

**2023 KAHRAMANMARAŞ DEPREMİNDE
TASARIM HATALARININ
DEPREM HASARINA ETKİSİ**

**THE EFFECT OF DESIGN FAULTS ON EARTHQUAKE
DAMAGE IN 2023 KAHRAMANMARAŞ EARTHUAKE**

Hasan Hüsnü KORKMAZ

2023 KAHRAMANMARAŞ DEPREMİNDE TASARIM HATALARININ DEPREM HASARINA ETKİSİ

Hasan Hüsnü KORKMAZ

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Özet

2023 yılı Kahramanmaraş depremleri 50.000 den fazla insanın ölümüne sebep olurken, depremden 12 milyona yakın insan etkilenmiştir. Depremlerdeki bina hasarlarının toplam maliyeti 100 milyar dolardan fazladır. Deprem sonrasında yazar deprem bölgesinde yıkılan ve ağır hasar alan binalarda incelemelerde bulunmuş ve yıkıma neden olan hataları tespit etmiştir. Bölgede konut yapıları betonarme çerçeveli yapılar olup, sanayi yapıları betonarme prefabrik şeklindedir. Eski betonarme yapıların yanı sıra, 2000 yılından sonra yapılmış ve hazır beton kullanılmış pek çok yapıda yıkılmıştır. İnşaa halinde natamam binalarında yıkıldığı veya ağır hasar aldığı durumlarda söz konusudur. Ağır hasar alan binalarda hak sahipliği devlete geçmekte olup, konut sahiplerinin binadaki eşyalarını dahi alması mümkün olmamaktadır. Betonarme yapılarda çok ciddi taşıyıcı sistem hataları yapılmıştır. Betonarme malzeme yetersizliği, donatı detaylandırma kusurları ve taşıyıcı sistem hatalarının yanında bina geometrisi ile ilgili pek çok hata tespit edilmiştir. Bina parsel geometrisinden başlayarak, bina geometrisi, mimari tasarım aşamalarında sistematik hata yapılmıştır. Donatı (inşaat demiri) detaylarındaki hatalar, etriye eksikliği kolonlarda ve girişlerde ağır hasara ve yıkıma neden olmuştur. Kısa kolon hasarı, yumuşak kat oluşumu yaygındır. Betonarme binaların alt katlarının dükkan olması durumunda mafsallaşmalar zemin katta olmakta ve binanın aniden yıkılmasına yol açmaktadır. Hatay ilinde göçen binaların envanteri çıkarılmış olup, göçen yeni binaların %95 inin altında dükkan bulunmaktadır. Bu deprem göstermiştir ki, mimarlar ve inşaat mühendisleri yaptıkları tasarımın deprem davranışı konusunda yeteri kadar bilgili değildir.

Anahtar Kelimeler

Deprem, Betonarme, Hasar, Tasarım kusuru, Göçme mekanizması

THE EFFECT OF DESIGN FAULTS ON EARTHQUAKE DAMAGE IN 2023 KAHRAMANMARAŞ EARTHUAKE

Hasan Hüsnü KORKMAZ

Necmettin Erbakan University

Abstract

While the Kahramanmaraş earthquakes in 2023 caused the death of more than 50,000 people, nearly 12 million people were affected by the earthquake. The total cost of building damage in earthquakes is more than \$100 billion. After the earthquake, the author examined the collapsed and heavily damaged buildings in the earthquake area and identified the faults that caused the destruction. The residential buildings in the region are reinforced concrete framed structures, and the industrial buildings are in the form of reinforced concrete prefabricated. In addition to the old reinforced concrete structures, many structures built after 2000 and using ready-mixed concrete were demolished. It is in question in cases where unfinished buildings are destroyed or severely damaged under construction. Ownership of the heavily damaged buildings is transferred to the state, and it is not possible for the owners of the houses to even take their belongings in the building. Serious structural system errors have been made in reinforced concrete structures. In addition to the lack of reinforced concrete material, reinforcement detailing defects and structural system errors, many errors related to the building geometry have been detected. Starting from the building parcel geometry, systematic errors were made in the building geometry and architectural design stages. Errors in reinforcement (rebar) details, lack of stirrups caused heavy damage and destruction in columns and beams. Short colon damage, soft fold formation is common. If the lower floors of reinforced concrete buildings are shops, the articulations occur on the ground floor and cause the building to collapse suddenly. In the province of Hatay, an inventory of the collapsed buildings has been made, and there are shops below 95% of the new collapsed buildings. This earthquake showed that architects and civil engineers are not sufficiently knowledgeable about the earthquake behavior of their designs.

