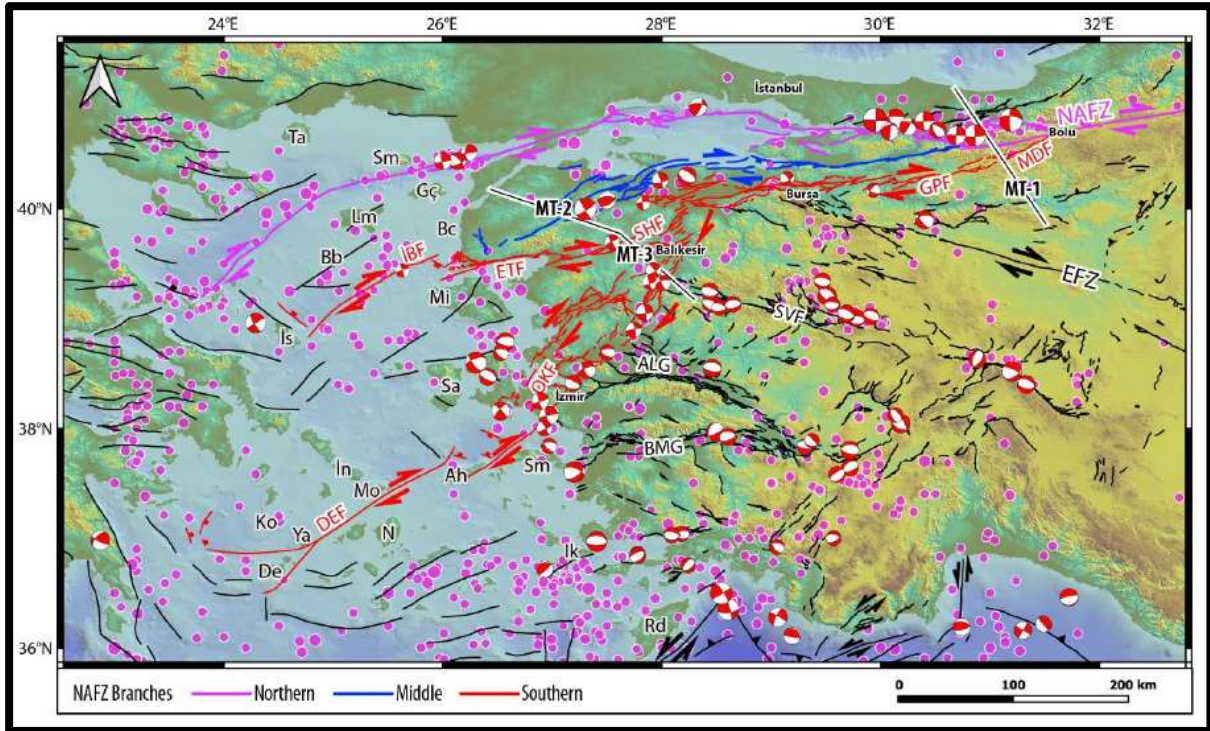


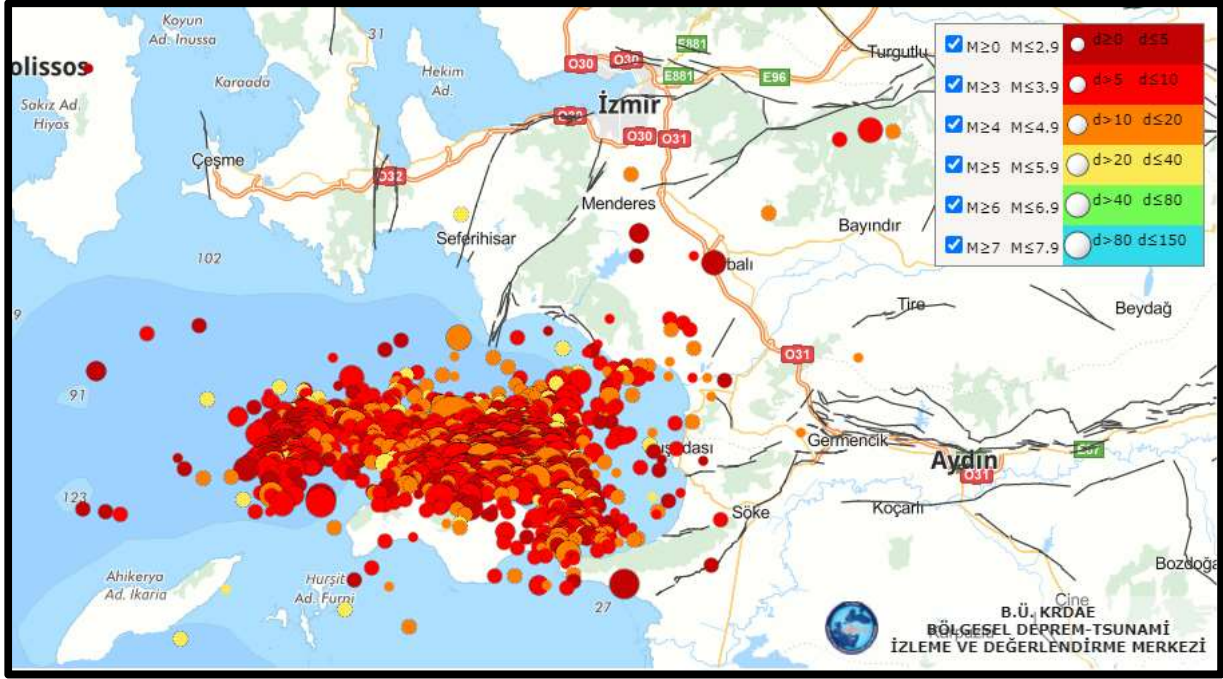
30 Ekim 2020 Seferihisar Depremi Ön Değerlendirme Raporu

30.10.2020 tarihinde saat 14:51:24'de Sisam Adası kuzeyinde meydana gelen ve büyüklüğü AFAD tarafından $M_w=6.6$, USGS tarafından ise $M_w=7.0$, olarak bildirilen deprem, odak mekanizması çözümlerine göre Sisam Adası kuzeyinde Doğu-Batı doğrultulu, kuzeye eğimli normal faydan kaynaklanmaktadır (Seyitoğlu et al. 2020a; Şekil 1). Bu depremde sonra bölgede raporun yazıldığı ana kadar 1700'ün üzerinde artçı deprem oluşmuştur. Bu artçıların 48 tanesinin büyüklüğü 4'ün üzerindedir (Şekil 2). Depremde, İzmir şehir merkezinde depremin merkez üssünden kabaca 70 km mesafede olmasına rağmen silt ve kil içerikli alüvyon ve yeraltısuyu açısından doygun olan kum zeminler üzerinde yer alan yoğun nüfuslu bazı bölgeler ciddi anlamda etkilenmiş, can ve mal kayıpları olmuştur.

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerince hazırlanan bu ön değerlendirme raporu, bölgede deprem sonrası yapılan incelemelere dayanarak ve daha sonra yapılacak detaylı çalışmaların öncülü olmak ve kamuoyunu bilgilendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu raporda, zemin etkisi, yapısal gözlemler ile depremin ve yarattığı tsunaminin deniz yapılarına olan etkileri irdelenmiştir. Depremin yeraltı sularında yarattığı etki ayrıca değerlendirilmiştir.



