



30 EKİM 2020 M_w 6.6 EGE DENİZİ SEFERİHİSAR (İZMİR) DEPREMİ İNCELEME VE DEĞERLENDİRME RAPORU



**Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR
Dr. Osman KIRTEL
Dr. İsa VURAL
Dr. Yusuf SÜMER
Dr. Ali SARIBIYIK**

**Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Deprem Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi – DAMER
11 Kasım 2020**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	I
TABLolar LİSTESİ	II
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	II
ÖNSÖZ.....	III
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE JEOLojİK YAPI	1
BÖLÜM 2. SİSMİK ÖZELLİKLER VE KUVVETLİ YER HAREKETİ	4
BÖLÜM 3. GEOTEKNİK DEĞERLENDİRME	11
BÖLÜM 4. YAPILARDA GÖRÜLEN HASAR TİPLERİ.....	15
BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	24
KAYNAKÇA	27

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Bölgede kurulu bulunan bazı ivme ivmeölçer istasyonları ve ölçülen maksimum yer ivmesi değerleri.....	6
Tablo 2.2. İzmir depremi hasar dağılımı.....	6

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İzmir ve çevresi bölgesi sadeleştirilmiş jeoloji haritası [2].....	1
Şekil 1.2. İzmir ve çevresi diri fay haritası [5].....	2
Şekil 1.3. İzmir ve çevresi önemli depremler [6].....	3
Şekil 2.1. İzmir ve çevresi sismik aktivite	4
Şekil 2.2. İzmir Depremi artçı depremlerin dağılımı [6].....	5
Şekil 2.3. İvmeölçer istasyonlarının konumları	5
Şekil 2.4. İzmir depreminin yayılım haritası ve ivmeölçerlerin konumu.....	7
Şekil 2.5. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (DD2 depremi) ve bölgenin deprem tehlikesi [8].....	8
Şekil 2.6. İvmeölçer konumları için yatay elastik tasarım spektrumları	9
Şekil 3.1. İzmir körfez çevresi için zemin ve ana kaya modeli [10].....	12
Şekil 3.2. İzmir körfez çevresi için dinamik zemin büyütme katsayısı dağılım haritası [10].....	12
Şekil 3.3. Depremde büyük hasar ve can kaybının olduğu bölge [11].....	13
Şekil 4.1. Bayraklı İlçesi yıkılan Bina ve Siteler	15
Şekil 4.2. Tamamen yıkılan Rıza Bey Apartmanı.....	16
Şekil 4.3. Tamamen yıkılan Doğanlar Apartmanı.....	17
Şekil 4.4. Tamamen yıkılan Yağcıoğlu Apartmanı.....	17
Şekil 4.5. Kısmen yıkılan Barış Sitesi.....	18
Şekil 4.6. Kısmen yıkılan Yılmaz Erbek Apartmanı.....	19
Şekil 4.7. Kısmen yıkılan Karagül Apartmanı	19
Şekil 4.8. Ağır hasarlı yapılar [12].....	20
Şekil 4.9. Kolonlarda görülen hasarlar.....	21
Şekil 4.10. Etriye uygulama hataları ve oluşan hasarlar	22
Şekil 4.11. Donatılarda korozyon etkisi	22

ÖNSÖZ

30.10.2020 Cuma günü, yerel saatle 14:51'de merkez üssü Ege Denizi, İzmir ili Seferihisar ilçesi açıkları olan ve Mw 6.6 büyüklüğünde çok şiddetli sığ bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sonucunda kuvvetli yer hareketi etkisi ile İzmir'in Bayraklı, Bornova, Buca, Kemalpaşa ve Menderes ilçelerinde yapılardaki yıkım ve hasarlara bağlı olarak can (115 can kaybı ve 1034 yaralı) ve mal kayıpları olmuştur.

Depremi ardından Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (SUBÜ), Deprem Çalışmaları Araştırma ve Uygulama Merkezi (DAMER) öğretim üyelerinden oluşan deprem inceleme ve araştırma ekibi, oluşan yapı hasarlarını ve depremin etkilerini yerinde incelemek amacıyla 31 Ekim 2020 Cumartesi günü bölgeye gitmiştir. Bölgede yerinde incelemeler ve araştırmalar yaparak, bu raporu hazırlamıştır.

Ülkemiz coğrafyasının büyük kısmı deprem riski altındadır. Özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde bu risk daha da fazladır. Üniversitemiz bünyesinde kurulmuş Araştırma Merkezi olarak depremle ilgili inceleme ve araştırmalar yaparak başta ilimiz Sakarya olmak üzere ülkemizde, yapmış olduğumuz çalışmalar sonucunda belirtilen yetersizliklerin tekrarlanmaması için katkı yapmak hedeflenmiştir.

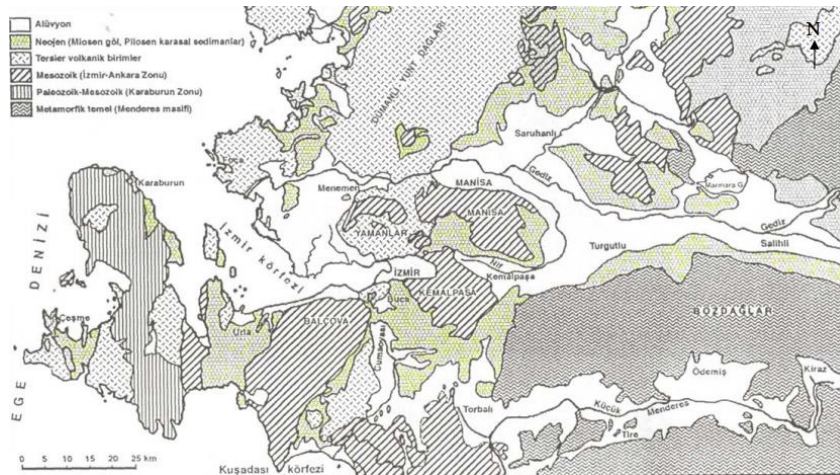
Depremi meydana geldiği andan itibaren raporun hazırlanma süreci de dâhil olmak üzere çalışmaları maddi ve manevi olarak destekleyen Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörü Sn. Prof. Dr. Mehmet SARIBIYIK'a teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca depremden etkilenen binalarda çektiği fotoğraflar ile bu rapora katkıda bulunan İnşaat Yüksek Mühendisi Ömer Faruk ÇINAR'a teşekkür ederiz.

Deprem Çalışmaları Araştırma ve Uygulama Merkezi - DAMER

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE JEOLojİK YAPI

30.10.2020 Cuma günü, yerel saatle 14:51'de merkez üssü Ege Denizi, İzmir ili Seferihisar ilçesi açıkları olan ve Mw 6.6 büyüklüğünde şiddetli sığ bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sonucunda kuvvetli yer hareketi etkisi ile İzmir'in Bayraklı, Bornova, Buca, Kemalpaşa ve Menderes ilçelerinde yapılardaki yıkım ve hasarlara bağlı olarak can ve mal kayıpları olmuştur [1].

İzmir ve çevresinin temeli Üst Kretase yaşlı Bornova Karmaşığı isimli bir formasyondan oluşmaktadır. Bu birim, bir filiş matriks ile içerisindeki değişik boyutlu platform türü kireçtaşı bloklarından oluşmuştur. Bu kayalar yörede en yaşlı kaya grubu olan Menderes Masifi'nin metamorfikleri üzerine itilmiş durumdadır. Menderes Masifi üzerine bindirmeyle gelen Bornova Karmaşığı kayaları (İzmir - Ankara Zonu kayaları) Manisa'dan Seferihisar'a kadar uzanan geniş bir bölgede yayılım sunmaktadır. Bölgesel temeli oluşturan tüm birimler, Neojen yaşlı tortul ve volkanik kayalar tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür (Şekil 1.1) [2].



Şekil 1.1. İzmir ve çevresi bölgesi sadeleştirilmiş jeoloji haritası [2].

Temel üzerine uyumsuzlukla gelen Neojen yaşlı görsel tortullar alttan üste doğru çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası, marn ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu birimler yer yer yanal ve düşey olarak geçişli dokanaklar sunarlar. Tüm bu birimler, dasitik ve andezitik bileşimli volkanik lavlar ve piroklastikleri tarafından üstlenmiş durumdadır. Körfezin güneyinde andezitler yaygın olarak gözlenirken, kuzeyinde andezitik ve dasitik volkanizma ürünü magmatik kayalar sığ derinliklerde gözlemlenebilir.

Bölgede geniş bir yayılım alanı sunan Yamanlar Volkanitleri Neojen yaşlı olup, Andezit-Dasit karakterindeki volkanik ürün ve türevlerini içerirler

Bölgedeki güncel morfolojiyi oluşturan ana yapısal hatlar, tarafından K-G /KD GB normal ve oblik faylar ile bu fay blokları arasındaki D-B uzanımlı normal faylar olarak tanımlanmıştır. MTA'nın 2002 yılında hazırladığı jeoloji haritaları incelendiğinde, İzmir Körfezi ve çevresinde birçok doğrultuda yapısal süreksizlikler olduğu görülmektedir. Bu süreksizliklerin incelenmesi için yapılan çalışmalarda, süreksizliklerin aktiviteleri tartışılmış ve yorumlanmıştır. Araştırmalara göre, elde edilen profillerde K-G' den KD-GB' ye değişen doğrultularda ters bileşenli doğrultu atımlı faylar ve D-B uzanımlı normal faylar tanımlanmış, körfezin KB-GD gidişli dış körfez kısmı Karaburun ters fayı ile sınırlanırken, D-B uzanan iç körfez kısmını güneyde İzmir normal fayı sınırlanmıştır [3].

