

Yumuşak kat düzensizliğinin betonarme yapılar üzerindeki olumsuz etkileri

Adverse Effects of Soft Story Irregularity on Reinforced Concrete Structures

Aslı Akdemir¹ , Tuğba İnan Günaydın^{2*} 

¹Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Niğde, Türkiye

Özet: Ülkemizde yürürlükte olan deprem yönetmeliğinde yer alan yapısal düzensizliklerin depremde yapıların ağır hasar almalarında, yaşanan can ve mal kayıplarının sayısının yüksek olmasında etkilerinin çok fazla olduğu bilinmektedir. Mimari tasarımcılar ve inşaat sektöründeki uygulama aşamasında yer alan diğer meslek gruplarının yapısal düzensizlikler hakkında bilgi sahibi olması ve depreme dayanıklı yapı tasarımıdaki önemlerini kavramaları gerekmektedir. Yapıların tasarım ve uygulama aşamalarını bu bağlamda detaylı olarak takip etmeleri sağlanmalıdır. Çalışmada düşey yapısal düzensizlik türlerinden biri olan yumuşak kat düzensizliği incelenmiştir. Yumuşak kat düzensizliğinin yönetmelikteki tanımı ve hesaplama yöntemi açıklanmıştır. Yumuşak kat düzensizliğine neden olan tasarım faktörleri ve bu yanlış uygulamaların yapıların depreme karşı dayanımına olan etkileri daha önce bu konuda önemli bilgiler içeren kaynaklardan araştırılarak ve eklemeler yapılarak aktarılmıştır. Yumuşak kat düzensizliğine neden olan faktörler ve önlem almak için tercih edilebilir tasarım önerileri detaylı olarak görsellerle tablo haline getirilerek ifade edilmiştir. Düşey düzensizlik türlerinden birisi olan yumuşak kat düzensizliği genellikle zemin katların ticari amaçla kullanımında daha işlevsel hale getirmek için kat yüksekliğinin diğer katlardan fazla olması ya da dolgu duvarlarının zemin katlarda kaldırılması gibi nedenlerle ortaya çıkmaktadır. Bunun gibi sebeplerle meydana gelen katlar arası rijitlik farkının oluşması depremde katların farklı salınım hareketleri sergilemelerine neden olmaktadır. Çalışmada yapısal düzensizliklerden depremde sıklıkla karşıma gelen yumuşak kat düzensizliği incelenmiştir. Düşey düzensizlik türü olan bu düzensizlik katlar arası rijitlik düzensizliği olarak bilinmektedir. Yumuşak kat düzensizliğinin tanımı, hesaplanması, bu düzensizliğe neden olan tasarım faktörleri, düzensizliğin önlenmesi için uygulanabilir tasarım yaklaşımları analiz edilerek açıklanmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı için bu hususta gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yumuşak Kat Düzensizliği, Yapısal Düzensizlikler, TBDY 2018, Mimari Tasarım Hataları

Abstract: It is known that the structural irregularities in the earthquake regulations in force in our country have a very high impact on the heavy damage of the structures in the earthquake and the high number of loss of life and property losses. As a result of the studies and analyzes carried out in the field after the earthquake, it has been determined that irregular structures have less earthquake resistance and suffer greater damage. Architectural designers and other professional groups involved in the application phase in the construction sector should have knowledge about structural irregularities and understand their importance in earthquake resistant building design. It should be ensured that they follow the design and implementation stages of the buildings in detail in this context. The definition and calculation formulas of structural irregularities are included in the Turkish Building Earthquake Code (TBDY 2018). Designers should avoid irregular building design by investigating these calculations and design factors that cause irregularity. The definition and calculation formulas of structural irregularities are included in the Turkish Building Earthquake Code (TBDY 2018). In this study, soft story irregularity, which is one of the types of vertical structural irregularities, is analyzed. The definition of soft story irregularity in the regulation and calculation method are explained. The design factors that cause soft story irregularity and the effects of these misapplications on the earthquake resistance of the structures have been researched and added to the sources that contain important information on this subject. The factors causing soft storey irregularity and preferable design recommendations for taking precautions are expressed in detail by tabulating with visuals. In this study, soft storey irregularity, which is one of the structural irregularities frequently encountered in earthquakes, was investigated. This irregularity, which is a type of vertical irregularity, is also known as inter-story stiffness irregularity. The definition and calculation of soft story irregularity, design factors that cause this irregularity, and applicable design approaches to prevent irregularity are analyzed and explained. Necessary precautions should be taken in this regard for earthquake resistant building design.

Keywords: Soft Storey Irregularity, Structural Irregularities, TBDY 2018, Architectural Design Errors

*İletişim Yazarı / Corresponding author. Eposta/Email : tinan@ohu.edu.tr

Geliş / Received: 25.03.2025, Revizyon / Revised: 06.05.2025

Kabul / Accepted: 15.05.2025



1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde her yıl birçok deprem felaketi yaşanmaktadır. Bu yaşanan felaketler büyük can kayıplarına ve maddi hasarlara neden olduğu için alınması gereken önlemler hayati değer taşımaktadır. Deprem felaketinden en çok etkilenen yapı çeşidi ülkemizde de sıklıkla tercih edilen betonarme binalardır (Şensoy, 2018). Deprem, yapılar için enerji yüklemesine neden olan bir afettir. Eğer yapı gelen bu enerji yüklemesini sönmek için elastik sınırlarını aşarak deforme olursa büyük hasarlar ortaya çıkmaktadır. Yapıya gelen deprem yükleri yapının yer değiştirmesine ve kat ötelemelerine sebep olur (Avcı, 2018). Düzensiz yapılarda kat ötelemeleri her katta farklı olabileceğinden yapının göçme ihtimali daha yüksektir. Taşıyıcı sistem tasarımı, mimari tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan birisidir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, taşıyıcı sistemin yapıya en uygun şekilde tasarlanması deprem için alınabilecek önemli önlemlerden birisidir.

