



Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi

Tuğba İNAN^{1*} ve Koray KORKMAZ²

¹Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Urla-İzmir, Türkiye

ÖZET

Mimari tasarım ve strüktürel konfigürasyon, betonarme binaların kötü deprem davranışı sonrasında Türkiye'deki inşaat sektöründe ciddi bir sorun haline gelmiştir. Yapının deprem güvenilirliğinin genellikle sadece taşıyıcı elemanlarının düzenlemesine bağlı olarak değişebildiği kabul edilmektedir. Fakat mimari tasarım kararları yapıların deprem davranışı bakımından büyük öneme sahiptir. Çünkü bir yapının deprem yükleri altındaki başarısızlığı mimari tasarım sürecinde başlamaktadır. Bu nedenle binaların deprem dayanımı bina tasarımının erken safhalarında düşünülmelidir. Mimari tasarım sadece plan düzleminde yapılan işlevsel ve estetik kaygıların giderildiği bir düzenlemeden ibaret değildir. Düşey doğrultuda yani yapının kesit ve cephelerinde alınan tasarım kararları plan düzleminde alınan kararlar kadar yapının deprem performansında etkin role sahiptir. Bu çalışmada, düşey doğrultudaki yapı düzensizlikleri ve literatürdeki çözüm önerileri 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre detaylı bir biçimde incelenmiştir. Ayrıca yapılarda deprem sonrası sık rastlanan düzensizliklerden; kısa kolon etkisi, zayıf kolon-güçlü kiriş ve çarpışma etkisi oluşum nedenleri ve bu düzensizliklere karşı literatürde sunulmuş olan çözüm önerileri ile irdelenmiştir. Bir bina ağır çıkmalı ve çıkmasız olarak analiz edilerek yumuşak kat düzensizlik katsayıları karşılaştırılmıştır. Çalışmada, düzensizlik yaratan durumların mimari tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler:
Deprem, Yapı Düzensizlikleri, Depreme Dayanıklı Mimari Tasarım

Investigation of vertical structural irregularities

ABSTRACT

Architectural design and structural configuration have become a serious concern in the building industry of Turkey after seen the poor seismic performance of existing reinforced concrete buildings under earthquakes. It is generally assumed that the earthquake reliability of a building can change only depending on building's structural configuration. However, the architectural design decisions is so significant in terms of earthquake behaviour of buildings, since the failures of a building which expose to earthquake loads have started in architectural design process. Therefore, earthquake resistance of buildings should be considered in the early stages of building design. Architectural design is not only an arrangement which eliminate functional and aesthetic anxiety. The design decisions made in vertical direction also have effective role on earthquake performance of a building. In this study, structural irregularities in vertical direction and their solution suggestions described in literature have been investigated in detail based on Turkish Earthquake Code 2007. Moreover, short column effect, weak columns-strong beam and pounding effect which were commonly observed after earthquakes were examined deeply with given solutions in literature. A building was analyzed with and without overhangs and soft storey irregularity coefficients were compared. The study mainly aims to consider the conditions which cause vertical structural irregularities in the architectural design process.

Keywords:
Earthquake, Structural irregularities, Earthquake resistant architectural design

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-posta: tugbainan@iyte.edu.tr, koraykorkmaz@iyte.edu.tr

1. Giriş

Türkiye sismik olarak aktif bir bölge olan Alp Himalaya deprem kuşağı üzerinde konumlanmakta ve ciddi boyutta can ve mal kaybına neden olan deprem tehlikelerine sık sık maruz kalmaktadır [1]. Topraklarının yaklaşık %95'i deprem riski yüksek bölgede konumlanmakta ve bu nedenden ötürü ülkede şiddetli depremler meydana gelmektedir [2]. Özellikle ağır kayıplarıyla dikkat çekici depremlerden olan 27 Aralık 1939 Erzincan ($M_s = 7.9$), 17 Ağustos Kocaeli ($M_w = 7.4$) ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri ve en son yaşadığımız 23 Ekim Van depremi ($M_w = 7.2$), deprem tehlikesinin boyutunu gözler önüne sermekte ve tekrarlanan hatalar sonucu artan can kayıpları deprem bilincimizin hala olgunlaşmadığının hatta belki de oluşmadığının acı kanıtlarını oluşturmaktadır.

Deprem sırasında yapılar yıkıcı deprem yüklerine maruz kalmakta; fakat deprem sonrası kimi yapılar ciddi derecede hasar alırken hatta tamamen yıkılırken kimisi de küçük çapta hasarlarla yıkılmadan ayakta kalmaya devam edebilmektedir [3]. Bu da ayakta kalan binaların sismik performansının diğer binalara göre daha iyi olduğunu göstermektedir. Binaların deprem sırasındaki performansının iyi ya da kötü olmasını birçok faktör etkilemektedir. Bunların başlıcaları:

- Mimari tasarım
- Taşıyıcı elemanların konfigürasyonu
- Deprem bölgesi
- Coğrafik konumlanma (Fay hattı üzerinde konumlanma)
- Zemin sınıfı
- Yapı malzemenin niteliği
- Yapım kalitesi ve işçilik
- Yapı denetimi

Yukarıda bahsedilen her faktör mimarlar, inşaat mühendisleri, jeoloji mühendisleri, şehir ve bölge planlamacıları, mütahitler, yapı denetimcileri, vb. gibi ayrı disiplinlerden olan meslek gruplarının becerilerini gerektirmektedir. Depreme dayanıklı binaların tasarımı için bu disiplinler arasındaki işbirliği büyük önem taşımaktadır [4, 5]. Bu çalışmada mimarlar ve mimarlık öğrencilerine odaklanılmıştır. Yapının düşey doğrultusunda yani cephe ve kesitinde verilen mimari tasarım kararlarının, yapıların deprem performansındaki etkileri araştırılmıştır.

