

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
AFET YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ



**İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ANA HİZMET BİNASININ
DEPREM GÜVENLİĞİNİN ve GÜÇLENDİRİLMEME
UYGUNLUĞUNUN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ve 30.10.2020
DEPREMİ SONRASI YAPILAN GÖZLEMLER IŞIĞINDA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hakkında

TEKNİK RAPOR

Bu rapor İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri Yönetmeliği'ne göre hazırlanmıştır

Ağustos 2021

Doç. Dr. Ufuk YAZGAN

*İnşaat Mühendisi
İstanbul Teknik Üniversitesi
Afet Yönetimi Enstitüsü Öğretim Üyesi*

Dr. Barış ERKUŞ

*İnşaat Mühendisi
(Eski İstanbul Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi Öğretim Üyesi)*

<u>Başvurulan Kurum:</u>	İstanbul Teknik Üniversitesi, Afet Yönetimi Enstitüsü
<u>Başvuran Kuruluş:</u>	İzmir Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Etüd ve Projeler Dairesi Başkanlığı
<u>Başvuru Tarihi:</u>	
<u>Evrak Kayıt No:</u>	

İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ	3
GİRİŞ	4
ÇALIŞMANIN KAPSAMI	4
BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİ	5
BİNANIN STATİK PROJESİ VE HESAP RAPORLARI (1968)	8
30.10.2020 DEPREMİ ÖNCESİNDE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	11
DEÜ Mevcut Durum Değerlendirmesi (2006)	11
Inter Yapı Güçlendirme Projesi (2007)	25
Sıvılaşma Riski Analizi ve Zemin İyileştirme Projesi (2007)	25
Ülker Müh. Deprem Güvenliğini Belirleme Projesi (2016)	28
Diğer Çalışmalar	36
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR HAKKINDA DEĞERLENDİRMELER	37
Statik Proje Hakkında Değerlendirme	38
DEÜ Mevcut Durum Değerlendirmesi (2006) Hakkında Değerlendirmeler	38
Inter Yapı Güçlendirme Projesi (2007) Hakkında Değerlendirmeler	43
Sıvılaşma Riski Analizi ve Zemin İyileştirme Projesi (2007) Hakkında Değerlendirmeler	43
Ülker Müh. Deprem Güvenliğini Belirleme Projesi (2016) Hakkında Değerlendirmeler	43
30.10.2020 DEPREMİNDEN SONRA BİNADA YAPILAN GÖZLEMLER	51
ZEMİN, DEPREM TEHLİKESİ VE TBDY 2018 ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRME	58
Zemin Sınıfı Hakkında Görüşler	58
Deprem Tehlikesi	59
TBDY 2018 Performans Hedefleri ve Yapı Sınıfı	59
GÜÇLENDİRME HAKKINDA GENEL DEĞERLENDİRME	64
Güçlendirmede Temel Yaklaşımlar	64
Güçlendirme Kararında Maliyet Değerlendirmesi	68
Bina Kullanım Ömrü	69
Temel-Kazık Sisteminde Korozyon	71
Güçlendirme-Ömür-Maliyet İlişkisi	74
Güçlendirme Örnekleri - Deprem Yalıtım Uygulamaları	75
Belediye Binalarının Hemen Kullanımı ile İlgili Düşünceler	81

GÜÇLENDİRME SEÇENEKLERİ	82
Üst Yapı için Güçlendirme Seçenekleri	82
Alt Yapı (Temel Sistemi) için Güçlendirme Seçenekleri	90
Güçlendirme Projesinde Dikkat Edilecek Hususlar	95
Tasarım Ekibi ve Tahmini Tasarım süresi	96
Bağımsız Üçüncü Göz Tasarım Gözetmenliği	97
GÜÇLENDİRMENİN UYGUNLUĞU HAKKINDA DEĞERLENDİRME	98
İBB TARAFINDAN GÖRÜŞ TALEP EDİLEN KONULAR	101
SONUÇ	103
KAYNAKLAR	106
EK 1: 26.03.2021 TARİHİNDE BİNADA YAPILAN GÖZLEMLER	109
EK 2: DEPREM YALITIMLI GÜÇLENDİRME İLE İLGİLİ GÖRSELLER	113

İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

ANA HİZMET BİNASININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN ve

GÜÇLENDİRİLMEMEYE UYGUNLUĞUNUN ÖNCEKİ

ÇALIŞMALAR ve 30.10.2020 DEPREMİ SONRASI YAPILAN

GÖZLEMLER IŞIĞINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

1. YÖNETİCİ ÖZETİ

İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB) Ana Hizmet Binası 1970'li yıllarda inşa edilmiş betonarme bir yapıdır. 17-21 Ekim 2005 İzmir Depremi sonrası binada hasarların oluşması ve korozyon gibi nedenlerden dolayı İBB, Ana Hizmet Binasını güçlendirme kararı almıştır. Bu amaçla 2006-2007 yıllarında binanın mevcut durumu değerlendirilerek güçlendirme projesi hazırlanmıştır. Ancak bu proje mimari açıdan uygun olmaması nedeni ile uygulanmamıştır. 2017 yılında tekrar bir güçlendirme proje çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada deprem yalıtım teknolojisi önerilmiş ancak yine çeşitli nedenlerden dolayı güçlendirme projesi hayata geçirilememiştir. 2020 İzmir Depremi nedeni ile binadan oluşan hasar nedeniyle binanın daha şiddetli depremlerde insan can güvenliği açısından risk yaratacağı düşünülerek binanın boşaltılmasına ve mümkünse güçlendirilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla, binanın güçlendirilmesinin deprem güvenliği, hemen kullanılabilirlik, uygulanabilirlik, mimari kullanıma etkisi ve maliyet gibi açılardan uygunluğun değerlendirilmesi istenmiştir. İşbu rapor ile bina statik projesi ve günümüze kadar yapılan çalışmalar ve binanın mevcut durumu 2020 İzmir Depremi ışığında incelenmiş, olası güçlendirme seçenekleri değerlendirilmiş ve güçlendirme yaklaşımının İBB Binasına uygunluğu hakkında görüş bildirilmiştir.

Yapılan inceleme neticesinde, şiddetli bir depremde binanın üst ve alt yapılarında ağır hasar oluşacağı ve can güvenliği açısından kullanımının uygun olmadığı anlaşılmıştır. Bunun nedeni, üst yapı dayanımının ve süneklik seviyesinin düşük olması, taşıyıcı sistemin hasar almaya müsait çerçeve sistemi oluşu, kötü zemin koşulları ve üst ve alt yapılarda oluşan korozyon ve oturma farklarıdır. Bu sorunların çözümüne yönelik olarak çeşitli güçlendirme seçenekleri incelendiğinde, hemen kullanım amaçlı güçlendirmenin teknik olarak mümkün olduğu ancak özellikle yapının ömrünü doldurması ve kötü zemin koşulları ve temel durumu nedeni ile güçlendirme maliyetlerinin çok yüksek olacağı, tahminen binanın tekrar yapım maliyetlerine yaklaşacağı, uygulamanın klasik güçlendirme uygulamalarından daha zor ve riskli olacağı, ve bina mimari kullanım ve formuna önemli seviyelerde müdahale gerekeceği öngörülmektedir. Bundan dolayı binanın tekrar yapılması, güçlendirmeye nazaran daha uygun bir mühendislik yaklaşımı olacağı görüş ve kanaatine varılmıştır.

2. GİRİŞ

İzmir İli Konak İlçesinde bulunan İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB) Ana Hizmet Binası 1970'li yıllarda yapılmış 5 bloktan oluşan betonarme bir yapıdır. Hem 1970 sonrasında günümüze kadar olan süreçte İzmir bölgesinde olan depremler, yeni deprem şartnamelerinin yayımlanması, yeni deprem analiz ve performans değerlendirme yöntemlerinin gelişmesi hem de binanın bazı taşıyıcı kolonlarında ve temel kazık sisteminde ağır korozyon gözlemlenmesi nedeni ile İBB 2006 ile 2017 arasındaki yıllarda hizmet binasının deprem güvenliğinin belirlenmesi ve güçlendirme projelerinin hazırlanması amacıyla yapıların çeşitli problemlerine (zemin, temel, üst yapı) odaklanan farklı kapsam ve detay seviyelerinde bir dizi çalışma yapmıştır. Ancak, yapının yoğun olarak kullanılıyor olması ve güçlendirme projelerinin mimari ya da uygulama açısından çeşitli zorluklar içeriyor olması gibi nedenlerden dolayı, bu çalışmalar sonucunda üst yapı, zemin ve temel ile ilgili yapılması önerilen projeler hayata geçirilememiştir. 2020 yılında meydana gelen bazı depremler, binadakiler tarafından ağır bir şekilde hissedilmiş ve güvenlik konusunda ciddi soru işaretleri yaratmıştır. Özellikle 30.10.2020 depremi sonrasında bazı yapılarda gözle görülür oturma ve diğer kalıcı yerdeğiştirmeler gözlenmiştir. Önceden de yapılan çalışmalar dikkate alınarak, yönetmeliklerde öngörülen daha şiddetli bir depremde, yapıda insan can güvenliğini tehlikeye atacak seviyede çok daha büyük hasarların oluşacağı öngörülmüştür. Bu nedenle yapının kullanımının deprem açısından uygun olmadığı kanaatine varılarak, bina ivedilikle boşaltılmıştır. Bu deprem sonrasında, yapının deprem öncesi ve sonrası durumu, ne kadar hasar olduğu, özellikle deprem sonrasında güçlendirilmesinin mümkün olup olmadığı, olası güçlendirme yöntemlerinin performans, maliyet, uygulanabilirlik ve etkinlik/verimlilik açısından ne kadar makul ve uygun olduğu gibi konular tekrar gündeme gelmiştir. Bu amaçla İBB bu konularda hem akademik hem de uygulama açısından tecrübeli uzmanların görüşüne başvurmayı uygun görerek bu çalışmanın yapılmasını talep etmiştir.

Raporda, ilk önce bina hakkında genel bilgiler verilmiş, daha sonra, statik proje ve önceden yapılan çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü olarak, 30.10.2020 deprem sonrası yapı durumunu anlamak maksadı ile 2021 Mart ayında yapılan binanın yerinde incelenmesi ile ilgili görüşler açıklanmıştır. Daha sonra olası güçlendirme projelerinin uygunluğu irdelenmiştir. En sonunda genel değerlendirme ve sonuç kanaatleri verilmiştir. Rapor yazarlarından Dr. Barış Erkuş, 2017 yılından itibaren, İBB tarafından yürütülen mevcut binanın deprem güvenliğinin belirlenmesi ve güçlendirme yöntemlerinin incelenmesi çalışmalarına katılmıştır ve binanın kullanımda olduğu o dönemde de binada incelemelerde bulunmuştur.

3. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

İBB ile yapılan görüşmelerde, İBB aşağıda özetlenen konularda görüş talep edilmiştir:

- İBB ana hizmet binası hesap raporları ve mevcut taşıyıcı sisteminin değerlendirilmesi,
- Daha önce yapılan mevcut durum ve güçlendirme çalışmalarının değerlendirilmesi,
- Yapının son halinin güçlendirilmeye uygunluğu hakkında görüş,
- 30.10.2020 depremi sonrası yapıda oluşan hasarlarla ilgili gözlemlerin değerlendirilmesi, yapının bu hali ile güçlendirilmesinin mümkün olup olmadığı ve uygunluğu,
- Olası güçlendirme projelerinin mimari kullanıma etkisi,
- Güçlendirme sonrası binanın şiddetli bir deprem sonrasında hemen kullanımının mümkün olup olamayacağı (örn: binanın bir afet yönetim merkezi ya da benzeri bir amaçla kullanılıp kullanılamayacağı),
- Zemin ve temelde sıvılaşma için zemin iyileştirmesi dışında güçlendirmenin gerekli olup olmadığı,
- Binanın yeniden yapılması ile güçlendirme yaklaşımlarının maliyet de göz önünde bulundurarak karşılaştırılması

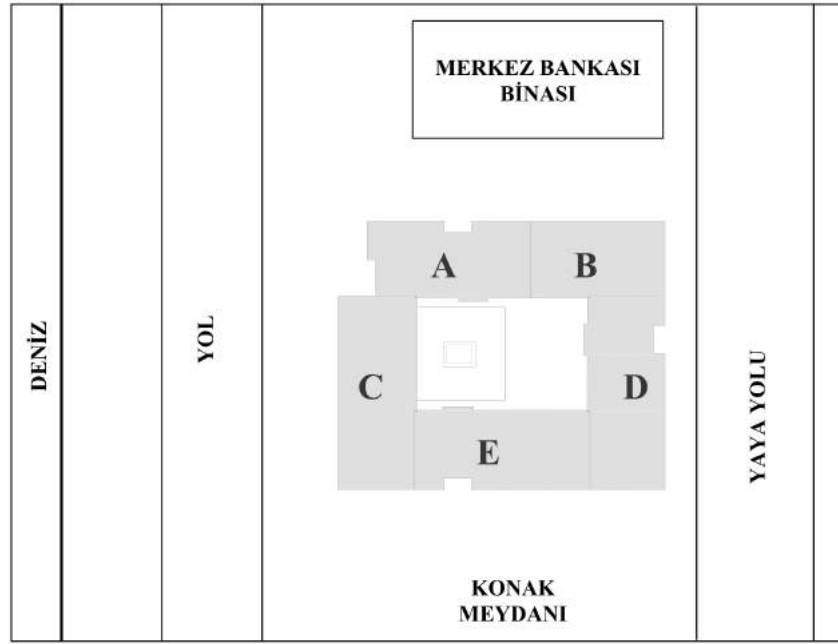
Bu konular hakkında görüşler bu rapor kapsamında eldeki veriler ve deprem sonrası yapılan gözlemler ışığında açıklanmıştır.

4. BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİ

İBB'ye ait olan Ana Hizmet Binası hakkında genel bilgiler şu şekilde özetlenebilir:

- İzmir İli, Konak İlçesi, 7559 Ada 23M-4B pafta, 1 parseldeki hizmet binasıdır.
- Bina, kaba inşaatı 1976 yılında tamamlanmış betonarme bir yapıdır.
- A, B, C, D, E bloklardan oluşmaktadır (Şekil 1).
- A, B, C ve E bloklar zemin kat ve 7 normal kattan oluşmaktadır. D blok 1 bodrum kat, zemin kat ve 7 normal kattan oluşmaktadır.
- Bina toplam mimari alanı 21587 m²'dir (Tablo 1).
- Zemin kat 4.50 m, 1. normal kat 4.00 m ve diğer katlar 3.50 m yüksekliğindedir. Toplam bina yükseklikleri 29.5 m'dir. Aks açıklıkları 6 ~ 8 m mertebelerindedir.
- Planda tüm blokların oturma alanı yaklaşık olarak 64 m x 52 m, 3350 m²'dir.
- Taşıyıcı sistem betonarme moment aktaran çerçevedir. Kolon boyutları 100 cm x 50 cm ile 30 cm x 50 cm arasında değişmektedir. Kirişlerin derinliği 50 cm, genişlikleri 25 cm ile 150 cm arasında değişmektedir.

- Binada normal bir günde 2000 ila 3000 kişinin (belediye personeli ve ziyaretçiler) bulunduğu tarafımıza iletilmiştir.



Şekil 1: İBB Hizmet Binası, blokların yerleşimi (DEÜ Raporu, 2006)

Tablo 1: İBB Binası, mimari alanları (mimari röleve çizimlerinden)

Kat	Alan
Bodrum	172 m2
Zemin	2022 m2
1. Kat	2462 m2
2. Kat	2781 m2
3. Kat	2830 m2
4. Kat	2830 m2
5. Kat	2830 m2
6. Kat	2830 m2
7. Kat	2830 m2
TOPLAM:	21587 m2



a) Binanın ilk yapıldığı dönemde yerleşimi ve deniz ile olan ilişkisi



b) Binanın günümüzdeki yerleşimi ve sonradan yapılan dolgu bölümleri

Şekil 2: İBB Hizmet Binasının deniz ile olan ilişkisinin tarihsel değişimi (DEÜ Raporu, 2006)

- Döşemeler çerçeve kirişleri ile mesnetlenen 15 cm kalınlığında plak döşemedir.
- Temel sistemi her kolon altında bağ kirişleri ile bağlı tekil başlıklar ve her başlık altında 3 ~ 6 adet, 70 cm çaplı, 26 m kazıktan oluşan kazıklı temel sistemidir.
- Binanın A ve C bloklarına bakan yüzü deniz tarafındadır. Binanın ilk yapıldığı zaman bu yüz doğrudan deniz ile irtibatlı olmakla beraber, daha sonra bu tarafta dolgu ve yol yapılmıştır (Şekil 2).
- Bina yapısı hakkındaki mevcut bilgiler iki bölüme ayrılabilir:

- Binanın Statik Projesi ve Hesap Raporları
- Bina Mevcut Durum Değerlendirmeleri ve Güçlendirme Çalışmaları

Bu proje ve raporlar, bir sonraki bölümlerde incelenmiştir.

5. BİNANIN STATİK PROJESİ VE HESAP RAPORLARI (1968)

Bina tasarımında, Türkiye Köprü ve İnşaat Cemiyeti Betonarme, Çelik ve Yük şartnameleri, İmar ve İskan Bakanlığının 16 Ocak 1968 Tarih ve 12802 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık Bakanlığına ait olan Statik Proje Şartnamesi ve İnşaat Mühendisleri Odasına ait Betonarme yönetmeliği kullanılmıştır. Bunlara ek olarak, dönemin Türkçe, İngilizce ve Almanca betonarme ve statik mühendislik kitapları kaynak olarak kullanılmıştır.

Ana tasarımda emniyet gerilmeleri yöntemi kullanıldığı anlaşılmaktadır. Beton olarak B-225 seçilmiş olup, bu sınıfın beton küp dayanımı 225 kg/cm²'dir. Bu sınıf aynı zamanda yaklaşık olarak günümüzün C18 beton sınıfına denk gelmektedir. Hesaplarda kullanılan beton emniyet gerilmeleri eksenel kuvvet ve eğilme hesabı için 65~100 kg/cm², kesme ve aderans hesabı için ise 6~18 kg/m² arasında alınmıştır. Donatı çeliği St-IIIb kullanılmıştır ve emniyet gerilmesi çoğunlukla 2400 kg/cm² alınmıştır. Bazı betonarme kolon ve kirişlerde kullanılmak üzere Ç37 (St 37) çelik plaka ve profiller kullanılmış olup bu malzemenin emniyet gerilmesi 1400 kg/cm², kayma emniyet gerilmesi 900 kg/cm² alınmıştır. Beton, donatı çeliği ve yapısal çeliğin tüm emniyet gerilmeleri deprem ve rüzgar yükleri için 1.5 kat artırılmıştır.

Kullanılan ölü ve hareketli yüklerin değerleri günümüzde kullanılan değerlere benzerdir (örnek: koridor hareketli yükü 500 kg/m²). Binanın deprem hesabı binanın deprem sonrası kullanımı zorunlu olmayan bir yapı olduğu varsayımı ile yapılmış ve bina önem katsayısı 1.5 yerine 1.1 alınmıştır. Blokların deprem taban kesme hesabında göz önüne alınmış toplam taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranı %6.6 ve %4.6 arasında değişmektedir. Bina toplam dinamik kütleleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Yapıların toplam dinamik kütleleri

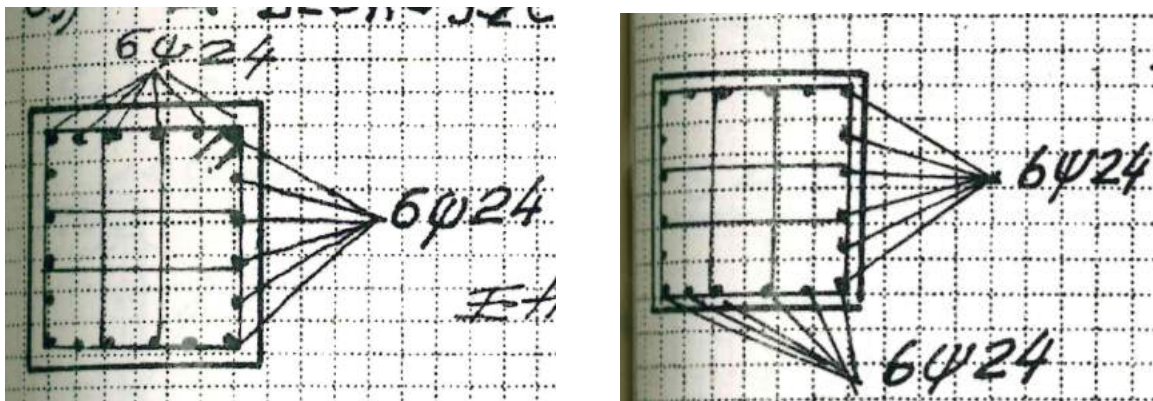
Yapı	Toplam Dinamik Kütle
A Blok	5191 ton
B Blok	4181 ton
C Blok	6751 ton
D Blok	6784 ton
E Blok	5307 ton

Tüm bloklarda taşıyıcı sistem kolon ve kirişlerden teşkil edilen moment çerçevesi olarak seçilmiş ve bu çerçeveler yanal eşdeğer deprem kuvvetleri altında tasarlanmıştır. Birçok kiriş yatık kiriştir. Bazı çerçevelerde zemin kat kolon yüksekliği iki kattır (yaklaşık olarak 9 m).

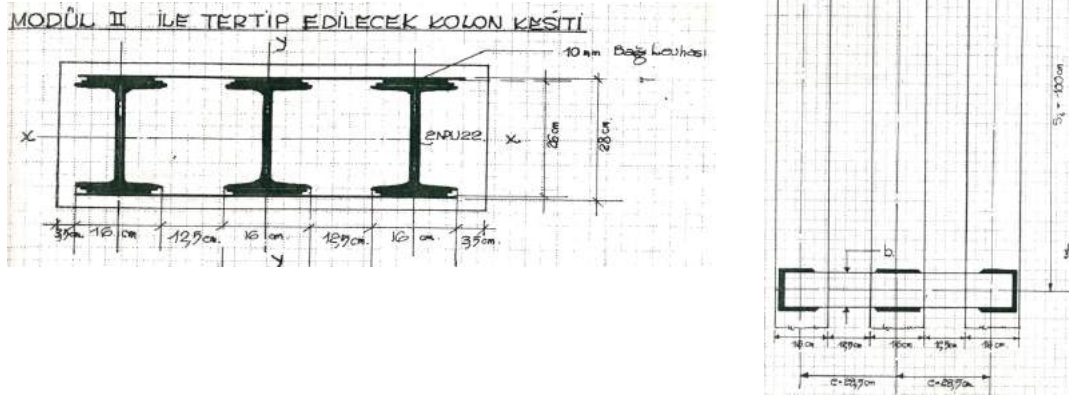
1968 Yılında hazırlanan hesap raporlarında uygulama paftaları bulunmamaktadır. Raporlarda bazı kolonlarda etriyelerin 135 derece ile kancalandığı görülmektedir ancak diğer kesitlerde bu kancalar görülmemektedir (Şekil 3). Sahada yapılan gözlemlerde sıyrılan kolon etriyelerinin 90 derece ile kanca yapılarak sarıldığı görülmüştür. Hesaplarda 135 derece kanca gösterilmekle beraber uygulamada 90 derece kanca yapılmış olduğu tahmin edilmektedir. Binanın tarihçesini sunan kaynaklarda blokların kaba inşaatının 6 yılda (1970-1976) tamamlandığı ve bu süreçte sorumlu firmanın birkaç sefer değiştiği belirtilmektedir (Gürel, 2021). Taşıyıcı sistemin detaylarıyla ilgili bu tür farklılıkların bundan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Raporlarda kolonların etriye sıklaştırmasına yönelik bir bilgi görülmemiştir. Etriye aralıkları 30 cm mertebeleri olarak hesaplanmıştır.

Bazı kolon ve kirişlerde, eksenel yük ve eğilme bakımından betonarme kesitlerin yetersiz olması nedeniyle çelik plakalar ile bağlanmış çelik profiller içeren kompozit kolonlar ve çelik profil kullanılan kompozit kirişler kullanmıştır (Şekil 4 ve Şekil 5). Bazı kirişler sadece çelik profil olarak tasarlanmıştır. Bu kolon ve kirişleri içeren çerçeve dilatasyonda bulunan çerçeveler olarak ifade edilmiştir. Kullanılan kolon ve kiriş boyutları Tablo 3'te sunulmaktadır. Kolon donatı oranları %1.2 ila % 1.8 arasında, kiriş alt ve üst donatı oranları ise % 0.5 ila % 0.67 arasında değişmektedir.

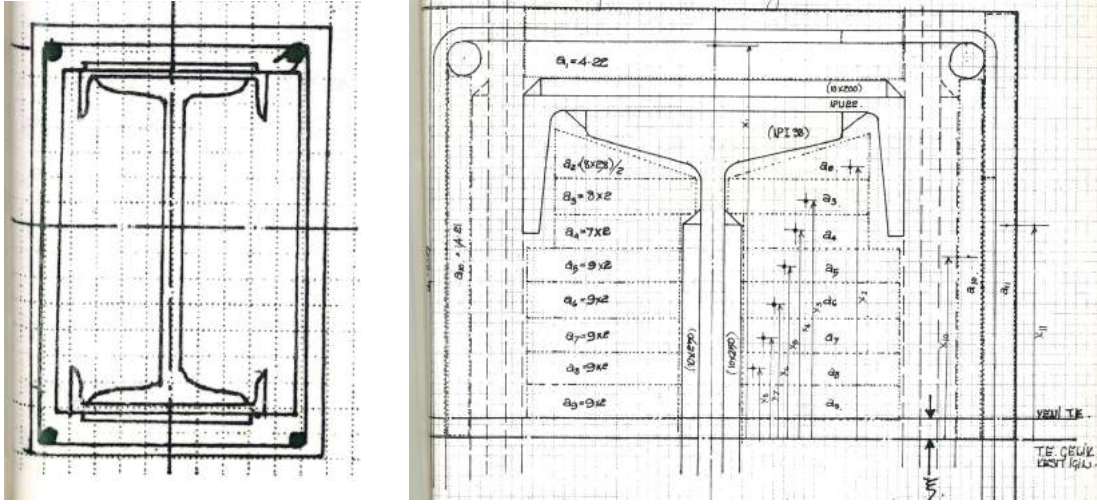
Temel sistemi, bağ kirişleri ile bağlı olan kazık başlıkları ve kazıklardan teşkil edilmiş temel sistemidir (örnek kazık başlıkları, Şekil 6'de gösterilmiştir).



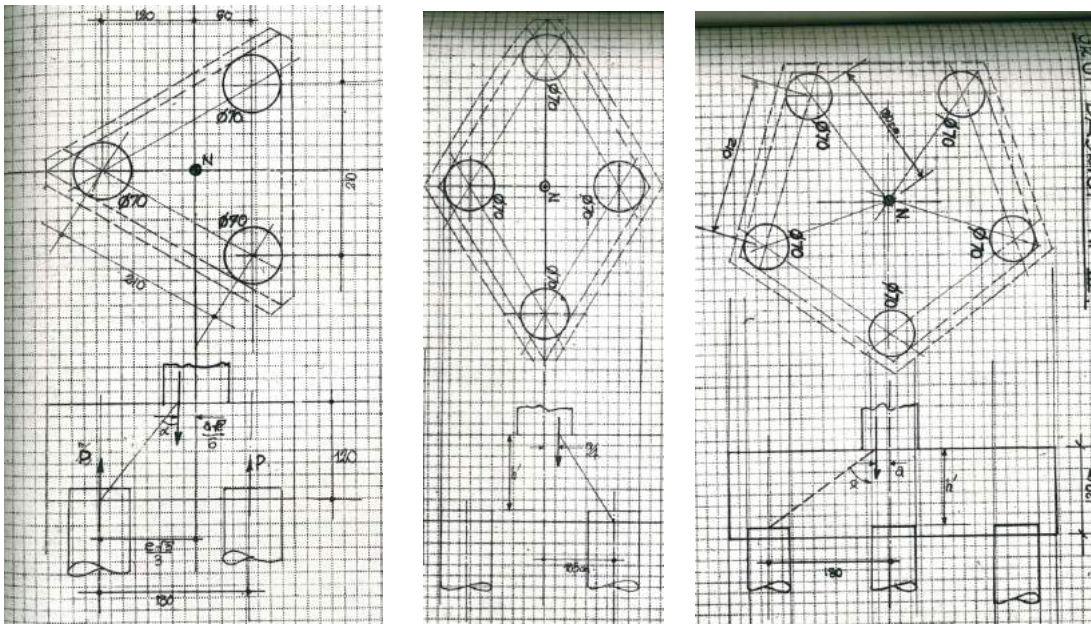
Şekil 3: Etriye kancalarının 135 derece olarak gösterildiği ve gösterilmediği detaylar (İBB Statik Proje Raporu, 1968)



Şekil 4: Kompozit kolonlarda profil ve plaka yerleşimi (İBB Statik Proje Raporu, 1968)



Şekil 5: Kompozit kirişlere ait örnek kesitleri (İBB Statik Proje Raporu, 1968)



Şekil 6: Kazık başlıklarına örnekler (İBB Statik Proje Raporu, 1968)

Tablo 3: Kolon ve kiriş boyutları

	A Blok	B Blok	C Blok	D Blok	E Blok
Kolonlar (cm x cm)	35x80 50x50 60x60 80x80 30x100 30x60 30x80 30x120	30x60 35x80 50x50 60x60 80x80	50x50 60x60 80x80 35x80 40x80 30x60 35x100 40x120 40x150	30x60 30x80 35x80 30x100 30x120 50x50 60x60 80x80	30x60 35x80 50x50 60x60 80x80
Kirişler	Yükseklik: 50 cm, Genişlik: 80, 150 cm (çoğunlukla)				

6. 30.10.2020 DEPREMİ ÖNCESİNDE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

30.10.2020'de meydana gelen M6.9 İzmir-Samos Depremi öncesinde İBB tarafından bazı değerlendirme ve güçlendirme çalışmalar yaptırılmıştır. Yapılan çalışmaların şunlardır:

- DEÜ Mevcut Durum Değerlendirmesi (2006)
- Inter Yapı Güçlendirme Projesi (2007)
- Sıvılaşma Riski Analizi ve Zemin İyileştirme Projesi (2007)
- Ülker Mühendislik Deprem Güvenliğini Belirleme Projesi (2016)

DEÜ Mevcut Durum Değerlendirmesi (2006)

Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) tarafından yapılan çalışmada zemin etüdü sonuçlarına bağlı olarak mühendislik jeolojisi ve jeoteknik değerlendirme, mühendislik jeofiziği değerlendirme ve geoteknik değerlendirme yapılmış daha sonra artımsal itme yöntemi ile yapıların mevcut durum değerlendirme yapılmıştır. Yapılan mevcut durum değerlendirilmesinden önce, yapıdan alınan beton karot ve donatı demir numuneleri teste tabi tutularak mevcut dayanım değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, sıyırma ve ferroskan ile donatı okuması yapılmıştır.

Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Değerlendirme

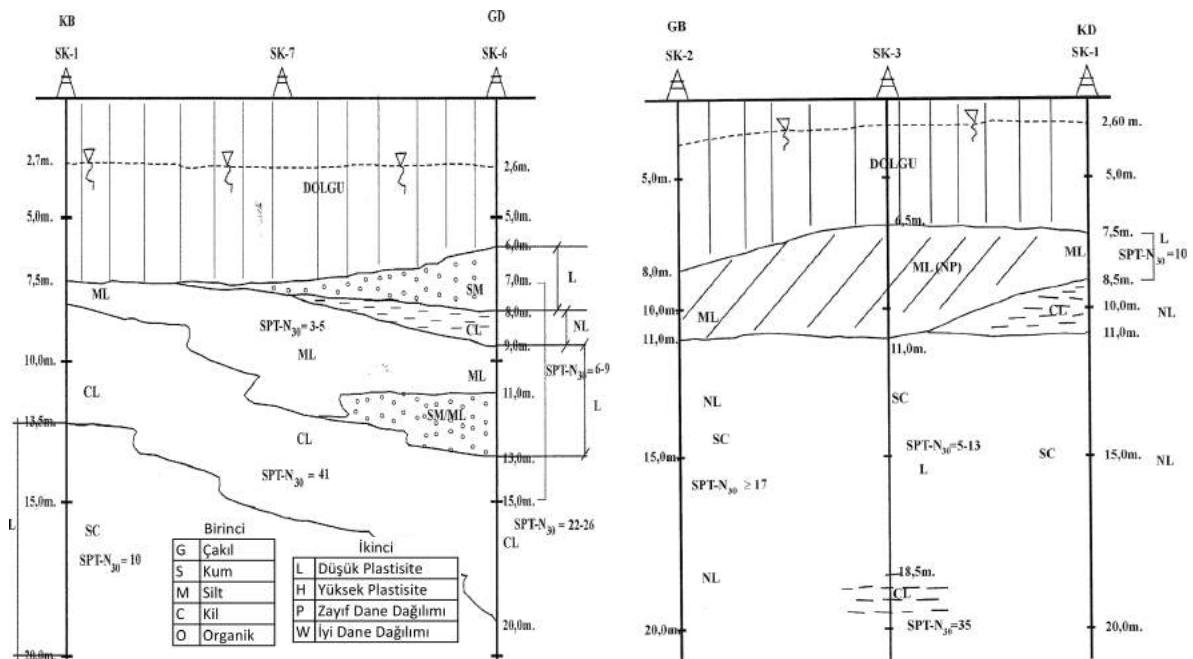
Yapılan sondajlı zemin etüdünde, toplam derinliği 200 m olan 7 adet sondaj kuyusu açılmış, bu kuyulardan örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri alınarak bu örneklerin özellikleri incelenmiştir. Ayrıca standart penetrasyon testleri (SPT) ile N30 değerlerine bakılarak, zemin sınıfı, sıklık durumları ve sıvılaşma riskleri irdelenmiştir.

2006 yılında yapılan ölçümlerde yeraltı su seviyesinin 2.6 m mertebelerinde olduğu görülmüştür. Bundan dolayı, zeminin suya doymuş şartlarda olduğu belirtilmiştir. Zeminde

1.50 m - 4.50 arasında değişen düşük plastisiteli siltler yer almaktadır. SPT-N30 değerleri 5-10 arasında değişmektedir. 18-20m'ye kadar siltli kumlarda SPT-N30 < 10 olduğu gözlenmiş olup sıvılaşma riski olduğu belirtilmiştir. Bu derinlikten sonra SPT-N30 > 20 olan kumlu ve siltli gözler olan çok katı killer görülmüştür. Sonuç itibariyle zeminin belli bölümlerinde sıvılaşma riski, bazı bölümlerinin yapı için olumsuz durum yarattığı ve genel olarak zeminde iyileştirme gerektiği belirtilmiştir (Şekil 7).

Mühendislik Jeofiziği Değerlendirmesi

Binanın dört tarafında özdirenç ölçümleri ile zemin profilleri hakkında bilgiler verilmiştir (Şekil 8). Batı alanında 3 m kalınlığında iri malzemeli dolgu/moloz, bunun da altında tuzlu su ve ince taneli (kil, silt ve kum) malzeme olduğu; güneyde 5 m kalınlığında iri ve daha iri malzemeli dolgu/moloz; doğuda 3 m kalınlığında iri malzemeli dolgu/moloz, bunun altında tuzlu su ve ince taneli malzeme; kuzey alanında 1-3 m kalınlığında iri malzemeli dolgu/moloz ve bunun altında ince taneli malzeme, 20-25 m'de daha dirençli andezit (Not: burası aslında sıkı kildir) olduğu belirtilmiştir. Tüm alanlarda ve tüm kesitlerde bol su olduğu vurgulanmıştır.



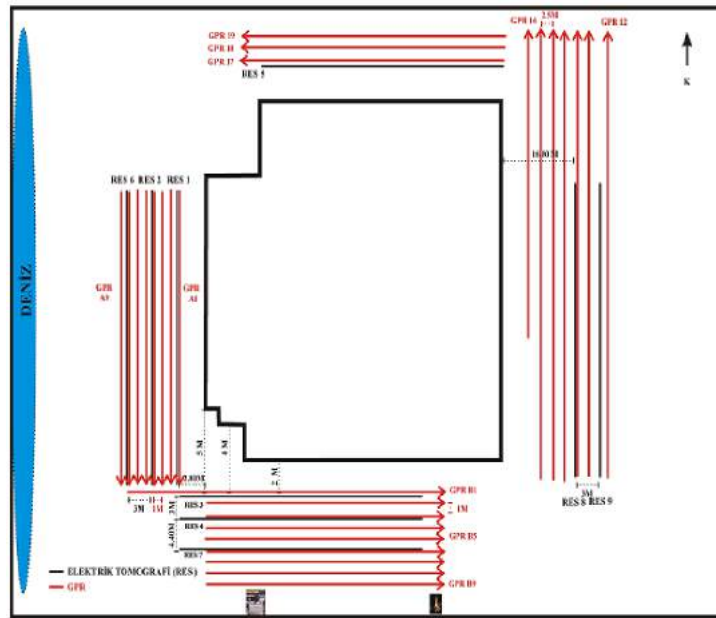
Şekil 7: Konak meydanına bakan yönde ve denize bakan yönde zemin kesitleri

Geoteknik Değerlendirme

Raporda, su seviyesinin deniz suyu ile belirlendiği, kazıklar ve başlıklarda korozyon ve deprem etkileri nedeni ile “ana donatının düşey sürekliliğinin kazılara yatay yük aktarmada ve çekmede güvenilmeyecek duruma geldiği” kanaatinin olduğu belirtilmiştir. Zemin raporunda verilen SPT-N30 değerleri, plastisite limitleri ve indisleri ve zemin sınıflandırması özet olarak verilmiştir (Şekil 9, Şekil 10 Şekil 11 ve Şekil 12). Yapılan üç eksenli basınç deneylerinin sonuçları verilmiştir (Tablo 4). Beton için olası zararlı kimyasal maddelerin

miktarının TS EN 206'a göre zararlı etkinlik seviyesinin altında olduğu belirtilmiştir. Zemin verileri kullanılarak bir zemin modeli önerilmiştir (Şekil 13).

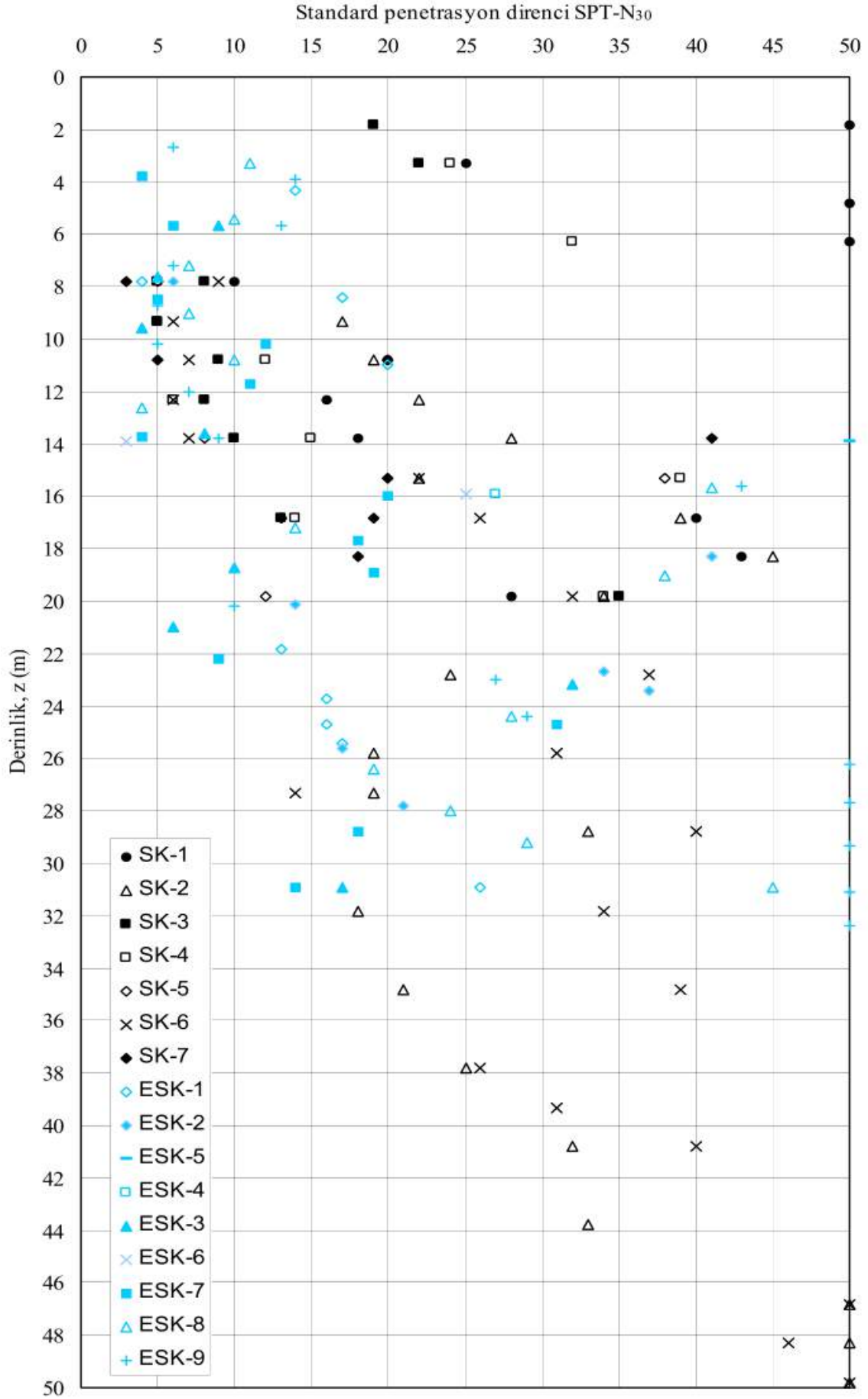
Kazıkların düşey yük kapasitesi incelenmiş olup, kazıkların 8 nolu katmana kadar yerleştiği belirtilmiş ve güvenlik faktörünün (FS) 3 olduğu hesaplanarak bu kapasitenin yeterli olduğu belirtilmiştir. Sıvılaşma riski incelenerek dolgu altındaki 15 m'ye kadar olan tabakalarda FS < 1 olduğu hesaplanmış olup, sıvılaşma riski olduğu belirtilmiştir. Yay katsayıları hesaplanmıştır. Dörtlü kazık grubunun drenajsız durum için düşey yay katsayısı 100 MN/m olarak, drenajlı durum için ise 60 MN/m olarak hesaplanmıştır. Yatay katsayıları $\delta = 0.0 - 0.6$ cm için 83333 kN/m, $\delta = 0.6-8.0$ cm için 4386 kN/m olarak hesaplanmıştır. Zemin sınıfı için Z2 tipi sınıf önerilmiştir (raporun 2006 yılında hazırlandığı hatırlanmalıdır, 1997 deprem yönetmeliğinde verilen zemin sınıfları Şekil 14'de gösterilmektedir).



