

ITUce

DEPREM ÇALIŞMA GRUBU

6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ

GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU



ITU UCE

DEPREM

ÇALIŞMA GRUBU

ITUce DEPREM ÇALIŞMA GRUBU

DEĞERLENDİRME RAPORU

KATKIDA BULUNANLAR

Abdulkadir LİVAOĞLU	ITUce İcra Kurulu Üyesi
İsmail AY	ITUce Genel Sekreteri
Ozan Utku Buzdağ	ITUce Deprem Çalışma Grubu Üyesi
M. Nurullah NAS	ITUce Deprem Çalışma Grubu Üyesi
Alperen SARI	ITUce Deprem Çalışma Grubu Üyesi
Fatih ÖZER	ITUce Deprem Çalışma Grubu Üyesi





ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Mezunları Platformu olarak yaşanan Pazarcık ve Elbistan Depremleri sonrasında hasar tespit çalışmalarına destek vermek, saha çalışmalarına katılan meslektaşlarımızın gözlemleri ve tespitleri ile depremin yapılar üzerindeki etkilerini değerlendirmek üzere ITUce Deprem Çalışma Grubu oluşturulmuştur. Bu grup kapsamında, gönüllü ITUce üyelerinin saha gözlemleri ışığında hasar gören yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının yorumlanması, uygulamadaki sorunlar, gözlemlenen hasar durumları ve alınabilecek tedbirlerin yer alacağı raporlama çalışmaları gerçekleştirilmiş, hazırlanan rapor ışığında bu makale kaleme alınmıştır.

Ülkemizin birlikte yaşamayı öğrenmesi gereken bir gerçek olan depremin, deprem bölgesindeki olumlu örneklerinde de görüleceği üzere gerekli sorumluluklar yerine getirildiği takdirde insan yaşamına etkisinin çok daha düşük olacağı şüphe götürmez bir gerçektir. ITUce ailesi olarak, raporun hazırlanmasında katkı sağlayan meslektaşlarımıza teşekkürlerimizi sunuyor, yaşanan bu elim hadiselerden herkesin üzerine düşen dersleri alarak sorumluluğunu yerine getirmesini, gelecekte yaşanması muhtemel deprem hadiselerinde benzer olumsuzlukların tekrar yaşanmamasını temenni ediyoruz...

Mustafa ATLI

ITUce Genel Koordinatörü



ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU
6 ŞUBAT PAZARCİK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ
SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

1. AMAÇ

Bu raporu oluştururken, üniversitemiz ve kıymetli hocalarımız tarafından gerçekleştirilen detaylı incelemeler ve akademik değerlendirmelerden oluşan raporların saha mühendislerinin gözlemleri ve sektörel hususlar göz önünde bulundurularak desteklenmesi, uygulamada dikkat edilmesi gereken hususlarla ilgili tespitlerin aktarılması amaçlanmıştır.

2. KAPSAM

Rapor, deprem bölgesinde gönüllü olarak hasar tespit çalışmalarında yer alan ve deprem bölgesinde yaşayan üyelerimizin, sayısal analiz veya modellemeler olmaksızın doğrudan saha gözlemlerine yönelik mühendislik yorumları ve sektörel tecrübeleri kapsamaktadır.

3. HASAR TESPİT DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

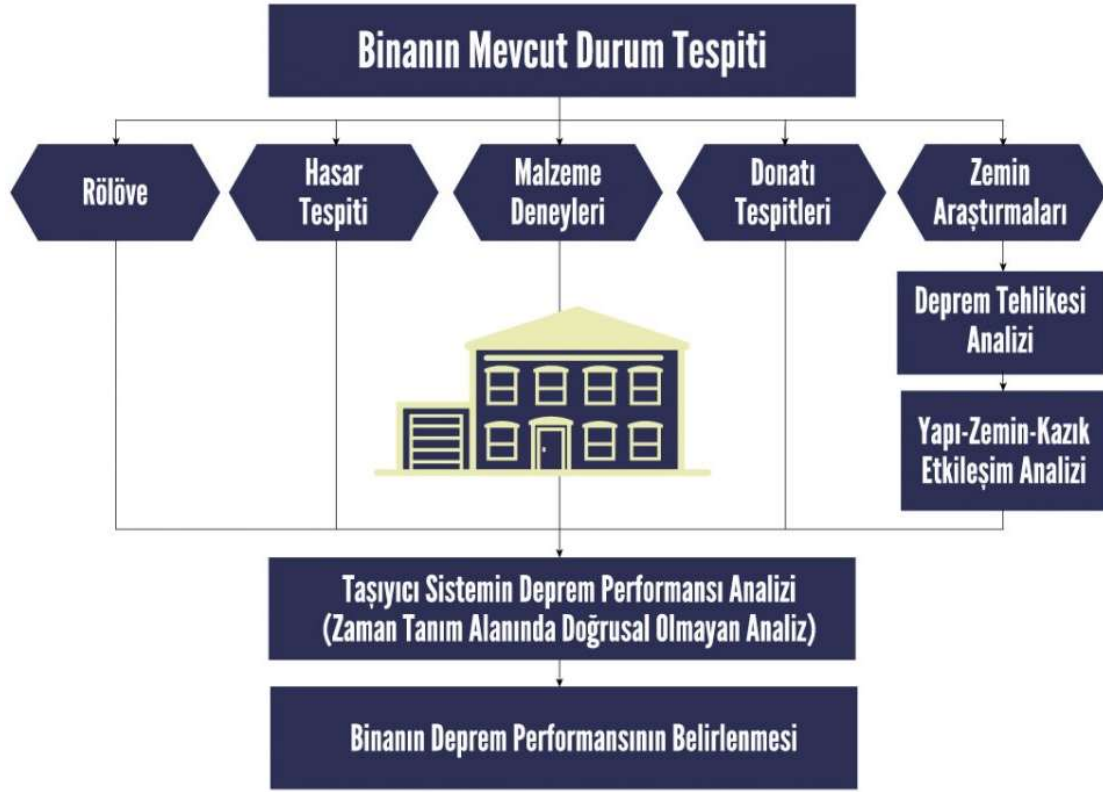
Deprem sonrası hasar tespit çalışmalarında Prof. Dr. Alper İlki hocamızın, İnşaat Mühendisleri Odası ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde vermiş olduğu online eğitimlerden faydalanılmıştır.

3.1.Riskli Bina Tespiti ve Deprem Performans Analizi

Hasar tespit çalışmalarından bahsetmeden önce deprem sonrasında basına ve sosyal medyaya da yansıyan, toplum tarafından sıkça hasar tespit çalışmaları ile karıştırılan, riskli bina tespiti ve deprem performans analizi konularına kısaca değinelim.

Riskli bina tespiti çalışmaları kapsamında; İleri tarihlerde yaşanacak olası bir depremde binanın ağır hasar alıp almayacağı 6306 sayılı Kanun (Halk arasında bilinen adıyla Kentsel Dönüşüm Yasası) gereğince tespit edilir. İleri bir analiz niteliğinde olmayan bu çalışmada yapının beton kalitesi, donatı durumu hızlıca tespit edilir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından sertifikalı firmalar tarafından gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda yapının kentsel dönüşüm kapsamında riskli yapı olup olmadığı tespit edilir ve riskli yapı olarak tespit edilmesi durumunda yasa kapsamında tapuya şerh konularak ve yapı maliklerine 60 günden az süre verilmemek kaydıyla yapının yıktırılması sağlanır.

