



2023 PAZARCIK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ SONRASI BÖLGEDE BULUNAN DEPREM YALITIMLI PROJELERİN GENEL DEĞERLENDİRME RAPORU

TİS Teknolojik İzolatör Sistemleri

Rapor No: R 3.01.30

18.05.2023 / Rev.00

24.07.2023 / Rev.01

Ankara

İÇİNDEKİLER

1	Giriş.....	3
2	Deprem Kayıtları ve Yer Hareketi Bilgileri.....	11
3	Tasarım Özellikleri, Saha gözlemleri, Analizler ve Sonuçlar.....	14
4	Sonuçların Değerlendirilmesi	20
5	Teşekkür	23
6	Gizlilik.....	23
7	Referanslar.....	24
	Ek A.....	25

1 Giriş

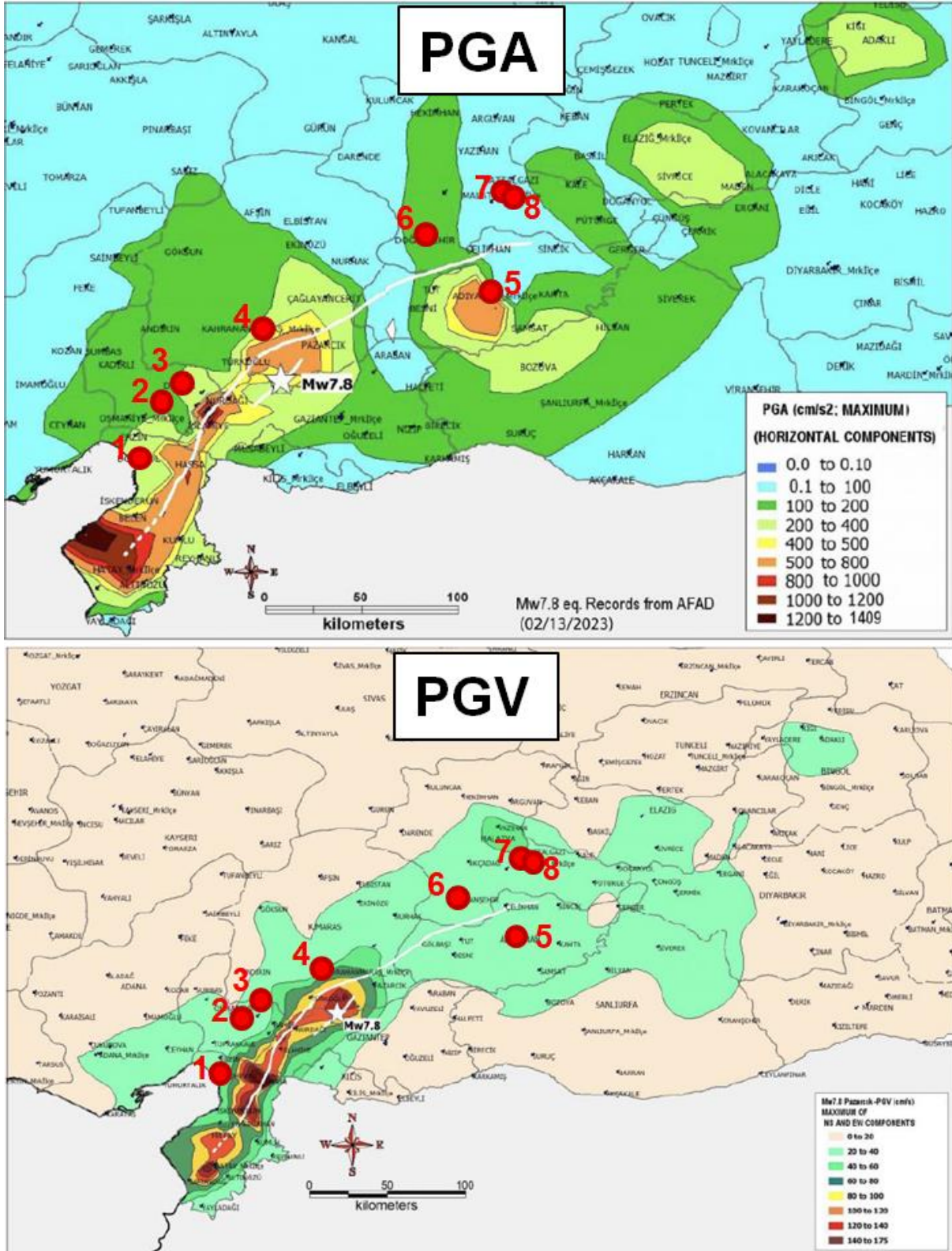
Bu rapor, 06.02.2023 tarihinde Kahramanmaraş ili sınırları içinde, sırasıyla Pazarcık ve Elbistan merkez üslerinde meydana gelen ve 11 ili etkileyen 7.8 ve 7.5 büyüklüklerindeki depremler sonrasında, TİS Teknolojik İzolatör Sistemleri'nin tasarım, üretim, prototip testi, üretim testi ve şantiye montajı işlerini üstlendiği 8 adet projede kullanılan toplam 2304 adet TİS Double Pendulum (TDP) tipi deprem yalıtım cihazının, deprem yalıtım sistemlerinin ve üst yapı bloklarının mevcut durumunu, deprem yalıtım sisteminin depremler sırasında göstermesi beklenen davranış özelliklerini, yapının konumuna en yakın kayıt istasyonlarından elde edilen deprem yer kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları ile depremlerin ardından sahada yerinde yapılan gözlemlerin kıyaslanmasını ve üst yapıda gözlemlenen uygulamalar ve bunların sonuçlarını içermektedir.

6 Şubat 2023 depremlerinin ardından AFAD'ın bölgede bulunan deprem yer hareketi kayıt istasyonlarından alınmış olan veriler kullanılarak depremlerden etkilenen bölgelerde ölçülmüş olan maksimum deprem yer ivmesi ve maksimum deprem yer hızı grafikleri elde edilmiş ve çeşitli kaynaklarda raporlanarak sunulmuştur. Bu rapor, 23.02.2023 tarihinde Erdik vd. tarafından yayımlanan rapordaki görselleri içermektedir. Şekil 1 ve Şekil 2, bu verileri ve bölgede bulunan deprem yalıtımlı projelerin yaklaşık konumunu bir arada göstermektedir. Tablo 1, bölgede bulunan deprem yalıtımlı binaların söz konusu şekillerdeki numaralara göre listesini ve genel özelliklerini listelemektedir. Bu verilere göre, deprem yalıtımlı hastanelerin bulunduğu bölgelerde maksimum yer ivmesi değerlerinin yaklaşık 100 ile 500 cm/s² (0.1g-0.5g), maksimum yer hızı değerinin ise yaklaşık 20 ile 60 cm/s (0.2-0.6 m/s) olduğu ölçülmüştür. Bölgedeki her proje için bu yaklaşık değerler Tablo 2'de listelenmiştir. İlgili değerlerin, bölgenin ve hastane projelerinin tasarım değerleri ile karşılaştırıldığında, deprem yalıtımlı projelerin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018 TBDY) şartlarına göre nasıl bir deprem seviyesine (DD3, DD2, DD1 gibi) yakın bir depremi yaşadığı da yine Tablo 1'de belirtilmektedir. Şekil 3, TBDY 2018'e göre bölgenin DD-2 depremi seviyesindeki deprem tehlikesini ve tasarıma esas maksimum yer ivmesi değerlerinin dağılımını göstermektedir.

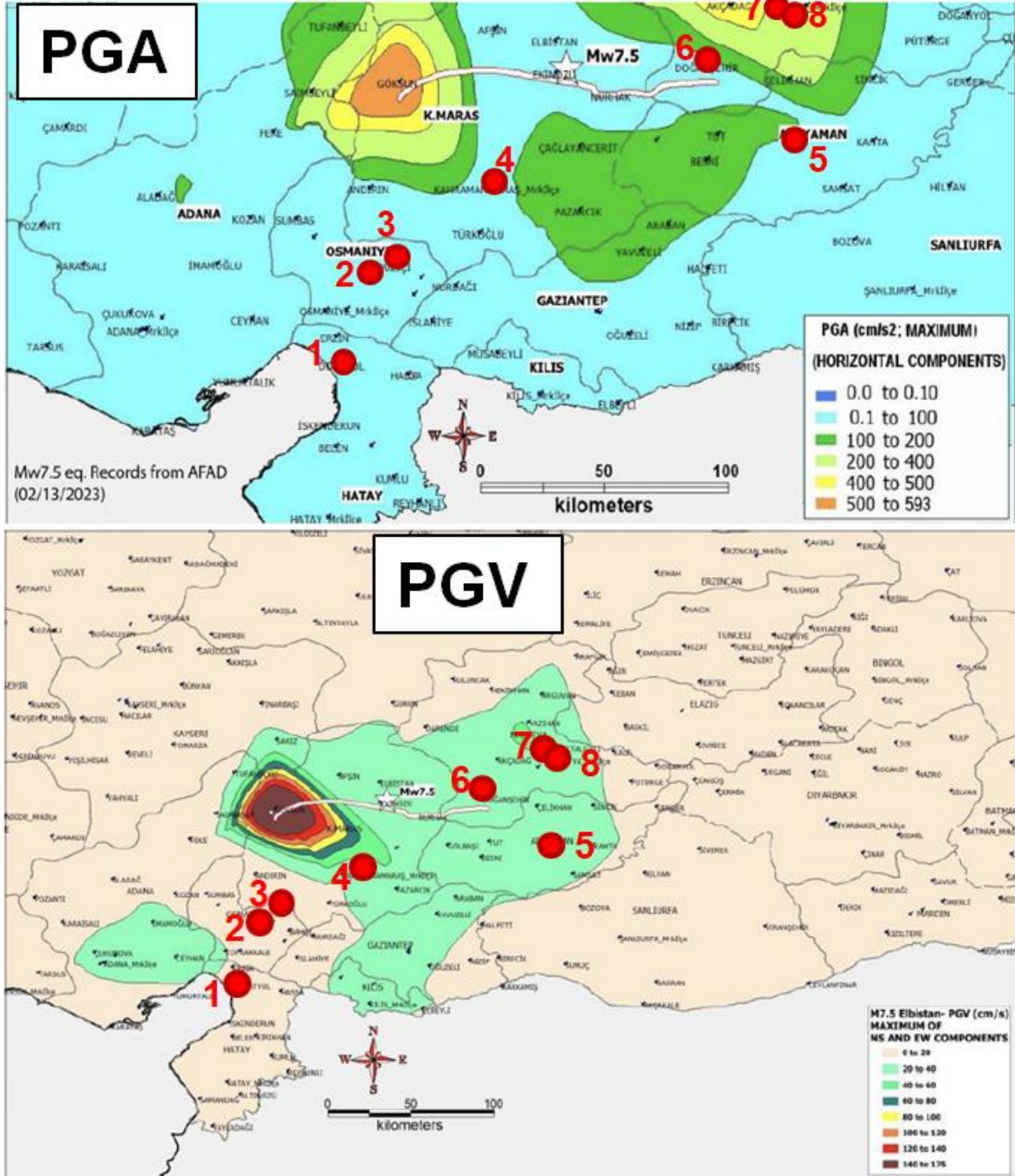
6 Şubat Kahramanmaraş depremleri sırasında il ve ilçe merkezlerinde bulunan tüm binaların genel hasar durumunu gösteren, il ve ilçelerin uydu görselleri ve depremden sonra ilk haftalarda yapılan incelemeler çerçevesinde hazırlanan hasarlı yapıların yayılım haritası (görseller, Miyamoto tarafından 22.02.2023 tarihinde yayımlanan rapordan alınmıştır), ilgili bölgede bulunan deprem yalıtımlı projenin konumunun da işaretlendiği görselleri de içerecek halde Şekil 4'te sunulmaktadır (Miyamoto, 2023). Ayrıca, bölgedeki tüm illerin genelinde bulunan yapıların 30 Mart 2023 tarihinde H.C. Mertol vd. (2023) tarafından yayımlanmış olan raporda belirtildiği üzere hasarlı olarak tespit edilmiş olan yapı sayıları ve bunların toplam yapı stoğu ile oranları Tablo 3'te gösterilmektedir. İlgili il ve ilçe merkezlerindeki hasarlılık durumları göz önüne alındığında, deprem yalıtımlı yapıların üstün performansı daha net anlaşılabilmektedir.