Estetik kaygılar gibi sebeplerden dolayı taşıyıcı sistem tasarımı konusunda fazla özgürlükçü yaklaşımlar yapının deprem etkisi altında olmadığı zamanlarda bile zorlanmasına neden olabilirken, deprem yükleri altındayken daha büyük sıkıntılara yol açabilmektedir (Uzunöme-roğlu, 2019).

Yapı sektöründe dolgu duvarların yapının dayanımına olan etkileri çok fazla bilinmemektedir. Yapıya sadece ağırlık yaptığı düşünüldüğü için tasarımlarda gereken önem verilmemektedir. Yapıda tek görevi taşıyıcı sistem tasarımında boşluk kalan kısımlar doldurmak olarak görülse de aslında dolgu duvarlar yapının yatay ve düşey yükler altında göstereceği performansı oldukça etkilemektedir (Bayülke, 2003).

Ülkemizde yaşanan deprem felaketleri sonrasında o alanlarda yapılan incelemelerde yıkılan yapıların birçoğunda yapısal düzensizliklerin bulunduğu analiz edilmiştir. Bu hasarların nedenleri incelendiği zaman bir çok yapıda; ticari amaçlı kullanımlar için zemin katta bulunan dolgu duvarlarının kaldırılarak şeffaflıyet sağlanması, bodrum katların doğal havalandırılması için tercih edilen bant pencerelerin kısa kolon oluşumuna neden olması, kolon ve kirişlerin birbirine bağlanmasında donatıların yetersiz ve yanlış kullanımı, katlar arasında rijitlik farklarının olması ve deprem sırasında katlarda farklı salınımların meydana gelmesi, düşey taşıyıcı elemanlarının devamlılığının temelden en üst seviyeye kadar sağlanmaması, tercih edilen beton malzemesinin kalitesizliği ve uygulamada yapılan bazı hatalar, yanlış zemin seçimi ve zemin etüdünün yapılmaması, yapı formlarının basit geometride değil daha kompleks şekilde tercih edilmesi gibi durumlar mevcut olduğu anlaşılmaktadır (Ertürkmen, 2023).

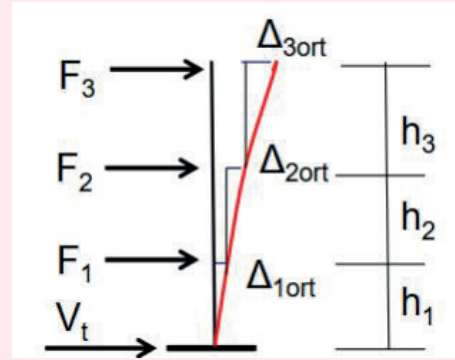
Çalışmada ilk olarak yapısal düzensizlik türlerinden düşey yapısal düzensizlik türü olan yumuşak kat düzensizliğinin Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (TBDY-

2018) yer alan tanımı ve hesaplamasına yer verilmiştir. Yumuşak kat düzensizliğine sebep olan tasarım faktörleri araştırılarak bu faktörler karşısında alınabilecek önlemler ve uygulanabilir tasarım yaklaşımları ifade edilmiştir. Son olarak yumuşak kat düzensizliğinin depreme dayanıklı yapı tasarımı için oldukça hassas bir konu olduğu ve bu konuya yapının tasarım aşamasındayken dikkat edilmesinin önemi vurgulanmıştır.

2. Yumuşak Kat Düzensizliği ve Hesaplaması

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olarak da bilinen yumuşak kat düzensizliği TBDY-2018'de düşeydeki yapı düzensizlikleri içerisinde yer almaktadır. Bu düzensizlik türü yapının herhangi bir katında (bodrum katı hariç) meydana gelen görel kat ötelemesinin, komşu katlarında meydana gelen görel kat ötelemesinin oranı olan rijitlik düzensizliği kat sayısının 2'den büyük olması durumu şeklinde tanımlanmıştır. Yapılarda meydana gelen yer değiştirmenin şematik çizimi ►Şekil 1'de verilmiştir (►Şekil 1). Rijitlik düzensizliği katsayısının değeri düzensiz yapılar 2'den daha küçüktür. Yapılarda yumuşak kat düzensizliğinin hesaplanması (1) numaralı formüle uygun olarak yapılmaktadır (TBDY, 2018) (Formül 1).

$$\eta_{ki} = (\Delta_i^{(x)}/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(x)}/h_{i+1})_{ort} > 2 \quad (1)$$



Şekil 1. Yapılarda Oluşan Yer Değiştirmenin Şematik Çizimi (Abuselidze, 2022)

Yapıda eğer yumuşak kat düzensizliği mevcutsa, deprem esnasında yumuşak katlarda diğer katlara göre daha fazla deplasman etkileri görülmektedir. 2. Mertebe etkileri olarak bilinen moment artışı yumuşak katlarda ortaya çıkması ile bu durum yapının büyük hasar almasına neden olmaktadır. Yumuşak kat düzensizliği bulunan yapılarda burulma düzensizliğinin de etkisi fazla olacağı için yapıda yer değiştirme ve dönme hareketleri bu katlarda çok fazla meydana gelmektedir (Altuntaş & İpek, 2023). Yapının rijitliği, yapının deprem sırasında göstereceği tepkiyle oldukça bağlantılı bir durumdur. Yatay ve düşey yüklerin yapıya dengeli dağıtılması için yapının rijit tasarlanması gereklidir.

