

FARKLI ÜLKELERİN DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE TAŞIYICI SİSTEM DÜZENSİZLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mahmud Sami DÖNDÜREN¹, Abdulhamit NAKİPOĞLU¹

¹Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya
Türkiye

sdonduren@selcuk.edu.tr, anakipoglu@selcuk.edu.tr

Özet

Depreme dayanıklı betonarme taşıyıcı sistem tasarımlarında yapının düzenli olması gerekliliği en önemli ilkelerden birisidir. Taşıyıcı sistemi düzenli yapılar, yapısal çözümler, uygulama ve boyutlandırma dahil birçok hususta pratik, ekonomik ve en önemlisi güvenlidir. Binalardaki düzensizliklerin olumsuzlukları genellikle deprem yüklemesinin etkisiyle açığa çıkmaktadır. Taşıyıcı sistem düzensizliklerinin, yönetmelikler tarafından ortaya konulan şartlara uygun bir biçimde önüne geçilmesi hayati bir önem taşımaktadır. Dünya üzerinde birçok çağdaş ülke kendi bina deprem yönetmeliklerine sahiptir. Bu yönetmelikler binalardaki düzensizlikler dahil birçok hususta birbirinden ayrılıp farklı formülizasyonlar ve farklı koşulları zorunlu kılmaktadırlar. Yönetmeliklerdeki bu farklı düzenlemeler özellikle buldukları bölgenin depremsellik ve zemin koşulları farklılık gösterdiğinden ortaya çıktığı düşünülebilir. Bu çalışmada Türk Deprem Yönetmeliği(TDY 2007) ile bazı yabancı yönetmeliklerde binaların taşıyıcı sistemlerindeki düzensizlikler hususundaki farklı koşullar karşılaştırılacaktır.

Anahtar kelimeler: Düzensizlikler, Karşılaştırma, Yönetmelikler, Yumuşak Kat, Deprem.

THE COMPARISON OF STRUCTURAL SYSTEM IRREGULARITIES ACCORDING TO DIFFERENT COUNTRIES' SEISMIC CODES

Abstract

In the design of earthquake resistant reinforced concrete structural systems, the necessity of being regular of the structure is one of the main principles. The regular structural systems are practical, economical, and the most importantly safe in the subject

of structural analysis, application and dimensioning etc. The negativities of the irregularities in buildings generally come out with the effect of seismic load. It is crucial that the irregularities of structural systems should be prohibited in convenient way with respect to the conditions that are established by the seismic codes. Lots of modern countries around the world have their own building earthquake/seismic codes. And those codes diverge from each other with different formulizations and they obligate different conditions in a lot of topics included irregularities. Coming out of these varieties in the codes can be thought about seismicity and different soil conditions of the country or region where the codes are used. In this study, the different obligations of Turkish Seismic Code (TSC-2007) and some other countries' codes are compared regarding the structural system irregularities.

Keywords: Irregularities, Comparison, Codes, Soft Storey, Earthquake.

1. Giriş

Ülkemizin büyük bölümünün aktif deprem riski taşıyan kuşaklar üzerinde olduğu hepimizin bildiği bir gerçektir. Bu durumun neticesinde inşaat mühendisliği projelerinde deprem etkisinin payı büyük ve göz önüne alınması kaçınılmazdır. Özellikle betonarme yapılar için deprem yüklemesi hayati önem taşımaktadır ve projelendirme aşamasında etkileyen yüklemelerin içinde yapı üzerindeki en önemli hasar kaynağı deprem yüklemesidir. Deprem yükünün, yapının ömrü boyunca karşılaşılabileceği tehlikeli bir yükleme türü olduğu düşünüldüğünde, betonarme taşıyıcı sistem tasarımının en elverişli ve güvenli mühendislik anlayışı ile projelendirilmesi gerekir. Böylece, taşıyıcı sistem tasarımında yapıya etkimesi muhtemel deprem kuvvetlerinin mümkün olduğu kadar doğru hesaplanması ve yapıya doğru şekilde aktarılması ana unsurlardan biri olmaktadır.

