



TMMOB
İnşaat Mühendisleri Odası

30 Ekim 2020 Tarihinde Meydana Gelen

İzmir Depremi

Raporu

Hazırlayan
TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası
İzmir Şubesi



**TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ**

**30 EKİM 2020 TARİHİNDE EGE DENİZİ SİSAM ADASI AÇIKLARINDA
MEYDANA GELEN DEPREM HAKKINDA İZMİR İLINE AİT GEOTEKNİK
DEĞERLENDİRMELER ve YAPISAL HASARA YÖNELİK SAHA GÖZLEMLERİ**

1. GİRİŞ

30 Ekim 2020 saat 14:51 de merkez üssü Ege Denizi açıklarında, Sisam Adası'nın yaklaşık 10 km kuzeyinde olan, AFAD verilerine göre $M_w=6.6$, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü verilerine göre $M_w=6.9$ büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Deprem geniş bir alanda hissedilmiş ve özellikle İzmir'de can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Bu raporda söz konusu yer hareketinin, İzmir özelinde, Geoteknik Deprem Mühendisliği ile Yapı Deprem Mühendisliği açısından incelenmesi ve yapılarda meydana getirdiği hasarların değerlendirilmesi yapılmıştır.

İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi tarafından hazırlanan bu rapor sonucunda, ilgili yer hareketi ve olası İzmir depremi göz önünde bulundurularak depremin vereceği hasarın en aza indirilmesi konusunda neler yapılabileceği tartışılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

2. YER HAREKETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Giriş

30 Ekim 2020 saat 14:51'de merkez üssü Sisam Adası'nın yaklaşık 10 km kuzeyinde doğu-batı yönlü normal fay üzerinde bir deprem meydana gelmiştir. Kuvvetli yer hareketi ve artçı hareketler, AFAD ile yerli ve yabancı gözlemlerine ait bölgedeki çok sayıda istasyon ile verileri kayda geçilmiş ve araştırmacıların kullanımına sunulmuştur. Bu rapor kapsamında kuvvetli yer hareketinin ivme spektrumu ve farklı yönetmeliklere ait tasarım spektrumları incelenmiş olup, yapılar üzerindeki etkileri sahada yapılan gözlemlere dayanılarak kayıt altına alınmış ve oluşan etkilerin sebepleri üzerine görüşler ortaya konulmuştur.

2.2. Kuvvetli Yer Hareketlerinin Değerlendirilmesi

Depremde, farklı zamanlarda hazırlanmış deprem yönetmeliklerine göre projelendirilmiş ve ruhsatlandırılmış yapılarda özellikle Bayraklı, Bornova ve Karşıyaka İlçelerinde yapısal hasarlar meydana gelmiş, bazı yapılar çökmüş, can kayıpları oluşmuştur. Bunun dışında Karaburun yarımadasındaki bazı köylerde eski yığma taş binalarda hasarlar oluşmuştur. Depremin merkezine nispeten uzak olan İzmir kent merkezinde oluşan göçme ve hasarların, odağa yakın kısımlara (Seferihisar, Kuşadası vb.) göre daha fazla olduğu görülmüştür. Bu kapsamda yer hareketi kayıtlarının bu bölgedeki hasarlar ile etkileşiminin anlaşılabilmesi amacıyla İzmir'de bulunan kayıt istasyonlarının (Tablo-1) verileri incelenmiş ve değerlendirmeler aşağıda paylaşılmıştır.

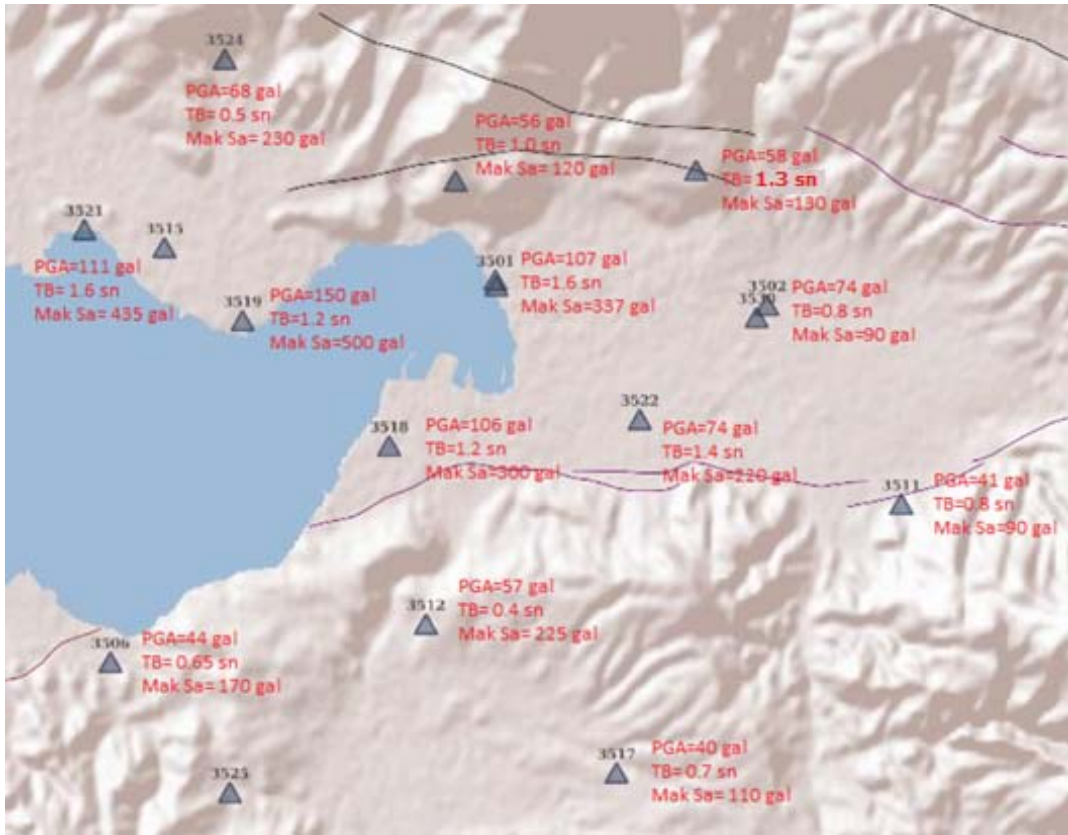
Tablo-1 İzmir Kayıtçı istasyonlar [1]

İlçe	Konum	Kod	Enlem	Boylam	PGA(cm/sn2) (N-S)	PGA(cm/sn2) (E-W)	PGA(cm/sn2) (U-D)	Rjb	Rrup	Repi	Rhyp	Litoloji	Vs30
Dikili	Meteoroloji Müd.	3503	39,074	26,888	55,6	45,37	16,65	124,8	126,5	132,2	133,2	Ayrılmamış Kuvaterner	193
Konak	Meteoroloji Müd.	3506	38,394	27,082	43,88	41,04	23,59	54,91	58,64	62,3	64,46	Karasal Kırıntılılar	771
Kınık	İtfaiye	3508	39,088	27,375	14,25	16,55	7,51	135,8	137,4	143,2	144,2	Ayrılmamış Kuvaterner	558
Bornova	ENKO A.Ş.	3511	38,421	27,256	29,11	41,29	18,9	65,21	68,38	72,61	74,47	Karasal Kırıntılılar	827
Buca	Gürçeşme Zübeyde Hanım Huzurevi	3512	38,401	27,152	57,54	56,75	28,16	58,37	61,89	65,76	67,81	Gösel Karbonatlar	468
Bayraklı	Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	3513	38,458	27,167	106,28	94,67	44,19	64,61	67,8	72	73,88	Ayrılmamış Kuvaterner	196
Bayraklı	Ali Osman Konakçı Mesleki ve Teknik Lis. And. Lis	3514	38,476	27,158	39,42	56,02	25,15	65,99	69,13	73,39	75,23	Piroklastik Kayalar	836
Güzelbahçe	Belediye Kapalı Spor Salonu	3516	38,371	26,891	47,29	48,36	32,08	47,17	51,46	54,57	57,02	Ayrılmamış Kuvaterner	460
Buca	DEÜ Tınaztepe	3517	38,376	27,194	40,1	36,14	19,82	57,92	61,47	65,32	67,38	Gösel Karbonatlar	695
Konak	İzmir Fuarı Kültürpark Evlendirme Dairesi	3518	38,431	27,144	106,1	91,45	31,14	60,97	64,35	68,36	70,34	Ayrılmamış Kuvaterner	298
Karşıyaka	Orman İşletme Müdürlüğü	3519	38,453	27,111	150,1	110	34,17	61,83	65,16	69,23	71,17	Ayrılmamış Kuvaterner	131
Bornova	Mehmet Akif Ersoy Halk Kütüphanesi	3520	38,478	27,211	36,11	58,55	19,37	68,38	71,41	75,78	77,56	Piroklastik Kayalar	875