3. Yumuşak Kat Düzensizliğine Neden Olan Tasarım Faktörleri

3.1. Zemin Kat Yüksekliğinin Fazla Olması

Deprem yükü yapının bütününde en çok zemin kata etki etmektedir. Üst katlarda ve ara katlarda zemin kata etki eden deprem yükünden daha az etki görülmektedir. Bu nedenle yapıların zemin katlarının mukavemeti daha yüksek tasarlanmalıdır. Yapının zemin katındaki mukavemet düşük olursa ya da yapıda yapısal düzensizlikler mevcutsa yapı depreme karşı daha dayanıksız olur ve hasar görme olasılığı artar. Zemin katın kat yüksekliğinin diğer katlardan daha fazla olması, zemin katın yatay rijitliğini azalttığı için depreme karşı yapıyı dayanıksız hale getirmektedir (Altuntaş & İpek, 2023). Yapılarda zemin katın ticari, estetik ya da farklı amaçlarla daha yüksek tasarlanması ülkemizde oldukça sık rastlanan durumdur. Yapının rijitliğinin azalması deprem anında yapıya gelen deprem yükleri ile birlikte yapıda yumuşak kat düzensizliğine neden olur.

3.2. Zemin Katta Dolgu Duvar Bulunmaması

Yapılarda taşıyıcı sistem olmayan fakat yapının mukavemetinde oldukça fazla etkisi bulunan dolgu duvarlar, yapının deprem sırasında gösterdiği davranışta oldukça etkilidir. Dolgu duvarlar deprem enerjisini sönümleyerek yapının depremden daha az etkilenmesini sağlamaktadır. Yapıda dolgu duvar için kullanılan malzemenin basınç dayanımı oldukça önemlidir. Basınç dayanımı ne kadar yüksek olursa depreme karşı yapı o kadar dayanıklı olur (Çelebi & Beyen, 2018). Zemin katlarda dolgu duvar kullanımı yerine daha saydam ve geçirgen olan cam vitrinler tercih edilmesiyle zemin katlarda yumuşak kat düzensizliği meydana gelmektedir. Zemin katın bu şekilde dolgu duvarsız ya da daha az dolgu duvarlar ile tasarlanması kat deplasmanının bu katta çok fazla olmasına neden olmaktadır (İnan & Korkmaz, 2012). Yapıda yumuşak kat düzensizliğine engel olmak için taşıyıcı sistemin sürekli ve düzenli olmasının yanı sıra dolgu duvarlarında tüm katlarda yeterli ve dengeli olarak tasarlanması gerekmektedir.

3.3. Ara Katlarda Dolgu Duvar Bulunmaması

Çerçeve sistemli yapılarda düşey taşıyıcı sistem elemanları olan kolonların arasında yer alan dolgu duvarların belli sınırlar dahilinde yatay yük taşıma kapasiteleri mevcuttur. Deprem sırasında yapıya gelen yatay yüklerin bir kısmını duvarlar yıkılana kadar karşılayabilmektedir. Deprem şiddetine göre hasar gören dolgu duvarların yapıya olan katkısı azalmaktadır (Özkaya, 2018). Yapıya yük olduğu düşünülen dolgu duvarlar genellikle dayanım özellikleri görmezden gelerek inşaat uygulamalarında kullanılmaktadır. Oysaki yapının yatay ve düşey yükler altında gösterdiği davranışta dolgu duvarlarında önemli katkıları bulunmaktadır (Bayülke, 2003). Yapının herhangi bir katında yer alan dolgu duvarların farklı amaçlarla kaldırılması sonucunda yapının rijitliği ve dayanımı azalmaktadır. Yapının alt katlarında kesme kuvveti daha fazla olduğu için zayıf kat düzensizliği olan tasarımlara

dikkat edilmelidir. Zayıf kat düzensizliği yumuşak kat düzensizliğine neden olabilmektedir.

3.4. Asma Kat Tasarımı

Yapılarda genellikle zemin kat ve birinci kat arasına yapılması tercih edilen asma kat tasarımları yapılarda birçok düzensizliğe neden olmaktadır. Yapının rijitlik dengesini bozan, döşeme süreksizliği, burulma düzensizliği, yumuşak kat düzensizliği ve kısa kolon oluşumu gibi yapının deprem yükleri altında dayanımını azaltan olumsuz faktörlere neden olmaktadır (URL 1). Asma kat tasarımları yapıya gelen yüklerin kolonlarla temele, temelden de zemine aktarılmasını zorlaştırmaktadır ayrıca yumuşak kat düzensizliğine neden olarak yapının depremde daha büyük hasarlar almasına sebep olmaktadır.