Deprem performans analizi ise; Binanın deprem performansını Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018(TBDY'2018) 'e göre en kapsamlı şekilde analiz eden yöntemdir. Binanın farklı deprem senaryolarına göre performansını ve hasar durumunu öğrenmenizi sağlayan bu analiz neticesinde yapının TBDY'2018'e göre durumu hakkında çok kapsamlı bilgi edinilmiş olur. Yapılacak performans analizinde yapının can güvenliğini sağlamaması halinde güçlendirme projeleri ya da yeniden yapım ile ilgili maliyet karşılaştırmaları yapılır.



Şekil 1 Binanın Mevcut Durum Tespiti (bulten.imoizmir.org)

3.2. Deprem Sonrası Hasar Tespit Çalışmaları ve Hasar Kategorileri

Hasar Tespit Çalışması, binanın depremden önceki durumunu koruyup korumadığına ilişkin gerçekleştirilen gözlemsel çalışmalardır. Sonraki depremler için dayanıklı olup olmadığını veya hasar alıp almayacağını belirten bir tespit olmayıp, yapının geçmiş depremdeki hasarlanma durumunu ifade eder.

Depremden hemen sonra gerçekleştirilen hızlandırılmış hasar tespit çalışmaları, büyük ölçüde ilk tespit ve hasarsız-ağır hasarlı binaların belirlemek üzere; beton karot alımı, donatı (demir) tespiti veya projeye uygunluk kontrolü yapılmaz. Hasar tespit üzerine gerekli eğitimlerini tamamlayan inşaat mühendisleri tarafından hızlı bir gözlemsel inceleme yapılarak binanın taşıyıcı sisteminde depremden kaynaklı hasar olup olmadığına bakılır. Tespit sonucunda bina; hasarsız, hafif hasarlı, orta hasarlı veya ağır hasarlı olarak sınıflandırılır. Görsel incelemeler neticesinde binanın ağır hasarlı veya orta hasarlı olduğuna kanaat getirilmesi durumunda, inceleme sonlandırılarak binanın kullanıma uygun olmadığı ve boşaltılmasının gerekliliğine karar verilir. Orta hasar durumunda ise, kullanıma devam etmek için detaylı inceleme ve güçlendirme çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Hasarsız veya Hafif hasarlı binalarda ise gerekli tadilatlar yapılarak binanın kullanımına devam edilebilir.

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU
6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ
SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

Hasar tespitinde değerlendirme için hasarlar etki düzeylerine göre sınıflandırılmıştır. Basınç, eğilme ve kesme gibi başlıca hasar türlerinin yapının taşıma kapasitesine etkilerine göre sınıflandırılması Tablo 1’de gösterilmektedir.

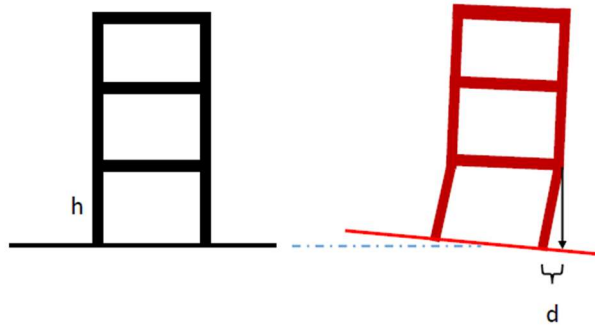
Tablo 1 Hasar Tipleri ve Eleman Hasarlarının Belirlenmesi

Hasar Tipi	Çatlak Genişliği	Eğilme Hasarı	Kesme Hasarı	Basınç Hasarı
A	$w \leq 0,5$ mm	Betonda ilk Çatlama, Donatının Akması	Betonda ilk Çatlama	
B	$0,5\text{mm} < w \leq 3\text{mm}$	Kabuk Betonunda Ezilme Başlangıcı	Enine Donatıların Akması	Kabuk Ezilmesi
C	-	Kabuk Betonunun Atması	Basınç Bölgesinde Ezilme, Diyagonal çatlakların büyümesi, Kabuk atması	Kabuk Atması
D	-	Basınç Donatılarının Burkulması, Çekirdek Betonunun Ezilmesi	Enine Donatıların Kopması, Boyuna Donatılarda Büyük Deformasyon	Donatı Burkulması, Çekirdek Ezilmesi

Hasar tespiti yapılacak olan bina için; Dışarıdan ve İçeriden olmak üzere iki kademeli bir inceleme gerçekleştirilmektedir.

- Binada kısmen veya tümünden belirgin bir göçme durumu veya belirgin kalıcı kat ötelemesi veya rijit dönme varsa hasar düzeyine yalnızca dışarıdan inceleme ile karar verilebilmektedir.

Örneğin, Şekil 2’de ifade edilen “Görelî Kat Ötelemesi(d)” ile ilgili olarak, görelî kat ötelemesi oranı(d/h) %1’den büyük ise yapı ağır hasarlı olarak sınıflandırılır.



Şekil 2 Görelî Kat Ötelemesi [1]

- Karar için dışarıdan incelemenin yeterli olmadığı durumlarda ise, en çok hasar gören katta içeriden inceleme yapılmaktadır. Bu inceleme sonucunda [1];
 - Kattaki kolon, perde veya kolon-kiriş birleşim bölgelerinin en az 1 tanesi D tipi ya da en az 2 tanesi C tipi hasar sınıflarında ise bina için doğrudan “**AĞIR HASARLI**” denilebilir.



ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU
6 ŞUBAT PAZARCİK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ
SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

- Kattaki kolon, perde veya kolon-kiriş birleşim bölgelerinin en fazla 3 tanesi B tipi geri kalanların tamamı hasarsız ya da A tipi hasar sınıfında ise bina için doğrudan “**HAFİF HASARLI**” denilebilir.
- Bu iki şarttan herhangi biri sağlanmıyorsa bina için “**ORTA HASARLI**” denilebilir. Yapı için detaylı mühendislik incelemesinin yapılması gerekmektedir.

4. PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SAHA GÖZLEMLERİ

Bölgede yapılan saha gözlemlerinde, her tipten hasarlı yapılara rastlanmıştır. Rapor kapsamında, saha gözlemlerinde tespit edilen yapısal sorunlar ve bu sorunlara yönelik çözüm önerileri ele alınacağından, hasarsız ve hafif hasarlı yapılar çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmanın odağında, görsel kontroller ile ön değerlendirme yapılabilen, orta-ağır hasarlı ile göçmüş yapılar yer almaktadır.

Türkiye’de ilk olarak 1947 yılında yayınlanan Deprem Yönetmelikleri, gelişen bilgi ve teknolojilere paralel olarak ortaya çıkan ihtiyaçlar, yapı malzemelerinde çeşitliliğin artması, yaşanan depremlerle mevcut yapı stoğunun yetersiz olduğunun gözlenmesi gibi gerekçelerle revizyonlara uğrayarak bugünkü halini 2018 yılında almıştır.

1999 yılında yaşanan Gölcük ve Düzce depremlerinden sonra, deprem yönetmeliklerine uygun mühendislik hizmeti alınması zorunlu hale gelmiş, 2000 yılında hazırlanan yapı denetim kanunu ile uygulanması denetim altına alınmıştır.