Deprem, yer kabuğunun gerilme etkisi sonucu, belirli bir derinlikte kırılması olarak tanımlanabilir. Depremin büyüklüğü ise kırılan yüzeyin büyüklüğünü ve dolayısıyla ortaya çıkan enerjinin düzeyini belirten bir ölçüdür[1]. Taşıyıcı sistemi düzenli yapılar, yapısal çözümler, uygulama ve boyutlandırma dahil birçok hususta pratik, ekonomik ve en önemlisi güvenlidir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, depreme dayanıklı yapı tasarlanmalı, deprem davranışı kötü yapı tasarımlarından kaçınılmalı ve kısaca “Deprem Yönetmeliği” ismiyle bilinen ve taslak halinde

yayınlanmış olan (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TBDY-2016) ve halihazırda yürürlükte olan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007” (DBYBHY 2007 veya TDY 2007)’de geçen kurallara uygun taşıyıcı sistemler tasarlanmalıdır.

Bu yönetmelikte depreme karşı davranışındaki çeşitli olumsuzlukları sebebiyle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken binalar “düzensiz binalar” olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda planda ve düşey doğrultuda olmak üzere 2 tabloda listelenmiş düzensizlik meydana getiren durumlar ayrı ayrı belirtilmiştir. Düşey doğrultudaki düzensizliklerden “Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak kat)” düzensizlik durumu bu düzensizlikler arasında en fazla hasara sebep olan düzensizlik durumlarından olduğu için, ülkemizde ve dünyada birçok kayba sebebiyet vermektedir. Bundan dolayı hesaplamalarda en çok dikkat edilmesi gereken düzensizlik tiplerinden biri olarak ön plana çıkmaktadır [2].

Düzensizlik türleri ülkemizde ve diğer ülkelerin depreme dayanıklı taşıyıcı sistem yönetmeliklerinde analiz, hesaplama ve/veya yaklaşım bakımından bazı farklılıklar göstermektedir. Bu durum için, yönetmeliklerin geçerli olduğu, uygulandığı bölgelerin depremsellik ve zeminel açıdan farklılık göstermesi sebep olarak düşünülebilir.

Bu çalışmada, bina düzensizlikleri kapsamında Eurocode-8, Hint, Japon, İran gibi diğer ülkelerin yönetmelikleri ile DBYBHY-2007 arasında kıyas yapılarak farklılıklar ortaya çıkarılmaya çalışılacaktır.

2. Materyal ve Metot

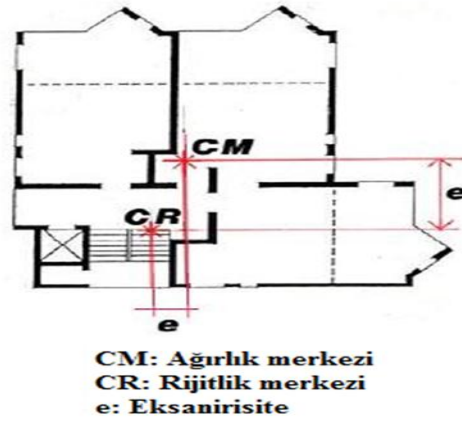
2.1 Taşıyıcı Sistem Düzensizlikleri

Düzensizlikler kısaca; deprem yüklemesi altında binalarda istenmeyen ve olumsuz davranışlar sergileyen, kaçınılması gereken taşıyıcı sistemlerdeki düzen bozukluklarıdır. Süreksizlikler, dayanım ve rijitlik farklılıkları bunlara örnektir. Türk Deprem Yönetmeliğine (TDY 2007) göre düzensiz binalar, planda düzensiz ve düşey doğrultuda düzensiz olmak üzere 2 bölüme ayrılmıştır. Bu düzensizliklerden A1 (Burulma Düzensizliği) ve B2 (Yumuşak Kat Düzensizliği) deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizlik türleridir [3].

2.1.1. Planda Düzensizlikler

2.1.1.1. A1-Burulma düzensizliği

Binanın genellikle geometrik olarak planda simetrik olmaması nedeniyle oluşan burulma düzensizliği çağdaş deprem standartlarında en çok ele alınan düzensizlik türlerinden birisidir. Simetrinin bozuk olması binayı düşey eksen doğrultusunda dönmeye zorlar. Bu duruma burulma denir. Sistem ne kadar simetrik olursa burulma düzensizliğinden o kadar kaçınılmış olunur.



