



K.T.M.M.O.B.

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
CHAMBER OF CIVIL ENGINEERS

6 Şubat 2023

Depremde Yıkılan Adıyaman Grand Isias Otel
Enkaz İnceleme ve Değerlendirme Raporu

Nisan 2023

Lefkoşa

Bu rapor, Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (KTMMOB) İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) Akademik Kurulunda bulunan üniversitelerimizin katkıları ile hazırlanmıştır.

SAHA İNCELEMESİ YAPAN VE RAPORU HAZIRLAYAN TEKNİK EKİP

İnş. Müh. Enver TOKER	(KTMMOB İnşaat Mühendisleri Odası)
İnş. Yük. Müh. Hüsnü COŞAN	(KTMMOB İnşaat Mühendisleri Odası)
İnş. Müh. Gürkan YAĞCIOĞLU (Başkan)	(KTMMOB İnşaat Mühendisleri Odası)

RAPORUN HAZIRLANMASINA KATKI VE DESTEK VEREN İMO AKADEMİK KURULUNDA BULUNAN ÜNİVERSİTELER

Yrd. Doç. Dr. Bertuğ AKINTUĞ	(Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kuzey Kıbrıs Kampüsü)
Yrd. Doç. Dr. Kezban ÖZLÜTAŞ	(Girne Amerikan Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Şevket Can BOSTANCI	(Lefke Avrupa Üniversitesi)
Doç. Dr. Ayşe Balkis PEKİRİOĞLU	(Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi)
Doç. Dr. Eriş UYGAR	(Doğu Akdeniz Üniversitesi)
Doç. Dr. Rifat REŞATOĞLU	(Yakın Doğu Üniversitesi)

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	1
1- GİRİŞ	2
2- YÖNETMELİK VE STANDARTLAR	3
3- GRAND ISIAS OTEL BİNASI HAKKINDA BİLGİLER.....	4
4- BETONARME MALZEMENİN İNCELENMESİ	6
4.1- Enkaz Alanından Numune Alma	6
4.2- Laboratuvar Çalışması	8
4.3- Laboratuvar Sonuçları	13
4.4- Betonarmede Kullanılan Malzemelerin Saha Gözlemleri.....	15
5- TAŞIYICI SİSTEM İÇİN YAPILAN TEKNİK İNCELEME VE GÖZLEMLER	18
5.1- Beton Örtüsü Etkisi.....	18
5.2- Sargı Donatısı Etkisi	19
5.2.1- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975) Kolon-Kiriş Sarıma Bölgelerinde Aranan Sargı Donatısı Koşulları	19
5.2.2- Uygun Olmayan Sargı Donatısının Etkileri.....	23
5.2.3- Sargı Donatısının Süneklığe Etkisi.....	23
6- KOLONLARDA TESPİT EDİLEN HASARLAR	24
6.1- Kolonlarda Eğilme Kırılması	24
6.2- Kolonlarda Basınç Kırılması	25
6.3- Kolon Donatılarında Tespit Edilen Diğer Gözlemler	27
7- KİRİŞ VE DÖŞEME SİSTEMİ.....	28
8- BİNANIN GÖÇME ŞEKLİ.....	29
9- GRAND ISIAS OTEL BİNASININ BİTİŞİK NİZAMDAKİ KOMŞULARI İLE ARASINDAKİ DİLATASYON DERZLERİ.....	31
10- GRAND ISIAS OTEL ENKAZI İÇİN YAPILAN ÇALIŞMA VE GÖZLEMLERİN GENEL DEĞERLENDİRMESİ	32
Başvurulan Yönetmelik ve Standartlar	37
Başvurulan Kaynaklar	37

RESİM LİSTESİ

Resim 1: Göçme Öncesi Grand Isias Otel Dış Görünüşü.....	4
Resim 2: Grand Isias Otele Ait Genişlik ve Uzunluk Ölçüleri	5
Resim 3: Grand Isias Otele Ait Betonarme Bodrum Kat Seviyesi	5
Resim 4: Grand Isias Otele Ait Temel Yüksekliği	5
Resim 5: Grand Isias Otel Enkazında Bodrum Kat Perdesinden Numune Almadan Önce Yapılan Donatı Okuma İşlemi.....	6
Resim 6: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Karot Örneklerinin Yerleri.....	7
Resim 7: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Çelik Donatı Çubuğu ve İri Agregata Örnekleri	8
Resim 8: Grand Isias Otel Enkazından Alınıp Laboratuvara Getirilen Ambalajlanmış Numuneler.....	8
Resim 9: Grand Isias Otel Enkazından Alınıp Laboratuvara Getirilen Numuneler.....	9
Resim 10: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Karot Numuneler	9
Resim 11: Grand Isias Otel Enkazından Alınan ve Deney İçin Hazırlık Aşamasında Olan Karot Numuneler.....	10
Resim 12: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Karot Numunelerin Deney Aşamaları	10
Resim 13: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Çelik Çubukların Deney Aşamaları	11
Resim 14: Grand Isias Otel Enkazından Alınan İri Agregaların Deney Aşamaları	11
Resim 15: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Kaynaklı Donatı Çeliği Örneği.....	12
Resim 16: Grand Isias Otel Enkazında Tespit Edilen Nervürlü Çelik Çubuk Üzerindeki Markalama İşareti.....	15
Resim 17: Grand Isias Otel Enkazındaki Beton İçerisindeki En Büyük Tane Büyüklüğü Ölçümleri.....	16
Resim 18: Grand Isias Otel Enkazındaki Kolon Betonunda İçerisinde Gözlemlenen Toprak Parçası	16
Resim 19: Grand Isias Otel Enkazındaki Kolonlarda Beton İçerisindeki Tespit Edilen Ayrışma, Büyük Boşluklar ve Korozyona Uğramış Çelik Çubuklar	17
Resim 20: Grand Isias Otel Enkazında Tespit Edilen Kusurlu Beton Örtüsü Örneği	18
Resim 21: Grand Isias Otel Enkazında Kolonda Ölçülen Etriye Aralığı	21
Resim 22: Grand Isias Otel Enkazındaki Kiriş Elemanından Ölçülen Etriye Aralığı	22
Resim 23: Grand Isias Otel Enkazındaki Kolon Elemanının Açılan Etriye Kancaları.....	23
Resim 24: Grand Isias Otel Enkazında Kolonlarda Görülen Eğilme Kırılması.....	25
Resim 25: Grand Isias Otel Enkazında Kolonlarda Tespit Edilen Basınç Kırılması	26
Resim 26: Grand Isias Otel'in Enkaz Alanında Bulunan Farklı Bindirme Boylarına Sahip Hasarlı Kolon	27
Resim 27: Grand Isias Otel'in Enkaz Alanından Çıkarılan Asmolen Döşeme	28
Resim 28: Grand Isias Otel'in Enkaz Alanında Ölçülen Asmolen Plaktaki Dağıtma Donatısı.....	29
Resim 29: Grand Isias Otele Ait Sende Kat Görüntüsü.....	30

Resim 30: Grand Isias Otel Binasının Göçme Yönü	31
Resim 31: Grand Isias Otel Binası ile Güney Bitişindeki Tek Katlı Bina Arasındaki Derz Boşluğu	32
Resim 32: Grand Isias Otel Binasına Ait Zemin Kat Kolonunun Alt Uç Bölgesi	36

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Karot Örnekleri	6
Tablo 2: Karot Basınç Dayanımı Deney Sonuçları	13
Tablo 3: Çelik Çubuk Çekme Deneyi Sonuçları	13
Tablo 4: İri Agregaya Boyut Ölçüm Sonuçları	14

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Örnek Kolon Kesiti Detayı	19
Şekil 2: Örnek Etriye Kanca Detayı	19
Şekil 3: 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Kolon Sarılma Bölgeleri	20
Şekil 4: 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Kiriş Sarılma Bölgeleri	22

ÖNSÖZ

Türkiye'nin doğu bölgesinde 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen ve toplam 11 ilde yıkıcı hasarlara neden olan iki büyük deprem felaketi hepimizi derinden etkiledi. Gerçekleşen bu iki büyük deprem ne yazık ki büyük bir yıkıma ve çok miktarda can kaybına sebep olmuştur.

Adıyaman Grand Isias Otel'de spor müsabakası sebebiyle konaklayan Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Mağusa Türk Maarif Koleji ortaokul öğrencileri, öğretmenleri ve velilerinden oluşan 35 kişi ve otelde eğitim amaçlı bulunan Turist Rehberleri Birliği üyeleri otelin deprem sebebiyle yıkılması sonucu canlarını kaybetmiştir. Grand Isias Otel'de konaklayan ve toplamda 72 kişinin ölümüne sebep olan olay ülkemizde kapanması mümkün olmayan derin yaralar açmış ve sosyal bir travmaya sebep olmuştur.

Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (KTMMOB), İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) toplumsal sorumluluğu olduğunu düşündüğü bu konuda toplumumuza Grand Isias Otel'in yıkılmasının sebeplerinin tarafsız ve doğru bir şekilde açıklamak amacıyla 11 Şubat 2023 tarihinde saha incelemesi yapmıştır. 10 saatlik zorlu bir yolculuğun ardından enkaz alanına ulaşan ekip raporun oluşması için gerekli olan tüm verileri enkaz alanından toplayarak gerekli incelemelerini tamamlamış ve bu raporu oluşturmuştur.

Raporda enkaz alanında edinilen bilgiler ve alınan numune sonuçları ışığında otelin yıkılma sebepleri derinlemesine incelenmiş ve göçmeye sebep olan kusurlar objektif delilleri ile birlikte sunulmuştur. Ayrıca raporun oluşmasında İnşaat Mühendisleri Odası bünyesinde bulunan ve ülkemizdeki üniversitelerin akademisyenlerinden oluşan akademik kurulun da katkıları olmuştur.

Gerek ülkemizin gerekse de Türkiye'nin bir deprem kuşağı üzerinde yer aldığını unutmamak gerekir. Depremi durdurmamız olanaksızdır ancak yaratacağı kayıpları azaltmak elimizdedir. Bu nedenle, deprem riskini kabul edip çağdaş afet yönetimi anlayışıyla hazırlık çalışmalarını hızlandırmalı ve riskleri azaltmaya daha fazla emek harcamalıyız. Daha önce de birçok kez belirttiğimiz gibi depremin değil sağlıksız olarak inşa edilen yapıların ölüme sebep olduğu yaşanan bu elim hadise ile bir kez daha gün yüzüne çıkmıştır. Depremde can kayıplarının bir kez daha yaşanmaması için meslek odamızın sorumluluğu olan tüm alanlarda mücadelemizi sürdüreceğimizi belirtmek isteriz.

Bu raporun hazırlanmasında katkısı bulunan ekibe ve Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, İnşaat Mühendisleri Odası akademik kurulunda bulunan akademisyenlerimize çok teşekkür ederim.

Saygılarımla,

İnşaat Mühendisleri Odası

45. Dönem Yönetim Kurulu (a)

Gürkan YAĞCIOĞLU

Başkan

1- GİRİŞ

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinde Mw: 7,8 büyüklüğünde ve yaklaşık 9 saat sonra ise Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde Mw: 7,5 büyüklüğünde iki büyük deprem meydana gelmiştir (USGS, 2023). Oluşan depremler, Doğu Anadolu Fay Hattı üzerinde bulunan 11 ildeki birçok binanın yıkılmasına veya ağır hasar almasına neden olmuştur. Meydana gelen depremde Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin (KKTC) Gazimağusa ilçesinde bulunan, Gazimağusa Türk Marif Koleji (GMTMK) kız ve erkek voleybol takımlarındaki sporcular, öğretmenleri ve ailelerinden oluşan 35 kişilik grup Adıyaman ilçesindeki Grand Isias Otel'in yıkılması sonucunda hayatlarını kaybetmişlerdir.

Yıkılan Grand Isias Otel'in enkazına Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (KTMMOB), İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) 11 Şubat 2023 tarihinde 3 kişilik uzman ekiple giderek enkaz inceleme ve numune alma çalışması yapmıştır. Enkaz alanında yapılan gözlemlerde, binanın göçme şekli, sınır komşularına olan uzaklıkları, taşıyıcı sistem tipi ve taşıyıcı sistem elemanları incelenmiştir.

Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan ilk gözlemlerde betonarme yapıda kullanılan çelik çubukların (donatı) düz yüzeyli ve nervürlü yüzeyli yuvarlak kesitli çubuklar olduğu ve beton içerisinde kullanılan iri agregaların (çakıl) ise dere/deniz malzemesi olduğu tespit edilmiştir. KTMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Mehmet Göze (Asi) Yapı Malzemeleri ve Zemin Mekaniği Laboratuvarı tarafından 6 adet karot (beton numunesi), 8 adet çelik çubuk (4 adet nervürlü yüzeyli, 3 adet düz yüzeyli ve 1 adet kaynaklı) ve incelenmek üzere beton yapımında kullanılan iri agregalardan örnekler alınmıştır.