Tablo 1: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremlerde bölgede bulunan deprem yalıtımlı projelerin listesi ve genel özellikleri

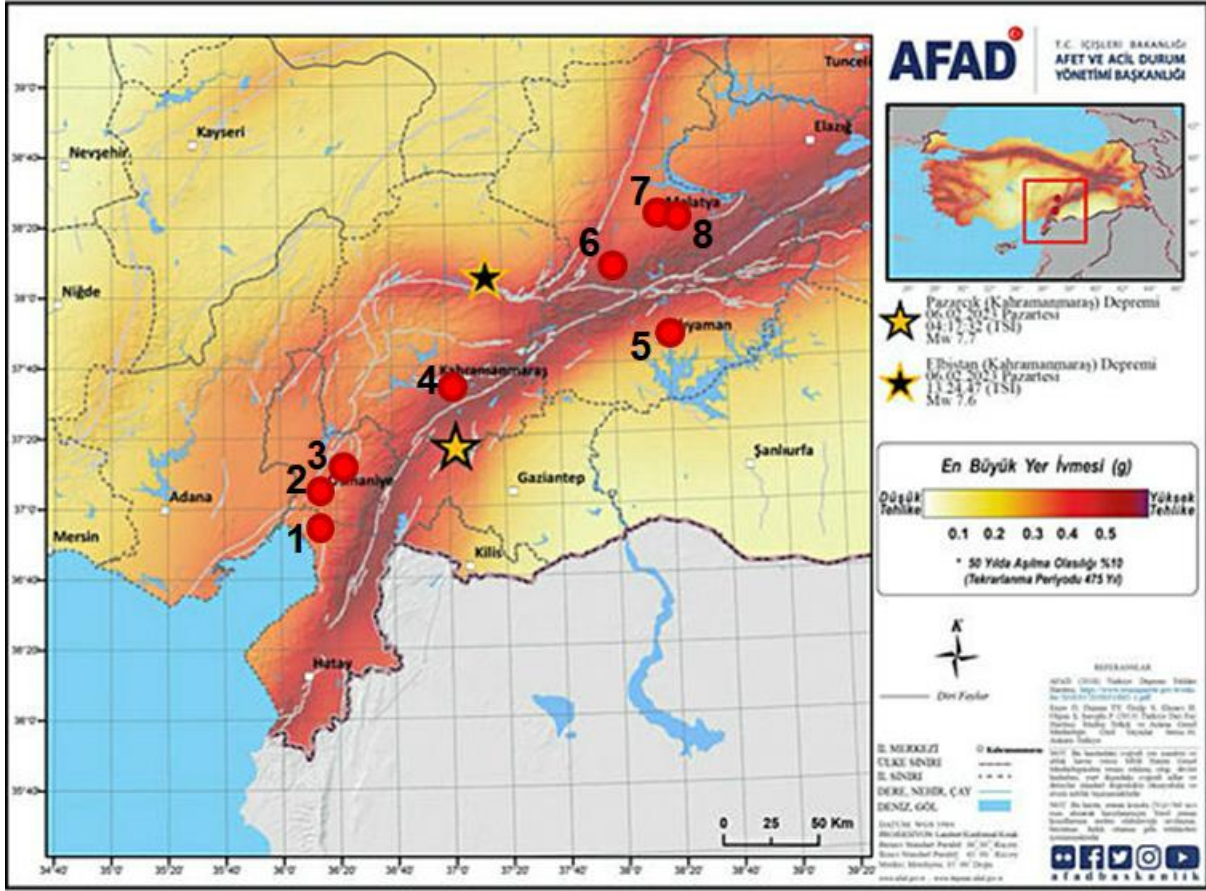
No	Bina	Yapısal Sistem	Kat Sayısı	Notlar
1	Hatay Dört Yol 250 Yataklı Devlet Hastanesi	Kolon-Kiriş betonarme taşıyıcı sistem ve dolgu duvar	Maksimum 11	Depremler sırasında operasyonel
2	Osmaniye 600 Yataklı Devlet Hastanesi	Kolon-Kiriş betonarme taşıyıcı sistem ve dolgu duvar	Maksimum 9	Depremler sırasında inşaat halinde (%100)
3	Osmaniye Düziçi 100 Yataklı Devlet Hastanesi	Kolon-Kiriş betonarme taşıyıcı sistem ve dolgu duvar	Maksimum 5	Depremler sırasında inşaat halinde (%70)
4	Kahramanmaraş 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	Kolon-Kiriş betonarme taşıyıcı sistem ve dolgu duvar	Maksimum 8	Depremler sırasında inşaat halinde (%30)
5	Adıyaman 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	Kolon-Kiriş betonarme taşıyıcı sistem ve dolgu duvar	Maksimum 10	Depremler sırasında inşaat halinde (%70)
6	Malatya Doğanşehir 100 Yataklı Devlet Hastanesi	Kolon-Kiriş betonarme taşıyıcı sistem ve dolgu duvar	Maksimum 10	Depremler sırasında operasyonel
7	Malatya 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	Kolon-Kiriş-Perde betonarme taşıyıcı sistem ve dolgu duvar	Maksimum 15	Depremler sırasında operasyonel
8	Malatya Battalgazi 300 Yataklı Devlet Hastanesi	Kolon-Kiriş betonarme taşıyıcı sistem ve dolgu duvar	Maksimum 10	Depremler sırasında operasyonel



Şekil 1: 06.02.2023 tarihli Pazarcık merkez üslü Mw 7.8 büyüklüğündeki depremde ölçülmüş olan maksimum yer ivmesi (PGA) ve maksimum yer hızı (PGV) dağılım görselleri ve bölgede bulunan deprem yalıtımlı projelerin konumları (kırmızı yuvarlaklar ile gösterilmiştir ve numaralandırılmıştır)

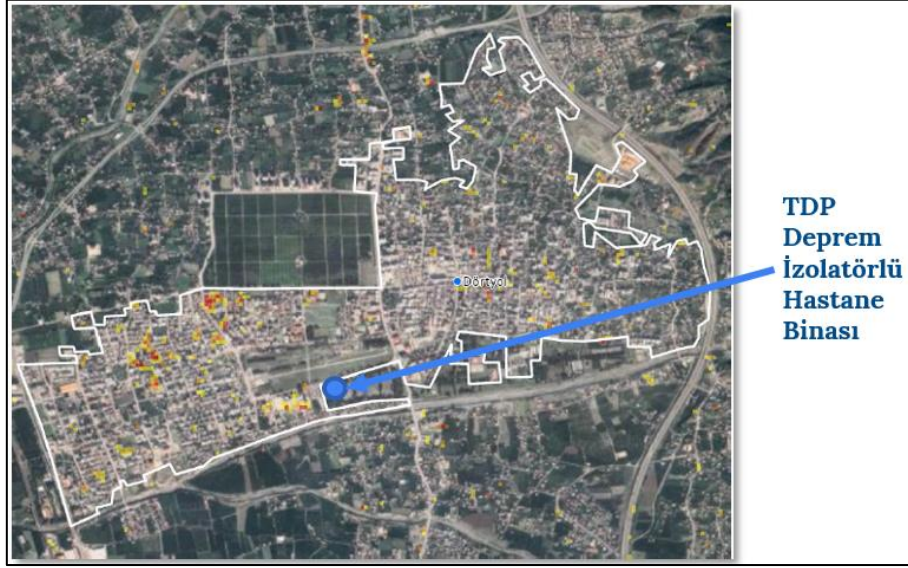


Şekil 2: 06.02.2023 tarihli Elbistan merkez üslü Mw 7.5 büyüklüğündeki depremde ölçülmüş olan maksimum yer ivmesi (PGA) ve maksimum yer hızı (PGV) dağılım görselleri ve bölgede bulunan deprem yalıtımlı projelerin konumları (kırmızı yuvarlak ile gösterilmiştir ve numaralandırılmıştır)

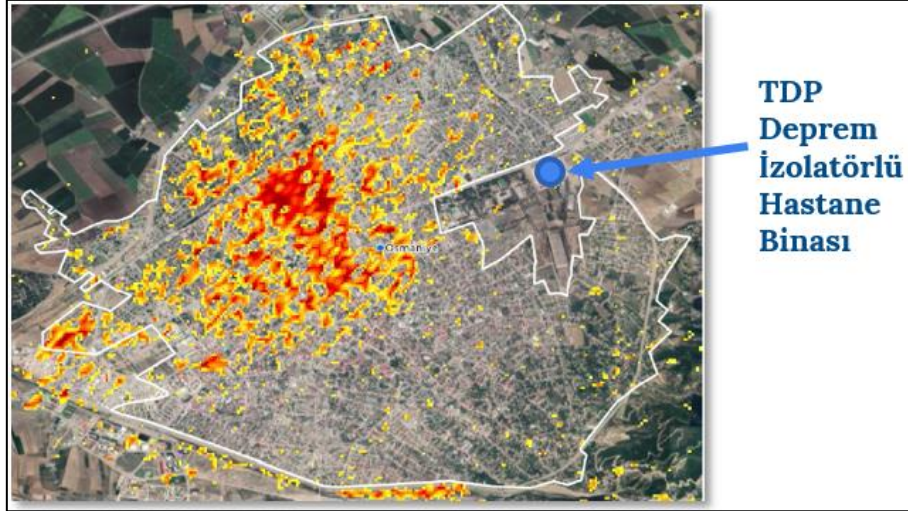


Tablo 2: Deprem yalıtımlı hastanelerin bulunduğu bölgelerde ölçülmüş olan maksimum yer ivmesi ve yer hızlarının her proje için yaklaşık değerleri ve bu değerlerin TBDY2018 DD2 seviyesi için beklenen yer ivmesi değerleri ile kıyaslanması

