



İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ

**İnşaat Mühendisliği
Yapı Performans Analizi ve
Güçlendirme**

1. Bölüm: Genel Bilgiler

İÇİNDEKİLER

1.	GİRİŞ	4
2.	BİNA TANIMI	4
2.1.	Yapı Konumu.....	6
2.2.	Yapı Fotoğrafları.....	6
3.	YAPI GENEL ÖZET TABLOSU.....	7
4.	MALZEME TESTLERİ.....	8
4.1.	Karot Deneyleri	8
4.2.	Donatı Tespit İşlemleri.....	9
5.	BİNA GENEL DURUMU.....	11
6.	ZEMİN ve TEMEL ETÜDÜ	13
7.	YAPI MODELİ	14
8.	MEVCUT DURUM ANALİZLERİ	15
8.1.	(DD-1) Mevcut Durum Bina Performans Özeti.....	21
8.2.	(DD-3) Mevcut Durum Bina Performans Özeti.....	23
9.	GÜÇLENDİRME ANALİZLERİ	26
10.	SONUÇ ve ÖNERİLER	29

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Yapı Tasarım Aşamaları

- Taşıyıcı sistem seçimi
- Kiriş tasarımı
- kolon tasarımı
- Döşeme seçimi
- Boyutları nasıl seçilir
- Kalıp planı hazırlanması ve çizimi
- Düzensizlikler
- Yapıya etkiyen yükler, yük analizi
- Modelleme, sınır değerler, analiz, çizim

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Ön İnceleme

- I. Ekipmanlar; Metre, Fener, Kağıt-Kalem, Eldiven, Çekiç, vb.
- II. Lokasyon; Gidilecek yerin adres bilgisi,
- III. Taşıyıcı Sistem Tespit Edilmesi; Yapının betonarme, çelik, ahşap, yığma yada karma olabilir. Bunula birlikte binanın kaç katlı olduğu, bodrum katın adeti, rijit katın belirlenmesi gibi.
- IV. Bina Projelerinin Talebi; Yapıya ait mimari betonarme-statik projelerinin talep edilmesi.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

GÜÇLENDİRME PROJESİ

Ön İnceleme

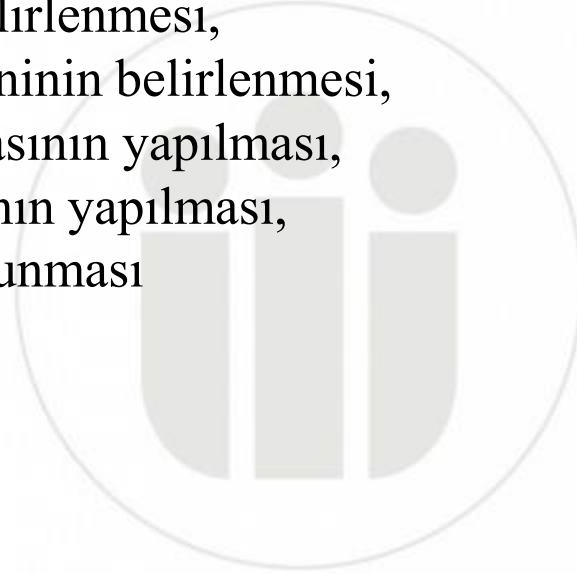
Ön Bilgiden Sonra;

- ❑ Bina Geometrisinin,
- ❑ Temel Sisteminin ve Zemin Özelliklerinin Saptanması,
- ❑ Varsa Mevcut Hasarın ve Evvelce Yapılmış Olan Değişiklik
- ❑ Onarım Var İse Belirlenmesi,
- ❑ Düzensizliklerin Belirlenmesi,
- ❑ Eleman Boyutlarının Ölçülmesi,
- ❑ Malzeme Özelliklerinin Saptanması,

1. Bölüm: Genel Bilgiler

Ön Bilgiden Sonra;

- Mimari ve statik röleve hazırlanması,
- Zemin etüt çalışmasının yapılması,
- Temel araştırmasının yapılması,
- Beton basınç dayanımının belirlenmesi,
- Mevcut donatı kalite ve düzeninin belirlenmesi,
- Mevcut durum analiz çalışmasının yapılması,
- Güçlendirme proje çalışmasının yapılması,
- Güçlendirme maliyetinin bulunması



1. Bölüm: Genel Bilgiler

□ Binalardan Bilgi Toplaması

Bilgi Düzeyleri

Bilgi düzeyleri *sınırlı* ve *kapsamlı* olarak sınıflandırılacaktır.

Sınırlı bilgi düzeyi'nde taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

Kapsamlı bilgi düzeyi'nde sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır.

Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

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

1. Bölüm: Genel Bilgiler

❑ Binalardan Bilgi Toplaması

Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

1. Bina Geometrisi:

- Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi elde edilecektir.
- Tüm betonarme elemanların ve bölme duvarlarının
 - Her kattaki yerini,
 - Malzemesini,
 - Eksen açıklıklarını,
 - Yüksekliklerini,
 - Boyutlarını içermelidir
- Binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

❑ Binalardan Bilgi Toplaması

Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

1. Bina Geometrisi:

- Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.
- Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir.
- Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

❑ Binalardan Bilgi Toplaması

Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

2. Eleman Detayları:

Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır.

- Her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların % 5'inin beton örtüsü sıyrılarak donatı tespiti yapılacaktır.
- Beton örtüsü sıyrılmayan perde ve kolonların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir.
- Her kattan bir adet kirişin beton örtüsü sıyrılacaktır.

Donatı Gerçekleşme Katsayısı = Mevcut Donatı / Minimum Donatı

1. Bölüm: Genel Bilgiler

❑ Binalardan Bilgi Toplaması

Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

2. Eleman Detayları:

Donatı Gerçekleşme Katsayısı = Mevcut Donatı / Minimum Donatı

- Perde ve kolon kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz.
- Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm perde ve kolonlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.
- Kirişler için yalnızca düşey tasarım yükleri altında gerekli olan donatı kullanılacaktır.

NOT : Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalıdır.

1. Bölüm: Genel Bilgiler

❑ Binalardan Bilgi Toplaması

Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

3. Malzeme Özellikleri:

Her katta kolonlardan veya perdelerden en az **üç adet** beton örneği alınarak deney yapılacaktır.

