

# Mimari ve Strüktür Tasarım İlişkisinde Tekrarlanan Hatalar: 2020 İzmir Depremi İzlenimleri

Rabia Safa Özen, Serra Zerrin Korkmaz, Ali Serdar Ecemiş

MAKALENİN ADI **Mimari ve Strüktür Tasarım İlişkisinde Tekrarlanan Hatalar: 2020 İzmir Depremi İzlenimleri**  
**Repeating Errors in the Relationship of Architectural and Structure Design: 2020 Izmir Earthquake Impressions**

MAKALENİN TÜRÜ **Araştırma Makalesi**

MAKALENİN KODU **EgeMim, 2021-2 (110); 70-77**

MAKALENİN YAZARI **Rabia Safa Özen, Y. Mimar**

**Serra Zerrin Korkmaz, Doç. Dr., Konya Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü**

**Ali Serdar Ecemiş, Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü**

MAKALENİN GÖNDERİM TARİHİ **15.01.2021**

MAKALENİN KABUL TARİHİ **26.03.2021**

YAZAR İLETİŞİM BİLGİSİ **e208126001003@ktun.edu.tr,**

**szkorkmaz@ktun.edu.tr, asecemiş@erbakan.edu.tr**

ORCID **0000-0001-6981-8554 (R. S. Özen),**

**0000-0003-1234-1438 (S. Z. Korkmaz),**

**0000-0002-7332-3738 (A. S. Ecemiş)**

**ÖZET** Ülkemizde konut stokunun, diğer yapı türlerine göre yaygın olarak 3-10 kat aralığında betonarme çerçeveli sistemle üretildiği bilinmektedir. Çalışmada, 2020 İzmir deprem sonrası yapılarda meydana gelen hasarlar üzerinde durularak, yurdumuzda daha önceki depremlerde de karşılaşılan hasarların tekrarlandığına vurgu yapılması amaçlanmıştır. Deprem sonrası hasarlı ve yıkılan yapılarda saha gözlemleri ile özellikle kurum ve üniversitelerin deprem raporlarına, TBDY2018 yönetmeliğine ve literatüre dayalı değerlendirmeler yapılarak, önceki depremlerdeki benzer hataların tespiti çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Türkiye’de mimari ve yapı strüktür ilişkisinde tasarım ve uygulama aşamasındaki ile uygulama sonrası kullanım aşamasındaki hataların üzerinde durularak depreme dayanıklı yapı tasarımının önemi vurgulanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER** deprem, mimari tasarım, strüktür hataları

Zamanı öngörülemez doğa olaylarından biri olan deprem, insan kaynaklı hatalardan dolayı can ve mal kayıplarına sebep olmakta ve afete dönüşmektedir. İnsan hataları düzeltilebilir ancak yerleşimin davranış biçimi değiştirilemez özelliğindedir. Bu nedenle depremler sonrası yapılarda yıkıma sebep olan insan kaynaklı hataların neler olduğunun tespit edilmesi, öğrenilmesi ve edinilen tecrübeler ışığında bir daha tekrarlanmaması ve önlemlerin alınması önemlidir.

Türkiye yüzölçümünün %92’si aktif deprem kuşağı içerisinde yer almakta ve nüfusunun %70’i yüksek riskli bölgede olmak üzere, toplamda %95’i deprem tehdidi altında bulunmaktadır. Depremler sebebiyle oluşan toplumsal sarsılma olarak genellenebilecek kayıplar ve yıkımlar, sadece fiziki olmanın ötesinde psikolojik açıdan da nüfusu etkilemekte olup, acil çözümler üretilip kalıcı önlemlerin alınması gerektiğini göstermektedir (Pampanin,2015). Şiddetli bir deprem anında yaşanan sarsıntının etkisi, ancak kişi depreme dayanıklı yapı içerisinde yaşadığına emin olduğu zaman hafif atlatılmış sayılacaktır.

Günümüzde yönetmelik hükümleri ile bilim ve teknoloji, şiddetli depremlerde bile yapı yıkılmadan ve depremin büyüklüğüne bağlı olarak öngörülen düzeyde yapı hasarı ve mal kayıplarının olabileceğini kabul etmektedir. Deprem konusunda bilim ve teknolojiyi en verimli kullanabilen ülkelerin başında Japonya, ABD ve Yeni Zelanda gelmektedir. Bu ülkelerdeki depremler, Türkiye depremlerinden

daha şiddetli ve büyük olmasına rağmen kayıplarının daha az olduğu görülmektedir (Küçük, 2006). Ülkemiz deprem ülkesidir ve depremler geçmişte olduğu gibi gelecekte de olmaya devam edecektir. Bu sebeple Türkiye’de depreme dayanıklı yapı tasarımı kaçınılmaz bir gerekliliktir.

Deprem Yönetmelikleri yaşanan depremler sonrasında güncellenmektedir. Yapıların yönetmeliğe uygun onayı alınmış olmasına rağmen depremlerde bazı yapılar etkilenmezken, bazılarının yıkılması/ağır hasar alması sorunun yönetmelikte olmadığını, yapıların yönetmeliğe uygun üretilmemesinden, tasarım ile uygulama ve kullanım aşamasında da denetimin özenli olmamasından kaynaklandığını göstermektedir. Yapıların yıkılma ve ağır hasar alma sebepleri ile ülkemizde yaşanan her depremde karşılaşılan hasarların tekrarlandığına vurgu yapılması çalışmanın amacını; İzmir’de deprem sonrası hasarlı ve yıkılan yapılarda saha gözlemleri ile özellikle kurum ve üniversitelerin deprem raporlarına, TBDY2018 yönetmeliğine ve literatüre dayalı değerlendirmeler ise çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Taşıyıcı sistem elemanlarında ortaya çıkan yetersizliklerin, deformasyonlar ve hatalar mimari ile ilişkisi belirtilerek açıklanması amaçlanmıştır. Bu hatalar üç ana başlıkta toplanmıştır:

**1. Tasarım hataları:** Yapıların yerleşim şekilleri, mimari ve kullanıcı talebi sebebi ile oluşan ve TBDY2018 Madde 3.6 da belirtilen deprem etkisi altında düzensiz binalar tanımında yer alan planda ve düşeyde düzensizlik

durumları, yumuşak ve zayıf kat oluşumu, bitişik nizam yapılarda dilatasyon boşluğunun yetersizliği vb.