Keywords

Earthquake, Reinforced concrete, Damage, Design mistake, Failure mechanism

1. Giriş

Türkiye’de genel konut stoğu betonarme çok katlı yapılar şeklindedir. Betonarme yapılar 1990 yıllarından önce elle beton dökümü ile yapılırken, 2000li yıllardan sonra hazır beton yaygınlaşmıştır (Korkmaz, 2015).

Türkiye’de 1999 yılındaki Marmara depreminde yaklaşık 17500 kişi ölmüştür. Sonrasında 2011 Van, 2020 Elazığ ve 2020 İzmir depremlerinden sonra gözlenen manzara, 1999 Marmara depreminden sonra gözlenen durumla aynıdır. Betonarme binalarda toptan göçme, ağır hasar ve çok fazla can kaybı mevcuttur. Betonarme binalarda göçmeye sebep olan hatalar hep tekrarlanmakta ve depremlerde göçmeye neden olmaktadır (Doğan ve diğ., 2021, Arslan ve diğ, 2007).

Bina ve deprem dayanımı inşaat mühendisliğinin konusudur. Depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları ve felsefesine göre oluşma periyodu uzun ve şiddetli depremlerde binanın hasara uğrayarak, ancak hiçbir şekilde yıkılmadan, kalması gerekmektedir. Orta şiddetli depremlerde onarılabilecek seviyede hasar ile, 50 yıl içinde, %10 ihtimalle olması, beklenen depremleri ise hasarsız atlatması beklenir.

Öncelikle deprem, tabanda bir ivme meydana getirir. Binada kütle (mass-m) döşemelerdedir. Deprem ivmesi ile kütlelerin çarpımı kadar bir yatay kuvvet bina döşemelerine etki eder. Döşeme yeterince rijit ise bu yükü kolonlara aktarır. Her kolon kendi rijitliği kadar yatay yükten pay alır. Bu dağılımın olabilmesi için döşemenin rijit diyafram olarak çalışması gerekir. Rijit diyaframın sağlıklı olabilmesi için kirişlerin sürekli olması, kolonların birbirine kirişlerle bağlı olması gerekmektedir. Hatay-Antakya’da sürekli çerçeve oluşumu hiçe sayılarak binalar tasarlanmış ve imal edilmiştir. Taşıyıcı sistem tasarımı, depremde binanın dayanımını belirleyen ana unsurdur.

Binanın deprem dayanımı konusu inşaat mühendisliği disiplini içindedir. Mimarlar ise, depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda gerekli bilgiyi üniversite eğitimleri sırasında almamaktadır. Ancak mimari tasarımda yer alan ve taşıyıcı elemanlar olarak kabul edilmeyen tuğla duvarlar binanın yatay rijitliğine katkı yapmakta ve davranışını olumlu ya da olumsuz olarak değiştirebilmektedir. Tuğla duvarlar nedeniyle gözlenen olumsuzluklara ilk verilecek örnekler, yumuşak kat oluşumu ve kısa kolon mekanizmasıdır. Tuğla duvarlar ayrıca binada burulma düzensizliği oluşumuna neden olabilir. Tuğla duvarlar çerçevesi sitemlerde diyagonal basınç çubuğu olarak adlandırılan mekanizma ile bina rijitliğine katkı yapar. Yazarlar deprem sonrası yaptıkları saha incelemelerinde dolgu duvarlar nedeniyle depremi atlatabilen bina örneklerine şahit olmuştur.

Binanın dinamik özellikleri bina geometrisine bağlıdır. Bina geometrisi ise mimari tasarım aşamasında şekillenir. Planda çıkmalar olması, düşey süreksizlikler, burulma düzensizlikleri, döşeme süreksizlikleri mimari sebeplerle oluşan düzensizliklere örnek olarak verilebilir. Ayrıca kısa kolon ve yumuşak kat mekanizmaları da mimari tasarımdan kaynaklanan olumsuzluklardır.

Hatay-Antakya kent merkezinde eski yapıların yanında, yeni yapılan yapılarda da ağır hasar ve göçmeler söz konusudur. Betonarme taşıyıcı sistem konfigürasyon hataları, kiriş süreksizlikleri, yumuşak kat oluşumları, mimari konfigürasyon hataları, kısa kolon oluşumları, asma kat nedeniyle oluşan hasarlar, rijit bodrum kat olmaması gibi nedenlerle hasar oluşmuştur.

Bu çalışmada Kahraman Maraş, Hatay-Antakya bölgesinde, 2023 depremi sonrasında gözlenen hasar ve yıkımlara etki eden düzensizlikler, mimari etkenler ve taşıyıcı sistem seçiminde yapılan yanlışların etkisi detaylı olarak irdelenmiştir.