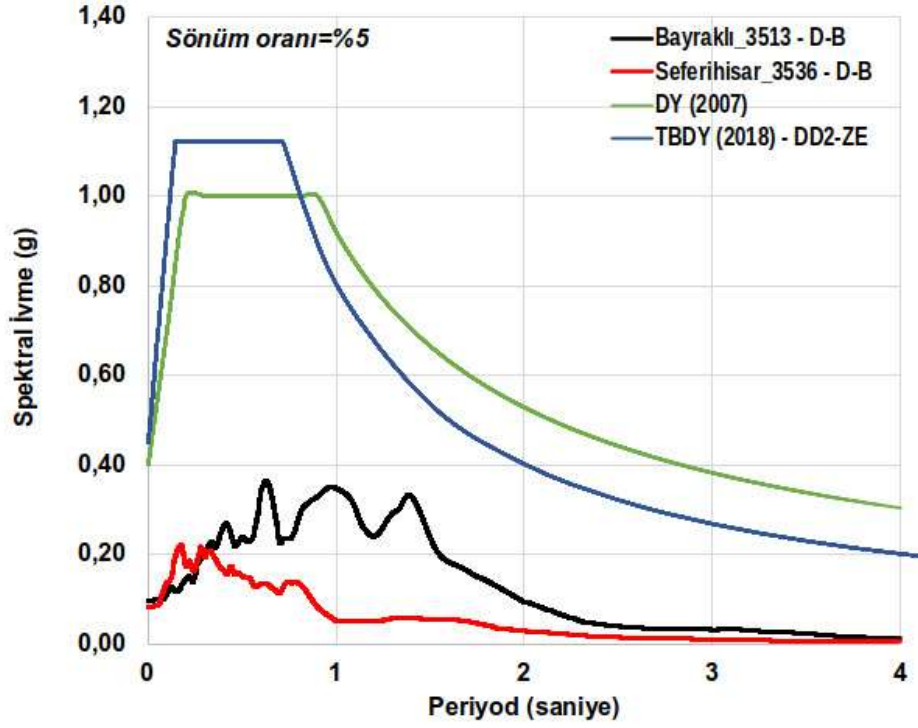
Şekil 1. Batı Anadolu'da Kuzey Anadolu Fayı'nın güney kolu (Seyitoğlu et al. 2020a,b)



Şekil 2. Sisam Adası kuzeyinde oluşan artçı depremler

Zemin Etkisi:

Yıkım ve ağır hasar görülen Bayraklı ilçesinde AFAD ölçüm istasyonundan elde edilen tepki spektrumunda zemin etkisi net bir şekilde görülmektedir. Şekil 3’de Seferihisar ve Bayraklı’daki ölçüm istasyonlarından elde edilen Doğu-Batı yönündeki deprem yer hareketi tepki spektrumları verilmiştir. Deprem merkez üssüne çok yakın bir yerleşim bölgesi olan Seferihisar’da maksimum spektral ivmenin 0.20 g seviyelerine ulaştığı, daha uzak olan Bayraklı’da ise zemin etkisi nedeniyle maksimum spektral ivmenin 0.35 g seviyelerine ulaştığı görülmektedir. Bayraklı’daki kil, silt ve kum ağırlıklı birimlerden meydana gelen kalın alüvyon zemin tabakalarının, oluşan tepkileri arttırdığı görülmektedir. Diğer taraftan zemin etkisi sonrası ortaya çıkan tepki spektrumları 2007 ve 2018 Deprem Şartnamelerinin tasarım tepki spektrumlarının altında kalmaktadır. Yıkılan binaların yakın çevresinde bulunan ve benzer sistemlere sahip diğer binalarda yıkım olmaması, yıkımların aslen yapı zafiyetlerinden kaynaklandığına işaret etmektedir. Hasar gören binaların olduğu bölgelerde yapılan ilk incelemelere göre sıvılaşma sonucu oluşabilecek deformasyon bulgusuna rastlanılmamış olsa da, deprem merkez üssüne yakın bir bölge olan Urla ilçesi Gülbahçe köyünde sıvılaşma sonucu oluşan kum kaynamaları gözlemlenmiştir (Şekil 4). Bu sebeple sıvılaşma potansiyeli olan bölgelerde daha detaylı incelemeler yapılması gerekmektedir.