2000 öncesi inşa edilen yapıların mühendislik hizmetleri ve denetimi açısından değerlendirilmesi uygun görülmediğinden, bu yapılarda gözlemlenen uygulama sorunları genel anlamda ele alınacaktır. 2000 yılı itibari ile bağlayıcı olan deprem ve yapı denetim yönetmelikleri göz önünde bulundurularak, 2000 sonrası yapılarla ilgili gerçekleştirilen saha gözlemlerinde orta-ağır hasarlı ve göçme gözlemlenen yapılarla ilgili sorunlar; tasarıma dayalı hususlar, uygulama problemleri, denetim aksaklıkları, kullanım ve işletme başlıklarında sınıflandırılmıştır.

4.1.2000 Öncesi Betonarme Yapılar

2000 öncesi yapı stoğunun büyük çoğunluğu mühendislik hizmeti almamış, standart dışı yapı malzemelerinin yoğunlukla kullanıldığı, denetim dışı kalmış yapılardan oluşmaktadır. Bu bağlamda bu yapılarla alakalı tasarım ve denetim eksiklikleri değerlendirmeye alınmamıştır. Sahada yapılan gözlemlerde kullanılmış olan yapı malzemelerinin standart dışılığına ek olarak yapılan işçilik hataları, bu sınıfa giren ağır hasarlı ya da göçme hasarına uğramış yapılarda en sık tespit edilen sorunlardır.

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU 6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU



Şekil 3 Yıkıma Uğrayan 2000 Öncesi Betonarme Yapı

Hazır beton kullanımının yaygın olmaması sebebiyle bu tarihlerde inşa edilen yapılarda şantiye sahasında hazırlanan, standardın yakalanamadığı, içeriğinde dere çakılı, deniz kumu gibi uygun olmayan beton malzemelerini bulunduran, su/çimento oranı olması gerektiği gibi imal edilemeyen betonlar kullanılmıştır. Bu beton türü kullanılan hasar almış binalarda agrega tipi, boyutları ve betonun dayanım eksikliği saha gözlemi sırasında rahatlıkla görülebilmektedir.



Şekil 4 2000 öncesi yapılarda Standart Dışı Malzeme Kullanımı

Bu yapılarda gözlemlenen bir diğer husus; İnşaat çeliği olarak 2000 sonrasında kullanımı yasaklanmış olan halk arasında “nervürsüz demir” olarak bilinen S220 sınıfı çeliğin kullanımının yaygın olarak gözleniyor olmasıdır. Bu demir tipi kullanılan yapılarda betonla demir donatı arasında ihtiyaç duyulan aderans sağlanamaması ve betonla demir donatının beraber çalışarak betonarme davranışı göstermesi için önemli olan demirlerin uç kısmında kanca şeklinde bükme işleminin de yapıların çoğunda uygulanmaması sebebiyle, göçen birçok yapıda, kolonlardaki boyuna donatıların sıyrılarak taşıyıcı betonarme kolonların sistemden çıkmasına yol açmıştır.

4.2.2000 Sonrası Betonarme Yapılar

2000 sonrası uygulamalarda yapıların yönetmelikler doğrultusunda mühendislik hizmeti almış olması ve denetime tabi olarak uygulamaların gerçekleştirilmesi özellikle yapı malzemelerinin standartlara uygun kullanılması noktasında sahadaki hasar tespit çalışmalarında da görülen büyük bir fark oluşturmuştur. Buna karşın binaların statik tasarımı, işçilik hataları, bu hataların denetimi konularında halen eksiklerin olduğu ve bu eksiklerin de eski yapı stoğuna oranla az olsa da can kaybına sebep olan göçmelere sebebiyet vermiş olması üzerinde durulması gereken bir gerçektir.

4.2.1. Tasarım Sorunları

Yönetmelik doğrultusunda mühendislik hizmeti almasına rağmen yapıların statik tasarımında, yönetmeliğin mühendisin tecrübesine ve bilgisine açık bıraktığı noktalarda statik projeleri hazırlayan inşaat mühendislerinin yaptığı tasarım hataları ağır hasar ve göçme hasarı alan yapılarda gözlemlenmiştir. Tavanda kiriş görmemek adına yapılan asmolen vb mimari seçimlerde, moment çerçevesi oluşturulamadığından yapı, deprem etkilerine karşı dezavantajlı olmaktadır. Bu tarz döşemelerin seçimlerinde diğer alternatiflerin seçilmesi veya rijitliği artıracak başka çözümlerin projeye eklenmemiş olması bir tasarım hatasıdır. (Şekil 7)



Şekil 5 Tasarım Etkisi ile Ortaya Çıktığı Öngörülen Hasar Durumu

Ülkemiz inşaat sektöründe, müteahhitlerin ve estetik kaygıya öncelik veren tasarımcıların talepleri, zaman zaman yapısal tasarım kriterlerinin dışarı çıkılmasına sebep olmaktadır. Bu gibi durumlarda statik ofis mühendisleri, mimari tasarım ofislerinden gelen döşeme seçimleri ve kolon/perde aplikasyonları gibi yapının deprem etkileri karşısındaki davranışını etkileyecek taleplere karşı gerekli önlemleri almak yerine paket programları kullanarak taleplere yönelik projeler hazırlamaktadır. Deprem bölgesinde gerçekleştirilen saha çalışmalarında bu yaklaşımın sebep olduğu; moment çerçevesi oluşturulmamış kirişli döşeme elemanları, yeterli

perde oranı olmaksızın kullanıldığında binanın gerekli rijitlik oranını sağlamayan nervür kirişli döşeme gibi yapı elemanlarının kullanılması, betonarme kolon ve perde elemanlarının yerleşiminde elemanların bina genelinde aynı yönde kullanılması vb. hususların binalarda ağır hasarlara sebep olduğu görülmüştür.

4.2.2. İşçilik-İmalat Sorunları

Binalarda göçme ve ağır hasar oluşumunun neredeyse tamamı düşey elemanlardaki hasarlar sebebiyle gerçekleştiği gözlenmiştir. Yapılan araştırmalarda özellikle bu elemanlardaki deprem etkilerini taşıması beklenen demir donatı imalatlarındaki hataların, işçilik tarafında en sık rastlanan sorun olduğu görülmektedir.

- **Beton İşçiliği;** Yapılan gözlemler, Beton dökümü esnasında yetersiz veya hatalı uygulamaların betonun kalıba yerleşiminde sorun oluşturduğu ve bu durumun sistem dayanımını azalttığını düşündürmektedir. Ayrıca, hasarlı yapılarda sıkça karşılaşılan segregasyona uğramış betonarme kesitler, yanlış döküm yöntemi ve hatalı vibratör uygulamalarıyla betonun kalıba yerleştirilememesi ve bu sebeple oluşan kusurların gerekli denetim ile tespiti ve tamiratının sağlanmadığı görülmektedir.
- **Demir Donatı İşçiliği;** Önceki bölümde ifade ettiğimiz üzere, deprem incelemeleri sırasında en önemli işçilik hataları betonarme düşey elemanlardaki demir donatı uygulamalarında gözlemlenmiştir. Hasarlı ve göçmüş yapıların büyük çoğunluğunda, düşey elemanlarda deprem etkilerine karşı önemli donatılar olan kolon enine donatılarının hazırlanması ve montajında işçilik hataları görülmektedir