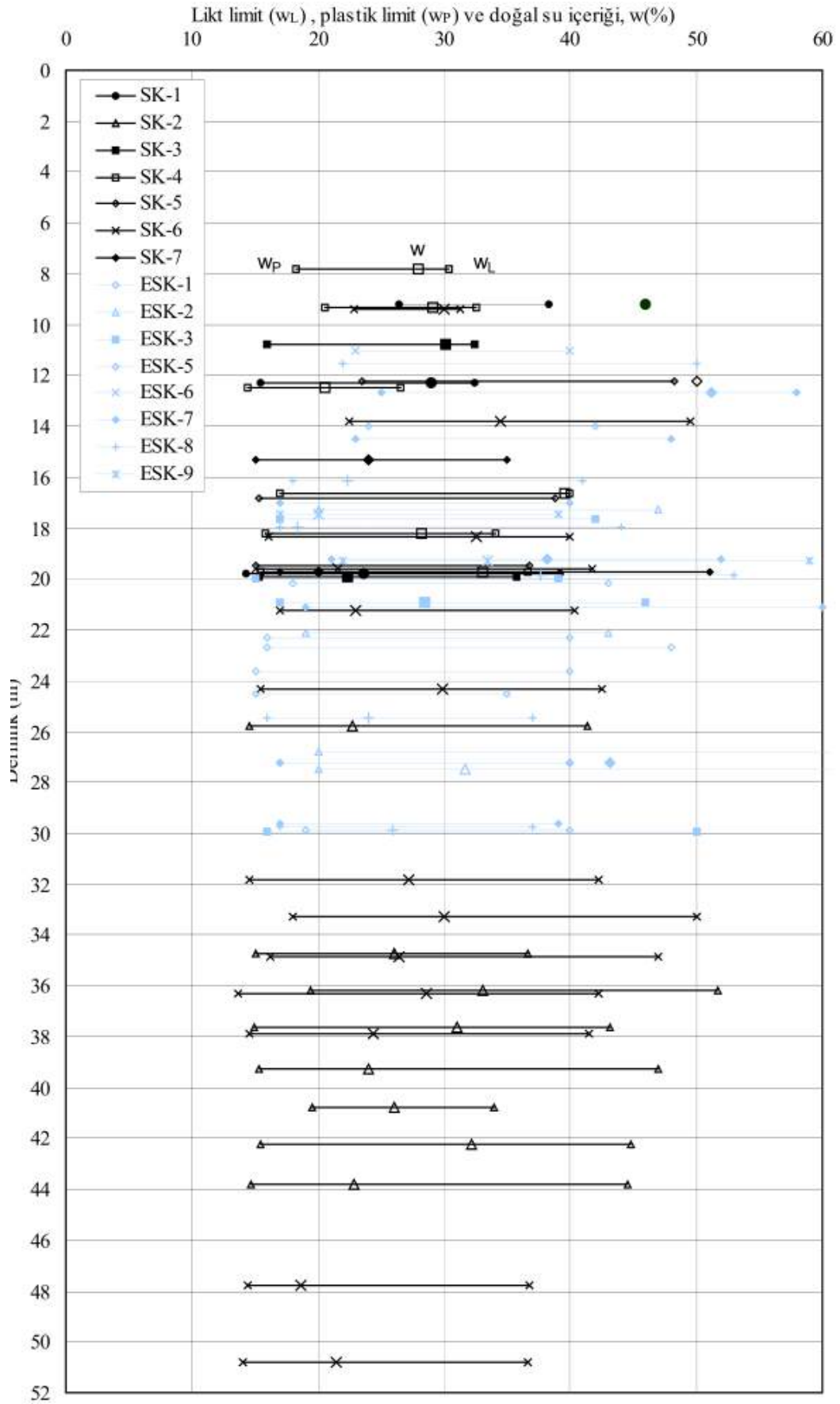
Şekil 8: Öz direnç ve yer radarı konumları (DEÜ Raporları, 2006)

Tablo 4: Üç eksenli basınç deney sonuçları (DEÜ Raporları, 2006)

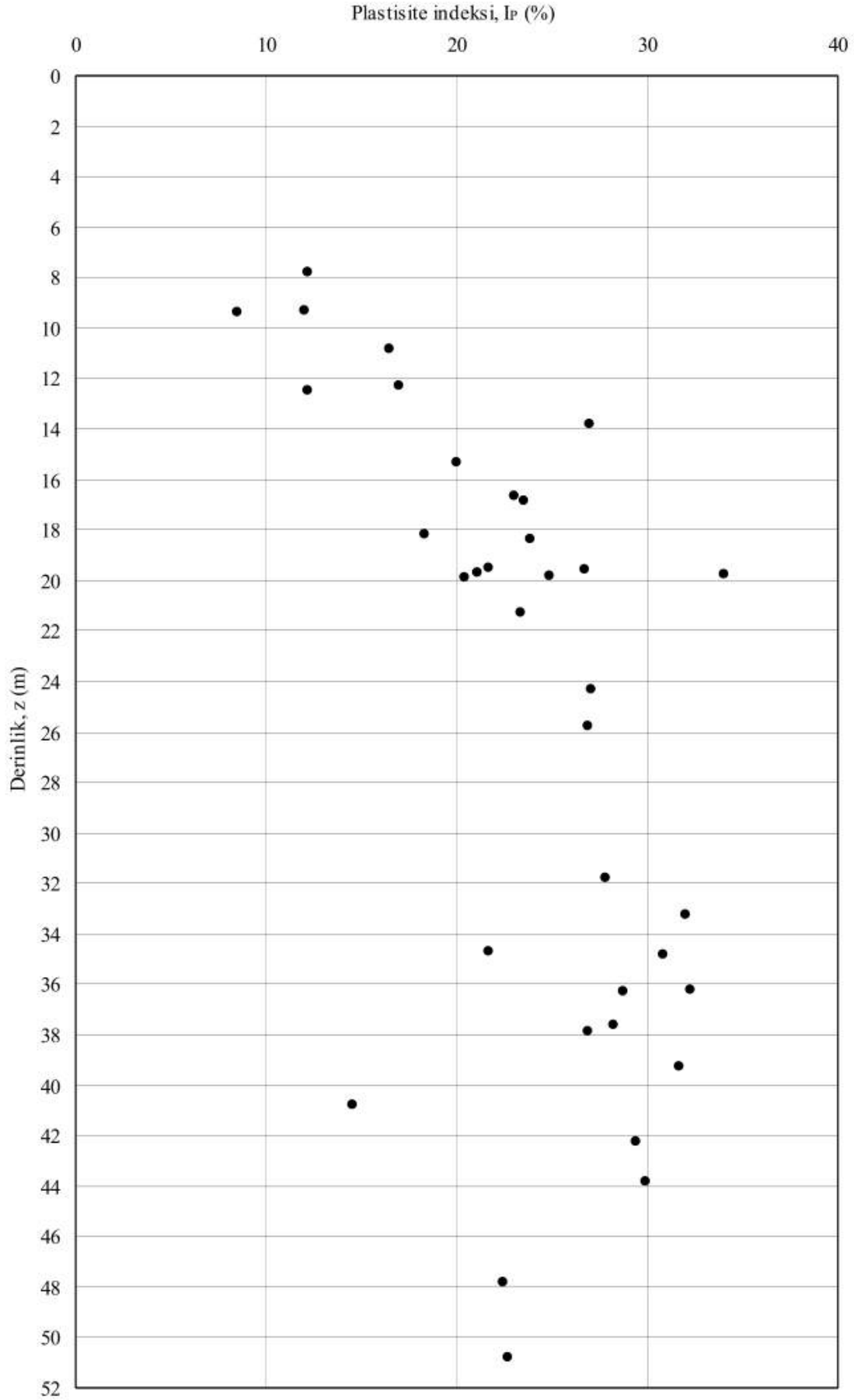
Kuyu No	Örnek No	Derinlik (m)	USCS	Dayanım parametreleri	
				c (kg/cm ²)	ϕ (°)
SK-1	UD-1	9.00-9.50	CL	0.3	10
SK-2	UD-5	36.00-36.50	CH	0.5	17
	UD-6	39.00-39.50	CL	1.0	24
SK-3	UD-2	18.00-18.50	SC	0.55	8
SK-4	UD-1	18.00-18.50	CL	0.57	12
SK-5	UD-2	12.00-12.50	CL	0.45	9
SK-6	UD-2	18.00-18.50	CL	0.46	7
	UD-3	21.00-21.50	CL	1.15	14
	UD-6	33.00-33.50	CL	0.13	20
	UD-7	36.00-36.50	SC	0.30	11



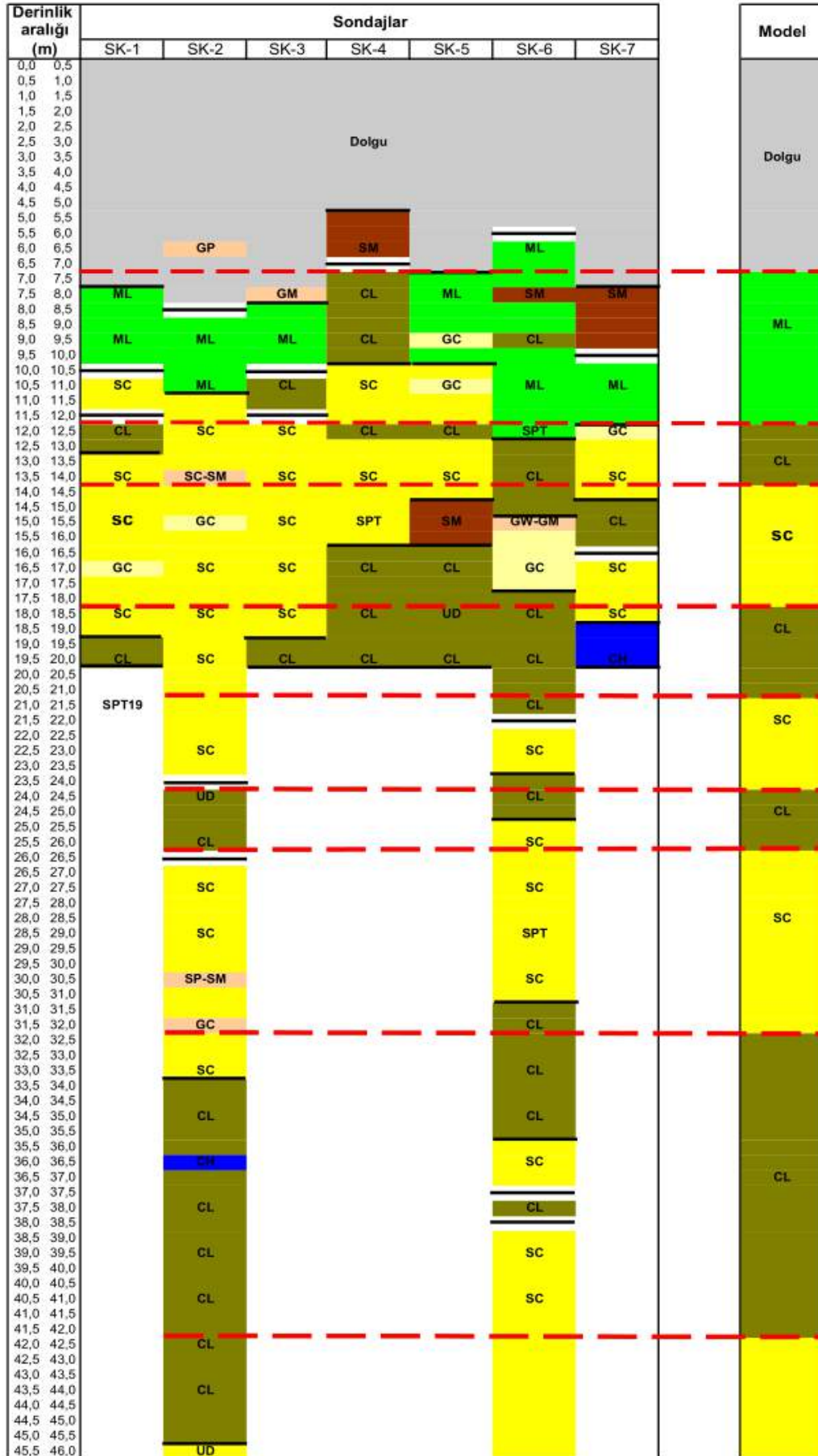
Şekil 9: Zemin SPT-N30 değerleri (DEÜ Raporları, 2006)



Şekil 10: Zemin plastik limit değerleri (DEÜ Raporları, 2006)



Şekil 11: Zemin SPT-N30 değerleri ve plastik limit değerleri (DEÜ Raporları, 2006)



Şekil 12: Zemin plastisite indisleri ve zemin tipleri (DEÜ Raporları, 2006)

	0.0 m
1 Dolgu $N = 16, (N_1)_{60} = 19, c' = 0, \phi' = 40^\circ, E = 10 \text{ MPa}$	
	7.0 m
2 Silt (ML) $N = 8, (N_1)_{60} = 7, c' = 0, \phi' = 30^\circ, E = 5 \text{ MPa}$	
	12.0 m
3 Düşük plastisiteli kil (CL) $N = 7, (N_1)_{60} = 5, c_u = 25 \text{ kPa}, \phi_u = 0^\circ, E_u = 25 \text{ MPa}, E' = 3 \text{ MPa}$	
	14.0 m
4 Killi kum (SC) $N = 23, (N_1)_{60} = 15, c' = 0, \phi' = 38^\circ, E = 15 \text{ MPa}$	
	18.0 m
5 Düşük plastisiteli kil (CL) $N = 28, (N_1)_{60} = 17, c_u = 45 \text{ kPa}, \phi_u = 0^\circ, E_u = 45 \text{ MPa}, E' = 9 \text{ MPa}$	
	21.0 m
6 Killi kum (SC) $N = 30, (N_1)_{60} = 17, c' = 0, \phi' = 38^\circ, E = 20 \text{ MPa}$	
	24.0 m
7 Düşük plastisiteli kil (CL) $N = 19, (N_1)_{60} = 10, c_u = 55 \text{ kPa}, \phi_u = 0^\circ, E_u = 55 \text{ MPa}, E' = 9 \text{ MPa}$	
	26.0 m
8 Killi kum (SC) $N = 25, (N_1)_{60} = 13, c' = 0, \phi' = 36^\circ, E = 16 \text{ MPa}$	
	32.0 m
9 Düşük plastisiteli kil (CL) $N = 30, (N_1)_{60} = 14, c_u = 90 \text{ kPa}, \phi_u = 0^\circ, E_u = 90 \text{ MPa}, E' = 11 \text{ MPa}$	
	42.0 m
10 Killi kum (SC) $N = 49, (N_1)_{60} = 20, c' = 0, \phi' = 35^\circ, E = 30 \text{ MPa}$	
	50.0 m

Şekil 13: Önerilen zemin modeli (DEÜ Raporları, 2006)

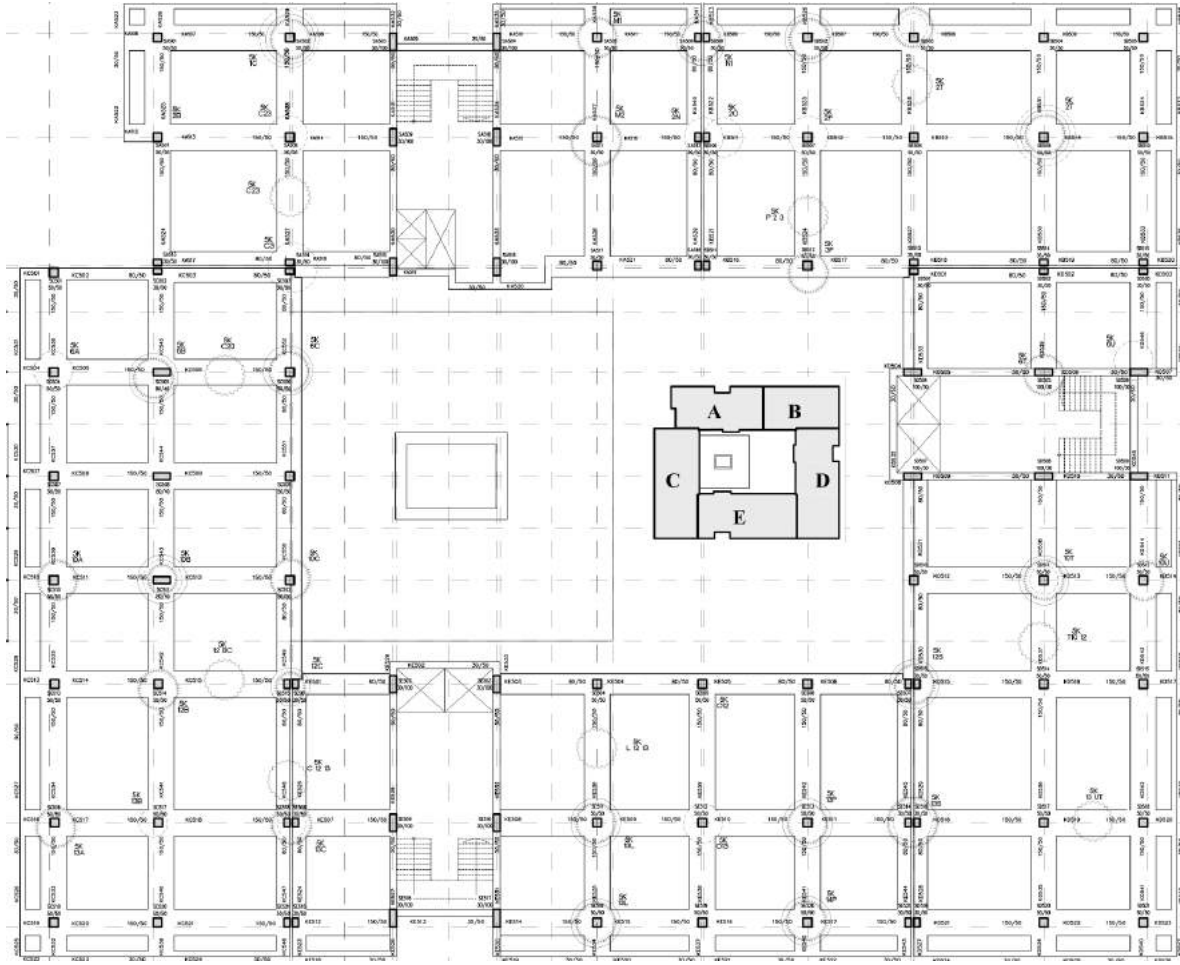
TABLO 12.1 - ZEMİN GRUPLARI

<i>Zemin Grubu</i>	<i>Zemin Grubu Tanımı</i>	<i>Stand. Penetr. (N/30)</i>	<i>Relatif Sıkılık (%)</i>	<i>Serbest Basınç Direnci (kPa)</i>	<i>Kayma Dalgası Hızı (m/s)</i>
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar....	—	—	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 50	85–100	—	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	—	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar.....	—	—	500–1000	700–1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30–50	65–85	—	400–700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16–32	—	200–400	300–700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	—	—	< 500	400–700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10–30	35–65	—	200–400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8–16	—	100–200	200–300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.....	—	—	—	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil....	< 8	—	< 100	< 200

TABLO 12.2 - YEREL ZEMİN SINIFLARI

<i>Yerel Zemin Sınıfı</i>	<i>Tablo 12.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h₁)</i>
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	15 m < $h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Şekil 14: 1997 deprem yönetmeliğinde zemin grupları



Şekil 15: Tipik kat planları (DEÜ Raporları, 2006)

Yapısal İncelemeler, Analizler ve Deprem Performansı

Performans değerlendirmesinde “İzmir Büyükşehir Belediyesi Hizmet Binası kompleksinde yer alan bloklar; deprem yönetmeliğinde kullanım amacı bakımından “Deprem Sonrası Hemen Kullanılması Gereken Binalar” sınıfına girdiğinden, bu tür binaların deprem performansının analiz ve değerlendirilmesinde geçerli olan, 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremler için “HK - Hemen Kullanım” ve 50 yılda aşılma olasılığı % 2 olan depremler için “CG - Can Güvenliği” hedef performans düzeyleri dikkate alınmıştır.

Yapılan röleve çalışması ile kat planları çıkarılmıştır. Tipik kat planı örnek olarak burada verilmiştir (Şekil 15). Yapıda yapılan gözlemler özetlenmiştir. Temel sistemi olarak, dolgu oturmasından dolayı kazık başlıklarının çevresinde boşluk olduğu görülmüştür. Yeraltı suyu ve sudaki tuz nedeni ile kazık ve kazık başlıklarında aşırı derecede korozyon gözlenmiştir (Şekil 16). Ayrıca başlıklarda ve bağ kirişlerinde (2006 yılı öncesindeki) geçmiş depremlerde olduğu düşünülen yatay düzleme paralel kesme çatlaklarının meydana geldiği gözlenmiştir. Ayrıca zemin kat kolonlarında da korozyon görüldüğü belirtilmiştir ancak hangi kolonlar olduğu belirtilmemiştir. Yapılan donatı ölçümlerinde hesaplardan farklı olarak tüm etriyelerin açıklıklarda $\Phi 8/30\text{cm}$, sıklaştırma bölgelerinde $\Phi 8/15\text{cm}$ olduğu belirtilmiştir.

Tablo 5: Mevcut beton basınç dayanımları ve elastisite modülleri (DEÜ Raporları, 2006)

KAT	Mevcut Beton Basınç Dayanımı f_{cm} [MPa]	Mevcut Betonun Elastisite Modülü E_{cm} [MPa]
BODRUM	11.0	16563
ZEMİN	12.1	17375
KAT 1	9.6	15499
KAT 2	9.3	15259
KAT 3	6.5	12736
KAT 4	8.9	14930
KAT 5	6.9	13170
KAT 6	8.5	14605
KAT 7	10.3	16060

Tablo 6: Modellerden elde edilen yapı periyotları (DEÜ Raporları, 2006)

	A Blok	B Blok	C Blok	D Blok	E Blok
X Yönü 1. Periyod (T_{1x}) (sn)	3.13	2.75	3.28	3.40	3.31
Y Yönü 1. Periyod (T_{1y}) (sn)	3.13	2.95	2.83	3.10	3.21
X Yönü 1. Mod Kütle Katılım Oranı (α_{1x}) (%)	40.0	73.0	70.00	46.8	82.3
Y Yönü 1. Mod Kütle Katılım Oranı (α_{1y}) (%)	39.3	77.2	73.40	73.7	80.0
X Yönü 1. Mod Modal Katılım Faktörü ($PF1_x$)	1.20	1.26	1.23	1.20	1.30
Y Yönü 1. Mod Modal Katılım Faktörü ($PF1_y$)	1.20	1.32	1.26	1.24	1.32

Karot numuneleri ve testler ve hesaplarda kullanılacak basınç dayanımları ve elastisite modülleri her kat için hesaplanmıştır (Tablo 5). Donatı çeliği akma mukavemeti 542 MPa, kopma mukavemeti 634 MPa ve kopma uzaması %14.6 bulunmuştur ancak hesaplarda S420 çelik değerleri kullanılmıştır. Bloklardan TS 10465 standardına uygun olarak alınan karot numunelerinin dayanımları gerekli düzeltmelerle istatistiksel olarak düzenlenmiş ve her kat için Tablo 5'te sunulan beton basınç dayanımları (f_{cm}) elde edilmiştir. Yapılan performans analizinde, 2006 yönetmeliğine uygun olarak ortalama-standart sapma dayanımını temsil eden bu dayanım değerleri kullanılmıştır.

Blokların modelleri ETABS programında yapılmıştır (Şekil 17). Bina modellerinde kazıklar modellenmemiş, ankastre mesnet kabulü yapılmıştır. Analizlerde zemin Z2 sınıfı olarak kabul edilmiştir. Yapı periyotları hesaplanmıştır (Tablo 6).

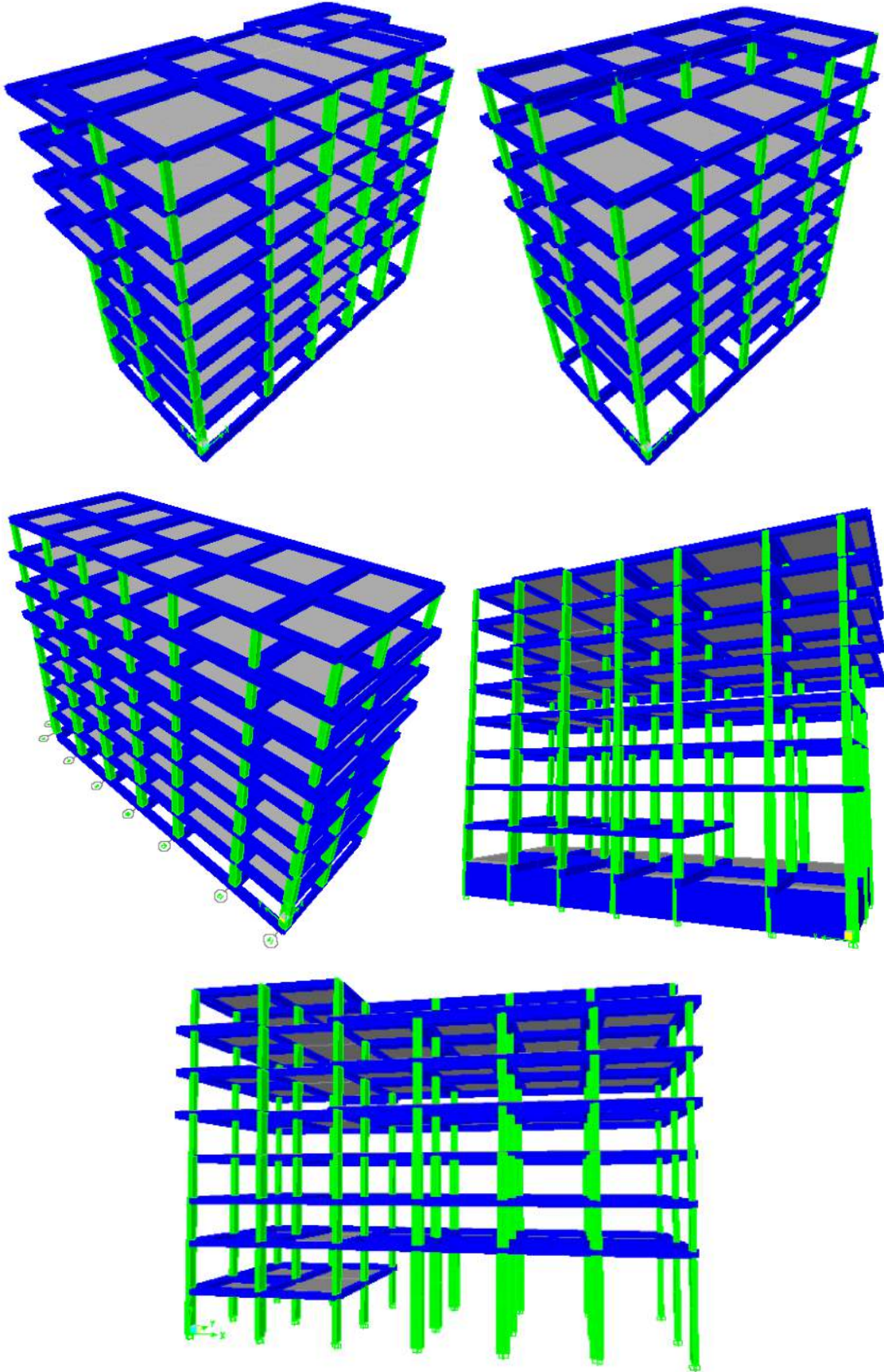
Yapı bloklarının deprem talep yerdeğiştirme değerlerini belirlemek için FEMA 356 kullanılmıştır. Bu amaçla, bu standardın “yerdeğiştirme katsayıları” yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde yerdeğiştirmeler basit bir denklem ile hesaplanmaktadır:

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

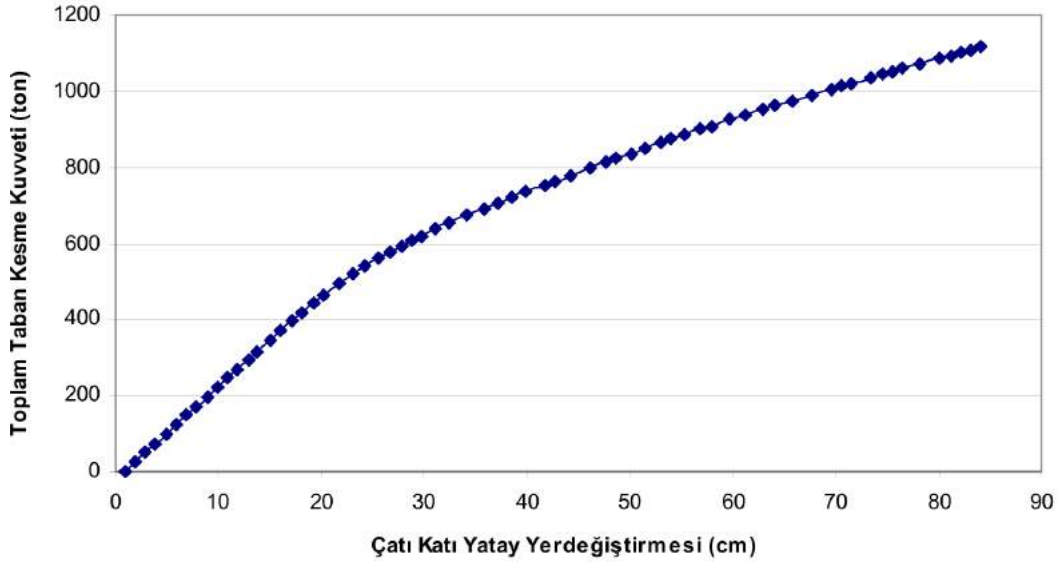
Her bir blok, FEMA 356'da verilen dikdörtgen yükleme tipi ile artımsal itme analizine tabi tutulmuştur. Örnek bir itme eğrisi Şekil 18'de verilmiştir. Bu eğri kullanılarak tasarım depremi ve en büyük deprem için yerdeğiştirmeler ve bu yerdeğiştirmelere denk gelen eleman kuvvetleri hasarı hesaplanmıştır. "Birinci derece deprem bölgesinde yer alan kazıklı temel sistemli yapının, Dokuz Eylül Üniversitesi Vakfı İzmir Büyükşehir Belediye Binası Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi Proje Raporu Geoteknik İrdelemeler Bölümü'nde Z2 türü zemin sınıfı üzerinde bulunduğu belirtildiğinden, analizlerde Z2 zemin sınıfı için verilen karakteristik değerler kullanılmıştır." Ancak, kullanılan spektrum grafiksel olarak verilmemiştir.



Şekil 16: Kazıkların başlık alt bölgelerinde gözlemlenen korozyon (DEÜ Raporları, 2006)



Şekil 17: A, B, C, D ve E blokların bilgisayar modelleri (DEÜ Raporları, 2006)



Şekil 18: A Blok X yönü kapasite eğrisi (DEÜ Raporları, 2006)

Tablo 7: DEÜ çalışmasında göçme modların özeti

Blok	X-Yönü	Y-Yönü
A Blok	1. Katta G. K. Ö	-
B Blok	4. Katta Kolonlar, Kolon Kesme ve G. K. Ö.	3. ve 4. Katta Kolonlar, Kolon Kesme ve G. K. Ö.
C Blok	4. Katta Kolonlar, 3., 4. ve 5. Katta Kolon Kesme ve 1., 2., 3., 4. ve 5. Katta G.K.Ö.	3. ve 4. Katta, Kolon Kesme ve G.K.Ö
D Blok	2., 3. ve 4. Katta Kolonlar ve Kolon Kesme ve 1., 2., 3. ve 4. Katta GKÖ.	2., 3. ve 4. Katta Kolonlar, Kolon Kesme ve G. K. Ö.
E Blok	4. Katta Kolon Kesme	4. Katta Kolon Kesme

Yapılan çalışma neticesinde DD-2 deprem seviyesinde şu sonuçlara varılmıştır:

- A Blok deprem performans düzeyi “GÖÇME” olarak;
- B Blok deprem performans düzeyi “GÖÇME” olarak;
- C Blok deprem performans düzeyi “GÖÇME” olarak;
- D Blok deprem performans düzeyi “GÖÇME” olarak;
- E Blok deprem performans düzeyi “GÖÇME” olarak belirlenmiştir.

DD-2 seviyesinde tüm yapılarda göçme durumu olduğu için DD-1’de analizler yapılmamıştır. DD-2 seviyesi göçme modları Tablo 7’da özetlenmiştir.

İnter Yapı Güçlendirme Projesi (2007)

DEÜ tarafından yapılan mevcut durum değerlendirme çalışması yapının en büyük deprem seviyesinde göçme tehlikesi gösterdiğinden, bina için güçlendirme projeleri hazırlanmıştır (örnek: B Blok güçlendirme projesi, Şekil 19). Bu projelerde tüm bloklar benzer güçlendirme yöntemine tabi tutulmuştur. İzlenen güçlendirme yaklaşımı burada özetlenmiştir:

- Tüm bloklarda kazıkbaşlıkları radye temele çevrilmiştir. Kazıkların olduğu bölgede temel kalınlaştırılmıştır.
- Tüm kolonlarda mantolama yapılmıştır.
- Her blokta kısa yönde üç aksa, uzun yönde iki aksa 45 cm kalınlığında betonarme perdeler eklenmiştir.
- Tüm A, D ve E bloklarda, bazı akslara betonarme giriş eklenmiştir.
- Analizler, DD-1 deprem seviyesi için, $R = 1$, $I = 1.5$, kullanılarak, STA4-CAD isimli programda, doğrusal yöntem kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan spektrum verilmemiştir.

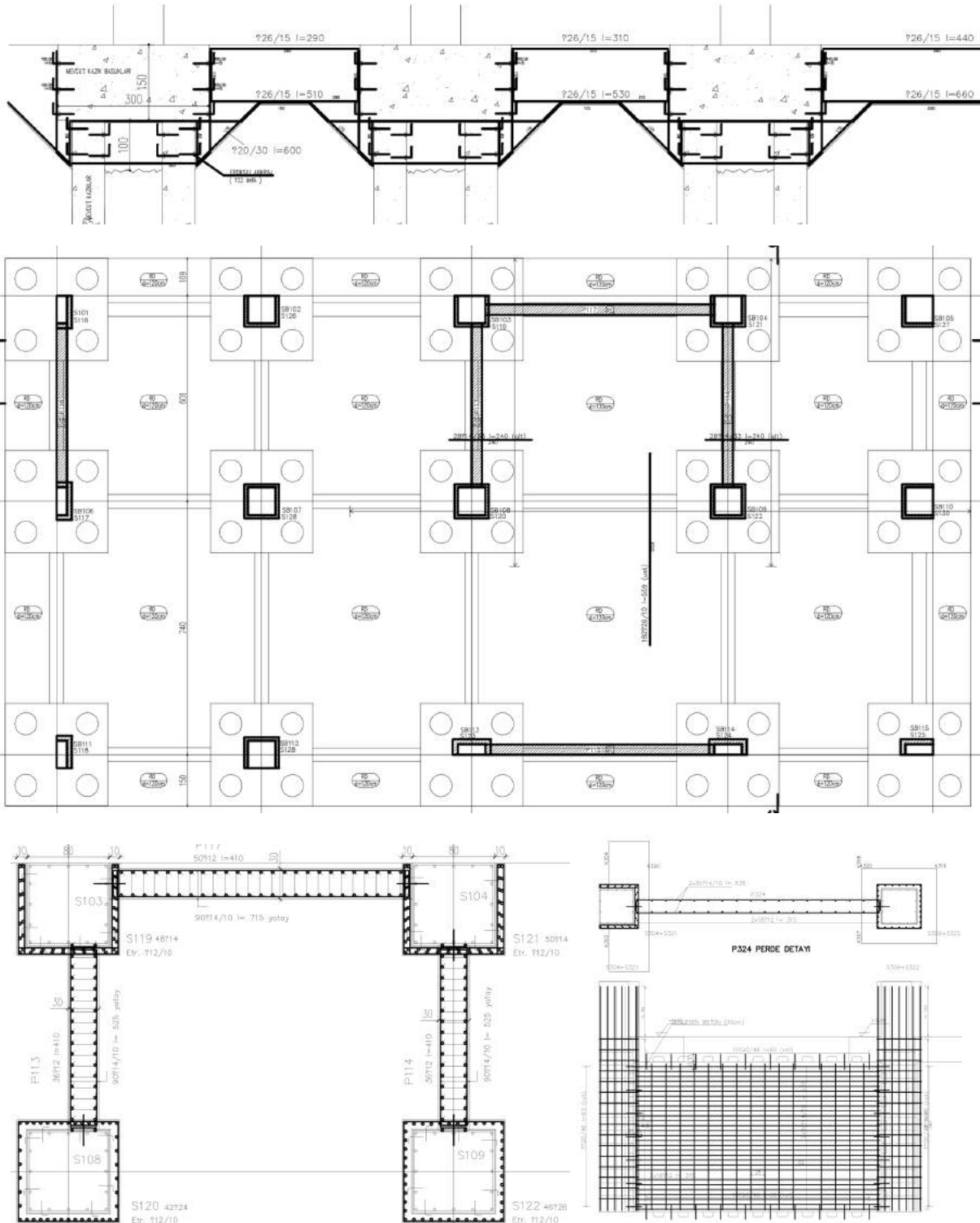
Bu güçlendirme projesinde, zemin için önceki çalışmalarda tespit edilen sıvılaşma riskinin ve kazık sisteminde gözlenmiş olan korozyonun binanın deprem davranışına olası etkilerinin analizlerde dikkate alındığına dair herhangi bir ibare tespit edilememiştir.

Sıvılaşma Riski Analizi ve Zemin İyileştirme Projesi (2007)

DEÜ tarafından yaptırılan çalışmada zeminde sıvılaşma riski olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada sıvılaşmaya karşı zemin iyileştirme projesi hazırlanmıştır.

- Çalışmada DEÜ tarafından yaptırılan ve değerlendirmesi yapılan zemin etüd çalışması hakkında özet bilgi verilmiştir (burada tekrarlanmamıştır)
- Sıvılaşma risk analizi yapılmış ve bütün sondaj kuyuları için sıvılaşma riski olduğu bulunmuştur (Tablo 8, Şekil 21)
- Raporda, jet-grout yüksek modüllü kolon kullanımı önerilmiştir. Bu uygulamanın yapım esasları ve uygulama neticesinde oluşan zemin koşullarının sıvılaşma güvenlik faktörünün hesabını verilmiştir.
- JET2 olarak adlandırılan çift akışkanlı jet-grout sistemi kullanılması planlanmıştır. Bu yöntem ile yapılacak iyileştirme ile güvenlik sayıları iyi yönde artmıştır (Tablo 8)

- “Belirtilen su/çimento oranların kullanılmasıyla ağırlıklı olarak siltli kumdan oluşan zemin profilinde yaklaşık olarak 80 cm çapında kolonların oluşması ve kolonların basınç mukavemetlerinin ortalama 10 MPa olması öngörülmektedir. Jet-grout kolonlarının merkezleri arasındaki mesafelerin 2,0 x 2,0 m. ve kolon derinliklerinin 20 m. olarak imal edilmesi” planlanmıştır (Şekil 20).

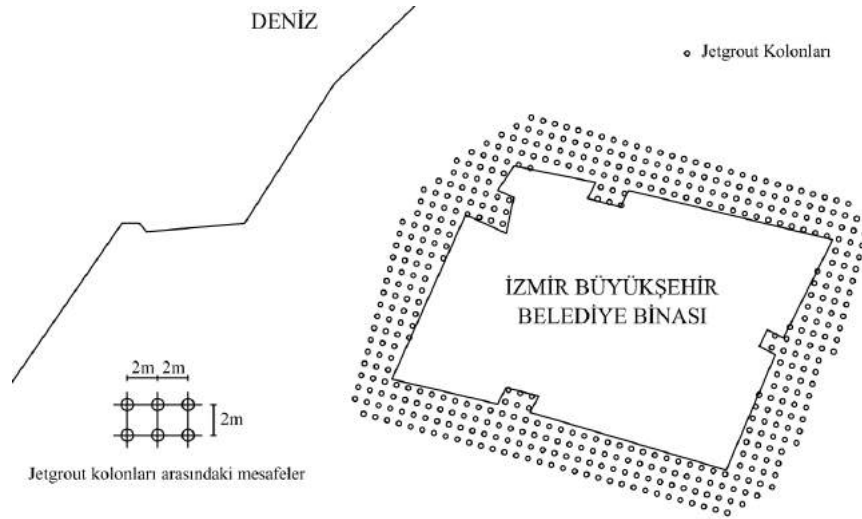
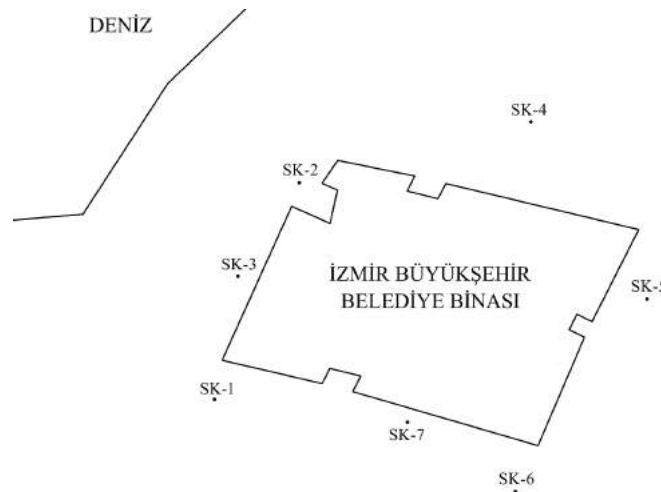


Şekil 19: B Blok güçlendirme projesinin ana hatları (Inter Yapı Güçlendirme Projesi, 2007)

Tablo 8: Jet-grout öncesi ve sonrası güvenlik faktörleri (Zemin İyileştirme Raporu, 2007)

Sonda No:	Derinlik (m)	Jetgrout öncesi min. FS_L	Jetgrout sonrası min. FS_L	Sıvılaşmaya Karşı Risk Durumu
SK-1	7,5 – 13,5	0,52	3,06	Risk Yok
SK-2	9,0 – 15,0	0,72	2,74	Risk Yok
SK-3	7,5 – 16,5	0,34	2,77	Risk Yok
SK-4	7,5 – 13,5	0,34	2,69	Risk Yok
SK-5	7,5 – 13,5	0,38	3,07	Risk Yok
SK-6	7,5 – 16,5	0,38	2,35	Risk Yok
SK-7	7,5 – 18,0	0,34	3,09	Risk Yok

Su/çimento oranı	Takım dönme hızı (dev/dak)	Takım çekme hızı (mm/dak)	Basınç (bar)			Nozzle Çapı (mm)		Nozzle Sayısı (adet)	
			Su	Grout	Hava	Su	Grout	Su	Grout
0,7	15	150	200 (ön yıkama)	400	10	1,6 – 2,4	2 - 4	1 (ön yıkama)	1 - 2

**Şekil 20:** Jet-grout uygulaması (Zemin İyileştirme Raporu, 2007)**Şekil 21:** DEÜ tarafından yaptırılan zemin çalışmasındaki sondajlar (DEÜ Raporları, 2006)

Ülker Müh. Deprem Güvenliğini Belirleme Projesi (2016)

2016 yılında Ülker Mühendislik tarafından yapılan çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler şunlardır:

- Ön Rapor
- Malzeme Değerlendirme Raporu
- Deprem Tehlikesi Raporu
- Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu
- Deprem Yalıtım Uygulaması Alternatiflerin Değerlendirilmesi Raporu

Bu çalışmalar burada kısaca özetlenmiştir.

Ön Rapor

Bu raporda, önceden yapılan çalışmaların bir özeti bulunmaktadır (bu özet bilgiler burada tekrarlanmamıştır)

Malzeme Değerlendirme Raporu

Bu raporda, çoğunlukla DEÜ tarafından yapılan zemin, beton ve donatı çeliği ile ilgili çalışma ve testlerin özeti ve mevcut yapı röleve kat planları verilmiştir. Bu bilgilere ek olarak, beton dayanımı için kat bazında hesap yerine blok bazında hesap yapılmıştır (Tablo 9).

Tablo 9: Blok bazında beton dayanımları (Ülker Müh. Raporları, 2016)

BLOK	FCK (MPa)	E (MPa)
A	7.78	23064
B	9.56	24048
C	7.35	22811
D	10.54	24604
E	9.12	23814

*DEÜ Raporlarında verilen beton malzeme bilgileri tekrar verilmiştir.

KAT	Mevcut Beton Basınç Dayanımı f_{cm} [MPa]	Mevcut Betonun Elastik Modülü E_{cm} [MPa]
BODRUM	11.0	16563
ZEMİN	12.1	17375
KAT 1	9.6	15499
KAT 2	9.3	15259
KAT 3	6.5	12736
KAT 4	8.9	14930
KAT 5	6.9	13170
KAT 6	8.5	14605
KAT 7	10.3	16060

Deprem Tehlikesi Raporu

Bu raporda sonraki bölümlerde kullanılacak deprem spektrumları ve ölçeklendirilmiş tarihsel deprem kayıtları elde edilmiştir. Çalışmada ilk önce tasarım depremi ve en büyük deprem için spektrum parametreleri elde edilmiştir (Tablo 10). Aynı değerler AFAD veritabanında da alınmıştır (Tablo 11). Raporda kazıklı zemin kullanılması nedeni ile zemin sınıfı NEHRP C olarak kabul edilmiştir. Bu durumda, tasarım depremi için $F_a = 1.0$, $F_v = 1.47$, en büyük deprem için $F_a = 1.0$, $F_v = 1.3$. Sonuç spektrum parametreleri de hesaplanmıştır (Tablo 12). Bu değerle spektrumlar da hazırlanmıştır (Şekil 22).

En sonunda zaman-tanım analizlerinde kullanmak amacı ile deprem kayıtları seçilmiş ve verilen spektrumlara ölçeklendirilmiştir. Bu amaçla 7 tarihsel deprem kayıt çifti seçilmiştir ve tasarım deprem seviyesi (DD-2) için ölçeklendirilmiştir (Tablo 13). Ayrıca, DD-1 içinde benzer şekilde 7 kayıt çifti seçilerek ölçeklendirilmiştir (Şekil 23).

Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu

Bu raporda, ilk önce özet bilgiler verilmiştir. Daha sonra analizlerde kullanılacak beton ve donatı gerilme-birim şekildeğiştirme modelleri verilmiştir. Kolon ve kiriş donatı bilgileri DEÜ çalışmasından alınmıştır. Donatılarda zemin ve bodrum katında orta-ileri, diğer katlarda az-orta korozyon tespit edilmiş olup, bodrum ve zemin katları için 0.85, diğer katlar için 0.95 donatı alan azaltma katsayı kullanılmıştır. Analizlerde kirişler için pekleşmesiz moment-dönme, kolonlarda ise pekleşmesiz etkileşimli plastik mafsal kullanılmıştır. Döşemeler membran olarak modellenmiştir.

Tablo 10: Deprem tehlikesi çalışması spektrum değerleri (Ülker Müh. Raporları, 2016)

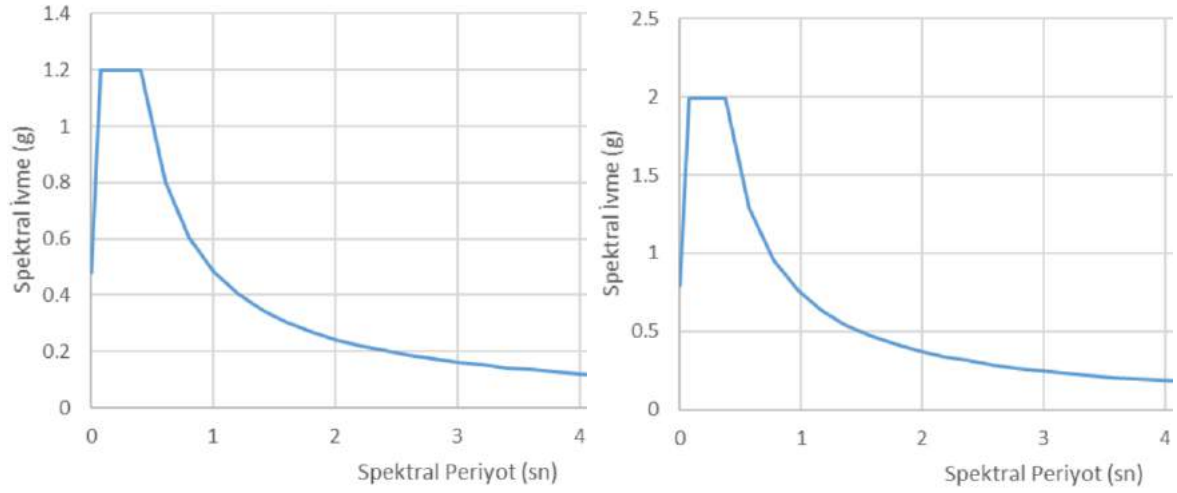
Seviye	Yineleme Süresi	PGA (g)	Ss (g)	S1 (g)
D2	50 - %10	0.49	1.20g	0.33g
D3	50 - %2	0.76	1.99g	0.57g

Tablo 11: AFAD'dan alınan spektrum parametreleri (Ülker Müh. Raporları, 2016)

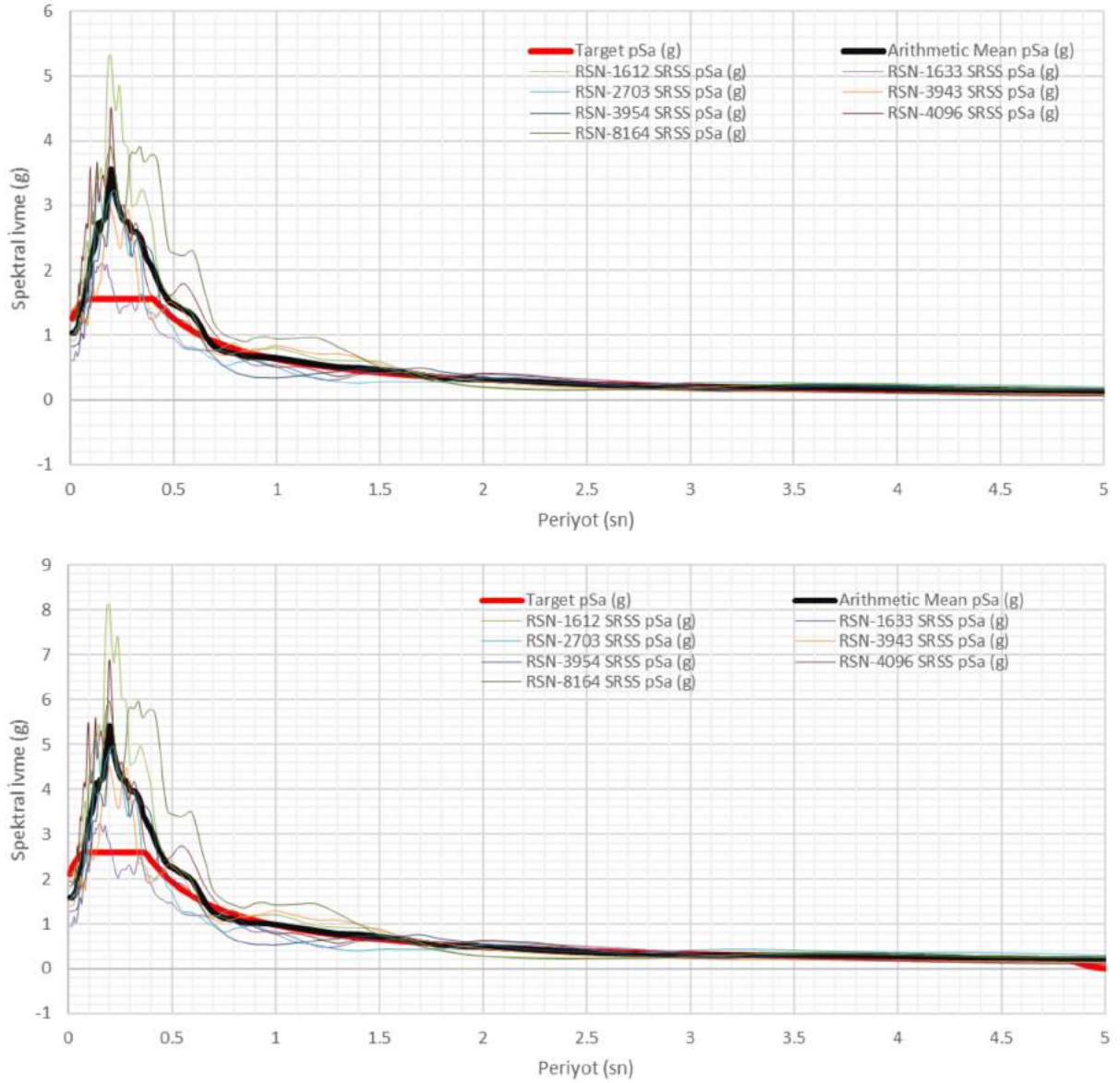
Seviye	Yineleme Süresi	PGA (g)	Ss (g)	S1 (g)
D2	50 - %10	0.45	1.12g	0.27g
D3	50 - %2	0.85	2.15g	0.546g

Tablo 12: NEHRP C tipi zemin için spektrum parametreleri (Ülker Müh. Raporları, 2016)

Seviye	Yileneme Süresi	PGA (g)	Ss (g)	S1 (g)
D2	50 - %10	0.49	1.20g	0.485g
D3	50 - %2	0.76	1.99g	0.741g



Şekil 22: Tasarım depremi (DD-2) ve en büyük deprem (DD-1) spektrumları (Ülker Müh. Raporları, 2016)



Şekil 23: DD-2 ve DD-1'e ölçeklendirilmiş deprem spektrumları (Ülker Müh. Raporları, 2016)

Tablo 13: Tasarım depremi için ölçeklendirme (Ülker Müh. Raporları, 2016)

Deprem	Yıl	Kayıt İstasyonu	Ölçek	Mag	Mek	Rjb (km)	Rrup (km)	Vs30 (m/sec)
"Duzce_ Turkey"	1999	"Lamont 1059"	6.7082	7.14	yanal atım	4.17	4.17	551.3
"Manjil_ Iran"	1990	"Abbar"	0.8386	7.37	yanal atım	12.55	12.55	723.95
"Chi-Chi_ Taiwan-04"	1999	"CHY028"	4.2176	6.2	yanal atım	17.63	17.7	542.61
"Tottori_ Japan"	2000	"SMN015"	2.9046	6.61	yanal atım	9.1	9.12	616.55
"Tottori_ Japan"	2000	"SMNH10"	2.9571	6.61	yanal atım	15.58	15.59	967.27
"Parkfield-02_ CA"	2004	"Bear Valley Ranch_ Parkfield_ CA_ USA"	5.3832	6	yanal atım	3.38	4.32	527.95
"Duzce_ Turkey"	1999	"IRIGM 487"	2.9062	7.14	yanal atım	2.65	2.65	690

Kazıklar ile ilgili olarak, "Yapılan gözlemsel incelemelerde kazık başlığındaki donatıların agresif koşullar dolayısı ile yüksek oranda korozyona uğradığı ve başlık kesitinde yüzeye varan çatlaklar oluşturduğu belirlenmiştir. Korozyon çatlaklarına ilaveten köşe başlıklarda yatay düzlemsel kesme çatlakları gözlenmiştir. Kazık ve kazık başlığı birleşim bölgesinde de benzer korozyon beklendiğinden dolayı kazıkların düşey yük kazığı olarak dikkate alınması yaklaşımı bu proje kapsamında benimsenmiştir." Bundan dolayı, "Temel altında bulunan kazıklar düşeyde elastoplastik olarak modellenmiş olup, yatayda, korozyondan dolayı oluşan birleşim zayıflığı da dikkate alınarak yük taşımaya katılmadıkları varsayılmıştır." Kazıklarda düşey yay sabiti drenajlı durum için 60 MN/m, drenajsız durum için ise 100 MN/m olarak alınmıştır.

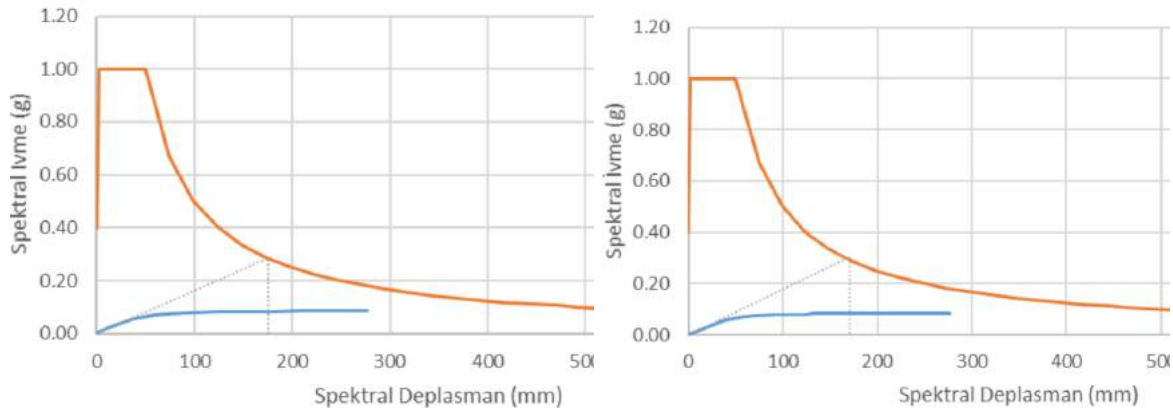
Performans hedefi olarak "TDY 2007 yönetmeliği tablo 7.7 gereğince yapı "Deprem Sonrası Hemen Kullanılması Gereken Binalar" kategorisine girmekte ve asgari olarak 50 yılda %10 aşılma olasılığı olan deprem (not: DD-2) için yapısal "Hemen Kullanım", 50 yılda %2 aşılma olasılığı olan deprem (not: DD-1) için ise yapısal "Can Güvenliği" performans seviyesini sağlamalıdır." ifadesi not edilmiştir. Performans kriterleri için DBYBHY 2007 yönetmeliğinde verilen birim şekildeğiştirme değerleri kullanılmıştır. "Kolon ve Perde gibi etkileşimli elemanlarda, her kapasite (MN, GV, GÇ) için P-Φ (Eksenel kuvvet-toplam eğrilik) zarf eğrisi çizilerek, istem değerlerinin zarf içerisinde kalıp kalmadığı kontrol edilmektedir. Kirişlerde ise hesaplanan "Φt" toplam eğrilik istemine göre kesitin içerisinde donatı ve betonda oluşan birim şekil değiştirmeler hesaplanmaktadır."

Her bir blok için model oluşturulmuş ve tek modlu artımsal itme analizleri yapılmıştır. Yapı hakim periyotları Tablo 17'de verilmiştir. Elde edilen periyotların 2006 yılındaki çalışmaya kıyasla önemli seviyede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. İtme analizlerinin hangi kat

kuvvetleri dağılımına göre yapıldığı açıklanmamıştır. Kapasite eğrileri spektral ivme-yerdeğiştirme grafikleri ile beraber çizilmiş 2007 Deprem Yönetmeliğinde açıklanan yöntem ile tepe yerdeğiştirme talepleri ve bu taleplere denk gelen birim şekildeğiştirmeler hesaplanarak elemanların performans seviyeleri bulunmuştur. Burada örnek olarak A blok sonuçlarının grafikleri verilmiştir (Şekil 24). Ayrıca, tüm bloklar için özet yerdeğiştirme talepleri ve taban kesme kuvvet kapasiteleri verilmiştir (Tablo 14). Tablo 15’de yapıların toplam dinamik kütleleri gösterilmektedir. Bu hesaplarda hangi deprem seviyesinin kullanıldığı belirtilmemiştir ancak DD-2 seviyesi için olduğu tahmin edilmektedir.

Yapılan tahkikler neticesinde mafsalların performans seviyeleri elde edilmiştir (bakınız Tablo 16) ve (DD-2 deprem seviyesi için olduğu tahmini ile):

- A Blok yapısının “Göçme Durumu” performans seviyesinde olduğu görülmüştür.
- B Blok yapısının “Göçme Durumu” performans seviyesinde olduğu görülmüştür.
- C Blok yapısının “Göçme Durumu” performans seviyesinde olduğu görülmüştür.
- D Blok yapısının “Göçme Durumu” performans seviyesinde olduğu görülmüştür.
- E Blok yapısının “Göçme Durumu” performans seviyesinde olduğu görülmüştür.



Şekil 24: A Blok X ve Y yönü kapasite eğrileri ve DD-2 spektrum eğrilerinin karşılaştırılması

Tablo 14: DD-2 seviyesi yerdeğiştirme talepleri ve taban kesme kapasiteleri

Blok	X-Yerdeğiş. Talebi	Y-Yerdeğiş. Talebi	Taban Kesme Kap.
A Blok	22.0 cm	21.7 cm	0.08 g
B Blok	17.8 cm	18.4 cm	0.08 g
C Blok	21.5 cm	21.7 cm	0.09 g
D Blok	22.4 cm	22.6 cm	0.09 g
E Blok	27.2 cm	27.7 cm	0.09 g

Tablo 15: Yapıların dinamik kütleleri (statik proje ile karşılaştırmalı)

Yapı	Ülker Müh. (2019)	Statik Proje (1968)
A Blok	4132 ton	5191 ton
B Blok	3759 ton	4181 ton
C Blok	6365 ton	6751 ton
D Blok	4805 ton	6784 ton
E Blok	4580 ton	5307 ton

Tablo 16: Performans seviyelerine göre mafsalsayıları (tahminen DD-2 için)

Yapı	Yön	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme
A Blok	X	71	20	12
	Y	89	7	12
B Blok	X	94	28	4
	Y	88	11	8
C Blok	X	62	53	32
	Y	115	63	4
D Blok	X	71	21	38
	Y	58	60	22
E Blok	X	95	27	49
	Y	99	18	39

Tablo 17: Ülker Müh. çalışmasında elde edilen periyotlar (DEÜ çalışması ile karşılaştırmalı)

		Dokuz Eylül Üniversitesi Çalışması	Ülker Mühendislik Çalışması
		Hakim Periyot (sn)	
A Blok Mevcut Durum	X	3.13	1.72
	Y	3.13	1.68
B Blok Mevcut Durum	X	2.75	1.48
	Y	2.95	1.53
C Blok Mevcut Durum	X	3.28	1.63
	Y	2.83	1.58
D Blok Mevcut Durum	X	3.40	2.06
	Y	3.10	1.97
E Blok Mevcut Durum	X	3.31	2.09
	Y	3.21	2.07

Deprem Yalıtım Uygulaması Alternatiflerin Değerlendirilmesi Raporu

Bu raporda üç adet alternatif hakkında bilgiler verilmiştir:

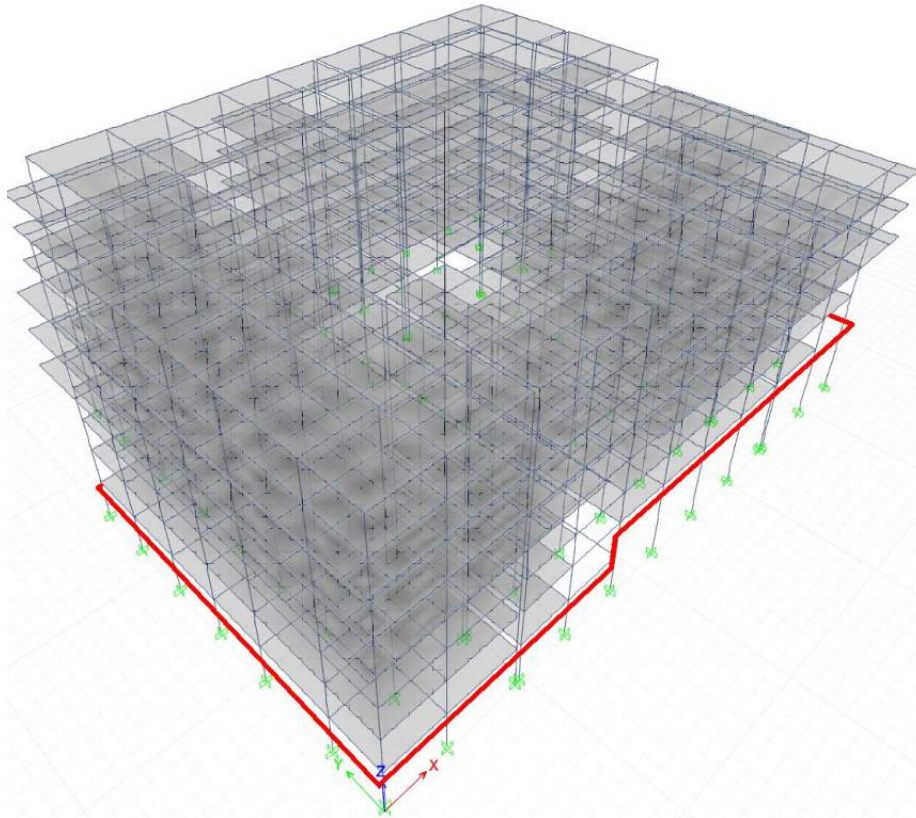
- Deprem Yalıtımı
- Konvansiyonel Güçlendirme
- Dıştan Çelik ile Güçlendirme

Bu alternatiflerden “Deprem Yalıtımı” alternatifi kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. “Deprem yalıtım katmanı olarak zemin kat ortası planlanmıştır. Blokların iki kat geçen kolonlarının olduğu konumlarda yalıtım katmanı ikinci normal katın altında konumlandırılması planlanmıştır. Bu sayede tüm döşemelerin deprem yalıtımın etkilerinden faydalanması amaçlanmıştır. Yapı blokları, deprem yalıtım katmanı üzerinde bulunan ilk döşeme ve bu döşemenin altında kalan tüm yapısal elemanların tek bir blok olarak hareket edecek şekilde birleştirilmesi planlanmıştır” (Şekil 25). Ayrıca “Deprem yalıtım birimlerinin altındaki kolonların aynı zamanda yaklaşık 25 cm mantolanması gerekmektedir. Nihai manto kalınlığı seçilecek olan deprem yalıtım cihazı tipine göre belirlenecektir.” Ana tasarım esası olarak “Deprem yalıtım birimlerinin seçiminde, 50 yılda %10 aşılma olasılığı olan depremde (not: DD-2) izin verilen $R = 1.5$ altında yapının gelen kuvvetler için yeterli dayanımının olması ve göreceli kat ötelemelerin %1’in altında olması ile 50 yılda %2 aşılma olasılığı olan depremde (not: DD-1) deprem yalıtım birimlerinin kararlılık şartlarını sağlaması” dikkate alınmıştır (DD-1’de üst yapı ile ilgili bir kriter verilmemiştir). Ön tasarım kapsamında, 93 adet kurşun çekirdekli kauçuk mesnet kullanıldığı durum modellenmiştir. Tasarım (DD-2) ve en büyük deprem (DD-1) seviyesi için yalıtım seviyesi tepkileri bulunmuştur (Tablo 18).

Zaman-tanım analizlerinde en büyük deprem (DD-1) üst sınır ortalama taban kesme kuvveti %14 olarak hesaplanmıştır. En büyük yalıtıcı yerdeğiştirmesi ise 44.2 cm olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde tasarım depremi (DD-2) için üst sınır ortalama taban kesme kuvveti %10 olarak hesaplanmıştır. En büyük yalıtıcı yerdeğiştirmesi ise 20.2 cm olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizlerde taban kesme kuvvetlerinin binanın kapasitesinin altında olduğu belirtilmiş ve deprem yalıtımı ile hedef performansa ulaşıldığı ifade edilmiştir.

Kazıklar en büyük deprem (DD-1) kuvvetleri için kontrol edilmiş ve güvenlik katsayısı 2.69 uygun olarak bulunmuştur. Sıvılaşma için kontrol yapılması önerilmektedir. Ayrıca zemin-yapı etkileşimi yapılmamış olup, bu tip analizlerin de olası detaylı projelendirme çalışması kapsamında yapılması önerilmektedir. Sunulmuş olan ön tasarım raporu çalışması kapsamında yapılmadığı anlaşılan ancak yapılması gerektiği açıkça ifade edilmiş olan diğer işler şu şekildedir:

- Mevcut hasarların tespit ve tamiri (korozyon, sehim, yapısal kesit azalmaları)
- Düşey sirkülasyon sistemlerinin (merdiven, asansör, rampa) yalıtım sistemi seviyesinden yalıtım yerdeğiştirmelerine izin verecek şekilde revize edilmesi
- Dilatasyonların iptali ve dilatasyonlarda çelik lama kullanılarak blokların birleştirilmesi
- Mekanik, elektrik, tesisat ve benzeri sistemlerin yalıtım sistemi seviyesinden yalıtım yerdeğiştirmelerine izin verecek şekilde revize edilmesi
- Yapı sağlık izleme sistemi kurulması
- Mimari tadilatlar



Şekil 25: Deprem yalıtım seviyesi (Ülker Müh. Raporları, 2016)

Tablo 18: Yalıtım tepkileri ile DD-2 (Ülker Müh. Raporları, 2016)

DBE UB ANALİZ				MCE LB ANALİZ			
İzolatör Yüğü	Piso	:	2568.146 kN	İzolatör Yüğü	Piso	:	2615 kN
Hedef Deplasman	Δ_{tar}	:	163.8534 mm	Hedef Deplasman	Δ_{tar}	:	459.5779 mm
Etkin Rijitlik	K_{eff}	:	2.08 kN/mm	Etkin Rijitlik	K_{eff}	:	1.05 kN/mm
Etkin Periyot	T_{eff}	:	2.23 sn	Etkin Periyot	T_{eff}	:	3.16 sn
Çevirim Alanı	A_h	:	93440.08 kNmm	Çevirim Alanı	A_h	:	201478.5 kNmm
Sönüm	β	:	0.265962 -	Sönüm	β	:	0.144012 -
Sönüm Katsayısı	B_d	:	1.632135 -	Sönüm Katsayısı	B_d	:	1.348024 -
Spektral İvme	S_a	:	0.132947	Spektral İvme	S_a	:	0.17623
Spektral Deplasman	S_d	:	163.8528 mm	Spektral Deplasman	S_d	:	436.9164 mm

Raporun en sonunda üç güçlendirme yaklaşımının kaba inşaatı için detaylı maliyet bilgisi verilmiştir. Bu maliyetlere ince işler, mekanik/elektrik maliyetleri ve yukarıda belirtilen ek çalışmalar nedeni ile oluşacak ek maliyetler dahil değildir. Ayrıca, kazıklar için yapılacak bir güçlendirmenin de bu hesaplara yansıtılmadığı anlaşılmaktadır. Benzer şekilde binanın güçlendirme işlemi sırasında kullanım dışı kalacak alanları nedeniyle ortaya çıkabilecek olası ek maliyetler de hesaba katılmamıştır. 2016 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim maliyetlerine göre (IV-C Sınıfı) bina yeniden yapım maliyeti 17.510.000,00 TL'dir. Tablo 19'da bina güçlendirme maliyetlerinin yeniden yapım maliyetine oranı verilmektedir. Genel teammül, bu oranın en fazla %40 olması yönünde olsa da bu sınırın bir bilimsel temeli olmadığı ve bu sınır değerinin %8 mertebelerinden olması gerektiği ilgili literatür üzerinden açıklanmıştır. Görüldüğü üzere tüm güçlendirme ve restorasyon maliyet oranının Tablo 19'da verilen oranlardan çok daha yüksek olacağı açıktır. Binanın yeniden yapılması durumunda oluşacak mimari, ince işleri mekanik, elektrik, çevre düzenlemesi gibi maliyetler doğrudan güçlendirme ve tamirat maliyetlerine ekleneceğinden tüm uygulama maliyetinin yeni bina yapım maliyetine yaklaşacağı ve hatta geçeceği öngörülmektedir.

Tablo 19: Güçlendirme maliyetleri ve bu maliyetlerin yeni bina maliyetine oranı (Ülker Müh. Raporları, 2016)

Yöntem	Maliyet	Oran
Deprem Yalıtımı	6,139,162.68	%35
Konvansiyonel Yöntem	5,222,489.00	%30
Dıştan Güçlendirme	7,116,976.78	%40

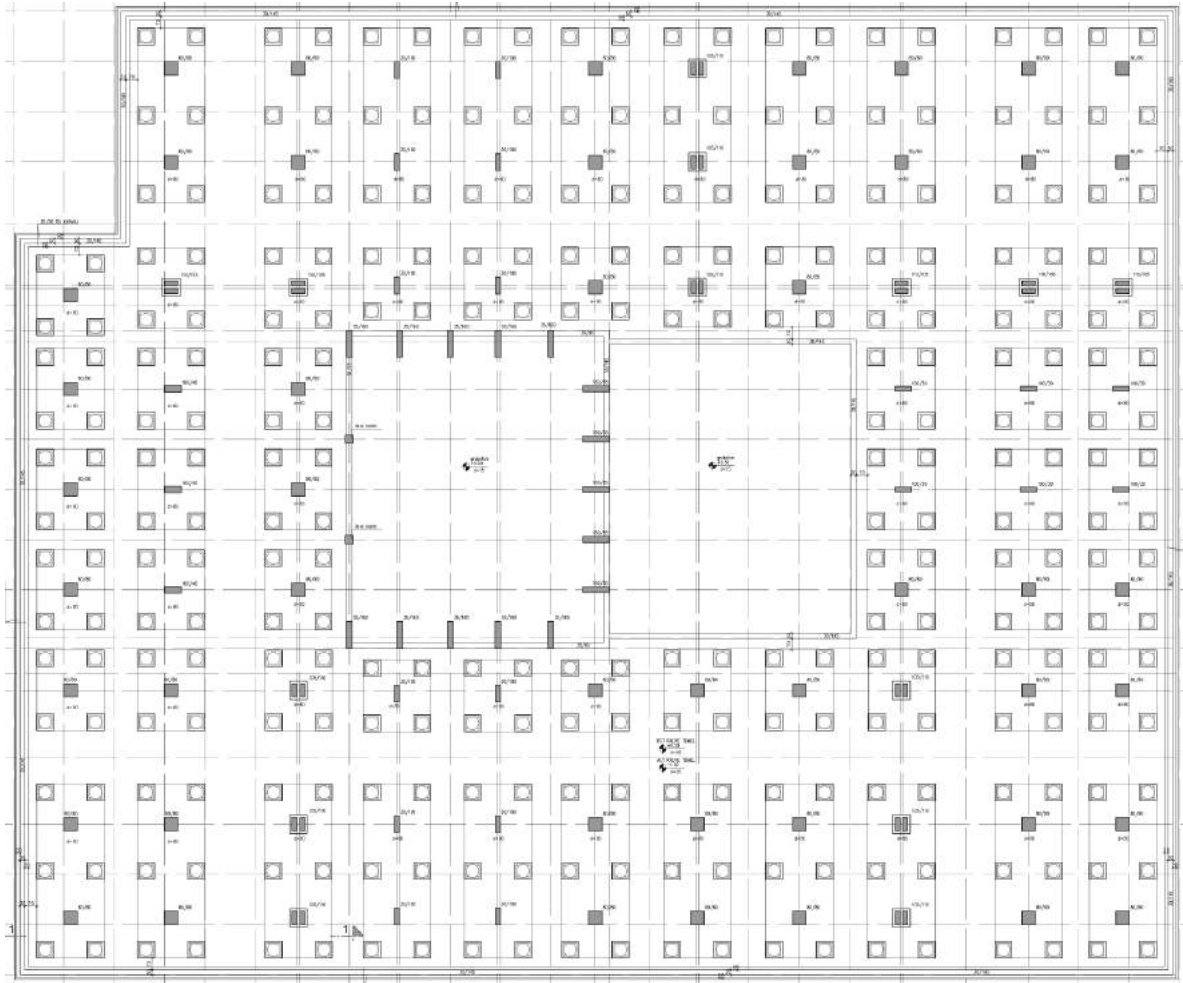
*Bu tabloda verilen maliyetler 2016 yılı değerleri olup, günümüz değerlerini yansıtmamaktadır.

Diğer Çalışmalar

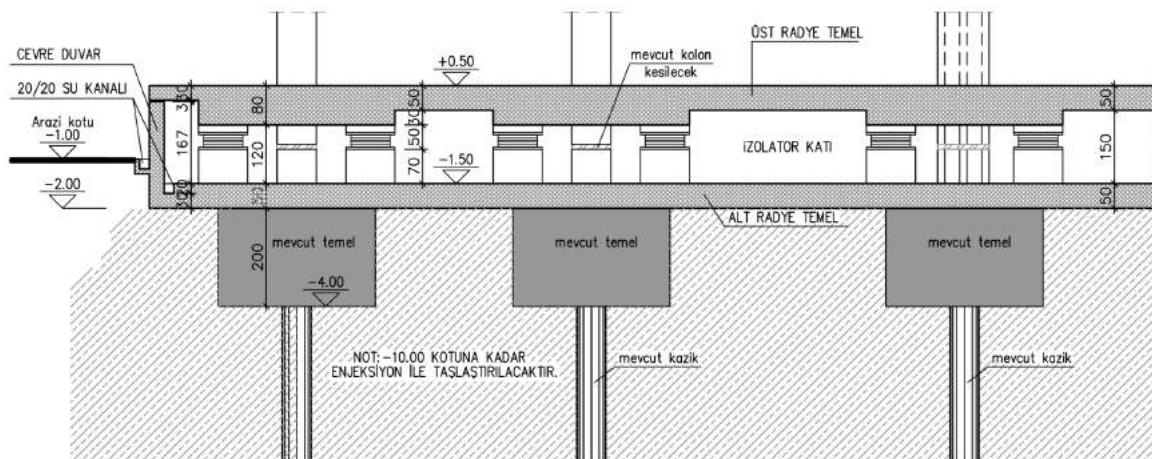
İBB geçmiş dönemde bazı mühendislik firmalarından da güçlendirme yöntemleri hakkında bilgi almıştır. Diğerlerine göre daha dar kapsamda yürütülmüş olan bu ön çalışmalar kısaca aşağıda özetlenmiştir:

- Deprem yalıtım uygulamasının nasıl yapılacağı, yalıtıcı yerleşimi, maliyetler gibi bilgiler verilmiştir (örnek yalıtım yerleşimi ve kesiti, Şekil 26 ve Şekil 27).
- Başka bir çalışmada zemin iyileştirmesi için jet-grout ve enjeksiyon yöntemleri karşılaştırılmıştır. Enjeksiyon yönteminin jet-grout yöntemine göre daha pahalı olduğu belirtilmiştir.

Diğer bazı çalışmalarda da yalıtım sistemi hakkında kısaca öneriler verilmiştir.



Şekil 26: Örnek yalıtım yerleşimi (286 yalıtıcı birimi, Diğer Çalışmalar)



Şekil 27: Deprem yalıtım uygulamasında yalıtım seviyesi için önerilen kesit (Diğer Çalışmalar)

7. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR HAKKINDA DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde, İBB Binasının Statik Projesi ve mevcut yapının değerlendirme ve güçlendirmesine yönelik yapılan çalışmalar hakkında değerlendirmeler verilmiştir.

Statik Proje Hakkında Değerlendirme

İBB Statik Hesap Raporu incelendiğinde, hesapların dönemine göre oldukça ayrıntılı ve o dönemde elde olan en iyi bilgiler ışığında hazırlandığı görülmektedir. Malzeme ve detaylar o dönemde yapılan diğer tipik binalara (örnek tipik konutlar) nazaran çok daha üst seviyededir. Genel itibarıyla o döneme göre çok üst seviyede bir mühendislik hizmeti gördüğü anlaşılmaktadır.

Binaların taşıyıcı sistemi moment aktaran çerçeve sistemdir. Ancak, o dönemde sünek davranış ile ilgili şartlar olmadığından, günümüz yönetmeliklerinde şart koşulan ve sünek davranışı artırıcı uygulamalar doğal olarak taşıyıcı sistemde bulunmamaktadır. Bunlara örnek olarak etriye sıklaştırması, 135 derece etriye kancaları (belirli elemanlar hariç), kuvvetli kolon zayıf kiriş koşulları verilebilir. Yapıda perde duvar bulunmadığından yanal rijtiliği nispeten düşüktür. Bunların sonucu olarak, bina salınım periyotlarının uzun olacağı tahmin edilmektedir. Bunlara ek olarak binadan alınmış beton karot numunelerinin test edilmesi sonucunda binanın mevcut beton dayanımının da düşük olduğu anlaşılmıştır. Bunun hem yapı kapasitesine hem de genel davranışa olumsuz etkisi olacağı açıktır.

Geçmiş depremlerde yapılan gözlemler çerçeve yapıların perde duvarlı yapılara göre depremde daha fazla hasar aldıklarını göstermiştir. Bundan dolayı günümüzde 5 ila 10 katlı yapılan tipik betonarme yapılarda az da olsa perde duvar kullanımı mühendisler tarafından daha çok tercih edilen bir durumdur.

Kullanılan temel sistemi sonradan bu raporda belirtildiği üzere zemin koşullarına göre uygun bir sistemdir. Ancak, diğer raporlarda her kolon için 65 cm çapında 4 kazık kullanıldığı belirtilirken, hesaplarda farklı sayıda (3, 4, 5, 6 adet) 70 cm çapında kazıkların kullanıldığı başlık tasarımları verilmiştir.

Statik projenin incelenmesi neticesinde yapısal sistem hakkında oluşan üst yapının güçlendirilmesi noktasında dikkat edilmesi gereken üç ana hususun olacağı düşünülmektedir: (a) yapının rijtiliğinin artırılması, (b) yapı sünekliğinin iyileştirilmesi ve (c) yapı mukavemetinin artırılması. Konvansiyonel güçlendirme projelerinde yapıya perde duvar eklenmesi genellikle tüm yapının genel davranışının bu üç özelliğini iyileştirmektedir. Bu yaklaşımla ilgili irdeleme daha sonraki bölümlerde detaylı şekilde verilecektir.

DEÜ Mevcut Durum Değerlendirmesi (2006) Hakkında Değerlendirmeler

DEÜ tarafından yapılan ve yaptırılan çalışma geniş bir kapsam ile yapılmıştır. Burada bu çalışmadaki temel bazı konular hakkında görüşler verilmiştir

Jeolojik, Jeofizik ve Geoteknik Değerlendirme

Zemin ile ilgili yapılan çalışmalardan, zeminin deprem açısından oldukça riskli bir zemin olduğu görülmektedir. Zemin birçok düzensiz tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakalar dolgu, kum, silt ve kil barındırmaktadır. 15 m'ye kadar çok düşük SPT değerleri (SPT~5), bu kottan daha derinde ise nispeten daha iyi SPT değerleri görülmektedir (SPT~15). Su tablasının deniz suyu tarafından kontrol edildiği ve 2006 yılında yapılmış gözlemde 2.6 m derinlikte olduğu anlaşılmaktadır. Sahadaki su tablası yüksekliğinin deniz suyu tarafından kontrol ediliyor olması nedeniyle ilgili seviyenin birçok etken nedeniyle zamana göre değiştiği öngörülebilir. Bu etkilere örnek olarak, körfezdeki su seviyesinin uzun ve kısa dönemdeki doğal değişkenliği, sahil şeridinin doldurmasının etkisi, alt geçit ve metro çalışmaları sırasındaki olası kısa dönemli su tablası değişimlerinin etkileri düşünülebilir.

Çalışmada kayma hızları için ölçümler yapılmamıştır. Çalışmada önerilen zemin sınıfı 1997 deprem yönetmeliği sınıflarından Z2'dir. Mevcut durum değerlendirmesinde, yapıların ankastre mesnetli gibi modellendiği görülmektedir. Raporda verilen bilgiler ışığında, Z2 sınıfının kazıklı temel olduğundan dolayı önerildiği tahmin edilmektedir. Temel sistemi olmadan düşünüldüğünde Z2 zemin sınıfının bu zemin için uygun olmadığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak zemin etüdü, yapıldığı dönem ve çalışma kapsamı bakımından o döneme göre iyi bir çalışmadır ve yeterli görülmüştür. Eğer günümüzde bir çalışma yapılacaksa, yenilenmelidir ve Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemi (MASW), PS-logging (iki kuyu, tek kuyu) gibi ileri yöntemler ile zemin kayma dalga hızı daha doğru bir şekilde belirlenmelidir. Zemin konusunda uzman mühendislerce zemin sınıfı belirlenmeli, kazıklı temel sistemi kullanılması nedeni ile, bu zeminin zemin-kazık-yapı etkileşimi analizlerinde ne şekilde göz önüne alınmasının uygun olduğu değerlendirilmelidir. 2018 Deprem Yönetmeliğinde bu tip zemin ve temel sistemi için dinamik etkileşimi göz önüne alan kapsamlı ortak sistem ve alt sistem yaklaşımları tanımlanmıştır. Deprem yalıtımı gibi ileri yaklaşımlar için temel-kazık sistemi üst yapı davranışını doğrudan etkilediğinden, bu tip yaklaşımlarda zeminin doğrusal ötesi davranışının da tespit edilmesini sağlayan çok daha kapsamlı saha ve laboratuvar çalışmalarının ve incelemelerin yapılması gerekebilir.

Malzeme

2006 yılında yapılan değerlendirme çalışmaları kapsamında binalardan beton karot numuneleri alınmıştır. Yapılan deneyler sonucunda beton mevcut dayanımının (f_{cm}) 6 ila 12 MPa mertebelerinde olduğu görülmüştür (Tablo 5). Bu dayanım seviyeleri çok düşük olup, birçok mühendisin, tipik bir yapı için birçok bakımdan güçlendirmenin zor olacağı görüşünde olacağı değerlerdir. Özellikle deprem sonrası hemen kullanımı önem arz eden belediye hizmet binası gibi yapılarda bu değerlere sahip bir binanın güçlendirilmesinin mi yoksa

yıkılmasının mı daha uygun olacağı dikkatlice değerlendirilmelidir. Beton mukavemetinin çok düşük olması birçok zaman taşıyıcı sisteme güçlendirme kapsamında eklenen yeni elemanların mevcut sistemle birlikte çalışmasının sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Düşük dayanıma sahip betonda ankraj ve kenetlenme etkin bir şekilde sağlanamamaktadır. Ayrıca, daha yüksek dayanıma sahip beton ile mantolama ya da perde eklenmesi durumunda, düşük ve yüksek dayanımlı betonun beraber çalıştığı elemanların oluşması tercih edilen bir durum değildir.

Donatı ve Donatı Detayları

Yapılan incelemelerde binalarda nervürlü çelik donatı kullanıldığı görülmüştür. Bir adet donatıda yapılan deneyde akma ve kopma mukavemetlerin 540 MPa ve 635 MPa mertebelerinde olduğu görülmüştür. Bu değerler 420 MPa değerinin çok üzerinde değerlerdir. Donatı dayanımının beklenenden çok yüksek olduğu durumlarda betonarme elemanlarda sünek davranış gösteren eğilme mafsallaşması yerine gevrek davranış gösteren kesme mekanizmasının tetiklenme ihtimalini arttırabilmektedir. DAÜ raporunda, bazı beton paspayı sıyırımlarında yapının belli cephelerinde şiddetli korozyon gözlenmiştir. Benzer şekilde kazık başlıklarında da şiddetli korozyon olduğu belirtilmiştir.

Kolon ve kirişlerde düğüm noktalarına yakın yerlerde etriye sıklaştırılması yapılmıştır. Bu, söz konusu binalarda o dönemde yapılan diğer yapılar ile karşılaştırıldığında daha iyi bir süneklik seviyesi olduğu anlamına gelmektedir. Ancak, diğer bazı olumsuzluklar nedeni ile (örnek yatık kiriş kullanılması, kenetlenme boylarının bilinmemesi, çok düşük mukavemetli beton olması) bu süneklik seviyesinin çok da yüksek olmayacağı düşünülmektedir ve yapıda gevrek göçme mekanizmalarının oluşması kuvvetle muhtemeldir. Mevcut durum değerlendirmesinde de kolonlarda mafsallaşma ve kesme göçmesi oluşması bu gözlemi desteklemektedir. Malzeme ile ilgili testler ve diğer çalışmalar kapsamlı yapılmış olup, tekrarlanmasına gerek olmadığı düşünülmektedir.

Temel Sistemi

DEÜ raporunda binanın temel sisteminde gözlenmiş olan korozyon ve çatlaklar detaylı şekilde sunulmuştur. Kazık ve kazık başlığı içerisindeki donatılarda ileri derecede korozyon tespit edildiği rapor edilmiştir. Ayrıca kazık başlığı çevresinde niteliksiz dolgu malzemesi kullanılmış olduğu ve bu malzemenin zaman içerisinde oturması sonucu boşluklar oluştuğu gözlenmiştir. Kazık başlığında ve bağ kirişlerinde gözlenmiş olan çatlaklar rapor edilmiştir. Bu çatlakların 1970 ile 2006 yılları arasında gerçekleşmiş depremlerden kaynaklanmış olabileceği not edilmiştir. Raporda ilgili deprem için herhangi bir açıklama sunulmamıştır. Ancak binanın hemen yakınında bulunan İzmir saat kulesinin tepe kısmının 1 Şubat 1974

tarihli M5.5 İzmir körfezi depreminde ağır hasar gördüğü bilinmektedir (Ergünay v.d., 1974). Binanın temel sisteminde deprem kaynaklı olduğu tahmin edilmiş olan bu çatlakların bu depremde oluşmuş olması ihtimali vardır.

Analiz Yöntemi ve Mevcut Durum Değerlendirmesi

DEÜ mevcut durum değerlendirmesinde, tek modlu itme analizleri ve FEMA 356 (2000) kapsamında ortaya konulmuş olan yer değiştirme katsayıları yöntemi olarak bilinen yaklaşık yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemden daha etkin analiz yöntemleri mevcuttur ve günümüzde bu ileri yöntemler daha sıklıkla uygulanabilmektedir. Bu yöntem ile elde edilen sonuçların teyidi ve daha dikkatli irdelenebilmesi için taban kesme kuvvetleri, 2018 yönetmelik yönteminden elde edilen DD-2 taban kesme kuvveti ile karşılaştırılarak, dayanım fazlalığı elde edilmiştir (Tablo 20). Görüldüğü üzere, hesaplanan dayanım fazlalığı, 2018 Deprem Yönetmeliğinde sünek yapılar için önerilen dayanım fazlalığı katsayısı mertebelerindedir.

