



Kahramanmaraş depremleri sonrası bölgedeki deprem yalıtım birimli binalar ile ABYYHY-1998 sonrası yapılmış binaların incelenmesi

PROJE SONUÇ RAPORU

Program Kodu: 1002-C

Proje Yürütücüsü:

Mehmet Ozan Yılmaz

Araştırmacılar:

Prof. Dr. Serkan Bekiroğlu

Doç. Dr. Çağrı Mollamahmutoğlu

Dr. Mehdi Öztürk

Yusuf Şahinkaya

MART 2023
İSTANBUL

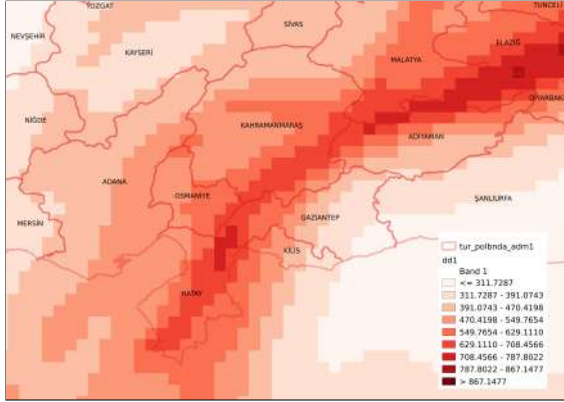
1 Giriş

Yurdumuzda deprem yönetmeliği ilk olarak 1947’de, İtalya’da kullanılan deprem yönetmeliği temel alınarak hazırlanmış ve günümüze kadar 7 defa revize edilmiştir. Bunların içinde özellikle 1998 yılında yürürlüğe giren "*Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-98)*" (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1998), öncülleri ile kıyaslandığında, hem yurdumuzdaki Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarının deprem üretme potansiyelini yansıtmaması, hem de çağdaş mühendislik tekniğinin yardımı ile getirdiği çözümleme ve tasarım kriterleri ile yurdumuzda depreme dayanıklı yapıların tasarımında ve inşasında bir milat olarak kabul edilebilir. Ayrıca, 1999 yılında gerçekleşen ve çok büyük kayıplara neden olan Gölcük ve Düzce depremlerinin ardından 2001 yılında yürürlüğe giren 4708 sayılı "*Yapı Denetimi Hakkında Kanun*" ile kötü malzeme kullanımı ve işçilik kaynaklı sorunların önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bu bakımdan, geçtiğimiz 20 yıl içinde yapılmış olan binaların, gerçekleşen depremlerde aldıkları hasarların incelenip değerlendirilmesi ayrıca önemlidir.

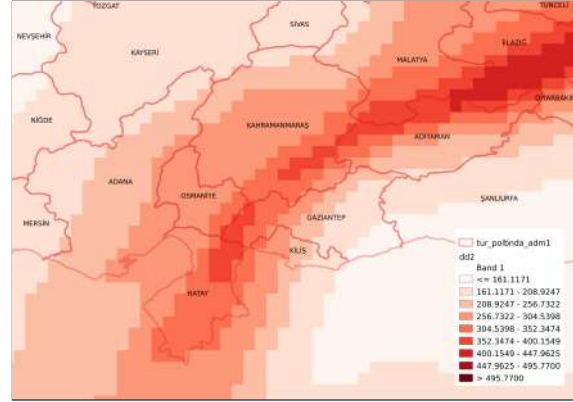
Bu çalışma kapsamında, gerçekleşen depremlerin karakteri ABYYHY-1998, DBYBHY-2007 (TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007) ve TBDY-2018 (AFAD, 2018) ile ortaya konan deprem beklentisi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek afet bölgesindeki binaların maruz kaldığı deprem etkilerinin yönetmeliklerde öngörülen tasarım şartlarına göre durumu araştırılmıştır. Bu etkiler altında, ilgili yönetmeliklere uygun şekilde tasarlanmış yapıların gösterdikleri hasar tipleri gözlemlenmiş olup, bunların öngörülen hasar tipine uygunluğu incelenmiştir. Görsel olarak yapılan incelemeler, ABYYHY-98’in yürürlüğe girdiği 1999 tarihinden sonra yapıldığı tahmin edilen yaklaşık 100 adet konut, ticarethane veya imalathane olarak faal kullanılan bina üzerinde yapılmıştır.

Kahramanmaraş şehir merkezi ile Karacasu, Pazarcık, Türkoğlu ve Elbistan ilçeleri, Malatya şehir merkezi ile Doğanşehir ilçesi, Adıyaman Gölbaşı ilçesi, Gaziantep şehir merkezi ile Nurdağı ve İslahiye ilçeleri, Osmaniye şehir merkezi ile Düziçi ilçesi, Adana şehir merkezi, Hatay şehir merkezi ile Kırıkhan, Samandağ ve İskenderun ilçelerinde ABYYHY-98’in yürürlüğe girmesinden sonra inşa edildiği tahmin edilen yaklaşık 100 adet bina yapısı görsel olarak incelenmiştir. İncelemelerin yapıldığı binalara ait konum bilgisi Şekil 4 ile verilen bölge haritası üzerinde işaretlenerek verilmiştir.

İncelenen bina yapılarının yapım yılı, eğer mümkün ise bina sakinlerinden ya da bölgeyi tanıyan afettede vatandaşlardan bilgi edinmeye, mümkün değil ise nervürlü donatının kullanımı, etriye aralıkları ve Schmidt çekici ile yapılan basınç dayanımı ölçümlerine dayanarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Binalarda yapılan incelemelere dair bulgular bu raporun ikinci



(a) DD-1



(b) DD-2

Şekil 2: 50 yıl içinde gerçekleşme olasılığı %2 olan deprem (DD-1) ve %10 olan deprem (DD-2) için en büyük yer ivmesi değerleri (cm/s^2)

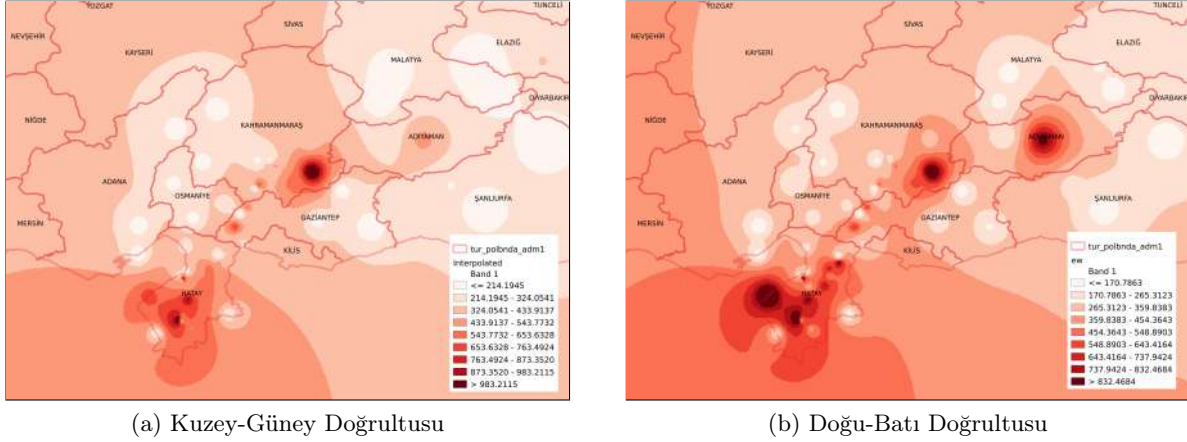
elde edilen bulgular, Bölüm 2 ile, deprem yalıtım birimleri uygulanmış ve afet durumlarında kesintisiz olarak faaliyetlerine devam etmeleri öngörülen hastane yapılarının incelenmesi ve elde edilen bulgular Bölüm 3 ile sunulmuştur.

2 ABYYHY-98 Sonrası Betonarme Yapılardaki Hasarların İncelenmesi

2.1 Depremlerin oluşturduğu en büyük yer ivmelerinin incelenmesi

Her ne kadar depremlerin yıkıcı etkileri ve sebep oldukları zararlar genel anlamda *deprem büyüklüğü* ile ifade edilse de, depremin yapı üzerindeki etkileri, ilgili coğrafi noktada ölçülen *en büyük yer ivmesi* ile ilişkilidir. Bu sebepten, yapıların tasarımında, ilgili coğrafi nokta için bölge depremselliği dikkate alınarak tahmin edilen bir en büyük yer ivmesi beklentisi oluşturulur. Bu ABYYHY-98’de yurdumuzu deprem potansiyeline göre 4 farklı sınıfa ayırarak, *etkin yer ivmesi katsayısı* olarak tanımlanmış büyüklükle yapılmıştır. Günümüzde yürürlükte olan TBODY-2018’de bu tasarım büyüklüğü, daha geniş kapsamlı çalışmaların ürünü olan *Türkiye Bina Deprem Tehlike Haritaları* esas alınarak çok daha yüksek bir çözünürlükte tahmin edilebilmektedir.

