

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



FRP İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ 7 KATLI MEVCUT BETONARME
BİNANIN TBDY 2018 KAPSAMINDA PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZAHRAA NAEEM SAHIB AL-SAEDI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

MART, 2023

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



FRP İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ 7 KATLI MEVCUT BETONARME
BİNANIN TBDY 2018 KAPSAMINDA PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZAHRAA NAEEM SAHIB AL-SAEDI
(Y2013.090026)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi OUIAME CHAKKOR

MART, 2023

ONAY FORMU

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Frp ile Güçlendirilmiş 7 Katlı Mevcut Betonarme Binanın Tbdy 2018 Kapsamında Performansının Değerlendirilmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça 'da gösterilenlerden olduğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (../../2023)

ZAHRAA NAEEM SAHIB AL-SAEDI

ÖNSÖZ

Öncelikle, bu araştırma sürecindeki eşsiz katkılarından dolayı, tez danışmanlığımı yürüten, değerli hocam, Sayın Dr. Öğr. Üyesi OUIAME CHAKKOR 'a teşekkür ederim

MART, 2023

ZAHRAA NAEEM SAHIB AL-SAEDI

FRP İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ 7 KATLI MEVCUT BETONARME BİNANIN TBDY 2018 KAPSAMINDA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bina yapılarını güçlendirmek için en yaygın kullanılan kompozit malzemeler, matrisin bileşimine göre organik (polimerler) veya inorganik (çimento, kireç) olmak üzere iki farklı türe ayrılır. Diğerlerinin yanı sıra, olağan kompozit malzeme türleri, sırasıyla organik ve inorganik türler için elyaf takviyeli polimer (FRP) ve kumaş takviyeli çimentolu matristir (FRCM). FRP malzemeleri, yüksek mukavemet-ağırlık oranı, göreceli basitlik, hızlı kurulum, maliyet etkinliği ve yüksek dayanıklılık gibi daha geleneksel güçlendirme yöntemlerine göre birçok avantaj sağlar. Şu anda, yukarıda belirtilen mühendislikte tipik olarak kullanılan FRP çubuklar çoğunlukla karbon elyaf takviyeli polimer (CFRP) ve cam elyaf takviyeli polimer (GFRP) elyaf türleridir. GFRP'nin maliyeti nispeten düşüktür. Öte yandan, karmaşık bir hizmet ortamında uzun süreli maruz kalma, reçine matrisinin bozulmasına, plastikleşmesine ve genişlemesinin yanı sıra fiber/reçine arayüzünün ayrılmasına neden olacaktır. İlgili araştırma, C/GFRP'nin nihai uzamasının, tekdüze elyaf hibrit dağılımı nedeniyle önemli ölçüde arttığını ve C/GFRP'nin CFRP'ye kıyasla kontrollü ve kademeli bir başarısızlığı temsil ettiğini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışma kapsamında mevcut betonarme binanın TBDY 2018 kapsamında performans analizi yapılmış olup yetersiz kesitlerde güçlendirme yapılmıştır. Tek modlu Pushover analizi sonuçları, kesme kuvvetleri ve tepe deplasmanlarının kontrolü yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: FRP, Performans, Güçlendirme, Deprem, İtme Analizi.

EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE EXISTING 7-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDING STRENGTHENED WITH FRP IN THE SCOPE OF TBDY 2018

ABSTRACT

The most commonly used composite materials for reinforcing building structures are divided into two different types, organic (polymers) or inorganic (cement, lime) according to the composition of the matrix. Among others, the usual types of composite materials are fiber-reinforced polymer (FRP) and fabric-reinforced cementitious matrix (FRCM) for organic and inorganic species, respectively. FRP materials offer many advantages over more traditional reinforcement methods, such as high strength-to-weight ratio, relative simplicity, fast installation, cost effectiveness and high durability. Currently, the FRP rods typically used in the aforementioned engineering are mostly carbon fiber reinforced polymer (CFRP) and glass fiber reinforced polymer (GFRP) fiber types. The cost of GFRP is relatively low. On the other hand, prolonged exposure in a complex service environment will cause degradation, plasticization and expansion of the resin matrix as well as separation of the fiber/resin interface. Related research revealed that the ultimate elongation of C/GFRP was significantly increased due to the uniform fiber hybrid distribution, representing a controlled and gradual failure of C/GFRP compared to CFRP.

Within the scope of this study, the performance analysis of the existing reinforced concrete building was made within the scope of TBDY 2018 and reinforcement was made in insufficient sections. Single-mode Pushover analysis results, shear forces and peak displacements were checked.

Keywords: FRP, Performance, Retrofit, Earthquake, Pushover Analysis.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
I. GİRİŞ	1
A. Literatür Araştırılması	3
II. YAPISAL İNCELEME VE TAHKİKLER	5
A. Tarafımıza İletilen Dokümanların İncelenmesi	5
1. Yapının Mimari Projesinin İncelenmesi	5
a. Yapının Bodrum Kat Mimari Planının İncelenmesi.....	5
b. Yapının Zemin Kat Mimari Planının İncelenmesi	6
c. Yapının 1. Normal Kat Mimari Planının İncelenmesi.....	6
d. Yapının 2. Normal Kat Mimari Planının İncelenmesi.....	7
e. Yapının 3. Normal Kat Mimari Planının İncelenmesi.....	7
f. Yapının 4. Normal Kat Mimari Planının İncelenmesi.....	8
g. Yapının Çatı Kat Mimari Planının İncelenmesi	8
2. Yapının Statik Projesinin İncelenmesi.....	10

a. Yapının Temel Kalıp Planının İncelenmesi	10
b. Yapının Bodrum Kat Tavan Kalıp Planının İncelenmesi	11
c. Yapının Zemin Kat Tavan Kalıp Planının İncelenmesi	12
d. Yapının 1~3. Normal Katlar Tavan Kalıp Planının İncelenmesi	13
e. Yapının 4. Normal Kat Tavan Kalıp Planının İncelenmesi.....	14
f. Yapının Çatı Kat Tavan Kalıp Planının İncelenmesi	15
3. Yapının Eski Tarihli Statik Güçlendirme Projesinin İncelenmesi.....	16
a. Yapının Zemin Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi.....	17
b. Yapının 1. Normal Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi	18
c. Yapının 2. Normal Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi	18
d. Yapının 3. Normal Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi	19
e. Yapının 4. Normal Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi	19
4. Yapının Yeni Tarihli Statik Güçlendirme Projesinin İncelenmesi	20
a. Yapının Bodrum Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi.....	20
b. Yapının Zemin Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi.....	21
c. Yapının 1. Normal Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi.....	22
d. Yapının 2. Normal Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi.....	22
e. Yapının 3. Normal Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi.....	23
f. Yapının 4. Normal Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi.....	24
g. Yapının Çatı Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi	25
h. CFRP Güçlendirme Malzemesi Detayları	25
5. Laboratuvar Çalışmalarının İncelenmesi	26
a. Beton Tespitleri	26
b. Donatı Tespitleri.....	28
6. Zemin Etüd Raporunun İncelenmesi	31
B. Yerinde Yapılan İncelemeler.....	32

1. Genel Kontroller	32
a. Yerinde Yapılan Genel İncelemeler	32
b. Bodrum Katta Yerinde Yapılan İncelemeler	33
c. Zemin Katta Yerinde Yapılan İncelemeler.....	34
d. 1.Normal Katta Yerinde Yapılan İncelemeler	34
e. 2. Normal Katta Yerinde Yapılan İncelemeler	35
f. 3.Normal Katta Yerinde Yapılan İncelemeler	35
g. 4. Normal Katta Yerinde Yapılan İncelemeler	36
h. Çatı Katta Yerinde Yapılan İncelemeler	36
2. Bina Taşıyıcı Sisteminin İncelenmesi.....	37
3. Hasar Tespitleri.....	37
C. SEGREGASYON HASARLARI İLE PASPAYI KUSURLARININ İNCELENMESİ VE ONARIM YÖNTEMLERİ.....	39
1. Hasarların İncelenmesi.....	39
2. Segregasyon Hasarlarının Onarımında Önerilen Yöntemler	39
a. Mevzii Yüzeysel Beton Onarımı Detayı (Özel Tamir Harcı).....	40
b. Daha Büyük Çapta Beton Onarımı Detayı (Özel Tamir Betonu).....	41
c. Beton Onarım İşlerinde Kullanılacak Olan Özel, Rötresiz Çimento Bazlı Tamir Betonu ve Çimento Bazlı Özel Tamir Harcı Malzeme Özellikleri ve Uygulanmasına İlişkin Genel Esaslar	42
D. Zemin Ve Deprem Parametreleri.....	45
E. Mevcut Durumun Statik Analiz Ve Tahkikleri	45
1. Statik Analiz Kabulleri ve Modeli	45
a. Performans Analizi Sonuçları.....	46
F. Güçlendirilmiş Durumun Statik Analiz Ve Tahkikleri.....	48
1. Statik Analiz Kabulleri ve Modeli	48
a. Yapısal Parametreler.....	49

b. Statik Analiz Model.....	51
2. Betonarme Yapısal Sistemin Analiz ve Tahkiki.....	53
a. Malzeme Bilgileri.....	53
b. Performans Analizi Kabulleri.....	54
c. Performans Analizi Sonuçları (DD-1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi İçin).....	57
d. Performans Analizi Sonuçları (DD-3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi İçin).....	59
III. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....	63
IV. KAYNAKÇA.....	65
ÖZGEÇMİŞ	70

KISALTMALAR LİSTESİ

BKS	: Bina Kullanım Sınıfları
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfları
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
DD-1	: Deprem yer hareketi düzeyi-1
DD-3	: Deprem yer hareketi düzeyi-3
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
I	: Bina Önem Katsayısı
SH	: Sınırlı Hasar
KH	: Kontrollü Hasar
PGA	: En Yüksek Yer İvmesi
TBDY 2019	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS-498	: Türk Standard 498
TS-500	: Türk Standard 500
As	: Boyuna donatı alanı [mm ²]
Ec	: Betonun elastisite modülü [MPa]
Es	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
Fc	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi [MPa]
fsy	: Donatı çeliğinin akma dayanımı [MPa]
fsu	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı [MPa]
s	: Enine donatı aralığı [m]
T	: Doğal titreşim periyodu [s]
T_A	: Yatay elastik ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	: Yatay elastik ivme spektrumu köşe periyodu [s]

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Düşey taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları	48
Çizelge 2. Yatay taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları.....	48
Çizelge 3. Analiz parametreleri	49
Çizelge 4. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	49
Çizelge 5. Deprem tasarım sınıfları (DTS).....	50
Çizelge 6. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları	50
Çizelge 7. Kiriş Kumaş CFRP	54
Çizelge 8. Perde Lamine CFRP-Alternatif-1	54
Çizelge 9. Perde Lamine CFRP-Alternatif-2.....	54
Çizelge 10. Yeni Betonarme Perde.....	54
Çizelge 11. Farklı deprem düzeylerinde mevcut binalar için öngörülen minimum performans hedefleri	55
Çizelge 12. Düşey taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları	59
Çizelge 13. Yatay taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları.....	59
Çizelge 14. Düşey taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları	62
Çizelge 15. Yatay taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları.....	62

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.	İnceleme konusu binanın genel görünüşü	2
Şekil 2.	İnceleme konusu binanın konumu ve uydu görünümü	3
Şekil 3.	Vaziyet planı.....	5
Şekil 4.	Bodrum kat mimari planı	6
Şekil 5.	Zemin kat mimari planı	6
Şekil 6.	1.Normal kat mimari planı	7
Şekil 7.	2. Normal kat mimari planı	7
Şekil 8.	3. Normal kat mimari planı	8
Şekil 9.	4. Normal kat mimari planı	8
Şekil 10.	Çatı kat mimari planı	9
Şekil 11.	Yapının cephe görünüşleri (1/2).....	9
Şekil 12.	Yapının cephe görünüşleri (2/2).....	10
Şekil 13.	Yapının mimari kesiti	10
Şekil 14.	Temel kalıp planı.....	11
Şekil 15.	Bodrum kat tavan kalıp planı	12
Şekil 16.	Zemin kat tavan kalıp planı	13
Şekil 17.	1~3. Normal katlar tavan kalıp planı.....	14
Şekil 18.	4. Normal kat tavan kalıp planı	15
Şekil 19.	Çatı kat tavan kalıp planı.....	16
Şekil 20.	Bodrum kat kolon aplikasyon planı.....	17
Şekil 21.	Zemin kat kolon aplikasyon planı	17

Şekil 22.	1. Normal kat kolon aplikasyon planı.....	18
Şekil 23.	2. Normal kat kolon aplikasyon planı.....	18
Şekil 24.	3. Normal kat kolon aplikasyon planı.....	19
Şekil 25.	4. Normal kat kolon aplikasyon planı.....	19
Şekil 26.	Bodrum kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı	21
Şekil 27.	Zemin kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı	21
Şekil 28.	1. Normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı	22
Şekil 29.	2. Normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı	23
Şekil 30.	3. Normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı	24
Şekil 31.	4. Normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı	24
Şekil 32.	Çatı kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı.....	25
Şekil 33.	CFRP güçlendirme detayları	26
Şekil 34.	Yapıya ait karot sonuçları.....	27
Şekil 35.	Karot alınan elemanlardan örnekler	28
Şekil 36.	2. Normal kat kolon hasarsız donatı tespit sonuçları.....	29
Şekil 37.	2. Normal kat giriş hasarsız donatı tespit sonuçları.....	29
Şekil 38.	Hasarsız donatı tespit cihazı ile yapılan kontrollerden örnekler	30
Şekil 39.	Örnek pas payı sıyırma işlemleri sonuçları	31
Şekil 40.	Paspayı sıyırma işlemleri ile yapılan görsel donatı kontrollerinden örnekler	31
Şekil 41.	Zemin etüd raporundaki zemin parametreleri	32
Şekil 42.	Yapının dış cephe görünüşleri	33
Şekil 43.	Yapının bodrum katından görünüşler.....	33
Şekil 44.	Yapının zemin katından görünüşler	34
Şekil 45.	Yapının 1. normal katından görünüşler	34
Şekil 46.	Yapının 2. normal katından görünüşler	35

Şekil 47.	Yapının 3. normal katından görünüşler	35
Şekil 48.	Yapının 4. normal katından görünüşler	36
Şekil 49.	Yapının çatı katından görünüşler.....	36
Şekil 50.	Yapının taşıyıcı sisteminden görünüşler	37
Şekil 51.	Yerinde yapılan boyut kontrolleri	37
Şekil 52.	Taşıyıcı olmayan elemanlarda (duvarlarda) bulunan hasarlar.....	38
Şekil 53.	Hasar olmayan taşıyıcı elemanlar ve birleşim bölgelerinden görünüşler	38
Şekil 54.	Taşıyıcı elemanlarda gözlemlenen kısmi hasarlar.....	39
Şekil 55.	Segregasyon hasarları ve paspayı kusurları.....	39
Şekil 56.	Tamir harcı uygulama detayı.....	41
Şekil 57.	Tamir betonu uygulama detayı.....	42
Şekil 58.	Analiz parametreleri	45
Şekil 59.	Analiz parametreleri	46
Şekil 60.	X yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri	46
Şekil 61.	Y yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri	46
Şekil 62.	Yapının x (üst) ve y (alt) yönü deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri	47
Şekil 63.	Yapının performans noktasında 960 ve 883 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değiştirmeler	47
Şekil 64.	Yapının 3 boyutlu sonlu elemanlar statik analiz modeli	51
Şekil 65.	Statik analiz modelinde yapının bodrum kat tavan kalıp planı	51
Şekil 66.	Statik analiz modelinde yapının zemin kat tavan kalıp planı	52
Şekil 67.	Statik analiz modelinde yapının 1. normal kat tavan kalıp planı	52
Şekil 68.	Statik analiz modelinde yapının 2. normal kat tavan kalıp planı	52

Şekil 69.	Statik analiz modelinde yapının 3. normal kat tavan kalıp planı	53
Şekil 70.	Statik analiz modelinde yapının 4. normal kat tavan kalıp planı	53
Şekil 71.	Statik analiz modelinde yapının çatı kat tavan kalıp planı	53
Şekil 72.	Kesit hasar bölgeleri	56
Şekil 73.	X yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri	57
Şekil 74.	Y yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri	57
Şekil 75.	Yapının x (üst) ve y (alt) yönü deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri	58
Şekil 76.	Yapının performans noktasında 967 ve 1095 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değiştirmeler	58
Şekil 77.	X yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri	60
Şekil 78.	Y yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri	60
Şekil 79.	Yapının x (üst) ve y (alt) yönü deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri	61
Şekil 80.	Yapının performans noktasında 1094 ve 968 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değiştirmeler	61

I. GİRİŞ

Betonarme yapıları incelemek ve güçlendirme tedbirleri almak için yazılımlar yardımıyla matematiksel modellemek gerekir. Geometrik olarak gerçek yapıya yakın modellenirse ve malzemelerin mekanik özellikleri gerçek malzemelerin davranışı esas alınarak yapılırsa daha gerçekçi davranış sunar. İnşaat mühendisliğinde kullanılan yazılımların çoğu Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) esas alınarak hazırlanmıştır. Shell veya Solid modellemeye dayalı modelleme yönteminin değiştirilmesi ile mesh tipi seçme yönteminin de değişmesi ve sonuçların yakınsama veya yakınsama olmayan ile sonuçlanabilmesi nedeniyle eleman tipinin baştan seçilmesi gerekmektedir.

Betonarme Yapılarda iki tür değerlendirme ve tasarım vardır; önceki bölümlerde bahsedilen Dayanıma Göre Tasarım (DGT) ve Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞDGT). Duvarın kuvvet tepkileri ve Doğrusal Dinamik Analizi (Modal analiz) dayanıma göre ve şekil değiştirmeye göre değerlendirildi. Analize göre seçeneklerde farklı olabilir. Dayanıma göre tasarımı değerlendirme istenirse kabuk olarak ya da katı cisim olarak modellenmesi arasında fark görülmedi. Bunun sebebi duvarın doğrusal olarak çalışması ve kuvvetlerin karşılaştırılarak değerlendirilmesidir.

Fiber Takviyeli Polimer (FRP) kompozit malzemeler ilk olarak 1975 yılında Rusya'da FRP takviyeli donatı çubukları olarak kullanılmıştır (Holloway, 2010). 1980'lerde Avrupa'da, köprü restorasyonlarının güçlendirme çalışmalarında bu kompozit malzemeler kullanılmıştır (Mugahed ve ark., 2018). Japonya'da, FRP 1990'lı yıllarda betonarme yapıların güçlendirilmesinde kullanılırken, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise bu kompozitler yaklaşık son 25 yıldır güçlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır (Nanni 2001, Teng ve ark., 2002). Son yıllarda ülkemizde mevcut yapıların iyileştirilmesi amacıyla, çevresel kaynaklı etkiler (deprem, sel, v.b) ve mevcut tasarım gereksinimlerini karşılama ihtiyacından dolayı FRP kompozitler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ilki ve ark., 2011, Lampros ve ark., 2019).

Mevcut avantaj ve dezavantajlar göz önüne alındığında, daha üstün özelliklerinden dolayı, son yıllarda FRP kullanımı inşaat sektöründe birçok araştırmacı tarafından güçlendirme çalışmalarında tercih edilmektedir (Kapron ve Van Gemert 2013, Rasheed ve ark., 2018, Hawileh ve ark., 2019).

Bu kompozitlerin avantajları (hafif olması, uygulama kolaylığı sağlaması, yüksek korozyon direnci ve daha az işçilik gerektirmesi vb.) (Arboleda ve ark., 2016) ve dezavantajları (yüksek maliyete sahip olması, yüksek sıcaklıklarda zayıf performans göstermesi ve ıslak yüzeylere uygulanamaması vb.) (Bournas ve ark., 2015) vardır.

Yapılan müracaat üzerine İstanbul İli, Beşiktaş İlçesi, Ortaköy Mahallesi adresindeki söz konusu binaya gidilerek mevcut betonarme bina yerinde incelenmiş ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tarafımıza başvuru sahibince iletilen bilgi ve belgeler ile yerinde yapılan incelemeler sonucu elde edilen veriler ışığında yapılan değerlendirmeler ve sonuçları aşağıda sunulmuştur (Maraş, 2021).

Şekil 2’de yapının ve bulunduğu bölgenin uydu görünüşleri verilmiştir.



Şekil 1. İnceleme konusu binanın genel görünüşü



Şekil 2. İnceleme konusu binanın konumu ve uydu görünümü

A. Literatür Araştırılması

Ülkemizde, son yıllarda deprem sonrası hasar tespitlerinde betonarme yapıların deprem yönetmeliklerine uyulmadan inşaa edildiği, yapılan birçok çalışmada (Dogangün 2004, Celep ve ark., 2011, Baran ve Tankut 2011) belirtilmiştir. Bu yapılarda geçmişte yaşanan depremler sonrası yapılan incelemelerde, birçok ağır hasar ve göçmeler meydana gelmiştir. Betonarme binalarda genellikle kötü işçilik ve yapım hatalarından kaynaklı hasarlar gözlenmiştir (Erberik 2008). Bu tür yapıların taşıyıcı sistemlerinde; yetersiz etriye kullanımı, kısa kolon, güçlü kirişzayıf kolon gibi birçok düzensizlikten dolayı ağır hasarlar meydana gelmiştir (Dazio ve ark., 2008). Depreme maruz kalmış bu yapı elemanlarında, özellikle birleşim bölgelerine yakın kısımlarda, kesitlerin çekme bölgesinde donatı akma noktasını geçerek plastik mafsallar oluşmuştur (Laura ve ark., 2014). Ayrıca, yanal yük etkisinde betonarme dolgu duvar elemanları kullanılmadan üretilen çerçeve sistemlerde ise, ciddi oranda dayanım ve yanal rijitlik değerlerinde azalmalar olduğu görülmüştür (Anil ve Altın, 2017). Yapının deprem davranışına olumlu katkısı bulunan bu dolgu duvarlı çerçeve sistemlerin, mevcut yapı elemanlarının FRP güçlendirme yöntemleriyle ideal betonarme perdeli sistem davranışına yaklaştırdığı gözlenmiş olup, son yıllarda da bu malzemelerin kullanımı popülerlik kazanmıştır (Asteris ve ark., 2011).

FRP kumaşlar güçlendirme alanında en sık kullanılan fiber polimer kompozit türü olan lif katmanlarının bir araya getirilmesiyle oluşur (Dindar,

2020). Her katmanda farklı doğrultularda dizilerek farklı fiziksel ve mekanik özelliklerle tek ve çift yönlü olarak elde edilirler. Tek yönlü fiberler "anizotropik" olarak adlandırılırlar. Çift doğrultulu düzlem şeklindeki fiberler ise, her açıda farklı mukavemet gösterirler (Ozkul ve Yıldırım, 2000). Üç boyutlu olarak dizilen fiberler ise "izotropik" olarak adlandırılırlar. Fakat tek yönlü olanlara göre dayanımları daha düşüktür (Liu ve ark., 2010). İnşaat sektöründe kullanılan pultrüzyon tekniği ile üretilen Karbon elyaf (CFRP üretmek için), cam elyaf (GFRP üretmek için), bazalt elyaf (BFRP üretmek için), aramid elyaf (AFRP üretmek için) ve hibrit elyaf (HFRP üretmek için) olmak üzere beş farklı FRP kompozit takviyesi bulunmaktadır (Sahu, 2014).