3.5. Düzensiz Taşıyıcı Sistemler

Betonarme bir yapının taşıyıcı sistem tasarımı, yapı tasarımının en önemli noktalarından birisidir. Plan düzleminde ve düşey doğrultuda yapının taşıyıcı sistemi ne kadar düzenli olursa yapı, deprem yükleri ve diğer yüklerle karşı o kadar dayanıklı olmaktadır. Taşıyıcı sistemin herhangi bir katta düzensiz olarak tasarlanması yapının rijitlik dengesini bozarak yapıda yumuşak kat düzensizliklerine neden olmaktadır. Kat rijitliğinde ve dayanımında ani değişiklikler meydana gelmesi, yapı tasarımında istenmeyen durumlardan birisidir (Uzunömeroğlu, 2019). Yapıda burulma düzensizliğine de sebep olan düzensiz taşıyıcı sistem tasarımları yapının ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin birbirinden uzaklaşmasına da neden olmaktadır.

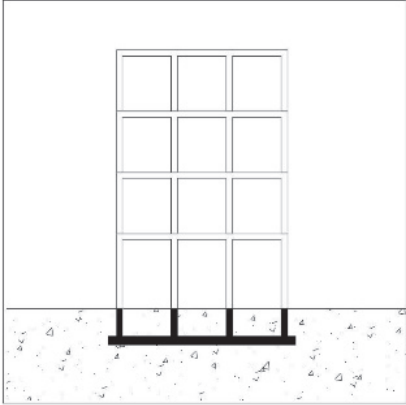
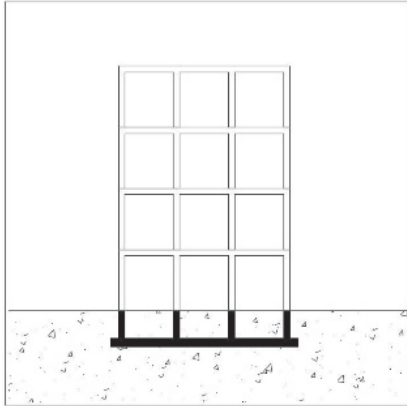
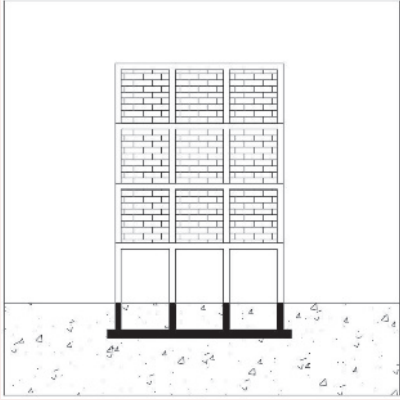
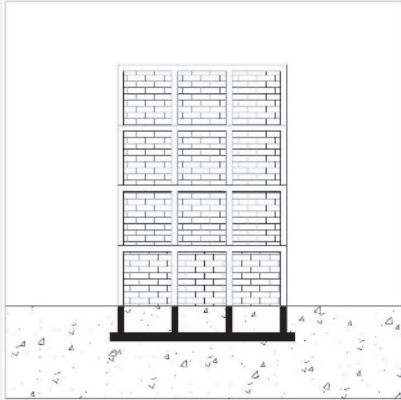
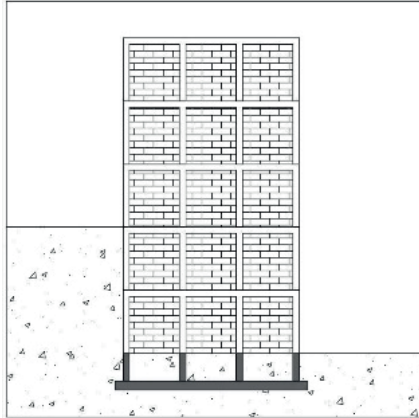
3.6. Düzensiz Kiriş Kolon Enkesitleri

Betonarme çerçeve sistemli yapılarda kolon, kiriş ve perde elemanlarının enkesitleri yapı tasarımında en önemli konulardan birisidir. Yapının boyutları ile taşıyıcı sistemin boyutlarının birbirine oranı dengeli ve düzenli olmalıdır (Arı & Korkmaz, 2020). Taşıyıcı sistem elemanları yapının rijitlik, dayanım, süneklik gibi özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Dengesiz tasarlanan taşıyıcı sistem elemanları yapının deprem yükü altında çok fazla hasar görmesine neden olmaktadır. Herhangi bir katta meydana gelen ani rijitlik değişiklikleri yüzünden yapıda yumuşak kat düzensizliği görülmektedir.

3.7. Kat Yüksekliklerinin Farklı Olması (Mekanik Kat, Kısa Bodrum Kat vb.)

Yapılarda gerekli ihtiyaçlar doğrultusunda tasarlanan mekanik katlar, bodrum katlar ya da asma katlar diğer katların kat yüksekliğinden farklı kat yüksekliğine sahip olması sebebiyle yapıda ani rijitlik değişimlerine neden olmaktadır. Geçmiş yıllarda yaşanan deprem felaketleri incelendiğinde katlar arasındaki ani rijitlik değişimleri yapıların göçmesinde ya da büyük hasarlar alarak can ve mal kayıplarına neden olduğu anlaşılmaktadır (Avcı, 2018). Bu bağlamda katlar arası rijitlik düzensizliği olarak bilinen yumuşak kat düzensizliği meydana gelmektedir.

