

Article Arrival Date

17.02.2021

Article Type

Research Article

Article Published Date

20.03.2022

Doi Number: <http://dx.doi.org/10.38063/ejons.605>**TÜRK BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE YAPI DÜZENSİZLİKLERİNİN ANALİZİ**

ANALYSIS OF BUILDING IRREGULARITIES ACCORDING TO THE TURKISH BUILDING EARTHQUAKE REGULATION

Tuğba İNAN GÜNAYDIN*

Assistant Prof. Dr., Department of Architecture, Niğde Ömer Halisdemir University, 51240 Niğde, Turkey

ORCID: 0000-0003-0861-4835

* Corresponding author: Tel: +90 388 225 45 30; Fax: +90 388 225 42 29

ÖZET

Türkiye bir deprem ülkesidir ve geçmişten günümüze birçok büyüklükte depreme maruz kalmış ve kalmaya devam edeceği aşikardır. Bu depremler ciddi boyutta can ve mal kaybına neden olmaktadır. Birçok deprem ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de deprem yönetmeliğimiz bulunmakta ve iyileştirmeler yapılarak güncellenmektedir. Enson güncellenen ve yayınlanan Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018' de depreme dayanıklı yapı tasarım ilkeleri ve yapı düzensizlikleri net bir şekilde ifade edilmiştir. Depremin büyüklüğü, yapı elemanlarının deprem esnasındaki davranışı, yapısal analiz gibi birçok parametre düşünüldüğünde mimari proje ve taşıyıcı sistemin bilinçli olarak tasarlanması deprem esnasında oluşabilecek hasarları önleyecektir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında mimari tasarım ve taşıyıcı sistemin etkileşimi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, deprem sonrası en çok can ve mal kaybına sebep olduğu görülen yapı düzensizlikleri Niğde ilinden seçilen, Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e (TBDY-2018) göre yapılan 19 adet bina örneği üzerinden analiz edilerek değerlendirilmiştir. Ayrıca incelenen yapılarda görülen mimari ve strüktürel tasarım hataları detaylı olarak değerlendirilmiştir. Analiz edilen binaların neredeyse hepsinde burulma düzensizliğinin olduğu ve maksimum burulmanında en çok zemin katta olduğu tespit edilmiştir. Saplama kiriş ve kısa kirişin çok yaygın kullanıldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Deprem, yapı düzensizlikleri, Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018**ABSTRACT**

Turkey is an earthquake country and it is obvious that it has been and will continue to be exposed to earthquakes of many magnitudes from past to present. These earthquakes cause serious loss of life and property. As in many earthquake countries, we have earthquake regulations in our country and it is updated by making improvements. In the most recently updated and published Turkish Building Earthquake Code 2018, earthquake resistant building design principles and structural irregularities are clearly stated. Considering many parameters such as the magnitude of the earthquake, the behavior of the structural elements during the earthquake, and the structural analysis, the conscious design of the architectural project and the load-bearing system will prevent the damages that may occur during the earthquake. The interaction of architectural design and load-bearing system is of great importance in earthquake resistant building design. In this study, the structural irregularities, which are observed to cause the most loss of life and property after the earthquake, were analyzed and evaluated on 19 building samples selected from the province of Niğde and constructed according to the Turkish Building Earthquake Code 2018 (TBDY-2018). In addition, architectural and structural design faults observed in the examined buildings were evaluated in detail. It has been determined that almost all of the analyzed buildings have torsional irregularity and the maximum torsional irregularity coefficients is on the ground floor. It has been observed that the anchorage beam and the short beam are used very commonly.

Keywords: Earthquake, structural irregularities, Turkish Building Earthquake Code 2018

1.GİRİŞ

Türkiye çeşitli sismik dalgalara zaman zaman maruz kalan aktif bir deprem bölgesi üzerinde bulunmaktadır. Geçmişten günümüze önemli oranda can ve mal kaybına neden olan deprem büyüklüğü yüksek olan depremlere maruz kalmıştır (Gürsoy ve Cavusoğlu, 2021). Özellikle önemli 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 23 Ekim Van depremi ($M_w = 7.2$), deprem tehlikesinin boyutunu gözler önüne sermekte ve tekrarlanan hatalar sonucu artan can kayıpları deprem bilincimizin hala tam olarak oluşmadığını gözler önüne sermektedir (İnan ve Korkmaz, 2012). Ülkemizde mevcut yapı stoğumuz genel olarak betonarmedir ve deprem sonrası görülen yıkımlarla deprem davranışının ne kadar kötü olduğu aşıkardır (Koç, 2022; Ulusoy ve Güven, 2019; Uyan ve Erdem 2021). Yapıya gelecek olası deprem yüklerinin doğru hesaplanması ve bu yükler karşısında yapının davranışının öngörülebilmesi büyük önem arz etmektedir (Dindar ve Ayar, 2021).