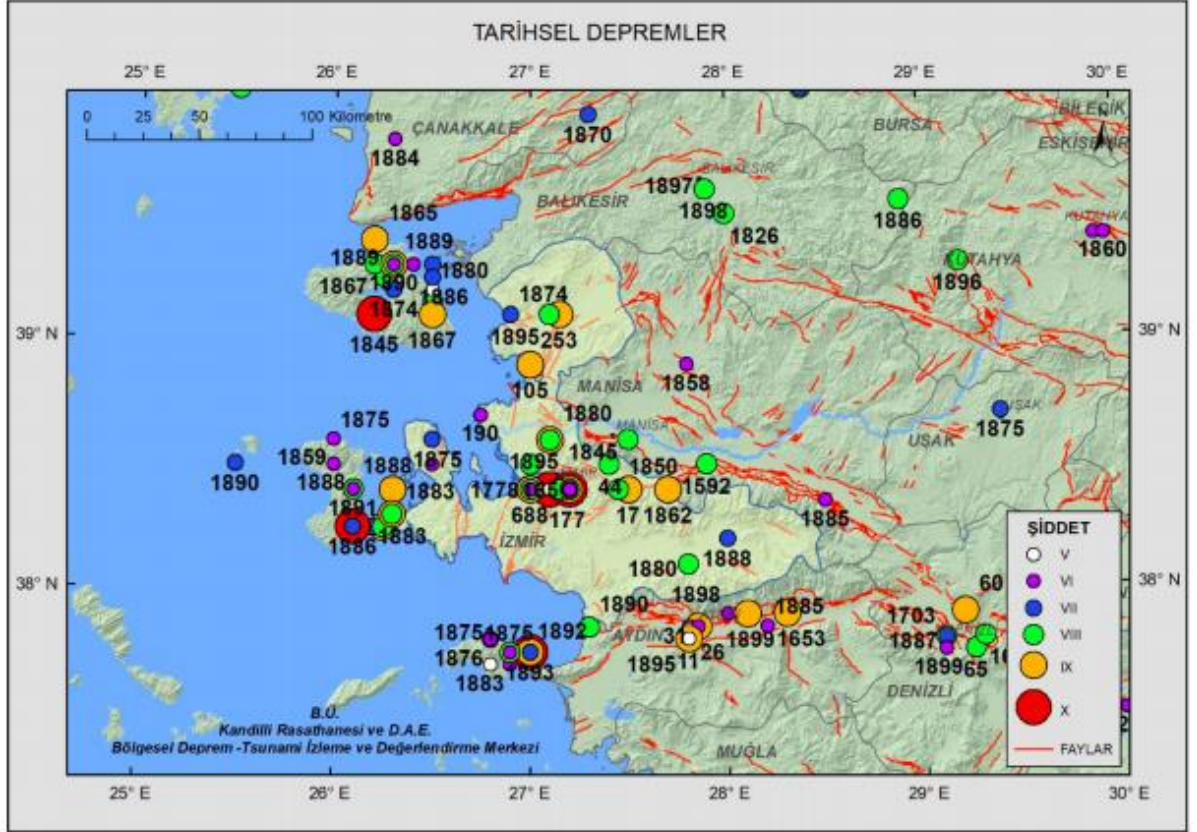
Yapılan jeolojik çalışmalar ve depremsel hareketliliğin tarihsel süreci üzerine yapılan incelemelerde tarihsel dönemlerden bu yana yoğun deprem aktivitesine sahne olmuştur. İzmir kenti merkez olmak üzere yaklaşık 50 km yarıçapındaki bir alanda diri fay haritalaması gerçekleştirildiği çalışmalarda, bu alanda Güzelhisar Fayı, Menemen Fay Zonu, Yenifoça Fayı, İzmir Fayı, Bornova Fayı, Tuzla Fayı, Seferihisar Fayı, Gülbahçe Fayı, Gümüldür Fayı, Gediz Grabeni Ana Sıyrılma Fayı, Dağkızılca Fayı, Kemalpaşa Fayı ve Manisa Fayı olmak üzere 13 adet diri fay tanımlanmıştır [4].



Şekil 1.2. İzmir ve çevresi diri fay haritası [5].

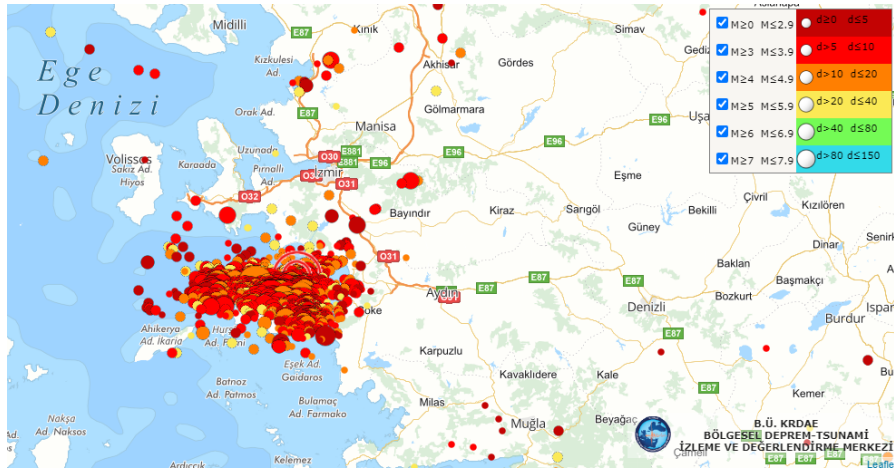
Türkiye Diri Fay Haritasında da görüleceği gibi (Şekil1.2) D-B doğrultulu normal faylanmalar Gediz Grabeninin batı ucunda yer alırken, özellikle KD-GB ve KB-GD faylar İzmir civarında yoğunlaşmaktadır. Gediz grabeni dışında bölgenin deprem aktivitesine kaynak oluşturabilecek

aktif faylar Tuzla, Seferihisar, Gülbahçe, Mordağan, Gümüldür, İzmir, Menemen, Güzelhisar, Yeni Foça ve Kiraz faylarıdır. Tarihsel dönemde (M.Ö. 1800-M.S. 1900; Soysal ve diğ., 1981) bölgede İzmir ili ve yakın çevresinde, Büyük Menderes ve Gediz Graben Sisteminde şiddet değeri $I_0=IX-X$ olan depremlerin meydana geldiği görülmektedir [6]. İzmir ve çevresi diri fay hatlarının etki alanında bulunan bir bölge olup (Şekil 1.3), tarihsel süreçlerde olduğu gibi gelecekte de depremlerin beklendiği bir bölgedir.



BÖLÜM 2. SİSMİK ÖZELLİKLER VE KUVVETLİ YER HAREKETİ

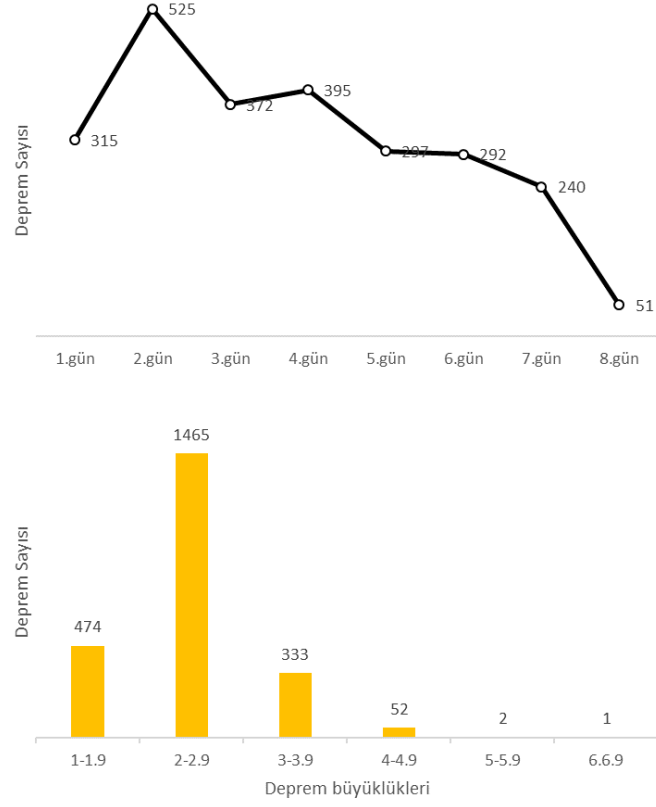
30.10.2020 Cuma günü, yerel saatle 14:51'de merkez üssü Ege Denizi, İzmir ili Seferihisar ilçesi açıkları olan ve Mw 6.6 büyüklüğünde çok şiddetli sığ bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem sonucunda kuvvetli yer hareketi etkisi ile İzmir'in Bayraklı, Bornova, Buca, Kemalpaşa ve Menderes ilçelerinde yapılarındaki yıkım ve hasarlara bağlı olarak can ve mal kayıpları olmuştur. Sisam Adasını kuzeyden sınırlayan yaklaşık 30 km uzunlukta BKB-DGD gidişli Sisam Fayı üzerinde ve geniş bir alanda hissedilen ana depremden sonra 6 Kasım 2020 tarihi itibari ile 2487 adet artçı deprem meydana gelmiştir [6]. Bölgenin 8 günlük sismik aktivitesi Şekil 2.1'de verilmiştir.