**2. Uygulama hataları:** Beton kalitesizliği, dayanım düşüklüğü, donatının eksik ya da hatalı yerleştirilmesi, tasarım ile üretilen yapının uyumsuzluğu vb.

**3. Uygulama sonrası hatalar:** Kullanım amacının değiştirilmesi, bilinçsizce yapılan ilave yükler, kontrolsüz tadilatlar vb.

Taşıyıcı sistemi tasarlayanların inşaat mühendisleri olması sebebiyle ülkemizde “depreme dayanıklı yapı tasarımı yalnızca inşaat mühendislerinin rolü vardır” algısı yaygın bir görüştür. Oysa mimarlar, yapının tasarımında ekonomik, fonksiyonel ve estetik yaklaşımlarını çözümlerken aslında deprem davranışının başlangıç seviyesinin kurgusunu da oluşturmaktadır. Mimari tasarımda yapılan hatalar inşaat mühendisi hesabı ile düzeltilememekte ve mimari tasarım kararları yapının deprem performansı üzerinde en etkili düzeyde olmaktadır (Arbabian, 2000). Mimari tasarımın bazı olumsuzluklara sebep olabileceği düşünülmektedir. Bir yapının deprem güvenliğini tehdit edecek tasarımlardan kaçınmak ve yönetmelikte belirtilen düzensizliklerin oluşmasını engellemek mimari projelendirme aşamasında çözümlenmesi gereken bir sorumluluktur.

## 1. Mimari ve Strüktür Tasarım İlişkisi: 2020 İzmir Depremi

İzmir’de Afet ve Acil Durum (AFAD) verilerine göre 30 Ekim 2020 tarihinde merkez üssü Ege Denizi’nde Seferihisar açıklarında 16,54 km derinde, 6,6 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu deprem farklı merkezlerde ağır hasarlara sebep olmuştur. İzmir ilinde fay hatlarının yoğun olduğu Bayraklı ilçesi ağır hasar alan bölgedir. Deprem alanında mimar ve inşaat mühendislerinden oluşan teknik ekiple yönetmelik doğrultusunda depremin verdiği hasarların gözlemsel değerlendirmesi yapılmış ve binalar hasarsız, az-orta-ağır hasarlı yıkık ve acil yıkılacak bina olarak sınıflandırılmıştır. 183.484 adet yapıda hasar tespit çalışması yapılmış olup İzmir ili için toplam yıkılan bina sayısı

2020 İzmir	Tasarım Hataları	Uygulama Hataları	Uygulama Sonrası Hatalar
BTÜ Raporu	*Yapısal düzensizlikler (yatay ve düşey) *Donatı korozyonu *Güçlü kolon-zayıf giriş ilkesine uyulmaması *Sünek tasarım ilkelerine uyulmaması *Binaların projelendirme aşamasında 1975, TS498 ve TS500 Yönetmeliklerinde belirtilen ilkelere uygun yük/tasarım hesaplarının yapılmaması *Bitişik nizam yapılarda çekiçleme etkisi *Binalarda bodrum katının bulunmayışı ve radye temel sisteminin kullanılmayışının olumsuz etkileri	*Donatı detaylandırılmasının döneminin Yönetmeliğine bile uygun yapılmamış olması *Sahadaki uygulamanın statik projeye uygun olmaması *Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde enine donatı bulunmaması	*Tasarım ve uygulama hatasına yönelik tesbitlerde öncelikle binaya müdahale olmadıysa vurgusunun bulunması *Binaların taşıyıcı sisteminde sonradan tadilatlar gerçekleştirilmiş olması
ÇŞB Değerlendirme Raporu	*Tasarım (Yumuşak/ Zayıf Kat, Plan Düzensizliği ve Ağır Çıkma) *İmar (Binaların Yerleşim Şekli, Bitişik Nizam Bağlı Çekiçleme, Yeterli Dilatasyon Birakılmaması)	*Malzeme (Beton Kalitesi, Dayanım Düşüklüğü) *Donatı Uygulamaları (Yetersiz Donatı Miktarı ve Çapının Kullanılması, kancanın olmaması) *Yapım (Düzensiz demir işçiliği, kalıp hatası, girişin kolona oturmaması)	----
GÜ Raporu	*Bölgedeki zemin özelliklerinin dikkate alınmaması (Yapıların tasarımı sırasında zemin büyütmesi dikkate alınmaması)	*Beton kalitesinin yetersizliği (Herhangi bir sınıfa sokulamayacak kadar kötü olması) *Donatı yetersizliği (Sargı donatıları çok eksik yapılması ve aralıkları yeterli sıklıkta olmaması)	*İzinsiz tadilatlar (Proje dışı izinsiz tadilatlar yapılarak işyeri yapılması amacı ile duvar yıkımı ve buna bağlı olarak da yumuşak kat oluşumu)
İMO Raporu	Giriş katının duvarlardan arındırılmış olarak sadece kolonlardan oluşturulması veya ticari kaygılar ile giriş katın dolgu duvarlarının yok edilmesi uygulamaları olması	Toptan göçen binalarda düşük beton kalitesi, çoğunlukla düz yüzeyli donatı kullanımı ve sargılama donatısının (etrijelerin) uygun şekilde kullanılmaması	Yaygın olarak zemin katlardaki dolgu duvarların kaldırılarak dükkân ya da süpermarket olarak kullanılması
İTÜ Raporu	*Düzensiz taşıyıcı sistemler *Çekiçleme etkisi *Yetersiz kesit boyutları *Kısa kolonlar *Yumuşak/zayıf katlar *Mimari proje kaynaklı sorunlar *Yerel zemin koşullarının olumsuz etkisi	*Yetersiz malzeme özellikleri *Donatı korozyonu *Kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki sorunlar *Sünek olmayan donatı detaylandırması, sargı etkisinin yetersizliği	*Taşıyıcı olmayan bölme duvarlarının kaldırılması, düşeyde sürekliliklerin bozulması
ODTÜ Raporu	*Düzenli bir yapısal taşıyıcı sistem ve deprem kuvvetlerinin doğru akışını sağlayacak sürekli bir aks sistemi oluşturulmamış olması	*Kolon alt uçlarında donatı korozyonu olması	-----