İlçe	Konum	Kod	Enlem	Boylam	PGA(cm/sn2) (N-S)	PGA(cm/sn2) (E-W)	PGA(cm/sn2) (U-D)	Rjb	Rrup	Repi	Rhyp	Litoloji	Vs30
Karşıyaka	Karşıyaka Belediyesi Mavişehir Sahili	3521	38,468	27,076	110,84	93,99	40,31	62,19	65,5	69,58	71,52	Ayrılmamış Kuvaterner	145
Bornova	1 Nolu Aile Sağlığı Merkezi	3522	38,436	27,199	73,72	63,94	24,65	63,79	67,02	71,18	73,08	Ayrılmamış Kuvaterner	249
Urla	Kapalı Spor Salonu	3523	38,328	26,771	80,32	63,57	36,9	41,55	46,36	48,94	51,66	Marn	414
Karşıyaka	Müyesser Turfan Güçsüzler Evi	3524	38,497	27,107	64,71	68,34	29,82	66,2	69,32	73,59	75,43	Tüf	459
Menemen	Çok amaçlı spor salonu	3526	38,578	26,980	88,77	81,5	29,15	71,36	74,26	78,75	80,47	Ayrılmamış Kuvaterner	205
Karaburun	İlçe Halk Eğitim Merkezi	3527	38,639	26,513	80,93	56,57	46,65	79,23	81,86	86,63	88,19	Karasal Kırıntılılar	207
Menderes	Sağlık Grup Başkanlığı	3533	38,257	27,130	73,64	45,9	37,46	43,99	48,56	51,38	53,98	Ayrılmamış Kuvaterner	415
Seferihisar	Hükümet Konağı	3536	38,197	26,838	50,22	79,14	31,31	27,35	34,23	34,75	38,48	Ayrılmamış Kuvaterner	1141
Bergama	Doğa Koruma ve Milli Parklar	3537	39,110	27,171	7,53	7,77	7,14	132,68	134,27	140,07	141,05	Ayrılmamış Kuvaterner	608

İzmir kent merkezinde bulunan kayıt istasyonlarından alınan bilgiler ışığında elde edilen ivme spektrumları işlenmiş olup maksimum yer ivmesi, TB ve maksimum spektral ivme değerleri özeti Şekil-1'de sunulmuştur. Bilgiler "<https://tadas.afad.gov.tr>" adresinden alınmış olup değerler değerlendirme sonucu ortalama olarak verilmektedir.

Şekil 2’de ise kayıtçı istasyonlar ve merkez üssü ile İzmir kent merkezindeki kayıt İstasyonlarına ait yer gösteri haritası paylaşılmıştır.

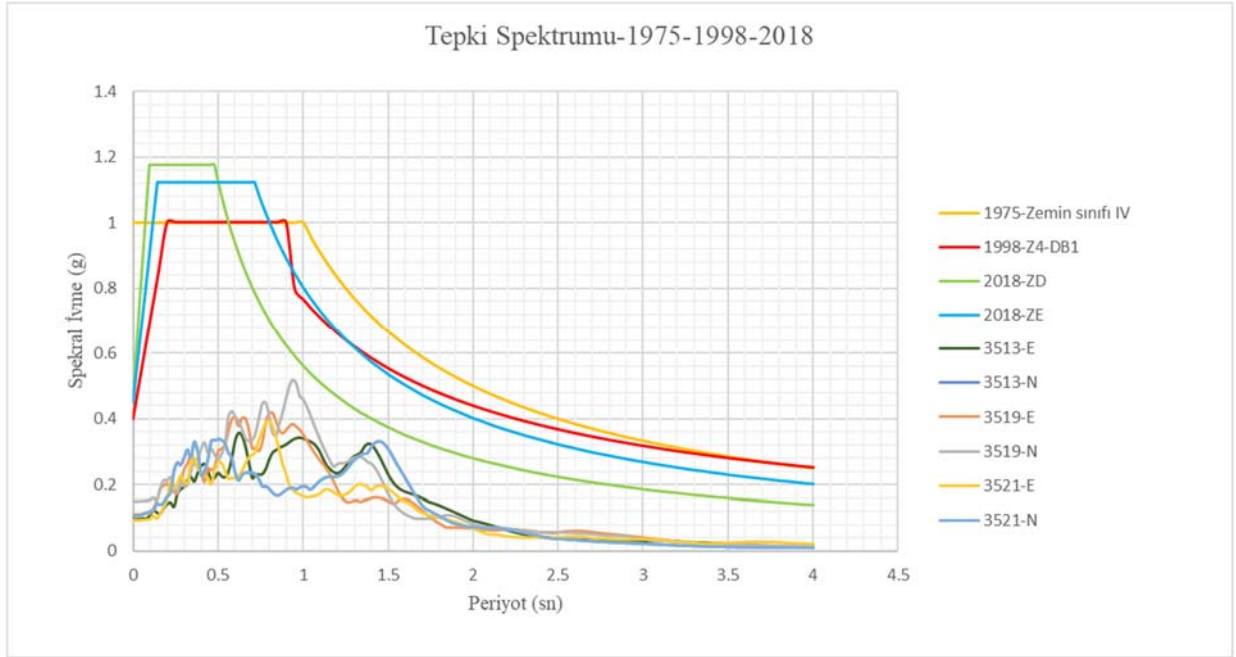


Şekil-1 İzmir İstasyon Verileri (Deprem kayıtları PGA, TB ve Maks.Sa)



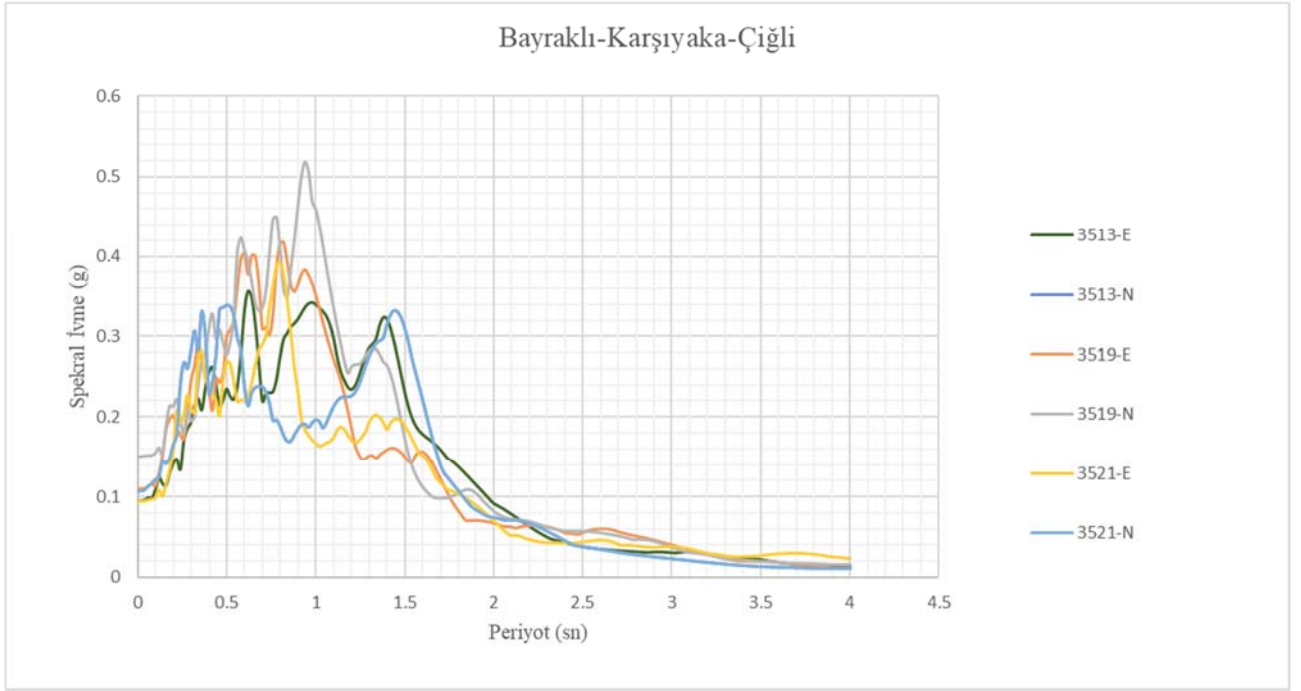
Şekil-2 a) Kayıtçı İstasyonlar ve Merkez Üssü [1], b) İzmir Kayıt İstasyonları Yer Gösteri Haritası [1]