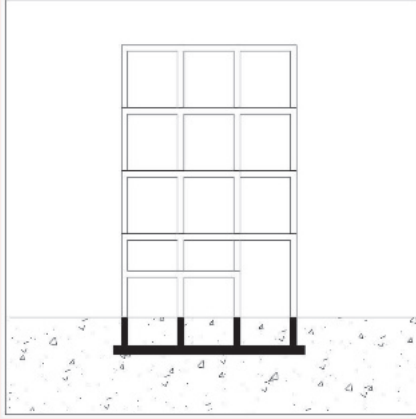
Tablo 1. Yumuşak Kat Düzensizliğine Neden Olan Tasarım Hataları ve Alınabilir Önlemler

	UYGUN DEĞİL	UYGUN
1.	Zemin Kat Yüksekliğinin Fazla Olması  X Zemin kat yüksekliğinin diğer katlardan yüksek tasarlanması uygun değildir.	Kat Yüksekliklerinin Eşit Olması  ✓ Yapıdaki tüm katların eşit yükseklikte tasarlanması uygundur.
2.	Zemin Kat Dolgu Duvarları Bulunmaması  X Zemin kat şeffaflığı için dolgu duvarlarının bulunmaması uygun değildir.	Zemin Kat Dolgu Duvarlarının Olması  ✓ Dolgu duvarların tüm katlarda devam etmesi uygundur.
3.	Ara Katta Dolgu Duvarları Bulunmaması  X Yapıda farklı fonksiyonlarda kullanılan ara katlarda dolgu duvarların bulunmaması uygun değildir.	Tüm Katlarda Dolgu Duvar Olması  ✓ Dolgu duvarların farklı fonksiyona sahip katlarda devam etmesi uygundur.

4.

UYGUN DEĞİL

Asma Kat Tasarımı

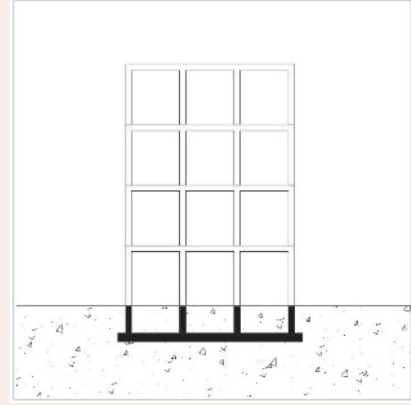


X

Yapılarda döşeme süreksizliğine ve kısa kolona sebep olan asma katların tasarımı uygun değildir.

UYGUN

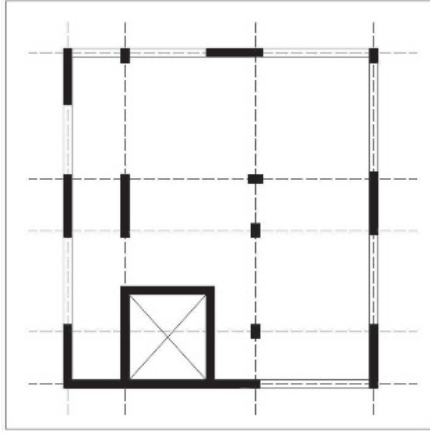
Tüm katların eşit ve dengeli tasarımı



✓

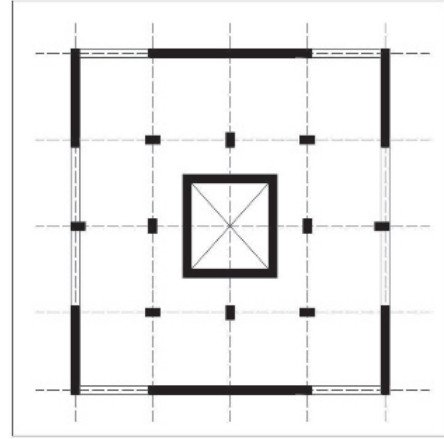
Yapılarda döşeme süreksizliği sınırının aşılması (%33) ve kısa kolonlardan kaçınılması uygundur.

5.

Düzensiz Taşıyıcı Sistemler

X

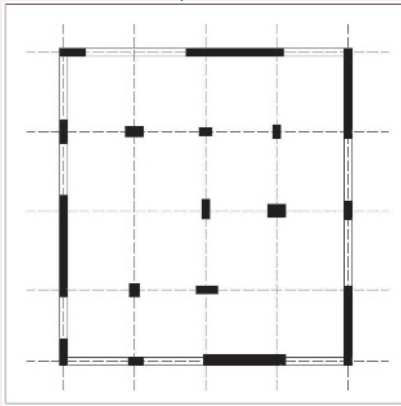
Yapının rijitliğini etkileyen taşıyıcı sistem tasarımının dengesiz ve düzensiz tasarlanması uygun değildir.

Düzenli Taşıyıcı sistem

✓

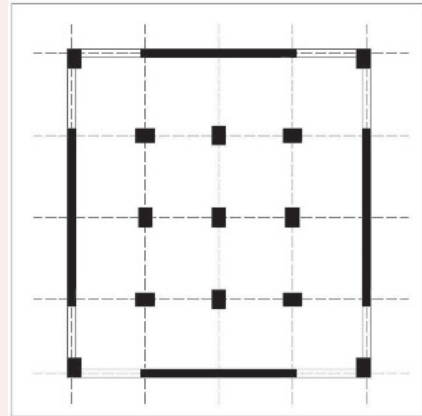
Yapının rijitliğini etkileyen taşıyıcı sistem tasarımının dengeli, düzenli ve simetrik tasarlanması uygundur.