Şekil 3. Bayraklı ve Seferihisar’da gözlenen deprem yer hareketi tepki spektrumlarının, 2007 ve 2018 yılı deprem şartnamelerinde belirtilen tasarım tepki spektrumları ile karşılaştırılması



Şekil 4. Gülbahçe’de gözlenen sıvılaşma (kum kaynaması)

Yapısal Hasarlar:

Deprem sonucunda özellikle İzmir ili Bayraklı ilçesi olmak üzere diğer ilçelerde de yapısal hasarlar oluştuğu gözlenmiştir. Bu bölgelerden Bayraklı'da bulunan kalın alüvyon zemin tabakasının deprem taleplerini arttırdığı, fakat yine de taleplerin güncel deprem yönetmelikleri tasarım taleplerinden az olduğundan hareketle asıl sorunun yapı zafiyetlerinde olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan aynı bölge, İzmir civarındaki 13 adet (MTA 2005) olduğu bildirilen deprem odaklarında oluşacak her harekette daha sert zemine sahip bölgelere kıyasla daha büyük taleplere maruz kalacaktır. Aynı zamanda mevcut yapı stoğu düşünüldüğünde, bölgenin daha yüksek riske sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Depremde özellikle Bayraklı ilçesinde bulunan ve tasarımları 1997 Deprem Yönetmeliği öncesi gerçekleştirilmiş 8 kat civarı yapıların daha fazla etkilendiği gözlemlenmektedir. Söz konusu yapıların birinci doğal periyotlarının, tepki spektrumlarında talebin yüksek olduğu bölgeye rast gelmelerinin bu sonuca sebep olduğu düşünülmektedir. Deprem talebi tasarım talebinden düşük olsa da, yapıların malzeme, donatı detaylandırma ve olası yapısal sistem seçimleri sebebiyle maruz kaldıkları düşük talebi karşılayamadıkları söylenebilir. Ne yazık ki bu yapılar tasarım depreminde beklenen sünek davranışı gösterememiş ve can güvenliği performans seviyesini de sağlayamamıştır. Toptan yıkılmanın yanında, bazı yapılarda gözlemlenen yumuşak kat düzensizliği yüzünden bu katların kolonlarında oluşan hasarlar, ilk katların tamamen yıkılmasına ve yapıların göçme durumuna gelmesine yol açabilmektedir (Şekil 5a,b). Göçme olmamasına rağmen taşıyıcı elemanların önemli hasarlar aldığı, ağır hasarlı binaların sayısı da azımsanmayacak miktardadır. Yapılarda bütün beylik hasar tipleri gözlenmektedir. Bunlar; ezilme sonucu kolonlarda kabuk atması ve donatı burkulması, kolon ve kirişlerde kesme çatlakları, kısa kolon oluşumu ve betonarme perde hasarlarıdır. Bir kısım binalarda yapısal hasarların oluşmasında veya büyümesinde donatılardaki paslanmaların da ciddi payı vardır.

Ayrıca çok daha yaygın biçimde bölme duvar hasarları gözlenmiştir. Bölgede nüfusun büyük kısmının evlerini terk etmesinin sebebi aslında yapısal olmayan hasarlar olduğundan, deprem sonrası arama kurtarma ve yardım çalışmalarındaki yükün azaltılabilmesi için tasarımlarda bölme duvar erken hasarlarını azaltıcı sistem seçimleri yapılması gerektiği bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Özetlenecek olursa sahada yapılan gözlemlerde bu ağır tablonun oluşumuna zemin hazırlayan faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Düşük beton kalitesi (Bölgedeki birçok bina betonu el dökümü olduğundan heterojen ve düşük dayanımlıdır. Ör: bir numunede agrega gradasyonunun uygun olmadığı, iri danelerin homojen dağılmadığı, danelerden bazılarının 35 mm'den fazla boyutu olan agregalar olduğu gözlenmiştir (Şekil 6).)
- Donatıların genel olarak dönemin pratiği ile uyumlu olarak, dayanımı düşük ve aderans yapma kapasitesi zayıf olan düz donatı olması