2. Betonarme Binalarda Gözlenen Hasarlar ve Nedenleri

Deprem bölgesinde 1999 öncesi yapılan yapıların taşıyıcı sistemlerinin genel görünümü Şekil 1 de verilmiştir. Betonarme perde duvarların yetersiz olması ya da olmaması dikkat çekicidir. Genellikle 6-9 kat bu binaların zemin katları dükkân olarak ticari amaçlı kullanılmaktadır. Bitişik nizam binalarda deprem derzi neredeyse hiç yoktur. Bitişik nizam olmayan binalardan birisinin yıkılması ile diğerinin üstüne düştüğü ve diğer komşu binalarında hasar görmesine neden oldukları gözlenmiştir.





Şekil 1. 1999 öncesi yapılmış binalarda taşıyıcı sistem durumu ve kiriş süreksizliği örneği

Betonarme binalarda rijit diyafram oluşabilmesi, deprem yüklerinin kolonlara sağlıklı bir şekilde dağılabilmesi için kiriş sisteminin sürekli olması gerekmektedir. Kolonların birbirine her iki dik doğrultuda kirişlerle bağlanması gerekmektedir. Kirişleri bina boyunca sürekli olarak devam etmesi önemlidir. Kirişlerin kirişlere saplandığı düğümlerden kaçınılmalıdır.

Antakya bölgesinde taşıyıcı sistem tasarımında sistematik hatalar yapılmıştır. Gözlenen ana problem, sürekli kirişler oluşturulamamış, kolonlar birbirine kirişlerle bağlanmamıştır. Bina cephesinde bulunan kolonlardan konsol kirişler yapılmış ve dış cephe kirişi bu konsol kirişlerin ucuna bağlanmıştır (Şekil 1). Kolonlar iç mekânda kirişlerle birbirine bağlanmamıştır. Şekil 1’de görüleceği gibi özellikle köşe kolonların diğer kolonlarla hiçbir bağlantısı yoktur. Tersinir tekrarlanır yükler altında bu kolonların çevresindeki döşeme çatlamaktadır. Diğer kolonlara bağlı olmayan kolonlar arası yatay yük aktarma mekanizması oluşamamaktadır. Dolayısıyla rijit diyafram oluşumu problemlidir. Şekil 2’de köşe kolonlarının durumu ve kiriş bağlantıları verilmiştir. Şekil 3’de ise cephede kolonlara direk olarak mesnetlenmeyen, çevre kirişinin binada oluşturduğu deformasyon ve deplasman durumu verilmiştir. Şekil 4’de ise, kolondan konsol olarak uzanan kirişlerde oluşan mafsallaşma verilmiştir.



Şekil 2. Sürekli kiriş tasarımı yapılmayan taşıyıcı sistemler



Şekil 3. Cephe konsola mesnetlenen kiriş tasarımı ve hasar



Şekil 4. Konsol kirişte mafsallaşma

Şekil 5 de Antakya’da göçen ve ağır hasar alan binaların deprem öncesi ve sonrası görünümü verilmiştir. Ön blokta bulunan 4 binadan birisi tamamen göçmüş, diğerleri ağır hasar almıştır. Sol taraftan ikinci bina düşeyde ve yatayda deplasman yaparak, yıkılan apartmanın üstüne doğru eğilmiştir. Bu bina 9 katlı olmasına rağmen, köşe kolonu boyutça yetersiz ve yuvarlak bir kolondur. Kiriş kolona bir kenarda temas etmektedir. Kiriş olmayan yüzeyde kolon parçalanmıştır. Ayrıca kolonda etriye sıklaştırması gözlenmemektedir. Etriye aralığı 30 cm civarındadır. Bu resim kolonlarda kuşatılmış kolon kontrolü ve kesme hasarı ile ilgili çarpıcı bir örnektir.



Şekil 5. Ağır hasar alan binada köşe kolon durumu

Şekil 6 da verilen binada taşıyıcı sistem seçimi tamamen yanlıştır. Bazı kolonların birbirine çok yakın yerleştirilmesi kısa kiriş oluşumuna neden olmuştur. Ayrıca bir doğrultuda kirişler devam ederken, diğer doğrultuda kolonlar arasında kiriş bulunmamaktadır. Kısa kirişte yeterli moment kolu olmadığı için kiriş kesme hasarına uğramıştır.