Şekil 3’de gösterim olarak elastik tepki spektrumunun 1975-1998 ve 2018 yönetmelikleri ile karşılaştırılması sunulmuştur. Tamamında benzer olan zemin sınıfı, yapı önem katsayısı ve deprem azaltma katsayısı (1975 harici) ile karşılaştırıldığında önemli sonuçlar elde edilmektedir. Bayraklı özelinde, aynı ağırlık, aynı rijitlik ve benzer periyottaki yapıların ölçüm istasyonunda elde edilen kayda göre daha az deprem kuvvetine göre tasarlandığı görülmektedir.

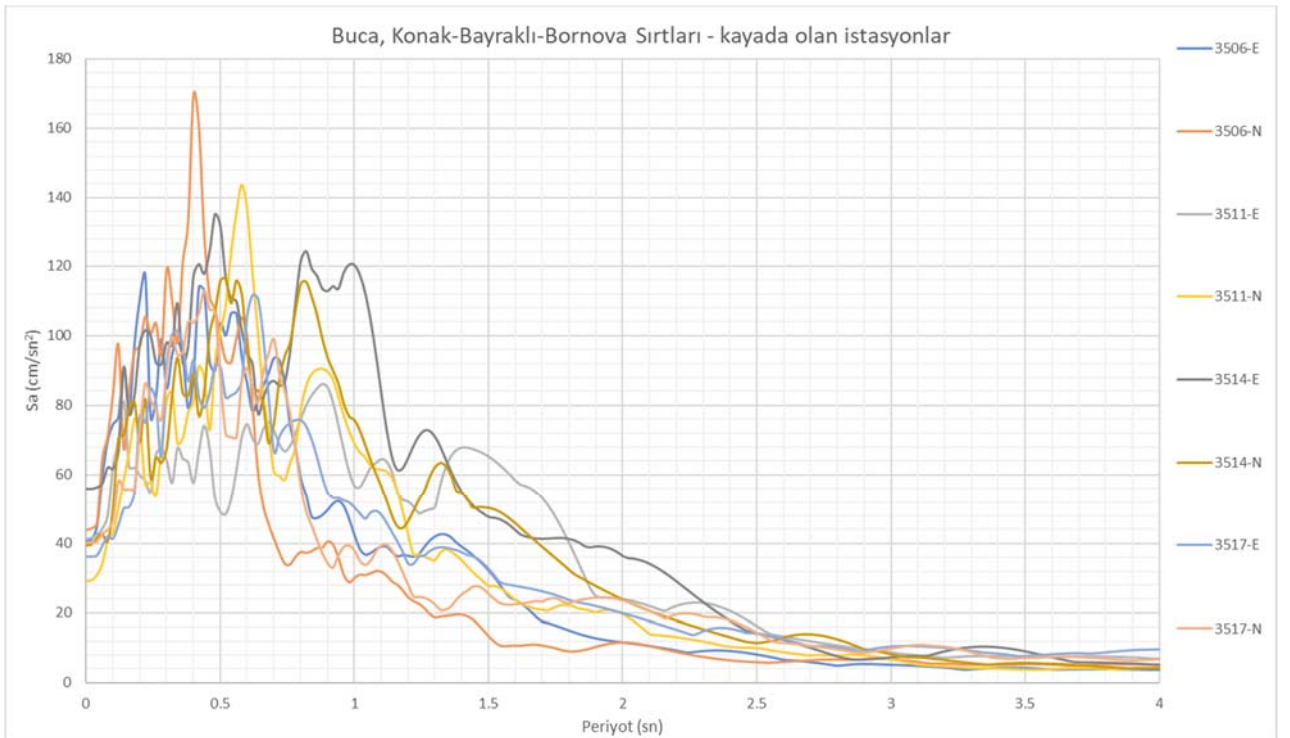


Şekil-3 Derin Alüvyal Çökeller ve Farklı Yönetmelikler ile Kıyaslama

İzmir’de bulunan tüm istasyonlar değerlendirildiğinde, derin alüvyal çökellerin bulunduğu bölgelerdeki yapılar, yapısal tepki spektrumu incelerseniz 0,6 ila 1,5 saniye arası doğal titreşim periyotlarına kadar 0,30-0,35g lik bir deprem kuvvetine maruz kalmaktadırlar (Şekil-4). Aynı durum, Kayma Dalgası Hızı (V_s)’nin mühendislik kayası (760-800 m/s) olarak nitelendirildiği kısımda bulunan kayıtçılardan alınan verilere göre 0,08g ila 0,04g aralığında ölçülmüştür (Şekil-5).



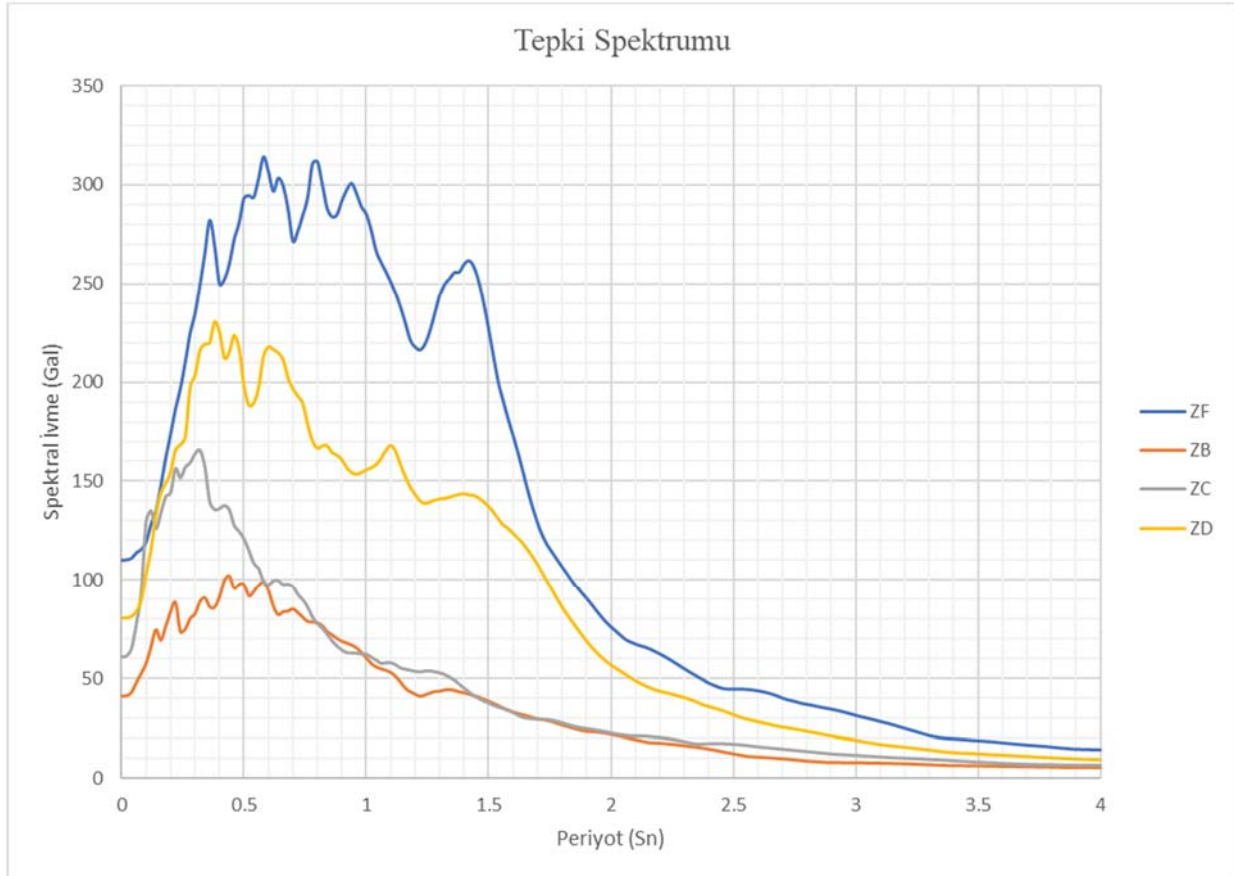
Şekil-4 Derin Alüvyal Tabakaların Üstünde Bulunan Kayıtlardan Elde Edilen Spektrumlar



