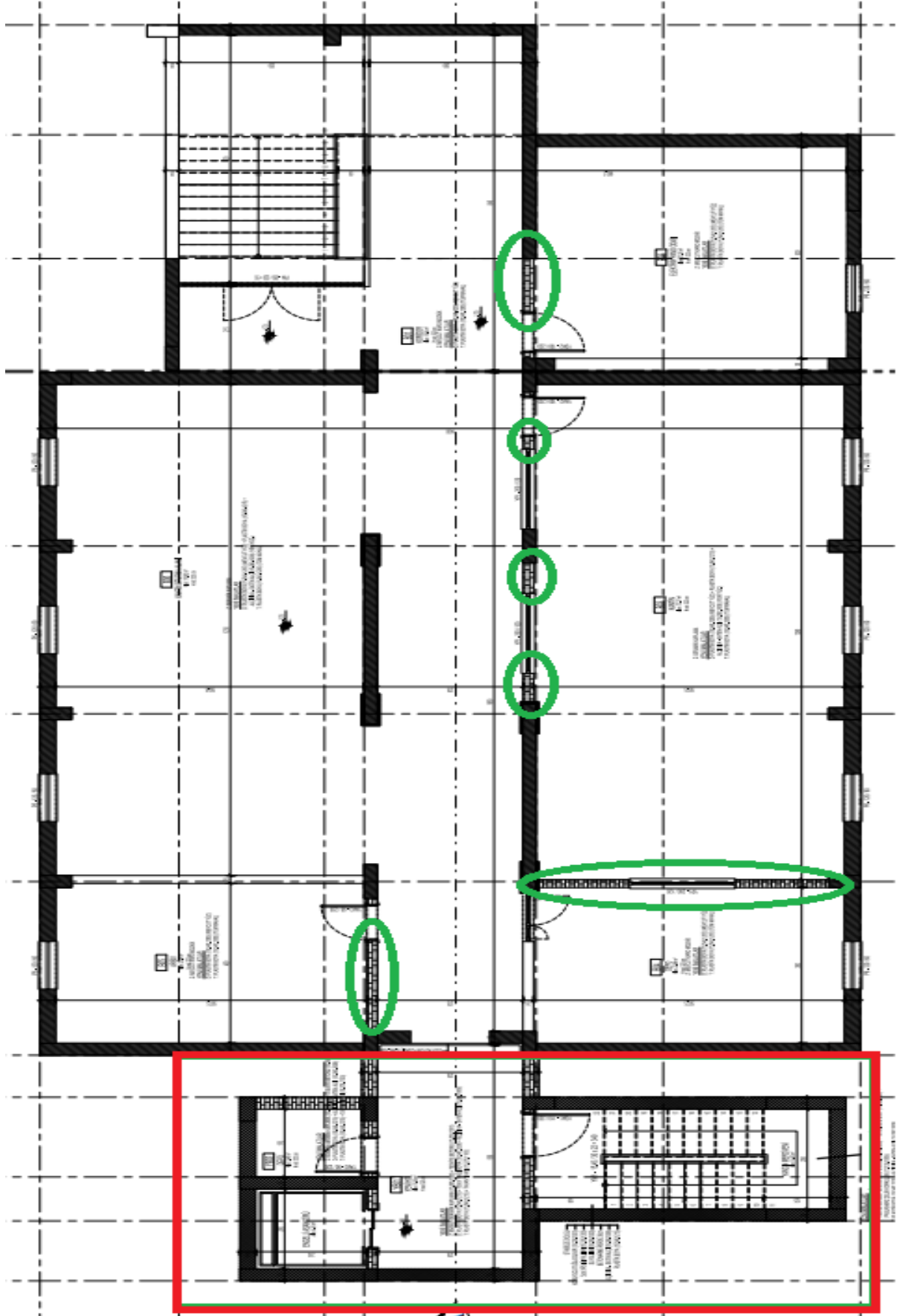


Şekil 5.14. Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi mevcut durum

Şekil 15'de okulun bodrum kat, Şekil 16'de zemin kat, Şekil 17'da birinci kat, Şekil 19'da ikinci kat ve Şekil 21'de üçüncü kat planları verilmiştir. Bu planlar üzerinde güçlendirme yapılan alanlar işaretlenmiştir.