CM: Ağırlık merkezi
CR: Rijitlik merkezi
e: Eksantrisite

Şekil 1. Eksantrisite oluşumu ve deprem sonrası burulma düzensizliği hasarı [4]

Rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında eksantrisite olması ve yatay kuvvetlerin etkimesi durumunda, kat düzeyinde burulma momenti oluşur (Şekil1). Geometri ve rijitlik dağılımı bakımlarından düzenli olan yapılarda da, burulma düzensizliği meydana gelmektedir. Bu tür yapılarda burulma düzensizliğinin nedeni, kenar akslardaki rijitliklerin düşük olmasıdır. Burulma düzensizliklerini gidermek için, kenar akslardaki taşıyıcı elemanların boyutlarını arttırmak gerekir [5].

2.1.1.1.1. Türk Deprem Yönetmeliği'nde (TDY 2007) burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumudur. (Denklemler 1)

$$[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2] \quad (1)$$

Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dış merkezlik etkileri de gözönüne alınarak binanın herhangi bir i 'inci katında burulma düzensizliğinin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile bu katta uygulanan \pm %5 ek dış merkezlik,

her iki deprem doğrultusu için denklem 2’de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir [3].

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (2)$$

2.1.1.1.2.Amerikan ve Hint Yönetmeliği’nde burulma düzensizliği

Burulma düzensizliği, Türk Deprem Yönetmeliğinden farklı olarak ASCE(American Society of Civil Engineers-Amerikan Binalar ve Diğer Yapılar İçin Minimum Tasarım Yükleri Yönetmeliği)’de işlenmiştir. Hint Deprem Yönetmeliği’nde diğer birçok hususta olduğu gibi burulma düzensizliği de birebir Amerikan Yönetmeliği ASCE’ den alınmıştır. ASCE’ye göre burulma düzensizliği, normal burulma düzensizliği ve aşırı burulma düzensizliği olmak üzere iki kısımda incelenmiştir.

Herhangi bir kattaki oluşacak maksimum kat ötelenmesinin yine o kattaki ve aynı doğrultudaki ortalama kat ötelenmesine oranı 1.2’yi geçerse normal burulma düzensizliği oluşur. Bu oran 1.4’ü geçtiği takdirde aşırı burulma düzensizliği gözlemlenir [6].

Normal veya aşırı burulma düzensizliği oluşan yapılarda diyaframların düşey elemanlarla bağlantı noktaları için tasarım yükleri %25 oranında artırılarak etki ettirilir. Bu yüklemeye artış sadece rijit veya yarı-rijit diyaframa sahip yapılarda uygulanır [6].

2.1.1.1.3.Eurocode-8’de burulma düzensizliği

Herhangi bir katta veya herhangi bir doğrultuda(x veya y), yapının eksantrisitesi ve burulma yarıçapı denklem3 ve 4’teki bağıntılara uymalıdır [7].

$$0.3r_x \geq e_x \text{ ve } 0.3r_y \geq e_y \quad (3)$$

$$r_x \geq l_s \text{ ve } r_y \geq l_s \quad (4)$$

Burada, dönme yarıçapı denklem5’teki gibi her bir kat kütlelerinin polar atalet momentinden hesaplanabilir.

$$r_x = \sqrt{\frac{\sum(x^2 EI_y + y^2 EI_x)}{\sum(EI_y)}}, \quad r_y = \sqrt{\frac{\sum(x^2 EI_y + y^2 EI_x)}{\sum(EI_x)}} \quad (5)$$

2.1.1.1.4.İran Yönetmeliği’nde burulma düzensizliği

Her bir kattaki rijitlik merkezi ve ağırlık merkezi arasındaki mesafe o doğrultudaki katın toplam uzunluğunun %20’sini geçemez [8].

2.1.1.2. A2-Döşeme süreksizliği

Döşemelerde genellikle tesisat veya başka amaçlardan dolayı bırakılan veya daha sonra açılan boşlukların ani diyafram süreksizliklerine sebep olmasıyla sonuçlanan düzensizlik türüdür (Şekil 2).



Şekil 2. Döşeme süreksizliği nedeniyle hasar görmüş yapılar [1]

2.1.1.2.1. Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre döşeme süreksizliği

Türk Deprem Yönetmeliği'nde döşeme süreksizliği aşağıda verildiği gibi üç türde tanımlanmıştır.

