

NORMAL KAT YÜKSEKLİĞİNİN FARKLI OLMASI DURUMUNDA YAPI PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Ercan IŞIK^{*1}, Mesut ÖZDEMİR²

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye

²İnşaat Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye

Geliş / Received: 06.09.2016

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 15.11.2016

Kabul / Accepted: 23.11.2016

ÖZ

Genel olarak katlar arası dayanım farklılığı sonucunda zayıf – yumuşak kat oluşmaktadır. Bu çalışmada örnek olarak seçilen bir betonarme yapı için ara normal kat yüksekliğinin diğer katlara nazaran farklı olması durumunun yapı performansına etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada aynı kalıp planına sahip fakat normal kat yükseklik değişiminin etkisi dikkate alınmıştır. Bu amaçla tüm kat yüksekliklerinin eşit olduğu ve sadece normal bir ara kat yüksekliğinin değişimi dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. 6 katlı betonarme bir yapı için sadece 5. katın kat yükseklik değeri değiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak öneriler yapılmıştır. Yapıların yatay yüklere karşı savunma mekanizmasını arttırmak adına mümkün olduğu kadar kat yüksekliklerinin eşit olması sağlanmalıdır. Bu çalışmada değişik sebeplerden dolayı ara kat yükseklik değişiminin yapı performansına etkisi hesaplanmıştır. Katlar arası yüksekliğin değişimi hem taban kesme kuvvetinde hem de yer değiştirme miktarlarını düşürmüştür.

Anahtar Kelimeler: Normal kat, kat yüksekliği, statik itme, zayıf-yumuşak kat

INVESTIGATION OF BUILDING'S PERFORMANCE FOR CHANGING NORMAL FLOOR HEIGHT

ABSTRACT

Generally, the result of the strength difference between floors cause weak – soft floor. In this study, how the difference between heights of the normal mezzanine to the other floors of a selected sample of reinforced concrete structure affects the performance of the structure was investigated. In this study, the effects of the normal floor height changes have been taken into account by keeping the same formwork condition. For this purpose, the calculations were made by considering all the floor heights are equal and only a normal mezzanine height changes. For a 6-storey reinforced concrete structure, only the layer height of the fifth floor has been changed. Some recommendations are made by comparing the results obtained. In order to improve defence mechanism against lateral loads of structures, floor heights should be as equal as possible. In this study, effect of structure performance of the mezzanine height changes was calculated for different reasons. Inter-storey height changes made both base shear force and displacement values decrease.

Keywords: Normal floor, height of story, pushover analysis, weak-soft story

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 434 228 5001; e-mail/e-posta: eisik@beu.edu.tr

*NORMAL KAT YÜKSEKLİĞİNİN FARKLI OLMASI DURUMUNDA YAPI PERFORMANSININ İNCELENMESİ***1. GİRİŞ**

Risk, herhangi bir tehlikenin meydana gelme olasılığı ile bu tehlikenin neden olacağı sonuçların bileşkesidir. Risk düzeyi tehlikenin büyüklüğü ve etkilenen elemanların savunmasızlığıyla orantılıdır [1].

Buradan hareketle belirli bir bölgede meydana gelebilecek deprem etkisi altında, o bölgede bulunan yapıların olumsuz özellikleri oluşabilecek tehlikenin boyutunu arttıracaktır. Yapıların savunmasızlığı arttıkça depremin oluşturacağı hasar miktarı da artacaktır. Depremin büyüklüğü ve yeterli düzeyde güvenliği sağlanmamış ve yönetmeliklerde belirtilen şartlara uygun yapılmayan yapılar ile olumsuz yapı özellikleri de oluşabilecek zararı doğrudan etkileyecektir. Bir bölgenin gelecekte belirli bir deprem riski altında can ve mal kaybının hesaplanması işlemi yapılırken o bölgede bulunan yapı özellikleri de dikkate alınmalıdır. Mevcut yapıların, gelecekte olası deprem etkisi altındaki davranışları incelenirken, olası depremin etkileyeceği bölgeler üzerinde bulunan yapıların dikkate alınması ile daha etkin sonuçlar vereceği aşikârdır. Kuvvetli yer hareketlerinin oluşabileceği bölgelerdeki yapıların deprem etkisi altında davranışlarını olumsuz etkileyecek özelliklerin bilinmesi deprem sonucunda oluşabilecek hasar riskini azaltma yönünde daha ciddi yaklaşımların ortaya konulmasını sağlayacaktır [2].

Deprem karşısında tasarım ve yapım kusurları ve çevre etkisi nedenleri, yapı taşıyıcı sisteminde zayıflıklar göstermektedir. Ayrıca yapı fonksiyonunun değiştirilmesi ile oluşan olumsuz taşıyıcı etkenler de depremde hasarlara neden olmaktadır. Depreme uygun olmayan tasarım, malzeme, işçilik ve denetim eksikliği hasarların yıkıcı rollerini oluşturmaktadır [3]. Deprem etkisine maruz kalabilecek yapıların yapısal özellikleri olası bir deprem sonucunda can ve mal kaybıyla doğru orantılı olacaktır [4].

Yapı hasarlarının, yapının özelliklerine göre değiştiği çok iyi bilinen bir gerçektir. Ancak, bu özelliklerin ortaya konması, sınıflandırılması sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi koşulu ile gerçekleştirilmektedir. Yapıların özellikleri hasarı yakından etkilemekte, bu parametrelere bağlı olarak hasar görülebilirlik değişmektedir [5].

Depreme dayanıklı yapı tasarımında yapıların deprem performanslarını olumsuz etkileyebilecek parametrelerin bilinmesi ve bunlara karşın özel önlem alınması yapıların savunma mekanizmasını olumlu bir şekilde etkileyecektir. Yapıların performanslarını azaltacak faktörler bina hızlı değerlendirme yöntemlerinde de mevcuttur. Kısa kolon, yumuşak/zayıf kat, düşeyde süreksizlik, yatayda süreksizlik, yapım yılı, görünen yapı kalitesi, tepe-yamaç etkisi bu olumsuzluk parametrelerinden bazılarıdır [6-10]. Bu parametrelerden mümkün olduğunca kaçınmak veya yapı performansını artırıcı özel önlemler almak gereklidir.