Şekil-5 Mühendislik Kayası Üstünde Bulunan Kayıtlardan Elde Edilen Spektrumlar

Dört kata kadar fazla bir deprem etkisi derin alüvyal çökellerin varlığı nedeni ile ana kayadan yüze çıkan dalgaların büyütme sonucu ortaya çıkmaktadır. Biz buna “**Basen Etkisi**” diyoruz. Bununla ilgili ülkemizde ve uluslararası alanda çok fazla araştırma bulunmaktadır. 1995 Dinar ve 1999 Düzce depremlerine ait “Basen Etkisi” çalışmaları akademik literatürde mevcuttur. Şekil-1’de topoğrafik harita üzerine işlenmiş veride basen etkisinde kalan derin çökellerin bulunduğu istasyonlar rahatlıkla görülebilmektedir.

Şekil-6'da açıkça görülebildiği üzere AFAD istasyon verileri kullanılarak (zemin sınıfları) ortalama deprem kayıtçı istasyonları zemin sınıflarına göre tepki spektrumları oluşturulmuştur. ZF olarak adlandırılan istasyonlar ise "Basen Etkisi" altında kalan Bayraklı-Karşıyaka ve Çiğli istasyonları olarak öngörülmüştür. Bu kapsamda bu istasyonlar TBDY-2018 zemin sınıfına göre ZD-ZE olarak verilmektedir. Diğer ZD istasyonları ortalaması ile karşılaştırıldığında etkinin ne denli farklı olduğu açık olarak görülmektedir. Bu durumda 0.5-1.5 sn. aralığında zemin sınıfı ZD olarak öngörülen bu bölgedeki tüm yeni ve eski yapılar daha fazla spektral ivmeye maruz kalmaktadır.

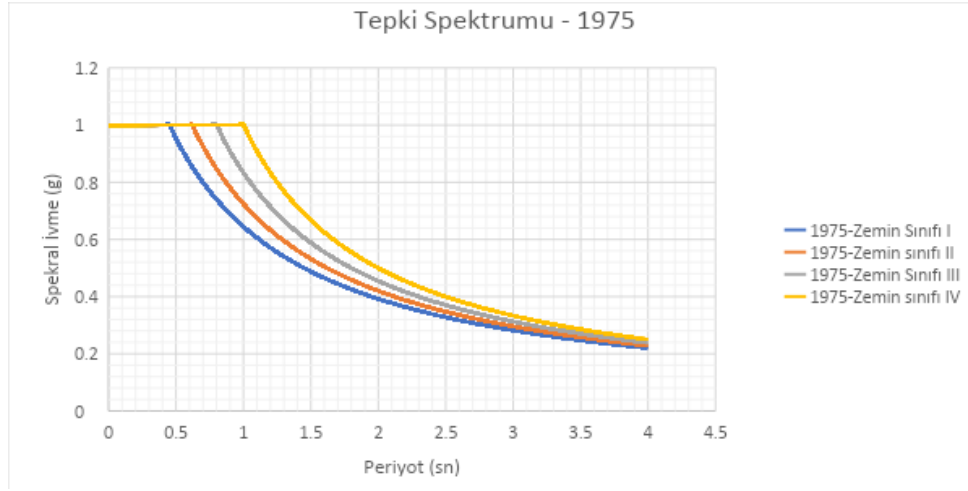


Şekil-6 Tepki Spektrumları Ortalaması
(ZF=3513,3519,3521, ZC=3512,3516,3523,3524,3533, ZD=3518,3522,3526,3527,
ZB=3506,3511,3514,3517)

Bu kapsamda, rijitlik ile yapının bağlantı noktalarındaki davranışı önem kazanmakta ve bu doğrultuda zeminin tek tipleştirilmesi sonucunda daha düşük deprem kuvvetlerine göre yapılan bir hesabın ortaya çıktığı görülmektedir. Deprem özelinde oluşan kesme kuvvetinden hesaplanan deprem kuvvetini çıkardığımızda kalan kuvvetin yapı elemanlarının sünekliliği doğrultusunda deplasman kapasitesi ile karşılanması gerekecektir. Bu yapılar bu şekilde tasarlanmadı ise olası hasar alması ve gelen kuvvetlerin yapısal elemanların bağlantı noktalarında ciddi deformasyonlara neden olup göçme oluşturması beklenir. Hatta karşımıza çıkan durumun da bu olduğu söylenebilir. Unutmamamız gereken diğer bir husus ise bu depremde oluşan yer ivmesinin, beklenen tasarım depremi yer ivmesine oranla %25 mertebelerinde olmasıdır.

2.3 Geoteknik Açısından Deprem Yönetmelikleri ve Tasarım Spektrumlarının İrdelenmesi

Yapısal tasarım kapsamında deprem yükünün hesabı olarak zemin yapısı ve etkileşiminin önemli olduğu konunun uzmanlarınca bilinmektedir. 1975 Deprem Yönetmeliği'nde bile zemin katmanlarının 50 m.'den daha fazla olması durumu için ayrı çalışmaların yapılması gerekliliği vurgulanmıştır (Şekil-7).



Şekil-7 1975 Deprem Yönetmeliği Spektrum Grafiği

1975 Deprem Yönetmeliği'nin 13.4.6 Maddesi'nde, "Güvenilir varsayımlara ve arazi gözlemlerine dayanan deneysel, ampirik ya da teorik yaklaşımlarla saptanmadıkça zemin hakim periyodu (T_0) için Tablo 13.4 deki değerler kullanılabilir. Ancak bu değerler taban kat sayısı ya da eşdeğer özelliklerdeki taban formasyonu üzerinde yer alan zemin tabakalarının 50 m. mertebesinde bir kalınlığa sahip olması halinde geçerlidir. Zemin tabakalarının 50 m. mertebesinde farklı kalınlıklara sahip olması halinde, kayma dalgası hızı (V_s - m/sn) ve tabaka kalınlığı (Hz; metre) deneysel, ampirik ya da teorik olarak daha duyarlı bir şekilde saptanmalı ve zemin hakim periyodu $T_0 = \frac{4H_z}{V_s}$ denkleminde hesaplanmalıdır. Bu hesaplama için gerekli olan (V_s) değerlerinin deneysel, ampirik ya da teorik olarak daha duyarlı bir şekilde saptanamaması halinde (V_s) değerleri için Tablo 13.1'deki değerler kullanılabilir. Zeminin, birbirinden farklı (V_s) değerlerini içeren birkaç tabakadan oluşması halinde her tabaka için ayrı bir (T_0) değeri hesaplanmalıdır. Kayma dalgası hızını 700 m/sn den büyük olduğu zeminler çok sağlam sayılabileceği için, bu hızın aşıldığı derinlikten başlayarak daha derinlerdeki zeminlerin incelenmesine ve periyot hesaplarına içerilmesine gerek yoktur." denilmektedir.