Tablo 20: DEÜ Çalışması ve TBDY 2018 taban kesme kuvvetleri

Yapı	Yön	Taban Kesme Kapasitesi	Taban Kesme Kap. Oranı	DD-2, ZC, I = 1.5, R = 8	Dayanım Fazlalığı, D
A Blok	X	850 ton	16.37%	4.51%	3.63
	Y	750 ton	14.45%	4.62%	3.13
B Blok	X	640 ton	15.31%	5.25%	2.92
	Y	650 ton	15.55%	5.07%	3.07
C Blok	X	980 ton	14.52%	4.76%	3.05
	Y	1000 ton	14.81%	4.91%	3.02
D Blok	X	1100 ton	16.21%	3.77%	4.30
	Y	720 ton	10.61%	3.94%	2.69
E Blok	X	900 ton	16.96%	3.71%	4.57
	Y	660 ton	12.44%	3.75%	3.32

Bu tür değerlendirmelerde, göz önüne alınan doğal titreşim periyodu değerinin gerçekçi olması kritik önem taşımaktadır. Tablo 17'teki periyodlar incelendiğinde, hesaplanan periyotların bu yapılar için beklenen değerlerden daha uzun olduğu görülmektedir.

Kullanılan yöntem kesinliği çok düşük olan ampirik bir yöntemdir. Hesaplarda donatı akma kapasitesinin 420 MPa alındığı ve bunun güvenli bir kabul olduğu belirtilmiştir. Ancak donatının gerçek kapasitesinin malzeme deneyinde görüldüğü şekilde daha yüksek olması

daha gevrek (kesme hasarı, kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı v.b.) hasar mekanizmalarını tetikleyebilir ve daha güvensiz bir durum yaratabilir. 2018 Deprem Yönetmeliği tek modlu artımsal itme analizi için etkin moda katılımının en az %70 olması gerekliliğini şart koşturmaktadır. Tablo 6'daki katılım yüzdelerinden de görülebildiği gibi A ve D bloklarında bu koşul sağlanmamaktadır. Tablo V.36-37-38-39-40-41-42-43-44 ve 45'te kolonların kesme güvenliği kontrolü gösterilmektedir. Ancak, kesme güvenliği yeterli olan elemanların hasar bölgelerini gösterir plastik dönmeler/eğrilik değerleri rapor kapsamında sunulmamıştır.

Genel Değerlendirme

DEÜ tarafından yapılan çalışmanın tümü incelendiğinde, çalışmanın zemin için sondaj kuyuları ve beton dayanımı testleri dışında kalan bölümlerinin bir tür ön çalışma olarak değerlendirilmesinin uygun olacağı anlaşılmaktadır. İlgili bina için, günümüz esaslarına uygun şekilde tam anlamı ile bir mevcut durum değerlendirilmesi yapılacak ise, örnek olarak zemin ile ilgili daha kapsamlı ölçümler alınması gerekir. Üst yapı analizlerinde daha ileri yöntemler kullanılması gerekir. Ayrıca, kötü zemin koşullarından dolayı zemin-kazık-yapı etkileşimi analizlere yansıtılması gerekir. İlgili analizlerde, bu etkileşimin modellenmesi amacıyla kolon alt uçlarına kazık grubunu temsil eden düşey yaylar tanımlanmıştır. Kazıklarda gözlenen hasarlar nedeniyle yatay yük taşıma kapasitelerinin güvenilemeyecek seviyede olduğu belirtilmiştir. Yatay yay katsayılarının hesabında yalnızca kazık başlığı ve bağ kirişlerine etkiyen pasif zemin direnci göz önüne alınmıştır. Bir tür ön değerlendirme analizi gibi göz önüne alınabilecek bu yaklaşımla zemin-temel-yapı sisteminin elastik ötesi davranışı doğru şekilde temsil edilememektedir. Bu nedenle sistemin yüksek sarsıntı düzeylerindeki davranışı güvenilir şekilde hesaplanamamaktadır.

Kazıklarda ve kazık başlıklarında, ağır korozyon gözlenmiş olmasında rağmen, temel sisteminin performansının değerlendirilmesi ve olası bir deprem etkisi altında temel sisteminde meydana gelebilecek hasarlarla ilgili bir çalışma yapılmamış veya bir öneri sunulmamıştır. Yalnızca kazık sisteminde gözlenmiş olan hasarlar nedeniyle sistemin yatay yük taşıma kapasitesinin güvenilemeyecek seviyede düşük olduğu not edilmiştir. Ancak tüm bunlara rağmen, yapılan çalışma, zemin, yapı ve güçlendirme olasılığı hakkında görüş ve kanaatlerin oluşmasına yardımcı olacak yeterliliktedir. Üst yapının genel olarak sünek olmayan bir sistem olduğu anlaşılmaktadır ve analiz sonuçları üstyapının güçlendirilebileceğini göstermektedir. Ancak, temel sistemindeki sorunlar ile beraber, tüm yapının güçlendirilmesinin uygun olup olmayacağı konusu açıklığa kavuşturulmamıştır.

İnter Yapı Güçlendirme Projesi (2007) Hakkında Değerlendirmeler

İnter Yapı tarafından hazırlanan güçlendirme projesi otomatik tasarım programı ile hazırlandığından kapsamlı yorum yapılamamaktadır. Ancak, DEÜ tarafından yapılan mevcut durum değerlendirme çalışması için yapılmış olan yorumlar bu çalışma için de geçerlidir. Analiz yöntemi doğrusal itme analizidir. Güçlendirme projesi için daha ileri yöntemlerin kullanılması önerilmektedir. Zemin ve temel sistemi deprem etkisi altındaki eylemsizlik kuvvetleri ve kinematik etkileşimi doğru temsil edebilecek şekilde modellenmemiştir. Temelde ağır korozyon olmasına rağmen, başlıkların radye temel haline getirilmesinden farklı olarak özellikle kazıklar ve sıvılaşma için önlemler sunulmamıştır. İBB tarafından yapılan yorumlarda, perde duvar sayısının fazla olması nedeni ile, güçlendirme projesinin mimari açıdan uygulanabilir olmadığı belirtilmiştir ve hazırlandığı dönemde uygulanmamıştır.

Sıvılaşma Riski Analizi ve Zemin İyileştirme Projesi (2007) Hakkında Değerlendirmeler

Sıvılaşma çalışması zeminin üst kotlarına yönelik olarak yapılmıştır (15m derinlik). Ancak kazıkların derinliği 26 m'dir. Bu derinlikte daha silt, kumlu silt ve kil tabakaları mevcuttur. Bu durumda sıvılaşma potansiyelinin gerçekten var olup olmayacağı daha kapsamlı bir çalışma ile teyit edilmelidir. Çalışmada herhangi bir maliyet analizi yapılmamıştır. Ayrıca, kazık sisteminin ağır korozyona uğramış olması nedeni ile güçlendirilmesi yönünde bir çalışma mevcut değildir. Bu yönden, bu raporun zemin ve temelin tümüne yönelik olmadığı görülmektedir. Zemin-temel-yapı sisteminin birlikte göz önüne alındığı bir deprem performans analizi binanın durumunu ve olası zemin iyileştirme çalışmalarının etkisini daha doğru ortaya koyabilir. Bu tür bir değerlendirme raporun kapsamı içerisinde yer almamaktadır. Raporda yalnızca sistemin zemin bileşeni göz önüne alınmıştır.

Ülker Müh. Deprem Güvenliğini Belirleme Projesi (2016) Hakkında Değerlendirmeler

Ülker Mühendislik tarafında yapılan çalışma, DEÜ tarafından yapılan çalışma benzeri, deprem tehlikesinden, güçlendirmeye kadar geniş bir konu kapsamına sahiptir. Burada temel konu başlıkları altında değerlendirmeler verilmiştir.

Deprem Tehlikesi Raporu

Deprem tehlikesi çalışması önceden yapılmamış bir çalışma olması açısından önemlidir. Ancak, kullanılan yöntemler ön çalışma niteliğindedir. Günümüzde kritik binalar için yapılan deprem tehlikesi raporları daha kapsamlı olabilmektedir. Çalışmada kabul edilen zemin sınıfı NEHPR C sınıfıdır. NEHRP sınıfları ASCE 7'de kullanılan sınıflar olup, ASCE 7-10 zemin sınıfları Tablo 21'de verilmiştir. Raporda bu sınıflandırmanın "kazıklar da dikkate alınarak" seçildiği belirtilmiştir. Diğer raporlarda da belirtildiği üzere, zemin-kazık-yapı etkileşimi ya da benzeri ileri çalışmalar yapılmamıştır. Bu durumda, tüm yapıların C sınıfı zemininde bulunan

yatay yönde ankastre mesnetli yapılar gibi kabul edildiği anlaşılmaktadır. Zemin-temel-yapı sisteminin etkileşimi nedeniyle ortaya çıkan periyod uzamasının hesaplarda göz önüne alınmadığı görülmüştür.

ASCE 7-10 yönetmeliği ile 2018 Deprem Yönetmeliği karşılaştırıldığında zemin sınıf tanımlarının benzer olduğu görülmektedir. Bundan dolayı, seçilen zemin sınıfının 2018 Deprem Yönetmeliği ne göre ZC sınıfına denk geldiği kabul edilebilir. ZC zemin sınıfı için 2018 Deprem Yönetmeliği verileri kullanılarak hesaplanan spektrumlar, kısa periyotlarda deprem tehlikesi çalışmasında verilen ivme spektrumlarından daha fazladır ancak, uzun periyotlardaki değerler benzerdir (Şekil 39 ve Şekil 40). Deprem yalıtımlı yapılarda yalıtım davranışı çoğunlukla uzun periyot ivme değerlerinden etkilendiğinden, kullanılan spektrumların günümüz yönetmeliği ile uyumlu olduğu düşünülmektedir. Ayrıca diğer önemli bir husus, verilen spektrumların geometrik ortalama mı yoksa maksimum yön spektrumları olup olmadığıdır. Tahminimizce, bu spektrumlar geometrik ortalama üzerinden hesaplanmıştır. Bu konu deprem yalıtım hesaplarını etkileyen önemli bir konudur ve sonraki bölümlerde ayrıca incelenmiştir.

Tablo 21: ASCE 7-10 (NEHRP sınıflandırması) zemin sınıflandırması

Table 20.3-1 Site Classification			
Site Class	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ or $\bar{N}_{cl}$	$\bar{s}_u$
A. Hard rock	>5,000 ft/s	NA	NA
B. Rock	2,500 to 5,000 ft/s	NA	NA
C. Very dense soil and soft rock	1,200 to 2,500 ft/s	>50	>2,000 psf
D. Stiff soil	600 to 1,200 ft/s	15 to 50	1,000 to 2,000 psf
E. Soft clay soil	<600 ft/s	<15	<1,000 psf
Any profile with more than 10 ft of soil having the following characteristics: —Plasticity index $PI > 20$, —Moisture content $w \geq 40\%$, —Undrained shear strength $\bar{s}_u < 500$ psf			
F. Soils requiring site response analysis in accordance with Section 21.1	See Section 20.3.1		

For SI: 1 ft/s = 0.3048 m/s; 1 lb/ft² = 0.0479 kN/m².

Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu

Yapılan çalışmada kullanılan itme analizleri yapı durumu hakkında faydalı bilgiler veren bir yöntem olmakla beraber, yapı dinamik göçme modlarının anlaşılması bakımından nispeten kesinliği düşük olan bir yöntemdir. Günümüzde zaman-tanım alanı analizleri rahatça yapılabilmektedir. Elemanlardaki hasar mekanizmaları hakkında bilgi verilmemiştir (örnek, beton ezilmesi, donatı akması, kesme gibi). Bunlara ek olarak, özellikle kayma mukavemeti açısından bir irdeleme yapılmamış olup hasar sadece moment-dönme mafsalları üzerinden hesaplanmıştır. Bundan dolayı yapının mevcut hali ile hasar alacağı tahmin edilmekle beraber nasıl bir davranış göstererek bu hasarın oluşacağı anlaşılamamaktadır.

Uygulanabilir ve doğru bir güçlendirme projesi için ilk önce yapının davranışının (örnek, hasar ve göçme mekanizmaları, her elemanın ayrı ayrı davranışının anlaşılması, tüm yapının aşamalı olarak hasar ve göçme davranışı) anlaşılmalıdır. Yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı, bu yapıya uygun, uygulanabilir, ve yeterli performansı sağlayan bir yöntemle bu yapının nasıl güçlendirilmesi gerektiğine sadece bu analiz sonuçlarına bakarak karar vermek uygun değildir. Nitekim, çalışmanın ilerleyen bölümlerinden de anlaşıldığı üzere, bu çalışma bir ön çalışma olup yapının güçlendirilmesinin uygunluğunu anlamak maksadı ile yapılmıştır. Bu mevcut durum değerlendirmesi ve güçlendirme projeleri hazırlanırken izlenen tipik bir yöntemdir.

Bu raporda, bloklara ait modal analiz sonuçları da sunulmaktadır. Firmanın mevcut sistem için yürüttüğü modal analizlerden elde ettikleri hakim periyotlar ile Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından elde edilen sonuçlar arasında farklar bulunmaktadır (Tablo 14). Bu farkın, mevcut beton dayanımı kullanılarak Elastisite Modülünün hesaplanması yerine TS 500 Bölüm 3.3.1' in kullanılması, kütledeki farklılıklar ve temel kazıklarının yatayda "tutulu" temsil edilmesi nedenleriyle oluşmuş olabileceği düşünülmektedir. 2016 yılında yapılan çalışmada yürütülen analizlerde kullanılan elastisite modülünün TS 500 de verilen Denklem 3.2 ile elde edildiği görülmektedir. Söz konusu bağıntının nispeten düşük basınç dayanımına sahip betonlar için oldukça yüksek değerler verdiği bilinmektedir. Söz konusu iki farklı yöntem kullanılarak elde edilen elastisite modülleri arasındaki fark 1.5 kat mertebelerinde olup DEÜ tarafından yürütülen çalışmada kullanılan elastisite modüllerinin uygun olduğu düşünülmektedir. Raporda önerilen deprem yalıtımlı güçlendirme yöntemi için DBE üst limit analizinde efektif periyodun 2.23sn olarak hesaplandığı göz önünde bulundurulduğunda söz konusu fark yalıtım uygulanmış binanın etkin titreşim periyodu ile üst yapı periyodunun yaklaşmasına neden olacak ve deprem yalıtımlı güçlendirme etkinliğini önemli mertebede etkileyecektir. Bu nedenle yapısal parametrelerin ve yaklaşımların bu konu açısından gözden geçirilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Bu rapor ve DEÜ raporu arasındaki diğer bir fark, itme analizleri ile elde edilen yapıların taban kesme kuvvetleri üzerinden hesaplanan kapasitelerdir (Tablo 22). Bu değerler itme eğrilerinden belirlenmiştir. Kapasitelerde gözlemlenen bu farkın kullanılan mafsal ve eleman modellerinden kaynaklanma olasılığı yüksektir. DEÜ raporunda kullanılan mafsal modelleri hakkında detaylı bilgi verilmemiştir. Ülker Mühendislik raporunda bilgi verilmiş olmakla beraber modellerin detaylı sayısal verileri bulunmamaktadır. Bu fark aynı zamanda kullanılan tanımlanan itme yük dağılımlarından, bilgisayar programından, versiyon farklılıklarından ve doğrusal ötesi analizlerde kullanılmış çözümleme yaklaşımlarındaki farklardan kaynaklanmış da olabilir. Ancak, özet olarak verilen sonuçlar, yapısal elemanların durumu ışığında üst yapının mevcut durumu ve güçlendirmede dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında yeteri

kadar bilgi vermektedir. Deprem spektrumları incelendiğinde yapıda DD-2 seviyesinde orta, DD-1 seviyesinde ileri seviyede hasar beklenebilir.

Tablo 22: İtme analizlerinden elde edilen yapı kapasiteleri (taban kesme kuvvet oranları)

Yapı	Yön	DEÜ Raporu, 2006	Ülker Müh. Raporu, 2016
A Blok	X	16.37%	% 8.5
	Y	14.45%	% 9.5
B Blok	X	15.31%	% 10.1
	Y	15.55%	% 9.5
C Blok	X	14.52%	% 8.1
	Y	14.81%	% 9.5
D Blok	X	16.21%	% 10.8
	Y	10.61%	% 8.8
E Blok	X	16.96%	% 10.4
	Y	12.44%	% 10.5

Deprem Yalıtım Uygulaması Alternatiflerin Değerlendirilmesi Raporu

Mevcut yapıların deprem performanslarının bir önceki çalışmada “Göçme Bölgesi” olduğunu tespit edilmesi üzerine deprem yalıtımı uygulaması ile yapının performansının iyileştirilmesi amacıyla ön tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, tüm bloklar birleştirilerek, bir yalıtımlı yapı hale getirilmiştir.

Önerilen proje ilk bakışta uygulanabilir ve yapı performansını önemli miktarda artıran seviyede gibi görünmektedir. Ancak detaylı irdelendiğinde bu güçlendirme projesinde temel bazı problemlerin olduğu görülmektedir. Bu temel problemler şu şekilde özetlenebilir:

İlk olarak, deprem yalıtımlı yapılarda üst yapının yüksek olmasada iyi bir davranış kabiliyeti, kısıtlı da olsa belirli bir sünek kapasitesi ve yeterli performansa sahip olmasına ihtiyaç duyulur. Sünekliğin sağlanamadığı yığma tarihi yapılar gibi yapılarda ise, yüksek performans hedefleri seçilmektedir (örnek: en büyük deprem seviyesinde doğrusala yakın davranış). Beton mukavemeti çok düşük olan, bazı yerlerinde önemli oranda donatı korozyonu olan, sünek/gevrek davranış bakımından önemli belirsizliğe ve tahminen çok düşük sünekliğe sahip olan, genel yapı davranışının ne olacağı yeterli kapsamda irdelenmemiş, ilgili analizler ileri yöntem ve modellemelerle yapılmamıştır. Raporun başlığına uygun şekilde, ön tasarım seviyesinde bir değerlendirme ile sınırlandırılmıştır. Bu değerlendirme kapsam dışında bırakılmış etkilerin dikkate alındığı ileri seviye değerlendirmeden elde edilecek sonuçların

ilgili binada deprem yalıtım uygulamasının önerilen hali ile uygun olmadığını ortaya çıkarma ihtimali azımsanmayacak boyuttadır .

Mevcut analizler ve sonuçları incelendiğinde, deprem yalıtımı ve/veya diğer ileri teknolojiler uygulansa bile, üst yapıya ve/veya temel sistemine konvansiyonel yöntemler ile yüksek seviyede müdahale edilmesi gerekeceği öngörülmektedir. Hesaplarda ifade edilmeyen ancak verilen değerlerden açıkça ortaya çıkan nokta yapının DD-1 deprem seviyesinde çok büyük hasar alacağı, tahminen göçeceğidir. Burada vurgulanması gereken nokta, DD-1 depreminde can güvenliği sağlanıyor sonucu çıkacak şekilde bir çalışma yapılmış olsa dahi, yukarıda anlatıldığı üzere temel mühendislik kaideleri bakımından üst yapıya (oturma farkları, korozyon, v.b. etkilere karşı) hiçbir müdahale edilmeden yalıtımlı sistem kullanılması uygun değildir.

Deprem yalıtımı uygulaması ile ilgili olarak diğer temel ve büyük sorun, zemin, temel sistemi ve üst yapının deprem yalıtımına uygun olmamasıdır. Zemin koşulları kötüdür ve kazıklı temel mevcuttur ancak, kazıklı temel sistemi sayısal modelde ileri korozyon gerekçe gösterilerek kazıkların yalnızca düşey yönde rijitliğe sahip olduğu yatay yönde herhangi bir katkılarının olmadığı varsayılmıştır. Bu varsayım analiz sonuçları üzerinde kritik etkiye sahiptir ve daha ileri analizlerle detaylı şekilde irdelenmesi gerekmektedir. Ayrıca, üst yapı rijitliği düşük, periyodu yüksek bir yapı olup deprem yalıtımının olumlu etkilerinin nispeten kısıtlı olduğu türde bir binadır.

DD-1 seviyesinde üst yapı performansının detaylı irdelenmesi yapılmadığından üstyapının bu seviyedeki davranışı bilinmemektedir. DD-2 seviyesinde sadece taban kesme kuvvetlerine bakarak hasar durumu hakkında öngörüle bulunulmuştur. Böyle bir öngörü üst yapı elemanlarının beklenen deprem performansı ve deprem sonrası kullanılabilirliği konusunda değerlendirme yapılması için yeterli değildir. 2018 Deprem Yönetmeliğinin yalıtım sistemleri bölümünde yeni binalar için DD-2’de tasarımı yapılan yeni binanın DD-1 seviyesi deprem için yeterli kapasitesi ve sünekliği olacağı kabulü ile DD-1 seviyesinde üst yapı kontrol şartı bulunmamaktadır ve benzer bir yaklaşım ilgili performans seviyesi sağlanıyor ise mevcut yapıların güçlendirmesi için de geçerlidir. Ancak, süneklik ve mukavemeti düşük olan İBB binası için bu yaklaşımın uygun olmayacağı ve DD-1 seviyesi üst yapı kontrollerinin yapılması gerektiği düşünülmektedir. Diğer bir deyişle sonuçlar, DD-1 deprem seviyesinde yalıtıcı kapasitelerinin yeterli olacağını ancak üst yapıda tüm yapı göçmesi dahil ağır hasar oluşturabilecek deprem taleplerinin gerçekleşebileceğine işaret etmektedir (bkz. Tablo 23 ve 24).

Son olarak, temel sistemi ile ilgili bir güçlendirme çalışması önerilmemiştir. Sadece sivilaşma için bir önlem alınması gerektiği belirtilmiş ancak bununla ilgili konular raporun kapsamı

dışında bırakılmıştır. Ancak, yukarıda da belirtildiği üzere, kazıkların ve kazık başlıklarının yüksek seviyede korozyona uğradığı not edilmiştir. Temel sistemiyle ilgili güçlendirmenin kapsam dışında bırakılmış olması, deprem yalıtım sistemini ve tüm güçlendirme maliyetini etkileyecek önemli bir eksikliklerdir.

Sonuç olarak, yukarıda özetlenen temel problemler açısından deprem yalıtım uygulamasının mevcut önerildiği şekli ile doğrudan nihai uygulamaya geçilmesi uygun değildir. Ancak bu deprem yalıtım yaklaşımının bu yapıya tümünden uygun olmayacağı anlamına gelmemektedir. Bu çalışmaların bir ön çalışma olduğu hatırlanmalıdır. Kapsamlı bir çalışma yapılırsa önemli derecede ek güçlendirme uygulamasına ihtiyacın ortaya çıkacağı, temel sisteminin güçlendirilmesi gerekeceği, muhtemelen daha yüksek performanslı yalıtım elemanlarının kullanılması gerekeceği öngörülmektedir.

Bu durumun en önemli etkisi maliyet üzerinde olacaktır. Bu çalışmada İnter Yapı çalışmasından farklı olarak, karşılaştırmalı maliyet bilgileri de verilmiştir. Güçlendirme maliyetlerinin yeni bina yapım maliyetlerine oranı %30 ila %40 mertebelerinde olduğu gösterilmiştir. Güçlendirme projelerinde güçlendirme maliyetinin yeni bina maliyetine oranının en fazla %40 olması beklenmektedir. Yukarıda açıklandığı üzere, kapsamlı bir çalışma yapılması durumunda üst yapı ve temel sistemi güçlendirmesi de düşünüldüğünde bu maliyetlerin çok daha fazla olacağı açıktır. Ayrıca verilen bu maliyetlerde mimari, mekanik ve elektrik maliyetlerinin hesaba katılmamış olmadığı hatırlanmalıdır.

Burada vurgulanması gereken sonuç şudur: hem konvansiyonel yaklaşımlar, hem de deprem yalıtım gibi ileri teknoloji yaklaşımlar İBB binasında, olumsuz yönleri ve zorlukları olmalarında rağmen, bina sahibinin talep etmesi durumunda mühendislik prensiplerine uygun şekilde projesi hazırlanıp sahada imalatı ve inşası yapılabilir. Ancak, kötü zemin koşulları, korozyona uğramış temel sistem, sünek olmayan ve nispeten esnek olan üst yapı durumu gibi olumsuzlukların nedeni ile, kapsamlı ve yönetmelikleri sağlayan bir çalışma ile hazırlanan güçlendirme projesinin maliyeti, önceki hesaplarda belirtilen maliyetlerden katbekat fazla olması olasılığı oldukça yüksektir.

Güçlendirme çalışması ile ilgili diğer teknik değerlendirme ve yorumlar burada bilgi amaçlı özetlenmiştir:

DEÜ yürütülen çalışmada verilen kazıkların yatay rijitlikleri göz önüne alındığında yalıtım seviyesi altında kalan altyapı bölümü için altyapı periyotları da nispeten yüksek olarak elde edilebilecek olup izolasyon sistemi efektif periyotlarına daha yakın değerler gözlemlenebilir. Analizlerde yapıların temele ankastre olması kabulü ve altyapı ile izolasyon sistemi arasında oluşabilecek etkileşimin bu doğrultuda teyit edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Sahaya özel ivme spektrumlarının “Geometrik Ortalama” ya da “Maksimum Yön” spektrumu olduğu açık şekilde ifade edilmemiştir. Eğer kullanılan spektrum Geometrik Ortalama spektrumu ise yalıtım yerdeğiştirmeleri hesaplanan yerdeğiştirmelerin yaklaşık olarak 1.3 katı olacak, taban kesme kuvvetleri de hesaplanan kuvvetlerden daha fazla olacaktır. Bu durumda üst yapıya aktarılan kuvvetlerde artış olacaktır. Tahminen kullanılan spektrum Geometrik Ortalama spekturumudur ve hesaplanan yalıtım seviyesi kesme kuvvet değerlerinde artış olması beklenmektedir.

İncelenen dokümanlarda, deprem düşey etkisinin yapısal analizlere dahil edilmediği görölmüştür. Depremiñ düşey bileşeniñ analizlere dahil edilmesi ile yalıtım birimleri üzerindeki eksenel yükler artacaktır. Benzer deprem tehlikesine sahip olan yerlerdeki deprem yalıtımlı yapılarda düşey deprem etkisi bina ağırlığının yaklaşık olarak $\pm\%40$ ile $\pm\%60$ 'ına denk gelmektedir. İncelenen raporda verilen eksenel yüklerin hangi analizden (doğrusal, zaman-tanım, alt limit, üst limit, vb.) elde edildiği belirtilmemiştir. Ayrıca, elde edilen eksenel yüklerin yalıtım birimlerinin burkulma kapasitesi ile karşılaştırılması yapılmadığı için yalıtım birimlerinin yeterliliği ve depremin düşey bileşeniñ analizlere dahil edilmesi ile meydana gelecek artışın etkisi tespit edilememektedir.

Yalıtım biriminde eksenel yük kapasitesi yetersizliği oluşması durumunda kauçuk izolatörlerin çaplarının büyütölmesi gerekli olacaktır. Bu durum, yalıtım birimlerinin yatay rijitliklerinde de artış meydana getirecek olup, yalıtım periyodunu kısaltarak yalıtım performansını düşürecek ve üst yapıya aktarılan yatay yükler de artacaktır.

DD-1 ve DD-2 seviyesi yapı taban kesme kuvvetleri ve kapasiteleri Tablo 23'de ve Tablo 24'de özetlenmiştir. Hesaplarda DBE (tasarım, DD-2) depreminde “Operasyonel Kalma” performans seviyesinin hedeflendiği ve yapının elastik (doğrusal) kalması gerekliliği belirtilmektedir. Bu hedefle uyumlu olarak blokların $\%8.0$ ila $\%9.0$ taban kesme değerlerinde elastik kalacağı gösterilmiştir. Ancak, yine aynı hesaplarda DBE (DD-2) üst limit analizinde üst yapıya aktarılan yükün $\%13.3$ mertebesinde olduğu acağı görölmektedir. Bu durumda, hedeflenen elastik taşıma kapasitesi sınırı aşılmaktadır. Blokların birleştirilmesi sonrasında üst yapının $\%13.3$ seviyesinde talep altında elastik kalacağı teyit edilmelidir.

Hesaplarda, MCE (en büyük, DD-1) depreminde “Hemen Kullanım” performans hedefinin sağlanması hedeflendiği ve alt sınır analizinde üst yapıya aktarılan yükün $\%17.6$ olduğu belirtilmiştir. Bu ivme değerinin DD-1 üst sınır analizinde $\%20.0$ ila $\%25.0$ değerlerine yaklaşacağı hesaplanmış olup taşıyıcı sistemin bu ivme değeri için hedeflenen performans seviyesini sağlayıp sağlamadığının tespit edilmesi gerekli olacaktır. Ancak üst yapı için yapılmış olan analiz sonuçları ışığında DD-1 analizinde yapıda ileri seviyede hasar oluşma

ihtimalinin yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Bu durumun detaylı analizlerle irdelenmesi yalıtım sisteminin uygunluğunun değerlendirilebilmesi açısından kritik önem taşımaktadır.

Tablo 23: Mevcut yapı kapasiteleri (ilk kat taban kesme kuvveti)

Yapı	X-Yönü	Y-Yönü
A Blok	% 8.5	% 9.5
B Blok	% 10.1	% 9.5
C Blok	% 8.1	% 9.5
D Blok	% 10.8	% 8.8
E Blok	% 10.4	% 10.5

Tablo 24: Yalıtımlı yapının yalıtım seviyesi kesme kuvvet oranları

Analiz	DD-1, Alt Limit	DD-2, Üst Limit
Zaman-Tanım Analizleri	% 14.0%	% 10.0
Eşdeğer Statik Yöntem	% 17.0%	% 14.0

Konvansiyonel Güçlendirme

Bu güçlendirme projesi tipik perde duvar ekleme, mantolama ve temel güçlendirmesini içermektedir. Ancak, yukarıda açıklandığı üzere deprem değerlendirme çalışmalarında yapı ve eleman davranışları detaylı irdelenmediğinden önerilen projenin ne kadar uygun olduğu anlaşılamamaktadır.

Genel Değerlendirme:

Ülker Mühendislik tarafından yapılan çalışma, mevcut yapı ve deprem yalıtım yaklaşımı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Mevcut durum değerlendirmesi ve güçlendirme çalışmalarından genellikle bu tür ön çalışmaların yapılması gayet normal bir uygulamadır. Bu tür ön çalışmalar en doğru güçlendirme stratejisinin belirlenmesinde çok faydalı olup kapsamlı güçlendirme çalışmaların temel güçlendirme esasları ve güçlendirme yöntemi hakkında bina sahibi dahil birçok paydaşın antat kalmasından sonra yapılması daha uygun olmaktadır. Bu bakış açısı ile yapılan çalışma hedefine ulaşmıştır.

Yapılan çalışmanın bir ön çalışma olması, zemin ve temel sisteminin analizlere yansıtılmaması gibi nedenlerden dolayı, önerilen güçlendirme projesi bu hali ile uygun değildir. Kapsamlı çalışma sonucunda güçlendirme ve diğer renovasyon maliyetlerinin raporda hesaplanmış değerlerden çok daha yüksek olacağı düşünülmektedir.

8. 30.10.2020 DEPREMİNDEN SONRA BİNADA YAPILAN GÖZLEMLER

İBB Ana Hizmet Binası 26.03.2021 tarihinde binalar yerinde ziyaret edilmiş ve 30.10.2020 İzmir-Samos M6.9 Depremi sonrasında binadaki hasarlar ve yapının mevcut durumu (örn: korozyon) görsel olarak incelenmiştir. Bu bölümde, bu inceleme sırasında elde edilen temel görüş ve kanaatler açıklanmış olup, daha detaylı görseller **EK 1**'de verilmiştir.

- A ve C bloklarının denize yakın olan tüm kolonlarında ağır korozyon görülmektedir (Şekil 28). Bu kolonların bir çoğunda etriyeler ya kırılmış, ya da etkin alanı önemli oranda azalmıştır. Korozyona uğramış kolonların bir bölümü bina içindedir. Denize uzak olan ve sıyrılan kolonlarda korozyon başlangıcı görülmüştür.
- A ve C bloklarda korozyona bağlı olduğu düşünülen paspayı/beton örtüsünde çatlaklar gözlenmiştir (Şekil 29).
- A ve C bloklarından diğer bloklar geçiş bölgelerindeki derz kirişleri incelendiğinde 15 cm mertebelerinde diğer bloklara göre görece oturma meydana gelmiştir (Şekil 30).
- Bölme duvarlarda hasar oluşmuştur (Şekil 31).
- Görsel muayenede binanın kolonlarında ve kirişlerinde deprem hareketi nedeni ile oluşan hasar tespit edilememiştir. Ancak yapının esnek olması nedeni ile yapıda önemli seviyede yerdeğiştirmelerin olduğu bildirilmiştir.
- Bloklar arası derzlerin açıldığı görülmüştür. Bu derz genişliklerinin deprem öncesi daha az olduğu deprem sonrası daha genişlediği bilgisi verilmiştir.

İzmir-Samos Depremi ile ilgili birçok rapor yayınlanmış olup, burada İBB binasını ile ilgili sonuçlar özetlenmiştir. Deprem merkez üssü İBB binasına yaklaşık olarak 66 km uzaklıktadır (Şekil 32 ve Şekil 33). Yapıda hasar oluşmaması, deprem etkilerinin DD-1 ve DD-2 deprem seviyelerine göre çok düşük mertebede kaldığı düşüncesini oluşturmaktadır. Bundan dolayı İBB binasına yakın lokasyonlardaki deprem yer ivme spektrumları incelenmiştir. Bu amaçla, deprem sırasında binaya en yakın konumda bulunan ivme ölçer istasyonu AFAD'ın 3518 numaralı İzmir Fuarı, Kültürpark Evlendirme Dairesinde bulunan CMG-5T modeli sensöre sahip istasyondur. İstasyon ile İBB binası arasındaki mesafe 1.8 km'dir. İstasyonun bulunduğu sahada Vs30 hızının 298 m/s ve yerel zemin sınıfının ZD olduğu belirtilmiştir (AFAD, 2020). Bu istasyondan elde edilen deprem spektrumları Şekil 34'da gösterilmiştir.



Şekil 28: A ve C Blok kolonlarında oluşan korozyona örnekler (bina dışı ve içi)



Şekil 29 Korozyon nedeni ile oluşan paspayı kırılması



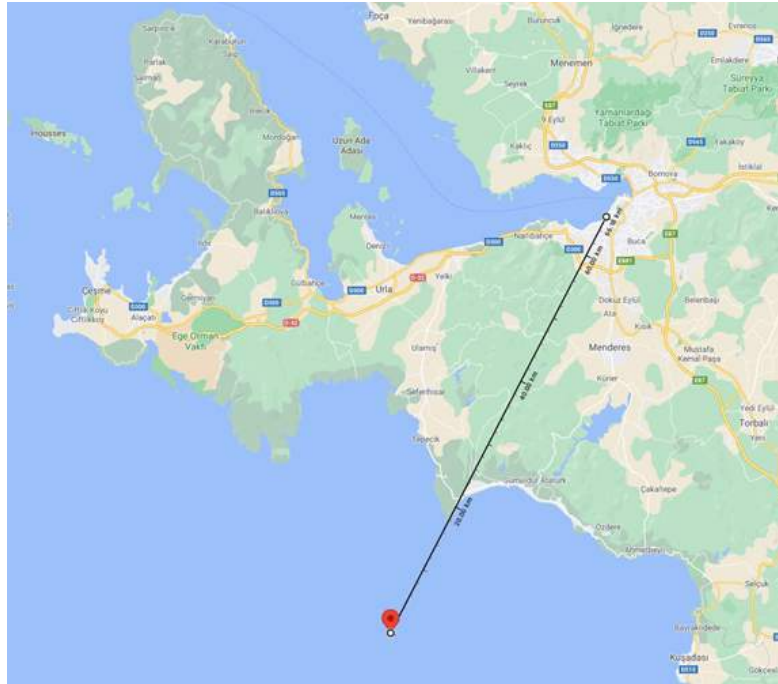
Şekil 30 C Blok ile E blok geçişinde kirişlerin alt kotları arasında oluşan fark ile gözlemlenen görelî oturma



Şekil 31 Bölme duvarlarda oluşan hasarlara örnekler

Buna ek olarak, deprem raporlarından merkez üssüne uzaklığı İBB binası benzeri olan AFAD istasyonlarında yapılan ölçümler ve ivme spektrumları incelenmiştir. Bu istasyonlar 3513 (196 m/s, ZD Sınıfı), 3514 (836 m/s, ZB Sınıfı), 3519 (131 m/s, ZE Sınıfı) ve 3521 (145 m/s, ZE Sınıfı) numaralı istasyonlardır (Şekil 35). İMO ve ODTÜ tarafından yayınlanan raporlarda (İMO Raporu, 2020; ODTÜ Raporu 2020) AFAD istasyonlarında oluşan spektrumlar verilen zemin sınıfları için elde edilen spektrumlar ile karşılaştırılmıştır (Şekil 36 ve Şekil 37).

Spektrumlar incelendiğinde ilk gözlemlenen husus, oluşan deprem spektrumlarının hem kısa hem de uzun periyot bölgelerinde 2018 Deprem Yönetmeliği DD-2 seviyesi deprem seviyelerinin oldukça altında kaldığıdır. Sadece 3513 istasyonunda 1.5 saniye periyot bölgesinde spektrumlar birbirine yakındır. Bina periyotları düşünüldüğünde (DEÜ Raporuna göre 2.75 sn - 3.40 sn, Ülker Müh. Raporuna göre 1.5 sn - 2.0 sn arası) 3513 ve 3521 kayıtları 1.5 sn periyotlarda 0.30g mertebesine çıkabilmekte iken 2 sn periyotlarda 0.10g mertebelerine düşmekte uzun periyotlarda ise 0.05 g mertebelerine kadar inmektedir. ZB tipi zeminde oluşan spektrumlar daha zayıf zemindeki spektrumlara göre 0 - 1.5 sn aralığında daha düşüktür.

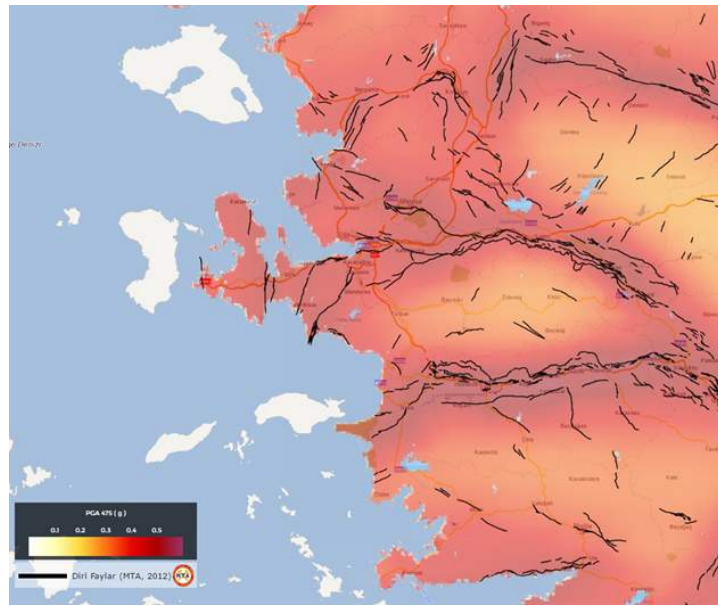


Şekil 32: Deprem merkezinin binaya uzaklığı (66 km)

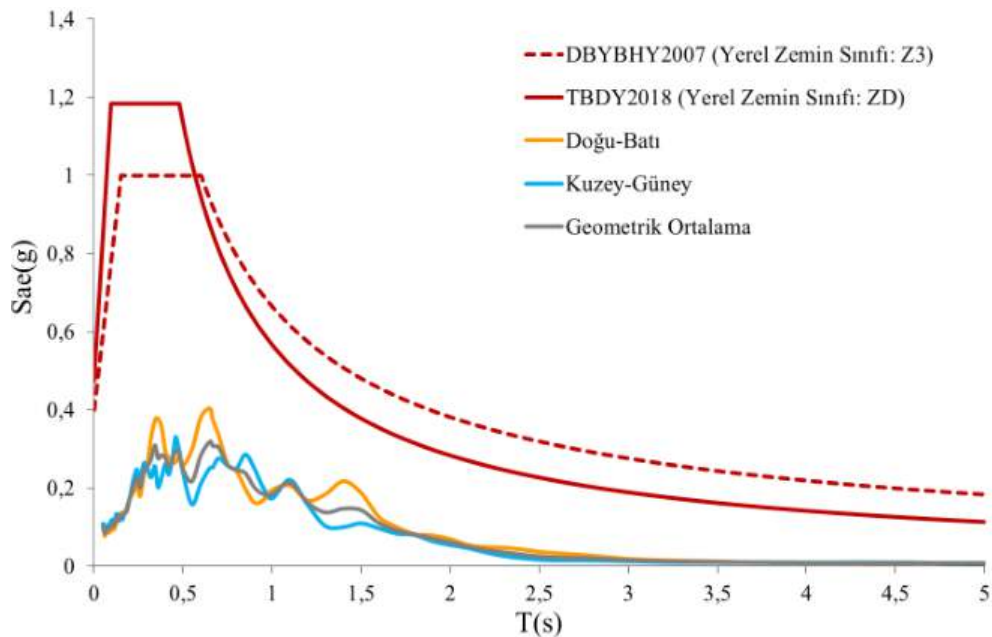
Her ne kadar doğrudan İBB binasında ölçüm yapılmamış olsada bu sonuçlar bakarak bazı olasılıklar önerilebilir. İlk olarak, İBB binası kapasite değerleri düşünüldüğünde, İBB binasının lokasyonunda kapasitelere göre çok daha düşük deprem oluşmuş olabilir. Binada belirgin hasar oluşmaması bu olasılığın güçlü olduğunu göstermektedir. Kazıklı temel sistemi ZB ya da ZC temel sınıfı davranışı yaratmış ve ivmelerin düşük olmasını sağlamış olabilir. Yapı

periyotları DEÜ raporunda verilen değerlere yakın olabilir. Ayrıca bina kapasiteleri Ülker Müh. raporlarında verilen taban kesme oranlarından daha yüksek olabilir. Burada belirsiz olan ve kontrolün zor olduğu bir nokta, kazıklı sistemde bir hasar olup olmadığıdır ancak bir olasılık olarak değerlendirilmelidir. Bu spektrumlardan elde edilen diğer bir kanı, DD-2 ve DD-1 seviyelerinde yapının orta ve ileri hasar seviyelerinin oluşma ihtimalidir.

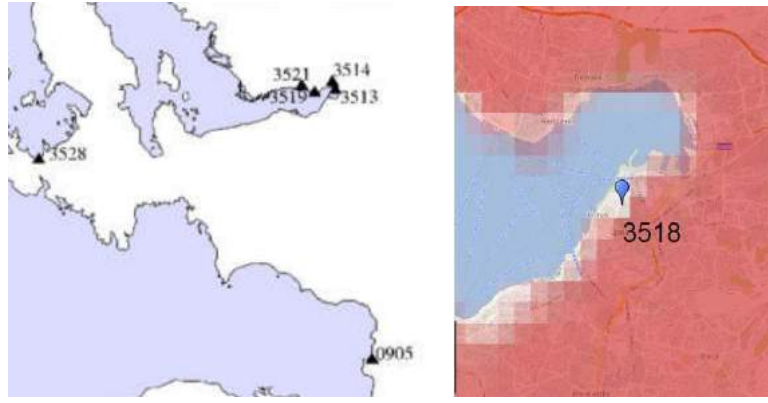
Sonuç itibarıyla yapıda hasar oluşmaması, deprem etkilerinin düşük olduğu ve bu etkilerin 2018 Deprem Yönetmeliği DD-2 depremi ilgili periyot bölgesindeki isterlerden ve yapı kapasitesinden daha düşük olduğu kanaati oluşmuştur. Ancak, DD-2 ve DD-1 seviyelerine denk gelen depremlerde yapıda orta ve ileri hasar seviyelerinin oluşacağı düşünülmektedir.



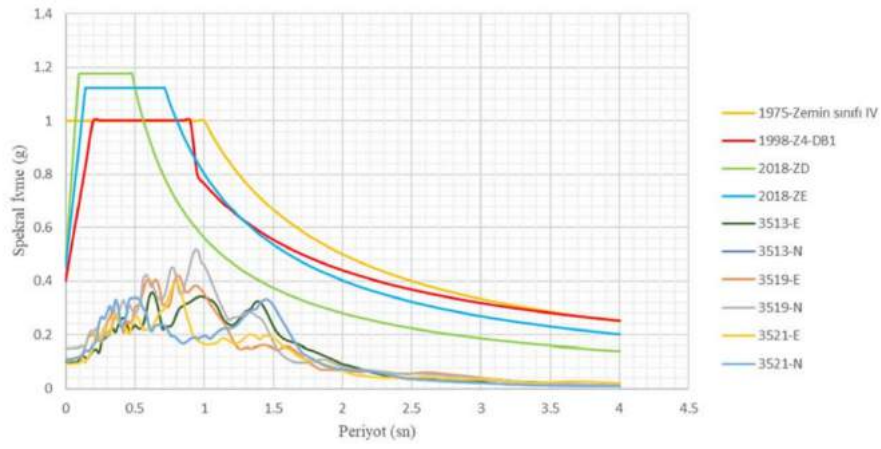
Şekil 33: Bölgedeki faylar ve DD-1 PGA ivme seviyeleri (AFAD Web Sitesi)



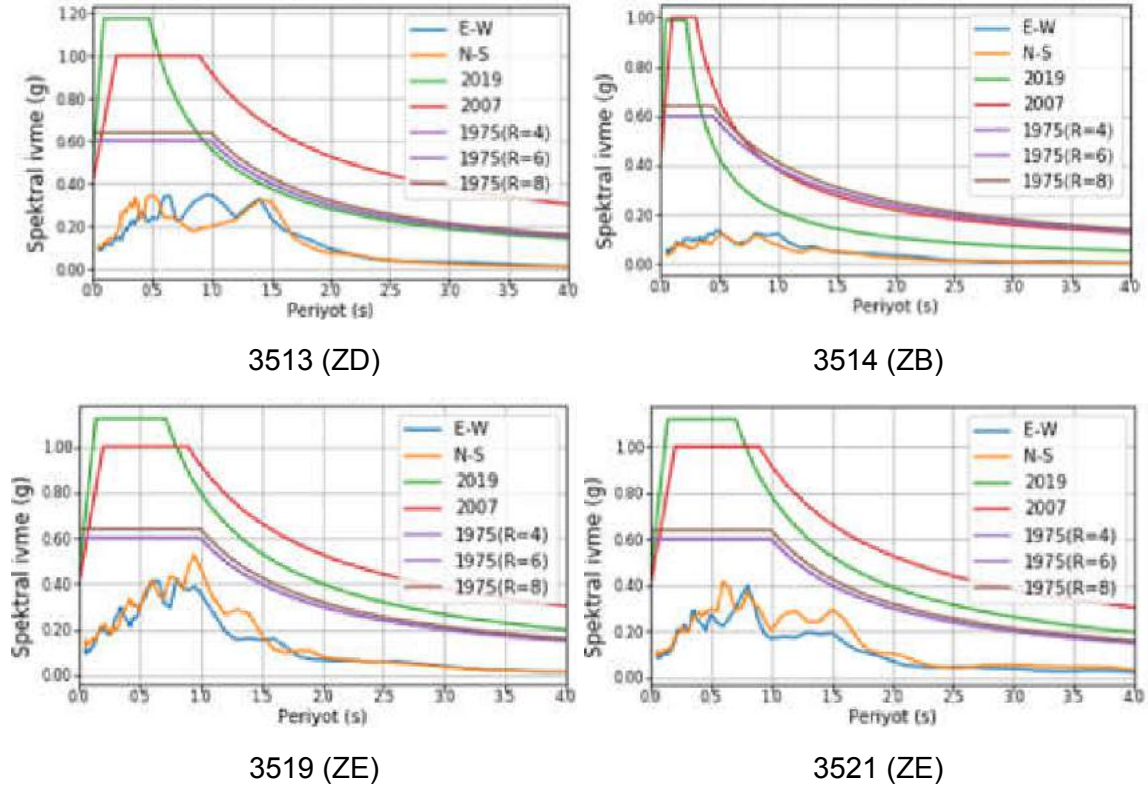
Şekil 34: 3518 numaralı AFAD istasyonu spektrumu (DD-2; AFAD Raporu, 2020)



Şekil 35: İncelenen diğer AFAD istasyonları (ODTÜ Raporu, 2020; AFAD Raporu, 2020)



Şekil 36: AFAD istasyonlarında elde edilen spektrumlar (DD-2, İMO Raporu, 2020)



Şekil 37: AFAD istasyonlarında elde edilen spektrumlar (DD-2, ODTÜ Raporu, 2020)

İBB binasının ilgili bloklarında meydana gelmiş olan oturmanın meydana gelme zamanı ve oturma mekanizması net olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte oturmanın gerçekleşmiş olduğu, blokların kot seviyeleri arasındaki farktan somut şekilde gözlenebilmektedir. Bu tür yapılarda meydana gelen deformasyonların izlenmesinde yüksek çözünürlüklü uydu verilerinden (ör: VHR TerraSAR-X, TanDEM-X, v.b.) faydalanan teknolojiler geliştirilmiş bulunmaktadır (Yang v.d., 2016). İBB hizmet binası ve benzeri yapıların çatılarında ve belirli yönlerdeki cephelerinde 2010 yılından günümüze gerçekleşmiş deformasyonların tespiti bu teknolojiler kullanılarak makul seviyede bir hata payıyla yapılabilmektedir. Ancak günümüzde bu verilerin ve ilgili çalışmaların yüksek maliyetli işlemler olacağı da dikkate alınmalıdır.

9. ZEMİN, DEPREM TEHLİKESİ VE TBDY 2018 ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde yapı zemin sınıfı ve buna bağlı olarak deprem tehlikesi hakkında görüşler verilmiştir. Ayrıca, TBDY 2018 performans hedefleri ve sınıflandırma bilgileri verilmiştir.

Zemin Sınıfı Hakkında Görüşler

Şekil 38'de 2018 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanmış olan zemin sınıfları verilmiştir. Bu tanımlamalara ve DEÜ tarafından yapılan zemin çalışmalarına bakıldığında, zeminin üst katmanlarının ZE tipi yumuşak zemin olarak nitelendirilebileceği görülebilir. Bu tip zayıf zeminlerde kazıklı temel sistemi kullanımının zorunlu olduğu açıktır. Bu durumda yapılacak güçlendirme çalışmasında zemin-kazık-yapı etkileşiminin göz önünde bulundurulması kazıklara etkileyecek deprem tesirlerinin doğru değerlendirilebilmesi açısından önem taşımaktadır. Benzer şekilde zemin ve kazık sisteminin deprem performansı üst yapının emniyetli şekilde davranması açısından da kritiktir. 2018 Deprem Yönetmeliği, kötü zemin koşullarında bu analizleri zorunlu tutmaktadır ve bu analizler yönetmelik kapsamında tanımlanmıştır. İBB binası gibi önemli yapılarda bu zorunluluğa bakılmaksızın bu analizlerin yapılması gerektiği düşünülmektedir. Önceden yapılan çalışmalarda zemin-kazık-yapı sisteminin modellenmesi, eylemsizlik ve kinematik etkileşimin göz önüne alınması kapsam dışında tutulmuştur. Sonuç olarak, bu analizlerin dahil edilmesi ile İBB binasında farklı hasar seviyelerinin oluşma ihtimali mevcuttur. Ancak, üst yapı özellikleri nedeni ile (süneklik ve mukavemeti düşük esnek yapı) güçlendirme yaklaşımlarının ana esaslarında bir değişiklik olması beklenmemektedir.

Tablo 16.1 – Yerel Zemin Sınıfları

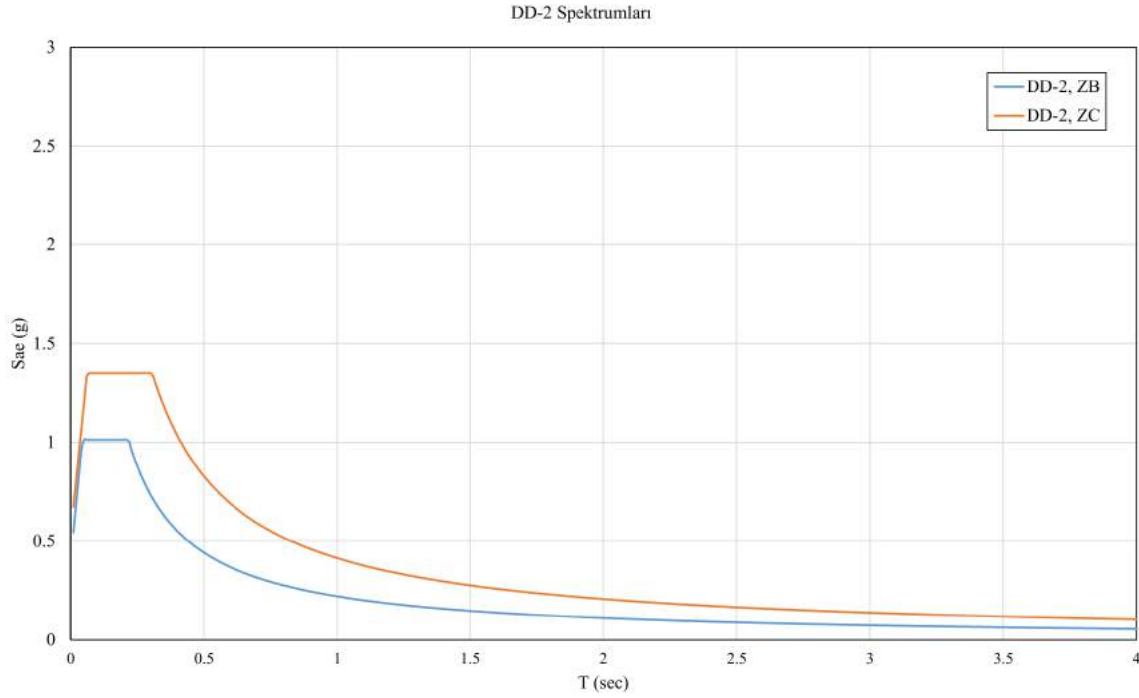
Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killeri, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killeri, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killeri, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killeri.			

Şekil 38: 2018 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan zemin sınıfları**Deprem Tehlikesi**

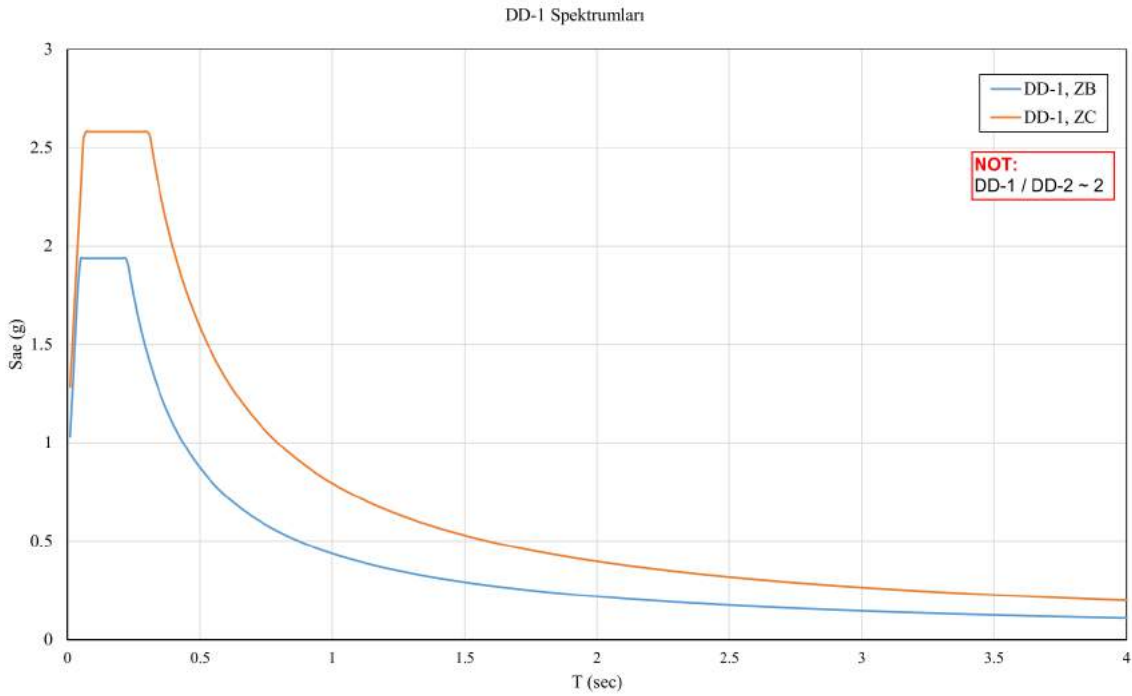
İBB Binasının lokasyonu için AFAD tarafından 2018 Deprem Yönetmeliği için tanımlanmış olan DD-1 ve DD-2 % 5 sönüme sahip geometrik ortalama spektrumları Şekil 39 ve Şekil 40'da gösterilmiştir. Önceden yapılmış olan çalışmalar ile uyumlu olması açısından bu spektrumlar ZB ve ZC Sınıfı zeminler için hazırlanmıştır.

TBDY 2018 Performans Hedefleri ve Yapı Sınıfı

2018 Deprem Yönetmeliği Tablo 3.1'e göre İBB Ana Hizmet Binası için Bina Kullanım Sınıfı, BKS = 1'dir. (Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, a) vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları). Tablo 3.1'e göre Önem Katsayısı, $I = 1.5$ 'dir. Tablo 3.2'e göre Deprem Tasarım Sınıfı, DTS = 1a'dır ($S_{DS} = 1.0134$). Tablo 3.3'e göre Bina Yükseklik Sınıfı, BYS = 4'dir ($H_N = 29.5$ m). 2018 Deprem Yönetmeliği performans seviyeleri ve hedefleri Şekil 41, Şekil 42 ve Şekil 43'de gösterilmiştir. Karşılaştırmak amacı ile 2007 Deprem Yönetmeliği performans seviyeleri ve hedefleri Şekil 44 ve Şekil 45'de gösterilmiştir.



Şekil 39: 2018 Deprem Yönetmeliği, DD-2 depremi spektral ivme grafikleri

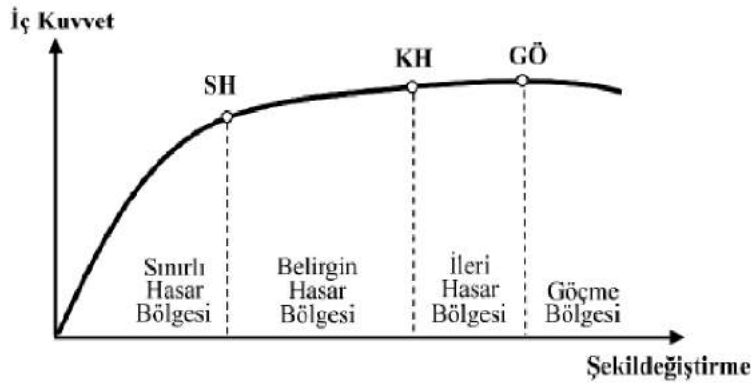


Şekil 40: 2018 Deprem Yönetmeliği, DD-1 depremi için spektral ivme grafikleri

2018 ve 2007 Deprem Yönetmelikleri incelendiğinde performans hedeflerinde bazı farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 41, Şekil 42, Şekil 43, Şekil 44, Şekil 45). 2018 yönetmeliğinde beton kesit performans kriterleri daha güvenli tarafta kalmaktadır. Yapı performans hedeflerinin tanımlanmasında bazı küçük farklılıklar vardır. DTS = 1a için 2018 yönetmeliği DD-3 deprem seviyesinde Sınırlı Hasar (SH) performansı talep ederken, hemen kullanım gerektiren yapılar için 2007 yönetmeliği DD-2'de Hemen Kullanım (HK) talep etmektedir. Bu durumda 2007 yönetmeliğinin birçok sahada nispeten biraz daha güvenli

tafta kaldığı düşünülebilir. Ancak, yapı özellikleri düşünüldüğünde (düşük süneklik ve kapasite, esneklik), güçlendirme açısından yaklaşımlarda bir farklılık olmayacağı düşünülmektedir. Bunun bir nedeni her iki yönetmelikte DD-1 seviyesinde kontrol ve benzer (KH ve CG) performans kriteri vardır. Önceden yapılan çalışmalarda mevcut yapıda DD-2 seviyesinde kontroller yapılmış, bu seviyede yapının ilgili kriterleri sağlamadığı görüldüğünden DD-1 seviyesi kontrollere gerek duyulmamıştır. DD-2 hasar seviyeleri incelendiğinde, mevcut yapının DD-1 seviyesinde ağır hasar alacağı ve muhtemelen göçme meydana geleceği değerlendirilmektedir.

Gözlemlenen diğer bir konu 2018 yönetmeliği deprem yalıtımı ile güçlendirilecek mevcut yapı kriteri sadece DD-2 seviyesinde, dayanıma göre hesap yöntemi kullanarak, SH olarak verilmiştir ve DD-1 seviyesinde herhangi bir kontrol talep edilmemiştir. Bu yaklaşımın İBB binası gibi mukavemet ve süneklik seviyesi düşük olan ve kritik önem taşıyan esnek yapılara uygun olmayabilir. Önceden de vurgulandığı gibi önceden yapılan çalışmalarda elde edilen değerler deprem yalıtımı kullanılması durumunda DD-1 seviyesinde İBB yapısının ağır hasar alacağı görülmektedir. Bu durum DTS = 1a tipi bir yapı için uygun değildir.



Şekil 41: 2018 Deprem Yönetmeliğinde performans seviyeleri (kesit ve yapı)

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar Dışında – $BYS \geq 2$)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Şekil 42: 2018 Deprem Yönetmeliğinde performans hedefleri

(c) Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar dışında – $BYS \geq 2$)

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

(1) $BYS > 3$ olan binalarda uygulanacaktır.

(2) $BYS = 2,3$ olan binalarda uygulanacaktır.

(3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.

(4) $I = 1.5$ alınarak uygulanacaktır.

(5) Bkz. 3.5.2.2.

Şekil 42 (devam): 2018 Deprem Yönetmeliğinde performans hedefleri

Tablo 3.5. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Deprem Yalıtımlı Binalar için Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Deprem Yalıtımlı Binalar – Üstyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	SH	DGT	KK	DGT
DD-1	—	—	—	—

(b) Deprem Yalıtımı Yapılarak Güçlendirilecek Mevcut Binalar – Üstyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	KH	DGT	SH	DGT
DD-1	—	—	—	—

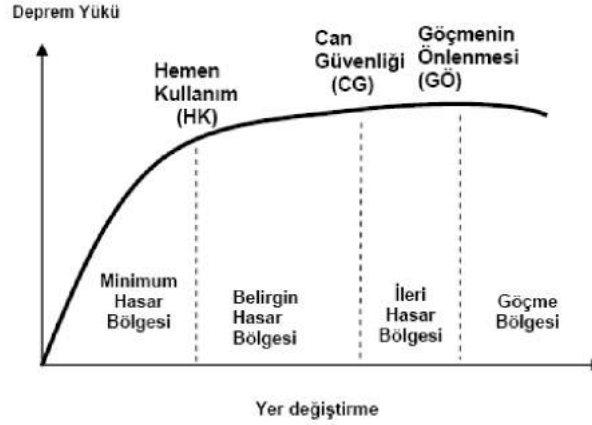
(c) Yeni Yapılacak ve Güçlendirilecek Deprem Yalıtımlı Binalar – Yalıtım Sistemi ve Altyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	—	—	—	—
DD-1	KK	ŞGDT ⁽¹⁾ –DGT ⁽²⁾	KK	ŞGDT ⁽¹⁾ –DGT ⁽²⁾

(1) Yalıtım sistemi için uygulanacaktır.

(2) Altyapı için uygulanacaktır.

Şekil 43: 2018 Deprem Yönetmeliğinde performans hedefleri



Şekil 44: 2007 Deprem Yönetmeliğinde performans seviyeleri

TABLO 7.7 – FARKLI DEPREM DÜZEYLERİNDE BİNALAR İÇİN ÖNGÖRÜLEN MİNİMUM PERFORMANS HEDEFLERİ

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	–	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	–	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	–
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	–	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	–	CG	–

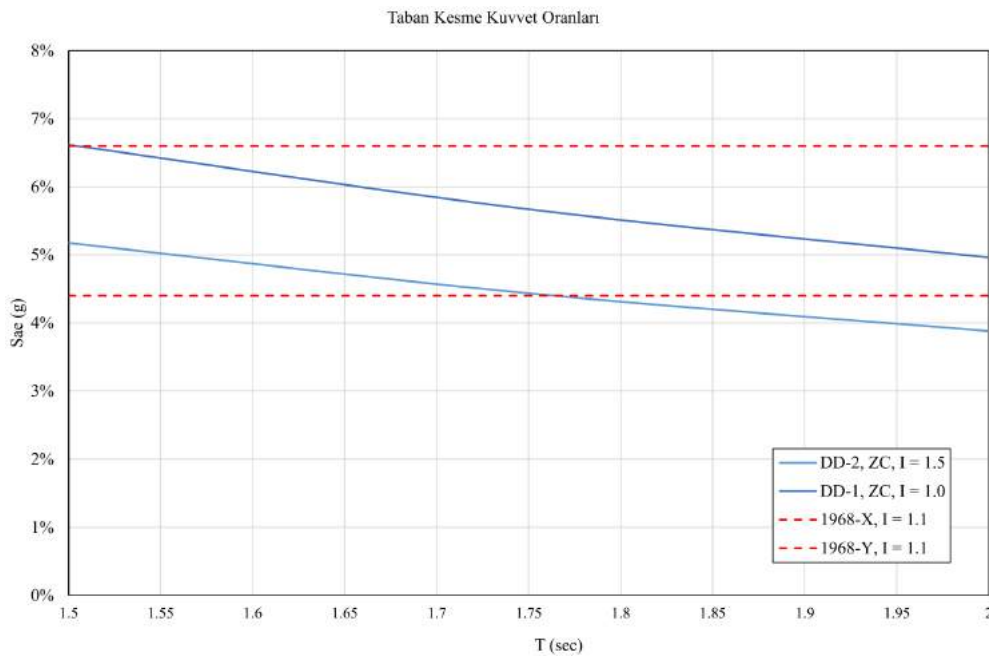
HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi (Bkz. 7.7)

Şekil 45: 2007 Deprem Yönetmeliğinde performans hedefleri (mevcut yapılar)

Tablo 25: 2018 Deprem Yönetmeliği ne göre DD-2 ve DD-1 için taban kesme kuvvet oranları

Yapı	Yön	Periyot, T (sec)	DD-2, ZC, I = 1.5, R = 8	DD-1, ZC, I = 1.0, R = 8
A Blok	X	1.72	4.51%	5.77%
	Y	1.68	4.62%	5.91%
B Blok	X	1.48	5.25%	6.71%
	Y	1.53	5.07%	6.49%
C Blok	X	1.63	4.76%	6.09%
	Y	1.58	4.91%	6.28%
D Blok	X	2.06	3.77%	4.82%
	Y	1.97	3.94%	5.04%
E Blok	X	2.09	3.71%	4.75%
	Y	2.07	3.75%	4.79%

İBB binasının tasarımında kullanılan taban kesme kuvvetinin seviyesinin daha iyi anlaşılması için 2018 Deprem Yönetmeliği ne göre DD-1 ($R = 8$, $I = 1.0$) ve DD-2 ($R = 8$, $I = 1.5$) seviyeleri için taban kesme kuvvetleri hesaplanmış (Tablo 25) ve bu değerler statik proje raporunda kullanılan değerler ile karşılaştırılmıştır (Şekil 46). Bu karşılaştırma neticesinde dayanım açısından statik projede kullanılan değerlerin 2018 ile uyumlu olduğu görülmekle beraber yapı güvenliği açısından bakıldığında ve 2018 yönetmeliğinde $R = 8$ değerine denk gelen sünek detayların kullanılacağı ve mevcut yapıda bu seviyelerde sünek davranış beklenemeyeceği düşünülürse, mevcut yapının deprem güvenliğinin oldukça düşük olacağı ve çerçeve yapılarda tarihsel depremlerde gözlemlenen göçme modlarının oluşma ihtimalinin yüksek olacağı öngörülmektedir.



Şekil 46: 2018 ($R = 8$) Deprem Yönetmeliği ve Statik Raporu taban kesme kuvvet oranları

10. GÜÇLENDİRME HAKKINDA GENEL DEĞERLENDİRME

İBB Binası için güçlendirme önerileri ve seçenekleri verilmeden önce bazı temel konularda genel bir değerlendirme yapılması uygun olmaktadır. Bu bölümde başlıklar altında bu konular irdelenmiş ve İBB binası özelinde görüşler sunulmuştur.

Güçlendirmede Temel Yaklaşımlar

İBB Binası gibi mevcut hali ile yürürlükteki deprem yönetmeliklerini sağlamayan yapıların güçlendirilmesi ile ilgili yöntemler yine aynı yönetmeliklerde kapsamlı bir şekilde verilmiştir. Mevcut yapının iyi ya da kötü durumda olmasına bağlı olarak güçlendirme uygunluğu, güçlendirme kararı ve olası güçlendirme yaklaşımları farklı olabilmektedir.

Mevcut yapı iskeleti, malzeme dayanımı, sünek davranışı, korozyon ve taşıyıcı sistem tanımı açısından iyi durumda olan yapılar güçlendirmeye hem teknik açıdan hem de maliyet açısından uygun olabilmektedir. Örnek olarak son yıllarda yapılan birçok betonarme prefabrik yapıda beton kalitesi iyi seviyededir ve eleman kesitleri sünek davranış gösterebilmektedir. Diğer benzer örnekler iyi mühendislik hizmeti görerek tasarlanmış ve iyi kalite (beton dayanımı, donatı kalitesi vb.) ile inşa edilmiş konut ve işyeri yapılarıdır. Bu yapılardaki sorunlar taşıyıcı sistemin (örnek konsol kolon olarak davranan endüstri yapıları) riskli olması ve güncel yönetmeliklerdeki bazı şartları sağlamıyor olması gibi konulardır. Güçlendirme, bu tip yapılar için çoğunlukla gayet akılcı ve uygun olmakta ve dikkatli yapılacak bir güçlendirme projesi ile ana sorunlar etkili şekilde çözülebilmektedir. Oldukça uygun maliyetlerle bu tür yapıların deprem performansları önemli seviyede iyileştirilebilmektedir. Hatta sönümleyici gibi teknolojiler ile yapı boşaltılmadan güçlendirme yapılabilmekte ve üretimin aksaması, taşınma ve ek kira gibi dolaylı maliyetler oluşmamaktadır (örnek: sanayi yapıları).

Mevcut yapı iskeletinin iyi durumda olmadığı yapılar için güçlendirme seçeneği hem maliyet hem de uygulamadaki zorluklar nedeniyle birçok bakımdan uygun olmayabilir. Yapının durumu çok kötü ise “çürük” olarak tanımlanabilecek bir karkas üzerine güçlendirme yapmak temel mühendislik kaidelerine ters bir durumdur. Yapı çok kötü değilse bile, güçlendirme maliyetleri çok yüksek olabilir, ve/veya olası güçlendirme yöntemi uygulaması çok zor olan bir yöntem olabilir. Güçlendirmenin çok elverişli olmadığı bu yapıların bazıları yıkılıp yeniden yapılırken, sıklıkla karşılaşılan diğer bir durum yapının çeşitli nedenlerden dolayı hiçbir şekilde yıkılamamasıdır (örnek: ruhsat problemlerinden dolayı binanın yıkılması durumunda yeni bina yapılamaması, operasyonel durumda bir tesisin güçlendirme için işleyişini durduramaması gibi). Bu durumlarda mühendis, her ne kadar güçlendirme uygun bir seçenek olmasa da yapıya uygun ve yönetmelikleri sağlayan bir proje hazırlayabilir. Bu projenin maliyeti yapının durumuna ve mühendisin yaklaşımına göre uygun mertebelerde ya da çok yüksek mertebelerde olabilir. Bu tip bir senaryoda mühendisin yaklaşımı, yapının yıkılıp yeniden yapılması mümkün olmadığından, ve mevcut hali ile riskli bir durum teşkil ettiğinden, bu riski mümkün olan en iyi şekilde azaltmak, kaba tabiri ile “hiç bir müdahale yapmaktan daha iyidir” bakış açısı ile bir proje hazırlamaktır. Görüldüğü üzere normalde güçlendirmenin uygun olmadığı bu yapılarda güçlendirme uygulaması yapmak, yine kaba tabiri ile, “hiç yapılmamasından daha iyidir”. Böyle bir yaklaşım ile yapı ilk haline göre daha iyi bir duruma gelecektir; ancak ana karkası daha iyi olan güçlendirilmiş bir yapıya göre çok daha fazla risk barındıracağı açıktır. Binanın yıkılmasının mümkün olmadığı bu durumlarda bina sahipleri bu riskleri alabilmektedir. Güçlendirme maliyetlerinin yüksek olması durumunda, ki bu durum mevcut karkası zayıf olan yapılarda sıklıkla oluşmaktadır, bina sahipleri binayı güçlendirmemekte ve mevcut riskli hali ile kullanmaya devam etmektedir.

Bina sahibi yıkılması mümkün olmayan binayı yüksek maliyetlere rağmen güçlendirme kararı da alabilir ama bu çok nadiren görülen bir durumdur.

Güçlendirme maliyetlerinin ikinci plana düşebileceği diğer bir durum da yapının tarihsel, kültürel ve sosyolojik olarak değerli olmasıdır. Bu tip yapılara örnek tescilli tarihi yapılar gösterilebilir. Bu yapıların tespiti, tescilli ve bakım ve onarımı gibi konular yasalar ile belirlenmiştir ve yıkılmaları yasal olarak mümkün değildir ve bu yasal zorunluluk tamamen kültürel ve tarihsel nedenlerden dolayı mevcuttur ve yapının iyi ya da kötü durumda olmasından, deprem güvenliğinden, güçlendirilip güçlendirilemeyeceğinden vs bağımsızdır. Burada ana amaç her halükarda ve durumda yapının korunmasıdır. Yapının aslına sadık kalınarak yeniden yapılması ise tercih edilmemektedir.

Tarihi yapıların her şart altında korunması hedefi her ne kadar yüzyıllardır ayakta kalmış yapılar için anlaşılabilir olsa da bazı yapılar için çelişkili bir durum yaratmaktadır. Örnek olarak ülkemizde 1900'lü yıllarında başlarında inşa edilmiş ancak mevcut durumu (korozyon, taşıyıcı sistem vs) iyi olmayan ve kullanıcıları açısından büyük deprem riski taşıyan tescilli betonarme konut yapıları mevcuttur ve bu yapılardan güçlendirmesi çok zor olanlar bulunmaktadır. Öyle ki, yapı güvenliğinin yönetmeliklerin talep ettiği seviyelere getirilmesi için hazırlanacak güçlendirme projesi ya uygulanamamakta ya da neredeyse yapının yeniden inşası boyutunda müdahaleler gerekmektedir. Burada eğer bir güçlendirme kararı alınırsa mühendisin ana yaklaşımı yönetmeliklerin sağlanması kaydı ile yapının olası en iyi ve en uygun şekilde iyileştirilmesidir ve güçlendirme maliyeti ikinci planda kalmaktadır. Ancak, bina sahipleri yüksek maliyetler nedeni ile güçlendirme yapamamaktadır. Sonuç olarak deprem açısından güvensiz durumda olan ve can güvenliği riski bulunan, yüksek maliyet nedeni ile de güçlendirilemeyen ve tescilli olması nedeni ile yasal olarak da yıkılamayan bu yapıların kullanımı devam etmektedir. Burada yapının değeri, yapıyı kullanan insanların canında daha değerli hale gelmiştir ki bu da çelişkili bir durumdur.

İBB Bina açısından bakılırsa binanın ne iyi durumda ne de kötü durumda olduğunu söylemek tam doğru olacaktır. Bina iyi mühendislik tasarımı görmüştür ve inşaat kalitesi yüksektir. Ancak beton dayanımları düşüktür ve yapıda yüksek sünek davranış beklenmemektedir. Ana taşıyıcı sistemin beklenen tasarım depremi altında göçme riski ile karşı karşıyadır. Tüm bunlara ek olarak temel-kazık sistemi korozyona uğramıştır, yapıda görelî oturmalar meydana gelmiştir ve mevcut dayanımı belirsizdir. Bina İBB'nin Ana Hizmet Binasıdır ve olası şiddetli bir depremin hemen sonrasında kullanımı gerekmekte ve bu konu büyük önem arz etmektedir. Binanın kültürel miras ve şehir kültürü açısından değerli olduğu belirtilmektedir. Tarafımıza bildirildiği üzere yapı tescilli bir yapı değildir. Bununla birlikte İBB'nin hizmet binasını kullanan personel ve ziyaretçi sayısı günlük 2000 ila 3000 mertebelerindedir. İBB, binayı 2006 yılından beri güçlendirme gayreti içerisinde girmiş ama

konunun zorluğundan dolayı bu girişimler başarılı olamamıştır. Kullanan kişi sayısı ve binanın kullanım açısından önemi nedeni ile, etkin ve doğru bir güçlendirme projesi ile risklerin en az düzeye indirilerek deprem güvenliğinin garanti altına alınması gerektiği, uygulama etkinliği hakkında şüphe barındıran yöntemlerin ve önceki senaryolarda benimsenen “hiç bir iyileştirme yapılmamasından daha iyidir” türü yaklaşımların ise kullanılmaması gerektiği açıktır. Böyle bir yaklaşım İBB binasına uygun değildir. İBB binasında güçlendirme projesinde tüm riskler en aza indirilmeli, tüm sorunların çözüldüğü hesaplar ile gösterilmeli ve bina da tam güvenlik sağlanmalıdır. Tüm gayretlere rağmen eğer binada talep edilen güvenliğin sağlanamayacağı şüphesi oluşursa bina güçlendirilmemelidir. Sonuç olarak, İBB Binası için hazırlanacak olası bir güçlendirme projesinin, iyi durumdaki bir yapı için hazırlanacak tipik güçlendirme projelerinden daha zor olacağı ve daha dikkatli yapılması gerektiği ortadadır.

Yukarıda verilen örnekler ile anlatılmak istenen, güçlendirme kararının verilmesinin ve projenin hayata geçirilmesinin birçok faktöre bağlı bir süreç olduğudur. Güçlendirme kararı ve yaklaşımı binanın mevcut durumuna ve mevcut şartlara bağlı olduğundan binadan binaya farklılık göstermekte ve her bina için o bina özelinde değerlendirme yapmak gerekmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı yapıyla ilgili tüm sorumlular birçok faktörü bir arada değerlendirerek güçlendirme yaklaşımını belirlemeli veya olası yıkım kararını almalıdır.

Güçlendirme konusunda yapmış olduğumuz literatür araştırmasında da benzer düşüncelere sahip uzmanların olduğu görülmektedir. Örnek olarak Mutlu (2015)'de güçlendirme kararı alınırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar şu şekilde sıralanmıştır:

- Yapının bulunduğu yöre ve ülke için tarihsel ve manevi değeri,
- Yapının yörenin/şehrin simgesi niteliğinde olup olmadığı,
- Yapının içeriği,
- Teknolojik olanaklar,
- Binanın servis ömrü,
- Yıkılıp yeniden yapım olanakları,
- Ticari ve siyasi boyut,
- Güçlendirmenin binanın fonksiyonlarına etkisi,
- Onarım/güçlendirme sisteminin uygulanabilirliği ve güvenilirliği

Yine aynı bildiriye Tankut vd (2008)'den alınan görüş şu şekildedir: “Karara giden bu tür irdilemede çözümlemeden elde edilen sayısal değerler, deneyim ve mühendislik önsezisinin süzgecinden geçirilmelidir. Çok sayıda belirsizlik ve varsayım söz konusu olduğundan, mühendis kendi oluşturduğu sayıların esiri olmamalı ve esnek davranmalıdır.”

Güçlendirme Kararında Maliyet Değerlendirmesi

Tescilli olmayan yapılarda güçlendirme kararı alınırken bir kaç seçenek ortaya çıkmaktadır. Bu seçenekler Tankut vd (2008)'e göre şöyle sıralanabilir:

- Yeterli yapı güvenliği vardır, onarım ve/veya güçlendirmeye gerek yoktur.
- Yapı, kullanımı sınırlandırılarak, hiçbir müdahale yapılmadan kullanılabilir.
- Onarım/güçlendirme ile bina gereken yapı güvenliğine kavuşturulabilir.
- Onarım/güçlendirme ekonomik ve pratik açıdan geçerli bir çözüm değildir, yapının tümü veya bir bölümü yıkılmalıdır.

Birçok yapı için güçlendirme kararında ana kriterlerden birisi maliyet olmaktadır. Bu noktada uygulamada sıklıkla ve genel teamül olarak “%40 yaklaşımı” esas alınmaktadır. Bu yaklaşıma göre, binanın güçlendirme maliyeti yeniden yapım maliyetinin %40’dan fazla ise güçlendirme uygun bir seçenek değildir. Buna karşılık yapılan bilimsel fayda-maliyet analizleri %40 oranının binanın yaşına ve durumuna bağlı olduğu ve bu oranın her zaman geçerli olmayacağını göstermektedir. Örnek olarak Arıkan vd (2005) tarafından yapılan çalışmada 40 ve 10 yaşındaki binalar için kritik oranın sırası ile %25 ve %67 olduğu gösterilmiştir. Mutlu (2015)’de ise güçlendirme maliyetinin yeniden yapım maliyetine oranı bina yaşına bağlı olarak şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$CR \leq 0.80 \text{ CN } [(LD - LP) / LD]$$

Burada:

CR: Binanın onarım/güçlendirme maliyeti,

CN: Binanın yeniden yapım maliyeti,

LD: Mevcut yapı için tasarlanan yapı ömrü,

LP: Mevcut yapının yaşı.

Bu yaklaşıma göre ekonomik ömrü 50 yıl olan bir binanın 32 yıl kullanımdaki maliyet oranı %29 olarak hesaplanmıştır (bina ekonomik ömrü kullanım ömrü olup bu konu sonraki bölümlerde irdelenmiştir). Bu çalışmada, ilgili maliyet oranı bina yaşına bağlı olarak bir tablo halinde verilmiştir (Tablo 26). Bu tabloya göre %40 oranı 25 yaşındaki binalar için uygun olmaktadır. Bahsi geçen çalışmada, “konunun sadece maliyet açısından değerlendirilmemesi gerektiği, karar alıcının sosyolojik ve kültürel unsurları da en az sayısal değerler kadar ön plana almasının rasyonel bir yaklaşım olacağı” belirtilmektedir (Mutlu, 2015). Aynı araştırmacı tarafından yapılan diğer bir çalışmada eğitim binalarına yönelik olarak bir yöntem önerilmiş ve kapsamlı örnekler verilmiştir (Mutlu, 2020). Bu çalışma kamu yapılarına örnek olması açısından önemlidir.

Sonraki bölümlerde irdeleneceği üzere İBB binasının güçlendirme maliyet oranının %40 seviyesinin çok üzerinde olacağı değerlendirilmektedir. Buna yapının iyi durumda olmaması, temel-kazık güçlendirmesinin hem zor hem de çok maliyetli olması gibi nedenlerde eklenince güçlendirme maliyetinin belirtilen kritik oranın üzerinde olacağı söylenebilir. Buna karşılık İBB hizmet binasının bloklarının yaşları 51 ila 43 arasında değişmektedir. Bina tasarım kullanım ömrünün 50 yıl olduğu kabulü ile yapılan 45 yaşındaki betonarme İBB yapısı için fayda-maliyet analizleri güçlendirme maliyet oranının % 8 olması gerektiğini ve %40 oranının bir bilimsel temeli olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada sunulan temel prensip esas alındığında binanın güçlendirilmesinin genel mühendislik açısından çok uygun olmadığı kanaati oluşmaktadır.

Tablo 26: Bina yaşı - maliyet oranı ilişkisi (Mutlu, 2020)

Binanın Yaşı	Maliyet Oranı
50	% 0
40	% 16
30	% 32
25	% 40
20	% 48
10	% 64
5	% 72
1	% 78

Bina Kullanım Ömrü

Güçlendirme kararında etken diğer bir husus bina kullanım ömrüdür. Bazı yapıların kullanım ömürleri hem dayanıklı malzeme özelliklerinden dolayı hem de olumsuz çevresel etkilerin yokluğundan dolayı uzun olurken bazı yapıların ömürleri daha kısa olmaktadır. Örnek olarak tuğla ve beton gibi malzemelerinin durabilitesi oldukça yüksek ve kullanım ömürleri uzundur (Courland, 2011). Yüzyıllardır ayakta kalıp korunan iyi çevresel ortama sahip birçok tarihi eserler buna örnek olarak gösterilebilir. Bundan dolayı bu yapıların korunumu uzun yıllar mümkün olabilmektedir (Keulemans, 2016).

Betonarme yapılarda ise durum oldukça farklıdır. Betonarme yapılarda beton malzemesi her ne kadar dayanıklı olsa da, donatı çeliğinin ömrü ve durabilitesi oldukça düşüktür. Özellikle olumsuz hava koşulları ve çevresel etkiler altında, beton ve tuğla yapıların aksine, bir betonarme yapının ömrü donatı kullanımından dolayı oldukça kısa olabilir (örnek: 20~30 yıl).

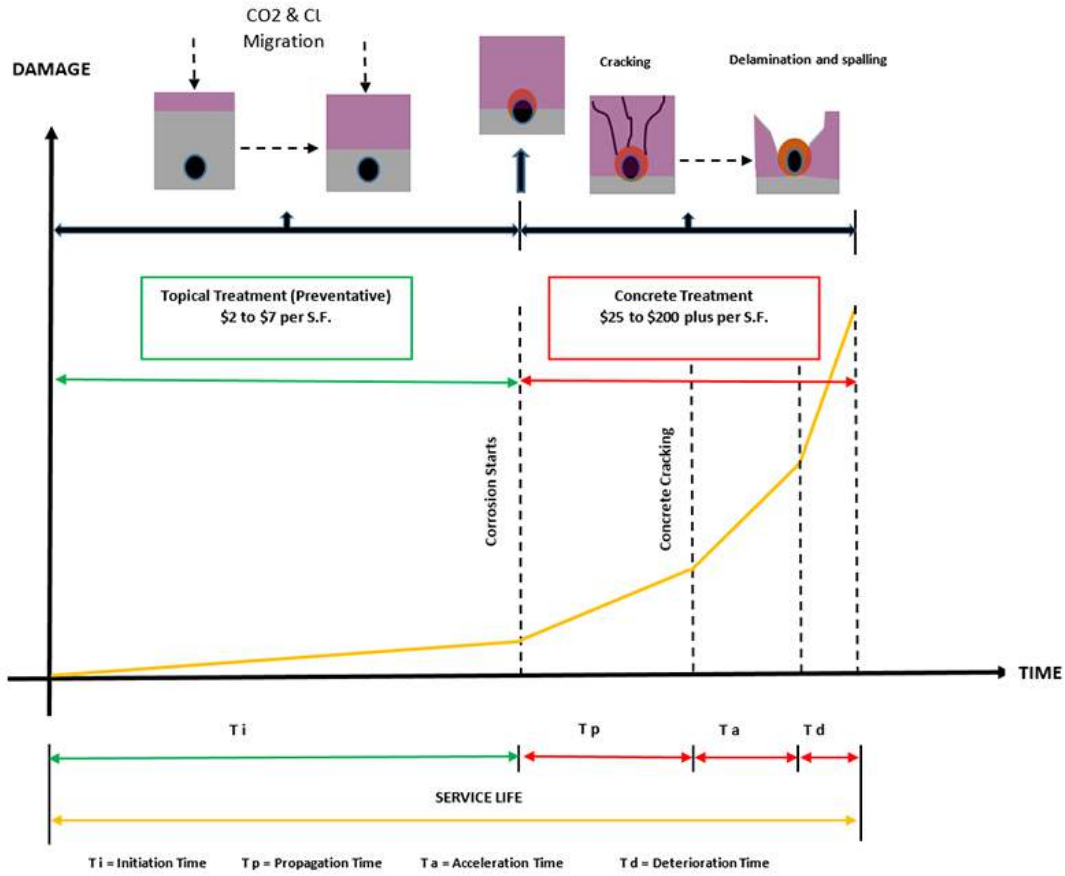
Çevresel etkiler nedeni ile donatıda başlayacak korozyon hacim artışına ve bu hacim artışı betonda çatlama ve kopmalara neden olmakta ve yapı ömrü kısalmaktadır. Demir donatı kullanılan betonarme yapılardaki bu durabilite sorunu doğal bir sorundur (Keulemans, 2016). Donatı, beton malzemesinin mukavemetini artırmak ve bu şekilde daha ekonomik ve daha performanslı yapılar inşa etmek amacı ile kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, başta donatı korozyonu nedeni ile inşası 1900-1950 yıllarında yapılan birçok betonarme yapının ömrü tamamlanmıştır. Özellikle gelişmiş ülkelerde büyük ölçekli birçok betonarme yapının bakımı ve korunmasının yüksek maliyetlere neden olduğu bilinmektedir (Courland, 2011). Bundan dolayı yıkım ve yeniden yapım çok yaşlı yapılarda daha uygun bir çözüm olabilmektedir (Courland, 2011).

Betonarme yapıların durabilitesi ile ilgili bu temel soruna rağmen 1900'lü yıllarında başında inşa edilmiş ve günümüzde iyi durumda olan ve korunan birçok betonarme yapı da mevcuttur. Burada kritik nokta donatının ağır korozyona uğramamış olması ve binanın belli periyotlarda bakımının ve tamiratının yapılmış olmasıdır. Diğer bir deyişle, eğer bir betonarme yapının ömrü uzun yıllar korunarak uzatılmak isteniyor ise, beton ve tuğla yapılardan farklı olarak daha sık bakıma ve tadilatla girmelidir. Eğer periyodik bakımlar ve tadilatlar yapılmaz ise uzun süre sonra yapılacak tadilatlar çok daha maliyetli olacaktır. Bunun ile ilgili Al-Hilal HH (2016)'de verilen görsel oldukça bilgilendiricidir (Şekil 47).

Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı betonarme yapıların kullanım ömrünün beton ve tuğla yapılara göre çok daha düşük olduğu genel bir kanıdır (Courland, 2011). Bazı kaynaklar betonarme yapıların ömrünü en fazla 80 ya da 100 yıl olacağını, aynı kaynaklar tarihi yapıların ömrü için ise 500 ila 1000 olabileceğini belirtmiştir (Gupta 2012, Courland 2012). Bu genel kanılardan farklı olarak günümüzde yapıların kullanım ömrü ile ilgili şartlar artık yönetmeliklerde mevcuttur. Avrupa Birliği'nin EN 1990 standardında yapıların tasarım ömürleri belirtilmiştir (Tablo 27). Örnek olarak sıradan bina tipi yapılar için öngörülen tasarım ömrü 50 yıldır. Bu ömrün sağlandığının gösterilmesi için EN yönetmelikleri ilk önce yapının maruz kaldığı çevresel etkileri tanımlamıştır (EN 206, Tablo 28). Bu çevresel etkiler altında hedeflenen bina ömürlerinin sağlanabilmesi için aynı yönetmeliklerde paspayı, beton malzeme özellikleri gibi konularda birçok şart verilmiştir. Bu şartlar altında bina ömrünün hesaplaması üzerine birçok araştırma mevcut olup (Lacasse ve Sjöström, 2005), mühendisin görevi tasarımı yapılan binanın ömrünün hedef ömrü sağlayıp sağlamadığını hesaplaması ve gerekmesi durumunda tasarım sırasında binanın hedef ömrünün sağlanmasını sağlayacak önlemleri almasıdır.

BB Binası düşünüldüğünde, üst yapının deniz suyuna doğrudan maruz kalmadığı ama denize yakın olduğu, kazıkların büyük oranda deniz suyu içerisinde olduğu, başlıkların ve

bağ kirişlerinin hava ve deniz suyu ile doğrudan temas halinde olduğu görülmektedir. Bu durumda, yapının Tablo 28’de sunulan 4. Grupta olduğu düşünülebilir.



Şekil 47: Betonarme yapılarda zaman bağı korozyon ve tadilat maliyetleri (Al-Hilal, 2016)

Tablo 27: EN 1990’de yapıların tasarım kullanım ömürleri

Design working life category	Indicative design working life (years)	Examples
1	10	Temporary structures ⁽¹⁾
2	10 to 25	Replaceable structural parts, e.g. gantry girders, bearings
3	15 to 30	Agricultural and similar structures
4	50	Building structures and other common structures
5	100	Monumental building structures, bridges, and other civil engineering structures
(1) Structures or parts of structures that can be dismantled with a view to being re-used should not be considered as temporary.		

Temel-Kazık Sisteminde Korozyon

İBB Binasının güçlendirmesinde hem maliyet, hem uygulama hem de performans açısından en zorlu bileşenin kazıklı temel sisteminin olduğu açıktır. Bundan dolayı kazıkların durumu hakkında ayrı değerlendirme yapılması uygun olmaktadır. Bu noktada, kazıkların çelik borular çakılarak ve yerinde beton dökülerek yapıldığını hatırlatmak faydalı olacaktır. Diğer

bir deyişle, kazığın su içerisinde kalan bölümü çelik boru içerisinde bulunan betonarmedir. Kazıkların başlık altında kalan bölümlerinde beton ve donatı görüldüğünden, çelik boruların üst kotunun başlık alt kotundan daha alt kotta olduğu kabul edilebilir (Şekil 16).

Tablo 28: EN 206’de betonarme yapılar için çevresel etki sınıfları

Class designation	Description of the environment	Informative examples where exposure classes may occur
1 No risk of corrosion or attack		
X0	For concrete without reinforcement or embedded metal: all exposures except where there is freeze/thaw, abrasion or chemical attack For concrete with reinforcement or embedded metal: very dry	Concrete inside buildings with very low air humidity
2 Corrosion induced by carbonation		
XC1	Dry or permanently wet	Concrete inside buildings with low air humidity Concrete permanently submerged in water
XC2	Wet, rarely dry	Concrete surfaces subject to long-term water contact Many foundations
XC3	Moderate humidity	Concrete inside buildings with moderate or high air humidity External concrete sheltered from rain
XC4	Cyclic wet and dry	Concrete surfaces subject to water contact, not within exposure class XC2
3 Corrosion induced by chlorides		
XD1	Moderate humidity	Concrete surfaces exposed to airborne chlorides
XD2	Wet, rarely dry	Swimming pools Concrete components exposed to industrial waters containing chlorides
XD3	Cyclic wet and dry	Parts of bridges exposed to spray containing chlorides Pavements Car park slabs
4 Corrosion induced by chlorides from sea water		
XS1	Exposed to airborne salt but not in direct contact with sea water	Structures near to or on the coast
XS2	Permanently submerged	Parts of marine structures
XS3	Tidal, splash and spray zones	Parts of marine structures
5. Freeze/Thaw Attack		
XF1	Moderate water saturation, without de-icing agent	Vertical concrete surfaces exposed to rain and freezing
XF2	Moderate water saturation, with de-icing agent	Vertical concrete surfaces of road structures exposed to freezing and airborne de-icing agents
XF3	High water saturation, without de-icing agents	Horizontal concrete surfaces exposed to rain and freezing
XF4	High water saturation with de-icing agents or sea water	Road and bridge decks exposed to de-icing agents Concrete surfaces exposed to direct spray containing de-icing agents and freezing Splash zone of marine structures exposed to freezing
6. Chemical attack		
XA1	Slightly aggressive chemical environment according to EN 206-1, Table 2	Natural soils and ground water
XA2	Moderately aggressive chemical environment according to EN 206-1, Table 2	Natural soils and ground water
XA3	Highly aggressive chemical environment according to EN 206-1, Table 2	Natural soils and ground water

Kısmen deniz suyu içerisinde bulunan kazıkların hava ile temas eden bölümünde korozyon oluşması normaldir ve bu konuda birçok kaynak mevcuttur (Walsh, 2015). Ancak, deniz suyu içerisinde kalan bölümün korozyonu hakkında deniz suyuna maruz kalmış betonarme ve

çelik kazıkların korozyonu hakkında literatür mevcut olmakla beraber az sayıdadır. Genelde su içerisinde bulunana çeliğin ve donatı çeliğinin paslanmasının çok düşük seviyede olacağı kanısı hakimdir. Ancak, tamamen su içerisinde bulunan betonarme ve çelik kazıklarda yüksek seviyede korozyon oluşabilir (Walsh 2015). Bu korozyonun bir özelliği betonda çatlamaya neden olmaması ve dışarıdan bakıldığı zaman anlaşılamamasıdır. Ayrıca, çatlak oluşsa bile kazıklara rahat erişimin mümkün olmaması ve betonda oluşan çatlakların deniz bitkileri ve birinkintiler ile kaplanması nedeni ile bu çatlakların görülmemesidir (Walsh, 2015).

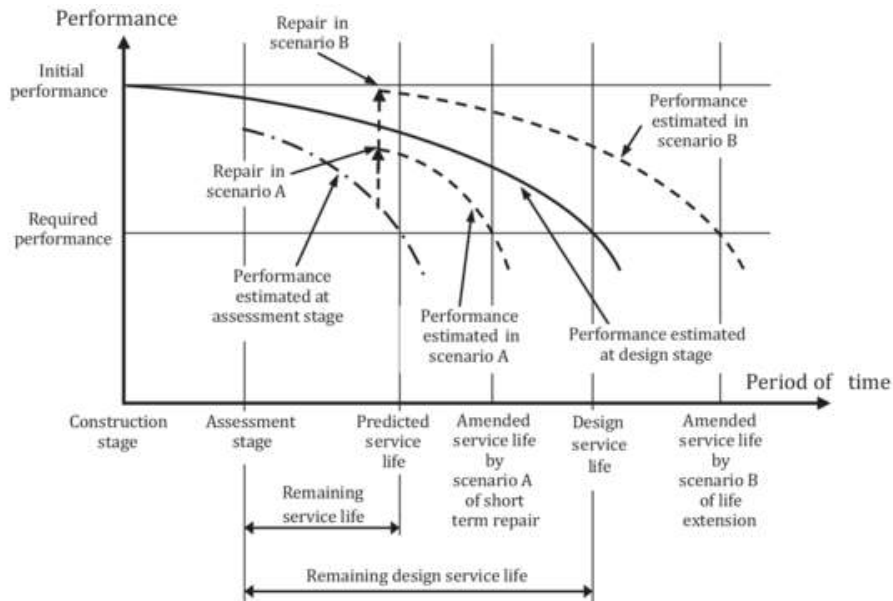
Denize yakın kazıklı yapılarda kazıkların su ile irtibatı bakımından üç bölgesi olduğu düşünülebilir: su içerisinde kalan bölüm, gelgit bölümü (en düşük ve en yüksek su tablası bölümü) ve havaya maruz kalan bölüm. Burada en fazla korozyonun havaya maruz kalan bölümde olacağı daha sonra gelgit bölümünde olacağı öngörülebilir. Çelik boru içerisinde yerinde dökme betonarme kazıklarda çelik boru üst kotuna ve gelgit seviyesine bağlı olarak kazığın başlık altına denk gelen bölgesinden korozyon oluşması kuvvetle muhtemeldir.

İBB Binası özelinde, kazık başlıkları ve başlık altında kalan bölgelerde yapılan gözlemlerde başlıklarda yüksek seviyede korozyonu işaret eden çatlaklar görülmüştür. Bu çatlakların bağ temel kirişlerinde de oluşmuş olması kuvvetle muhtemeldir. Kazık başlıklarının altında korozyona uğramış kazık donatısı ve kazık betonunda aşınmalar gözlenmiştir. Bu durum kazık ile başlık arasında korozyon nedeni ile oluşan zayıf bir bölgeyi işaret etmektedir. Korozyonun, kazığın daha derin bölgesinde oluşup oluşmadığı gözlemlenememektedir. Ancak, çelik boruya rağmen korozyonun kazığın üst bölgesinden kazığın daha derin bölgelerine nüfuz etmiş olması muhtemeldir (Walsh, 2015). Bu noktada en iyi olasılık kazıkta korozyonun düşük seviyede olması ve kazık düşey yük taşıma kapasitesinden bir azalma olmamasıdır. Ancak bu durumda bile, eğer bir güçlendirme çalışması yapılacak ise, tüm kazık başlıkları, tüm temel bağ kirişleri ve başlık altında kalan bölgelerin kontrolü gerekecek ve muhtemelen tüm bu bölgelerin kırılıp tamiratının yapılması gerekecektir. Tipik bina güçlendirme işlerinde korozyona uğramış temelin kırılıp temizlenmesi her zaman yapılan bir uygulama değildir. Genelde radye temel yapılarak tüm mevcut temeller birbirine bağlanmaktadır. Bu iyi olasılıkta kazık sistemi başlık bölgesine mafsallı bağlantı ile bağlandığı kabul edilebilir. Ancak bu durumda kazıklar yaklaşık olarak 15~20 m derinlikte mesnetlenen üst noktada başlığa mafsallı ile bağlanan konsol kolon benzeri davranış göstereceğinden sisteminin yanal rijitliği oldukça düşük olacaktır. Bu durumda, DD-1 seviyesi depremde temelin hasar alması ve binanın stabilitesinin kaybolması ihtimali doğacaktır. Kötü olasılıkta ise kazık üst bölgelerindeki korozyon nedeni ile kazık taşıma kapasitesinin hem düşey yükler hem de yanal yükler için yeterli olmamasıdır. Bu durumda yeni bir kazık sistemi kullanılması gerekebilir. Açıklanan bu iyi ve kötü senaryolarda temel sisteminde yapılacak tamirat ve güçlendirmenin oldukça meşakkatli ve maliyetli olacağı açıktır.

Güçlendirme-Ömür-Maliyet İlişkisi

Yukarıda anlatıldığı üzere, güçlendirme kararı ve güçlendirme yöntemi/yaklaşımı bazı yapılar için oldukça karmaşık bir hal alabilir. İBB Binası da bu yapılardan birisidir. Bina Avrupa Birliği yönetmeliklerinde (EN), binalar için verilen 50 yıl kullanım ömrünü tamamlamak üzeredir. Her ne kadar tipik betonarme binalar için kullanım ömrü hakkında 80 ~ 100 yıl kabulleri yapılsa da binanın deniz kenarında olmasından kaynaklı oluşan olumsuz çevresel etkiler düşünüldüğünde 50 yılın makul bir kullanım ömrü olduğu düşünülmektedir. İBB binasında kullanım ömrü süresince periyodik tadilatlar yapılmadığından (Şekil 48) üst yapının birçok bölümünde ve tahminen temel başlıklarının ve bağ kirişlerinin tümünde ve en azından kazıkların başlık altında kalan bölümlerinde ileri seviyede korozyon oluşmuş olup sadece bu korozyonun tamirâtı için gerekli maliyetin periyodik tamiratların her biri için gerekli olan maliyetten çok daha yüksek yüksek olacağı anlaşılmaktadır. Bu durumda güçlendirme maliyetinin önemli bir bölümü aslında yapıda oluşan korozyon ve bu korozyona zamanında tamirat ile önlem alınmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yapının iskeletinin inşasının 6 yıl sürmesi ve ilk inşa edilen blokların iç kısımdaki taşıyıcı sistem elemanlarını dış etkilerden koruyan dolgu duvarların inşaatın tamamlanmasından yıllar sonra eklenmiş olması (Gürel, 2021) da üst yapıdaki korozyonu sıradan yapılara kıyasla daha hızlandırmış olabilir.

Buradan çıkan diğer bir sonuç güçlendirme yapılacak ise güçlendirme uygulamasının önemli bir bölümünü korozyon tamirâtı ve uzun vadeli korozyon önlemleri olması gerektirir. Çünkü güçlendirme yapıldığı zaman yapının ömrünün mümkün olduğunca uzatılması da hedeflenecektir (örnek: 30 ila 40 yıl) Bu durumda yapıda periyodik tadilatlar yapılması zorunludur (Şekil 48), aksi halde korozyon nedeni ile güçlendirilmiş yapının ömrü güçlendirme maliyeti ile karşılaştırıldığında çok kısa olacaktır.



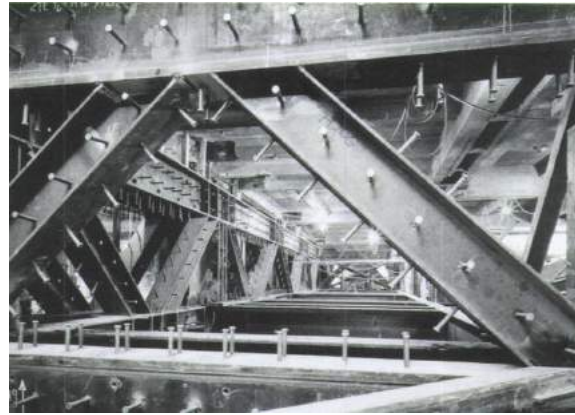
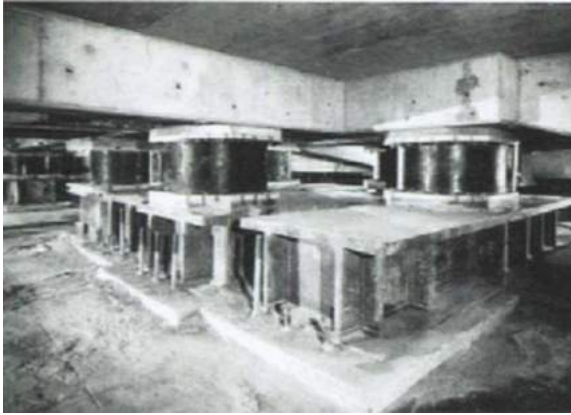
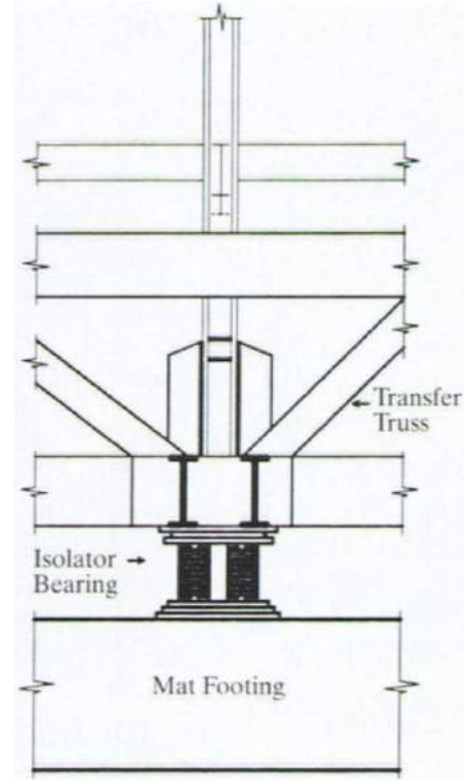
Şekil 48: Bina kullanım ömrünün şematik olarak gösterimi (ISO 16311-1, 2014)

Güçlendirme Örnekleri - Deprem Yalıtım Uygulamaları

Bu bölümde ilk olarak kültürel miras olarak kabul edilen ve ABD’de 1900 yılların başlarında inşa edilmiş bazı yapıların deprem yalıtım teknolojisi kullanarak güçlendirilmesi ile ilgili proje örnekleri verilmiştir. Burada amaç, güçlendirme maliyetlerinin ana kriter olmadığı, yapının mevcut durumunun da uygun olması durumunda maliyeti yüksek olsa bile güçlendirme ve renovasyon yapılabileceği yapı güçlendirme projelerine örnekler vermektir. Yapılan uygulamalarda amaç sadece güçlendirme değil, tam renovasyon ile yapıyı yenileyerek ömrünü uzatmaktır. İBB binası ile karşılaştırıldıklarında;

- Bu yapıların hiç birinde kötü zemin koşulları mevcut değildir ve kazıklı temel sistemi kullanılmamıştır. Bundan dolayı hem yeni temel sistemi hem de deprem yalıtım sistemi başarılı bir şekilde uygulanabilmiştir.
- Tüm projelerde üst yapı DD-2 ve DD-1 seviyesinde kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve güçlendirme yapılması gerekmiştir. Üst yapıya yapılan güçlendirmelerin lokal ve minör değil, yapısal ve majör olduğu görülmektedir.
- Renovasyon ve güçlendirme maliyetleri çok yüksektir ve bu maliyetleri bina sahiplerinin kendi kaynakları ile karşılaması mümkün olmamış, maliyetler çoğunlukla federal ve eyalet kaynakları ile karşılanmıştır.

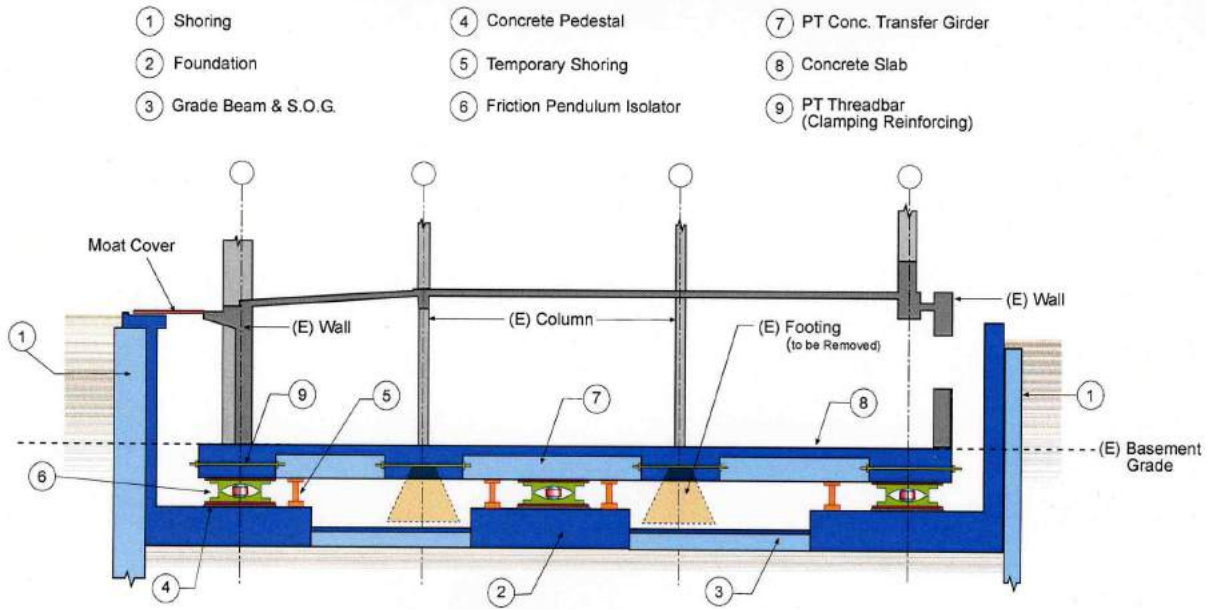
İkinci olarak, İBB Binasını temel sistemine benzerlik içermesi açısından Japonya’da kazıklı bir yapının deprem yalıtım ile güçlendirilmesi örneği verilmiştir. Bu örnekte, İBB binasından farklı olarak, mevcut kazıklar iyi durumdadır ve yalıtıcı pedestalları, kazık başlığı ve kazıklar ile oluşturan sistemin yeteri kadar yanal rijitlik sağladığı anlaşılmaktadır. Bu yaklaşım, önceki yapılan çalışmalarda önerilen deprem yalıtım ile güçlendirme yaklaşımından farklıdır ve daha doğru bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir. Ancak, resimlerden de görüleceği üzere (Şekil 53) hem imalatı oldukça zor ve hassas hem de ek radye kullanılması gibi nedenlerden dolayı çok daha yüksek maliyete sahiptir. İşbu raporda deprem yalıtımlı güçlendirme için bu yaklaşımın kullanılması önerilmektedir.



Şekil 49: Oakland City Hall (Elsesser v.d., 1995)

Oakland City Hall, Oakland, Kaliforniya (Şekil 49)

1914 yılında tamamlanmıştır. Bina çelik çerçeve ve yığma duvarlı bir yapıdır ve 1989 Loma Prieta depreminde ağır hasar almıştır. Deprem yalıtımı ile deprem kuvvetlerinin önemli oranda azalması sağlanmıştır ancak üstyapı taşıyıcı sisteminin (çelik ve yığma bölümleri) zayıf olmasından dolayı birçok noktada çelik elemanlar ile üst yapı güçlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca devrime momentlerinin etkisini azaltmak için yalıtım üstü transfer çelik kafes sistemi ve perde sistemi uygulanmıştır. Projede 113 kurşun çekirdekli yalıtıcı birimi kullanılmıştır (Elsesser v.d., 1995). Tasarımda en büyük depremde can güvenliği performans hedefi kullanılmıştır.



Şekil 50: Pasadena City Hall (bina web sitesinden alınmıştır)

Pasadena City Hall, Pasadena, Kaliforniya (Şekil 50)

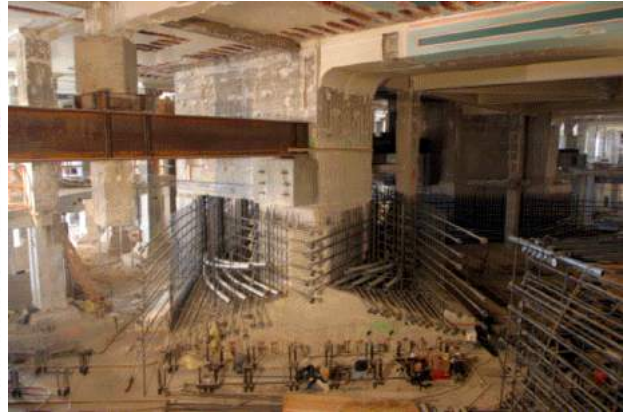
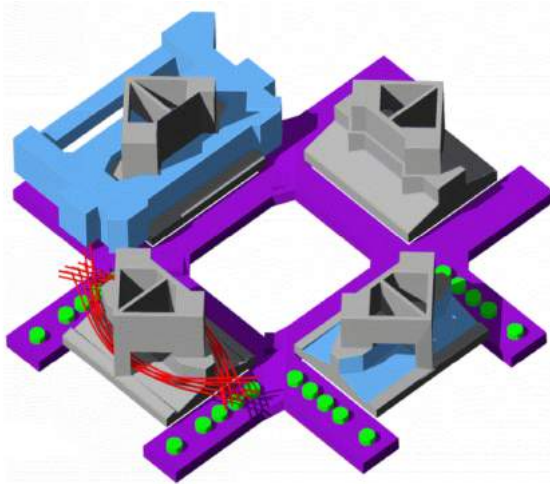
1927 yılında tamamlanmıştır. Bina taşıyıcı sistemi yığma tuğla ve ilk katlarda betonarme perdelerden oluşmaktadır. 2003 yılında binayı bir 100 yıl daha depremlere karşı korumak amacı ile güçlendirme kararı alınmıştır. Güçlendirme ile beraber yapının tüm mimari ve servislerinin de güncellenmesi hedeflenmiştir. Bina ilk yapım maliyeti günümüz rakamları ile 20.103.200 ABD dolarıdır. Güçlendirme ve restorasyon toplam maliyeti 152.284.230 ABD dolarıdır (~1/7.6). Yapıda 240 adet sürtünme yalıtım birimi kullanılmıştır. Deprem yalıtımına rağmen üst yapıda da güçlendirilme yapılmıştır.



Şekil 51: San Francisco City Hall (resimler çeşitli web sitelerinden alınmıştır)

San Francisco City Hall, San Francisco, Kaliforniya (Şekil 51)

1915 yılında tamamlanmıştır. Bina taşıyıcı sistemi yığma tuğla ve çeliktir. 1989 yılında Loma Prieta depreminde hasar almasından sonra 1990 yılında güçlendirme kararı alınmıştır. Bina ilk yapım maliyeti günümüz rakamları ile 132.775.000 ABD dolarıdır. Güçlendirme ve restorasyon toplam maliyeti günümüz rakamları ile 501.000.000 ABD dolarıdır (~1/3.8). Deprem yalıtımına rağmen üst yapıda da güçlendirilme yapılmıştır. Bu projede güçlendirme seçenekleri kapsamlı ve saydam bir şekilde incelenerek deprem yalıtım seçimi yapılmıştır.



Şekil 52: Utah Eyaleti Capitol Binası (resimler çeşitli web sitelerinden alınmıştır)

Utah Capitol Binası, Salt Lake City, Utah (Şekil 52)

1915 yılında tamamlanmıştır. Bina taşıyıcı sistemi çeliktir. Bina ilk yapım maliyeti günümüz rakamları ile 67.567.965 ABD dolarıdır. Güçlendirme ve restorasyon toplam maliyeti günümüz rakamları ile 324.220.000 ABD dolarıdır (~1/4.8). Deprem yalıtımına rağmen üst yapıda da güçlendirme yapılmıştır. Projede 113 kurşun çekirdekli yalıtıcı birimi kullanılmıştır.

Bu projeler ile ilgili uygulama resimleri, teknik metinler, kamusal değerlendirmeler, sunumlar vs, bu rapora ek olarak dijital formatta İBB'ye sunulmuştur. Bazı uygulama görselli ise **EK 2'**de verilmiştir. Sürecin zorluğu, yapılan uygulamaların hassasiyeti vs anlaşılması açısından bu verilerin incelenmesi önerilmektedir.

Japonya'da Deprem Yalıtımlı Güçlendirme Uygulama Örneği

Bir sonraki bölümde deprem yalıtımlı güçlendirme seçeneği için önerilen yalıtım yerleşimine örnek olması açısından Japonya'dan bir proje örneği verilmiştir (Şekil 53; Kawamura, 2000)



Şekil 53: Japonya'da deprem yalıtımlı güçlendirme uygulaması (Kawamura, 2000)

Belediye Binalarının Hemen Kullanımı ile İlgili Düşünceler

Büyük çaplı doğal afetler sonrasındaki afet müdahale sürecinin etkili ve koordineli şekilde yürütülmesi kritik önem taşır. Ancak bu başarılabilirse ilgili afetin krize dönüşmesi ve ikincil etkilerden (alt yapı hasarları, güvenlik boşlukları, yağma, v.b.) kaynaklanabilecek kayıpların önlenmesi mümkün olabilir. Bu nedenle, afete müdahalede kritik role sahip yapıların doğal afetler karşısında mümkün olan en üst performansa sahip olması çok önemlidir. İzmir Büyükşehir Belediyesi Ana Hizmet Binası, 4.5 milyonluk bir nüfusa sahip ve yüksek deprem tehlikesi oluşturan bir fay sistemiyle çevrili olan İzmir'in afet müdahale sürecinde çok kritik bir öneme sahiptir. Binanın, İzmir'de meydana gelebilecek olası bir depremin sonrasında işlevsel kalması ve hizmet vermeye devam edebilmesi ilgili depremin krize dönüşmeden yönetilebilmesinde önemli bir rolü olacaktır. Bu rapor kapsamında yapılan değerlendirmede bu temel gerçek göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 54. 2018 Deprem Yönetmeliği 'ne göre inşa edilmiş bir belediye binasında 2020 Elazığ depremi sonrasında gözlenmiş yapısal olmayan hasarlar

Ülkemizdeki en güncel yönetmeliklere uygun şekilde inşa edilmiş belediye başkanlığı binaların dahi yüksek sarsıntı şiddetine sahip depremlerin ardından yapısal olmayan yoğun hasarlar meydana gelebildiği ve binanın afete müdahale sürecinde kullanım dışı kalabildiği gözlenmiştir. Bu duruma güncel bir örnek, 2019 yılında mevcut yönetmeliklere uygun şekilde inşa edilmiş olan Doğanlı (Malatya) Belediye Başkanlığı binasıdır. Bu binanın hizmete girmesinden yalnızca birkaç ay sonra gerçekleşen 24.01.2020 M6.8 Elazığ (Sivrice) Depremi binada önemli seviyede yapısal olmayan hasar meydana gelmesine yol açmış (Şekil 54) ve bina deprem sonrasında tam kapasitede hizmet verememiştir. Özellikle Büyükşehir Belediyelerinin Ana Hizmet Binaları için benzeri bir durumun oluşması çok sakıncalıdır.

11. GÜÇLENDİRME SEÇENEKLERİ

Bu bölümde, İBB yapısı için olası güçlendirme yöntemleri üstyapı ve altyapı olarak iki bölümde irdelenmiştir.

Üst Yapı için Güçlendirme Seçenekleri

Üç adet güçlendirme yöntemi hakkında görüş bildirilmiştir:

- Konvansiyonel Güçlendirme
- Deprem Yalıtımı
- Sönümleyiciler

Konvansiyonel Güçlendirme

Konvansiyonel güçlendirmede üç ana yaklaşım önerilmektedir: a) çerçeve güçlendirilmesi, b) perde duvar eklenmesi ve c) perde duvar eklenmesi ve kısmi çerçeve güçlendirilmesi

İlk yaklaşımda tüm çerçeve kolon ve kirişlerin hem mukavemet hem de süneklik açısından güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Bunun için mantolama ve lifli polimer kullanılabilir. Bu yaklaşımda yapı rijitliğinin de artması sağlanacaktır. Bu yöntem mimari kullanım açısından avantajlı bir yöntemdir. Ancak, tüm elemanlara müdahale gerektirdiğinden hem uygulama açısından hem de maliyet açısından uygun bir güçlendirme yöntemi değildir. Ayrıca tarihsel depremler sonrasında yapılan gözlemler ile çerçeve sistemlerdeki hasar ve göçme riskinin perde duvarlı sistemlere göre çok daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

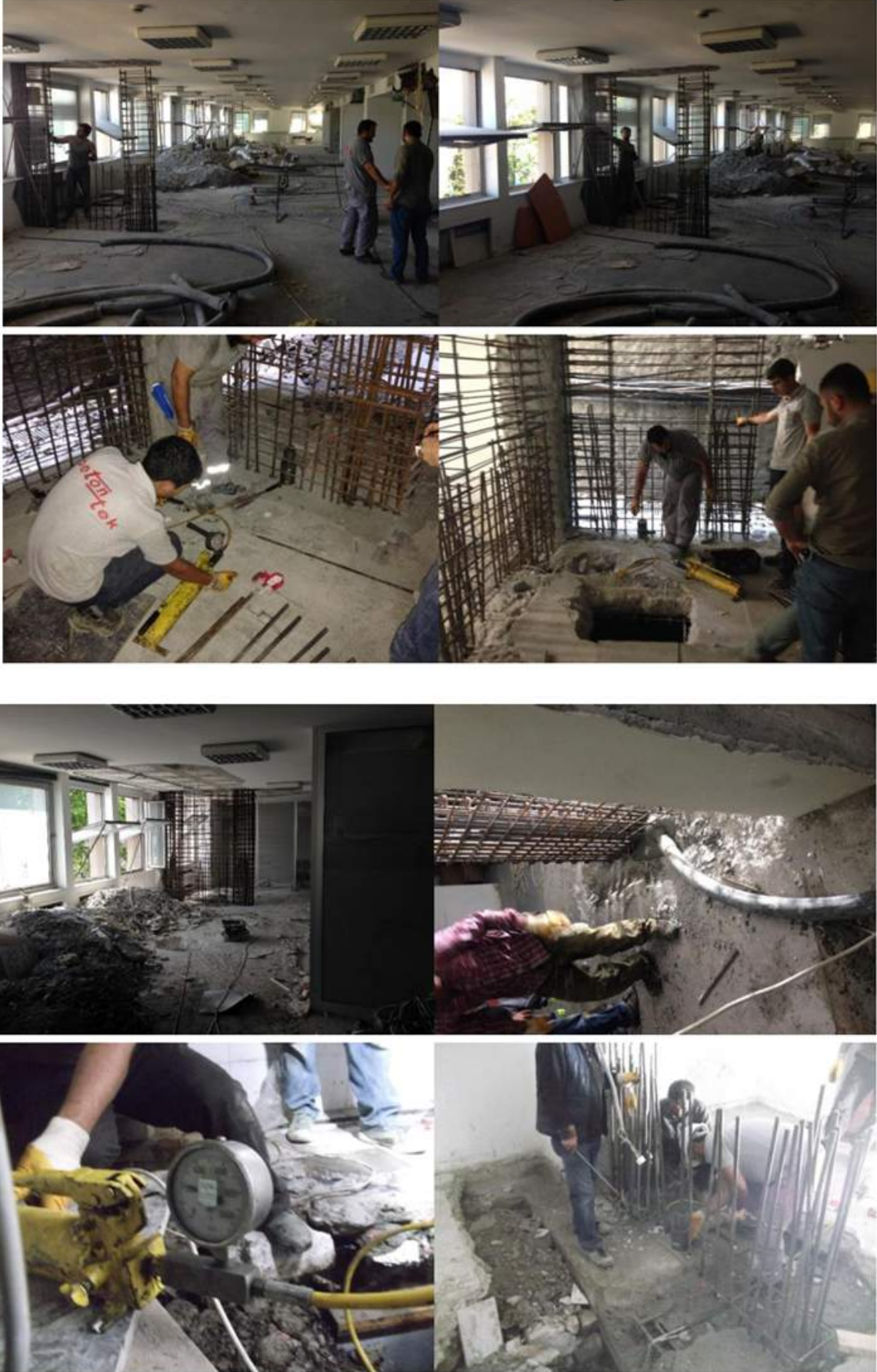
İkinci yaklaşımda yapıya betonarme ya da çelik perdeler eklenecektir. Burada ana hedef, perdeler ile yapının dayanımını, sünekliğini ve rijitliğini artırmaktır. Bu yaklaşımda çerçeve kolon ve kirişlerinde korozyon tamirati dışında güçlendirme yapılmayacaktır. Bu durumda ana taşıyıcı sistemde iki tip yanal sistem elemanı olacaktır: Perdeler ana yanal kuvvet taşıyıcı sistemidir; çerçeve kolon ve kirişler ise ana düşey sistem elemanlarıdır. Çerçeve elemanlarının deprem güvenliği perdenin rijit davranışı ile sağlanacaktır. Diğer bir deyişle, eklenen perdeler ile yapının ötelemeleri kolon ve kirişlerde gevrek hasarın oluşmaması noktasında kadar sınırlandırılacaktır. Bu durumda özellikle önceden yapılan güçlendirme çalışmalarda gösterilen perdelerden daha fazla perde eklenmesi gerekecektir. Bu ise mimari açıdan kullanımı olumsuz yönde etkileyecek ve güçlendirme projesinin uygulanması mümkün olmayacaktır. Ayrıca sistemin rijitleşmesi sonucu daha yüksek taban kesme kuvveti talepleri ortaya çıkacak ve kazık temel sisteminin dayanımının artırılması gerekecektir.

Üçüncü yaklaşım birinci ve ikinci yaklaşımın birleşimidir. Bu yaklaşımda da yapıya perde duvarlar eklenecek ve bu perdeler esas yanal kuvvet taşıyıcı sistem olacaktır. İkinci yaklaşımdan farklı olarak, çerçeve kolon ve kirişleri de yanal kuvvet taşıyıcı elemanlar olacaktır. Mimari ve diğer şartların izin verdiği ölçüde, mümkün olduğu kadar fazla perde duvar kullanılması ve yapı rijitliğinin ve dayanımının önemli oranda artırılması hedeflenecektir. Perde miktarını mimari açıdan kabul edilebilir seviyelerde tutmak için çerçeve elemanların sadece hasar seviyesi yüksek olan ve yönetmelik şartını sağlamayanlar güçlendirilecek, diğerleri güçlendirilmeyecek, sadece gerekmesi durumunda korozyon tamirata yapılacaktır. Bu şekilde, perde ve çerçeve arasından optimal bir denge kurulması hedeflenecektir. Tüm bunlara rağmen İBB Binasında beton kalitesi düşük olduğundan, güçlendirilmesi gereken kolon ve kiriş sayısının yüksek olacağı düşünülmektedir. Önceki yapılan çalışmalar bu görüşü desteklemektedir. İkinci yaklaşıma benzer şekilde bu durumda da sistemin birinci doğal titreşim periyodu kısılacığından daha yüksek taban kesme kuvvetleri ve temel sistemi dayanım talebi ortaya çıkacaktır.

Bu üç yaklaşımdan hem uygulama, hem performans hem de maliyet açısından en uygun olanının üçüncü yaklaşım olduğu düşünülmektedir. Ancak diğer seçenekler ile karşılaştırıldığında (örnek: deprem yalıtım seçeneği ile), konvansiyonel güçlendirme yöntemi ile yüksek performansa (örnek şiddetli bir deprem sonra hemen kullanım garantisi) ulaşmak oldukça zor olacaktır. Ancak bir seçenek olarak yine de düşünülmelidir.

Uygulanabilir olduğu düşünülen üçüncü konvansiyonel yaklaşımda önemli bir sorun, güçlendirilmeyen kolon ve kirişlerdeki sünek olmayan davranış ve düşük beton mukavemet sorununun çözülememesidir. Görüldüğü üzere, bu yaklaşımda çerçeve sisteminin tümünden güçlendirilerek, çerçevenin daha sünek, daha rijit ve daha yüksek dayanımlı hale getirilmesi hedefi yoktur: Ana taşıyıcı sistem eklenen perdeler olmaktadır ve çerçeve sistem ikinci bir güvenlik sağlayamayabilir. İşte bu noktada yapılacak kapsamlı analizler ile, ne kadar perde kullanılması gerektiği, seçilen perde güçlendirmesine denk gelen kolon ve kiriş davranışının ne olduğu, çerçeve sisteminin mevcut durumunun yapı güvenliği için yeterli olup olmadığı gibi konuların irdelenmesi gerekmektedir. Geçmiş deneyimlerimiz, İBB Binasında olduğu gibi beton dayanımının ve süneklik seviyesinin düşük olduğu çerçeve yapılarda uygun maliyetli güçlendirme projeleri ile yapıda can güvenliğinin sağlanabileceği ancak deprem sonrası hemen kullanım amacı ile yapılan güçlendirmelerde maliyetlerin çok yüksek olacağı yönündedir. Yapının hemen kullanımı ya da daha yüksek performans hedefi söz konusu ise, tüm yapıya müdahale söz konusu olacaktır ki, bu maliyetleri oldukça yükseltecektir.

Konvasiyonel yaklaşımda diğer bir sorun üst yapıda, eklenen ya da müdahale edilen eleman sayısının fazla olmasıdır ve bu uygulamalar her zaman projede gösterildiği gibi uygulanamamakta ve sahadaki duruma göre şekillenmektedir (örnek bakınız Şekil 55).



Şekil 55: Konvansiyonel güçlendirmede uygulama örnekleri (Ülker Müh. Raporları, 2016)

Deprem Yalıtım Uygulaması

Deprem yalıtım uygulaması yüksek deprem performansı ve en az mimari etkisi olması nedeni ile bu yapıya en uygun yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Ancak önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere önceki çalışmalarda önerilen deprem yalıtım yerleşiminin uygunluğu önemli belirsizlikler içermektedir. Bunu açıklamak için Şekil 56 kullanılacaktır. İlk olarak önerilen yaklaşımda kazık sisteminde bir güçlendirme önerilmemiştir. Mevcut kazık sisteminin korozyonsuz olduğu kabul edilirse ve yaklaşık olarak 15 m ile 20 m kadar zeminde yanal rijitliğin düşük olduğu ve kazıkların başlıklara moment bağlantısı ile bağlanmadığı hatırlanırsa, bu kazıklar rijit zemin bölgesine ankastre mesnetlenen konsollar gibi çalışacaktır. İkinci olarak, iki kat yüksekliğindeki (9 m) kolonlar mantolansalar bile yalıtıcılar altında esnek bir katman yaratacaktır. Bu kolonların üst noktalarının ve yalıtıcı altlarının gerekli diyafram etkisini oluşturan bir kiriş sistemi ile bağlanmamış olması ayrı bir problemdir. Üçüncü olarak üst yapı zaten esnek olduğu bilinen bir yapıdır ve önerilen yöntemde üst yapının rijitleştirilmesi düşünülmemektedir. Sonuç itibarıyla önerilen yaklaşımda yalıtıcı katmanı dışında, üç adet ek esnek katman bulunmaktadır. Yalıtıcı ile beraber esnek katman sayısı dördür. Bu ise yalıtıcı sistemi için oldukça riskli bir durumdur. Deprem yalıtım sisteminin ana çalışma prensibi, yalıtım alt ve üst yapılarının mümkün olduğunca rijit olması ve yalıtım periyoduna yakın periyotlara sahip çok esnek katmanlar bulunmaması üzerine kuruludur. Diğer bir deyişle, tüm yapı tek serbestlik dereceli (TSD) bir sistem ile modellenelmelidir. Deprem yönetmelikleri de bu kabul üzerine kuruludur. Örnek olarak eşdeğer statik yöntem aslında doğrusal bir TSD sistem varsayımına dayanmaktadır.

Örnek olması açısından, deprem yalıtım periyodu, üst yapı periyodunun yaklaşık olarak 3 katı mertebelerinde olması yalıtım ön tasarımı sıklıkla kullanılan bir yaklaşımdır. Önceki yapılan çalışmalarda üst yapı periyodunun 1.5 sn ile 2.0 sn mertebelerinde, yalıtım periyotlarının ise 2.0 sn ile 3.0 sn mertebelerinde olduğu görülmektedir. Temel sisteminin de ankastre kabulünden daha esnek bir sistem olduğu düşünülürse, İBB binasının deprem yalıtım ile güçlendirilmesi durumunda tipik bir yalıtımlı yapı olmayacağı açıktır.

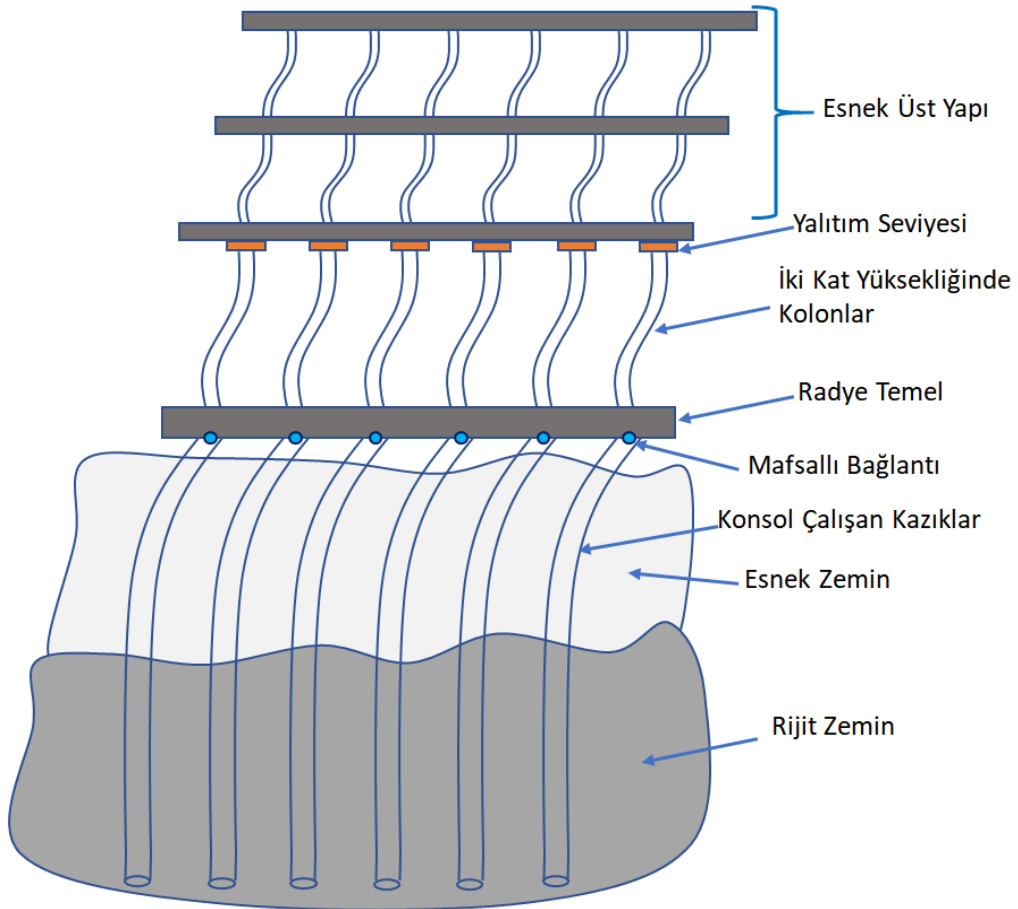
Bu noktada deprem yalıtım yaklaşımının üst ve alt yapıların esnek olması nedeni ile İBB binasında kullanılamayacağı anlamına gelmemelidir. Üst ve alt yapıların esnek olması yalıtım sisteminin performansını düşürme olasılığı olan bir durum olup, kazıklı temel ve üst yapı sistemlerinde güçlendirmenin buna göre yapılması gerekmektedir. Bu durumun ise maliyet artırıcı diğer bir etken olması beklenmektedir.

Uygulanması gereken deprem yalıtım sistemi Şekil 57'de gösterilmiştir. İlk olarak kazık sisteminin rijitliği artırılmalıdır. Bunun için kazık sisteminde yapılacak güçlendirmede yanal rijitliği yüksek olan baret sistemler tercih edilmeli ve kazık radye bağlantısında kazık

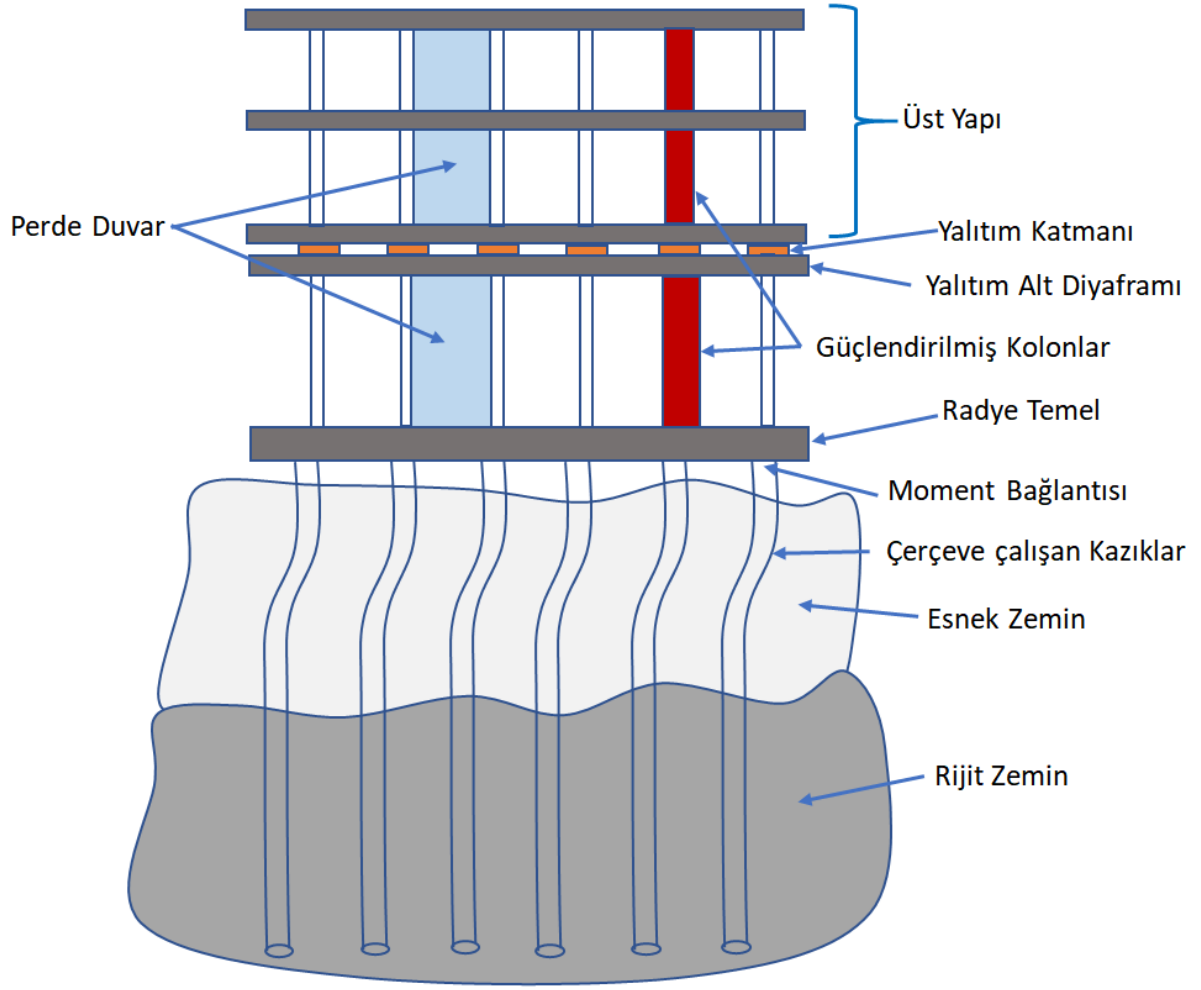
sisteminde çerçeve davranışını sağlayacak moment bağlantıları kullanılmalıdır. İkinci olarak perde duvar kullanmak sureti ile yalıtım seviyesi altındaki esnek katmanın dayanımı ve rijitliği artırılmalıdır. Yalıtıcı alt noktalarını birleştirmek için bir alt diyafram oluşturulmalıdır. Üçüncüsü üst yapının dayanımını ve rijitliğini artırmak için perde duvarlar kullanılmalıdır. Üst ve yalıtım altı çerçeve kolon ve kiriş elemanlarından yapı performansı açısından kritik olanları güçlendirilmelidir. Bu şekilde esnek katman olarak sadece yalıtım katmanı kalacaktır. Yalıtım performansı artacak ve öngörülemeyen davranışların oluşma riski azalacaktır.

Önerilen diğer bir uygulama yalıtım katmanının yeri ile ilgilidir. Önceki çalışmalarda yalıtım katmanı Şekil 58'de gösterildiği gibi zemin katın tavanına yerleştirilmiştir. Ancak, yalıtım katmanının Şekil 59'de gösterildiği gibi temel seviyesine yerleştirilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Önceki bölümlerde verilen örnek projelerde de görüldüğü üzere, yalıtım seviyesi Şekil 59'de gösterildiği gibi yerleştirilmiştir. Bu yerleşim için bina çevresinde toprak perdelerinin yapılması gerekecektir; bu ise ek maliyet anlamında gelmektedir.

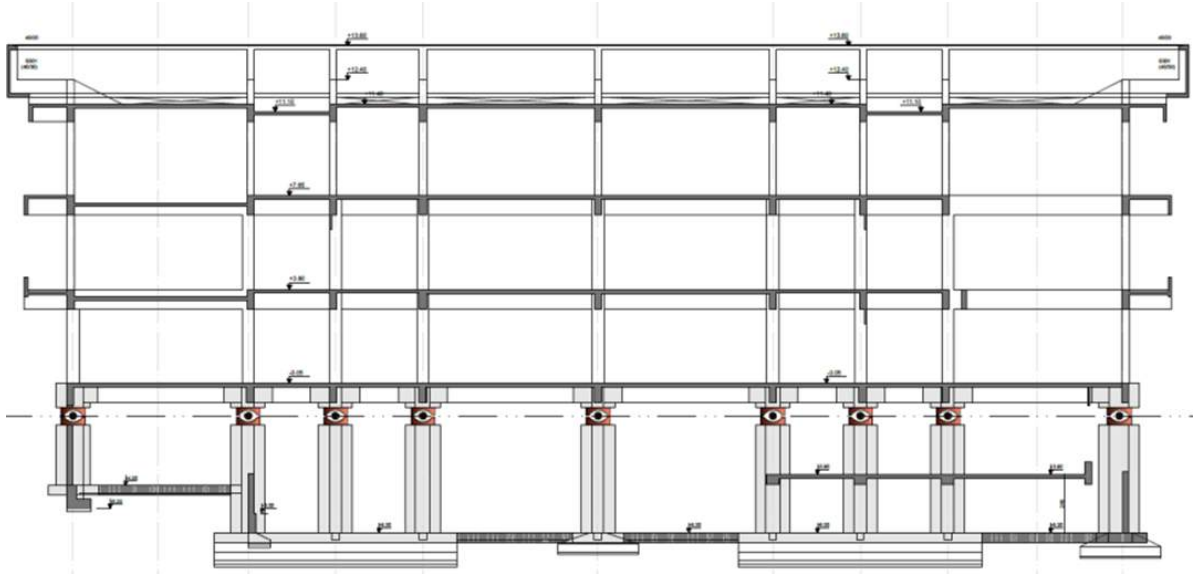
Yalıtım uygulaması ile ilgili görseller Şekil 60'da verilmiştir. Ayrıca, yalıtımlı yapılarda yalıtım katmanından geçen mekanik, elektrik ve benzeri borular yalıtım yerdeğitirmelerini sağlayacak şekilde esnek olmalıdırlar (Şekil 61).



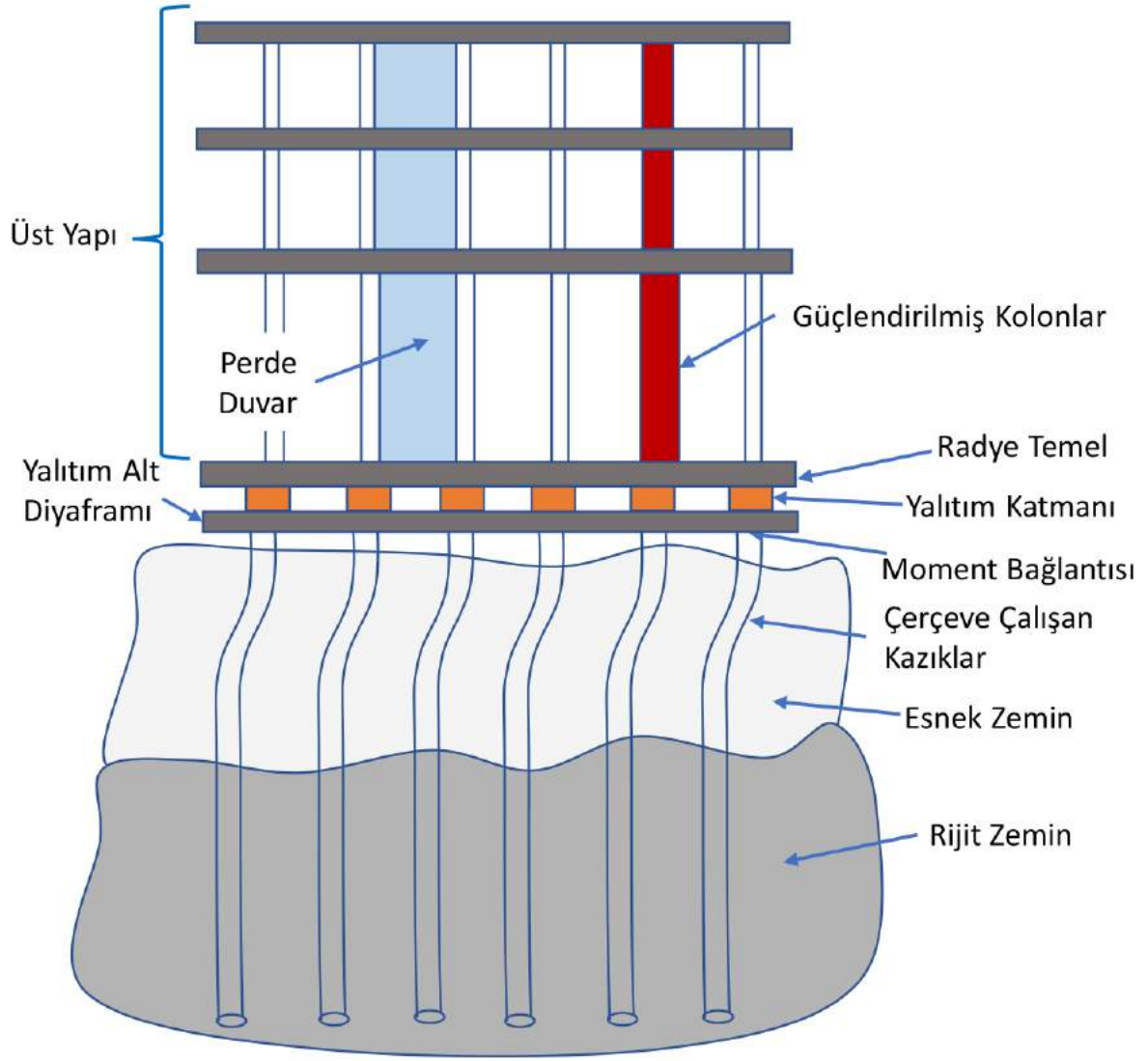
Şekil 56: Önceki çalışmalarda önerilen yalıtım sisteminin şematik gösterimi



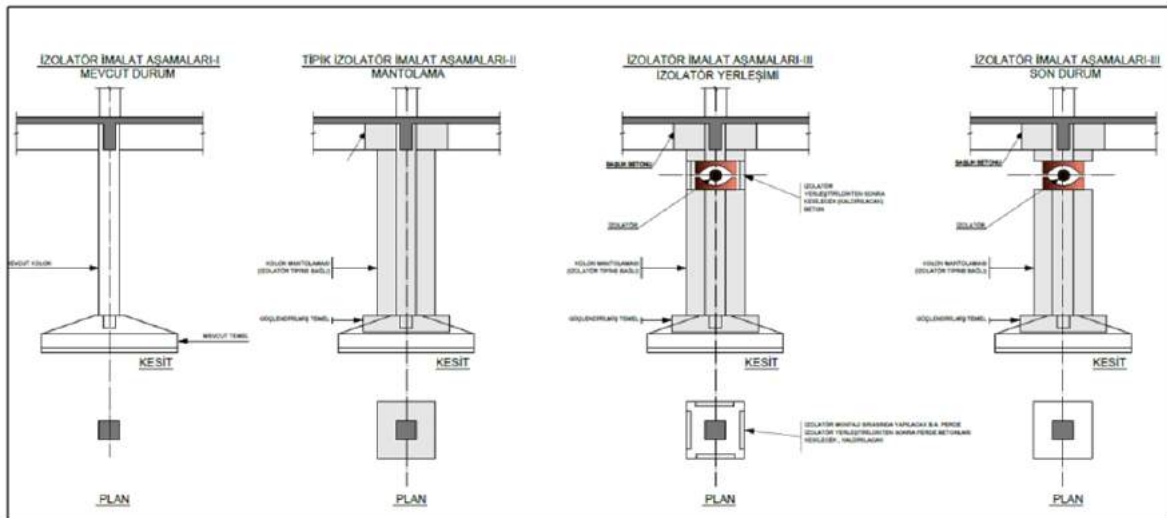
Şekil 57: Bu çalışmada önerilen yalıtım sisteminin şematik gösterimi



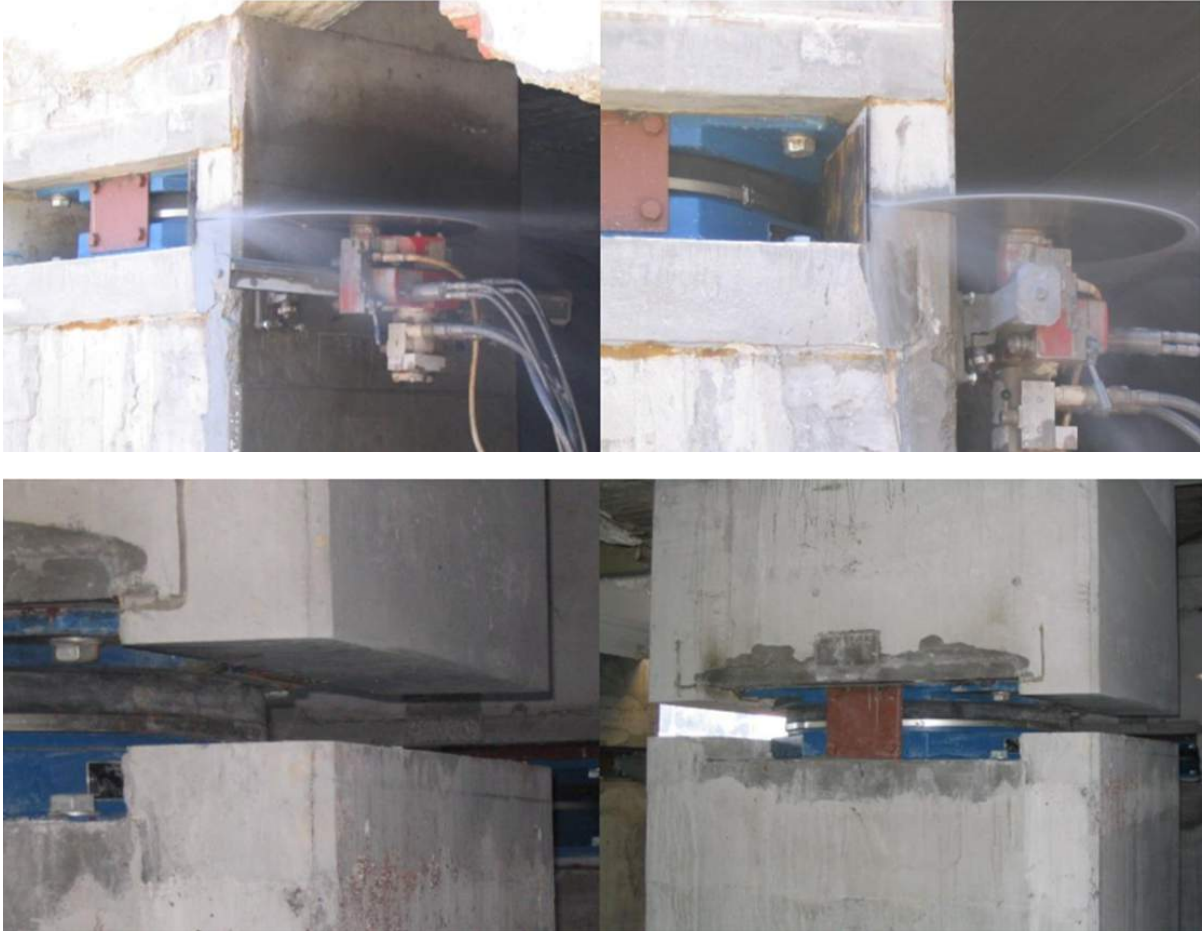
Şekil 58: Önceki çalışmalarda önerilen yalıtım sisteminin şematik gösterimi



Şekil 59: Bu çalışmada önerilen yalıtım yerleşimi (şematik gösterim)



Şekil 60: Mevcut kolonlara yalıtıcı yerleştirilmesi (Ülker Müh., 2016)



Şekil 57 (devam): Mevcut kolonlara yalıtıcı yerleştirilmesi (Ülker Müh., 2016)



Şekil 61: Yalıtım katmanında kullanılması gerekli esnek boru sistemleri (Ülker Müh., 2016)

Sönümleyiciler

Sönümleyici kullanımı üst yapının esnek olmasından dolayı İBB Binası için uygun bir seçenek olabilir. Ancak, beton dayanımının düşük olmasından dolayı eksenel basınç etkileri altında kolonlarda göçme meydana geldiği ya ankrajların tasarlanamadığı deneyimlenmiştir. Bununla birlikte sönümleyicili yapı performansının deprem yalıtımlı yapı performansından tipik olarak daha düşük olması beklenir.

Alt Yapı (Temel Sistemi) için Güçlendirme Seçenekleri

Tüm üst yapı seçenekleri için uygulanması zorunlu olduğu düşünülen temel güçlendirmesi için iki öneri sunulmaktadır.

- Baret Kazıklar ve Transfer Radye Sistemi
- Diyafram Duvarlar ve Transfer Radye Sistemi

Baret Kazıklar ve Transfer Radye Sistemi

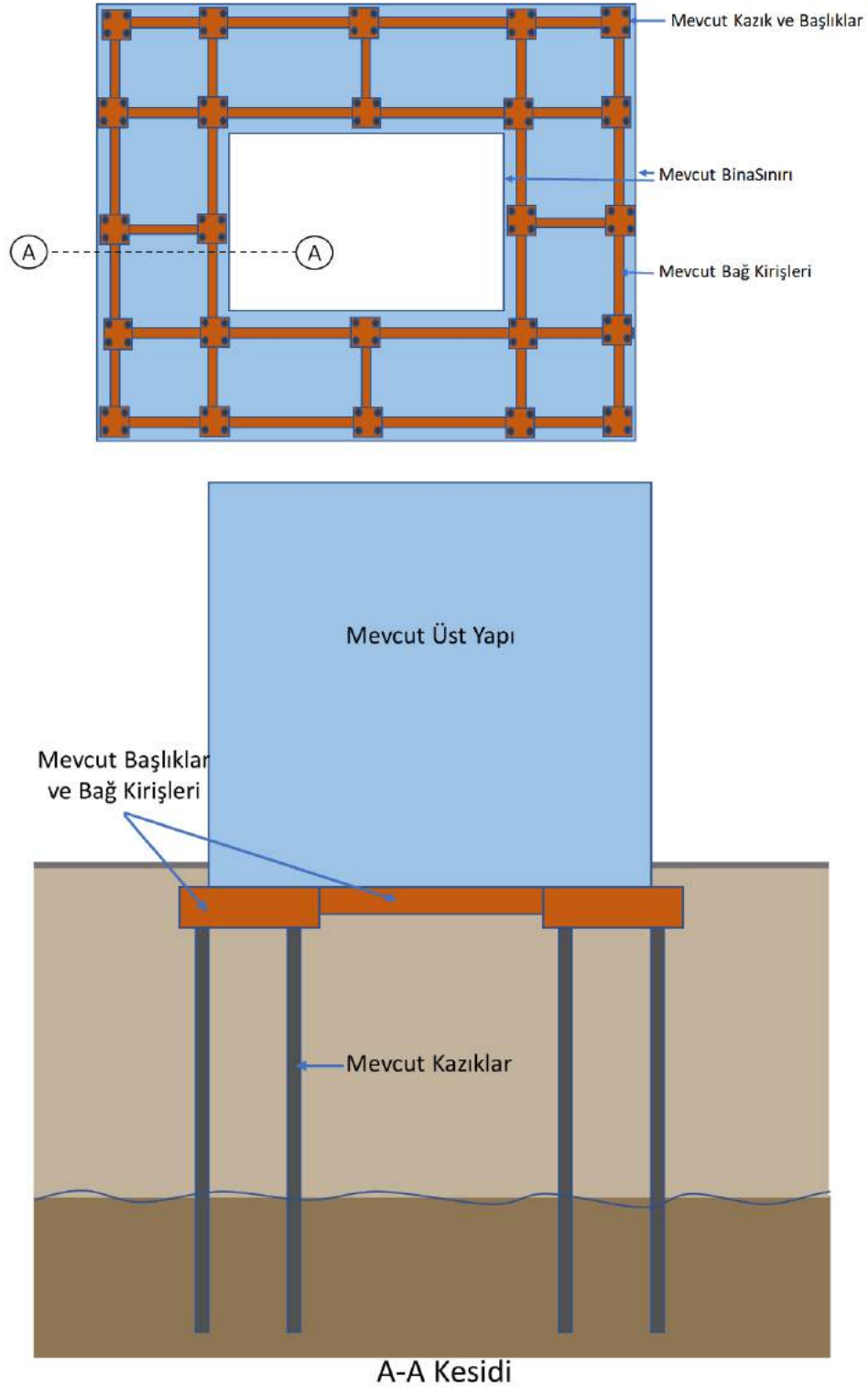
Statik hesap raporu incelendiğinde kazık sisteminin yatay yükleri alacak şekilde tasarlanmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, en iyi ihtimalle kazık üst noktasında, başlıklarda ve bağ kirişlerinde ileri seviyede korozyon olduğu gözlenmiştir. Mevcut durumda yapı düşey yükler altında çalışmaktadır ve bu durumda mevcut kazıkların düşey yükleri taşıyacağı kabul edilebilir. Bu durumda ilk akla gelen sistem yeni bir radye oluşturarak bina oturum sınırları dışında yanal yükleri taşıyacak bir baret kazık sistemidir (Şekil 63). Bu noktada yanal rijitliklerinin düşük olmasından dolayı dairesel kazıklar önerilmemiştir. Bu yaklaşım aynı zamanda literatürde korozyona uğramış kazıklı temel sistemler için önerilen tipik bir yaklaşımdır (Kawamura, 2000; Jiang vd, 2011). Bu durumda yeni radyenin bina sınırları içerisinde kalan bölümü düşey yükler için uzun vadede transfer radye görevi de göreceğinden radye transfer vazifesi düşünülerek tasarlanmalıdır. Görüldüğü üzere bu seçenek oldukça maliyetli ve uygulaması zor bir sistem olacaktır. Bu sistem ile beraber önerilen deprem yalıtım yerleşimi kullanılması hali Şekil 65'de gösterilmiştir.

Diyafram Duvarlar ve Transfer Radye Sistemi

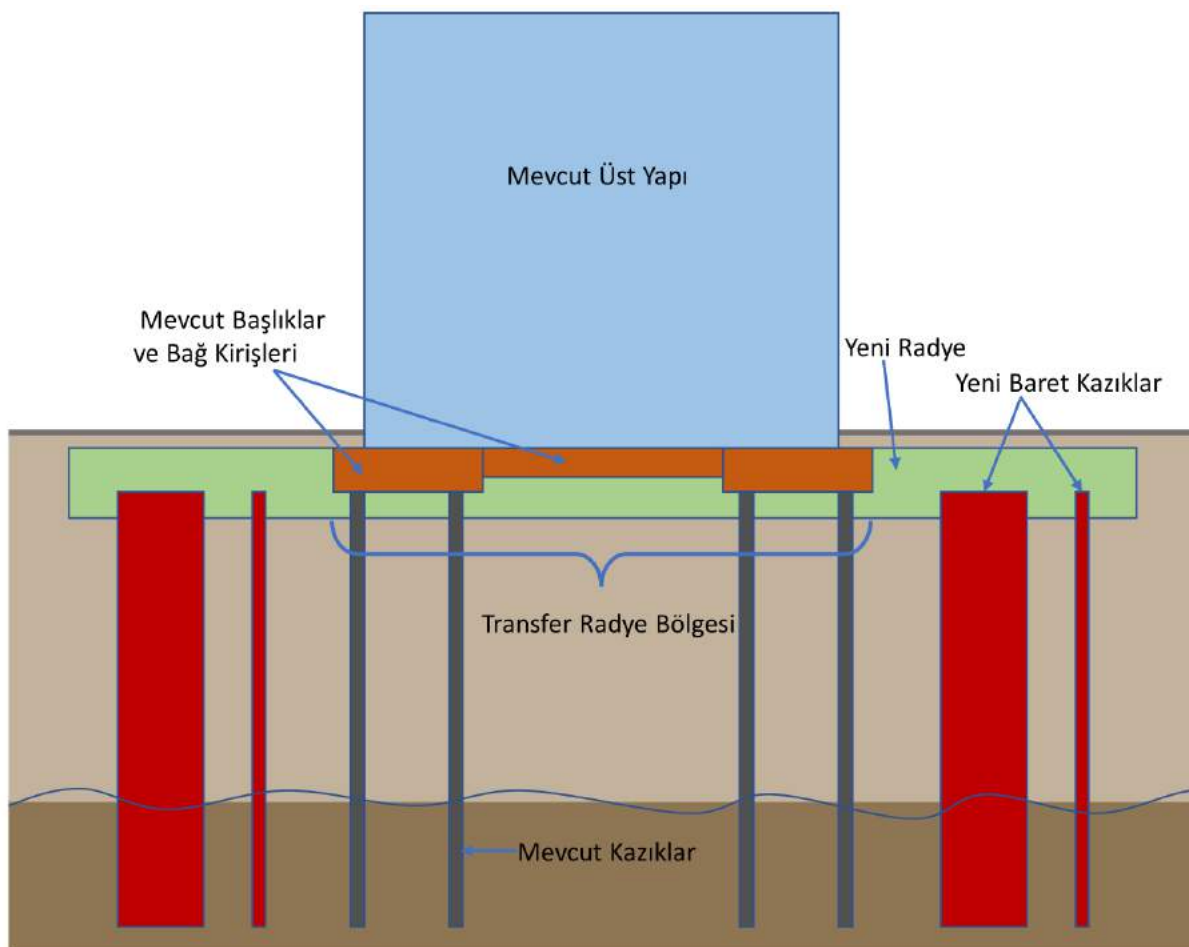
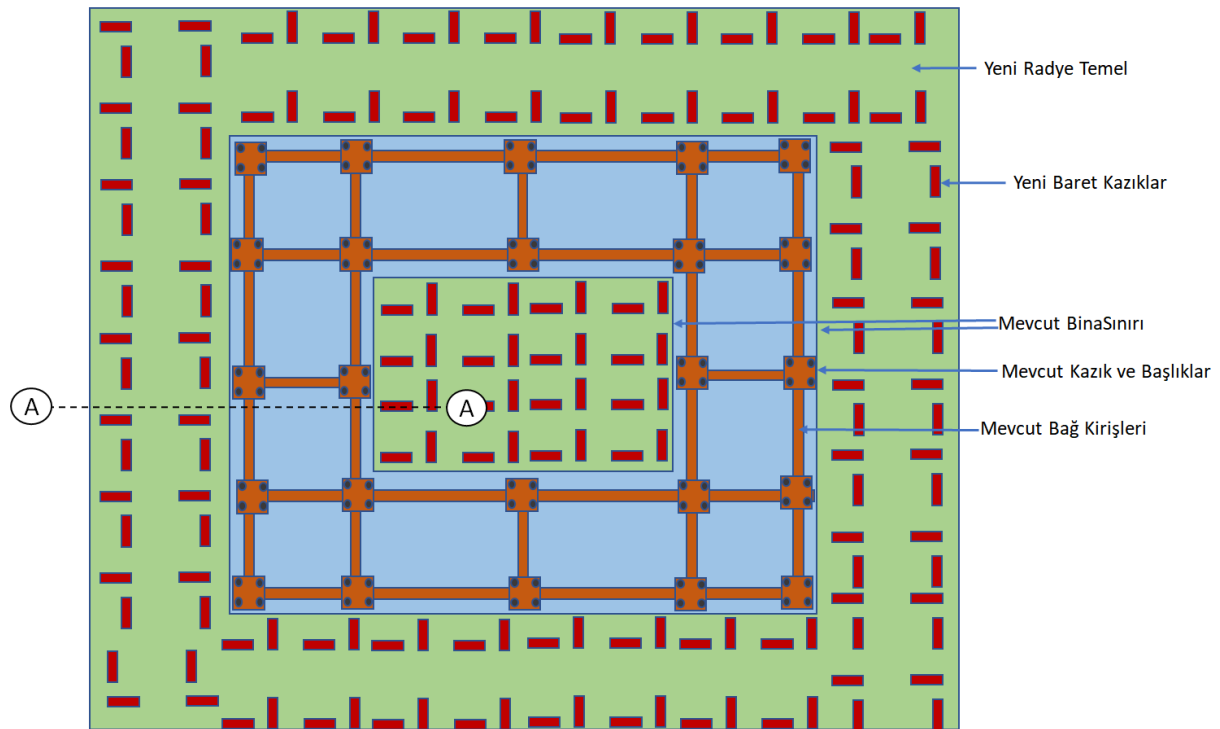
Bu sistem bir önceki sisteme oldukça benzerdir (Şekil 64). Bu sistemde baretler yerine bina dışında ve içinde kutu şeklindeki diyafram duvarlar kullanılmıştır. Bu öneri İBB Binası güçlendirme çalışmaları sırasında belediye ile çalışan başka bir uzman mühendis tarafından önerilmiştir. Bu sistem de diğer sistem gibi maliyetli ve uygulaması zor bir sistemdir. Bu sistemin önerilen yalıtım yerleşimi kullanılması hali Şekil 65'de gösterilmiştir.

Gerek baret kazıklı gerek diyafram duvarlı yaklaşım transfer sistemleri kullandıklarından düşey yönde düzensizlik yarattıklarından deprem açısından çok tercih edilen sistemler

değildir. Bilindiği üzere hem mevcut Türk Bina Deprem Yönetmeliği (2018) hem de birçok uluslararası deprem yönetmeliği transfer katlara ya da kirişlerin üst yapıda kullanılmasına izin vermemekte ya da dayanım fazlalığı ile tasarlanması gerekmektedir (örnek: TBDY 2018, Bölüm 3.2.6.4). Transfer sisteminin temelde kullanılması yönetmeliklerde doğrudan bahsi geçen bir konu değildir kapsamlı şekilde irdelenmesine ihtiyaç vardır.

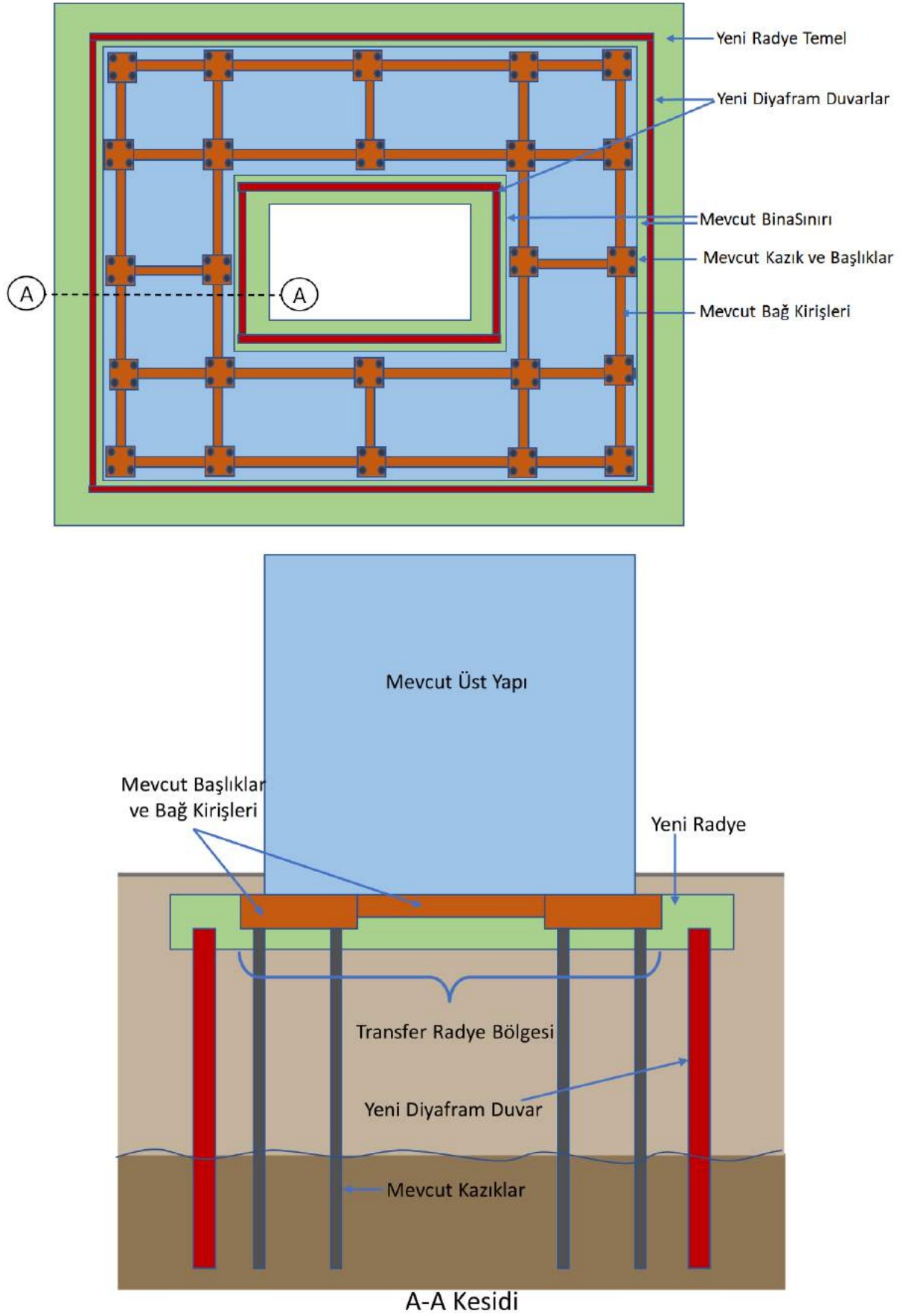


Şekil 62: Mevcut durumda temelin ve tipik kesitin şematik görseli

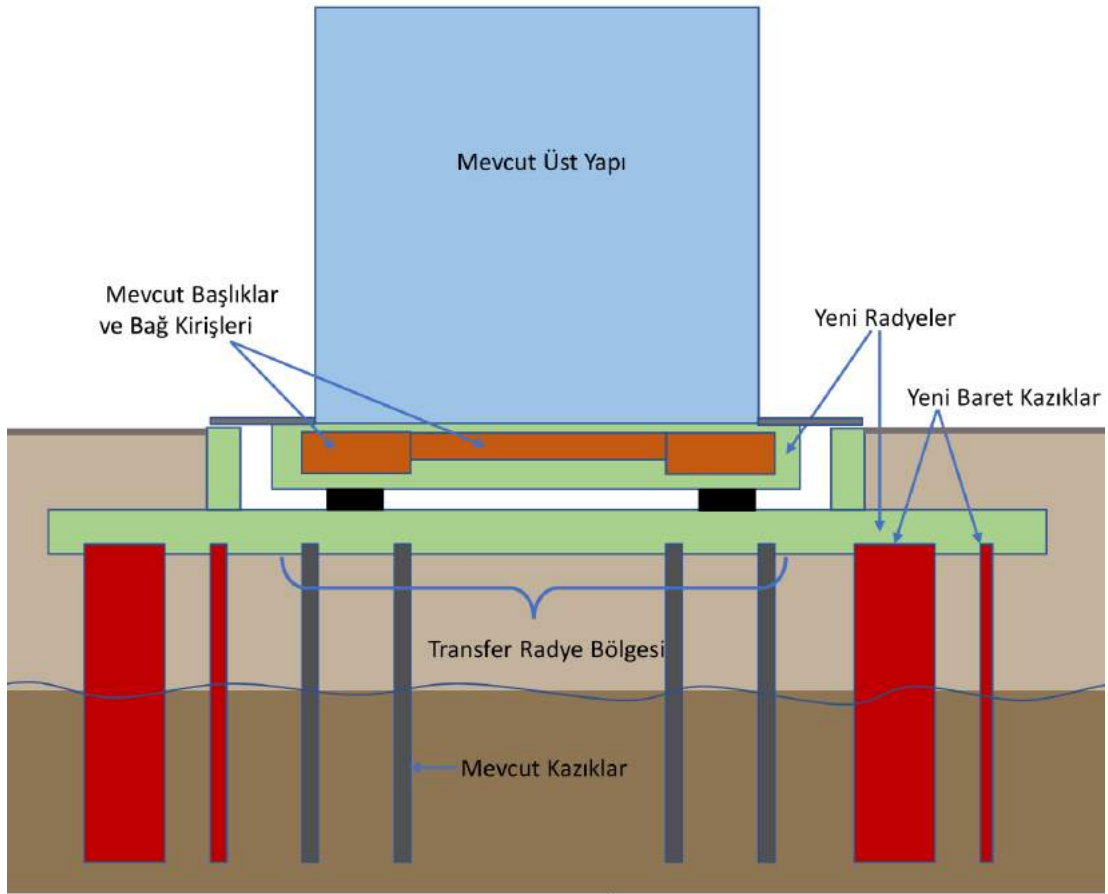


A-A Kesidi

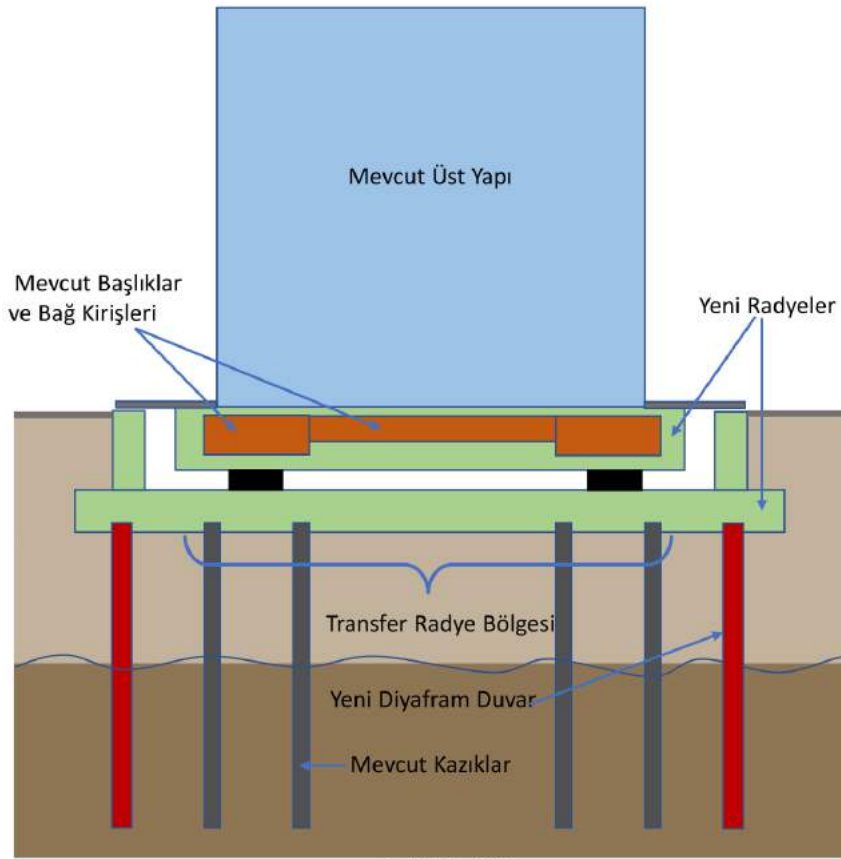
Şekil 63: Baret kazıklı ve transfer radyeli güçlendirme seçeneği



Şekil 64: Diyafram duvarlı ve transfer radyeli güçlendirme seçeneği



A-A Kesidi



A-A Kesidi

Şekil 65: Baret kazıklı ve diyafram duvarlı temel sistemleri ve deprem yalıtım uygulaması

Temel Güçlendirmesi ile ilgili Diğer Konular

Önceki bölümlerde açıklandığı üzere, güçlendirme projesini sadece deprem taşıyıcı sisteminin iyileştirilmesi olarak görmemek gerekir. Temel sisteminde ve üst yapıda oluşan ileri korozyondan dolayı güçlendirme projesi yapı ömrünü uzatmak amaçlı tamir ve restorasyonları da içerecektir. Yeni temel elemanları için de korozyona karşı önlem alınmalıdır. Örnek olarak radyede, baretlerde ve diyafram duvarlarda fiber donatı kullanılması düşünülebilir. Fiber donatı çelik donatı gibi korozyona uğramaz ancak, sünek davranış özellikleri zayıftır, ve maliyetleri çelik donatıya göre çok daha yüksektir.