Toplam Örnek Sayısı Üç İse

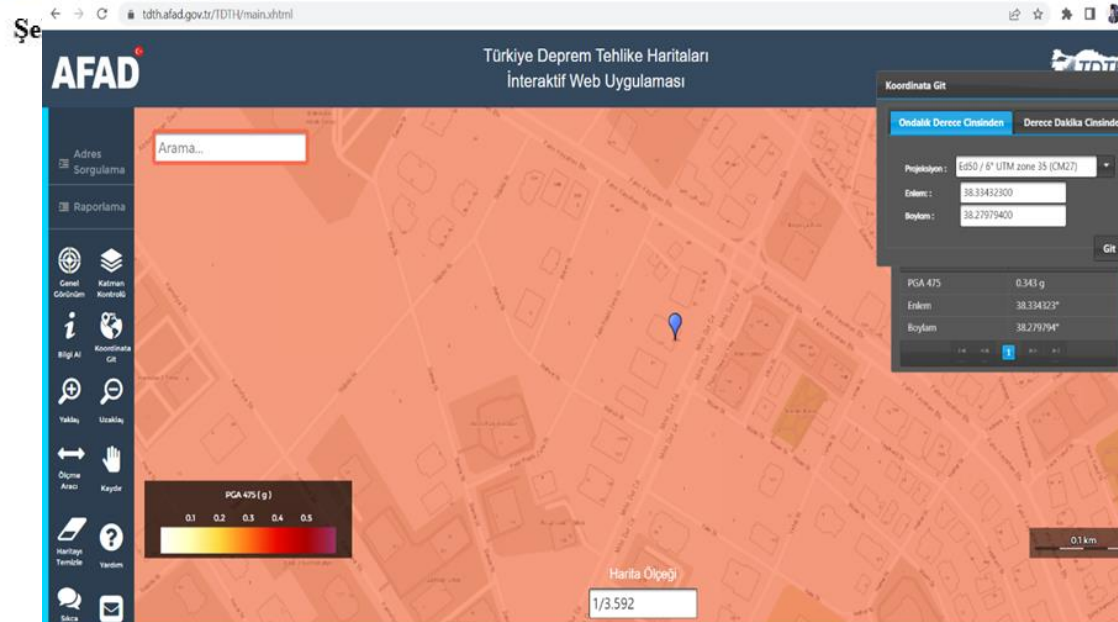
İstatistiki olarak değerlendirme yapılmaksızın örneklerden elde edilen *en düşük basınç dayanımı* mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır.

Örnek Sayısı Üçten Fazla İse

Ortalama - Standart Sapma değeri
 $0.85 * \text{Ortalama değeri}$
Arasından *büyük olanı* mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır.

Yapı Konumu

Yapı Konumu



Binanın Genel Bilgileri

3. YAPI GENEL ÖZET TABLOSU

BİNA ve TAŞIYICI SİSTEM BİLGİLERİ (MEVCUT DURUM)			
1.GenelBilgiler			
1.1	Binanın Çalışmadaki Kimliği	:	
1.2	Binanın Adresi	:	
1.3	Binanın Kat Adedi	:	5 (B+Z+3N)
1.4	Binanın Kat Yüksekliği	:	B - Z- N :3.80m – 3.80 m – 3.00 m
1.5	Binanın Toplam Yüksekliği	:	16.60 m
2.Taşıyıcı Sistem Bilgileri			
2.1	Binanın Türü	:	BETONARME KARKAS SİSTEM
2.2	Beton Sınıfı	:	C18
2.3	Donatı Çeliği Sınıfı	:	S420
3.DepremveZeminParametreleri			
3.1	Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS}/S_{D1}) (DD1)	:	1.624/0.830
3.2	Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS}/S_{D1}) (DD3)	:	0.493/0.206
3.3	Zemin Sınıfı	:	ZD
3.4	Yapı Önem Katsayısı(I)	:	1.5
3.5	Zemin Taşıma Kapasitesi	:	32.2 t/m ²
3.6	Düşey Yatak Katsayısı	:	1803.2 t/m ³
4.AnalizParametreleri			
4.1	Analiz türü	:	Değişken Çok Modlu Non-Lineer İtme Analizi
4.2	Kullanılan Yönetmelik ve Standart	:	TBDY 2018, TS498

Malzeme Bilgileri

4. MALZEME TESTLERİ

4.1. Karot Deneyleri

testi sonucunda ortalama beton basınç değerleri TBDY 2018 uyarınca yapılan hesaplamalar sonucunda 18 MPa olarak bulunmuştur.

$$\text{Basınç dayanımı} \begin{cases} 0,85 \times 21,5 = 18,2 \text{ MPa} \checkmark \\ 21,5 - 4,77 = 16,7 \text{ MPa} \end{cases}$$

değerlerinden 18 MPa olarak seçilmiştir.

Beton dayanım sınıfı **18 MPa** olarak elde edilmiştir. Karot alınma örnek görseller, Şekil 3' te verilmiştir.

Yapı üzerinde karot alınması işlemlerinden bazıları Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 1. Karot basınç dayanımı sonuçları

SONUÇLARI						
Numune No.	Lokasyon/ Kod	Çap (mm)	Uzunluk (mm)	Boy/Çap	Kırılma Yüklü (kN)	Basınç Dayanımı (MPa)
1	KB1	100	100	1	238.9	30.4
2	KB2	100	100	1	228.6	29.1
3	KB3	100	100	1	132.7	16.9
4	KZ1	100	100	1	176.2	22.4
5	KZ2	100	100	1	214.3	27.3
6	KZ3	100	100	1	216	27.5
7	K1-1	100	100	1	155.1	19.7
8	K1-2	100	100	1	174.6	22.2
9	K1-3	100	100	1	155.5	19.8
10	K2-1	100	100	1	139.5	17.8
11	K2-2	100	100	1	164	20.9
12	K2-3	100	100	1	134.1	17.1
13	K3-1	100	100	1	134.1	17.1
14	K3-2	100	100	1	128.5	16.4
15	K3-3	100	100	1	137.2	17.5
ORTALAMA					21.5	

$$\text{Basınç dayanımı} \begin{cases} 0,85 \times \text{ort. basınç dayanımı} \\ \text{Ort. Basınç dayanımı} - \text{standart sapma} \end{cases}$$

değerlerinden büyük olanı olarak seçilecektir.



Şekil 3. Örnek karot alımı

1. Bölüm: Genel Bilgiler

4.2. Donatı Tespit İşlemleri

Taşıyıcı sistem elemanlarında bulunan donatıların sayısı, konumu, etriye adımı, donatı çapları, donatı yüzey durumu, etriye kanca açısı ve net beton örtüsü gibi parametrelerin belirlenmesi amacıyla incelenen binada donatı tespit işlemleri (röntgen + pas payı sıyırma) gerçekleştirilmiştir. Donatı tespit işlemlerine ait detaylar Tablo 2’de verilmiş olup bu işlemlere ait örnek bazı görseller ise Şekil 4’te verilmiştir.

Pas payı sıyırmaları neticesinde, etriye kancalarının 90° açıyla bağlanmış olduğu, bindirme boylarının statik projesinde yer alan değerleri karşılamadığı, donatıların nervürlü olduğu ve bazı bölgelerde donatı korozyonunun mevcut olduğu saptanmıştır. **Binanın deprem analizinde, donatı tespit işlemleri neticesinde elde edilen bulgular tüm elemanlarda dikkate alınmıştır.**

Tablo 2. Donatı tespit sonuçları

NO	KAT-ELEMAN	KOLON BOYUTLARI	BOYUNA DONATI	ETRIYE	ETRIYE KANCA
1	BODRUM KAT	45/60	14Ø20	Ø8/20-10	90
2	BODRUM KAT	45/60	12Ø20	Ø8/19-10	90
3	BODRUM KAT	45/60	12Ø20	Ø8/20-8	90
4	BODRUM KAT	30/440	Ø16	Ø10/20-15	90
5	ZEMİN KAT	45/60	14Ø20	Ø8/20-10	90
6	ZEMİN KAT	45/60	12Ø20	Ø8/25-10	90
7	ZEMİN KAT	30/460	Ø24	Ø8/11	90
8	1. Kat	45/60	12Ø20	Ø8/20-13	90
9	1. Kat	45/60	14Ø20	Ø8/25-10	90
10	1. Kat	30/390	24Ø20	Ø8/20-20	90
11	2. Kat	45/60	14Ø20	Ø8/22-12	90
12	2. Kat	45/60	14Ø20	Ø8/20-11	90
13	2. Kat	30/500	27Ø20	Ø8/20-20	90
14	3. Kat	45/60	14Ø20	Ø8/25-10	90
15	3. Kat	30/460	18Ø20	Ø8/25-20	90

Not: Paspayı sıyırma işlemleri esnasında gözlenen donatılar **NERVÜRLÜ** donatı olduğu için hesaplarında **S420** olarak kullanılmıştır.