Yapı taşıyıcı sistemini seçerken, yapının ne amaçla kullanılacağı ve yapıya etkiyecek yük grupları iyi değerlendirilmelidir. Taşıyıcı sistem inşa edilirken başlangıçtan itibaren kendi ağırlığını taşımaya başlar. Sabit yüklerin üzerine gelen düşey hareketli yükler de benzer özelliğe sahiptir. Hareketli yükün taşıyıcı sisteme etkimesi, ani değil belirli bir süre içinde gerçekleşir. Rüzgar ve özellikle deprem yükleri gibi yatay yükler ise, çok kısa zamanda etkir ve dinamik özellik gösterir. Daha önce herhangi bir yatay yükleme altında kalmayan taşıyıcı sistem kısa bir zamanda önemli bir yatay etki ile zorlanır. Seçilen taşıyıcı sistemin bu zorlamaları karşılaması beklenir. Deprem yönetmeliği ve standartlar binaların bu zorlamaları karşılayabilmesi için birtakım hesap yöntemleri ve minimum koşullar getirmiştir. Yıkılan Grand Isias Otel'in enkaz haline gelmesi konusunda birçok parametre etkin olmakla birlikte, kullanılan malzeme kalitesi, seçilen taşıyıcı sistem tipi, inşa edildiği yıllarda yürürlükte olan yönetmeliklere uygun olarak taşıyıcı sistem elemanlarının inşa edilmemiş olması ve diğer yapım kusurları en belirgin yıkım nedenleri olarak görülmüştür.

Gerek enkaz alanında yapılan gözlemler gerekse laboratuvar test sonuçları göz önünde bulundurulduğunda kullanılan beton kalitesinin yetersiz ve orantısız olması, beton ve çelik donatı çubuğu arasındaki aderansta (beton ile donatı arasındaki kenetlenme özelliği) yetersizlik ve kullanılan çelik donatı çubukların mekanik özelliklerinin standartlara uygun olmaması yapıdaki toplam göçmenin sebepleri arasında olduğu söylenebilir.

2- YÖNETMELİK VE STANDARTLAR

Deprem Yönetmeliği, Türkiye Deprem Bölgeleri haritasıyla belirlenmiş bölgelerde yapılacak bina türü yapıların, depreme dayanıklı olarak inşa edilebilmesi için gereken hesap esasları ile yapım kurallarını, binaların önem derecesi ve yerel zemin koşullarını da dikkate alarak belirleyen yönetmektir. Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı, AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI (AFAD) verilerine göre Türkiye’de, bugüne kadar 1947, 1953, 1961, 1968, 1975, 1998 ve 2007 olmak üzere, deprem yönetmelikleri toplam 7 kez revize edilmiştir. Hazırlanan bu yönetmeliklerde, yapının bulunduğu deprem bölgesi ve zemin özellikleri dikkate alınarak yapıların, depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı için gerekli olan minimum koşullar verilmektedir. Son olarak Türkiye’de Deprem Yönetmeliği, Yönetmelik Hazırlama Komisyonu ve alt çalışma grubu üyeleriyle birlikte yürütülen çalışmalar neticesinde güncellenerek 18 Mart 2018 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanmış ve 1 Ocak 2019 tarihinde de yürürlüğe girerek günümüze kadar gelmiştir (AFAD, T.Y.).

Yapılan araştırmalar neticesinde Grand Isias Otel’in projeleri ve yapım yılı ile ilgili resmi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Yapım yılı ile ilgili olarak ulaşılan resmi olmayan bilgilerde binanın ilk olarak 1990’lı yıllar içerisinde inşaatına başlandığı yönündedir. Bu doğrultuda, Grand Isias Otel’in enkaz alanında yapılan gözlemlerin değerlendirmeleri ve bulguların karşılaştırmaları 1975 yılında yürürlüğe giren ‘AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK’ esas alınarak yapılmıştır.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından hazırlanan standartlarda inşaat aşamalarında kullanılan yapısal malzemelerin içeriği, bu malzemelerden numune alma yöntemleri ve numunelerin test edilmesi ile ilgili bazı koşullar getirilmiştir. Bu bağlamda, Grand Isias Otel’in enkaz alanından alınan numuneler, laboratuvar ortamında yapılan testler ve bu test sonuçlarının değerlendirilmeleri ve bulguların karşılaştırmaları ilgili Türk Standartlarına (TS) göre yapılmış ve tüm bu aşamaların yapıldığı standartlar aşağıda özet olarak verilmiştir.

-TS 708: Çelik-Betonarme için-Donatı çeliği (Ocak 1969, Mart 1996, Mart 2016)

-TS 500: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları (Nisan 1984, Şubat 2000)

-TS 802: Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları (Ocak 1985, Haziran 2009, Mart 2016)

-TS EN 12504-1: Beton-Yapıda beton deneyleri-Bölüm 1: Karot alma, muayene ve basınç dayanımının tayini (Eylül 2019)

-TS EN 12390-3: Beton- Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini (Eylül 2019)

-TS EN 13791: Beton basınç dayanımının, yapılar ve ön-dökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini (Eylül 2019)

-TS 13515: Basınç dayanımının yapılar ve ön-dökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini-
TS EN 13791’in uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart (Eylül 2021)

-TS EN ISO 6891-2: Metalik malzemeler-Çekme deneyi-Bölüm 1: Ortam sıcaklığında deney yöntemi (Şubat 2020)

-TS EN ISO 15630-1: Çelik-Betonarme ve ön gerilmeli beton için-Deney yöntemleri-Bölüm 1: Donatı çubukları, halatları ve teli (Nisan 2010)

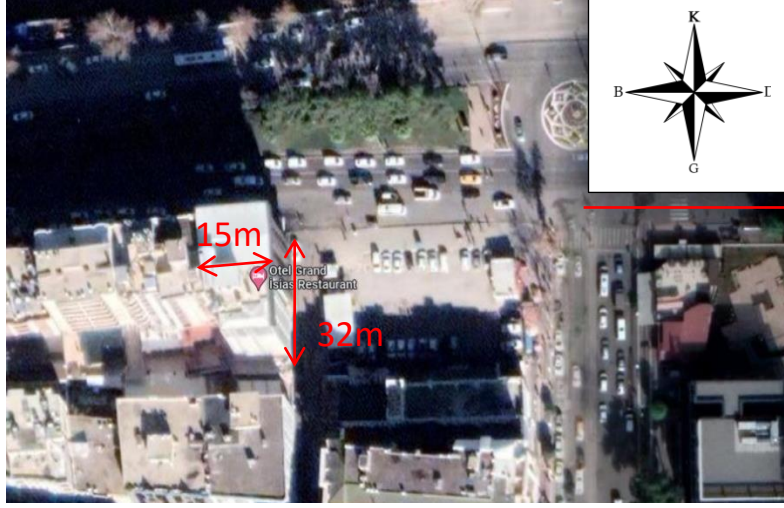
-TS EN 933-4: Agregaların geometrik özellikleri için deneyler-Bölüm 1: Tane şeklinin tayini-Şekil endeksi (Nisan 2009)

3- GRAND ISIAS OTEL BİNASI HAKKINDA BİLGİLER

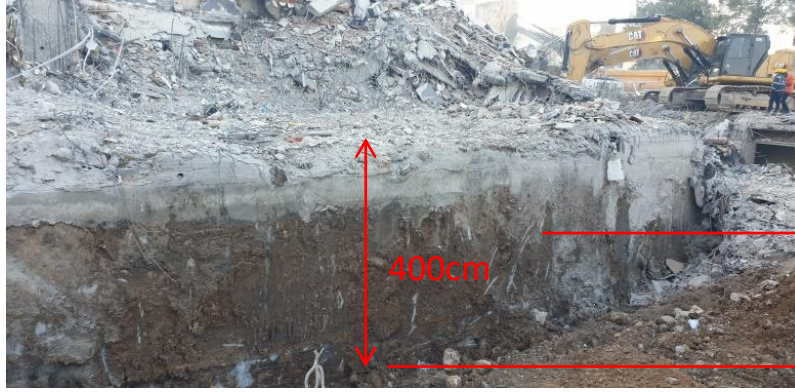
Grand Isias Otel, Türkiye'nin Adıyaman ilinin şehir merkezinde (Hocaömer, Atatürk Bv No:220/A, 02100 Adıyaman Merkez/Adıyaman, Türkiye) bulunmaktadır. Resim 1'de binanın göçme öncesindeki durumu görülmektedir (Bookeder.com, T.Y.). Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan ilk incelemelerde binanın arazi içerisindeki konumu, sınır komşuları ile arasındaki mesafeler ve taşıyıcı sistem tipi incelenmiştir. Yapının batı yönünde ve güney yönünde bitişik yapılar olduğu gözlemlenmiştir. Bu yapılar ile Grand Isias Otel arasında dilatasyon boşluğu bulunmaktadır. Batı tarafındaki bina yüksekliği yaklaşık olarak otel ile aynı yüksekliğe sahipken, güney bitişikindeki bina tek katlı bir yapıdır. İncelemelerde binanın doğu-batı istikameti (caddeye bakan genişliği) ölçüsü yaklaşık 15 m, kuzey-güney istikameti (arkaya doğru uzunluğu) ölçüsü ise yaklaşık 32 m olarak ölçülmüştür (Resim 2). Yaşanan deprem sonrası göçen binanın betonarme bir yapı olduğu ve binaya ait bir bodrum kat olduğu tespit edilmiştir. Enkaz alanında bulunan iş makineleri yardımı ile binanın temel alt kotuna kadar kazı yapılarak temel üst kotundan bodrum kat döşemesi üst kotuna olan yüksekliğinin 400 cm olduğu tespit edilmiştir (Resim 3). Temel yüksekliği ise 75 cm olarak ölçülmüştür (Resim 4). Temel sistemi bodrum kat betonarme perde duvar elemanlarının dış yüzeyleri ile aynı yüzeye sahip olacak şekilde inşa edilmiştir.



Resim 1: Göçme Öncesi Grand Isias Otel Dış Görünüşü



Resim 2: Grand Isias Otele Ait Genişlik ve Uzunluk Ölçüleri



Resim 3: Grand Isias Otele Ait Betonarme Bodrum Kat Seviyesi



Resim 4: Grand Isias Otele Ait Temel Yüksekliği

4- BETONARME MALZEMENİN İNCELENMESİ

Grand Isias Otel'in enkazında yapılan çalışmalarda yapıda kullanılan beton, betonarme donatı çeliği ve iri agregadan numune alınması, numunelerin laboratuvar sonuçları ve betonarmede kullanılan malzemelerin yerinde incelenmesi bu bölümde detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

4.1- Enkaz Alanından Numune Alma

Grand Isias Otel'in enkaz alanındaki hasar görmemiş betonarme elemanlardan KTMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Mehmet Göze (Asi) Yapı Malzemeleri ve Zemin Mekaniği Laboratuvarı teknik personeli tarafından karot örnekleri alınmıştır. Karot örnekleri alınmadan önce betonarme eleman içerisindeki donatılar, donatı tespit cihazı ile belirlenip karot numunesinin donatılar arasından alınması sağlanmıştır (Resim 5). TS EN 12504-1 standardına uygun olarak alınan karot numune örnekleri ile ilgili detaylı bilgi Tablo 1'de, zemin kat kolonlarından ve bodrum kat perdesinden alınan karot numune örnekleri ile ilgili resimler ise Resim 6'da gösterilmiştir.



Resim 5: Grand Isias Otel Enkazında Bodrum Kat Perdesinden Numune Almadan Önce Yapılan Donatı Okuma İşlemi

Tablo 1: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Karot Örnekleri

Karot No	Karot Çapı (mm)	Numune Alınan Yapı Elemanı	Alınma Yönü (Beton Döküm yönüne göre)	Alınma Şekli
1	94	Kolon	Dikey	Sulu Kesim
2		Kiriş		
3		Kolon		
4		Bodrum kat Perde		
5		Zemin kat Kolon 1		
6		Zemin kat Kolon 2		



6-A: 4 Numaralı Numunenin Alınma Aşaması



6-B: Numune No: 4 /Bodrum Kat Perde



6-C: Numune No: 6 /Zemin Kat Kolon 2

6-D: Numune No: 5 /Zemin Kat Kolon 1

Resim 6: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Karot Örneklerinin Yerleri

Ayrıca Laboratuvar teknik personeli tarafından betonarmede kullanılan ve zarar görmemiş çelik donatı çubuklarından (nervürlü ve düz yüzeyle) ve beton içerisinde kullanılan iri agregadan numuneler alınmıştır (Resim 7).



7-A: Örnek Çelik Donatı Çubuğu Alınma Aşaması



7-B: Farklı Ebatlardaki İri Agregata Örnekleri

Resim 7: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Çelik Donatı Çubuğu ve İri Agregata Örnekleri

4.2- Laboratuvar Çalışması

Grand Isias Otel'in enkaz alanından alınan tüm numuneler işaretlenerek taşıma esnasında herhangi bir zarar görmemesi için esnek ve şeffaf paketleme malzemesi ile sarılarak ambalajlanmış ve KTMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Mehmet Göze (Asi) Yapı Malzemeleri ve Zemin Mekaniği Laboratuvarına ulaştırılmıştır (Resim 8-9).



