

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinin Önüretimli Betonarme Yapılara Etkisinin Değerlendirilmesi

Prof. Dr. Ercan Yüksel • İnş. Y. Müh. Hakan Ataköy • İnş. Müh. Günkut Barka
İnş. Yük. Müh. Faruk Yanık • İnş. Müh. Şerif Güner • İnş. Y. Müh. Ümit Özkan

EVALUATION of the EFFECTS of FEBRUARY 06, 2023 KAHRAMANMARAS EARTHQUAKES on PRECAST CONCRETE BUILDINGS

Summary

Because of the February 06, 2023 Kahramanmaraş Earthquakes, many buildings with different types of structural systems completely or partially collapsed, causing great loss of life and property. Field investigations were carried out in organized industrial zones in the provinces of Adiyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş and Malatya, where there are about 4000 precast concrete buildings, and the causes of structural damages were investigated.

In order to evaluate the buildings with a single-storey cantilever type structural system widely used in the region; In buildings with a height of 8 and 12 m located on the ZC and ZE local ground classes in Adiyaman and Kahramanmaraş, the equivalent earthquake load coefficients calculated according to the code applicable at the time of construction were compared with the realized in the February 06, 2023 Earthquakes. It has been observed that the equivalent earthquake loads realized on the weak soils are smaller than the estimated ones from 2018 Turkish Earthquake Design Code.

Site investigations have discovered that almost all of the buildings with severe and moderate damages were produced by companies that are not members of Turkish Precast Concrete Association without using the up-to-date knowledge and experience defined in Section 8 of TBDY 2018. In particular, it is notable that with the inadequate design and production of the hinged and moment resisting beam-to-column connections and the assembly operations at different stages of construction were carried out unsupervised.

The importance of perceiving and supervising the design, production and assembly stages as parts of a whole has been understood once again.

ÖZET

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde farklı tür taşıyıcı sistemlere sahip pek çok bina tamamen veya kısmen göçerek büyük can ve mal kayıplarının yaşanmasına neden olmuştur. Yaklaşık 4000 önüretimli betonarme binanın bulunduğu Adiyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illerindeki organize sanayi bölgelerinde saha incelemeleri yapılarak gerçekleşen yapısal hasarların nedenleri araştırılmıştır.

Bölgede yaygın olarak kullanılan tek katlı konsol türü taşıyıcı sisteme sahip binaları değerlendirmek amacıyla; Adiyaman ve Kahramanmaraş'ta ZC ve ZE yerel zemin sınıfları üzerinde bulunan 8 ve 12 m yükseklikli binalarda, inşa edildiği dönemde geçerli olan deprem yönetmeliği koşullarına göre hesaplanan eşdeğer deprem yükü katsayıları, 06 Şubat 2023 Depremlerinde gerçekleşen büyüklükler ile karşılaştırılmıştır. Gerçekleşen eşdeğer deprem yüklerinin, zayıf zeminlerde 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY 2018) öngörülen büyüklüklerden küçük olduğu görülmüştür.

Saha incelemeleri, ağır ve orta hasarlı binaların tamamına yakınının, Türkiye Prefabrik Birliği üyesi olmayan firmalar tarafından, TBDY 2018 Bölüm 8 de tanımlı güncel bilgi ve tecrübe kullanmadan üretildiğini ortaya koymuştur. Özellikle kiriş-kolon mafsalı/moment aktaran bağlantı bölgelerinin yetersiz tasarım ve üretimi ile farklı aşamalarındaki montaj işlemlerinin denetimsiz yapılmış olması dikkat çekmektedir.

Tasarım, üretim ve montaj aşamalarını bir bütünün parçaları olarak algılamının ve denetlemenin önemi bir kez daha anlaşılmıştır.

1. 10 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNİN ÖZELLİKLERİ

6 Şubat 2023 tarihinde TSİ 04:17'de ve 13:24'te merkez üssü Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçeleri olan Mw7.7 (odak derinliği 8.6 km) ve Mw7.6 (odak derinliği 7 km) büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir, Şekil 1. Depremler Akdeniz, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerini kapsayan çok geniş bir alanda hissedilmiş; Kahramanmaraş, Hatay, Adıyaman, Malatya, Osmaniye, Gaziantep, Adana, Kilis, Diyarbakır, Elazığ ve Şanlıurfa illerinde

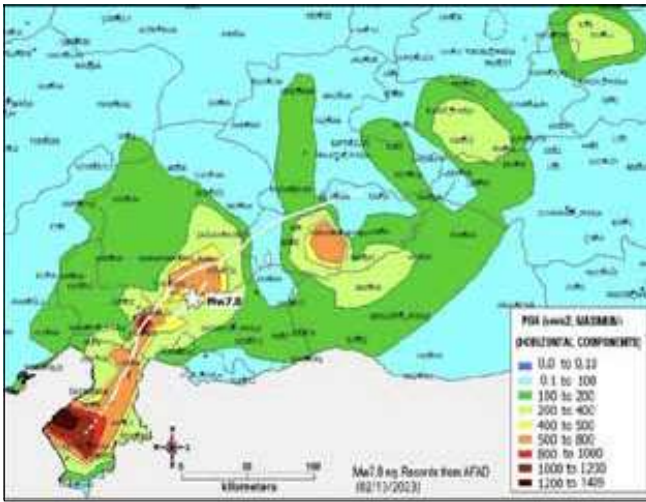
önemli yıkımlara neden olmuştur. 50 binden fazla insan hayatını kaybetmiş, yarım milyondan fazla bina hasar görmüş, iletişim ve enerji alt yapıları zarar görmüş ve önemli maddi kayıplar oluşmuştur.

<https://tadas.afad.gov.tr/> sitesinden alınan ivme kayıtları kullanılarak %5 sönüm oranı için elastik ivme spektrumları oluşturulmuştur. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 de "50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (dönüş aralığı 475 yıl) deprem" durumunda ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için tanımlanan tasarım elastik ivme spektrumları,

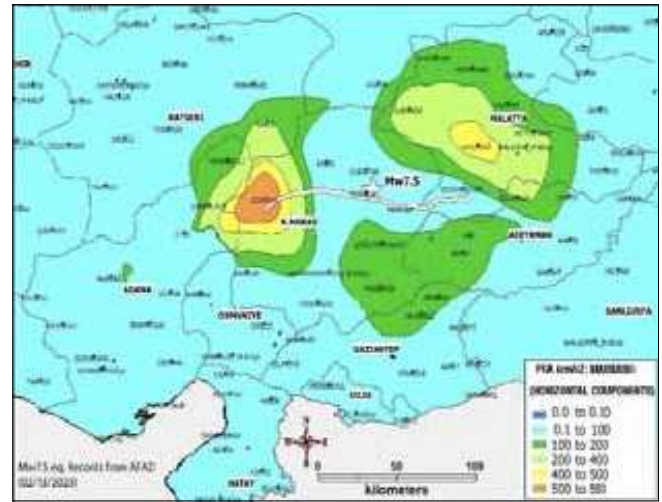
deprem kayıtları için oluşturulan spektral ivme grafikleri ile birlikte Şekil 2 de verilmiştir, [2].