CFRP Karbon fiberlerin çapları 5 ila 10 µm arasında sınırlıdır. Bu lifler, kristal düzenlemede yüksek mukavemet/hacim oranı göz önüne alındığında, her iki kristalde de bağlanan ve liflerin uzun eksenine paralel olarak daha az veya daha fazla hizalanan karbon atomlarından oluşur (Meier, 2012). CFRP, son derece hafif ve güçlü bir FRP kompozit malzeme türüdür. Bu kompozit son derece yüksek gerilme mukavemetine sahiptir ve ayrıca çeliğe benzer şekilde ultra sünek bir davranış gösterir (Dindar, 2020). Bu malzemeler en yüksek çekme dayanımına ve güçlendirmelerde geniş kullanım alanına sahip olan kompozitlerdir (Zhou ve ark., 2010).

GFRP Cam elyafı olarak da bilinen GFRP, genellikle kompozit olarak ağırlıkça %0,5–2,0 oranında fiberglas kullanılan takviyeli plastik kompozit malzemedir (Lubin, 1975). GFRP, bir tür plastik bileşiktir. GFRP'nin mekanik özellikleri lif tipi, lif içeriği ve lif ile matris arasındaki bağ ile değişmektedir (Cabral, 2005). GFRP yüksek mukavemete sahiptir ve ayrıca; mükemmel ısı yalıtımı, yüksek ısı direnci ve düşük maliyete sahip olma özelliğiyle köprülerde, tarihi yapılar dave betonarme yapı elemanlarında güçlendirme malzemesi olarak kullanılmaktadır (Dindar, 2020). GFRP, bu malzemeler içerisinde en düşük maliyetli olanıdır. Bu sebeple çokça tercih edilir (Brothers, 2001).

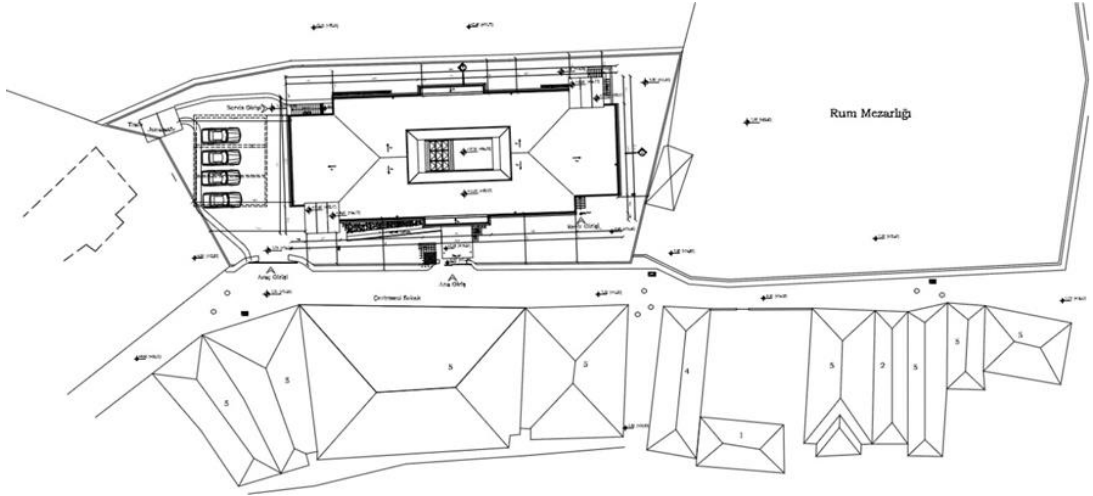
Betonarme yapılarda, kolon-kiriş birleşim bölgeleri depremlerde en çok hasara uğrayan ve güçlendirilmesi gereken bölgelerdir. Bu birleşim bölgelerinde, iki boyutlu FRP ile güçlendirme yöntemleriyle sargılama işlemleri uygulanan birçok çalışma (Daniel ve ark., 2019, Ghobarah ve Said, 2002) mevcuttur.

II. YAPISAL İNCELEME VE TAHKİKLER

A. Tarafımıza İletilen Dokümanların İncelenmesi

1. Yapının Mimari Projesinin İncelenmesi

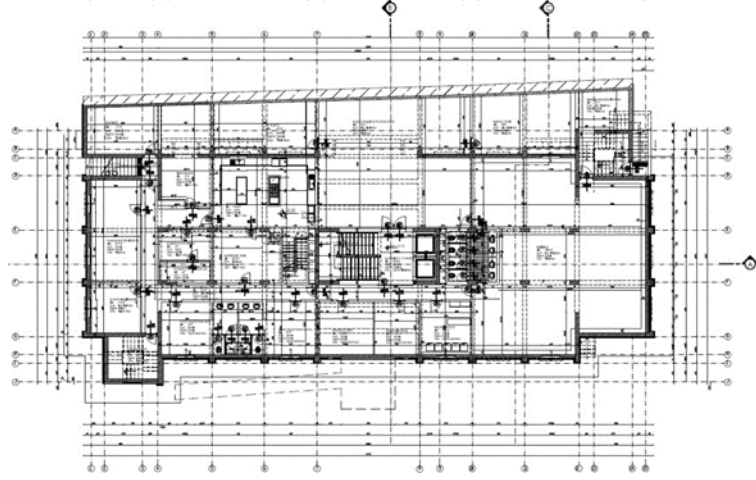
Mimari projesine göre yapı bodrum kat + zemin kat + 4 normal kat + çatı katından meydana gelmektedir. Söz konusu yapı; x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m (zemin kat) uzunluğundadır. Yapı yaklaşık olarak 734 m² (zemin kat) oturma alanına sahiptir. Kat yükseklikleri tüm katlarda 3.20 m'dir. Şekil 3'te yapının vaziyet planı verilmiştir.



Şekil 3. Vaziyet planı

a. Yapının Bodrum Kat Mimari Planının İncelenmesi

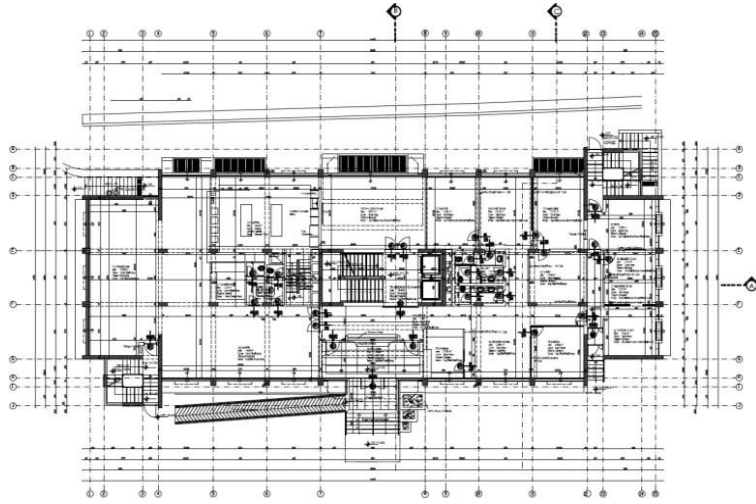
Bodrum kat mimari planı incelendiğinde; yapının x yönünde 42,80 m ve 44,45 m, y yönünde ise 21.60 m ve 21.45 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. Bodrum kat yaklaşık olarak 885 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. Bu katta depo, mutfak, sığınak, merdiven ve asansör gibi mimari öğeler mevcuttur. Şekil 4'te yapının bodrum kat mimari planı verilmiştir.



Şekil 4. Bodrum kat mimari planı

b. Yapının Zemin Kat Mimari Planının İncelenmesi

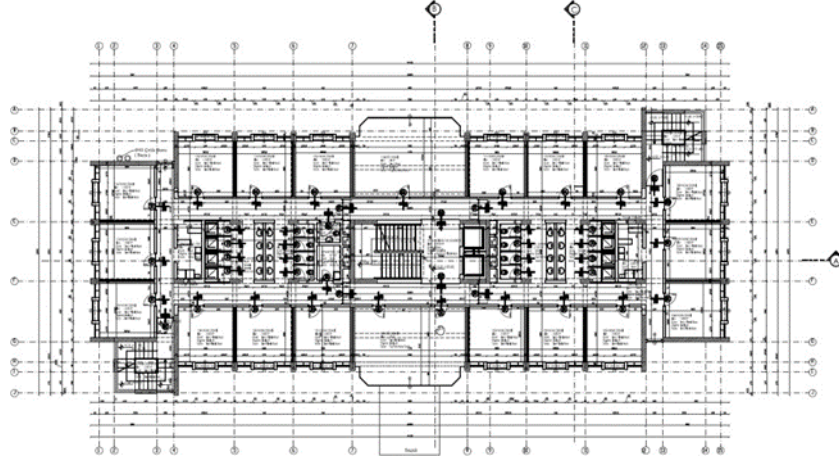
Zemin kat mimari planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. Zemin kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. Zemin katta yemekhane, oda, kantin, wc, revir, merdiven ve asansör gibi mimari öğeler mevcuttur. Şekil 5'te yapının zemin kat mimari planı verilmiştir.



Şekil 5. Zemin kat mimari planı

c. Yapının 1. Normal Kat Mimari Planının İncelenmesi

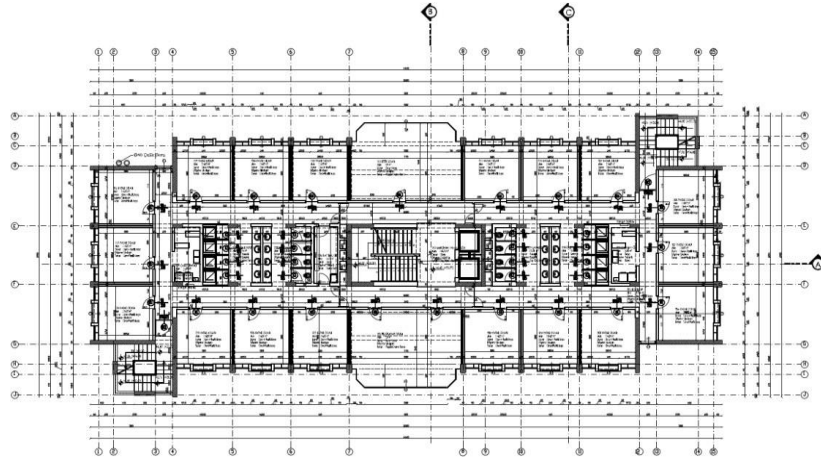
Normal kat mimari planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 1. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. 1. Normal katta yatak odası, lavabo, duş, wc, asansör ve merdiven gibi mimari öğeler mevcuttur. Şekil 6'da yapının 1. normal kat mimari planı verilmiştir.



Şekil 6. 1.Normal kat mimari planı

d. Yapının 2. Normal Kat Mimari Planının İncelenmesi

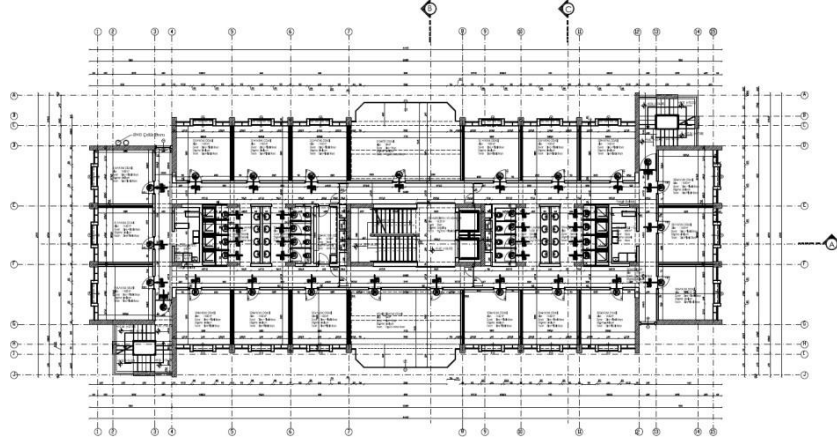
Normal kat mimari planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 2. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. 2. Normal katta yatak odası, lavabo, duş, wc, asansör ve merdiven gibi mimari öğeler mevcuttur. Şekil 7'de yapının 2. normal kat mimari planı verilmiştir.



Şekil 7. 2. Normal kat mimari planı

e. Yapının 3. Normal Kat Mimari Planının İncelenmesi

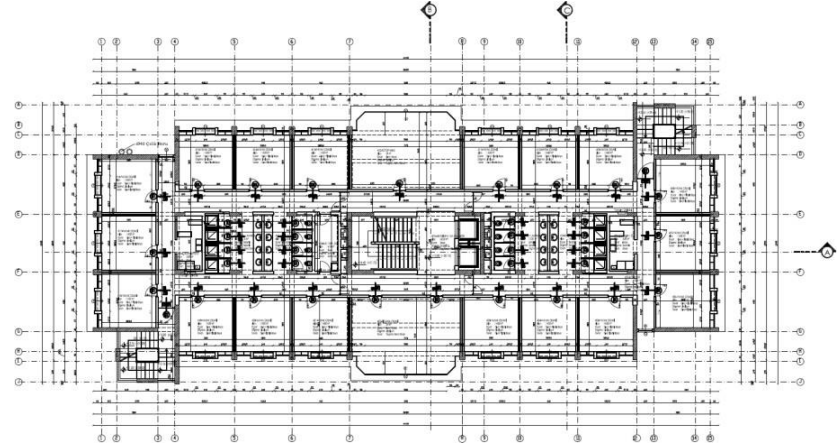
Normal kat mimari planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 3. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. 3. Normal katta yatak odası, lavabo, duş, wc, asansör ve merdiven gibi mimari öğeler mevcuttur. Şekil 8'de yapının 3. normal kat mimari planı verilmiştir.



Şekil 8. 3. Normal kat mimari planı

f. Yapının 4. Normal Kat Mimari Planının İncelenmesi

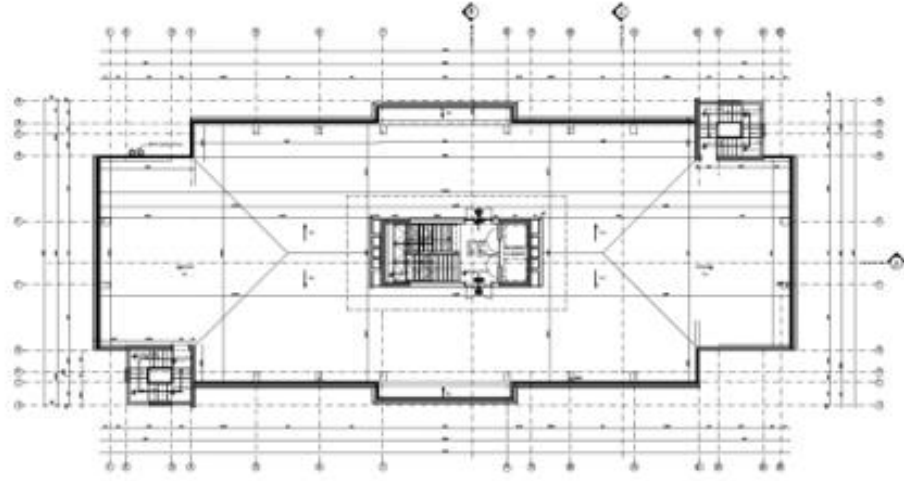
Normal kat mimari planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 4. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. 4. Normal katta yatak odası, lavabo, duş, wc, asansör ve merdiven gibi mimari öğeler mevcuttur. Şekil 9'da yapının 4. normal kat mimari planı verilmiştir.



Şekil 9. 4. Normal kat mimari planı

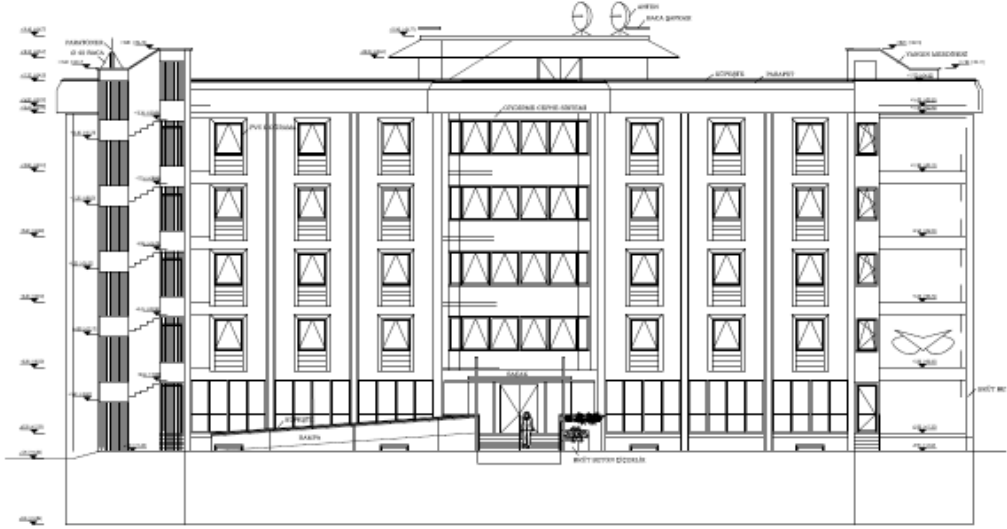
g. Yapının Çatı Kat Mimari Planının İncelenmesi

Çatı kat mimari planı incelendiğinde; çatı katı yaklaşık olarak 84 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. Çatı katta merdiven ve asansör makina dairesi gibi mimari öğeler mevcuttur. Şekil 10'da yapının çatı kat mimari planı verilmiştir.

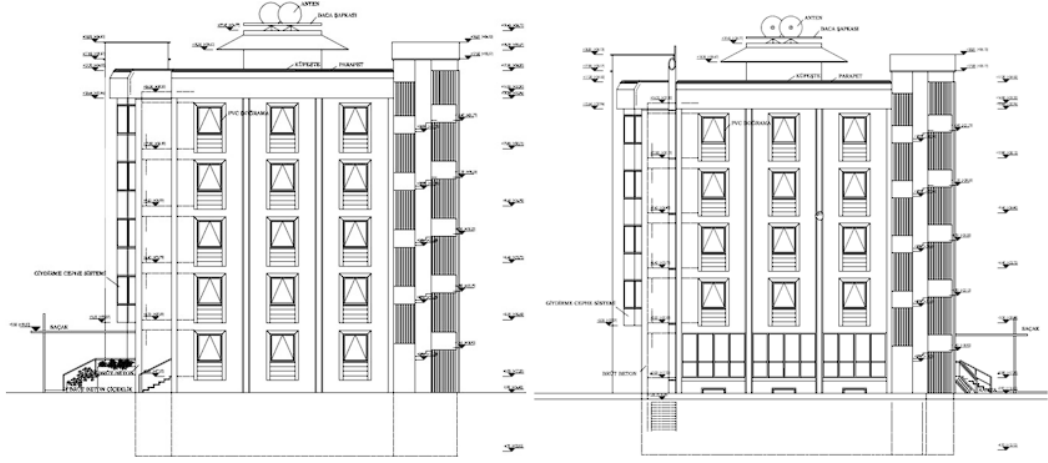


Şekil 10. Çatı kat mimari planı

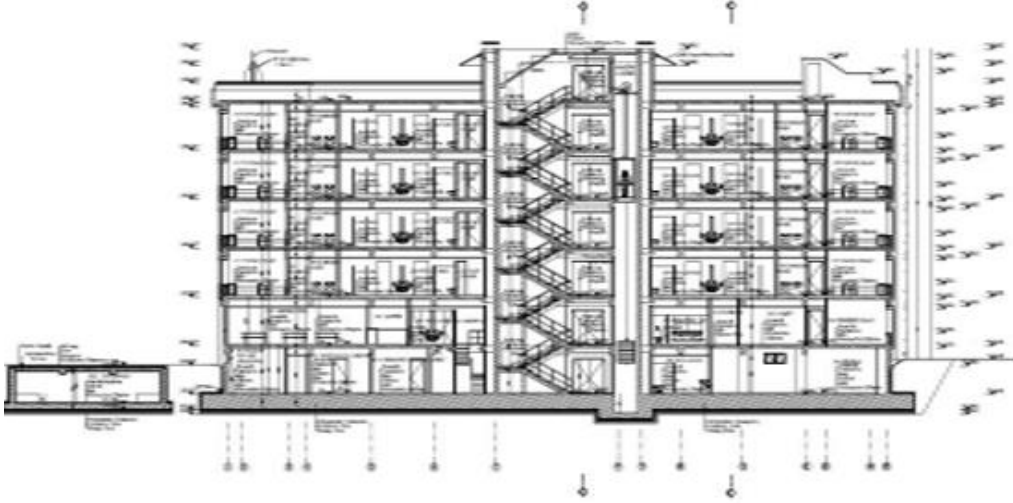
Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'te sırasıyla yapının cephe görünüşleri ve mimari kesitleri verilmiştir.



Şekil 11. Yapının cephe görünüşleri (1/2)



Şekil 12. Yapının cephe görünüşleri (2/2)



Şekil 13. Yapının mimari kesiti

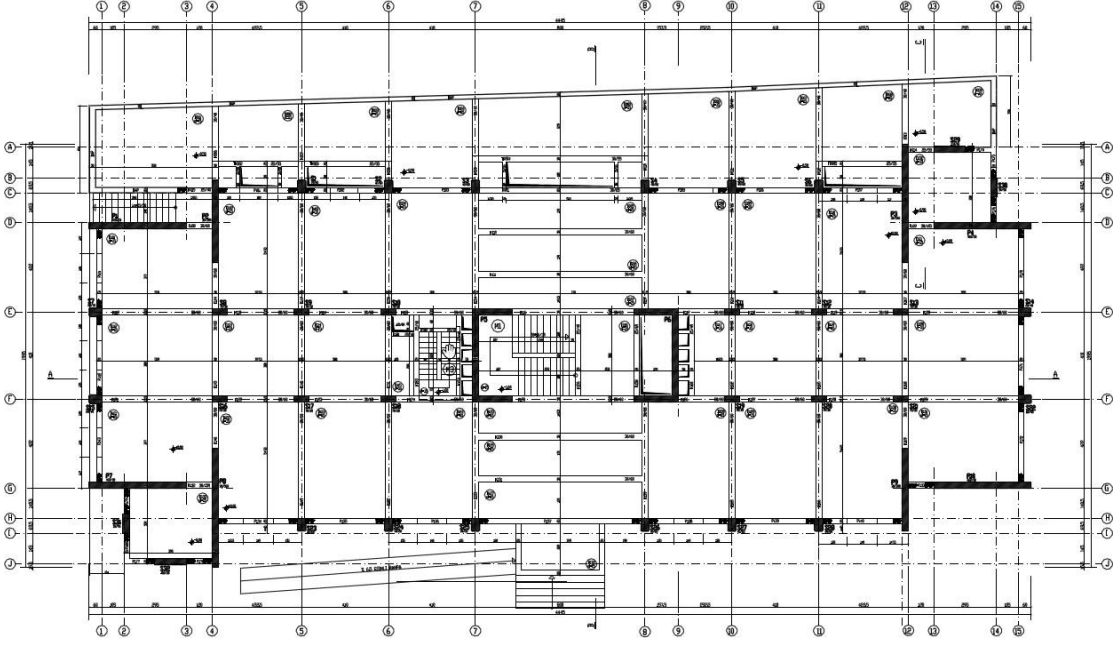
2. Yapının Statik Projesinin İncelenmesi

Statik projesine göre yapı bodrum kat + zemin kat+ 4 normal kat + çatı katından meydana gelmektedir. Söz konusu yapı; x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m (zemin kat) uzunluğundadır. Yapı yaklaşık olarak 734 m² oturma alanına sahiptir. Tarafımıza iletilen statik projede; yapı beton sınıfının C30, donatı sınıfının S420 olduğu görülmüştür.

a. Yapının Temel Kalıp Planının İncelenmesi

Tarafımıza iletilen projeden yapının temel sisteminin betonarme plak temel ile teşkil edildiği görülmektedir. Betonarme plak kalınlığı 100 cm'dir. Betonarme plak, x yönünde 45,85 m ve

kirişlerde Ø12, Ø14, Ø16, Ø18 ve Ø20'lik boyuna donatılar ile Ø8 ve Ø10'luk etriyeler kullanılmış olup etriye aralığı 10~20 cm'dir. Bodrum kat 15 cm kalınlığında betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Plak döşemelerde Ø8'lik donatılar 15~30 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 15'te yapının bodrum kat tavan kalıp planı verilmiştir.