8-A: Karot Örnekleri



8-B: Çelik Çubuk Örnekleri

Resim 8: Grand Isias Otel Enkazından Alınıp Laboratuvara Getirilen Ambalajlanmış Numuneler



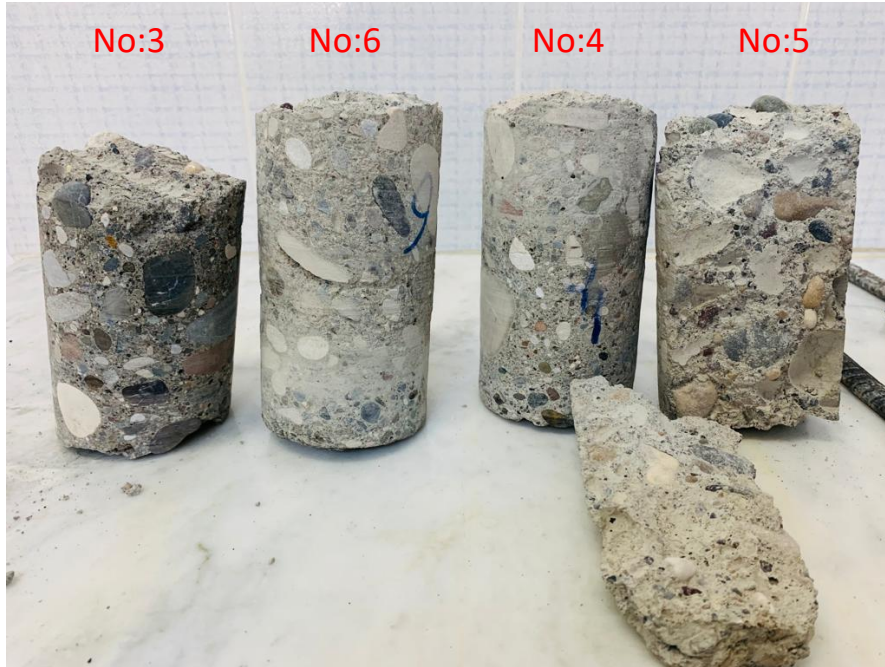
9-A: Ambalajlarından Çıkarılan Çelik Çubuk Örnekleri



9-B: İri Agrega Örnekleri

Resim 9: Grand Isias Otel Enkazından Alınıp Laboratuvara Getirilen Numuneler

Alınan karot numunelerinden 5 numaralı karot numunesi yerinden çıkarıldıktan hemen sonra dikey yönde ikiye ayrıldığından dolayı deneye tabi tutulamamıştır (Resim 10-No:5). 3, 4 ve 6 numaralı numunelere TS EN 12390-3 standardına göre beton basınç dayanımı tayini 22 Şubat 2023 tarihinde 149 numaralı tasdik memuru Harper Şahoğlu huzurunda yapılmıştır (Resim 11-12).



Resim 10: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Karot Numuneler



11-A: 6 Numaralı Karot



11-B: 3 Numaralı Karot

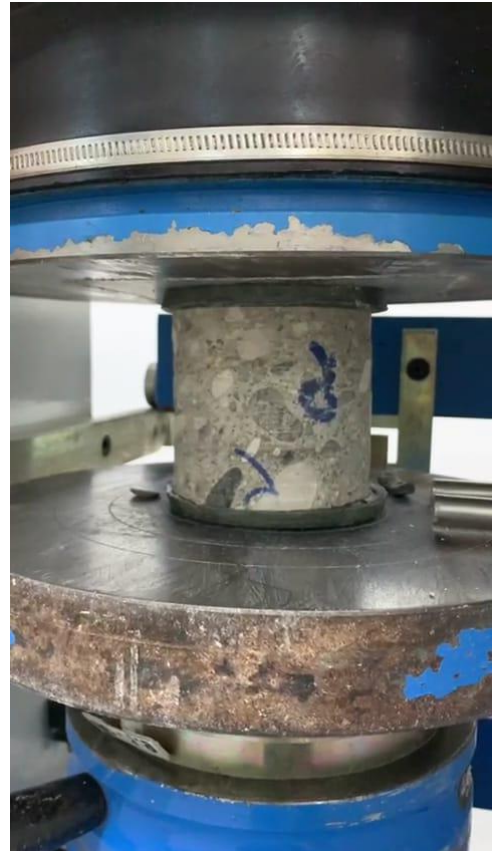
Resim 11: Grand Isias Otel Enkazından Alınan ve Deney İçin Hazırlık Aşamasında Olan Karot Numuneler



12-A: Deney için Hazırlanan Karot Numuneler



12-C: Deney Sonrası Numune



12-B: Deney Aşamasındaki Numune

Resim 12: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Karot Numunelerin Deney Aşamaları

2 adet düz yüzeyle ve 2 adet nervürlü yüzeyle betonarme çelik çubuk numunelerine ise TS EN ISO 6892-1 standardına göre çekme deneyi yine 22 Şubat 2023 tarihinde 149 numaralı tasdik memuru Harper Şahoğlu huzurunda yapılmıştır (Resim 13). Geriye kalan 2 adet karot numunesi (1 ve 2 numaralı) ile 3 adet çelik çubuk numunesi şahit numune olarak ayrılmıştır.



Resim 13: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Çelik Çubukların Deney Aşamaları

İri agrega örneklerine ise doğrusal ölçüm yöntemi kullanılarak boyut ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçüm çalışması Resim 14'te gösterildiği gibidir.



Resim 14: Grand Isias Otel Enkazından Alınan İri Agregaların Deney Aşamaları

Enkaz alanında yapılan gözlemlerde betonarme donatı çeliği olarak kullanılan çelik çubukların kaynak ile birleştirildiği gözlemlenmiştir (Resim 15-A/B). İncelenmek üzere kaynaklı yerlerden numune alınmıştır. Deprem bölgelerinde yapılacak binalarda bu uygulamanın kullanılması ile ilgili herhangi bir kısıtlama olmamakla birlikte kaynağın tipi, çeliğin içeriği (demirin karbon alaşımı) ve birleştirilecek çubuklar arasındaki bindirme uzunluğu ile ilgili kurallar bulunmaktadır. Kaynaklı birleşimden alınan çelik çubuk örneği üzerinde yapılan incelemelerde kaynak tipi ve bindirme boyunun TS 708 standardına göre uygun olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca birleştirilen çelik çubuğun tek taraflı kaynak yapıldığı gözlemlenmiştir (Resim 15-C/D).



15-A: Kaynaklı Donatı Çeliği 1



15-B: Kaynaklı Donatı Çeliği 2



15-C: Kaynaklı Yüzey



15-D: Kaynaksız Yüzey

Resim 15: Grand Isias Otel Enkazından Alınan Kaynaklı Donatı Çeliği Örneği

4.3- Laboratuvar Sonuçları

Beton karot sonuçları Tablo 2’de, çelik çubuk deney sonuçları Tablo 3’de, betonda kullanılan iri agregalarda yapılan doğrusal ölçüm sonuçları ise Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 2: Karot Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Num./no:	Numunenin Alındığı Yer /Eleman Adı	Karot Numune Ebatı (çap x boy) (mm)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Kırım Kuvveti (kN)	Karot Basınç Dayanımı <i>f</i> _{is} (MPa)	Düzeltilmiş Karot Dayanımı (Eşdeğer silindir) <i>f</i> _{is, sil, düzeltilmiş} (MPa)
3	Kolon	94x94	2430	136,78	19,7	16,5
4	Bodrum kat Perde	94x94	2310	109,37	15,8	13,2
6	Zemin kat Kolon	94x94	2360	52,81	7,6	6,4

Tablo 2’deki karot basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde yapıda 16,5 MPa, 13,2 MPa ve 6,4 MPa değerlerinde farklı basınç dayanımlarına ait beton kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu değerlere göre yapıda ortalama basınç dayanımı 12 MPa (N/mm^2), olduğu belirlenmiştir. 1975 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği ‘AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK’ kurallarına bakıldığında madde 6.6.3’e göre yapılarda kullanılacak betonun en düşük basınç dayanım değerinin B 160 (14 MPa) olması gerektiği belirtilmektedir. Testleri yapılan beton numunelerin ortalama basınç dayanımlarının 1975 deprem yönetmeliğine göre kullanılacak en düşük beton basınç dayanımının altında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3: Çelik Çubuk Çekme Deneyi Sonuçları

Num./no:	Numune anma çapı (mm)	Numune ilk boyu L ₀ (mm)	Numunenin kopmadan sonraki boyu L ₁ (mm)	Akma dayanımı R _{eH} (N/mm ²)	Çekme dayanımı R _m (N/mm ²)	Uygulanan maksimum kuvvet F _{max} (kN)	Çekme Dayanımı/Akma Dayanımını oranı R _m /R _{eH}	Kopma Uzaması A(%)
1*	16	80	111,44	278	401	80,62	1,44	39,3
2*	16	80	114,17	260	377	75,80	1,45	42,7
3*	14	70	91,22	379	598	92,12	1,58	30,3
4*	16	80	105,96	325	515	103,61	1,58	32,5

*1 ve 2 numaralı numuneler düz yüzeyli, 3 ve 4 numaralı numuneler nervürlü yüzeyli numunelerdir.

Tablo 3’teki betonarme çelik çubuk çekme deneyi sonuçları incelendiğinde ise düz yüzeyli çelik çubukların mekanik özelliklerinin ilgili ürün standardına uygun olduğu fakat nervürlü çelik çubukların standarda uygun olmadığı görülmektedir. TS 708’de belirtildiği üzere düz yüzeye sahip betonarme çelik çubuklar için minimum akma dayanımı 220 MPa (N/mm^2), çekme dayanımı ise en az 340 MPa olmalıdır. Nervürlü yüzeye sahip betonarme çelik çubuklarda ise minimum akma dayanımı 420 MPa, çekme dayanımı ise en az 500 MPa olmalıdır. Bu sonuçlara göre nervürlü yüzeye sahip çelik çubukların akma dayanımları (379 MPa ve 325 MPa) 420 MPa değerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4: İri Agregaya Boyut Ölçüm Sonuçları

Numune No.	Agrega tane uzunluğu (mm)	Agrega tane kalınlığı (mm)	Agrega tane uzunluğunun tane kalınlığına oranı
1	71,49	15,98	4,47
2	49,84	13,66	3,65
3	52,48	12,77	4,10
4	61,87	14,18	4,36
5	53,11	12,98	4,09

Grand Isias Otel yapımında kullanılan iri agregaya doğal, yassı agregadır. Doğal agregalar, nehir yatakları, eski buzul yatakları, deniz ve göl kenarları, taş ocakları gibi doğal kaynaklardan elde edilmiş fakat kırma, eleklerden eleyerek değişik tane boyu sınıflarına ayırma ve yıkama işlemleri dışında, doğadaki yapılarında değişiklik yaratacak hiçbir işlem uygulanmamış olan agregalardır. Yassı agregaya, iki boyutu geniş fakat yüksekliği az olan şekle sahiptir. Yassı taneler, beton agregaları için “şekilce kusurlu” taneler olarak adlandırılmaktadır (Erdoğan, 2003). Bu tipteki agregalar genellikle yuvarlak köşelidir ve üzerinde keskin çıkıntılar (kırma taş gibi) yer almamaktadır. Şekilce kusurlu taneler beton dayanımının daha az olmasına neden olmaktadır (Topçu & Uygunoğlu, 2021). Doğal agregalarla ilgili bir diğer önemli husus ise genellikle yüzeylerinin düz olmalarıdır. Bu nedenle çimento hamuru (çimento+su) ile agregaya arasındaki bağ olumsuz etkilenebilmektedir. Beton karışımında çimento hamuru agregaya tanelerinin yüzeyini kaplamaktadır ve farklı iki malzemenin birbirine kenetlenmesi (aderans) için bu birleşim çok önemlidir. Yapının deprem gibi yatay yükler altında yer değiştirme (deplasman) hareketi esnasında düz yüzeyli agregalar çimento hamuru ile agregaya arasındaki aderans etkisini düşürmektedir.

Tablo 4’teki iri agregaya boyut ölçüm sonuçlarına göre betonda kullanılan iri agregaların şekil endekslerinin uygun olmadığı ve beton için kullanılmaya uygun bir agregaya şeklinde olmadıkları belirlenmiştir. TS EN 933-4 standardında tarif edildiği şekilde beton agregalarında agregaya tane uzunluğu, kalınlığının 3 katını geçmemelidir. Tablo 4 incelendiğinde agregaya tane uzunluğunun tane kalınlığına oranının tüm numunelerde 3 değerinin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.

İri agregaya boyutları, beton içerisinde belirli değerlerin arasında ve farklı boyutlarda olmalıdır. Agregaya tanelerinin değişik boyutlarda olması, sabit bir hacim içerisinde yer alan agregaya taneleri arasında daha az boşluk bulunmasına (doluluk oranının artmasına) yol açmaktadır. Granülometre (agregaya yığınının tane büyüklüğüne göre dizilişi), betonun işlenebilirliği (kalıba yerleştirilmesi), geçirimsizliği, büzülmesi (rötre) ve sünmesi gibi özelliklerini doğrudan, dayanımını ise dolaylı olarak etkilemektedir. İyi bir gradasyona sahip ve yoğunluğu yüksek olan agregalarla yapılan beton, daha yüksek dayanıma sahip bir beton olmaktadır. Birçok araştırmacının beton üzerinde yaptıkları araştırmaların sonuçları, maksimum tane büyüklüğü için en uygun boyutun 25 mm olduğunu ve maksimum tane büyüklüğünün yaklaşık 40 mm’den büyük olmaması gerektiğini belirtmektedir (Erdoğan, 2003). Maksimum tane boyutunun 40 mm’den daha büyük olması durumunda beton dayanımı olumsuz etkilenebilmektedir. Donatılar arasından geçemeyecek ve homojen ve tutarlı bir malzeme yerine, çimento harcı (su+çimento+kum) ile iri agregaya ayrışacak, dolayısı ile heterojen bir yapının oluşmasına neden olacaktır.