Bodrum kat incelendiğinde, kat 25.80 m boy x 15.50 m enine sahiptir. Bodrum kat taban alanı 399.9 m²'dir. Katta arşiv, kantin, elektrik pano odası, kantin oturma alanı ve kat merdiveni bulunmaktadır. Bodrum katan itibaren tüm binaya bina yanına bitişik bir şekilde engelli asansörü, depo, hol ve yangın merdiveninden oluşan bir mahal oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra arşiv, elektrik pano odası, kantin, kantin ve depo arasında yeni tuğla duvar inşa edilmiştir. Bodrum kat tamamen perde duvarla inşa edilmiştir.

Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.

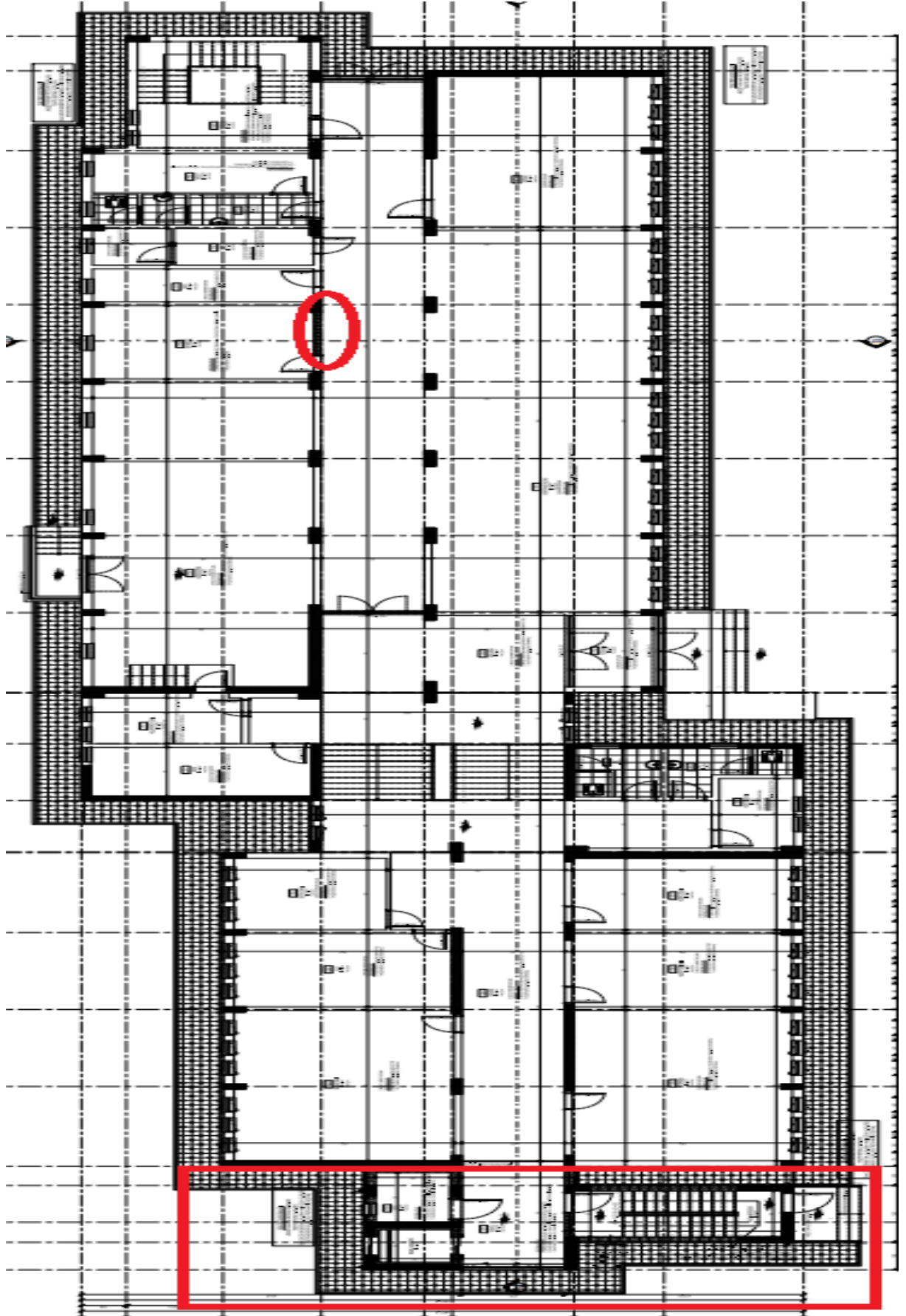


Şekil 5.15. Bodrum kat güçlendirme uygulaması planı

Zemin kat incelendiğinde, kat 25.80 m boy x 15.50 m enine sahiptir. Zemin kat taban alanı 399.9 m²'dir. Katta müdür odası, sistem odası, depo, kaloriferli odası, bay/bayan mescit, Depo, Lw/Wc, derslik, konferans salonu, 2 adet hizmetli odası, müdür yardımcısı odası, kütüphane ve kat merdiveni bulunmaktadır. Binada, bina yanına bitişik bir şekilde engelli asansörü, depo, hol ve yangın merdiveninden oluşan bir mahal oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra bay mescidin duvarı yıkılarak yeni duvar yapılmıştır.

Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.



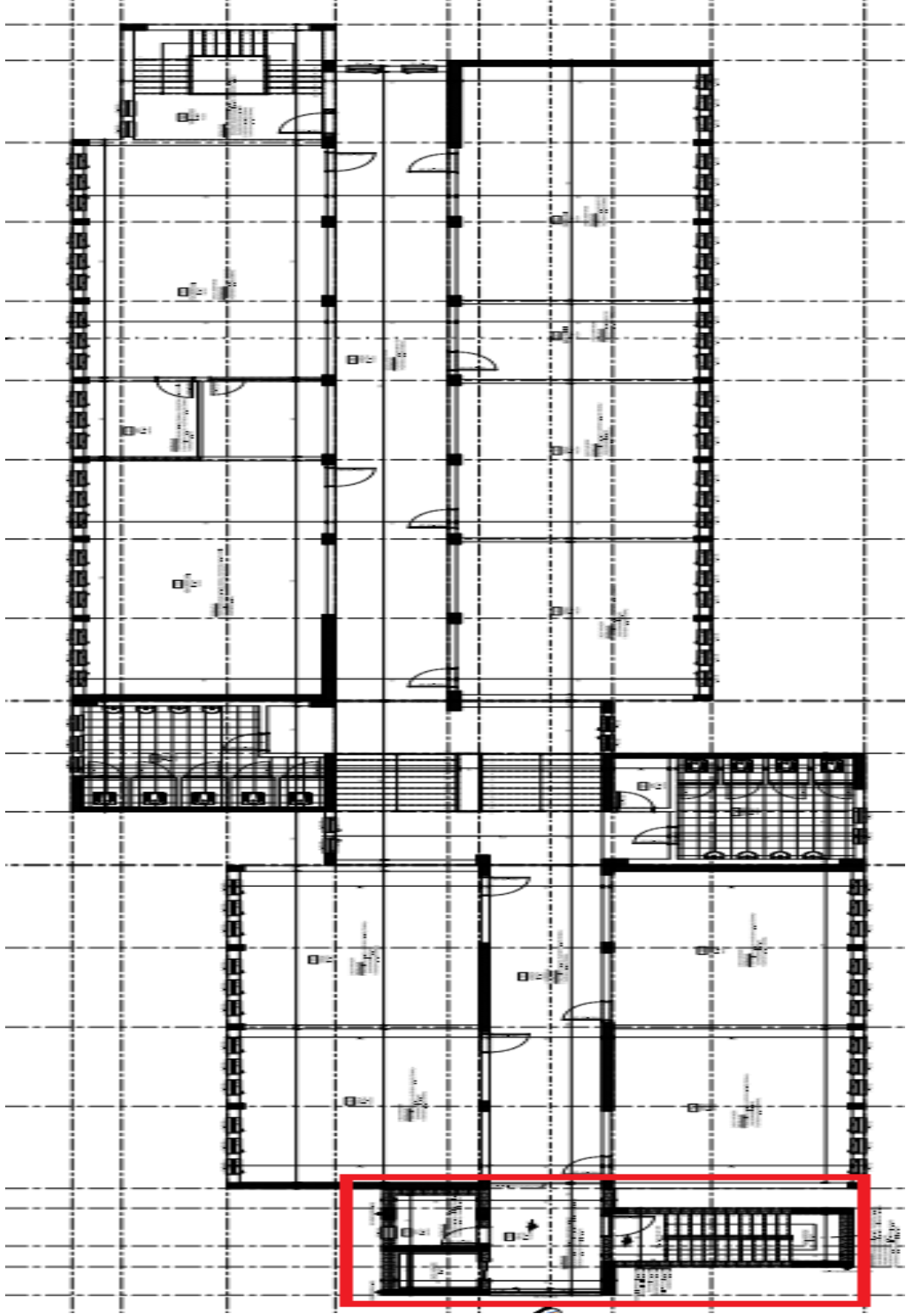


Şekil 5.16. Zemin kat güçlendirme uygulaması planı

Birinci kat incelendiğinde, kat 25.80 m boy x 15.50 m ene sahiptir. Birinci kat taban alanı 399.9 m²'dir. Katta müdür yardımcısı odası, 2 adet Wc, 8 adet derslik, bilgisayar