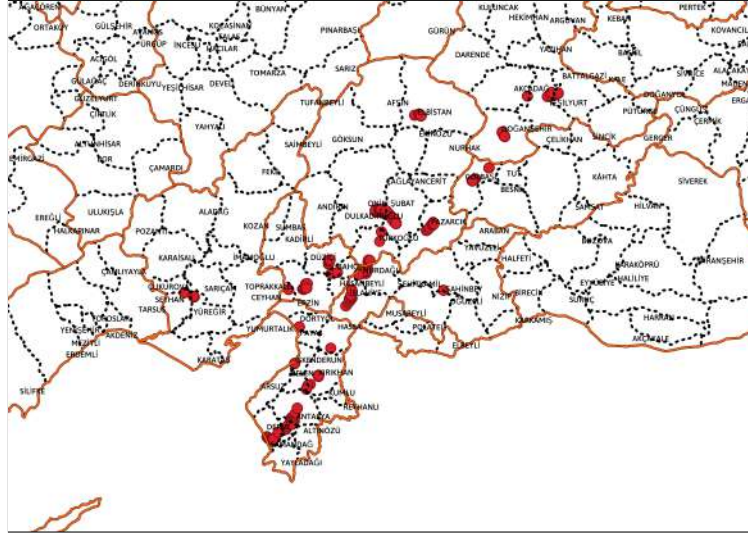
ABYYHY-98’nin tasarım için esas aldığı deprem tehlike haritası ile Doğu Anadolu Fayı’nı takip eden, Malatya’dan Hatay’a 50km genişliğinde bir hat olarak uzanan bölge *I. Deprem*



Şekil 3: Pazarlık Depremi ($M_w = 7.7$) ile ölçülen en büyük ivmeler

Bölgesi olarak tanımlanmış olup burada olması beklenen depremlerin yaratması öngörülen en yüksek yer ivmesi $0.4g$ ($392cm/s^2$) olarak belirlenmiştir. Güncel TBDY-2018 ile ise, Şekil 2 ile gösterildiği gibi, en yüksek yer ivmesi beklentisi farklı deprem düzeyleri için tanımlanmakta olup, yapı stoğunun çok büyük bir kısmı için tasarımda kullanılan düzeyin DD-2 olduğu varsayılabilir. Başka bir deyişle, ABYYHY-98'in yürürlüğe girdiği 1999 yılından, TBDY-2018'in yürürlüğe girdiği 2019 yılına kadar tasarlanan yapıların $392cm/s^2$ yer ivmesi beklentisine göre, bu tarihten sonra tasarlananların ise yaklaşık en büyük $500cm/s^2$ yer ivmesi beklentisine göre tasarlanmış oldukları varsayılabilir.

AFAD Deprem kataloğu (AFAD, 2023) ile sunulan ve 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen ilk depremin merkez üssü olan Pazarlık merkez olmak üzere yaklaşık 250 km çapındaki alanda konuşlu 68 farklı istasyondan alınan ivme kayıtlarının en büyük değerleri derlenerek hazırlanan ve Şekil 3 ile sunulan haritada görüldüğü gibi, anılan depremde, Kahramanmaraş, Hatay ve Adıyaman il ve ilçe merkezleri başta olmak üzere afet bölgesinin çok büyük kısmında, yer hareketinin hem kuzey-güney doğrultusundaki bileşen için hem de doğu-batı doğrultusundaki bileşen için, tarif edilen tasarım beklentisinin yaklaşık iki katı kadar en büyük yer ivmesi büyüklüklerinin ölçüldüğü görülmektedir. Bu durumda, tecrübe edilen yer hareketinin; standart binaların tasarımı için ABYYHY-98 ve dahi TBDY-2018 tarafından esas alınan (binaların tasarım ömründe karşılaşma olasılığı %10 olarak öngörülen yer hareketi) deprem düzeyinin üzerinde olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 4: İnceleme yapılan binalara ait konumların harita üzerinde gösterimi

2.2 Betonarme Yapıların ve Yapısal Elemanların Hasar Alma Mekanizmaları

Deprem yönetmelikleri, sadece beklenen yer hareketinin karakterinin tahmini ile ilgili değil, tasarlanan yapıların depremin etkisi altında gösterdiği hasar alma mekanizmaları ile ilgili de ilkeler ortaya koyar. Bunların içinde, özellikle

- Taşıyıcı sistemde mevcut olan düşeydeki ve plandaki düzensizliklerin sınıflandırılması ve sınırlandırılması
- Güçlü kolon - zayıf kiriş tasarımıyla, kolonlarda plastik şekil değiştirmenin engellenip hasarın kirişlere yönlendirilmesi
- Kolon - kiriş birleşim bölgelerinde hasar oluşumunun engellenmesi

gibi ilkeler ile, kuvvetli yer hareketleri altında yaşanan rijitlik kaybına rağmen, yapının stabilitesini korumayı ve can emniyetini tehlikeye atacak bir göçme mekanizması olmaması hedeflenir. Çalışmanın Bölüm 2.3-2.8 kısımları arasında, yapılan incelemelerde gözlemlenen hasar tipleri ve bunların muhtemel oluşma sebepleri ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 5: (a) Kirişlerde mafsal oluşumu ve (b) Kolonlarda mafsal oluşumu

2.3 Kiriş Hasarları

ABYYHY-98 dahil olmak üzere, modern deprem şartnamelerinin tamamı hasarın oluşumunun kiriş mekanizması ile gerçekleşmesini talep eder ve ortaya koyduğu tasarım şartları ile bunun oluşumunu hedefler. Betonarme çerçevelerin ve betonarme perdeli çerçevelerin de deprem etkileri altında arzu edilen sünek davranışı gerçekleştirmesi, kiriş mekanizmasının ne kadar etkin çalıştığı ile doğru orantılıdır. Deprem etkisi ile plastik şekil değiştirmenin kirişlerde oluşması, yapının stabilitesini korumasını sağlar ve böylece oluşan yapısal hasarlara rağmen can güvenliği emniyet altına alınır. Betonarme elemanlarda hasarın kirişlere yönlendirilmesi, en temel olarak güçlü kolon ilkesi ile sağlanır. Buna göre, kolonların taşıma gücü kirişlerin taşıma gücünden büyük olmalıdır.

Birçoğu ağır hasarlı veya acil yıkılacak olarak sınıflandırılmış binalarda yapılan incelemeler göstermiştir ki, betonarme elemanların pek azında kirişler kaydadeğer şekilde hasar almıştır. Kiriş hasarlarının gözlemlenebildiği bina yapılarının ekseriyeti Hatay Samandağ ve Kahramanmaraş Onikişubat mevkiinde bulunmakta olup, diğer afet bölgelerinde bu hedeflenen hasar davranışının görülmediği kaydedilmiştir.

Kiriş mekanizmasının oluşmasına engel olan bazı muhtemel adı nedenler, beton kalıp işçiliğinde yapılan vibratör kullanımına bağlı hatalar ve donatılarda kolon etriyesinin (10-15 cm aralıkla projelendirilmiş olmasına rağmen) nizami aralıklarla yerleştirilmemesi olarak görülebilir. Mühendislik hizmeti almış olduğu varsayılan ağır hasarlı ve acil yıkılacak durumdaki betonarme yapıların betonarme hesaplarının uygun şekilde yapılıp yapılmadığının



(a) Basınç hasarı



(b) Eğilme hasarı

Şekil 6: Kolon elemanlarda basınç ve eğilme hasar örnekleri

tetkiki görsel inceleme ile yapılamamakla beraber, sayılan adi sebeplerin yanında taşıyıcı sistemin uygun düzenlenmemiş olmaması ya da boyutlandırmada ve donatılandırmada yapılan tasarım hatalarının da kirişlerde mafsall oluşmamasına sebebiyet vermiş olması muhtemeldir.

2.4 Kolon Hasarları

Betonarme çerçeve ve perdeli çerçevelerde, kolonlarda mafsalların oluşumu yapının tersinir deprem etkileri altında rijitliğini ve neticesinde stabilitesini hızla kaybetmesine sebep olmaktadır. Ne yazık ki, afet bölgesinde yapılan incelemelerde mevkii farketmeksizin gözlemlenen betonarme hasarların ezici bir çoğunluğunu kolonlarda oluşan plastik şekildeğiştirmeler oluşturmaktadır.

Kolonlarda oluşan hasarların çoğunluğunu, kolon alt veya üst ucunda oluşan plastik mafsallar oluşturmakla birlikte, gevrek basınç kırılmalarının da gerçekleştiği gözlenmiştir (Şekil 6). Basınç kırılmasının gerçekleştiği örneklerde ortak olarak, yönetmelikler ile tariflenen sargılamada etriye sıklığına ve kancalama ile ilgili şartlara uyulmadığı gözlenmiştir.