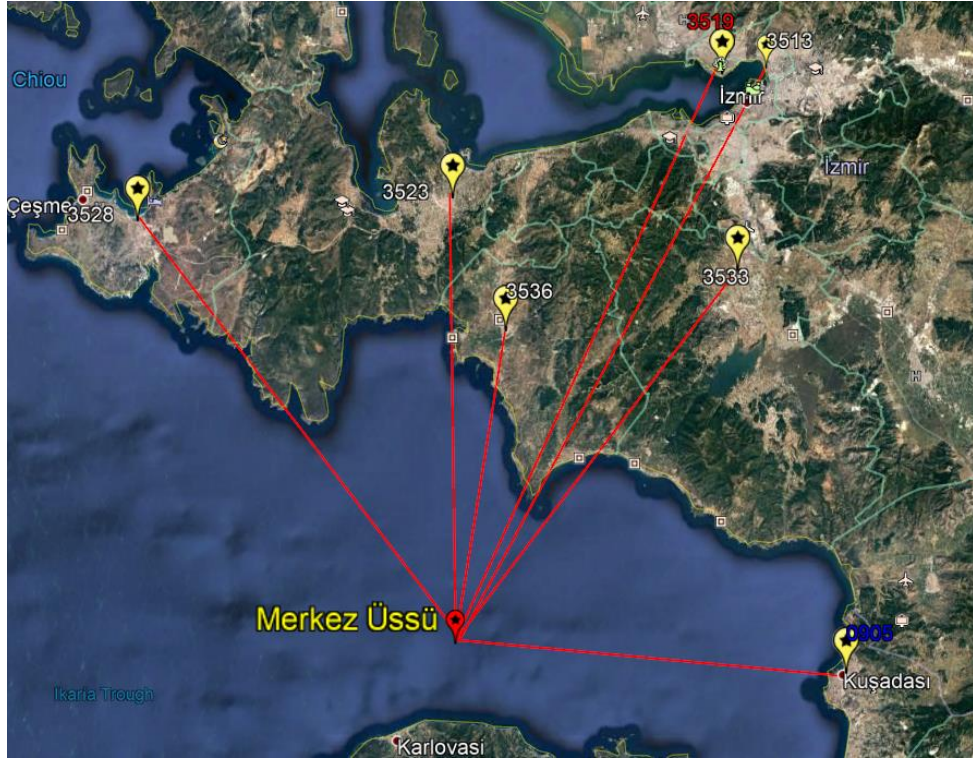
Şekil 2.1. İzmir ve çevresi sismik aktiviteleri

Ayrıca Kandilli Rasathanesi Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi tarafından 30.10.2020-06.11.2020 tarihleri arasında meydana gelen ve çözümü yapılan artçı depremlerin günlere göre büyüklük ve oluş sayıları Şekil 2.2'de verilmiştir.

30.10.2020 günü, 14:51'de merkez üssü Ege Denizi, İzmir ili Seferihisar ilçesi açıkları olan ve Mw 6.6 meydana depreme ait veriler bölgede bulunan ivmeölçerler (Şekil 2.3) vasıtasıyla elde edilmiş olup Tablo 2.1' de verilmiştir [1].



Şekil 2.2. İzmir Depremi artçı depremlerin dağılımı [6]



Şekil 2.3. İvmeölçer istasyonlarının konumları

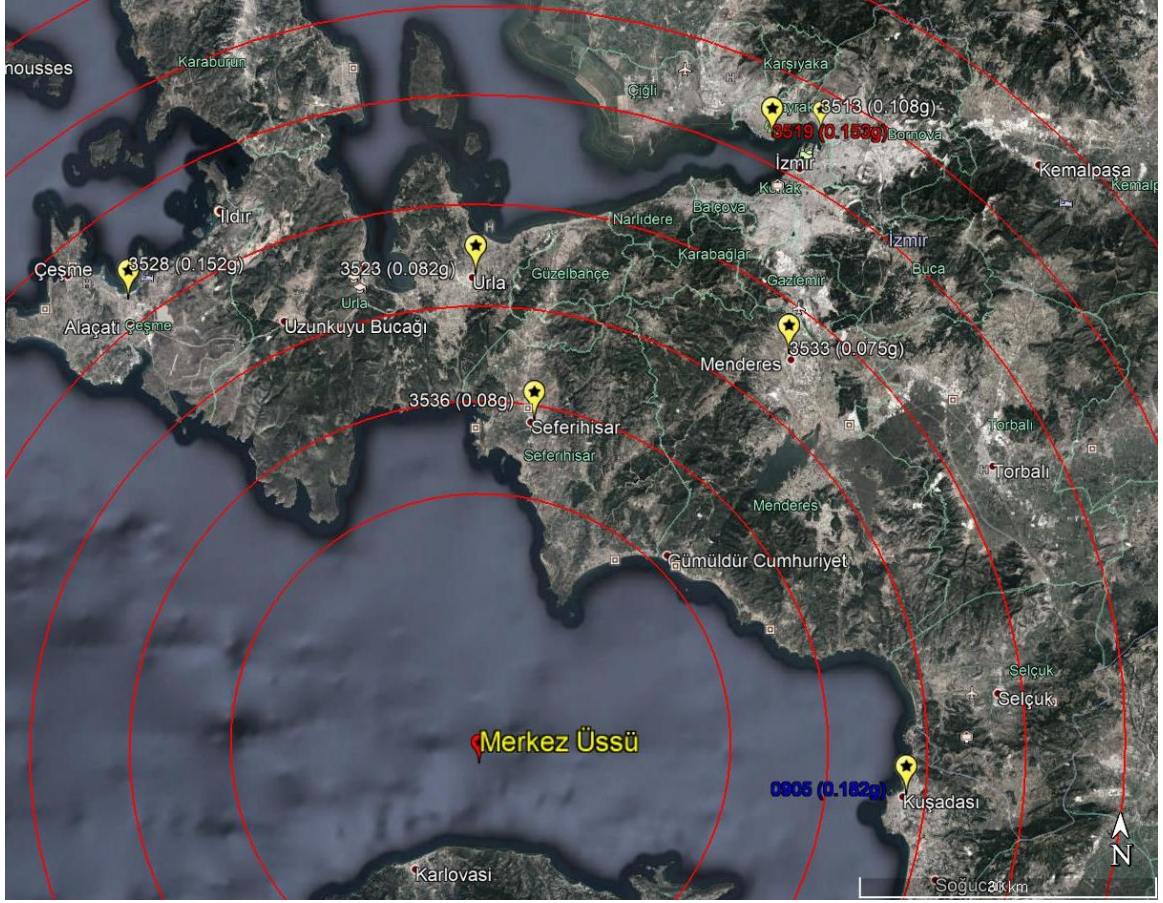
Tablo 2.1. Bölgede kurulu bulunan bazı ivme ivmeölçer istasyonları ve ölçülen maksimum yer ivmesi değerleri [1]

İSTASYON				PGA [g]		
Kodu	İl	İlçe	Uzaklık [km]	K-G	D-B	U-D
3536	İzmir	Seferihisar	35	0.050	0.081	0.032
0905	Aydın	Kuşadası	43	0.183	0.147	0.081
3523	İzmir	Urla	49	0.082	0.065	0.038
3533	İzmir	Menderes	51	0.075	0.047	0.038
3528	İzmir	Çeşme	58	0.120	0.152	0.078
3519	İzmir	Karşıyaka	69	0.153	0.112	0.035
3513	İzmir	Bayraklı	72	0.108	0.097	0.045

Tablo 2.1 incelendiğinde bu depreme ait ölçülen en büyük yer ivmesi değerinin, Aydın-Kuşadası ilçesinde bulunan 0905 numaralı ivmeölçerin Kuzey-Güney yönünde kaydedilen veriye ait olduğu ve 0.183g olduğu görülmektedir. Meydana gelen depremin merkez üssüne göre yayılımı incelendiğinde (Şekil 2.4), yer ivmelerinin azaldığı ancak Bayraklı, Karşıyaka ve Çeşme ilçelerinde zemin büyütmesinden kaynaklı olarak ivme değerlerinde bir büyüme olduğu görülmektedir. Her ne kadar zemin büyütmesi olsa da, maksimum yer ivmesi değerlerinin 0.153g de kaldığı görülmüştür. Bu bölgeler için deprem yönetmeliklerimiz (1997, 2007, 2018) yapı tasarımında, gelecek deprem kuvvetleri için 0.400g'den daha büyük yer ivmesi değerleri ön görmüştür. Bu nedenle yıkılan binaların ve ağır hasar yoğunluğunun İzmir-Bayraklı ilçesinde olması tamamen yapı kalitesi ile açıklanabilir. Deprem sonrası ortaya çıkan hasar dağılımı Tablo 2.2'de verilmiştir.