* Aynı ölçüdeki kolonlar için aynı olan sonuçlar tekrar yazılmamıştır.



Şekil 4. Donatı tespit işlemleri



Şekil 4. (Devamı) Donatı tespit işlemleri

Binanın Genel Durumu

5. BİNA GENEL DURUMU

- Hasarlı elemanlara ait görüntüler Şekil 5'te paylaşılmıştır.
- Bazı perdelerde zorlanmalar gözlemlenmiştir. Detayları hasar krokisinde paylaşılmıştır (Şekil 5a,b,f,h).
- Bodrumda bir adet kolonda su almadan dolayı donatı korozyonu oluşmuştur (Şekil 5c).
- Kirişte çatlak görülmüştür (Şekil 5d).
- Kolon duvar birleşim yerlerinde çatlaklar görülmüştür (Şekil 5e,g).
- Burada belirtilen ve buna benzer hasarlar hasar krokisinde belirtilmiştir.



a



b



c



d



Binanın Zemin Durumu

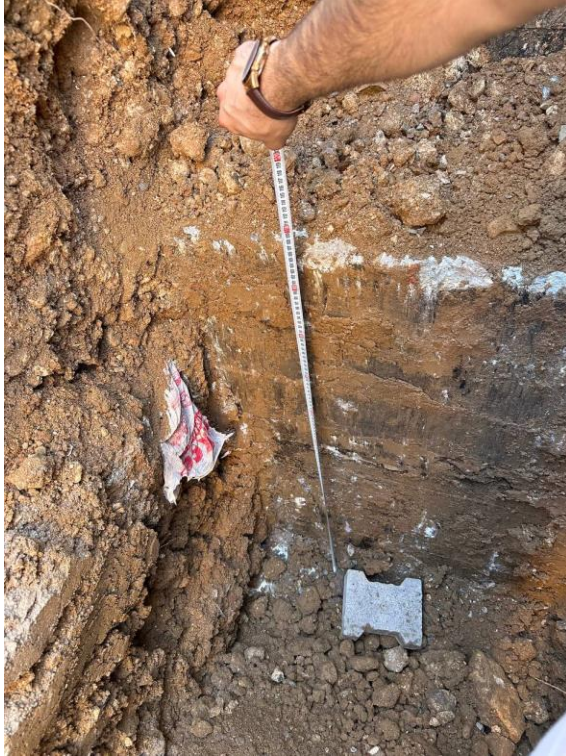
6. ZEMİN ve TEMEL ETÜDÜ

Bu kısımda verilen ve sorumluluğu tamamen düzenleyen müellife ait olan zemin ve temel etüt raporu bu proje için dayanak olarak kullanılmıştır. Yapılan zemin ve temel etüt raporuna göre performans analizinde kullanılan parametreler Tablo 3'te verilmiştir. Temel inceleme çukuru açılmıştır.

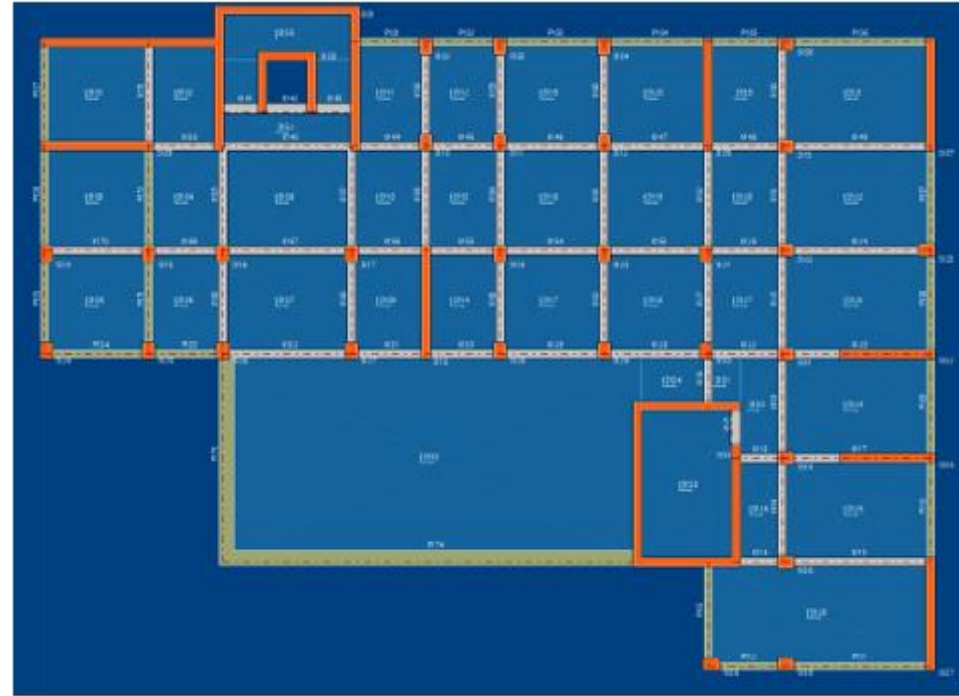
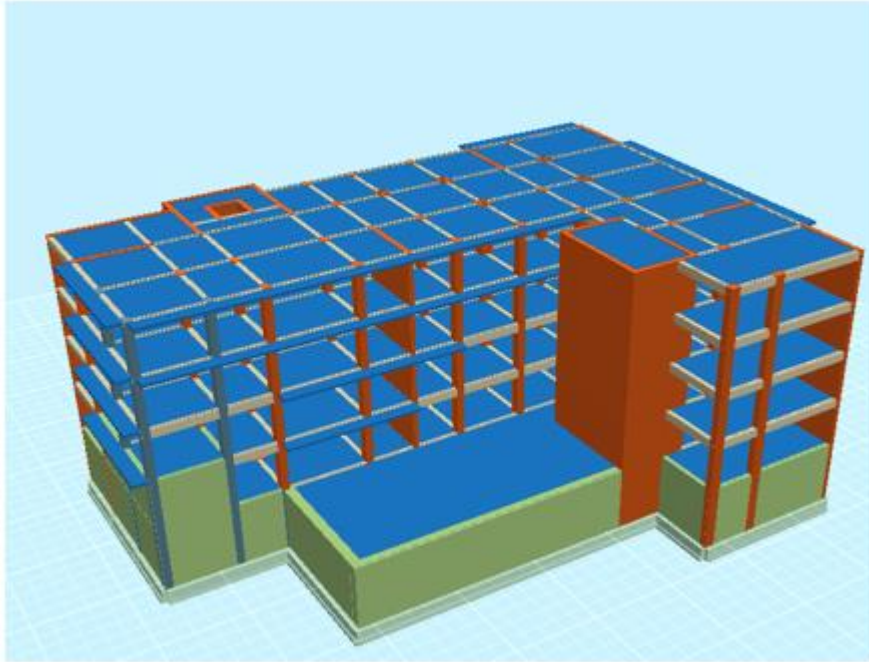
Tablo 3. Zemin ve temel etüt raporundan alınan parametreler