Herhangi bir kattaki döşemede;

I –Merdiven ve asansör boşlukları dahil, $A_b=A_{b1}+A_{b2}$ şeklindeki boşluk alanları toplamının A kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,

II –Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

III–Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur.[3]

2.1.1.2.2. ASCE/Hint/İran Yönetmelikleri'nde döşeme-diyafram süreksizliği

ASCE'ye göre ani diyafram süreksizlikleri, rijitlikteki farklılıklar, döşemelerdeki açık, boş alanlar(başlıklar) ve kesilmiş alanlar sonucu ortaya çıkan diyafram süreksizliği diye isimlendirilmiş düzensizlik tipidir.Bu döşeme boşluklarının toplam döşeme alanına oranı $\frac{1}{2}$ yani %50'sinden fazla olduğu ya da bir kattaki diyafram rijitliğinin diğer bir komşu katın diyafram rijitliğine oranı %50'den büyükse yapıda diyafram-döşeme süreksizliği düzensizlik türü mevcuttur.Güvenli bölgede kalmak için yine burulma düzensizliğinde olduğu gibi bu tür düzensizliklerde de diyaframların

düsey elemanlarla bağlantı noktaları için tasarım yükleri %25 oranında arttırılarak etkinir [6].Bu düzensizlik Hint ve İran Deprem Yönetmeliklerinde de yine ASCE ile aynı şekilde işlenmiştir

2.1.1.2.3. Eurocode-8 Yönetmeliği'nde döşeme-diyafraam süreksizliği

Avrupa Birliği Deprem Yönetmeliği Eurocode-8 bu düzensizlik türü ile ilgili herhangi bir açıklama yapmamıştır.

2.1.1.3. A3- Planda çıkıntılar düzensizliği

2.1.1.3.1. Türk Deprem Yönetmeliği'nde planda çıkıntılar düzensizliği

Türk Deprem Yönetmeliğine göre planda çıkıntılar bulunması aşağıdaki gibi tarif edilmiştir.

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının % 20'sinden daha büyük olması durumudur [3].Buna örnek bina Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Planda çıkıntı yapmış bina [1]

2.1.1.3.2. ASCE/Hint Yönetmelikleri'nce planda çıkıntılar düzensizliği

Amerikan yönetmeliği ASCE planda çıkıntılar bulunan yapılarda taşıyıcı sistem elemanlarının, oluşacak maksimum eksenel yüklemeye karşı dayanımının yeterli olması

gerektiğini belirtmektedir. ASCE ve Hint Deprem Yönetmeliklerine göre, planda çıkıntılar bulunan yapılarda çıkıntı yapan uzunluğun aynı doğrultudaki yapının toplam uzunluğuna oranı 0.15'den büyük olursa düzensizlik meydana gelir. Plandaki çıkıntı düzensizliklerinde de diyaframların düşey elemanlarla bağlantı noktaları için tasarım yükleri %25 oranında artırılarak etki ettirilir. [6].

2.1.1.3.3. İran Deprem Yönetmeliği'nde planda çıkıntılar düzensizliği

İran Deprem Yönetmeliği, binanın planının ana akslarına göre simetrik veya simetriğe çok yakın olmalı öngörüsünde bulunmaktadır. Plandaki herhangi bir girinti çıkıntı durumunda, oluşan girinti veya çıkıntının boyutu aynı doğrultudaki toplam boyutun %25'ini geçmemelidir [8].

2.1.1.3.4. Eurocode-8'de planda çıkıntılar düzensizliği

Planda girinti ve çıkıntı düzensizliği, bina planda toplu bir durumda olmayıp, H, I gibi şekillere sahipse her iki doğrultudaki girinti ve çıkıntılar, ilgili dış boyutun %25'ini geçmesi durumunda meydana gelir [9].

2.1.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

2.1.2.1.1. Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Diğer bir adımda komşu katlar arası dayanım düzensizliği olan zayıf kat düzensizliği, taşıyıcı sistemin herhangi bir kattaki yatay yük taşıma kapasitesinin (dayanımının) bir üstteki kata göre aniden azalması sonucu meydana gelen düzensizliktir.

2.1.2.1.1.1. TDY'de zayıf kat düzensizliği

Genellikle zemin kat dolgu duvarlarının kaldırılmasıyla meydana gelen bu düzensizlik Türk Deprem Yönetmeliği'nde aşağıda verildiği gibi açıklanmıştır.