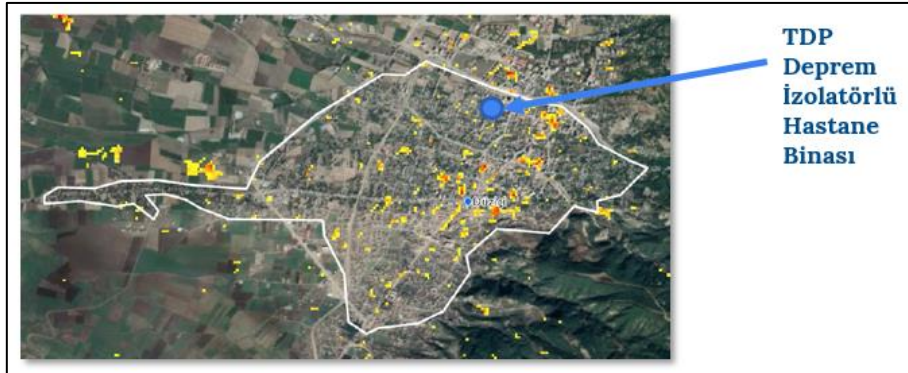
Bina	Ölçülen En Büyük Yer İvmesi (Şekil 1, Şekil 2)	Ölçülen En Büyük Yer Hızı (Şekil 1, Şekil 2)	TBDY2018 DD2 En Büyük Yer İvmesi (Şekil 3)	6 Şubat Depremlerinin Seviyesi
Hatay Dört Yol 250 Yataklı Devlet Hastanesi	0.2-0.4 g	0.4-0.6 m/sn	0.3-0.4 g	Yaklaşık DD2
Osmaniye 600 Yataklı Devlet Hastanesi	0.1-0.4 g	0.2-0.4 m/sn	0.2-0.4 g	Yaklaşık DD2
Osmaniye Düziçi 100 Yataklı Devlet Hastanesi	0.1-0.4 g	0.2-0.4 m/sn	0.2-0.4 g	Yaklaşık DD2
Kahramanmaraş 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	0.2-0.5 g	0.4-0.8 m/sn	0.4-0.5 g	Yaklaşık DD2
Adıyaman 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	0.2-0.5 g	0.2-0.4 m/sn	0.2-0.3 g	DD1 ile DD2 arasında
Malatya Doğanşehir 100 Yataklı Devlet Hastanesi	0.2-0.5 g	0.2-0.4 m/sn	0.3-0.5 g	Yaklaşık DD2
Malatya 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	0.2-0.5 g	0.2-0.4 m/sn	0.3-0.4 g	Yaklaşık DD2
Malatya Battalgazi 300 Yataklı Devlet Hastanesi	0.2-0.5 g	0.2-0.4 m/sn	0.3-0.4 g	Yaklaşık DD2



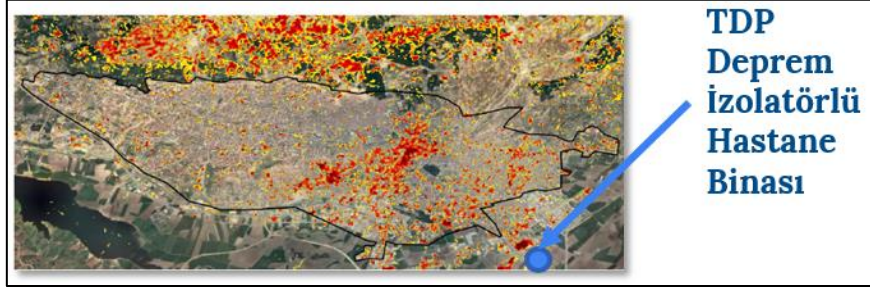
(a) Hatay Dörtyol



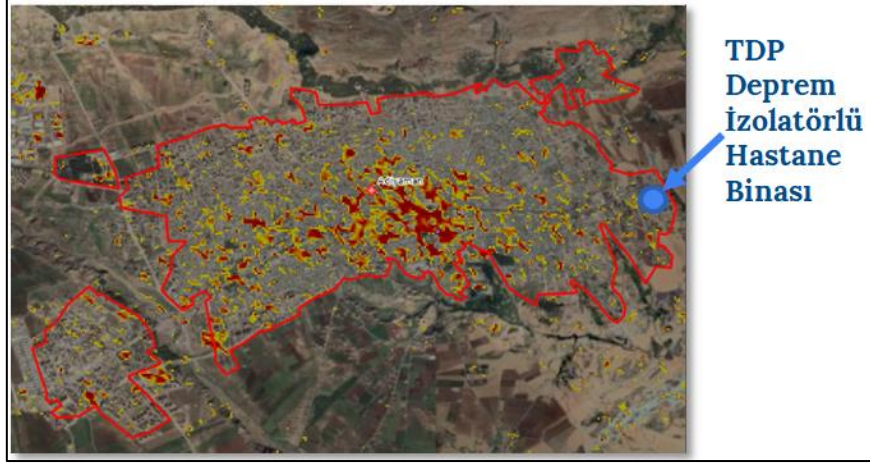
(b) Osmaniye Merkez



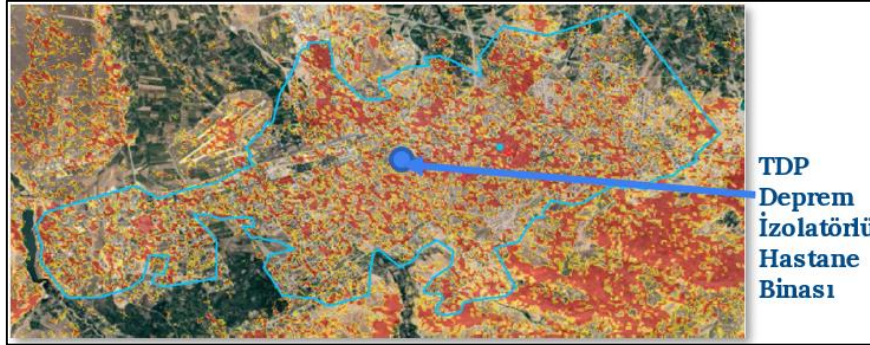
(c) Osmaniye Düziçi



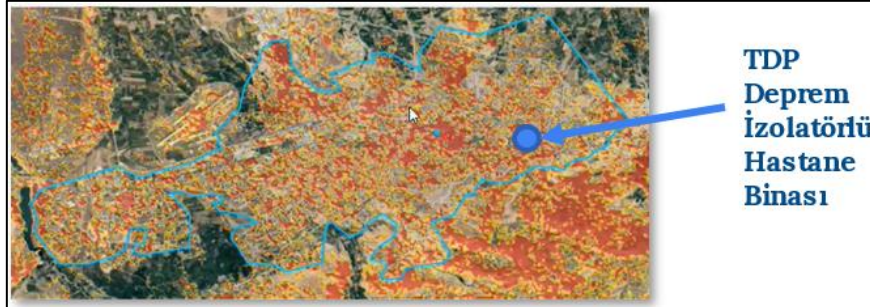
(d) Kahramanmaraş Merkez



(e) Adıyaman Merkez



(f) Malatya Merkez – Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi



(g) Malatya Merkez – Battalgazi Hastanesi

Şekil 4: İl ve ilçe merkezlerinin hasarlılık durumu ve deprem yalıtımlı projelerin ilgili il ve ilçelerdeki konumları. Renklendirilmiş alanlar hasar görmüş yapıları göstermektedir. (a) Hatay Dört Yol, (b) Osmaniye merkez, (c) Osmaniye Düziçi, (d) Kahramanmaraş merkez, (e) Adıyaman merkez, (f) Malatya merkez – Kadın Doğum Hastanesi, (g) Malatya merkez – Battalgazi Hastanesi konumlarını göstermektedir

Tablo 3: 6 Şubat depremlerinden etkilenen iller genelinde bulunan hasarlı olarak tespit edilmiş yapı sayıları ve toplam yapı stoğu ile oranları

İl		Toptan Göçme ya da Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Hafif Hasarlı	Yapısal Hasar Gözlenmemiş
Malatya	Toplam Sayı	31124	2281	33421	40154
	Tüm Yapı Stoğuna Oranı	%29.1	%2.1	%31.2	%37.5
Kahramanmaraş	Toplam Sayı	48756	6398	65924	94777
	Tüm Yapı Stoğuna Oranı	%22.6	%3.0	%30.5	%43.9
Adıyaman	Toplam Sayı	28111	6919	33114	37789
	Tüm Yapı Stoğuna Oranı	%27.0	%6.5	%31.5	%35.5
Osmaniye	Toplam Sayı	9513	1313	29514	79598
	Tüm Yapı Stoğuna Oranı	%7.9	%1.1	%24.6	%66.4

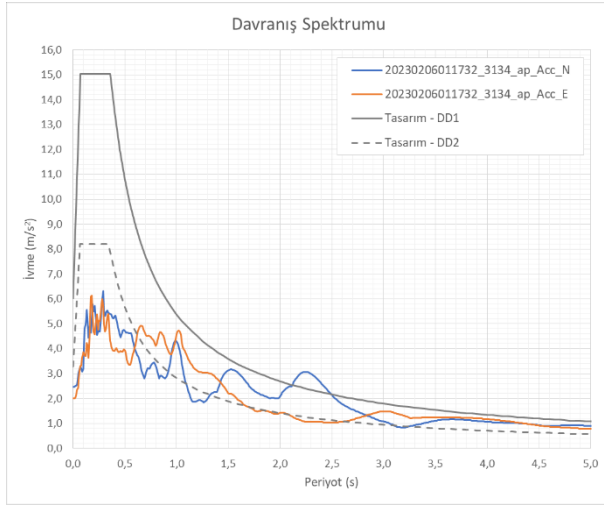
2 Deprem Kayıtları ve Yer Hareketi Bilgileri

Bu raporda yer alan analizlerde, 06.02.2023, saat 04:17'de Kahramanmaraş, Pazarcık merkez üslü deprem sırasında bölgede bulunan çeşitli AFAD istasyonlarından alınan yer ivmesi kayıtları kullanılmıştır. AFAD veri tabanından alınan, kayıt istasyonuna ait bilgiler Tablo 4'te ilgili kaydın kullanıldığı hastanenin zemin özellikleri ile birlikte sunulmaktadır. Farklı projeler için, yer hareketlerinin spektrumlarının, deprem yalıtım sisteminin tasarımında kullanılan DD2 ve DD1 spektrumları ile karşılaştırması da Şekil 5'te verilmektedir.