İlgili bölümde 1975 yılında bilinen zemin etkisinin, 2018 yılında yayımlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ndeki karşılığı ise ZF zeminler olarak alınabileceğini düşünmekteyiz. 45 yıl önce yürürlükte olan deprem yönetmeliğinde bile aktarılan hususların hali hazırda değeri ve önemi bilinmeden sadece "**Zemin Sınıfı Harfi**" olarak düşünülmesi, bu sonucu oluşturan en önemli unsurlardan biridir. Bu noktada, konusunda uzman olmayan kişilerin, çoğu üniversitede lisans seviyesinde alınmayan bilgilerden (Yapı Davranışı, Betonarme Davranış, Zemin Dinamiği, Yapı Dinamiği, Geoteknik Deprem Mühendisliği) sorumlu tutulmasının yeniden değerlendirmeye muhtaç olan bir konu olduğu aşikardır.

Tablo 2. TBDY-2018 Zemin Sınıfları

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

İzmir özelinde ise merkez üssüne 65-70 km uzaklıkta bulunan ve hasar bölgesine yakın konumlarda olan kayıtçı istasyonlardan alınan veriler ışığında oluşturulan tepki spektrumlarının farklı olduğu açıkça görülmektedir. “**Zemin Sınıfı Harfi**”nin belirlenme sürecinde derin alüvyal çökel olan yerlerde, sadece üstteki 30 m. olmadığını yeni yönetmelik çerçevesinde anlamak zorundayız. (Tablo-2)

Bayraklı bölgesi, Karşıyaka ve Çiğli bölgeleri kapsamında alüvyal çökellerin 200-320 m.’lere vardığını ve ancak bu seviyelerde “**Mühendislik Kayası**” dediğimiz 760 m/s kayma dalgası hızlarına çıkabildiğini bilmekteyiz. Fakat burada sıkıntı olan, zemin sınıfı harfine karar veren meslek disiplinlerinin, harf değişiminin yapısal tasarımı nasıl etkileyeceğini bilmemesidir. Bu zeminlerde, sahaya özel tepki spektrumu çalışması yapılmasının önemini kavrayamayan tüm taraflar bu durumdan sorumlu olacaktır.

Mevcut yönetmeliklerde, V_s30 hızı nedeni ile ZD veya ZE olarak çözülmüş eski/yeni tüm yapılar, 0.6-0.7 sn doğal titreşim periyot değeri sonrası, doğa gereği daha fazla yük almaya mahkûm olmuşlardır. Asıl burada yapılan yanlışların ve depremin tepki spektrumunun yön bazlı değişimi ve yapıların yerleşimlerine bağlı olarak farklı yük alması ile yakın periyottaki bazı yapılar, diğerlerine oranla ve harf hesabına göre daha fazla deprem yükü almak zorundadır.

Kısaca anlatmak gerekirse burada, “**Zemin Sınıfı Harfi**” kısıtlamasına tabi olmadan doğa, kendi tepkisini oluşturmuş ve deprem esnasında yapıya gelecek etkisini göstermiştir.

3. BİNA HASARLARI HAKKINDA DEĞERLENDİRMELER

3.1. Giriş

30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizi Sisam Adası açıklarında gerçekleşen depremde özellikle Bayraklı'da betonarme binalarda göçmeler, Karşıyaka ve Bornova ilçelerinde de yoğunlaşmış yapısal hasarlar olduğu gözlenmiştir. Depremi hemen ardından başlayan hasar tespit çalışmalarında öncelikle tamamen/kısmen göçen, acil yıkım gerektiren ve ağır hasar alan binaların belirlenmesine çalışılmıştır. Bayraklı ilçesinde depremde çöken binaların çevresindeki binalar ayrıca incelenmiş, civar konumda bulunan binaların hasar düzeyleri gözlemsel olarak değerlendirilmiştir. Deprem hasarı alan binalar arasında 12 adet bina tamamen veya kısmen göçmüş ve bu binalarda arama-kurtarma çalışmaları yürütülmüştür. Bu depremin sonucunda özellikle Bayraklı ilçesinin körfeze yakın derin alüvyal çökelde yer alan binalarda yapısal hasarın gelişmesinin en büyük sebebi, Geoteknik Deprem Mühendisliği kapsamında değerlendirdiğimiz basen etkisi olduğunu söylemek mümkündür. 2013 Seferihisar depreminde de benzer bir durum gerçekleşmiş ve yine Bayraklı ilçesindeki benzer bölgelerde sınırlı bina hasarları ile karşılaşmıştır.

Deprem sırasında ağır hasar gören veya çöken binaların, genel olarak, yapım yılı bakımından 1975 Deprem Yönetmeliği kapsamında projelendirdiği belirlenmiştir. 1975 Deprem Yönetmeliği'nin betonarme binalar ile ilgili bölümünde; kolon, kiriş, perde gibi betonarme elemanların minimum boyut ve donatı detaylarının tanımlanması ile kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme hesabına yönelik esaslar verilmiştir [2]. Ancak o dönemdeki inşaat pratiği ve uygulamalarında, hem birleşim bölgesindeki enine donatı detayları hem de etriye kanca detayı konusunda getirilen koşulların uygulanabilirliğinin 1998 Deprem Yönetmeliği'nde detaylar yer alana kadar yeterli ölçüde sağlanamadığı ifade edilmektedir [3]. Bununla beraber, sadece düşey yüklere göre tasarımların yapıldığı 1975 öncesi dönemde inşa edilmiş yapılarla birlikte 1975 Deprem Yönetmeliği kapsamındaki yapılarda da düz yüzeyli donatı kullanımı, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde enine donatı kullanılmaması, kiriş boyuna donatılarında ankraj yetersizliği, büyük enine donatı aralıkları ve enine donatıların 90 derece kancalara sahip olmaları gibi durumlar Akdeniz ülkelerindeki inşaat pratiğinde karşılaşılan tipik unsurlardır [4]. Uygulamadaki bu yetersizlikler sonucu ortaya çıkan ve sünek olmayan bu çerçeveler, son depremde de hem toptan/kısmi göçen binalarda hem de ağır hasar alan binalarda etkisini göstermiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yaptığı çalışmalarda il genelinde 500 civarı binada ağır hasar meydana geldiği veya acil yıkılması gerektiği raporlanmıştır. Saha gözlemlerine göre raporlanan bu binaların büyük bir kısmı gerçekten bu depremden kaynaklı ağır hasar almış olmakla birlikte, bir kısım binanın yapısal olmayan elemanlarda oluşan (iç ve dış duvarlar, parapet duvarları vb.) ağır hasarlar neticesinde etiketlenmiş oldukları anlaşılmaktadır. Bazı durumlarda ise, binalarda korozyon vb. çevresel koşullara bağlı olarak oluşmuş daha önceki hasarların, deprem etkileri neticesinde görünür hale gelmesiyle ağır hasarlı olarak tespit edildiği ifade edilmiştir.

Diğer taraftan bazı yeni binalarda da ağır bölme duvar hasarları gözlenmiştir. Bayraklı ilçesinde mühendislik hizmeti almış 6 ila 11 katlı, yapı kullanım kalitesi bakımından lüks kategorisinde sayılabilecek yapılarda bu seviye depremlerde beklenmeyecek ölçülerde bölme duvar hasarı gözlenmiştir. Bölme duvarların erken ötelenme seviyelerinde hasar görmeye başladıklarından hareketle ve bölgedeki benzer yapılarda bu hasarların oluşmadığı tespitiyle, söz konusu yapıların tasarımında öteleme kontrollerinin yetersiz olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durumun yönetmelik kaynaklı mı yoksa yapılara özel tasarım kaynaklı mı olduğu konusunun aydınlatılması gereklidir.

Depremde kâgir binalarda da bazı hasarlar gözlenmiştir. Karaburun yarımadasında ağırlıklı Kösedere Köyü olmak üzere bölge köylerinde 50 civarında moloz taş yığma yapıda ağır hasar oluşmuştur. Söz konusu yapılar genelde mühendislik hizmeti görmemiş eski yapılardır.