2.4.1 Zayıf Kat

Kolon mekanizmasının oluşum sebepleri, kirişlerde mekanizma oluşmama sebepleri ile aynı olarak görülebilir. Bölüm 2.3’de sayılan imalat ve tasarım ile ilgili muhtemel sebeplere ek olarak, özellikle ticari faaliyetlerin yoğun olduğu mevkilerde yıkımın ve ağır hasarlı yapı gö-



(a) Zayıf Kat Oluşumu



(b) Vitrin Doğramaları ve Kolonda Plastik Şekil Değişiklikleri

Şekil 7: (a) Zayıf kat oluşumu neticesinde göçme ve (b) sınırlı plastik şekil değiştirme

zeminin kaydadeğer şekilde daha yoğun olması, ticarethane olarak kullanılan zemin katlarda duvarların mevcut olmamasının etkisi ile zayıf kat oluşumu da kolon mekanizmasının ortaya çıkmasında etkindir.

Zayıf kat oluşumu ile, bölge içerisinde coğrafi konum farketmeksizin hemen her mevkiide karşılaşılmıştır. Zayıf kat oluşumu ile en çarpıcı gözlemlerden biri, Malatya Yeşilyurt Bostanbaşı mevkiinde aynı taşıyıcı sistem ile tasarlanmış ve aynı parselde bulunan iki adet yapıdan konut olarak kullanılan yapının taşıyıcı sisteminin hasar almaması fakat zemin katı ticarethane olarak işletilen yapının acil yıkılacak derecede ağır hasar almasıdır. Buna ilişkin gözlemleri aktaran bazı fotoğraflar Şekil 7.(a) verilmiştir.

Gözlenen bu durum, özellikle zemin katlarda duvarların, yapının stabilitesinde öngörülen den daha büyük etkisi olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, ticarethanelerde kullanılan vitrin doğramalarının dahi, kolon mekanizmasının oluşmasını engelleme ya da oluşan plastik şekil değişikliklerinin azaltılması noktasında işlev görebildiği Şekil 7.(b) gibi örneklerde görülmüştür.

Bunun yanında, yine ticarethane olarak kullanılan zemin katlarda geniş açıklıkları kullanabilmek için kolonlarda yaratılan süreksizliklerin de zayıf kata neden olması kuvvetle olasıdır. Bu tipteki yapılarda oluşması beklenen stabilite kaybının daha fazla olması, dolayısıyla göçmüş durumunda olmaları olası ve incelenebilen binaların hasar durumları sebebiyle zemin kat haricindeki katlarda incelemenin birçok durum için mümkün olmaması gibi neden-



(a) Eski yapıda yumuşak kat oluşumu



(b) TBDY-2018 sonrası yapıda yumuşak kat oluşumu

Şekil 8: Yumuşak kat örnekleri

lerden dolayı zayıf kat oluşumuna, kolon/perde kesme gibi uygulamaların neden olduğuna dair bir gözlem yapılmamıştır.

2.4.2 Yumuşak Kat

Katlar arasındaki dayanım farklılığından kaynaklanan zayıf kattan farklı olarak, katlar arasında rijitlik farkının olduğu durumlarda beklenmekle birlikte; zayıf kata süreksiz elemanların neden olduğu durumun tespit edilememesi ile aynı sebeplerden dolayı yumuşak katların oluşumu ile ilgili gözlemler dışardan yapılan gözlemler ile sınırlı kalmıştır. Buna rağmen birçok bölgede yumuşak kat oluşumu görülmüş olup, zayıf kat oluşumu gözlemlerinden farklı olarak, eski binalarda yoğunlaştığı kaydedilmiştir. Bu durumun sebebi, sınırlı gözlemlere dayanarak, taşıyıcı sistemin planda uygun düzenlenmesi ve düşeyde sürekliliğinin sağlanması ile ilgili problemler olarak değerlendirilmiştir. Buna ilave olarak, afetzedelerden yumuşak kat oluşumunun görüldüğü binalar ile ilgili olarak alınan bilgiler, bu durumun yaşandığı yapıların birçoğunun katlarının çok uzun zamana yayılan aralıklarla imal edildiğine işaret etmektedir. Bu da soğuk derz ve uygun olmayan bindirme uygulamaları ihtimallerini doğurmaktadır. Çok sayıda eski yapıda yumuşak kat gözlemine (bkz. Şekil 8.(a)) karşın, az sayıda yeni binada da bu mekanizma gözlemlenmiştir (bkz. Şekil 8.(b))



(a) Uygun olmayan demir işçiliği



(b) Nizami imalat

Şekil 9: Birleşim bölgesi hasarı örnekleri

2.5 Birleşim Bölgesi Hasarı

Kolon ve kirişlerin birbirine bağlandığı bölgeler, ABYYHY-98 dahil olmak üzere tüm modern deprem yönetmeliklerinde rijit elemanlar olarak varsayılp yapısal çözümlemeye katılmaktadır. Bir başka deyişle, bu bölgelerde beton malzemenin herhangi bir inelastik şekilde değişirmenin yapmadığı kabul edilmektedir. Buna karşın son dönemde yapılan araştırmalar göstermiştir ki, birleşim bölgelerindeki inelastik şekilde değişirmelerin de yapının performansı üzerinde kaydadeğer etkisi vardır (Amirsardari vd., 2022; Shafaei vd., 2014) ve şartnamelerce öngörülen dayanım şartları sağlansa dahi birleşim bölgelerinde gevrek hasar görülebilmektedir (Tsonos, 2005).

Birleşim bölgesi hasarları, kolon mekanizmalarına benzer şekilde (hatta daha etkili şekilde) stabilite kaybına neden olduğundan; ağır birleşim bölgesi hasarı birçok gören yapının göçme sınırını hızla geçtiği ve mevcut durumda gözlem yapılamadığı varsayılabilir. Birleşim bölgesinde yaşanan kayma hasarı gevrek bir hasar türü olduğundan oldukça hızlı ve tehlikeli şekilde kısmi ya da bütünsel göçmeye neden olabilir. Yapısal bütünlüğü kısmen korunmuş olan göçüklerde de bu durum gözlenebilmektedir.

Proje kapsamında yapılan incelemelerde, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde oluşan hasarların önemli kısmının; beton yerleşimi/segregasyon ve/veya birleşim bölgesi içinde enine donatı eksikliği, uygunsuz kancalama gibi nedenlere dayanmakta olduğu söylenebilir. Bu durumun pek çok örneğinden biri Şekil 9.(a) ile gösterilmiştir. Bunun yanında, beton ya da donatı işçiliği ile ilgili herhangi bir adi uygunsuzluğun gözlenmediği yapılarda da benzer hasarın



Şekil 10: Perde hasarı örnekleri

mevcudiyeti kaydedilmiştir 9.(b). Özellikle en dışta kalan düzlem çerçevelerde, bu düzlemler içinde de daha yoğun olarak en dıştaki birleşim bölgelerinde (planda yapının köşeleri) daha yoğun hasarlar görülmüştür. Bu hasar durumunun nizami birleşim bölgelerinde de görülmesi, literatürde anılan çalışmaların dikkat çektiği üzere birleşim bölgelerinde yalnız kesme dayanımı tahkiki yapılarak buradaki elastik olmayan şekil değiştirmelerin statik çözümlemede dikkate alınmaması pratiğinin güvenilirliği hakkında endişeler doğurmuştur.

2.6 Perde Hasarları

ABYYHY-98 sonrasında mühendislik hizmeti alarak inşa edilmiş yapıların birçoğunda betonarme perdeler mevcut olmakla birlikte, diğer elemanlarda görülen adi kusurların sebep olduğu hasarlar, perdelerde de mevcuttur. Perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğunun yetersizliği, perde uç bölgesinde yetersiz sargı donatısı veya sargı donatısının kullanılmaması, perde gövdesi yatay (kesme) donatı miktarının yetersizliği, perde gövdesi yatay (kesme) donatılarının perde uç bölgelerinde uygun şekilde kenetlenmemesi (boyuna donatılar etrafından 90° bükülerek kabuk betonunda bırakılması) ve perde gövdesinde özel deprem çirozlarının kullanılmamasından dolayı bu elemanlarda hasarın meydana geldiği tespit edilmiştir.

Bunun yanında, geçtiğimiz birkaç yıl içinde yapılaşmanın hızlı olduğu Nurdağı ve Islahiye bölgeleri başta olmak üzere, TBDY-2018'e uygun şekilde tasarlanmış ve asansörlü olarak inşa edilmiş pek çok yapıda, L ya da U şeklindeki *asansör perdelerinde*, yapıda burulmanın neden olduğu değerlendirilen hasarlar kaydedilmiştir (bkz Şekil 10).