6.

Düzensiz Kiriş Kolon En Kesitleri

X

Taşıyıcı sistemin en kesitlerinin planda ve kesitte yetersiz olması uygun değildir.

Düzenli Kiriş Kolon En Kesitleri

✓

Taşıyıcı sistemin en kesitlerinin yapıda dengeli ve yeterli şekilde tasarlanması uygundur.

7.

UYGUN DEĞİL

Kat Yüksekliklerinin Farklı Olması

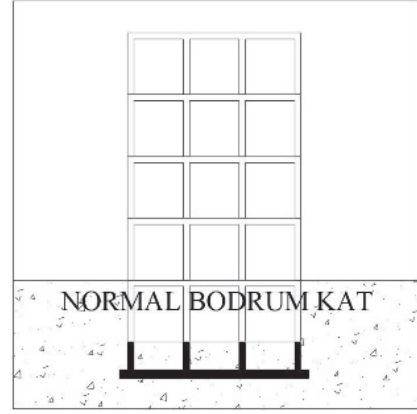


X

Yapıda mekanik kat ve bodrum katların diğer katlardan daha kısa tasarlanması uygun değildir.

UYGUN

Kat Yüksekliklerinin Eşit Olması

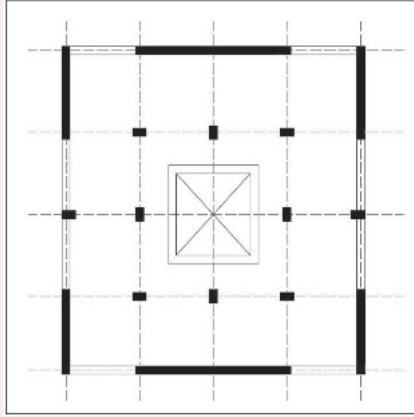


✓

Bodrum ve mekanik katların da yapının diğer katları ile eşit yükseklikte tasarlanması uygundur.

8.

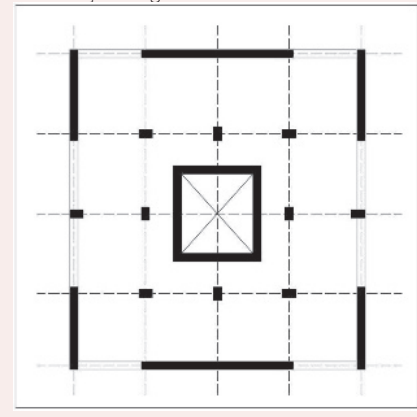
Çekirdeğin Perde Duvar Olmaması



X

Asansör ve merdivenlerin yer aldığı çekirdek bölümünün çevresindeki duvarların perde duvar olmaması uygun değildir.

Çekirdeğin Perde Duvar Olması

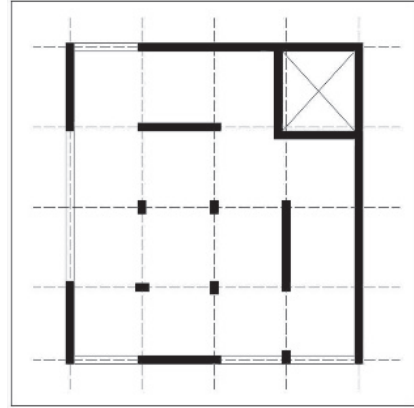


✓

Çekirdek bölümünün çevresinin perde duvar olması yapının rijitliğini arttıracığı için daha uygundur.

9.

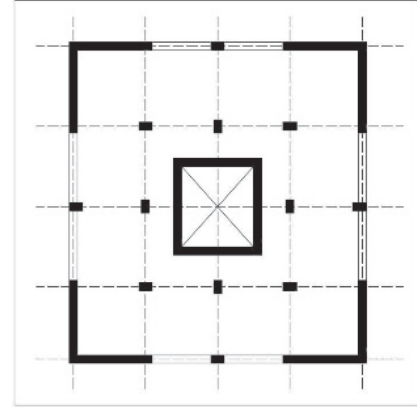
Yapıda Düzensiz Rijitlik Dağılımı



X

Yapının rijitlik merkezi ve ağırlık merkezinin birbirinden uzak tasarlanması uygun değildir.

Yapıda Düzensiz Rijitlik Dağılımı



✓

Mümkün olduğunca yapının rijitlik merkezi ve ağırlık merkezi birbiriyle karşılaştırılması uygundur.

	UYGUN DEĞİL	UYGUN
10.	Zayıf Kolon Güçlü Kiriş Tasarımı X Yapılarda zayıf kolon – güçlü kiriş tasarımı kolonlarda mafsallaşmaya sebep olduğu için uygun değildir.	Zayıf Kiriş Güçlü Kolon Tasarımı ✓ Yapılarda güçlü kolon – zayıf kiriş tasarımı kirişlerde mafsallaşmaya neden olduğundan yapılar için uygundur.
11.	Dolgu Duvarsız Zemin Kat Tasarımı X Yapıların zemin katının şeffaflık için dolgu duvarsız tasarlanması uygun değildir.	Zemin Kata Çapraz Diyagonaller Eklmesi ✓ Zemin katın hem şeffaflığını sağlayan hem de dolgu duvar eksikliğini giderecek çapraz diyagonaller, çelik çubuklar eklenmesi yapılar için uygundur.