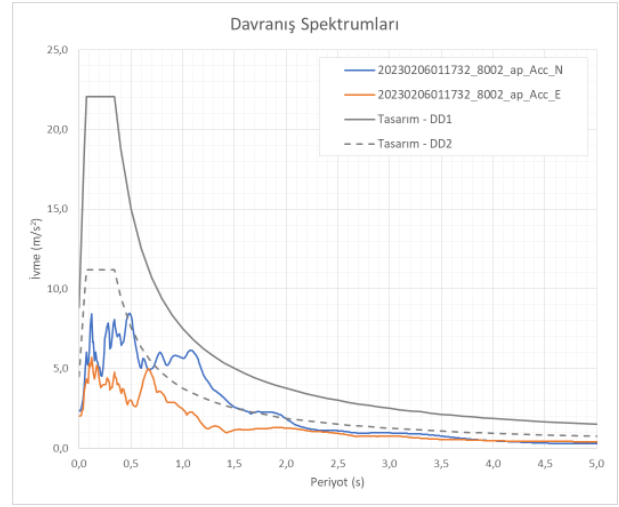
Malatya ve Adıyaman illerinde bulunan deprem yalıtımlı binalar özelinde, AFAD kayıt istasyonlarından alınan kayıtlar ile yapılacak analizlerin gerçekçi sonuç vermeyeceği anlaşılmaktadır. Malatya ili için bunun sebebi, bölgede yer alan istasyonlar ile deprem yalıtımlı hastanelerin birbirine çok uzak olması ve zemin sınıflarının farklı olmasıdır. Ama buna rağmen analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçları sunulmuştur. Adıyaman'daki istasyonlar ise Pazarcık merkezli ilk depremde yalnızca 25 saniye kayıt alabilmiş; depremin esas yıkıcı ivmelerinin bulunduğu saniyelerde ise kayıt alamamıştır. Tüm bunlardan dolayı yapısal analizlerin bu hastane binaları için tutarlı sonuç verme ihtimali düşük olarak değerlendirilmiştir. Elde edilebilen kayıtlarla yapılan analizler de bunu göstermiştir. Malatya ili dışındaki hastanelerde Elbistan Depremi kayıtları, Pazarcık Depremi'ne kıyasla ciddi derecede düşük ivmelere sahip olduğu için, Adıyaman'da hastaneye yakın istasyonlar da Elbistan Depremi'nde kayıt almadıkları için bunlarda sadece Pazarcık kayıtları ile analiz yapılmıştır.

Tablo 4: 06.02.2023, saat 04:17'de Kahramanmaraş, Pazarcık merkez üslü deprem sırasında bölgede bulunan çeşitli AFAD istasyonlarının özellikleri, çevrede bulunan deprem yalıtımlı projeler ile aralarındaki mesafe ve istasyon ile hastanenin zemin özelliklerinin kıyaslanması

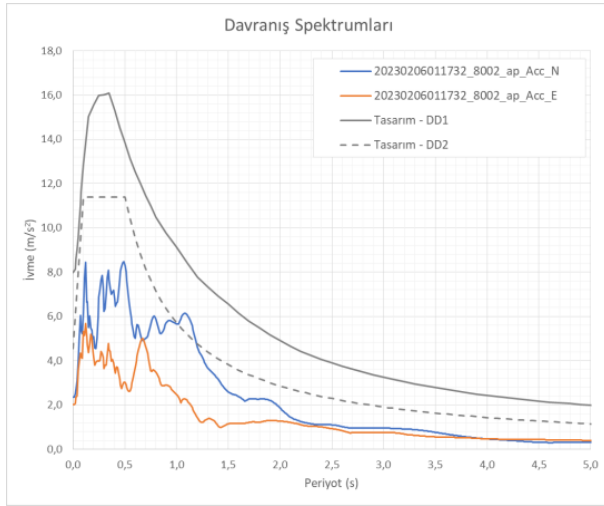
Bina	AFAD istasyonu ile bina arası kuş uçuşu mesafe	AFAD istasyonunun zemin sınıfı (TBDY2018)	Binanın zemin sınıfı (TBDY2018)
Hatay Dört Yol 250 Yataklı Devlet Hastanesi	0.9 km	ZC	ZC
Osmaniye 600 Yataklı Devlet Hastanesi	28.2 km	ZD	ZC
Osmaniye Düziçi 100 Yataklı Devlet Hastanesi	11.9 km	ZD	ZC
Kahramanmaraş 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	4.6 km	ZD	ZD
Adıyaman 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	5.0 km	ZC	ZC
Malatya Doğanşehir 100 Yataklı Devlet Hastanesi	3.1 km	ZB	ZD
Malatya 300 Yataklı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	26.6 km	ZB	ZC
Malatya Battalgazi 300 Yataklı Devlet Hastanesi	30.7 km	ZB	ZC