2.7 Duvar Hasarı

Deprem nedeniyle mevcut betonarme binaların taşıyıcı sisteminde meydana gelen yatay yerdeğiştirmeden dolayı çekme dayanımı düşük olan bölme duvarlarda x şeklinde kesme çatlaklarının oluştuğu tespit edilmiştir. Duvar hasarının çok yoğun olduğu pek çok binada, betonarme hasarın kısıtlı olduğu görölmüştür. Bunun yanında Bölüm 2.4.1 ile tarif edilen düzensizlikler ve neden oldukları tehlikeli kat mekanizmalarının en büyük sebeplerinden biri de duvarların hasar alamaması olduğu değerlendirilmiştir.

2.8 Zemin Sıvılaşması

Deprem dalgaları; akarsu havzasında, göl kenarında veya kıyı bölgesinde bulunan alüvyonlu, killi ve ince kumlu zeminlerde su basıncının artmasına ve zemin danelerinin birbiriyle temasının zayıflamasına neden olmaktadır. Böylece taşıma kapasitesi azalan zemin sıvı benzeri bir davranış göstererek sıvılaşmaya neden olmaktadır. Bu depremlerde zemin sıvılaşması nedeniyle mevcut binalarda oturma veya bir bütün olarak dönmeye bağılı hasarlar tespit edilmiştir, Şekil 11. Bu durum temel zemininde gerekli önlemlerin alınmadığını açık bir şekilde göstermiştir.

Özel olarak, Adıyaman Gölbaşı ilçesinde şehir merkezinin büyük kısmının kumlu zemin üzerine kurulduğu, açılan su kuyularında 1.5-2m derinliğinde su çıkmasına rağmen elverişli olmayan bu zemine 6 kata varan betonarme binalar yapıldığı görölmüştür. Bunun neticesinde, binanın taşıyıcı sisteminin yönetmeliğe ya da genel mühendislik ilkelerine uygunluğundan bağımsız olarak bir çok yapının 20 cm - 120 cm arasında zemine battığı tespit edilmiştir. Bazı durumlarda yapı temelının hemen tamamı aynı yerdeğiştirmeyi yaparak bir rijit cisim hareketi gerçekleştirmiş ve betonarme hasar sınırlı kalmıştır. Bunun yanında pek çok binada da farklı seviyelerde oturmaya bağılı olarak, betonarme tasarımla önüne geçilmesi mümkün olmayan yoğun hasarlar gözlenmiştir.

3 Depreme Karşı Yalıtım Birimli Hastane Yapıları

Kahramanmaraş ilinde bir adet, Malatya'da üç adet, Osmaniye'de iki adet, Adana'da bir adet, Hatay'da bir adet olmak üzere sekiz adet yalıtım birimli hastane ziyaret edilerek gözlemler ve incelemelerde bulunulmuştur. Bu incelemeler ile edinilen bulgular, hastaneler özelinde Bölüm 3.1 - 3.8 ile aktarılmıştır.



Şekil 11: Zeminde sıvılaşma örneği

3.1 Kahramanmaraş Necip Fazıl Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi

Kahramanmaraş ilinde bulunan ve 21 Şubat 2023 günü (Deprem'in 16. günü) ziyaret edilen yalıtım birimli ve 370 yatak kapasiteli Kahramanmaraş Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi binası yapım aşamasında olup hastanenin yalıtım birimlerinin tamamının yerleştirildiği alt temel sisteminin bir kısmının üzerinde üst temelden itibaren ortalama 4 kat yüksekliğine kadar tamamlanmış (tamamlandığında bir bölümü 5 diğer bölümü 9 katlı olacak) bina bölümü gözlemlenmiştir (bkz. Şekil 12).

Yapılan gözlemlerde TIS marka (URL-1) 1 m yerdeğiştirme yeteneğine sahip çift eğrisel yüzeyli yalıtım birimlerinin kilitli olduğu ve deprem esnasında inşaa edilen kısım altındaki yalıtım birimlerinin kilitlerini (yalıtım biriminin üst ve alt plakalarını birleştiren slot şeklindeki kulakların bulon ile birleştirilerek kilitlenmiştir.) açtığı görülmüştür. Yalıtım birimlerinin deprem esnasında kilitlerinden kurtularak çalışması olumlu bir durum olarak düşünülmekte olup üst yapıya deprem hareketinin iletilmesini öngörülen derecede engellediği düşünülmektedir.

Hastane binası yalıtımlı monotonik bir üst temel üstünde öngörülmüşken deprem esnasında bu temelin kısmi tamamlanmış olması, alt temel üzerindeki tüm yalıtım birimlerinin



Şekil 12: Kahramanmaraş Necip Fazıl Hastanesi ve Sismik Yalıtım Birimleri

hepsinin kısmi tamamlanmış üst temel ile beraber doğal olarak hareket edememiş olması, inşaa aşamasındaki yapı için beklenmedik bir durum oluşturduğu düşünülmektedir. İnşaa kısmi tamamlanmış kısmın yalıtım birimleri üzerinde 6 Şubat günü gerçekleşen iki büyük depremden sonra edinilen 24 cm civarındaki toplam yerdeğiştirme hareketi ve ortogonal iki doğrultuda kalıcı yerdeğiştirmelerin bulunduğu görülmüştür. Yalıtım birimleri üzerinden ölçülen yerdeğiştirme miktarları 2 ila 5 cm arasında değişmektedir.

İnşaa halindeki kısımda kalıcı halde burulma hareketinin varlığı, yalıtım birimleri seviyesinde yalıtım birimlerinin kalıcı yerdeğiştirme miktarları ve hareket yönlerinden anlaşılmıştır. Burulma hareketinin, kısmi inşaa edilmiş yapı altında bulunan yalıtım birimlerinin normal kuvvet kapasitelerinin farklı olması dolayısıyla oluşturdukları farklı sürtünme kuvvetlerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Burulma hareketi, rijitlik merkezi ve kütle merkezi arasındaki eksantrisiteden kaynaklı oluşur. Yalıtım birimli temelin burulmasında da bu durumun geçerli olması için yalıtım birimlerinin kuvvet-yerdeğiştirme ilişkilerinin tasarımında etkin akma yerdeğiştirmesinin tüm yalıtım birimleri için aynı olması gerekmektedir. Aynı etkin akma yerdeğiştirme için düşey kuvvetten dolayı her bir yalıtım biriminde elde edilecek farklı etkin akma dayanımlarına karşı farklı başlangıç rijitlikleri elde edilir. Yalıtım birimli temel ilk harekete geçerken bu anlamda belirlenmiş başlangıç rijitliğine ya da ilk yenilmesi gereken sürtünme kuvveti (etkin akma dayanımı) değerlerine göre burulma hareketi sergiler.

Bu durumda burulmadan kaynaklı yerdeğiştirme hareketi görelilik olarak yalıtım birimlerinde farklı yatay yerdeğiştirmeler oluşturacağından yalıtım biriminin çift eğri yüzey plakalı

sarkaç tipi yalıtım birimi olmasından dolayı her kolon altına koyulan yalıtım biriminde burulma hareketi ile orantılı düşey hareket gelişecektir. Yatay yerdeğiştirmenin fazla olduğu yalıtım birimlerinde daha fazla düşey yerdeğiştirme az olanlarda daha az düşey yerdeğiştirme olacağından üst temelde oluşacak farklı düşey hareket durumu üst temelde oluşturduğu şekildeğiştirmenin makul sınırlar içinde kalıp kalmadığı açısından kontrol edilmelidir. Ayrıca yalıtım birimlerinin eğri yüzeyli plakaları içinde havadaki nemin yoğunlaşmasından kaynaklı olduğu düşünölen su olduğu tespit edilmiş olup bu durumun önlenmesi için tedbir alınmalıdır. Ayrıca yalıtım biriminin üst ve alt plakası arasına köröklö bir tedbir alınarak eğrisel iç yüzölü plakalar içerisindeki kirlenme engellenmelidir. Plakalar arasındaki üst plakaya silikonlanmış lastik conta hareket halinde plakalardan ayrılmakta olup bu eğrisel iç yüzölü plakaların içlerinin kirlenmesinin sürdürölebilir olarak engellemediği anlaşılmaktadır.

Hastanenin inşaa edildiği zemin, tarıma elverişli, bir alan olduğundan yeraltı su seviyesinin zemine yakın olduğu düşünölmektedir. Bundan dolayı zeminden talep edilen taşıma gücünün sağlanmış olsa dahi zaman içindeki suyun artıp azalmasından dolayı alt temelin en ve boy büyüklöğü nedeniyle alt temel üstündeki düşey taşıyıcı sistem elemanlarının üniform olmayan eksenel kuvvetlerinden ötürö zeminin düşey yükler altında giderek artabilecek üniform olmayan deformasyonlar oluşabilir. Ayrıca, alt temel alt kotu ile örselenmemiş zemin kotu arasındaki kazılan toprak hacminden kaynaklı kaldırılan zemin ağırlığından tahmini olarak daha az bir bina ağırlığı yerine koyulmuş olacağından temelde zamana bağlı zemin kabarmasının olacağı ve bu kabarmanın üniform olmayacağı düşünölmektedir. Nihai olarak üniform olmayan zemin deformasyonuna bağlı alt temel ve üst temelde düzlem içi ve düzlem dışı ek iç kuvvetler oluşabileceği düşünölmektedir.