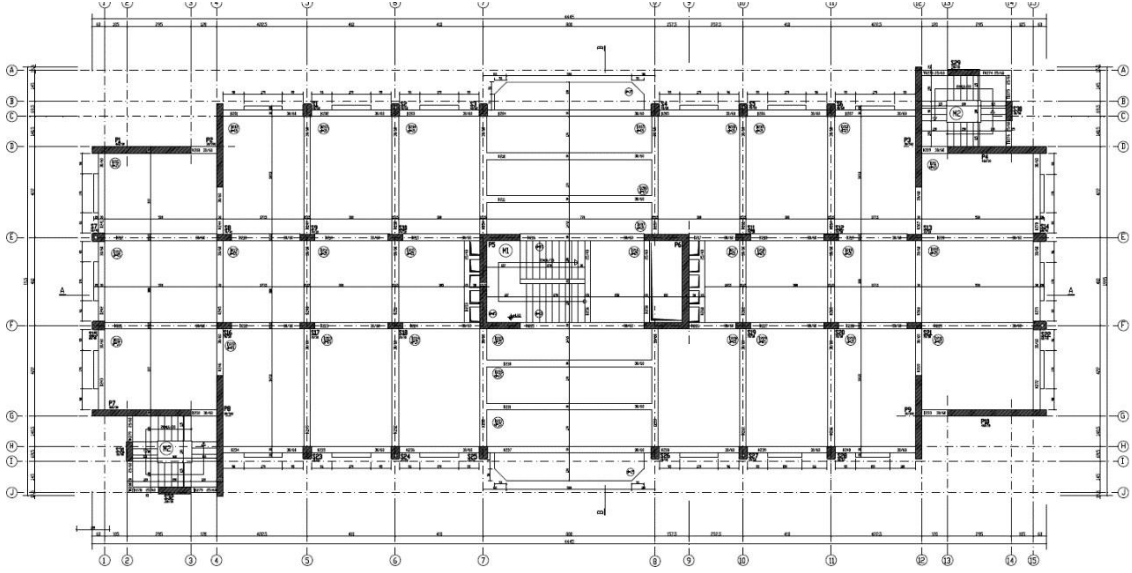


Şekil 15. Bodrum kat tavan kalıp planı

c. Yapının Zemin Kat Tavan Kalıp Planının İncelenmesi

Zemin kat tavan kalıp planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44.45 m, y yönünde ise 18.25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. Zemin kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahiptir. Bu katta 30x90, 40x60, 150x30 ve 70x30 cm ebatlarında dikdörtgen kolonlar bulunmaktadır. Kolonlarda Ø14, Ø16 ve Ø18'lik boyuna donatılar ile Ø8'lik enine donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. Zemin katta 30 cm kalınlıklarında betonarme perdeler bulunmaktadır. Bu perdelerde Ø14, Ø16, Ø18 ve Ø20'lik boyuna donatılar ve Ø10'luk yatay donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. Bu katta 30x60, 25x40 ve 25x60 cm ebatlarında betonarme kirişler mevcuttur. Bu kirişlerde Ø12, Ø14, Ø16, Ø18 ve Ø20'lik boyuna donatılar ile Ø8 ve Ø10'luk etriyeler kullanılmış olup etriye aralığı 10~20 cm'dir. Zemin kat 15 cm kalınlığında betonarme plak döşeme sistemine sahiptir.

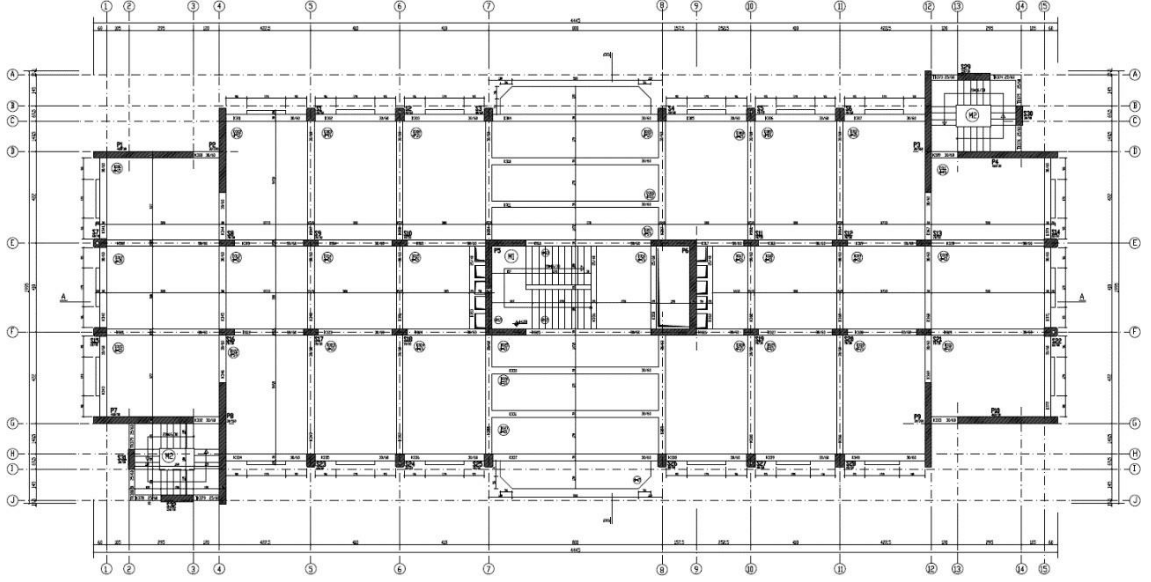
Plak döşemelerde Ø8 ve Ø10'luk donatılar 15~30 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 16'da yapının zemin kat tavan kalıp planı verilmiştir.



Şekil 16. Zemin kat tavan kalıp planı

d. Yapının 1~3. Normal Katlar Tavan Kalıp Planının İncelenmesi

1~3. Normal katlar tavan kalıp planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44.45 m, y yönünde ise 18.25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 1~3. Normal katlar yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahiptir. 1~3. Normal katlarda 30x90, 40x60, 150x30 ve 70x30 cm ebatlarında dikdörtgen kolonlar bulunmaktadır. Kolonlarda Ø14 ve Ø16'lık boyuna donatılar ile Ø8'lik enine donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. 1~3. Normal katlarda 30 cm kalınlıklarında betonarme perdeler bulunmaktadır. Bu perdelerde Ø12, Ø14, Ø16 ve Ø18'lik boyuna donatılar ve Ø10'luk yatay donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. 1~3. Normal katlarda 30x60, 25x40 ve 25x60 cm ebatlarında betonarme kirişler mevcuttur. Bu kirişlerde Ø12, Ø14, Ø16, Ø18 ve Ø20'lik boyuna donatılar ile Ø8 ve Ø10'luk etriyeler kullanılmış olup etriye aralığı 10~20 cm'dir. 1~3. Normal katlar 15 cm kalınlığında betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Plak döşemelerde Ø8 ve Ø10'luk donatılar 15~30 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 17'de yapının 1~3. normal katlar tavan kalıp planı verilmiştir.

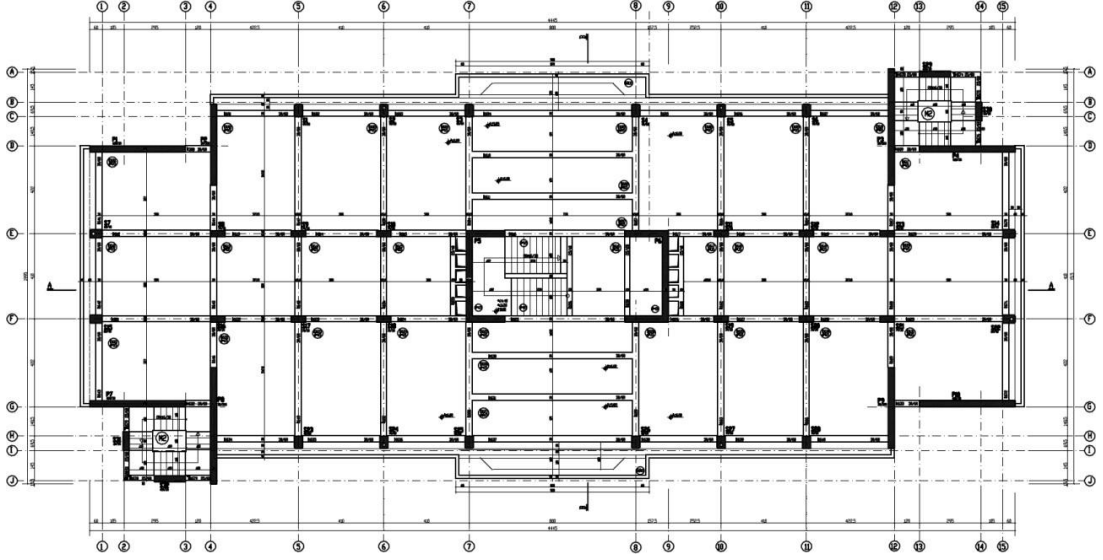


Şekil 17.1~3. Normal katlar tavan kalıp planı

e. Yapının 4. Normal Kat Tavan Kalıp Planının İncelenmesi

4. Normal kat tavan kalıp planı incelendiğinde; yapının x yönünde 45,35 m, y yönünde ise

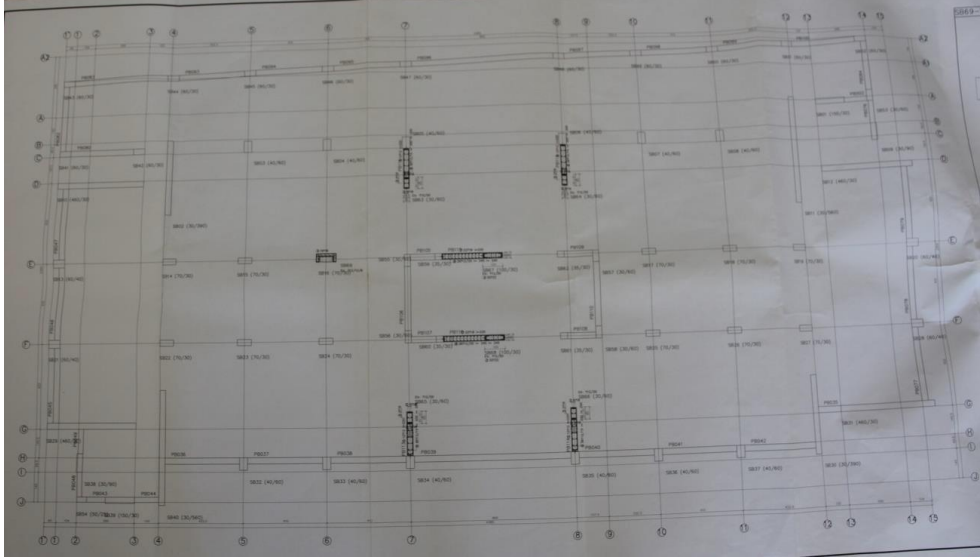
18.25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 4. Normal kat yaklaşık olarak 779 m² inşaat alanına sahiptir. 4. Normal katta 30x90, 40x60, 150x30 ve 70x30 cm ebatlarında dikdörtgen kolonlar bulunmaktadır. Kolonlarda Ø14 ve Ø16'lık boyuna donatılar ile Ø8'lik enine donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. 4. Normal katta 30 cm kalınlıklarında betonarme perdeler bulunmaktadır. Bu perdelerde Ø12, Ø14 ve Ø16'lık boyuna donatılar ve Ø10'luk yatay donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. 4. Normal katta 30x60, 25x40 ve 25x60 cm ebatlarında betonarme kirişler mevcuttur. Bu kirişlerde Ø12, Ø14, Ø16 ve Ø18'lik boyuna donatılar ile Ø8 ve Ø10'luk etriyeler kullanılmış olup etriye aralığı 10~20 cm'dir. 4. Normal katta 15 cm kalınlığında betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Plak döşemelerde Ø8 ve Ø10'luk donatılar 10~30 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 18'de yapının 4. normal kat tavan kalıp planı verilmiştir.



Şekil 18.4. Normal kat tavan kalıp planı

f. Yapının Çatı Kat Tavan Kalıp Planının İncelenmesi

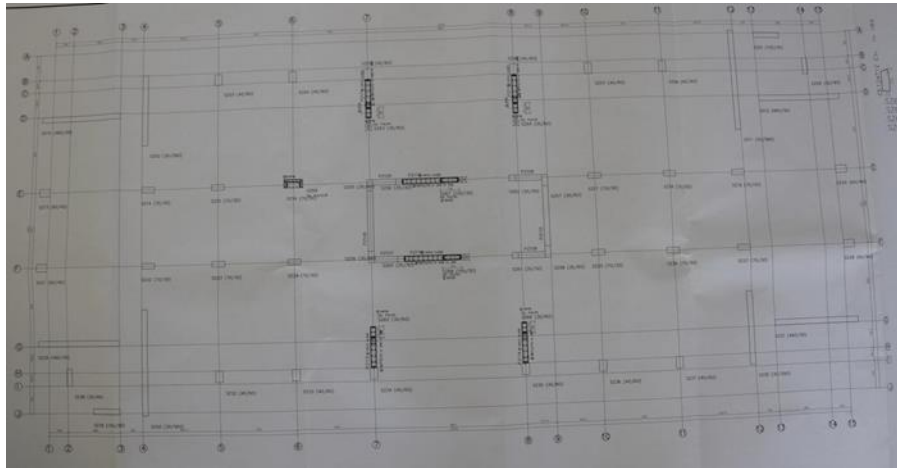
Çatı kat tavan kalıp planı incelendiğinde; Çatı kat yaklaşık olarak 84 m² inşaat alanına sahiptir. Çatı katta 30x90 ve 150x30 cm ebatlarında dikdörtgen kolonlar bulunmaktadır. Kolonlarda Ø14 ve Ø16'lık boyuna donatılar ile Ø8'lik enine donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. Çatı katta 30 cm kalınlıklarında betonarme perdeler bulunmaktadır. Bu perdelerde Ø12, Ø14 ve Ø16'lık boyuna donatılar ve Ø10'luk yatay donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. Çatı katta 30x60, 25x40 ve 25x60 cm ebatlarında betonarme kirişler mevcuttur. Bu kirişlerde Ø12, Ø14 ve Ø16'lık boyuna donatılar ile Ø8 ve Ø10'luk etriyeler kullanılmış olup etriye aralığı 10~20 cm'dir. Çatı katta 15 cm kalınlığında betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Plak döşemelerde Ø8, Ø10 ve Ø12'lik donatılar 15 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 19'da yapının çatı kat tavan kalıp planı verilmiştir.



Şekil 20. Bodrum kat kolon aplikasyon planı

a. Yapının Zemin Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi

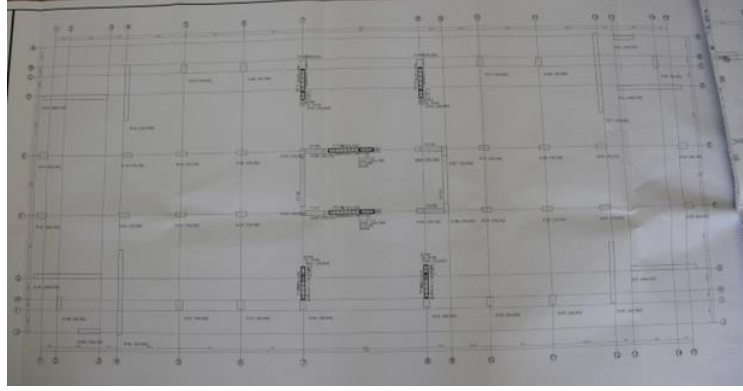
Zemin kat kolon aplikasyon planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44.45 m, y yönünde ise 18.25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. Zemin kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahiptir. Bu katta mevcut bir adet betonarme kolonda 15 cm kalınlıktaki betonarme mantolarla 3 kenarından mantolanarak 100x45 cm ebatında (mantolanmış durum) betonarme güçlendirilmiş kolon oluşturulmuştur. Bu mantoda Ø16'lık boyuna donatılar ile Ø12'lik enine donatılar kullanılmış olup enine donatı aralığı 8~12 cm'dir. Zemin katta 30 cm kalınlıklarında güçlendirme perdeleri ilave edilmiştir. Bu perdelerde Ø12, Ø18 ve Ø22'lik boyuna donatılar ve Ø12'lik enine donatılar 10~15 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 21'de yapının zemin kat kolon aplikasyon planı verilmiştir.



Şekil 21. Zemin kat kolon aplikasyon planı

b. Yapının 1. Normal Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi

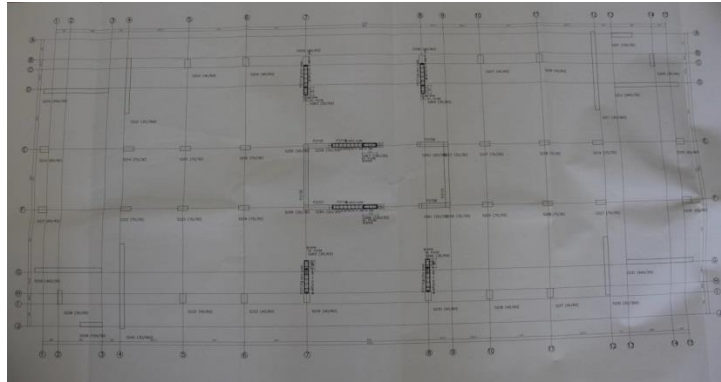
1. Normal kat kolon aplikasyon planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 1. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahiptir. 1. Normal katta 30 cm kalınlıklarında güçlendirme perdeleri ilave edilmiştir. Bu perdelerde Ø12, Ø16 ve Ø22'lik boyuna donatılar ve Ø12 ve Ø16'lık enine donatılar 10~20 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 22'de yapının 1. normal kat kolon aplikasyon planı verilmiştir.



Şekil 22.1. Normal kat kolon aplikasyon planı

c. Yapının 2. Normal Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi

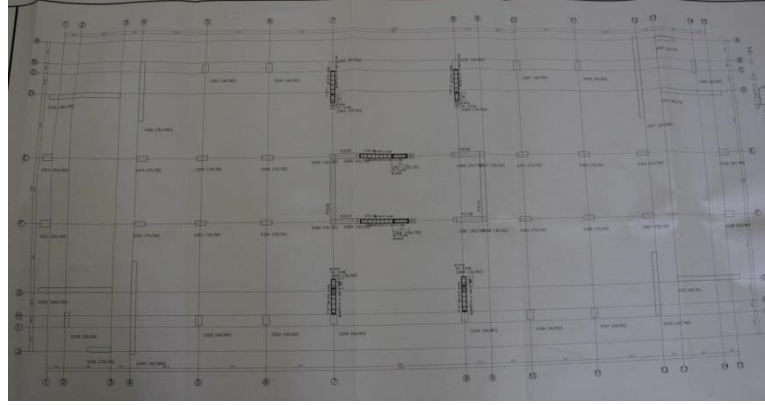
1. Normal kat kolon aplikasyon planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18,25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 2. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahiptir. 2. Normal katta 30 cm kalınlıklarında güçlendirme perdeleri ilave edilmiştir. Bu perdelerde Ø12, Ø16 ve Ø22'lik boyuna donatılar ve Ø12 ve Ø16'lık enine donatılar 10~20 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 23'te yapının 2. normal kat kolon aplikasyon planı verilmiştir.



Şekil 23.2. Normal kat kolon aplikasyon planı

d. Yapının 3. Normal Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi

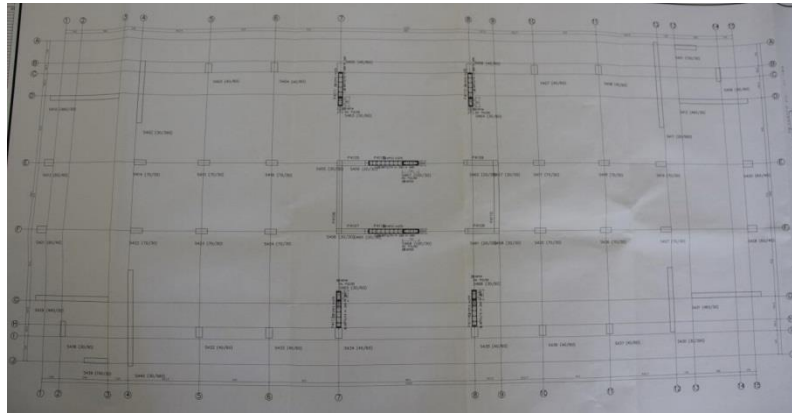
1. Normal kat kolon aplikasyon planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44.45 m, y yönünde ise 18.25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 3. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahiptir. 3. Normal katta 30 cm kalınlıklarında güçlendirme perdeleri ilave edilmiştir. Bu perdelerde Ø12, Ø16 ve Ø22'lik boyuna donatılar ve Ø12'lik enine donatılar 10~20 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 24'te yapının 3. normal kat kolon aplikasyon planı verilmiştir.



Şekil 24.3. Normal kat kolon aplikasyon planı

e. Yapının 4. Normal Kat Kolon Aplikasyon Planının İncelenmesi

4. Normal kat kolon aplikasyon planı incelendiğinde; yapının x yönünde 44.45 m, y yönünde ise 18.25 m uzunluğunda olduğu görülmüştür. 4. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahiptir. 4. Normal katta 30 cm kalınlıklarında güçlendirme perdeleri ilave edilmiştir. Bu perdelerde Ø12, Ø16 ve Ø22'lik boyuna donatılar ve Ø12'lik enine donatılar 10~20 cm arayla kullanılmıştır. Şekil 25'te yapının 4. normal kat kolon aplikasyon planı verilmiştir.