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumudur (Denklemler 6).

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (6)$$

Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı denklemler 7'de verilmiştir.

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (7)$$

2.1.2.1.2. ASCE/Hint/İran Yönetmelikleri'nde zayıf kat düzensizliği

Zayıf kat, diğer bir adıyla komşu katlar arası dayanım düzensizliği birçok yönetmelikte Türk Deprem Yönetmeliği'ne benzer şekilde irdelenmiştir. Amerikan Deprem Yönetmeliği(ASCE), Hindistan Yönetmeliği ve İran Yönetmeliği dayanım düzensizliğini özetle şöyle açıklar; herhangi bir katın yanal dayanımı bir üst katın yanal dayanımının %80'inden küçük olmamalıdır. Kat dayanımı hesap yapılan doğrultudaki kat kesmesini karşılayan bütün elemanların dayanımları toplamıdır [6].

2.1.2.1.3. Eurocode-8 Yönetmeliği'nde zayıf kat düzensizliği

Eurocode-8 zayıf kat düzensizliği durumunu ciddi boyutta işlememiştir. Eurocode-8'de komşu katların dayanımlarının fazla farklılık göstermeden birbirine yakın olması gerekliliği vurgulanmıştır.

2.1.2.2. B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği düşey doğrultudaki kolonların, perdelerin simetriği bozularak bazı katlarda eksik olması veya yerinin tehlikeli bir biçimde değiştirilerek yapıyı ekstradan zorlaması durumudur.

2.1.2.2.1. TDY'de taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak konsol kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur [3].

2.1.2.2.2. ASCE/Hint Yönetmelikleri'nde taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Düşey taşıyıcı elemanların (kolon, perde) alt katlara inildiğinde sürekliliği bozularak devam ettiği yapılarda B3 tipi düzensizlik gözlemlenir. B3 düzensizliği birçok yönetmelikte detaylandırılmamıştır. Uluslararası alanda sadece birkaç yönetmelikte bu düzensizlik türüne değinilmiştir. Bunlardan en önemlisi ASCE ve Hint Yönetmeliği'dir. Bu yönetmeliklere göre düşey elemanların süreksizliği "Herhangi bir kattaki yanal kuvvetleri karşılayan düşey elemanlarda(kolon, perde) diğer bir katta göre düzlemsel bir sapma var olduğunda bu sapma boyunun elemanın boyundan büyük olması durumu veya herhangi bir düşey taşıyıcı elemanın bir alt kata inildiğinde boyutlarında azalma olması durumu" şeklinde tanımlanır. Olabildiğince bu süreksizlikten kaçınılmalıdır [10].

2.1.2.2.3. Eurocode-8 ve İran Yönetmelikleri'ne göre taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

İran ve Eurocode-8 Deprem Yönetmelikleri taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği düzensizliği hakkında herhangi bir bilgi vermemiştir.

2.1.2.2.4. Diğer bazı yönetmeliklere göre taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Kostarika Yönetmeliği'nde, yapı taşıyıcı sistemlerinin temelden çatıya kadar tüm bina boyunca sürekli olması önerilmektedir [11].

2.1.2.3. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği veya diğer adıyla yumuşak kat bir binada herhangi bir katın rijitliğinin bir üst veya bir alt kata nazaran makul olmayacak kadar az veya çok olması durumudur. Yani dolayısıyla komşu katların göreceli kat ötelenmelerinin(deplasmanlarının) kıyaslamasında ani değişimler görülmesi durumudur. Bu durumda rijitliği daha az olan ve daha fazla deplasman yapmış olan kat yumuşak kat olarak tabir edilir (Şekil 4).

Yumuşak kat düzensizliğinin oluşmasının en önemli sebepleri şunlardır:

- Bina giriş katı yüksekliğinin, bir üst kattaki kat yüksekliğinden fazla olması veya herhangi bir katın yüksekliğinin, bir üst kat yüksekliğinden fazla olması.
- Binanın giriş katında dolgu duvarların olmaması veya bir üst kata oranla çok az olması.



Şekil 4. Giriş kat yumuşak kat düzensizliği örneği

2.1.2.3.1. TDY 2007 (Türk Deprem Yönetmeliği 2007) 'de yumuşak kat düzensizliği

Türk Deprem Yönetmeliği yumuşak kat düzensizliğini aşağıda verildiği gibi tanımlanır.

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'dan fazla olması durumudur [3] (Denklem 8,9).

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (8)$$

veya

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0 \quad (9)$$

Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre A1 tipi burulma düzensizliğinde olduğu gibi yumuşak kat düzensizliği de diğer çağdaş deprem yönetmeliklerinden farklı olarak deprem hesap yönteminin seçiminde etkin rol oynamaktadır.

2.1.2.3.2. ASCE/Hint/İran Yönetmelikleri'nde yumuşak kat düzensizliği

Amerikan yönetmeliği yumuşak kat düzensizliğini biraz daha farklı bir şekilde irdeler. Bu yönetmeliğe göre yumuşak kat 2'ye ayrılır [6]. Normal yumuşak kat, yanal rijitliği bir üst katinkine oranla %70'den az olan katlar veya yine yanal rijitliği üzerindeki 3 katın ortalama yanal rijitliğine oranlandığında %80'den az olan katlar normal yumuşak kattır şeklinde tanımlanır. Aşırı yumuşak kat ise, yanal rijitliği bir üst katın yanal rijitliğinin %60'ından az olan katlar ya da üzerindeki 3 katın yanal rijitlik ortalamasının %70'inden az olan katlar aşırı yumuşak kat olarak isimlendirilir şeklinde tanımlanır. Hint ve İran deprem yönetmelikleri de yumuşak kat düzensizliği hakkında ASCE ile birebir şekilde formülizasyon yapmıştır.

2.1.2.3.3. Eurocode-8 Yönetmeliği'nde yumuşak kat düzensizliği

Dolgu duvarların az olduğu katlarda kaybolan rijitliğin telafisi olarak aynı kattaki kolon güçlerinin artırılmasını tavsiye etmektedir. Avrupa Standardı, ayrıca binada birinci katta duvarlar yapılmış ve mesken olarak kullanılıyor olsa bile daha sonra iş yeri olarak kullanılmasının muhtemel olduğunu itibara alarak, birinci katta kolon etriyelerinin kolonun tüm boyunca sarılma bölgesi gibi sıklaştırılmasını önermektedir [11].

2.1.2.3.4. Japon Deprem Yönetmeliği'ne göre yumuşak kat düzensizliği

Japon yönetmeliği yumuşak kat düzensizliğinin önüne geçmek için daha güvenli bir yaklaşımda bulunarak şöyle bir formül ortaya koymaktadır. Buna göre belirlenen yanal rijitlik oranı her katta 0.6 'dan az olamaz [12](Denklem10).

$$R_s = \frac{R_s}{R_s} (10)$$

Burada;

R_s : Yanal rijitlik oranı

rs: Yanal rijitlik; kat yüksekliğinin ortalama bir deprem hareketi sonucunda ortaya çıkan yan al sismik kuvvetin etkisiyle oluşan kat deplasmanına bölünmesiyle bulunan değer

\bar{r}_s : Ortalama yan al kat rijitliğidir.

2.1.2.3.5. Diğer bazı yönetmeliklere göre yumuşak kat düzensizliği

Bulgaristan Standardı'nda(1987) komşu katlar arasında rijitlik oranı %50'den az ise yumuşak kat olarak değerlendirilir. Binaya gelecek yük hesabında proje yükü belirlenirken yumuşak kat yükünün daha fazla alınmasını önerir ve yumuşak kat taşıyıcı sisteminin, üç misli daha fazla yatay yük taşıyacak kapasiteye sahip olması istenmektedir[11].

Yeni Zelandalandardı'na(NZS 4203,1992) göre, eşdeğer deprem yükü yönteminin düşey doğrultudaki düzenlilik gereklerini sağlamak için her bir katın yan al deplasmanının o katın yüksekliğine oranı makul bir seviyede birbirine yakın olmalıdır [13].

İsrail Standardı'na(SI-413, 1995) göre, herhangi bir kat, üzerindeki katın yatay rijitliğinin %65'inden daha az veya üzerindeki 3 katın rijitlik ortalamasının %70'inden az olursa bu kat yumuşak kat olarak adlandırılır [14].