Şekil 6. Çok yakın kolon tasarımı ve kısa kirişte kesme hasarı

Şekil 7 de verilen binada oluşan hasar çarpıcıdır. Binada birbirine dik iki cephedeki kolonlar, cephelere dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Binada planda her iki doğrultuda kolonlar vardır. Ancak kolonlar arasında kirişler sürekli değildir. Cephede bulunan kolonlardan konsol kirişler uzatılmış ve dış cephe kirişi bu konsolların ucuna bağlanmıştır. Planda her iki doğrultu boyunca kolon var gibi görülebilir, ancak bu kolonlar birbirine bağlı değildir. Rijit diyafram kabülü tam geçerli değildir. Binaya deprem bir doğrultuda gelmiştir. Şekil 7 de ilk resimde sağ taraftaki cepheye dik gelen deprem kuvveti bu cephedeki güçlü eksendeki kolonlara zarar vermemiştir. Ancak diğer (sol) cephedeki kolonlara deprem zayıf eksen doğrultusunda gelmiştir. Bu kolonlar ağır hasar almış ve sol cephe de bina göçmüştür. Bu örnekte her iki doğrultuda kolon bulunmasına rağmen, birbirine bağlanmayan kirişler nedeniyle oluşan hasar çarpıcı şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 7. Taşıyıcı sistemde sürekli kiriş oluşturulmaması ve meydana gelen hasar.

Binaların altında mağaza, dükkan gibi ticari amaçlı mekanların olması beraberinde yumuşak kat denilen bir tehlikeyi beraberinde getirir. Şiddetli depremlerde binaya gelen deprem kuvveti, binanın elastik taşıma gücünü aşacaktır. Bu nedenle kolonların ve kirişlerin sünerek-esneyerek elastik ötesi deformasyonlar yapması ve deprem enerjisini bu şekilde tüketmesi gereklidir. Bu deformasyonların oluşması için kolon ve kirişlerde mafsallaşma dediğimiz bir deformasyon ve hasarın olması gerekir. Mafsallaşma belli bir bölgeye konsantre olmuş hasardır. Mafsallaşan bölgede eleman dönme-eğilme deformasyonu yapar. Mafsallaşan bölgenin kolonlardan önce kirişlerde olması gerekir. Öncelikle tüm kirişlerde, sonrasında kolonlarda oluşan mafsallaşmalar ile bina yatay hareket yapacak ve binaya gelen deprem enerjisini tüketecektir. Fizik derslerinden hatırlanacağı gibi kuvvet ve yolun (deplasman-deformasyon) çarpımı işi ve tüketilen enerjiyi verir. Kolonlarda yatay yük, yatay deplasman grafiğinin altındaki alan tüketilen enerjiyi verir.

Tuğla duvarlar bina statik-dinamik hesabında sadece ölü yük olarak ele alınır. Taşıyıcılıkları yok sayılır. Ancak bu tuğla duvarlar, yatay yükle altında diyagonal çapraz basınç elemanları olarak yükü üst köşeden çapraz alt köşeye aktarır. Hesaba katılmayan duvarlar yük aktarımına etki eder. Zemin katın dükkan olması durumunda, giriş katında tuğla duvarlar bulunmaz. İç mekanda hiç duvar yok iken, vitrin olan ön kısımda cam bulunur. Vitrin kısmı genelde caddeye paraleldir. Vitrin kısmını kapatmamak için kolonların uzun boyutu caddeye dik olarak yerleştirilir. Yatay yükleme caddeye paralel gelmişse, kolonlar zayıf ekseninde düzlem dışı yüke maruz kalır. Caddeye paralel kolon yada perde olmadığı için binanın yatay rijitliği oldukça azdır. Üst katlardaki duvarlar, üst kat kolonlarında mafsal olmasını engeller. Zemin katta bulunmayan duvarlar sebebiyle mafsallaşmalar zemin kat kolonlarında oluşur. Kolonlar kirişlerden daha zayıf ise durum daha kritik bir hal alır. Üst katlar bir bütün halinde rijit cisim ötelemesi yapar. Alt kat kolonlarında oluşan çok az sayıdaki mafsallar ile binanın stabilitesi bozulur (Şekil 8-12). Taşıyıcı sistem deprem enerjisini tüketmeden çöker.

Şekil 8 ve 9 da bulunan binalar caddeye paralel boyutta kısa, dik doğrultuda uzundur. Kolonlar caddeye dik yerleştirilmiştir. Depremi caddeye paralel bileşeni binaya yatayda deplasman yaptırmış ve üst katlar rijit olarak ötelenmiştir. Caddeye dik duvarlar ve kolonlar, bu yönde deplasmana olanak tanımamıştır. Ayrıca ön cephede olmayan duvarlar arka cephede mevcuttur. Yumuşak kata ek olarak binada tuğla duvarlar nedeniyle burulma deformasyonu da söz konusudur.

Şekil 8 deki binada zemin kat döşemesi galeri boşluğu açmak için yapılmamıştır. Kolonlar, caddeye paralel yönde, birbirine kirişlerle bağlanmamıştır. Kolonlardan çıkan konsol kirişlerin ucunda uzanan, caddeye paralel kirişin işlevselliği yoktur.