Bu parametrelerden biri de deprem sırasında en çok hasara sebebiyet veren zayıf-yumuşak kat oluşumudur. Bu tür katların oluşma sebeplerinden biri ara normal kat yüksekliğinin diğer katlara göre farklı tasarlanmasıdır. Farklı amaçlar doğrultusunda ara katlar diğer katlara nazaran daha yüksek yapılmakta veya diğer katlara nazaran dolgu duvar miktarında azaltmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada sadece normal ara kat yükseklik değişimi dikkate alınmıştır. Hesaplamalar için örnek bir betonarme bina seçilmiştir. Tüm katların eşit olduğu ve sadece 5. katın kat yükseklik değeri değiştirilerek hesaplamalar yapılmış ve öneriler getirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Gelecekte meydana gelecek ve yerleşim bölgelerini etkileyecek depremlerde deprem zararlarının azaltılabilmesi için öncelikle mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi gereklidir. Özellikle yıkılma veya ağır hasar görme riski yüksek olan binaların güçlendirilmesi, eğer güçlendirme işlemi ekonomik olarak verimli değilse de yıkılarak yeniden yapılması depremde en etkili zarar azaltma önlemidir. Binaların deprem performansı yeni bir kavramdır. Deprem performansı, “belirli bir deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu” olarak tanımlanabilir.

Katlar arasında taşıyıcı sistem değişikliği veya katlar arası farklı döşeme sistemi kullanılması gibi birçok farklı nedenle yumuşak kat oluşumuna rastlanmıştır. Yumuşak kat düzensizliği, yaşanan depremlerde bina hasarlarının en büyük nedenleri arasındadır. Bu düzensizlik hemen her deprem sonrası inceleme raporlarında yer almakta, üst katlarında camları dahi kırılmamış binaların bazı katlarının tamamen göçtüğü görülmektedir. Yumuşak kat, yapı taşıyıcı sistemlerinin katlar arasında farklı özelliklere sahip olmasından dolayı (kat yüksekliğinin fazla olması gibi) oluşabileceği gibi taşıyıcı sisteme ait olarak düşünülmemeyen bölme duvarların miktarının değişmesi nedeniyle de gündeme gelebilmektedir [11, 12].

Yumuşak kat etkisine bağlı olarak çok sayıda yapının kısmen veya tamamen çöktüğü gözlenmiştir. Sorun yumuşak kat olarak tanımlanan katın ya da katların yatay rijitliklerinin diğer katlara göre daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Deprem etkisine bağlı olarak yapının yapacağı toplam deplasman bütün yapı yüksekliği boyunca bölüşüleceği yerde, ağırlıkla yumuşak kat diye tanımlanan kat üzerinde ortaya çıkmaktadır [13].

E. IŞIK, M. ÖZDEMİR

Yumuşak kat bulunan betonarme binalarda karşılaşılan tipik deprem hasarları genellikle binanın üst katlarının alt kattaki yumuşak kat üzerine çökmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu da binanın toplam değerini düşündüğümüzde hasar (toptan göçme) ile sonuçlanması anlamına gelir. Bu tip hasarlar sonucu yapı artık kullanılamaz hale geldiği için yıkılarak yeniden inşa edilmelidir. Ara kat hasar örneği Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Ara kattan dolayı oluşan deprem hasarı

Kuvvetli yer hareketlerinin oluşabileceği bölgelerdeki yapıların deprem etkisi altında davranışlarını olumsuz etkileyecek özelliklerin bilinmesi deprem sonucunda oluşabilecek hasar risk seviyelerini azaltma yönünde daha ciddi yaklaşımların ortaya konulmasını sağlayacaktır [2].

Bu çalışma, son yıllarda geliştirilen ve deprem yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgili yöntemlerin, kat yüksekliği farklı olan betonarme binalara uygulanmasını konu edinmiştir. Olası bir depremde performansları belirlenebilen güvenli yapıların inşa edilmesini sağlamak Performansa Dayalı Deprem Mühendisliği'nin amacıdır.

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinde, Aydınoğlu [14], Chopra ve Goel [15], Jianmeng [16] ve Freeman [17]'in çalışmalarında olduğu gibi, deprem isteminin de hesaplanması, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın belirlenmesi gerekmektedir.