4.4- Betonarmede Kullanılan Malzemelerin Saha Gözlemleri

Betonarme; Betonun çekme dayanımının düşük olmasından dolayı, beton içerisine çelik eklenerek beton ve çeliğin birlikte çalıştığı dayanıklı yapılara denir. Betonda aranan özelliklerin elde edilebilmesi için bileşime giren kum, çakıl, çimento ve suyun amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Betonda aranan en önemli özellik, genellikle basınç dayanımıdır. Betonun çekme dayanımı düşük olduğundan, çekme bölgesindeki gerilmeleri karşılamak üzere çelik çubuklar yerleştirilir. Betonarmede donatı olarak genellikle yuvarlak kesitli çubuklar kullanılır. Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan gözlemlerde betonarme yapıda kullanılan çubukların düz yüzeyli ve nervürlü yuvarlak kesitli çubuklar olduğu gözlemlenmiştir. Nervürlü donatı yüzeyinde imalat sırasında yapılan çıkıntılar (nervürler), beton ve donatının birbirine daha iyi kenetlenmesini sağlar. Nervürlü yüzeye sahip betonarme çelik çubukların bazılarının üzerinde gözlemlenen markalama işaretleri incelendiğinde yapının bulunduğu ülkedeki standartlarda (TS 708) tanımlı olmayan betonarme çelik çubuk cinsi olduğu belirlenmiştir (Resim 16). Bu gözlemler, laboratuvarında yapılan çelik çekme deneyi sonrasında elde edilen sonuçlar ile desteklenmiştir.



Resim 16: Grand Isias Otel Enkazında Tespit Edilen Nervürlü Çelik Çubuk Üzerindeki Markalama İşareti

Taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılan beton malzemesi görsel olarak incelenmiş ve bazı kusurlar olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak, iyi kalitede ve kullanılabilir kıvamda beton yapılabilmesi için kullanılan kum ve çakıldaki çeşitli tane çaplarının beton karışımı içinde belirli oranlarda bulunması gerekir. Başka bir deyişle, kum ve çakıl karışımının granülometrik dağılımı belli sınırlar içinde kalmalıdır. Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan gözlem ve ölçümlerde, beton içerisinde kullanılan iri agregaların deniz/dere malzemesi olduğu ve kullanılan en büyük tane büyüklüğünün standartlarda belirtilen sınır değerinin çok üzerinde olduğu (89 mm ve 45 mm) saptanmıştır (Resim 17). Bu gözlemler, laboratuvarında yapılan agrega boyut ölçümü sonrasında elde edilen sonuçlar ile desteklenmiştir. Enkaz alanındaki yapı elemanlarının ebatları ve donatıların birbirinden uzaklıkları incelendiğinde bahse konu binada beton içerisinde kullanılacak en büyük tane boyutunun 31,5 mm olması gerektiği hesaplanmıştır. Beton yüzeyler üzerinde yapılan incelemede ise agrega granülometresinin uygun olmadığı gözlemlenmiş ve aynı zamanda beton içerisinde bulunmaması gereken toprak parçaları tespit edilmiştir (Resim 18).



17-A: 45mm Büyüklüğünde Agreg



17-A: 89mm Büyüklüğünde Agreg

Resim 17: Grand Isias Otel Enkazındaki Beton İçerisindeki En Büyük Tane Büyüklüğü Ölçümleri



Resim 18: Grand Isias Otel Enkazındaki Kolon Betonu İçerisinde Gözlemlenen Toprak Parçası

Beton ile donatı, meydana gelen deprem etkisi sebebiyle şekil değiştirirler ve bu sırada iki malzeme arasında gerilmelerin geçişi meydana gelir. Arada sıyrılmadan bu tür gerilme geçişinin sorunsuz sağlanabilmesinde aderans çok önemlidir. Çimento hamuru ile agrega karışımından oluşan beton ve beton ile donatı arasındaki kenetlenme özelliğinin zayıf olması, betonarme yapı elemanlarının

deprem etkisi altında beklenen davranışı sergilemesinde önemli bir olumsuzluk yaratmaktadır. Grand İsis Otel enkazında yapılan gözlemlerde gerek agrega tipi gerekse de yetersiz çimento hamuru sebebiyle beton agregalarının kolaylıkla beton içerisinden ayrıldığı, ayrıca beton ile donatı arasında yeterli aderans sağlanmadığı tespit edilmiştir.

Betonun karıştırılması, taşınması ve yerleştirilmesi sırasında malzemede ayrışım (segregasyon) olmamasına dikkat edilir. Zemin katta bulunan kolon elemanının beton yapısı incelendiğinde betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması konusunda uygunsuzluklar tespit edilmiştir. Agregaların çevresinde bulunan boşlukların (Resim 19-A/B) yanında büyük çaplı boşluklar (Resim 19-B) gözlemlenmiştir. Resim 19-B’den görüleceği üzere yapının zemin kat kolonunda bulunan betonarme donatı çeliğinde ciddi oranda korozyon (paslanma) olduğu tespit edilmiştir. Korozyon sebebiyle nervürlü donatı çeliğinin çap kaybına uğradığı ve nervürlerin özelliklerini kaybetme noktasına gelerek düz donatı özelliğine doğru geçmekte olduğu belirlenmiştir. Donatı çeliğinde meydana gelen çap kayıpları ve betonda tespit edilen diğer bulgular yapının taşıyıcılığını olumsuz yönde etkilemiştir. Bu olumsuz etkiler, Grand İsis Otel’in deprem anında oluşan gerilmeleri kaldıramayacak duruma geldiğini ve yapının deprem anında çökmesinin bir nedeni olduğu söylenebilir.



19-A: Betonda Ayrışma

19-B: Betonda Ayrışma, Büyük Çaplı Boşluk ve Korozyon

Resim 19: Grand İsis Otel Enkazındaki Kolonlarda Beton İçerisindeki Tespit Edilen Ayrışma, Büyük Boşluklar ve Korozyona Uğramış Çelik Çubuklar

5- TAŞIYICI SİSTEM İÇİN YAPILAN TEKNİK İNCELEME VE GÖZLEMLER

Grand Isias Otel'in enkaz alanında betonarme taşıyıcı sistem elemanları ile ilgili olarak yapılan teknik inceleme ve gözlemler neticesinde binaya ait ciddi sayılabilecek uygunsuzluklar tespit edilmiştir. Bu uygunsuzlukların deprem yönetmeliğinin öngördüğü yapım kurallarına uzak olduğu saptanmıştır.

5.1- Beton Örtüsü Etkisi

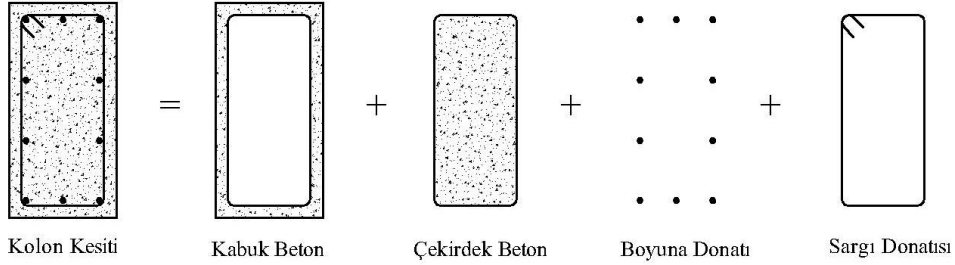
Beton dış yüzü ile donatı çubukları arasında "pas payı" , "beton örtüsü" veya "kabuk beton" olarak adlandırılan bir beton tabakası bulundurulması gerekmektedir. Bu örtü tabakasının başlıca üç işlevi vardır; donatı ile beton arasındaki kenetlenmeyi sağlamak, donatıyı paslanmadan korumak ve donatıyı yangın etkisinden korumak (Celep, 2020). Betonarme kesitin gelen yüklere göre performansını sergileyebilmesi için, kesitte beton ve donatının beraber şekil değiştirme yapması gerekir. Donatıda meydana gelecek çekme kuvveti etkisinin betona iletilmesi için beton ile donatı arasında aderansa ihtiyaç vardır. Bu sebepten donatı çubuklarının betonla sarılması önemlidir. Yeterli dış beton örtüsünün olmaması aderansı azaltır. Bu nedenle beton örtüsü tabakasının büyük önemi vardır. Donatıyı su ve yangın gibi çevresel koşulların etkisinden korumak ve donatının paslanmasını önlemek beton örtüsünün bir diğer özelliğidir. Grand Isias Otel enkazında gözlemlenen ve Resim 20'de gösterilen taşıyıcı kolon elemanının bazı bölümlerinde beton örtüsü görülmemiştir. Kolon elemanı detaylı incelendiğinde aynı kesit içerisinde boyuna donatılarda iki farklı özelliğe sahip donatı malzemesinin (nervürlü ve düz yüzeyle donatı) kullanıldığı görülmüştür. Aynı kesit içerisinde farklı özellikte donatı malzemesi kullanılması, donatıların farklı mekanik özellikleri nedeni ile elemanda farklı gerilmelerin oluşmasına ve bu gerilmeler neticesinde hesaba katılmayan eleman davranışlarının oluşmasına neden olabilmektedir.



Resim 20: Grand Isias Otel Enkazında Tespit Edilen Kusurlu Beton Örtüsü Örneği

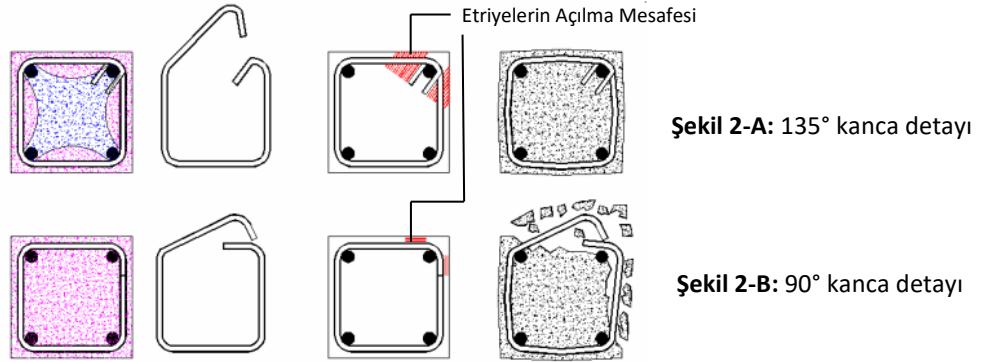
5.2- Sargı Donatısı Etkisi

Betonarme kolon elemanların birçoğunda boyuna donatıyı çepeçevre saran, enine donatı bulundurulmaktadır. İçerisinde kalan ve çekirdek alanı olarak adlandırılan betonu sardığından dolayı bu tür donatıya “sargı donatısı” da denilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Örnek Kolon Kesiti Detayı

Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan gözlem ve incelemelerde enine donatının dikdörtgen veya kare şeklindeki sargı donatısından (etriyelerden) oluştuğu gözlemlenmiştir. Dikdörtgen tipi etriyelerde kenetlenme, etriye ucundaki 135° kancalarla sağlanmaktadır. İlke olarak kenetlenme, çekirdek betonda oluşturulmalıdır (Şekil 2-A). Kabuk betonda kenetlenme sağlanamaz, çünkü kabuk beton deprem etkisi ile artan yükler altına ezilip dağılmaya başlamaktadır. Bu nedenle etriye uçlarının şekli 2-B'de gösterildiği gibi 90° bükülerek yerleştirilmesi, gerekli sargı etkisini sağlayamayacaktır. Bu durumda kenetlenme kabuk betonda kaldığından, kabuğun ezilmesi ile etriye açılacak ve sargı etkisi oluşmayacaktır.



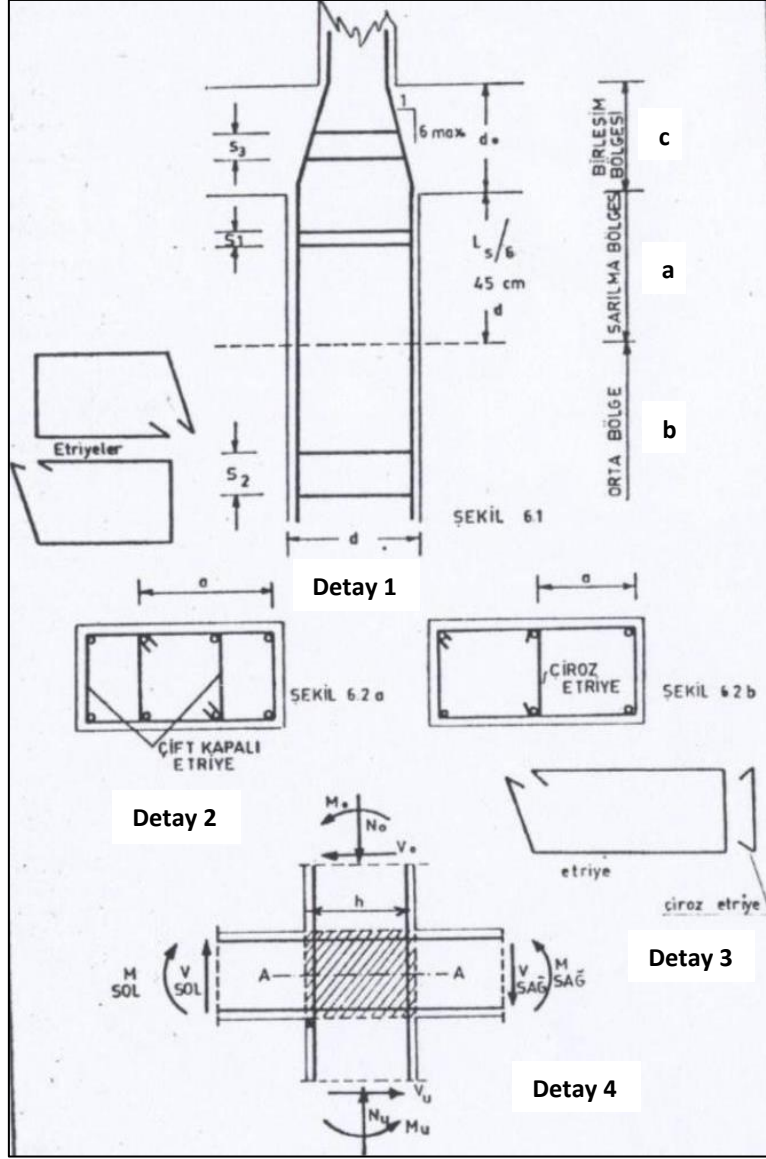
Şekil 2: Örnek Etriye Kanca Detayı

5.2.1- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975) Kolon-Kiriş Sarılma Bölgelerinde Aranan Sargı Donatısı Koşulları

Afet Bölgelerine Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975) günümüz modern yönetmeliklerine yakın bir yönetmelik olarak hazırlanmıştır. Özellikle hazırlandığı döneme göre deprem hesabı ve buna bağlı olarak verilen tasarım koşulları oldukça iyi tahmin edilmiştir. Yönetmelikte betonarme elemanların tasarımına önemli oranda yer verilmiştir. Betonarme elemanların boyut ve donatılarına dair hazırlanan sınır değerler günümüz deprem yönetmeliklerine yakın değerler olduğu söylenebilir. Bu yönetmelikte kolon-kiriş birleşim bölgelerine önem verilmiş ve sarılma bölgelerinin uzunlukları ve koşulları detaylandırılmıştır.