Şekil 25.4. Normal kat kolon aplikasyon planı

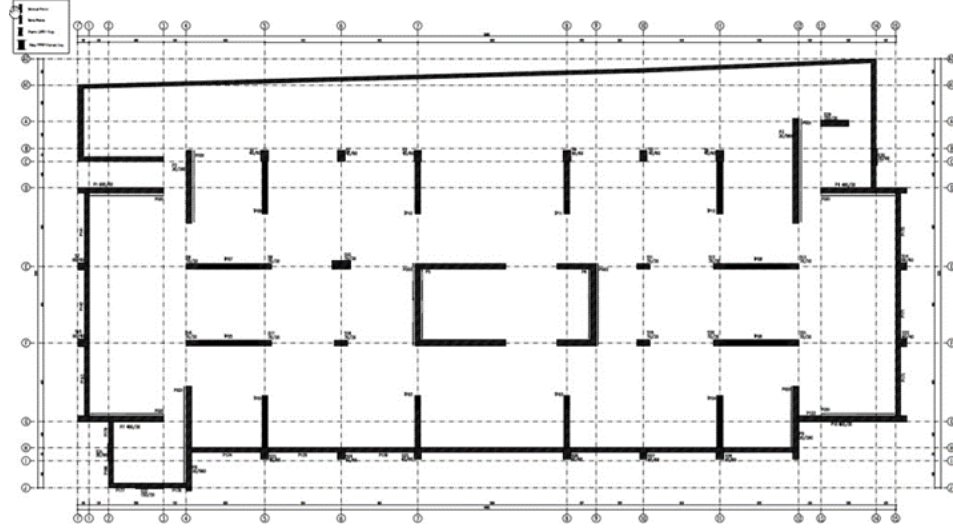
4. Yapının Yeni Tarihli Statik Güçlendirme Projesinin İncelenmesi

Tarafımıza yapının yeni tarihli statik güçlendirme projesi dijital ortamda teslim edilmiştir. Statik projesine göre yapı bodrum kat + zemin kat + 4 normal kat + çatı katından meydana gelmektedir. Yapı genel olarak düzenli bir geometriye sahip olup; x yönünde 44,45 m, y yönünde ise 18.25 m (zemin kat) uzunluğundadır. Yapı yaklaşık olarak 734 m² (zemin kat) oturma alanına sahiptir. Kat yükseklikleri; tüm katlarda 3.20 m'dir. Tarafımıza iletilen statik projede yeni güçlendirme elemanları için; yapı beton sınıfının C35, donatı sınıfının S420 olduğu görülmüştür.

a. Yapının Bodrum Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi

Yapı genel olarak düzenli bir geometriye sahip olup; x yönünde 44.45 m, y yönünde ise 18.25 m (zemin kat) uzunluğundadır. Yapı yaklaşık olarak 734 m² (zemin kat) oturma alanına sahiptir. Kat yükseklikleri; tüm katlarda 3.20 m'dir. Tarafımıza iletilen statik projede yeni güçlendirme elemanları için; yapı beton sınıfının C35, donatı sınıfının S420 olduğu görülmüştür.

Güçlendirilmiş bodrum kat kalıp planı incelendiğinde; yapının genel olarak düzenli bir geometriye sahip olduğu görülmüştür. Bodrum kat; x yönünde 42.80 m ve 44.45 m, y yönünde ise 21.60 m ve 21.45 m uzunluğundadır. Bodrum kat yaklaşık olarak 885 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. Bodrum katta 30 cm kalınlığında iki yönde betonarme perdeler eklenmiştir. Bu katta bulunan 30 cm kalınlığında dikdörtgen kesitli mevcut betonarme perde elemanların bir kısmı yatayda CFRP lamine güçlendirme malzemesi ile güçlendirilmiştir. Söz konusu katta 30x150, 30x60 ve 30x105 cm ebatlarında betonarme kirişlerden bir kısmı CFRP kumaş güçlendirme malzemesi ile 4 kat sargı yapılarak güçlendirilmiştir. Şekil 26'da bodrum kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı verilmiştir.

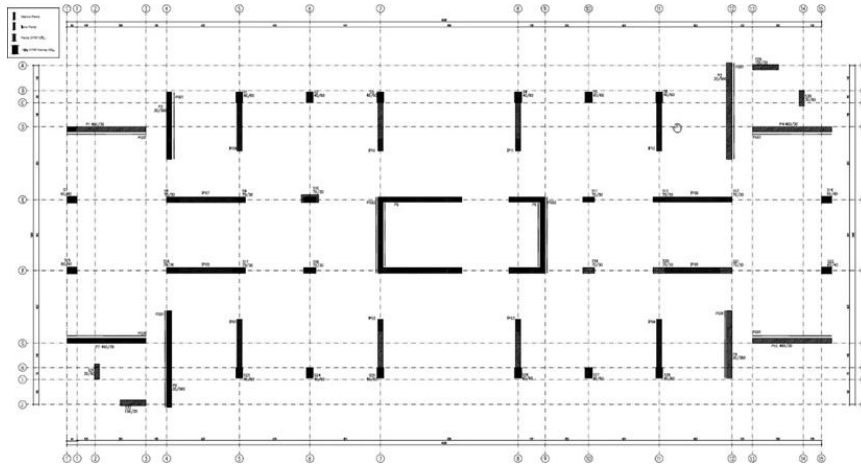


Şekil 26. Bodrum kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı

b. Yapının Zemin Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi

Güçlendirilmiş zemin kat kalıp planı incelendiğinde; yapının genel olarak düzenli bir geometriye sahip olduğu görülmüştür. Zemin kat; x yönünde 44.45 m, y yönünde ise 18.25 m uzunluğundadır. Zemin kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği

3.20 m'dir Zemin katta 30 cm kalınlığında iki yönde betonarme perdeler eklenmiştir. Bu katta bulunan 30 cm kalınlığında dikdörtgen kesitli mevcut betonarme perde elemanlarının bir kısmı yatayda CFRP lamine güçlendirme malzemesi ile güçlendirilmiştir. Söz konusu katta 30x60 cm ebatlarında betonarme kirişlerden bir kısmı CFRP kumaş güçlendirme malzemesi ile 4 kat sargı yapılarak güçlendirilmiştir. Şekil 27'de zemin kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı verilmiştir.

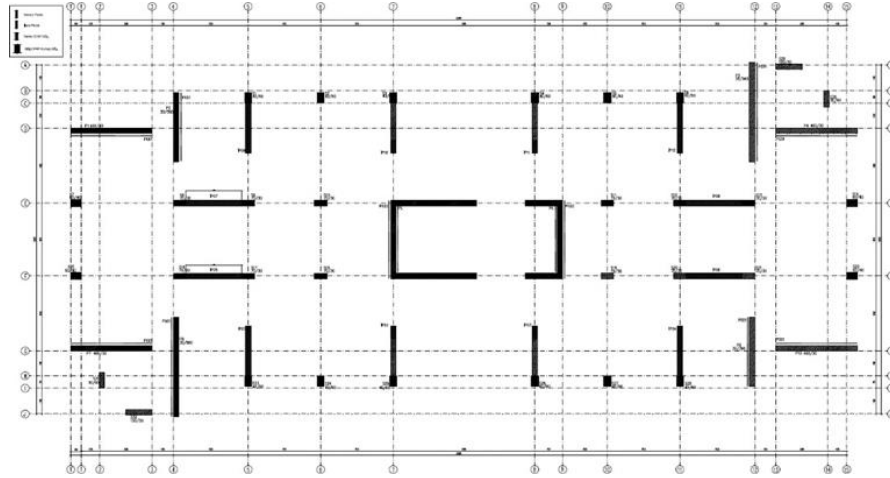


Şekil 27. Zemin kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı

c. Yapının 1. Normal Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi

Güçlendirilmiş 1. normal kat kalıp planı incelendiğinde; yapının genel olarak düzenli bir geometriye sahip olduğu görülmüştür. 1. Normal kat; x yönünde 44.45 m, y yönünde ise

18.25 m uzunluğundadır. 1. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. 1. Normal katta 30 cm kalınlığında iki yönde betonarme perdeler eklenmiştir. Bu katta bulunan 30 cm kalınlığında dikdörtgen kesitli mevcut betonarme perde elemanlarının bir kısmı yatayda CFRP lamine güçlendirme malzemesi ile güçlendirilmiştir. Söz konusu katta 30x60 cm ebatlarında betonarme kirişlerden bir kısmı CFRP kumaş güçlendirme malzemesi ile 4 kat sargı yapılarak güçlendirilmiştir. Şekil 28'de 1. normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı verilmiştir.



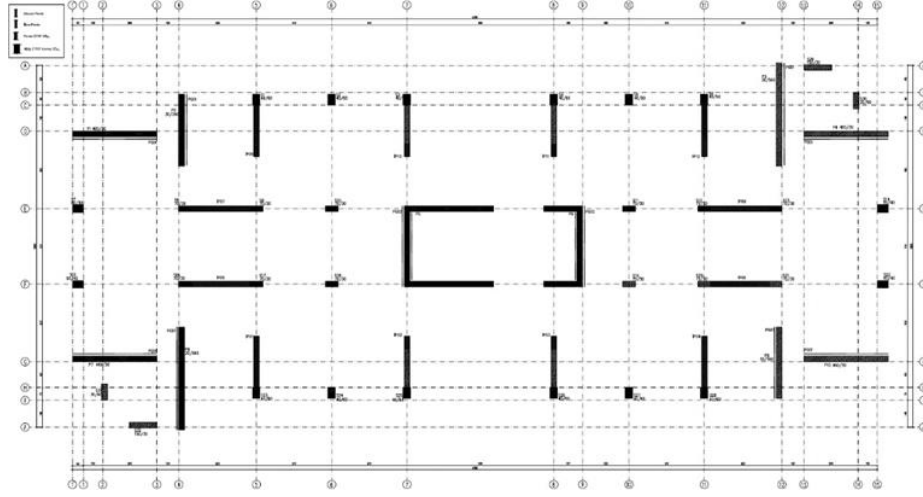
Şekil 28. 1. Normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı

d. Yapının 2. Normal Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi

Güçlendirilmiş 2. normal kat kalıp planı incelendiğinde; yapının genel olarak düzenli bir geometriye sahip olduğu görülmüştür. 2. Normal kat; x yönünde 44.45 m, y yönünde ise

18.25 m uzunluğundadır. 2. Normal kat yaklaşık olarak 734 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. 2. Normal katta 30 cm kalınlığında iki yönde betonarme perdeler eklenmiştir. Bu katta bulunan 30 cm kalınlığında dikdörtgen kesitli mevcut betonarme perde elemanlarının bir kısmı yatayda CFRP lamine güçlendirme malzemesi ile güçlendirilmiştir. Söz konusu katta 30x60 cm ebatlarında betonarme kirişlerden bir kısmı CFRP kumaş güçlendirme malzemesi

ile 4 kat sargı yapılarak güçlendirilmiştir. Şekil 29'da 2. normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı verilmiştir.

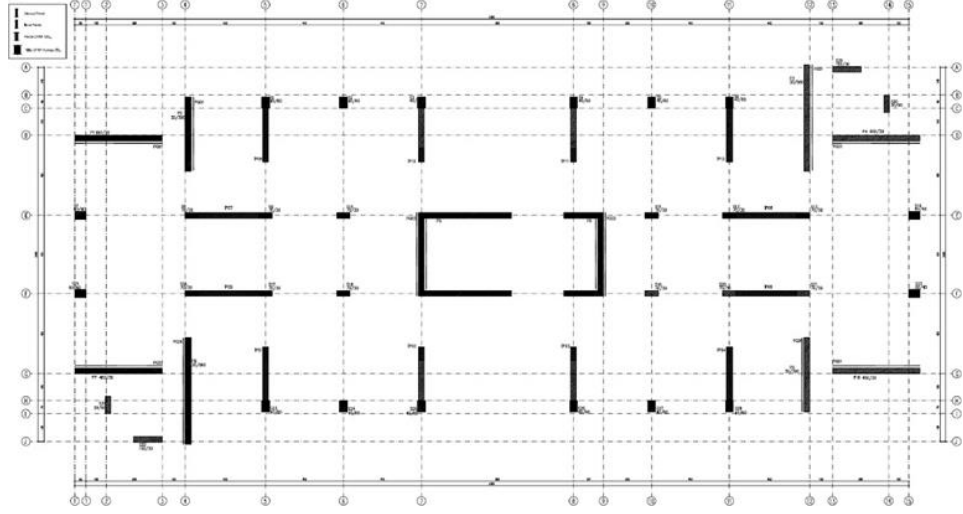


Şekil 29.2. Normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı

e. Yapının 3. Normal Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi

Güçlendirilmiş 3. normal kat kalıp planı incelendiğinde; yapının genel olarak düzenli bir geometriye sahip olduğu görülmüştür. 3. Normal kat; x yönünde 44.45 m, y yönünde ise

18.25 m uzunluğundadır. 3. Normal kat yaklaşık olarak 734 m^2 inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. 3. Normal katta 30 cm kalınlığında iki yönde betonarme perdeler eklenmiştir. Bu katta bulunan 30 cm kalınlığında dikdörtgen kesitli mevcut betonarme perde elemanların bir kısmı yatayda CFRP lamine güçlendirme malzemesi ile güçlendirilmiştir. Söz konusu katta 30x60 cm ebatlarında betonarme kirişlerden bir kısmı CFRP kumaş güçlendirme malzemesi ile 4 kat sargı yapılarak güçlendirilmiştir. Şekil 30'da 3. normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı verilmiştir.

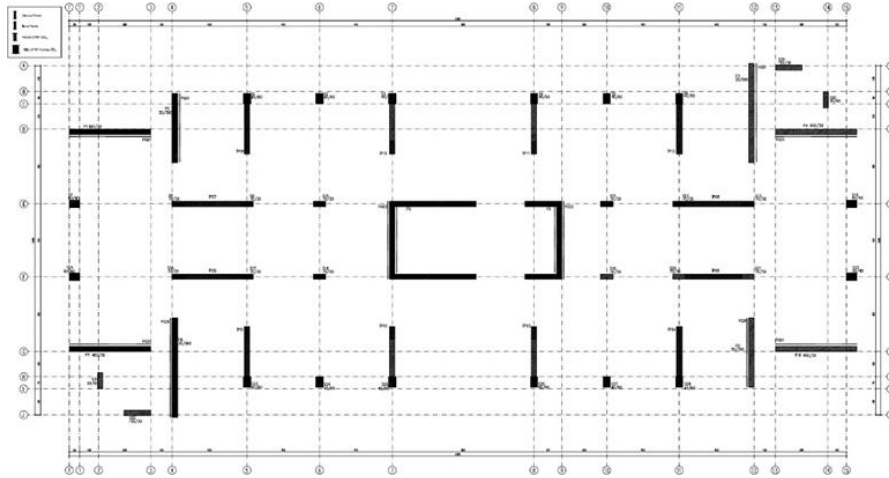


Şekil 30.3. Normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı

f. Yapının 4. Normal Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi

Güçlendirilmiş 4. normal kat kalıp planı incelendiğinde; yapının genel olarak düzenli bir geometriye sahip olduğu görülmüştür. 4. Normal kat; x yönünde 45.35 m, y yönünde ise

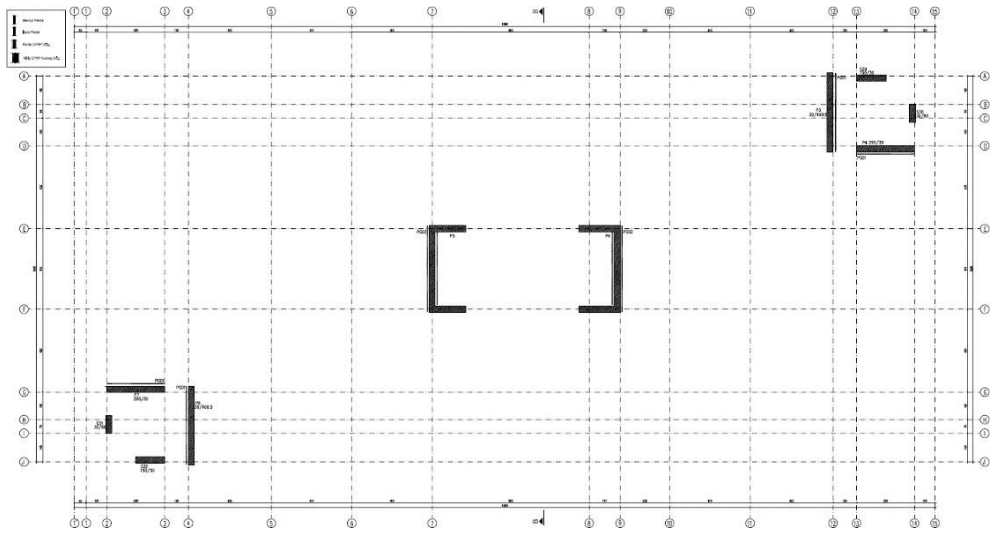
18.25 m uzunluğundadır. 4. Normal kat yaklaşık olarak 779 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. 4. Normal katta 30 cm kalınlığında iki yönde betonarme perdeler eklenmiştir. Bu katta bulunan 30 cm kalınlığında dikdörtgen kesitli mevcut betonarme perde elemanların bir kısmı yatayda CFRP lamine güçlendirme malzemesi ile güçlendirilmiştir. Söz konusu katta 30x60 cm ebatlarında betonarme kirişlerden bir kısmı CFRP kumaş güçlendirme malzemesi ile 4 kat sargı yapılarak güçlendirilmiştir. Şekil 31'de 4. normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı verilmiştir.



Şekil 31.4. Normal kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı

g. Yapının Çatı Kat Güçlendirme Planının İncelenmesi

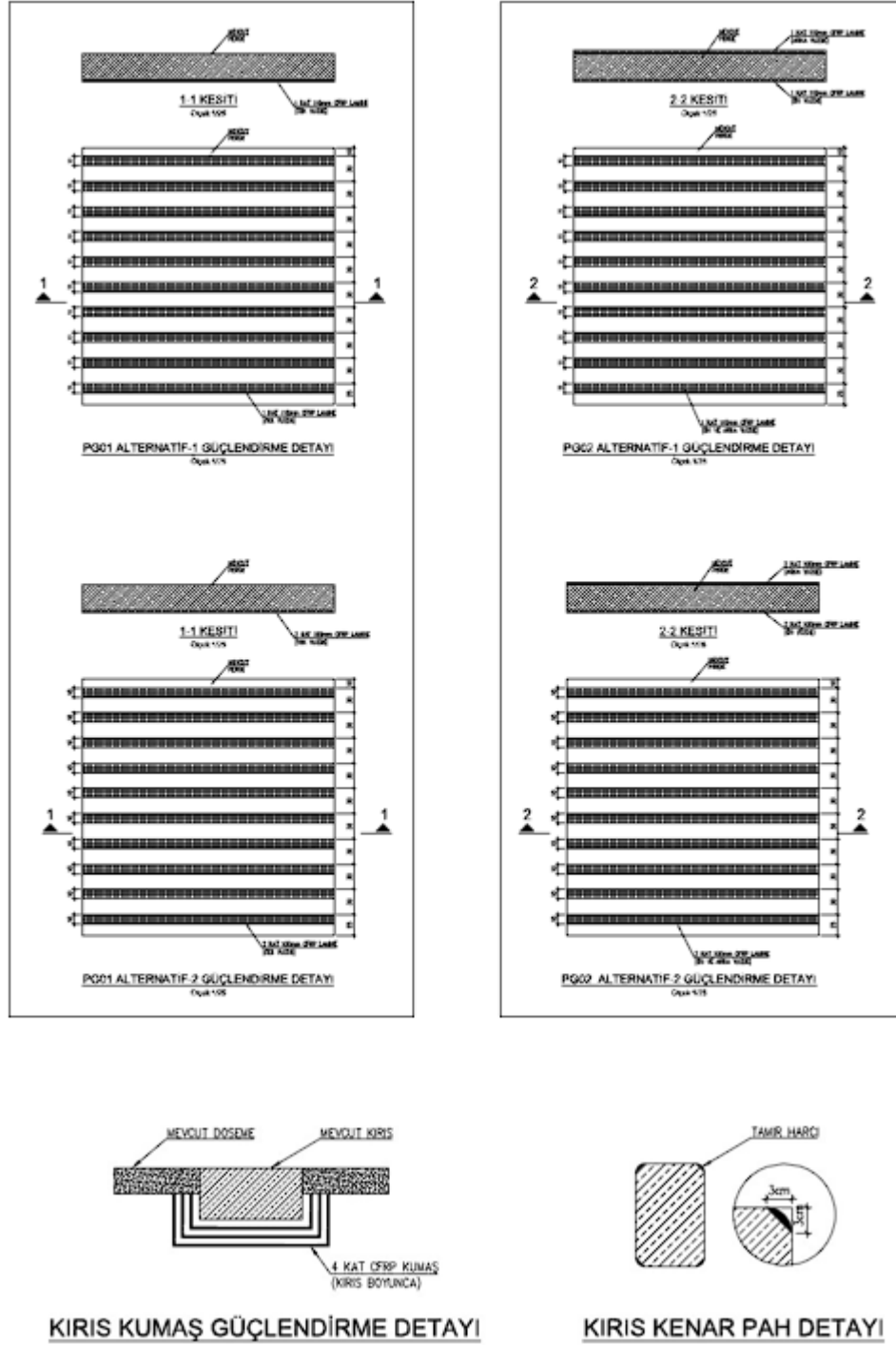
Güçlendirilmiş çatı kat kalıp planı incelendiğinde; yapının genel olarak düzenli bir geometriye sahip olduğu görülmüştür. Çatı kat yaklaşık olarak 84 m² inşaat alanına sahip olup kat yüksekliği 3.20 m'dir. Bu katta bulunan 30 cm kalınlığında dikdörtgen kesitli mevcut betonarme perde elemanların bir kısmı yatayda CFRP lamine güçlendirme malzemesi ile güçlendirilmiştir. Söz konusu katta 30x60 cm ebatlarında betonarme kirişlerden bir kısmı CFRP kumaş güçlendirme malzemesi ile 4 kat sargı yapılarak güçlendirilmiştir. Şekil 32'de çatı kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı verilmiştir.



Şekil 32. Çatı kat düşey taşıyıcı güçlendirme planı

h. CFRP Güçlendirme Malzemesi Detayları

Yapıdaki taşıyıcı elemanların güçlendirilmesinde kullanılan CFRP güçlendirmesine ait bazı detaylar Şekil 33'te örnek olarak verilmiştir.