- Donatı detaylarının tasarımda seçilen sünek davranışı sağlamakta yetersiz kalması:
 - Genelde kolon ve kiriş kritik bölgelerinde etriye sıklaştırmasının olmaması
 - Etriye kancalarının 90 dereceden fazla bükülmemiş olması
 - Bindirme boylarının yüksek talep bölgelerinde olması
 - Kiriş-kolon bölgelerinde sargılama olmaması
- Yapısal sistem tasarım seçimlerindeki davranışı zorlayıcı tercihler
 - Yumuşak katlar
 - Kapalı çıkmalar
 - Yatay çerçeve süreksizlikleri
 - Burulma düzensizlikleri



Şekil 5a. Kat göçmesi görülen bazı binalar



Şekil 5b. Kat göçmesi görülen bazı binalar

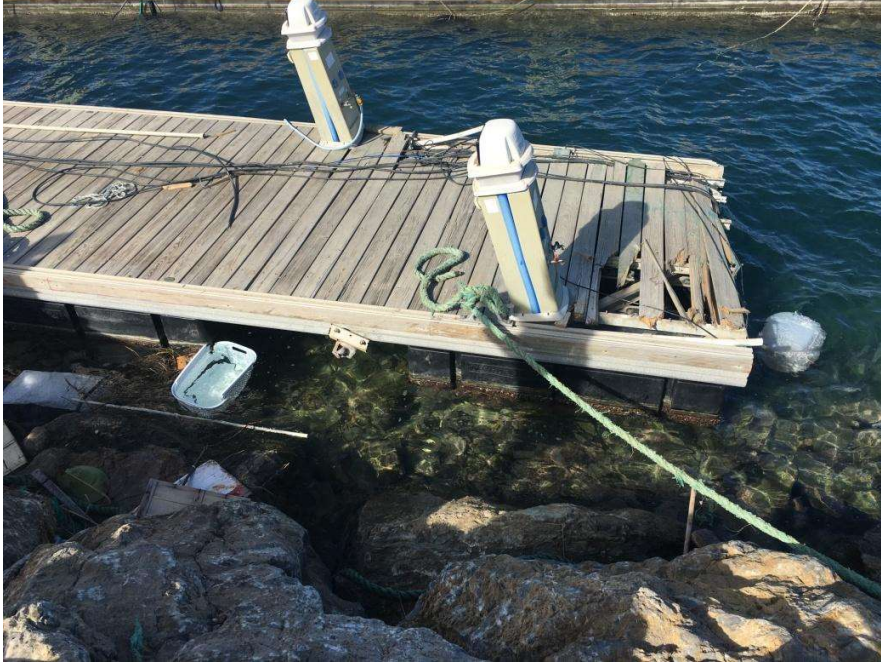


Şekil 6. Betondaki uygunsuz agrega gradasyonu ve homojen olmayan agrega dağılımı

Kıyı ve Liman Yapılarına Etkisi:

Depremi kıyı ve liman yapılarına etkisini gözlemlemek üzere Sığacık, Alaçatı, Çeşme, Urla ve Güzelbahçe'deki bazı balıkçı barınakları ve marinalar yerinde incelenmiştir. Bu barınaklarda ve marinalarda, eğimli taş dolgu dalgakıran, su içi veya bloklu beton rıhtım ve yüzer iskeleler bulunmaktadır. Yapılan incelemelerde dalgakıranların koruma tabakasında ve kronman duvarlarında herhangi bir hasar olmadığı; beton rıhtımlarda da kayma veya devrilme oluşmadığı gözlemlenmiştir. Yüzer iskelelerde ise halatlarda ve bağlantı halkalarındaki kopma nedeniyle tabandaki tonozlardan ayrılarak sürüklenme olmuş ve hasar meydana gelmiştir. Yerinde