Türkiye bir deprem ülkesidir ve geçmişte olduğu gibi gelecekte deprem tehlikesi ile karşı karşıya gelecektir [6]. Bu nedenle depreme dayanıklı binaların tasarımı Türkiye'de temel bir gereksinimdir. Depreme dayanıklı yapı tasarım konusu genellikle inşaat mühendislerinin uzmanlık alanı olarak görülmekte ve bu alandaki çalışmalar çoğunlukla inşaat mühendisleri tarafından yapılmaktadır [7]. Doğal olarak inşaat mühendislerinin

araştırmalarında kullandıkları dil genellikle mimarlara çok teknik gelmekte ve yeterince anlaşılabilir değildir [8].

Türkiye'de genellikle depreme dayanıklı yapı tasarımının sadece taşıyıcı elemanlarının düzenlenmesine bağlı olarak değişebildiği kabul edilmektedir. Oysa yapının deprem davranışı mimari tasarım sürecinden itibaren başlamaktadır ve tasarım hatası hesapla düzeltilemez [9]. Mimari tasarım kararları yapının deprem performansı üzerinde belirleyici bir role sahiptir [10]. Tasarımı iyi olmayan bir yapıyı taşıyıcı sistem elemanlarının konfigürasyonu ile depreme dayanıklı hale getirmek çok zordur ve ayrıca yapıya ek maliyet getirmektedir [11]. Bu çalışma deprem dayanımının sadece mühendislik hesaplarına değil aynı zamanda mimari tasarım kararlarına ve bu kararlarında sadece plan düzleminde değil yapının düşey doğrultusuna bağlı olduğunu vurgulamaktadır.

Çalışmada Türk Deprem Yönetmeliği'nde tarif edilmiş olan düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerine mimari açıdan yaklaşılarak, depreme dayanıklı yapı tasarımı için gerekli mimari tasarım ölçütleri araştırılmış, literatürde düşey doğrultudaki yapı düzensizlikleri için tarif edilmiş olan çözüm önerileri kapsamlı bir şekilde araştırılarak, anlaşılabilir bir formatta mimarlık ve mimarlık öğrencilerine sunulmuştur.

2. Kapsam ve hedef

Mimarlar depreme dayanıklı yapı tasarımında diğer disiplinlerle koordinasyonu sağlayan kişilerdir. Bu sorumluluk yapının deprem performansı hakkında bir bilince sahip olmayı gerektirir. Mimarlık temel olarak, yapının fonksiyonelliği ve estetik karakteristiğinin yanında dayanıklı yapılar tasarlamaktır [12]. Bu çalışma mimarlar ve mimarlık öğrencilerine hitap etmektedir. Çalışmanın ana amacı düşey doğrultuda yapı düzensizliklerine neden olan önemli faktörleri ortaya koymak ve depreme dayanıklı mimari tasarıma katkıda bulunmaktır. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımı için mimari tasarım yaklaşımları ile ilgili problemler irdelenmiş ve Türk Deprem Yönetmeliği'nde belirtilmiş olan düşey doğrultudaki yapı düzensizlikleri için literatürde tarif edilmiş olan çözüm önerileri kapsamlı bir şekilde araştırılarak, mimari bir dille okuyucuya aktarılmıştır. Türkiye'de betonarmenin yaygın kullanılan yapı sistemi olmasından ötürü betonarme yapılarındaki tasarım hataları üzerine odaklanılmıştır.

3. Yapı düzensizlikleri

Düzensiz binalar, Türk Deprem Yönetmeliği'nde "depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken binalar" olarak ifade edilmiştir [13]. Mimari tasarımın erken safhalarında yapı düzensizliklerine neden

olabilecek ve kaçınılması gereken birçok durum oluşmaktadır. Düzensizliklere neden olarak yapıların deprem performansını olumsuz yönde etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Binanın yatayda ve düşeyde uygun olarak tasarlanamaması, kütle ve rijitlik dağılımındaki süreksizlikler, strüktürel elemanların ortogonal olmayan akslar üzerinde konumlanması, katlar arasındaki yükseklik farkları, kısa kolonlar, yapılardaki çarpışma olayı, vb. gibi etkenler yapılarda düzensizliğe neden olabilecek başlıca etkenlerdir [14].

Yapı düzensizlikleri Türk Deprem Yönetmeliği'nde planda ve düşey doğrultuda yapı düzensizlikleri olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır [13]. Plandaki düzensizlikler; burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, planda çıkıntıların bulunması, taşıyıcı elemanların eksenlerinin ortogonal olmaması olarak sıralanırken, düşey doğrultudaki süreksizlikler; zayıf kat, yumuşak kat ve düşey taşıyıcı elemanların süreksiz olması durumu olarak sıralanmış ve tüm düzensizlik durumları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Yapı düzensizlikleri

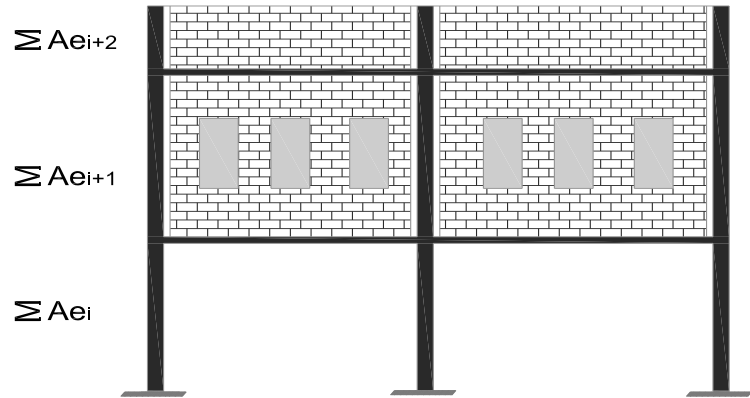
Plan düzlemindeki	Düşey Doğrultudaki	Diğerleri
A1 ^x Burulma düzensizliği	B1 ^x Zayıf kat	C1 Kısa kolon etkisi
A2 ^x Döşeme süreksizliği	B2 ^x Yumuşak kat	C2 Zayıf kolon-güçlü kiriş
A3 ^x Planda çıkıntı bulunması	B3 ^x Düşey taşıyıcı elemanların süreksizliği	C3 Çarpışma etkisi
A4 ^x Taşıyıcı sistem akslarının ortogonal olmaması		