Şekil 33. CFRP güçlendirme detayları

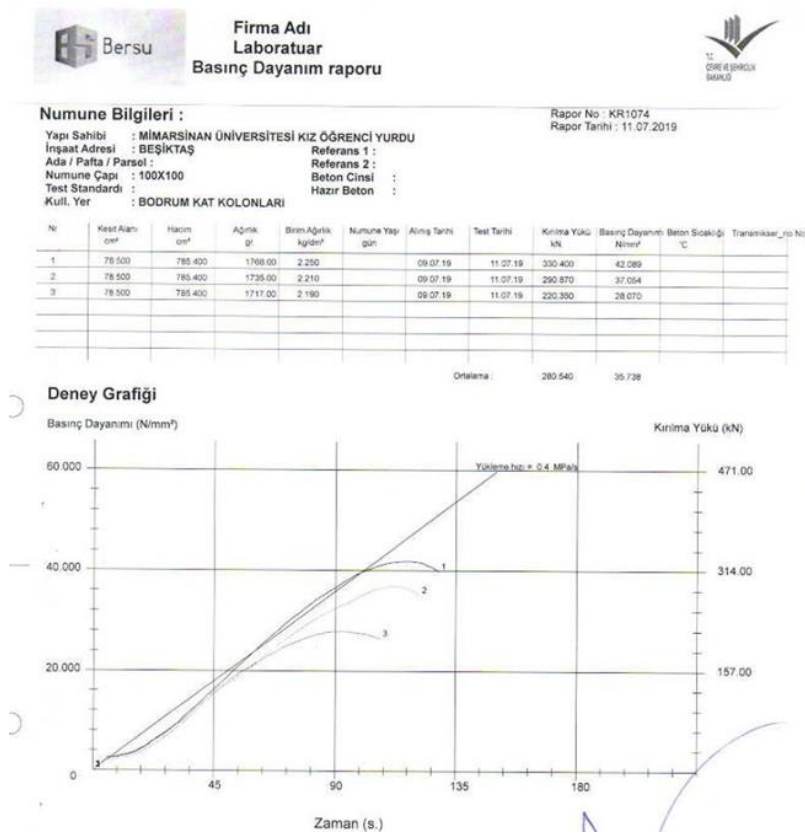
5. Laboratuvar Çalışmalarının İncelenmesi

a. Beton Tespitleri

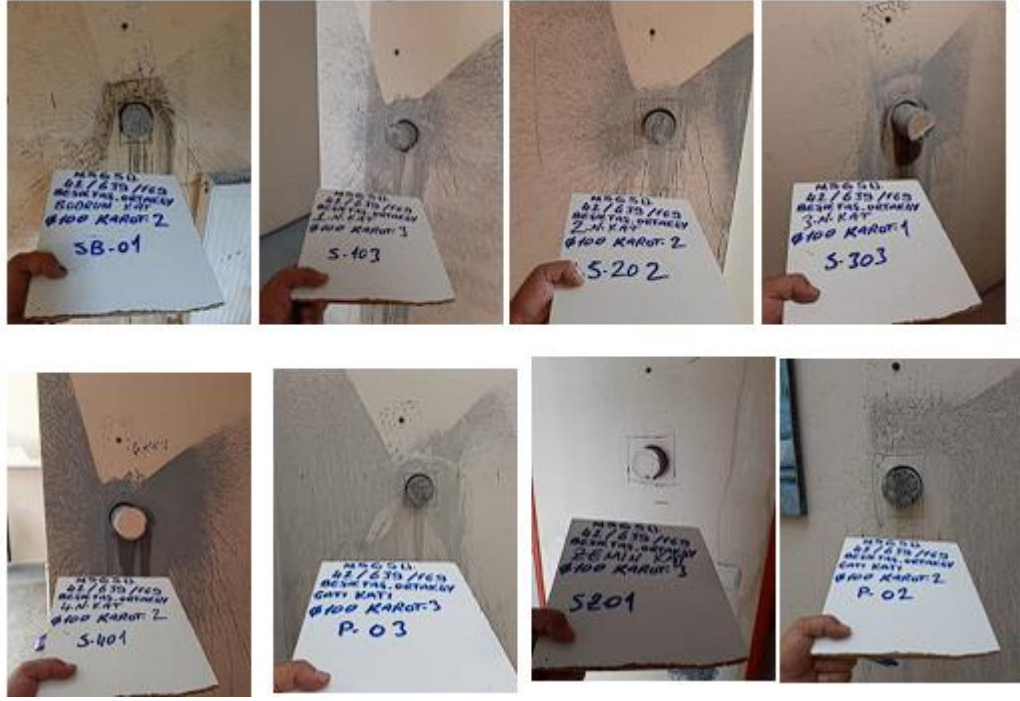
Beton basınç dayanımı ile ilgili olarak “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)”nde belirtilen esaslar doğrultusunda yapılan bir laboratuvar tespit çalışması tarafımıza iletilmiş ve işbu rapordaki beton basınç dayanımı hesabında

söz konusu çalışmanın sonuçlarından elde edilen numune beton basınç dayanımları baz alınmıştır.

“Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)”nde belirtilen esaslar doğrultusunda; “Bersu Laboratuvar Tic. Ltd. Şti.” tarafından beton basınç dayanımını tespit etmek için tüm katlardan 3’er adet olmak üzere toplamda 21 adet düşey taşıyıcı elemandan beton numunesi (karot numunesi) alınmış ve gereken testler sonucunda beton basınç dayanımı belirlenerek ilgili sonuçlar 11/07/2019 tarih ve K1074 sayılı raporda sunulmuştur. Şekil 34’te bodrum kat karot numunesi sonuçları söz konusu rapordan alıntılanarak örnek olarak gösterilmiştir. Şekil 35’te karot alınan elemanlardan bazıları örnek olarak verilmiştir.



Şekil 34. Yapıya ait karot sonuçları



Şekil 35. Karot alınan elemanlardan örnekler

b. Donatı Tespitleri

Donatı tespiti ile ilgili olarak “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)”nde belirtilen esaslar doğrultusunda yapılan bir donatı tespit çalışması tarafımıza iletilmiş ve işbu rapordaki donatı tespitlerinde söz konusu çalışmanın sonuçları baz alınmıştır.

“Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)”ne göre yapıdaki taşıyıcı elemanların donatılarını tespit etmek amacıyla iki farklı yöntem söz konusudur. İlk yöntem hasarsız donatı tespit yöntemi, ikinci yöntem ise paspayı sıyrılarak yapılan gözlemsel donatı tespit yöntemidir.

Hasarsız donatı tespiti PS200 S model bir ferroskan ile “Bersu Laboratuvar Tic. Ltd. Şti.” tarafından yapılmış ve sonuçlar 11/07/2019 tarihli bir rapor ile tarafımıza sunulmuştur. İlgili sonuçlar tarafımıza başvuru sahibi tarafından iletilmiştir. Bu rapora göre, yapının bodrum katından 14 adet, zemin kat, 1~4. normal katlarından 8’er adet, çatı katından 2 adet olmak üzere toplam 56 adet düşey taşıyıcı elemandan ve bodrum katından 6 adet, zemin kat, 1~4. normal katlarından 7’şer adet olmak üzere toplam 41 adet yatay taşıyıcı elemandan hasarsız donatı okuma işlemi yapılmıştır. Şekil 36’da 2. normal katta yapılan kolon donatı okuma işlemi sonuçları verilmiştir. Buna göre inceleme konusu bir

kolonun okunabilen yüzeyinde 5 adet Ø16'lık boyuna donatının mevcut olduğu ve Ø8'lik yatay donatıların ise 15 cm aralıklı olarak kullanıldığı görülmüştür. Şekil 37'de 2. normal katta yapılan kiriş donatı okuma işlemi sonuçları verilmiştir. Buna göre inceleme konusu bir kirişin okunan yüzeyinde 3 adet Ø16'lık boyuna donatının mevcut olduğu ve Ø8'lik yatay donatıların ise 19 cm aralıklı olarak kullanıldığı görülmüştür. Şekil 38'de hasarsız donatı tespit cihazıyla yapılan kontrollere ilişkin bazı fotoğraflar örnek olarak verilmiştir.

BERSU LABORATUVAR TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ	
DONATI TESPİT FORMU	
Deneyi İsteyen Firma	Rapor no : KR1074
Şantiye Adı : MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ KIZ ÖĞRENCİ YURDU	Rapor tarihi : 11.07.19
Şantiye Adresi : BEŞİKTAŞ / İSTANBUL	Deney tarihi : 09.07.19
Pafta/Ada/Parsel : 42/639/169	Sayfa no : 1/1

Sıra No	Yapı Elemanı	Elcman Ebatları (cm)	Boyuna Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Adedi (okunabilen)		Ortalama Boyuna Donatı Pas Payı (mm)	Etriye Çapı (mm)	Etriye Mesafesi (cm)	Boyuna Donatı Adedi
				Geniş Yüzey	Dar Yüzey				
1	2.normal kat kolon 1	70x30	Ø16	5	3	40	Ø8	15	12
2	2.normal kat kolon 2	70x30	Ø16	5	3	40	Ø8	15	12
3	2.normal kat kolon 3	70x30	Ø16	5	3	40	Ø8	15	12
4	2.normal kat kolon 4	70x30	Ø16	5	3	40	Ø8	15	12
5	2.normal kat kolon 5	70x30	Ø16	5	3	40	Ø8	15	12
6	2.normal kat kolon 6	70x30	Ø16	5	3	40	Ø8	15	12

KOROZYON TESPİT	:Korozyon bulunmamaktadır.
-----------------	----------------------------

Şekil 36.2. Normal kat kolon hasarsız donatı tespit sonuçları

BERSU LABORATUVAR TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ	
DONATI TESPİT FORMU	
Deneyi İsteyen Firma	Rapor no : KR1074
Şantiye Adı : MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ KIZ ÖĞRENCİ YURDU	Rapor tarihi : 11.07.19
Şantiye Adresi : BEŞİKTAŞ / İSTANBUL	Deney tarihi : 09.07.19
Pafta/Ada/Parsel : 42/639/169	Sayfa no : 1/1

Sıra No	Yapı Elemanı	Elcman Ebatları (cm)	Boyuna Donatı Çapı (mm)	Boyuna Donatı Adedi (okunabilen)		Ortalama Boyuna Donatı Pas Payı (mm)	Etriye Çapı (mm)	Etriye Mesafesi (cm)	Boyuna Donatı Adedi
				Yan OKUMA					
1	2.normal kat kiriş 1	30x60	Ø16	3		30	Ø8	19	3
2	2.normal kat kiriş 2	30x60	Ø16	3		30	Ø8	19	3
3	2.normal kat kiriş 3	30x60	Ø16	3		30	Ø8	19	3
4	2.normal kat kiriş 4	30x60	Ø16	3		30	Ø8	19	3
5	2.normal kat kiriş 5	30x60	Ø16	3		30	Ø8	19	3
6	2.normal kat kiriş 6	30x60	Ø16	3		30	Ø8	19	3

KOROZYON TESPİT	:Korozyon bulunmamaktadır.
-----------------	----------------------------

Şekil 37.2. Normal kat kiriş hasarsız donatı tespit sonuçları



Şekil 38. Hasarsız donatı tespit cihazı ile yapılan kontrollerden örnekler

İkinci donatı tespit yöntemi ise taşıyıcı elemanların paspayı sıyrılarak yapılan görsel donatı kontrolleridir. Bu şekilde yapıdaki bazı kolonların paspayları sıyrılarak donatı kontrolleri yapılmıştır. Bu kontroller, “Bersu Laboratuvar Tic. Ltd. Şti.” tarafından yapılmış olup yapının bodrum katından 4 adet, zemin kat, 1~4. normal katlarından 3’er adet, çatı katından 2 adet olmak üzere toplam 21 adet düşey taşıyıcı elemandan ve bodrum, zemin, 1~4. Normal katlardan 1’er adet olmak üzere toplam 6 adet yatay taşıyıcı elemandan paspayı sıyırma işlemleri yapılmıştır. Sıyırma işlemi sonunda kolonlarda Ø14, Ø16 ve Ø18’lik düşey donatılar ile Ø8’lik etriyeler tespit edilmiştir. Etriyeler ortalama 14~19 cm aralıklı olarak kullanılmıştır. Perdelerde Ø18 ve Ø22’lik düşey donatılar ile Ø12’lik etriyeler tespit edilmiştir. Etriyeler ortalama 10~20 cm aralıklı olarak kullanılmıştır. Kirişlerde ise Ø14 ve Ø16’lık boyuna donatılar ile Ø8’lik etriyeler tespit edilmiştir. Etriyeler ortalama 7~21 cm aralıklı olarak kullanılmıştır. Bu kontrollere ait tarafımıza iletilen örnek pas payı sıyırma işlemleri sonuçları Şekil 39’da verilmiştir. Taşıyıcı elemanların paspayı sıyrılarak yapılan görsel donatı kontrollerinden bazılarının fotoğrafları Şekil 40’da verilmiştir.

BERSU		BERSU LABORATUVAR TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ		BERSU LABORATUVAR	
Deneyi İsteyen Firma	MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ KIZ ÖĞRENCİ YURDU	Rapor No	KR1074-19	Deney Tarihi	11.07.2019
Yapı Adı	BEŞİKTAŞ/İSTANBUL	Deney Tarihi	09.07.2019	Sayfa No	1
Yapı Adres	42				
Pafta	639				
Ada	169				
Parsel					

KOLON SİYİRMA TABLOSU								
ELEMAN	KOLON DİÇİNDİ		MİVÖCÜ DURUMU		FİTİVE DURUMU		KONKRET DÜZLÜĞÜ (DERİNE)	KOLON ÇİLİĞİ
	Yükseklik	Geni	SAYISI	ÇAP (mm)	YÜZLÜĞÜ	ÇAP		
KİRİS 1	25	60	2	14,00	20	8	90	5420
PERDE 1	80	512	2	21,69	19	12	90	5420
KOLON 1	70	30	2	16,58	16	8	90	5420
KOLON 2	70	30	2	16,28	14	8	90	5420

KOROZYON ÇARPAN HESABI			
KOLON NO	KOROZYONSUZ	KOROZYONLU	
0	0	0	
KİRİS 1	14	14,00	
PERDE 1	22	21,69	
KOLON 1	16	16,58	
KOLON 2	16	16,28	

Şekil 39. Örnek pas payı sıyırma işlemleri sonuçları



Şekil 40. Paspayı sıyırma işlemleri ile yapılan görsel donatı kontrollerinden örnekler

6. Zemin Etüd Raporunun İncelenmesi

Tarafımıza, inceleme konusu parsel için “Çağlı Mühendislik Müşavirlik San. Ve Tic. Ltd. Şti.” tarafından hazırlanan eski tarihli bir zemin etüd raporu iletilmiştir. Bu raporda, zemin parametreleri;

Yerel Zemin Sınıfı : Z3

Zemin Taşıma Gücü : 9 t/m²

Zemin Yatak Katsayısı 2000 t/m³

olarak verilmiştir. Şekil 41’de tarafımıza iletilen zemin etüd raporunun sonuç bölümündeki zemin parametreleri örnek olarak verilmiştir.



Şekil 42. Yapının dış cephe görünüşleri

Bu belgedeki yapı boyutları, yapı alanı ve yerleşimi sadece bu rapora mahsus olup yaklaşık ölçülerdir. Bu rapor dışında herhangi bir resmi iş veya işlem için kullanılmaz.

b. Bodrum Katta Yapılan İncelemeler

Yerinde yapılan incelemeler kapsamında bodrum katta ölçümler ve gözlemsel tespitler yapılmıştır. Bu tespitler neticesinde; kat yerleşimi ve taşıyıcı eleman boyutlarının, statik projesi ve statik güçlendirme projesi ile genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür. Bu katta betonarme kolon, perde ve kirişler bulunmaktadır. Ayrıca bu katta 4 cephede bodrum perdeleri bulunmaktadır. Bodrum kat tavanı betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Şekil 43'te yapının bodrum katından görünüşler verilmiştir.



Şekil 43. Yapının bodrum katından görünüşler

c. Zemin Katta Yerde Yapılan İncelemeler

Yerde yapılan incelemeler kapsamında zemin katta ölçümler ve gözlemsel tespitler yapılmıştır. Bu tespitler neticesinde; kat yerleşimi ve taşıyıcı eleman boyutlarının, statik projesi ve statik güçlendirme projesi ile genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür. Bu katta betonarme kolon, perde ve kirişler bulunmaktadır. Zemin kat tavanı betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Şekil 44'te yapının zemin katından görünüşler verilmiştir.



Şekil 44. Yapının zemin katından görünüşler

d. 1.Normal Katta Yerde Yapılan İncelemeler

Yerde yapılan incelemeler kapsamında 1. normal katta ölçümler ve gözlemsel tespitler yapılmıştır. Bu tespitler neticesinde; kat yerleşimi ve taşıyıcı eleman boyutlarının, statik projesi ve statik güçlendirme projesi ile genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür. Bu katta betonarme kolon, perde ve kirişler bulunmaktadır. 1. Normal kat tavanı betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Şekil 45'te yapının 1. normal katından görünüşler verilmiştir.



Şekil 45. Yapının 1. normal katından görünüşler

e. 2. Normal Katta Yapılan İncelemeler

Yerinde yapılan incelemeler kapsamında 2. normal katta ölçümler ve gözlemsel tespitler yapılmıştır. Bu tespitler neticesinde; kat yerleşimi ve taşıyıcı eleman boyutlarının, statik projesi ve statik güçlendirme projesi ile genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür. Bu katta betonarme kolon, perde ve kirişler bulunmaktadır. 2. Normal kat tavanı betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Şekil 46'da yapının 2. normal katından görüşler verilmiştir.



Şekil 46. Yapının 2. normal katından görüşler

f. 3. Normal Katta Yapılan İncelemeler

Yerinde yapılan incelemeler kapsamında 3. normal katta ölçümler ve gözlemsel tespitler yapılmıştır. Bu tespitler neticesinde; kat yerleşimi ve taşıyıcı eleman boyutlarının, statik projesi ve statik güçlendirme projesi ile genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür. Bu katta betonarme kolon, perde ve kirişler bulunmaktadır. 3. Normal kat tavanı betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Şekil 47'de yapının 3. normal katından görüşler verilmiştir.



Şekil 47. Yapının 3. normal katından görüşler

g. 4. Normal Katta Yapılan İncelemeler

Yerinde yapılan incelemeler kapsamında 4. normal katta ölçümler ve gözlemsel tespitler yapılmıştır. Bu tespitler neticesinde; kat yerleşimi ve taşıyıcı eleman boyutlarının, statik projesi ve statik güçlendirme projesi ile genel olarak uyumlu olduğu görülmüştür. Bu katta betonarme kolon, perde ve kirişler bulunmaktadır. 4. Normal kat tavanı betonarme plak döşeme sistemine sahiptir. Şekil 48'de yapının 4. normal katından görüşler verilmiştir.



Şekil 48. Yapının 4. normal katından görüşler

h. Çatı Katta Yapılan İncelemeler

Yerinde yapılan incelemeler kapsamında çatı katta ölçümler ve gözlemsel tespitler yapılmıştır. Bu katta yalnızca çekirdek perdeler ve yangın merdiveninde bulunan taşıyıcı elemanlar devam etmektedir. Çatı katta çelik kolonlar, kirişler ve çapraz elemanlar bulunmaktadır. Şekil 49'da yapının çatı katından görüşler verilmiştir.



Şekil 49. Yapının çatı katından görüşler

2. Bina Taşıyıcı Sisteminin İncelenmesi

Şekil 50’de yapının taşıyıcı sistemini oluşturan betonarme yapısal elemanlardan perde, kolon, kiriş ve döşemelere ait görünüşler verilmiştir.



Şekil 50. Yapının taşıyıcı sisteminden görünüşler

Şekil 51’de yerinde yapılan boyut kontrollerinden örnekler gösterilmiştir.



Şekil 51. Yerinde yapılan boyut kontrolleri

3. Hasar Tespitleri

Yerinde yapılan gözlemsel incelemelerde bazı taşıyıcı olmayan elemanlarda (duvarlar, fayans ve kaplama elemanları) farklı geometrilere (diagonal, düşey) devam eden gözle görülebilir seviyede hasarlar tespit edilmiştir. Ayrıca taşıyıcı elemanlar (betonarme kolon, perde, kiriş) ile taşıyıcı olmayan iç duvarlar arasında kısmi çatlaklar gözlemlenmiştir. Bunların bazıları sadece kaplama ve sıvada, bazıları da dolgu duvar içerindedir. Bu hasarların türü, şekli ve dağılımı bina genelinde bir hareket olduğuna işaret etmektedir. Tarafımızca yapılan ilk değerlendirmede bu hareketin zemin yerdeğişmesi kaynaklı olduğu öngörülmekte olup kesin sonuç için detaylı bir zemin incelenmesi önerilmektedir.



Şekil 52. Taşıyıcı olmayan elemanlarda (duvarlarda) bulunan hasarlar

Yerinde yapılan gözlemsel incelemelerde, yapının taşıyıcı elemanları (betonarme perde, kolon ve kiriş) ve birleşimlerinin büyük çoğunluğunda gözle görülebilir seviyede bir yapısal hasara rastlanılmamıştır. Sadece bir adet perde ve kirişte kısmi çatlaklar gözlemlenmiş olup, bu hasarların sıva tabakasında olma ihtimali söz konusudur. Sıva tabakası kaldırılarak daha detaylı inceleme yapılması gerekmektedir. Yukarı bahsedilen olası zemin yerdeğiştirmesi kaynaklı bina hareketinin yapısal elemanlara etkisi, yapı genelinde oldukça sınırlı seviyede kalmış olup yapısal elemanlar ve birleşimlerin büyük bir çoğunluğunda gözle görülebilir seviyede yapısal hasarlar mevcut değildir. Şekil 53'te hasar gözlemlenmeyen taşıyıcı elemanlar ve birleşim bölgelerinden örnekler verilmiştir.



Şekil 53. Hasar olmayan taşıyıcı elemanlar ve birleşim bölgelerinden görüşler

Şekil 54'te kısmi hasar gözlemlenen bir adet perde ve kirişten görüşler verilmiştir.



Şekil 54. Taşıyıcı elemanlarda gözlemlenen kısmi hasarlar

C. SEGREGASYON HASARLARI İLE PASPAYI KUSURLARININ İNCELENMESİ VE ONARIM YÖNTEMLERİ

1. Hasarların İncelenmesi

Tarafımıza yapının inşaat aşamasındaki fotoğrafları iletilmiş ve bu fotoğraflar incelendiğinde yapının inşası sırasında betonarme elemanlarda segregasyon hasarları, paspayı kusurları ve bazı kalıp hataları olduğu görülmüştür. İlgili kusurlar yerinde yapılan incelemeler kapsamında yapıdaki sıva ve kaplamalardan dolayı tespit edilememiştir. Yapıda bulunan segregasyon hasarları ve paspayı kusurları Şekil 55’te örnek olarak verilmiştir.