Şekil 8. Yumuşak kat oluşumu

Şekil 9 daki binanın ön cephe yüksekliği ile arka cephe yüksekliği farklıdır. Arka cephede dükkan yok iken tuğla duvarlar her katta mevcuttur. Ön cephe ve yan cephenin bir kısmında vitrin vardır ve tuğla duvarlar yoktur. Ticari-dükkân kısmında döşeme yoktur. Şekil 8 ve 9 daki binalarda asma kat vardır. Asma kat yumuşak kat oluşumunu daha kritik hale getirmiştir. Zemin ve asma katta girişler sürekli değildir. Döşeme süresizliği vardır. Binanın ön cephesinin yatay rijitliği az iken, arka cephesinin rijitliği fazladır. Binalardaki rijitlik düzensizlikleri, binaların ağır hasar almasına neden olmuştur. Uydu görüntüleri ve eski sokak görüntülerinden tespit edilebildiği kadar benzer yapıdaki diğer binaların ise toptan göçmeye uğradığı görülmüştür. Şekil 10 da ilk resimde verilen binada ise ön cephede olmayan tuğla duvarlar arka cephede mevcuttur. Büyük bir ihtimalle arka cephe zemin katı konut, ön cephe dükkandır. Arka cephedeki duvarlar binaya rijitlik sağlamış, ön cephede olmayan duvarlar nedeniyle binanın sadece ön cephesi yıkılmıştır.



Şekil 9. Yumuşak kat mekanizması ve burulma deformasyonu gösteren bina

Şekil 10 da verilen örnekler yumuşak kat hasarını çok güzel anlatmaktadır. Mafsallaşmalar yada kırılmalar kolon alt ve üst ucunda görülmektedir. Bina üst yapısı bir bütün halinde devrilmiştir.



Şekil 10. Yumuşak kat deformasyonları ve hasarı

Antakya’da yumuşak kat oluşum tehlikesine en güzel örnek Rende Siteleridir. Sitede toplam 4 adet blok bulunmaktadır (Şekil 11). Sitedeki iki blok tamamen yıkılırken diğer iki blok yıkılmamıştır. Yıkılan blokların altında dükkan mevcuttur. Yıkılmayan blokların altında ise konut vardır. Dükkan bulunan iki blok yıkılmış dükkan bulunmayan iki blok ise yıkılmamıştır.



Şekil 11. Rende sitelerinde yumuşak kat durumu

Yumuşak kat oluşumunda sadece alt katı ticari olan binalar etkilenmemiştir. Şekil 12 de verilen hastane binasında giriş katında geniş bir lobi ve cam cephe vardır. Bina deprem sırasında yumuşak kat mekanizması ile yıkılmıştır. Hastane binaları deprem sonrasında kullanılması gereken ve depremi hasarsız atlatarak hemen kullanılmasına ihtiyaç duyulan binalardandır. Bu binaların yapı önem katsayısı 1.5 olup konut binalarında göre daha fazla tasarım deprem ivmesi yada kuvveti dikkate alınır. Bu örnek yumuşak kat mekanizmasının ne kadar tehlikeli olduğunu göstermektedir. Bina deprem hesabında deprem yükleri %5 daha fazla alınmasına rağmen bina yine de yumuşak kat ile göçmüştür.



Şekil 12. yumuşak kat oluşumu ile yıkılan hastane binası

Antakya’da gözlenen bir diğer hususta binaların bodrum katları ile ilgilidir. Şekil 13 de ilk 5 resimde verilen yapılar depremden sonra tamamen göçmüştür. Binaların zemin kat girişi yol kotundan 1 m kadar yukarıdadır. Bodrum kat ise yol kotunun altında yer almaktadır. Zemin kat dükkan olarak kullanılırken, bodrum kat depo olarak kullanılmaktadır. Bodrum kat çevresinde betonarme perde duvar ön cephede yoktur. Dolayısıyla binalarda yumuşak kat oluşumu ile birlikte rijit olmayan bir bodrum katta mevcuttur.



Şekil 13. Antakya’da bina bodrum oluşumu

Alt katında dükkan bulunan binalarda asma kat olarak adlandırılan bir kat daha mevcuttur. Dükkan kısmının kat yüksekliği 3,5-4 m civarında iken asma kat e üst konut katlarının kat yüksekliği 3m’dir. Asma kat seviyesinde galeri boşluğu açmak için döşeme yapılmamış ve döşeme süreksizliğine neden olunmuştur.

Bu yapılarda dükkan katında tuğla duvarların olmaması yumuşak kat oluşumuna neden olmuştur. Ancak, ön cephede bulunmayan tuğla duvarlar arka cephede zemin katta da mevcuttur. Projelendirme aşamasında taşıyıcı olarak kabul edilmeyen tuğla duvarlar bu binalarda burulmaya neden olmuş ve köşe kolonlar hasar almıştır.