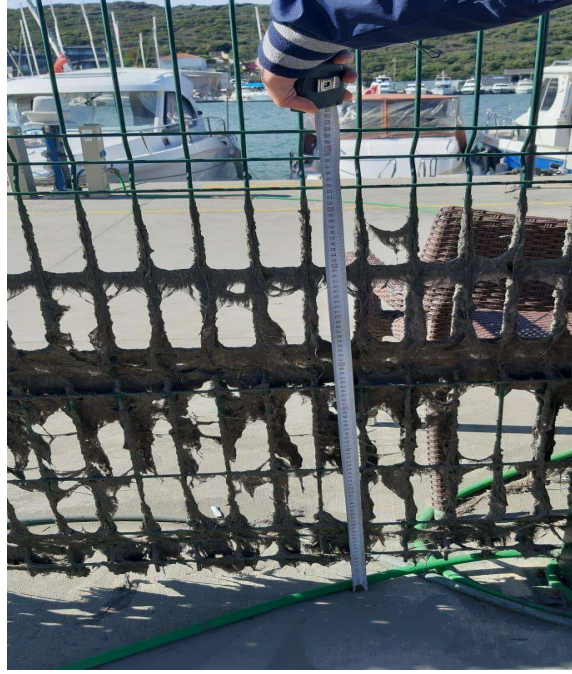
incelemede hasar gören yüzer iskelelerin imalatının 2000'li yılların başında yapıldığı ve günümüzde çok da kullanılmayan alüminyum karkas altında bulunan yüzdürücülerden meydana gelen pontonlardan oluştuğu görülmüştür. Şekil 7'de hasar gören alüminyum karkas yüzer iskele pontonu gösterilmiştir. Betondan yapılan yüzer iskele pontonlarında ise herhangi bir hasar oluşmamıştır.



Şekil 7. Sürüklenme neticesinde hasar gören alüminyum karkas yüzer iskele pontonu

Düşey atımlı kırılma yaratan deprem tsunamiye de yol açmıştır. Yarımada'nın güneyini etkileyen tsunami, tanıkların ifadesine göre, önce kıyı çizgisinin 5-6 m geri çekilmesine, daha sonra tipik bir sığ su dalgası karakteriyle, kıyıda deniz seviyesinin yükselerek sel gibi davranması ve yüksek bir hızla içeri girmesine neden olmuştur. Sığacık Marina'da geri sahada yer alan çitte su seviyesinin yükselmesi açıkça görülmektedir (Şekil 8). Su seviyesi yükselmesi çitte 0.94 m olarak ölçülmüştür. Geri sahanın üst kotunun inceleme yapılan 2.11.2020 gününde sakin su seviyesine göre yaklaşık 1.2 m olduğu göz önüne alınırsa, bu da tsunami sırasında su seviyesinin yaklaşık 2 m yükseldiğini göstermektedir. Yapılan ölçümlerde, tsunami dalgasıyla denizin yer yer 250 m kadar içeri girdiği görülmüştür. Şekil 9'da Urla'nın güney kıyılarındaki yer alan Altinköy plajındaki tsunami izleri görülmektedir. Tsunami, yüzer iskelelerin sürüklenmesi ve liman içindeki teknelerin hasar görerek batmasına ve özellikle Sığacık'ta pek çok zarara neden olmuştur. Daha önce ülkemizde yaşanan yakın zamanlı tsunamilerden farklı olarak bu kez can kaybına da neden olan tsunaminin ciddiye alınarak, denizde deprem olması durumunda, karada yüksek kotlu yerlere gidilmesi, teknede olma durumunda ise kıyıya dönmek yerine açığa gidilmesi konusunda bilgi ve farkındalığın artırılması

gerekmektedir. Ayrıca tsunami etkisinin özellikle yüzer yapıların tasarımında dikkate alınması; bağlanma zincir ve halatlarının periyodik olarak kontrol edilmesinin önemi ortaya çıkmıştır.