1- Kolonlar

1975 deprem yönetmeliği (madde 6.6.5) kolonları enine donatı aralığı bakımından, (a) kolon sarılma bölgesi, (b) kolon orta bölgesi ve (c) kolon-kiriş birleşim bölgesi olarak üç bölüme ayırmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Kolon Sarılma Bölgeleri

(a) Kolon Sarılma Bölgesi (madde 6.6.5.1):

Her kolonun alt ve üst uçlarında, betonun sıkıca sarılmasını sağlamak ve böylece normal, kayma ve eğilme gerilmeleri altında gevrek bir şekilde aniden kırılmasını önlemek amacı ile uygulanır. Burada a = mesnetlenmiş en büyük etriye kenar boyu, s = etriye aralığıdır. Sarılma bölgesinde enine donatı aralığı 10 cm'den fazla ve 5 cm'den az olamaz. Sarılma bölgelerindeki etriye kancaları, kendi doğrultusu ile 135° açı oluşturmak ve dairesel kısmın ucuna $10d$ kadar doğrusal bir parça bırakmak suretiyle yapılacaktır (Şekil 3-Detay 1). Sarılma bölgelerinde yaşanabilecek kırılma sonrası aşamalarda betonu daha iyi çevreleyen sürekli dikdörtgen etriyeler (çift kapalı etriye) öncelikle kullanılmalıdır (Şekil 3-Detay 2). Etriyelerde mesnetlenmemiş kenar boyu olan " a " yı azaltmak amacı ile özel ara çubuk bağlantılar (çiroz etriye) kullanılmalıdır (Şekil 3-Detay 3).

(b) Kolon Orta Bölgesi (madde 6.6.5.2):

Bu bölgedeki etriye aralıkları, kolon uzun kenarının yarısından, 20 cm'den ya da en küçük boyuna donatı çapının 12 katından fazla olamaz. Bu üç seçenek arasından en küçük değer uygulanmalıdır.

(c) Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi (madde 6.6.5.3):

Kolonların kirişlerle olan birleşim bölgeleri mevcut olabilecek en büyük kesme kuvvetine göre etriyelerle donatılmalıdır. Kolon-kiriş birleşim bölgesi, pozitif kabul edilen yönleri ile deprem, düşey yük ve diğer etkilerden meydana gelen kesit etkileri ile beraber Şekil 3-Detay 4'de gösterilmiştir. Birleşim bölgelerinde birim boya rastlayan etriye miktarı, kolon orta bölgesinde birim boya rastlayan etriye miktarından az olamaz.

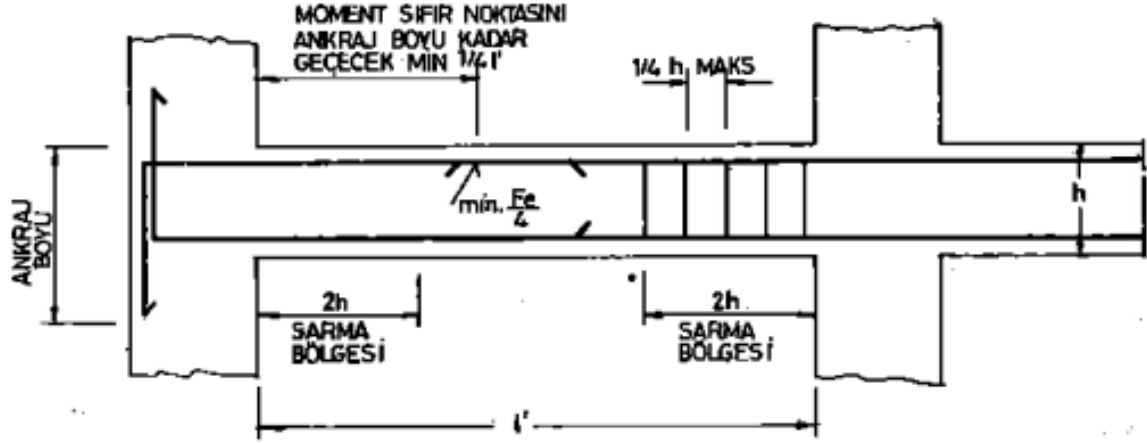
Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan gözlem ve incelemelerde hiçbir taşıyıcı kolon elemanında etriye sıklaştırılmasına rastlanılmamıştır. Resim 21'de enkaz alanında bulunan zemin kat kolon elemanının alt uç bölgesinde (kolon sarılma bölgesi) ölçülen 21 cm aralıklı ve 90° kanca yapılarak yerleştirilen etriyeler görülmektedir. Bu aralıkta ve 135° kanca yapılmadan yerleştirilen etriyenin sargı etkisi oluşturarak gelen deprem yükleri altında gerekli dayanımı sağlaması olanaksızdır. Enkaz alanında yapılan tüm ölçüm ve gözlemlerde taşıyıcı kolon elemanlarının hiçbir bölgesinde 20 cm'den daha düşük ölçüde etriye aralığına ve 135° kanca detayına rastlanmamıştır. Ayrıca yapılan gözlemlerde deprem yönetmeliğinde geçen çift etriye veya çiroz etriyesine hiçbir kolon elemanında rastlanmamış, tüm kolon etriyelerinin tek etriye olduğu gözlemlenmiştir. Birçok kolon elemanında tespit edilen korozyon bazı donatılarda ciddi seviyelere ulaşırken, yeterli mesafede bırakılmayan pas payları da korozyonu hızlandırmış ve kolonlardaki sargı etkisini olumsuz etkilemiştir.



Resim 21: Grand Isias Otel Enkazında Kolonda Ölçülen Etriye Aralığı

2- Kirişler:

1975 deprem yönetmeliğine göre (madde 6.9.8) kirişlerde etriye sıklaştırması Şekil 4’de gösterildiği gibi kirişlerin her iki ucunda kiriş yüksekliğinin en az iki katı uzunluğundaki bir bölgede yapılmalıdır. Kirişlerde etriye sıklaştırma bölgesi hesaplanan bu değerden az olmamalıdır. Ayrıca bu bölge içinde etriye aralığı kiriş faydalı yüksekliğinin dörtte birini geçmemelidir. Kolon yüzünden birinci etriyeye olan uzaklığın 5 cm’den daha fazla olmaması gerektiği belirtilmektedir.



Şekil 4: 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Kiriş Sarılma Bölgeleri

Grand Isias Otel enkazında yapılan incelemelerde kirişlerde kullanılan etriye aralığı Resim 22’den de görülebileceği gibi 15 cm ile 19 cm aralığında ve 90° kanca detayına sahip olup kirişlerin hiçbir bölümünde etriye sıklaştırılmasına rastlanmamıştır. Enkaz alanında yapılan tüm gözlem, ölçüm ve incelemelerde hiçbir kiriş elemanlarında 15 cm’den daha düşük etriye aralığına ve 135° kanca detayına rastlanmamıştır.



Resim 22: Grand Isias Otel Enkazındaki Kiriş Elemanından Ölçülen Etriye Aralığı

5.2.2- Uygun Olmayan Sargı Donatısının Etkileri

1975 deprem yönetmeliği, sargı donatısı olarak kullanılacak etriyelerin, uçlarında oluşturulacak 135°'lik kancalarla kenetlenmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu durumda kanca uçları, kabuk dökülse bile sonraki aşamada sağlam kalan çekirdekte kenetlenmektedir. Grand Isias Otel'in enkaz alanındaki bir başka betonarme taşıyıcı kolon elemanında 90° ile düzenlenip yerleştirilen etriyelerin deprem yükleri altında nasıl açıldığı Resim 23'deki fotoğrafta gösterilmektedir.



Resim 23: Grand Isias Otel Enkazındaki Kolon Elemanının Açılan Etriye Kancaları

Deprem yönetmeliğine uygun yapılmayıp 90°'lik kancalar ile ve yeterli sıklaştırma yapılmadan yerleştirilen etriyeler Resim 23'de gösterildiği gibi deprem etkisi altında uçlarından açılmıştır. Etriyenin aralığı azaldıkça (etriye sıklaştırıldıkça) sargı etkisi artacağından dolayı elemanın sünekliği de artacaktır.

5.2.3- Sargı Donatısının Sünekliğe Etkisi

Süneklik; bir yapının, bir yapı elemanının veya bir kesitin, taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan büyük deformasyon yapabilme yeteneğidir (Ersoy & Özcebe, 2001). Yapı davranışında istenilen performans, deprem yüklerinden kaynaklanan enerjinin tamamını binanın elastik aşamada (taşıyıcı sistemde hasar olmadan) tüketmesi, tüketilemiyorsa ve elastik sınır değeri aşıyorsa plastik masfallaşma aşamasında (taşıyıcı sistemde kontrollü hasar beklenerek) tüketmesi fakat binanın

yıkılmayarak can güvenliğini sağlamasıdır. Kontrollü hasar, taşıyıcı sistemin bütünlüğünü bozmayacak ve toptan göçmeye sebep olmayacak hasar olarak kabul edilir. Bir başka ifade ile kontrollü hasar, taşıyıcı sistemde elastik ötesi davranışının kabul edildiği durumdur (Celep, 2020). Bir kesitin sabit moment (döndürme kuvveti) altında serbestçe dönmesi, o kesitte “plastik mafsal” oluşması olarak adlandırılmaktadır. Plastik mafsal, bir kapının veya pencerenin paslanmış menteşesi olarak da görülebilir. Menteşesi paslanmış bir kapı veya pencereyi açmak için nasıl sabit bir moment uygulamak gerekirse, plastik mafsalda da taşıma gücüne eşit olan ve plastik moment (M_p) olarak adlandırılan bir moment uygulamak gerekir (Canbay, Ersoy, Özcebe, Sucuoğlu, & Wasti, 2008).

Plastik mafsalın meydana gelebilmesi için, bu bölgedeki kesitlerin plastik eğrilik kapasitesine sahip olması gerekir. Bu kapasitenin kullanılabilmesi için ortaya çıkan plastik şekil değiştirmelerin kabul edilebilir seviyede kalması gerekir. Oluşan şekil deriştirmelerin kabul edilebilir seviyeyi aşması durumunda ileri düzeyde hasarlar ve buna bağlı göçme meydana gelebilir.

Deprem yükleri etkisi altında, kolon-kiriş birleşim noktası genellikle en kritik zorlanma bölgeleridir ve oluşabilecek mafsallaşmalar bu bölgede oluşmaktadır. Plastik mafsal oluşabilecek kesitlerin süneklik kapasiteleri ise sık yerleştirilmiş etriyelerle artırılabilir. Bu nedenle, bu birleşim bölgelerinin 1975 deprem yönetmeliğinde de belirtildiği gibi etriyelerle çok iyi sargılanması ve böylece hem dayanım ve davranışın iyileştirilmesi hem de beton bütünlüğünün korunması gereklidir. Ancak, Grand Isias Otel’in enkaz alanında yapılan gözlem ve incelemelerde hiçbir taşıyıcı kolon ve kiriş elemanında etriye sıklaştırılmasına rastlanılmamıştır.

Genel olarak sünek davranış gösteren bir yapı göçme konumuna yeterli sayıda plastik mafsal oluşması ile ulaşır. Sünek bir davranış göstermeyen ve taşıyıcı elemanların gevrek bir şekilde aniden kırıldığı yapı sistemlerinde ise göçme hiçbir belirti vermeden çok kısa bir sürede gerçekleşir.

Enkaz alanında yapılan gözlemlerde kolon uçlarında kırılma türü hasarlar gerçekleştiği görülmüştür. Bölüm 6’da detaylı anlatılacağı gibi kolon elemanlarının taşıma gücüne ulaşmasıyla ve deprem etkisi altında artan deplasmanlar sebebi ile birçok kolon elemanının uç noktasında oluşan ileri düzeydeki ağır hasarlar (etriyeler açılmış, beton parçalanarak kısmen dağılmış, boyuna donatılar dışa açılıp bükülmüş ve eleman göçme seviyesine gelmiştir) yapının tamamen göçme konumuna gelmesinde önemli bir etken olduğu söylenebilir.

6- KOLONLARDA TESPİT EDİLEN HASARLAR

6.1- Kolonlarda Eğilme Kırılması

Kolon-kiriş birleşim bölgesinde kolon boyuna donatılarına yeterli etriye konulmaması sonucu boyuna donatı uzun bir mesafede etriyesiz/sargısız olduğundan depremden gelen yükler altında hemen dışarıya doğru burkularak üzerindeki beton örtüyü çatlatmaktadır. Plastik mafsal oluşma olasılığı olan bu bölgeler enine donatı ile sarılmadığından, deprem etkisi altında yeterli enerji tüketemeyip kolon-kiriş birleşim noktasından kırılırlar. Birleşim bölgesinde meydana gelen böyle bir hasar, sistemin yatay yük taşıyıcılığını ve rijitliğini olumsuz etkilemektedir.