Geoteknik Raporu Parametreleri			
Temelin Oturacağı Jeolojik Birim	Az Kumlu Çakıllı Siltli Birim		
Koordinat (Enlem/Boylam)	38.346647°		38.346461°
Yeraltı Su Seviyesi (m)	YOK		
Yerel Zemin Sınıfı	ZD		
Deprem Yer Hareket Düzeyi	DD-1	DD-2	DD-3
Spektral İvme Katsayısı	S _s =1.624, S ₁ =0.448 S _{ds} =1.624, S _{d1} = 0.830	S _s =0.846, S ₁ =0.232 S _{ds} =0.983, S _{d1} = 0.496	S _s =0.319, S ₁ =0.086 S _{ds} =0.493, S _{d1} = 206
En Büyük Yer İvmesi (g) ve hızı (cm/sn)	PGA=0.667 PGV= 42.097	PGA=0.354 PGV= 21.818	PGA=0.139 PGV= 8.157
Bina Önem Katsayısı	1.5		
Bina Kullanım Sınıfı	BKS=1		
Deprem Tasarım Sınıfı	DTS=1a	DTS=1a	DTS=3a
Bina Yükseklik Sınıfı	BYS=6	BYS=6	BYS=7
Temel Derinliği (Df)	3.00 m		
Taşıma Gücü	32.2 t/m ²		
Oturma Miktarı(cm) Sondaja Dayalı	1.71		
Zemin Yatak Katsayısı	1803.2 t/m ³		
Sıvılaşma Potansiyeli	Sıvılaşma Yoktur		
Amplifikasyon Bölgesi (Ta, Tb) (sn)(AFAD)	T _a = 0.102 T _b = 0.511	T _a = 0.101 T _b = 0.504	T _a = 0.084 T _b = 0.419

Temel İnceleme Çukuru



Yapı Modeli



Malatya ve Elazığ Deprem Haritası

AFAD

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları
İnteraktif Web Uygulaması

Adres
Sorgulama

Raporlama



Genel
Görünüm



Katman
Kontrolü



Bilgi Al



Koordinata
Git



Yaklaş



Uzaklaş



Ölçme
Aracı



Kaydır



Haritayı
Temizle



Yardım



Sıkça
Sorulan
Sorular



İletişim



Dosya
İndir



Proje
Dökümanı
İndir

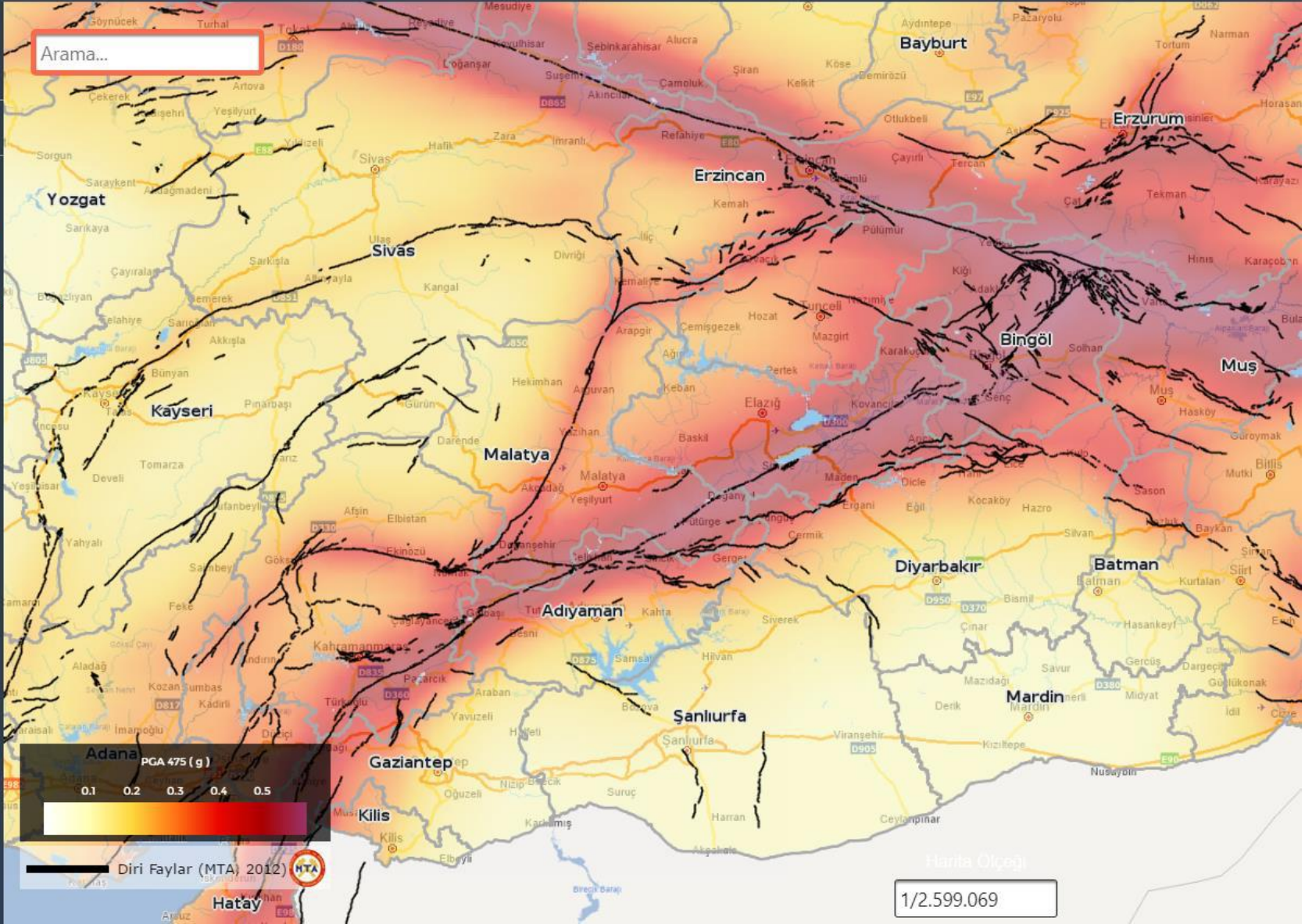


Kullanıcı
bilgileri



Oturumu
Kapat

Arama...



Adana PGA 475 (g)

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

Diri Faylar (MTA) 2012



Harita Ölçeği

1/2.599.069

Yapının Durumu

8. MEVCUT DURUM ANALİZLERİ

2018 TBDY'ne göre yapıda hedeflenen performans seviyesi; DD-1 (50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi) için KH (Kontrollü Hasar) ve DD-3 (50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi) için SH (sınırlı hasar) olarak değerlendirilmektedir. Değerlendirme ve tasarım yaklaşımı olarak ise ŞGDT (şekil değiştirmelere göre değerlendirme ve tasarım) yaklaşımı kullanılmaktadır. (TBDY2018 Tablo 3.4.c) Yapı analizi için TDTH uyarınca elde edilen ivme değerleri ve spektrum katsayıları ile ilgili hesaplamalar aşağıda yer almaktadır.

Performans analizlerinde TBDY Bölüm 15.4.2 uyarınca bina önem katsayısı uygulanmış, ($I=1.5$) ve Bölüm 15.5.1.1 uyarınca $R_w=1$ olarak alınmıştır.