laboratuvarı, ve kat merdiveni bulunmaktadır. Binada, bina yanına bitişik bir şekilde engelli asansörü, depo, hol ve yangın merdiveninden oluşan bir mahal oluşturulmuştur.

Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır.





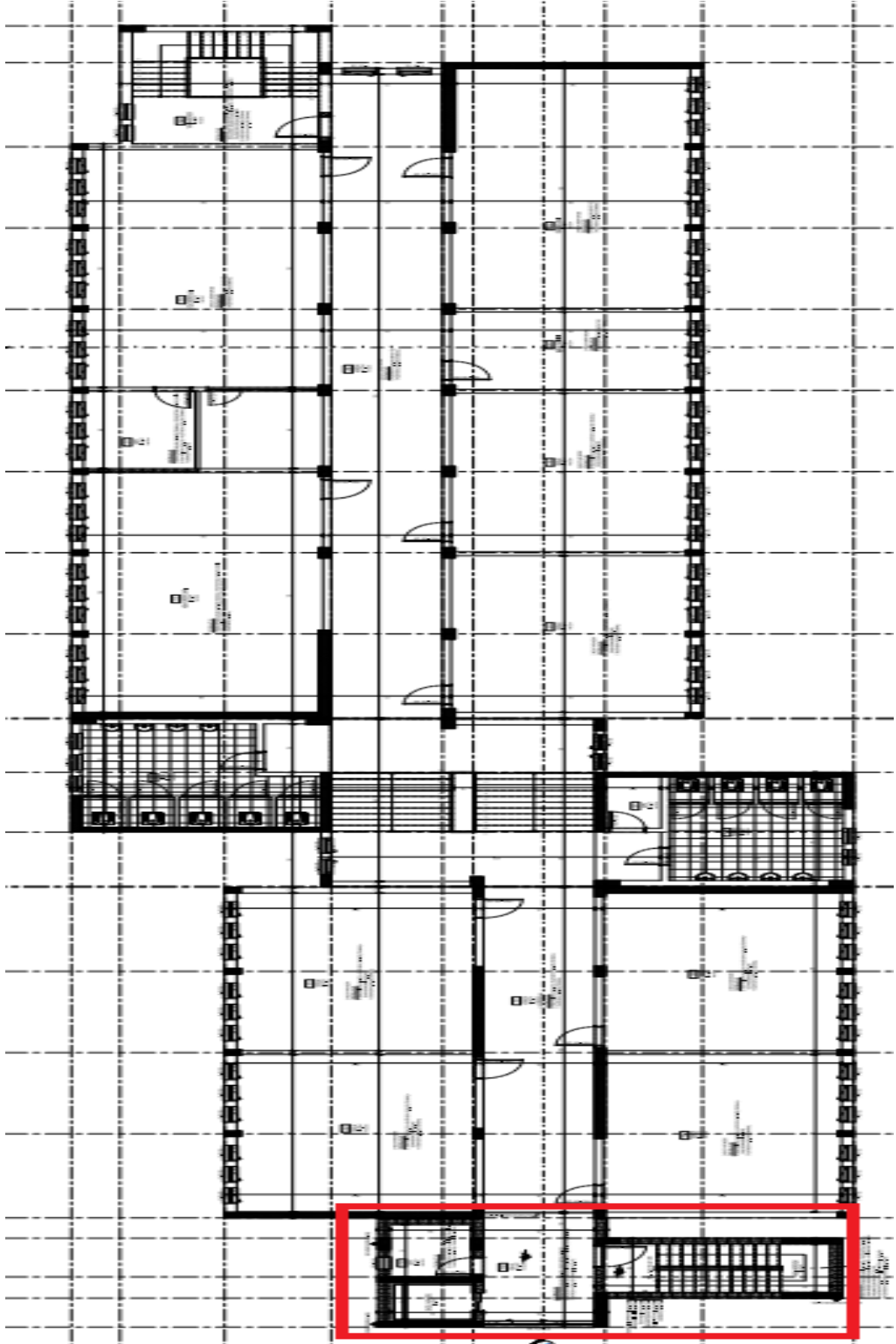
Şekil 5.17. Birinci kat güçlendirme uygulaması planı