Depreme dayanıklı tasarım mimari tasarımın ilk evrelerinde başlamaktadır. Mimari tasarım ve taşıyıcı sistemin etkileşimi bu anlamda büyük öneme sahiptir. Taşıyıcı sistem düzenlemesi yapılırken mümkün olduğu kadar simetrik bir şekilde dağılımın yapılması gerekmektedir. Böylece ağırlık merkezi ve rijtlik merkezi arasındaki eksantrisite azalacak ve deprem esnasında binadaki burulmanın önüne geçerek hasar oluşma oranını minimize edecektir (Özmen ve Ünay, 2007; Charleson, 2008; Gunes O, 2015; Gürsoy ve Bas, 2015).

Yapıların deprem esnasındaki davranışları üzerine geçmişten günümüze birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Deprem sonrası yapıda görülen hasarlar değerlendirildiğinde yapı düzensizliklerinin yapıdaki hasar ya da yıkım oranına etki eden en önemli parametre olduğu görülmektedir. Yapı düzensizliklerinin genelini değerlendirildiği çalışmalar olduğu gibi spesifik sadece bir yapı düzensizliğinin ele alınarak çok yönlü olarak değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur. İnan vd. (2014) yaptıkları çalışmada kareden dikdörtgene doğru giderek x doğrultusunda yapı taşıyıcı aksını arttırarak, basit formlu binalarda farklı yüksekliklerde ve rijit çekirdeğin olduğu ve olmadığı farklı taşıyıcı sistem düzenlemesi ile binalardaki yumuşak kat ve burulma düzensizliği değişimlerini detaylı olarak incelemişlerdir. Simetrik taşıyıcı sistem düzenlemesi ve simetrik plan geometrisine rağmen yapı düzensizliklerinin görülebildiği koşullar tespit edilmiştir. Colunga ve Garcia (2020) basit geometri modeller tasarlayarak zayıf kat ve yumuşak kat düzensizliklerini Meksika deprem yönetmeliğine dayandırarak değerlendirmiş ve önlenmesi adına birtakım önerilerde bulunmuşlardır. Uyan ve Erdem (2021) yumuşak kat düzensizliğine sahip mevcut 3, 5 ve 7 katlı mevcut betonarme binaların taşıyıcı sistem güvenliklerini farklı iki zemin sınıfı için TBDY-2018'e göre SAP 2000'de modelleyerek analiz etmiş ve tüm modellerde oluşabilecek hasar oranları tespit edilerek ve önerilerde bulunmuşlardır.

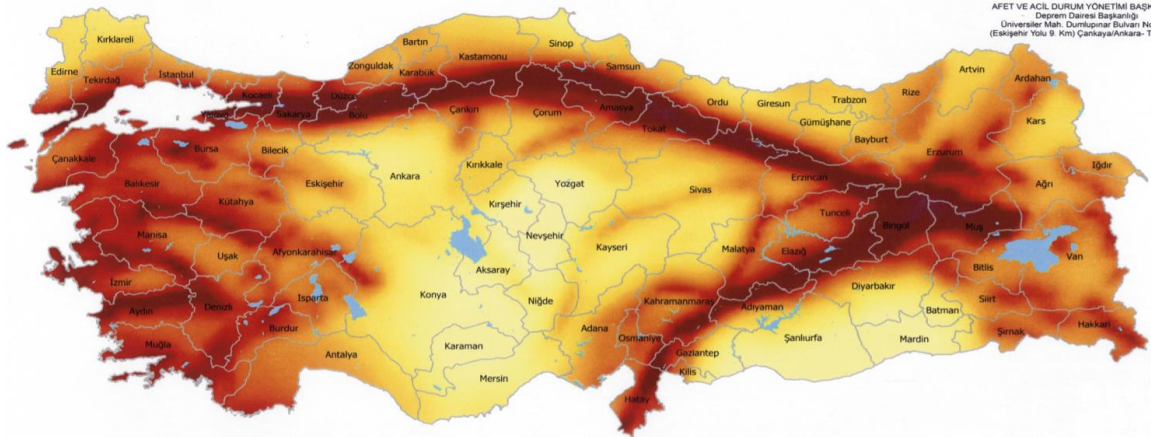
Bu çalışmada, deprem sonrası en çok can ve mal kaybına sebep olduğu görülen yapı düzensizlikleri Niğde ilinden seçilen, Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e (TBDY-2018) göre yapılan 19 adet bina örneği üzerinden STA4-CAD ile analiz edilerek değerlendirilecektir. Çalışmada burulma düzensizliği, yumuşak kat ve zayıf kat düzensizliklerindeki değişim detaylı değerlendirilecektir. Ayrıca kalıp planlarının incelenmesi sonucunda sık görülen yapı düzensizliği katsayılarındaki değişime önemli etkisi olduğu tespit edilen mimari ve strüktürel tasarım hataları detaylı olarak sunulacaktır.