Şekil 14. Zemin katı dükkan olarak kullanılan ve asma katlı binalarda hasar

Şekil 15 de yukarıda mekanizması anlatılan hasara ek olarak, kirişe her iki dik doğrultuda bağlanan kirişler, hem kolondan daha güçlü olup, farklı kotta bağlanmıştır. Bu kolonda kirişlerin arasında kalan kolon bölgesinde kesme hasarı oldukça ilginçtir. Bu hasara neden olan taşıyıcı sistem tasarım hatası, mühendislik projelendirmesinde de yanlışlıklar olduğunun göstergesidir.



Şekil 15. Farklı kotta bağlanan kirişlerden dolayı hasar

Şekil 16 da asma kat kirişi sol ve sağda daha düşük bir kotta iken, ortadaki iki açıklıkta daha yüksek bir kotta tasarlanmıştır. Sol ve sağ kirişleri farklı kotta olan kolon örneği bilinçsiz tasarıma çarpıcı bir örnek olmuştur. Binanın ortasında bulunan kolon kısa kolon mekanizması ile hasar görmüştür. Bina içinde döşeme olmaması ile döşeme süreksizliği, düzensizliği de ortaya çıkmıştır.



Şekil 16. Bina cephesinde kısa kolon oluşumu

Tuğla duvarların sebep olduğu bir diğer hasar türü kısa kolon oluşumudur (Şekil 17). Kolonların her iki yanında, kolonun belirli bir yüksekliğine kadar olan tuğla duvarlar, kolonun eğilme yüksekliğini kısıtlamaktadır. Kolonun serbest yüksekliğinin alt ve üst uçlarında oluşan momentleri karşılamak için oluşan kesme kuvvetlerinin kuvvet kolu kısalmıştır. Kolon moment taşıma kapasitesine ulaşmadan, kesme kuvveti büyük değerlere ulaşır. Ancak statik hesapta kabul edilen kolon yüksekliği, deprem sırasında aktif olarak oluşan yükseklikten fazladır. Tasarımcı deprem sırasında oluşan gerçek kesme kuvvetini daha düşük olarak hesaplamıştır. Sonuçta kolonda gevrek kesme kırılması oluşmaktadır.

Şekil 14 de Antakya Orman İşletme Şefliği binası ve Antakya polis karakol binasında oluşan hasar verilmiştir. Polis karakolu deprem sonrası kullanılması gereken bir bina olduğu için deprem tasarımında bina önem katsayısı 1.5'tur; bu değer konutlar için 1 dir. Binanın mimari tasarımında en kritik hatalardan birisi olan kısa kolon oluşumuna sebebiyet verilmiştir.



Şekil 17. Kısa kolon oluşumu ve hasarı

Şekil 18 de verilen örnekte merdiven sahanlığı kolona ortadan saplanmaktadır. Kolon kısa kolon hasarına maruz kalmıştır. Merdiven çevrelerinin betonarme perdelerle çevrili olması sayesinde bu tehlike önlenabilir.



Şekil 18. Merdiven sahanlığı nedeniyle kısa kolon oluşumu

Yapıların deprem dayanımını esas belirleyen unsur binanın geometrisidir. Mimari tasarımda şekillenen binanın dinamik-titreşim özellikleri geometriye bağlıdır. Antakya’da parsel alanları ince ve uzun olarak şekillenmiştir. Caddeye cepheli parsellerde kısa kenar caddeye paralel, uzun kenar caddeye dik olarak yer almaktadır. Binalar çok katlı olup alt katları ticaridir. Zemin katın üstünde rijitliği yetersiz bir asma kat vardır. Şekil 19 da planda ince ve uzun izdüşüme sahip tamamen yıkılan ya da ağır hasar alan binalar verilmiştir. Şekil 20 de yine ince uzun plana sahip bir binanın deprem öncesi ve sonrası resimleri verilmiştir. Şekil 21 de ise köşe parselde yapılmış, ortogonal hiçbir aksı bulunmayan düzensiz binalara örnekler verilmiştir. Şekil 19 da verilen ilk resimdeki bina tamamen yıkılmış, son resimdeki bina ağır hasar almıştır. Şekil 21 de verilen iki bina, ortadaki binanın üstüne doğru devrilmiştir. Soldaki gri bina 2022 yapımı olup oldukça pahalı ve lüks bir rezidanstır.