3.2. Sahada Gözlenen Deprem Hasarları

Deprem sonrasında Bayraklı ilçesinde yapılan saha incelemesinde; Rıza Bey Apt., Yağcıoğlu Apt, Emrah Apt., Doğanlar B Blok binalarının ani olarak tamamen göçmüş olduğu, Yılmaz Erbek Apt. B Blok, Barış Sitesinin B-C-D Blok, Cumhuriyet Sitesi B-C Blok ve Egemen Apt. A Blok binalarının zayıf/yumuşak kat mekanizması sebebiyle zemin katı üzerine çökmüş olduğu görülmüştür. Ayrıca, Karagül Apartmanının köşe bölümü depremin hemen sonrasında kısmi olarak göçmüştür. Çöken binaların betonarme projelerinin 1990 ila 1997 yılları arasında hazırlandığı ve buna bağlı olarak 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Bayraklı ilçesinde 8 adet bina bir veya iki katı üzerine çökmüş veya kısmi göçmüştür. Bunlar arasında 6 adet bina kat bazında göçmüş, 2 adet binanın da bir köşesi kısmi olarak göçmüştür;

Karagül Apt, Yılmaz Erbek Apt. B Blok, Barış Sitesinin C Blok, Barış Sitesinin B Blok, Barış Sitesi D Blok, Cumhuriyet Sitesi C Blok, Cumhuriyet Sitesi B Blok, Egemen Apt A Blok.

Bayraklı ilçesinde toplam 4 adet bina tümüyle göçmüştür;

Rıza Bey Apt., Yağcıoğlu Apt, Emrah Apt., Doğanlar B Blok



Şekil-8. Kısmi ya da toptan göçen betonarme binalar haritası [5]

Hasar tespit çalışmaları sırasında, meydana gelen deprem hasarının olası sebepleri de değerlendirilmeye başlanmıştır. Toptan göçen binalarda düşük beton kalitesi, çoğunlukla düz yüzeyli donatı kullanımı ve sargılama donatısının (etriyelerin) uygun şekilde kullanılmamış olduğu ilk göze çarpan unsurlar olmuştur (Şekil -9).

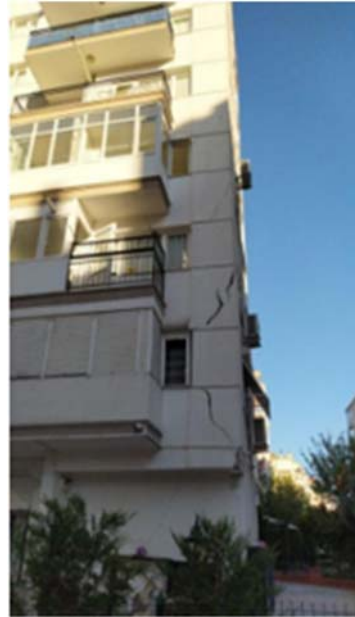
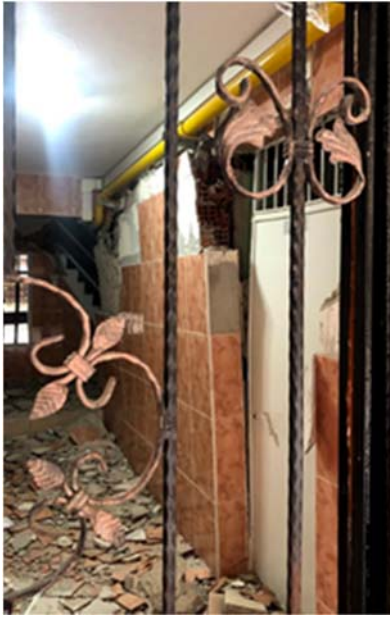


Şekil-9. Rıza Bey Apartmanı

Rıza Bey Apartmanına ait göçme görüntüleri incelendiğinde, öncelikle zemin katın göçtüğü ve hemen ardından diğer katların sandviç şeklinde üst üste kapaklandığı görülmüştür. Binanın yapısal sistemi dışarıdan incelendiğinde tüm dış cephenin kapalı çıkmalar ile çevrildiği ve zemin katın dükkanlardan oluştuğu görülmektedir. Zemin katı üzerine çöken binalarda ise hasara yön veren ana unsur, bina zemin katlarındaki dolgu duvarların otopark, dükkan vb. amaçlarla boşaltılmış olması olarak görülmektedir.

Yapıların donatı detaylandırması kaynaklı gevrekliği ve çerçeve düzensizliği kaynaklı düşük rijitliği sebebiyle bu tip göçmelerin düşük deprem talepleri altında gerçekleşmesi beklenen bir durumdur.

Ağır hasarlı binalarda, yaygın olarak zemin katlardaki dolgu duvarların kaldırılarak dükkân ya da süpermarket olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Dolgu duvarlar, gevrek malzemeden oluşturulan ve taşıyıcı sistem tasarımında sadece yük olarak dikkate alınan yapısal olmayan elemanlar olmasına rağmen, katlar arası dayanım ve rijitliği etkilediği için tasarımda zayıf kat (B1) düzensizliğinin kontrolünde de dikkate alınmaktadır. Ayrıca dolgu duvarların sistem davranışına belirli deprem seviyelerine kadar dayanım ve rijitlik bakımından katkı sağladığı deneysel çalışmalarla gösterilmiştir. Sünek olmayan çerçevelerden oluşan, özellikle 2000 yılı öncesi inşa edilmiş yapılarda, sistemde ilk hasar gören elemanlar olarak dolgu duvarların etkisi daha belirgin olmaktadır (Şekil-10). Bu tür yapılarda dolgu duvarlar, dayanımlarını aşmayacak mertebede deprem yükü ile karşılaştıklarında bütünlüklerini koruyarak yapının genel olarak daha olumlu bir deprem davranışı sergilemesini sağlamaktadır. Fakat dolgu duvarların dayanımlarını aşan seviyede, daha büyük bir deprem yükü altında ise gevrek şekilde hasar görerek içerisinde yer aldığı, zaten sünek olmayan betonarme çerçevelerin ani şekilde göçmelerinin önünü açmaktadır.



Şekil 10. Düzlem içi ve düzlem dışı dolgu duvar hasarları

Şekil-11’de zemin katlarında dolgu duvar bulunmayan ve zemin ve 1. katı çöken Barış Sitesi’ndeki binalarda yumuşak kat mekanizmasının oluşumu görülmektedir. Zemin kat kolonlarının alt ve üst uçlarında gelişen büyük plastik deformasyonlar da şekilde görülmektedir.



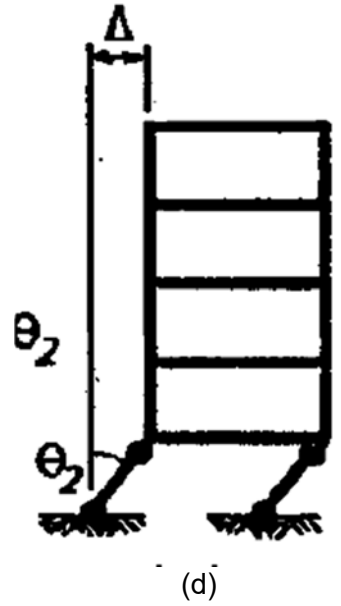
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 11. a) Zemin katında dolgu duvarları bulunmayan betonarme bina (2007) [6],
b-c) Depremde zemin ve 1. Katı çöken betonarme bina,
c) Yumuşak kat mekanizmasının oluşumu [7]

Zemin katlarında kısmi boşlukları veya bant pencereleri sonradan oluşturulan Şekil-12'deki betonarme binada kolon etkili uzunluğunda oluşan azalmaya bağlı olarak kısa kolon oluşumu gözlenmiştir. Binanın kenar aksında yer alan tüm kolonların üst ucunda bant pencere düzeyinde kesme ve eğilme deformasyonlarında artışla kabuk ve çekirdek betonunda ezilme ve dökülmeler meydana gelmiştir.