<u>Deprem Yer H.Düzevi</u>	DTS=1,2,3,3a,4,4a		DTS=1a,2a	
	<u>Normal Performans Hedefi</u>	<u>Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı</u>	<u>İleri Performans Hedefi</u>	<u>Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı</u>
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	-	-
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

Yapı analizinde kullanılan periyot değerleri AFAD Türkiye Deprem Haritaları İnteraktif Web uygulamasından elde edilen değerler aşağıda verilmiştir.

Yapının Durumu



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-1	50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	38.3466°	
Boylam	38.3463°	

Çıktılar

$S_S = 1.624$ $S_1 = 0.448$ $PGA = 0.667$ $PGV = 42.095$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Yapının Durumu

Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_0					
	$S_0 \leq 0.25$	$S_0 = 0.50$	$S_0 = 0.75$	$S_0 = 1.00$	$S_0 = 1.25$	$S_0 \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_0 = 1.624$ için $F_0 = 1.000$

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yapının Durumu

Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_S = 0.319$ için $F_S = 1.545$

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1 = 0.086$ için $F_1 = 2.400$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

$$S_{DS} = S_S F_S = 0.319 \times 1.545 = 0.493$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.086 \times 2.400 = 0.206$$

$S_{...}$: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (bölümsüz)

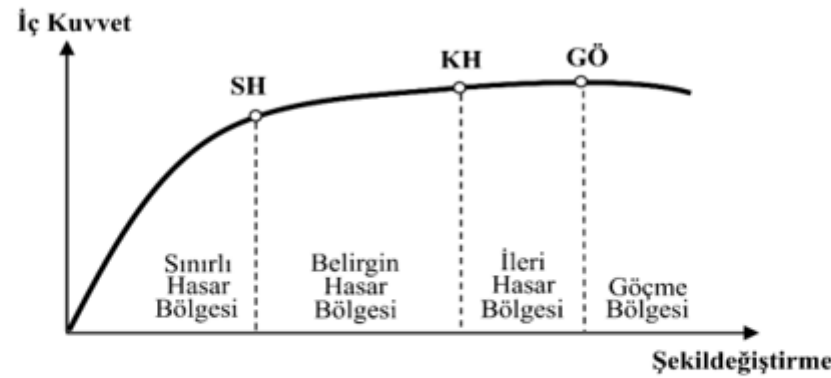
Yapının Performans Hedefi

8.1. (DD-1) Mevcut Durum Bina Performans Özeti

TBDY 2018 Bölüm 15.3 de yapı elemanları için belirtilen kesit hasar durumları ve hasar bölgeleri aşağıda belirtilmiştir.

“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 Bölgesi’nde, SH ile KH arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi’nde, KH ile GÖ arasında kalan elemanlar



Şekil 7. TBDY 2018'e göre kesit hasar bölgeleri

İncelenen yapıda EKO değerleri sınırları sağlanmadığından, doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden Değişken çok modlu doğrusal olmayan itme analizi uygulanmıştır.

Yapının Performans Hedefi

Tablo 4. DD1 Deprem Düzeyi Deprem Performans Analiz Sonuçları Özet Tablosu

Güçlendirilmesi Gereken Gevrek Elemanlar																
Kolon	S323,S424,S425															
Panel	P203,P204,P206,P208,P209,P211,P233,P237,P334,P336,P371,P372															
Kiriş	K223															

***** BİNA PERFORMANSI *****

KIRIŞ HASAR TÜRELERİ

KAT NO	(-Z)				(+Z)				(-T)				(+T)			
	SH	DS	IH	OB	SH	DS	IH	OB	SH	DS	IH	OB	SH	DS	IH	OB
5	17.1	82.9	0.0	0.0	17.1	82.9	0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0
4	7.3	92.7	0.0	0.0	7.3	92.7	0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0
3	7.3	92.7	0.0	0.0	7.3	92.7	0.0	0.0	15.6	84.4	0.0	0.0	15.6	84.4	0.0	0.0
2	7.5	92.5	0.0	0.0	7.5	92.5	0.0	0.0	25.0	75.0	0.0	0.0	21.4	78.6	0.0	0.0
1	96.8	3.2	0.0	0.0	96.8	3.2	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	95.5	4.5	0.0	0.0
Max.		92.7							100.							

Z yönü kırış sayısı=31,40,41,41,41

Y yönü kırış sayısı=22,28,32,32,32

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-Z)				(+Z)				(-T)				(+T)			
	SH	DS	IH	OB	SH	DS	IH	OB	SH	DS	IH	OB	SH	DS	IH	OB
5	91.2	8.8	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	67.7	32.3	0.0	0.0	67.2	32.8	0.0	0.0
4	74.0	26.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	62.6	37.4	0.0	0.0	62.6	37.4	0.0	0.0
3	78.5	21.5	0.0	0.0	48.3	51.7	0.0	0.0	52.4	47.6	0.0	0.0	54.5	45.5	0.0	0.0
2	97.0	3.0	0.0	0.0	99.2	0.8	0.0	0.0	90.5	9.5	0.0	0.0	90.9	9.1	0.0	0.0
1	99.9	0.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Max.					100.	51.7										

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRLİİN HASAR DÜĞREKİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-Z)		(+Z)		(-T)		(+T)	
	SH+DS	IH+OB	SH+DS	IH+OB	SH+DS	IH+OB	SH+DS	IH+OB
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BİNA PERFORMANS SONUÇU:

Kontrollü hasar performans bölgesi durumu, DD1 ileri performans hedefi sağlanmıştır. (Gevrek hasar gören elemanlar)

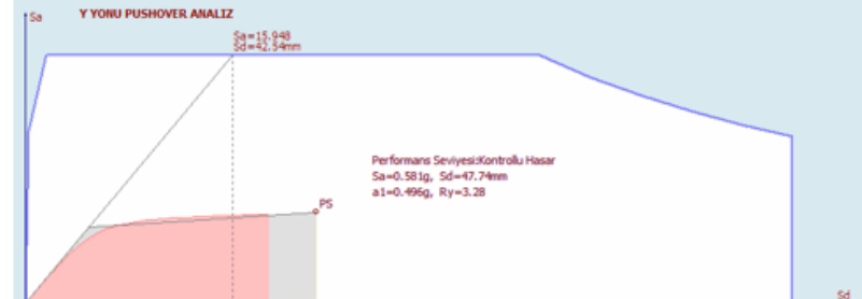
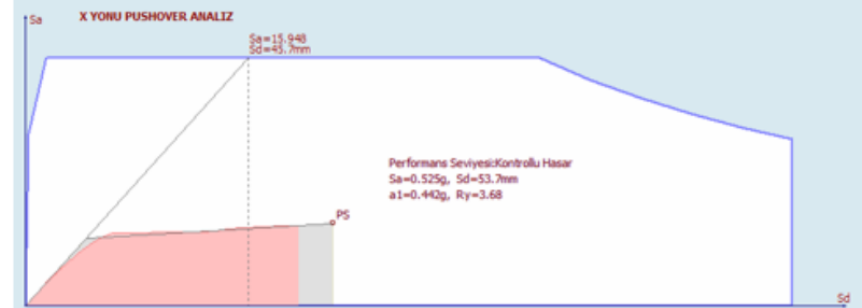
Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı=(IH+40.0C+K20 ✓), (OB=40 ✓)

Kolon Hasar oranı=(IH+40.0C+K20 ✓), (DS=40 ✓)

Üst kat V_u oranı=(IH+40.0C+K40 ✓), (DS=40 ✓)

Plastikleşen kolon V_u oranı=(IH+OB=40.0C+K30 ✓)



Yapının Performans Hedefi

Tablo 5. DD-3 Deprem Düzeyi Deprem Performans Analiz Sonuçları Özet Tablosu

***** BINA PERFORMANSI *****

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-Z)				(+Z)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.															