3.8. Çekirdeğin Perde Duvar Olmaması

Yapılarda yumuşak kat düzensizliği oluşumu, birçok yönden yapının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Yapının yük taşıma kapasitesi, rijitliği, enerji tüketimi, dayanımı gibi faktörleri azaltarak yapının ayakta kalmasını zorlaştıran etkenler ortaya çıkmaktadır. Yapılan bazı deneyler sonucunda çekirdeğin perde duvar olmaması bu durumu daha da tetikleyen bir unsur olduğu belirlenmiştir. Çekirdeğin etrafındaki duvarların perde duvar olarak tasarlanması ve zemin katta yer alan perde ve kolon en kesitlerinin diğer katlara oranla daha büyük tasarlanması yumuşak kat düzensizliğini azaltan faktörlerden birisidir (Nakipoğlu, 2018). Yapıya gelen yatay yüklerin zemin katta daha büyük etkisi olduğu için zemin katın diğer katlardan daha rijit tasarlanması yapı için daha olumlu bir durumdur.

3.9. Yapıda Dengesiz Rijitlik Dağılımı

Yapının rijitliğine birçok faktör etki edebilmektedir. Düşey taşıyıcı elemanların, konumu, sayısı, boyutu, süre-

liliği yapının rijitliğini etkileyen başlıca faktörlerdendir. Bu bağlamda düşey taşıyıcı elemanlar, yatay düzlemdeki plan geometrisinden daha fazla rijitliği etkilemektedir (Öz, 2014). Yapının katlar arası göreceli kat deplasmanları arasındaki oran farklılıkları yapının ani rijitlik düzensizliğinden kaynaklanmaktadır. Deprem sırasında yapıya etki eden yatay yüklerin farklı katlarda yoğunlaşması ile yumuşak kat düzensizliği meydana gelmektedir. Tek bir katta yoğunlaşan deplasman deprem sırasında yapının stabilitesini bozarak yıkıma neden olur (Özmen ve ark., 2007). Yumuşak kat düzensizliğine neden olan zemin kat yüksekliğinin fazla olması ve bölücü duvarların kaldırılarak yerine şeffaflık için cam vitrinlerin tercih edilmesi yapının rijitliğini bozarak dengesiz rijitlik dağılımına neden olmaktadır.

3.10. Zayıf Kolon Güçlü Kiriş Tasarımı

Zayıf kolon- güçlü kiriş prensibi ile tasarlanan yapılarda, deprem sırasında mafsallaşma kolonlarda meydana geldiği için yapı çok daha büyük hasarlar alır ve göçmeler

yaşanır. Kolonlar yerine kirişlerde mafsallaşmanın oluşması için güçlü kolon zayıf kiriş prensibine göre tasarımlar yapılmalıdır. Yapının bu şekilde depremden daha az hasar alması sağlanabilir.

Zemin katta diğer katlara kıyasla daha büyük deplasmanlar meydana gelmektedir. Bu durumun önüne geçmek için zemin kattaki kolonların enkesitleri büyütülerek ve içerisine konulan etriyelerin sayısı artırılarak yumuşak kat düzensizliğine önlemler alınabilir (İnan & Korkmaz, 2012).

4. Yumuşak Kat Düzensizliğine Sebep Olan Tasarımlar ve Alınabilir Önlemler

Yumuşak kat düzensizliğine birçok yanlış tasarım faktörü neden olabilmektedir. Bu yanlış tasarım faktörlerini engelleyebilmek ve yumuşak kat düzensizliğinin önüne geçebilmek için alınabilir bazı önlemler mevcuttur. Yapıların depreme karşı daha dayanıklı olması için bu önlemler alınarak daha güvenli binalar tasarlanması amaçlanır. Tasarımcılar mümkün olduğunca yanlış tasarım faktörlerinden kaçınılmalıdır. Yapı tasarımında yumuşak kat düzensizliğine neden olan faktörler ve bu faktörlere karşı alınabilir önlemler ►Tablo 1 de verilmiştir. Tablonun sağ tarafında yer alan doğru tasarım görselleri uygulama aşamasında tercih edilerek deprem felaketlerine karşı önlem alınıp daha az can ve mal kayıpları yaşanması sağlanabilmektedir.

5. Sonuç

Ülkemizin bir deprem ülkesi olması ve sıklıkla meydana gelen büyük deprem felaketleri yaşanması, inşaat sektöründe depreme dayanıklı yapı tasarımının bir öneri değil mecburiyet olmasına neden olmaktadır. Deprem yönetmeliklerinde yer alan yapı tasarım kriterlerinin sağlanması ve bu kriterler doğrultusunda düzenli, yeterli rijitlikte ve yeterli süneklikte yapıların tasarlanması gereklidir. Ülkelerin deprem yönetmeliklerinde yer alan yapısal düzensizlik konusu tasarımcılar için göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir başlıktır. Geçmiş yıllarda yaşanan deprem felaketleri incelendiğinde düzensiz binaların aynı deprem felaketinde düzenli binalara kıyasla daha büyük hasarlar aldığı ve yıkımlar yaşandığı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yapıların ilk aşaması olan tasarım aşamasında düzenli binalar olarak tasarlanması depreme karşı daha dayanıklı olmalarını sağlamaktadır. Düşey yapısal düzensizlik türlerinden birisi olan yumuşak kat düzensizliği, yapının katlar arası ani rijitlik farklılıklarından dolayı meydana gelen ve deprem sırasında yapının büyük hasar almasına neden olan düzensizlik türüdür.