3.2 Malatya Doğanşehir Devlet Hastenesi

Malatya ilinde bulunan ve 23 Şubat günü (Depremi 18. günü) ziyaret edilen, TIS marka çift eğrisel yüzeyli ve 49 cm yerdeğiştirme kapasitesine sahip yalıtım birimleri ile donatılmış 100 yatak kapasiteli Malatya Doğanşehir Devlet Hastane binası 2021 yılından itibaren hizmet vermektedir (bkz. Şekil 13).

Binanın taşıyıcı olmayan dolgu duvarlarında katlar boyunca hasarlar görölmüştür. Bina içinde bir çok birimde sağlık hizmeti vermeye engel olacak şekilde kesintisiz kullanımın sağlanmasına imkan vermeyen durumlar oluşmuştur. Binanın taşıyıcı sistemindeki bakılan kısımlarında hasar görölmemiştir. Binanın yalıtım birimlerinin olduğu alt temel ile üst temel arasındaki katta yapılan gözlemlerde yalıtım birimlerinin bina kenarına yakın olanlarının gö-



Şekil 13: Malatya Doğanşehir Devlet Hastanesi ve Sismik Yalıtım Birimleri

zlemlenen bazılarında alt ve üst plakaları arasında kalıcı olarak 1-2 cm civarında yerdeğiştirme hareketi gözlemlenmiş olup diğer gözlemlenenlerin çoğunda kalıcı yerdeğiştirme hareketi yok gibidir. Gezilen yalıtım birimli hastane binaları içinde en fazla yapısal olmayan hasar (duvarlarda ve hastane ekipmanlarında) bu hastanede gözlemlenmiştir. Yalıtımlı döşeme üzerinde biri 6 katlı diğeri 4 katlı (Arada derz olup olmadığına bakılmadı. Eğer derz yok ise bina yüksek kat miktarı ile tek bina olarak anılır) iki bina mevcuttur. Binaların yüksek olanı dikdörtgen olup az katlı olanı nispeten kare şeklindedir. Dışarıda eğilen sokak işaret levhalarına bakıldığında yüksek katlı binanın kısa doğrultusunda çok büyük bir yer hareketi maruz kaldığı anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda hareket nispeten binanın simetrik olduğu bir doğrultu olduğu düşünüldüğünden yalıtım birimlerinde gözlemlenen burulma hareketinin nispeten sınırlı kaldığı düşünülmektedir.

Yalıtım birimlerinin başlangıç rijitlikleri ve üst yapının rijit cisim gibi davrandığı duruma karşı gelen periyot ile üst temel üstündeki binanın esnek cisim gibi davrandığı duruma karşılık gelen periyottan belli bir kat ($1/1,41$ gibi) küçük olmalıdır ki üst temel üstündeki bina deprem altında rezonans bölgesine daha yeni girmeye başlarken önce yalıtım birimlerinde hareketin başlamasıyla rezonans etkisinin istenilen kadar az ölçüde binaya aktarılması sağlanabilsin ve hareket başladıktan sonra binanın esnek cisim hareketi üst temel üstündeki binanın kendi viskoz sönümü ile sönümlenerek bina rijit cisim hareketine geçsin. Anlaşıldığı kadarıyla yalıtım birimlerinin tasarımcı tarafından belirlenen başlangıç rijitliklerine bağlı periyot, yalıtım birimli binada istenilen az etkinin oluşması için gereken tetiklemeyi yaratacak kadar üst temel üstündeki yapının esnek cisim hareketine karşı gelen periyottan yeterli

kadar küçük (1/1,41 kat gibi) değerde olmadıkları düşünülmektedir. Örneğin yalıtım birimlerinin tahmin edilen başlangıç rijitliklerine dayalı peryoduna (etkin akma yerdeğiştirmesi 8 mm olduğu kabul edilerek) göre üst temel üstündeki yapının bu hastane binası için yaklaşık olarak kat yüksekliği 3,5 m düşünöldüğünde en az 7 katlı (Etkin akma yerdeğiştirmesi 10 mm olduğu kabul edildiğinde bulunan kat sayısı 9 olmaktadır.) olması gerektiği düşünölmektedir. Hastanenin 6 katlı tek bir bina olarak dikkate alınmasında durumunda dahi kat miktarı az kaldığı düşünölmektedir.

Duvar hasarının bir diğer nedeni, yer hareketinin yakın fay etkisinden dolayı yüksek hızlı bir etki olması dolayısıyla yüksek frekanslı titreşimler içermesi olabilir. Bu durumda duvarların kargas yapı kurulduktan sonra etraflarındaki betonarme çerçeveye düzlem dışı hareketi yeterince sınırlandıracak miktarda dayanımlı entegre edilemediklerinde hareket doğrultusuna dik olarak düzlem dışı olarak yıkılmaları durumları ile karşılaşılabılır. Ancak yerinde yapılan gözlemlerde her iki ortogonal doğrultudaki duvarlarda da hasar vardı. Duvar doğrultularının etkin yer hareketi doğrultusu ile olan ilişkisi yerinde tam olarak saptanamamış olup ortogonal doğrultulardaki hasar farklı depremlerde oluşmuş da olabileceği düşünölmelidir.

3.3 Malatya Battalgazi Devlet Hastenesi

Malatya'da bulunan ve 23 şubat günü (Depremin 18. günü) ziyaret edilen, TIS marka çift eğrisel yüzeyli ve 45 cm yerdeğiştirme kapasitesine sahip yalıtım birimleri ile donatılmış (URL-2) 217 yatak kapasiteli Malatya Battalgazi Devlet Hastane binası 2022 yılından itibaren hizmet vermekte olup otopark seviyesindeki yalıtım birimi üzerindeki kısımda binanın taşıyıcı olmayan dolgu duvarlarında hasarlar görölmüştür. Yangın merdiveni boşluklarında katlar boyunca dolgu duvarlarında hasarlar gözlemlenmiştir. Asansör girişlerinin bazılarındaki mermer kaplamalar yerinden oynamıştır. Binada sağlık hizmetlerinde bir aksama olmadığı anlaşılmıştır (bkz. şekil 14).

Yüksek bina kısmının dışındaki çakıl dolgularda binanın hareket ettiğine dair bir emareye rastlanmamıştır. Ancak inşaat firma yetkilisinin basına verdiği demeçte ve medyaya sunulan videolarda yalıtım birimlerinin çalıştığı ve yaklaşık 16 cm hareket ettiği bilgisi paylaşılmıştır (URL-3).

Bina grubu kenar kısımda 9 katlı L şeklinde bir bina ile orta kısımda yer yer 4 veya 5 kattan oluşan (Arada derz olup olmadığına bakılmadı. Eğer derz yok ise bina yüksek kat miktarı ile tek bina olarak anılır) bina binadan ibaret olup depreme karşı otopark katı üstünden depreme karşı yalıtılmıştır. Dolayısıyla yalıtım birimlerinin üstünde en yüksek 8



Şekil 14: Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi ve Sismik Yalıtım Birimleri

kat en az 3 kat olan binalar mevcuttur. Yalıtılmış döşeme üstünde simetrik olmayan bir bina grubu olup bina ağırlıkları ve onlara azda olsa iletilecek deprem kuvvetleri altında düşey taşıyıcı kolon ve perde gibi yapısal elemanlarda normal kuvvetler gelişecektir.

Yalıtım birimlerinin tahmin edilen başlangıç rijitliklerine dayalı peryoduna (etkin akma yerdeğiştirmesi 8 mm olduğu kabul edilerek) göre üst temel üstündeki yapının bu hastane binası için yaklaşık olarak kat yüksekliği 3,5 m düşünöldüğünde en az 7 katlı (Etkin akma yerdeğiştirmesi 10 mm olduğu kabul edildiğinde bulunan kat sayısı 9 olmaktadır.) olması gerektiği düşünölmektedir. Hastanenin 8 katlı tek bir bina olarak dikkate alınmasında durumunda dahi kat sayısı kritik kalabilmektedir.