Grand Isias Otel’in enkaz alanında binanın en arka aksında ve birinci kat hizasında belirlenen bu tipteki kırılma türü hasarda kolon-kiriş birleşim yerinde etriyeye rastlanılmayıp birleşim noktasında hasar meydana geldiği görülmüştür (Resim 24).



24-A: Kolonun Güçlü Yöne Eğilmesi



24-B: Kolonun Zayıf Yöne Eğilmesi

Resim 24: Grand Isias Otel Enkazında Kolonlarda Görülen Eğilme Kırılması

Genellikle betonarme yapılarda plastik mafsal oluşan bir kesitte momentin sabit kalacağı ve kesitin daha fazla moment alamayacak durumda olması ile gelen ek kuvvetler ve zorlamalar diğer elemanlara aktarılabilir. Deprem yükleri altında, kapasitesine ulaşan bir elemanın taşıdığı yük sabit kalır veya azalır. Bu durumda komşu elemanların kapasiteleri uygunsa, kuvvetler bu komşu elemanlara aktarılır. Bu olay “kuvvet uyumu” olarak adlandırılır (Ersoy & Özcebe, 2001). Kuvvet uyumu, betonarme yapıların çok olumlu bir özelliğidir ve birçok durumda göçmeyi önlemektedir. Özellikle sünek davranış gösteren yapı sistemlerinde plastik mafsal oluşumu ile taşıma gücüne ulaşan kolonlarda yükler komşu kolonlara aktarılabilirse, bina ayakta kalabilir. Bu olası değilse ve bina sünek bir davranış gösteremiyorsa göçme meydana gelebilir.

Kuvvet uyumu göstermeyen bir yapıdaki hasarlar, yapının stabilitesinin bozulmasına yol açan yatay ötelemeler oluşturur ve ikinci mertebeden ek momentlerin de ortaya çıkmasıyla yapı hızla yıkılabilir. Kolon elemanlarının uç kısımlarında oluşan kırılma hasarı sonucu parçalanıp dökülen betonun taşıma gücü azalacaktır. Böylece kolon, taşınması beklenen yükleri taşıyamaz hale gelecektir. Bu aşamada, kolonda boy kısalması da oluşabilir. Sık ve yönetmeliğe uygun şekilde yerleştirilmeyen etriyelerin açılması ile göçme hızlanacaktır. Bir sonraki başlıkta enkaz alanında tespit edilen ve basınç kırılması ile gerçekleşen ileri düzeydeki ağır hasarlar irdelenecektir.

6.2- Kolonlarda Basınç Kırılması

Basınç kırılması kolonda gevrek ve ani bir kırılma biçimidir. Kolon taşıma gücüne basınç bölgesindeki betonun ezilmesi ile ulaşır. Kolon boyuna donatısı akma sınırına (donatının kalıcı olarak şekil değiştirmesi) ulaşmadan betonun ezilerek çatlaması şeklinde gelişir ve yapının ani olarak yıkılmasına sebep olabilir. Kolon betonunun ezilip parçalanması sonucu kolon boyları kısalmakta ve basınç kuvvetinin tümünü almak zorunda kalan donatı burkulmaya zorlanmaktadır. Betonun ezilse bile parçalanıp dağılmasını engellemek, donatıdaki burkulmayı önlemek veya geciktirmek etriye uçlarındaki 135° kancalar ve sık yerleştirilmiş etriyeler ile sağlanabilir. Yönetmeliklere uygun olarak

yapılmış ve kolon uç bölgelerinde kolonun içine doğru bükülmüş kancalı etriye sıklaştırması olan betonarme kolonlarda bu tür hasarların en şiddetli depremde bile sınırlı düzeyde kalması beklenir.

Grand Isias Otel'in enkaz alanında Resim 25'de görüleceği gibi birçok kolon elemanının uç bölgesinde basınç kırılması kaynaklı hasarlar olduğu tespit edilmiştir. Kolonun uç bölgesindeki betonun ezilip dağılmasından da anlaşılacağı gibi beton kalitesinin böyle bir yapı için yetersiz dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan laboratuvar basınç testlerinden elde edilen sonuçlar irdelendiğinde betonun böyle bir yapı için çok düşük basınç mukavemetine sahip olması kolon uç bölgesindeki betonda oluşan ezilme ve buna bağlı dağılmanın kanıtı niteliğindedir.



25-A: Kolonda Basınç Kırılması 1



25-B: Kolonda Basınç Kırılması 2



25-C: Kolonda Basınç Kırılması 3



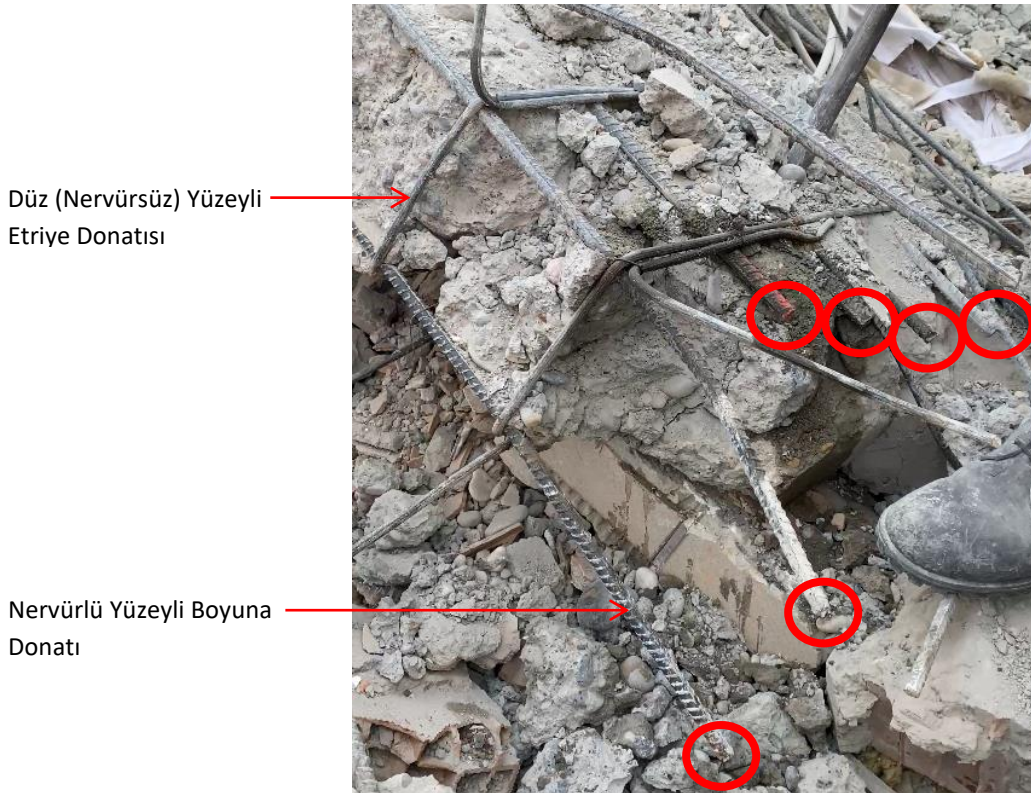
25-D: Kolonda Basınç Kırılması 4

Resim 25: Grand Isias Otel Enkazında Kolonlarda Tespit Edilen Basınç Kırılması

Betonun ezilmesi sonucu, kolonun basınç anlamında taşıma gücü kapasitesini tamamen yitirmesi ile gelen deprem yükünü boyuna donatı elemanları karşılamak zorunda kalmıştır. Yeterli etriye sıklaştırmasının olmaması ve kolonu saran/çevreleyen etriye uçlarının çekirdek betonun içerisine girecek şekilde kıvrılmaması, boyuna donatı elemanlarında burkulma meydana gelmesine neden olmuştur. Yeterli mesafede bırakılmayan pas paylarının da etkisiyle etriyeler açılarak elemanlarda büyük hasarlar oluşmuş ve taşıyıcı sistemin stabilitesini yitirmesi ile bina göçme seviyesine ulaşarak elemanlar serbest düşüşe geçmiştir.

6.3- Kolon Donatılarında Tespit Edilen Diğer Gözlemler

Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan inceleme ve gözlemlerde bazı kolon elemanlarının ek yerlerinde farklı bindirme boyları tespit edilmiştir (Resim 26). Betonarme elemanlarda farklı donatı düzenlemelerinin, farklı davranışlara yol açacağını vurgulamakta fayda vardır. Bu da donatı yerleştirme düzeni ve detaylandırmanın önemini göstermektedir. Donatı yerleştirilirken, gerilmelerin kesintisiz akışını sağlamak son derece önemlidir. Kolon ek yerlerindeki donatılarda kat döşemesi seviyesinden itibaren böylesi büyük mesafe bırakılarak ek yapılması gelen deprem kuvvetleri altında elemanlarda gerilme farklılıklarından kaynaklı hasarlara neden olacağı açıktır. Kolonlarda etriye sıklaştırılmasının yapılmadığı da dikkate alındığında böyle bir uygunsuzluk hasar oluşumunu hızlandıracak etkenler arasında gösterilebilir. Aynı kolonda Resim 26'dan de görüleceği gibi boyuna donatıların nervürlü yüzeyli, etriyelerin ise düz (nervürsüz) yüzeyli donatı olduğu tespit edilmiştir.



Resim 26: Grand Isias Otel'in Enkaz Alanında Bulunan Farklı Bindirme Boylarına Sahip Hasarlı Kolon

7- KIRIŞ VE DÖŞEME SİSTEMİ

Grand Isias Otel'in enkaz alanındaki gözlemlerde döşeme sisteminin tek doğrultuda çalışan dışlı döşeme olduğu saptanmıştır. Genellikle bu tür döşeme sistemlerinde düzgün bir tavan elde etmek amacı ile dışlar arasına dolgu malzemesi yerleştirilir. Burada kullanılan dolgu malzemesi beton brikettir ve taşıyıcı sisteme bir katkısı yoktur (Resim 27). Bu tür dolgulu döşeme "asmolen döşeme" olarak da adlandırılır. Beton briket malzemesinin asmolen döşeme sistemlerinde kullanılmasının bazı olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bunların ilki beton briketin birim ağırlığı, diğeri ise su emme ve su tutma kapasitesinin yüksek oluşudur. Bina tasarım aşamasında yapılacak hesaplamalarda kullanılacak bu malzemenin birim ağırlığının da hesaplara katılarak tasarım yapılması gerekmektedir. Grand Isias Otel tasarım hesaplarında, beton briket dolgu malzemesinin birim ağırlığının hesaplara dahil edilip edilmediği bilinmemektedir. Bir diğeri önemli nokta ise beton briket dolgu malzemesinin su emme kapasitesinin yüksek oluşu nedeni ile beton dökümü esnasında taze betonun içerisindeki suyu emerek beton dayanımı için gerekli olan su miktarını azaltması nedeni ile beton dayanımına olumsuz etki sağlamasıdır.



Resim 27: Grand Isias Otel'in Enkaz Alanından Çıkarılan Asmolen Döşeme

Asmolen döşemelerde yaygın olarak döşeme derinliğine eşit, basık, geniş yastık kirişler kullanılır ve böylece aşağıdan bakıldığında kirişsiz döşeme izlenimi vermektedir. Grand Isias Otel binasında kullanılan çerçeve kirişleri de bu tip kirişlerdir. Enkaz alanında incelenen asmolen döşeme sistemi içerisinde kullanılan geniş yastık kiriş etriyelerinin hiçbirinde 135° kanca detayı ve kolon birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırılması görülmemiştir. Dışların üzerindeki betonarme plak kalınlığı 7 cm olarak ölçülmüş ve betonarme plakta her iki doğrultuda 18 cm ara ile dağıtma donatısı olduğu gözlemlenmiştir (Resim 28)



Resim 28: Grand Isias Otel'in Enkaz Alanında Ölçülen Asmolen Plaktaki Dağıtma Donatısı

Taşıyıcı sistemde kullanılan bu tür kirişlerin kat düzeyindeki eğilme rijitliği düşük olacağından, kolon uçlarında büyük dönmeler oluşacaktır. Kolon uçlarının dönmeye zorlanması yanal ötelenmeyi artırmaktadır. Taşıyıcı sistemde özel önlem alınmadığı takdirde, rijitliği az olan bu geniş yastık kirişler nedeniyle depremde katlar arası yanal ötelenme çok büyümekte ve kolonlara çok büyük ikinci mertbe momentleri aktarılmaktadır. 1975 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği 'AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK' kurallarına bakıldığında deprem bölgelerine göre Adıyaman merkezde (2. derece deprem bölgesi) madde 6.8.3'e göre asmolen döşeme sistemi ancak binanın temel üstü yüksekliğinden itibaren 15 metre (5 kat) yüksekliğe kadar olan yapılarda uygulanabilir kuralı getirilmiştir. 15 metreyi aşan yapılarda ise özel önlem alınarak yatay yükleri emniyetle temele aktarmak üzere, temele kadar devam eden betonarme deprem perdelerinin düzenlenmesi koşulu getirilmiştir. Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan gözlemlere dayanak yapıda kullanılan taşıyıcı betonarme sistemde yönetmeliğe uyulmayarak, ek tedbirler alınarak üst katlara kadar devam eden betonarme perdeler düzenlenmediği söylenebilir.

Türkiye'de geçmiş yıllarda yaşanan birçok depremde kolon uçlarındaki aşırı dönmeler nedeni ile oluşan hasarlara bakıldığında genellikle döşeme sisteminin asmolen sistemi olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Canbay, Ersoy, Özcebe, Sucuoğlu, & Wasti, 2008). Bu nedenle, bina enkazında birçok kolonun uç noktasında görülen ağır hasarların nedenleri arasında asmolen döşeme sisteminin neden olduğu büyük yanal ötelemeler sonucu kolonlarda oluşan ikinci mertbe momentlerini ekleyebiliriz.

8- BİNANIN GÖÇME ŞEKLİ

Yapı hasarlarının veya yapıların tamamen göçmesi, yapının malzeme özelliklerine ve taşıyıcı sisteme bağlı olarak değiştiği bilinen bir gerçektir. Betonarme olarak inşa edilen birçok konut ve işyeri binasının özellikle giriş katlarında bulunan çekme katlar (sende kat) yumuşak kat oluşumunu güçlendirmektedir. Katlar arası dayanım farklılığı olarak düşünülebilecek yumuşak kat, geçmiş depremlerde büyük ölçüde yıkımlara neden olmuş veya yapılarda ağır hasarlar meydana getirmiştir (Ersoy & Özcebe, 2001). Bina taşıyıcı sisteminde yeterli önlem alınmadığı takdirde, yapının toptan göçmesine veya ağır hasar almasına neden olabilecek önemli faktörlerden biridir. Yumuşak kat bulunan betonarme binalarda karşılaşılan tipik deprem hasarları genellikle binanın üst katlarının alt kattaki yumuşak kat üzerine çökmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Deprem etkisine bağlı olarak yapının yapacağı toplam yer değiştirme bütün kat yüksekliği boyunca bölüşüleceği yerde, ağırlıkla

yumuşak kat diye tanımlanan kat üzerinde ortaya çıkmaktadır. Grand Isias Otel binasının yıkılmadan önceki fotoğrafları incelendiğinde binanın ön tarafında (caddeye bakan cephesi) çekme kat olduğu görülmüştür (Bookeder.com, T.Y.) (Resim 29).

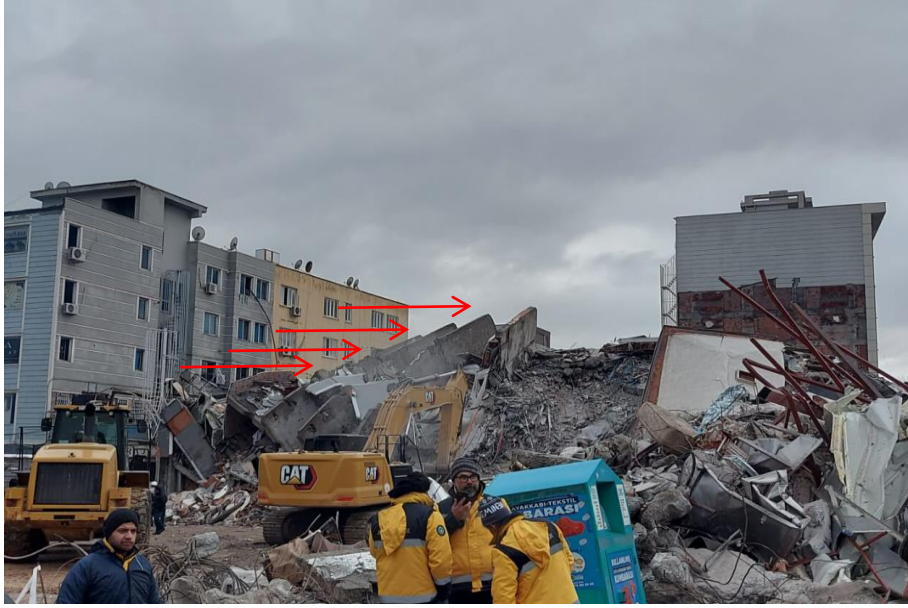
Çekme Kat Hizası



Resim 29: Grand Isias Otele Ait Sende Kat Görüntüsü

Yapılan gözlemler ve yapının göçme şekli incelendiğinde yapının öne doğru (caddeye doğru) göçtüğü anlaşılmaktadır. Böyle bir göçme şekli binanın ön tarafında yumuşak kat olduğunu güçlendiren bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Grand Isias Otel binasının yıkılmadan önceki fotoğrafları bunun kanıtı niteliğindedir.

Betonarmede kullanılan malzemelerin yeterli dayanıma sahip olmaması, kullanılan demir donatıların yönetmeliğe uygun olarak yerleştirilmemesi ve seçilen taşıyıcı sistemin getirdiği bazı olumsuz etkiler nedeni ile özellikle kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ciddi hasarlar meydana gelmiştir. Oluşan bu hasarlar neticesinde elemanlar ve katlar arasındaki yük transferi engellenerek binanın, yapı taşıyıcı sisteminin zayıf bölgesi olan ön tarafa, yumuşak kat bölgesine doğru hareket ederek göçtüğü söylenebilir (Resim 30).



Resim 30: Grand Isias Otel Binasının Göçme Yönü

9- GRAND ISIAS OTEL BİNASININ BİTİŞİK NİZAMDAKİ KOMŞULARI İLE ARASINDAKİ DİLATASYON DERZLERİ

Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan incelemelerde yapının batı tarafında ve güney tarafında bitişik yapılar olduğu gözlemlenmiştir. Bu yapılar ile Grand Isias Otel arasında dilatasyon boşluğu bulunmaktadır. Batı tarafındaki bina yüksekliği yaklaşık olarak otel ile aynı yüksekliğe sahipken, güney bitişigindeki bina tek katlı bir yapıdır. 1975 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği 'AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK' kurallarına bakıldığında madde 6.4.1'de oluşturulacak yapı derzlerinin 6 m yüksekliğe kadar 3 cm, 6 m'den sonraki her 3 m için ise 1 cm arttırılarak boşluk bırakılacağı kuralı getirilmiştir. Grand Isias Otel'in güney bitişigindeki tek katlı bina ile arasındaki boşluğa bakıldığında, bırakılan boşluk yönetmelik gerekliliklerini sağladığı söylenebilir (Resim 31). Lakin binanın batı tarafında bulunan ve yüksekliği yaklaşık olarak otel ile aynı yüksekliğe sahip olduğu görülen binanın, otel ile arasında bırakılacak boşluğun yönetmelik gereği daha fazla olacağı kesindir. Enkaz alanında yapılan incelemede binanın batı tarafındaki komşusu ile arasındaki boşluk moloz yığından dolayı incelenememiştir. Bu nedenle, bırakılan boşluk mesafesi görülememiştir. Resim 1'de binanın göçme öncesindeki kat sayıları (bodrum kat+zemin kat+sende kat+8 normal kat) ve buna bağlı olarak yaklaşık bina yüksekliği hesaplandığında (bodrum kat hariç yaklaşık 30 m) 1975 deprem yönetmeliği madde 6.4.1'e göre otel binası ile komşu bina arasında bırakılacak derz boşluğu mesafesinin 10 cm üzerinde olması gerekmektedir. Ancak bu konu ile ilgili kesin bilgi bina projeleri incelendikten sonra verilebilir.

Komşu binalar arasında bırakılacak derz boşlukları çok önemlidir. Depremin yol açtığı dinamik yanal ötelemeler, iki ayrı binayı birbirine yaklaştırır yönde olabilmektedir. Bu durumda, yeterli derz boşluğu bırakılmadığında yapı blokları birbirine çarparlar. Bu çarpışma sonucunda iki yandaş yapıda hasarlar oluşabilir ve bu hasarlar binaların göçme nedenleri arasına girebilir. Erzincan ve Dindar depremlerinde böyle çekişme olayları çok sayıda gözlenmiştir (Atımtay, 2001). Grand Isias Otel'in 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen depremde dinamik yanal ötelemeler nedeni ile batı komşusu ile arasında herhangi bir çekişme olayının gerçekleşip gerçekleşmediği bilinmemekle birlikte bu olasılık ile ilgili kesin bilgi ancak projeler incelendikten sonra söylenebilir.



Resim 31: Grand Isias Otel Binası ile Güney Bitişindeki Tek Katlı Bina Arasındaki Derz Boşluğu

10- GRAND ISIAS OTEL ENKAZI İÇİN YAPILAN ÇALIŞMA VE GÖZLEMLERİN GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Betonarme bina yapımında kullanılan çimento, kum, çakıl ve donatı çeliği gibi malzemeler, malzemelerin oluşturduğu kolon, kiriş ve döşeme kesitleri, kesitlerin oluşturduğu eleman ve elemanların oluşturduğu taşıyıcı sistem için ayrı ayrı özellik tanımlanabilir ve tüm bu özellikler birbirini etkileyen önemli faktörlerdir. Betonarme binaların taşıyıcı sistemi tüm bu özelliklerin bütünlüklü birleştirilmesi sonucu oluşmaktadır. Taşıyıcı sistemin beklenen davranışı göstermesi için kullanılan malzemelerin tasarım hesaplarına göre yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Kullanılan malzeme dayanımları ve şekilleri ise yönetmelik ve standartlarda verilen sınır değerlere eş veya üzerinde olmalıdır. Bunun yanında, taşıyıcı sistemin deprem yükleri gibi yatay yükler altındaki yanal şekil değiştirmesini sınırlamak yine yönetmeliklerce belirlenen minimum koşulların sağlanması ile yapılabilir. Ancak, Grand Isias Otel'in betonarme taşıyıcı sistemi 1975 deprem yönetmeliğinin öngördüğü yapım kurallarına uzak olması ve taşıyıcı sistem için kullanılan malzemelerin ilgili Türk Standartlarının koşullarına uymaması oluşan deprem kuvvetlerini kaldırabilecek dayanıma sahip olmadığının belirtileridir.

Grand Isias Otel enkazı için yapılan gözlemler ve bulgular, elde edilen laboratuvar sonuçları ile desteklenmiştir. Bu bulgular aşağıda özetlenerek maddeler halinde verilmiştir.

1. Binaların servis ömrü boyunca işlevselliğini koruyabilmesi, maruz kalacağı yıpratıcı etkilerin türünün ve şiddetinin tasarım aşamasında belirlenmesi ile ve gerekli önlemlerin alınması ile sağlanabilir. Bu nedenle, beton sınıfı sadece taşıyıcılık açısından dikkate alınmamalıdır. Beton sınıfı seçiminde, özellikle otel gibi işlevselliği büyük yapıların servis ömrü boyunca maruz kalacağı yıpratıcı çevresel etkilerin ve ileride oluşabilecek herhangi bir küçük/büyük tadilat veya tamiratların birlikte değerlendirilerek yapılması en doğru yaklaşımdır. Grand Isias Otel'e

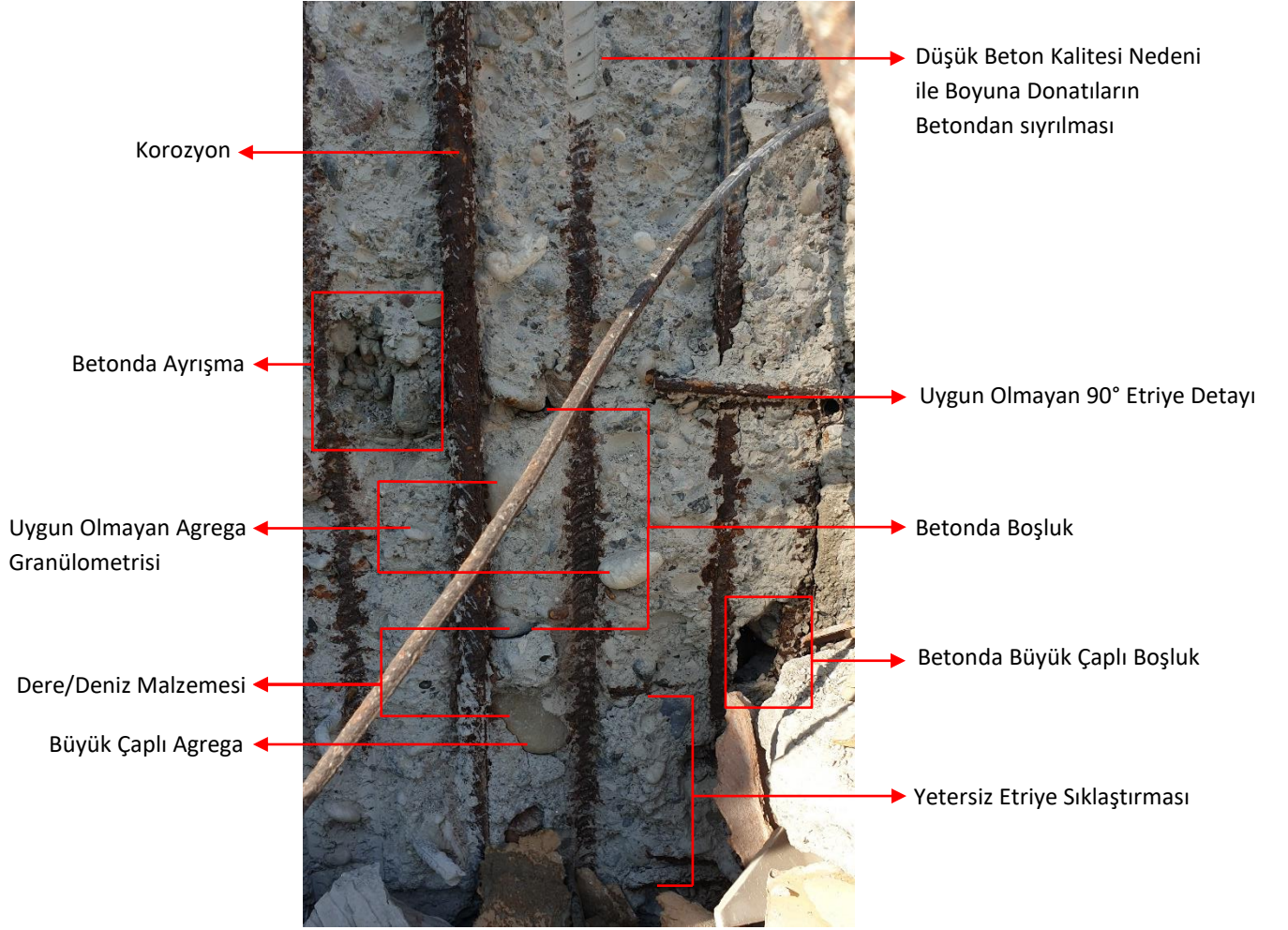
ait karot basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde yapıda 16,5 MPa, 13,2 MPa ve 6,4 MPa değerlerinde farklı basınç dayanımlarına ait beton kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu değerlere göre yapıda ortalama basınç dayanımı 12 MPa olduğu belirlenmiştir. 1975 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği 'AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK' kurallarına bakıldığında madde 6.6.3'e göre yapılarda kullanılacak betonun en düşük basınç dayanım değerinin B 160 (14 MPa) olması gerektiği belirtilmektedir. Testleri yapılan beton numunelerin ortalama basınç dayanımlarının 1975 deprem yönetmeliğine göre kullanılacak en düşük beton basınç dayanımının altında olduğu tespit edilmiştir. Yapının yıpranma koşulları, inşa edildiği tarihten bugüne kadar maruz kalma olasılığı yüksek olan ağır tadilat aşamaları da göz önünde bulundurulduğunda tespit edilen ortalama basınç dayanımı, bina taşıyıcılığı açısından ciddi derecede risk teşkil etmektedir.