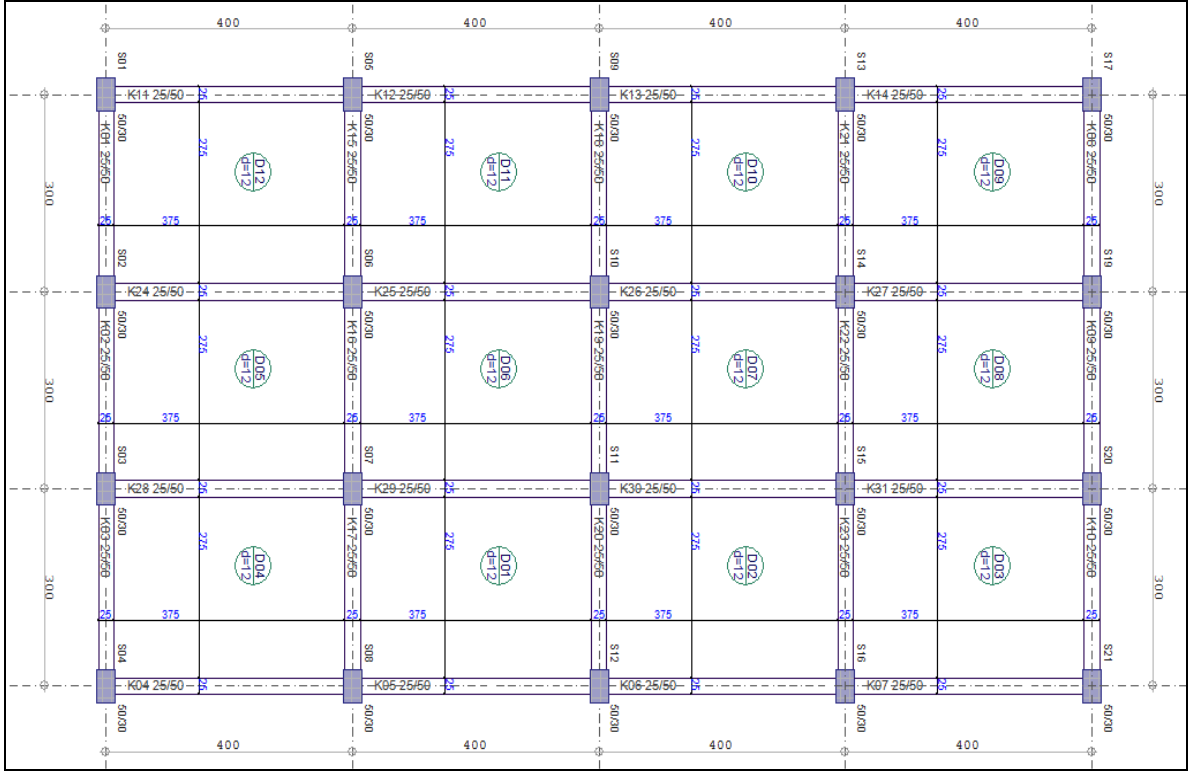
Talep spektrumları bir yapının performansının belirlenmesinde kullanılırlar. Bu eğriler yapının, deprem hareketine, deprem süresince verdiği maksimum karşılığı göstermektedir [18]. Deprem istemi ve kapasitesi, performansa dayalı tasarımın iki temel parametresini oluşturmaktadır [19, 20].

Performansa (şekil değiştirme, deplasman veya yer değiştirme) göre tasarımda, kuvvete dayalı tasarımdakinin aksine dayanım, doğrusal elastik olmayan yöntemlerle yapılan hesaplarla bilinmekte, buna karşı gelen süneklik istemi ise bulunmaya çalışılmaktadır. Dayanım kapasitesi, malzemelerin “gerilme-birim şekil değiştirme” ve kesitlerin “moment-eğrilik” ilişkilerinden yararlanarak belirlenebilmektedir. Söz konusu tasarım yönteminde, depremin yapıdan yer değiştirme istemi “eşit yer değiştirme” kuralına bağlı olarak hesaplanmaktadır [21].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

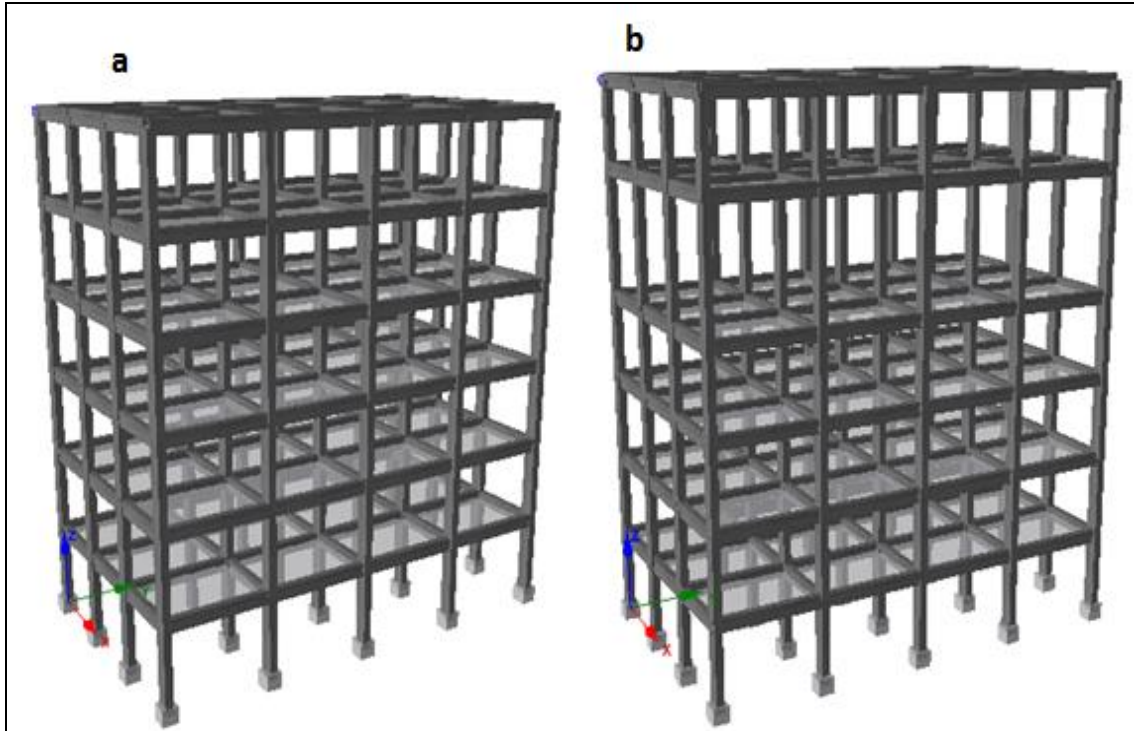
İncelenecek betonarme yapı altı katlı bir yapı ve normal kat yüksekliği eşit ve 3 m olarak alınmıştır. Ancak ara kattan dolayı yumuşak kat oluşumu için 5. kat yüksekliği 4 m alınarak ayrıca hesaplamalar yapılmıştır. C30-S420 malzeme sınıfı olarak seçilmiştir. Kiriş ve kolonlarda kullanılan boyuna donatı çapları $\Phi 18$ olarak seçilmiştir. İncelenen yapıya ait kalıp planı Şekil 2’de verilmiştir.