Şekil 6 İşçilik Hataları Sebebiyle Ortaya Çıkan Hasar Durumları- Bodrum perdelerinden kolonlara geçen kesitlerdeki enine donatı yetersizliği

Bazı hasarlı yapılarda enine donatıların, kolon sarma bölgesinde sıklaştırılmadığı ve 135 derece olarak bükülmesi gereken etriye imalatlarının 90 derece olarak bırakılmış olması sebebiyle, birçok düşey elemanda etriyelerin bu noktalardan açılarak tasarıma uygun çalışmadığı görülmektedir. Hasarlı ve göçmüş yapıların plastik mafsallaşmış veya göçme hasarı almış

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU 6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

betonarme düşey elemanlarında etriye aralık mesafesinin de olması gerekenden çok olduğu görülmüştür. Bu hususta son olarak, yatayda 25 cm aralıkla yerleştirilmesi istenen enine donatıların bu şartı sağlaması için gerekli olan yavru etriye/çiroz uygulamalarının da yok denecek derecede az olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 7)



Şekil 7 Hatalı ve yetersiz etriye imalatları (solda), dolgu duvar hasarı (sağda)

- **Dolgu Duvar İmalatları;** Dolgu duvarlarda yaşanan düzlem dışı göçme hasarı deprem sırasında insan sağlığını tehlikeye sokan diğer bir hasar çeşididir. Bu hasara karşı yapılan yapılarda önlem alınmamış olması duvar işçilikleri ile alakalı gözlemlenen en temel problemdir.
- **Mekanik Elektrik Tesisat İmalatları;** Binalardaki mekanik, elektrik, sıhhi tesisat gibi hatların uygulaması sırasında bazı noktalarda taşıyıcı betonarme yapılara ciddi hasarlar verildiği gözlemlenmiştir. Betonarme elemanlara hasar verilerek yapılan bu tarz işçilik hatalarına son verilmesi önemlidir.



Şekil 8 Tesisat işçiliği esnasında paspayının kaldırılması (solda), Elektrik kondüvit uygulaması sırasında zarar görmüş betonarme kesit (sağda)

- **İzolasyon İmalatları;** Yapılar doğru şekilde tasarlanıp, inşa edilse dahi özellikle suya ve neme maruz kalınan durumlarda yapısal performans kayıpları söz konusu

olmaktadır. Sahada yapılan gözlemlerde hasar alan ve yıkılan yapılarda gerekli su izolasyonu uygulamalarının yapılmadığı tespit edilmiştir.

4.3.Yığma Yapılar

Yığma yapılar, hazır betona ulaşımın kısıtlı olduğu dönemlerde, yapım pratikliği ve demir donatı kullanımının az olması sebebiyle kırsal kesimlerde 1 veya 2 katlı olacak şekilde sıkça karşılaşılan bir yapı türüdür. Bölgedeki köy yerleşimlerinde 2000 öncesi inşa edilmiş kamu binalarının ve konut yapılarının bu türdeki yapılardan oluştuğu görülmüştür. Hem kamu binalarında hem de yeni konut yapılarında bu sistemin çok nadir olduğu ve ekseriyetle betonarme yapılara dönüldüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 9 Kısmi göçme yaşanmış bir yığma yapı(solda), büyük oranda göçmüş kerpiç yapı(sağda)

Özellikle Gaziantep ili Nizip ve Araban ilçelerinin köylerinde incelenen okul yapılarının çoğunluğunun 1970’lerde yapılan yığma yapılar olduğu ancak bu yapılarda göçme hasarının olmadığı, birkaç orta ve ağır hasar dışında durumlarının iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte depremin etkisinin güçlü olduğu bölgelerdeki köylerde deprem etkileriyle ya da yamaçlardan kopan kayaların çarpması sonucu ağır hasar almış veya göçmüş olan yığma yapılar da mevcuttur.

Köy yaşam alanlarında 2000 öncesi yapımı tamamlanan cami yapılarının genel olarak karma sistem kullanılarak inşa edilmiş olduğu görülmektedir. Bu yapılarda çevre taşıyıcı duvarlara ek olarak geniş açıklıklı çatıyı taşımak için ortaya eklenen bir veya iki adet kolondan oluşan bu yapılarda da yığma duvarlarda hasarlar gözlenmiştir. (Şekil 10)



Şekil 10 Kısım göçme hasarı almış tarihi bir cami yapısı (solda), Deprem Bölgesinde Sıkça gözlemlenen minare hasarları(orta-sağ)

Cami minarelerinin, çoğunlukla yığma kaideye oturmuş yığma minare gövdesine eklenen betonarme prekast minare külahı şeklinde yığma yapıda oluşturulduğu görülmektedir. Bu minare çeşitlerinde genelde kaide ile minarenin birleşim yerinde ince çatlaklarla karşılaşmış, ayrıca minarelerin bazılarının prekast külah kısmı harcından koparak yaşam alanlarının üzerine düştüğü tespit edilmiştir. Yığma minarelerden depremin yüksek ivmelerle etkilediği bölgelerde olanların bir kısmının tamamen göçtüğü görülmüştür.

4.4.Sanayi Yapıları

Afet bölgesinde incelemesi yapılan sanayi yapılarının büyük bölümünün hem bölge şartları gereği ekonomik olması hem de kısa zamanda inşaatının tamamlanabilir olması göz önünde bulundurularak betonarme prefabrik olarak inşa edildiği görülmüştür. Ayrıca bölgede 6 adet betonarme prefabrik imalat firmasının bulunduğu da göz önünde bulundurulduğunda, yatırımcı için rekabetçi fiyatlar da söz konusu olacağından prefabrik yapı tercihinin mali açıdan avantaj sağladığı değerlendirilmektedir.

Hasar tespit çalışmaları esnasında 1995 – 2022 yılları arasında yapılmış olan betonarme prefabrik tesislerin incelenme imkânı olmuştur. İncelenen sanayi yapılarının tamamında deprem nedeniyle yapısal hasarların meydana geldiği tespit edilmiş olup, ne yazık ki yapım yılından ve tabi olduğu deprem yönetmeliğinden bağımsız olarak hasar görmemiş hiçbir betonarme prefabrik yapıya rastlanılmamıştır.

Betonarme prefabrik yapılarda yaygın olarak karşılaşılan deprem hasarları;

- Orta aks kolonlarının alt başlıklarında pas payı dökülmesi, boyuna donatı burkulması, çekirdek ezilmesi,
- Kolon alt başlıklarında eğilme çatlakları,

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU 6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

- Kolon – Çatı Makası birleşimini teşkil eden gusede eğilme çatlakları, pas payı dökülmesi,
- Çatı Makası uçlarında (kolon birleşim bölgesi) ezilme nedeni ile pas payı dökülmesi,
- Kolonlarda eğilmeli burkulma halinde şekil değiştirme (plastik deformasyon),
- Çatı makaslarının ve aşıklarının düşmesi,
- Betonarme prefabrik cephe elemanlarının düşmesi,
- Ara kat yapılan bina bölümlerinde, üst katlarda bulunan kolonlarda kısa kolon davranışı nedeni ile göçme hasarları olarak karşımıza çıkmıştır.



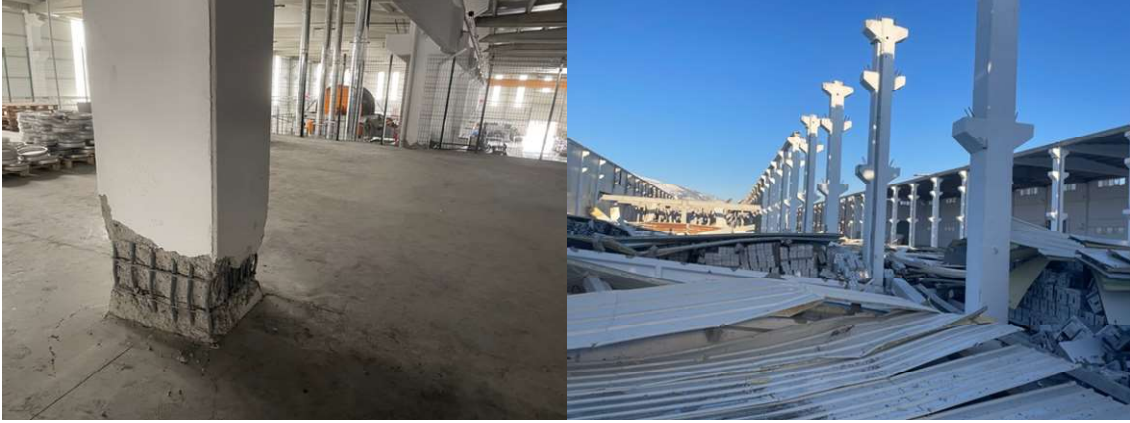
Şekil 11 Çekirdek ezilmesi meydana gelmiş kolon ve tamamen göçmüş sanayi yapısı

Yapılan saha gözlemleri neticesinde yapısal hasarların nedenine ilişkin tespitlerimiz betonarme yapılarla benzerlik göstermektedir. Mevcut hasarların meydana gelmesine neden olarak görülen etkenler;

- Beton kalitesinin yetersiz olması (Yıkanmamış dere çakılı, beton sınıfına göre çok büyük dane boyutunda agreganın kullanılması),
- Etriye sıklaştırmasının doğru yapılamaması,
- Boyuna donatı bindirme boylarının yetersiz olması,
- Prefabrik taşıyıcı elemanların birleşim bölgelerindeki bağlantı elemanlarının yeterli dayanıma sahip olmaması,
- Kolon – Çatı makası birleşimlerinin yalnızca 2 adet 16~18 mm çapında tij ile teşkil edilmiş olması ve bu tijlerin büyük bölümünde çok yüksek oranda korozyon olması,
- Prefabrik çatı aşıklarının çatı makasına cıvata bağlantısı olmaksızın sabitlenmeden konulması,
- Uygun dilatasyon mesafelerinin bırakılmamış olması,
- Ara kat yapılan prefabrik bina bölümünün diğer binadan dilatasyon ile ayrılmaması nedeni ile ara kat seviyesindeki tüm kolonlarda kısa kolon davranışının olması,

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU 6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

- Çatı oluk kirişleri hariç olmak üzere, taşıyıcı sistem tasarımında yatay ötelemeyi engelleyecek hiçbir yapısal elemanın tasarımının ve uygulamasının yapılmamış olması,
- Mevcut durum performans analizi yapılmaksızın çatılara GES (Güneş Enerji Santrali) montajının yapılmış olması olarak ön görülmektedir.



Şekil 12 Ara katta kısa kolon davranışı tamamen göçen sanayi tesisi

Sanayi tesislerinde, deprem nedeni ile ortaya çıkan yapısal hasarların yanı sıra yapısal olmayan elemanlarda da hasarlar meydana geldiği görülmektedir. Özellikle uzun hat şeklinde teşkil edilmiş makinelerin deprem nedeni ile devrildiği, burkulduğu ve kullanılamaz hale geldiği, büyük güçte ve ray üzerinde tek bir yönde hareket serbestliği olan trafoların devrilerek enerji kesintisine neden olduğu, fabrika içindeki birçok demirbaşın devrilerek ciddi zararlara neden olduğu da tespit edilmiştir. Bundan dolayı özellikle uzun ve ağır makine hatlarının kaide ve ankraj tasarımlarının deprem etkisi göz önünde bulundurularak yapılmasının gerekliliği görülmüştür. Ayrıca ağır yüklerin istiflendiği yüksek çelik raf sistemlerinde devrilme/göçme hasarları da meydana gelmiş olup, ne yazık ki üretime devam eden iki fabrikada raf devrilmesi ile hayatını kaybeden personeller bulunduğu bilgisi alınmıştır.

Belirtilenler dışında en önemli husus; deprem esnasında üretime devam eden fabrikalarda enerji kesintisinin olmaması halinde devrilen makinelere bağlı kablolarda oluşan kısa devre/arklanma ile küçük veya çok büyük çaplı yangın hadiselerinin de yaşanması olmuş, ne yazık ki olağanüstü şartlar nedeni ile itfaiye ekipleri yangınlara müdahale edememiştir. Bu da ortaya çıkan hasarın büyümesine de etkisinin daha kalıcı ve yıpratıcı olmasına sebep olmuştur.

4.5.Ulaşım Yapıları

Deprem meydana gelen bölgelerde arama kurtarma faaliyetleri ile insani yardımların ilk 24 saatte bölgeye ulaştırılmasının önemi çok büyüktür. Bunun sağlanabilmesi için ulaştırma yapılarının depremden hemen sonra işletmeye açılması gerekmektedir. Karayolu ile hızlı bir

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU 6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

ulaşım sağlanabiliyor iken demiryolu ile de büyük lojistik katarları afet bölgelerine ulaştırılabilmektedir. Ancak demiryollarında seyir güvenliğinin sağlanabilmesi, işletme toleranslarını düşüklüğü sebebiyle zaman almaktadır. Deprem sonrası fay hattının geçtiği tünel ve yollarda deformasyonlar meydana gelmiştir. Karayolu ulaşımının sağlandığı yerlerde üst yapı geçici olarak da olsa hızlıca tamir edilerek yol işletmeye açılabilirken demiryolu üst yapısında meydana gelen hasarların tamirleri, ray/travers değişimi, eksen ve kot ayarlamaları gibi uzun soluklu çalışmalar gerektirmektedir.

Yaptığımız saha gezilerinde Göksu-Kahramanmaraş arasında yer alan karayolu tünellerinde ilk etapta güvenlik tehlikesi oluşturacak büyüklükte olmasa da deformasyon yaşandığı görülmüştür. Bunun haricinde Adıyaman-Malatya arasında bulunan Erkenek Karayolu Tünelinde ise bir tünel tamamen kullanılamaz hale gelmiş ve hasarlı olmasına rağmen diğer tüpten gidiş-geliş karayolu ulaşımı sağlanmakta olduğu görülmüştür. Erkenek tünelinin işletmeye açık olan tüpünde meydana gelen hasarlar aşağıdaki fotoğraflarda yer almaktadır.



Şekil 13 Erkenek Tüneli Meydana Gelen Hasarlar

Bölge gezilerimiz sırasında Malatya-Sivas arasında bulunan, karayolu ve demiryolu birlikte işletilen bir köprü olan Tohma, 2017 yılında yapımına başlanmış bir öngermeli köprü olan Tohma Köprüsü'nde de deprem hasarı meydana geldiği görülmüştür. (Şekil 3)



Şekil 14 Tohma Köprüsü

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU
6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ
SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

Köprü üzerinde tek hat elektrikli demiryolu hattı ile 2x2 karayolu yer almaktadır. Deprem hareketi sonrası köprünün Malatya tarafındaki kenar ayağında bir miktar oturma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca yine deprem hareketi sebebiyle öngermeli kirişlerin birbirine vurması sonucu kirişte çatlak hasarının olduğu görülmüştür. Karayolunda ufak bir asfalt yenilemesi yapılmış demiryolu tarafında ise kırılan raylar değiştirilerek kaba buraj çalışması sonrası hat hizmete açılmıştır.