3.4 Malatya Kadın Doğum Çocuk Hastanesi

Malatya'da bulunan ve 23 Şubat günü (Depremiñ 18. günü) ziyaret edilen, TIS marka çift eğri yüzeyli ve 36 cm yerdeğiştirme kapasitesine sahip yalıtım birimleri ile donatılmış (URL-4, bkz. Şekil 15) 294 yatak kapasiteli Malatya Kadın Doğum Çocuk Hastane binası 2019 yılından itibaren hizmet vermekte olup otopark seviyesindeki yalıtım birimi üzerinde olmayan kısımdaki binanın taşıyıcı olmayan dolgu duvarlarında hasarlar görölmüşür. Bu duvarlar yalıtım birimli döşemeye birleştirilmemiş olmasaydı hasar görmeyeceği düşünölmektedir. Yangın merdiveni boşluklarında ve hastane içindeki dolgu duvarlarında katlar boyunca hasarlar gözlemlenmiştir. Gözlemlenen binanın kenarlarına yakın yalıtım birimlerinin birinde 4 cm civarında kalıcı hareket gözlemlenmiştir. Binada sağlık hizmetlerinde bir aksama olmadığı anlaşılmıştır. (URL-5) Bina 14 katlı olup yalıtım birimlerinin olduğu temel döşemesi



Şekil 15: Malatya Devlet Hastanesi ve Sismik Yalıtım Birimleri

üzerinde 13 kat mevcuttur. Bina kat planında perde dağılımına bakıldığında yapının alan olarak içinde ancak uzun doğrultusunda ortada tam olmayan binanın burulmasına neden olabilecek büyük bir perde grubunun olduğu anlaşılmaktadır. Bu perde grubundan dolayı burulma hareketine neden olmuş olabilir.

Yalıtım birimlerinin tahmin edilen başlangıç rijitliklerine dayalı periyoduna (etkin akma yerdeğiştirmesi 8 mm olduğu kabul edilerek) göre üst temel üstündeki yapının bu hastane binası için yaklaşık olarak kat yüksekliği 3,5 m düşünüldüğünde en az 7 katlı (Etkin akma yerdeğiştirmesi 10 mm olduğu kabul edildiğinde bulunan kat sayısı 9 olmaktadır.) olması gerektiği düşünülmektedir. Hastanenin 13 katlı tek bir bina olduğu düşünüldüğünde kat sayısı kritik olmamasına rağmen duvar hasarının olması binada yalıtım birimleri tarafından sağlanması gereken ve ihtiyaç duyulan sönümün yetersizliğine işaret etmekte olduğunu düşündürülebilir. İhtiyaç olunan sönümün bir kısmı duvar hasarları ile sağlanmış olabilir. Öte yandan duvar hasarının her katta hemen hemen aynı derecede olması, yalıtım birimli bir üst temel üzerindeki perdeli bir çerçeve sistem için aslında pek beklenmeyebilir. Burada üst yapı için merkezde olan perde yapısının katlar boyunca burulma etkisini hissettirmiş olabileceği düşünülebilir. Bu burulma hareketinden dolayı ortogonal olan duvarlarda hasar katlar boyunca oluşmuş olabilir.

3.5 Hatay Dörtyol Devlet Hastanesi

Hatay'da bulunan ve 24 Şubat günü (Deprem 19. günü) ziyaret edilen, TIS marka çift eğri yüzeyli ve 40 cm yerdeğiştirme kapasitesine sahip yalıtım birimleri ile donatılmış 250 yatak



Şekil 16: Dörtyol Devlet Hastanesi ve Sismik Yalıtım Birimleri

kapasiteli Hatay Dörtyol Devlet Hastane binası grubu 2022 yılında hizmete girmiştir (bkz. Şekil 17). Binanın yalıtım birimlerinin olduğu alt temel ile üst temel arasındaki katta yapılan gözlemlerde yalıtım birimlerinin bina kenarına yakın olanlarının gözlemlenen bazılarında alt ve üst plakaları arasında kalıcı olarak 4 cm civarında yerdeğiştirme hareketi gözlemlenmiş olup diğer bina kenarlarına yakın gözlemlenenlerin çoğunda farklı kalıcı yerdeğiştirme hareketleri görülmüştür. Bu nedenle üst temel kotunda yapıda burulma olduğu anlaşılmaktadır. Yalıtım birimlerinin bazılarında kauçuk contanın 8 cm kadar yalıtım biriminin üst ile alt plakası arasına girdiği, dolayısıyla en az bu kadarlık yerdeğiştirmenin o yalıtım birimlerinde olduğu düşünülmektedir. Youtube'daki deprem anındaki bit kattaki güvenlik kamerasından çekilen videoda çok ciddi yerdeğiştirmelerin üst kata iletildiği anlaşılmaktadır. Yemekhane katında asma tavan kısımlarından dökülen paneller olduğu fark edilmiştir. Ayrıca bir yangın merdiveni katlar boyunca gezilmiş ve dolgu duvarlarda hasarlar gözlemlenmiştir. Asansör girişlerinin olduğu kısımlarda da katlar boyunca dolgu duvar hasarları gözlemlenmiştir. Hastane bina grubu yalıtım birimleri üzerindeki üst temel üzerinde bir adet 11 katlı konveks bir adet de 4 katlı konkav yay formunda kat planına sahip binalar ile bu binalar arasında 4 katlı artı formunda kat planına sahip bir (Arada derz olup olmadığına bakılmadı. Eğer derz yok ise bina yüksek kat miktarı ile tek bina olarak anılır) bina bulunmaktadır.

Yalıtım birimlerinin tahmin edilen başlangıç rijitliklerine dayalı periyoduna (etkin akma yerdeğiştirmesi 8 mm olduğu kabul edilerek) göre üst temel üstündeki yapının bu hastane binası için yaklaşık olarak kat yüksekliği 3,5 m düşünüldüğünde en az 7 katlı (Etkin akma yerdeğiştirmesi 10 mm olduğu kabul edildiğinde bulunan kat sayısı 9 olmaktadır.) olması



Şekil 17: Osmaniye Devlet Hastanesi ve Sismik Yalıtım Birimleri

gerektiği düşünülmektedir. Hastanenin 4 katlı olan binasının dikkate alınmasında durumunda kat sayısının az kaldığı düşünülmektedir. Bu kısımlarda dolgu duvar hasarı olup olmadığına bakılmadı.

Hastanenin 11 katlı binası dikkate alındığında kat sayısı kritik olmamasına rağmen duvar hasarının olması binada yalıtım birimleri tarafından sağlanması gereken ve ihtiyaç duyulan sönümün yetersizliğine işaret etmekte olduğunu düşündürebilir. İhtiyaç olunan sönümün bir kısmı duvar hasarları ile sağlanmış olabilir. Öte yandan duvar hasarının her katta hemen hemen aynı derecede olması, yalıtım birimli bir üst temel üzerindeki perdeli bir çerçeve sistem için aslında pek beklenmeyebilir. Burada üst yapı için merkezde olan perde yapısının katlar boyunca burulma etkisini hissettirmiş olabileceği düşünülebilir. Bu burulma hareketinden dolayı ortogonal olan duvarlarda hasar katlar boyunca oluşmuş olabilir.

3.6 Osmaniye Düziçi Devlet Hastanesi

Osmaniye’de bulunan ve 25 Şubat günü (Deprem’in 20. günü) ziyaret edilen, TIS marka çift eğri yüzeyli ve 59 cm yerdeğiştirme kapasitesine sahip yalıtım birimleri ile donatılmış 200 yatak kapasiteli (URL-6) Osmaniye Düziçi Devlet Hastane binası yapım aşamasındadır (bkz. Şekil 17).

Binanın yalıtım birimlerinin olduğu alt temel ile üst temel arasındaki katta yapılan gözlemlerde yalıtım birimlerinin bina kenarına yakın olanlarının gözlemlenen bazılarında alt ve üst plakaları arasında yaklaşık 6 cm civarında yerdeğiştirme olduğu düşünülmüş ve kalıcı



Şekil 18: Osmaniye Devlet Hastanesi ve Sismik Yalıtım Birimleri

olarak 2 cm civarında yerdeğiştirme hareketi olduğu gözlemlenmiştir. Yalıtım birimli üst temel üstünde 6 katlı dikdörtgen bir bina ile bu binaya dik doğrultuda 2 katlı ve 4 katlı iki ayrı dikdörtgen (Arada derz olup olmadığına bakılmadı. Eğer derz yok ise bina yüksek kat miktarı ile tek bina olarak anılır) bina yer almaktadır. Gözlemlenen yalıtım birimlerinden bazılarında hiç kalıcı yerdeğiştirme gözlemlenmemiştir. Bu yalıtım birimlerinin alt temel kotunda olup burada asansör, merdiven boşluğu gibi bir nedenle düşük döşeme gibi bir üst temel döşemesinin altındadır. Yalıtım birimlerinde bu bağlamda üst temelin burulmasından kaynaklı farklı kalıcı yerdeğiştirme durumları olduğu düşünülmektedir.

3.7 Osmaniye Devlet Hastanesi

Osmaniye’de bulunan ve 25 Şubat günü (Deprem’in 20. günü) ziyaret edilen, TIS marka çift eğri yüzeyli ve 45 cm yerdeğiştirme kapasitesine sahip yalıtım birimleri ile donatılmış tahminen 500 yatak kapasiteli (URL-7) Osmaniye Devlet Hastane binası tamamlanmış ancak tam olarak hizmete girmemiştir (bkz. Şekil 18).