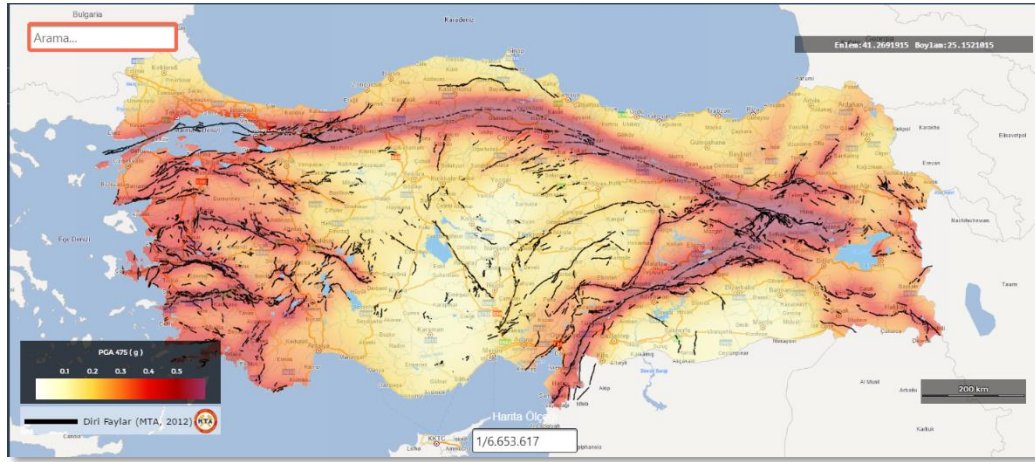
Tablo 2.2. İzmir depremi hasar dağılımı

Hasar Durumu	Bina Sayısı
Ağır hasarlı ve yıkılacak	376
Orta Hasarlı	410
Az Hasarlı	4182
Toplam	4968

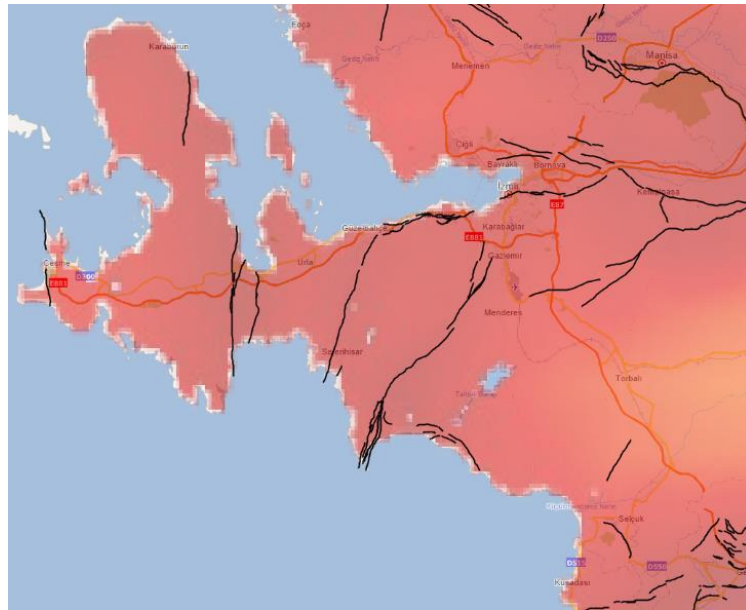


Şekil 2.4. İzmir depreminin yayılım haritası ve ivmeölçerlerin konumu

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) [7] ile birlikte yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından (TDTH) (Şekil 2.5), ülkemiz genelinde bina tasarımında kullanılacak, farklı deprem düzeyleri ve farklı zemin sınıfları için maksimum yer ivmesi ve yapı tasarımına esas Elastik Tasarım Spektrumlarını elde etmek için kullanılacak spektral ivme katsayıları elde edilmektedir [8]. Ülkemizin ve bölgenin tasarım depremine ait tehlike haritası Şekil 2.5'te verilmiştir. Deprem tehlike haritalarından Tablo 2.1'de belirtilen ivmeölçerlerin bulundukları konumlar için ilgili veriler alındığında maksimum yer ivmesi değerlerinin (PGA) sırasıyla; 0.460g, 0.383g, 0.457g, 0.426g, 0.350g, 0.454g ve 0.455 olduğu görülmüştür. Bu bilgi ve verilerden görülmektedir ki, meydana gelen depremin oluşturduğu maksimum ivme değerleri, tasarım depremi için verilen ivme değerlerinin yarısından daha azdır. Özellikle yıkılan binaların bulunduğu Bayraklı ilçesinde meydana gelen yer ivmesi değerleri tasarım depreminin ön gördüğü ivme değerinin dörtte biri kadardır.



(a) Türkiye geneli diri faylar ve deprem tehlike haritası

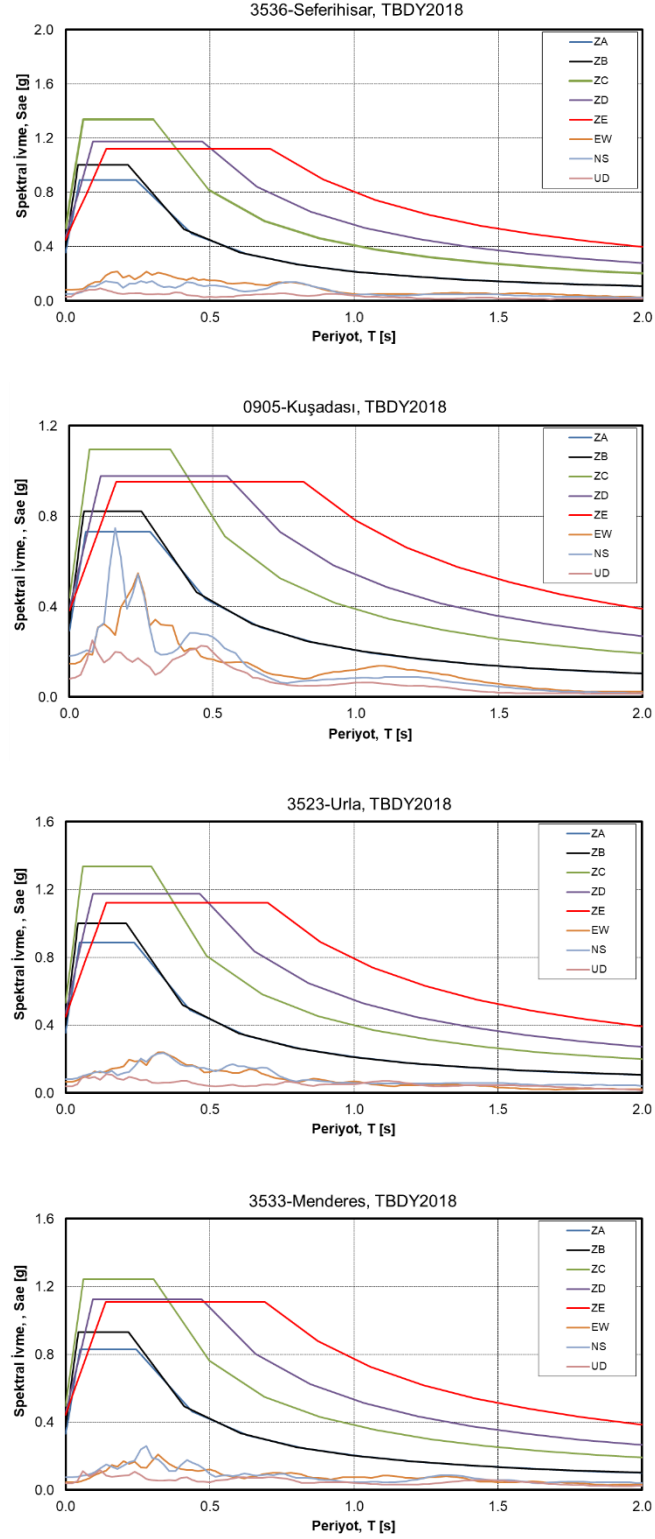


(b) Bölgede diri faylar ve bölgenin deprem tehlikesi

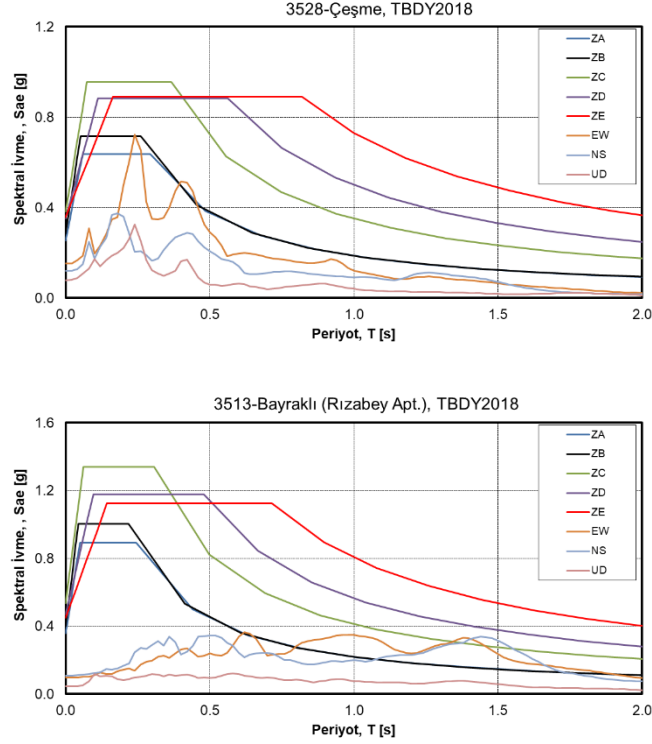
Şekil 2.5. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (DD2 depremi) ve bölgenin deprem tehlikesi [8]

Bölgede yapılacak yapıların tasarımında deprem etkilerini tanımlamak için, TBDY, 2018'in belirttiği yatay elastik tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$, deprem tehlike haritalarından tasarım depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem, DD2) için farklı zemin özellikleri dikkate alınarak ivmeölçerlerin bulundukları konumlar için elde edilmiştir. Burada İzmir-Bayraklı (3513) için elde edilen spektral ivmelerin, depremden dolayı bu bölgede yıkılan ve en fazla can kaybının (34 vatandaşımız bu binada hayatını kaybetmiştir) olduğu Rızabey Apartmanının bulunduğu parsel ile aynı değerlere sahip olduğunu belirtmek gerekir (Şekil 2.6). Ayrıca 2018 öncesi bölge, Bayındırlık ve İskân

Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 1. derece ($PGA \geq 0.40g$) deprem bölgesi olarak verilmiştir [9]. Bu bilgiler doğrultusunda farklı zemin sınıfları için deprem yönetmeliklerine göre tasarım ivme spektrum eğrileri Şekil 2.6’da verilmiştir.