İkinci kat incelendiğinde, kat 25.80 m boy x 15.50 m ene sahiptir. Bodrum kat taban alanı 399.9 m²'dir. Katta müdür yardımcısı odası, 6 adet derslik, 2 adet Wc, öğretmenler odası, fizik ve kimya laboratuvarı ve kat merdiveni bulunmaktadır. Binada, bina yanına bitişik bir şekilde engelli asansörü, depo, hol ve yangın merdiveninden oluşan bir mahal oluşturulmuştur (Şekil 5.18). Bunun yanı sıra bay mescidin duvarı yıkılarak yeni duvar yapılmıştır.



Şekil 5.18. Binaya bitişik oluşturulan mahal

Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır. bu katta herhangi bir güçlendirme çalışması yapılmamıştır.



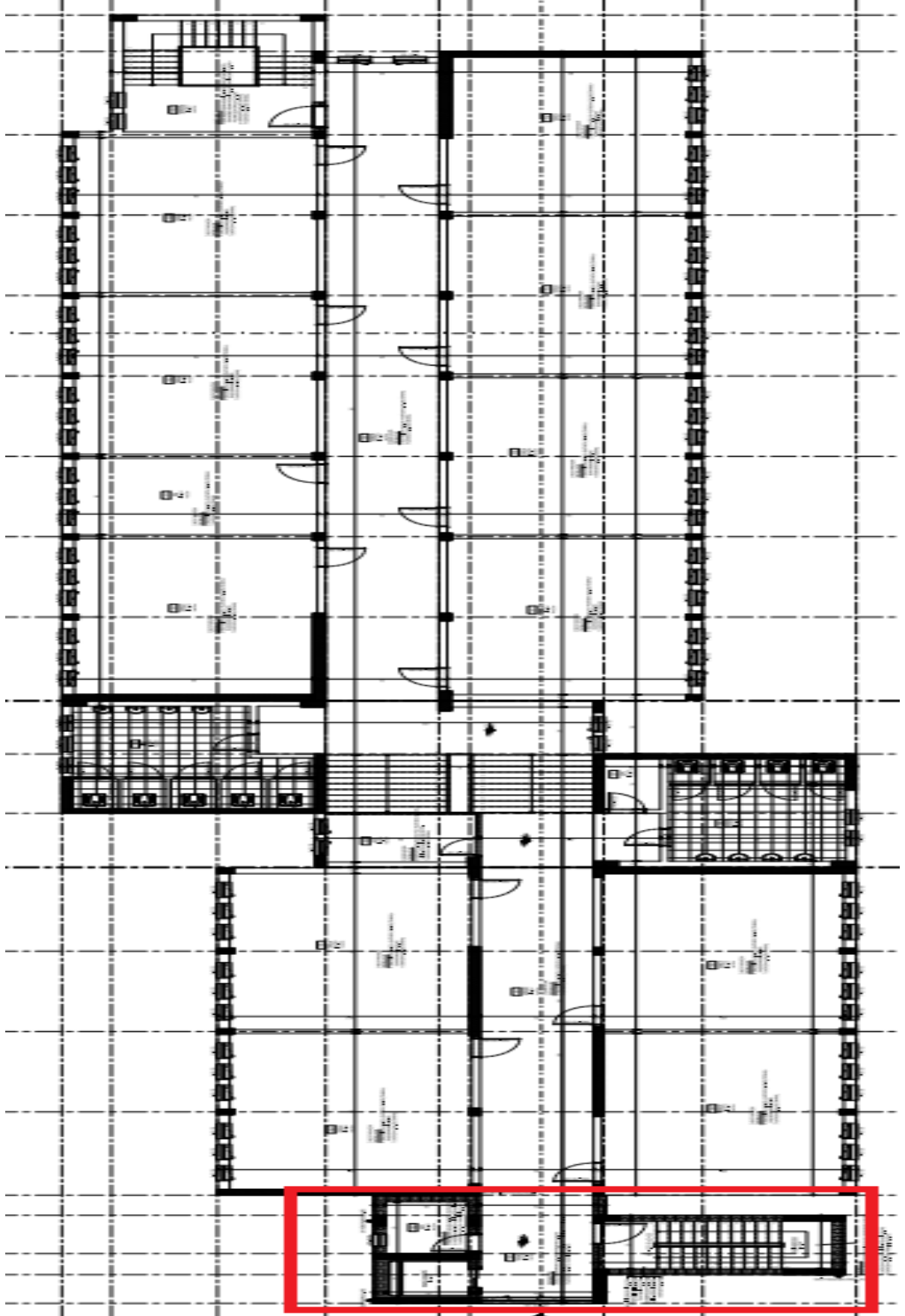
Şekil 5.19. İkinci Kat güçlendirme uygulaması planı

Üçüncü kat incelendiğinde, kat 25.80 m boy x 15.50 m enine sahiptir. Üçüncü kat taban alanı 399.9 m²'dir. Katta 11 adet derslik, 2 adet Wc, oda ve kat merdiveni bulunmaktadır. Binada, bina yanına bitişik bir şekilde engelli asansörü, depo, hol ve yangın merdiveninden oluşan bir mahal oluşturulmuştur (Şekil 5.20).

Güçlendirme çalışması yapının kullanımında veya fonksiyonelliğinde herhangi bir sıkıntıya yol açmayacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca duvarlar ve tavanlara boya uygulaması, zeminde bazı alanlara karo mozaik, bazı alanlara ise laminant parke uygulaması yapılmıştır. Bu katta herhangi bir güçlendirme çalışması yapılmamıştır.



Şekil 5.20. Binaya bitişik ek mahale yapılan sıva uygulaması



Şekil 5.21. Üçüncü kat güçlendirme uygulaması planı

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada Kırıkkale ilinde bulunan 3 adet eğitim kurumuna yapılan güçlendirme çalışması incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ Hasan Ali Yücel İlkokulu'nda Bodrum, Zemin + 2 katın çerçeve sisteminde 4 adet yerinde dökme perde duvar uygulaması yapılmıştır.
- ✓ Yerinde dökme perde duvar uygulamalarının 2 adedi dış duvarda, 2 adedi ise iç duvarda yapılmıştır.
- ✓ Yerinde dökme perde duvar tüm katlarda birbiri ile bağlantılı bir şekilde ilerlemiştir.
- ✓ Tüm katların ıslak zeminlerinde ve koridor döşemelerinde karo mozaik kullanılarak onarım yapılmıştır.
- ✓ Bazı duvarlar mevcut (duvar+sıva+boya) şekliyle kalırken, bazı duvarlarda duvar+perlitli sıva+su bazlı boya uygulaması yapılmıştır.
- ✓ Okul kapı ve pencereleri PVC doğramalı kapı ve pencerelerle değiştirilmiştir.
- ✓ Gazi İlköğretim Okulu'nda bodrum katta 17 adet kolon güçlendirmesi yapılmıştır. Güçlendirme türü olarak yerinde dökme perde duvar uygulaması yapılmıştır. Yapılan perde duvarlarla bodrum katın dış çerçevesi tamamen perdeden oluşması sağlanmıştır.
- ✓ Ayrıca kapı ve pencereler PVC doğramalı kapı ve pencerelerle değiştirilmiş, duvar ve tavana boya uygulaması yapılmış ve ıslak yemin döşemeleri yenilenmiştir.
- ✓ Taşıma gücü yetersiz yıpranmış duvarla yıkılıp yerine yenisi yapılmıştır.
- ✓ Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi'nde binaya bitişik bir şekilde engelli asansörü, yangın merdiveni, depo ve holden oluşan bir mahal yapılmıştır.
- ✓ Yapının bazı bölgelerindeki yıpranmış duvarlar yıkılarak yenisi inşa edilmiştir.
- ✓ Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi'nde az sayıda kolon yapı elemanına güçlendirme işlemi uygulanmıştır.
- ✓ Tez kapsamında incelenen okullar referans alınarak, diğer eğitim kurumlarında da kontroller yapılarak güçlendirme çalışmaları başlatılabilir.
- ✓ Güçlendirme yapılırken seçilecek güçlendirme yönteminin kolay uygulanabilir olmasına ve okul binasının kullanışlı hale getirilmesine dikkat edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Raza, S., Khan, M.K.I., Menegon, S.J., Tsang, H.H., Wilson, J.L., 2019, Strengthening and repair of reinforced concrete columns by jacketing: State-of-the-art review, *Sustainability* 11 (11) (2019) 3208.