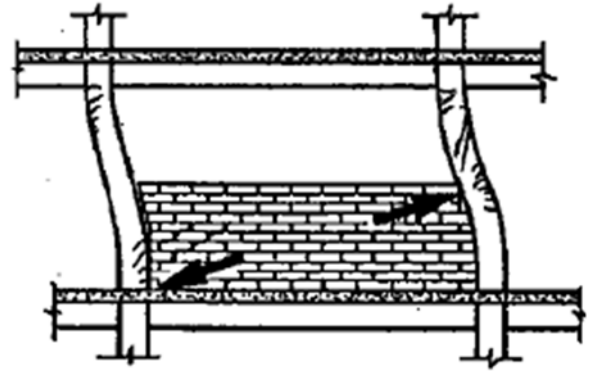
(a)



(b)



(c)



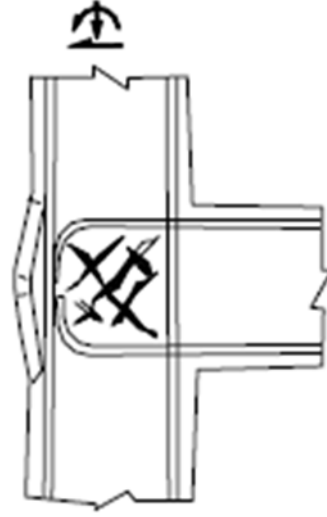
(d)

Şekil-12. a-b-c) Yapım sonrası açılan bant pencerelere bağlı gelişen kısa kolon hasarları, d) Dolgu duvarların kolon deformasyonlarına etkisi [7]

Kolon-kiriş birleşimlerinde enine donatıların bulunmamasına bağlı olarak gelişen hasar Şekil-13'de görülmektedir. Tasarım esnasında moment aktarabilen düğüm noktası olarak modellenen birleşim bölgelerinde kesme etkilerine bağlı çözüme ile yapı yük taşıma kapasitesini önemli ölçüde yitirmiştir.



(a)



(b)

Şekil-13. a) Kolon-kiriş birleşim bölgesinde gelişen hasarlar, b) Sismik etkilere karşı yetersiz detaylandırılmış birleşim bölgesi [4]

Ağır hasar alan ve donatısı açığa çıkan kolon ve perdelerde sargılamamanın etkinliğinin artırılması amacıyla kullanılması gereken çirozların bu yapılarda kullanılmadığı görülmüştür (Şekil-14).



Şekil-14. Kolon ve perdelerde gelişen hasarlar

Çoğunlukla bitişik nizam olmayan (dört tarafa da cephesi bulunan) Bayraklı bölgesindeki binalarda yoğun olarak gözlenen kapalı çıkmaların dört farklı olumsuzluğa sebep olduğu gözlenmiştir:

1. Kapalı çıkmalarda yer alan dolgu duvarların altından devam eden kirişler, kolonlar arasında uzanmadığı için binaların çerçeve yapısında düzensizliklere yol açmıştır.
2. Kapalı çıkmalar bina kütesinin bina oturum alanının dışına taşmasına ve dolayısıyla burulma etkilerine yol açmaktadır.
3. Kapalı çıkma kirişlerinin saplandığı perde ve kolon uçlarının artan ilave moment etkisiyle fazlasıyla zorlandığı ve ezildiği birçok durumla karşılaşılmıştır.
4. Kat arası ötelenmenin yüksek olduğu alt katlarda ötelenme sırasında dolgu duvarlar yüksek rijitlikleri sebebiyle konsol kirişlerde deformasyonlara sebep olmakta, bunun sonucu olarak ise desteklerini kaybederek düzlemi dışına hareket riski oluşmaktadır.

Bazı kolon ve perdelerde eleman ortasında imalat sırasında oluşturulan soğuk derz veya segregasyona maruz kalmış beton bölgelerinin lokal olarak büyük hasarlar almış olduğu da görülmüştür. (Şekil-15)



Şekil-15. Perde duvarda soğuk derz boyunca ve çevresinde oluşan hasar

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sahadan ve ölçüm istasyonlarından elde edilen tüm veriler mühendislik kapsamında değerlendirilmiş olup özet ve sonuçları aşağıda paylaşılmaktadır. Kamu kurumları ve halkın bilinçlenmesi ile olası felaket senaryolarının gerçekleşmesinin önlenmesi adına herkese büyük bir görev düşmektedir. Bu anlamda, İMO İzmir Şubesi olarak konunun takipçisi olacağımızı bildiririz.

4.1 Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından;

“Zemin Sınıfı Harfi” kısıtlamasına tabi olmadan doğa, kendi tepkisini oluşturmuş ve depremde yapılara gelecek olan etkiyi fazlasıyla göstermiştir. 1975, 1998, 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre basen etkisi dikkate alınmadan çözülmüş 0.5-1.5 sn. doğal titreşim periyoduna sahip tüm yapılar, doğa gereği daha fazla yük almaya mahkûm olmuşlardır. Asıl burada yapılan yanlışların ve depremin tepki spektrumunun yön bazlı değişimi ve yapıların yerleşimlerine bağlı olarak farklı yük alması ile yakın periyottaki bazı yapılar, diğerlerine oranla ve harf hesabına göre daha fazla deprem yükü almak zorundadır. Bunu anlamadan yapılacak performans analizi ve güçlendirme projesi çalışmaları yanıltıcı olacak ve bir sonraki depremde bir daha hasar almaya yol açacaktır.

Kuvvetli yer hareketi kayıt istasyonlarından alınan en büyük yer ivmesi değerleri 0.11g mertebesinde ölçülmüştür. Bu ivme değerinde belirlenen alanlarda bir sınılaşma beklenmemektedir. Saha gözlemlerinde kent merkezinde sınılaşmaya bağlı bir taşıma gücü ve oturma problemine rastlanılmamıştır. Ancak olası İzmir depremi gerçekleşir ise beklenen ivme değeri bu değer yaklaşık dört katı olacaktır. Bu kapsamda sınılaşmaya bağlı yapısal hasarların oluşması ayrıca beklenmektedir. Yapılacak sondaj çalışmalarının içerisinde konu özel bir öneme sahip olup yeterli çalışmalarının konunun uzmanları tarafından ortaya konması gerekmektedir.

Yapısal tasarımda kullanılacak ivmenin, zemin özelinde tepki spektrumu ile yapısal deprem kuvvetine dönüştürülmesi işlemi her yönetmelikte benzer şekilde açıklanmıştır.

Deprem yükünün belirlenmesine esas zemin ve temel etüt raporlarının, sadece kâğıt-evrak işi olarak görülmesi ve konusunda uzman olmayan meslek disiplinlerince hazırlanması asıl sorunu oluşturmaktadır.

İnşaat Mühendisliği'nin uzmanlık alanlarından biri olan Geoteknik uzmanlığının yetkisinde olan çalışmaların, geoteknik uzmanlarının karar ve planlamaları doğrultusunda yürütülmesi evrensel ve bilimsel bir gerekliliktir. Özellikle yer bilim uzmanlarının ve bu bilim dalları ile yapı tasarımı arasında oluşturulan köprünün vazgeçilmez kısmı olan “Geoteknik Deprem Mühendisliği”nin yadsınması, yok sayılması, Geoteknik Rapor'un, konusunda uzman inşaat mühendisleri tarafından düzenlenmesi gerçeğini yok sayan yönetmelikler nedeniyle maddi ve manevi kayıplara davetiye çıkarılmaktadır. Etkileri ise toplumsal boyuttadır. Bunun yanı sıra konunun takipçisi ve bir nevi sorumlusu olan yapı sahiplerinin bir kısmının bilerek bir kısmının ise bilmeyerek zaman-para ikileminde kalan düşünce ile bu durumu daha da zorlaştırdığını bilmekteyiz. Bu ikilemin doğru şekilde çözülmesi ile yapıların beklenen İzmir depremine dayanıklı olarak yapılması bir an önce sağlanmalıdır.

Bu noktada, sahaya özel çalışmaların yapılması hususunda, konunun parsel bazlı olarak halka mal edilmesi yerine kamu kurumlarının, ilgili meslek odalarını da sisteme entegre ederek, çok hızlı bir şekilde mikrobölgeleme veya benzeri çalışma ile tüm problemi ortaya koyması beklenmektedir.