2)MATERYAL VE METOT

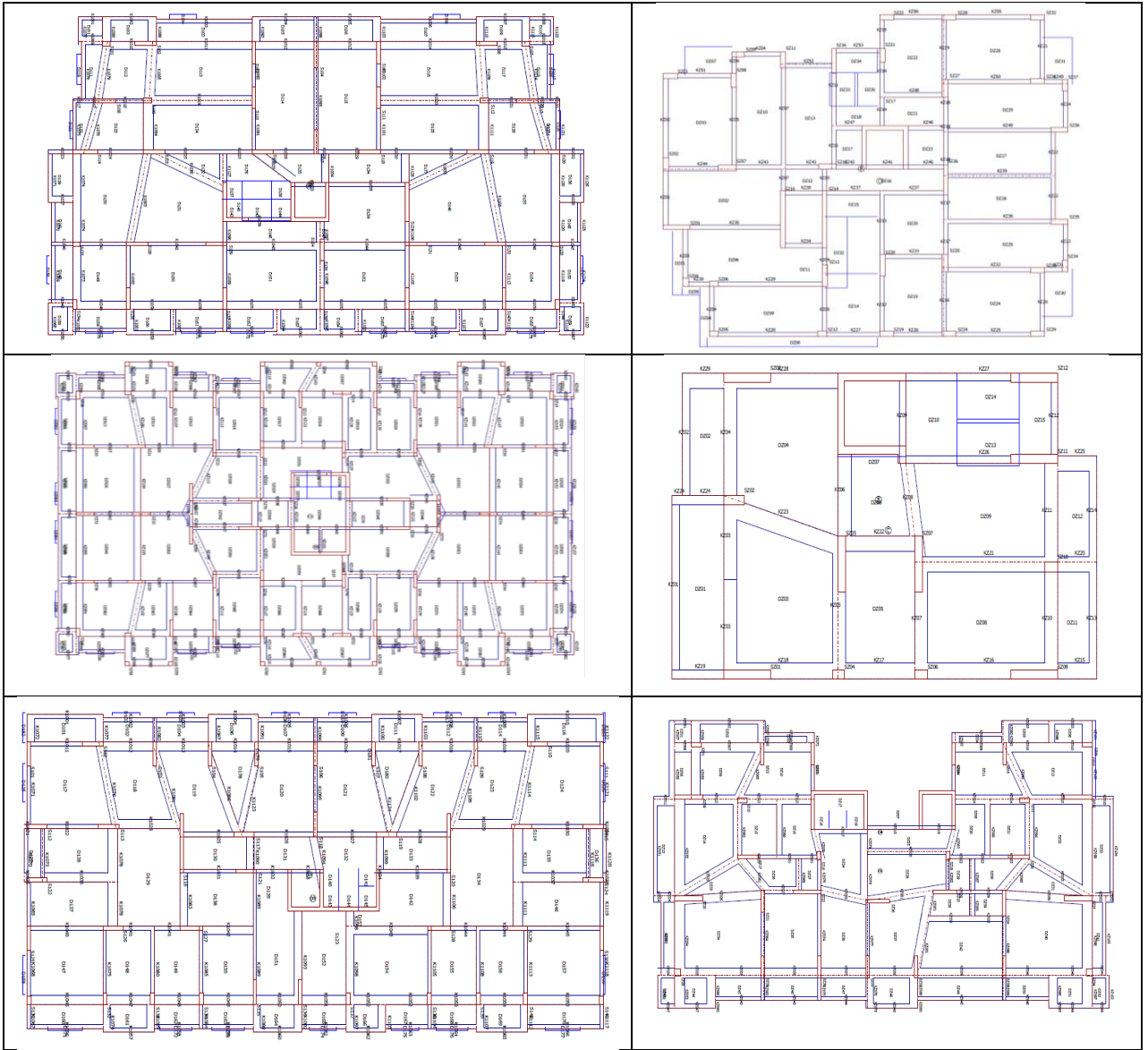
Son güncellenen Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de sunulan Türkiye Deprem Tehlike Haritasında (Şekil 1) Niğde nispeten az riskli bir bölgede bulunsada Türkiye bir deprem ülkesidir ve hatalı tasarımlar

ve taşıyıcı sistem düzenlemesi az riskli gözükten bölgelerimizde de önem arz etmektedir.Çalışmada Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e (TBDY-2018) göre yapılan deprem sonrası en çok can ve mal kaybına sebep olduğu görülen yapı düzensizlikleri, Niğde ilinden seçilen 19 adet bina örneğinin STA4-CAD analizleri detaylı olarak ele alınacaktır. Ayrıca yapıların kalıp planları detaylı incelenerek en çok rastlanan mimari ve strüktürel tasarım hataları tespit edilecektir. Şekil 2'de seçilen binaların bir kısmının kalıp planı sunulmuştur.

Yapı düzensizlikleri TBDY-2018'de plan düzlemindeki ve düşey doğrultudaki düzensizlikler olarak ikiye ayrılmıştır. Plan düzlemindeki yapı düzensizlikleri burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizliği (A2) ve planda girinti çıkıntı düzensizliği (A3)'tür. Düşey doğrultudaki yapı düzensizlikleri ise zayıf kat düzensizliği (B1), yumuşak kat düzensizliği (B2) ve düşey taşıyıcı elemanların süreksizliği (B3)'tür. Burulma düzensizliği (A1) nbi ile sembolize edilmektedir. nbi değerinin 1.20 limit değerininin yapının herhangi bir katında aşılması durumunda yapıda burulma düzensizliği bulunmaktadır. Zayıf kat düzensizliği (B1) nci ile sembolize edilmektedir. Yapının herhangi bir katında nci değerinin 0.80'in altında olması durumunda yapıda zayıf kat düzensizliği var olarak kabul edilmektedir. Yumuşak kat düzensizliği (B2) ile sembolize edilmektedir. Yapının herhangi bir katında nki değerinin 2.00 değerinin üzerinde olması durumunda yapıda yumuşak kat düzensizliği bulunur. Bu çalışmada Niğde ilinden seçilen TBDY-2018'e göre inşa edilmiş 19 adet bina bu düzensizlikler üzerinden detaylı olarak analiz edilecektir. Ayrıca kalıp planı incelenen bu binalarda görülen mimari ve strüktürel tasarım hataları detaylı olarak değerlendirilecektir.



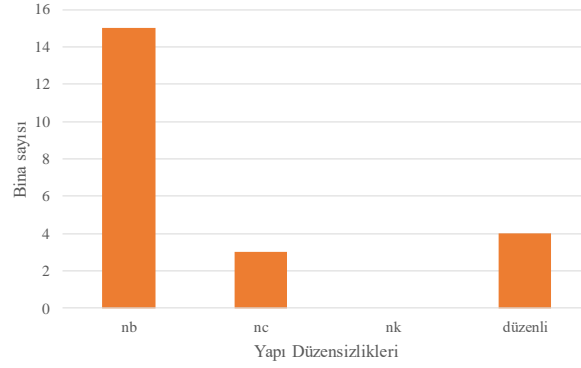
Şekil 1. Türkiye Deprem Tehlike Haritasında (AFAD, 2018)



Şekil 2. Kalıp planları

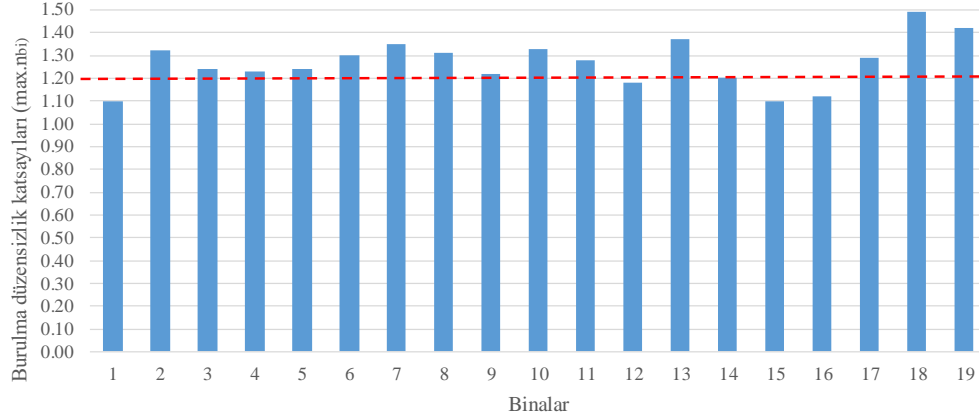
3)BULGULAR

Niğde ilinden seçilen TBDY-2018'e göre inşa edilmiş 19 adet bina deprem yönetmeliğimizde belirtilen çalışmada ele alınan düzensizlikler üzerinden değerlendirildiğinde, binaların 15 tanesinde burulma düzensizliği, 3 tanesinde zayıf kat düzensizliği olduğu tespit edilmiştir. İncelenen yapılarda yumuşak kat düzensizliğine rastlanmamıştır. 4 tanesinde ise bu yapı düzensizliklerinin hiçbiri görülmemiştir (Şekil 3).



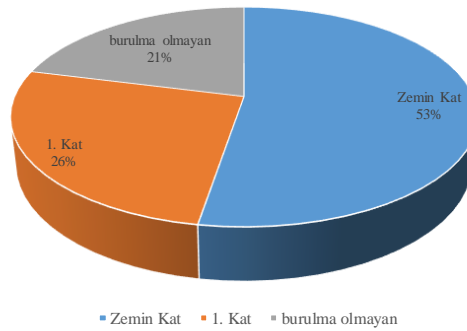
Şekil 3. İncelenen binalardaki yapı düzensizlikleri

Binalar burulma düzensizliği bakımından incelendiğinde Şekil 4'te de görüldüğü üzere neredeyse incelenen tüm binalarda 1.20 burulma düzensizlik limit değerinin aşıldığı görülmüştür. İncelenen binalarda minimum 1.10 değeri görülürken, 18 numaralı binada görüldüğü üzere maksimum 1.50 ye yaklaşan değerler görülmüştür. (Şekil 4).



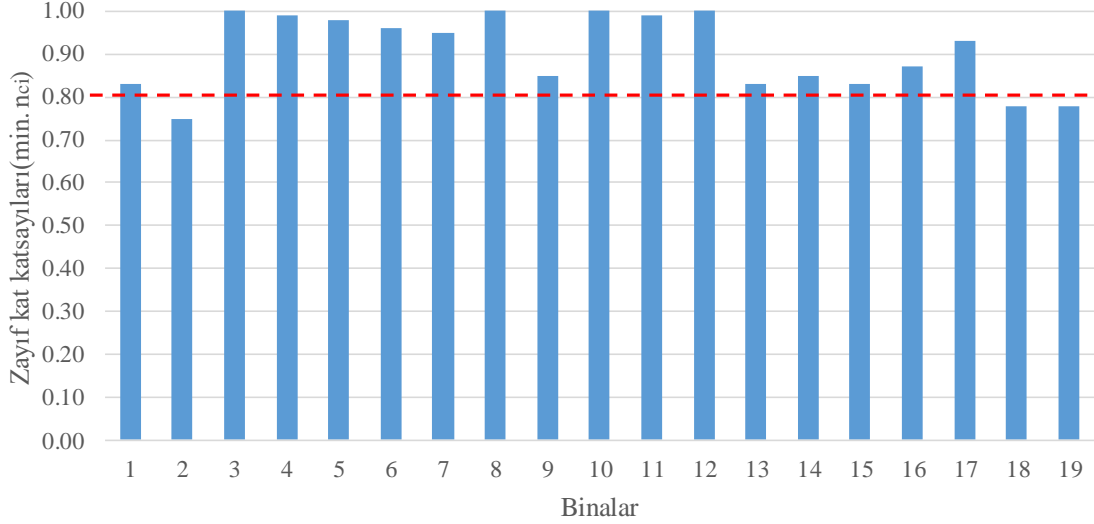
Şekil 4. İncelenen binalardaki maksimum burulma düzensizlik katsayıları