2. Birçok kolon elemanında basınç kırılması kaynaklı hasarlar olduğu tespit edilmiştir. Kolonun uç bölgesindeki betonun ezilip dağılmasından da anlaşılacağı gibi beton kalitesinin böyle bir yapı için yetersiz dayanıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan laboratuvar basınç testlerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında beton kalitesinin böyle bir yapı için yetersiz dayanıma sahip olduğu desteklenmiştir.
3. Binanın güney tarafında (arka bölgesi) kolon elemanlarında eğilme kırılması türünde hasar meydana geldiği görülmüştür. Belirlenen bu tipteki kırılma türü hasarda kolon-kiriş birleşim yerinde hiçbir etriyeye rastlanılmamıştır.
4. Enkaz alanında yapılan gözlem ve ölçümlerde, beton içerisinde kullanılan iri agregaların (çakıl) deniz/dere malzemesi olduğu ve kullanılan en büyük tane büyüklüğünün standartlarda belirtilen sınır değerinin çok üzerinde olduğu saptanmıştır. Ayrıca, laboratuvarda yapılan agrega boyut ölçüm sonuçlarına göre betonda kullanılan iri agregaların şekil endekslerinin uygun olmadığı ve beton için kullanılmaya uygun bir agrega şeklinde olmadıkları belirlenmiştir.
5. Beton yüzeyler üzerinde yapılan incelemede agrega granülometresinin (agrega yığınının tane büyüklüğüne göre dizilişi) uygun olmadığı gözlemlenmiş ve aynı zamanda beton içerisinde bulunmaması gereken toprak parçaları tespit edilmiştir.
6. Taşıyıcı kolon elemanlarında yeterli pas payı görülmemiştir. Birçok kolon elemanında tespit edilen korozyon (paslanma) bazı donatılarda ciddi seviyelere ulaşırken, yeterli mesafede bırakılmayan pas payları da korozyonu hızlandırmış ve kolonlardaki sargı etkisini olumsuz etkilemiştir.

7. Çimento hamuru (çimento+su) ile agrega karışımdan oluşan beton ve beton ile donatı arasındaki kenetlenme özelliğinin (aderans) zayıf olması, betonarme yapı elemanlarının deprem etkisi altında beklenen davranışı sergilemesinde önemli bir olumsuzluk yaratmaktadır. Grand Isias Otel enkazında yapılan gözlemlerde gerek agrega tipi gerekse de yetersiz çimento hamuru sebebiyle beton agregalarının kolaylıkla beton içerisinden ayrıldığı, ayrıca beton ile donatı arasında yeterli aderans sağlanmadığı tespit edilmiştir.
8. Yapıda düz yüzeyle ve nervürlü yüzeyle olmak üzere iki farklı betonarme çelik çubuk kullanılmıştır. Betonarme çelik çubuk çekme deneyi sonuçları incelendiğinde düz yüzeyle çelik çubukların mekanik özelliklerinin ilgili ürün standardına uygun olduğu fakat nervürlü çelik çubukların standarda uygun olmadığı belirlenmiştir.
9. Donatılarda kaynaklı birleşim yapıldığı tespit edilmiştir. Kaynaklı bölgeden alınan çelik çubuk örneği üzerinde yapılan incelemelerde bu birleşimin TS 708 standardına göre uygun olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca birleştirilen çelik çubuğun tek taraflı kaynak yapıldığı gözlemlenmiştir.
10. Kolonlarda ve kirişlerde etriye (sargı donatısı) sıklaştırılması yapılmamıştır. Yapılan tüm ölçüm ve gözlemlerde taşıyıcı kolon elemanlarının hiçbir bölgesinde 20 cm'den daha düşük ölçüde, kiriş elemanlarının ise hiçbir bölgesinde 15 cm'den daha düşük ölçüde etriye aralığına ve 135° kanca detayına rastlanmamıştır. Tüm etriye uçlarındaki kancaların 90° açı ile yerleştirildiği tespit edilmiştir.
11. Yapılan gözlemlerde 1975 deprem yönetmeliğinde anlatılan ve öncelik verilmesi gereken çift etriye uygulamasına ve çiroz etriyesine hiçbir kolon elemanında rastlanmamış, tüm kolon etriyelerinin tek etriye olduğu gözlemlenmiştir.
12. Yapılan inceleme ve gözlemlerde bazı kolon elemanlarında ek yerlerinde farklı bindirme boyları tespit edilmiştir. Kolon ek yerlerindeki donatılarda kat seviyesinden itibaren mesafe bırakılarak ek yapılması gelen deprem kuvvetleri altında elemanlarda gerilme farklılıklarından kaynaklı hasarlara neden olacağı açıktır.
13. Betonarme döşeme sisteminin tek doğrultuda çalışan dişli döşeme olduğu saptanmıştır. 1975 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği 'AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK' kurallarına bakıldığında deprem bölgelerine göre Adıyaman merkezde (2. derece deprem bölgesi) madde 6.8.3'e göre asmolen döşeme sistemi ancak binanın temel üstü yüksekliğinden itibaren 15 metre (5 kat) yüksekliğe kadar olan yapılarda uygulanabilir kuralı getirilmiştir. 15 metreyi aşan yapılarda ise özel önlem alınarak yatay yükleri emniyetle temele aktarmak üzere, temele kadar devam eden betonarme deprem perdelerinin düzenlenmesi koşulu getirilmiştir. Grand Isias Otel'in enkaz alanında yapılan

gözlemlere dayanak yapıda kullanılan taşıyıcı betonarme sistemde yönetmeliğe uyulmayarak, ek tedbirler alınarak üst katlara kadar devam eden betonarme perdeler düzenlenmediği söylenebilir.

14. Kolon elemanlarının taşıma gücüne ulaşması ve aynı zamanda deprem etkisi altında artan deplasmanlar sebebi ile birçok kolon elemanının uç noktasında oluşan ileri düzeydeki ağır hasarlar (etriyeler açılmış, beton parçalanarak kısmen dağılmış, boyuna donatılar dışa açılıp bükülmüş ve eleman göçme seviyesine gelmiştir) yapının tamamen göçme konumuna gelmesinde önemli bir etken olduğu söylenebilir. Yeterli mesafede bırakılmayan pas paylarının da etkisiyle etriyeler açılarak elemanlarda büyük hasarlar oluşmuş ve taşıyıcı sistemin stabilitesini yitirmesi ile bina göçme seviyesine ulaşarak elemanlar serbest düşüşe geçmiştir.
15. Yapılan gözlemler ve yapının göçme şekli incelendiğinde yapının öne doğru göçtüğü anlaşılmaktadır. Böyle bir göçme şekli binanın ön tarafında yumuşak kat olduğunu güçlendiren bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Grand Isias Otel binasının yıkılmadan önceki fotoğrafları bunu kanıtlıyor niteliktedir. Gelen deprem kuvvetleri etkisi ile yumuşak kat binaya düzensiz bir salınım yaratarak betonarme sistem elemanlarının yer değiştirmesine neden olmuştur. İlk olarak elemanlarda başlayan burkulmanın sonrasında sistemin tümüne etki ederek taşıyıcı sistemin burkularak öne doğru göçmesine neden olduğu söylenebilir.
16. Enkaz alanında yapılan incelemede otel binasının batı tarafındaki komşusu ile arasındaki dilatasyon boşluğu moloz yığınından dolayı incelenememiştir. Bu nedenle, bırakılan boşluk mesafesi görülememiştir. Bitişik nizamda bulunan binaların arasında bırakılacak derz boşlukları çok önemlidir. Deprem yol açtığı dinamik yanal ötelemeler, iki ayrı binayı birbirine yaklaştırır yönde olabilmektedir. Bu durumda, yeterli derz boşluğu bırakılmadığında yapı blokları birbirine çarparlar. Bu çarpışma sonucunda iki yandaş yapıda hasarlar oluşabilir ve bu hasarlar binaların göçme nedenleri arasına girebilir. Grand Isias Otel'in 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen depremde dinamik yanal ötelemeler nedeni ile Grand Isias Otel'in batı komşusu ile arasında herhangi bir çekiçleme olayının gerçekleşip gerçekleşmediği bilinmemekle birlikte bu olasılık ile ilgili kesin bilgi ancak projeler incelendikten sonra söylenebilir.
17. Grand Isias Otel enkazına ait birçok bulgu ve tespitler Resim 32'deki kolonda özetlenmiştir.



Resim 32: Grand Isias Otel Binasına Ait Zemin Kat Kolonunun Alt Uç Bölgesi

UNUTULMAMALIDIR Kİ;

“Depreme maruz kalan yapı, hesaplardaki ve çizimlerdeki yapı değil inşa edilen yapıdır. Donatısı yanlış ve yetersiz yerleştirilen, beton kalitesi kötü bir yapı projesi kusursuz olsa dahi hasar görmeye ve yıkılmaya mahkumdur.” (Canbay, Ersoy, Özcebe, Sucuoğlu, & Wasti, 2008)

Başvurulan Yönetmelik ve Standartlar

'AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK' T.C İmar ve İskân Bakanlığı
Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Temmuz 1975/Ankara

TS 708: Çelik-Betonarme için-Donatı çeliği (Ocak 1969, Mart 1996, Mart 2016)

TS 500: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları (Nisan 1984, Şubat 2000)

TS 802: Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları (Ocak 1985, Haziran 2009, Mart 2016)

TS EN 12504-1: Beton-Yapıda beton deneyleri-Bölüm 1: Karot alma, muayene ve basınç dayanımının tayini (Eylül 2019)

TS EN 12390-3: Beton- Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini (Eylül 2019)

TS EN 13791: Beton basınç dayanımının, yapılar ve ön-dökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini (Eylül 2019)

TS 13515: Basınç dayanımının yapılar ve ön-dökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini-TS EN 13791'in uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart (Eylül 2021)

TS EN ISO 6891-2: Metalik malzemeler-Çekme deneyi-Bölüm 1: Ortam sıcaklığında deney yöntemi (Şubat 2020)

TS EN ISO 15630-1: Çelik-Betonarme ve ön gerilmeli beton için-Deney yöntemleri-Bölüm 1: Donatı çubukları, halatları ve teli (Nisan 2010)

TS EN 933-4: Agregaların geometrik özellikleri için deneyler-Bölüm 1: Tane şeklinin tayini-Şekil endeksi (Nisan 2009)

Başvurulan Kaynaklar

USGS. (2023, Şubat 6). United States Geological Survey:

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?currentFeatureId=us6000jllz&extent=-89.59492,-382.5&extent=89.58992,742.5&range=search&sort=largest&search=%7B%22name%22:%22Search%20Results%22,%22params%22:%7B%22starttime%22:%222023-02-06%2000:00:00%22,%22end> adresinden alınmıştır

Atımtay, E. (2001). *Betonarme Sistemlerin Tasarımı*. Ankara.

Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H., & Wasti, S. T. (2008). *BİNALAR İÇİN DEPREM MÜHENDİSLİĞİ TEMEL İLKELER*. Ankara.

Celep, Z. (2020). *BETONARME YAPILAR*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Erdoğan, T. Y. (2003). *BETON*. Ankara: ODTU Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını.

Ersoy, U., & Özcebe, G. (2001). *BETONARME*. İstanbul: Evrim Yayınevi.

AFAD. (T.Y.). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı: <https://www.afad.gov.tr/turkiye-bina-deprem-yonetmeligi> adresinden alınmıştır

Bookeder.com. (T.Y.). Isias HOTEL - Adiyaman: <https://isias-hotel-adiyaman.bookeder.com/#lg=19738798&slide=1305510922> adresinden alınmiştir

Topçu, İ. B., & Uygunoğlu, T. (2021). *YAPI MALZEMESİ*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd.şti.