Şekil 2.6. İvmeölçer konumları için yatay elastik tasarım spektrumları



Şekil 2.6. İvmeölçer konumları için yatay elastik tasarım spektrumları (devam)

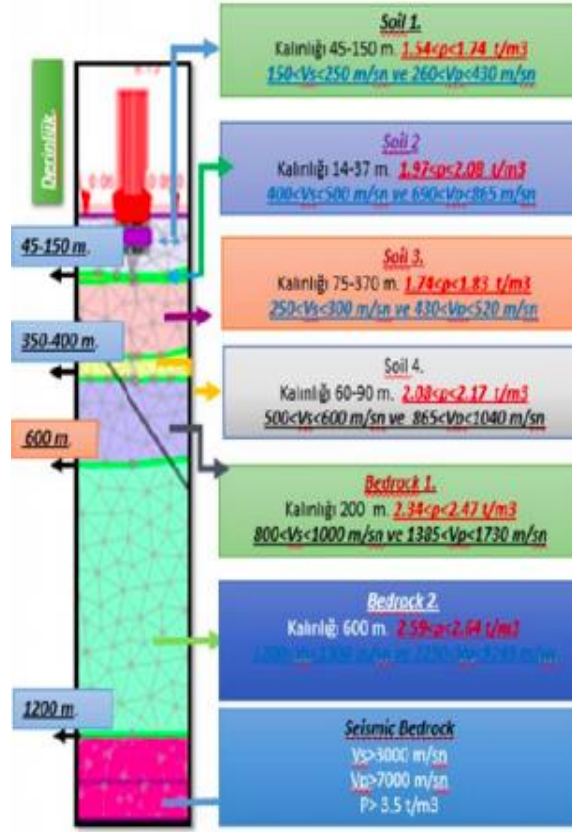
Şekil 2.6 incelendiğinde, meydana gelen depremden ölçülen ivme değerlerinin tasarım için deprem yönetmeliklerinde göre elde edilen spektral ivme değerlerinin çok altında olduğu görülmektedir. Yapıların bu depremden etkilenmesi ancak malzeme kalitesi, yapının projeye ve yapım kurallarına uygun yapılmamış olması ve yapılara kullanım süreleri içerisinde tahribatlar ve kontrolsüz tadilatlar yapılması ile açıklanabilir. Ayrıca meydana gelen deprem sonucunda elde edilen ivme kayıtları incelendiğinde, diğer bölgelerin aksine Bayraklı ilçesi kayıtlarında, maksimum spektral ivme değerlerinin geniş bir periyot aralığında ($T=0.50s - 1.50s$) meydana geldiği görülmektedir. Bu da daha büyük yer ivmesine sahip depremlerde, bölgenin zemin özelliklerinin yapı davranışı üzerinde önemli etkiler oluşturacağını ortaya koymaktadır. Bu bölgede yapılacak yapıların tasarımında “zemin davranış analizi” kavramının özellikle çok katlı yapılarda dikkate alınması gerekmektedir.

BÖLÜM 3. GEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

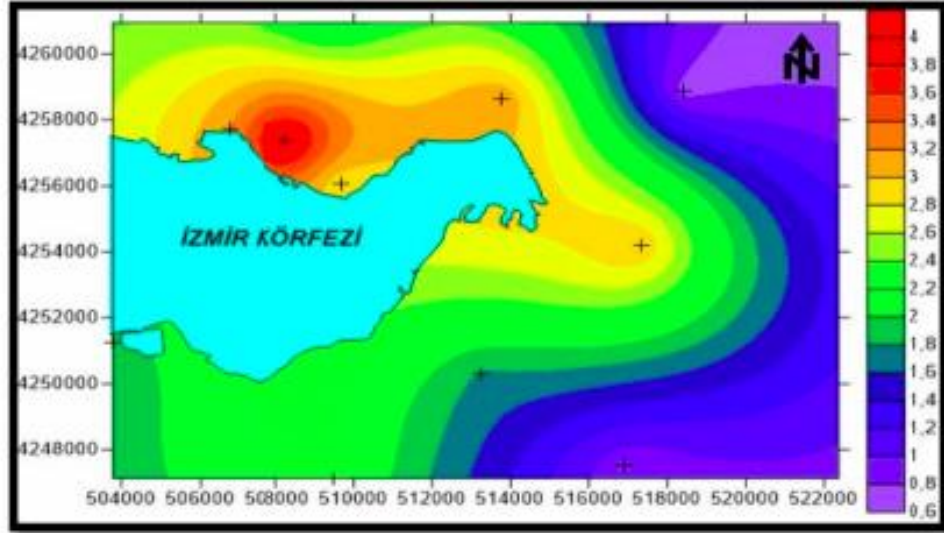
Geoteknik açıdan, zeminin türü, litolojisi, kalınlığı, yer altı su seviyesi, vb. etkenler dinamik olarak değerlendirildiğinde, yapısal hasarlara doğrudan etki edebilmektedir. 17 Ağustos 1999 depremi sonrası yapılan inceleme ve araştırma çalışmaları zemin etkisinin üst yapı tasarım ve inşaat süreçlerinde ne kadar önemli olduğunu acı bir tecrübe ile göstermiştir.

Yapıların üzerinde bulundukları zeminlerin özelliklerine göre depremlerden etkilendiği ve 17 Ağustos 1999 Marmara depreminin merkez üssü Gölcük olarak belirlenmesine rağmen yapısal anlamda en çok hasar, alüvyon zemin üzerine kurulu olan Adapazarı'nda meydana gelmiştir. Özellikle kumlu ve siltli zeminler yer altı suyunun etkisiyle deprem sırasında (zemindeki titreşimlerle) sıvı gibi davranmaktadır. “Zeminin sıvılaşması” denilen bu olay meydana geldiğinde taşıma gücü kayıpları oluşmakta, yüksek değerlerde oturmalar ortaya çıkmakta, binaların dengeleri bozulduğundan yıkılmakta, yan yatmakta ve alt katları zemine gömülmektedir.

Deprem merkez üssüne en yakın yerleşim birimi Seferihisar olmasına rağmen hasarlı yapıların yoğunlaştığı bölge İzmir'in Bayraklı ilçesi olarak kayıtlara geçtiği görülmektedir. Bu çerçevede Bayraklı ilçesi üzerinde inceleme ve değerlendirme çalışmalarına yoğunlaşma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yapılan saha gözlemleri, bölge hakkındaki raporlar ve bilimsel çalışmalar incelendiğinde, Bayraklı ilçesi kalın alüvyon tabakalarından oluşan (Şekil 3.1), ana kayanın çok derinlerde olduğu, yeraltı su seviyesi yüksek olan zemin sıvılaşma riski olan bir bölge olarak bilinmektedir [10]. Bu koşullar altında alüvyon zeminlerin bulunması nedeniyle zeminlerde sıvılaşma ve sıvılaşmaya bağlı zeminde taşıma gücü kayıpları ve yanal yayılmalara bağlı zemin deformasyonları gündeme gelmiştir. Ayrıca bu bölge ve benzeri alüvyon zeminlerde ortaya çıkan mevcut deprem ivmesinin daha büyük olarak ortaya çıkmasına neden olan deprem büyütme etkisi de (Şekil 3.2) incelenmesi gereken parametreler olarak akla gelmektedir.



Şekil 3.1. İzmir körfez çevresi için zemin ve ana kaya modeli [10].



Şekil 3.2. İzmir körfez çevresi için dinamik zemin büyütme katsayısı dağılım haritası [10].



Şekil 3.3. Depremde büyük hasar ve can kaybının olduğu bölge [11].