Etkin bir yapısal hasar ölçütü olarak kabul edilen en büyük yer hızı (PGV) konturları Şekil 3 de verilmiştir. TSİ 04:17 Mw7.7 Depreminde en büyük yer hızlarının Hatay, Kahramanmaraş ve Adıyaman bölgesinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Hatay 3129 ve Kahramanmaraş 4616 nolu istasyonlarda kaydedilen ivme kayıtları kullanılarak; %5 sönüm ve farklı süneklik oranları için spektral ivme grafikleri oluşturulmuştur. Elas-

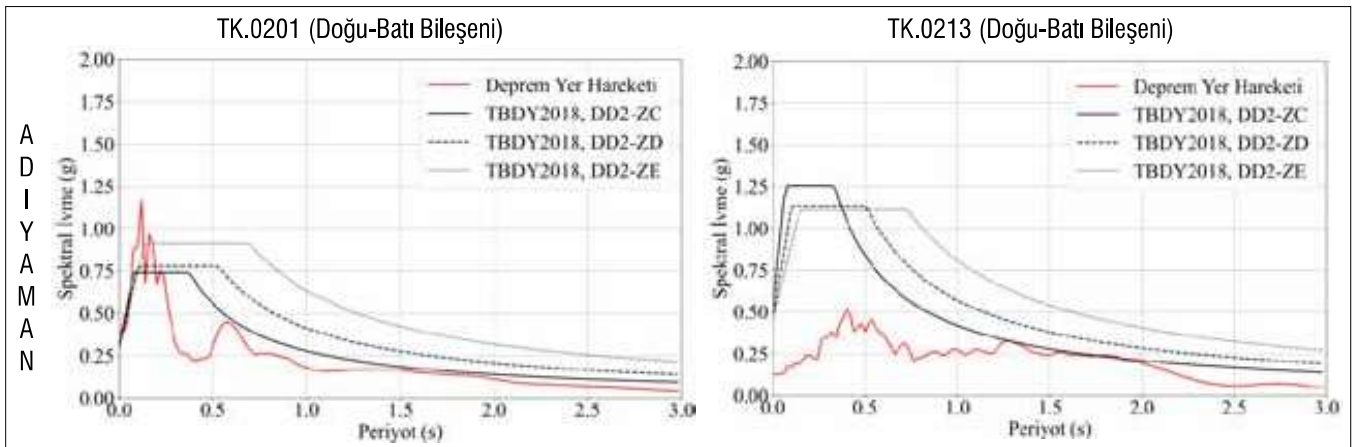


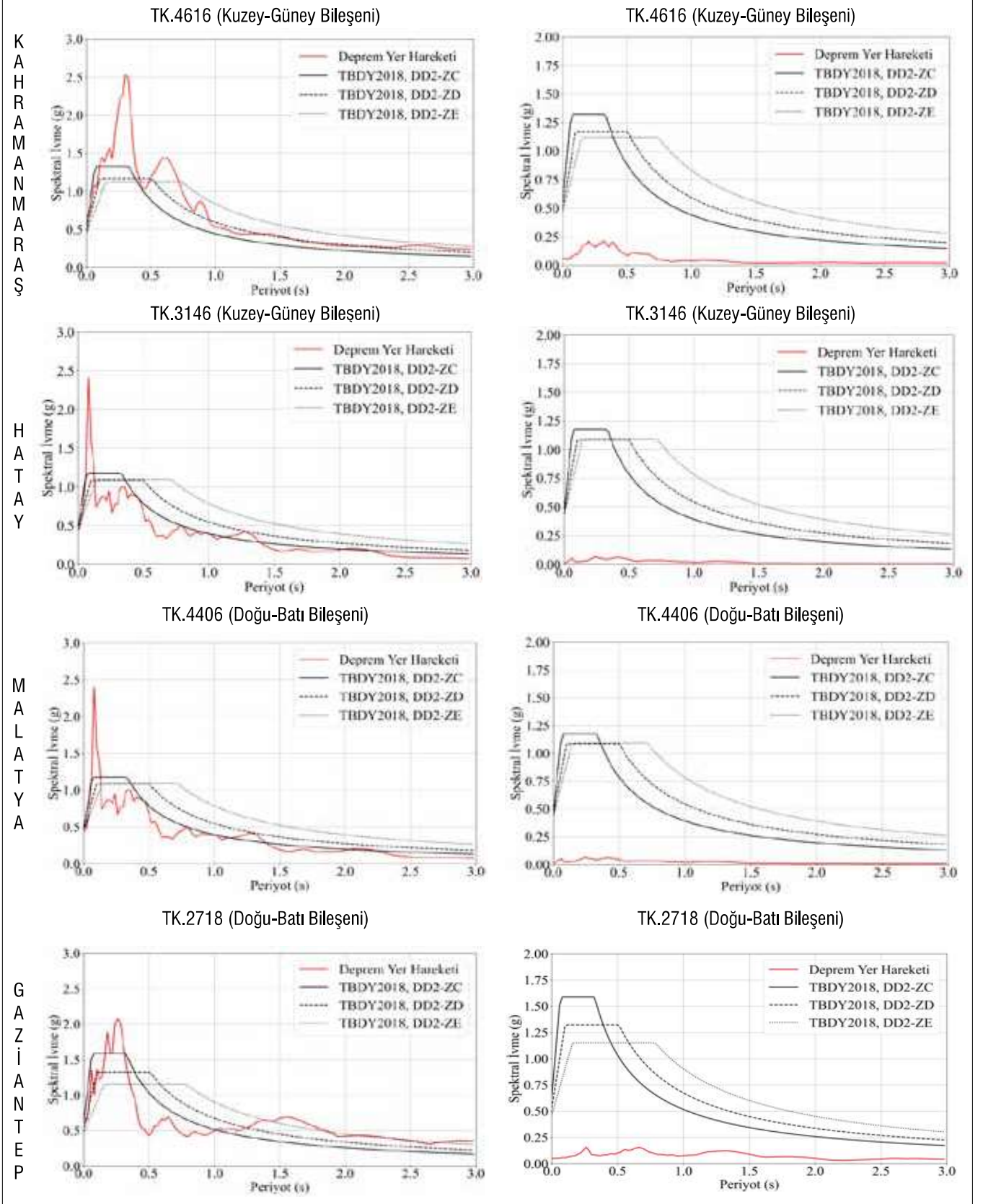
6 Şubat 2023 TSİ 04:17 Mw 7.7 Depremi



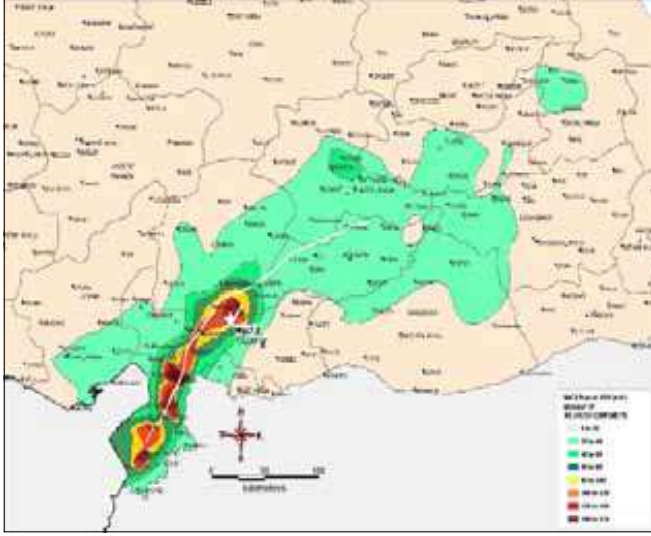
6 Şubat 2023 TSİ 13:24 Mw 7.6 Depremi

Şekil 1. En büyük yer ivmesi (PGA) konturları (cm/s², kuzey-güney ve doğu-batı yatay bileşenlerinin en büyük değerleri) [1]

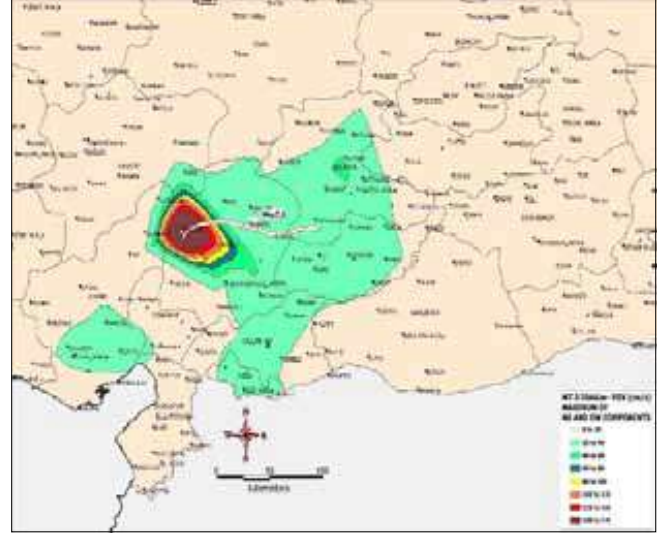




Şekil 2. Elastik ivme spektrumlarının tasarım büyüklükleriyle karşılaştırılması
(Sol kolon 6 Şubat 2023 TSİ 04:17 Mw7.7 Depremi, Sağ kolon 6 Şubat 2023 TSİ 13:24 Mw7.6 Depremi)



6 Şubat 2023 TSİ 04:17 Mw7.7 Depremi



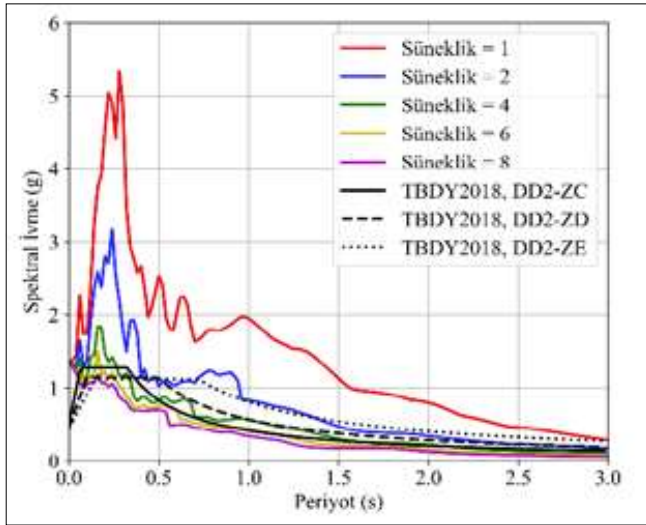
6 Şubat 2023 TSİ 13:24 Mw7.6 Depremi

Şekil 3. En büyük yer hızı (PGV) konturları (cm/s, kuzey-güney ve doğu-batı yatay bileşenlerinin en büyük değerleri) [1]

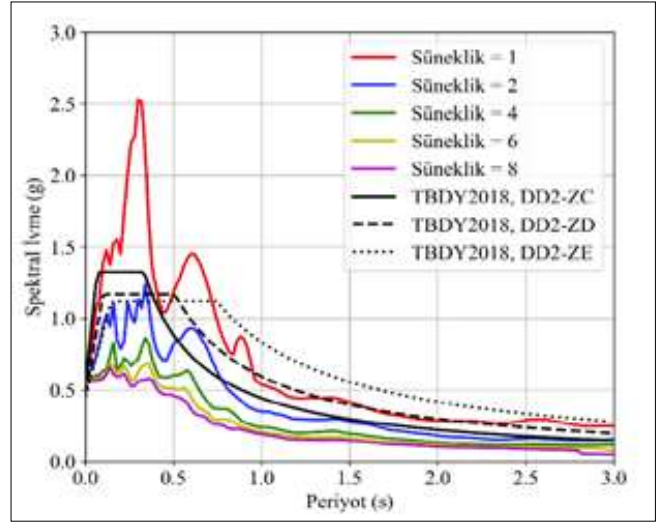
tik davranış durumunda (süneklik=1, kırmızı grafikler) geniş bantta oluşan çok büyük spektral ivmeler, sünek ya-

pısal davranış ile küçülebilmektedir, Şekil 4. Bu bağlamda, taşıyıcı sistem elemanları ile birleşimlerinde sünek

davranışı sağlamak üzere deprem yönetmeliklerinde tanımlanan koşulların sağlanması çok önemlidir.



Hatay 3129 İstasyonu



Kahramanmaraş 4616 İstasyonu

Şekil 4. 6 Şubat 2023 TSİ 04:17 Mw7.7 Depremi için oluşturulan elastik ve inelastik spektral ivme grafikleri

2. BÖLGEDEKİ ÖNÜRETİMLİ YAPI ENVANTERİ ve HASAR BİLGİSİ

2.1. Mevcut Yapı Envanteri

Depremden etkilenen Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Elâzığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Malat-

ya, Osmaniye ve Şanlıurfa illerinde, beton prefabrikasyon teknolojisi kullanımı 2000'li yıllarda sanayi ağırlıklı olarak başlamış ve yaygınlaşmıştır. Bölgede fiilen hizmet veren 20 firma bulunmaktadır. Bu firmalardan dört

tanesi Türkiye Prefabrik Birliği (TPB) üyesi, iki tanesi de TSE K 118 belgesi sahibidir.

TPB verilerine ve sahadan alınan bilgilere göre, bölgede yoğunluklu olarak sanayi binası ve ticari amaçlı bina

olarak kullanılan yaklaşık 6000 adet bina bulunmaktadır. Bu bina stoğunun yaklaşık %55'i TPB üyeleri, kalanı ise birlik dışı firmalar tarafından üretilmiştir. Binalar 1975, 1998, 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinin yürürlükte olduğu dönemlerde inşa edilmiştir. Kullanılan taşıyıcı sistemler alttan ankastre üstten mafsalı tek katlı çerçeveler ile az da olsa monolitik birleşimli çerçeveli sistemlerdir.

Bölge genelindeki sanayi ülkemiz ihracatının %9 una katkı vermektedir. Bölge sanayinin ülkemiz GSYH'si içindeki payı ise %11.5 dir.

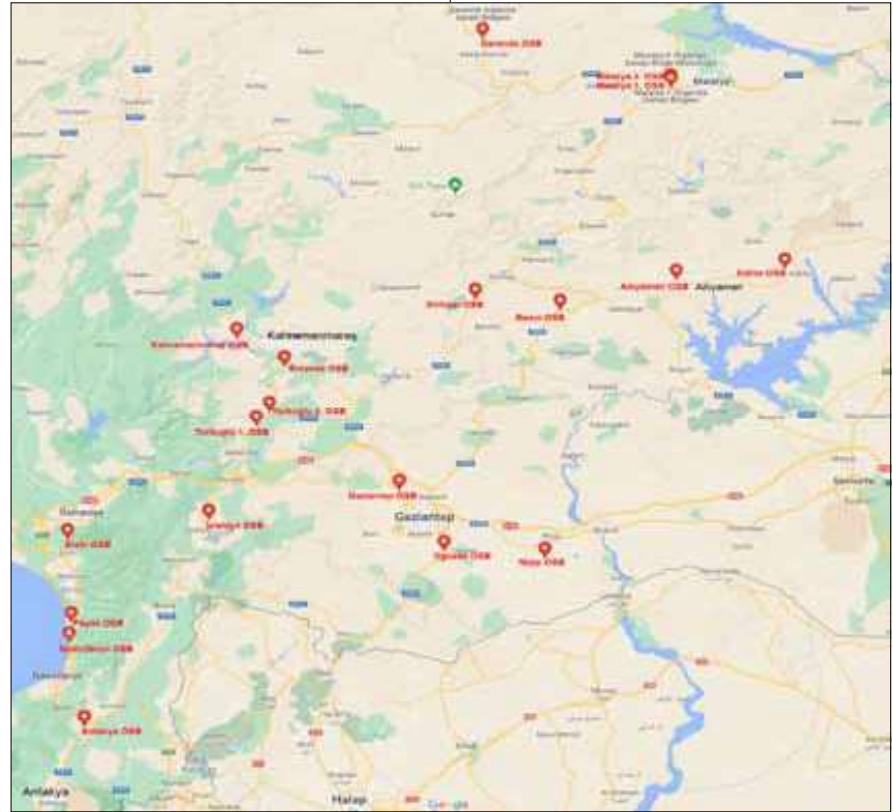
Bölgedeki 11 ilin sınırları içerisinde toplam 38 adet organize sanayi bölgesi (OSB) ve 116 adet küçük sanayi sitesi (KSS) bulunmaktadır. Önüretimli betonarme binalar yoğunluklu olarak OSB de yer almaktadır. Depremden en çok etkilenen Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illerinde 23 adet OSB faaliyet göstermektedir, Tablo 1 ve Şekil 5. Bu beş ildeki önüretimli betonarme yapı stoğu yaklaşık 4000 binadan oluşmaktadır.

2.2. Genel Hasar Bilgisi

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) verilerine göre depremden etkilenen 11 ilde 6 Mart 2023 tarihi itibarıyla 1.712.182 binada hasar tespit çalışması yapılmıştır, [4]. Buna göre 35.355 binanın yıkılmış, 17.491 binanın acil olarak yıkılması gerektiği ve 179.786 binanın ağır, 40.228 binanın orta ve 431.421 binanın az hasarlı olduğu tespit edilmiştir. Yıkılan veya ağır hasar alan binaların arasında mesken olarak kullanılanların dışında tarihi ve kültürel yapılar, okullar, idari binalar, hastaneler, oteller de bulunmaktadır, Tablo 2. Bu verilere göre yıkık, yıkılacak ve ağır hasarlı binaların genel oranı %14 ü bulmaktadır.

Tablo 1. Bölgedeki OSB ve KSS Sayısı (2023) [3]

İl	OSB Sayısı	KSS Sayısı
Adana	3	9
Adıyaman	4	5
Diyarbakır	3	10
Elâzığ	2	3
Gaziantep	5	15
Hatay	5	12
Kahramanmaraş	6	10
Kilis	1	3
Malatya	3	9
Osmaniye	2	8
Şanlıurfa	4	32
Bölge Toplam	38	116



Şekil 5. Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illerindeki OSB

Tablo 2. Hasar Tespiti Yapılan Bina Sayısı (6 Mart 2023) [ÇŞİDB]

İcmal	Bina Sayısı	Bağımsız Bölüm
Hasarsız	860.006	2.387.163
Az hasarlı	431.421	1.615.817
Orta hasarlı	40.228	166.132
Ağır hasarlı	179.786	494.588
Yıkık	35.355	96.100
Acil yıkılacak	17.491	60.728
Tespit yapılamadı	147.895	296.508
Toplam	1.712.182	5.117.036

2.3. Önüretimli Betonarme Binalarda Hasar Tespit Süreci

Depremi takip eden günlerde TPB teknik ekipleri bölgeye giderek önüretimli

betonarme binalarda incelemeler yapmış ve depremin etkilerini değerlendirmiştir. Bu kapsamda, hasar değerlendirmesini nesnel kriterler bütününe

Önüretimli Betonarme Yapı Hasar Gözlem Formu

Yapının Yeri		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
İsim	Adres	EVET	HAYIR	EVET	HAYIR	SKOR	Notlar
Yapının Yeri		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
İsim		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
Adres		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
Bölüm		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
Yapın Firması		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
Yapın Yılı		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
Yapı Türü		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
1 Katsız çatıda kiriş-kolon birleşimleri mafsalı		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
2 Katsız çatıda kiriş-kolon birleşimleri moment aktaran		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
B Bodrum var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
A Bodrumda arakat var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
M varsa mafsalı bağlantılı mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
C Cephe Kaplama Türü - Prefabrikte Panel / Tuğla Duvar / Sandwich Panel		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
C Çatı kaplaması var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
D Diğer (tanımlayın)		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
A Aşklarda çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
A Dişen aşık var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
A Makas üzerine devrilen aşık var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
O Oluk kırışlarında çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
O Dişen oluk kırışı var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
O Oluk pimlerinde deformasyon var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
M Makaslarda çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
M Dişen makas var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
M Makaslarda yanıl deformasyon / sehim var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
M Makas birleşimlerinde çatlak ve ezilme var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
M Makas birleşim MAB3 ise kaynaklarda deformasyon var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
M Makas pimlerinde deformasyon var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
M Makas mesnetlerinde elastomer mesnet kullanılmış mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
K Kolon alt ucunda (temele birleştiği bölgede) çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
K Kolonda kat kotunda çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
K Kolon yüksekliği boyunca çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
K Kolon - kiriş bağlantılarında çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
K Kolonlarda düşeyden sapma var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
K Kısa konsollarda çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
K Kısa konsol parçalanmış mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
K Kolon-kiriş bağlantısı MAB3 ise kaynaklarda deformasyon var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
C Cepheledeki hasarlarda kolon-kiriş, duvar ayrışması var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
C Cepheye çapraz çatlak var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
C Cepheye yıkılma var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
C Cephe bağlantılarında hasar var mı ?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
D Dilatasyon mesafesi yeterli mi?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
D Temel ve baş kırışlarında hasar var mı?		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
NOTLAR:		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
1) Prefabrikte ara katlı kısım ile tek katlı kısımlar ayrı ayrı değerlendirilmeli		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
2) Dilatasyonlu her kısım için ayrı ayrı değerlendirilmeli		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
3) Kısmi göçmenin olduğu yapılar için bir bilgi krokisi dahilinde yapının kalan bölümü için değerlendirme yapılmalı		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
SKOR		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
0		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
SONUÇ		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
HAFİF		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
SKALA		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
0-25		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
25-50		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	
50		Yapı Türü		Hasar Tipleri		Her evet hasar adedi ile çarpılacaktır	

Şekil 6. TPB Teknik Komitesi tarafından hazırlanan “hasar tespit formu”

oturabilmek amacıyla TPB Teknik Komitesi tarafından bir “hasar tespit formu” geliştirilmiştir, Şekil 6. Hasar tespit formu “tek katlı” ve “ara katlı” sanayi yapıları için ayrı ayrı düzenlenmiştir.

Bu formun ÇŞİDB ile paylaşılmasından sonra bakanlık talebi ile, hasar tespiti ÇŞİDB teknik elemanlarınca yapılmış, önüretimli betonarme sanayi binalarına TPB teknik elemanları tarafından da hasar tespiti yapılması istenmiş ve hasar bilgisi alınan Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illerindeki sanayi yapılarına TPB teknik elemanları giderek raporlama çalışması yapılmıştır.

Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illerindeki hasarlı sanayi yapısı envanter bilgileri Tablo 3 de, bu hasarların illere göre dağılımı da Tablo 4 de verilmiştir

Tablo 3. Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illerinde incelenen önüretimli betonarme sanayi yapılarında hasar durumu

Hasar / Hasarsız	Adet
Ağır hasarlı	57
Orta hasarlı	119
Hafif hasarlı	116
Toplam hasarlı	292
Hasarsız	102
İncelenen Toplam	394

Tablo 4. İncelenen önüretimli betonarme sanayi yapılarının illere göre dağılımı

Hasar / Hasarsız	K.Maraş	Hatay	G.Antep	Adıyaman	Malatya	Toplam
Ağır	37	-	-	20	-	57
Orta	56	1	5	32	25	119
Hafif	35	4	-	63	14	116
Hasarsız	13	-	-	84	5	102
Toplam	141	5	5	199	44	394

Bölge genelinde yaklaşık 4000 adet sanayi yapısı bulunduğu dikkate alındığında, ağır hasarlı 57 binanın oranı %1.42 olarak bulunmaktadır. TPB üyelerince yapılmış 5 adet bina orta hasar alırken, kalan binaların tamamı birlik dışı firmalar tarafından inşa edilmiştir. Hasar, Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinde yoğunlaşmıştır. Bu iki ille beraber üçüncü sırada yer alan

Malatya'nın da 4708 sayılı "Yapı Denetimi Kanunu" kapsamına 2011 yılından sonra dahil edildiği ayrıca dikkate alınmalıdır.

Adıyaman, Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinde toplam 114 adet önüretimli betonarme sanayi binasının yapım yılı bilgileri elde edilerek, dönemsel olarak deprem yönetmelikleri ile sayısal ilişkisi Tablo 5 te verilmiştir.

Bölgedeki sanayi yapılaşmasının 2000 li yıllarda yoğunlaştığı dikkate alındığında, deprem yönetmeliklerinin risk azaltıcı etkisi yapım hızı nedeni ile görece belirgin bir fark yaratmamıştır.

3. DEPREM BÖLGESİNDEKİ HASARLI YAPI STOĞUNDAKİ TİPİK HASARLAR

Adıyaman ve Kahramanmaraş OSB de yapılan ayrıntılı inceleme ve TPB ekip-

Tablo 5. Yapı hasarları ile yönetmelik nicelik ilişkisi

Yönetmelik	Hasar	Adıyaman	Gaziantep	Kahramanmaraş
1975 ABYYHY	Ağır	0	0	7
	Orta	0	0	2
	Hafif	0	0	4
1998 ABYYHY	Ağır	1	0	3
	Orta	0	3	13
	Hafif	0	0	5
2007 ABYYHY	Ağır	5	0	6
	Orta	0	1	9
	Hafif	0	0	11
2018 TBDY	Ağır	4	0	10
	Orta	2	1	14
	Hafif	3	0	10
TOPLAM		15	5	94

lerinin sahada yaptıkları hasar tespit çalışmalarını sonucunda, deprem nedeniyle gerçekleşen hasar tipleri aşağıdaki paragraflarda sıralanmıştır.

Bölgede önüretimli betonarme yapım teknolojisinin kurallarını dikkate alınmadan inşa edilmiş çok sayıda binaya rastlanmıştır, Şekil 7.

3.1. Kısa Konsol Bölgesi Hasarları

Mafsallı kolon-kiriş bağlantı bölgelerinde deprem nedeniyle ortaya çıkan büyük dönme istemleri TBDY 2018 Bölüm 8 de tanımlanan detaylar ile karşılanabilmektedir. Saha incelemelerinde, konsol ucu ve giriş uç bölgelerinde hasarların çok yaygın olduğu görülmüştür, Şekil 8. Mafsallı bağlantı bölgesinde genelde elastomer mesnet kullanılmadığı tespit edilmiştir.

Mafsallı kolon-kiriş bağlantısında kullanılan düşey pimler gerek devrilme gerekse kesme tahkiklerini sağlayabilecek özelliklerden oldukça uzaktır, Şekil 9. Kullanılan ince pimlerin pek çoğunda diş açılmadığı dolayısıyla pul-somun bağlantısının yapılmadığı



Şekil 7. Önüretimli betonarme yapım teknolojisinin kurallarını dikkate alınmadan inşa edilmiş düşük profilli bir şantiye



Şekil 8. Mafsallı kolon-kiriş bağlantı bölgesinde konsol ve girişte çok yaygın olarak gözlenen hasarlar



görülmüştür. Pim yuvası olarak giriş gövdesinde bırakılan delik, kullanılan plastik kalıp nedeniyle düz yüzeyli oluşmuş ve dolgu harcıyla kenetlenme olamamıştır. Pek çok hasarlı binada, çatı kirişi bağlantılarında dolgu harcı

nın hiç kullanılmadığı tespit edilmiştir. Oysa bu basit konstrüktif detayların tümü, TBDY2018 Bölüm 8 de ayrıntılı olarak tanımlanmakta ve resimler ile tariflenmektedir.



Şekil 9. Mafsallı kolon-kiriş bağlantı bölgesinde pim ve pim yuvası hataları



3.2. Kolon Hasarları

Konsol kolon alt ucunda plastik mafsal oluşumu ve kolon alt bölgesinde ilave donatının bittiği kesit civarında

yatay eğilme çatlakları şeklinde ortaya çıkan hasarlar ile karşılaşmıştır, Şekil 10. Kolon alt ucunda oluşmuş plastik mafsal, tasarım hatasını işaret etmek-

tedir. İlave donatının, moment diyagramını şekline uygun olarak eklenmesi ve aderans boyunun da dikkate alınması önem taşımaktadır.



Şekil 10. Kolon hasarları

3.3. Cephe Panelleri ve Duvarları

Kolon kesitinde oluşturulan ceplere yerleştirilmiş yatay önüretimli betonarme cephe panelleri yaygın olarak

kullanılmaktadır. Cephe paneli uç bölgelerinde ayrılma ve ezilme türü lokal hasarlar gözlenmiştir, Şekil 11. Taşıyıcı sistemde çatı düzlem içi rijitliği oluş-

turulmadığı için, cephe panelleri nedeniyle taşıyıcı sistemin kenar ve orta aksları arasında önemli yatay rijitlik farklılığı oluşmuştur. Kenar akslarda-



Şekil 11. Önüretimli beton cephe panelleri ve yapısal davranış etkileri

ki yatay ötelenme çok sınırlı kalırken, orta aksta büyük yatay yerdeğiştirmeler oluşmuştur. Orta aksta büyük yatay ötelenme kolonlarda plastik deformasyonlara ve alın duvarlarında şakulden

ayrılmaya neden olmuştur.

Cephe ve bölme duvarında beton briket, blokbims ve tuğla yaygın olarak kullanılan yapı malzemeleridir. Yatay ve düşey hatıl oluşturulmadan inşa

edilen yüksek duvarlarda büyük çatlaklar ve devrilmeler gözlenmiştir, Şekil 12. Buna karşın yatay ve düşey hatılların bulunduğu yüksek cephe duvarlarında hasar oluşmamıştır.



Şekil 12. Cephe duvarları ve yatay/düşey hatılların önemi

3.4. Temel Hasarları

Kolon temelinde, bağ kirişlerinin oluşturulma biçimi dikkat çekmektedir, Şekil 13. Temel soketinde bırakılan düşey filizler 90° kıvrıldıktan sonra bağ kirişi veya taban döşemesine ankre edilmektedir. Bu bağlantı biçiminin, depremde temellerin birbirine göre

yapabilecekleri görelî hareketleri engelleyebilecek yeterlikte olmayacağı düşünülmektedir.

Deprem sırasında, bağ kirişi-soket ankrajının yetersiz kalması nedeniyle gerçekleşen ayrılma Şekil 13'deki orta fotoğrafta görülmektedir.

Bölgede özellikle tekstil binalarında, ta-

şıyıcı sistemin esas çerçeve doğrultusundaki bağ kirişi filizlerinin bulunduğu ancak betonarme imalatının sonradan yapılacağı durumla çok sık karşılaşılmıştır. Bu özelliklere sahip bir binada, temel dönmesi kolon tepe yerdeğiştirmesi üzerinde etkili olmuştur, Şekil 13 sağ fotoğraf.



Şekil 13. Temel hasar ve hataları

3.5. Çatı Örtüsü ve Aşık Hasarları

Çatı örtü malzemesi olarak sandviç panel yaygın olarak kullanılmıştır. Çatı örtüsü, düşey yükleri taşımanın yanı sıra, çatı düzlem içi rijitliğine de katkı sağlaması bakımından TBDY 2018 Bölüm 8 de verilen hesap yöntemi ile taşıyıcı sistem hesap modeline dahil

edilmekte; et kalınlığı, tirfon vida çap ve aralıkları belirlenmektedir. Sahada yapılan incelemede, uygulamanın bu tasarım felsefesinden habersiz olduğu görülmüştür. Sandviç panel aşık bağlantısında çok sınırlı tirfon vida kullanıldığı için çatı düzlem içi rijitliği oluşmamıştır, Şekil 14.

Aşık çatı makası bağlantısında, pimli bağlantı yuvalarında grout harcı yerleşiminin yeterli özenle yapılmaması yaygın olarak karşılaşılan hatalardan birisi olmuştur. Pek çok aşık uç bağlantısında grout kullanılmadığı da görülmüştür. Bu durum montaj kontrol hizmetlerinin çok yetersiz olduğunu göstermektedir.



Şekil 14. Çatı örtüsünün beton aşıkla yetersiz bağlantısı ve aşık uç bağlantısında dolgu harçsız uygulama

3.6 Dilatasyon Kaynaklı Hasarlar

Bina içi bölümler veya komşu binalar arasında bırakılan dilatasyon mesafe-

lerinin yetersiz olması nedeniyle deprem sırasında çarpışmaya bağlı hasarlar oluşmuştur, Şekil 15. Özellikle farklı titreşim özelliklerine sahip komşu

binalar arasındaki mesafelerin dikkatli seçilmesi bu tür hasarların oluşumunu engelleyecektir.



Şekil 15. Dilatasyon kaynaklı hasarları

3.7. Malzeme ve Detay Problemleri

İncelenen bazı binalarda beton ve çelik kalitesiyle ilgili sorunlara rastlanmıştır. Beton imalatında yuvarlak dere çakılı kullanıldığı ve beton granülometrisinin

uygun oluşturulmadığı görülmüştür, Şekil 16.

Bazı kolonlarda gerçekleşen boyuna donatı kopma biçimleri, yeterli donatı sünekliliği oluşmadan gevrek kırılma-

nın oluştuğunu işaret etmektedir. Bu donatılarda karbon eşleniğinin uygun aralık dışında olabileceği değerlendirilmiştir, Şekil 16.

Kolon plastik mafsalsal bölgesinde enine



Şekil 16. Malzeme sorunları



donatı aralığının büyük olması ve etriye uçlarının 90° derece kıvrılmış olması

durumlarıyla çok az karşılaşılmış olsa da önüretimli betonarme üretiminde

kontrol yetersizliğine işaret etmesi bakımından önemlidir, Şekil 17.



Şekil 17. Detay hataları



3.8. Çok Katlı Mafsallı Taşıyıcı Sistemler

Çok katlı olarak inşa edilmiş idare ya da üretim amaçlı binalarda; tüm kiriş kolon bağlantıları mafsallı olarak teşkil edilmesine karşın, TBDY 2018 de istenen mafsal detaylarının uygulanmamasının yanı sıra döşeme doğrultusunda çerçeve kirişleri oluşturulmamış ve yatay yükleri karşılayacak betonarme perde uygulaması da yapılmamıştır, Şekil 18.



Şekil 18. Çok katlı mafsallı taşıyıcı sistemler



3.9. Çatı Kirişi Üst Başlık Yetersizlikleri

Kolon-kiriş mafsallı bağlantı bölgesinde sorun olmayan, ancak üst başlık geometrisi oluşturulurken TBDY 2018 kriterlerine uyulmadığı için pek çok binada çatı kirişlerinin yanal sehim yaparak deforme oldukları görülmüştür, Şekil 19.



Şekil 19. Çatı kirişlerinde yetersiz üst başlık ve yanal sehim

4. DEPREM BÖLGESİNDEKİ HASARSIZ ve FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ ÖNÜRETİMLİ TAŞIYICI SİSTEMLER

Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Malatya başta olmak üzere depremden etkilenen illerde bulunan çok sayıdaki önüretimli betonarme bina, depremi hasarsız veya çok sınırlı hasarlar ile atlatmıştır. Bu binaların birkaçına ait önemli özellikler bu bölümde verilecektir.

Bölüm 3 de sıralanan ve büyük çoğunluğu imalat ve montaj kontrolü kusurlarından kaynaklanan hasarlar; yetkin tasarım, imalat ve montaj süreçleri ile ortadan kaldırılabilecektir.



Hatay Reyhanlı Küçük Sanayi Sitesi

17×8 m modülasyonlu ve 7.5 m yükseklikli 20 Bloktan oluşmaktadır. 231 adet işyerini kapsayan projenin toplam alanı 78532 m² dir. Kolon-kiriş mafsallı bağlantıları yuvalı birleşim olarak teşkil edilmiştir. Depremde hasar oluşmamıştır, Şekil 20.



Şekil 20. Hatay Reyhanlı Küçük Sanayi Sitesi binaları

Kahramanmaraş Kipaş Kâğıt Fabrikası

2013 yılında inşa edilen tesis hamur hazırlama, kâğıt üretim ve depo bölümlerinden oluşmaktadır, Şekil 21. Hamur hazırlama ve üretim bölümlerinin bulunduğu tesisin boyu 345 m, eni 42.90 m dir. Kolonlar, arakat kirişleri ve çatı önüretimli betonarme olup, döşemeler yerinde dökmedir. Tesisin ana holü 24.40 m yüksekliğinde ve 31.00 m açıklığındadır. Ayrıca, +7.50 ve 14.50 m kotlarında 2 t/m² hareketli yük taşıma kapasitesi olan katlar mevcuttur. Ana holde 100 ton kapasiteli kreyn bulunmaktadır. Tesisin tamamı MAB3 moment aktaran bağlantı ile çözülmüştür.

Depremde ana taşıyıcı elemanlarda hasar oluşmamış, sadece çatı kirişi mesnet bölgelerinde onarılabılır pas payı dökülmeleri gözlenmiştir, Şekil 22. Tali aşıklarda ve cihaz bağlanan aşıklarda hasar meydana gelmiştir.



Şekil 21. Kahramanmaraş Kipaş Kâğıt Fabrikası hamur hazırlama ve üretim tesisi



Şekil 22. Kahramanmaraş Kipaş Kâğıt Fabrikası hamur hazırlama ve üretim tesisi deprem sonrası görünüm

Malatya Kızılay Üretim Tesisleri

2020 yılında inşa edilen tesis 25.00×8.25 m modülasyona, 11.30 m yüksekliğe ve toplam 37.500 m² kapalı alana sahiptir. Hollerde 15 ton kapasiteli kreynerler mevcuttur. Kiriş kolon bağlantıları pimli mafsallı bağlantı olarak teşkil edilmiştir. Depremde hasar oluşmamıştır. (Şekil 23)



Şekil 23. Malatya Kızılay Üretim Tesisleri

Kahramanmaraş Göksun Öğrenci Yurdu

2011 yılında inşa edilen bina zemin ve 4 normal kattan oluşmaktadır. Önüretimli betonarme taşıyıcı sistem perde ve çerçevelerden oluşmaktadır. Moment aktaran kolon-kiriş düğüm noktaları TBDY 2018 de yer alan MAB3 türüdür, Şekil 24. Depremde hasar meydana gelmemiştir.



Şekil 24. Kahramanmaraş Göksun Öğrenci Yurdu

5. DEPREM BÖLGESİNDEKİ MEVCUT YAPI STOĞUNUN FARKLI DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Önüretimli betonarme binaların yoğun olarak bulunduğu Adıyaman ve Kahramanmaraş OSB lerde, dönemsel tasarım yüklerinin irdelenmesi için 8 m ve 12 m yükseklikli iki temsili taşıyıcı sistem üzerinde çalışılmıştır.

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde kaydedilen ivme kayıtları değerlendirildiğinde;

- TK0201 no'lu istasyonda kaydedilen en büyük zemin ivme, hız ve yerdeğiştirmesi sırasıyla $PGA=0.383$ g, $PGV=22.157$ cm/s, $PGD=15.524$ cm olmuştur. Kayma dalgası hızı $(Vs)_{30}=391$ m/s olarak ölçülmüştür. Bu istasyon Adıyaman OSB ye yaklaşık 10 km mesafededir.
- TK4616 no'lu istasyonda kaydedilen en büyük zemin ivme, hız ve yerdeğiştirmesi sırasıyla $PGA=0.677$ g, $PGV=96.275$ cm/s, $PGD=70.279$ cm olmuştur. Kayma dalgası hızı $(Vs)_{30}=390$ m/s olarak ölçülmüştür. Bu istasyon Kahramanmaraş Türkoğlu OSB ye yaklaşık 5 km mesafededir.

Kolonların alttan ankastre, kiriş-kolon birleşimlerinin ise mafsalı olduğu 8 m ve 12 m yükseklikli tek katlı temsili binalarda, çatlama kesit özellikleri dikkate alınarak etkin titreşim periyotları sırasıyla 0.80 s ve 1.15 s olarak belirlenmiştir.

Hesaplar ZC $(Vs)_{30}=360-760$ m/s ve ZE $(Vs)_{30}<180$ m/s yerel zemin Adıyaman ve Kahramanmaraş OSB'lerde farklı dönemlerde inşa edilmiş olan binaları temsil etmek üzere, eşdeğer deprem yükü katsayıları;

- 1975 Deprem Yönetmeliğine [5] göre,
- 1997 Deprem Yönetmeliğine [6] göre,
- 2007 Deprem Yönetmeliğine [7] göre,
- 2018 Deprem Yönetmeliğine [8] göre,

hesaplanmıştır.

8 m ve 12 m yükseklikli binalar için hesaplanan eşdeğer deprem yükü katsayıları Tablo 6 ve Tablo 7 de verilmiştir.

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde kaydedilen ivme kayıtları değerlendirildiğinde;

1. Adıyaman 0201 no'lu istasyonda doğu-batı doğrultusunda kaydedilen ivme kaydından %5 sönümlü elastik tasarım ivme spektrumu hesaplanarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- $T=0.80$ s periyotlu bina ($h=8$ m) için, yatay elastik tasarım spektral ivmesi $Sae(T)=0.250$ g, azaltılmış tasarım spektral ivmesi $SaR(T)=0.083$ g olmaktadır.
- $T=1.15$ s periyotlu bina ($h=12$ m) için, yatay elastik tasarım spektral ivmesi $Sae(T)=0.200$ g, azaltılmış tasarım spektral ivmesi $SaR(T)=0.067$ g olmaktadır.

Tablo 6. 8 m yükseklikli temsili binada hesaplanan eşdeğer deprem yükü katsayıları

Deprem Yön.	ZC*	ZE*
	$(Vs)_{30} = 360- 760$ m/s	$(Vs)_{30} < 180$ m/s
1975	0.100	0.100
1997	0.115	0.200
2007	0.192	0.333
2018 – 0201 İst.	0.116	0.265
2018 – 4616 İst.	0.184	0.347

* Yerel zemin sınıfı tanımı TBDY2018 Tablo 16.1'e göre tanımlanmıştır.

Tablo 7. 12 m yükseklikli temsili binada hesaplanan eşdeğer deprem yükü katsayıları

Deprem Yön.	ZC*	ZE*
	$(Vs)_{30} = 360- 760$ m/s	$(Vs)_{30} < 180$ m/s
1975	0.100	0.100
1997	0.086	0.164
2007	0.143	0.273
2018 – 0201 İst.	0.081	0.184
2018 – 4616 İst.	0.128	0.241

* Yerel zemin sınıfı tanımı TBDY2018 Tablo 16.1'e göre tanımlanmıştır.

2. Kahramanmaraş 4616 no'lu istasyonda kuzey-güney doğrultusunda kaydedilen ivme kaydından %5 sönümlü elastik tasarım ivme spektrumu hesaplanarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- $T=0.80$ s periyotlu bina ($h=8$ m) için, yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)=0.800$ g, azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)=0.267$ g olmaktadır.
- $T=1.15$ s periyotlu bina ($h=12$ m) için, yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)=0.500$ g, azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)=0.167$ g olmaktadır.

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde Adıyaman ve Kahramanmaraş OSB ler civarında gerçekleşen

ivme kayıtları için hesaplanan ve eşdeğer deprem yükü katsayısına karşı gelen azaltılmış spektral ivme büyüklükleri ($S_{aeR}(T)$), farklı dönem yönetmelikleri için hesaplanan eşdeğer deprem yükü katsayıları ile Tablo 8 ve Tablo 9 da karşılaştırılmıştır.

Tablo 8 ve Tablo 9 genel olarak değerlendirildiğinde;

- Adıyaman 0201 İstasyonu civarında gerçekleşen eşdeğer deprem yükleri 1975 Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü düzeylerde dir. Buna rağmen Adıyaman bölgesinde gerçekleşen yoğun hasar, yapı üretim kalitesi ve denetimdeki yetersizliği işaret etmektedir.
- Kahramanmaraş 4616 İstasyonu civarında gerçekleşen eşdeğer dep-

rem yükleri, zayıf zeminde 2018 Deprem Yönetmeliğinin tahmin ettiği değerlerden küçüktür.

- Zemin büyütmesinin etkisi özellikle 2018 Deprem Yönetmeliği bağlamında açık olarak görülmektedir.
- 2007 Deprem Yönetmeliği öncesinde yapılan tasarımlarda kullanılan "eşdeğer deprem yükü katsayıları" özellikle kötü zeminlerde küçük kalma riskini taşımaktadır. Bu durum, 1997 Deprem Yönetmeliği öncesinde tasarlanmış farklı özelliklerdeki taşıyıcı sistemlerin yetersiz dayanım ve rijitlik özelliklerine sahip olabileceği anlamına gelmektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde farklı tür taşıyıcı sistemlere

Tablo 8. ZC yerel zemin sınıfı için (TBDY2018 Tablo 16.1) hesaplanan eşdeğer deprem yükü katsayıları

Deprem Yönet.	1975	1997	2007	2018 0201 İst.	2018 4616 İst.	Adıyaman 0201 İst. gerçekleşen	Kahramanmaraş 4616 İst. gerçekleşen
$T=0.80$ s periyotlu bina ($h=8$ m)	0.100	0.115	0.192	0.116	0.184	0.083	0.267
$T=1.15$ s periyotlu bina ($h=12$ m)	0.100	0.086	0.143	0.081	0.128	0.067	0.167

Tablo 9. ZE yerel zemin sınıfı için (TBDY2018 Tablo 16.1) hesaplanan eşdeğer deprem yükü katsayıları

Deprem Yönet.	1975	1997	2007	2018 0201 İst.	2018 4616 İst.	Adıyaman 0201 İst. gerçekleşen	Kahramanmaraş 4616 İst. gerçekleşen
$T=0.80$ s periyotlu bina ($h=8$ m)	0.100	0.200	0.333	0.265	0.347	0.083	0.267
$T=1.15$ s periyotlu bina ($h=12$ m)	0.100	0.164	0.273	0.184	0.241	0.067	0.167

sahip pek çok bina tamamen veya kısmen yıkılarak büyük can ve mal kayıplarının yaşanmasına neden olmuştur. ÇŞİDB verilerine göre; bölgede yıkık, yıkılacak ve ağır hasarlı binaların genel oranı %14 düzeyindedir.

Deprem bölgesindeki 11 ilde toplam 38 OSB ve 116 KSS faaliyet gösterirken; depremden en çok etkilenen Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illerindeki 23 OSB de yaklaşık 4000 adet önüretimli betonarme bina bulunmaktadır. Mal ve hizmet üretimi yapan, ticari işletme ve depo olarak kullanılan bu tesisler bölge ve ülke ekonomisi için oldukça değerlidir.

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri sonrasında Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş ve Malatya illerinde yapılan envanter çalışmasında incelenen 394 adet önüretimli betonarme binadan; 57 adedinin ağır hasarlı, 119 adedinin orta hasarlı, 116 adedinin hafif hasarlı ve 102 adedinin de hasarsız olduğu tespit edilmiştir. Ağır hasarlı 57 bina 4000 adetlik önüretimli betonarme bina stoku içinde %1.42 lik orana karşı gelmektedir. Bu oran, %14 lük genel oran yanında küçük gibi görünse de ağır hasar oluşan binalardaki hasar sebeplerinin anlaşılması ve gerekli ise iyileştirme/geliştirme önerilerinde bulunulması hedeflenmiştir.

Sahada yapılan incelemeler, ağır ve orta hasarlı binaların tamamına yakınının (57 ağır hasar- 114 orta hasar) TPB üyesi olmayan firmalar tarafından üretildiği bilgisini ortaya koymuştur. Bu binalarda, TBDY 2018 Bölüm 8 de tanımlı bilgi ve detaylardan habersizce imalat ve montajlar yapılmıştır. Özellikle kiriş-kolon mafsallı/moment aktaran bağlantı bölgelerinin yetersiz tasarım ve üretimi ile farklı aşamalardaki mon-

taj işlemlerinin denetimsiz yapılmış olması dikkat çekmektedir.

İncelenen ağır ve orta hasarlı binaların tamamında tasarım, üretim ve montaj aşamalarının bütüncül olarak ele alınmadığı görülmüştür. İnşa faaliyetinin farklı aşamalarının birbirinden bağımsız yapılmasında etkili olan bir diğer bileşen de yetersiz yapı denetim sistemidir.

Bölüm 5 de yapılan değerlendirmeler; tasarım, üretim ve montaj aşamalarında deprem yönetmeliğimizin yeterli dikkat ve özenle uygulanması durumunda, bu depremde ortaya çıkan yapısal istemlerin “hasarsız” veya “sınırlı hasarla” karşılanabileceğini ortaya koymuştur.

Depremde beklenen yapısal performansı gösteren çok sayıdaki bina, TPB tarafından sürdürülen meslek içi eğitim faaliyetleri ile TSE K118 kapsamında yapılan danışmanlık ve denetim hizmetlerinin, önüretimli betonarme binaların yapım kalitesi üzerindeki olumlu etkilerini kanıtlamıştır.

Ülkemizin sanayi, ticaret ve ekonomisinde kritik rol oynayan önüretimli betonarme inşaat sektöründe, tasarım, üretim ve montaj aşamalarının deneyimli müşavir ve/veya yapı denetim sistemi tarafından denetiminin önemi bir kez daha anlaşılmıştır. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı ve OSB yönetimleri, yapı denetim süreçlerinin etkin çalışması için yönlendirici olmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. <https://temblor.net/temblor/preliminary-report-2023-turkey-earthquakes-15027/>
2. İTÜ 06.Şubat 2023 Depremleri Ön İnceleme Raporu, Şubat 2023.
3. <https://osbuk.org/>
4. 2023 Kahramanmaraş ve Hatay

Depremleri Raporu, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Mart 2023.

5. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, T.C. İmar ve İskân Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, 1975.
6. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997 Deprem Yönetmeliği (1998 Değişiklikleri ile Birlikte), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 1998.
7. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 26454 ve 26511 sayılı Resmî Gazeteler, 2007.
8. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 30364 sayılı Resmî Gazete, 18 Mart 2018.