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, çeşitli sebepler sonucu binaların taşıyıcı sistemlerinde oluşan düzensizliklerin, çağdaş deprem yönetmeliklerinin belirledikleri şartlar ve sınır değerler incelenerek bu yönetmelikler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. İncelenen yönetmelikler, Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007), Amerikan Deprem Yönetmeliği (ASCE 7, 2002), Hint Deprem Yönetmeliği (IS 1893-1, 2002), Japon Deprem Yönetmeliği, Avrupa Birliği Deprem Yönetmeliği (Eurocode 8, 2004), İran Deprem Yönetmeliği (Standart 2800, 2007)dir. Bu kapsamda planda A1, A2, A3 olmak üzere 3 adet plandaki düzensizlik türü ve B1, B2, B3 olmak üzere 3 adet düşey doğrultudaki düzensizlik türü incelenmiştir.

Tüm bu değerlendirmeler ve incelemeler ışığında:

- 1) **A1-Burulma:** Dünya genelindeki birçok deprem yönetmeliğinde en fazla işlenen düzensizlik türlerinden olan burulma düzensizliğinde ASCE(Amerikan

Deprem Yönetmeliği) ve Hint Deprem Yönetmelikleri daha güvenli tarafta kalıp burulma katsayısı değerinin 1.20'yi geçtiği, yani burulma düzensizliğinin olduğu durumda yapılarda gerekli tasarım yüklerini %25 oranında arttırma yoluna gitmiştir. TDY' de ise 2.0ηbi değeri aşıldığında hesap yönteminin değişmesi şart koşularak analizlerin daha doğru yapılması gerekli bulunmuştur.

- 2) **A2-Döşeme süreksizliği:** Bina kat plan düzlemindeki boşlukların sebebiyet verdiği döşeme süreksizliği düzensizliği TDY'de boşlukların brüt kat alanının %33'ünden fazla olması durumunda oluşurken, ASCE yönetmeliği bu oranı %50' ye kadar serbest bırakmıştır. Bu değerler düşünüldüğünde TDY'nin, ASCE yönetmeliğine nazaran daha az müsamaha gösterdiği düşünülebilir. Ancak ASCE buna karşılık yine belirli tasarım yüklerinin %25 oranında arttırılması gerekliliğini belirterek bu müsamahayı ortadan kaldırmıştır. İran ve Hint Yönetmelikleri'nde döşeme süreksizliği düzensizliği ASCE ile aynı şekilde ele alınmıştır. TDY ayrıca 1. ve 2. deprem bölgeleri için döşemelerin deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı elemanlara güvenli bir şekilde aktardığının hesapla doğrulanması gerektiğini söylemektedir. İncelemeler düşünüldüğünde yönetmelikler yapıların güvenliğini farklı bir biçimde göz önünde bulundurmıştır.
- 3) **A3-Planda Çıkıntılar:**TDY'e göre planda çıkıntı yapan uzunluk aynı doğrultudaki toplam uzunluğun %20'sinden büyük olması durumunda bu düzensizlik meydana gelirken, ASCE ve Hint yönetmelikleri'nde bu oran %15'tir. Ayrıca yine ASCE ve Hint yönetmelikleri'nde tasarım yükleri %25 arttırılarak etki ettirilecektir. TDY ise 1. ve 2. deprem bölgelerindeki yapılar için yine döşemelerin deprem yüklerini kolon ve perdelerle doğru bir şekilde aktardığının kontrol edilmesi gerektiğini belirtir. Buna göre ASCE ve Hint yönetmelikleri bu hususta Türk Deprem Yönetmeliği'nden daha güvenli sınırlar koymaktadır. Diğer bir taraftan Eurocode-8 ve İran standartları ise diğer yönetmeliklerin sınır değerlerine kıyasla daha tolere edilebilir bir değer ortaya koymuştur.
- 4) **B1-Zayıf Kat:** Zayıf kat düzensizliğini ASCE, Hint ve İran yönetmelikleri herhangi bir kattaki yanal dayanımın bir üst katın yanal dayanımına oranının %80' den az olmaması gerektiğini açıklar. TDY bu düzensizliği daha fazla

detaylandırmıştır. Eğer zayıf kat hesabı yapılan kattaki duvar kesit alanlarının toplamı bir üst kattan fazla ise duvarlar etkili kesme alanı hesabına girmez. η_{ci} değeri 0.6 ile 0.8 arasında çıkarsa deprem yüklemesi hesabındaki R(taşıyıcı sistem davranış katsayısı) katsayısı 1.25 η_{ci} ile çarpılarak (V) eşdeğer deprem yükü arttırılacaktır. η_{ci} değerinin 0.6'dan küçük olması kabul edilemez. Bu durumda zayıf katın dayanımı ve rijitliği arttırılması gerekmektedir. Sonuç olarak TDY diğer yönetmeliklere göre zayıf kat düzensizliği durumunu daha fazla göz önüne alıp daha detaylı şartlar koşmaktadır.

