



Rijit Bodrum Perdelerinin TBDY 2018 ile Tasarlanan Az Katlı Yapılardaki Etkisi Üzerine Bir İnceleme

An Investigation on the Effect of Rigid Basement Shear-walls on Low-Rise Buildings Designed with TBDY 2018

Serkan Etlî ¹

¹ Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Merkez 62000 Tunceli, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 24/03/2022

Kabul / Accepted: 29/07/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

Çalışma kapsamında rijit bodrum perdelerinin 6 katlı betonarme bir binanın davranışına etkisi incelenmiştir. İncelenen yapının tasarımı TBDY-2018'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yapı ilk etapta ZD sınıfı zemin sınıfı koşullarında, bodrum katta rijit bodrum perdeleri ile tasarlanmıştır. Daha sonra bu rijit bodrum perdeleri kaldırılarak ikinci bir yapı elde edilmiştir. Elde edilen bu iki yapının yatay yükler altındaki performansları incelenmiştir. Tasarımı tamamlanan yapı ve yapısal performansa ait değerlendirmeler 3 boyutlu olarak SeismoStruct yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Her iki sistem durumunda da yapılar doğrusal olmayan statik itme analizlerine tabi tutulmuştur. Bu analizler esnasında, modeller, iki farklı yatay yükleme koşulu kullanılarak doğrusal olmayan artımlı statik itme analizi ile analitik olarak değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda, rijit bodrum perde duvarlı ve rijit bodrum perdesi olmayan iki binanın dayanım fazlalığı katsayısı, yapısal dayanım fazlalığı faktörü, süneklik ve rijitlik faktörü gibi performans faktörleri açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Analitik ve parametrik olarak yapılan değerlendirmelerde rijit bodrum perdelerinin özellikle dayanım fazlalığı katsayısı açısından artışa neden olduğu gözlemlendi. Diğer taraftan yapısal dayanım fazlalığı faktörü ile süneklik faktörü üzerinde rijit bodrum perdelerinin etkili olduğu ancak yapı sistem geometrisinin daha etkin bir parametre olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

“Rijit bodrum perdesi, TBDY 2018, Statik itme analizi”

Abstract

Within the scope of the study, the effect of rigid basement shear-walls on the behavior of a 6-storey reinforced concrete building was investigated. The design of the examined structure was made in accordance with TBDY-2018. Within the scope of the study, the building was first designed in the basement floor with rigid basement shear-walls and in ZD ground class conditions. Later, these rigid basement shear-walls were removed, and a second structure was obtained. The performances of these two structures under lateral loads were investigated. Evaluations of the completed design and structural performance were carried out in 3D with SeismoStruct software. In both system cases, the structures were subjected to nonlinear static pushover analyses. During these analyses, the models were analytically evaluated by nonlinear incremental static pushover analysis using two different lateral loading conditions. As a result of the analyses, two buildings with and without rigid basement shear-walls were comparatively evaluated in terms of performance factors such as overstrength factor, inherent strength factor, ductility and stiffness factor. In analytical and parametric evaluations, it has been observed that rigid basement shear-walls cause an increase especially in terms of overstrength factor. On the other hand, it has been evaluated that rigid basement shear-walls are effective on the inherent strength factor and ductility factor, but the geometry of the building system is a more effective parameter on these factors.

Key Words

“Rigid basement shear walls, TBDY 2018, Static pushover analysis”

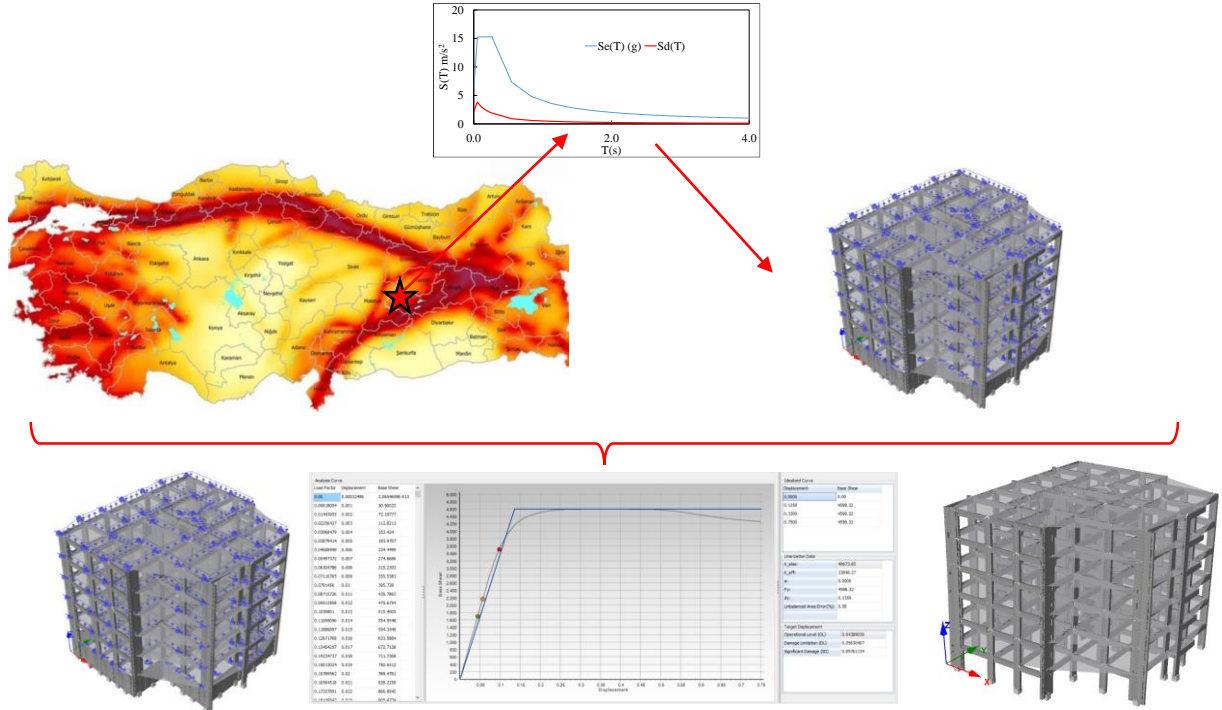
1. Giriş

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi'nin paylaştığı bilgiler incelendiğinde, dünya çapında meydana gelen sismik olayların 7-7.9 büyüklükte oluşturdukları depremlerin sayısı tahminen yılda 18 iken 6-6.9 arasında değişen büyüklükte ise 120 kadar deprem olduğu bildirilmektedir. Daha küçük boyutta 5-5.9 ve 4-4.9 büyüklüğünde depremler ise sırasıyla 800 ve 6,200 civarında olduğu verilmektedir. Azalan büyüklükte bakıldığında oluşum sıklıkları artmakta ve 3-3.9 büyüklüğü aralığı için ise 49,000 dolayında olduğu tahmin edilmektedir. Ülkemizde ve dünya genelinde sıklıkla yaşanan bu depremler sonucunda önemli can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Dolayısıyla depreme dayanıklı bina tasarımı konusunda çalışmaları oldukça önemli kılmaktadır (Şahan ve Ünsal 2021).

Yatay yük taşıyıcı sistemlerin tasarımları esnasında maruz kalabilecekleri depremler açısından yeterli sismik performanslara sahip olabilmeleri için tasarımcıların temel tasarım kurallarını içeren bir dizi tasarım kurallarına sahip referans bir bilgi birikimine ihtiyaçları vardır. Günümüzde bu durum kurumlar vasıtasıyla bilgi birikimlerinin oluşturulması ile üretilen deprem yönetmelikleri ile sağlanmaktadır. Dünyada ise ulusal ve uluslararası bağlamda çok sayıda örneği mevcuttur. Ülkemizde ise deprem bölgesinde yapılacak yapılar, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 2007 yılında yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik olarak hazırlanan yönetmeliğin yerine 2018 yılında modernize ve revize olarak bu yönetmeliğin yerini alan yeni deprem yönetmeliği almıştır. 2018 deprem yönetmeliği Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD) tarafından 2018 yılında oluşturulmuş ve 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Dolayısıyla bu yıldan itibaren yapılar deprem etkileri açısından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği TBDY-2018'e (TBDY, 2018) uygun olarak tasarlanmaktadır. 2019 yılında TBDY-2018'in yürürlüğe girmesiyle deprem bölgesi kavramı yönetmeliklerden kaldırılmış, yapılacak her yeni binaya tasarım esnasında özel tasarım spektrumlarının kullanılabilmesi imkânı sunulmuştur. Sismik yükler ve tasarım ilkelerinin güncellenerek daha kullanışlı ve tasarıma özel spektrum eğrileri sunması, tasarımda farklı kesitlerin kullanılmasına yol açmıştır. Dolayısıyla, TBDY-2018'deki bu yenilikler yapıların sismik performansı üzerinde farklı etkiler oluşturmakla beraber, sonuçların etkileri deneysel ve analitik olarak araştırılması gereği ortaya çıkmaktadır. Bu bulguların ise güncel çalışmalara yeni deprem yönetmeliğine açısından örnek oluşturması önem arz etmektedir (Bozkurt ve Serin 2021).

Literatürde betonarme perde duvar sistemlerin ve perde çerçevesi sistemlerin elemanlarındaki yük dağılımını incelemiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Perdelerin plandaki yerleşiminden ve tasarım esnasında boşluklu ya da boşluksuz yerleşim özelliğine bağlı olarak taşıyıcı sistemlerin, taban kesme kuvvetleri ve doğal titreşim periyotlarını karşılaştırılmıştır (Kasap ve diğ. 2015). Diğer bir çalışmada ise, TBDY-2018'de depreme dayanıklı bina tasarımı esnasında yapının periyot hesabı için verilen ampirik periyot formülü ile yine betonarme yapıların doğal titreşim periyodu için Rayleigh formülünü kullanmış ve sonuçlarını karşılaştırmışlardır (Aksoylu ve Arslan 2019). Bu iki yaklaşıma ait sonuçlar irdelendiğinde hesaplanan periyotların önemli ölçüde farklılık gösterebildiği ve bu sonucun yapıların depremden alacağı taban kesme kuvvetini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermişlerdir (Şahan ve Ünsal 2021).

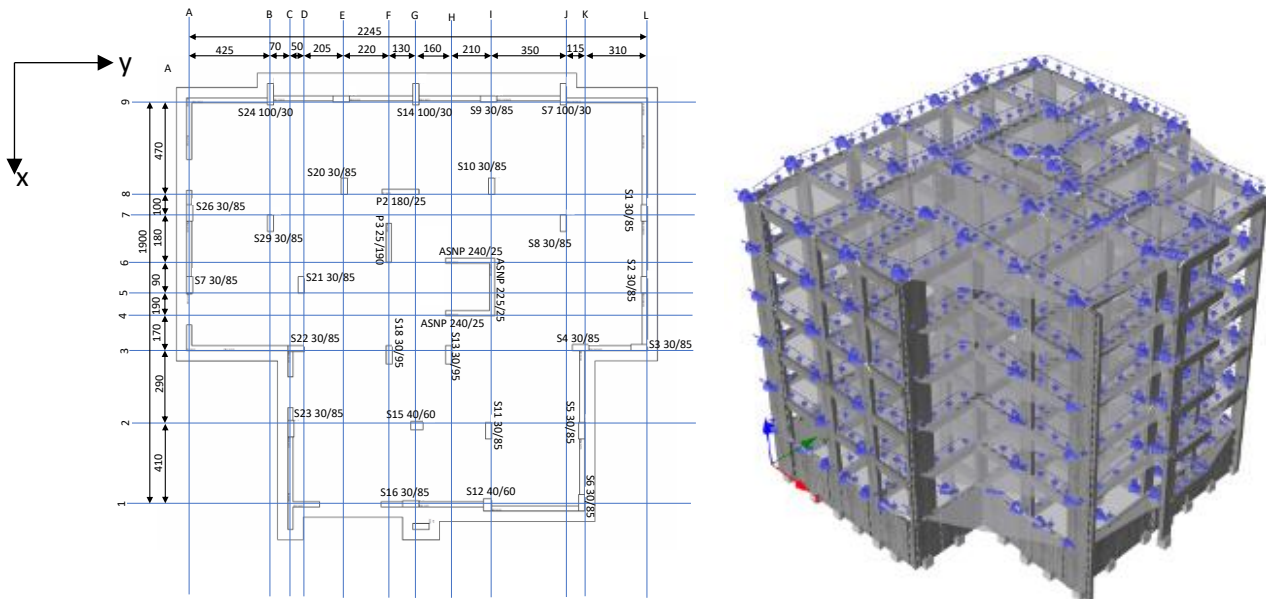
Bu çalışmada kapsamında, enlemi 38.663400° ve boylamı 39.221100° olan Elâzığ'ın merkez lokasyonunda yer alan 6-katlı bir yapı modeli tasarlanmıştır. Yapının tasarımı betonarme sistem olarak TBDY-2018 esaslarına göre tasarlanmış ve detaylandırılmıştır. Yatay yük taşıyıcı sistemi olarak süneklik düzeyi yüksek çerçeveler tercih edilmiştir. Binanın asıl tasarımı yapılırken rijit bodrum perdeleri kullanılarak perdeli-çerçeve sistemler kullanılmıştır. Sonrasında yapı 2 gruba ayrılmıştır. İlk grupta tasarıma esas rijit bodrum perdeli yer alırken, ikinci grupta ise rijit bodrum perdeleri kaldırılmış yapı modeli ele alınmıştır. Çalışma kapsamında rijit bodrum perdelerinin sistem performansına etkisi irdelenmiştir. Tasarlanan binaların performanslarının karşılaştırılabilmesi için SeismoStruct (SeismoSoft 2018) programı kullanılarak toplam 8 adet doğrusal olmayan statik itme analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda, performans parametreleri kullanılarak yapıların yatay yük tepkilerinin rijit bodrum perdeleri ile değişimi incelenmiştir. Araştırma metodolojisinin detayı da Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma metodolojisi.

2. Yöntem

Çalışma kapsamında incelenen yapı sistemi 3 boyutlu olarak tasarlanmış ve sonrasında performans parametreleri açısından yine 3 boyutlu olarak analiz edilerek değerlendirildi. Depreme dayanıklı yapı tasarımı esnasında sistemin özellikleri, TBDY 2018 tasarım koşulları dikkate alınarak tamamlandı. Tasarım esnasında, yüksek süneklilik sınıfı koşulunu sağlayan malzeme, eleman kesitleri ve sistem yapısal özellikleri ile tasarıma ait modeller tamamlandı. Ayrıca tasarıma ait diğer özelliklerden olan kullanım amacı konut olarak belirlenmiş ve yapısal sistemi ise betonarme perde ve kolonlardan oluşan çerçeveler olarak modelde detaylandırıldı. Binaya ait sismik tasarım spektrumuna ait özelliklerin belirlenmesinde, tasarım depremi koşulları için DD-2 sismik tehlike seviyesi baz alınırken ve yapı inşaatının sahasına ait Yerel Zemin Sınıfı ise ZD olarak belirlendi. Tasarlanan yapının plan görünümüne ait bilgiler Şekil 2'de gösterilmektedir. 1 Bodrum + Zemin + 4 Normal Kat olarak modellenen binanın kat yüksekliği 3.2 m olup, taban alanı 390 m², toplam inşaat alanı ise 2540 m²'dir.



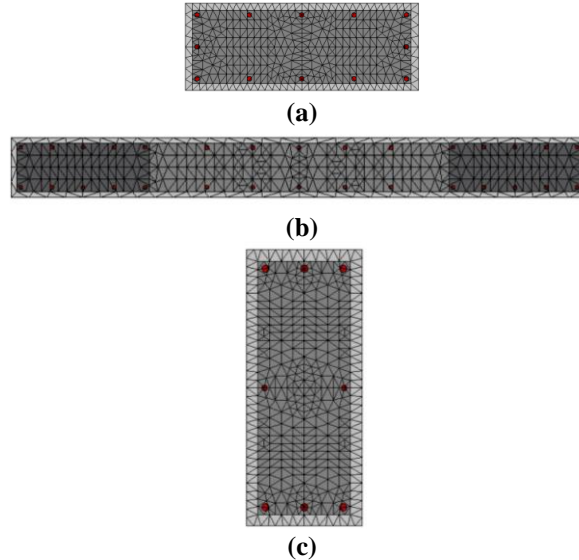
Şekil 2. Bina özellikleri: (a) Plan, (b) Yükseklik görünüşü.

Yerçekimi yükleri altında yapılan analizler sonucunda, bina modeli, yeterli dayanıma sahip en kesit özellikleri ile önceden modellendi. Daha sonra ön boyutlandırma ile üretilen bina TBDY-2018 (TBDY 2018) koşullarında deprem yük etkileri açısından değerlendirilerek tasarımlara son şekli verildi. Ayrıca, binanın modal analizi için spektrumlarında DD-2 (Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2) ve interaktif deprem haritasından alınan konuma bağlı parametreler kullanılarak spektrumlar üretildi. Zemin sınıfı olarak ZD kullanıldı. Ayrıca yapıların sünekliği de dikkate alınarak süneklik sınıfına uygun eleman kesitlerinin kullanılmasına özen gösterildi. TBDY-2018 (TBDY 2018) de bu tip sistemler için verilen R (Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı) ve D (Dayanım Fazlalığı Katsayısı) katsayıları kullanıldı. Süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler olarak modellenen yapıda R ve D katsayısı sırasıyla 7 ve 2.5 olarak alınmıştır. Bina kullanım amacı konut olmakla birlikte bina önem katsayısı 1 olarak hesaplara dahil edilmiştir.

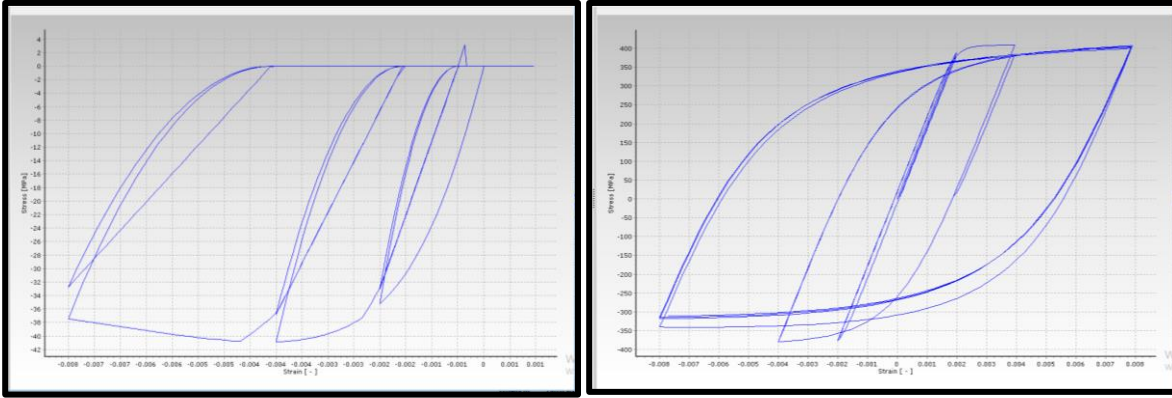
Çalışma kapsamında TBDY-2018 ile tasarımı yapılan yapıda planda düzensizlik olan A1 (burulma düzensizliği), A2 (döşeme süreksizlikleri) ve A3 (planda çıkıntılar bulunması) ile düşeyde düzensizlik olan B1 (komşu katlar arası dayanım düzensizliği), B2 (komşu katlar arası rijitlik düzensizliği) ve B3 (taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği) değerlendirilmiştir. A1 düzensizliğinde elde edilen katsayı değerleri bodrum, zemin ve çatı katında 1.2'den küçük olmakla birlikte gözlemlenmemiştir. Ancak, 1, 2 ve 3'üncü katta ise A1 düzensizliği bulunmakla birlikte ilgili katsayı 1.22-1.29 değerlerini almaktadır. A2, A3 ve B3 düzensizlikleri bulunmamaktadır. B1 düzensizliğinin belirlenmesinde kullanılan katsayı ise 0.8'den büyük olmakla birlikte 0.91 ile 1.67 değerleri arasındadır. Dolayısıyla B1 düzensizliğinde gözlemlenmedi. Ayrıca, B2 düzensizliğine ait katsayı değerleri 2'den küçük olmakla birlikte 0.77 ile 1.31 arasında değişmektedir. Sonuç olarak bu düzensizlikte yapıda bulunmamaktadır.

SeismoStruct (SeismoSoft 2018) yazılımı, fiber elemanlarla modellenen betonarme kolon, perde ve kiriş kesitleri (Şekil 3) ile tasarlanan binanın doğrusal olmayan analizini yapmak için kullanıldı. Binada kullanılan beton sınıfı C25, donatı çeliği ise B420C olarak seçilmiştir. Eleman modellerinde kullanılan malzemelerin çelik elastisite modülü (E_s), Poisson oranı (ν) ve sertleşme katsayısı (μ) değerleri sırasıyla 210×10^3 N/mm², 0.3 ve 0.5 olarak alınmıştır.

Bina modeli TBDY 2018 açısından tasarımı tamamlandıktan sonra yapı statik itme analizleri için yeniden modellenmiştir. Bu esnada yapıdaki elemanların modellemeleri SeismoStruct yazılımında yer alan kuvvet tabanlı eleman modelleri kullanarak yeniden güncellenmiş ve nonlinear malzeme modelleri atanmıştır. Ayrıca CFST perd, kolon ve kirişlerin malzeme modelleri beton ve çelik için sırasıyla "con_ma" ve "stl_mn" olarak seçilmiştir. "con_ma" Martinez-Rueda ve Elnashai (Martinez-Rueda ve Elnashai 1997) geliştirilmiştir ve "stl_mn" modeli Monti ve ark. (Monti ve Nuti 1992) tarafından geliştirilmiştir. Her iki model de tekrarlı yüklem durumu için geliştirilmiştir. Beton malzeme oluşturan model görüntüsü Şekil 4(a)'da, modelin çelik malzeme oluşturan model görüntüsü ise Şekil 4(b)'de verilmiştir.



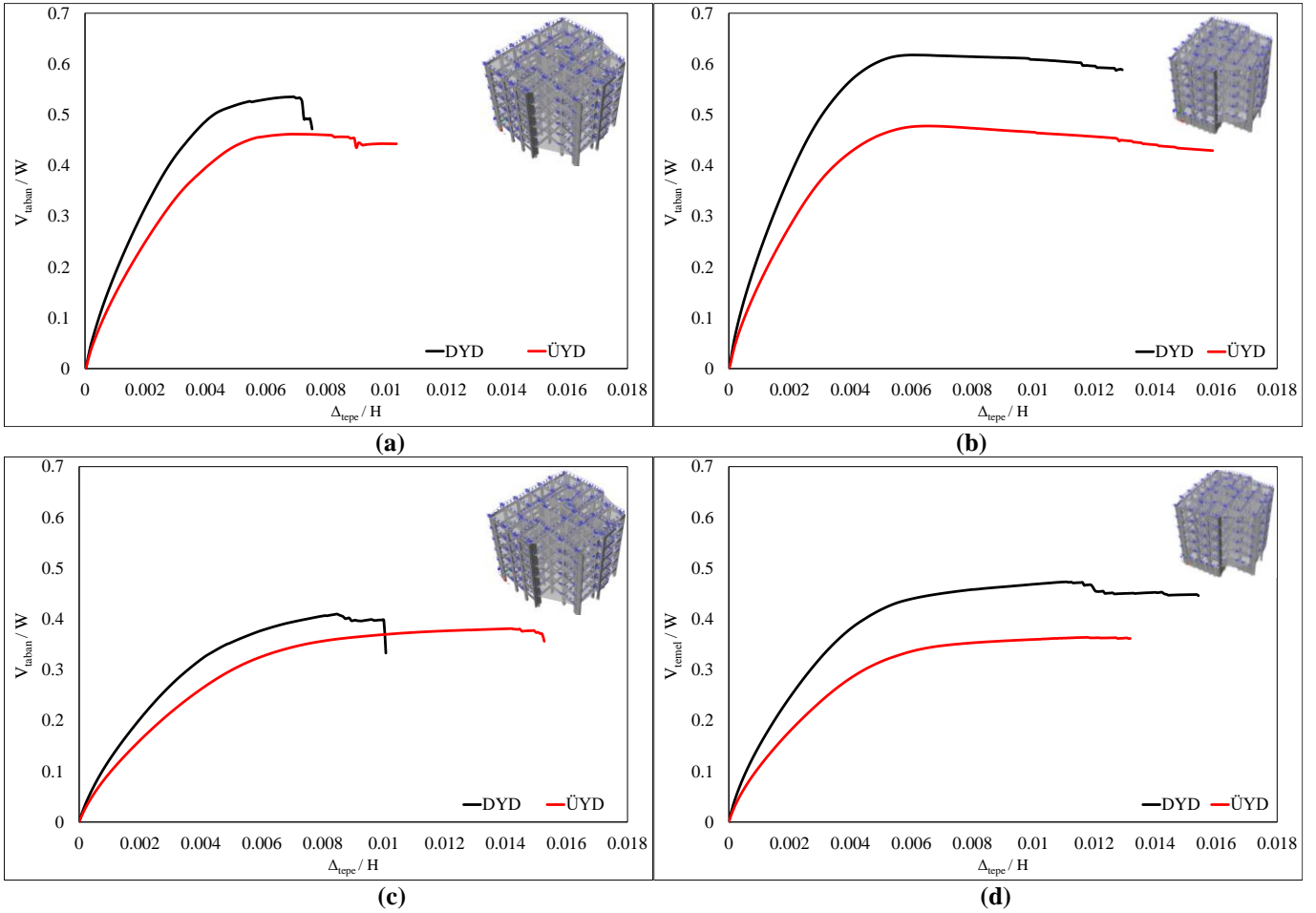
Şekil 3. Örnek fiber kesitli elemanlara ait yazılım görüntüsü: (a) Kolon, (b) Perde ve (c) Kiriş



Şekil 4. (a) Beton ve (b) çelik modeline ait örnek gösterim

3. Veri

Çalışma kapsamında uygulanan statik itme analizlerinde yatay yüklemeler iki düzen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yatay yükleme durumu düzgün yayılı yatay yüklemeye (DYD) ve üçgensel yayılı yüklemeye (ÜYD) olarak tanımlanmıştır. DYD ve ÜYD ile yapılan analizler sonucunda elde edilen doğrusal olmayan statik itme analizi sonucunda binaların x ve y doğrultularına ait sonuçlar Şekil 5'te gösterilmektedir. Yatay eksen tepe deplasmanı deplasmanının bina yüksekliğine oranını, dikey eksen ise taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranını göstermektedir.



Şekil 5. Bina statik itme sonuçları: (a) bodrum perdesiz x-yönü, (b) bodrum perdeli x-yönü, (c) bodrum perdesiz y-yönü ve (d) bodrum perdeli y-yönü

4. Bulgular

4.1. Dayanım Fazlalığı Faktörü

Moment aktaran çerçeve sistemlerde yer alan kolondaki güç tükenmesi veya kırışlerde gevrek kesme kırılmasına bağlı olarak dayanım fazlalığı faktörü nedeniyle çökme mekanizması oluşabilir. Yapısal olmayan elemanlardan dolayı kolonların kesme göçmesi veya yumuşak kat göçmesi gözlemlenebilir. Ayrıca yapının periyodu, tasarım düzeyi, sismik etki dışındaki yük durumları, yapı sistemi, tasarımda kullanılan süneklik düzeyi ve yukarıda belirtilen diğer parametreler Ω_d faktörlerini etkileyen etkili anahtar parametrelerdir (Park 1996, Elnashai ve Di Sarno 2015). Ω_d olarak sembolize edilen ve dayanım fazlalığı faktörü olarak ifade edilen faktörün hesabına ilişkin 1 no'lu eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\Omega_d = \frac{V_y}{V_d} \quad (1)$$

(1) no'lu eşitlikte akma ve tasarım taban kesme kuvveti değerleri sırasıyla V_y ve V_d olarak verilmiştir. DYD ve ÜYD sonucunda elde edilen Ω_d faktörlerini değerlendirdiğimizde, DYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda x ve y doğrultusunda bodrum perdelerinin mevcudiyeti durumunda sırasıyla 4.72 ve 2.28 olarak hesaplanmıştır. ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda ise x ve y doğrultusunda bodrum perdelerinin mevcudiyeti durumunda 3.65 ve 1.75 olarak hesaplanmaktadır. Bodrum perdesiz durumda ise, DYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda x ve y doğrultusunda sırasıyla 3.21 ve 2.52 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan, ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda x ve y doğrultusunda sırasıyla 2.77 ve 2.35 olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde x doğrultusunda rijit bodrum perdeli yapıların rijit bodrum perdesiz yapılara göre daha yüksek Ω_d faktörlerini gösterdiği ancak doğrultusunda bu durumun aksine rijit bodrum perdesiz yapılarda Ω_d faktörlerinde bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun temel sebebi sistemde yer alan elemanların kesit ataletlerinin her iki doğrultuda farklı değerlere ulaşmasından kaynaklanmaktadır. Hesaplamalarda yer alan doğal titreşim periyotlarına bakıldığında rijit bodrum perdeli yapıların x ve y doğrultusunda sırasıyla 0.56 ve 0.65 s olarak hesaplanmıştır. Hesaplama eşitliği olan 1'nolu eşitlikte bu değer doğrudan etkimektedir. Dolayısıyla V_d değeri bu parametreden direk etkilenmektedir. Ayrıca düzenli olarak tasarlanan yapısal sistemlerde rijit bodrum perdelerinin yapıya Ω_d faktörü açısından olan artış etkisi önceki çalışmalarda da benzer olarak etkimıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde elde edilen yapıya Ω_d faktörü %25 civarına kadar daha büyük olarak elde edilebilmektedir (Özuygur ve Dilsiz 2021).

4.2. Doğal Dayanım Fazlalığı Faktörü

Önerilen tepki ölçüsü Ω_i , diğer doğal dayanım fazlalığı faktörü tasarım depremi altında yapının rezerv gücünü ve beklenen davranışını yansıtır. Açıkça, $\Omega_i \geq 1.0$ durumunda, yapının yüksek aşırı mukavemetini nedeniyle yapının davranışı tasarım depremi altında neredeyse elastik olacaktır. $\Omega_i < 1.0$ ise yapının tasarım depremini inelastik davranışlarla atlatacağını göstermektedir (Elnashai ve Di Sarno 2015). Ω_i faktörünü hesabına ilişkin (2) no'lu eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\Omega_i = \frac{V_y}{V_e} \quad (2)$$

(2) no'lu eşitlikte akma ve elastik taban kesme kuvveti değerleri sırasıyla V_y ve V_e olarak verilmiştir. Bodrumda rijit perde sistemine sahip yapılarda x doğrultusunda Ω_i faktörleri, DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda sırasıyla 0.77 ve 0.59 olarak hesaplanmıştır. Rijit bodrum perdelerinin kaldırılması durumunda DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda yapıda Ω_i faktörlerinin değerleri x doğrultusunda, sırasıyla %16 ve %7 azaldığı hesaplanmıştır. Aynı yapıların performanslarının hesaplandığı ikinci performans hesap doğrultusu olan Y doğrultusunda ise, Ω_i faktörlerinin değerleri DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizlerinde sırasıyla 0.34 ve 0.26 olarak hesaplanmıştır. Ω_i faktörleri DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda rijit bodrum perdelerinin kaldırıldığı yapı için sırasıyla %33 ve %60 daha büyük olarak elde edilmiştir.

DYD ve ÜYD ile yapılan analizler sonucunda hesaplanan Ω_i faktörleri değerleri rijit bodrum perdeli yapılarda x doğrultusunda rijit bodrum perdesiz yapılara göre daha yüksek değerlerde elde edilirken, y doğrultusunda bu durumun aksine rijit bodrum perdesiz yapılarda daha yüksek Ω_i faktörleri değerleri elde edilmektedir. Tasarım esnasında hesaplana V_e değerleri y doğrultusunda daha düşük olarak hesaplanırken, x doğrultusunda daha yüksektir. Ayrıca etkin kesit ataletlerinin de y-doğrultusunda daha yüksek olduğu dikkate alındığında bu durumun temel nedenini oluşturduğu söylenebilir. Diğer taraftan rijit bodrum perdeli ve perdesiz sisteme ait doğal titreşim periyotlarında yer alan değişime bakıldığında y doğrultusu için sırasıyla 0.65 ve 0.50 s olarak hesaplanmıştır. elde edilen bu değerler tasarım spektrumundan elde edilen ivme değerleri ile karşılaştırıldığında yapısal sistemin davranışında yüksek mod katkısının önceki çalışmalarda da (Etili ve Güneysisi 2021, 2020a, 2020b) belirtildiği gibi önemli bir etkisi olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir.

4.3. Süneklik faktörü

Depreme dayanıklı tasarımın yaygın olarak uygulanmasında, plastik deformasyonlar yoluyla dağılabilen sismik enerji miktarını göstererek yapıların performansını değerlendirmek için süneklik terimi kullanılır. Süneklik kavramının kullanılması, sismik tasarım

kuvvetlerinin azaltılmasına ve güçlü depremler durumunda bina içinde kontrollü bir hasar üretilmesine izin verir. Yapıların sismik tasarımında plastik özellikleri dikkate alınarak süneklik kapasitesi önemli bir faktördür. Bir yapının esnekliği, yapının nihai kapasitesini tahmin etmemizi sağlar. Bu, yapıların geleneksel yükler altında tasarımı için önemli bir kriterdir (Victor ve Federico 2002). Süneklik faktörü, μ hesabına ilişkin (3) no'lu eşitlik aşağıda verilmiştir.

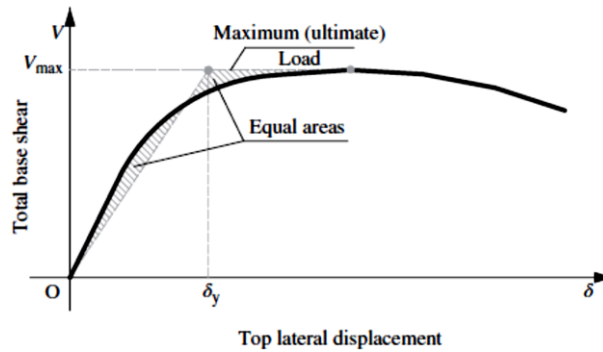
$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (3)$$

(3) no'lu eşitlikte akma ve maksimum yük altındaki tepe deplasmanı değeri sırasıyla Δ_y ve Δ_u olarak verilmiştir. Tasarımı yapılan bodrumda rijit perde yer alan yapı için DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda hesaplanan μ faktörleri x doğrultusunda, sırasıyla 1.67 ve 1.69 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bodrumda rijit perde yer alan yapı için, Y doğrultusunda ise, μ faktörlerini DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda sırasıyla 2.23 ve 2.25 olarak hesaplanmıştır. Rijit bodrum perdelerinin kaldırılması ile elde edilen yapıda ise μ faktörleri DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda elde edilen değerler ile kıyaslandığında x doğrultusunda DYD sonucunda %8 artarken ÜYD sonucunda %4 azalmıştır. Diğer taraftan rijit bodrum perdelerinin kaldırıldığı yapıda, y doğrultusunda μ faktörlerinin değerleri DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda bodrum perdelerinin kaldırılması sonucunda %26 ve %3 azalma olarak elde edilmiştir.

μ değerine ait sonuçlar incelendiğinde sadece x doğrultusunda DYD analizi ile elde edilen sonuçlarda rijit bodrum perdeli yapıların rijit bodrum perdesiz yapılara göre daha düşük değerlerde kalmaktadır. Diğer taraftan kalan kısımlara ait sonuçlarda, DYD ve ÜYD ile yapılan analizler sonucunda hesaplanan μ faktörleri değerleri rijit bodrum perdeli yapılarda x ve y doğrultusunda rijit bodrum perdesiz yapılara göre daha yüksek değerlerde elde edilmiştir. DYD ile yapılan hesaplarda literatürde yer alan çalışmalar değerlendirildiğinde oluşan plastik mafsallaşmaların yoğunluğundan sistem davranışına etki edeceği bilinmektedir (Etili ve Güneysi 2021, 2020a, 2020b). Dolayısıyla yapısal rijitliğin önemli derecede değişmesinin yüksek modların katkısını artırarak sistem davranışına etkidiği düşünülmektedir. Diğer taraftan literatürde yapılan perdelerin sisteme olan etkilerinin incelendiği çalışmalarda (Ayşe ve Kaya 2019; Özüyüğü ve Dilsiz 2021) perde sistemlerin akma dayanımına ait deplasmanları azalttığı ve ayrıca elde edilen tepe deplasman değerlerinde de yapının doğal titreşimine bağlı olarak artışlara yol açtığı gözlemlenmektedir. Bu durum özellikle ÜYD sistemlerde sınırlı değerlerde gözlemlenebilmektedir.

4.4. Rijitlik faktörü

Yapıların sismik performansını belirlemek için, doğrusal olmayan statik ve dinamik analizden bazı anahtar parametreler elde edilir. Bu parametreler, yapının çökme ve akma durumuna erişimi için tanımlanan sınır durumlarıdır. Taban kesme kuvveti-Tepe deplasmanı eğrisinden elde edilen akma noktasının değerlendirilmesi için farklı tanımlar verilmiştir. Rijitlik, bir yapının ve bileşenlerinin hareketleri ve deformasyonları arasındaki ilişkiyi tanımlar. Eleman rijitliği, kesit özellikleri, uzunluk ve sınır koşullarının bir fonksiyonudur ve sistem rijitliği, moment aktaran çerçeveler, desteklenen çerçeveler, duvarlar veya dual sistemler gibi kullanılan yanal direnç mekanizmalarının bir fonksiyonudur. Geometri, mekanik özellikler, hareketler ve deformasyonlar arasındaki ilişkiler, mekanik prensiplerinden türetilebilir. Karmaşıklıkları kullanılan yapı malzemesine bağlıdır. Moment aktaran çerçeve sistemlerden oluşan yapılar için, sertlik, akma noktasına veya taban kesme kuvveti-tepe deplasman eğrisinde seçilen herhangi bir başka noktaya sekant olarak alınabilir. Bu noktayı tanımlamak için kullanılan bazı yöntemler aşağıdaki gibi deformasyona karşılık gelen şekilde uygulanmıştır; (a) ilk akma, (b) gerçek sistemle aynı elastik rijitlik ve nihai yüke sahip eşdeğer bir elasto-plastik sistemin akma noktası, (c) aynı elastikliğe sahip eşdeğer bir elasto-plastik sistemin akma noktasına gerçek sistem olarak enerji absorpsiyonu ve (d) gerçek sistemin nihai yanal yükünün %75'inde sekant sertliği olarak hesaplanan azaltılmış sertliğe sahip eşdeğer bir elasto-plastik sistemin akma noktası (Park 1988, Whittaker, Hart ve Rojahn 1999, Thermou ve diğ. 2004).



Şekil 6. Akma noktası hesabı (Elnashai ve Di Sarno 2015).

Bu çalışma kapsamında akma noktasının hesabında Şekil 6'da verilen grafik kullanılmıştır. Dolayısıyla nihai yanal yükünün sekant sertliği noktasındaki yüke oranına % olarak ifadesini rijitlik faktörü olarak değerlendirilmesi mümkündür. DYD ve ÜYD sonucunda elde rijitlik faktörlerini değerlendirdiğimizde, DYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda x ve y doğrultusunda bodrum

perdelerin mevcut durumu sırasıyla %88.3 ve %88.1 olarak hesaplanmıştır. ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda ise x ve y doğrultusunda bodrum perdelerin mevcut durumu %87.9 ve %88.3 olarak hesaplanmaktadır. Bodrum perdesiz durumda ise, DYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda x ve y doğrultusunda sırasıyla %88.8 ve %86.8 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan, ÜYD ile yapılan nonlinear statik itme analizleri sonucunda x ve y doğrultusunda sırasıyla %88.6 ve %88.1 olarak hesaplanmıştır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi:

- Rijit bodrum perdesi ile tasarlanan bina için x-yönü için DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear artımsal statik itme analizleri sonucunda elde edilen Ω_d sonuçlarının, rijit bodrum perdesi kaldırılanlardan ortalama %28 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun temelinde yapının doğal titreşim periyotlarındaki değişimin önem arz ettiği öngörülmektedir.
- DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear artımsal statik itme analizleri sonucunda rijit bodrum perdesi ile tasarlanan bina için y-yönü için elde edilen Ω_d sonuçlarının, rijit bodrum perdesi kaldırılanlardan ortalama %22 daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yapısal sistem planında eleman yerleşiminde seçilen yerleşim doğrultusunun yapının doğal titreşim periyodunda meydana getirdiği artış sonucunun bir etkisi olarak değerlendirilmektedir.
- μ faktörlerinin y- yönü için DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear artımsal statik itme analizleri sonucunda rijit bodrum perdesi ile tasarlanan binada rijit bodrum perdesi kaldırılanlardan yapıya göre ortalama olarak %14 daha büyüktür. Çerçeve sistemine eklenen rijit bodrum perdesinin kullanılmasının sünekliliğe olan pozitif etkisinin gözlemlendiği öngörülmektedir.
- ÜYD ile yapılan nonlinear artımsal statik itme analizleri sonucunda hesaplanan μ faktörü x- yönü için rijit bodrum perdesi ile tasarlanan binada rijit bodrum perdesi kaldırılması durumunda ortalama olarak %4 daha büyüktür. Diğer taraftan DYD sonucunda ise için rijit bodrum perdesi ile tasarlanan binada rijit bodrum perdesi kaldırılması durumunda ortalama olarak %8 daha küçüktür.
- Rijit bodrum perdesi ile tasarlanan bina için DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear artımsal statik itme analizleri sonucunda x-yönü için elde edilen Ω_i sonuçlarının, rijit bodrum perdesi kaldırılanlardan ortalama olarak %12 daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan y-yönü için DYD ve ÜYD ile yapılan nonlinear artımsal statik itme analizleri sonucunda elde edilen Ω_i sonuçlarının, rijit bodrum perdesi olanların rijit bodrum perdesi kaldırılanlardan %46 daha düşük olduğu belirlenmiştir. Oluşan bu farklılığın temelinde tasarım aşamasında kullanılan yapısal taşıyıcı sistem geometrik yerleşimleri etkin rol oynamaktadır.

Referanslar

- Aksoylu, C., & Arslan, M.H. (2019). Çerçeve+ Perde Türü Betonarme Binaların Periyod Hesaplarının Tbdy-2019 Yönetmeliğine Göre Ampirik Olarak Değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal Of The Faculty Of Engineering*, 365–382. <https://doi.org/10.17482/Uumfd.603437>
- Ayşe, Ö.Ö., & Kaya, G. (2019). Perde Ve Çerçeveli Betonarme Yapılarda Perde Konumunun Planda Düzenlenmesi Ve Yapısal Davranışa Etkisi. *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 7, 7–17. <https://doi.org/10.21923/Jesd.429880>
- Bozkurt, M.B., & Serin, B. (2021). Dbybhy-2007 Ve Tbdy-2018 Esas Alınarak Boyutlandırılan Mççç'lerin Deprem Performanslarının Karşılaştırılması. *Teknik Dergi*. <https://doi.org/10.18400/Tekderg.620816>
- Elnashai, A.S., & Di Sarno, L. (2015). *Fundamentals Of Earthquake Engineering: From Source To Fragility*, 2nd Edition. John Wiley & Sons.
- Etili, S., & Güneyisi, E.M. (2021). Assessment Of Seismic Behavior Factor Of Code-Designed Steel-Concrete Composite Buildings. *Arabian Journal For Science And Engineering*, 46, 4271–4292. <https://doi.org/10.1007/S13369-020-04913-9>
- Etili, S., & Güneyisi, E.M. (2020a). Response Of Steel Buildings Under Near And Far Field Earthquakes. *Civil Engineering Beyond Limits*, 3, 8–14. <https://doi.org/10.36937/Cebel.2020.002.004>
- Etili, S., & Güneyisi, E.M. (2020b). Seismic Performance Evaluation Of Regular And Irregular Composite Moment Resisting Frames. *Latin American Journal Of Solids And Structures*, 17, 1–22. <https://doi.org/10.1590/1679-78255969>
- Kasap, H., Mert, N., Sevim, E., & Şeber, B. (2015). Perdeli-Çerçeveli Taşıyıcı Sistemli Binalarda Taşıyıcı Sistem Seçiminin Yapı Davranışı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Academic Platform Journal Of Engineering And Science*, 3, 48–55.
- Martinez-Rueda, J.E., & Elnashai, A.S. (1997). Confined Concrete Model Under Cyclic Load. *Materials And Structures*, 30, 139–147.
- Monti, G., & Nuti, C., 1992. Nonlinear Cyclic Behavior Of Reinforcing Bars Including Buckling. *Journal Of Structural Engineering (United States)*, 118, 3268–3284. [https://doi.org/10.1061/\(Asce\)0733-9445\(1992\)118:12\(3268\)](https://doi.org/10.1061/(Asce)0733-9445(1992)118:12(3268))

- Özuygur, A.R., & Dilsiz, A. (2021). A Discussion On The Design Of Buildings With Rigid Basement According To Tbsc 2018. *Uluslararası Mühendislik Arastırma Ve Gelistirme Dergisi*, 13, 243–249. <https://doi.org/10.29137/umagd.807186>
- Park, R. (1996). Explicit Incorporation Of Element And Structure Overstrength In The Design Process. *Proceedings Of The 11th Wcee. Iae, Acapulco, Mexico*.
- Park, R. (1988). Ductility Evaluation From Laboratory And Analytical Testing, In: *Proceedings Of The 9th World Conference On Earthquake Engineering, Tokyo-Kyoto, Japan*. Pp. 605–616.
- Şahan, M.F., & Ünsal, İ. (2021). TBDY 2018 Yönetmeliğinde Verilen Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Taşıyıcı Sistemler İçin Maliyet Ve Deprem Performansı Bakımından Bir Karşılaştırma. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 509–522. <https://doi.org/10.21605/Cukurovaumfd.982837>
- Seismosoft (2018). *Seismostruct: A Computer Software For Static And Dynamic Nonlinear Analysis Of Framed Structures*.
- TBDY-2018 (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318m1-2-1.pdf>, 416. TBDY, 2018. *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği* 416.
- Thermou, G.E., Elnashai, A.S., Plumier, A., & Done, C. (2004). Seismic Design And Performance Of Composite Frames. *Journal Of Constructional Steel Research*, 60, 31–57. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2003.08.006>
- Victor, G., & Federico, M.M. (2002). *Ductility Of Seismic Resistant Steel Structures*-Spon Press.
- Whittaker, A., Hart, G., & Rojahn, C. (1999). Seismic Response Modification Factors. *Journal Of Structural Engineering*, 125, 438–444.