^x Türk Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen yapı düzensizlikleri

3.1. Zayıf kat düzensizliği (B1) ve çözüm önerileri

Yapının herhangi bir katında bulunan kolon, perde ve bölme duvarların hepsi bir alt katta veya bir üst katta aynen devam etmeyebilir. Genelde, Türkiye'de binaların zemin katları dükkan, restoran gibi geniş pencere açıklıklarına sahip mekanlar olarak kullanılmasından ötürü kolonlar, perdeler ve bölme duvarlar bu katlarda daha az bırakılmaktadır. Diğer yandan üst katlar konut olarak tasarlanmakta ve duvar alanları daha fazla olmaktadır (Şekil 1). Bu durum da binanın katları arasında dayanım süreksizliğine yani zemin katta zayıf kat oluşumuna neden olmaktadır [18].

Yapının herhangi bir katında, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki kolon ve perde alanları ile duvarların alanlarının %15'inin toplamı ile elde edilen ve ΣAe ile sembolize edilen toplam etkin kesme alanının, yapının bir üst katının etkin kesme alanına oranının $\eta_{ci} < 0.80$ olması durumunda yapıda zayıf kat düzensizliği oluşmaktadır [13].



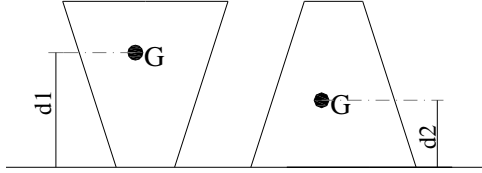
Şekil 1. Zayıf kat düzensizliği

$$\Sigma Ae = \Sigma Aw + \Sigma Ag + 0.15 \Sigma Ak \quad (1)$$

$$\eta_{ci} = (\Sigma Ae)_i / (\Sigma Ae)_{i+1} < 0.80 \quad (2)$$

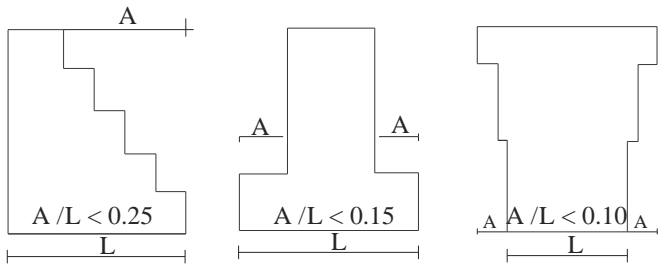
Binanın kat planlarındaki değişiklik fonksiyonel düzenlemeler bu düzensizliğe neden olmaktadır. Mevcut binalarımızın yaklaşık %80'i çıkmaya sahiptir [23]. Örneğin, çıkmalı binalarda ve özellikle düşey doğrultuda geri çekilmelerle oluşturulmuş katlar deprem anında diğer normal katlarla aynı frekansta salınmazlar ve zıt yönde deplasman etkisi ile gerilme yığılmalarına neden olmaktadır [15]. Burulma momentleri, yapı ağırlık merkezi zemin seviyesinden üst seviyelere çıktıkça artmaktadır. Bu nedenle ters piramid şeklinde veya üst katlara doğru gittikçe artan çıkmaya sahip olan yapı tasarımlarından kesinlikle

kaçınılmalıdır. Bu tarz yapı planlaması yerine piramid şeklinde (Şekil 2) zeminden kademelerle geri çekilerek oluşturulmuş olan formlara yönelmek bu düzensizlik oluşumuna mahal vermemek adına önem teşkil etmektedir. Bu form yapının rijitliğini arttırmakta ve yapının doğal titreşim periyodunu azaltmaktadır [4]. Ayrıca dar açılı girintili, çıkıntılı alan oluşumundan doğal gerilme yığılmalarının da önüne geçmektedir.



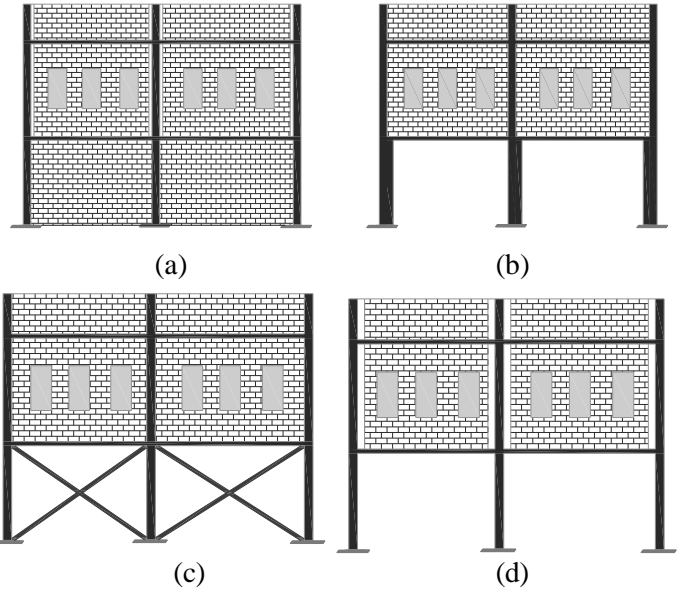
Şekil 2. Ağırlık merkezi ve piramid form

Binanın cephelerini hareketlendirmek amacı ile düşeyde yapılmış olan çekme katlar ve ağır çıkmalar (Şekil 4) deprem kuvvetleri karşısında yapının davranışını komplike hale getirmektedir [19]. Düşeydeki maksimum çıkma miktarları Şekil 14 deki gibi tarif edilmiştir [16].