Şekil 55. Segregasyon hasarları ve paspayı kusurları

2. Segregasyon Hasarlarının Onarımında Önerilen Yöntemler

Segregasyon hasarı görülen betonarme elemanlarda iki ana onarım yöntemi bulunmaktadır. Segregasyon hasarının çok büyük olmadığı durumlarda “Beton Onarımı”, segregasyon hasarının fazla olduğu durumlarda ise elemanın yeni betonarme elemanlar ile “Güçlendirilmesi” yöntemi kullanılmaktadır. Söz konusu

yapıda segregasyon hasarı gözlemlenen elemanlarda “Beton Onarımı” yapılmasının yeterli olacağı düşünülmektedir. Beton onarımı için iki yöntem önerilmiş olup bu yöntemler aşağıda verilmiştir:

a. Mevzii Yüzeysel Beton Onarımı Detayı (Özel Tamir Harcı)

Özel tamir harcı yöntemi münferit tamir alanı yaklaşık 3 m²'yi geçmeyen yama şeklindeki beton onarım alanları için uygulanmaktadır. Segregasyon olan elemanlarda görülen kabarma/dökülme, donatı korozyonu ve açıkta demirler gibi beton hasarı onarımında özel tamir harcı kullanılacaktır. Mevcut demirler de yüzeysel olarak temizlenecektir.

i. Tamir Harcı Uygulamasına Ait Önemli Detaylar

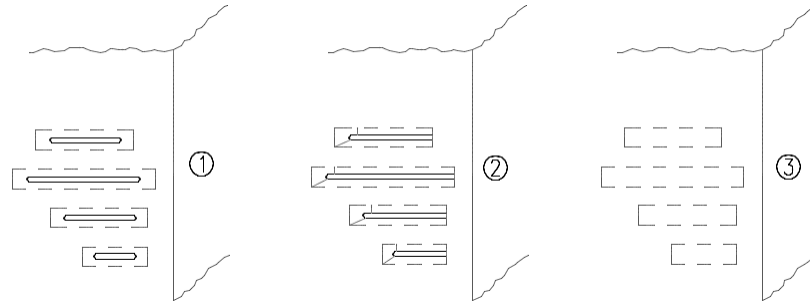
- Hasarlı bölge yüzeye dik olan doğru çizgiler şeklinde her donatı demiri ayrı ayrı ele alınarak 10 mm derinliğe kadar kesilerek onarım sınırları belirlenecektir.
- Bu sınırlar içinde açıktaki demirin 20 mm altına kadar beton kırılır. Eğer varsa demirin paslanmış kısmına ilave olarak her iki taraftan en az 100 mm. Paslanmamış boy açığa çıkarılacaktır.
- Betona ve demire fazla zarar verilmemesine dikkat edilecektir.
- Açığa çıkan demirler kum raspa veya uygun başka bir yöntemle temizlenecektir.
- Beton yüzey toz ve benzeri yabancı madde kalmayacak şekilde temizlenecektir.
- Onarım malzemesi tatbik edilmeden önce mevcut beton yüzeyi su ile doyurulacaktır.
- Kullanılacak onarım malzemesinin gereğine göre açığa çıkan demir ve beton yüzeylerine uygun astar katı uygulanacaktır.
- Şartnameye uygun tamir harcı imalatçısının önerilerine uygun olarak uygulanacaktır.
- Tamir harcı onarım bölgesi içinde ve demirin etrafında tamamen sıkıştırılacaktır.
- Onarılan bölge en az 3 gün boyunca ıslatılarak kür edilecektir.

ii. Tamir Harcı Uygulama Aşamaları

Tamir harcı uygulanması 3 aşamadan oluşmakta olup bunlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Beton yüzey temizliği, betonun kırılması ve yüzey hazırlanması
2. Betonarme demirlerin hazırlanması ve korunması
3. Beton yüzeylerin astarlanması ve nihai olarak çimento bazlı özel tamir harcı uygulanması

Şekil 56'da tamir harcı ile uygulama aşamaları görsel olarak verilmiştir.



Şekil 56. Tamir harcı uygulama detayı

b. Daha Büyük Çapta Beton Onarımı Detayı (Özel Tamir Betonu)

i. Tamir Betonu Uygulamasına Ait Önemli Detaylar

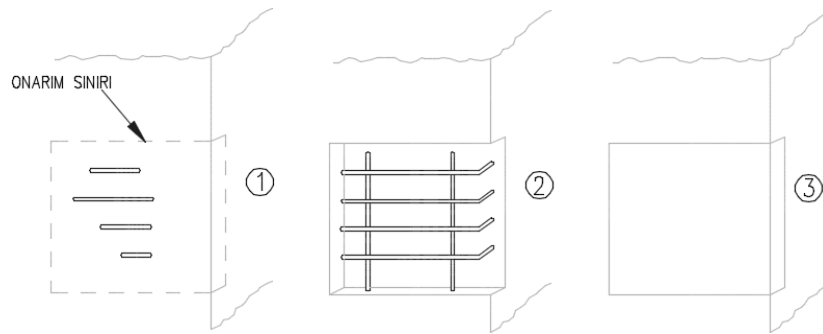
- Hasarlı bölge yüzeye dik olan doğru çizgiler şeklinde her donatı demiri ayrı ayrı ele alınarak 10 mm derinliğe kadar kesilerek onarım sınırları belirlenecektir.
- Bu sınırlar içinde açığındaki demirin minimum 20 mm altına kadar beton kırılır. Eğer varsa demirin paslanmış kısmına ilave olarak her iki taraftan 50 mm paslanmamış boy açığına çıkarılacaktır.
- Betona ve demire fazla zarar verilmemesine dikkat edilecektir.
- Açığa çıkan demirler kum raspa veya basınçlı su yöntemi ile temizlenecektir.
- Beton yüzey toz veya benzeri yabancı madde kalmayacak şekilde temizlenecektir.
- Eski ve yeni beton arasındaki renk farkı uyumu boya tecritti uygulanarak en aza indirilecektir.

- Kalıp su sızdırmayacak şekilde ve yeter mukavemette monte edilecektir.
- Kalıp sulanacak ve kontrol mühendisinin tespit edeceği müddetçe yerinde kalacaktır.
- Daha sonra su drene edilecek ve tamir betonu mümkün olan en kısa zamanda dökülecektir.
- Beton şartnamelerin ön gördüğü biçimde sıkıştırılacaktır.
- Kalıp kontrol mühendisinin talimatı ile sökülecektir.
- Kür, naylon örtü veya ıslak çuvalla en az 4 gün süre ile kaplanarak veya onaylanmış bir başka yöntemle yapılacaktır.

ii. Tamir Betonu Uygulama Aşamaları

- 1. Bozulmuş beton alanı ile açığa çıkmış donatı
- 2. Onarım hazırlığı
- 3. Çimento bazlı tamir betonu ile yenilenmiş beton (astar yapılmayacaktır)

Not: Segregasyon görülen elemanlarda kabarma/dökülme, donatı korozyonu ve açıkta kalan demirler gibi beton hasarı onarımında özel tamir harcı uygulanarak onarım yapılacaktır. Mevcut demirler de yüzeysel olarak temizlenecektir.



Şekil 57. Tamir betonu uygulama detayı

c. Beton Onarım İşlerinde Kullanılacak Olan Özel, Rötresiz Çimento Bazlı Tamir Betonu ve Çimento Bazlı Özel Tamir Harcı Malzeme Özellikleri ve Uygulanmasına İlişkin Genel Esaslar

- Tamir betonu ve tamir harçları, erken priz alma ve mukavemet kazanılması, mevcut betona çok iyi yapışma özelliği bulunması ve pratik açıdan rötre yapmayan bir karışım meydana gelmesi gibi avantajları içerecektir. Özel

tamir harç ve betonları herhangi bir onarım yerinde kullanılmadan önce kontrol mühendisinin onayı alınacaktır. Önceden kuru karıştırılmış ve özel olarak torbalanmış hazır tamir harçları kullanılacaktır.

- Herhangi tip hazır beton karışım paketi kullanılmadan önce idare malzeme laboratuvarlarında denenmiş ve sonuçlar tatminkâr bulunmuş olacaktır. Aksi takdirde kullanılamaz. Hazır karışım malzemesi daha önceden karıştırılmış polimer ile iyileştirilmiş olacak ve elde edilecek karışım kuru veya akıcı kıvamda olabilmekle beraber segregasyon olmayacaktır. Elde edilecek karışım pratik olarak rötire yapmayacak nitelikte olacak ve karışım suyu ağırlığı/hazır karışım ağırlığı oranı 0.2'yi aşmayacak ve malzemenin toplam klorür iyon içeriği çimento ağırlığının %0.3'ünü aşmayacaktır. Tamir harcı veya betonuna ait minimum (15x30) cm silindir basınç mukavemet değerleri 1 günde (24 saat), 3 günde, 7 günde, 28 günde sırası ile 150 kg/cm², 250 kg/cm², 300 kg/cm², 400 kg/cm²'den az olmayacaktır. Çimento dozu da 400 kg/cm³'den az olmayacaktır. Harçtaki sodyum oksit içeriği sınırlandırılmış olacak veya betonda bozulma ve çatlaklara neden olabilecek şekilde çimento (alkali), agrega (silis) reaksiyonuna girebilecek agrega kullanılmayacaktır. Reaktif agregalar konusunda gerektiğinde İdare'ye danışılması zorunludur.
- Tamir betonunda kalsiyum klorür veya klorür tuzları içeren katkı malzemeleri kullanılmayacaktır. 5 cm'den fazla derin olmayan ve bireysel alanı yaklaşık 3 m²'den fazla geniş olmayan yüzeysel arıza ve bozuklukların düzeltilmesi ve benzeri küçük hacimli işlerle belirli oranda su ile karıştırılmış hazır tamir harç karışımı; kısaca, "özel tamir harcı" kullanılacak ancak daha büyük hacimli işlerde (küçük çapta yeniden beton dökülmesi gereken işlerde) su ile karıştırılmış hazır tamir beton karışımı; kısaca "özel tamir betonu" kullanılacaktır. Karışım suyu içilecek vasıfta olmalıdır.
- Karışım +5°C'den daha düşük ısılarda karılmayacaktır veya yerleştirilmeyecektir. Isının düşmekte olmamasına dikkat edilecektir. Karıştırma ve yerleştirme işlemleri imalatçı firmanın talimatlara uygun olarak yapılacak ve hızlandırıcı veya başka etkisi olan hiçbir katkı malzemesi kullanılmayacaktır. Hazır tamir harç malzemesi idarece

verilecek, karışım oranlarına göre plastik (tixotropik) kıvamda olacak şekilde yatay düzlemde dönen 0.1-0.15 m³ hacimli ve içinde karıştırıcı demir çubukları bulunan bir kovanın içinde aşamalarla verilecek su ile karıştırılacaktır. Su için yaklaşık 2 litre kapasiteli ve ölçekli bir kap kullanılacaktır.

- Tamir harç veya tamir betonu malzemeleri el ile karıştırılmayacaktır. Tamir ve onarımı bitmiş yüzeyler yeterince sertleşinceye kadar sudan korunacaktır. Onarılan kısımlar en az 3 gün müddetle yüzeye su serpmeye ve politen örtü (muşamba) ile korunmak suretiyle kür edilecektir. Kontrol mühendisi onayı alınarak başka bir kür yöntemi de kullanılabilir. Yüzey mala ile düzeltilecek ve düzgün ve homojen bir yüzey elde edilmiş olacaktır.
- Tamir betonu uygulanmadan önce tamir alanları toz, gevşek malzeme, moloz vb. maddelerden basınçlı su püskürtülmesi, basınçlı hava veya uygun mekanik fırçalama yöntemleri ile arındırılmış olacaktır.
- Tamir betonu ancak uygun yüzey ve hava şartlarında uygulanacaktır. Özel önlemler alınmadığı takdirde +5°C'den düşük ısı derecelerinde veya ortam sıcaklığı düşmekteyken +5°C ısı derecesine ulaşıldığında tamir betonu uygulanmayacaktır veya durdurulacaktır. Sıcak havalarda tamir betonu uygun kür ortamı sağlanmak suretiyle çok çabuk kuruma ve su kayıplarından korunmuş olacaktır. Tamir betonları düşük ısı derecelerine ve don olayına karşı korunacak ve kontrol mühendisince uygun görülecek bir yöntemle kür edilecektir.
- Tamir betonu akıcı kıvamda olacaktır ve vibre edilmeyecektir.
- Tamir betonu uygulamalarında kullanılacak kalıplar yaş betonun hidrostatik basıncına karşı dayanıklı ve su geçirmez olacak ve tamir betonunun dökülmesine imkân verecek şekilde olacaktır. Kalıpların betonla temas eden iç yüzeyleri uygun şekilde rendelenmiş ve yağlanmış olacaktır. Beton dökülmeden önce, sağlam (ana) beton yüzeyinin tamamı doygün kıvamda ıslanmış olacak, ancak yüzey suları bulunmayacaktır. Fazla yüzey suları atılacaktır. Tamir betonu kalıplara hiç vakit kaybetmeksizin bir an önce dökülecektir. Ucu lastik bir tokmakla kalıba

hafifçe vurmak suretiyle kalıp iç yüzeyinde birikmiş hava kabarcıkları serbest bırakılmış olacaktır. Kalıplar 250 kg/cm^2 silindir basınç dayanımı değerine erişmeden önce sökülmecektir.

- Tamir betonlarında vibrasyon yapılmayacaktır ve yapıştırıcı astar kullanılmayacaktır. Tamir harçları uygulanmadan önce mevcut betonun yeni uygulanacak tamir harçları ile birbirine yeterli aderans sağlamasını temin etmek için önceden hazırlanmış bulunan beton yüzeylere yapıştırıcı astar malzeme sürülecektir. Yapıştırıcı astar malzeme özellikleri: nem toleranslı, düşük viskoziteli, pigmentsiz, şeffaf yapıştırıcı astar kullanılacaktır. Bu astar malzemesinin basınç, çekme ve eğilme mukavemeti ile betona yapışma aderans gücü sırası ile en az 600, 150, 250 ve 20 kg/cm olmalıdır. Yapıştırıcı astar tabaka deliksiz olarak tüm demir yüzeyi örtecek ve minimum 500 mikron (0.5 mm) kalınlıkta olacaktır. Astar harç malzemeleri imalatçı tarifine göre ve homojen bir renk ve kıvam elde edilecek şekilde karıştırılmalıdır.

D. Zemin Ve Deprem Parametreleri

Statik analizlerde kullanılan zemin ve deprem parametreleri, TBDY (2018)'ndeki kriterler dikkate alınarak, Şekil 58'deki gibi tanımlanmıştır. İlgili değerlere ait detaylar, bu bölümde sunulmuştur.

Yerel Zemin Sınıfı	ZD
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-1, DD-3
Deprem Haritası Spektral İvme Katsayıları (g) DD-1	$S_5 = 1.426, S_1 = 0.398$
Deprem Haritası Spektral İvme Katsayıları (g) DD-3	$S_5 = 0.322, S_1 = 0.094$

Şekil 58. Analiz parametreleri

E. Mevcut Durumun Statik Analiz Ve Tahkikleri

1. Statik Analiz Kabulleri ve Modeli

Statik analizlerde kullanılan parametreler, TBDY (2018)'ndeki kriterler dikkate alınarak, şekil 59'daki gibi tanımlanmıştır. İlgili değerlere ait detaylar, bu bölümde sunulmuştur.

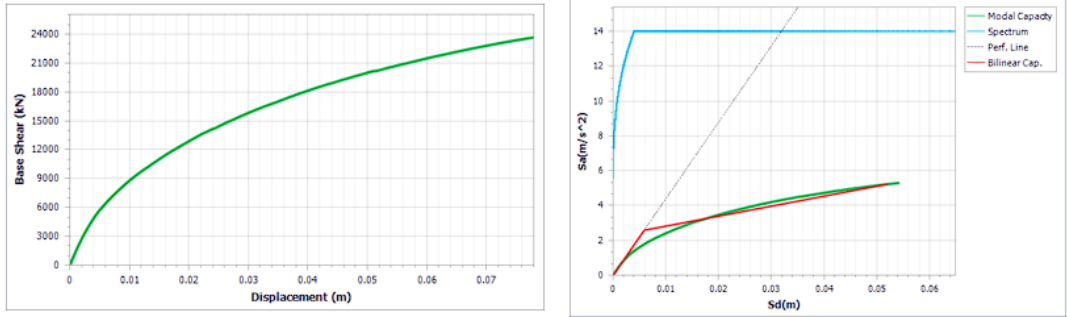
Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayısı (I)	1, 1.5
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	0.60
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1a
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	5

Şekil 59. Analiz parametreleri

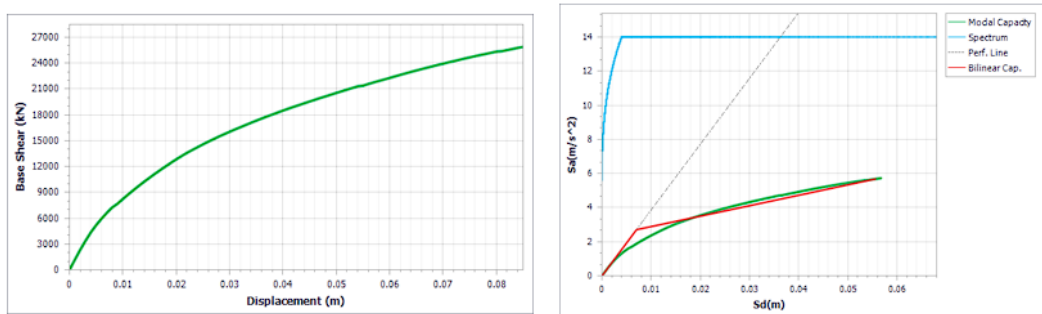
a. Performans Analizi Sonuçları

i. DD-1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi İçin (Kontrollü Hasar Performans Seviyesi) Performans Analizi Sonuçları

Analizler sonucunda elde edilen 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem (DD-1 deprem yer hareketi düzeyi) için Şekil 60 ve Şekil 61’de (Kontrollü Hasar performans seviyesi) taban kesmesi – tepe yer değiştirmesi ve talep spektrumu – kapasite diyagramları sunulmuştur.



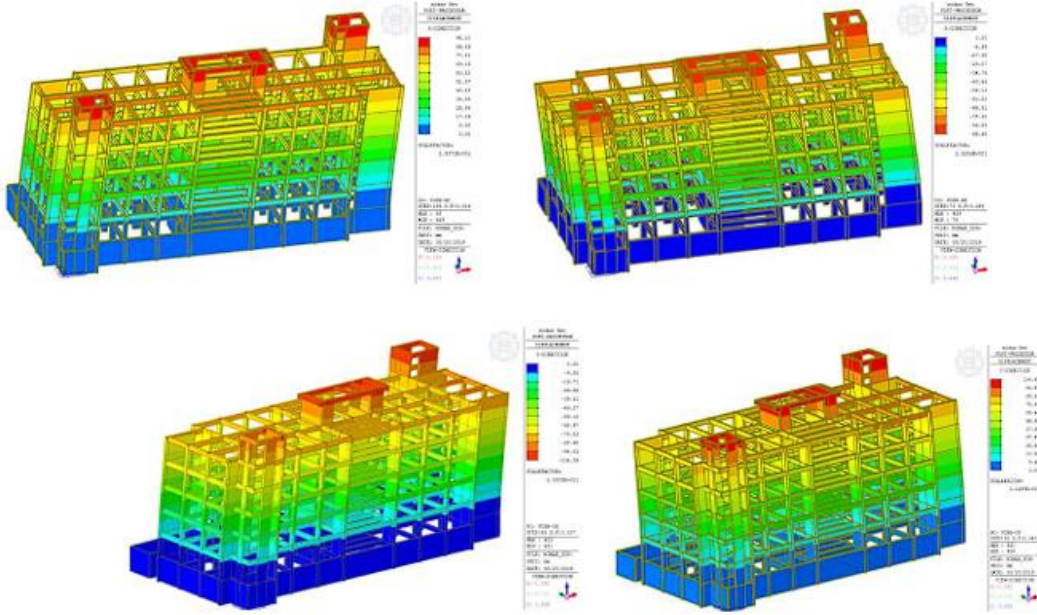
Şekil 60. X yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri



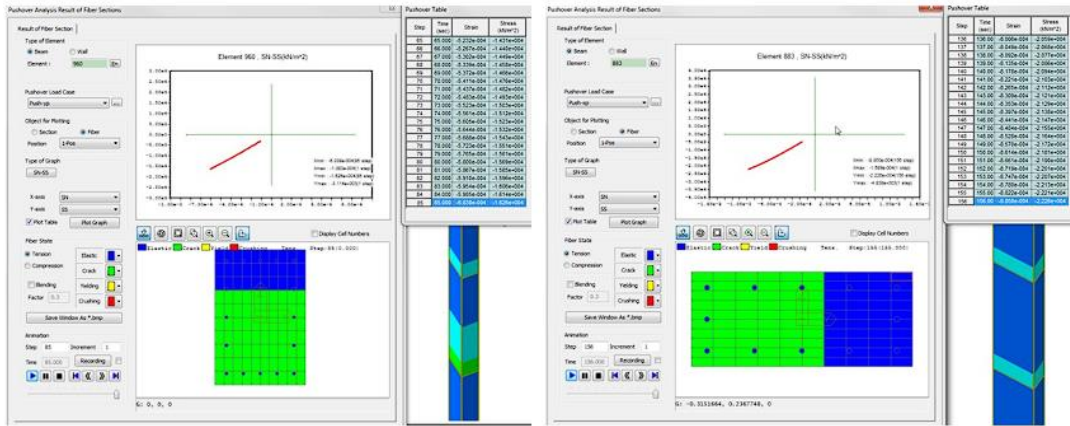
Şekil 61. Y yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri

Yapının deprem etkileri altında, performans noktalarında yaptığı yatay yer değiştirmeler Şekil 62’de gösterilmiştir. Yapının performans noktasında, 960 ve 883 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değiştirmeler, örnek olarak Şekil 63’te verilmiştir. Tüm katlar için analizlerden elde edilen

sonuçlar ve yapının performans değerlendirmeleri düşey ve yatay taşıyıcı elemanlar için sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilmiş olup, detayları Ek-01’de sunulmuştur.



Şekil 62. Yapının x (üst) ve y (alt) yönü deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri



Şekil 63. Yapının performans noktasında 960 ve 883 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değiştirmeler

Çizelge 1. Düşey taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları (TBDY, 2018)

Düşey Taşıyıcı Elemanlar (Kolonlar ve Perdeler)				
Kat	Madde 15.8.4 (b) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 (c) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 Gevreklik Kontrolü Betonarme	Hedef Performans Düzeyi (KH)
BK	√	√	X	X
ZK	√	√	X	X
1	√	√	X	X
2	√	√	X	X
3	√	√	√	√
4	√	√	√	√
5	√	√	√	√

Çizelge 2. Yatay taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları (TBDY, 2018)

Yatay Taşıyıcı Elemanlar (Kirişler)			
Kat	Madde 15.8.4 (a) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 Gevreklik Kontrolü Betonarme	Hedef Performans Düzeyi (KH)
BK	√	√	√
ZK	√	√	√
1	X	√	X
2	X	√	X
3	X	√	X
4	√	√	√
5	√	√	√

F. Güçlendirilmiş Durumun Statik Analiz Ve Tahkikleri

1. Statik Analiz Kabulleri ve Modeli

Güçlendirilmiş durum statik analizlerde kullanılan parametreler, TBDY (2018)'ndeki kriterler dikkate alınarak, Çizelge 3'teki gibi tanımlanmıştır. İlgili değerlere ait detaylar, bu bölümde sunulmuştur.

Çizelge 3. Analiz parametreleri

Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayısı (I)	1, 1.5
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	0.60
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1a
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	5

a. Yapısal Parametreler

i. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayıları (BKS ve I)

Mevcut bina, öğrenci yurdu amaçlı kullanıldığından dolayı, TBDY (2018)'nde "Deprem sonrası kullanımı gereken binalar..." olarak belirtilen sınıfta değerlendirilmiş olup, bina kullanım sınıfı (**BKS**) = **1**, **bina önem katsayısı (I)** = **1.5** olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY, 2018)

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar(Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları veterminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.	1.5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, sportesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS=3	Diğerbinalar BKS=1ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri	1.0

ii. Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)

Mevcut bina, öğrenci yurdu amaçlı kullanıldığından dolayı, TBDY 2018'e göre **hareketli yük kütle katılım katsayısı (n)** = **0.60** olarak belirlenmiştir.

iii. Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)

TBDY (2018)'nde verilen kriterler ile mevcut binanın, hesaplanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDS) ve bina kullanım sınıfı (BKS) dikkate alınarak, **deprem tasarım sınıfı (DTS)=1a** olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY, 2018)

DD-2 göre Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (SDS)	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS=1	BKS=2,3
SDS<0.33	DTS=4a	DTS=4
0.33≤SDS<0.50	DTS=3a	DTS=3
0.50≤SDS<0.75	DTS=2a	DTS=2
0.75≤SDS	DTS=1a	DTS=1

iv. Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)

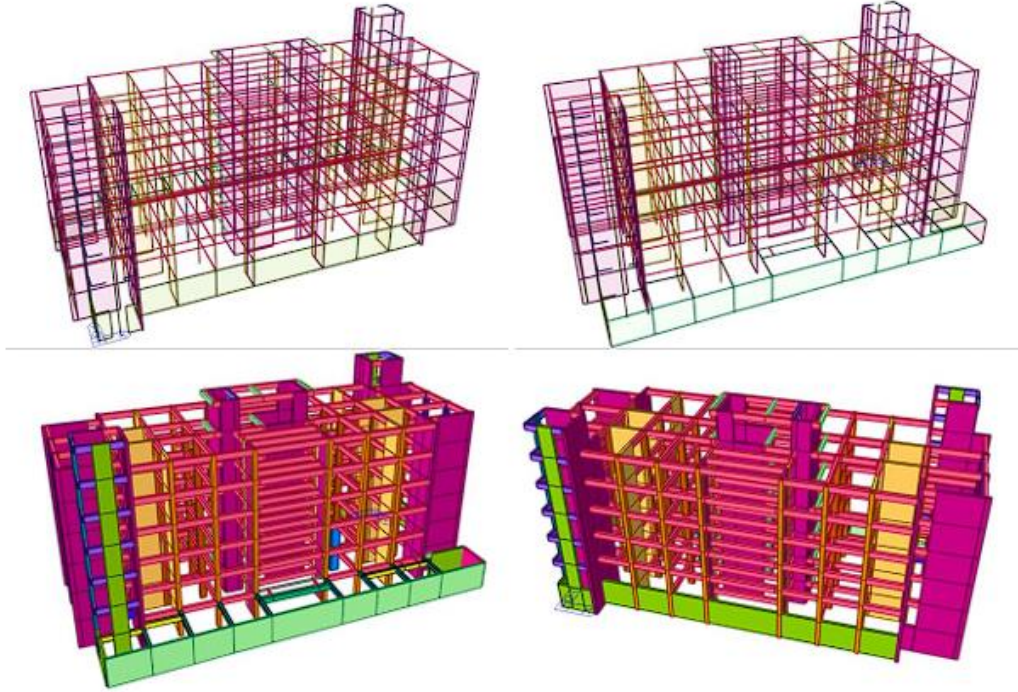
TBDY (2018)'nde verilen kriterler ile mevcut binanın, deprem tasarım sınıfı ve yüksekliği dikkate alınarak, **bina yükseklik sınıfı (BYS)=5** olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018)

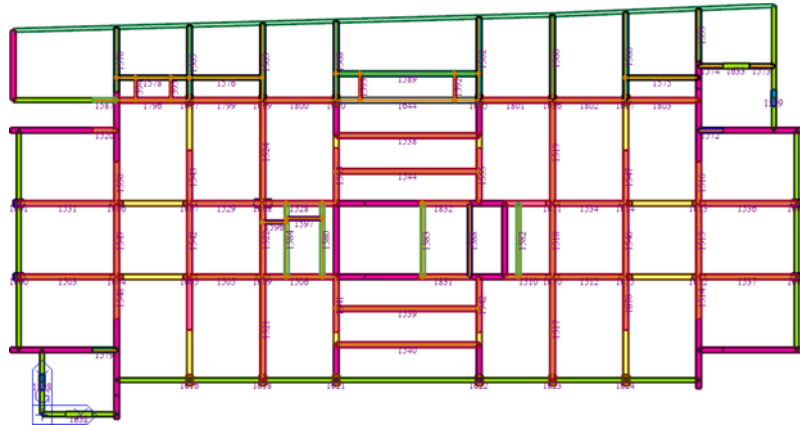
Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS=1,1a,2,2a	DTS=3,3a	DTS=4,4a
BYS =1	$HN >70$	$HN >91$	$HN >105$
BYS =2	$56 < HN \leq 70$	$70 < HN \leq 91$	$91 < HN \leq 105$
BYS =3	$42 < HN \leq 56$	$56 < HN \leq 70$	$56 < HN \leq 91$
BYS=4	$28 < HN \leq 42$	$42 < HN \leq 56$	
BYS =5	$17.5 < HN \leq 28$	$28 < HN \leq 42$	
BYS =6	$10.5 < HN \leq 17.5$	$17.5 < HN \leq 28$	
BYS =7	$7 < HN \leq 10.5$	$10.5 < HN \leq 17.5$	
BYS =8	$HN \leq 7$	$HN \leq 10.5$	

b. Statik Analiz Model

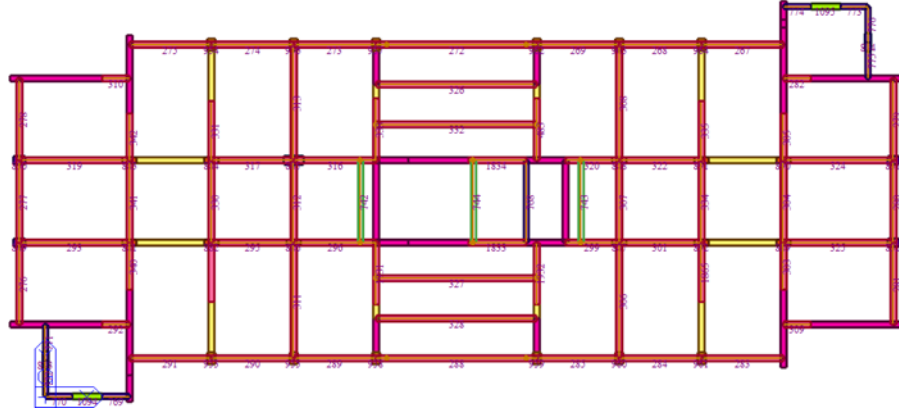
İnceleme konusu yapı, tarafımıza iletilen bilgi ve dokümanlar ile yerinde yapılan incelemeler sonucundaki bulgular da dikkate alınarak bir sonlu elemanlar programı vasıtasıyla statik güçlendirme projesindeki durumu yaklaşık olarak temsil edecek şekilde modellenmiş ve yapının deprem performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 64~Şekil 71’de yapının bir sonlu elemanlar programı ile hazırlanan 3 boyutlu statik analiz modeli ve bu modeldeki kat planları verilmiştir.



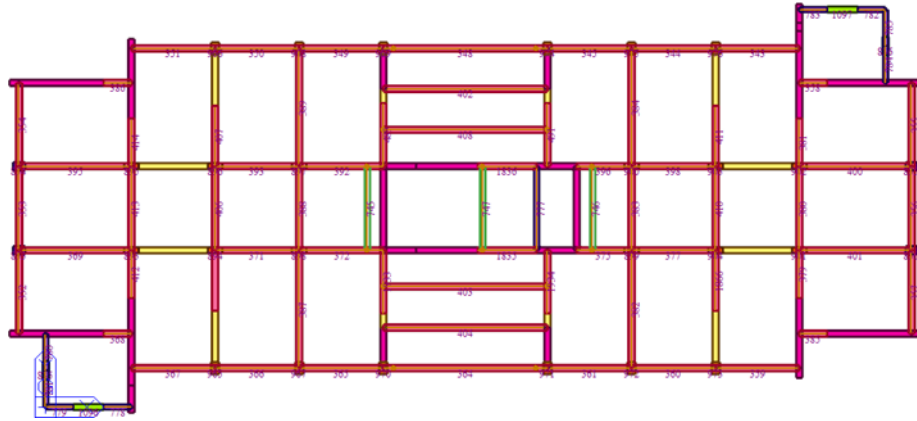
Şekil 64. Yapının 3 boyutlu sonlu elemanlar statik analiz modeli



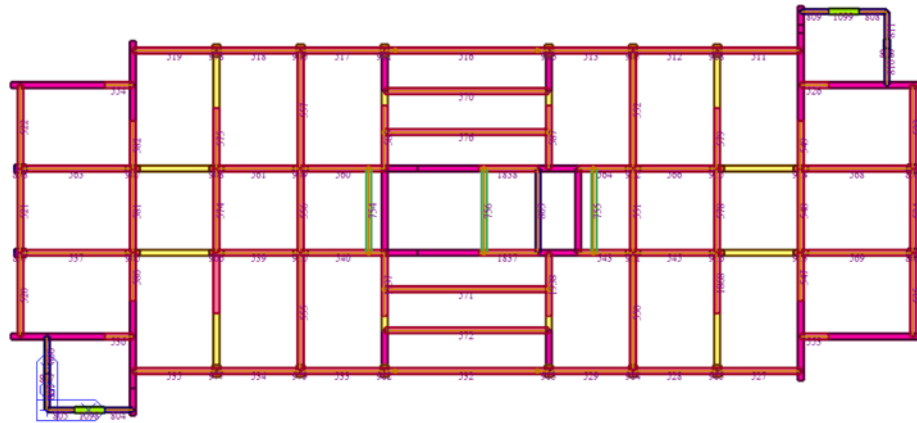
Şekil 65. Statik analiz modelinde yapının bodrum kat tavan kalıp planı



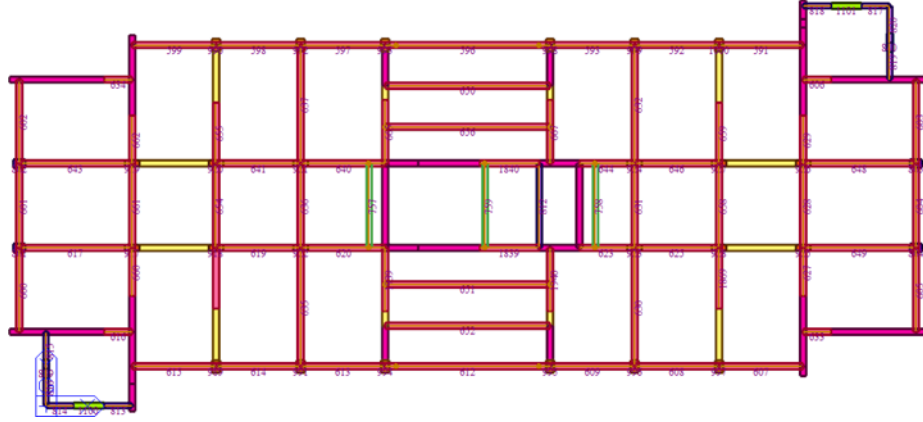
Şekil 66. Statik analiz modelinde yapının zemin kat tavan kalıp planı



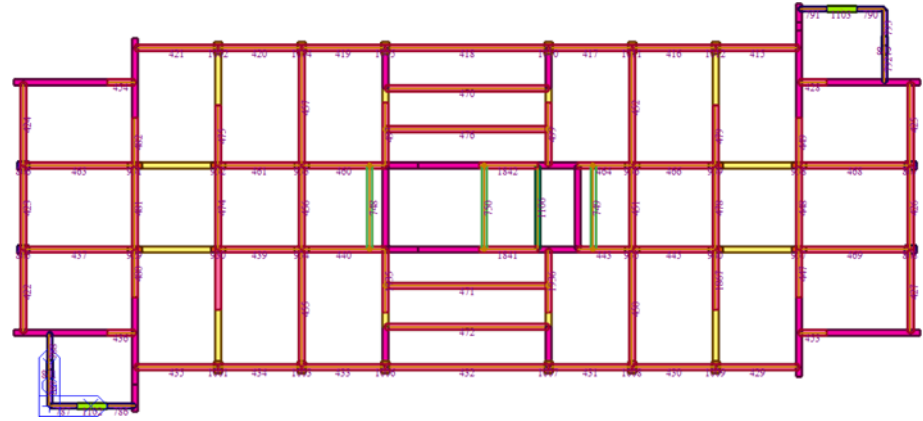
Şekil 67. Statik analiz modelinde yapının 1. normal kat tavan kalıp planı



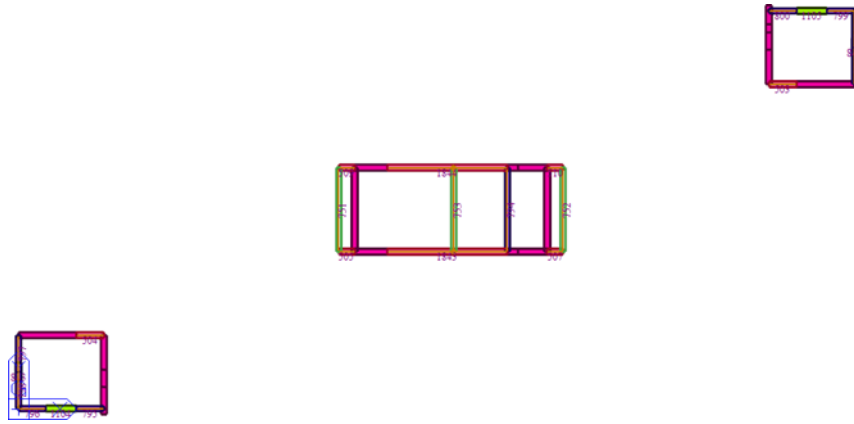
Şekil 68. Statik analiz modelinde yapının 2. normal kat tavan kalıp planı



Şekil 69. Statik analiz modelinde yapının 3. normal kat tavan kalıp planı



Şekil 70. Statik analiz modelinde yapının 4. normal kat tavan kalıp planı



Şekil 71. Statik analiz modelinde yapının çatı kat tavan kalıp planı

2. Betonarme Yapısal Sistemin Analiz ve Tahkiki

a. Malzeme Bilgileri

Güçlendirilen elemanların malzeme değerleri Çizelge 7~Çizelge 10'da verilmiştir

Çizelge 7. Kiriş Kumaş CFRP

Malzemenin Yapısı	Karbon
Elastisite Modülü (N/mm ²)	245000
Çekme Dayanımı (N/mm ²)	4900
Kopmada Uzama (%)	2.0
Kalınlık (mm)	0.168

Çizelge 8. Perde Lamine CFRP-Alternatif-1

Malzemenin Yapısı	Karbon
Elastisite Modülü (N/mm ²)	160000
Çekme Dayanımı (N/mm ²)	1500
Kopmada Uzama (%)	0.85
Kalınlık (mm)	4.9

Çizelge 9. Perde Lamine CFRP-Alternatif-2

Malzemenin Yapısı	Karbon
Elastisite Modülü (N/mm ²)	155000
Çekme Dayanımı (N/mm ²)	1500
Kopmada Uzama (%)	1.0
Kalınlık (mm)	2.5

Çizelge 10. Yeni Betonarme Perde

Beton	C35
Donatı	S420

b. Performans Analizi Kabulleri

Yapının performans analizleri TBDY (2018)'nde verilen kriterlere göre gerçekleştirilmiştir. Malzeme dayanımları, malzeme katsayılarına bölünmemiş olup eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılmıştır (TBDY, 2018) (Bölüm 15.2.12-b). Yapı bilgi düzeyi sınırlı bilgi düzeyi olarak kabul edilmiş ve buna uygun olarak bilgi düzeyi katsayısı 1.00 alınmıştır. Performans seviyesini belirlemek amacıyla TBDY (2018) Bölüm 15.6'da belirtilen, doğrusal olmayan statik itme analizi yöntemi seçilmiştir. Seçilen yöntem doğrultusunda ivme spektrumuna deprem yükü azaltma katsayısı [Ra(T)] etkitilmemiş olup, taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı

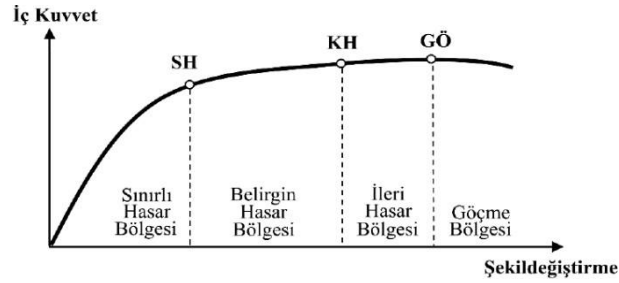
katsayıları (R ve D) doğrusal olmayan analiz yöntemi neticesinde kullanılmamıştır. Analizlerde düşey taşıyıcı elemanlara yayılı plastik mafsallar (fiber), yatay taşıyıcı elemanlara ise yığılı plastik mafsallar tanımlanmıştır. Mevcut yapı için Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından 19.03.2018 tarih ve 30364 sayılı R.G. ile yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 15'e göre kullanım amacına uygunluğunu gösterir performans analizi yapılmıştır. Yapının 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem (DD-1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi) için "Kontrollü Hasar Performans Hedefi" ve 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem (DD-3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi) için "Sınırlı Hasar Performans Hedefi" koşullarını sağlaması gerekmektedir. Değerlendirme yaklaşımı olarak "Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme/Tasarım" Çizelge 11'e göre belirlenmiştir. Mevcut binalarda kontrollü hasar performans düzeyinin sağlanması için TBDY (2018) Bölüm 15.8.4'te sunulan kriterlere göre yapısal elemanlardaki hasar tahkikleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 11. Farklı deprem düzeylerinde mevcut binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (TBDY, 2018)

DepremYer H.Düzeyi	DTS=1,1a(1),2,2a(1),3,3a,4,4a		DTS=1a(2), 2a(2))	
	NormalPerfor mansHedefi	Değerlendirme/Tas arımYaklaşımı	İleriPerf ormans	Değerlendirme/Tas arımYaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT(5)	KH	DGT(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

"Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme" yaklaşımında, yönetmelikte tanımlanan kesit hasar bölgeleri Şekil 72'de verilmiştir. Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç hasar durumu ve hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ) durumları ve bunların sınır değerleridir. Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı, göçme öncesi hasar durumu ise kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir. Kritik kesitlerinin hasarı SH'ya ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar (SH) Bölgesi'nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar

Belirgin Hasar (BH) Bölgesi'nde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar İleri Hasar (İH) Bölgesi'nde, GÖ'yü aşan elemanlar ise Göçme (GÇ) Bölgesi'nde yer almaktadırlar. Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda yayılı plastik mafsal tanımlanan elemanlar için çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılmıştır.



Şekil 72. Kesit hasar bölgeleri

Betonarme binaların performans düzeyine, Madde 15.8.4'te belirtilen ve aşağıda sunulan kriterler ile karar verilmiştir. İlgili maddeye göre;

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35'i ve düşey elemanların (kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş bölme duvarlar) aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı, İleri Hasar (İH) Bölgesi'ne geçebilir. Çelik ve prefabrike betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.

İleri Hasar (İH) Bölgesi'ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar (İH) Bölgesi'ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar (SH) Bölgesi veya Belirgin Hasar (BH) Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar (BH) Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

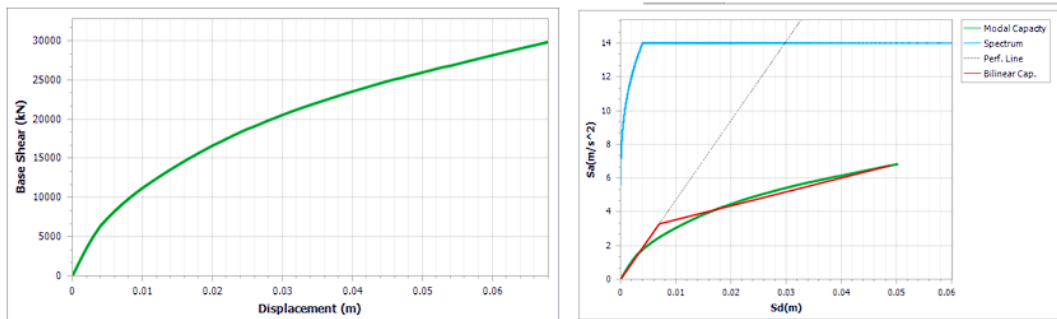
Gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi'ndedir.

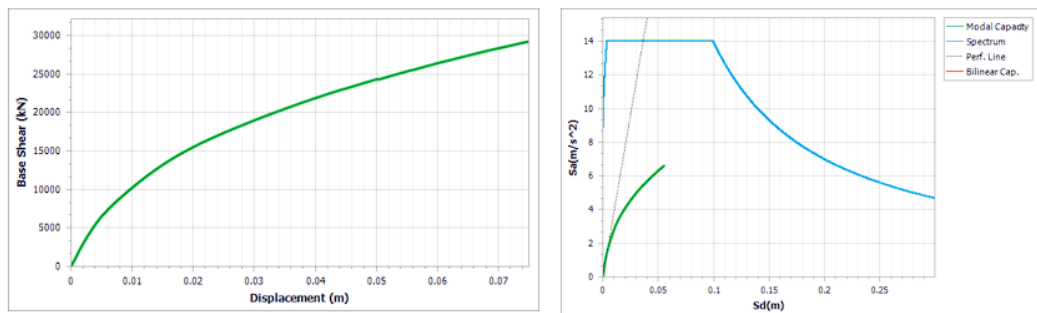
c. Performans Analizi Sonuçları (DD-1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi İçin)

i. DD-1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi İçin (Kontrollü Hasar Performans Seviyesi) Performans Analizi Sonuçları

Analizler sonucunda elde edilen 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem (DD-1 deprem yer hareketi düzeyi) için Şekil 73 ve Şekil 74'te (Kontrollü Hasar performans seviyesi) taban kesmesi – tepe yer değiştirmesi ve talep spektrumu – kapasite diyagramları sunulmuştur.