Şekil 8. Sığacık Marina geri sahadaki çitte tsunaminin izleri (suyun 0.94 m yükseldiği görülmektedir)



Şekil 9. Altıncöy plajı gerisinde tsunaminin izleri (kıyıdan 150-200 m uzaklığı göstermektedir)

Deprem ve Su Kaynakları ile İlişkisi:

Depremler sonucu hem soğuk hem de sıcak su kaynaklarında değişimler gözlenebilmektedir. Depremden etkilenen bölgelerdeki ilk gözlemlerde bazı alanlarda yeraltısuyu seviyelerinin değiştiği, Gülbahçe (Urla) ve Cumalı (Seferihisar) gibi bazı jeotermal sahalarda yeni sıcak su kaynaklarının ortaya çıktığı görülmektedir. Gülbahçe’de yüzeye çıkan yeni sıcak suların sıcaklıklarının 30 °C ile 35 °C arasında değiştiği gözlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Gülbahçe köyünde yüzeye çıkan yeni sıcak su kaynakları

Sonuçlar:

Deprem sonucunda özellikle İzmir ili Bayraklı ilçesi olmak üzere bölgede ciddi hasarlar olduğu gözlenmektedir. Yıkım ve ağır hasar görülen Bayraklı’da AFAD ölçüm istasyonlarından elde edilen tepki spektrumlarından zemin etkisi net bir şekilde görülmüş, kalın alüvyon zemin tabakasının depremin şiddetini arttırarak ilçede bulunan ve özellikle 1997 yılı Deprem Şartnamesi öncesi tasarlanmış 8 kat civarı yapıları etkilediği gözlenmiştir. Ağır hasar gören yapıların bir kısmında yumuşak kat düzensizliği ve/veya kısa kolon problemleri ile karşılaşmıştır. Bunlara ilaveten, düşük malzeme dayanımları, genellikle donatıların aderans yapma özellikleri zayıf düz donatı olması, özellikle sünek davranış konusunda elzem etriyelerin sayıca ve detayca yetersiz olması, kiriş-kolon bağlantılarında etriye bulunmaması gibi sıkça görülen temel bazı problemleri vardır. Bunun yanında yapısal sistemlerde davranışı zorlayıcı tasarım tercihleri yapılmış olması sebebiyle depremin bu bölgede yapılar üzerindeki yıkıcı etkisini artırdığı söylenebilir.

Depremin kıyı ve liman yapılarına etkisi için yapılan incelemeler sonucu dalgakıranların koruma tabakasında ve kronman duvarlarında herhangi bir hasar olmadığı; beton rıhtımlarda da kayma veya devrilme oluşmadığı gözlemlenmiştir. Ölçülen yer ivmelerinin tasarım değerlerinden düşük

olduğu dikkate alınırsa bu aslında beklenen bir sonuçtur. Ancak, tsunami etkisinin özellikle yüzer yapıların tasarımında dikkate alınmasının ve bağlanma zincir ile halatlarının periyodik olarak kontrol edilmesinin önemi ortaya çıkmıştır.

Deprem bölgelerinde su kaynaklarında değişim olduğu, yeni sıcak su kaynakların ortaya çıktığı görülmüştür. Bu nedenle bu kaynakların da düzenli olarak izlenmesinde yarar vardır.

Bu depremde gerçekleşen can ve mal kayıplarının gelecekte olmaması amacıyla, bu ön değerlendirme raporda değinilen konular başta olmak üzere zafiyete yol açan konularda araştırmalara devam edilmesi ve imalat ve tasarımdaki yetersizliklerin üzerine gidilmesi gerekmektedir. Bu hususlar göz önünde bulundurularak yapı stoğunda iyileştirmeler yapılması yerinde olacaktır.

Kaynaklar

Seyitoğlu, G., Kaypak ,B., Esat, K., Koca, B., 2020a. 2020.10.30 (Mw=7.0) Sisam depremi ve artçılarının Ege'nin neotektonik çerçevesinin anlaşılmasına katkıları, JMO, Ankara.

Seyitoğlu, G., Esat, K., Kaypak, B., Çıvgın, B., 2020b. Seismotectonics of the southern branch of North Anatolian Fault Zone along Bolu-Bursa-İzmir-Değirmenlik (Milos) island in the Aegean Sea. In review.

İzmir Yakın Çevresi Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri, MTA Rapor No: 10754, Jeoloji Etütler Dairesi 2005