- Engindeniz, M., Kahn, L.F., Zureick, A.H., 2005, Repair and strengthening of reinforced concrete beam-column joints: state of the art, *ACI Structural Journal* 102 (2) (2005).
- Koutas, L.N., Tetta, Z., Bournas, D.A., Triantafillou, T.C., 2019, Strengthening of concrete structures with textile reinforced mortars: state-of-the-art review, *Journal of Composites for Construction* 23 (1) (2019) 03118001.
- Siddika, A., Mamun, M.A.A., Alyousef, R., Amran, Y.H.M., 2019, Strengthening of reinforced concrete beams by using fiber-reinforced polymer composites: A review, *Journal of Building Engineering* 25 (2019) 100798.
- Engindeniz, M., Kahn, L.F., Zureick, A.H., 2005, Repair and strengthening of reinforced concrete beam-column joints: state of the art, *ACI Structural Journal* 102 (2) (2005).
- Koutas, L.N., Tetta, Z., Bournas, D.A., Triantafillou, T.C., 2019, Strengthening of concrete structures with textile reinforced mortars: state-of-the-art review, *Journal of Composites for Construction* 23 (1) (2019) 03118001.
- Raza, S., Shafei, B., Saiidi, M.S., Motavalli, M., Shahverdi, M., (2022), Shape memory alloy reinforcement for strengthening and self-centering of concrete structures— State of the art, *Construction and Building Materials*, 324, (2022), 126628.
- Khan, A.R., Fareeda, S., Zahid, B., 2020, Use of high strength technical textiles in strengthening of reinforced concrete structural elements, *The Journal of The Textile Institute*, 113(2), 1-10.
- Foraboschi, P., 2022, Strengthening of Reinforced Concrete Beams Subjected to Concentrated Loads Using Externally Bonded Fiber Composite Materials, *Materials* 2022, 15(6), 2328.
- Raza, S., Shafei, B., Saiidi, M.S., Motavalli, M., Shahverdi, M., (2022), Shape memory alloy reinforcement for strengthening and self-centering of concrete structures— State of the art, *Construction and Building Materials*, 324, (2022), 126628.
- Kırıkkale Belediyesi, 2008, Kırıkkale. Kırıkkale: Kırıkkale Kültür ve Tarih Yayınları.
- Ay, E. 1995, Arkeolojik Araştırmalar Işığında Kırıkkale'nin Eski Çağ Tarihine Kısa Bir Bakış. *Kırıkkale Dergisi*, 1 (2).
- Kırıkkale Belediyesi Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü, 2009, Tarih İçinde Kırıkkale. Kırıkkale Belediyesi Kültür ve Tarih Yayınları. Kırıkkale
- Ulukavak, H.G., 2011, Kentsel Yaşam Kalitesini Yükseltmede Trafik Durultmanın Rolü:Kırıkkale Örneği. Konya Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Basılmamış Yüksek Lisans Tezi.Konya.
- Karadeniz, E. 2006, Kırıkkale'de Şehirselleşme. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Metin, R., 1997, Osmanlı Arşiv Belgelerine Göre XVI. Yüzyılda Kırıkkale İl Bölgesi(Keskin, Konur, Dinek Nahiyeleri). Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale.
- Vural, E. 2018, Kırıkkale Şehri'nin Cumhuriyetten Günümüze Mekânsal Gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Web ileti 1. <http://www.neyimizmeshur.com/index.php/kirikkale/>