71, yıkılması gereken (acil yıkılacak ve ağır hasarlı) bina sayısı ise 653 olarak belirtilmiştir (ÇŞB,2021). Yapılan gözlemlerde, yapıların 1999 yılından bu yana yaşanan depremlerle benzer nitelikte davranışlar göstererek hasara uğradığı ve bu nedenle de yapılan tasarım ve uygulamalardaki hatalardan ders çıkarılmadığı, önlemlerin gerekli hızda alınmadığı algılanmaktadır. İzmir depremi sonrasında seçilen yapıların hasar sebepleri açıklanırken gözleme dayalı tespitler ve deprem raporları dikkate alınmıştır. Deprem raporlarının temel değerlendirmeleri Tablo’de özetlenmiştir. Hata türü olarak örnek gösterilenin dışında

yapıların birden fazla hatayı barındırdığı da belirtilmelidir. Yapıların tasarım, uygulama ve uygulama sonrası hatalardan bir veya birkaçını barındırması afetin hasar boyutunu arttırmaktadır. Bazı yapılar deprem anında depreme karşı kendini koruyamadığı ve yıkıldığı, bazı yapıların da ağır hasar aldığından dolayı deprem sonrası yıkım kararı verildiği bilinmektedir. Bazı yapılarda da hiç hasar oluşmaması mühendislik kurallarına uygun, depreme dayanıklı yapı ilkelerine ve yönetmeliklere bağlı tasarım ve uygulama yapıldığında can ve mal kayıplarının önlendiğini göstermektedir.



## DEPREM ÖNCESİ



## DEPREM SONRASI



**SOLDA** İzmir depremi öncesi ve sonrası Rıza Bey Apartmanının durumu; GoogleMaps1 ve İTÜ,2020 (Resim 1)

**ALTTA** İzmir depremi öncesi ve sonrası Barış Sitesinin durumu; GoogleMaps2 ve Doğan, 2020 (Resim2)

## 1.1. Tasarım Hataları

Depreme dayanıklı yapılar için en önemli şart, depremin her yönden gelebileceğini göz önünde bulundurarak tasarım yapmaktır. Depreme dayanıklı tasarım, mimari tasarım aşamasında şekillenmeye başlamakta olup amacı modern, sosyal ve ekonomik gereksinimleri ve sürdürülebilir yapı hedeflerini karşılamaktır (Takagi, 2019). Deprem etkisiyle yıkılan yapılar üzerinde araştırmalar incelendiğinde, niteliksiz ve eksik malzeme kullanımı, hesaplama hatalarının yanı sıra, mimari tasarımın ekonomik, fonksiyonel ve estetik kaygılarla, planda ve düşeyde yapılan düzensizliklerden kaynaklı depreme dayanıklı tasarım kriterlerini karşılamadığı, strüktürün zorlandığı görülmektedir. Mimarın, yapı tasarımına başlarken depremi göz önünde bulundurarak ve deprem hareketinden yapının nasıl etkileneceğini düşünmesi gerekmektedir. Deprem etkisine

uygun olmayan bir mimari yapıyı depreme dayanıklı duruma getirmeye çalışmak zordur. İyi bir tasarımla yapının; daha güvenli, daha kullanışlı ve daha ekonomik duruma getirilmesi mümkündür. Taşıyıcı sistem belirlenince yapının deprem davranışı şekillenmiş olmaktadır. Özellikle taşıyıcı sistem düzensizlikleri bu açıdan önem kazanmaktadır.

**Güçlü Kiriş Zayıf Kolon**

Tasarımda kullanılan kolonların kirişlerden yeteri kadar güçlü olmaması durumu olarak kısaca tanımlanabilir. Mekân içinde kirişlerin görünmesi mimarlar tarafından istenmemekte ve çözüm olarak kirişsiz döşeme ya da yassı kiriş uygulanmaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de (TBDY2018) kiriş genişlikleri için Madde 7.4.1.1'de "Kiriş gövde genişliği kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun veya perdenin kirişe dik genişliğinin toplamını geçemez" olarak belirtmektedir. Bu madde ile yüksekliği

az fakat genişliği çok fazla olan kiriş yapımı yasaklanmıştır. Bir başka durumda kiriş alt seviyelerinin cephede boşluk oluşturmak için bırakılan lento seviyesine kadar uzatılması ile kiriş yüksekliğinin artırılmasıdır. Bu uygulamada da yapılan değişiklik ile yönetmelik hükümlerince kiriş ve kolon ebatlarının birbirine oranları ile ilgili şartlar bilinçsizce yerine getirilmemiş olmaktadır. TBDY2018 Madde 7.3.5'de "Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu" maddesiyle "Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır." denilmektedir. Deprem kuvveti etkisinde yatay düzlemde taşıma gücünü yitiren kolonlar yana yatarak, kirişler ve döşemeler iskambil kâğıdına gibi "Pancake" olarak da nitelendirilen kat, kat üstüne yığılmaktadır (Altındal ve Konak, 2002). Kolon en-boy oranının kirişlerden küçük olması nedeniyle güçlü kiriş-zayıf kolon durumunun meydana gelmesi, kolonların deprem sırasında kirişler tarafından üst/alt noktalarında mafsallaşarak hasara uğramasına sebep olmaktadır (Resim1). Bölgede de bütünüyle göçen yapıların çoğunda katların birbiri üzerine oturması görülmektedir (GÜ, 2020). Yapılar TBDY2018'e göre strüktür; zemin sınıfı, yapı türü, süneklik durumuna göre sınır değerleri ve katsayıları belirlenip güvenli tarafta

## DEPREM ÖNCESİ



## DEPREM SONRASI





kalınarak çözümlenir. Bu nedenledir ki, yapıların yıkılmasını tek bir sebebe bağlamak yanlış olacaktır. Yapı üretiminde birden fazla bilinçli ya da bilinçsiz ihmal ve hata bir araya geldiği için bu sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

#### **Yumuşak Kat ve Zemin Katın Hatalı Tasarımı**

Yumuşak kat; mimari çözüm arayışı ve mimari kullanım amaçlarının yapı şekline yansımından dolayı bir katın diğerlerine göre daha az rijit olmasından kaynaklanmaktadır. Yapıların zemin katları mekân

nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken “düzensiz binalar” kavramı bulunmaktadır. Planda ve düşeyde düzensizlik olarak 2 kısma ayrılmış bu bölümde yumuşak kat (B2) ve zayıf kat (B1) düzensizliği düşeyde düzensizlik durumu kapsamına girmekte ve duvar alanları düzensizlik hesabına etki etmektedir.

#### **Kısa Kolon ve Pencere Boşluklarının Hatalı Tasarımı**

Bilinçsizce yapılan bir diğer tasarım hatası ise, bant pencere boşluklarından kaynaklanan kısa kolon oluşumudur.



**ÜSTTE** Bant pencere tasarımı sonucu kısa kolondan kaynaklı İzmir depremi sonrası yapının durumu (Doğan, 2020) (Resim 3)

**ALTTA** Yapı malzemesi ve işçilik hatası; Doğan,2020 (Resim 4a)

Bilinçsiz uygulama; Korkmaz, 2020 (Resim 4b)



## “DEPREME DAYANIKLI YAPILAR İÇİN EN ÖNEMLİ ŞART, DEPREMİN HER YÖNDEN GELEBİLECEĞİNİ GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURARAK TASARIM YAPMAKTIR”

kazanmak veya şeffaflığı artırmak için rijitliği sağlayın perde duvarlardan yoksun bırakılması ya da giriş katı dolgu duvarlar kaldırılarak dolgu duvar oranının diğer katlara göre oldukça düşük olması büyük rijitlik farklarına yol açmaktadır (Can ve Tuncer, 2015). Bu duruma ülkemizde sık rastlanmakta ve İzmir’de de zemin katı dükkân olarak tasarlanmış normal kat yüksekliği ile zemin katın kat yüksekliği birbirinden farklı olan birçok yapı bulunmaktadır. Dükkânların ışık alması için diğer katlarda yer alan dolgu duvarlar zemin katlarda kullanılmamaktadır. Resim 2’de zemin katı otopark için boş bırakılmış ve dolgu duvarları olmayan iki blokta deprem anında zemin kat kolonlarının yıkıldığı görülmektedir. Ayrıca kolonların güçlü eksenlerinin sadece bir yönde olduğu da görülmektedir. Üst katlarda bulunan dolgu duvarlar çerçeve rijitliğine katkıda bulunurken, zemin kat kolonlar arası boşluk olduğundan katlar arası dayanım düzensizliği gerçekleşmektedir. Zemin kat kolonlarında yatay yükler altında limit durumda mafsallar oluşmakta ve kesme etkisiyle düzlem dışına kaydıkları görülmektedir (Koç,2016). Çerçevesiz yapılarda kolon güçlü eksenlerinin her iki dik yönde eşit olarak dağıtılması da önemlidir. 1997, 2007 ve 2018 TBDY’de binalarda depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar

Bu oluşum taşıyıcı sistem elemanları arasında bırakılan pencere boşluklarının parapet seviyesinden döşeme hizasına kadar dolgu duvarların kolon etki boyunu azaltması sonucu ortaya çıkmaktadır.

Yapılarda kısa kolon uygulamaları, daha çok havalandırma ya da içeriye ışık girmesi amacı ile duvarın zeminden tavana kadar tam örülmemesi ile meydana gelir. Mimari projelerde kısa kolon oluşumuna neden olan durumlar bant pencereler, tesisat katları, farklı giriş yüksekliklerinin etkisi (örneğin mimari tasarımda ışık alması istenen merdiven ara sahanlıklarının oturduğu girişler) ve asma kat gibi değişken kolon boylarına yol açan tasarımlar olarak belirlenebilir (Ersoy ve Ersoy, 1992). Kısa kolon oluşumu tasarım aşamasında mimari görünüş ve kesitlerin dikkatle incelenmesi ile görülebilir ve gereken önlem alınabilir. Deprem kuvveti etkisinde önlem alınmadan yerleştirilen bant pencereler her depremde olduğu gibi kolonlarda ağır kesme hasarları oluşmasına neden olmaktadır (Resim3). TBDY2018 madde 7.3.8’de kısa kolon ile ilgili şartlar bulunmaktadır. Kullanım sırasında yapılarda zaman zaman tadilatlar meydana gelmektedir. Kısa kolon olarak tasarlanmış bir kolona birleşen duvarların tadilat ile kaldırılması da davranışta değişikliğe sebep olacaktır. Bilgisizlik ve mühendislik





**ÜSTTE** İzmir depremi sonrası yıkım karar verilmiş bir yapıya ait elemanda nervürlü ve nervürsüz donatının bir arada bulunması; Ecemiş, 2020 (Resim 5)

İzmir'de bir yapıda donatının korozyona uğrayarak kopması; Ecemiş, 2020 (Resim 6)

**ALTTA** Bitişik nizam Yılmaz Erbek Apartmanın B blok zemin katının göçmesi; Google Maps 3; Doğan, 2020 (Resim 7)

**SAĞ ÜSTTE** Düşeyde bir köşesi göçen Karagül Apartmanın İzmir depremi öncesi ve sonrası durumu; Google Maps 4; BTÜ, 2020 (Resim 8)

hizmeti alınmadan yapılan yapılar, hasar ve can kayıplarının en büyük nedenidir. Kısa kolon oluşumu yalnız bant pencereler sebebiyle değil, duvarların kısmen yıkılması sonrasında da gerçekleşebilmektedir (Özmen vd., 2015).

#### **Hatalı Bitişik Nizam Tasarımı**

Bitişik nizam yapılarda gereken derz boşluğu yapılamadığı durumda depremdeki salınımlar iki yapı arasında ağır tahribat meydana getirmekte ve “çekiçleme etkisi” olarak tanımlanmaktadır. Bitişik yapıların kat döşemelerinin aynı hizada yapılmaması, farklı dinamik karakterlere sahip olması nedeniyle, döşemeler ya da kirişler kolonlara çarparak, kolonlarda hasara yol açmakta ve taşıma gücü azalan ya da yok olan kolonlar yapının ağır hasarına yol açmaktadır (Coza, 2003). Depreme dayanıklı olarak tasarlanmış olsa bile çarpışma sonucu yapı yıkıma uğrayabilmektedir.

## **1.2. Uygulama Hataları**

Bazı ağır hasarlı ve yıkılmış yapıların tasarımlarında herhangi bir hata görünmemektedir. Ancak bu yapıların depremlerde ağır hasar almasının sebebi uygulama sırasındaki hatalardan kaynaklanmaktadır. Kâğıt üzerinde ne kadar iyi tasarlanırsa tasarlansın deprem etkisine karşı koyacak yapı yerinde inşa edilen yapıdır. Bu nedenle uygulama hataları, yapıların deprem dayanımlarında tasarım hataları kadar önem arz etmektedir.

#### **Uygulamada Yapı Malzemesi Seçimi, Niteliği ve İşçilik Hataları**

Boyutları projeye uygun olmayarak inşa edilen kolonlar, depremde hasar

alan elemanlar olmaktadır. İşçilik ve kalıp hataları sonucu ebatları ve konumları katlarda farklılık gösteren kolonlar meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra kullanılan agrega ve betonun standartların öngördüğü koşulları sağlamıyor olması (THBB, 2020), yapıların beton niteliği ile işçiliğinin yetersizliği, taşıyıcının sargılama etkisini arttıran çirozların kullanılmadığı görülmektedir (İMO, 2020) (Resim 4a). Ustaların bilgisiz veya daha kötüsü umursamaz imalatları yüzünden el ile ufalan, donatı ile hiç aderans yapmamış, malzeme niteliği düşük beton ortaya çıkmaktadır. Beton kalitesi herhangi bir sınıfa sokulamayacak kadar kötü olması durumu eklenince yapı depremde ağır hasar almaktadır. Denetimsizlikten kaynaklı bir diğer işçilik hatası da tesisatın kolon ve kirişlere zarar verilerek yerleştirilmesidir (Resim 4b).

#### **Uygulamada Donatı Yetersizliği**

Bir yapıda deprem yükünün etkisine en çok kolon ve kirişlerin birleşim bölgeleri maruz kalmaktadır. Ayrıca sargı donatıları (etriye) yeterli aralıklarla yerleştirilmeyip, uygun olmayan bağlantı biçimleri ile yapılmaktadır. TBDY2018'de kolonlarda kullanılacak donatılara ait şartlar ve aralıklar sıkı kurallara bağlanmıştır. Bugüne kadar deprem sonrası yapılan saha gözlemlerinde özellikle yatay donatı olan etriye aralığına uyulmadığı, gerekli yerlerde sıklaştırma yapılmadığı ve etriye kancalarında 135° olması gereken açının yapılmadığı sıklıkla görülmüştür. Eski yapılarda etriye donatısı nervürlü olmasına rağmen etriye kancaları 90 derece büküldüğü için etriyelerde açılmalar olmuş, yapı elemanında yeterli sargı sağlanamamış ve kolonlarda ağır hasarlar tespit edilmiştir (Resim 5).

#### **Donatıda Korozyon**

Hesaplanan donatı ebat, sayı ve uygulama biçiminin denetlenmemesi, donatının korunmamasından kaynaklı korozyona uğraması ile birleşince yapının hasar düzeyi üzerindeki etkileri göz ardı edilemeyecek kadar önemli olmaktadır. İzmir'de de ağır hasarlı binaların özellikle alt katlarında aşırı korozyon gözlemlenmiştir (AFAD, 2020). Tasarım aşamasında sondajlar yapılarak zemin etüt raporları hazırlanmakta, zemin özellikleri, yeraltı su seviyesinin durumu gibi jeolojik





parametreler belirlenmektedir. İnşaat alanında yeraltı su seviyesi yüksek ise zamanla beton içerisine sızan su vb. sebepler ile donatıda korozyon oluşmaktadır. Donatıda meydana gelen korozyon çeliğin özelliklerini kaybetmesine, taşıyıcılığını yitirmesine neden olmaktadır (Resim 6). Bu gibi durumlarda iyi bir yalıtımın yapılması, suya dirençliliği ve geçirimsizliği sağlayan katkı malzemeli beton kullanılması gereklidir.

### 1.3. Uygulama Sonrası Hatalar

Uygulama sonrası hatalar kapsamında, ruhsat sonrası yapılarda işlev değişiklikleri, izinsiz tadilatlar, kullanım amacının değiştirilmesi gibi kontrolsüz değişimler gerçekleşmekte ve bu sebeplerle çok sayıda yapıda hasarların yaşandığı görülmektedir. Yapılarda yıkılmaya sebep olmayacak seviyede bazı tasarım eksiklikleri olsa da bu kullanım aşamasındaki müdahalelerin de eklenmesiyle istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

#### Uygulama Sonrası İşlev Değişikliği

Genellikle giriş katlarda cephe dolgu elemanları kaldırılarak konuttan ticarete dönüştürülmesi ya da küçük mekânlı ticaret alanlarının ara dolgu duvarları kaldırılarak tasarım aşamasında hesaba katılmamış değişikliklerin yapılmış olması yapının yatay rijitliğini bozmaktadır. Deprem kuvvetinin döngüsel hareketinin etkisi ile zemin kattaki kolonlar mafsallaşarak zarar görebilmektedir (Bachmann, 2003). İzmir depreminde zemini ticari amaçlı kullanılan yapının zemin katının tümüyle göçmesi, buna karşılık bitişik nizam diğer bloğun zarar görmemiş olması yeterli deprem derzinin bırakıldığını da göstermektedir (Resim7). Ayrıca işlev değişiklikleri bina önem katsayısında(I) değişikliklere neden olduğundan da değerlendirilmesi gereken önemli bir müdahale türü olmaktadır (İTÜ, 2020).

#### Uygulama Sonrası İzinsiz Tadilatlar

Yapıların taşıyıcılarında süreksizliğe çoğu zaman perdelerde rastlanmaktadır. Perdelerin/kolonların düşey düzlemde ebatları değiştirilerek veya perdeler katlarda şaşırtılarak yerleştirilmektedir (İdemen, 2003). TBDY2018'de taşıyıcı sistemde düşey elamanların süreksizliği B3 türü düzensizlik olarak adlandırılan



“UYGULAMA SONRASI HATALAR KAPSAMINDA, RUHSAT SONRASI YAPILARDA İŞLEV DEĞİŞİKLİKLERİ, İZİNSİZ TADİLATLAR, KULLANIM AMACININ DEĞİŞTİRİLMESİ GİBİ KONTROLSÜZ DEĞİŞİMLER GERÇEKLEŞMEKTE VE BU SEBEPLERLE ÇOK SAYIDA YAPIDA HASARLARIN YAŞANDIĞI GÖRÜLMEKTEDİR”

bu madde “Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu” şeklinde açıklanmıştır. Bu maddeye göre tek izin verilen durum düşey deprem analizi de yapılmak kaydıyla kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturmasıdır. Bu madde yapı inşa edilmeden henüz tasarım ve projelendirme aşamasında iken dikkate alınması gereken bir konudur. Plan düzleminde perdelerin rijitlik düzensizliğine yol açacak konumlarda yerleştirilmesi de yapıda burulma düzensizliğine sebep olabilecek etkenlerdendir. Gözlemler neticesinde ilk etapta tespiti yapılamayacak olsa da yapılarda göçme şekli olarak bir tarafı hasar görmüş nitelikte olanları için genellikle ilk yorum taşıyıcı sisteme zarar verilmiş olabileceği fikrini çağrıştırmaktadır. İzinsiz tadilatlar sonucu yapıların düşey taşıyıcı sistemlerinde çoğu zaman

kontrolsüz yapılan değişiklikler deprem karşısında tek taraflı göçmeye sebep olabileceğini düşündürmektedir. Hasarlı ve göçen yapıların mimarisinde önemli tadilatların yapıldığı, teyide muhtaç olmakla birlikte yıkılan yapılardan bazılarının taşıyıcı sistemi ile oynanmış olabileceği iddiaları olsa da BTÜ (2020) raporunda da belirtildiği gibi binaya sonradan müdahale yoksa projelendirme ve/veya uygulama safhalarındaki eksikliklerin/yanlışların olma ihtimali bulunduğu belirtilmektedir. Tek taraflı göçmenin yaşandığı örnekler daha önce Marmara Depreminde olduğu gibi İzmir depreminde de benzer şekilde gözlenmektedir (Resim 8).

### 2. Bulgular

2020 İzmir Depremi sonrası yapılan gözlemlerle üniversite ve kurumların hazırlamış olduğu deprem raporları ışığında yapı stoğu açısından yaşanması muhtemel bir sonraki depremlere hazır olmadığımız görülmektedir.

	Deprem Etkisi	İzmir'den Örnek Yapılar	Yönetmelik Şartları	Türkiye Genelinden Örnekler	Çözüm Önerileri
Tasarım Hataları	Güçlü Kiriş-Zayıf Kolon		TBDY2018 Madde 7.4.1.1'de Ve TBDY2018 Madde 7.3.5'de		Birbirini izleyen katlar arasında zayıf, yumuşak katlar oluşturulurken TBDY 2018 yönetmeliği esnek duvar-çerçeve detayı göz önünde bulundurulmalıdır.
	Yumuşak /Zayıf Kat		TBDY2018 Madde 3.6.2.3'de ve TBDY2018 Madde 3.6.2.1'de		Katlarda kolon boyutlarına önemle dikkat edilmelidir. Kısa kolon yapılması kaçınılmaz bir durum ise hesaplarda bu husus dikkate alınarak analiz tasarımı yapılmalıdır. Taşıyıcı sistem bakımından düzensiz yapılardan kaçınılmalı gerekirse dilatasyon boşlukları ile yapı formları basit geometrilere dönüştürülmelidir.
	Kısa Kolon		TBDY2018 Madde 7.3.8'de		
	Hatalı Bitişik Nizam		TBDY2018 Madde 4.9.3'de		
Uygulama Hataları	Yapı Malzeme Seçimi ve İşçilik		TBDY2018 Madde 7.2.5.'de		Bilinç düzeyinin ve denetimin artırılması gerekli yalıtımların düzenlenmesi gerekmektedir.
	Donatı Yetersizliği		TBDY2018 Madde 7.3.3.'de TBDY2018 Madde 7.3.4.'de		
Uygulama Sonrası Hatalar	İşlev Değişikliği		TBDY2018 Madde 3.1.'de		Yapının işlevi ruhsata uygun kullanılmaya devam edilmelidir. Ruhsat sonrası yapılan tadilatlar yapı denetim firmaları ve belediyeler tarafından hassasiyetle kontrol edilmelidir.
	İzinsiz Tadilatlar		TBDY2018 Madde 3.6.2.4'de		Ruhsat sonrası tadilatlarda yapılacak dolgu duvarlar ile ilgili düzenlemeler göz ardı edilmemelidir.

Güncellenen yönetmelikler yeni inşa edilecek yapılar için geçerli olup acil olarak mevcut yapılar için depreme dayanıklılık kimlikleri hazırlanmalı ve gerekli onarım, güçlendirme ya da yıkılıp yeniden üretim uygulamaları gerçekleştirilmelidir. Tablo 2'de yapıların hasar görme sebeplerine ilişkin hataların deprem davranışına etkileri, İzmir'de ve ülkemizde karşılaşılan örneklerle ifade edilmiş, hatalara karşılık gelen yönetmelik

maddeleri ile çözüm önerileri özetlenmiştir.

Depreme dayanıklı yapı ilkelerinde mimari tasarımdaki önlemler hata sınıflandırılmasına üç grupta ele alınmıştır.

### 2.1. Tasarım Önlemleri

. Birbirini izleyen katlarda zayıf kat ve yumuşak kat problemlerine sebep olan dolgu duvarlar deprem davranışını etkileyen parametre olmaktan

çıkarılmalıdır. Bu da TBDY2018 yönetmeliğiyle yeni gelen bir madde olan esnek duvar-çerçeve bağlantı detayı ile mümkün olacaktır (Resim 9).

. Taşıyıcı sistemi oluşturan kolon ve kirişler en az iki doğrultuda bağlanmalıdır. Yapı düşey düzleminde kolonlar/perdeler temele kadar sürekli devam etmelidir.

. Tasarım aşamasında hatta avan proje aşamasından itibaren mimar-inşaat mühendisi beraber çalışmalıdır.

. Perde duvarlar eski yapılarda yeterli miktarda bulunmamaktadır. Yetersiz yanal rijitlik yapılarda ileri hasara ve göçmeye neden olmaktadır. Yeni yapılacak yapılarda perdeli çözümler deprem davranışı açısından uygun olacaktır. Burulma düzensizliği oluşturmayacak yerleşimde deprem kuvvetini karşılayacak kadar perde konulması birçok problemi ortadan kaldıracaktır.

### 2.2. Uygulama Önlemleri

. Taşıyıcı sistemde kullanılan malzeme ve uygulama sırasında işçiliklerin yüksek kalite ve standartlara uygunluğu denetlenmelidir.

. İşçilerin "bu böyle olur" söylemlerinden kaçınılarak taşıyıcıya zarar vermeyen çözümler bulunmalı ve denetimsiz işçilikten uzak durulmalıdır.

### 2.3. Uygulama Sonrası Önlemler

. Konut olarak tasarlanan bir yapı sonradan ticari amaç ile kullanılacaksa meydana gelecek yük artışı deprem anında hasarlar oluşturacağından bu gibi durumlardan uzak durulmalıdır.

. Ruhsat sonrası yapılan tadilatlar yapı denetim firmaları ve belediyeler tarafından hassasiyetle kontrol edilmelidir.

### 3. Sonuç

2020 İzmir depremi, daha önce 1939 Erzincan, 1976 Çaldıran, 1999 Marmara, 2003 Bingöl, 2011 Van, 2020 Elâzığ depremleri gibi Türkiye için deprem gerçeğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada ortaya konulan hatalar yalnız İzmir bölgesine ait olmayıp diğer depremlerde de benzerleri ile gözlemlenmektedir. Yaşanan her deprem sonrası yapılan saha gözlemleri ve incelemelerinde olduğu gibi İzmir depreminde de yılanın deprem değil



yanlış tasarlanan, denetimsiz ve uygunsuz inşa edilen yapılar olduğu görülmüştür. Her 10 yılda bir ülkemizde yaşanan depremlerden ders alınmış gibi görünse de İzmir depremi ders alınmadığını tekrar göstermektedir.

## “DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI SADECE BİLGİSAYAR ÜZERİNDEKİ HESAPLARLA DEĞİL, AYNI ZAMANDA DENETİMLİ İNŞA SÜRECİYLE BİRLİKTE BİR BÜTÜNDÜR. DEPREMLERE KÂĞIT ÜZERİNDEKİ YAPININ DEĞİL, YERİNDE DOĞRU İNŞA EDİLEN YAPININ KARŞI KOYACAĞI UNUTULMAMALIDIR”

Gerekli önlemler alınmadıkça depremler sonucu can ve mal kayıpları yaşanmaya devam edilecektir. Bu durumda başta mühendisler ve iş birliği içindeki mimarlara büyük sorumluluk düşmektedir. Yapılan araştırmalar, deprem dayanımının ilk olarak büyük ölçüde bina geometrisinin şekillendiği mimari tasarım aşamasında oluştuğunu göstermektedir (Ersoy, 1993). Geometrisi bozuk bir yapıyı hesapla uygun hale getirmek mümkün değildir.

Unutulmamalıdır ki depreme dayanıklı yapı tasarımı sadece bilgisayar üzerindeki hesaplarla değil, aynı zamanda denetimli inşa süreciyle birlikte bir bütündür. Depremlere kâğıt üzerindeki yapının değil, yerinde doğru inşa edilen yapının karşı koyacağı unutulmamalıdır.

Depremler sonrasında gerek tasarım gerekse de inşa aşamasında yapılan hatalara ve konunun önemine defalarca vurgu yapılmış olmasına rağmen problemler hâlâ devam etmektedir. □

• Dr. Öğretim Üyesi Gamze Doğan'a İzmir Depremi sonrasında tespit çalışmalarına ilişkin bilgi ve belgelerini bizimle paylaştığı için teşekkür ederiz.

**SOL ÜSTTE** Hatalara ilişkin bulgular ve çözüm önerileri (Tablo 2)

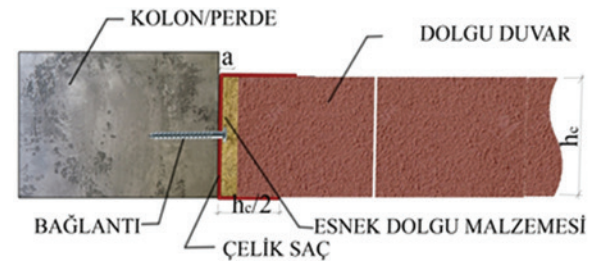
**SAĞ ÜSTTE** Kolon/perde duvar birleşiminde esnek dolgu malzemesi kullanımı, TBDY2018'den faydalanılarak düzenlenmiştir (Resim 9)

### KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı. "30 Ekim 2020 Sisam Adası (İzmir Seferihisar Açıkları) Mw 6.6 Depremi Raporu".2020. Son Güncelleme 21.02.2021. <https://deprem.afad.gov.tr/depremdokumanlari/2065>.
- Altındal, Adil, and Konak, Nesat. "17 Ağustos 1999 Depreminde Yıkılan Binaların Mimari Hataları".

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,6(2).147-152.2002

- Arbabian, Homayoun. "The role of architects in seismic design". In International Conference on the Seismic Performance of Traditional Buildings in Istanbul, Turkey, Republic of Turkey Ministry of Culture, ICOMOS International Wood Committee, Istanbul, Turkey. 83-91. 2000.
- Bachmann, Hugo, Suisse. Office fédéral de l'environnement. "Seismic conceptual design of buildings: basic principles for engineers, architects, building owners and authorities". 2003.
- Bursa Teknik Üniversitesi (BTÜ) Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEPAR). "İzmir Depremi Değerlendirme Raporu". 2020. Son Güncelleme 13.01.2021. [https://depo.btu.edu.tr/dosyalar/btu/Dosyalar/Rapor\\_Bursa.Teknik.Uni.Deprem.2020.10.30.pdf](https://depo.btu.edu.tr/dosyalar/btu/Dosyalar/Rapor_Bursa.Teknik.Uni.Deprem.2020.10.30.pdf)
- Can, Sevim Ateş ve Tuncer, Hilal. "Mimari Tasarımda Deprem Faktörü". International Burdur Earthquake and Environment Symposium (IBEES2015), 13.2015.
- Coza, Halit. "Betonarme Yapılarda Gözlenen Deprem Hasarları ve Nedenleri". Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 2003.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü (ÇŞB). "30 Ekim 2020 İzmir Seferihisar Depremi(Mw=6.6) Genel Değerlendirme Raporu". 2021.
- Ersoy, Uğur ve Ersoy A. A. "Binaların Deprem Dayanımında Mimarın Önemi". Yapı Dergisi, 125.58.1992.
- Ersoy, Uğur. "Depreme Dayanıklı Yapı ve Denetim". Proje ve Yapı Denetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı. 63-78.1993. Son Güncelleme 19.02.2021. <https://konya.imo.org.tr/ekutuphane/index.php?yayinkod=640>
- Gazi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi. "Seferihisar Açıkları (İzmir) Depremi Ön Değerlendirme Raporu". 2020. Son güncelleme 13 Ocak 2021. <http://gazi.edu.tr/posts/view/title/gazi-universitesi-deprem-muhendisligi-uygulama-ve-arastirma-merkezi-seferihisar-aciklari-%28izmir%29-depremi-on-degerlendirme-raporu-256498>
- İdemem, A. Esra. "Bina Ağırlık Merkezi-Rijitlik Merkezi İlişkisini Mimari Tasarım Aşamasında Kuran Bir Uzman Sistem". Doktora Tezi, İTÜ FBE İstanbul. 2003.
- İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ). "30.10.2020 İzmir Depremi Değerlendirme Raporu". 2020. Son güncelleme 13.01.2021. <https://arkitera.wetransfer.com/downloads/35cbaae392e189abcd008955db7b72720201105081151/2ae92c>
- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi (İMO) "30 Ekim 2020 Tarihinde Meydana Gelen İzmir Depremi Raporu". 2020. Son güncelleme 20.02.2021,



<http://www.tmmob.org.tr/icerik/imo-izmir-depremi-raporu-aciklandi>

- Koç, Varol. "Deprem Sonrası Ağır Hasarlı Bina Hasarlarının Sınıflandırılması". Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi. Sayı 1. Sayfa 46-65. 2016.
- Küçük, Demet. "Deprem Zararlarını Azaltma Çalışmalarında Mimarlık Eğitiminin Yeri". Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara. 2006.
- Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi. "30 Ekim 2020 Mw 6.6 Sisam Adası (İzmir Seferihisar Açıkları) Depremi Sismik ve Yapısal Hasara İlişkin Saha Gözlemleri". 2020. Erişim 21.02.2021, <http://eerc.metu.edu.tr/tr/duyuru/izmir-seferihisar-aciklari-sisam-depremine-ait-odu-dmam-raporu-yayinlanmistir>.
- Özmen, Hayri, İnel, Mehmet ve Çaycı, Bayram. "23 Ekim ve 9 Kasım 2011 Van Depremleri Yapısal Hasar Değerlendirme Raporu". 2015.
- Pampanin, Stefano. "Towards the "Ultimate Earthquake-Proof" building: Development of an integrated low-damage system. In Perspectives on European Earthquake Engineering and Seismology". 321-335.Springer, Cham. 2015.
- Takagi, Jiro and Wada, Akira. "Recent earthquake sand the need for a new philosophy for earthquake-resistant design. Soil Dynamics and Earthquake Engineering". 119.499-507.2019.
- TBDY2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
- Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB). "İzmir Depremi İnceleme Raporu". 2020. Son güncelleme 20.02.2021. <https://www.thbb.org/teknik-bilgiler/raporlar/izmir-depremi>

### Görsel Kaynakları

- Doğan, Gamze. İzmir Depremi Özel Fotoğraf Arşivi. 2020
- Ecemiş, Ali Serdar. İzmir Depremi İnceleme Sonrası Özel Fotoğraf arşivi. 2020
- Korkmaz, Serra Zerrin. Özel Fotoğraf Arşivi. 2011-2020
- Alecci, Valerio ve Stefano, Mario. "Building Irregularity Issues and Architectural Design In Seismic Areas. Fratturaed Integrita Strutturale". 13. 161-168. 2018.
- "GoogleMaps 1": Görüntülenme Yılı: 2019, Erişim: 03.01.2021
- "GoogleMaps 2": Görüntülenme Yılı: 2018, Erişim: 03.01.2021
- "GoogleMaps 3": Görüntülenme Yılı: 2014, Erişim: 10.01.2021
- "GoogleMaps 4": Görüntülenme Yılı: 2014, Erişim: 10.01.2021

### Tablo 2'de Kullanılan Görsel Kaynakları

- <https://megainsaatvemimarlik.wordpress.com/tag/cekicleme-etkisi/>, Erişim: 05.03.2021
- <https://insapedia.com/turkiye-bina-depremyonetmeligi-b1-komsu-katlar-arasi-dayanim-duzensizligi-zayif-kat/>, Erişim:05.03.2021
- <https://santiyede.com/deprem-sonrasi-olusan-hasarlarin-nedenleri-ve-alinacak-onlemler/3/>, Erişim: 05.03.2021
- <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11527/8773/2915.pdf>, Erişim: 05.03.2021
- <https://docplayer.biz.tr/3723955-Mimari-tasarimda-deprem-5.html>, Erişim: 05.03.2021
- Korkmaz, Serra Zerrin. Özel Fotoğraf Arşivi. 2011-2020