Z yönü kiriş sayısı=31,40,41,41,41

Y yönü kiriş sayısı=22,28,32,32,32

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

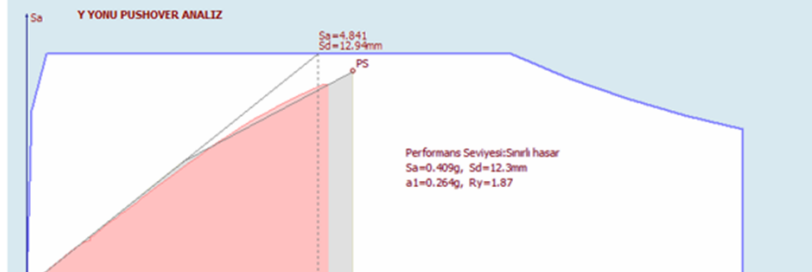
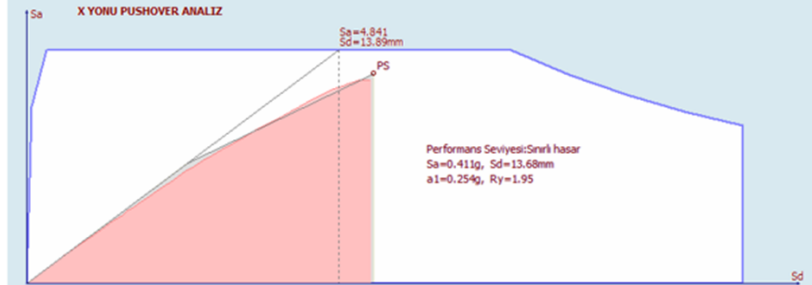
KAT NO	(-Z)				(+Z)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.															

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRLİ HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-Z)		(+Z)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

Kiriş Belirgin Hasar oranı=%0.0<=%20 Sınırlı Hasar ✓



Yapının Güçlendirilmesi

***** BINA PERFORMANSI *****

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-Z)				(+Z)				(-Y)				(Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
5	19.5	80.5	0.0	0.0	19.5	80.5	0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0
4	7.3	92.7	0.0	0.0	7.3	92.7	0.0	0.0	9.4	90.6	0.0	0.0	9.4	90.6	0.0	0.0
3	7.3	92.7	0.0	0.0	7.3	92.7	0.0	0.0	15.6	84.4	0.0	0.0	15.6	84.4	0.0	0.0
2	12.5	87.5	0.0	0.0	12.5	87.5	0.0	0.0	35.7	64.3	0.0	0.0	32.1	67.9	0.0	0.0
1	96.8	3.2	0.0	0.0	96.8	3.2	0.0	0.0	95.5	4.5	0.0	0.0	95.5	4.5	0.0	0.0
Max.	96.8	92.7														

Z yönü kiriş sayısı=31,40,41,41,41

Y yönü kiriş sayısı=22,28,32,32,32

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-Z)				(Z)				(-Y)				(Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
5	86.1	13.9	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	75.1	24.9	0.0	0.0	75.4	24.6	0.0	0.0
4	84.4	15.6	0.0	0.0	42.8	57.2	0.0	0.0	43.0	57.0	0.0	0.0	54.5	45.5	0.0	0.0
3	97.3	2.7	0.0	0.0	24.8	75.2	0.0	0.0	28.3	71.7	0.0	0.0	27.8	72.2	0.0	0.0
2	97.6	2.4	0.0	0.0	99.3	0.7	0.0	0.0	92.9	7.1	0.0	0.0	93.7	6.3	0.0	0.0
1	99.9	0.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Max.					100.	75.2										

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-Z)		(Z)		(-Y)		(Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

Kontrollü hasar performans bölgesi durumu, DD1 ileri performans hedefi sağlanmıştır.

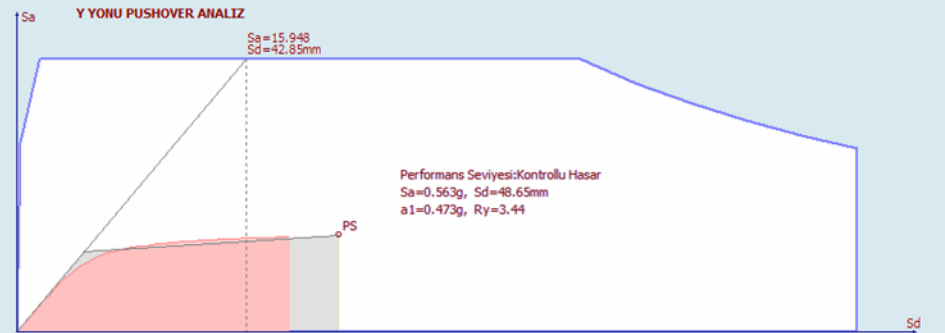
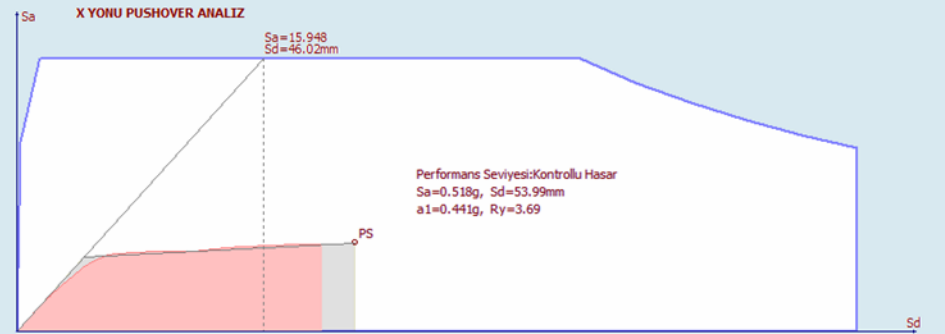
Kontrollü hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı=(IH=%0.0<=%30 ✓), (GB=%0 ✓)

Kolon Hasar oranı=(IH=%0.0<=%20 ✓), (GB=%0 ✓)

Üst kat Vc oranı=(IH=%0.0<=%40 ✓), (GB=%0 ✓)

Plastiklesen kolon Vc oranı=(IH+GB=%0.0<=%30 ✓)



Yapının Performans Hedefi

***** BINA PERFORMANSI *****

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT NO	(-Z)				(+Z)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.															

Z yönü kiriş sayısı=31,40,41,41,41

Y yönü kiriş sayısı=22,28,32,32,32

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

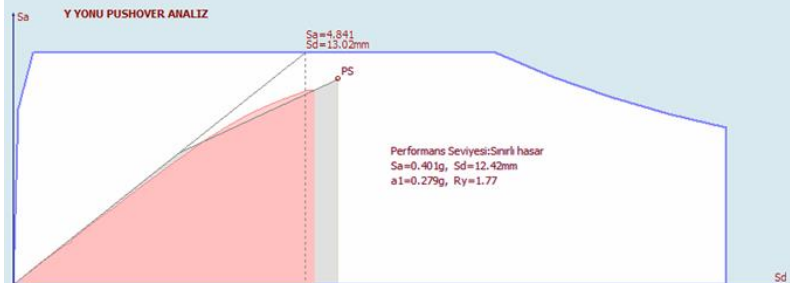
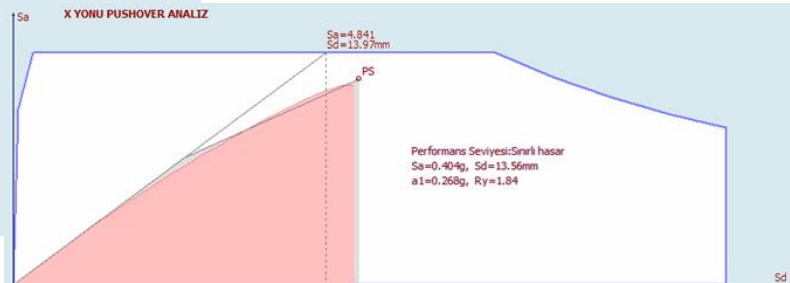
KAT NO	(-Z)				(+Z)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
5	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.															

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE BELİRGİN HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-Z)		(+Z)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
5	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
4	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
3	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
2	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.							

BINA PERFORMANS SONUCU:

Kiriş Belirgin Hasar oranı=0.0<=20 Sınırlı Hasar ✓



Sonuç ve Öneriler

Bina önem katsayısı 1.5 olan yapılarda (Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar) 2018 TB DY'ye göre, incelenen binanın, hem DD-1 deprem düzeyi için kontrollü hasar hem de DD-3 deprem düzeyi için sınırlı hasar performans seviyesini sağlanması gerekmektedir.

Buna göre, yukarıda detaylı şekilde açıklanan hesaplamalar neticesinde, yapının 2018 TB DY'ye göre hedeflenen performans seviyesi olan DD-1 deprem yer hareketi düzeyi için sağlaması gereken “Kontrollü Hasar” performans hedefini sağladığı ancak bu performans seviyesinde gevrek elemanların olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, yapının, DD-3 deprem yer hareketi düzeyi için sağlaması gereken “Sınırlı Hasar” performans düzeyini sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak incelenen yapı, deprem performans hedeflerini gevrek elemanların güçlendirilmesi koşulu ile sağlamıştır.

Bu nedenle, yapının güçlendirilmeden kullanımının can güvenliği bakımından sakıncalı olduğu belirlenmiş olup, yapıya ait güçlendirme projesi ekte sunulmuştur.

Güçlendirme Saha Uygulamaları

Güçlendirilen Yapıda Betonarme Perde İmalatı yapım aşamaları

1. Hazırlık, İş Güvenliği ve Yıkım Aşaması

- **Yıkım ve Hafriyat:** Yeni perdenin inşa edileceği perde yapılacak yerdeki mevcut dolgu duvarlar (tuğla, bims, gazbeton vb.) yapıya titreşimsel zarar vermeden, yukarıdan aşağıya doğru kırılarak uzaklaştırılır.



Şekil 4.9.2 Perde yapılacak yerdeki dolgu duvarın yıkılması

- **Yüzey Temizliği:** Yeni perdenin temas edeceği mevcut kolon, üst kiriş ve alt temelin/döşemenin üzerindeki sıva, boya, alçı ve kaplamalar tamamen kazınarak çıplak beton yüzeyine ulaşılır ve yüzeye

Güçlendirme Saha Uygulamaları

2. Aderans (Tutunma) Hazırlığı ve Pürüzlendirme

- **Yüzey Pürüzlendirme:** Eski beton ile yeni dökülecek betonun kaynaşabilmesi (aderans) için, çıplak beton yüzeylerinde pürüzlü bir doku elde etmek için astar sürülür.



Şekil 4.9.4 Eski beton yüzeyine yeni dökülecek olan betonla aderansı artırmak amacıyla aderans artırıcı astarının uygulanması işlemi

Güçlendirme Saha Uygulamaları

3. Ankraj (Filiz Ekimi) İşlemleri

- **Delik Açılması:** Statik güçlendirme projesinde belirtilen çap, derinlik ve aralıklara sadık kalınarak; kolonlara, üst kirişe ve alt temele/döşemeye matkap tıgı ile ankraj delikleri açılır.



Şekil 4.9.5 Kolon, kiriş ve döşemede projeye uygun çap ve aralıklarda ankraj deliklerinin matkap (hilti) ile açılması işlemi

Hassas Temizlik (Kritik Adım): Açılan deliklerin içerisindeki beton tozu, basınçlı hava kompresörü ve özel tel fırçalar yardımıyla **tamamen** temizlenir. İçeride toz kalması, kimyasalın tutunmasını engelleyeceği için bu adım hayati önem taşır.



Şekil 4.9.6 Açılan ankraj deliklerinin içindeki toz ve parçacıkların, kimyasal ankraj öncesi basınçlı hava ile tamamen uzaklaştırılması işlemi

Güçlendirme Saha Uygulamaları

- **Kimyasal Ankraj (Epoksi) Enjeksiyonu:** İçi temizlenen deliklere, en dipten dışa doğru yapısal epoksi (kimyasal dübel) enjekte edilir ve Ankraj noktasının çekme kuvveti, en az 2.2 ton ağırlığı kaldırarak şekilde olmalıdır.



Şekil 4.9.7 yapısal epoksinin tabancayla enjekte edilmesi işlemi

- **Donatı Ekimi:** Epoksi sıkıldıktan hemen sonra, nervürlü dikiş donatıları (filizler) kendi etrafında yavaşça döndürülerek deliklere yerleştirilir.



Şekil 4.9.8 Epoksi uygulamasından sonra rotların döndürülerek deliklere yerleştirilmesi

4. Kalite Kontrol: Çekme (Pull-out) Testi

- Ekimi yapılan donatıların ve kullanılan epoksinin mevcut betona yeterince tutunup tutunmadığını doğrulamak amacıyla, rastgele seçilen filizlere hidrolik krikolar yardımıyla "Çekme (Pull-out) Testi" uygulanır.



Güçlendirme Saha Uygulamaları

5. Donatı (Karkas) İmalatı

- **Perde Donatısının Örülmesi:** Testten başarıyla geçen dikiş donatılarına (filizlere) entegre olacak şekilde, yeni betonarme perdenin yatay ve düşey gövde donatıları bağlanır.
- **Uç Bölgeleri ve Mantolama:** Perde uç bölgelerindeki sıklaştırmalar yapılır. Tasarımda varsa, mevcut kolonları çevreleyen etriyeler ve ek başlık donatıları da bu aşamada sisteme dahil edilir.



Şekil 4.9.10 Perde donatısı (karkas) imalatı tamamlanmış kalıp aşamasına geçmiş bir taşıyıcı

6. Donatı Yerleştirme Kontrolü (Kalıp Kapanmadan Önce)

Kalıp kapanmadan önce:

- Donatı çap/etriye aralığı kontrolü
- Paspayı kontrolü

Güçlendirme Saha Uygulamaları

8. Kalıp İşleri ve Kurulumu

- **Kalıp Montajı:** Donatı ağının etrafına, taze betonun hidrostatik basıncına dayanıklı kalıp (plywood) yerleştirilir.