Şekil 19. Planda ince ve uzun izdüşüme sahip yıkılan ve hasar gören binalar



Şekil 20. Plan düzleminde ince uzun, çok katlı yapıda hasar



Şekil 21. Köşe parsellere yapılmış, ortogonal olmayan binaların deprem öncesi ve sonrası durumları

3. Sonuçlar

Türkiye bir deprem ülkesidir. Depremlerin belirli oluşum periyotları vardır. Daha uzun periyotlu depremler daha yıkıcıdır. Fay hatları ve tehlike bölgeleri belirlidir. Neredeyse ülkenin tamamı deprem riski altındadır. Depremi nerede ve ne büyüklükte olacağını kestirmemiz imkânsız olsa da ihtimal olarak projeksiyonlar yapılmaktadır.

Deprem olacağı kesindir. Binaların tasarımının yapılma aşamasında ve inşasında depreme dayanıklı yapı üretimi gerçekleştirilmelidir. Ancak 1999 Marmara depreminden sonra bile hala bu konuda çok yetersiz kaldığımız aşikardır.

Sorunumuz şehir bölge planlama aşamasında başlamaktadır. Jeolojik etüt sonuçları göz ardı edilerek yerleşim yerlerine imar verilmektedir. Yumuşak ve zayıf zeminler depremin büyüklüğünü artırmakta ve farklı frekanslarda salınımına sebep olarak binaların yıkılmasına neden olmaktadır. Bu konuda ülkemizde yeterli bilinç gelişmemiştir. Şehir planlamaları tamamen yanlıştır. Deprem sonrası gözlemlediğimiz en başlıca hasar nedeni yanlış zeminlerde yapılaşmadır.

Arsa geometrisi mimari geometriyi belirlemektedir. Depreme dayanıklı yapı için binanın her iki yönde de simetrik olması gerekmektedir. Düzensiz geometriler dezavantaj oluşturmaktadır. Ancak deprem bölgesinde gözlemlediğimiz kadarıyla, cadde yönünde kısa, dik yönde uzun geometriler oluşturulmuştur. Bu binalarda kolonların uzun yönü caddeye dik, kısa yönü caddeye paraleldir. Tüm kolonlar aynı yöndedir. Bina bir yönde çok rijit ve güçlü iken diğer yönde oldukça zayıftır. Bina'nın kısa doğrultusu zayıf olduğu doğrultudur.

Bu binalarda ek olarak zemin kata dükkan yapılmıştır. Dükkan üstünde asma kat mevcuttur. Antakya'da rijit bodrum kat yapılmamış, onun yerine dükkan yapılan durumlar mevcuttur. Yani iki kat dükkan ve üstü asma kat olarak yumuşak katlı binalar inşa edilmiştir. Yıkılan binaların çok büyük bir kısmı yumuşak kat nedeniyle yıkılmıştır.

Asma katlarda kirişler kolona farklı kotlarda bağlanarak kesme hasarına neden olmuştur. Ayrıca yanlış kiriş düzenlemesi nedeniyle kısa kolon oluşumu da söz konusudur. Dolgu duvarlar nedeniyle kısa kolon oluşumu da yaygındır.

Dolgu duvarların konfigürasyonu nedeniyle binada düzensizlikler oluşması söz konusudur. Mimari ve inşaat mühendisi tasarımcıların dolgu duvarların binanın dinamik davranışına olan etkisini iyi anlamaları gerekmektedir.

Hatay'da gözlenen en büyük kusur kirişlerin düzenlenmesi ile ilgilidir. Sürekli kiriş sistemleri yapılmamış, kirişler hep aynı yönde yerleştirilmiştir. Kolonlar birbirine bağlanmadığı için rijit diyafram oluşumu zayıf kalmıştır. Köşe kolonlardan çıkan konsol kirişler ve bunların ucundan uzanan çevre kirişleri yaygındır. Köşe kolonlar binaya sadece döşeme ile bağlıdır.

Deprem bölgesinde eski yapıların yanı sıra yeni yapılarda da depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları dikkate alınmamıştır.

4. Kaynaklar / References

- Dogan G, Ecemis AS, Korkmaz SZ, Arslan MH, Korkmaz HH. (2021). Buildings damages after elazığ, Türkiye earthquake on january 24, 2020, *Natural hazards*, 109, 161-200.
- Korkmaz SZ. (2015). Observations on the Van earthquake and structural failures, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29, 04014033.
- M.H. Arslan, H.H. Korkmaz, (2007). What is to be learned from damage and failure of reinforced concrete structures during recent earthquakes in Türkiye?, *Engineering Failure Analysis*, 14(1), 1-22.