Kaynakça

- Abuselidze, G. (2022). Doğrusal analiz yöntemleriyle betonarme çerçeve tipi yapıların yapısal davranışlarının incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya*.
- Altuntaş, N., İpek, C. (2023). Depreme maruz betonarme yapılarda

Bu düzensizlik türüne birçok yanlış tasarım faktörü sebep olmaktadır. Tasarımcıların bu yanlış tasarım faktörlerine dikkat ederek yapı tasarımları oldukça önemli bir mevzudur. Gelecek yıllarda yaşanılması muhtemel olan depremler için gerekli önlemler alınarak tasarımlar yapılmalıdır. Deprem yönetmeliğine uygun düzenli binalar tasarlayarak daha az can ve mal kayıplarının olması sağlanabilmektedir. Yumuşak kat düzensizliğine neden olan ►Tablo 1' de özetlenen faktörlerin ileriye dönük çalışmalarda parametrik modeller türetilerek farklı zemin sınıfları için mod süperpozisyonu yöntemiyle lineer analizinin yapılması ve yumuşak kat düzensizlik katsayıları, taban kesme kuvvetleri, göreceli ötelenme ve kat deplasmanları arasındaki değişimlerin karşılaştırılması planlanmaktadır.

Araştırma Etiği / Research Ethics

Etik kurul izni gerekmemektedir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Kavramsallaştırma / *Conceptualization*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Metodoloji / *Methodology*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Formal Analiz / *Formal Analysis*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Araştırma / *Investigation*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Kaynaklar / *Resources*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Veri Düzenleme / *Data Curation*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Yazım - İlk Taslak Hazırlığı / *Writing - Original Draft Preparation*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Yazım - Gözden Geçirme Ve Düzenleme / *Writing - Review & Editing*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Görselleştirme / *Visualization*: [Tuğba İnan Günaydın / Aslı Akdemir], Denetim / *Supervision*: [Tuğba İnan Günaydın]

Çıkar Çatışmaları / Competing Interests

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırma Fonlaması / Research Funding

Bildirilmedi.

Veri Erişilebilirliği / Data Availability

Uygulanamaz.

Hakem Değerlendirmesi / Peer-review

Dış hakemler tarafından değerlendirildi.

Orcid

Aslı Akdemir <https://orcid.org/0000-0002-8950-8745>

Tuğba İnan Günaydın <https://orcid.org/0000-0003-0861-4835>

yumuşak kat düzensizliğinin incelenmesi. *Ases Uluslararası Afet Kongresi*, Kayseri.

Ari, A. C., Korkmaz, S. Z. (2020). Criteria affecting strengthening of structures and a critical discussion regarding the role of current technologies in determining the damages caused by earthqu-

- akes. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 7(60), 2843–2859. <https://doi.org/10.26450/jshsr.2094>
- AUTOCAD V2024, (1982). *Computer Aided Design*, AutoDesk, California, USA.
- Avcı, I. (2018). Orta yükseklikteki betonarme binada yumuşak kat düzensizliğinin doğrusal elastik olmayan dinamik analizle araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Denizli.
- Bayülke, N. (2003). Betonarme yapının dolgu duvarı. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 4(426), 85-98.
- Çelebi, O., Beyen, K. (2018). Betonarme binaların depreme karşı davranışında dolgu duvarların ve sönümleyici sistemlerin etkisi. *Afet ve Risk Dergisi*, 1(1), 9-25.
- Ertürkmen, D. (2023). Düzensiz geometriye sahip betonarme bir binada değişen zemin sınıfının taban kesme kuvvetleri ve yapısal düzensizlikler üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Ases II. Uluslararası Afet Kongresi*, Kahramanmaraş.
- Hünük, T. (2006). Betonarme yapılarda depreme dayanıklılığı sağlayan mimari tasarım ölçütlerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Isparta.
- İnan, T., Korkmaz, K. (2012). Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(3):240-248.
- Nakipoğlu, A. (2018). Katlar arası rijitlik düzensizliği bulunan betonarme yapıların güçlendirilmesi üzerine deneysel bir çalışma. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Konya.
- Öz, R. (2014). Zayıf kat düzensizliğinin betonarme binaların deprem davranışına kaba incelenmesi. *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Karabük.
- Özkaya, E. (2018). Binalarda yumuşak kat oluşumunda dolgu duvarların etkisinin incelenmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Manisa.
- Özmen, H. B., İnel, M., Bilgin, H. (2007). Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul.
- Şensoy, E. Z. (2018). Betonarme yapılarda yumuşak kat etkilerinin doğrusal elastik olmayan analizle belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Osmaniye.
- TBDY, (2018). Türkiye bina deprem yönetmeliği. *Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*, Ankara.
- TS500, (2000). Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- Uzunömeroğlu, N. N. (2019). Betonarme yapı tasarımında yapı formu ve kat yüksekliğinin yumuşak kat düzensizliğine etkisi ve maliyet araştırması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- URL 1: Wordpress, (2020). Yapısal düzensizlikler. <https://pngmerkez-dotorg.wordpress.com/2020/06/14/yapisal-duzensizlikler-adresinden-alindi>. 28 Şubat 2025 tarihinde erişildi.