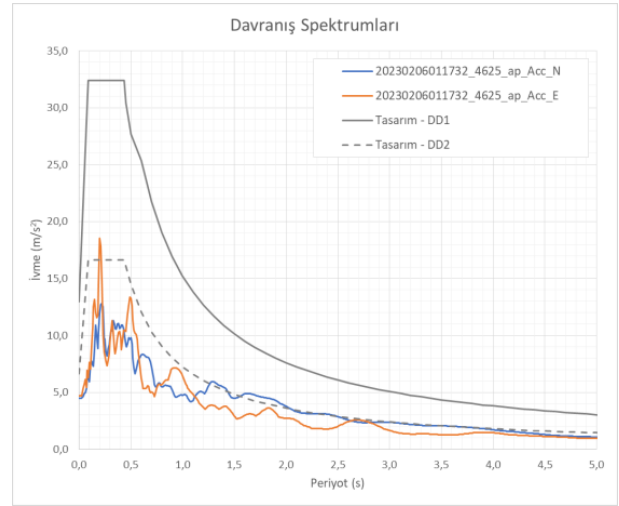
(a) Hatay Dört Yol Devlet Hastanesi



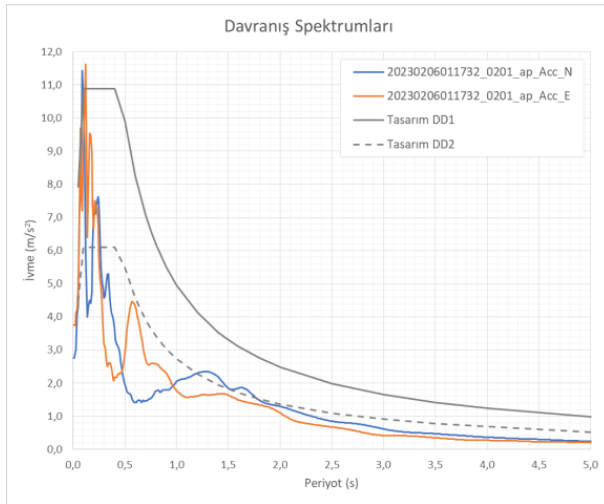
(b) Osmaniye Devlet Hastanesi



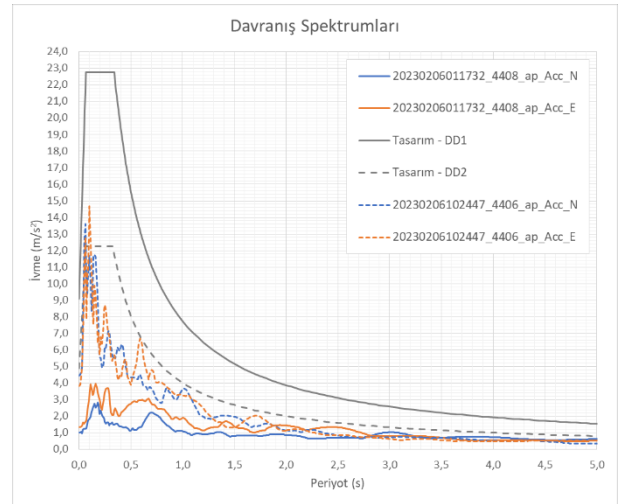
(c) Osmaniye Düziçi Devlet Hastanesi



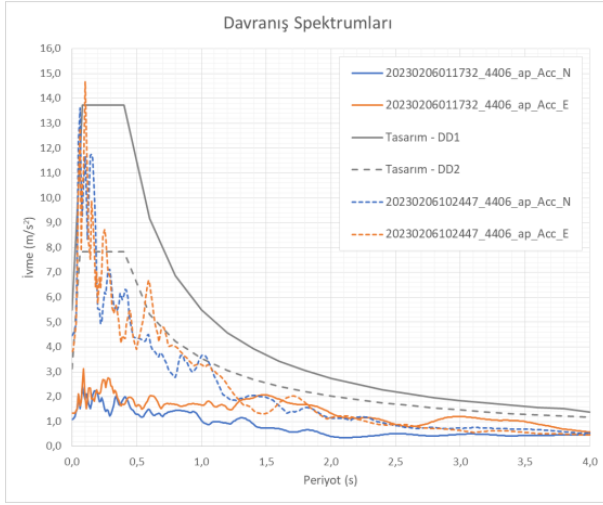
(d) Kahramanmaraş KDÇ Hastanesi



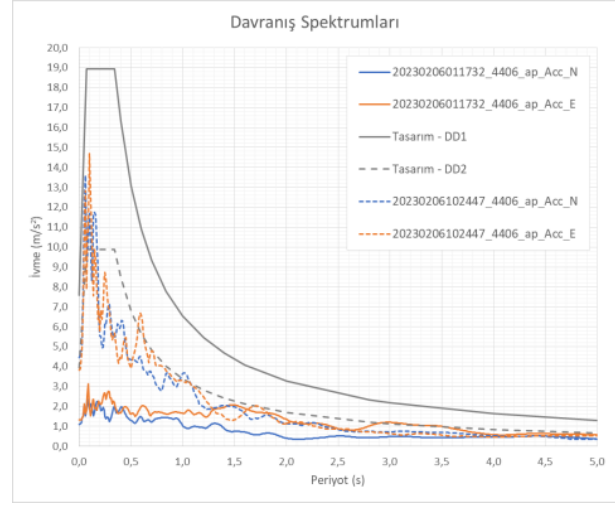
(e) Adıyaman KDÇ Hastanesi



(f) Doğanşehir Devlet Hastanesi



(g) Malatya KDÇ Hastanesi



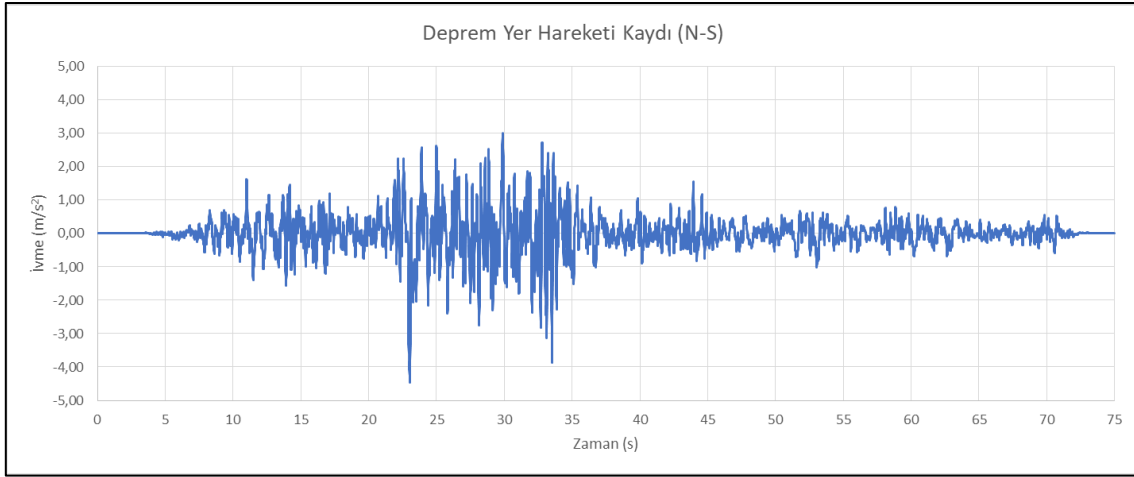
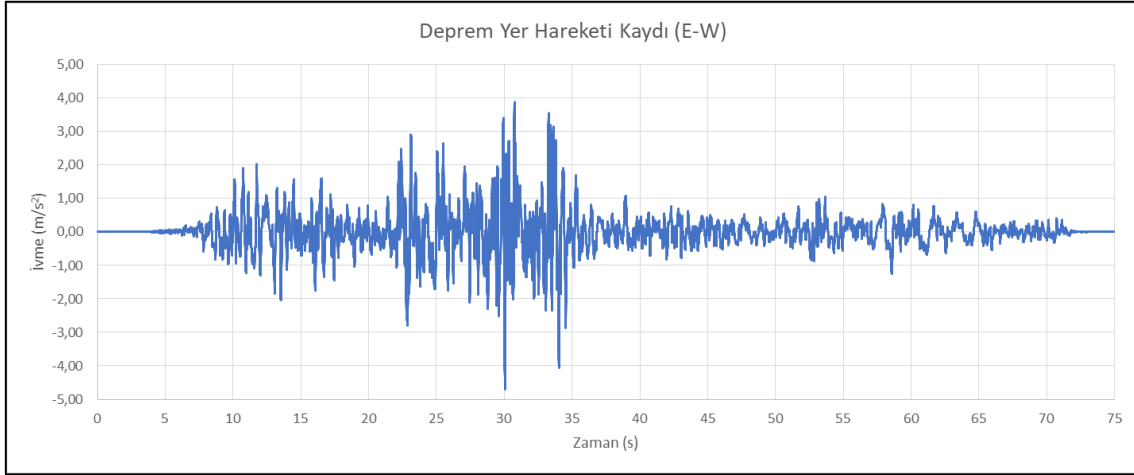
(h) Malatya Battalgazi Hastanesi

Şekil 5: Bölgedeki projelerin tümü için kayıt spektrumlarının proje tasarım spektrumları ile karşılaştırması. (a) Hatay Dört Yol Devlet Hastanesi, (b) Osmaniye 600 Yataklı Devlet Hastanesi, (c) Osmaniye Düziçi Devlet Hastanesi, (d) Kahramanmaraş Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi, (e) Adıyaman Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi, (f) Malatya Doğanşehir Devlet Hastanesi, (g) Malatya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi, (h) Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi (Malatya bölgesi için hem Elbistan hem Pazarcık depremi spektrumları sunulmuştur)

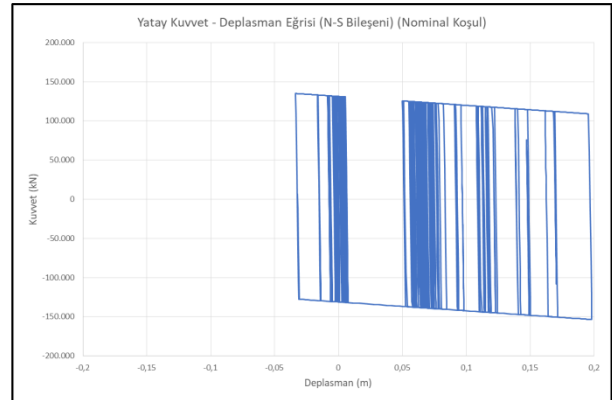
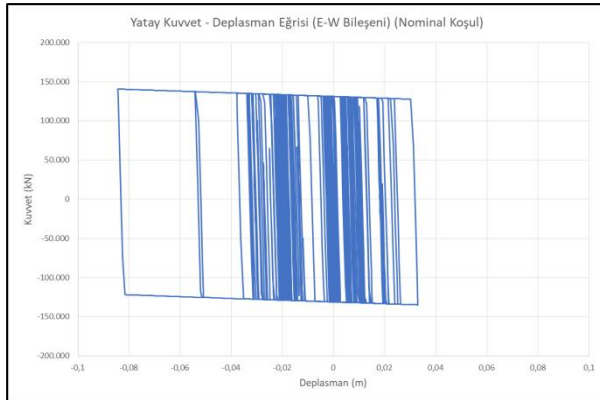
3 Tasarım Özellikleri, Saha gözlemleri, Analizler ve Sonuçlar

Bölgedeki projelerde kullanılan yalıtım cihazlarının ve yalıtım sistemlerinin nominal özellikleri ve projelerin tasarım ivme spektrumları kullanılarak gerçekleştirilen doğrusal analizler sonucu yalıtım sistemlerinin DD1 ve DD2 seviyesi deplasman talepleri hesaplanmış Tablo 5'te sunulmaktadır. Bu hesaplar her proje özelinde TBDY2018, EN15129 ve/veya ASCE7-16 yönetmelikleri ve proje teknik şartnamelerine göre uygulanmış olan prototip testlerinin ve üretim testlerinin sonucu elde edilen gerçek performans parametreleri kullanılarak hazırlanmıştır. Analizler sırasında yapı üzerindeki ağırlık göz önüne alınmış ve yalıtım sisteminin özellikleri buna göre belirlenmiştir. İnşaat halindeki yapıların toplam ağırlığı inşaatın ilerleme seviyesine göre tahmin edilerek analizlerde göz önüne alınmıştır.

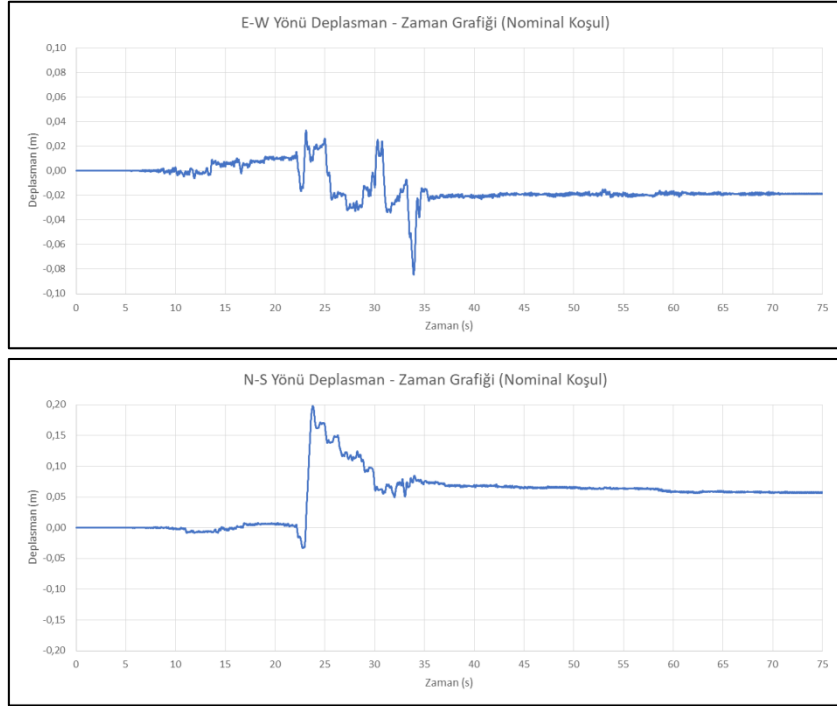
Ayrıca, AFAD istasyonlarından anlamlı deprem kaydı elde edilebilmiş olan ve sismik boşluk uygulamaları doğru yapılmış olan 5 proje için (Hatay Dört Yol Devlet Hastanesi, Osmaniye Devlet Hastanesi, Osmaniye Düziçi Devlet Hastanesi, Kahramanmaraş Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi ve Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi) yukarıda belirtilen esaslara göre elde edilen deprem yalıtım sistemi özellikleri ve deprem yer ivmesi bilgileri ışığında hastane yapısının, toplam yapı ağırlığı ve yalıtım sisteminin eşdeğer kuvvet-deplasman ilişkileri ile temsil edildiği, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde deprem kayıtları tek dereceli doğrusal olmayan modele aynı anda her iki yönden birlikte verilmiş ve sonuçlar bu şekilde hesaplanmıştır. Örnek olarak, Kahramanmaraş Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi'nin analizlerinde kullanılan girdiler ve analiz sonucu elde edilen grafikler Şekil 6'da sunulmaktadır.



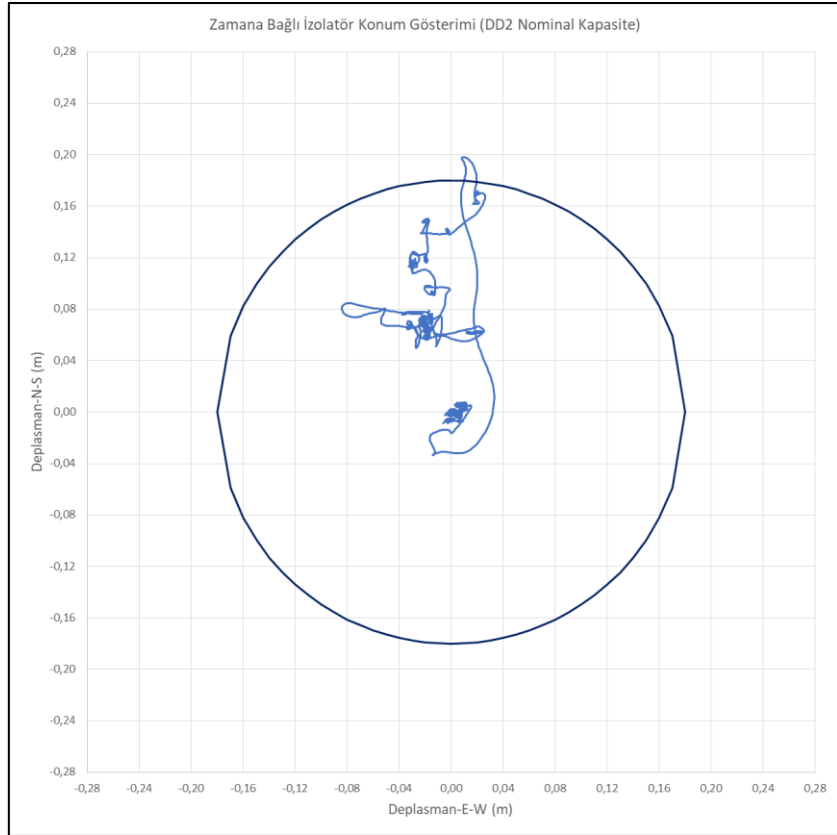
(a) Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönleri yer ivmesi kayıtları



(b) Deprem yalıtım sisteminin nominal tek dereceli sistem modelinin kuvvet-deplasman histeresis eğrileri



(c) Deprem yalıtım sisteminin Doğu-Batı ve Kuzey-Güney doğrultularında deplasmanları



(d) Yalıtım sisteminin zamana bağlı konumu ve DD2 seviyesi tasarım deplasmanı (çember ile gösterilmiştir)

Şekil 6: Kahramanmaraş Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi'nin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz girdileri ve sonuçları

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin ardından 10 Şubat 2023 ile 19 Şubat 2023 tarihleri arasında bölgedeki 8 tane deprem yalıtımlı hastane binasında saha gözlemleri ve incelemeler yapılmıştır. Bu gözlemler sırasında deprem yalıtım cihazları ve yapıların kendileri kontrol edilmiştir. Bölgedeki yapıların hiçbirinde yapı sağlığı izleme sistemi bulunmadığı için inceleme ve çalışmalar görseldir. İncelemeler sırasında çok sayıda yalıtım cihazından deplasman ölçümü alınmıştır. Deplasman ölçümleri yüksek çözünürlüklü endoskopik kameralar ile kayma yüzeyleri hassas bir şekilde incelenerek çeşitli ölçüm aletleri ile kaydedilmiştir. Ayrıca, yapı etrafındaki sismik boşluklarda yalıtım sisteminin deprem anındaki hareketi kaynaklı gözlenen hareket ölçülmüş ve fotoğraflanarak kayıt altına alınmıştır.

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sırasında deprem yalıtım sistemlerinde gözlenmesi beklenen maksimum deplasman talepleri, 10 Şubat 2023 ile 19 Şubat 2023 tarihleri arasında sahada yerinde yapılan gözlem ve ölçümlerde kayıt altına alınmış olan gerçekleşmiş deplasman değerleri ile birlikte Tablo 5'te sunulmaktadır. Deprem kayıtlarına erişim sağlanabilmiş olan deprem yalıtımlı yapılar için yer ivmeleri ile deprem yalıtım arayüzünün üzerinde hesaplanan ivmeler ile deprem yalıtım sisteminin devreye girmesi sayesinde sağlanmış olan ivme azalım oranları Tablo 6'da gösterilmektedir.

Malatya Doğanşehir Devlet Hastanesi ve Malatya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi binalarında sismik boşluklarda ciddi uygulama hataları gözlenmiştir. Bu nedenle sahada ölçülen deplasman değerleri ile beklenen deplasman değerleri arasında fark olmaktadır. Bu deprem yalıtımlı projelerde sismik boşluk projelendirme ve uygulama aşamalarının ne kadar kritik olduğunu göstermektedir. Gerek sahadaki uygulamanın gerekse kontrol sisteminin buna göre düzenlenmesi gerekmektedir.

Malatya Doğanşehir Devlet Hastanesi ve Malatya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi binaları için yukarıda bahsi geçen sismik boşluk uygulama hataları ve izolatör hareketinin bunlardan dolayı engellenmiş olması nedeniyle yapısal analiz sonuçları bu rapora koyulmamıştır.

Her ne kadar Malatya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi binasında sismik boşluk ve derz uygulamalarında hatalar olsa da bunlar daha az ve bölgesel olduğu için deprem yalıtım cihazları yapıyı korumuş ve bu yapı depremden sonra kısa süre içinde tekrar operasyonel olmuştur. Bununla birlikte, Malatya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi binasının hemen yanında yer alan deprem izolatörsüz olarak 2010 yılında inşa edilmiş olan Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi ana binaları bu raporun yayınlandığı tarih olan 24.07.2023 tarihinde deprem hasarları nedeniyle halen kullanılamamaktadır. İzolatörlü Malatya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi binası ile izolatörsüz Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi blokları Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7: TDP deprem izolatörlü Malatya Eğitim Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi binası (görsellerde B1 ile gösterilmiştir) ve deprem izolatörsüz olarak 2010 yılında inşa edilen Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi binalarının (görsellerde F1 ile gösterilmiştir) konumları

Tablo 5: Saha gözlemleri, tasarım ve analiz sonuçlarının özet tablosu

Bina	Deplasman Kapasitesi	DD1 Nominal Tasarım Deplasmanı	DD2 Nominal Tasarım Deplasmanı	Doğrusal Olmayan Analiz Deplasmanı	Sahada Ölçülen Maksimum Deplasman	Sahada Ölçülen Kalıcı Deplasman
Hatay Dört Yol Devlet Hastanesi	400 mm	252 mm	81 mm	45 mm	40 mm	10 mm
Osmaniye Devlet Hastanesi	450 mm	360 mm	130 mm	118 mm	100 mm	10 mm
Osmaniye Düziçi Devlet Hastanesi	590 mm	310 mm	130 mm	69 mm	80 mm	0
Kahramanmaraş Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	1000 mm	550 mm	185 mm	198 mm	200 mm	40 mm
Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi	450 mm	357 mm	137 mm	114 mm	170 mm	15 mm
Adıyaman Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	350 mm	200 mm	80 mm	-	130 mm	20 mm
Malatya Doğanşehir Devlet Hastanesi*	490 mm	427 mm	183 mm	-	80 mm	0
Malatya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi*	360 mm	293 mm	161 mm	-	30 mm	0

*Malatya Doğanşehir Devlet Hastanesi ve Malatya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi binalarında sismik boşluklarda ciddi uygulama hataları gözlenmiştir. Bu nedenle sahada ölçülen deplasman değerleri ile beklenen deplasman değerleri arasında fark olmaktadır. Bu deprem yalıtımlı projelerde sismik boşluk projelendirme ve uygulama aşamalarının ne kadar kritik olduğunu göstermektedir. Gerek sahadaki uygulamanın gerekse kontrol sisteminin buna göre düzenlenmesi gerekmektedir.

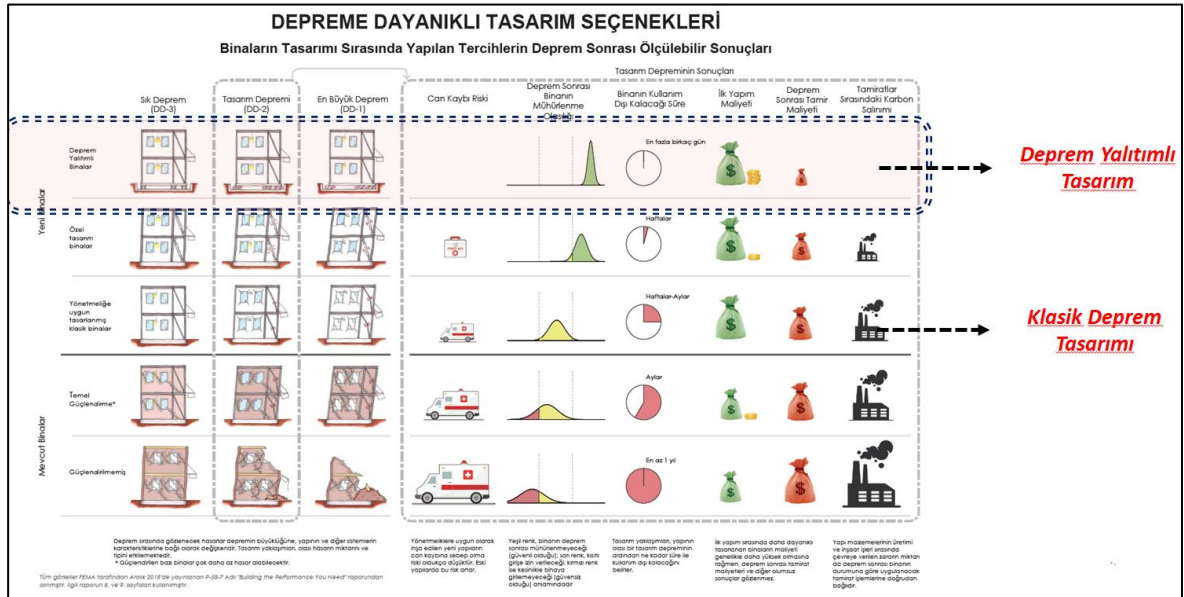
Tablo 6: Deprem yalıtım sisteminin çalışması sonucunda yer ivmeleri ile üst yapıya aktarılan ivmeler ve deprem yalıtım sistemi sayesinde gerçekleşen ivme azalış oranı

Bina	Maksimum Yer İvmesi	Deprem Yalıtım Düzlemi Üzerindeki Maksimum İvme	Deprem Yalıtım Sistemi Sayesinde İvme Azalış Oranı
Hatay Dört Yol Devlet Hastanesi	0.245 g	0.074 g	%70
Osmaniye Devlet Hastanesi	0.236 g	0.077 g	%67
Osmaniye Düziçi Devlet Hastanesi	0.236 g	0.117 g	%50
Kahramanmaraş Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi	0.469 g	0.179 g	%62
Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi	0.453 g	0.084 g	%81

4 Sonuçların Değerlendirilmesi

06.02.2023 tarihinde Kahramanmaraş ili sınırları içinde, sırasıyla Pazarcık ve Elbistan merkez üslerinde meydana gelen ve 11 ili etkileyen 7.8 ve 7.5 büyüklüklerindeki depremler sonrasında, TİS Teknolojik İzolatör Sistemleri'nin tasarım, üretim, prototip testi, üretim testi ve şantiye montajı işlerini üstlendiği 8 adet projede kullanılan toplam 2304 adet TİS Double Pendulum (TDP) tipi deprem yalıtım cihazının, deprem yalıtım sistemlerinin ve üst yapı bloklarının mevcut durumu, deprem yalıtım sisteminin depremler sırasında göstermesi beklenen davranış özellikleri, yapının konumuna en yakın kayıt istasyonlarından elde edilen deprem yer kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları ile depremlerin ardından sahada yerinde yapılan gözlemlerin kıyaslanması ve üst yapıda gözlemlenen uygulamalar ve bunların sonuçları değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Tüm projelerde deprem yalıtım cihazları beklendiği gibi aktive olmuş, çalışmış ve görevlerini yerine getirmiştir.
- Bölgede bulunan 8 adet deprem yalıtımlı binanın 7 tanesi yaklaşık DD2 tasarım depremini, 1 tanesi ise DD2 seviyesi üstünde bir depremi hissetmiştir. Sahada yapılan gözlemler, ABD'de bulunan resmi bir kurum olan Federal Emergency Management Agency – FEMA (Federal Acil Durum Yönetim Müdürlüğü) tarafından 2018'in Aralık ayında yayımlanan "P-58-7: Building the Performance You Need" adlı rapordan alınmış olan aşağıdaki görseli kanıtlar niteliktedir. Deprem yalıtımlı yapıların performansının, klasik yöntemlerle inşa edilmiş yapılara göre çok üstün olduğu gözlenmiştir. Hatta, sismik boşluk ve yapısal olmayan eleman detaylarının doğru uygulandığı projelerde aşağıdaki ilgili görselde deprem yalıtımlı yapılar için belirtilmiş olan performansın dahi üzerine çıkılabileceği anlaşılmıştır. Bu depremlerde Hatay Dört Yol Devlet Hastanesi ve Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi söz konusu detayların doğru uygulandığı hastaneler olarak gözlenmiştir.



- Sahada ölçülen deplasman değerleri ile hem tasarım hem de AFAD kayıt istasyonlarından alınan deprem kayıtları ile yapılan zaman tanım alanında doğrusal

olmayan analiz sonuçları tutarlıdır. Yani, tüm deprem yalıtım cihazları tasarlandıkları nominal özelliklere göre çalışmıştır. Hesaplarda, kayıt istasyonları ile hastane binaları arasındaki uzaklıklar ve zemin sınıflarının kıyaslamaları da değerlendirilerek sonuçlar bu bilgilere göre değerlendirilmiştir.

- Deprem yalıtım sistemleri sayesinde üst yapıya aktarılan ivmeler %50 ile %80 arasında değişken oranlarda azalmıştır.
- Bölgede yer alan deprem yalıtımlı binaların iki tanesinde yapı etrafında bulunan sismik boşluk uygulamasında ciddi hatalar gözlenmiştir. Deprem yalıtımlı projelerde dikkat edilmesi gereken en kritik husus, yapı çevresinde en az deprem yalıtım sisteminin deplasman kapasitesi kadar bırakılması gereken sismik boşlukların buna uygun yapılmasıdır. Esas olan, bu boşlukların yapının kullanımı ve ömrü boyunca hiçbir engelle (toprak, beton, vb.) kapatılmamasıdır. Bunun sağlanabilmesi için öncelikle detay projelerde sismik boşluk detaylarının net bir şekilde tanımlanması, şantiye uygulamasına hiçbir insiyatif bırakılmaması gerekmektedir. Ardından, projede tanımlanmış detayların şantiyede doğru bir şekilde uygulanması; yapılan uygulamaların özenli bir şekilde denetlenerek kontrol edilmesi (işveren tarafından ya da atayacağı yetkili kişi ve firmalarca) ve son olarak yapıların kullanıcılarının da bu konuda bilinçlendirilmesi ile gerçekleştirilebilir.
- Sismik boşluk uygulamalarında ciddi hata olmayan hastaneler (Hatay Dört Yol Devlet Hastanesi ve Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi), depremler sonrasında beklediği gibi kesintisiz kullanım performans hedefini gerçekleştirmiştir.
- İnşaat halinde bulunan yapılar, inşaat tamamlanmamış olduğu için deprem anında tasarım özelliklerini bire bir yansıtamazlar ve bu durum inşaat halindeki yapıların deprem performansının öngörülmesini zorlaştırır ve genellikle inşaat halindeki yapılar deprem anında riskli olarak görülürler. Bölgede bulunan 4 hastane binasında deprem anında kaba ve ince inşaat işleri devam etmekteydi. İnşaat halindeki bu binalarda da deprem yalıtım cihazları beklediği gibi görevlerini yerine getirmiş ve yapıların depremleri çoğunlukla hasarsız atlattığını sağlamıştır. Şantiye ortamından kaynaklı sismik boşluk uygunsuzlukları ve deprem anında devam ediyor olan imalatlarda genel süreci etkilemeyecek uygunsuzluklar olmuştur.
- Sahada yapılan gözlemlerde deprem yalıtımlı yapılarda yapısal olmayan elemanların (dolgu duvar, mekanik tesisat, asma tavan, vb) tasarım, uygulama ve detaylarının önemi anlaşılmıştır.

Deprem yalıtımı uygulanan yapılarda sismik asma tavan uygulaması yapılması gerekmektedir.

Benzer şekilde, yapıların tüm mekanik detayları deprem yalıtım arayüzünde her yöne deprem yalıtım sisteminin deplasman kapasitesi kadar harekete izin verecek şekilde özel olarak tasarlanmalı, detaylandırılmalı ve uygulanmalıdır. Yapıların içinde bulunan mekanik sistemlere ise yine sismik detaylandırma yapılması gerekmektedir.

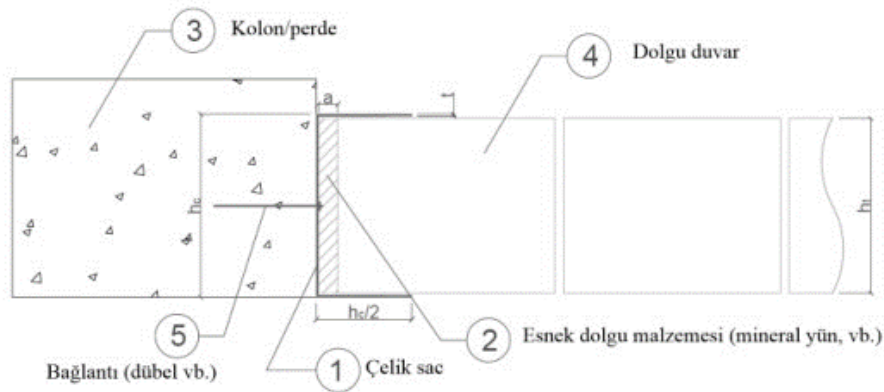
Deprem yalıtımlı binalarda dolgu duvar kullanılıyorsa, dolgu duvar malzemesi ve uygulama yöntemi kritiktir. Deprem yalıtımı uygulaması yapılmış olsa dahi üst yapıda bir miktar görel kat ötelenmesi oluşması ve belli bir seviye kat ivmesi gözlenmesi beklenen bir durumdur. Kolon-kiriş çerçeve sistem ile tasarımı yapılan deprem yalıtımlı bir yapıda görel kat ötelenmelerinin %0.25-%0.40 (binde 2.5 ile binde 4.0) mertebelerine ulaşması normaldir. 6 katın üzerinde yapılarda yatay kat ivmelerinin 0.2g seviyelerini geçeceği de

gerek hesaplarda gerekse literatürde bilinen bir durumdur. Tüm bunlara ek olarak, deprem yalıtımının (kullanılan yalıtım cihazı tipinden bağımsız olarak) depremin düşey bileşenine karşı bir sönüm ya da katkı sağlamadığı da bilinmektedir. Tüm bu gerçekler göz önüne alındığında, deprem yalıtımlı bir yapıda aynı zamanda yapısal olmayan elemanların sismik önlemlerinin alınmış olması, yapısal olmayan elemanların deprem davranışına uygun malzemelerden imal edilmiş olması ve yapı genelinde kaliteli işçilik uygulaması yapılması gerekmektedir. Bu detaylara yeteri kadar dikkat edilmeyen yapılarda çerçeve elemanlar ile dolgu duvar arasında yüzeysel kılcal çatlaklar gibi küçük çaplı yapısal olmayan eleman uygunsuzlukları gözlenmesi beklenmektedir. Örneğin, ağır beton briket bölme duvarlar ile kolon-kiriş çerçeve sistem birleşim noktalarında sismik detaylı elastik bağlantı uygulanmaması halinde görelî kat ötelenmeleri henüz %0.1 (binde 1) mertebelerine dahi gelmeden yüzeysel ayrılma çatlakları gözlenmesi beklenir. Bu konu, 2018 Türkiye Bina deprem Yönetmeliği'nin 4 numaralı bölümünde irdelenmiştir ve gerekli sismik önlemlerin alınmadığı durumlarda DD-3 ve DD-4 gibi "sık" ve "servis" seviyesi depremlerde dahi duvar hasarları oluşabileceği; bu tip hasarların engellenebilmesi için ise aşağıda gösterilen şekilde bir uygulama detayı yapılması önerilmektedir.

BİLGİLENDİRME EKİ 4C – DOLGU DUVARLARI İÇİN ESNEK BAĞLANTI DETAYI ÖRNEĞİ

4C.1 – Sıkça tekrarlanan DD-3 ve DD-4 deprem yer hareketleri altında dolgu duvarın hasar görmesinin engellenmesi amacı ile gevrek dolgu duvarlar ile bitişik olduğu kolonlar/perdeler arasında esnek derzler oluşturulur. Bu derzler, duvarın şekildeğişmesini engellemeyen esnek bir malzeme ile doldurulmalıdır.

4C.2 – Bu amaçla uygulanabilecek esnek derzler için örnek bir detaylandırma **Şekil 4C.1**'de verilmektedir. Esnek derz, kolon/perde yüksekliği boyunca kolon/perde iç yüzlerine ve üst kiriş/döşeme alt yüzüne ankraj ile bağlanan bir C-profil ile sağlanmaktadır. Bu profil aynı zamanda deprem sırasında duvarın düzlem dışı hareketini de engellemektedir. Detayın uygulanmasında yangın, ısı, ses ve su yalıtımına ilişkin önlemler ayrıca alınmalıdır.



Şekil 4C.1

- Bölgede bulunan tüm projelerde deprem yalıtım cihazlarının deplasman kapasitelerinin ancak bir kısmının kullanıldığı aşıkardır. Bu da, ileride yaşanması muhtemel benzer ya da

daha yüksek yer ivmesi ve yer hızı etkisinin gözlenebileceği depremlerde dahi yalıtım sisteminin güvenle fonksiyonunu yerine getireceğini göstermektedir.

- Deprem yalıtım cihazlarında gözlenen kalıcı deplasmanlar beklenen seviyelerdedir. Bazı binalarda hiç kalıcı deplasman gözlenmemişken, bir kısmında 10 mm mertebesinde, en fazla ise 40 mm gözlenmiştir. Projelerde kullanılan yalıtım cihazlarının deplasman kapasiteleri ve gözlenen deprem hareketi göz önüne alındığında kalıcı deplasman değerleri herhangi bir sorun teşkil etmeyecek mertebededir.
- Depremler sırasında deprem yalıtımlı hiçbir yapıda, deprem yalıtım cihazlarında ve üst yapıda herhangi bir burulma davranışı gözlenmemiştir. Bölgede bulunan deprem yalıtımlı binaların farklı kat yüksekliklerinde bloklara, kavisli ve karmaşık mimariye sahip olmalarına ya da inşaat halinde oldukça düzensiz yapılar olmalarına rağmen hiçbir binada burulma gözlenmemiş olması da sürtünmeli sarkaç izolatörlerin burulma davranışını engellediğini kanıtlamaktadır.
- Deprem yalıtım cihazlarında herhangi bir deformasyon ya da hasar gözlenmemiştir. Deprem yalıtım cihazlarına herhangi bir bakım uygulaması yapılmasına gerek yoktur.
- Deprem yalıtımlı olarak projelendirilmiş ve inşa edilmiş yapılarda yapı sağlığı izleme sistemi kurulması hem deprem sonrası değerlendirmelerin tam anlamıyla yapılabilmesi için hem de söz konusu yapının deprem sonrası güvenli olduğunun anında anlaşılabilmesi için kritik önemdedir.

Ek A'da yapılan saha ziyaretlerinden bazı gözlemlerin fotoğrafları ve açıklamaları sunulmaktadır.

5 Teşekkür

Bu raporun oluşturulmasında kullanılan fotoğraflar Dr. Kaan Kaatsız, Dr. Fırat Soner Alıcı, Dr. Oğuz Bahadır Şadan, Dr. Cüneyt Tüzün, Mehmet Emre Özcanlı, Ömer Ülker, Uğurcan Özçamur ve Sadun Tanışer tarafından çekilmiş ve ilgili kişilerin izni ile bu raporda kullanılmıştır.

Bu raporun oluşturulması sırasında yapılan analizler Prof Haluk Sucuoğlu, Dr Fırat Soner Alıcı ve Dr Kaan Kaatsız tarafından gerçekleştirilmiştir.

6 Gizlilik

Bu rapordaki bilgi, şekil ve fotoğrafların üçüncü şahıslarla izinsiz paylaşımı, çoğaltılması, dağıtımı ve her türlü mecradan yayınlanması kesinlikle yasaktır.

7 Referanslar

ASCE (2016). American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-16, ASCE, Reston, VA.