Yukarıdaki seçeneklerin karşılaştırıldığında diyafram duvarlı seçeneğin performans ve maliyet açısından ön plana çıkacağı değerlendirilmektedir.

Güçlendirme Projesinde Dikkat Edilecek Hususlar

Güçlendirme projesi hazırlanırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar özetlenmiştir:

- Yapılarda beton mukavemetinin düşük olmasından dolayı deprem yalıtım gibi ileri teknolojiler kullanılsa bile üst yapıda konvansiyonel yöntemler kullanılarak güçlendirme/iyileştirme çalışmalarının yapılması öngörülmektedir.
- Güçlendirme projesinde korozyona müdahale, tamirat ve uzun vadeli önlem mutlaka bulunmalıdır. Binada periyodik bakım ve tamir işlemleri için takvim düzenlenmelidir.
- Güçlendirme projesi birden fazla yöntem seçeneği içermeli, her seçeneğin uygulanabilirliği, etaplama, performansı ve maliyeti gibi konular karşılaştırılmalı olarak idareye sunulmalıdır. Sadece bir güçlendirme yöntemi çalışılmamalıdır.
- Bu raporda anlatıldığı üzere İBB Binası özelinde bu binanın mevcut durumu bu yapının güçlendirme projesini hazırlanmasını ve uygulanmasını tipik bir yapının güçlendirme projesinden ve uygulamasından çok daha zorlu hale getirmektedir. Özellikle yapılacak herhangi bir güçlendirme yönteminde mimari ve kullanım alanlarının büyük oranda etkileneceği öngörülmektedir.
- Binanın yeni yangın yönetmeliklerini sağlaması gerekmektedir. Bu ise mevcut merdivenlerin yangına uygun hale getirilmesi için çekirdek içerisine alınmasını gerektirecektir. Bu durum ise hem mimariyi hem de yapısal sistemi olumsuz yönde etkileyecektir.
- Projenin zorluğundan dolayı proje çalışmalarında çok disiplinli bir yaklaşım sergilenmeli ve mimari, mekanik elektrik, yangın başta olmak üzere tüm disiplinler projeye katkı sunmalıdır.
- Güçlendirme yöntemine karar verilirken uygulanabilirlik ve etaplamanın iyi anlaşılması uygulama sırasında karşılaşılabilecek sorunların önceden anlaşılması ve belirlenmesi açısından çok önemlidir. Bundan dolayı, güçlendirme projeleri

hazırlanırken güçlendirme konularında saha uygulama tecrübesi olan tecrübeli mühendisler projeye dahil edilmelidir.

- Güçlendirme ile ilgili olarak alınacak kararlar idare tarafından belirlenecek bir heyet tarafından alınmalı, karar sorumluluğu bir kişiye bırakılmamalıdır.
- Binanın deprem değerlendirilmesinin sadece daha basit ve hızlı yöntemler (örnek: itme ve kapasite spektrum yöntemleri) ile değil, çok daha detaylı ve ileri yöntemler (örnek zaman-tanım alanında analizler) ile yapılmalıdır. Doğrusal olmayan analizlerde, malzeme, kesit ve eleman modellerinin günümüz şartnamelerine göre ile tasarlanmamış ve inşa edilmemiş yapılarda gözlemlenen davranışsal bozuklukları yansıtması gerekmektedir. (örnek çevrimsel modellerin ileri hasar bölgelerinde yapısal elemanlarda gözlemlenen mukavemet ve rijitlik bozulması davranışlarını yansıtması)
- Deprem değerlendirmenin her bir yapısal eleman için kapsamlı bir şekilde ayrı ayrı ve dikkatlice incelenerek yapılması, her bir elemandaki göçme mekanizmasının detaylı bir şekilde irdelenmesi, mümkünse yapısal analizlerde göçme mekanizmalarının ve durumlarının yansıtılması sağlanmalıdır.
- Değerlendirmenin sadece sayısal analiz sonuçlarına bakılarak değil, temel mühendislik kaideleri, geçmiş deprem deneyimleri, yapı düzensizlikleri gibi konular da gözetilerek yapılması gerekmektedir.
- Projeler bağımsız üçüncü göz tasarım gözetmenleri tarafından kontrol edilmelidir.

Tasarım Ekibi ve Tahmini Tasarım süresi

Deprem güçlendirmesi yapılması durumunda deprem güçlendirmesi kapsamı için üç ekibin oluşturulması gerekmektedir:

- İBB Ekibi: Proje yürütücüsü olarak güçlendirme projelerinde tecrübeli mühendislerden ve deprem tehlikesi, güçlendirme, deprem yalıtımı, zemin, zemin modellenmesi, zemin-yapı-etkileşimi konularında uzmanlığı ve tecrübesi bulunan danışmanlardan oluşmalıdır.
- Tasarım Ekibi: Güçlendirme, doğrusal olmayan modelleme ve analiz, deprem yalıtımı, zemin, zemin modellenmesi, zemin-yapı-etkileşimi, güçlendirme saha uygulamaları konularında tecrübeli mühendislerden oluşmalıdır. Zemin durumundan kaynaklı olarak, ekibin deprem tehlikesi ve deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi konularında da tecrübesi olması faydalı olacaktır. Bu mühendis ekibine ek olarak, bu konularda uzman danışmanların bulunması da gerekmektedir.
- Tasarım Gözetmen Ekibi: Bağımsız üçüncü göz tasarım gözetmenliğini yapacak ekiptir ve detayları aşağıda verilmiştir.

Zemin etüdleri, deprem tehlikesi, zemin analizleri, zemin-kazı-yapı etkileşimleri, mevcut durum değerlendirmesi, üst yapı ve alt yapı için güçlendirme seçeneklerinin irdelenmesi, seçilen güçlendirme seçenekleri için güçlendirme projesi hazırlanması, tüm bu sürecin, mimari, mekanik/elektrik tasarım ile beraber çok-disiplinli tasarım ve koordinasyon çerçevesinde tasarım gözetiminde de geçecek şekilde ilerletilmesi süreci için öngörülen süre 10 ila 12 aydır.

Bağımsız Üçüncü Göz Tasarım Gözetmenliği

İBB Binasının güçlendirilmesi durumunda, TBDY 2018, Bölüm 1.3 gereğince özel uzmanlık gerektiren konularda projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar ilgili tüm tasarım aşamalarında görev yapacak şekilde, ilgili alanda teorik ve mesleki bilgi ve deneyim sahibi inşaat mühendislerinden “tasarım gözetimi ve kontrolü” hizmeti alınmak zorundadır.

Güçlendirme durumunda alınması gereken tasarım gözetimi ve kontrolü hizmetleri şunlardır;

- Konvansiyonel güçlendirme yapılacaksa binaların hakim periyotları çok yüksek olmayacağından, Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Analizlerinin yapılmasına gerek kalmayabilir. Türkiye Deprem Tehlikesi Haritalarından elde edilecek harita spektral tasarım katsayıları kullanılarak tasarım spektrumları elde edilebilir. Ancak TBDY 2018 Bölüm 2 kapsamında, madde 2.5'e göre Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketlerinin Tanımlanması ve tasarım ivme spektrumlarına ölçeklendirilmesi hizmetlerinin gözetim ve kontrolü için TGUA-1b alanında tasarım gözetimi ve kontrolü hizmetinin alınması zorunludur.
- Deprem yalıtım ve sönümleyiciler ile güçlendirme yapılacaksa, Sahaya Özel Deprem Tehlikesi Analizlerinin yapılması gerekli olacaktır. Buna ek olarak konvansiyonel güçlendirmede olduğu gibi TBDY 2018 Bölüm 2 kapsamında, madde 2.5'e göre Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketlerinin Tanımlanması ve tasarım ivme spektrumlarına ölçeklendirilmesi hizmetlerinin gözetim ve kontrolü için TGUA-1b alanında tasarım gözetimi ve kontrolü hizmetinin alınması zorunludur.
- Binaların temelleri derin temel sistemi ile tasarlandığından, TBDY 2018 Bölüm 16 kapsamında, madde 16.10'a göre Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesaplarının yapılması gerekmektedir. Bu tasarımların gözetim ve kontrolü için TGUA-2b alanında tasarım gözetimi ve kontrolü hizmetinin alınması gerekecektir. Buna ek olarak kötü zemin koşulları nedeni ile yapılması olası zemin modellemeleri nedeni ile TGUA-2a hizmetinin alınması gerektiği de düşünülmektedir.
- Binaların konvansiyonel yöntemlerle güçlendirilmesi durumunda, TBDY 2018 Bölüm 5 kapsamında, madde 5.7'ye göre Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap

Yöntemi İle Deprem Hesabının yapılması gerekmektedir. Bu tasarımın gözetim ve kontrolü için TGUA-3 alanında tasarım gözetimi ve kontrolü hizmetinin alınması gerekecektir.

- Binaların yalıtım sistemleri ile güçlendirilmesi durumunda, TBDY 2018 Bölüm 14'e göre, Yalıtımlı Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Deprem Hesabının yapılması gerekmektedir. Bu tasarımın gözetim ve kontrolü için TGUA-5 alanında tasarım gözetimi ve kontrolü hizmetinin alınması gerekecektir.

12. GÜÇLENDİRMENİN UYGUNLUĞU HAKKINDA DEĞERLENDİRME

İBB binasının yapım yılı düşünüldüğünde, binanın kullanım ömrünü tamamladığı anlaşılmaktadır. Bu durumda iki olasılık ön plana çıkmaktadır. Eğer yasal nedenlerden dolayı (örnek: ruhsat sorunları, binanın yıkılırsa aynı lokasyonda yeni bina yapma izni olmayışı veya binanın tescilli oluşu) veya kültürel nedenlerden dolayı (bina tescilli olmasa bile kültürel miras olarak kabul edilip korunma kararı alınması) binanın yıkılması mümkün değilse, güçlendirme projesi hazırlanacaktır. Bu durumda güçlendirme projesi oldukça maliyetli olacaktır. Örnek olarak yapı yeniden yapım maliyetlerine yakın hatta bu değerleri aşan maliyetler öngörülmesi buna göre finansal hazırlıklar yapılmalıdır. Bu raporda açıklandığı üzere tüm uygulama maliyeti bina yeniden yapım maliyetine yaklaşacağı öngörülebilir. Bu durumda %40 limiti ya da %8 limiti bir anlam ifade etmemektedir.

Eğer binanın yıkılmasında yasal olarak mümkünse -ki İBB ile yapılan görüşmelerde binanın yasal olarak yıkımının mümkün olduğu, bu lokasyonda yeni bir bina yapılmasının önünde yasal bir engel bulunmadığı bildirilmiştir- maliyet, deprem güvenliği, uygulanabilirlik vs gibi tüm mühendislik bakış açıları ile binanın yıkılıp yeniden yapılmasının ekonomik anlamda daha uygun ve akılcı bir mühendislik çözümü olacağı kanaati oluşmuştur. Ancak, bu durumda bile güçlendirme kararı alınırsa, yüksek maliyetleri ve uygulama zorluklarını ve olası düşük deprem performansını öngörmek kaydı ile güçlendirme projesi hazırlanabilir.

İBB Binasının güçlendirilmesini zorlu kılan bölüm üst yapıdan çok kötü zemin koşulları ve ileri korozyona uğramış temel sistemidir. Üst yapıda yapılacak güçlendirme seçenekleri maliyetleri yüksek olsa da uygulanabilir seçeneklerdir. Ancak temel sistemi için önerilen güçlendirme seçenekleri hem çok maliyetli hem de uygulanması zor seçeneklerdir. Yapıda düşey yönde düzensizlik oluşturmaktadır ve gerçek deprem performansı hakkında tahmin yapmak bu tip bir yapı üzerine literatür olmadığından ancak yapılacak kapsamlı analizler ile mümkün olacaktır.

İBB Binasında kolonlarda gözlemlenen korozyonun, kazıklarda çok daha yüksek mertebelerde olma ihtimalinin oldukça yüksek olduğu değerlendirilmektedir. Bundan dolayı, sivilaşmaya karşı önlemlere ek olarak, kazıklara yönelik de bir güçlendirme projesinin

hazırlanması gerekeceği düşünülmektedir. Bu ise üstyapı güçlendirme yöntemlerinden bağımsız olarak, tüm güçlendirme maliyetini oldukça artıracaktır. Mevcut yapı altında bulunan kazıkların kazılarak durumlarını irdelemek oldukça zor olacağından, radye temele ek olarak yapı oturma alanı dışında bir bölgede ek kazıkların veya diyafram duvarların kullanılması akla ilk gelen sistemler olup bu yönde temel güçlendirilmesi önerilmiştir.

Önceden yapılan güçlendirme projelerinde kazık davranışını da içeren zemin-yapı-etkileşimini gözönüne alınmadığı görülmekte, ancak bu tür analizlerin yapılması önerilmektedir. TBDY 2018'de bu tür analizlerin yapılması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu durum da güçlendirme projesini daha karmaşık ve maliyetli hale getirecektir.

Deprem yalıtım üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu, zemin-yapı-etkileşimini içermemektedir. Ancak bu tür etkileşimlerin, deprem yalıtım performansını düşürme olasılığı oldukça yüksektir. Bundan dolayı deprem yalıtım yaklaşımı ile yapılacak güçlendirme maliyetlerinin öngörülenden daha yüksek olacağı değerlendirilmektedir.

Yalıtım ya da konvansiyonel güçlendirme ile bina mimarisinin oldukça olumsuz yönde etkileneceği öngörülmektedir. Bunun nedeni üst yapı rijitliğinin ve sünekliğinin düşük olmasıdır. Ayrıca yangın yönetmeliklerini sağlamak için yapılacak olan çekirdek sistem mimariyi olumsuz yönde etkileyen diğer bir faktör olacaktır.

Deprem yalıtımlı yapılarda yalıtım sistemi kullanılarak deprem kuvvetleri azaltılır. Ancak, üst yapının da yeterli performans gösteren yapı olması beklenir. İBB binasında malzeme mukavemet değerlerinin düşük olması, süneklik seviyelerinin düşük olması gibi nedenlerden dolayı, deprem yalıtım sistemi ile beraber, üst yapıda bazı konvansiyonel güçlendirme/iyileştirmelerin yapılması gerektiği düşünülmektedir. Bu da güçlendirme maliyetlerini artırıcı diğer bir faktördür.

Konvansiyonel güçlendirme çalışmalarında önerilen perde sayısının mimari kullanımı oldukça olumsuz yönde etkileyeceği anlaşılmaktadır. Bundan dolayı bu yaklaşımın uygulaması uygun olmamaktadır.

Önceden yapılan güçlendirme çalışmalarından anlaşılan, güçlendirilmiş yapının şiddetli bir deprem sonrasında (DD-2 veya DD-1 deprem seviyesi) hemen kullanım performansının sağlanmasının oldukça zor olduğudur. Burada vurgulanması gereken nokta, geçmiş depremler düşünüldüğünde, güçlendirilmiş yapıda az hasar oluşsa bile, binayı kullanan personel ve diğer kişilerin psikolojik nedenlerden ötürü (korku ve güvensizlik hissi) binayı tekrar kullanması oldukça zor olacak, bu kişiler binaya tekrar girmek istemeyecektir. Bundan dolayı, İBB binasının güçlendirilmiş halinin, şiddetli bir deprem sonrası bir afet yönetim merkezi amacı ya da diğer amaçlar için tekrar kullanımının mümkün olmayacağı

değerlendirilmektedir. Güçlendirme projesinin oldukça yüksek performans hedefi (örn: DD-1 deprem seviyesinde hemen kullanım) ile tamamlanması durumunda ise güçlendirme maliyetlerinin çok yüksek olacağı değerlendirilmektedir.

30.10.2020 tarihli deprem sonrasında yapıda yapılan gözlemlerde, tüm blokların üst katlarında, kiriş ve kolonlarda hasar gözlemlenmemiştir. Ancak, A ve C blok kolonlarının denize yakın olanlarında ileri seviye korozyon ve buna bağlı olduğu düşünülen paspayı kırılmaları gözlenmiştir. Korozyon nedeni ile etkin alanı azalan etriye ve donatılarda da ayrılmalar gözlenmiştir. Her ne kadar bu donatı ayrılmalar doğrudan depreme atfedilemese de, korozyona uğramış bu kolonların daha şiddetli bir depremde gevrek göçmesi kuvvetle muhtemeldir. Bu nedenle, özellikle A ve C blokta, özellikle ilk katta kolonların tamir edilmesi ve güçlendirilmesi gerektiği, bunun ise güçlendirme maliyetlerini artıracığı anlaşılmaktadır.

Güçlendirme uygulamaları yapının mevcut durumuna bağlı olan uygulamalardır. Bu uygulamalarda, sahada proje aşamasında öngörülemeyen durumların meydana gelmesi, ya da bazı yapısal elemanların mevcut halinin öngörülenden çok farklı olması oldukça normaldir. Ayrıca, İBB binası gibi yapılarda, projelerin uygulanabilirliği de oldukça zor olmaktadır. Bundan dolayı güçlendirme yapılmış yapıların gerçek performansı uygulama kalitesine çok bağlıdır. Özellikle İBB binası gibi kötü zeminde inşa edilmiş yapılarda, zemin iyileştirmesi ve temel/kazık güçlendirmesi gibi uygulamaların mevcut yapı varken yapılmasının oldukça zor olacağı açıktır. Tüm bu ve benzeri nedenlerden dolayı, güçlendirilmiş bir yapının gerçek deprem performansının benzer ancak yeni ve daha yüksek kalite kontrolü ile yapılmış bir yapıdan daha düşük olması kuvvetle muhtemeldir. Eğer ilgili yapının şiddetli bir deprem sonrası yönetmelikte öngörüldüğü şekilde hemen kullanımı talep ediliyorsa ve ömrünü doldurmuş bir yapının güçlendirilmesi, yeni yapı maliyetlerine yaklaşıyorsa, güçlendirme yapılarak risk almak yerine yeni yüksek performanslı, şiddetli bir deprem sonrası hemen kullanılacak bir yapı yapılmasının genel mühendislik yaklaşımı açısından daha doğru olacağı değerlendirilmektedir.

Tüm bu değerlendirmeler neticesinde, güçlendirme yaklaşımının, konvansiyonel yöntemler kullanılsa bile, maliyetli olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca, uygulamadaki zorluklar nedeniyle, yüksek maliyetlere rağmen güçlendirilmiş binanın gerçek bir depremde hesaplarda öngörülen performansa ulaşamama riski olacaktır. Bundan dolayı, eğer yapının yıkılması ve yeniden yapılması olası ise güçlendirme yerine yapının yıkılıp yeniden yapılması birçok bakımdan daha uygun bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Yeni bir yapıda, deprem yalıtımı veya sönümleyiciler kullanılarak, iyi uygulanmış bir zemin iyileştirmesi ve kazıklı temel sistemi ile yüksek performans ve şiddetli deprem sonrası hemen kullanım sağlanabilir. Yeni yapı İBB personelinin ve diğer kişilerin endişesi olmadan binayı

rahatlıkla kullanmasını da sağlayacaktır. Ancak yine de güçlendirme kararı alınırsa, yüksek maliyetler ve uygulama zorlukların düşünülerek güçlendirme projesi hazırlanabilir.

Yapılan gözlemlerde, A ve C bloklarındaki korozyon nedeniyle bu blokların yıkım ve yeni bina yapılmasının diğer bloklara kıyasla biraz daha öncelikli olduğu kanaatine varılmıştır. B, D ve E bloklarında da kolonlar ve kazıklar için korozyon kontrolleri yapılmalıdır. Bu bloklarda kolonlarda korozyon gözlemlenmemiş olsa bile, kazıklarda korozyon olma ihtimali yüksektir. Kolonlarda korozyon olmaması ancak kazıklarda korozyon olması durumunda, bu blokların güçlendirme seçeneği bir daha irdelenebilir.

13.İBB TARAFINDAN GÖRÜŞ TALEP EDİLEN KONULAR

İBB tarafından görüş talep edilen konularda özet olarak görüşlerimiz şu şekildedir:

1) İBB ana hizmet binası hesap raporları ve mevcut taşıyıcı sisteminin değerlendirilmesi

Hesap raporları incelenmiş olup statik projenin dönemine göre yüksek kalitede olduğu görülmüştür. Taşıyıcı sistem moment aktaran çerçeve temel sistemi kazıklı temeldir.

Eleman bazında bakılınca yapıdaki süneklik ve beton dayanımı düşüktür. Moment çerçeve sistemleri, perde duvarlı ve moment çerçeveli sistemlere göre nispeten daha risklidir ve çok katlı binalar için günümüzde ikinci tip sistem tercih edilmektedir.

2) Daha önce yapılan mevcut durum ve güçlendirme çalışmalarının değerlendirilmesi

Bu çalışmalar kapsamlı bir şekilde irdelenmiştir. Çalışmaların seviyesi ön çalışma olup yapının mevcut durumu, güçlendirilme olasılığı, güçlendirilirse ne tür zorluklar ile karşılaşacağı ve güçlendirme maliyeti hakkında önemli bilgiler vermektedir. Güçlendirme kararı verilirse, günümüz yönetmelikleri ve yapının kötü zemin, esnek kat, korozyon gibi özel durumları nedeniyle daha kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır.

3) Yapının son halinin güçlendirilmeye uygunluğu hakkında görüş

Yapı teknik olarak güçlendirmeye uygun olmak ile beraber bu raporda açıklanan nedenlerden ötürü güçlendirme yapılması önerilmemektedir.

4) 30.10.2020 depremi sonrası yapıda oluşan hasarlarla ilgili gözlemlerin değerlendirilmesi, yapının bu hali ile güçlendirilmesinin mümkün olup olmadığı ve uygunluğu

Deprem sonrasında yapıda orta ya da ağır hasar oluşmamıştır. Bir binada oturma meydan gelmiştir. Bu hali ile güçlendirmeye uygun olduğu değerlendirilmektedir. Ancak, güçlendirme yapılacaksa, yapıda hasar olup olmadığı daha kapsamlı saha incelemeleri ile belirlenmelidir. Ayrıca TBDY 2018'de bu durumdaki yapılar için şu ifadelerin olduğu hatırlanmalıdır:

15.1.6 – Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın deprem güvenliği bu Bölüm’de verilen yöntemlerle belirlenemez.

15.1.7 – Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın güçlendirilmesi ve daha sonra güçlendirilmiş binanın deprem performansının belirlenmesi için bu Bölüm’de verilen esaslar uygulanacaktır. Hasarlı binanın güçlendirilmesinde mevcut elemanların dayanım ve rijitliklerinin hangi ölçüde gözönüne alınacağına projeden sorumlu inşaat mühendisi karar verecektir.

5) Olası güçlendirme projelerinin mimari kullanıma etkisi

Olası tüm güçlendirme seçeneklerinde üst yapıda perde duvar kullanımı ve kolonlarda güçlendirme olacağı tahmin edilmektedir. Ancak sönümleyici ile olan güçlendirmede perde duvar yerine sönümleyici sistemleri gelecektir. Konvansiyonel ve sönümleyicili güçlendirme yöntemlerinde perde duvar miktarı ya da sönümleyicili perdeler yalıtım seçeneğine göre daha fazla olacaktır. Bundan dolayı deprem yalıtımının mimari kullanım açısından en iyi seçenek olacağı değerlendirilmektedir. Önceden yapılan güçlendirme projelerinde konvansiyonel yaklaşım kullanılmış olup, mimari kullanıma olumsuz etkilerinden dolayı projenin hayata geçemediği hatırlanmalıdır.

6) Güçlendirme sonrası binanın şiddetli bir deprem sonrasında hemen kullanımının mümkün olup olmayacağı (örn: binanın bir afet yönetim merkezi ya da benzeri bir amaçla kullanılıp kullanılamayacağı)

Güçlendirme ile bu mümkün olabilir ancak oldukça maliyetli ve uygulaması zor olacaktır. Bunun yerine yeni bina yapılması daha mantıklıdır. Güçlendirme seçenekleri açısından konvansiyonel yöntemler ile bunu başarmak deprem yalıtımlı ve sönümleyicili güçlendirmeye göre çok daha zor olacaktır.

7) Zemin ve temelde sıvılaşma için zemin iyileştirmesi dışında güçlendirmenin gerekli olup olmadığı,

Temelde özellikle korozyon nedeni ile ve kullanılan kazık sisteminin yanal rijitliğinin düşük olması nedeni temelde güçlendirme yapılması hemen hemen zorunludur. Bu güçlendirmenin radye temel ve yeni kazık sistemi veya diyafram duvar sisteminden oluşacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda sıvılaşma için ek bir iyileştirme yapılmasına gerek kalmayacaktır.

8) Binanın yeniden yapılması ile güçlendirme yaklaşımlarının maliyet de göz önünde bulundurarak karşılaştırılması

Binanın güçlendirme maliyetinin yeni bina yapım maliyeti mertebelerinde olacağı öngörülmektedir. Raporda anlatılan nedenlerden dolayı, güçlendirilmesi yerine binanın yeniden yapılması daha mantıklı bir yaklaşımdır.

Eğer yüksek uygulama maliyetlerine, kapsamlı tasarım sürecine ve zorlu ve riskli saha uygulamalarına rağmen güçlendirme kararı alınır, mevcut ön tasarım raporlarının kapsamı dışında tutulmuş, işbu raporda belirtilen ve İBB binası için önemli olduğu değerlendirilen teknik konuların tasarım ekibi tarafından dikkatli bir şekilde tasarıma yansıtılması önerilmektedir. Ayrıca yüksek olması beklenen ilk maliyetlere ek olarak sahada öngörülemeyen durumlar nedeniyle de ek maliyetlerin oluşma olasılığı olduğu hatırlanmalı ve gerekli mali tedbirlerin alınması gerektiği hatırlanmalıdır.

14. SONUÇ

İzmir Büyükşehir Belediyesi Ana Hizmet Binasının deprem etkileri altında beklenen performansı ve olası güçlendirme seçenekleri üzerine, yapının mevcut durumunun, konu ile ilgili son 15 yıl içerisinde yapılmış olan çalışmaların ve yapının 2020 Samos-İzmir depremi sonrası durumunun değerlendirildiği bu raporda aşağıdaki görüş ve kanaatlere varılmıştır. İşbu çalışmanın kapsamı binanın deprem etkileri altındaki davranışıyla sınırlı olup binanın mimari, kültürel, v.b. özelliklerinin değerlendirilmesi mevcut çalışmanın kapsamı dışındadır.

Sonuç olarak İBB Ana Hizmet Binasının;

- Olası güçlendirme seçeneklerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılmış ön tasarım çalışmalarında zemin-temel-bina sistemi bileşenlerinin bütünüyle ilgili kapsamlı bir değerlendirme yapılmamış olduğu ve rapor edilmiş olan güçlendirme maliyetlerinin yalnızca üst yapının, temelin veya zeminin iyileştirilmesi işlemlerini yansıttığı tespit edilmiştir. Binanın deprem performansının iyileştirilmesi yoluna gidilirse zemin-temel-üst yapı sisteminin bir arada göz önüne alındığı daha detaylı mühendislik çalışmaları yapılması gerekliliği ortaya çıkacaktır. Bu durumda, önceki ön tasarım çalışmalarındaki yaklaşımların aksine sistemin zemin-temel-üst yapı olarak bütününe müdahale edilmesini gerektirecek daha kapsamlı saha uygulamalarına ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Bu durumun, olası güçlendirme maliyetini ön çalışmalarda rapor edilmiş tahmini maliyetlerin çok daha yukarısına yeni bina maliyetine yaklaşan mertebelere çıkaracağı öngörülmektedir.
- Binayla ilgili yapılmış ön tasarım çalışmalarında binanın mevcut temel sistemindeki korozyonun ileri seviyede olduğu not edilmiştir. Sistemin deprem performansının etkili şekilde iyileştirilebilmesi için mevcut sistem elemanlarının dayanım, rijitlik ve şekildeğiştirme kapasitelerinin doğru tespit edilebilmesi kritik önem taşımaktadır. Bu kapsamda, olası bir güçlendirme çalışmasından önce korozyonun hem kazık temel

sisteminde hem de üst yapıda hangi elemanlarda ne seviyede olduğunun kapsamlı şekilde tespit edilmesi ve gerekli onarımların yapılmasına ihtiyaç duyulacaktır. Bina için hazırlanmış güçlendirme ön tasarım raporlarında bu konunun önemli olduğunun not edildiği ancak kapsam dışında tutulduğu tespit edilmiştir.

- Özellikle temel sistemindeki korozyon seviyesinin tespitinin ve onarımının zor olması nedeniyle güçlendirme sonrasında hedeflenen deprem performansın elde edilmesiyle ilgili belirsizliğin yüksek olacağı öngörülmektedir. Mevcut Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) kapsamında belediye yönetim binaları, deprem sonrası hemen kullanılmaları gereken, insanların yoğun ve uzun süreli bulunduğu, değerli arşivlerin saklandığı (BKS = 1 türü) binalar arasında yer almaktadır. Bina için yapılacak olası güçlendirme çalışmalarında, hemen kullanım performans seviyesinin yeterli emniyetle sağlandığından emin olunması kritik önem taşımaktadır. Bu kapsamda, yukarıda not edilen belirsizliklerin hesaplara uygun şekilde yansıtılarak gerekli performansın sağlanmasının ek maliyetler getirme olasılığı yüksektir.
- Güçlendirme projesi ön hesap raporlarında binanın yalnızca taşıyıcı sistemiyle ilgili yapılması gereken işlemler değerlendirilmiştir. İlgili güçlendirme seçeneklerinin binanın mimari özellikleri ve kullanımı üzerinde önemli etkiye sahip olması kaçınılmazdır. İlgili raporlarda ele alınmamış olan (yeni iç mekan planlaması, bina içi dolaşım düzenin revizyonu, teknik sistemlerin revizyonu v.b.) ilgili ek maliyetler ortaya çıkaracak ve binanın fonksiyonelliğini kaçınılmaz olarak etkileyecektir.
- 30.10.2020 depremi sonrasında özellikle ileri seviyede korozyonlu kolonların ve kazıkların bulunduğu A ve C Bloklarda oturma gözlemlendiği bildirilmiş bulunmaktadır. Bu tür ileri seviyede oturma farkları, taşıyıcı sistem elemanlarında ek gerilmeler ve şekil değiştirmeler meydana gelmesine sebebiyet verir. Bu ek gerilmeler ilgili elemanların deprem dayanımlarını azaltır ve mevcut kapasiteleri kestirimini zorlaştırır. Bu nedenle bu tür yapılarda güçlendirme yöntemlerinin uygulanmasında ek önemlere ihtiyaç duyulur. Bu ek önemlerin de ilgili olası güçlendirme çalışmasının maliyetini arttıracığı öngörülmektedir.

Konu yalnızca statik güçlendirme projesi hazırlanması yönünden ele alındığında herhangi bir bina için mümkün olduğu gibi İBB Ana Hizmet Binası için de bir güçlendirme projesi hazırlanması teknik olarak mümkündür. Buna karşılık, konunun uygulama riskleri, maliyet ve kullanılabilirlik gibi diğer kritik boyutlarının da göz önüne alınması durumunda güçlendirmenin uygun bir çözüm olmadığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, İBB Ana Binasının mevcut durumu itibarıyla, genel mühendislik, yapı ve deprem güvenliği, maliyet, uygulama zorlukları ve kullanım açısından güçlendirilmesinin uygun olmadığı, yıkılmasının ve olası yıkıcı bir deprem sonrasında hemen kullanılabilecek yüksek performans ve kalitede yeni bir yapının yapılmasının daha akılcı bir çözüm olacağı görüşü ve kanaatine varılmıştır.

Kritik önem taşıyan binaların yıkılarak yeniden yapılması veya güçlendirilmesi konusunda karar alınması çok boyutlu ve zor bir süreçtir. Binanın deprem etkileri karşısındaki davranışıyla ve olası deprem güçlendirme yöntemleri ile ilgili konulara odaklanan bu raporun ilgili sürecin bu boyutlarına katkı sağlamasını umarız. 03.08.2021

Saygı ile Sunulur.

Doç. Dr. Ufuk Yazgan
İTÜ Afet Yönetimi Enstitüsü

Dr. Barış Erkuş
(Eski İTÜ İnşaat Fakültesi Öğretim Üyesi)

KAYNAKLAR

Not: Raporun hazırlanmasında, metinde atıf yapılmayan birçok kaynak kullanılmıştır. Kaynaklar bölümünde verilen metinler de dahil olmak üzere, tüm bu kaynaklar dijital olarak iletilmiştir.

DEÜ Raporu (2006) “İzmir Büyükşehir Belediye Binası Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi Projesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

İBB Statik Proje Raporu, Uğur Belger (1968) “İzmir Belediye Sarayı Statik-Betonarme Hesapları” 1-4 Ciltler, İzmir

TBDY (2018) “Türk Bina Deprem Yönetmeliği” Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara (2018 Deprem Yönetmeliği)

DBYBHY (2007) “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara (2007 Deprem Yönetmeliği)

ABYYHY (1997) “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara (1997 Deprem Yönetmeliği)

Gürel A. (2021) “İzmir Büyükşehir Belediyesi Hizmet Binası ve İnşaat Öyküsü” İMO İzmir Şubesi Bülteni, İzmir

Inter Yapı Güçlendirme Projesi (2007) “İBB Ana Hizmet Binası, Güçlendirme Projesi” İzmir.

Zemin İyileştirme Raporu (2007) “İBB Ana Hizmet Binası, Zemin İyileştirmesi” İzmir.

Ülker Müh. Raporları, Ülker Mühendislik (2016) “İzmir Büyükşehir Belediyesi Hizmet Binası Deprem Güvenliği Belirleme Projesi” İstanbul.

ASCE 7-10 (2010) “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures”, ASCE, Reston, Virginia, ABD.

FEMA 356 (2000) “Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings.” Washington, District of Columbia, ABD.

TS 500 (2000) “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” TSE, Ankara

AFAD Raporu (2020) “30 Ekim 2020 Sisam Adası (İzmir Seferihisar Açıkları) Mw 6.6 Depremi Raporu” AFAD, Ankara.

ODTÜ Raporu (2020) “30 Ekim 2020 İzmir-seferihisar Açıkları (Sisam) Depremi (Mw 6.6) Keşif Gözlemleri Ve Bulgular”, Rapor no: ODTÜ/DMAM 2020-03, ODTÜ, Ankara.

İMO Raporu (2020) "30 Ekim 2020 Tarihinde Meydana Gelen İzmir Depremi Raporu" İMO İzmir Şubesi, İzmir.

Yang, Kui, Li Yan, Guoman Huang, Chu Chen, and Zhengpeng Wu. 2016. "Monitoring Building Deformation with InSAR: Experiments and Validation" Sensors, Vo:16, No. 12, Sayfa 2182.

Mutlu AH (2015) "Mevcut Yapıların Güçlendirilmesi Ya Da Yıkılmasına Karar Verilmesi Aşamasında Göz Önüne Alınması Gereken Kriterler" 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim, İzmir.

Tankut, T., Ersoy, E., Özcebe, G. ve Canbay, E. (2008). Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi İçin Kullanılan Yöntemler, Bizim Büro Basımevi, Ankara, Türkiye.

Arıkan, M., Sucuoğlu, H. ve Macit G. (2005). Economic assessment of the seismic retrofitting of low-cost apartment buildings. Journal of Earthquake Engineering Vol:9, No:4, Sayfa 577-584.

Mutlu AH (2020) "Binaların Güçlendirme/Yıkım Kararı Sürecindeki Ekonomik Değerlendirme İçin Yeni Bir Yöntem Önerisi: Eğitim Yapıları Örneği" Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Özel Sayı, Nisan, Sayfa 46-56

Courland R (2011) "Concrete Planet. The Strange and Fascinating Story of the World's Most Common Man-Made Material" Prometheus Books, Amherst, New York, ABD.

Keulemans G (2016) "Opinion: The problem with reinforced concrete" UNSW Newsroom, Sydney, Avusturalya.

Al-Hilal HH (2016) "Extending Service Life Of Reinforced Concrete Structures" SME Sitesi, <https://www.sme-usa.com/blog/reinforced-concrete-structures> .

Gupta YP (2012) "Causes for Accelerated Structural Deterioration of Reinforced Concrete" NBM&CW, Şubat ([Link](#)).

EN 1990 (2002) "Eurocode - Basis of Structural Design", European Committee For Standardization, Brüksel, Belçika.

EN 206 (2013) "Concrete — Specification, performance, production and conformity" European Committee For Standardization, Brüksel, Belçika.

Tuutti K (1982) "Corrosion Of Steel In Concrete" Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, İsviçre.

Lacasse MA ve Sjöström C (2005) “Advances in Methods for Service Life Prediction of Building Materials and Components – Final Report – Activities of the CIB W80” 10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components, 17-20 Nisan, Lyon, Fransa.

Walsh, MT (2015) "Corrosion of Steel in Submerged Concrete Structures". Doktora Tezi, University of South Florida, Florida, ABD.

Kawamura S, Sugisaki R, Ogura K, Maezawa S, Tanaka S, Yajima A. (2000) “Seismic isolation retrofit in Japan” Proceedings of the 12th WCEE, Auckland, New Zealand.

Jiang H, Yang L, He A (2011) “The Rehabilitation of Pile Foundation of a Concrete Continuous Bridge in Guangzhou City” Advanced Materials Research, Vols. 163-167, Sayfa 3499-3503.

EK 1: 26.03.2021 TARİHİNDE BİNADA YAPILAN GÖZLEMLER



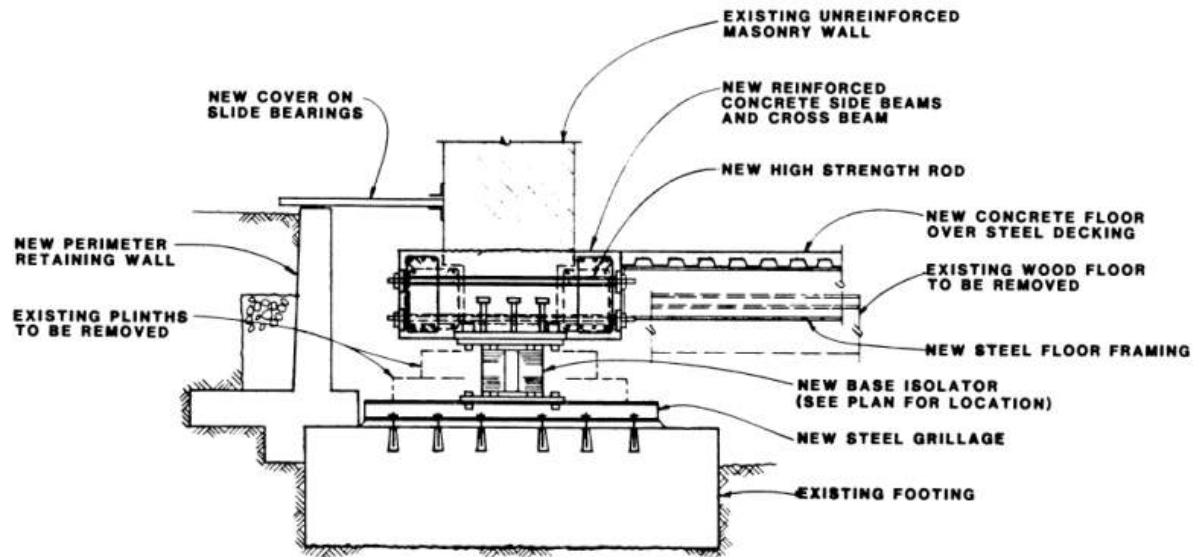




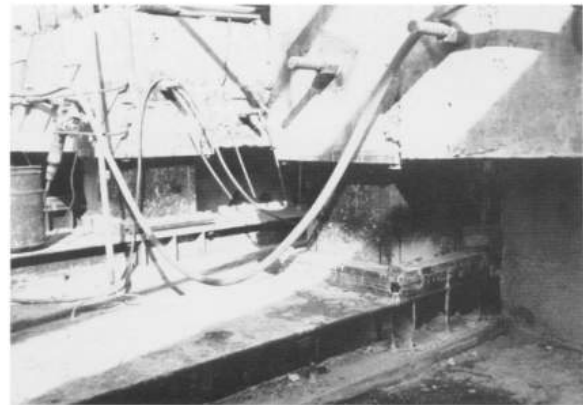


EK 2: DEPREM YALITIMLI GÜÇLENDİRME İLE İLGİLİ GÖRSELLER

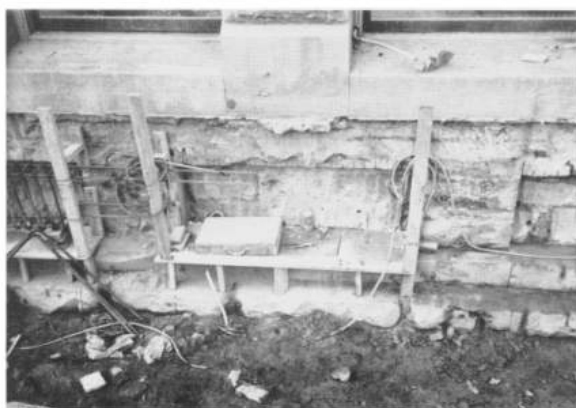




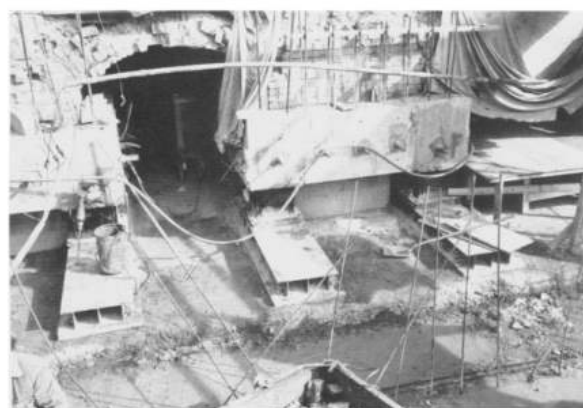
The work sequence for installation of the side beams is shown step-by-step. Here the workman is knocking out pieces of sandstone foundation that have been cut to a 4" depth by the saw.



The base isolators are now installed. Two bearings are shown on spreader beams with concrete beams poured above. Note the ends of post-tensioning rods in concrete above the bearings.



Formwork for the side beams is installed around the recess.



The complete installation at the West entry looks like this. Some concrete work remains to complete the perimeter beam system and concrete diaphragm.







Seismic Studies & Alternatives for Designing a Historic Building Retrofit



Base Isolation – Expensive Alternative

- Ties all the building elements together
- Provides Maximum Protection during earthquake
- Maintains Historic Building Integrity: Little physical change to building exterior



Shear Walls – Less Expensive Alternative

- Provides Moderate earthquake protection
- Would alter the Historic Building Fabric (not recommended for Historic Preservation Purposes)



Community Support & Management of a Very Complex, Expensive Project

- ❖ Involve the Community in the Planning Process and throughout the Project!
- ❖ Use Community Resources and Local Experts. Example: Caltech, Parsons
- ❖ Establish an Oversight Committee – the “Eyes and Ears” of the City Council, Professionals with Specialized Expertise
- ❖ Monthly Meetings to identify and discuss any outstanding issues/costs
- ❖ Quarterly Updates to City Council





Basement Construction



Steel Base Plates Welded to Dome Columns in Preparation for Installation of Seismic Sliders



Sequenced Structural Support and Excavation of SW Stair Tower



The City's structural engineer has reviewed this work to ensure its stability during construction, and assures us that the building won't fall down during construction activity!



Base Isolator Construction - Basement



Base Isolators now in Place under Main Dome. Installation of Wood Forms and Rebar for New Concrete Basement Floor



Installation of Reinforcing Steel for Shear Wall at Main Dome Area

The City's structural engineer has reviewed this work and is regularly on-site to ensure its stability during construction.