Şekil 15 Tohma Köprüsünde meydana gelen hasarlar

Sahada hasar gözlemlendiğini bir diğer köprü ise Adıyaman'da bulunan 1929 yapımı Alman Köprüsü'dür. Kemerli betonarme olarak inşa edilen köprü yaklaşık 100 yıldır ağır bir işletme yükünü taşımaktadır.

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU
6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ
SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU



Şekil 16 Adıyaman Alman Köprüsü

Kemerin taşıyıcı ayaklarında çatlaklar ve betonda bölgesel hasarlar meydana geldiği görülmüştür. Derenin hemen yanındaki ayakta meydana gelen derin çatlağın oturma sebebiyle meydana gelmiş olma ihtimali de vardır. Bölgede sıvılaşma sebebiyle birçok bölgede hasar meydana geldiği unutulmamalıdır. Ayrıca bu yapının donatılarında da korozyon meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 17 Adıyaman Alman Köprüsü gözlemlenen hasar durumları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

2001 yılında yürürlüğe giren 4708 sayılı yapı denetim kanunu 1. Maddesi gereği “can ve mal güvenliğini teminen, imar plânına, fen, sanat ve sağlık kurallarına, standartlara uygun kaliteli yapı yapılması için proje ve yapı denetimini sağlamak” amacıyla yapı denetim kuruluşları görevlendirilir. Kanun maddesinde de açıkça belirtildiği üzere yapı denetim kurumları projelendirme aşamasından proje sonuna kadar olan süreci kapsayan süre boyunca ilgili idare adına denetimi yapmaktan sorumludur. Türkiye’de “DEPREM” dendiğinde 2000 öncesi ve sonrası olarak sınıflandırma yapılmasındaki en büyük etkenlerden biri bu kanunlarla birlikte yapılarda mühendis kontrolünün sağlanması için atılan adımdır. Elbistan ve Pazarcık merkez üslü depremler de bize yine 2000 sonrası yapılardaki ağır hasar ve göçme durumunun öncesi yapılara göre hatırı sayılır oranda düşük olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte yapımı 2000 sonrasında ait olmasına karşın yıkılan yapıların varlığı da bir gerçek olup saha gözlemlerine bağlı olarak değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. Şantiye tecrübeleri ve sahada rastlanan sorunlar göz önünde bulundurularak denetim kaynaklı olabilecek veya kanunda yapı denetime yüklenen sorumlulukların etkin denetimiyle önlenebilecek olan hususlar; tasarım, malzeme ve işçilik kontrolü olarak gruplandırılmıştır.

• Statik Tasarım ve Hesapların Projelendirmesi ve Denetimi

Yukarıda bahsedilen projelendirmedeki mühendis hatalarına çözüm olarak, statik proje müellifi inşaat mühendislerinin yetkinlik düzeylerinin belirlenmesi ve bir sistem dahilinde takip edilmesi önemli bir adım olacaktır. Buna ek olarak özellikle yetkinlik düzeyinde olmayan mühendisleri bağlayıcı tasarım kriterlerinin yönetmeliğe eklenmesi de çözüme katkı sağlayacaktır.

Yapı denetim kısmında ise, sorumlu firmada görevli inşaat mühendislerince yapıya ait hazırlanmış olan statik proje incelenip onaylandıktan sonra ilgili idarenin onayına sunulması gerekmektedir. Ancak daha önce hazırlanan statik projelerdeki tasarım ve hesaplama hatalarının denetimlerden geçebildiği görülmektedir. Bu statik tasarım hatalarını barındıran yapıların denetim yetkililerin dikkatinden kaçması bu noktada zafiyet olabileceğini düşündürmektedir.

• Malzeme Kalite ve Uygunluk Denetimi

Mevcut yönetmeliklere göre şantiye sahalarında yapı denetim yetkilileri tarafından alınan demir ve beton numunelerinin gerekli testlere tabi tutularak onaylanmış olması gerekmektedir. Ancak deprem bölgesinde göçme hasarı almış bazı yapıların demir donatılarında gevrek davranış

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU 6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

hasarlarının oluştuğu tespit edilmiş, bu durum malzeme denetimlerinde eksikliklerin olabileceğini göstermiştir.



Şekil 18 Gevrek davranış sergileyerek kırılan donatı

Beton kalitesi ve dayanımı ile ilgili olarak yıkılan yapılardan görevli savcılıklar tarafından alınan numunelerin sonuçlarını beklemek gerekmektedir. Ancak saha gözlemlerinde bu konuyla alakalı bölgedeki agrega yapıları göze çarpmakta, betonarme yapılarda gözlemlenen dere çakılları muhteviyatı dayanımla ilgili soru işaretleri oluşmaktadır.

Bölgeyle sınırlı olmamak üzere ülkemizde inşaat sektörü genelinde son yapı denetim düzenlemelerinden önce yaşanan bir sorun olan numunelerin sahadan değil santralden alınması durumunun, beton numunelerinde başlatılan çipli takip sistemiyle önlendiğini düşünülmektedir.

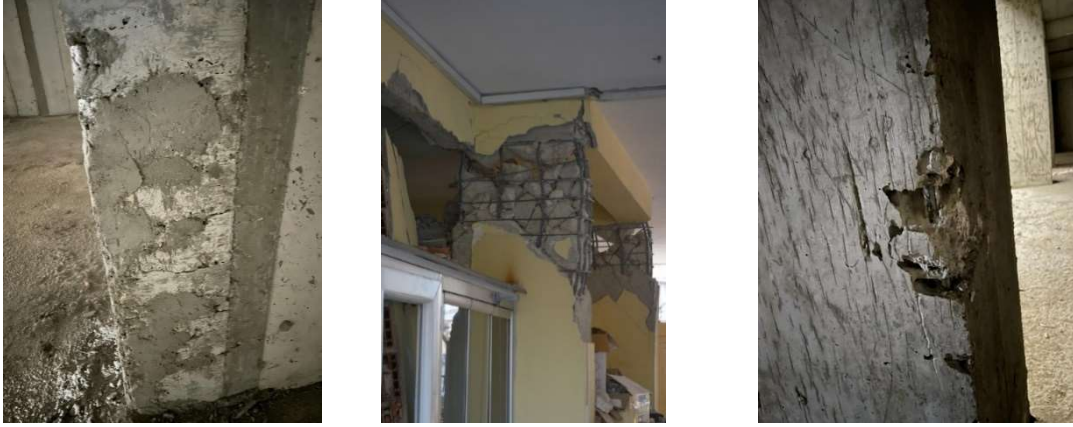
Beton kalitesiyle alakalı ülke genelindeki uygulamalardaki yaygın diğer bir sorun ise sahada numunesi alındıktan sonra betona su ilave edilmesi durumu olmakta, genelde inşaat işçileri tarafından rahat masterlama yapmak amacıyla döşeme elemanlarında başvuru olan su ilavesi beton kalitesini bozmaktadır. Bu durumun önlenmesi yine denetimden sorumlu mühendislerin beton dökümlerine eşlik ederek bu noktada denetimi aksatmaması ile önlenmektedir.