4.2 Yapı Deprem Mühendisliği Açısından;

30 Ekim 2020 tarihli deprem; Urla, Seferihisar, Çeşme gibi depremin merkez üssüne 40-50 km mesafede olan yerleşimlerde kabaca DBYBHY-2007 tasarım depreminin dörtte biri seviyelerinde talepler yaratırken, Bayraklı, Karşıyaka ve Bornova gibi genç çökellerin üzerine kurulu yerleşimlerde tasarım depreminin yarısı seviyelerinde talepler yaratmıştır. 1975 Deprem Yönetmeliği'ndeki deprem talepleri düşünüldüğünde talep oranları bir miktar yükselse de yönetmelik seviyelerinin altındadır. Bu sebeple hasar gören yapılar bağlı buldukları yönetmeliklerde tanımlanan tasarım depremlerinden oldukça düşük seviyelerdeki deprem seviyelerinde hasar görmüştür.

1998 Deprem Yönetmeliği öncesi yapılarda gözlemlenen hasarların yetersiz kuşatma donatısı ve detayı, yetersiz kenetlenme boyları, düşük beton dayanımı, düz donatı kullanımı ve birleşim bölgelerinde enine donatı bulunmaması kaynaklı düşük süneklik sebebiyle erken ötelenme seviyelerinde göçmeler şeklinde olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılarda taşıyıcı çerçeve süreksizliklerinin rijitliği düşürerek ötelenme taleplerini arttırması sebebiyle, düşük deprem talepleri altında dahi söz konusu gevrek çerçevelerin taşıyamayacağı ötelenme seviyeleri ortaya çıkmış ve hasarlar olmuştur.

İzmir'de bazı binalarda gözlemlenen giriş katının duvarlardan arındırılmış olarak sadece kolonlardan oluşturulması veya ticari kaygılar ile giriş katın dolgu duvarlarının yok edilmesi uygulamaları gevreklikleri sebebiyle özellikle 1975 Deprem Yönetmeliği ve öncesi yapılardaki deprem riskini ciddi olarak arttırmaktadır. Her ne kadar bu katlardaki dolgu duvarların varlığını sürdürmesi yapılardaki gevreklik ve çerçeve süreksizlikleri kaynaklı sistemik sorunları yok etmese de söz konusu duvarların bulunması toplamdaki deprem riskini bir kademe azaltma potansiyelini taşımaktadır. Bu durum 30 Ekim 2020 Seferihisar Depremi gibi bölgede düşük talepler yaratan bir depremde kendini açıkça ortaya koymuş ve ölümler yaşam arasında karar verici hale gelmiştir.

Depremde yeni binalarda gözlemlenen ağır bölme duvarı hasarlarının sebebi yine ötelenme taleplerinin yönetmelik, tasarım veya imalat kaynaklı olarak yapı üzerinde oluşturabileceği etkilerin dikkate alınmamasıdır.

Mühendislik eğitimi ve kültüründeki deprem mühendisliğine kuvvet tabanlı yaklaşımın ötelenme taleplerinin sadece yönetmeliklerdeki kontrol şartını sağlamaya yönlendirmesi sebebiyle, tasarımlarda ötelenmenin yaratabileceği sorunlar gözden kaçabilmektedir. Bu sebeple tasarımlarda deprem mühendisliğinde ötelenme tabanlı bir yaklaşımın ana tasarım yöntemi olarak öne çıkması ve yatay ötelenme limitlerinin yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Son olarak;

30 Ekim 2020 depremi mevcut yapı stoğunu kendi filtresinden geçirerek İzmir’de uzak depremler için riski yüksek bölge ve yapıları işaret etmiştir. Şehirdeki deprem riskini azaltmak üzere organize bir şekilde çözümler üretmek gerekmektedir. Sorunun büyüklüğü ancak kamu eliyle çözümün taraflarının bir araya getirilip, hukuki ve finansal modeller ortaya konulması ile mümkündür.

Doğa kendi tepki spektrumunu oluşturmakta, “Mühendislik ve Bilim” buna ayak uydurmak zorundadır. İzmir, özel bir zemine sahiptir ve bu sebeple özel mühendislik hizmetleri gerekmektedir. Bu depremde unutulmuş durumların hatırlanması ile yapı stoğu acilen elden geçirilmelidir.

Proje ve uygulama denetçilerinin yetkinliği konusunda 4708 sayılı Yapı Denetim Kanunu'nda etkin bir değişiklik yapılarak konunun çözümlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, mesleki sorumluluk sigortasının zorunlu hale getirilmesi ve ikincil kontrollerin yapılmasını sağlayacak bir sistemin yetkin mühendisler ile sağlanması gerekmektedir.

Denetim boyutunda bir diğer önemli konu, ilgili idarenin (belediye, vd. kamu kurumları) yetkinliğidir. İlgili idarede çalışan mühendislerin mesleki uzmanlığa haiz altyapıda olması gerekmektedir. İdarenin siyasi ve mahalli baskıdan uzak, tamamen mühendislik ilkelerine göre kontrollük vazifesini yapması son derece önemlidir. Unutulmamalıdır ki, yetersiz kontrollük hizmeti verilmesi, yetersiz ve eksik uygulama yapılması ile eşdeğerdir. Bu konudan kamu kuruluşlarının çıkarılması gereken ödev ise yetkinliğin ve liyakatin acilen getirilmesi ile benzer görüntülerin yaşanmasını engellemektir.

İnşaat Mühendislerinden oluşan ayrı bir yapı eksperlik sisteminin kurulması, yeterli dayanıma sahip olmayan "makyajlı" binaların afişe olmasını sağlayacak ve vatandaşların gayrimenkul alımı ve yatırımında dikkate alacağı bir değer olacaktır. Bu sayede tüm yapıların bir sertifikası ve kimlik belgesi olması sağlanacaktır. Bu konuda kamusal yarar için acilen gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.

17/07/2019 tarih ve 30834 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Kapsamında Yapılacak Binalarla İlgili Uygulama Esaslarına Dair Tebliğ" in 4. Maddesi'nde belirtildiği üzere, yapı kullanım izin belgesi almış ve Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği kapsamında tanımlı, ruhsata tabi olan tadilat başvurularının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) esaslarına göre değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu sebeple ruhsat vermeye yetkili tüm kamu kuruluşlarının, yapı kullanım izin belgesi almış yapılara ait esaslı tadilat başvurularında, mevcut yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)'ne uygunluğunu araması gerekmektedir.

Mülga yönetmeliklerin yürürlükten kaldırılması, bu yönetmeliklere esas olarak projelendirilen ve ruhsatlandırılan yapıların göz önünden kaldırılması anlamına gelmemektedir. Mühendislik olarak eksikliklerini bildiğimiz yönetmelik ve standartların sağlanmadığı tüm yapıların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)'ne göre değerlendirilmesi önerilmektedir.

Mesleki Yeterlilik şarttır! Mesleki Uzmanlık şarttır! Bu kapsamda daha öncesinde tarafımızca savunulan "**YETKİN MÜHENDİSLİK YASASI**" tüm mühendislik disiplinleri ve Meslek Odaları yardımı ile son hale getirilerek bir an önce çıkartılmalı ve gelişmiş ülkelerde olduğu gibi karşılıklı denetim sistemi (peer-review) getirilmelidir.

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası
İzmir Şubesi

KAYNAKLAR

- [1] <https://tadas.afad.gov.tr>, Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi, AFAD.
- [2] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1975). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [3] Aydınöğlu, N. (2007). Deprem Katsayısından Performansa Göre Tasarıma: Bir Mühendisın Bakış Açısından Deprem Mühendisliğinin 40 Yılı, 6. Uluslararası Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- [4] Pampanin, S. (2006). Controversial aspects in seismic assessment and retrofit of structures in modern times. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 39(2), 120-133.
- [5] <https://izmirdepremi.com/hasar-yogunluk-haritasi.html>, TMMOB İzmir İl Koordinasyon Kurulu.
- [6] <http://kentrehberi.izmir.bel.tr/izmirkentrehberi>
- [7] Paulay, T., & Priestley, M. N. (1992). Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings.