



Araştırma Makalesi / Research Article

B3 DÜZENSİZLİĞİ KONUMUNUN YAPISAL PERFORMANSA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

EVALUATING THE IMPACT OF B3 IRREGULARITY LOCATION ON STRUCTURAL PERFORMANCE

İsmail TOZLU¹

Şenol GÜRSOY²

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbid.1406397>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
ismailtozlu@karabuk.edu.tr

Geliş Tarihi / Received
18.12.2023

Kabul Tarihi / Accepted
15.03.2024

Öz

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için genel geçer yönetmeliklerdeki en temel ilke yapısal düzensizliklerden kaçınmaktır. Ancak yapıların tasarımında mimari nedenlerle yapısal düzensizlikler sıklıkla ortaya çıkmaktadır. Günümüzde özellikle ticari amaçlarla geniş kullanım alanı oluşturma kaygısıyla maalesef düşey taşıyıcı elemanlarda süreksizlik oluşması (B3 düzensizliği) en sık rastlanan yapısal düzensizliklerden biridir. Diğer taraftan çoğunlukla dükkân katı olarak kullanılan giriş katlarında bu durum meydana gelse de derslik, toplantı salonları vb. geniş mekanlar tasarlamak için üst katlarda da düşey taşıyıcı eleman süreksizliği oluşabilmektedir. Yapı güvenliğinin sağlanabilmesi için özellikle düzensizlik içeren yapıların davranışın doğru bir şekilde dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışmada gerekli hallerde kolon süreksizliğinin yapıda en uygun olarak hangi konumda oluşturulabileceği sorusunun cevabı araştırılmıştır. Bu amaçla 7 katlı betonarme bir binada, zemin kattan üst katlara ve dış akstan iç akslara doğru B3 düzensizliği konumu değiştirilerek toplam 12 adet bina modeli oluşturulmuştur. Bina modellerinin SAP2000 programı yardımıyla doğrusal olmayan tek modlu itme analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan B3 düzensizliği durumu için en uygun konum hakkında bazı öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: B3 düzensizliği, doğrusal olmayan analiz, itme analizi, performans analizi .

Abstract

The most basic principle in general codes for earthquake-resistant building design is to avoid structural irregularities. However, structural irregularities frequently occur in the design of buildings due to architectural reasons. Today, unfortunately, with the concern of creating a wide usage area, especially for commercial purposes, discontinuity in vertical load-bearing elements (B3 irregularity) is one of the most common structural irregularities. On the other hand, although this situation occurs on the ground storeys, which are mostly used as shop storeys, vertical structural element discontinuity may also occur on the upper storeys to design large spaces such as classrooms, meeting rooms, etc. To ensure building safety, the behaviour of structures, especially those containing irregularities, must be considered correctly. In this study, the answer to the question of which position in the structure can most appropriately meet the column discontinuity requirement was sought. For this purpose, 12 building models were created by changing the B3 irregularity location from the ground storey to the upper storeys and from the outer axis to the inner axes in a 7-storey RC building. Nonlinear single-mode pushover analyses of models were performed in SAP2000, and some suggestions are presented about the most appropriate position for the B3 irregularities.

Keywords: B3 irregularity, nonlinear analysis, performance analysis, pushover analysis.

¹Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye.
ismailtozlu@karabuk.edu.tr, Orcid.org/0000-0003-0512-3803.

²Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye.
sgursoy@karabuk.edu.tr, Orcid.org/0000-0001-8133-0906.

1. GİRİŞ

Deprem etkileri altında yapıların oldukça karmaşık olan gerçek davranışı mühendislik hesaplamaları için bilimsel çalışmalara dayandırılarak basite indirgenmektedir. Yapısal düzensizlikler gerçek yapısal davranışı daha da karmaşık hale getirdiğinden matematiksel model oluşturulurken yapılan kabullerdeki hata mertebelerini daha da arttırmaktadır. Bu nedenle yürürlükteki yönetmeliklerde en temel yapısal tasarım ilkeleri arasında yapısal düzensizliklere ilişkin bilgiler bulunmaktadır. Ancak yapıların işlevsel olabilmesi için yapısal düzensizliklerle sıklıkla karşılaşmaktadır. Uygulamada en sık karşılaşılan düzensizlik durumlarından biri düşey taşıyıcı eleman süreksizliğidir. Bu nedenle bu tür düzensizlik içeren yapıların davranışını anlamak büyük önem arz etmektedir.

1 Ocak 2019'da yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) yapısal performansın belirlenmesinde belirli şartlarla dayandırarak birçok analiz yöntemi sunmaktadır (TBDY, 2019). Yönetmelik hesap yöntemlerini, doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler olarak iki grupta toplamakla birlikte B3 düzensizliği olması halinde doğrusal olmayan yöntemlerin kullanılması zorunlu tutulmuştur. Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden tek modlu itme yöntemi pratikliği nedeniyle yönetmelik şartlarına göre uygun olan türdeki binalar için sıklıkla tercih edilmektedir.

Teknik literatürden statik ve dinamik itme analizleri kullanılarak birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Bunlar kısaca aşağıdaki gibi özetlenmektedir. farklı kat yüksekliklerine sahip betonarme binalarda yapılan statik itme analizleri sonucunda, kat yüksekliği artışına bağlı olarak deprem performanslarının azaldığı ve dolgu duvarların hesapları oldukça etkilediği ve dikdörtgen yük altında elde edilen kapasite eğrilerinin üçgen yükten elde edilene göre, zaman tanım alanında dinamik analizinden elde edilen kapasite eğrilerine daha yakın olduğu ifade edilmiştir. (Korkmaz, 2005; Korkmaz ve Uçar, 2006; Korkmaz, 2006). Kat planları aynı olan 5 katlı zayıf kat düzensizliği içeren betonarme çerçeve sistemli yapıların *Kapasite Spektrumu Yöntemi* ve *Deplasman Katsayıları Yöntemi* ile performans seviyeleri araştırılmıştır. Sonuç olarak zayıf kat düzensizliği olan yapıların özellikle 1. kat kolonlarındaki plastik mafsallı dönmelerinin ve kat ötelemelerinin artmasına bağlı olarak sismik kapasitelerinin azaldığı vurgulanmıştır (Uçar ve Düzgün, 2007). İnel ve ark. (2007) 1975 yılındaki Türk deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış 4 ve 7 katlı 14 yapı üzerinde statik itme analizleri gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak düşük yatay dayanım nedeniyle büyük deplasman istemlerinin oluştuğunu, özellikle enine donatı aralığının yetersiz olduğu durumlarda öngörülen güvenlik seviyelerinin karşılanamadığını vurgulamışlardır. Korkmaz (2007) 10 katlı betonarme çerçeve sistemli bir yapının farklı çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmesi durumunda doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri ile yapısal davranışları incelemiştir. Sonuç olarak çelik çapraz elemanlarla yapılan güçlendirmenin kapasiteyi en az iki kat arttırdığını ifade etmiştir. Hasgül ve İrtəm (2011), depremin asal eksenlerinin yansız ara doğrultuda etkimesi hali için farklı plan ve enkesit geometrisine bağlı yapısal performansın değişimini araştırarak en olumsuz durumunu belirlemişlerdir. Bu amaçla ortogonal akslara sahip olan 3 katlı düzenli 4 betonarme binayı, asal eksenlerinin yansız çok sayıda ara deprem doğrultusu için artımsal statik itme analizleri altında incelemiştir. Yapısal çözümlerden elde edilen sonuçlar, kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde plan geometrisinin kare veya dikdörtgen olmasının ve kolon enkesitinin kare veya dikdörtgen olmasının etkili olduğunu göstermiştir. Korkmaz ve ark. (2011) yumuşak kat düzensizliğine sahip 10 katlı 16 farklı betonarme perdeli yapıların statik itme analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen bulgulardan alt kat yüksekliği arttıkça kapasitenin azaldığını ve dolgu duvarların alt katlarda olmaması durumunda rijitliği azalmasına bağlı olarak deprem davranışının olumsuz olarak etkilendiğini ifade etmişlerdir. Coşkan ve Yüksel (2013), statik itme analizi ile donatı korozyonunun performansa etkisini araştırmışlardır. Korozyonun mafsallaşma durumunu değiştirdiğini ve kapasiteyi önemle oranda düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Uçar ve Düzgün (2013), artımsal itme analizi altında İzmir'deki yapısal stoğu yansıtan 30 adet gerçek yapı için hasar görebilirlik eğrilerini çıkarmışlardır. Elde

edilen sonuçlardan, binanın taşıyıcı elemanlarında ilk plastik şekil değiştirmeler meydana geldikten sonra, modal yer değiştirmelerinin artan değerleri için binanın hızlı bir şekilde akma taban kesme kuvveti kapasitesine erişmesine bağlı olarak her bina sınıfı için *Hafif Hasar* ve *Orta Hasar* seviyelerine ait hasar görebilirlik eğrilerinin birbirine daha yakın olduğunu belirtilmiştir. Tekin ve Gürbüz (2015), 1998 öncesi ve sonrası inşa edilen yapılardan oluşan iki grup için hasar görebilirlik eğrileri çıkarmışlardır. Elde edilen sonuçlardan, 1998 sonrası yapılan yapıların daha sünek davrandığı ve kapasitelerinin diğer gruptan daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Uçar ve Merter (2015) betonarme çerçevelerin statik itme analizi ile farklı deprem seviyeleri için plastik enerji tüketim istemlerini araştırmışlardır. Sonuçlar, şiddetli depremler etkisinde kesit kapasitelerinde önemli bir azalma olmaksızın doğrusal olmayan şekil değiştirmenin gerekliliğini ortaya koymuştur. Öncü ve Yön (2016) çalışmalarında, statik ve dinamik itme analizi sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda belirli bir yer değiştirme değerine kadar sonuçlar aynı olsa da belirli bir noktadan sonra farklılaştığını ifade etmişlerdir. Işık (2016) çalışmasında, bir okul binası için beton sınıfının performans etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak beton sınıfının artmasıyla taban kesme kuvveti ve buna bağlı olarak çatı yer değiştirmesi değişse de performans sonuçlarında büyük değişiklikler meydana gelmediği belirtmiştir. Apostolska ve ark. (2016) ve Işık ve ark. (2016) çalışmalarında zayıf kat etkisinde performansın oldukça düştüğünü ortaya koymuşlardır. Meral ve İnel (2016), Denizli şehri ve çevresinde 1975 ve 1998 Türk deprem yönetmeliklerine göre tasarlanmış yaklaşık 500 konut türü binayı incelemişlerdir. Dolgu duvar katkısı, yumuşak kat ve kapalı çıkma düzensizliklerinin performans etkisini ortaya koymuşlardır. Işık ve Özdemir (2017), normal kat yüksekliğinin değişiminin performans etkisi araştırmışlardır. Sonuç olarak, kat yüksekliklerinde farklılık olmamasının performans üzerinde olumlu etkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Sümer (2017) çalışmasında, ABAQUS programı yardımıyla yüksek dayanımlı beton ile üretilen kirişlerin etkili plastik mafsal boyunu araştırmıştır. Sonuç olarak literatürdeki formüllerle hesaplanan sonuçların yüksek dayanımlı betonarme kirişlerin mafsal uzunluğunun belirlemede yetersiz kaldığını belirtmiştir. Karaşin ve Işık (2017) çalışmalarında, bir binanın farklı beton sınıfları kullanılarak inşa edilmesi halinde yapısal performansını araştırmışlardır. Sonuç olarak katlar arası beton dayanımı değişen yapılarda deprem güvenliğinin daha düşük çıktığını belirtmişlerdir. Balkaya ve ark. (2017) çalışmalarında, tünel kalıp sistemli binalarda çelik çaprazlar kullanarak yapısal performansın artırılabilceği ortaya koymuşlardır. Gürbüz ve Tekin (2017), 341 adet betonarme konut türü yapıdan oluşturulan 11 grup yapı için hasar görebilirlik eğrilerini çıkarmışlardır. Sonuç olarak taşıyıcı sistemde betonarme perde duvarlara yer verilmesinin yapı rijitliğini önemli ölçüde artırdığını ve perde+çerçeve sistemlerin ağır hasar riskini azaltmakta oldukça etkili olduğunu vurgulamışlardır. Doğru ve Arslan (2017), bir okul yapısının farklı zemin türlerine göre performansını araştırmışlardır. Sert zeminden yumuşak zemine doğru gittikçe talep yer değiştirmesinin dolayısıyla da hasar seviyelerinin arttığını belirtmişlerdir. Türkay ve Güler (2017), bir okul binasının doğrusal ve doğrusal olmayan itme analizi sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak doğrusal olmayan hesapta plastik mafsal oluşmasıyla birlikte artan kapasiteye bağlı olarak taban kesme kuvveti değerinin doğrusal hesaptan elde edilene göre 2 kat büyük olduğunu belirtmişlerdir. Bikçe ve Bayrak (2018) çalışmalarında, dolgu duvarların taban kesme kuvveti değerini %40'a kadar etkilediğini ortaya koymuşlardır. Yüksel ve Sakcalı (2018), korozyon etkisinin yapısal performans etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak korozyon düzeyine göre statik itme eğrisinin hem tepe yer değiştirmesi hem de taban kesme kuvveti bakımından önemli derecede değişime uğrayarak kapasite kayıpları olduğunu belirtmişlerdir. Koçer ve ark. (2019) çalışmalarında, korozyona uğramış kolonların kapasitelerinin büyük ölçüde düştüğünü ortaya koymuşlardır. Mert ve Nzapfakumunsi (2019), T şeklindeki yapıların performansını incelemişlerdir. Elde edilen bulgulardan T şekli binaların performanslarının dikdörtgen binalara göre daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Severcan ve Sinani (2019), 8 katlı betonarme bir yapının performans sonuçlarını 2007 deprem yönetmeliği ve Eurocode-8 için karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak 2007 Türk deprem yönetmeliğinin daha güvenli tarafta kaldığını belirtmişlerdir.

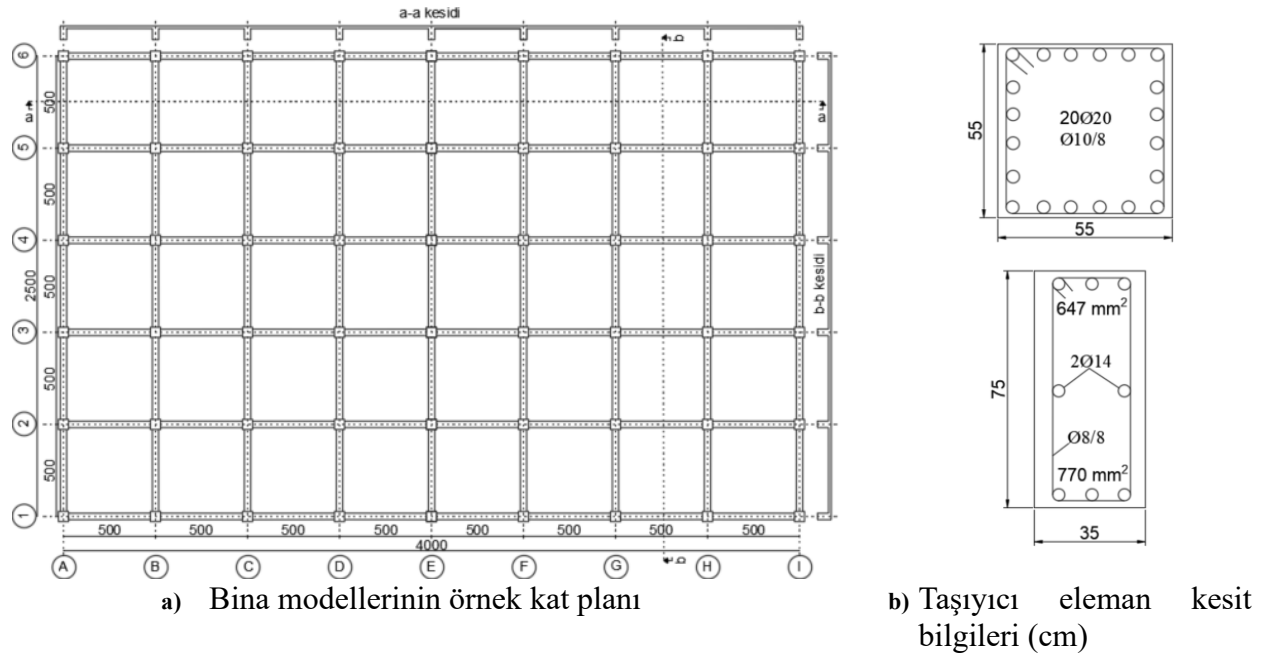
TBDY'nin yürürlüğe girmesinden sonra yapılan çalışmalarda, Dalyan ve Şahin (2019), 2007 ve 2019 Türk deprem yönetmeliklerini 5 katlı bir konut yapısının performans analizini inceleyerek karşılaştırmışlardır. Etkin kesit rijitliklerine bağlı olarak hâkim periyot değerlerindeki artış ile daha az deprem yükü olmasına rağmen TBDY'deki hasar sınırlarındaki değişimler nedeniyle TBDY'nin daha olumsuz sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır. Aydın ve Boru (2020) çalışmalarında, katlar arası rijitlik farkı oluşturmadan yerleştirilen çelik X çaprazların performansı arttırdığını ortaya koymuşlardır. Işık ve ark. (2020) çalışmalarında, bina oturma alanı ve kat sayısı değişiminin performansa etkisini araştırmışlardır. Bina oturma alanı ve kat sayısı arttıkça periyot, yer değiştirme ve hedef yer değiştirme değerlerinin arttığını ifade etmişlerdir. Dok ve ark. (2020), EC-8, 2007 ve 2019 Türk deprem yönetmeliklerindeki etkin rijitliklere göre betonarme çerçevelerin kapasitelerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, farklı yönetmeliklere göre aynı yapı için farklı değerlendirmeler oluşabileceğini ifade etmişlerdir. Güneysi ve ark. (2020), betonarme binaların çelik levha perde duvarlarla güçlendirilmesi durumunu araştırarak bu yöntemle güçlendirilmiş yapıların yatay yük taşıma kapasitelerindeki artışı ortaya koymuşlardır. Işık ve ark. (2020) çalışmalarında, eğimli arazilerde inşa edilen yapıların performansını incelemişlerdir. Sonuç olarak artan eğimle birlikte kolon yüksekliklerinin azalmasının performansı olumsuz etkilediğini vurgulamışlardır. Özer ve Yüksel (2020, 2021, 2022) çalışmalarında, bağ kirişi modelleme yöntemlerinin performansa etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, normal donatılı ve çift bağ kirişli modeller daha sünek davranış gösterirken, çapraz donatılı modelin daha fazla yatay yük taşıdığını belirtmişlerdir. Jamal ve Yüksel (2021), TBDY ve ASCE 41-17 yönetmeliklerini tek açıklıklı farklı kat sayılarındaki betonarme yapılar için karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak yük miktarına, etkin rijitliklere ve plastik mafsallara göre sonuçların değiştiğini ortaya koymuşlardır. Kasap (2021), statik ve dinamik itme analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Sonuç olarak statik itme analizinden elde edilen yatay yer değiştirmelerinin daha büyük olduğu belirtilmiştir. 2007 ve 2019 Türk deprem yönetmeliklerinin konut türü yapılar için karşılaştırıldığı çalışmaların sonucunda etkin kesit rijitliklerinden dolayı yönetmelikler arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 2019 yönetmeliğinin daha düşük performans sonucu verdiği ifade edilmiştir (Sarı ve Ulutaş, 2021; Çaycı ve Eldemir, 2021). Toplu ve Kirtel (2021), taban yalıtımlı binalardaki statik itme analizi ile zaman tanım alanında analiz sonuçlarının oldukça benzeştiğini ifade etmişlerdir. Akpınar ve ark. (2021) çalışmalarında, bir hastane binasının betonarme perdelerle ve sürtünme tipi sönümleyicilerle güçlendirilmesini incelemişlerdir. İki yöntemle de başarılı sonuçlar elde edilse de montaj hızı ve uygulama kolaylığı bakımından sönümleyici kullanmanın daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Işık ve ark. (2022) çalışmalarında, asma katların yapısal performans üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymuşlardır. Işık (2022) çalışmasında, etriye miktarının performansa etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak, etriye oranının artmasıyla kapasitelerin önemli miktarda arttığını vurgulamıştır. Boru ve Aydın (2022), çeşitli çelik çapraz tiplerinin performansa etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak X ve K tipi çaprazların dayanım ve rijitlik açısından öne çıktığını belirtmişlerdir. Usta (2022) ve Karasin ve ark. (2022) çalışmalarında, bölme duvarların yapısal performansa etkilerini araştırmışlardır. Birim hacim ağırlığı düşük bölme duvarların kullanılmasının performansa katkısı ortaya koyulmuştur. Etili (2022), rijit bodrum perdelerin performansa etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucunda performans üzerinde, bodrum perdelerinden çok yapısal geometrinin etkili olduğu vurgulanmıştır. Akın ve Kanas (2023), sünek olmayan betonarme bir yapının performansı için dolgu duvarların hesaba katılmaması durumunda sonuçlardaki sapmaları ortaya koymuşlardır. Altınay ve Erdem (2023), doğrusal olmayan itme analizi ile bir kamu binasının performansını incelemişlerdir. Sonuç olarak, beton basınç dayanımının düşük olması ve bazı kolonlarda yetersiz boyuna donatı alanı ile sarılma bölgelerinde yeterli sıkılaştırmaların yapılmamasından kaynaklı hedef performans seviyelerine ulaşamadığını belirtmişlerdir.

Teknik literatür çalışmalarından da görüldüğü gibi itme analizleri, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analize göre, pratikliği nedeniyle 2000'li yıllardan günümüze kadar sıklıkla kullanılmış ve kullanılmaya devam etmektedir. Bu çalışmada, çeşitli nedenlerle oluşturulan kolon

süreksizliğinin yapısal davranışa etkisi doğrusal olmayan tek modlu itme analizi ile incelenmiştir. Kolon süreksizliğinin olduğu bölge, dış akstan kat merkezine ve zemin kattan üst katlara doğru değiştirilerek bina modelleri oluşturulmuştur. Uygulanan itme analizleri sonucu elde edilen bulgulardan, zorunluluk durumunda kolon süreksizliği için tercih edilebilecek en uygun konum hakkında bazı sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

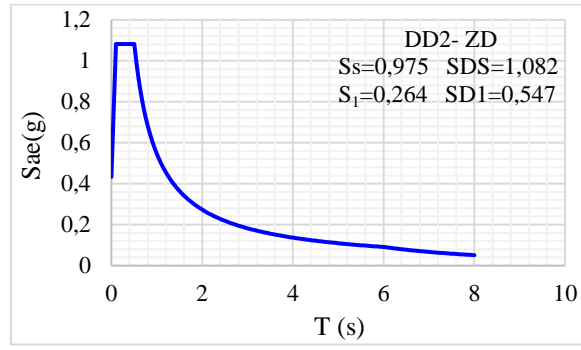
2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada incelenen konut türü binanın kat planı ve taşıyıcı eleman kesit özellikleri Şekil 1’de verilmektedir. 7 kattan oluşan binanın kat yükseklikleri eşit ve 3m’dir. Söz konusu binada kullanılan beton sınıfı C35 ve donatı sınıfı B420C’dir. Tüm kolonlar için kenar uzunlukları 55 cm, boyuna donatı 20Ø20, etriye Ø10/8’dir. Tüm kirişlerin genişlikleri 35 cm ve yükseklikleri 75 cm’dir. Ayrıca kat kirişlerinin her iki ucu için üst donatı alanı 647 mm², alt donatı alanı 770 mm² ve sargı donatısı Ø8/8’dir. Tüm yapısal elamanlar için beton örtü kalınlığı (paspayı) 35 mm olarak dikkate alınmıştır. Kolon ve kirişler çubuk eleman olarak, kalınlıkları 15 cm olan döşemeler ise alan eleman olarak modellenmiştir. Ayrıca TBDY’de önerilen etkin kesit rijitlikleri dikkate alınmış, düğüm noktalarının tam rijit birleşim olduğu ve zemin kat kolonlarının temele ankastre bağlantılı kabul edilmiştir. Döşemelerin sabit yük değeri 2.12 kN/m², hareketli yük değeri 2 kN/m² ve kirişler için duvar yükü 3.25 kN/m alınmıştır. TBDY’ye göre betonarme hesaplar Sta4-Cad, doğrusal olmayan tek modlu itme analizleri ise SAP2000 programıyla gerçekleştirilmiştir. Betonarme ve performans hesaplarında kullanılan tasarım spektrumu Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 1. Bina Modellerinin Örnek Kat Planı Ve Taşıyıcı Elemanlarının Kesit Bilgileri

3 aksı boy kesitindeki kolon isimlendirmesi ile oluşturulan model isim matrisinde sırasıyla C₁₂, C₁₄, C₁₅, C₃₂, C₃₄, C₃₅, C₅₂, C₅₄, C₅₅, C₇₂, C₇₄, C₇₅ kolonları kaldırılarak 12 farklı kolon süreksizliği içeren bina modelleri oluşturulmuştur (bkz. Şekil 3). İncelenen binanın plan şekline göre olduğu gibi kolon süreksizliği için en dış aksın seçilmesi durumunda hesap yapılmayan doğrultuda oldukça büyük konsol kirişler meydana geleceğinden en dış akslarda kolon süreksizliği durumu tercih edilmemiştir. Model isimlendirmesi, kırmızı renkle gösterilen kaldırılan elemanın adına göre yapılmıştır. İsim matrisinde verilmeyen diğer tüm kolonlar her bir modelde mevcuttur. Oluşturulan bina modelleri x doğrultusunda tek modlu itme analizine göre değerlendirilmiştir. Böylelikle kolon süreksizliğinin dış akslardan merkeze ve zemin kattan üst katlara taşınması durumunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 2. Tasarım Spektrumu

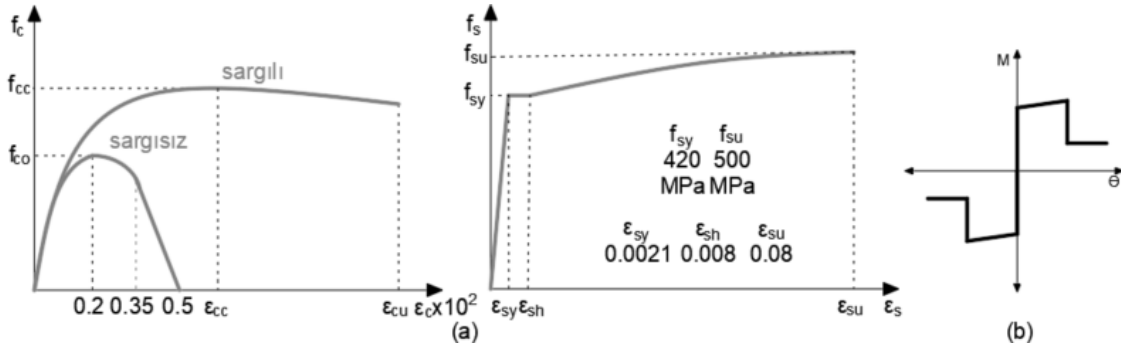
C ₇₁	C ₇₂	C ₇₃	C ₇₄	C ₇₅			
C ₆₁	C ₆₂	C ₆₃	C ₆₄	C ₆₅			
C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃	C ₅₄	C ₅₅			
C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄	C ₄₅			
C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅			
C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅			
C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅			

C ₇₁	C ₇₂	C ₇₃	C ₇₄	C ₇₅
C ₆₁	C ₆₂	C ₆₃	C ₆₄	C ₆₅
C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃	C ₅₄	C ₅₅
C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄	C ₄₅
C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅
C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅
C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅

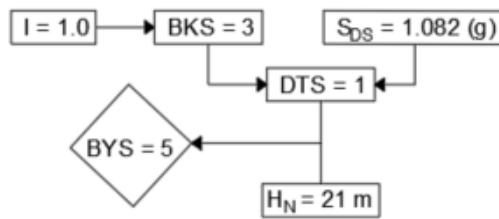
Şekil 3. Bina Modellerinin 3 Aksı Kolon İsim Matrisi

2.1. İtme Analizi ve Deplasman Talebi

İtme analizinde, malzemeler için TBDY’de önerilen davranış modelleri kullanılmıştır (bkz. Şekil 4a). Yığılı plastik mafsal davranışı için SAP2000 programında önerilen model kullanılmıştır (bkz. Şekil 4b). TBDY’ye göre tek modlu itme analizinin uygulanabilmesi için hâkim moda ilişkin etkin kütle katılım oranının 0.70’ten büyük olması ve burulma düzensizliğinin olmaması gerekmektedir. Tablo 1’de 12 model için periyot değerleri ve x doğrultusundaki etkin kütle katılım oranları verilmiştir. Ayrıca TBDY’ye göre tek modlu itme analizi için *Bina Yükseklik Sınıfına* (BYS \geq 5) bağlı olarak verilen uygulama sınırının kontrolü de Şekil 5’te verilmektedir.



Şekil 4. (a) Malzeme modelleri, (b) plastik mafsal davranış modeli



Şekil 5. Tek Modlu İtme Analizi için BY5 Kontrolü

Tablo 1. Modal Analiz Sonuçları ve Yer Değiştirme Talepleri

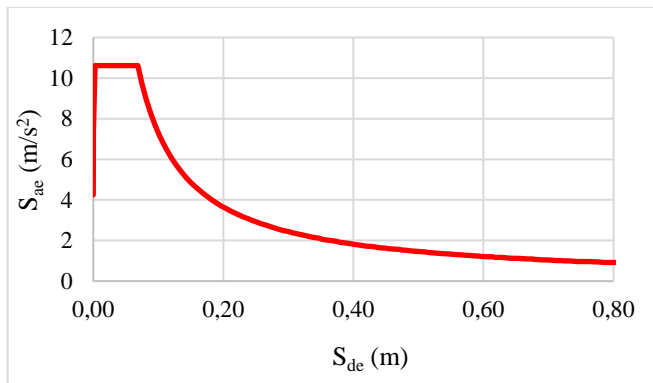
Bina Modelleri	T (s)		Kütle Katılım Oranı		$\phi_{\text{çatı}} (m)$	$\Sigma M_{\text{etkin}}(kNs^2/m)$	$\Gamma (1/m)$	$d_{\text{talep}}(m)$	$d_{\text{gerçek}} (m)$
	Hesap Doğrultuları								
	Y-Y	X-X	Y	X	X				
C ₁₂	0,73640	0,71580	0,8346	0,83758	0,015043	7273.850	84,6259	0,115	0,146
C ₁₄	0,73638	0,71580	0,8348	0,83756	0,015043	7273.676	84,6055	0,090	0,115
C ₁₅	0,73637	0,71580	0,8348	0,83757	0,015043	7273.763	84,6008	0,089	0,113
C ₃₂	0,73621	0,71557	0,8334	0,83632	0,015048	7262.907	84,5313	0,091	0,116
C ₃₄	0,73620	0,71556	0,8335	0,83632	0,015049	7262.907	84,5409	0,088	0,112
C ₃₅	0,73619	0,71556	0,8336	0,83632	0,015049	7262.907	84,5448	0,088	0,112
C ₅₂	0,73563	0,71502	0,8333	0,83608	0,015056	7260.823	84,5462	0,086	0,109
C ₅₄	0,73562	0,71502	0,8333	0,83608	0,015056	7260.823	84,5512	0,083	0,106
C ₅₅	0,73562	0,71502	0,8333	0,83608	0,015056	7260.823	84,5529	0,082	0,104
C ₇₂	0,73519	0,71460	0,8336	0,83639	0,015065	7263.515	84,5807	0,081	0,103
C ₇₄	0,73518	0,71462	0,8336	0,83637	0,015059	7263.342	84,5790	0,079	0,101
C ₇₅	0,73518	0,71462	0,8336	0,83637	0,015057	7263.342	84,5793	0,077	0,098

Spektral ivme-yer değiştirme grafiği Şekil 6a'da, kapasite eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile elde edilen eğri ve spektral ivme-yer değiştirme (S_a - S_d) eğrilerinden yer değiştirme talebinin hesabı Şekil 6b'de verilmektedir. Kuvvet yer değiştirme eğrisinin koordinat dönüşümü için kullanılan denklemlerde (bkz. Denklem 1 ve 2) a_1 tek serbestlik dereceli sistem (TSD) için sözde ivmeyi, V_t kapasite eğrisi ordinat değerlerini, m_t toplam etkin kütle, d_1 TSD için spektral yer değiştirmeyi, ϕ 1. mod çatı modal yer değiştirmesini, Γ modal katkı çarpanını göstermektedir. S_{de} hesabı Denklem 3 ile yapılmıştır.

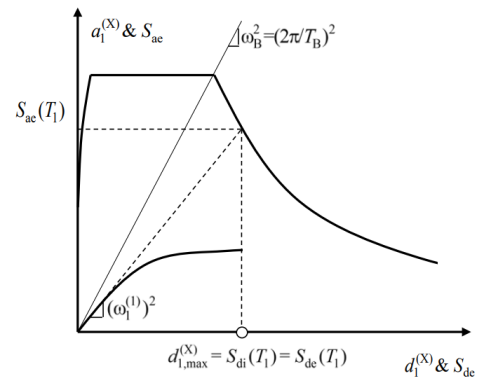
$$a_1 = \frac{V_t}{\Sigma m_t} \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{u}{\phi * \Gamma} \quad (2)$$

$$S_d = \frac{T^2}{4 * \pi^2} * g * S_{ae}(T) \quad (3)$$



(a)



(b)

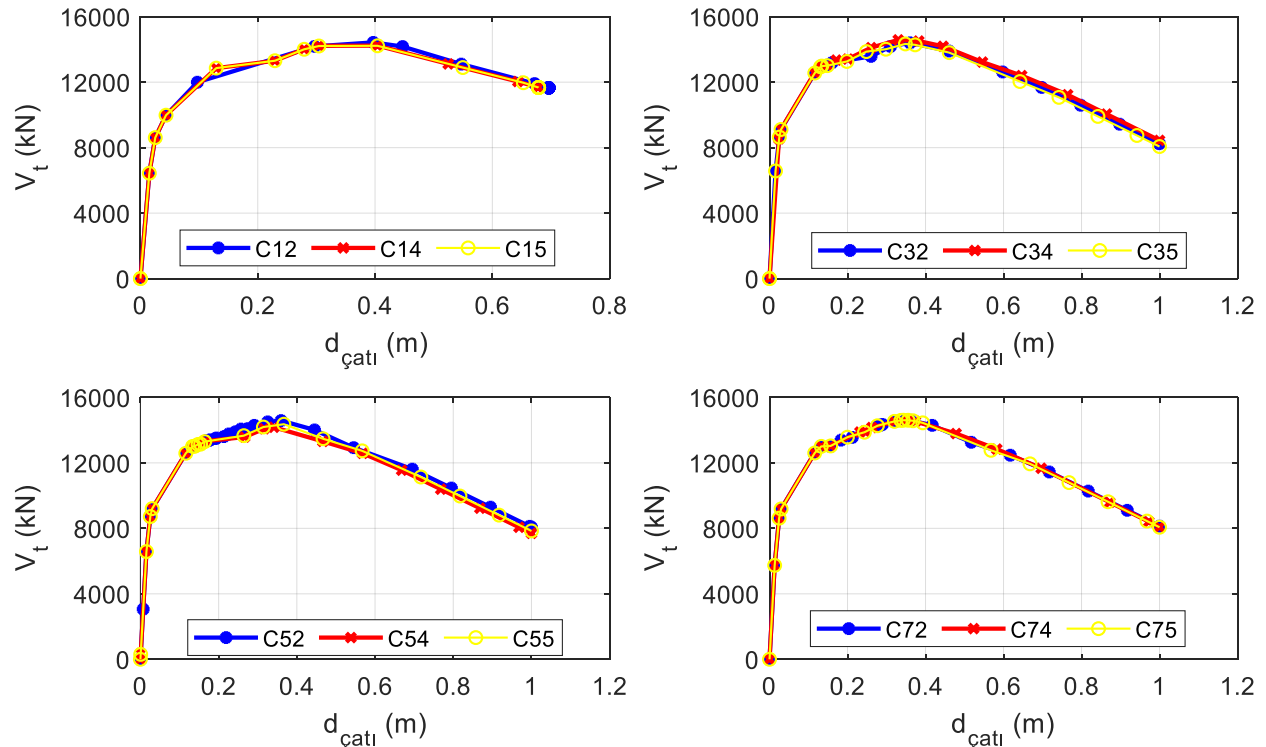
Şekil 6. (a) Spektral ivme-yer değiştirme grafiği, (b) yer değiştirme talebinin belirlenmesi (TBDY, 2019)

Doğrusal olmayan itme analizi ile elde edilen kapasite eğrileri Şekil 7'de, modellerin maksimum kapasite durumundaki göçme mekanizmaları ise Şekil 8'de verilmektedir. Kapasite eğrileri incelendiğinde toplam kapasitesi en düşük olan modellerin, zemin kattaki kolonların kaldırılmasıyla düzensiz hale getirilen binalardan elde edildiği görülmüştür. Düzensizlik konumu dış akslardan iç akslara doğru kaydırıldıkça toplam kapasite az miktarda artsa da birbirine oldukça

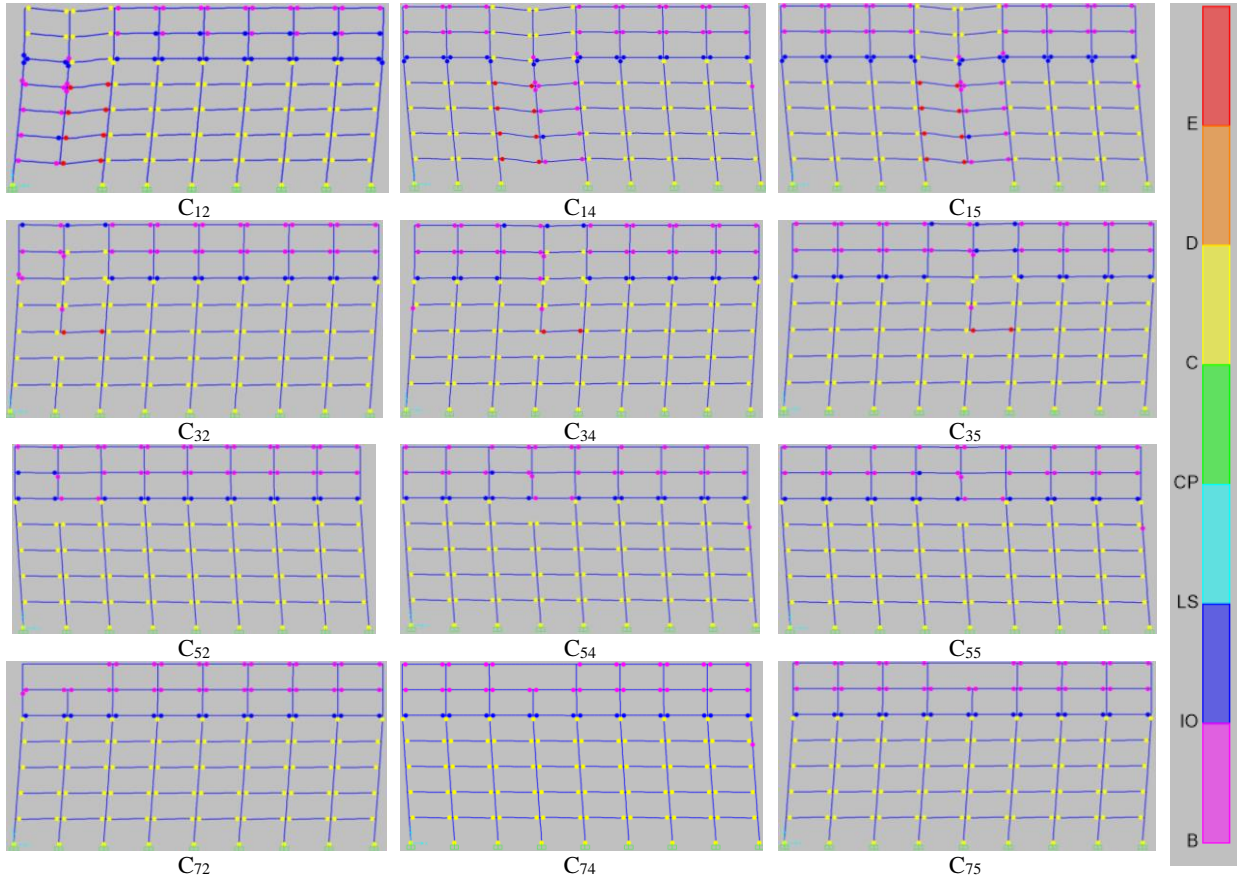
Yakın sonuçlar elde edilmiştir. Kapasite eğrilerinin başlangıç eğimleri arasındaki fark oldukça küçük olsa da talep spektrumunun (S_{ae} - S_{de}) uzun periyottan köşe periyot değerine yaklaştıkça eğimin hızlı bir şekilde değişmesinden dolayı TSD sistem için elde edilen yer değiştirme talebi (d_1) arasındaki fark artmıştır. Gerçek talep yer değiştirme değeri için modal katkı çarpanı ve modal çatı yer değiştirme değerleri hesaba katılınca fark daha da belirginleşmiştir. Göçme mekanizmaları incelendiğinde düzensizlik durumu üst katlara çıktıkça, üst katlardan gelen toplam yükün azalmasına bağlı olarak kolonun oturduğu kirişlerdeki hasar mertebeleri azalmıştır. Ayrıca B3 düzensizliğinin dış akslardan iç akslara kaydırılması göçme mekanizmasında dikkate değer bir değişiklik oluşturmamıştır.

2.2. Yer Değiştirme Talebi Altında Yapısal Davranış

Bina modellerinin, hasar durumlarını incelemek için hesaplanan performans noktalarına kadar itilmiştir (bkz. Şekil 9). B3 düzensizliğinin konumu dış akstan merkeze ve zemin kattan üst katlara doğru ilerledikçe yer değiştirme talebinin azaldığı görülmüştür. Performans noktasındaki hasar mertebeleri ve dağılımları Şekil 10'da verilmiştir. Ayrıca düzensizlik içeren 3 aksı kirişleri ve zemin kat kolonlarının hasar dağılımları yüzdelik olarak Tablo 2'de verilmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde en olumsuz durumun kolon süreksizliğinin zemin kat dış aksında olduğu modelde (C12) olduğu görülmüştür. C12 modelinde tüm zemin kat kolonlarının alt ucunda hasarlar meydana gelmiştir. Zemin kat içinde kolon süreksizliği aks merkezine yaklaştırıldığında sadece kenar kolonda hasar meydana gelirken, kirişlerin %23'ü, C12 modelindeki kirişlere göre hemen kullanım (IO) performans düzeyinin altına inmiştir. Üst katlar için ise düzensizlik konumu merkeze yaklaştığında performans artışı gözlenmiştir. Ancak bu durum zemin kat için daha belirgin olarak görülmüştür. Düzensizlik durumu zemin kattan üst katlara doğru ilerledikçe hasar almış kiriş sayısında ve hasar mertebelerinde düşüş olduğu görülmüştür. Bu durumun alt katta devam etmeyen kolonun oturduğu kirişler için, düzensizlik konumun üst katlardan zemin katlara doğru taşınması durumunda, üst katlardan gelen kümülatif kolon eksenel yükü ile alakalı olduğu söylenebilir (bkz. Şekil 11). Sonuç olarak B3 düzensizliği içeren yapısal tasarım gerekliliği olduğunda, kolon süreksizliğinin aks merkezlerine yakın ve mümkünse üst katlarda oluşturulmasının yapısal performansı arttıracakları görülmüştür.



Şekil 7. Kapasite eğrileri

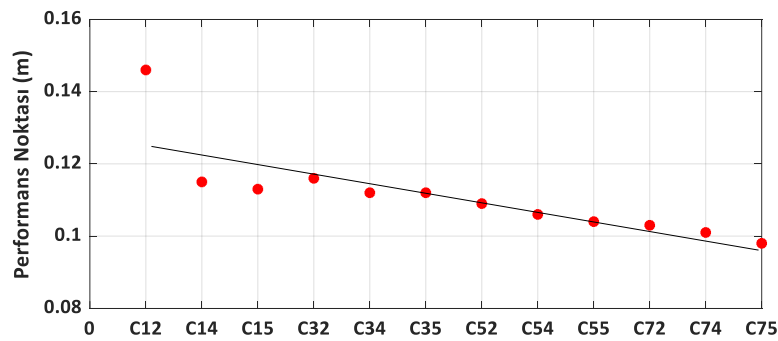


Şekil 8. Kapasite Durumu Altındaki Göçme Mekanizmaları

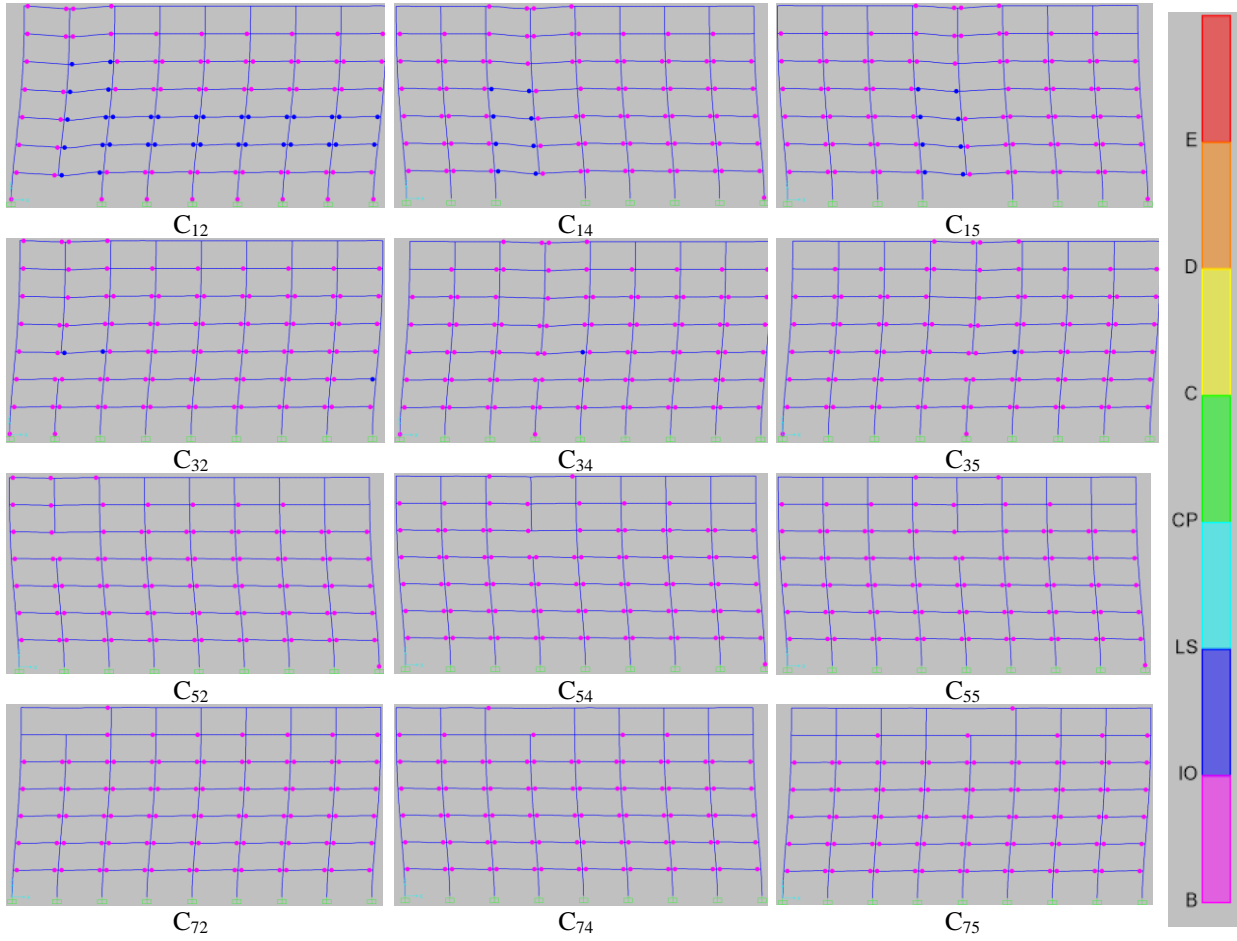
Tablo 2. 3-3 Aksı Kirişleri ve Zemin Kat Kolonlarının Hasar Dağılımları (%)

Model	Kirişler			Zemin Kat Kolon	
	Hasarsız	<IO	IO-LS	Hasarsız	B-IO
C ₁₂	11	59	30	0	100
C ₁₄	11	82	7	87,5	12,5
C ₁₅	11	82	7	87,5	12,5
C ₃₂	11	86	4	78	22
C ₃₄	11	88	2	78	22
C ₃₅	11	88	2	78	22
C ₅₂	16	84	0	89	11
C ₅₄	16	84	0	89	11
C ₅₅	16	84	0	89	11
C ₇₂	13	87	0	100	0
C ₇₄	16	84	0	100	0
C ₇₅	16	84	0	100	0

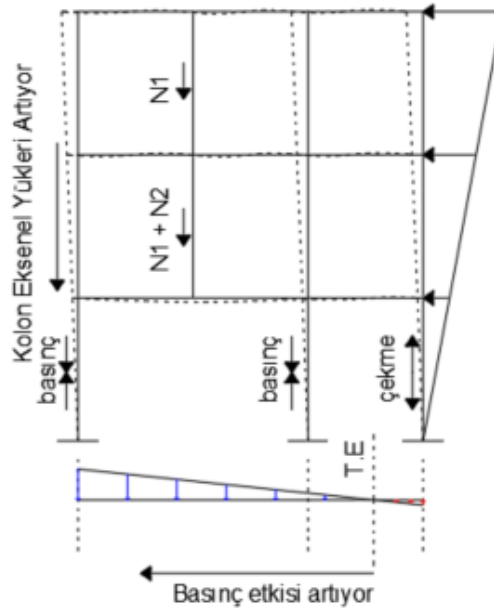
IO: Hemen Kullanım LS: Can Güvenliği



Şekil 9. Yer Değiştirme Talebi



Şekil 10. Performans Noktasına Kadar İtilen Binaların 3-3 Aksı Hasar Mertebeleri ve Dağılımları



Şekil 11. Tek Modlu İtme Etkisindeki Yapısal Davranış

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapısal tasarımda esas, mümkün olduğunca düzenli ve basit yapısal sistemlerin seçilmesi olsa da kullanım amacı nedeniyle zaman zaman düzensiz binaların tasarım gerekliliği ortaya çıkabilmektedir. Depremler sırasında oldukça karmaşık davranış sergileyen binaların taşıyıcı sistem kurgusundaki düzensizlikler, davranışlarını daha da karmaşık hale getirmekle beraber performansta azalmalara da neden olmaktadır. Kolon süreksizliği (B3 düzensizliği) uygulamada, özellikle ticari amaçlarla kullanılan zemin katlarda en sık rastlanan düzensizlik türlerinden biridir. Bu çalışmada mimari nedenlerden dolayı kolon süreksizliği yapılması durumunda, bina içindeki en uygun konum belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla dış akstan iç akslara ve zemin kattan üst katlara doğru kolon süreksizliği içeren bina modelleri oluşturulmuştur. Teknik literatürde deprem etkileri altındaki yapısal davranışın ortaya konmasında pratik bir yöntem olan itme analizleri sıklıkla kullanıldığından, bu çalışmada yapısal çözümler doğrusal olmayan tek modlu itme analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Yapısal çözümlerden, uygulama gerekliliği durumunda en uygun B3 düzensizliği konumu için aşağıda bazı sonuçlar ve öneriler sunulmaktadır.

- Yapısal çözümlerden en olumsuz durumun C12 modelinde meydana geldiği görülmüştür. Söz konusu modelde 3-3 aksı kirişlerinin %30'u IO performans seviyesini aşmışken, zemin kat için düzensizlik konumu iç aksa kaydırıldığında (C14, C15) bu değer %7'ye düşmüştür. Ayrıca C12 modelindeki zemin kat kolonlarının tamamının (%100) alt ucunda hasarlar meydana gelmişken C14 ve C15 modellerinde ise bu değer %13 olarak elde edilmiştir.
- Üst katlarda düzensizlik içeren modellerde düzensizlik konumu aks merkezine yaklaştığında hasar almış kiriş yüzdesi azalsa da bu durum zemin katta olduğu kadar performans sonuçlarını etkilememiştir.
- B3 düzensizliğinin konumu dış akslardan iç akslara kaydırıldıkça yapısal performansta artış olduğu, özellikle zemin katta düzensizlik durumu olan modeller için bu durumun oldukça önem arz ettiği görülmüştür.
- Kolon süreksizliğinin en üst katta olduğu modellerde tüm kolonların elastik bölgede ve tüm kiriş hasarlarının IO düzeyinin altında kaldığı görülmüştür.
- B3 düzensizliğinin zemin katta olduğu bina modelleri için en elverişsiz performans durumları gözlenmiştir. Buna karşın üst katlara doğru kolon süreksizliği kaydırıldığında performansta az miktarda iyileşmeler olduğu görülmüştür.
- Yapısal çözümlerden elde edilen bulgulara göre zorunlu hallerde B3 düzensizliği yapılması isteniyorsa, daha iyi bir yapısal performans için, özellikle zemin katta oluşturulacak, kolon süreksizliğinin mümkün oldukça aks ortasına yakın yapılması önerilmektedir.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye katkıları eşit orandadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Akın, E., & Kanas, E. (2023). Collapse capacity assessment of non-ductile open ground story reinforced concrete frame. *Turkish Journal of Engineering*, 7(2), 157-165. <https://doi.org/10.31127/tuje.1071965>
- Akpınar, E., Özenir, A., & Akanji, S. T. (2021). Tipik betonarme bir hastane yapısının güçlendirilmesinde betonarme perde ve sürtünmeli sönümleyici güçlendirme alternatiflerinin karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (32), 928-939. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1042760>
- Altınay, M. K., & Erdem, R. T. (2023). Mevcut betonarme bir kamu binasının taşıyıcı sistem güvenliğinin TBDY-2018'e göre araştırılması. *Journal of Science, Technology and Engineering Research*, 4(2), 112-123. <https://doi.org/10.53525/jster.1361250>
- Apostolska, R., Necevskaja-Cvetanovska, G., Bojadzieva, J. & Gjorgjievska, E. (2016). Seismic performance assessment of soft-story RC frame buildings. *Journal of International Environmental Application and Science*, 11(3), 241-248.
- Aydın, E., & Boru, E. (2020). Betonarme bir çerçevenin farklı yerleşim düzenlerine sahip merkezi çelik çaprazlarla güçlendirilmesi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 8(2), 286-294. <https://doi.org/10.21541/apjes.572750>
- Balkaya, C., Karagoz, İ., & Gunal, İ. (2017). Improving torsional rigidity and seismic performance of tunnel form building structures. *International Journal of Engineering Technologies IJET*, 3(3), 124-134. <https://doi.org/10.19072/ijet.307537>
- Bikçe, M., & Bayrak, O. F. (2018). Analyzing the effect of infill walls on a RC structure. *Disaster Science and Engineering*, 4(1), 32-39.
- Boru, E., & Aydın, E. (2022). The effect of different steel brace types on reinforced concrete frame system retrofit. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 11(2), 118-124. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1078643>
- Coşkan, S., & Yüksel, İ. (2013). Çerçevelerde donatı korozyonunun taşıyıcı sistem davranışına etkileri. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 5(3), 77-88.
- Çaycı, B. T., & Eldemir, O. (2021). TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 deprem yönetmelikleri performans seviyelerinin karşılaştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(4), 1386-1397. <https://doi.org/10.21923/jesd.876935>
- Dalyan, İ., & Şahin, B. (2019). Mevcut betonarme bir binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre deprem yükleri altındaki taşıyıcı sistem performansının değerlendirilmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(2), 134-147. <https://doi.org/10.46464/tdad.631998>
- Dogru, M., & Arslan, G. (2017). Seismic performance of a RC school building considering different soil classes. *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics* (1), 146-153.

- Dok, G., Öztürk, H., Demir, A., Çağlar, N. (2020). Investigation of effective bending rigidity considering different code approaches. *Academic Platform Journal of Natural Hazards and Disaster Management*, 1(1), 35-48.
- Etlı, S. (2022). Rijit bodrum perdelerinin TBDY 2018 ile tasarlanan az katlı yapılardaki etkisi üzerine bir inceleme. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(2), 712-720. <https://doi.org/10.29137/umagd.1092841>
- Güneyisi, E., Baker, R., & Erdoğan, A. (2020). Seismic response of reinforced concrete frames with steel plate shear walls. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A-Applied Sciences and Engineering*, 21(3), 374-388. <https://doi.org/10.18038/estubtda.677039>
- Gürbüz, A., & Tekin, M. (2017). Farklı tip betonarme binalar için geliştirilmiş hasar tahmin yöntemleri. *Teknik Dergi*, 28(4), 8051-8076. <https://doi.org/10.18400/tekderg.334196>
- Hasgöl, U., & İrtem, E. (2011). Betonarme binaların kritik deprem doğrultularının belirlenmesinde farklı plan ve enkesit geometrisinin etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 45-58.
- Işık, E. (2016). Effects of material strength on structural performance of damaged RC buildings. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 6(1), 22-25. <https://doi.org/10.17678/beujst.96498>
- Işık, E. (2022). Investigation of the contribution of the reinforcement tie to the seismic behavior of reinforced-concrete columns. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 12(1), 21-26. <https://doi.org/10.17678/beuscitech.1067376>
- Işık, E., & Özdemir, M. (2017). Normal kat yüksekliğinin farklı olması durumunda yapı performansının incelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 98-106. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.297906>
- Işık, E., Karasin, İ. B., & Öncü, M. E. (2022). The effect of slab discontinuities on structural performance caused by mezzanine. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 13(1), 111-126. <https://doi.org/10.24012/dumf.1080070>
- Işık, E., Karasin, İ. B., & Ulu, A. E. (2020). Eğimli zeminlerde inşa edilen betonarme binaların deprem davranışlarının incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (20), 162-170. <https://doi.org/10.31590/ejosat.757763>
- Işık, E., Özdemir, M., & Kutanis, M. (2016). Farklı zemin kat yüksekliklerinin yapı performansına etkisi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(3), 445-454.
- Işık, E., Sayın, N., & Ulu, A. E. (2020). The effects of changing story number and structural footprint area on building performance in reinforced-concrete buildings. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 10(1), 30-34. <https://doi.org/10.17678/beuscitech.725367>
- İnel, M., Bilgin, H., & Özmen, H. B. (2007). Orta yükseklikteki betonarme binaların deprem performanslarının afet yönetmeliğine göre tayini. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), 81-89.

- Jamal, R., & Yüksel, B. (2021). TBDY 2018 ve ASCE 41-17'e göre doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile yapı sistemlerinin performans analizinin elde edilmesi ve karşılaştırması. *El-Cezeri*, 8(1), 432-444. <https://doi.org/10.31202/ecjse.808585>
- Karasin, İ. B., & Öncü, M. E. (2022). Farklı dolgu tipleri için çerçevelerin itme analizi ile kıyaslanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (39), 91-96. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1144414>
- Karasin, İ. B., & Işık, E. (2017). Impact on the building performance of subsequently cast concrete. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 7(1), 7-11. <https://doi.org/10.17678/beuscitech.305748>
- Kasap, T. (2021). Evaluation of earthquake behaviour of reinforced concrete frame buildings by nonlinear methods. *Sciennovation*, 2(2), 27-35.
- Koçerusta, P. (2022). Investigation of seismic behavior of buildings with different infill wall materials. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 11(2), 82-88. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1107332>
- Koçer, M., Öztürk, M., & Boğa, A. R. (2019). Analytical study on the effect of corrosion to the construction performance. *Natural and Engineering Sciences*, 4(1), 11-20. <https://doi.org/10.28978/nesciences.522364>
- Korkmaz, A. (2005). Kapasite spektrumu yöntemi ile betonarme çerçeve yapıların performans noktalarının belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20(2), 19-34.
- Korkmaz, A. (2006). Nonlinear push over analysis for high rise R/C frame structures. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University* (011), 87-100.
- Korkmaz, A., & Uçar, T. (2006). Betonarme binaların deprem davranışında dolgu duvar etkisinin incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 101-108.
- Korkmaz, K. A. (2007). Çelik çapraz elemanlarla güçlendirilen betonarme yapıların deprem davranışlarının incelenmesi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(2), 191-201.
- Korkmaz, K. A., Uçar, T., & Düzgün, M. (2011). Yapısal düzensizlikleri olan betonarme yapıların deprem davranışlarının değerlendirilmesi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 22(2), 123-138. <https://doi.org/10.7240/mufbed.62985>
- Meral, E., & İnel, M. (2016). Düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların yapısal parametre özelliklerinin değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(6), 468-477.
- Mert, N., & Nzapfakumunsi, A. (2019). Seismic design evaluation of t shaped irregular RC building plans by using pushover analysis. *Sakarya University Journal of Science*, 23(2), 259-268. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.471209>
- Öncü, M. E., & Şahin Yön, M. (2016). Betonarme binaların deprem davranışlarının artımsal dinamik analiz yöntemiyle değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(1), 23-31.

- Özer, Ö., & Yüksel, B. (2020). Farklı betonarme bağ kirişi modellerinin TBDY (2018)'e göre yapı performansına etkisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1169-1188. <https://doi.org/10.17482/uumfd.777897>
- Özer, Ö., & Yüksel, B. (2021). Deprem yüklerinin tamamının betonarme perde duvarlarla karşılandığı binalarda bağ kirişi modellerinin yapı performansına etkisi. *El-Cezeri*, 8(1), 346-362. <https://doi.org/10.31202/ecjse.807608>
- Özer, Ö., & Yüksel, B. (2022). Deprem etkilerinin betonarme çerçeveler ile bağ kirişli betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalarda bağ kirişi modellerinin yapı performansına etkisi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(1), 161-179. <https://doi.org/10.21923/jesd.876725>
- SAP2000, (2020). Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc. (CSI) Berkeley, CA, USA
- Sarı, O., & Ulutaş, H. (2021). Mevcut konut türü betonarme bir binanın deprem güvenliğinin incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(4), 1129-1144. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.906844>
- Severcan, M. H., & Sinani, B. (2019). Mevcut betonarme yapıların deprem performansının analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 936-947. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.598151>
- Sta4-CAD (2021). "Structural analysis for computer aided design", ver.14.1. www.sta.com.tr
- Sümer, Y. (2017). Determining plastic hinge length of high-performance RC beams. *academic platform-Journal of Engineering and Science*, 5(2), 39-47. <https://doi.org/10.21541/apjes.297049>
- TBDY (2019). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*, 30364 Sayılı Resmî Gazete.
- Tekin, M., & Gurbuz, A. (2015). Seismic fragility curves for 1 and 2 stories R/C buildings. *International Journal of Engineering Technologies IJET*, 1(2), 88-94. <https://doi.org/10.19072/ijet.105709>
- Toplu, E., & Kırtel, O. (2021). Sismik taban yalıtımlı yapılarda zaman tanım alanında analiz ve artımsal tek modlu itme yöntemlerinin karşılaştırılması. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 10(2), 123-131. <https://doi.org/10.46810/tdfd.897951>
- Türkay, A., & Güler, K. (2017). The design and earthquake performance assessment of a school building. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 1(2), 27-37.
- Uçar, T., & Düzgün, M. (2007). Betonarme yapıların sismik performansının değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 63-76.
- Uçar, T., & Düzgün, M. (2013). Betonarme binalar için artımsal itme analizi esaslı analitik hasar görebilirlik eğrilerinin oluşturulması. *Teknik Dergi*, 24(118).

- Uçar, T., & Merter, O. (2015). Farklı deprem düzeyleri için betonarme çerçevelerin plastik enerji istemlerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 101-113. <https://doi.org/10.17714/gufbed.2015.05.009>
- Yüksel, İ., & Sakcalı, G. B. (2018). Zemin katı korozyona maruz kalmış bir binanın performans değerlendirmesi. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B- Teorik Bilimler*, 6(-), 152-162.