• **İşçilik ve Uygulama Denetimi**

İnşaat sektörde sıkça rastlanan bir diğer durum ise bazı yapı denetim sorumlularının şantiye denetimlerini beton dökümleri ile sınırlandırmaları durumudur. Yapım işlerinde işçiliğin projeye ve fenni kurallara uygunluğunu kontrolle de yükümlü olan yapı denetim sorumlusu düşey elemanların enine donatılarını tam anlamda kontrol edememekte ve yapılarda rapor kapsamında yer verilen işçilik ve uygulama hatalarından kaynaklı uygunsuzluklar meydana gelmektedir. Özellikle düşey elemanlarla yatay elemanların beraber döküldüğü tulum döküm olarak bilinen beton döküm yönteminde gelen denetçi yalnızca kirişleri ve döşemeyi kontrol

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU
6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ
SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

edebilmekte, bu durum özellikle demir donatı işçiliğinin denetimi noktasında bir zafiyete sebep olmaktadır.



Şekil 19 Hatalı Demir ve Beton İmalatları

Beton döküm işçiliği ise yine saha tecrübelerimize göre sektördeki birçok örnekte yapı denetim sorumlusunun tam anlamıyla eşlik etmediği için denetim dışı gerçekleşen bir husustur. Bu kapsamda oluşabilecek hataların standartlara uygun malzeme ve yöntemle onarımının yapılması gerekmekte ancak deprem bölgesinde hasar gören yapılarda maalesef bu hataların yapı denetim sorumlularının denetimi dışında, hiç onarım görmediği veya standart dışı bir onarım işlemi gördüğü gözlenmektedir.

Yapı denetim görev sürecinin betonarme çerçeve ile sona ermemesi, anahtar teslimi kadar devam etmesi kanunca açıktır. Ancak yine tesisat işçiliği sırasında betonarme elemanlara verilen hasarların yapı denetimin kontrolünden kaçtığı veya yapı kullanım izni sonrasında bu imalatların gerçekleştirildiği sahadaki örneklerde görülmektedir. Kullanım izni sonrasında gerçekleşen tadilat hasarları yapı denetimin sorumluluğunda olmasa da yapım sırasında gerçekleşen tahribatlar konusunda yapı denetim sorumlularının saha hakimiyetini anahtar teslimine kadar sürdürmesi gerekliliğini göstermektedir.

Dolgu duvarlar işçiliği de yine yapı denetim kuruluşların sorumluluğunda olmasına karşın bölgede görülen birçok örnek düzlem dışı etkilere karşı yetersiz imal edilmiş ve göçme hasarı almıştır. Bu hasar tipi de insan sağlığını tehdit etmekle birlikte yönetmelikte bu hasara karşı alınması gereken yöntemler belirlenmiş, ancak maalesef tespit edilen hasarlarda bu önlemlerin alınmadığı görülmüştür.

Tespit edilen bu hususlar, yapı denetim süreçleri ile ilgili saha uygulamalarının ve söz konusu düzenlemelerin gözden geçirilerek denetimlerin artırılması gerekliliğini göstermektedir.

- **Kullanım ve İşletme**

Yapıların inşa süreci projelere ve standartlara uygun şekilde hatasız tamamlansa dahi kullanım sırasında bakım eksikliği ya da uygun olmayan tadilatlar sebebiyle yapının performansı kısıtlanabilmektedir. Sahada görülen örnekleri; tesisat tadilatlarında taşıyıcı elemanlara verilen zarar, mimari kaygılarla yapılan proje dışı bölme duvarlar, ticari alanlardaki proje dışı asma katlar, hatta taşıyıcı elemanın tamamen sistemden çıkarılması gibi kesinlikle yapılmaması gereken tadilatlar sonucu yapıların deprem performanslarına ciddi zararlar verilmiştir. Bunun örneklerinden biri olarak Gaziantep'in Nizip ilçesinde tek çöken yapı olan Furkan Apartmanıdır. 1990 lı yıllarda yapılmış olan yapının zemin katında bulunan ticari alanda kullanım sırasında taşıyıcı sistem elemanlarından birisi kesilmiştir ve sonucunda ilçenin merkezinde yıkılan tek yapı olmuştur.

- **Yığma Yapılar**

Bölgede yığma yapılar önemli ölçüde dönüşüme uğrasa da köy camileri başta olmak üzere halen kullanımda olan yapıların bulunduğu görülmektedir. Özellikle eskiden yapılmış olan cami yapıları denetimden uzak ve halkın imece usulüyle yaptırdığı yapılar olması sebebiyle deprem performansları tartışmalıdır. Köy yaşamında köyün ve hayatın merkezinde olan bu tarz yapıların deprem performanslarının gözden geçirilmesi uygun olacaktır. Bu yapılarda deprem anında etraftaki yapılara ve canlılara zarar verecek bir risk teşkil ettiği gözlemlenen, prekast külâh kısmının ağırlığına karşı çimento bazlı klasik harç yardımıyla yerine konulması yöntemi ile yapılan imalatların da bu kapsamda gözlenmesi gerekmektedir.

- **Sanayi Yapıları**

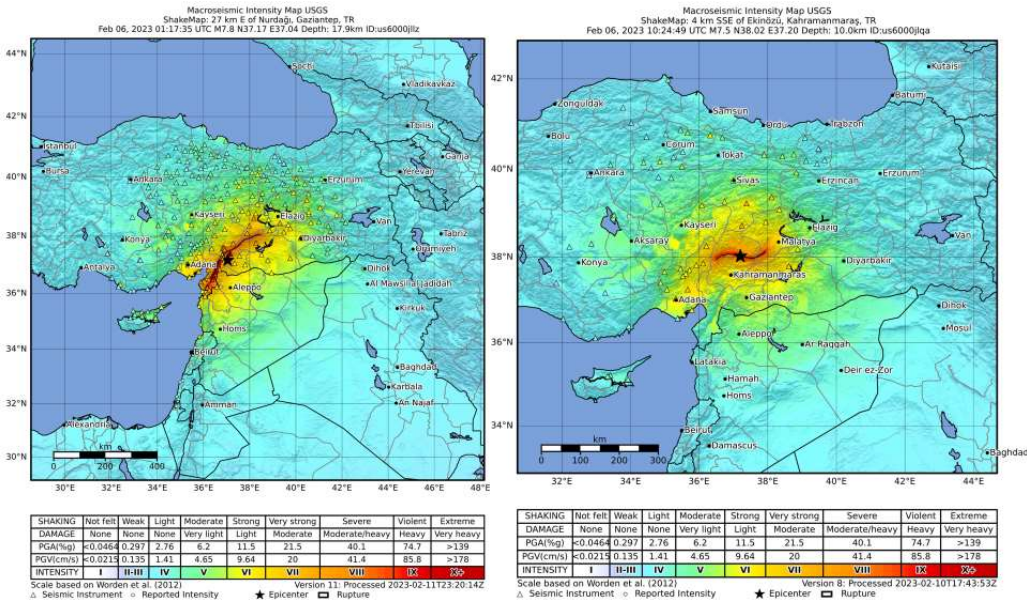
Prefabrik sanayi tesislerinde meydana gelen mevcut hasarlar göz önünde bulundurulduğunda, benzer hasarların meydana gelmemesi için; Üretimde doğru agrega ve beton karışımının kullanılması, buhar kürü süresinin doğru tayin edilmesi, donatı yerleşiminin doğru yapılması, kolon – çatı makası birleşim noktası bağlantı elemanlarının doğru tasarımı ve uygulaması, tasarımda kısa kolon etkilerinden kaçınılması, dilatasyon boşluklarının bırakılması, yatay ötelemeyi engelleyecek ilave taşıyıcı sistem elemanlarının tasarlanması gibi tedbirlerin alınması, yapıların işletmesi esnasında üretim ve depolama makine ve ekipmanlarının deprem etkisi göz önünde bulundurularak sabitlenmesi veya titreşim sönümleyici tedbirlerin alınması önerilmektedir.