Depremden sonra bayraklı ilçesinde hasarın fazla olduğu ve 10 dan fazla binanın yıkıldığı alanda yapılan incelemelerde (Şekil 3.3), oluşan hasarlarda zeminin büyütme etkisine rağmen hasarların bu etkiden kaynaklandığını söylemek mümkün değildir. İncelenen yapılar değerlendirildiğinde mevcut hasarların yapı kalitesinden kaynaklandığı görülmüştür. Aydın-Kuşadası ivmeölçerinde elde edilen kayıtlarda en büyük yer ivmesi değerinin 0.183g olduğu görülmektedir. Depremin merkez üssüne göre yayılımı incelendiğinde 35 km mesafedeki en yakın yerleşim birimi olan Seferihisar’da yer ivmesi değeri 0.050g ve 51 km uzaklıktaki Menderes kaydında yer ivmesinin 0.075g olmasına karşın 69 km uzaklıktaki Bayraklı’da kaydedilen yer ivmesi değeri 0.108g olarak ölçülmüştür. Merkez üssü ve mesafeye göre yer ivme kayıtları yorumlandığında Bayraklı ilçesinde zemin özelliklerine bağlı bir büyütme etkisi olduğu görülmektedir. Ancak AFAD’ın Türkiye Deprem Tehlike Haritalarına göre bölgede en büyük yer ivmesi değerinin yaklaşık 0.450g civarlarında olduğu görülmektedir. Bu verilere göre İzmir’in bayraklı ilçesinde büyütme etkisinin tasarım için öngörülen en büyük ivme değerlerinin çok altında kaldığı görülmektedir.

Deprem bölgesi hasarlı yapı inceleme çalışmalarında, arazi gözlemlerinde, bina temel seçiminde yaygın olarak yüzeysel temel uygulamalarının tercih edildiği, bodrum kat uygulamasının yaygın olmadığı gözlemlenmiştir. İncelenen hasarlı yapılarda zemin problemlerine bağlı oturma vb. problemler gözlemlenmemiştir. Veriler açısından bir

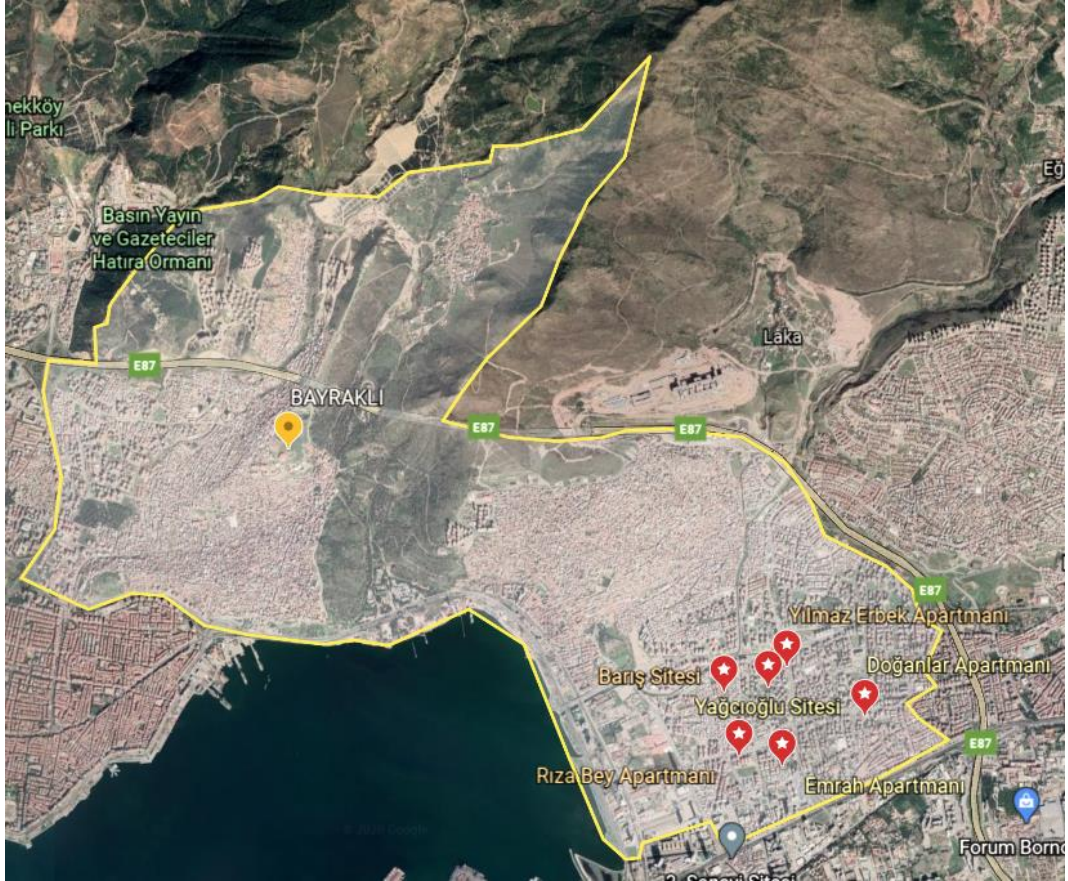
değerlendirme yapıldığında, sayısal olarak bölgede zemin büyütme etkisi olmasına rağmen ölçülen yer ivmesi değerinin tasarım için öngörülen en büyük ivme değerlerinin çok altında olmasından dolayı, hasarların bu etkiden kaynaklandığını söylemek mümkün değildir.

Bu değerlendirmeler mevcut literatür çalışmaları ve hasarlı yapıların çevresinde yapılan incelemelere dayanmaktadır. Kesin sonuca ancak, bölgede yapılacak zemin etüt çalışmaları ve yapı özellikleri ile birlikte değerlendirildiğinde ulaşılabilir.

Yer hareketleri sonucu oluşacak zararları en aza indirmek için; mühendislik biliminin gerekleri dikkate alınmalı, zemin etüt raporları standartlara uygun yapılmalı doğru temel türü uygulanmalıdır. Riskli alanlar mümkün olduğunca imara açılmamalı, bilimsel kurallara dayalı yer/bölge seçimi yapılmalıdır. Problemlı zeminlerde yapılaşma ihtiyacı olan bölgelerde bilimsel kurallara göre geoteknik etütler yapılmalı, yapılaşmalarda uzman mühendislik hizmeti almayan hiçbir uygulamaya izin verilmemelidir.

BÖLÜM 4. YAPILARDA GÖRÜLEN HASAR TİPLERİ

30.10.2020 tarihinde saat 14:51' de merkezi İzmir' in 70-80 km güneyinde bulunan Sisam Adası'nın 8 km kuzeyinde, Seferihisar ilçesi açıklarında ve 17 kilometre derinlikte meydana gelen deprem sonrası birçok hasar meydana gelmiştir. Öncelikle Seferihisar ilçesinin kıyı kesiminde deniz tabanında çökmeye bağlı oluşan tsunami sonucu deniz suyu yaklaşık 2m yükselmiş oluşan taşkın nedeniyle bir vatandaş hayatını kaybetmiş ve maddi hasarlar meydana gelmiştir. Bununla beraber depremin merkez üssünden yaklaşık 70 km uzaklıkta yer alan İzmir' in merkez ilçelerinde çeşitli bina hasarları oluşmuştur. Ağır hasar ve yıkımların olduğu bina ve siteler çoğunlukla Bayraklı ilçesinde yer almaktadır (Şekil 4.1). Toplamda 115 kişinin yaşamını yitirdiği Bayraklı ilçesinde yıkılan 9 binanın çoğunun 2000 yılı öncesi yapılmış yapılar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Bayraklı İlçesi yıkılan Bina ve Siteler

Yıkılan yapıların genel olarak 8-10 katlı olduğu birçoğunun tamamen bazılarının ise kısmi olarak göçtüğü belirlenmiştir. Bayraklı ilçesinde yıkılan, Rıza Bey, Doğancılar, Yağcıoğlu

Apartmanlarında (Şekil 4.2-4.4) görülen sandviç tipi (döşemelerin birbiri üzerine oturmasıyla oluşan) göçmelerde; güçlü kolon-zayıf kiriş prensibinin uygulanmaması, yetersiz taşıyıcı eleman dayanımı, zayıf kat, yumuşak kat oluşumu, yetersiz beton dayanımı ve uygulama hatası gibi nedenlerin bir veya birkaçının göçmeye sebep olduğu düşünülmektedir. Yıkılan yapı enkazlarında yapılan saha gözlemlerinde, taşıyıcı elemanlarda etriye aralıklarının çok seyrek olduğu, düz donatılı etriye kullanıldığı, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kolon etriyelerinin devam ettirilmediği ve etriye kancalarının 90 derece büküldüğü belirlenmiştir. Bununla beraber yapılan gözlemlerde beton kalitesinin de iyi olmadığı görülmüştür. Birçoğu 2000 yılı öncesi konut binası olarak inşa edilen bu yapıların etkin yer ivmesi olarak 0.400g şiddetinde etkin yer ivmesine dayanıklı inşa edilmiş olması gerekirken [9] depremde karşılaştıkları yaklaşık 0.108g lik bir yer ivmesiyle yıkılmış olmaları da bu sorunları doğrular niteliktedir. Yıkılmış yapılarla ilgili daha detaylı incelemeler bu aşamada mümkün olmadığından kesin bir neden belirtmekte mümkün değildir.



Şekil 4.2. Tamamen yıkılan Rıza Bey Apartmanı



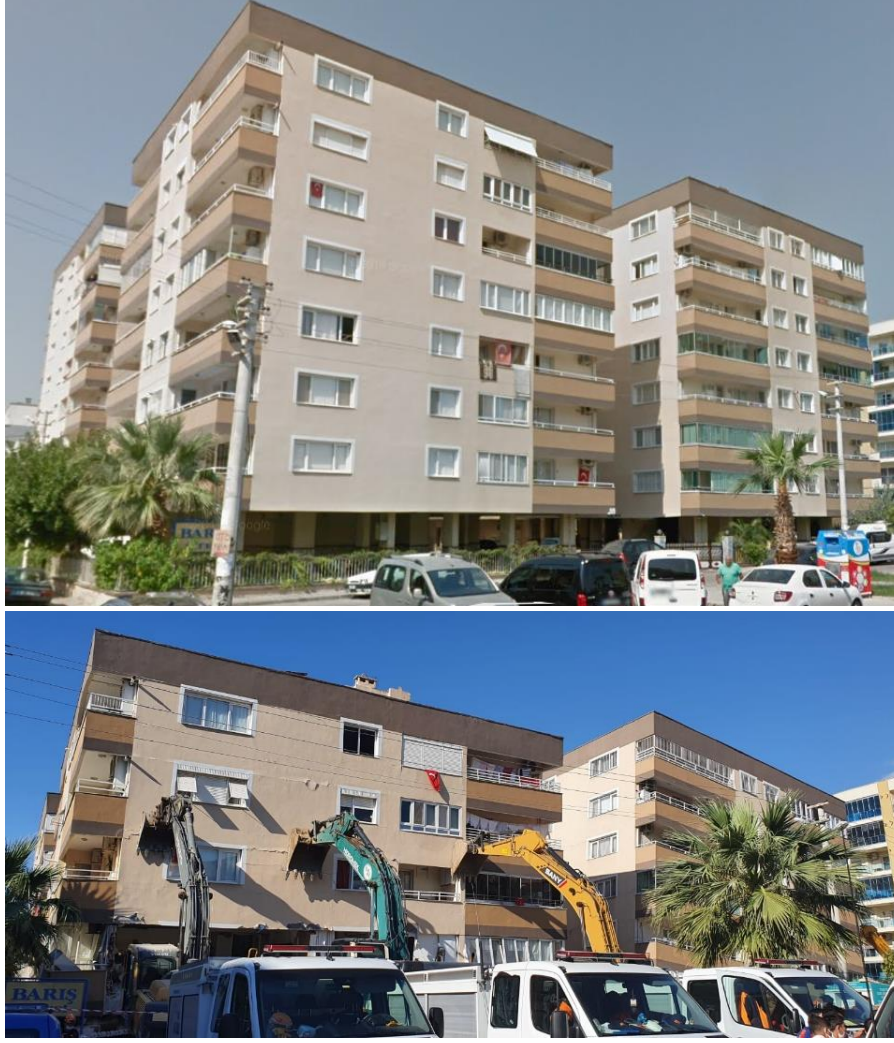
Şekil 4.3. Tamamen yıkılan Doğanlar Apartmanı



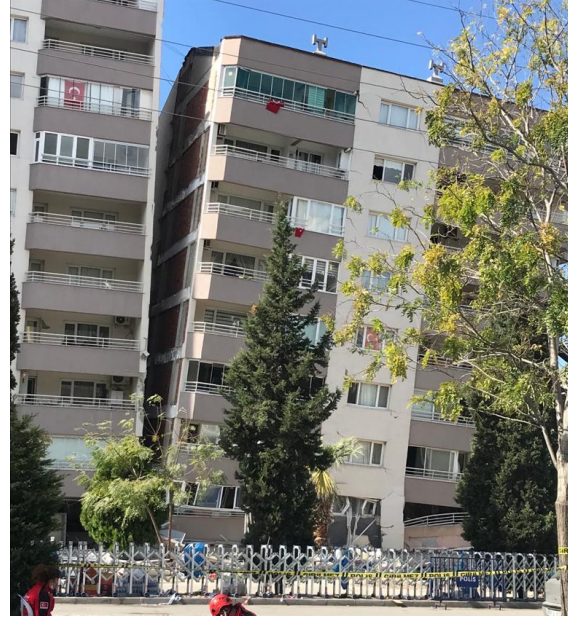
Şekil 4.4. Tamamen yıkılan Yağcıoğlu Apartmanı

Zemin katlarda oluşan hasar sonucu kat kesmesi görülen ve bu hasara karşın tam göçme oluşmayan Barış Sitesi (Şekil 4.5), Yılmaz Erbek Apartmanında (Şekil 4.6) yapılan

gözlemlerde; zemin katlarda yatay rijitliğin üst katlara göre zayıf olmasının sonucu olarak zayıf kat oluştuğu görülmüştür. Zemin katları spor salonu/işyeri/dükkan ve otoparklardan oluşan bu yapılarda deprem sırasında alt katlarda kolon kiriş bağlantılarının koptuğu ve yapısal göçmelerin zemin katlarda meydana geldiği gözlenmiştir.

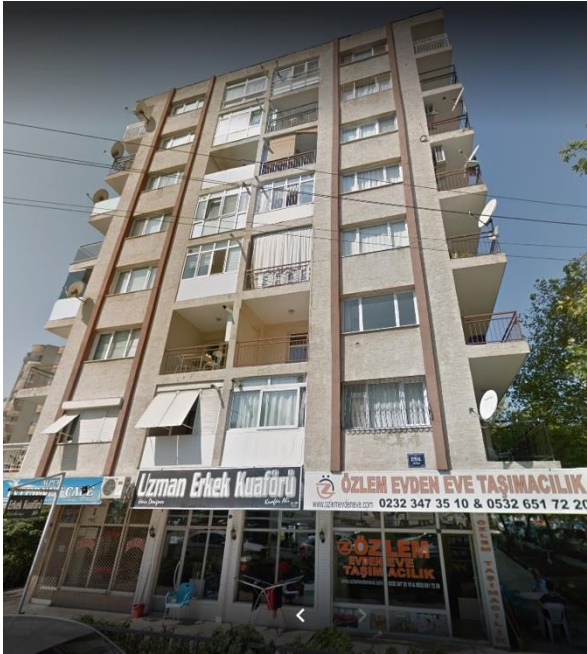


Şekil 4.5. Kısmen yıkılan Barış Sitesi



Şekil 4.6. Kısmen yıkılan Yılmaz Erbek Apartmanı

Bölgesel yıkıma uğrayan Karagül Apartmanında (Şekil 4.7) muhtemelen kenar düşey taşıyıcı kolonda yapılan yanlış/zayıf tasarım veya zemin katta işyeri için alan açmak maksatlı kolon kesme sonucu bir göçme olduğu düşünülmektedir. Çevrede yapılan görüşmelerde kolon kesme olduğu söylene de oluşan yıkımdan dolayı durumu tespit etmek mümkün olmamıştır.

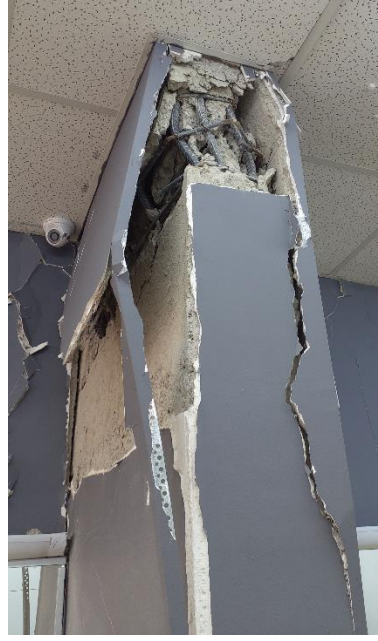


Şekil 4.7. Kısmen yıkılan Karagül Apartmanı

Deprem bölgesinde ve özellikle Bayraklı ilçesinde yapılan incelemelerde tamamen veya kısmen yıkılan binalar dışında ağır hasar alan birçok yapı gözlenmiştir (Şekil 4.8). Yapılan saha incelemelerinde en çok gözlenen yapısal hasarlar; kolonlarda basınç kırılması, boyuna donatı burkulması, kolon etriye açılması, beton kesme çatlağı olmuştur (Şekil 4.9-4.10). Kolon ve kirişlerde etriye uçlarının 135 derecede kıvrılarak beton içerisine saplanmaması, beton örtü kalınlığına dikkat edilmemesi, donatılarda korozyon oluşması, etriye adım mesafesinin fazla olması, boyuna donatı miktarının yetersiz olması ve kolon kiriş birleşim bölgelerinde etriyelerin seyrek olması gibi sebeplerin bu yapıların taşıyıcı elemanlarında ağır hasara sebep olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.8. Ağır hasarlı yapılar [12]



a) Basınç kırılması ve boyuna donatı burkulması



b) Kolon kesme hasarı

Şekil 4.9. Kolonlarda görülen hasarlar



a) Düz yüzeyli etriye ve beton kalitesi



b) Donatı kanca hatası



c) Beton kalitesi [12]

Şekil 4.10. Etriye uygulama hataları ve oluşan hasarlar



(a)



(b) [12]



(c) [12]

Şekil 4.11. Donatılarda korozyon etkisi

Yapılan saha incelemelerinde deprem bölgesinde farklı türlerde yapısal göçmeler olduğu belirlenmiştir. Tamamen göçen binalarda yıkılma düşey doğrultuda yapı katlarının birbiri

üzerine oturması şeklinde meydana gelmiştir. Bunun yanında zemin katlarda taşıyıcı elemanlarda yapılan kontrolsüz tahribat ve tadilatlar sonucu oluşan kısmi göçmelerde mevcuttur. Yapısal hasarlar yanında bölgedeki bazı yapılarda bölme duvarlarda devrilmeler, merdiven ve dış cephe hasarları gözlemlenmiş bu binalarda taşıyıcı elemanlarda sorun olmadığı görülmüştür.

BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu rapor 115 vatandaşımızın hayatını kaybettiği 30 Ekim 2020 Ege Denizi İzmir-Seferihisar açıklarında meydana gelen depremin hemen sonrasında SUBÜ-DAMER araştırma ekibinin deprem bölgesinde yaptığı çalışmaları içermektedir. SUBÜ-DAMER araştırma ekibi, depremde oluşan yapısal hasarı ve deprem bölgesindeki yapıların temel yapısal özelliklerini yerinde belirlemek amacıyla bölgede detaylı olarak incelemelerde bulunmuştur. Yapılan incelemelerde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. İncelenen deprem bölgesinde yapılacak yapıların tasarımında kullanılmak üzere en büyük yer ivmesi (PGA) değeri, 1997 tarihli deprem yönetmeliğinden [9] bu yana en az 0.400g olarak verilmektedir. İzmir Depremi esnasında kaydedilen en büyük yer ivmesi değeri ise 0.183g olarak Aydın-Kuşadası'nda ölçülmüştür. Bu deprem sonucunda, yıkılan ve ağır hasar alan yapıların çoğunluğunun bulunduğu Bayraklı ilçesinde ise maksimum yer ivmesi 0.108g olarak ölçülmüştür. Bu bilgiler doğrultusunda yapılarda meydana gelen yıkım ve ağır hasarlar tamamen yapı kalitesi ile açıklanmaktadır.
2. Can kayıplarının meydana geldiği Bayraklı ilçesi, kalın alüvyon tabakalarından oluşan, ana kayanın çok derinlerde olduğu, yeraltı su seviyesi yüksek ve sıvılaşma riski olan bir bölge olarak bilinmektedir. Bölgede yapılarda meydana gelen hasarın zeminden daha çok yapısal kusurlardan kaynaklı olduğu görülmesine rağmen, deprem sonucunda elde edilen ivme kayıtları ve deprem dalgalarının yayılımı incelendiğinde, bu bölgede zeminin deprem dalgalarını büyütme özelliğinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca diğer bölgelerin aksine Bayraklı ilçesi kayıtlarında, maksimum spektral ivme değerlerinin geniş bir periyot ($T=0.50s - 1.50s$) meydana geldiği görülmektedir. Bu da daha büyük yer ivmesine sahip depremlerde, bölgenin zemin özelliklerinin yapı davranışı üzerinde önemli etkiler oluşturacağını ortaya koymaktadır. Bu bölgede yapılacak yapıların tasarımında “zemin davranış analizi” kavramının özellikle çok katlı yapılarda dikkate alınması gerekmektedir.
3. Depremde bölgesinde incelenen yıkılan ve ağır hasar gören binaların hemen hemen tamamında standart ve yönetmeliklere uygun olmayan beton kullanıldığı gözlemlenmiştir. Betonun üretiminde herhangi bir standart gözetilmediği ve düşük dozajlı olarak üretildiği tespit edilmiştir.
4. Deprem esnasında tamamen göçerek yıkılan binalar dikkate alındığında, bu binaların 2000 yılı öncesinde inşa edildiği ve bu binalarda düz donatı ile birlikte çok düşük

kalitede beton kullanılmasının belirleyici olduğu gözlenmiştir. Beton dayanımının 10MPa ve altında olan binalarda güçlendirme uygulaması yerine bu binaların yıkılarak yeniden yapılması daha doğru bir seçenektir.

5. Zemin katlardaki yumuşak kat/zayıf kat oluşumu, taşıyıcı elemanlarda yapılan kontrolsüz tahribat ve tadilatlar kısmi göçmelere ve binaların yıkılmasına sebep olmuştur. Ayrıca binalarda çok büyük kapalı çıkmaların olması da dikkat çekicidir.
6. Ülkemizde yaşanan birçok deprem sonrası yapılan incelemelerde yıkılan ve ağır hasar alan yapılarda karşılaşılan yetersizliklerin hemen hemen tamamının bu deprem bölgesinde de olduğu gözlemlenmiştir. Yetersiz donatı detaylandırılması, seyrek etriye kullanımı ve kritik bölgelerde etriye sıklaştırması yapılmaması, kötü kalitede beton kullanımı ve işçilik hataları olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla hem tasarım hem de inşaat aşamalarında mühendislik hizmetinin yeterli seviyede alınmadığı ve ayrıca gerekli kontrollerin yeterince yapılmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Mevcut yapı stokumuzun depremlere hazır olmadığı gerçeği geçmiş depremlerde olduğu gibi bu deprem sonrası yapılan incelemelerde de bir kez daha ortaya çıkmıştır. Ülkemizde depremlerde meydana gelen can kayıplarının hemen hemen tamamı yapıların hasar görüp yıkılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle deprem zararlarını azaltmada en önemli adım mevcut yapıların depreme karşı güvenli hale getirilmesi ve yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı olarak üretilmesi olacaktır.

Ülkemizin bir deprem ülkesi olduğu gerçeği unutulmadan ülke genelinde kentsel dönüşüm ele alınmalı ve deprem odaklı bir dönüşüm yapılmalıdır. Mevcut yapı stoku, özellikle 1997 Deprem Yönetmeliği öncesi inşa edilmiş binalar, uzmanlar tarafından ayrıntılı olarak incelenmeli ve depreme karşı güvenli olmayanların yıkılarak yeniden yapılması veya güçlendirme işlemleri uygulanarak depreme karşı güvenli hale getirilmesi sağlanmalıdır. Depreme hazırlık konusunda yetkililerin görev ve sorumlulukları olmakla birlikte bina sahiplerinin de sorumlulukları bulunmaktadır. İçerisinde yaşadıkları konutların depreme karşı güvenliğinin belirlenmesi konusunda bireysel olarak da gerekli adımlar bir an önce atılmalıdır. Öncelikle uzmanlara başvurarak içinde yaşadıkları binaların deprem riskini öğrenmelidirler. Şayet binaları riskli ise riskin azaltılması için gerekli işlemleri zaman kaybetmeden yerine getirmelidirler. İlgili bakanlık, kamu kurumları ve yerel yönetimler üzerine düşen görevleri yerine getirmeli, mevcut yapı stokumuzun ve ulaşım hatlarımızın ne kadarının güvenli olduğu, güvensiz yapıların hangi bölgelerimizde yoğunlaştığı gibi hayati bilgileri öğrenmeli, şehirlerimizin deprem senaryo çalışmalarını tamamlamaları ve

gerekli tedbirleri bir an önce almaları gerekmektedir. Mevcut yapı stokumuzda bulunan riskli binaların belirlenmesi ve depreme güvenli hale getirilmesi için üniversitelerin, kamu kurumlarının, meslek odalarının ve bu tür riskli yapılarda yaşayan insanların bir seferberlik halinde işbirliği yapması bir zorunluluktur. Yeni yapılacak binaların da depreme karşı güvenli olarak inşa edilebilmesi için yürürlükteki deprem yönetmeliklerine uygun olarak tasarlanması ve tasarım projesine uygun olarak inşaa edilmesi sağlanmalıdır. Bu süreçlerde tüm denetim ve gözetim işlemini yapan kamu/özel kişi ve kurumların mesleki anlamda görev ve sorumluluklarını eksiksiz yerine getirmeleri için gerekli tüm tedbirler alınmalı, herhangi bir yetersizlik var ise hızlı bir şekilde ilgili iyileştirmeler yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] <https://deprem.afad.gov.tr>
- [2] T. Eskişar, İzmir Körfezi Kuzey Kıyıları'nın Zemin Özelliklerinin ve Geoteknik Sorunlarının İncelenmesi Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [3] A.T. Arslan, , M. Akgün, M. Y. Koca , C. Atalar , Ö. C. Özdağ, Bayraklı-İzmir Yöresindeki Zeminlerin Statik ve Dinamik Koşullar Altında Gerilme-Deformasyon Davranışlarının Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi, Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, 3-5 Eylül 2015, KTÜ, Trabzon.
- [4] Ö. Emre, S. Özalp, A. Doğan, V. Özaksoy, C. Yıldırım, F. Göktaş, İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2005.
- [5] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, 2011.
- [6] www.koeri.boun.edu.tr
- [7] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018.
- [8] <https://tdth.afad.gov.tr>
- [9] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 1997.
- [10] M. Akgün , Ö. C. Özdağ, A. Uluğ, M. Utku, B. Erdican, G. Şenkal, T. K. Altundağ, Bayraklı Belediye Sınırları İçinde Yüksek Katlı Yapılar İçin 1-2 Boyutlu Zemin Ana Kaya Modellerinin Tanımlanmasına Yönelik Jeolojik, Jeofizik ve Geoteknik Çalışmalar, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015 – DEÜ – İzmir.
- [11] TMMOB İzmir İl koordinasyon kurulu, 30 Ekim İzmir İlk Gözlem Raporu, 2020.
- [12] <https://hasartespit.csb.gov.tr>