Şekil 4. Düşeydeki maksimum çıkma miktarları

Zayıf kat düzensizlik oluşumunu önlemek veya düzensizlik katsayısını indirmek adına literatürde birçok çözüm önerilmiştir. Bunların başlıcaları (Şekil 5), daha öncede bahsedildiği gibi çekme katlarla oluşturulmuş tasarımlar yerine piramid formunda yapı tasarımına yönelmek [4], çekme katlarda oluşturulabiliyorsa blokları deprem derzleriyle ayırmak [2], binanın katları arasında dayanım dengesini korumak, kolon ve duvar arasında derz bırakmak, zemin kat kolon kesitlerini arttırmak [9], zemin kata diagonal çelik çubuklar ilave etmek, zemin kat duvar alanını arttırmak olarak sayılabilir. Ayrıca, düşey doğrultuda tüm katlarda aynı yapı malzemesinin kullanımı da katların deprem esnasında davranışının komplike hale gelmesini engelleyici bir faktördür.

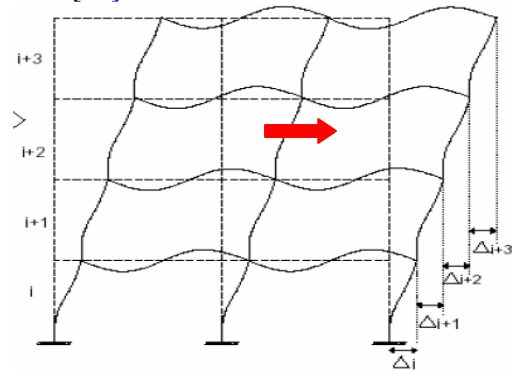


Şekil 5. Zayıf kat için Çözüm önerileri: (a) Duvar eklemek, (b) Kolon kesitlerini arttırmak (c) Çelik çubuk eklemek, (d) İzolasyon boşluğu bırakmak

3.2.2. Yumuşak kat düzensizliği (b2) ve çözüm önerileri

Yumuşak kat düzensizliği binanın katları arasındaki rijitliliğin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Yapıya gelen deprem kuvvetlerinin tüm katlara kat döşemesi hizasında etki ettiği (Şekil 6) farz edilmektedir ve yapının yapacağı toplam deplasman toplam kat yüksekliği boyunca bölüşülmek yerine rijitliği az olan kat diğer katlara göre daha fazla deplasman yapmakta ve o kat yumuşak kat olarak adlandırılmaktadır [20].

Birbirine dik deprem doğrultularından herhangi biri için binanın herhangi bir katındaki ortalama görece kat öteleme oranının binanın bir üst veya bir alt katındaki ortalama görece kat ötelemesine oranını ifade eden rijitlik düzensizlik katsayısının $\eta_{ki} > 2.00$ olması durumudur [13].

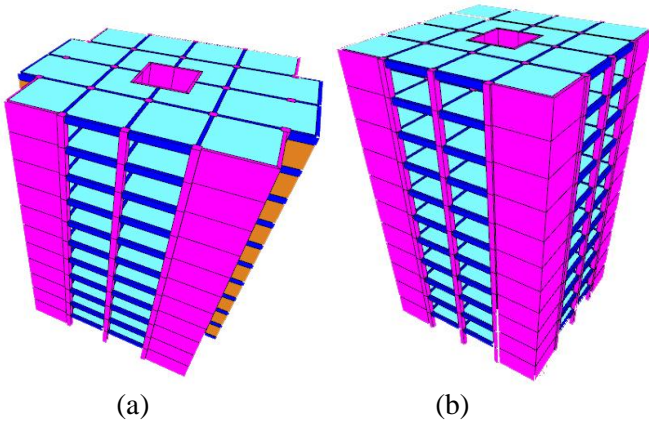


Şekil 6. Kat ötelemeleri

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0 \text{ or } \eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0] \quad (3.5)$$

Zemin katların üst katlara göre kat yüksekliklerinin yüksek olması ve ticari amaçlı kullanımlarından ötürü geniş vitrinler barındıracak şekilde tasarlanması, üst katlardaki duvar alanlarının fazla olması, ağır çıkmalar en yaygın olarak görülen yumuşak kat düzensizlik nedenidir [5]. Bu tarz yapılarda rijitlik zemin katlarda diğer katlara oranla düşük olduğu için kat deplasmanları bu katlarda daha fazla olmaktadır. Aynı rijitlik ve dayanıma sahip diğer katlar ise bir diyafram hareketi sergilemektedir.

Aynı taban alanına sahip iki yönde ağır çıkmalı, rijit merkezi çekirdek ve yapı köşelerinde L formunda perde taşıyıcı elemanlara sahip olan bir bina ile çıkması olmayan bir binanın (Şekil 7) deprem analizi yapıldığında, çıkmalı olan binanın birinci katında yumuşak kat gözlenmiştir. Diğer yandan aynı taban alanına sahip ve çıkması olmayan bina modelinde ise Türk deprem yönetmeliği'nde belirtilmiş olan yumuşak kat limit değeri (2.00) aşılmamıştır. Bu nedenle çıkmazsız binada yumuşak kat düzensizliği yoktur (Tablo 2). Görüldüğü gibi ağır çıkmalar binanın ağırlığını arttırmakta ve yapıda yumuşak kat düzensizliğinin oluşmasına neden olmaktadır.

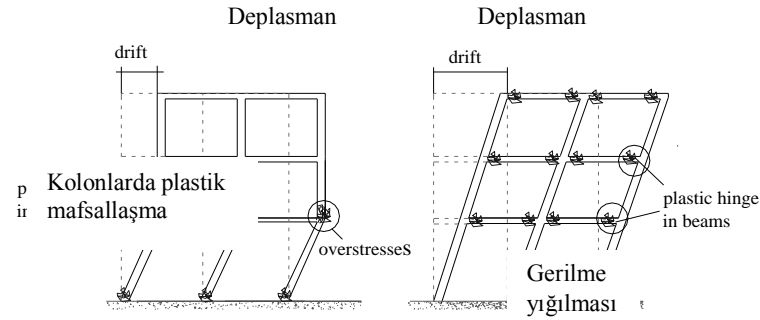


Şekil 7. Çıkmalı ve çıkmazsız binalar

Tablo 2. Yumuşak kat düzensizlik katsayıları

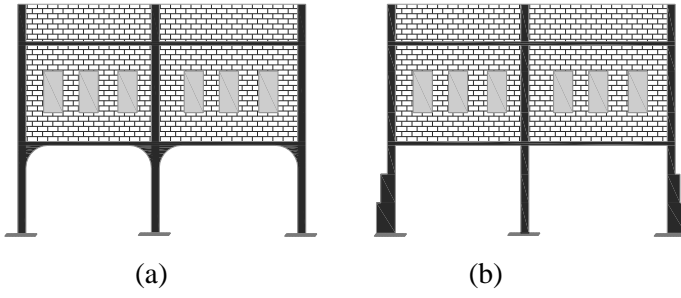
	η_k (a)	η_k (b)
10	0.93	0.91
9	1.10	1.09
8	1.09	1.09
7	1.08	1.07
6	1.05	1.05
5	1.03	1.02
4	1.07	1.06
3	1.16	1.14
2	1.33	1.31
1	2.03	1.98
Zemin	0.50	0.5

Yumuşak kat düzensizliği yapının çoğunlukla zemin katında görülmektedir. Özellikle geniş cam vitrinlerin kullanıldığı zemin kata sahip binalarda durum böyledir. Kat deplasmanları da böylece yapının en önemli katı olan zemin katında daha fazla olmaktadır. Bu deplasmanlar oluşurken yapının deprem sonrası ayakta kalabilmesini sağlayabilmek adına mafsallaşmaların kolonlar yerine kirişlerde olması istenir (Şekil 8). Bu nedenle zemin kat kolon kesitlerini arttırmak veya yumuşak kat düzensizliğinin olduğu kattaki kolonların daha sık etriyelerle sarılmasını sağlamak bu duruma katkı sağlayacaktır [15].



Şekil 8. Kat deplasmanları ve mafsallaşmalar

Zayıf kat düzensizliğinde olduğu gibi bu düzensizliği önlemek için birçok yöntem başvurulabilir. Zemin kat kolonlarını daha rijit yapabilmek için kat kolonlarının kesitlerini arttırmak, ilave kolonlar tasarlamak veya diagonal çelik çubuklar ilave etmek [4], bunların haricinde zemin katta kemerler oluşturmak ve payandalar ilave etmek (Şekil 9) yumuşak kat düzensizlik oluşumunu önleyici başlıca çözüm önerileridir [16].

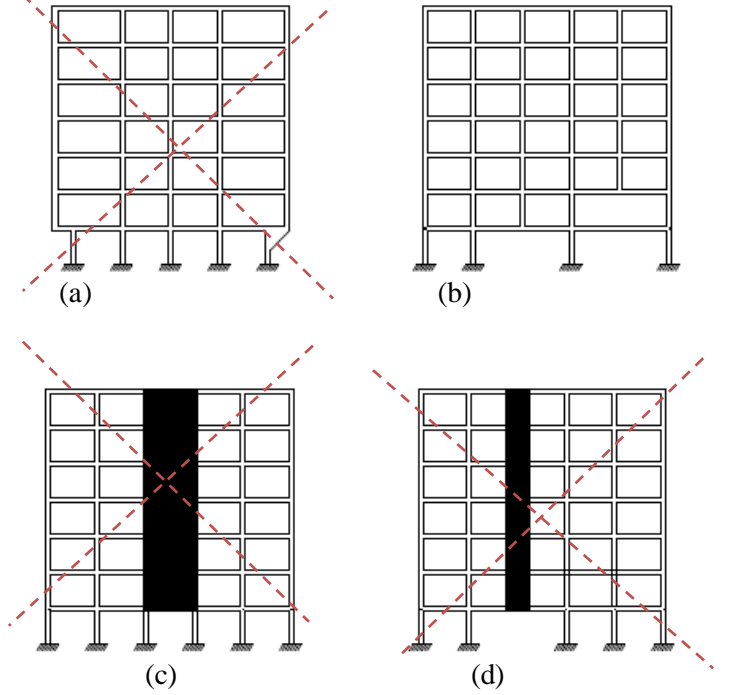


Şekil 9. Yumuşak kat için çözümler (a) Kemerler, (b) Payandalar

3.2.3. Düşey taşıyıcı sistem elemanlarının süreksizliği (B3) ve çözüm önerileri

Türk Deprem Yönetmeliği'nde düşey taşıyıcı elemanlarının süreksizlik oluşturduğu durumlar çözüm önerileri ile birlikte tarif edilmiştir. Diğer birçok yapı düzensizliğinde olduğu gibi bu düzensizliğin de oluşma nedeninin temel nedeni zemin katta geniş hacimler ve açıklıklar elde etmek adına düşey taşıyıcı elemanların zemin kata kadar devam ettirilmeden ortadan kaldırılmasıdır.

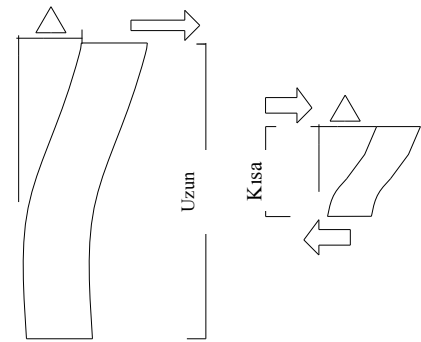
Kolonların konsol kirişlere veya kolondan çıkan guse uçlarına oturtulması ve perdelerin kiriş açıklıklarına oturtulması kesinlikle yasaklanmıştır (Şekil 10). Perdeler zemine kadar kesinlikle devam ettirilmelidir. Kolonların iki ucundan mesnetli kiriş açıklıklarına oturtulması durumunda, üst taraftaki kolon ve perdeleri taşıyan kirişlerle, bu kirişlerin uç noktalarındaki düğümlerle birleşen diğer tüm kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde düşey yükler ve deprem etkisinden oluşan iç kuvvetler % 50 oranında arttırılması gerekmektedir ve bu koşul sağlandığı takdirde bu duruma izin verilmektedir [13].



Şekil 10. B3 düzensizlikleri ve çözüm önerileri

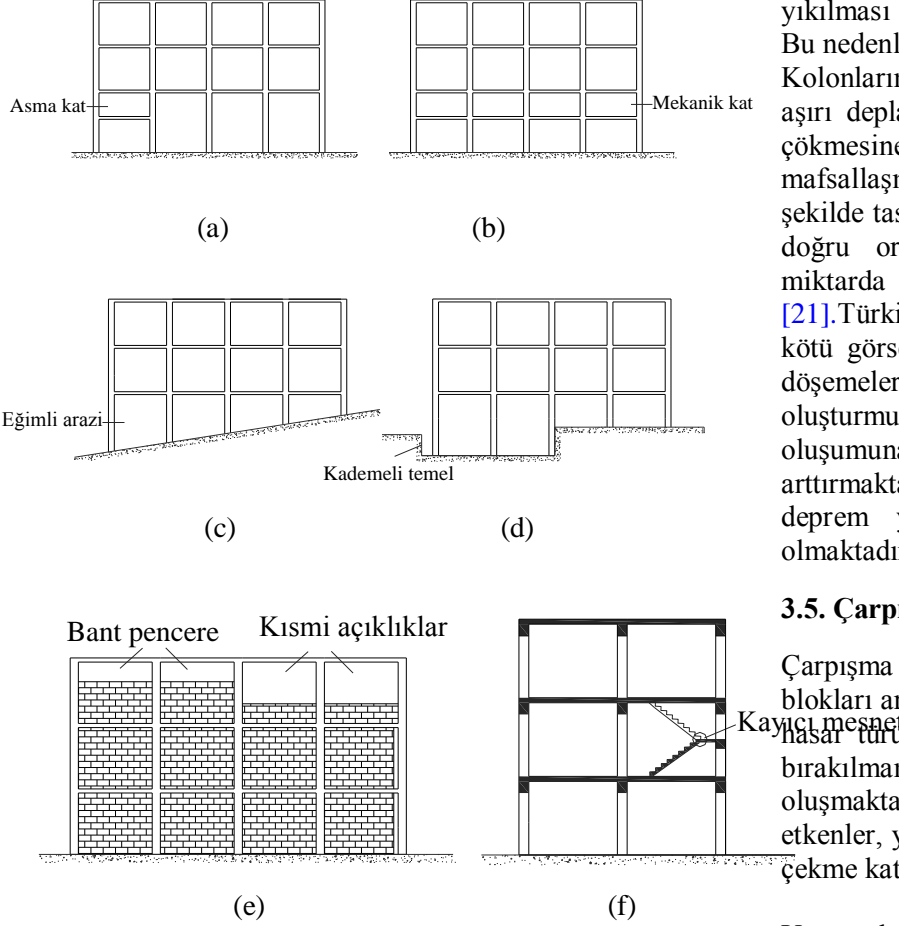
3.3. Kısa kolon etkisi (C1) ve çözüm önerileri

Bir binanın herhangi bir katının hem uzun hem kısa kolonlara sahip olması, yükseklik farkından dolayı bu kolonların deprem esnasında farklı kesme kuvvetlerine maruz kalmasına neden olur. Deprem yükleri öncelikle uzun ve esnek kolonlara gelir ve sonrasında kısa kolonlara gelerek burada enerjinin birikmesine neden olur. Bu birikmeden ötürü kolonun her iki ucunda da X şeklinde kesme çatlakları oluşur [17]. Aynı kesit alanına sahip olan uzun ve kısa kolonlar deprem yükleri altında aynı yer değiştirmeyi (Δ) yapar (Şekil 11). Fakat kısa kolonlar uzun kolonlara göre daha rijit oldukları için daha fazla deprem etkilerine maruz kalırlar Bu durum kısa kolon etkisi olarak adlandırılır ve mimari tasarımın ilk evrelerinde düşünülmesi gereken bir durumdur.



Şekil 11. Kısa ve uzun kolon davranışı

Kısa kolonun oluşmasına neden olan başlıca faktörler asma katlar, mekanik katlar, eğimli arsa, kademeli temel, kolona bitişik açıklıklar ve merdiven sahanlığı (Şekil 12) olarak sayılabilir [4,15]. Bu faktörler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 12. Kısa kolon oluşumları

Kolonun yüksekliği boyunca enine donatı elemanlarının artırılması kısa kolon oluşumunu önleyici veya etkisini azaltıcı bir çözüm önerisidir. Tüm kolonların aynı rijitliğe sahip olması sağlanmıştır. Bu çözüm önerisi asma kat, mekanik kat, merdiven sahanlığı ve kolona bitişik açıklıklar için kullanılabilir. Kademeli temellerden kaçınılmalı ve tüm temellerin aynı koddan olması sağlanmalıdır. Merdivenlerde iniş ve çıkış hatlarının kesişimindeki ara sahanlığın olduğu basamaklar arasında kayıcı mesnet kullanımı da sahanlıktan dolayı oluşan kirişin kısa kolon etkisini azaltmaktadır. Duvarlarda kısa kolon oluşumunda önemli role sahiptir. Bu nedenle kolonlar duvarlardan izole edilmelidir [16].

3.4. Zayıf kolon-güçlü kiriş (C2) ve çözüm önerileri

Bir yapının deprem sonrası hasar derecesinin az olabilmesi için yapının ayakta durmasını sağlayan kolonlardan önce kirişlerin deformasyona uğraması istenmektedir. Çünkü yapıdaki herhangi bir kolonun yıkılması tüm yapının dayanımını etkilerken, kirişlerin yıkılması yapıda kısmi hasara neden olmaktadır [21]. Bu nedenle kirişler kolonlara göre daha sünek olmalıdır. Kolonların her iki ucundaki plastik mafsallaşma o katın aşırı deplasmana uğramasına ya da binanın tamamen çökmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle plastik mafsallaşmalar kolonlar yerine kirişlerde oluşturulacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu durumda kolon ve kirişlerin doğru oranda boyutlandırılması ve içinde yeterli miktarda donatının düzenlenmesi ile mümkündür [21]. Türkiye’de yaygın olarak kirişlerin oluşturduğu kötü görselliği önlemek amacı ile kullanılan asmolen döşemeler deprem sırasında yapıda ağır hasarlar oluşturmuştur. Asmolen döşemeler zayıf kolon oluşumuna neden olmakta ve yapı ağırlığını arttırmaktadır. Yapı ağırlığı ile doğru orantılı olan deprem yükleri de yapıda ağır hasarlara neden olmaktadır [14].

3.5. Çarpışma etkisi (C3) ve çözüm önerileri

Çarpışma iki bina arasında veya aynı binanın farklı blokları arasında deprem kuvvetleri etkisinde oluşan bir hasar türüdür. Bu düzensizlik genellikle deprem derzi bırakılmaması veya yetersiz bırakılması sonucunda oluşmaktadır [12]. Çarpışmaya neden olan diğer etkenler, yumuşak zemin kat, düzensiz plan geometrisi, çekme katlar ve zemin sıvılaşması olarak söylenebilir.

Yumuşak zemin kata sahip olan binalarda deprem esnasında zemin katın diğer katlara göre daha fazla yer değiştirmesi binalar bitişik nizamda olmasa da yeterli açıklıkta alanın olmamasından ötürü çarpışmaya neden olur. Diğer yandan bitişik nizamda düzensiz plan geometrisine sahip olan yapılar burulmaya maruz kalır ve binalar arası bırakılan deprem derzleri yetersiz ise çarpışma meydana gelir [15]. Çekme katlara sahip olan binalarda ise blokların deprem esnasında farklı frekansa sahip olmalarından ötürü farklı doğrultuda hareket etmeleriyle gerilme yığılmaları ve çarpışma meydana gelebilmektedir. Yapının inşa edildiği zeminin özellikleri yapının deprem sırasında davranışını etkilemektedir. Kötu nitelikteki zeminlerde sıvılaşma meydana gelebilmekte ve yapı deprem esnasında hasar almadan tek taraflı devrilmektedir [4]. Devrilen yapının yüksekliği ve yakınındaki bina ile arasındaki mesafe yetersiz ise binalar birbirleriyle çarpışmaktadır.

Yapıların dinamik davranışları incelendiğinde bina kütlelerinin yapının kat seviyelerinde biriktiği farzedilmiştir. Bunun neticesinde her katın bir rijitlik ve sönümlenme katsayısı oluşmaktadır [20]. Kat seviyeleri çarpışmanın derecesini değiştirmektedir. Kat seviyelerinin farklı hizada olması hasar miktarını arttırmaktadır

6 metre yapı yüksekliğine kadar minimum 3cm deprem derzi bırakılmalıdır. 6 metreden sonraki her 3 metre kat yüksekliği ilavesinde deprem derzi minimum 1cm artırılmalıdır. Bırakılan derz boşlukları korunmalı ve esnek materyallerle doldurulmalıdır (Zacek,) Bırakılacak deprem derz boşluğunun büyüklüğü yapıların kat seviyelerinin aynı düzeyde bulunup bulunmamasına göre değişmektedir [13]. Binaların kat seviyelerinin farklı olması durumunda çarpışma etkisinin verdiği hasar daha fazla olacağı için bırakılan deprem derzi miktarı bu tarz binalarda daha fazla olmalıdır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, yapıların deprem esnasında performansını kötü yönde etkileyen, düşey doğrultuda yapı düzensizliğine neden olan faktörler ve bu düzensizlikleri önlemek için literatürde önerilmiş olan çözüm önerileri detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Düşey doğrultuda yapı düzensizliklerine neden olan başlıca faktörler; yapının plan geometrisi (piramid gibi yapının ağırlık merkezini zemin düzeleminde uzaklaştıran düzenlemeler), bina cephesinde uygulanan geri çekmeli kat düzenlemeleri, ağır çıkmalar, taşıyıcı sistem elemanlarının düşey doğrultuda düzensiz dağılımı, kolonların perde veya kirişe oturması, guseli kolonlar, binanın kat yüksekliklerinin farklı olması, Kısa kolon durumları (Bant pencere, asma kat, mekanik kat, merdiven ara sahanlığı, vb.), zayıf kolon-güçlü kiriş durumları (Kolonda oluşan plastik mafsallaşmalar) olduğu görülmüştür.

Düşey doğrultuda yapı düzensizliklere neden olan etkili faktörleri incelediğimizde, bu faktörlerin birçoğuna mimari tasarımın ilk saflarında karar verdiğimizizi görmekteyiz. Mimarlık sadece plan düzleminde alınan tasarım kararlarına bağlı değildir. Aynı zamanda bina cephe ve kesidi göz önünde bulundurularak alınan tasarım kararlarına bağlıdır ve bu kararlar yapının deprem performansında belirleyici rol sergilemektedir. Çalışmada, bir bina hem iki cephesinde simetrik ağır çıkmalara sahip olarak hem de çıkmazsız olarak modellenerek deprem analizi yapılmıştır. Ağır çıkmalara sahip olan binanın deprem sonrasında en sık görülen düzensizliklerden biri olan yumuşak kat düzensizliğine neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle çıkmalı binalar tasarlarırken, yumuşak kat düzensizlik

oluşumuna mahal verilmemelidir. Mümkünse çıkmazsız ya da yapının plan düzlemindeki simetrisini bozmadan ağır olmayan çıkmalar yapılmalıdır. Yapılarımızı depreme dayanıklı, güvenli yapılar olarak tasarlayabilmek için öncelikle problemin ne olduğunu algılayabilmeli ve sonrasında düzensizliğe yol açabilecek tüm olasılıklar için çözüm odaklı öneriler geliştirmeliyiz.

Kaynaklar

1. Karaesmen, E., Öncesiyle Sonrasıyla Deprem, Atılım Üniversitesi yayınları, İstanbul, Türkiye, 2002.
2. Erman, E., Deprem bilgisi ve deprem güvenli mimari tasarım, ODTU yayınları, Ankara, Türkiye, 2002.
3. Gönençen, K., Mimari Tasarımda Depreme Karşı Yapı Davranışının Düzenlenmesi, Teknik yayınevi, Ankara, Türkiye, 2000.
4. Dowrick, D.J., Earthquake Resistant Design for Engineers and Architects, John Wiley & Sons, Chichester, A.B.D., 1987.
5. Bachman, H., Seismic Conceptual Design of Buildings- Basic Principles for Engineers, Architects, Building Owners, and Authorities, Swiss Federal Office for Water and Geology, Vertrieb, Bern, Swiss, 2003.
6. Mertol, A. ve Mertol, H.C, Deprem Mühendisliği, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Kozan yayınları, Ankara, Turkey., 2002.
7. Özmen, C. ve Ünay, A. I., Commonly Encountered Seismic Design Faults due to the Architectural Design of Residential Buildings in Turkey, Building and Environment, 42, 3, 1406 – 1416, 2007.
8. Özmen, C., A Comparative Structural and Architectural Analysis of Earthquake Resistant Design Principles Applied in Reinforced Concrete Residential Buildings in Turkey, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2008.
9. Ersoy, U., Binaların Mimarisinin ve Taşıyıcı Sisteminin Deprem Dayanımına Etkisi, Deprem güvenli konut sempozyumu, ODTÜ, Ankara, 65-77, 1999.
10. Arbabian, H., The Role of Architects in Seismic Design, International Conference on the Seismic Performance of Traditional Buildings, İstanbul, Türkiye, 16-18 Kasım, 2000.
11. Tuna, M. E., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım, Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı, Ankara, 2000.
12. Charleson, A., Seismic Design for Architects: Outwitting the Quake, Elsevier, Burlington, A.B.D., 2008.
13. TDY (Türk Deprem Yönetmeliği), Resmi Gazete No. 26454, 2007.

14. Tezcan, S., Depreme Dayanıklı Tasarım için Bir Mimarın Seyir Defteri, Türk Deprem Vakfı İstanbul, Türkiye, 1998.
15. Ambrose, J. ve Vergun, D., Seismic Design of Buildings, U John Wiley & Sons, New York, A.B.D., 1985.
16. Bayülke, N., Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat mühendisliği oda yayınları, İzmir, Türkiye, 2001.
17. Zacek, M., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Ön Proje Aşaması. (Çeviri: M. T. Akbulut). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye., 2002.
18. Doğan, M., Kıraç, N., ve Gönen, H., Soft-Storey Behaviour in an Earthquake and Samples of İzmit-Düzce, ECAS Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, ODTÜ, Ankara, 14 Ekim 2002.
19. Doğan, M., Ünlüoğlu, E. ve Özbaşaran, H., Earthquake failures of cantilever projections buildings, Engineering Failure Analysis, 14, 8, 1458-1465, 2007.
20. Çağatay, İ. H. ve Güzeldağ, S., Yeni Deprem Yönetmeliği SAP2000N Uygulamaları, Birsen yayınları, Adana, Türkiye, 2002.
21. Doğangün, A., Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 2005.
22. İnan, T., The Interaction of Reinforced Concrete Skeleton Systems and Architectural Form subjected to Earthquake Effects, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, 2010.
23. Seyit Ali Kaplan., Mevcut Binaların Depreme Karşı Güvenceye Alınmasında Binayı Sırtlayıp, Kucaklayıp Depremi Emniyetle Savacak Yeni Bir Güçlendirme Yöntemi, TMH, 1-2, 47-55, Türkiye, 2010.