ITUCE DEPREM ÇALIŞMA GRUBU 6 ŞUBAT PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SAHA GÖZLEM VE DEĞERLENDİRME RAPORU

• Ulaşım ve Sanat Yapıları

Deprem sonrası tarihi yapılarda nasıl bir yöntem ile performans analizi yapılması gerektiği sorunu ortaya çıkmıştır. 100 yıl belki daha uzun bir ömre sahip yapılarda güncel şartname ve standartlar uygulanarak deprem performans analizleri yapılmasının ne kadar doğru bir yöntem olduğu tartışmalıdır. Ancak kurumların da güncel bilim ve teknoloji ışığında elindeki tarihi yapıları değerlendirilmesi elzemdir.

Sentinel uydularından alınarak USGS (United States Geological Survey) tarafından analiz edilen veriler ışığında oluşturulan makrosismik haritalarda, meydana gelen depremlerin etki bölgeleri verilmiştir. Haritalar incelendiğinde, depremlerin jeolojik etkileri Samsun il sınırlarına kadar ulaştığı, ülke genelinde kot-koordinat değişimine sebebiyet verdiği görülmektedir. Tokat, Sivas, Erzincan, Kayseri, Niğde, Mardin ve Bingöl illeri deprem nedeniyle oluşan yer kaymalarına bağlı olarak yüksek oranda jeolojik ve jeodezik deformasyonlara uğramıştır. Bu bölgelerde yer alan özellikle karayolu-demiryolu ulaşımına ait sanat yapılarının önce hızlı taramalar ile akabinde ise detaylı çalışmalar ile irdelenmesi gerekmektedir.



Şekil 20 Makrosismik haritalarda deprem etkileri

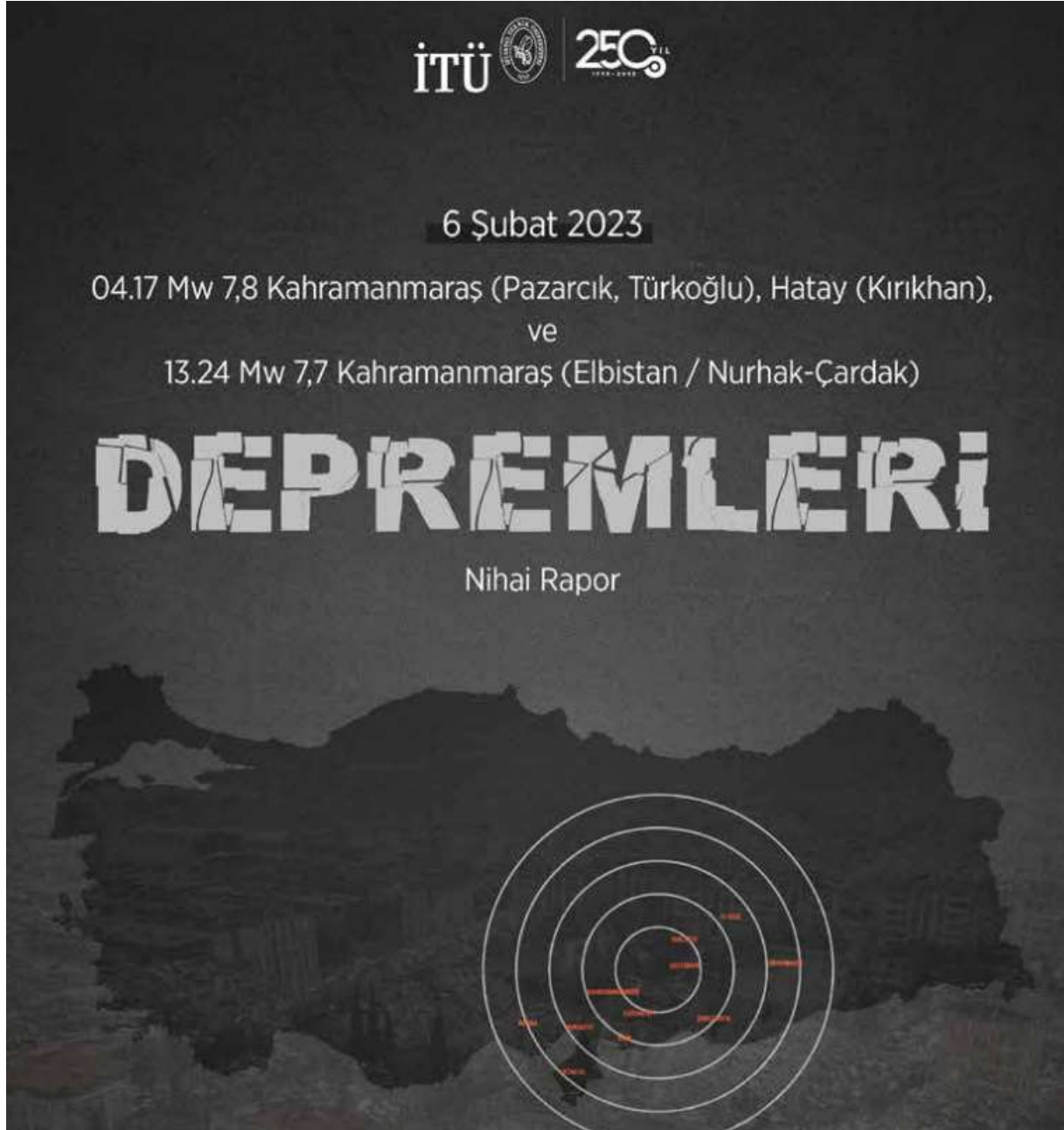
REFERANSLAR

- (1) İLKİ, A., DEMİR, C., CÖMERT, M., HALICI, Ö.F. (2019). Betonarme ve Yığma Binalarda Deprem Kaynaklı Hasarlar ve Hasar Tespiti Eğitimi
- (2) <https://bulten.imoizmir.org/2021/01/deprem-sonrasinda-binalarin-tespit-calismalarina-iliskin-bilgilendirme/>
- (3) ITUce Deprem Çalışma Grubu

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ 6 ŞUBAT DEPREMLERİ NİHAİ RAPORU

Ülkemizi derinden sarsan deprem hadisesi ile ilgili olarak üniversitemizin (İstanbul Teknik Üniversitesi) çok kıymetli öğretim görevlileri tarafından depremin bütün yönleri ile ilgili akademik olarak hazırlanmış nihai raporu incelemenizi tavsiye ediyoruz...

ITUce Deprem Çalışma Grubu





www.ituce.org



ITUce



itu_ce



ituceinsaat@gmail.com