NORMAL KAT YÜKSEKLİĞİNİN FARKLI OLMASI DURUMUNDA YAPI PERFORMANSININ İNCELENMESİ



Şekil 2. İncelenen yapıya ait kat kalıp planı

İncelenen yapıya ait SeismoStruct adlı yazılım programından [22] elde edilen üç boyutlu modeller Şekil 3'te verilmiştir.

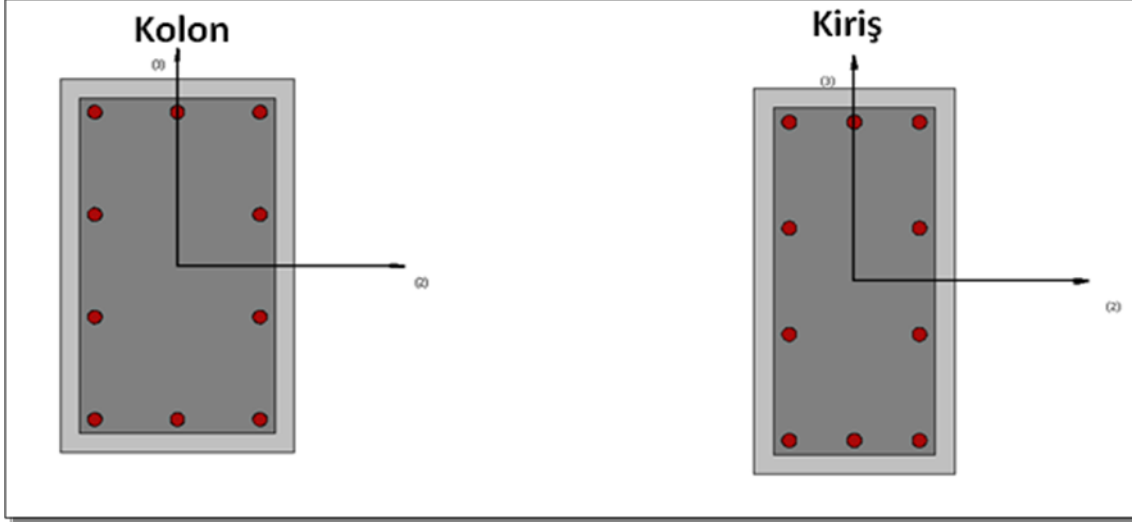


Şekil 3. İncelenen yapıya ait üç boyutlu modeller, a: Eşit kat yükseklikli, b: Ara kat yüksekliği farklı

E. IŞIK, M. ÖZDEMİR

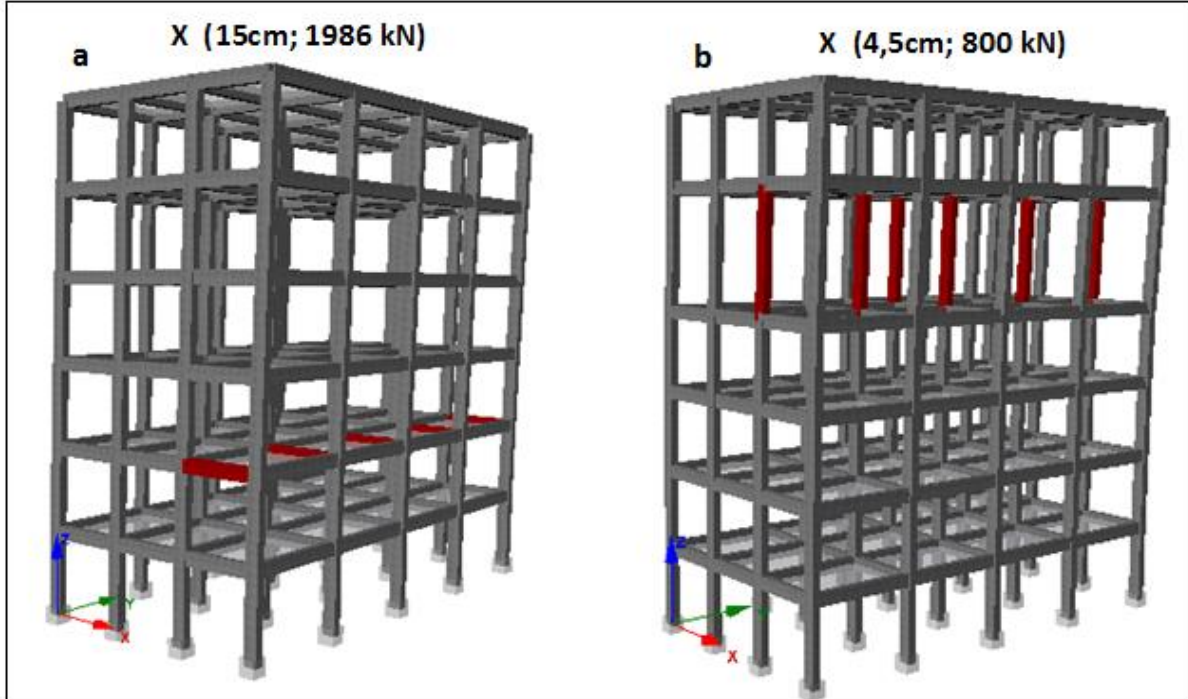
Veri girişi yapılan binanın analizlerinde SeismoStruct yazılım programı [22] kullanılmıştır. Yazılım programının altında bulunan statik itme analiz ile yapı hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. İtme analizi dinamik davranışı, oluşan deformasyon seviyeleri ile belirgin ölçüde etkilenmeyen yapıların yatay kapasitelerini tahmin etmekte kullanılan bir yöntemdir. Diğer bir deyişle dinamik davranışı simüle etmesi gereken yatay yük şekli sabit farz edilir. Program tarafından kullanıcı-tanımlı limite veya sayısal bir hataya ulaşınca kadar otomatik olarak arttırılır [22].