Burulma düzensizliğinin görüldüğü 15 bina incelendiğinde, maksimum burulma düzensizlik değerlerinin incelenen binalar bazında %53 (10 adet) oranında binaların zemin katında görüldüğü, %26 oranında da (5 adet) 1. Katta görüldüğü tespit edilmiştir. İncelenen binaların %21'inde (4 adet) burulma düzensizliği görülmemiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Maksimum burulma düzensizlik değerlerinin görüldüğü katlar

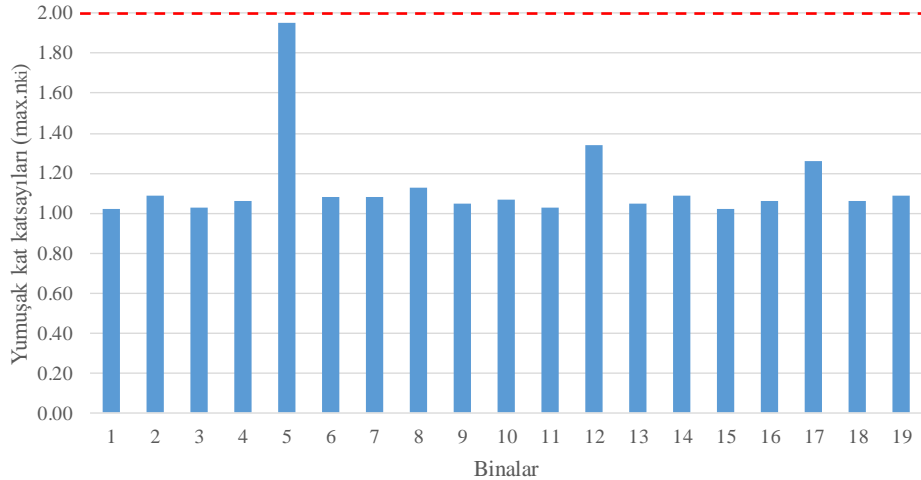
Binalar zayıf kat düzensizliği bakımından incelendiğinde Şekil 6'da görüldüğü üzere olması gereken minimum değer olan 0.80 değerinin altında kalarak zayıf kat düzensizliği görülen binalar 2, 18 ve 19 numaralı binalar olmuştur. Diğer tüm binalarda zayıf kat düzensizliği görülmemiştir.



Şekil 6. İncelenen binalardaki maksimum zayıf kat düzensizlik katsayıları

Binalar yumuşak kat düzensizliği bakımından incelendiğinde Şekil 7'de görüldüğü maksimum limit değer olan 2.00'in tüm incelenen binalarda aşılmadığı görülmüştür ve bu nedenle binaların hiçbirinde yumuşak kat düzensizliği yoktur.

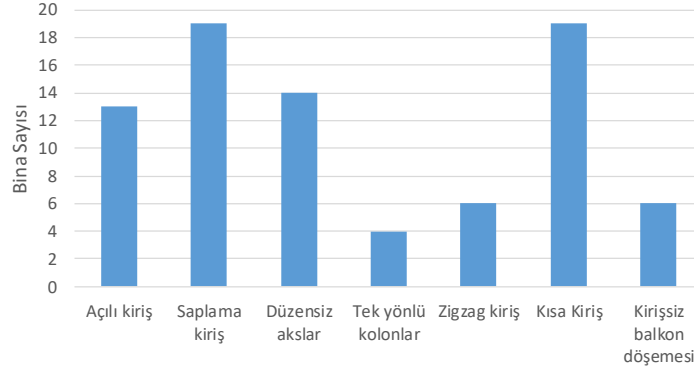
209



Şekil 7. İncelenen binalardaki maksimum yumuşak kat düzensizlik katsayıları

Binaların projeleri detaylı olarak incelendiğinde yapısal birçok düzensizliğe rastanılmıştır. Her bir bina detaylı incelendiğinde binaların hepsinde (19 adet) saplama kiriş ve kısa kirişin olduğu görülmüştür.

Yapıların çoğunda düzensiz taşıyıcı sistem aksının olduğu tespit edilmiştir (14 adet). Projelerde açılı kirişlerinde yoğunlukla kullanıldığı görülmüştür (13 adet). Kirişsiz balkon döşemeleri, zigzaglar yapan dış çevre kirişler ve kolonların tek yönlü olarak yerleştirilmiş olması da projelerde rastlanan diğer düzensizliklerdir.



Şekil 8. İncelenen binalardaki diğer düzensizlikler

4)SONUÇ

Bu çalışmada, yapı düzensizlikleri Niğde ilinden seçilen, Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e (TBDY-2018) göre yapılan 19 adet bina örneği üzerinden analiz edilerek değerlendirilmiştir. Ayrıca incelenen yapılarda görülen mimari ve strüktürel tasarım hataları detaylı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada en çok dikkat çeken nokta analiz edilen binaların neredeyse hepsinde burulma düzensizliğinin olmasıdır. Burulma düzensizliği geçmiş deprem tablolarımıza baktığımızda en çok hasara yol açan düzensizliklerin başında gelmekteyken hala incelenen yeni güncel deprem yönetmeliğimize göre yapılan (TBDY-2018) binaların hemen hemen neredeyse hepsinde burulma düzensizliğinin görülmesi son derece dikkat çekicidir. Ele alınan 19 binadan 15 inde burulma düzensizliği varken sadece 4 tanesinde burulma düzensizliği görülmemiştir. Maksimum burulma düzensizliği incelenen binaların çoğunda binaların zemin katında görülmüştür. İncelenen binaların 3 tanesinde zayıf kat düzensizliği görülürken hiçbirinde yumuşak kat düzensizliğinin görülmemesi de dikkat çekicidir. Binaların projeleri detaylı olarak ele alındığında saplama kiriş ve kısa kiriş tüm projelerde tespit edilmiştir. Açılı kirişlerin kullanımı ve düzensiz taşıyıcı sistem aksları da oldukça yaygın olarak projelerde kullanılmıştır.

KAYNAKÇA

AFAD (2018). Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Charleson, A. (2008). Seismic Design for Architects: Outwitting the Quake, Burlington: Elsevier, USA.

Dindar, A. A. & Ayar, B. (2021). Çok Katlı Yapılarda Kritik Deprem Doğrultusunun Belirlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi , 23 (68) , 489-500. DOI: 10.21205/deufmd.2021236812

- Gursoy, S., & Cavusoglu, A. (2021). Examination of the effects on earthquake behavior and rough construction costs of short column situation occurring in reinforced concrete buildings. *Earthquakes and Structures*, 20(3), 309-323.
- Gursoy, S., Oz, R., & Bas, S. (2015). Investigation of the effect of weak-story on earthquake behavior and rough construction costs of RC buildings. *Computers and Concrete*, 16(1), 141-161.
- İnan, T. & Korkmaz, K. (2012). Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi . *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* , 28 (3) , 240-248
<https://dergipark.org.tr/en/pub/erciyesfen/issue/25565/269675>.
- İnan, T., Korkmaz, K., and Çağatay, İ. H. (2014). The effect of architectural form on the earthquake behavior of symmetric RC frame systems. *Computers and Concrete*, 13(2), 271-290. doi:10.12989/cac.2014.13.2.271
- Koç, V. (2022) Mevcut Binalarda Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , 33), 32 39.
- Özmen, C., & Ünay, A. İ. (2007). Commonly encountered seismic design faults due to the architectural design of residential buildings in Turkey. *Building and Environment*, 42(3), 1406-1416.
- Ulusoy Ö., Güven S. (2019) Betonarme yüksek yapıların TDY' ne göre plan düzensizliklerinin örnek yapılarla gözden geçirilmesi, *Ç.Ü. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, Cilt: 38-2, s. 5-14.
- Uyan, B. & Erdem, R. T. (2021). Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği Bulunan Betonarme Binaların Deprem Performansının Araştırılması . *ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi* , 3 (3) , 42-54 .
DOI: [10.46740/alku.1013881](https://doi.org/10.46740/alku.1013881)