Şekil 4.9.11 Kalıbı Kapatılan Perde Elemanı

- **Paspayı, Tijler ve Çirozlar:** Donatıların kalıba temas edip korozyona uğramaması için aralara plastik "paspayı elemanları" takılır. Kalıbın döküm esnasında şişmemesi ve açılmasını (patlamasını) önlemek için kalıp panoları karşılıklı olarak çelik tijler(saplamalarla) ve çirozlar yardımıyla birbirine kilitlenir.



Şekil 4.9.12 Paspayı aparatı ve plywood kalıbı tutan tij demirleri ve çiroz elemanı

Güçlendirme Saha Uygulamaları

- **Döküm Ağızı (Huni) Bırakılması:** Betonun, mevcut üst kiriş ile yeni perde arasına boşluksuz dolabilmesi için kalıbın en üst kısmına açılı bir döküm ağızı (beton hunisi) inşa edilir.



Şekil 4.9.13 Üst döşemede bırakılan boşluktan betonun aktarılması ve donatısı tamamlanan perde kalıbının en üstüne huni şekli verip beton dökülmesi işlemi.

9. Beton Dökümü, Vibrasyon ve Kalite Kontrol

- **Taze Beton Deneyleri:** Şantiyeye gelen beton mikserinden, döküm öncesi "Çökme (Slump) Testi" yapılarak kıvam kontrol edilir. Ayrıca 7 ve 28 günlük basınç dayanımı testleri için standart kalıplara (küp/silindir) beton numuneleri alınır.



Şekil 4.9.14 Taze betondan numune alımı ve slump deneyi yapılması

Güçlendirme Saha Uygulamaları



Güçlendirme Saha Uygulamaları



Güçlendirme Saha Uygulamaları

Güçlendirilen Yapıda Betonarme FRP sargı imalatı ve yapım aşamaları

1. Yüzey Hazırlığı

FRP sargı uygulamasında, Sargının beton yüzeye tam yapışmasını ve yükleri güvenli bir şekilde aktarabilmesini sağlamak amacıyla yüzey hazırlığı büyük önem taşır. Bu kapsamda beton yüzeyindeki gevşek parçalar, toz, boya, sıva, yağ ve diğer kirleticiler tamamen temizlenir. Aksi halde FRP ile beton arasında zayıf bir ara tabaka oluşur ve yapışma azalır. Daha sonra yüzey taşlama işlemi ile düzeltilir ve kontrollü bir pürüzlülük kazandırılır. Bu işlem, epoksi reçinenin beton gözeneklerine daha iyi nüfuz etmesini sağlayarak aderansı artırır. Kolon ve kiriş köşeleri ise belirli bir yarıçapta yuvarlatılır (pahlanır). Bunun nedeni, FRP liflerinin keskin köşelerde kırılma, yırtılma veya gerilme yığılması nedeniyle hasar görmesini önlemektir. Ayrıca yuvarlatılmış köşeler, FRP kumaşın yüzeye boşluk bırakmadan tam olarak oturmasını ve sargının tüm kesit boyunca etkin çalışmasını sağlar. Böylece güçlendirme sisteminin dayanımı ve performansı artırılmış olur.



Şekil 4.9.16 Sargı öncesi beton yüzeye incek kadar temizlenerek işleme başlanır

Güçlendirme Saha Uygulamaları

2. Hasarlı Bölgelerin Onarımı

FRP güçlendirme uygulamasından önce mevcut beton yüzeyindeki çatlaklar, boşluklar ve diğer kusurlar uygun tamir yöntemleriyle giderilir. Çatlaklar, yapısal durumuna bağlı olarak epoksi enjeksiyonu veya tamir harçları kullanılarak onarılır. Yüzeyde bulunan segregasyon boşlukları, kırık kenarlar ve düzensizlikler ise tamir harcı ile doldurularak düzgün bir yüzey elde edilir. Bu işlemlerin amacı, FRP sisteminin yükleri yüzeye eşit şekilde aktarabilmesini sağlamak ve uygulama sonrasında oluşabilecek gerilme yığılmalarını önlemektir. Ayrıca sağlam olmayan bölgelerin güçlendirme sisteminin altında kalması engellenerek FRP'nin beton ile birlikte etkin ve güvenli çalışması sağlanır.



Şekil 4.9.17 Hasar alan kirişlere epoksi enjeksiyon yapılarak çatlakların doldurulması ve tamir harcı ile yüzeyin sıvanması

Güçlendirme Saha Uygulamaları

5. Epoksi Reçine Uygulaması

FRP kumaşın beton yüzeye yapıştırılmasını sağlamak için, hazırlanan düzgün yüzeye epoksi reçine uygulanır. Bu reçine, FRP kumaş ile beton arasında yapıştırıcı görev görerek yüksek aderans sağlar. Uygulama sırasında reçinenin yüzeye eşit ve yeterli kalınlıkta sürülmesine dikkat edilir. Böylece FRP kumaşın yüzeye tam olarak yapışması, yük aktarımının sağlıklı gerçekleşmesi ve sistemin bütün olarak çalışması mümkün hale gelir.



Şekil 4.9.18 Epoksi Reçine Çift bileşenli olarak kutusu içerisinde karıştırılarak yüzeye sürülmeye hazır hale getirilir

Güçlendirme Saha Uygulamaları

6. FRP Kumaşın Yerleştirilmesi

Epoksi reçine uygulandıktan sonra karbon, cam veya aramid lifli FRP kumaş, proje tasarımında belirtilen lif yönüne uygun olarak dikkatlice yüzeye yerleştirilir. Bu yönlendirme, malzemenin çekme dayanımını en verimli şekilde kullanabilmek için önemlidir. Kumaş yerleştirilirken özel rulo yardımıyla bastırılarak epoksi reçinenin liflere tam olarak nüfuz etmesi sağlanır. Bu işlem sayesinde hava boşlukları giderilir, FRP ile beton arasında tam aderans oluşur ve sistemin birlikte çalışması güvence altına alınır.



Şekil 4.9.19 Karbon Sargı Malzemesi

Güçlendirme Saha Uygulamaları

7. İkinci Kat Reçine Uygulaması

Epoksi reçine uygulamasının ardından karbon, cam veya aramid lifli FRP kumaş, projede belirtilen fiber yönüne uygun olarak yüzeye dikkatlice yerleştirilir. Kumaşın doğru hizalanması, sistemin taşıma kapasitesi açısından kritik öneme sahiptir. Yerleştirme sırasında özel rulo yardımıyla bastırılarak kumaşın epoksi reçineyi tamamen emmesi ve beton yüzeye tam temas etmesi sağlanır. Bu işlemle birlikte hava boşlukları giderilir ve FRP sisteminin betonla bütünleşerek monolitik bir davranış göstermesi sağlanır.



Şekil 4.9.20 İki kat Reçine uygulama görseli

Güçlendirme Saha Uygulamaları

8. Katmanların Tamamlanması

Gerekli durumlarda, taşıma kapasitesini artırmak amacıyla FRP sistemine birden fazla katman uygulanabilir. Her yeni katman, bir önceki katman üzerine epoksi reçine ile aynı yöntem kullanılarak yerleştirilir. Katmanların fiber yönleri ve yerleşim düzeni proje detaylarına uygun şekilde dikkatle kontrol edilir. Böylece sistemin bütünlüğü korunur, yük aktarımı düzgün şekilde sağlanır ve istenilen güçlendirme performansına ulaşılır.



Şekil 4.9.21 FRP sargı ile sarılması

Deprem Gerçeđi ve Glendirmenin nemi