Kolonlar 30x50 cm ve kiriş boyutları 25x50 cm olarak seçilmiştir. Kolon ve kirişlerde kullanılan enine donatılar $\Phi 10/10$ seçilmiştir. Yapıda kullanılmış olan kolon ve kiriş en kesitleri Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Çalışmada kullanılan kiriş ve kolon en kesitleri

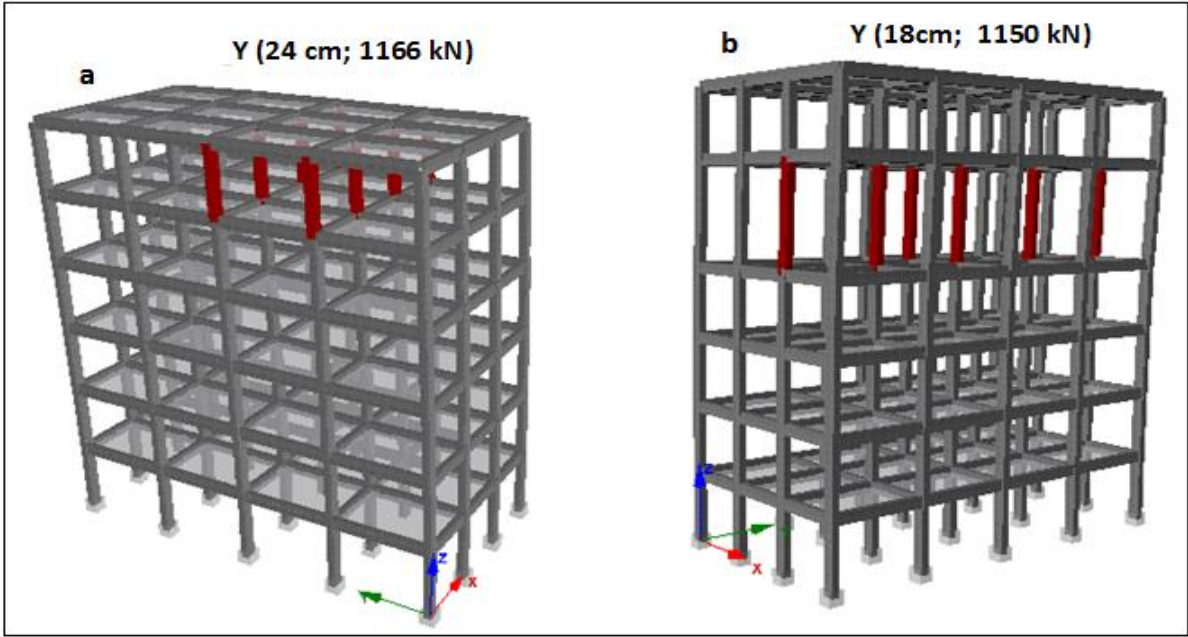
Seçilen betonarme yapıda X yönünde hasarın ilk meydana geldiği taşıyıcı elemanlar Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Hasarın ilk meydana geldiği taşıyıcı elemanlar (X yönü); a: Eşit kat yükseklikli, b: Ara kat yüksekliği farklı

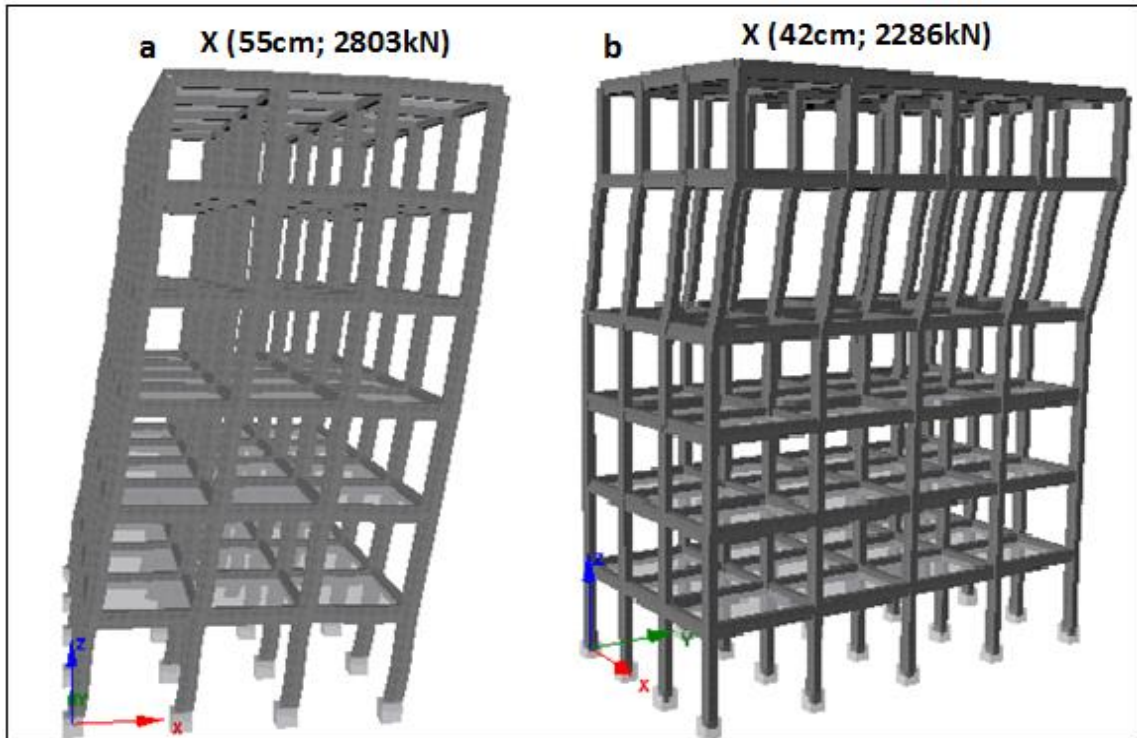
NORMAL KAT YÜKSEKLİĞİNİN FARKLI OLMASI DURUMUNDA YAPI PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Seçilen betonarme yapıda Y yönünde hasarın ilk meydana geldiği taşıyıcı elemanlar Şekil 6'da verilmiştir.



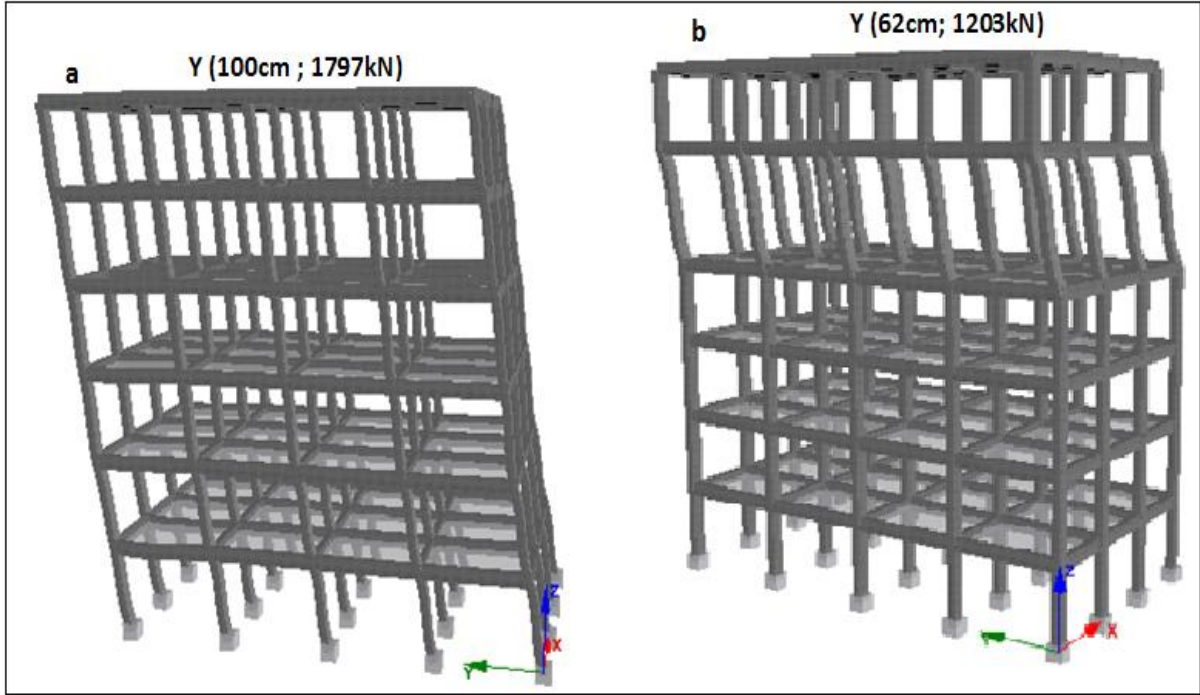
Şekil 6. Hasarın ilk meydana geldiği taşıyıcı elemanlar (Y yönü); a: Eşit kat yükseklikli, b: Ara kat yüksekliği farklı

X ve Y doğrultuları için maksimum tepe yer değiştirme değerleri ve deformasyon durumları her bir yapı için hesaplanmış ve bu değerler Şekil 7 ve 8'de gösterilmiştir.



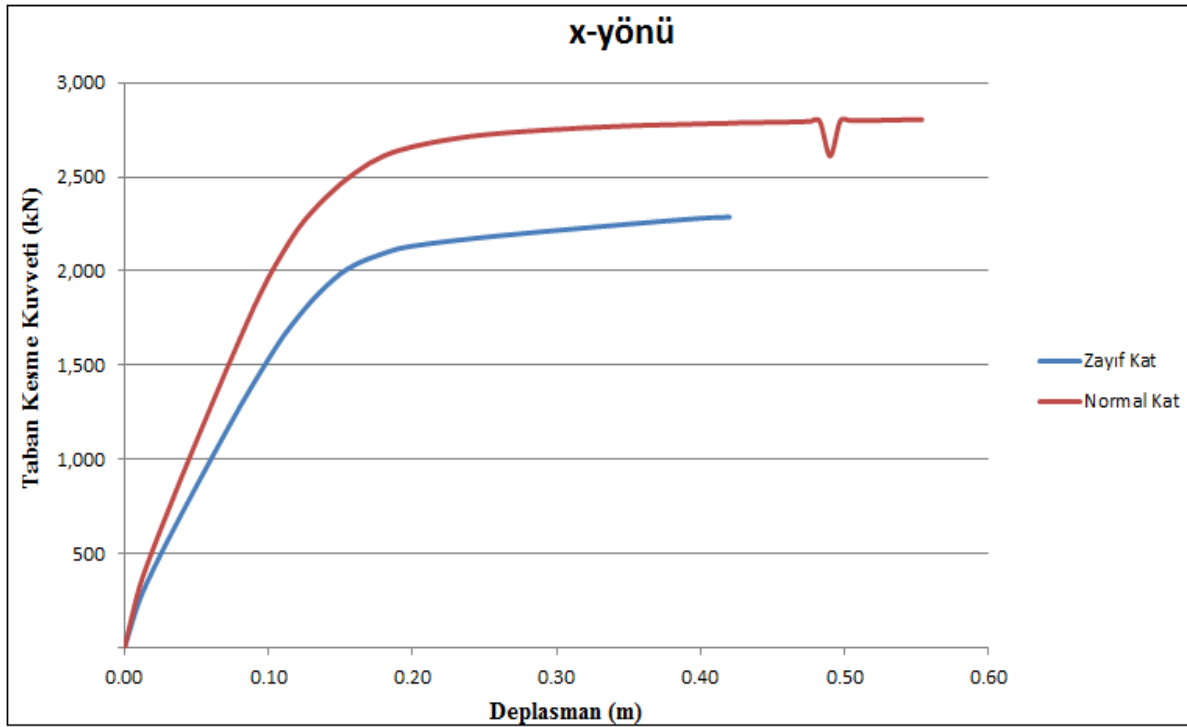
Şekil 7. X doğrultusu için tepe yer değiştirme ve deformasyon durumları; a: Eşit kat yükseklikli, b: Ara kat yüksekliği farklı

E. IŞIK, M. ÖZDEMİR



Şekil 8. Y doğrultusu için tepe yer değiştirme ve deformasyon durumları; a: Eşit kat yükseklikli, b: Ara kat yüksekliği farklı

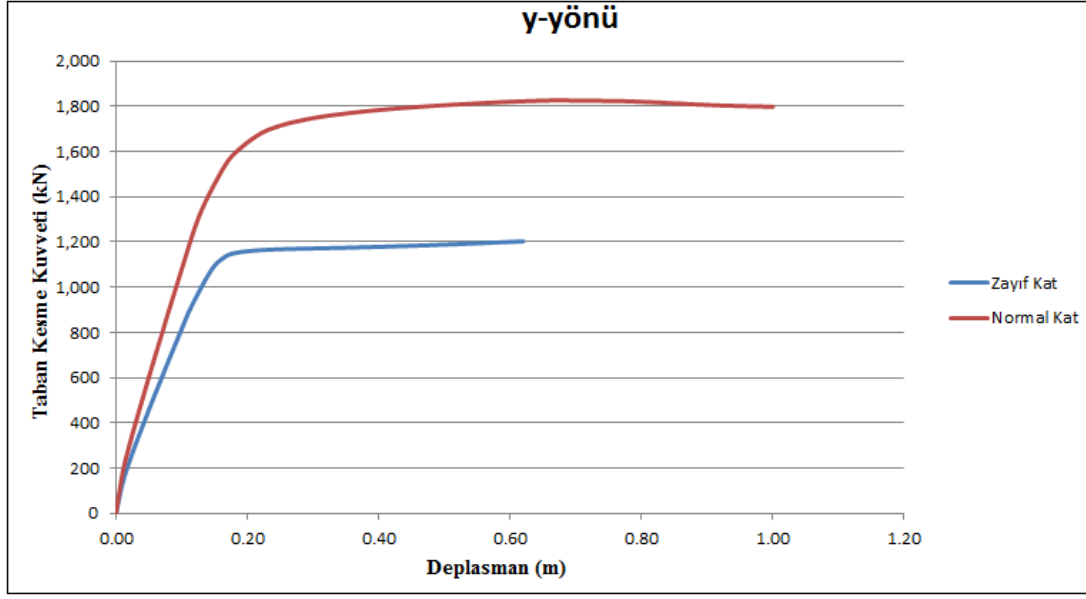
İncelenen her iki yapı için X doğrultusunda elde edilen statik itme eğrileri Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. İncelenen yapılara ait X doğrultusunda elde edilen statik itme eğrileri

İncelenen her iki yapı için Y doğrultusunda elde edilen statik itme eğrileri Şekil 10’da verilmiştir.

NORMAL KAT YÜKSEKLİĞİNİN FARKLI OLMASI DURUMUNDA YAPI PERFORMANSININ İNCELENMESİ



Şekil 10. İncelenen yapılara ait Y doğrultusunda elde edilen statik itme eğrileri

4. SONUÇLAR

Yapılarda çeşitli kullanım sebeplerinden dolayı ara kat yüksekliği diğer katlara nazaran daha yüksek yapılabilmektedir. Bu çalışmada seçilen bir betonarme yapı için ara kat yüksekliğinin diğer katlara nazaran yüksek olması durumu incelenmiştir. Bu amaçla aynı kalıp planlı bir betonarme bina seçilmiştir. Seçilen yapılardan birincisinde tüm katların kat yükseklikleri birbirine eşit seçilmiştir. Diğer yapıda ise aralardan birinin yüksekliği değiştirilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Bu çalışmada yumuşak kat oluşumuna sebebiyet veren ara kat yüksekliği değişken parametre seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. Ara kat yüksekliği değişimi hem taban kesme kuvvetinde hem de tepe yer değiştirme talebinde bir azalma meydana getirmiştir. Bu da yapının savunma mekanizmasının azaldığının göstergesidir.

Yapılan hesaplamalar yumuşak kat çökme mekanizması ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Çökme mekanizmaları yumuşak kattan dolayı oluşan tipik çökme mekanizmalarına benzemektedir. İlk hasarın meydana geldiği kat, kat yüksekliğinin diğer katlara göre değiştiği katta gerçekleşmiştir.

Ara kat yüksekliğinin değiştiği yapının, hem X hem de Y doğrultusunda ilk hasarlar o kattaki kolonlarda oluşmuştur. Bu hasarlar hafif hasar sınırındaki ilk çatlaklardır. Kat yüksekliğinin değişmediği yapıda Y doğrultusunda ilk hasarlar kirişlerde, X doğrultusunda ise ilk hasarlar yapının en fazla öteleme yaptığı en üst katta meydana gelmiştir.

Her iki doğrultuda zayıf katın bulunduğu yapıdaki maksimum yer değiştirme talepleri kat yüksekliğinin eşit olduğu yapıdan daha düşük değer almıştır. X doğrultusunda yaklaşık olarak %24'lük bir azalma görülürken, Y doğrultusunda bu değer %38'e çıkmaktadır.

Yapıların yatay yüklere karşı savunma mekanizmasının artırılması adına yapıdaki olumsuzluklar mümkün olduğu kadar azaltılmalıdır. Eğer mümkün değil ise özel önlemler alınarak yapı savunma mekanizması daha güçlü hale getirilmelidir.

Zayıf-yumuşak kat oluşumunun en önemli etkeni farklı kat yükseklikleridir. Mümkün olduğu kadar herhangi bir yapıda farklı kat yüksekliklerinden kaçınmak gerekmektedir.

Bu çalışmada sadece kat yüksekliği değişken parametre olarak seçilmiştir. Farklı bir çalışmada dolgu duvar etkilerinin dikkate alınması ile sonuçlar daha değerli olacaktır.

Yapılarda bulunabilecek her türlü olumsuzluk yapı savunma mekanizmasını olumsuz olarak etkilemektedir. Dolayısıyla her türlü olumsuzluktan kaçınmak olası depremlerde oluşabilecek hasar miktarının azaltılması yönünde ciddi yaklaşımlar ortaya konmasını sağlayacaktır. Bunun sağlamak için yapı tasarım kurallarında verilen hesap ve tasarım esaslarına harfiyen uyulmalıdır. Bu sağlandıktan sonra yapım aşamasında ise uygun tasarlanmış yapıların projesine uygun olarak inşa edilmesi projelere anlam katacaktır.

Yapı tasarımı yapılırken dikkate alınan parametrelerden biri yük faktörüdür. Bu yüklerden en önemlisi yapıya etkiyecek deprem yükleridir. Deprem yüklerinin taşıyıcı sistem tarafından güvenle zemine aktarılması ve

zeminden gelen tepkimelere karşı tepki verebilmesi yapı savunma mekanizmasının doğru tasarlanıp, inşa edilmesi ile doğrudan ilgilidir.

İnşaat mühendislerinden beklenen yapı tasarlarken ortaya konmuş güvenlik kriterlerini sağlayacak yapılar inşa etmektir. Bundan dolayı tasarlanan yapılar için kontrol mekanizması hassasiyetle işletilmelidir.

Zayıf-yumuşak kat formasyonundan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Düzensizlikler içermeyen, yönetmeliklere uygun biçimde tasarlanmış ve inşaat aşamasında kalite kontrolünün etkin biçimde yapıldığı yapı sistemleri çok şiddetli bir depremde bile sünek davranış göstererek kabul edilebilir sınırlar içinde hasar almaları sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] KUNDAK, S., TÜRKOĞLU, H., “İstanbul'da Deprem Riski Analizi”, İ.T.Ü. Dergisi A, Mimarlık Planlama Tasarım, 6(2), 37-46, 2007.
- [2] IŞIK, E., “Bitlis Şehri Deprem Performans Analizi”, S.A.Ü. Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 234s., 2010.
- [3] AKINCITÜRK, N., “Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci”, U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8(1), 189-201, 2003.
- [4] KUTANİS, M., “Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi”, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, YOGS-2006, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, 2006.
- [5] ŞENGEZER, S.B, 13 Mart 1992 Erzincan Depremi Hasar Analizi ve Türkiye’de Deprem Sorunu, Y.T.Ü. Basın Yayın Merkezi, İstanbul, 1999.
- [6] DRBB (Determination of Risk-Bearing Buildings), “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”, Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013.
- [7] NRRC (National Research Council of Canada), “Manual for Screening of Buildings for Seismic Investigation. Canadian Standard”, Ottawa: National Research Council of Canada, 1993.
- [8] KUDAK, E., “Comparison of Structural Analysis Results with Japanese Seismic Index Method”, Master Thesis, Yıldız Technical University, 172p. , 2005.
- [9] GÜLAY, F.,G., BAL, İ.E., GÖKÇE, T., ÇELİK, N., “Field Applications of P25 Preliminary Assessment Method for Identifying the Collapse Vulnerability of Existing RC Structures”, 9th International Congress on Advances in Civil Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, 2010.
- [10] IŞIK, E., “Bitlis İli Yapı Stoğunun Birinci Kademe (Sokak Tarama Yöntemi ile) Değerlendirilmesi”, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1), 173-178, 2013.
- [11] ÖZMEN, H.B., İNEL, M., BILGIN, H., “Yumuşak Kat Davranışının Duvar Etkisi Dikkate Alınarak İncelenmesi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 423-434, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [12] TEZCAN, S. ,YAZICI, A., ÖZDEMİR, Z., ERKAL, A., “Zayıf Kat- Yumuşak Kat Düzensizliği”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 339-350, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [13] ÖNEL, H., AKBULUT, M. T., “Deprem Bölgelerinde Güvenli Yapı Tasarımına İlişkin Temel Yaklaşımlar”, Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 2002.
- [14] AYDINOĞLU, M. N., “A Response Spectrum-Based Nonlinear Assessment Tool for Practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA)”, ISET Journal of Earthquake Technology, 44(1), 169-192, 2007.
- [15] CHOPRA, A.K., GOEL, R.K., “A Modal Pushover Analysis Procedure for Estimating Seismic Demands for Buildings”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(3), 561–582, 2002.
- [16] JIANMENG, M., CHANGHAI, Z., LILI, X., “An Improved Modal Pushover Analysis Procedure for Estimating Seismic Demands of Structures”, Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 7(1), 25-31, 2008.
- [17] FREEMAN, S. A. “The Capacity Spectrum Method as a Tool for Seismic Design”, In Proceedings of the 11th European Conference on Earthquake Engineering 6-11, Paris, France, 1998.
- [18] İLKİ, A., CELEP, Z., “Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği”, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara, Türkiye, 2011.
- [19] ÖZER, E., Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme, ITU, Lectures Notes, 2007.
- [20] FAJFAR, P., “Capacity Spectrum Method Based on Inelastic Demand Spectra”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 28(9), 979-993, 1999.
- [21] İNEL, M., “2007 Deprem Yönetmeliğinde Mevcut Binaların Performanslarının Değerlendirilmesi, İMO Denizli Şubesi, Kurs Notları, 2008.
- [22] SEISMOSOFT, SeismoStruct v6.5, “A Computer Program for Static and Dynamic Nonlinear Analysis of Framed Structures”, 2013.