EN 15129 (2018). Anti-seismic Devices. European Committee For Standardization. Brussels, Belgium.

Erdik, M., Tümsa, MBD, Pınar, A., Altunel, E., and Zülfikar, AC, 2023, *A preliminary report on the February 6, 2023 earthquakes in Turkey* , <http://doi.org/10.32858/temblor.297>

Federal Emergency Management Agency – FEMA, 2018, *P-58-7: Building the Performance You Need* .

Halit Cenani Mertol, T. A. (2023). *6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Raporu*.

Miyamoto International Inc. (2023, 02 20). *2023 Turkey-Syria Earthquake Remote Damage Assessment*. Online: Miyamoto. 02 22, 2023 tarihinde alındı

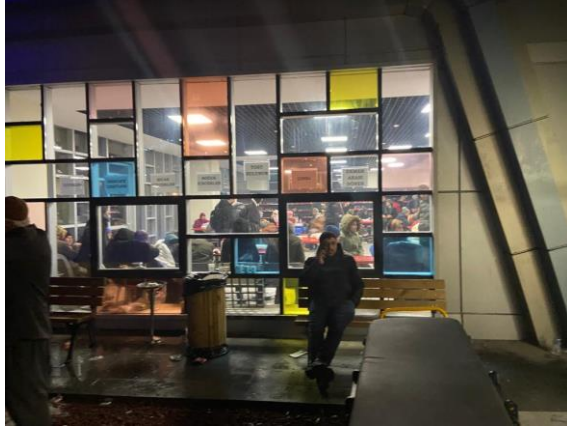
TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ankara.

Ek A

06.02.2023 ile 19.02.2023 arasında sahada yapılan gözlemlerden bazı fotoğraflar, açıklamaları ile birlikte bu bölümde sunulmaktadır.

Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi

Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi, depremler sırasında faaliyette olup bölge halkına hizmet vermekteydi. Deprem sonrasında yapılan saha gezileri sırasında da hastanenin tüm birimlerinin faal olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, hastane yetkilileri ile yapılan görüşmelerde hastanenin bu süreçte faaliyetine hiç ara vermeden çalışmaya devam ettiği bilgisi alınmıştır. Yani hastanede “Kesintisiz Kullanım (KK)” performans hedefi gerçekleşmiştir. 06.02.2023 tarihinde Mw 7.5 Elbistan depreminden 6 saat sonra hastaneden çekilmiş olan aşağıdaki fotoğraflarda hastanenin faaliyetine kesintisiz devam ediyor olduğu görülmektedir. 10.02.2023 tarihinde yapılan gözlemlerde ise hastanenin faaliyetine devam etmekle kalmadığı, aynı zamanda Malatya halkı tarafından şehirdeki en güvenli yer olarak görüldüğü ve hastane yönetiminin de izin vermesi ile pek çok kişinin hastanede konakladığı görülmüştür. Depremin yaşandığı günlerde Malatya ili genelinde elektrik olmaması ve gece ortalama -25 °C, gündüz ise ortalama -10 °C hava sıcaklığı ve kar altında bunun önemi daha da artmıştır. Yukarıda, hastanede yapılan gözlemler sırasında çekilmiş olan fotoğraflar sunulmaktadır.



Hatay Dörtüyl Devlet Hastanesi

Hatay Dörtüyl Devlet Hastanesi, depremder sırasında faaliyetde olup bölge halkına hizmet vermekteydi. Deprem sonrasında yapılan saha gezileri sırasında da hastanenin tüm birimlerinin faal olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, hastane yetkilileri ile yapılan görüşmelerde hastanenin bu süreçte faaliyetine hiç ara vermeden çalışmaya devam ettiği bilgisi alınmıştır. Yani hastanede “Kesintisiz Kullanım (KK)” performans hedefi gerçekleşmiştir. 10.02.2023 tarihinde yapılan gözlemlerde de hastanenin faaliyetine aralıksız devam etmekte olduğu gözlenmiştir. Bu tarihte, Hatay bölgesinde faaliyetine devam eden tek hastane olmuştur



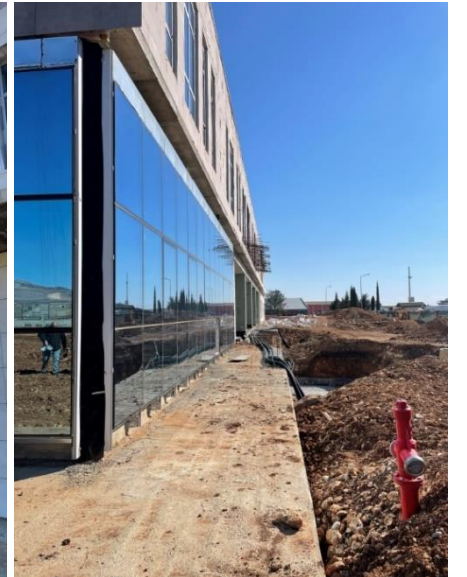
İnşaat Halindeki Hastaneler

Depremler sırasında inşaat halinde olan projelerde yapılan gözlemlerde inşaatlarda bir probleme rastlanmamıştır. İmalatı devam eden binalarda üst yapıda doğru ve tam bir şekilde tamamlanmış olan imatlarda herhangi bir hasar tespit edilmemiştir. Yapısal elemanların yanında dolgu duvarlar, dış cephe ve camlı bölmeler hasarsızdır.

İnşaat halinde yapıların deprem anında, tasarıma esas ideal davranıştan uzak olduğu bir gerçektir. Buna rağmen, deprem yalıtım cihazları görevlerini yerine getirerek inşaat halindeki yapıları korumuş ve depremlerden sonra inşaat faaliyetinin küçük müdahalelerin ardından devam edebilmesini sağlamıştır.

İnşaat halindeki yapılarda şantiye ortamından kaynaklanan sismik boşluk uygunsuzlukları olağandır ve bundan kaynaklanan bazı uygunsuzluklar gözlenmiştir; ancak bunlar genel inşaat faaliyetlerini engelleyecek seviyede değildir. Bununla birlikte, inşaat faaliyetlerinin sonunda sismik boşluk detaylarının kontrol edilerek olası uygunsuzlukların giderilmesi şarttır.

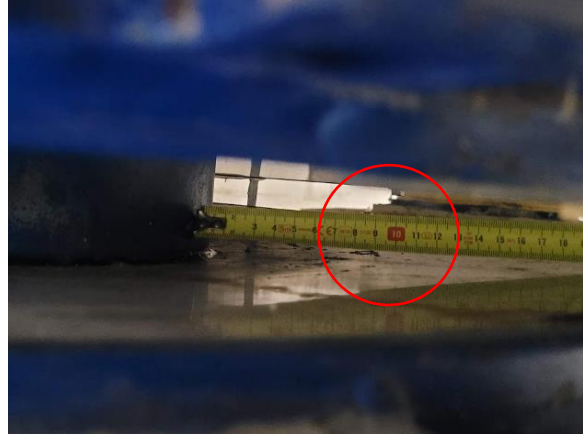
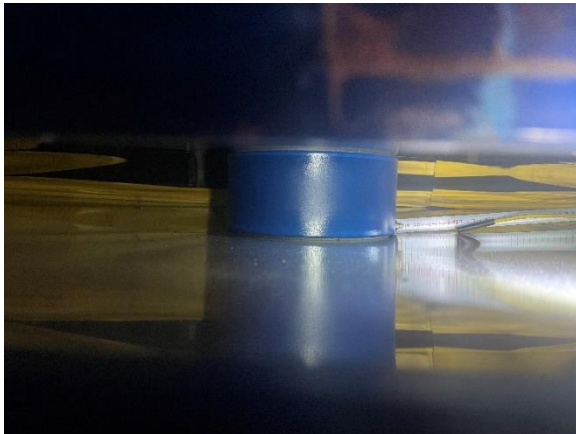
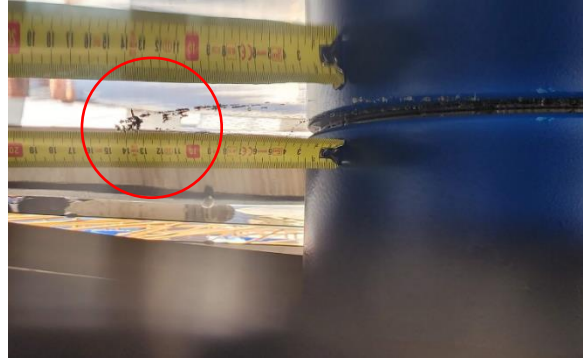
Benzer şekilde, deprem anında yapımı devam eden ancak tamamlanmamış şantiye imatlarında bazı olumsuzluklar yaşanması da olağandır ve bazı projelerde bunlar gözlenmiştir. Bunlar genel anlamda yapıya zarar veren ya da inşaat faaliyetlerini aksatan uygunsuzluklar olmamıştır.





Yalıtım Cihazlarının ve Yalıtım Sisteminin Deplasman Ölçümleri

Deprem yalıtım cihazlarının sahadaki maksimum deplasman değerlerinin belirlenmesi sırasında, izolatörlerin kayma yüzeylerinde yüksek çözünürlüklü endoskop kameralar ve çeşitli ölçüm aletleri ile ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerde kayma yüzeylerindeki hareket ölçülmüştür ve yalıtım cihazlarının deprem anında maksimum deplasman değeri elde edilmiştir.



Yapı etrafında bulunan sismik boşluk, vb bölgelerde deprem hareketi sırasında meydana gelen hareket gözlenebilmektedir. Bazı binalarda gözlenen bu hareket ve kum, taş, vb malzemenin süpürülme miktarında yapılan ölçümler deprem anında deprem yalıtım sisteminin maksimum hareketini tahmin etmek için kullanılmıştır.



Hatalı Sismik Boşluk Uygulamaları

Bölgede bulunan bazı binalarda özellikle sismik boşluklarda ciddi uygulama hataları tespit edilmiştir. Deprem yalıtımlı projelerde dikkat edilmesi gereken en kritik husus, yapı çevresinde en az deprem yalıtım sisteminin deplasman kapasitesi kadar bırakılması gereken sismik boşlukların buna uygun yapılmasıdır. Esas olan, bu boşlukların yapının kullanımı ve ömrü boyunca hiçbir engelle (toprak, beton, vb.) kapatılmamasıdır. Bunun sağlanabilmesi için öncelikle detay projelerde sismik boşluk detaylarının net bir şekilde tanımlanması, şantiye uygulamasına hiçbir insiyatif bırakılmaması gerekmektedir. Ardından, projede tanımlanmış detayların şantiyede doğru bir şekilde uygulanması; yapılan uygulamaların özenli bir şekilde denetlenerek kontrol edilmesi (işveren tarafından ya da atayacağı yetkili kişi ve firmalarca) ve son olarak yapıların kullanıcılarının da bu konuda bilinçlendirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Aşağıda, yanlış ve/veya ideal durumdan uzak uygulamalardan örnekler gösterilmiştir. Bazı görsellerde kırmızı ile işaretlenmiş bölümler, sismik boşlukların yapısal engellerle kapatıldığı ve hareketin engellendiği alanları göstermektedir.