5) B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Birkaç yönetmelik haricinde birçok çağdaş deprem yönetmeliğinde bu düzensizlik türüne değinilmemiştir. TDY dünya genelinde bu konu üzerinde en çok duran yönetmeliktir. TDY' den farklı olarak ASCE ve Hint Yönetmelikleri kolonların veya perdelerin alt katlara inildiğinde kesit alanlarının azaltılmaması gerektiğini belirtir. Yönetmeliklerin bu düzensizlik hakkındaki bütün şartları düşünüldüğünde Türk Deprem Yönetmeliği bu konuda diğer ülkelerin yönetmeliklerine nazaran oldukça güvenli yaklaşımlar yapmıştır.

6) B2-Yumuşak Kat: ASCE, Hint, İran, Eurocode 8, Bulgaristan, Yeni Zelanda ve İsrail yönetmelikleri bu düzensizlik üzerinde durmuşlardır. Özellikle Japon yönetmeliği bu düzensizliği çok detaylı incelemiş ve konuyla ilgili birçok formülizasyon ortaya koymuştur.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, deprem bölgesinde yapılacak yapılarda yönetmelik kullanımının çok önemli olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca, her ülkenin bulunduğu deprem kuşağına göre yönetmeliklerinde farklı hesaplamalar yaptığı görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] Sandıkçı, T., Bina Türü Betonarme Bir Yapıda Yumuşak Kat ve Burulma Düzensizliği İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2014.
- [2] Işık, G., Betonarme Binaların Zemin Katında Oluşabilen Kısa Kolon ve Yumuşak Kat Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2006.

- [3] TDY 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007-TDY 2007), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı; Ankara, 2007.
- [4] Arnold, C., 2006, DesigningforEarthquakes: A Manual forArchitects, Mimari Tasarımda Deprem,Fema 454; Bölüm:5.
- [5] Gök, S.G., A3 Düzensizliği Olan Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Türk, Eurocode ve ACI318 Yönetmeliklerine Göre Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2013.
- [6] ASCE 7, Minimum Design LoadsforBuildingsandOtherStructures, AmericanSociety of CivilEngineers; Virginia, U.S.A., 2002.
- [7] Eurocode 8, Design of structuresforearthquakeresistance – Part 1: General rules, seismicactionsandrulesforbuildings, EuropeanComitteeforStandardization; Brussels, Belgium, 2004.
- [8] Standart 2800, IranianCode of PracticeforSeismicResistant Design of Buildings, 3rd Edition,PermanentCommittee of RevisingtheCode of PracticeforSeismicResistant Design of Buildings;Tehran, Iran, 2007.
- [9] Öztürk, T., Binalarda Döşeme Boşluklarının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi, İMO Teknik Dergi 2013; Yazı 393: 6233-6256.
- [10] IS 1893-1, IndianStandardCriteriaforEarthquakeResistant Design of Structures – Part 1: General ProvisionsandBuildings (FifthRevision), Bureau of IndianStandarts; New Delhi, India, 2002.
- [11] Kaplan, S.A., Dolgu Duvarların Betonarme Taşıyıcı Sistem Performansına Etkisi, TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri 2008/6; Sayı: 452.
- [12] Ishiyama, Y.,IntorductiontoEarthquakeEngineeringandSeismicCodes in the World, HokkaidoUniversity, Hokkaido, Japan, 2011.
- [13] NZS 4203:1992, General Structural Design and Design LoadingsforBuildings, StandardsAssociation of New Zealand; New Zealand, 1992.
- [14] SI 413, Design ProvisionsforEarthquakeResistance of Structures, TheStandardsInstitution of Israel; Tel Aviv, Israel, 2004.