- Tekel, F., 2021, Kırıkkale Halk Hekimliğinde Ocaklar Ve Türbeler, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü.
- Pergel, Ş. 2013, Tarihsel Yapılarda Onarım-Güçlendirme Çalışmaları Ve Amasya Taşhan Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaya, M. 2017, Betonarme Bir Okul Binasının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Belirlenmesi Ve Güçlendirme Alternatiflerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
- Urgancı K.B. 2021, Türkiye’de Betonarme Eğitim Yapılarının Deprem Güçlendirme Süreçlerinin Mimari Analizi: Tokat Erbaa Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Küçük, D., 2006, Deprem Zararlarını Azaltma Çalışmalarında Mimarlık Eğitiminin Yeri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Coza, H., 2003. Betonarme yapılarda gözlenen deprem hasarları ve nedenleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Acar, T.S., 2020, Betonarme Çerçevesi Bir Bina İçin Farklı Güçlendirme Önerilerinin Mimari Açından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yüceer, H., 2005, An Evaluation Of Interventions in Architectural Conservation: New Exterior Additions to Historic Buildings, Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Mahrabel, H.A., 2006, Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yavuz, U., 2012, Tarihi Yapılarda Statik Güçlendirme Teknikleri, Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü. Uzmanlık Tezi. Ankara.
- Amman, B. 2012, Tarihi Yapıların Hasar Onarım Tespiti ve Restorasyon Çalışmaları. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayraktar, A., Çalık, İ., Türker, T., 2015, Yığma ve Betonarme Kubbeli Tarihi Camilerin Deneysel Dinamik Davranışlarının Karşılaştırılması, Restorasyon Yıllığı Dergisi, 10; 8-20.
- Aşık, F.M., 2018, Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri, hasarlar için onarım ve güçlendirme teknikleri, zenburi mescidi'nin model analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karaca, N., 2022, Mevcut Betonarme Bir Okul Binasının Deprem Güvenliğinin İncelenmesi Ve TBDY-2018’e Göre Alternatif Güçlendirme Yöntemlerinin Araştırılması Ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Gülmez, Ö., 2010, Depremde Hasar Gören Betonarme Yapıların Güçlendirilmesi Ve Mimariye Olan Etkisi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sargın, H., 2020, Mevcut Betonarme Bir Binanın Sistem İyileştirmesi Ve Taşıyıcı Eleman Güçlendirme Yöntemlerine Göre Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Raofe, A.A., 2019, Deprem Etkisi Altında Mevcut Betonarme Binaların Değerlendirilmesi Ve Güçlendirme Teknikleri Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Özdöner, N., 2011, Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Bina Dışından Uygulanan Betonarme Prefabrik Paneller İle Arttırılması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Erdel, B., 2019, Deprem Dayanımı Yetersiz Bir Yapının TBDY2018'e Göre İncelenmesi Ve Bir Güçlendirme Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayülke, N. (2010). Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirmesi, 10. baskı, TMMOB İnşaat mühendisleri odası İzmir Şubesi.
- Halis, B., 2019, İkinci Kez Güçlendirilmiş Betonarme Kolonların Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çırak, İ.F., 2011, Betonarme binalarda gözlenen hasarlar, nedenleri ve öneriler, Akdeniz Üniversitesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü Dergisi, 3 (3), 62-71.
- Demirkan, D., 2014, Betonarme Yapılarda Onarım Ve Güçlendirme Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koç, V., 2016, Deprem Sonrası Ağır Hasarlı Bina Hasarlarının Sınıflandırılması, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Dergisi, 2 (1), 46-65.
- Şirin, C., 2006, Yapılarda Oluşan Hasar Biçimleri Ve Nedenleri Ve Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi Teknikleri İle Bir Yapının Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şahin, Y., 2019, Mevcut Bir Betonarme Binanın 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Zaman Tanım Alanında Analizinin Yapıların Performansının Belirlenmesi Ve Çelik Güçlendirme Önerileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayaz, U., 2020, Mevcut bir betonarme binanın 2007 ve 2018 Türkiye bina deprem yönetmeliklerine göre deprem performansının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayülke, N., 1995, Depremde hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisliği Odası, İzmir Şubesi.
- Gündüz, Y., 2019, Betonarme Binalar İçin Gerekli Güçlendirme Perde Duvar Miktarının Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İşler, T., 2014, Karbon Fiber İle Betonarme Elemanların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karapınar, M.F., 2020, Mevcut Betonarme Bir Yapının TBDY 2018'e Göre Deprem Performansının Ve Güçlendirme Yönteminin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Gürol, K.B., 2007, Deprem Dayanımı Yetersiz Betonarme Binaları Güçlendirme Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öncü, G., 2011, Mevcut Betonarme ve Yığma Binaların Depreme Karşı Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri ve İzmir'deki Bazı Uygulama Örneklerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nakipoğlu, A., 2018, Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Betonarme Yapıların Güçlendirilmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N. ,2000, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İkinci Baskı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- TBDY, 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.
- Altın, M., 2008. Betonarme Perde Duvar İlavesi ve Kolon Mantolama Yöntemi ile Güçlendirilen Eğitim Yapılarında Maliyet Analizi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	MAYS RAHEEM HENDI SHUJAIRI
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input type="checkbox"/> T.C. <input checked="" type="checkbox"/> Diğer:



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	2000

Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	2012

Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	

Makale ve Bildiriler	
Shujair, M.R.H., Çağlar, H. (2023). Analysis Of Building Reinforcement Method For Hasan Ali Yücel Elementary School In Kırıkkale, Journal of Sustainable Engineering Applications and Technological Developments, 6(1): 34-44	