Hastane birden fazla binanın meydana getirdiği bir bina grubudur. Bina grubunun yalıtım birimlerinin olduğu alt temel ile üst temel arasındaki katta yapılan gözlemlerde yalıtım birimlerinin bina kenarlarına yakın olanlarının gözlemlenen bazılarında alt ve üst plakaları arasında kalıcı olarak 2 cm civarında yerdeğiştirme hareketi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bina gruplarının dış komşuluğundaki çakıl dolgular üzerindeki izlerden 12 cm’e kadar yerdeğiştirme hareketi olduğu anlaşılmaktadır. Yalıtım birimlerinin hareketlerini takip etmek üzere yalıtım birimleri olduğu kat altında bina gruplarının oturduğu üst temelin dört bir köşesine konan



Şekil 19: Adana Şehir Hastanesi ve Sismik Yalıtım Birimleri

bir levha üzerine kazıyarak çizen bir uçtan oluşan basit ama etkili olacağı düşünülen sistem kurgulanmıştır. Bu sistemin okumaları veya işaretlemeleri levha üzere kazıyan ucun yaylı olmaması ve eğri yüzeyli yalıtım birimlerinin yanal hareket yaptıkça yükselerek bu kazıyıcı ucu belli bir yatay yerdeğiştirmeden sonra boşta bırakması nedeniyle işaretleme yapılamadığı anlaşılmaktadır. Buna rağmen dört bir köşedeki işaretlemelerin miktarı ve yönleri aynı olmadığı görülmüştür. Buda yalıtım birimi katında burulma olduğunu göstermektedir. Yalıtım birimli üst temel üstünde 5-8 kat arasında dikdörtgen bina kısımlarının çıkıntılar yaptığı dikdörtgen (Arada derz olup olmadığına bakılmadı. Eğer derz yok ise bina yüksek kat miktarı ile tek bina olarak anılır) binalar yer almaktadır. Bu binalar simetrik olmayan bir konumda olmaları ve içlerindeki perde sistemlerinin altında yüksek sürtünme kuvvetleri oluşması burulmaya neden olduğu düşünülmektedir.

3.8 Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Adana’da bulunan ve 25 Şubat günü (Depremi 20. günü) ziyaret edilen, EPS marka farklı katmanlı eğri yüzeyli ve tahminen 50 cm yerdeğiştirme kapasitesine sahip yalıtım birimleri ile donatılmış 1550 yatak kapasiteli Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastane bina grubu 2017 yılından beri hizmet vermektedir (bkz. Şekil 19).

Hastane birden fazla binanın meydana getirdiği bir bina grubudur. Kat planına bakıldığında tek simetri eksenine sahiptir. Her ne kadar kat planı çift simetriye sahip gibi gözüksün de yalıtım birimleri üstündeki üst temel üzerinde üç kollu olan dört bina grubunun ikisinin kat sayısı 12 olup diğer ikisinin 8 katlıdır. Orta kısım 4 katlıdır. Binalar arasında derz olup olmadığına

bakılmadı. Eğer derz yok ise bina yüksek kat miktarı ile tek bina olarak anılır. Bina grubunun yalıtım birimlerinin olduğu alt temel ile üst temel arasındaki katta yapılan gözlemlerde yalıtım birimlerinin bina kenarlarına yakın olanlarının gözlemlenen bazılarında alt ve üst plakaları arasında kalıcı olarak 4 cm civarında yerdeğiştirme hareketi olduğu gözlemlenmiştir. Yalıtım birimlerinin olduğu otopark katında farklı kalıcı yerdeğiştirmeler gözlemlenmiştir. Hatta bazı kenarlardaki yalıtım birimlerinde hiç bir hareketin olmadığı üst temel ile alt temel arasını birleştiren ve üst temelin bir kenarı boyunca olan dolgu duvarlarında hasar gözükmemesinden de anlaşılabilmektedir. Bu duvarlar içinden üst temel kotuna sabitlenmiş geçen tesisat borularının etrafında da dolgu duvarda hiç bir hasar gözlemlenmemiştir. Ayrıca başka üst temel kenarı komşuluğunda üst temeldeki düşük bir temel bölümünün alt temelde bulunan perde duvar içerisinde sadece tek bir doğrultuda sınırlı bir geçiş yapabilecek kadar boşluk bırakılmasından ve o boşluk kenarında hasar oluşmamasından da üst temel hareketinin geometrik olarak her yerde aynı hareketi yapmadığı anlamına gelmektedir. Bu da burulma hareketinin bir işareti olarak görülebilir. Üç kollu binalardan birinin yangın merdivenlerinde en üstten aşağı kadar yapılan gözlemlerde dolgu duvar hasarına rastlanmamıştır.

4 Sonuç ve Değerlendirme

4.1 ABYBHY-98 Sonrası Betonarme Yapılar ile İlgili Değerlendirmeler

Proje kapsamında yapılan incelemelerde, afet bölgesinde özellikle mühendislik hizmeti alınmasının sınırlı olduğu, kötü malzeme ve işçiliğinin kıyasla yaygın olduğu ABYBHY-98'den sonra inşa edilen yapılar, eski yapılardan ayrılarak değerlendirme yapılmıştır. Eski yapılardan farklı olarak, bu yapıların ilkesel olarak kendilerinden talep edilen sünek davranışı gerçekleştirip gerçekleştirmediği yapı ve deprem mühendisliği pratiği adına özellikle önemlidir.

Yapılan değerlendirmeler, bu sınıftaki binaların bir kısmı, tasarımlarında esas alınan en büyük yer ivmesi büyüklüklerinden dolayısıyla taban kesme kuvvetlerinden daha büyük kuvvetlere maruz kaldıkları olabileceklerini göstermektedir. Fakat bu tespit, hasarlı yapıların hemen hiç birinde giriş hasarı görülememesi durumunu açıklamamaktadır. Bu durumun sebepleri, uygulama ile ilgili adı sebepler ve tasarım ile ilgili sebepler olmak üzere iki temel başlık altında değerlendirilebilir.

Uygulama ile ilgili kusurlar, hemen tüm hasar tiplerinde ortak olmak üzere;

- Özensiz kalıp işçiliği, uygunsuz vibratör kullanımına bağlı olarak betonda segragasyon,

- Etriye aralıklarının uygun olmaması ve özel deprem kancası uygulamasının eksikliği
- Bindirmelerde yapılan yanlış uygulamalar
- Taşıyıcı sisteme sonradan müdahale edilerek süreksizliklerin oluşturulması
- Bölgede mevcut olan yüksek sivilaşma riskinin, şehir planlamasında uygun şekilde hesaba katılmaması

gibi sebepler sıralanabilir. Bunlardan daha önemlisi ise, nizami olarak gerçekleştirilen uygulamalarda karşılaşılan hasarların nedenleri olup; bunlar ile ilgili yalnız görsel incelemeye dayalı gözlemler üzerinden değil taşıyıcı sistemin deprem etkileri altında sayısal davranışının incelenmesi ile birleştirilerek sonuçların çıkarılması uygun olacaktır. Yine de mevcut gözlemler üzerinden değerlendirme yapılacak olursa, mevcut yönetmelik ile getirilen tasarım kriterleri ve uygulamaları ile,

- Betonarme çerçevelerde plastik mafsalların kirişte oluşmasının sağlanamadığı ve döşemelerin göçme durumunda dahi beklenenden rijit olduğu,
- Kat rijitliği ve dayanımının kıyası üzerine kurulu düzensizlik tanımlarının, tüm bölgelerde en yoğun şekilde gözlemlenen zayıf kat oluşumlarını engellenemediği,
- Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde oluşan inelastik şekil değiştirmelerin dikkate alınmadığı ve sebep oldukları stabilite kaybının engellenemediği,
- Taşıyıcı sistemlerin düzenlenmesinde merkezi perdelerin burulma etkilerinin yeterince dikkate alınmadığı,

değerlendirilmiştir.

4.2 Sismik Yalıtım Birimli Hastane Yapıları ile İlgili Değerlendirmeler

Gözlem yapılan tüm yalıtım birimli hastane binalarında mutlaka yalıtım birimlerinin farklı bir kotta olan kısmi mevcut idi. Bu kısım genelde perdelerin yoğun olduğu kısımlar olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda bu kısımlara daha üst hizada olan yalıtım birimlerinin sürtünme kuvvetlerinden dolayı da ayrıca ek kuvvetler geldiği anlaşılmaktadır. Bu durumun bir mecburiyetten mi yoksa tasarımcının zorunlu olarak yapması gerektiği bir tasarruf olup olmadığı anlaşılamamıştır. Ayrıca farklı kot seviyelerinden kaynaklı sürtünme kuvvetlerinin daha alt

kottaki yalıtım birimlerine iletilmesi durumu söz konusudur. Bu durumda en üst kottaki yalıtım birimlerinin sürtünme kuvvetleri de en alt kottaki yalıtım birimlerine taşıyıcı sistem üzerinden aktarılacağından yalıtım birimlerinde sağlanan sönümün artırılmasının gerektirmiş olabileceği düşünülmektedir.

Duvar hasarlarının olduğu binalarda tahminen Kesintisiz Kullanım için verilen 0,005hi değerinin aşıldığı düşünülmektedir. Bunun genel nedeni olarak da tasarımda yalıtım birimi katında daha fazla sönümün dikkate alınması gerekmiş olabileceğidir. Bu durumda duvar hasarı olan binalara ilave sönüm kaynaklarının koyulması gerekebileceği düşünülmektedir. Tasarımın başında yapının sönümü için tahminde gerekenden daha az sönüm oluşturmuş olabileceği ve tasarım aşamasında talep edilen daha yüksek sönüm ihtiyacının karşılanmamasından dolayı yalıtım birimlerinin üst yapıya aktardığı kuvvetin olması gerekenden daha fazla olmuş olacağından duvar hasarlarına veya Kesintisiz Kullanım performans seviyesinin yerinde sağlanmamış olmasına neden olmuş olabilir. Şu an itibariyle Kesintisiz Kullanımı sağlamadığı düşünülen yapıların bu seviyeye taşınabilmesi veya en azından oluşan yapısal olmayan hasarların azaltılması için bazı öneriler artı ve eksileriyle aşağıda tartışılacaktır.

- Dolgu duvarlarının taşıyıcı sistem elemanlarından ayrılması ve kendi ağırlıklarını taşıyacak miktarda yeniden teşkili veya güçlendirilmesi işlemi yapılabilir. Bu durumda duvarların düzlem dışı hareketlerinin önlenmesi için kiriş altından bu hareketi sınırlayıcı tedbirler alınmalıdır. Bu durumda duvarlar tasarımında da öngörülmüş olabileceği gibi sadece yük olarak bina bulunmuş olup. Bu tedbir hastanelerde bulunanlar için hayati yaşam riskini düşürecektir. Binada bulunan cihazların zarar görmesini engelleyecektir. Ancak TBY-2018’de tanımlanan Kesintisiz Kullanım için öngörülen görelî kat yerdeğiştirmesi değerinin aşılmasını engellemeyecektir. Ancak görelî kat yerdeğiştirmeleri üst temel üzerindeki perde sisteminin merkezde olmasından kaynaklı olarak burulma hareketinden kaynaklanmış ise bu durumda dolgu duvarlarının taşıyıcı sistem elemanlarından ayrılması oldukça mantıklı olacaktır.
- Üst temel üstündeki yapının yatay rijitliğinin artırılması görelî kat yerdeğiştirmelerini sınırlandırarak Kesintisiz Kullanımın sağlanması mümkün olabilir. Ancak bunu sağlamak için ek taşıyıcı eleman kullanımı gerektirebileceği, bu elemanların ağırlıklarından kaynaklı ek kütlelerin kolonlarda daha fazla normal kuvvete dönüşebileceği ve bu da sarkaç tipi yalıtım birimlerindeki etkin akma dayanımını değiştirebileceğinden üst yapıya etkiyecek kat kesme kuvvetlerini artırabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla uygun olmayan bir mantıkta rijitlik artımı mevcut sisteme olumsuz etki yapabilir. Yatay

rijitliğin yapı içinde ağırlığı sınırlı artırılarak sağlanabileceği bir çözüm makul çözüm olabilir. Ancak bu çözümde yatay rijitlikten kaynaklı kolonlarda yeni kuvvet dağılımından ayrıca yük gelmemesi de düşünülmelidir.

- Üst temelin üzerinde olduğu yalıtım birimlerinin olduğu katta sönüm (yerdeğiştirme tabanlı) artırıcı faaliyetlerin üst yapıya gelecek kuvvetleri artıracığından olandan daha olumsuz bir etki oluşturabileceği düşünülmektedir. Ancak yapı üstünde sönüm artırıcı tedbirlerin mevcut yapının doğasıyla uyumlu olacağı düşünülmektedir. Üst temel üstündeki yapının mevcut doğrusal elastik salınımında çalışabilen sönümleyici (yerdeğiştirme tabanlı) kaynaklar sisteme eklenebilir. Hız duyarlı sönümleyicilerin, yakın fay etkisinin olduğu (yüksek hız) durumlar dışında etkili olmayacağı düşünülmektedir.

- Bunun bir yolu binaların en üst kotuna pasif veya aktif kütle sönümleyiciler koymak olabilir. Bu çözüm yolu binanın öngörülebilir davranışını daha kompleks hale getirebileceğinden iyi bir şekilde artı ve eksileriyle tartışılmalıdır.
- Sönüm katmanının bir diğer yolu binaların yükseklikleri boyunca dış yüzeylerden devam eden bina yüksekliği boyunca yeterli yerdeğiştirme miktarı yakalanacak kat yükseliklerine ulaşıldığında topolojisinin üst katlarda benzer şekilde devam ettiği ilave çelik çerçeveler ile sisteme müdahale edilebilir. Bu durumda bu çerçevelerin binanın temeline yükü aktarmak için aynı tip bir yalıtım birimleri ile mesnetlenmesi ve binanın taşıyıcı sistemine sadece kendi düzlemlerindeki harekete ortak olacak şekilde bağlanmaları gerekebilir. Bu çözüm yolu mevcut üst temelin altına yeni yalıtım birimlerinin koyulması için alt temel ve üst temele kısmi müdahaleyi gerektirebilir.

subsection

Yukarıda verilen önerilerin dışında;

- Bu hastane binalarında etkin kullanıma haiz bina sağlığı izleme sisteminin kurulmasının çok anlamlı olacağı belirlemek gerekmektedir.
- Mekanik tesisatlardaki esneme payının yeterliliği ve her yöne esneme kabiliyetleri gözden geçirilmelidir.
- Alt temel ile üst temel arasına yapılan dolgu duvar uygulamalarında mekanik tesisatın duvar içinden geçen kısımlarında yeteri kadar her yönde boşluk bırakılmalıdır. Bu dolgu

duvarları üst temele birleştirilmemelidir. Kendi ağırlıklarını taşıyacak şekilde ve düzlem dışı devrilmelerini engelleyecek şekilde alt temel üstünde tedbir alınmalıdır.

- Üst temeldeki düşük kotlu kısımların üst temel altından itibaren serbestçe hareketine izin verecek tedbirler alınmalıdır.
- Alt temelde zeminin zamanla kabarmasından kaynaklı olduğu düşünülen çatlakların yalıtım birimlerini öngörülen düşey kuvvet limiti içinde yükleyip yüklenmediği kontrol edilmelidir.

Referanslar

AFAD 2018. “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”.

AFAD 2023. “AFAD Çevrimiçi Deprem kataloğu”.

URL <https://deprem.afad.gov.tr/ddakatalogu>

Amirsardari, A., Lumantarna, E., Rajeev, P., & Goldsworthy, H. M. 2022. “Seismic fragility assessment of non-ductile reinforced concrete buildings in Australia”. Journal of Earthquake Engineering, 26(4), 1941–1975.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1998. “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”.

Shafaei, J., Zareian, M. S., Hosseini, A., & Marefat, M. S. 2014. “Effects of joint flexibility on lateral response of reinforced concrete frames”. Engineering Structures, 81, 412–431.

TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, D. A. D., Afet İşleri Genel Müdürlüğü 2007. “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”.

Tsonos, A. G. 2005. “Cyclic load behaviour of reinforced concrete beam-column subassemblages of modern structures”. WIT Transactions on the Built Environment, 81.

URL-1 2023. “Kahramanmaraş Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi”. <http://www.tis.com.tr/projeler/kahramanmaras-kadin-dogum-ve-cocuk-hastanesi/>. Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023.

URL-2 2023. “Malatya Battalgazi Devlet Hastanesi”. <https://www.tis.com.tr/projeler/malatya-battalgazi-devlet-hastanesi-2/>. Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023.

URL-3 2023. “A Spor - Battalgazi Devlet Hastanesi 2 Depremde İzolatörle Ayakta Kaldı / Malatya / 12.02.2023”. <https://www.youtube.com/watch?v=roPpp01Gk5M>. Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023.

URL-4 2023. “Malatya Kadın Doğum Çocuk Hastanesi”. <https://www.tis.com.tr/projeler/malatya-devlet-hastanesi/>. Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023.

URL-5 2023. “Malatya’da doğum hastanesi izolator sistemi sayesinde ayakta kaldı”.
"https://www.ntv.com.tr/video/turkiye/malatyada-dogum-hastanesi-izolator-sistemi-sayesinde-ayakta-kaldi,EdwZ0Vv20mmG4qJwqKkAg". *Eriim Tarihi* : 12ubat2023.

URL-6 2023. “Osmaniye Düziçi Devlet Hastanesi”. <https://www.tis.com.tr/projeler/osmaniye-duzici-devlet-hastanesi/>. Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023.

URL-7 2023. “Osmaniye Devlet Hastanesi”. <https://www.tis.com.tr/projeler/osmaniye-devlet-hastanesi-2/>. Erişim Tarihi: 12 Şubat 2023.