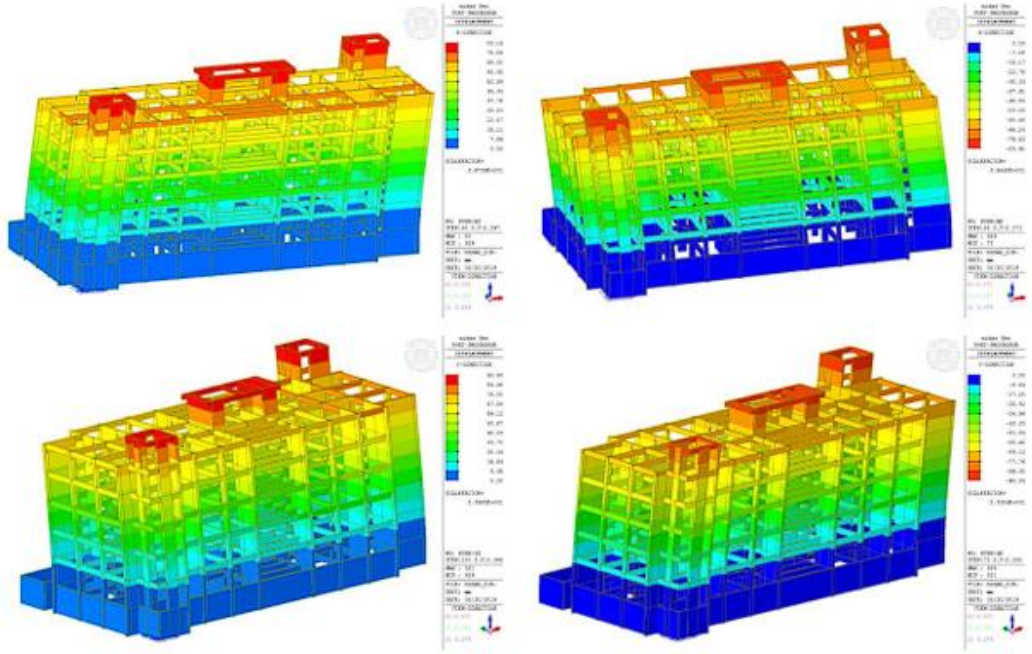
Şekil 73. X yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri



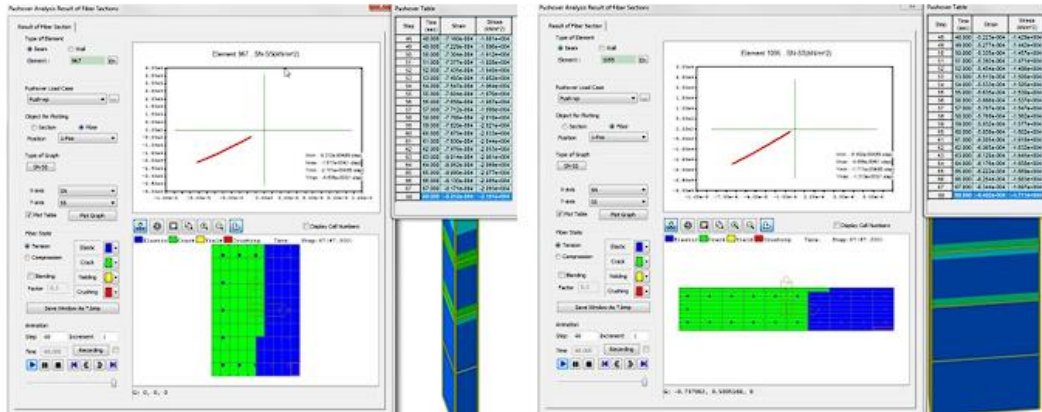
Şekil 74. Y yönünde taban kesme-tepe yer değiştirmesi ve talep-kapasite grafikleri

Yapının deprem etkileri altında, performans noktalarında yaptığı yatay yer değiştirmeler Şekil 75'te gösterilmiştir. Yapının performans noktasında, 967 ve 1095 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değiştirmeler, örnek

olarak Şekil 76’da verilmiştir. Tüm katlar için analizlerden elde edilen sonuçlar ve yapının performans değerlendirme düşey ve yatay taşıyıcı elemanlar için sırasıyla Çizelge 12 ve Çizelge 13’te verilmiştir.



Şekil 75. Yapının x (üst) ve y (alt) yönü deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri



Şekil 76. Yapının performans noktasında 967 ve 1095 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değiştirmeler

Çizelge 12. Düşey taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları (TBDY, 2018)

Düşey Taşıyıcı Elemanlar (Kolonlar ve Perdeler)				
Kat	Madde 15.8.4 (b) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 (c) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 Gevreklik Kontrolü Betonarme	Hedef Performans Düzeyi (KH)
BK	√	√	√	√
ZK	√	√	√	√
1	√	√	√	√
2	√	√	√	√
3	√	√	√	√
4	√	√	√	√
5	√	√	√	√

Çizelge 13. Yatay taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları (TBDY, 2018)

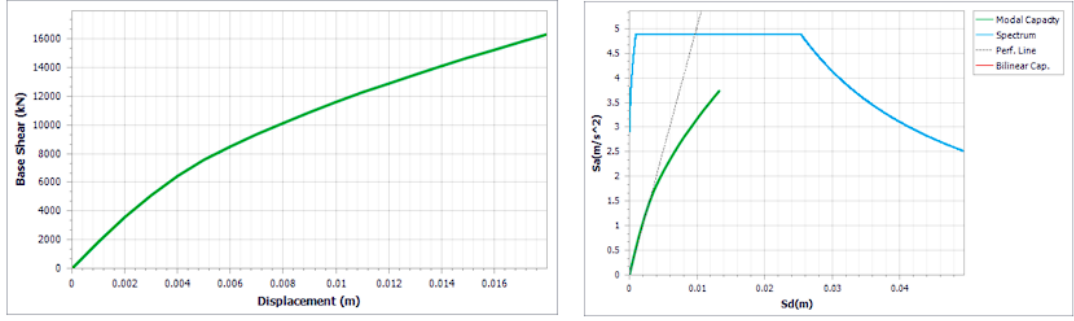
Yatay Taşıyıcı Elemanlar (Kirişler)			
Kat	Madde 15.8.4 (a) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 Gevreklik Kontrolü Betonarme	Hedef Performans Düzeyi (KH)
BK	√	√	√
ZK	√	√	√
1	√	√	√
2	√	√	√
3	√	√	√
4	√	√	√
5	√	√	√

d. Performans Analizi Sonuçları (DD-3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi İçin)

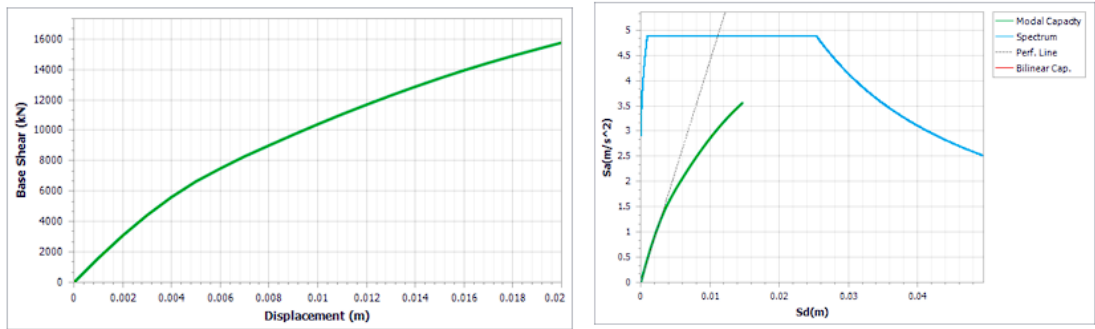
i. DD-3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi İçin (Sınırlı Hasar Performans Seviyesi)

Performans Analizi Sonuçları

Analizler sonucunda elde edilen 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem (DD-3 deprem yer hareketi düzeyi) için Şekil 77 ve Şekil 78’de (Sınırlı Hasar performans seviyesi) taban kesmesi – tepe yer değiştirmesi ve talep spektrumu – kapasite diyagramları sunulmuştur.

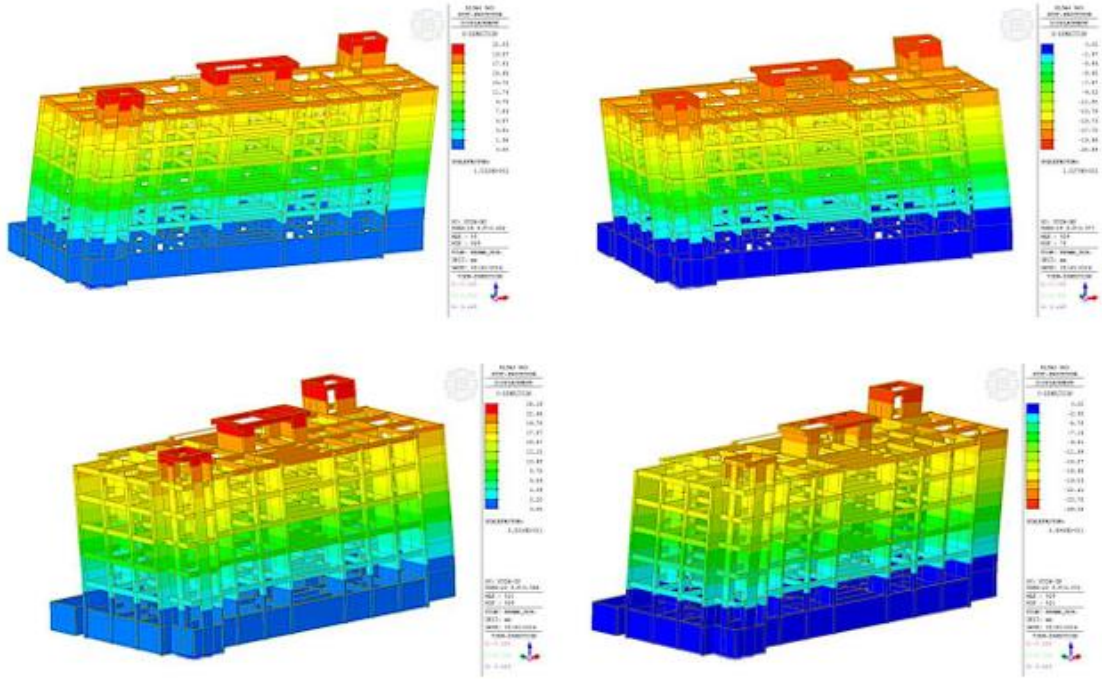


Şekil 77. X yönünde taban kesme-tepe yer değıştirmesi ve talep-kapasite grafikleri

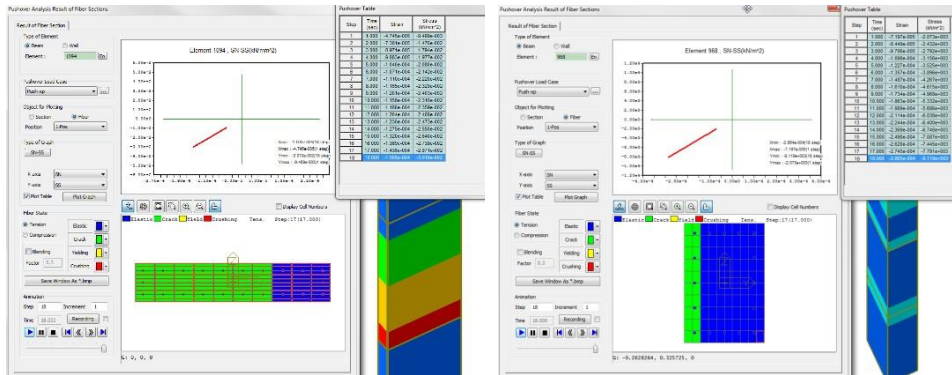


Şekil 78. Y yönünde taban kesme-tepe yer değıştirmesi ve talep-kapasite grafikleri

Yapının deprem etkileri altında, performans noktalarında yaptığı yatay yer değıştirmeler Şekil 79’da gösterilmiştir. Yapının performans noktasında, 1094 ve 968 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değıştirmeler, örnek olarak Şekil 80’de verilmiştir. Tüm katlar için analizlerden elde edilen sonuçlar ve yapının performans değlendirmeleri düşey ve yatay taşıyıcı elemanlar için sırasıyla Çizelge 14 ve Çizelge 15’te verilmiş olup, detayları Ek-02’de sunulmuştur.



Şekil 79. Yapının x (üst) ve y (alt) yönü deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri



Şekil 80. Yapının performans noktasında 1094 ve 968 numaralı kolon kesitlerinin fiberlerinde meydana gelen şekil değiştirmeler

Çizelge 14. Düşey taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları (TBDY, 2018)

Düşey Taşıyıcı Elemanlar (Kolonlar ve Perdeler)				
Kat	Madde 15.8.4 (b) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 (c) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 Gevreklik Kontrolü Betonarme	Hedef Performans Düzeyi (SH)
BK	√	√	√	√
ZK	√	√	√	√
1	√	√	√	√
2	√	√	√	√
3	√	√	√	√
4	√	√	√	√
5	√	√	√	√

Çizelge 15. Yatay taşıyıcı elemanlar için performans analizi sonuçları (TBDY, 2018)

Yatay Taşıyıcı Elemanlar (Kirişler)			
Kat	Madde 15.8.4 (a) Şekildeğiştirme Kontrolü Betonarme	Madde 15.8.4 Gevreklik Kontrolü Betonarme	Hedef Performans Düzeyi (SH)
BK	√	√	√
ZK	√	√	√
1	√	√	√
2	√	√	√
3	√	√	√
4	√	√	√
5	√	√	√

III. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

İnceleme konusu yapı için, tarafımıza iletilen bilgi ve belgeler arasında bulunan beton ve donatı tespit raporları, statik proje, eski tarihli statik güçlendirme projesi, yeni tarihli statik güçlendirme projesi, mimari proje ve yerinde yapılan gözlemsel incelemeler esas alınarak

Binanın mevcut durumundaki hasarlar ile ilgili değerlendirmeler:

- Yerinde yapılan gözlemsel incelemelerde bazı taşıyıcı olmayan elemanlarda (duvarlar, fayans ve kaplama elemanları) farklı geometrilerde (diyagonal, düşey) devam eden gözle görülebilir seviyede hasarlar tespit edilmiştir. Ayrıca taşıyıcı elemanlar (betonarme kolon, perde, kiriş) ile taşıyıcı olmayan iç duvarlar arasında kısmi çatlaklar gözlemlenmiştir. Bunların bazıları sadece kaplama ve sıvada, bazıları da dolgu duvar içerindedir. Bu hasarların türü, şekli ve dağılımı bina genelinde bir hareket olduğuna işaret etmektedir. Tarafımızca yapılan ilk değerlendirmede bu hareketin zemin yerdeğişmesi kaynaklı olduğu öngörülmekte olup kesin sonuç için detaylı bir zemin incelenmesi önerilmektedir.
- Yerinde yapılan gözlemsel incelemelerde, yapının taşıyıcı elemanları (betonarme perde, kolon ve kiriş) ve birleşimlerinin büyük çoğunluğunda gözle görülebilir seviyede bir yapısal hasara rastlanılmamıştır. Sadece bir adet perde ve kirişte kısmi çatlaklar gözlemlenmiş olup, bu hasarların sıva tabakasında olma ihtimali söz konusudur. Yukarı bahsedilen olası zemin yerdeğiştirmesi kaynaklı bina hareketinin yapısal elemanlara etkisi, yapı genelinde sınırlı seviyede kalmış olup yapısal elemanlar ve birleşimlerin büyük bir çoğunluğunda gözle görülebilir seviyede yapısal hasarlar mevcut değildir.
- Statik güçlendirme projesinde de belirtildiği üzere; inşaaata başlamadan önce, yapıda devam eden herhangi bir zemin yerdeğiştirmesi (oturma)

olmadığı teyit edilmelidir. Devam eden bir zemin yerdeğiştirmesi mevcut ise öncelikle yerdeğiştirme durdurulmalı ya da sınırlandırılmalı ardından güçlendirme projesi uygulanmalıdır.

- Tarafımıza başvuru sahibince yapının inşaat aşamasındaki fotoğrafları iletilmiş ve bu fotoğraflar incelendiğinde yapının inşası sırasında betonarme elemanlarda segregasyon hasarları, paspayı kusurları ve bazı kalıp hataları olduğu görölmüştür. İlgili kusurlar yerinde yapılan incelemeler kapsamında yapıdaki sıva ve kaplamalardan dolayı tespit edilememiştir. Söz konusu yapıda öncelikle segregasyon hasarları ve paspayı kusurları mevcut olan tüm elemanlar belirlenmeli ardından bu elemanlarda “Beton Onarımı” yapılması gerekmektedir. İş bu rapor içerisinde beton onarımı için yöntemler önerilmiştir.

IV. KAYNAKÇA

MAKALELER

- ANİL, Ö., ALTIN, S., (2007). **“An experimental study on reinforced concrete partially infilled frames”**, Engineering Structures, 29, 449-460.
- ARBOLEDA, D.F.G., CAROZZI, A., NANNI, C., (2016). **“Testing procedures for the uniaxial tensile characterization of fabric- reinforced cementitious matrix composites”**, Journal of Composite Construction 20 (3): 04015063.
- ASTERIS P.G., KAKALETSIS D.J., CHRYSOSTOMOU C.Z., SMYROU E.E, (2011). **“Failure Modes of In-filled Frames”**, Electronic Journal of Structural Engineering, 11 (1), 11-20.
- BARAN, M., TANKU, T T., (2011). **“Experimental Study on Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Frames by Precast Concrete Panels”**, ACI Structural Journal, 108(2), 227-237.
- BOURNAS, D.A., PAVESE, A., TIZANI, W, (2015). **“Tensile capacity of FRP anchors in connecting FRP and TRM sheets to concrete”**, Engineering Structure, 82 (1), 72–81.
- CABRAL, F.S, (2005). **“Polymeric composite material reinforced with fibers used in civil engineering Features and application”**, LNEC, Lisbon, Portuguese: Scientific and technical information.
- CELEP, Z., ERKEN, A., TASKİN, B, İLKİ, A., (2011). **“Failures of masonry and concrete buildings during the March 8, 2010 Kovancılar and Palu (Elâzığ) earthquakes in Turkey”**, Engineering Failure Analysis, 18(3), 868-889.
- DANİEL, A. POHORYLES, D., JOSE, M., TİZİANA, R., HUMBERTO, V, (2019). **“Seismic Retrofit Schemes with FRP for Deficient RC**

- Beam–Column Joints: State-of-the-Art Review**”, Journal of Composites for Construction, vol. 23.
- DAZIO, A., BUZZINI, D., TRÜB, M., (2008). **‘Nonlinear cyclic behavior of hybrid fiber concrete structural walls’**, Engineering Structures, 30, 3141–50.
- DINDAR, B., (2020). **‘Metal-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT Sandviç Panellerin Eğilme Davranışlarının Deneysel Olarak Araştırılması’**, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 249-253.
- DOGANGÜN, A., (2004). **‘Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey’**, Engineering Structures 26(6), 841-856.
- ERBERİK, M.A., (2008). **‘Fragility-based assessment of typical mid- rise and low-rise RC buildings in Turkey’**, Engineering Structure 30(5), 1360–1374.
- GHOBARAH, A., SAİD, A., (2002). **‘Shear strengthening of beam- column joints’**, Engineering Structures, 24(7), 881–888. 1052.
- HAWİLEH, R.A., NAWAZ, W., ABDALLA, J.A., (2018). **‘Flexural behavior of reinforced concrete beams externally strengthened with Hardwire Steel-Fiber sheets’**, Construction and Building Materials, 172, 562–73.
- HOLLAWAY, L.C., (2010). **‘A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties’**, Construction and Building Materials, 24(12), 2419–45.
- İLKİ, A., BEDİRHANOĞLU, I., KUMBASAR N, (2011). **‘Behavior of FRP-Retrofitted Joints Built with Plain Bars and Low- Strength Concrete’**, Journal of Composites for Construction, 15(3), 312–326.
- KAPROŃ, M., VAN GEMERT, D., (2013). **‘Sustainable construction: challenges, contribution of polymers, research arena’**, Restoration Building Monuments, 19(2–3), 81–96.

- LAMPROS N.K., ZOÏ T., DIONYSIOS A., BOURNAS, THANASIS C., TRIANTAFILLOU T, (2019). **“Strengthening of Concrete Structures with Textile Reinforced Mortars: State-of-the-Art Review”**, Journal of Composite Construction, 23(1), 03118001.
- LAURA I., PATRICK P., RAMÍ E., JEAN P, (2014). **“Seismic behavior of synthetic fiber-reinforced circular columns”**, ACI Materials Journal, 111(1), 189-200.
- LÏU, H., ZHAO, X., AL-MAHAÏDÏ R., (2010). **“Effect of fatigue loading on bond strength between CFRP sheets and steel plates”**, International Journal of Structural Stability and Dynamics, 10(01), 1–20.
- LUBÏN, G., (1975). **“Handbook of fiberglass and advanced plastics composites”**, RE Krieger Publishing Company.
- MARAŞ, M.M. (2021). **“Betonarme Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan FRP Kompozitin Yapısal Performansa Etkisi”**, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (23), 108-119.
- MEÏER, U., (2012). **“Carbon fiber reinforced polymer cables: why? Why not? What if? Arabian Journal Science and Engineering”**, 37(2), 399–411. William F. Powers advanced materials and processes, 38–41.
- MUGAHED, Y., AMRANA, H., RAYED, A., RAÏZAL, S.M., RASHÏDD ALABDULJABBARA, H., HUNGE, CC., (2018). **“Properties and applications of FRP in strengthening RC structures: A review”**, Structures, 16, 208-238.
- NANNÏ A, (2001). **“North American design guidelines for concrete reinforcement and strengthening using FRP: Principles, applications and unresolved issues”**, Proceedings, International Conference of FRP Composites in Civil Engineering, Volume 1, Teng, J-G. (Ed.), ISBN 0-08- 043945-4, 61–72.

- OZKUL H., YILDIRIM H, (2000). **“Strengthening of Steel Reinforced Concrete Beams with FRP”**, Second Japan-Turkey Workshop on Repair and Strengthening.
- RASHEED, H., ABDALLA, JA., HAWİLEH, R., AL-TAMİMİ, A., (2017). **“Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Externally Bonded Aluminum Alloy Plates”**, Engineering Structures, 147(15), 473–85.
- SAHU N.P, (2014). **“Study on aramid fibre and comparison with other composite materials”**, International Journal for Innovative Research in Science & Technology, 1:303–6.
- TENG, J.G., CHEN, J. F., SMİTH, S. T., LAM, L., (2002). **“FRP strengthened RC structures”**, Front Physics, 266.
- ZHOU, J., Bİ F., WANG, Z., ZHANG, J., (2016). **“Experimental investigation of size effect on mechanical properties of carbon fiber reinforced polymer (CFRP) confined concrete circular specimens”**, Construction and Building Materials, 127, 643–52.

DİĞER KAYNAKLAR

- AFAD, 2019. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması.
- TBDY (2019). “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, Çevre Şehircilik Bakanlığı. Ankara.
- TS EN 12504, (2002). “Beton- Yapıda Beton Deneyle- Bölüm 1: Karot Numuneler- Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini”, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13791, (2010). “Basınç Dayanımlı Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini”, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS498, 1997, “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri”, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS500, 2000, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad: ZAHRAA NAEEM SAHIB AL-SAEDI

ÖĞRENİM DURUMU:

Yüksek Lisans: İstanbul Aydın Üniveristesi