Yazar Hakkında / About Author

Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ | Necmettin Erbakan Üniversitesi |
hasanhusnukorkmaz[at]gmail.com | ORCID: 0000-0003-1531-6510

Prof. Korkmaz 1973 Konya doğumludur. 1995 yılında ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümünde lisans derecesini aldıktan sonra 1998 yılında ODTÜ İnşaat Mühendisliği bölümünde yüksek lisansını Prof. Dr. Tuğrul Tankut danışmanlığında tamamlamıştır. Yüksek lisans tez konusu Prefabrik yapılar için depreme dayanıklı bağlantı detayı üretimi ve deneyleridir. 2004 yılında Selçuk Üniversitesinde doktora eğitiminde tuğla duvarların deprem dayanımının deneysel incelenmesi konusunda testler yapmıştır. 2004-2005 yıllarında yığma yapıların deprem dayanımının artırılması konusunda Dünya Bankası maddi desteğiyle deneyleri ODTÜ de Prof. Dr. Ahmet Türer ile gerçekleştirmiştir. 2004 yılında Yrd. Doç. Dr. Olarak atanmış ve Selçuk Üniversitesi deprem laboratuvarında binaların deprem dayanımının artırılması konusunda sayısız deney gerçekleştirmiştir. Laboratuvar ortamında depremi benzeştirecek deney düzeneklerinin kurulması, deprem testlerinin yapılması konusunda sayısız araştırma projesi ve deneyleri gerçekleştirmiştir. Deprem hasarı ve güçlendirme üzerinde ağırlıklı olarak çalışmakla beraber biyomekanik çalışmaları da vardır. 2010 yılında doçent ve 2016 yılında Profesör kadrosuna atanmıştır. Uluslararası saygın (SCI indexte taranan) dergilerde 30'dan fazla uluslararası makalesi mevcuttur. Makalelerin genel ağırlığı deprem sonrası hasar ve sebepleri, betonarme binaların deprem güçlendirmesi üzerinedir. Ayrıca biyomekanik ve çimentosuz beton geliştirilmesi konusunda makaleleri vardır. Kahramanmaraş havalimanı projesi, Bursa Hilton ve Hampton otel projeleri, Konya Naturapark sitesi (700 daire), Konya Başakşehir Gold (300 daire) sitesi proje danışmanlık ve üniversite onayı hizmetlerini gerçekleştirmiştir. Ayrıca Nijerya'da kare un siloları, Libya'da çelik un fabrikası projelerinin danışmanlığını yapmıştır. 1996 yılından itibaren Adan Ceyhan, Dinar, 1999 Marmara depremlerinde hasar incelemesine bulunmuştur. Ayrıca 2009 Elazığ, 2011 Van ve 2020 Elazığ depremlerinden sonra bölgede hasar incelemesinde bulunarak çok sayıda ulusal ve uluslararası makale ve bildiri yayınlamıştır. Halen Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde görev yapmaktadır.

**Prof. Dr. Hasan Hüsni KORKMAZ | Necmettin Erbakan University |
hasanhusnukorkmaz[at]gmail.com | ORCID: 0000-0003-1531-6510**

Prof. Dr. Korkmaz was born in 1973 in Konya. After receiving his undergraduate degree from METU Civil Engineering Department in 1995, he received his master's degree from METU Civil Engineering Department in 1998. Dr. He completed it under the consultancy of Tuğrul Tankut. The subject of the master's thesis is the production and testing of earthquake resistant connection details for prefabricated structures. In 2004, during his doctoral education at Selçuk University, he conducted tests on the experimental examination of the earthquake resistance of brick walls. In 2004-2005, his experiments on increasing the earthquake resistance of masonry structures with the financial support of the World Bank were carried out by Prof. Dr. He made it with Ahmet Türer. In 2004, Assist. Assoc. Dr. He carried out numerous experiments on increasing the earthquake resistance of buildings in the earthquake laboratory of Selçuk University. He has carried out numerous research projects and experiments on the establishment of experimental setups to simulate earthquakes in a laboratory environment, and on conducting earthquake tests. Although he mainly works on earthquake damage and reinforcement, he also has biomechanical studies. He was appointed as associate professor in 2010 and professor in 2016. He has more than 30 international articles in internationally respected journals (scanned in the index within the scope of SCI). The general weight of the articles is on post-earthquake damage and its causes, earthquake strengthening of reinforced concrete buildings. He also has articles on biomechanics and cementless concrete development. Kahramanmaraş airport project, Bursa Hilton and Hampton hotel projects, Konya Naturapark site (700 flats), Konya Başakşehir Gold (300 flats) site project consultancy and university approval services. He also provided consultancy for square flour silos in Nigeria and steel flour mill projects in Libya. Since 1996, he has been inspected for damage in the Adan Ceyhan, Dinar and 1999 Marmara earthquakes. In addition, after the 2009 Elazığ, 2011 Van and 2020 Elazığ earthquakes, he conducted damage analysis in the region and published many national and international articles and papers. He is still working at Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering.