

Farklı zemin kat yüksekliklerinin yapı performansına etkisi

Ercan IŞIK^{*1}, Mesut ÖZDEMİR², Mustafa KUTANİS³

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis

² Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Teknolojisi Bölümü, Bitlis

³ Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya

Makale Gönderme Tarihi: 02.05.2016

Makale Kabul Tarihi: 31.05.2016

Öz

Genel olarak yapıların zemin kat yükseklikleri ticari amaçlardan dolayı normal katlara nazaran daha yüksek bir şekilde inşa edilmektedir.

Bu çalışmada örnek olarak seçilen bir betonarme yapı için zemin kat yüksekliğinin değişiminin yapı performansına etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada örnek olarak seçilen betonarme bina için zemin kat yüksekliği 4m, 5m ve 6m seçilmiş ve bu değerlere göre yapının performans hesaplaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak öneriler yapılmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça meydana gelen tepe yer değiştirme talepleri artmış ancak yapı taban kesme kuvveti azalmıştır. Analizlerden elde edilen yapı çökme mekanizmaları, depremde yumuşak kattan dolayı oluşan gerçekçi çökme mekanizmaları ile benzeşmektedir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı dikkate alınarak mümkün olduğu kadar eşit kat yüksekliği seçilmelidir. Bu çalışmada yumuşak kat oluşumuna sebebiyet veren faktörlerden biri olan zemin kat yüksekliğinin etkisi dikkate alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yumuşak kat, kat yüksekliği, statik itme, betonarme, zayıf kat, deprem

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Ercan IŞIK. eisik@beu.edu.tr; Tel: (434) 228 50 01 (9701)

Giriş

Yeterli rijitlik, dayanım ve süneklik deprem etkisindeki betonarme binaların tasarımında dikkate alınan ilkelerin başında gelmektedir. Depremlerden sonra betonarme türü yapılarda hasar öncelikle beton dayanımı ile ilişkilendirilmektedir. Malzeme dayanımı arttıkça yapının rijitliği artmaktadır (Ülker vd., 2016). Betonarme binalarda yapısal hasar meydana getiren başlıca neden depremdir. Geçmiş yıllarda meydana gelen depremler bu tür yapıların, orta veya şiddetli bir deprem sonrasında birçok nedene bağlı olarak hasara uğradığını göstermiştir. Tasarım ve yapım sırasında gereken özen gösterilmemiş binaların hasar görme olasılığı depremin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir (Celep ve Kumbasar, 2007).

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 önlemdir. 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 (Sucuoğlu, 2007).

Depreme dayanıklı yapı tasarımında yapıların deprem performanslarını olumsuz etkileyebilecek parametrelerin bilinmesi ve bunlara karşı 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 (ÇŞB, 2013; NRCC, 1993; Kudak, 2005). Bu parametrelerden mümkün olduğunca kaçınmak veya yapı performansını artırıcı özel önlemler almak gereklidir (Işık ve Tozlu, 2015).

Bu parametrelerden biri de deprem sırasında en çok hasara sebebiyet veren yumuşak kat veya zayıf kat oluşumudur. Kentsel yapı stokları incelendiğinde yapılarda bulunan zemin kat yüksekliği diğer katlara nazaran daha yüksek bir şekilde tasarlanmaktadır. Bunun en belirgin sebebi zemin katların işyeri olarak kullanılmasıdır. Bu çalışmada örnek bir betonarme bina için hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar yapılırken zemin kat yükseklikleri değiştirilerek yapı performansları incelenmiş, karşılaştırmalar yapılarak öneriler sunulmuştur.

Yumuşak Kat Kavramı

Deprem karşısında tasarım ve yapım kusurları ve çevre etkisi nedenleri yapı taşıyıcı sisteminde zayıflıklar gösterir. Ayrıca yapı fonksiyonunun değiştirilmesi ile oluşan olumsuz taşıyıcı etkenler sonucu da depremde hasarlara neden olmaktadır. Depreme uygun olmayan tasarım, gereç, işçilik ve denetim kusurları da hasarların yıkıcı rollerini oluştururlar (Akıncıtürk, 2003). Deprem etkisine maruz kalabilecek yapıların olumsuz yapısal özellikleri olası bir deprem sonucunda can ve mal kaybıyla doğru orantılı olacaktır.

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 aşağıda sayılan özellikleri hasarı yakından etkilemekte, bu parametrelere bağlı olarak hasar görülebilirlik değişebilmektedir (Şengezer, 1999). Yapısal düzensizlikler binaların sismik performanslarını etkilemektedirler. Kısa kolon ve ağır kapalı çıkmalara sahip yumuşak katlı yapılar can güvenliği performans düzeyi için en kritik durumlardır (İnel vd., 2007).

Betonarme olarak inşa edilen birçok konut ve işyeri binasının özellikle giriş katlarında yumuşak kat oluşumuna rastlanmaktadır. Katlar arası dayanım farklılığı olarak düşünülebilecek yumuşak kat geçmiş depremlerde büyük ölçüde yıkımlara neden olmuştur. Yapının toptan göçmesine veya ağır hasar almasına neden olabilecek önemli faktörlerden biridir.

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu zayıf kat olarak adlandırılmaktadır (DBYYHY, 2007).

$$[\eta_{ci} = (\Sigma Ae)_i / (\Sigma Ae)_{i+1} < 0.80] \quad (2.1)$$

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin 2.0' den fazla olması durumu yumuşak kat diye adlandırılır (DBYYHY, 2007).

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (2.2)$$

veya

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0] \quad (2.3)$$

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 toptan göçme ile sonuçlanması anlamına gelir. Bu tip hasarlar sonucu yapı artık kullanılamaz hale geldiği için yıktırılarak yeniden inşa edilmelidir.

Yapıda bulunan herhangi bir katın rijitlik ve dayanımının diğer katlara oranla belirgin şekilde az olması yumuşak kat kavramını meydana getirir. 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 düşünülmeyen bölme duvarların miktarının değişmesi nedeniyle de gündeme gelebilmektedir (Özmen vd., 2007) Binaların giriş katlarında, genellikle mağaza, restoran, banka v.b. gelir getirici amaçlar nedeni ile dolgu bölme duvarları örülmez. Dolayısı ile, böyle binalarda giriş katı, yanal ötelenmeler bakımından, üst katlara nazaran, relatif olarak önemli ölçüde zayıf olur (Tezcan vd., 2007).

Yumuşak kat etkisine bağlı olarak çok sayıda yapının kısmen veya tamamen çöktüğü gözlemlenmiştir. 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 kat yüksekliği boyunca bölüşüleceği yerde, ağırlıklı yumuşak kat diye tanımlanan kat üzerinde ortaya çıkmaktadır (Önel ve Akbulut, 2003). Değişik depremlerden dolayı oluşan yumuşak kat hasarları Şekil 1'de verilmiştir.

Binalarda kullanım amaçlarına göre farklı kat yükseklikleri bulunmaktadır. Bu özellikler binada yumuşak kat davranışı görülmesine sebep olmaktadır. Bu katlar bina davranışını negatif yönde etkilemektedir (Aslankara vd., 2005). Yapıların belirli katlarında diğer katlarda olduğu gibi dolgu duvarlarının bulunmadığı katlar da yumuşak kat diye adlandırılabilir. Zayıf kat, yumuşak kat ve düşey eleman süreksizliği olarak tanımlanan düzensizlikler, yönetmeliklerce tanımlanmış düşey yöndeki belli başlı düzensizliklerdir. Bunların arasında, komşu katlar arasında rijitlik düzensizliği olarak da bilinen yumuşak kat düzensizliği, ülkemizde

yaşanan büyük depremlerle de görüldüğü üzere, özellikle betonarme binalar açısından risk teşkil

bir düzen dahilinde yapılmamıştır. İşte bu eksikliğin giderilmesi amacı ile ülkemizde ilk



Şekil 1. Yumuşak kat hasarları a- Loma Prietta depremi b- Oakland depremi, c- Cezayir depremi d- Kaloiforniya depremi, e- İzmit depremi, f- Nepal depremi, g- Hindistan depremi, h- Van depremi, i- Tayvan depremi.

eden hususların başında gelmektedir (Altıntop vd., 2007).

Performansa Dayalı Tasarım

Ülkemizde özellikle son yıllarda yaşanan büyük depremler sonrası, mevcut yapıların deprem güvenliğinin tespiti çok önem kazanmıştır. Ancak bugüne kadar incelemeler

yönetmelikte betonarme, çelik ve yığma yapı türleri için; “mevcut yapıların değerlendirilmesi” izah edilmekte ve uygulamaya yönelik yöntemler sunulmaktadır. Ayrıca değerlendirme sonucu yetersiz görülen yapılar için güçlendirme yöntemleri ile ilgili açıklamalar da verilmiştir. Bu kapsam dâhilinde bazı tanımlar yapılmaktadır. Mevcut yapıların değerlendirilmesinde uygulamaya yönelik pek çok belirsizlik bulunacağı

düşünülürse bu tip tanımlar yapmak kaçınılmazdır. Mevcut bir yapının değerlendirilebilmesi için öncelikle yapı hakkında temin edilebilecek ne kadar veri varsa toplanmalıdır. Toplanması gereken bilgiler şu şekildedir: mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutlarından, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgilerden, binaların projelerinden ve raporlarından binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir (Işık, 2010).

Yapı sistemlerinin performansının belirlenmesinde kullanılan talep spektrumu bir yapının, deprem hareketine, deprem süresince verdiği maksimum karşılığı göstermektedir (İlki ve Celep, 2011).

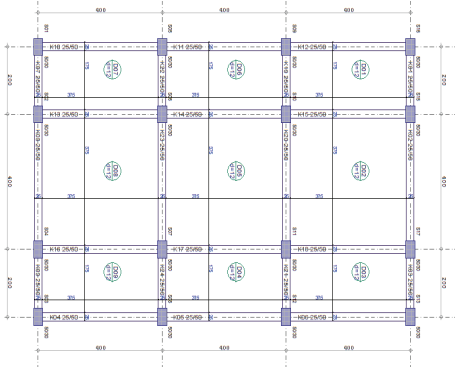
Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yönteminde, tasarım yer hareketi altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar seviyelerinin sayısal olarak belirlenmesi mümkündür. Bu hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır (Aydınoglu, 2007; Kutanis ve Boru, 2014).

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi deprem istemi ve kapasitedir (Özer, 2007; Fajfar, 1999). Deprem istemi yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir. Yapısal kapasite, statik itme veya kapasite eğrisi ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin elde edilmesi için, yapı sistemi sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma

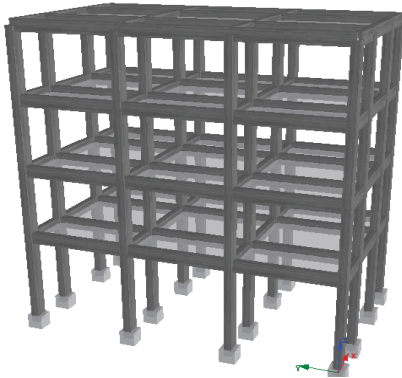
kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanır. Nonlinear Statik Yöntem'in esas amacı, verilen bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yer değiştirmelere ve özellikle maksimum plastik şekil değiştirmelere ilişkin deprem isteminin belirlenmesi, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesidir (Chopra ve Goel, 2002; Freeman vd.,1975; Arısoy, 2010; Aydınoglu, 2003; Işık ve Kutanis, 2015). Bu nedenle, tek başına, pushover eğrisinin analiz edilen taşıyıcı sistemin nonlinear dayanım ve yer değiştirme kapasitelerini global olarak göstermenin ötesinde, doğrudan bir anlamı bulunmamaktadır. Pushover eğrisinin anlam kazanabilmesi için, eğrinin koordinatları, sistemin birinci doğal titreşim modu ile temsil edilen tek serbestlik dereceli (TSD) eşdeğer sistemin yer değiştirmesine karşı gelen modal yer değiştirme ve aynı sistemin normalize edilmiş dayanımına karşı gelen modal sözde-ivme (pseudoacceleration) koordinatlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Böylece, tanımlanan sismik tehlike etkisi altında eşdeğer TSD sistemdeki en büyük yer değiştirmeyi ifade eden nonlinear spektral yer değiştirmeden yararlanılarak, deprem istemlerinin elde edilmesi sağlanmaktadır (Aydınoglu, 2003; Kutanis, 2006).

Bina Özellikleri

Bu çalışmada dört katlı betonarme çerçeve sistemine bir yapı seçilmiştir. Normal katların tamamı eşit yükseklikte olup her biri 3m'dir. Seçilen binada kullanılan malzeme C30-S420'dir. Kiriş ve kolonlarda kullanılan boyuna donatıların tamamında çap $\Phi 16$ olarak seçilmiştir. Seçilen betonarme yapıya ait kalıp planı Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 3'te ise incelenecek yapının yazılım programında elde üç boyutlu modeli yer almaktadır.

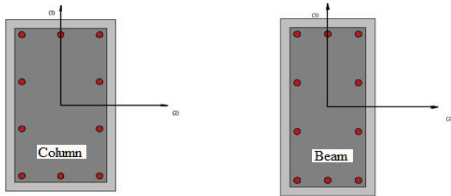


Şekil 2. Yapının kat kalıp planı



Şekil 3. İncelenen yapının 3 boyutlu modeli

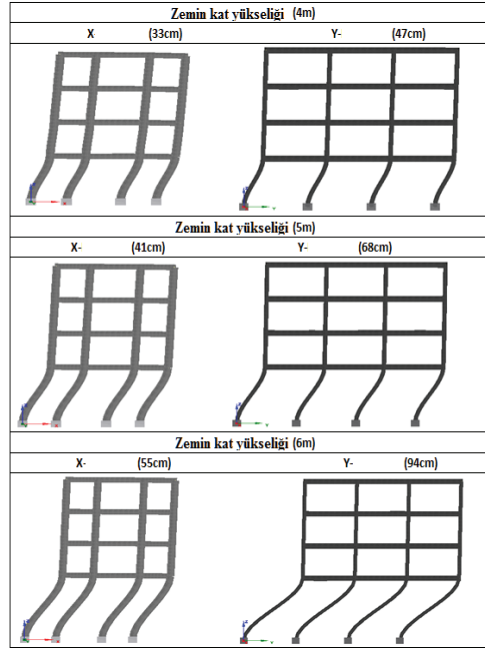
Betonarme çerçeveyi oluşturan kolonlar 30cm*50cm, kirişler ise 25cm*50cm olarak seçilmiştir. Her iki yapı elemanında enine donatı olarak $\Phi 10/10$ seçilmiştir. Yapıda kullanılan kolon ve kiriş enkesitleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Kolon ve kiriş en kesitleri

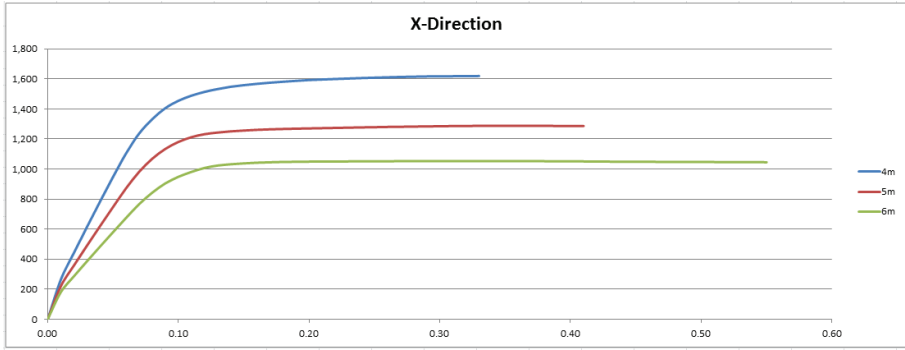
Analiz Sonuçları

Hesaplamalar yapılırken Seismostruct yazılım programı kullanılmıştır. X ve Y doğrultuları için maksimum tepe yer değiştirme değerleri ve deformasyon durumları her bir farklı zemin kat yüksekliği için hesaplanmış ve bu değerler Şekil 5'te gösterilmiştir.

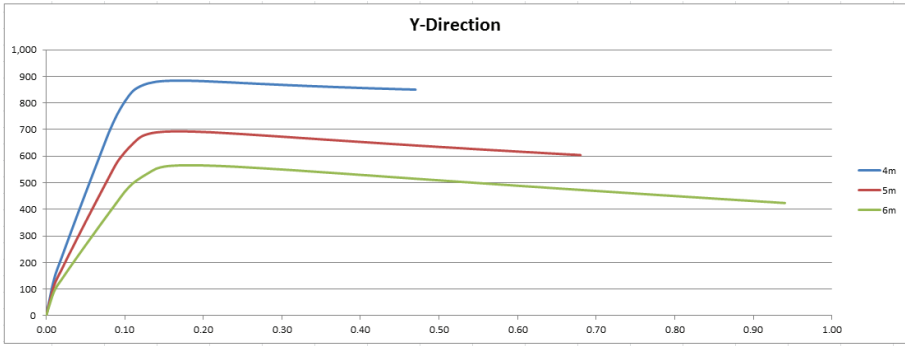


Şekil 5. X ve Y doğrultuları için tepe yer değiştirme ve deformasyon durumları

Zemin kat yüksekliğinin değişiminden dolayı elde edilen statik itme eğrileri her iki doğrultu için ayrı elde edilmiştir. X yönünde elde edilen eğriler Şekil 6'da; Y yönünde elde edilen eğriler ise Şekil 7 'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Farklı zemin kat yükseklikleri için X yönü statik itme eğrileri



Şekil 7. Farklı zemin kat yükseklikleri için Y yönü statik itme eğrileri

Farklı zemin kat yükseklikleri için elde edilen X doğrultusundaki pik tepe yer değiştirme değerleri ve taban kesme kuvveti değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. X doğrultusu için yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri

X doğrultusu		
Zemin kat yüksekliği (m)	Tepe yer değiştirme (cm)	Taban kesme kuvveti(kN)
4	33	1.618,91
5	41	1.287,97
6	55	1.052,97

Farklı zemin kat yükseklikleri için elde edilen Y doğrultusundaki pik tepe yer değiştirme değerleri ve taban kesme kuvveti değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Y doğrultusu için yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri

Y doğrultusu		
Zemin kat yüksekliği (m)	Tepe yer değiştirme (cm)	Taban kesme kuvveti(kN)
4	47	884,17
5	68	693,39
6	94	595,60

Sonuçlar ve tartışma

Bu çalışmada yapıda hasara sebebiyet veren olumsuzluk parametrelerinde yumuşak kat kavramı üzerinde durulmuştur. Yumuşak kat hakkında bilgiler verilmiş. Seçilen bir betonarme yapının zemin kat yüksekliği değiştirilerek statik itme eğrileri elde edilmiştir. Sonuçlar elde edilerek öneriler getirilmiştir.

Bu çalışmada yumuşak kat oluşumuna sebebiyet veren zemin kat yüksekliği değişken parametre seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça taban kesme kuvvetinde bir azalma ve tepe yer değiştirme talebinde artma meydana gelmiştir.

Yapılan hesaplamalar yumuşak kat çökme mekanizması ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Çökme mekanizmaları yumuşak kattan dolayı oluşan tipik çökme mekanizmalarına benzemektedir.

Binaların genellikle zemin katlarında mümkün olduğunca geniş alanlar yaratabilmek amacı ile dolgu duvarlar kullanılmamakta, üst katlarda ise yoğun bir şekilde kullanılan dolgu duvarlardan dolayı katlar arası dayanım farklılıkları oluşmaktadır. Öyle ki, bina her yönü ile sağlam olduğu halde, zayıf/yumuşak kat bulunmasından dolayı bu tür yapılar depremde ağır hasara uğramakta, hatta yıkılmaktadır.

Yumuşak kat oluşumuna sebebiyet veren ve bu çalışmada da dikkate alınan kat yüksekliğinin değişimi de hasarlara sebebiyet verebilmektedir. Dolayısıyla yapılacak yapılarda mümkün olduğu kadar eşit kat yüksekliği seçilmelidir.

Yapılarda bulunan ve bulunacak olan olumsuzluk parametrelerinden hem tasarım hem de yapım aşamasında sakınmak gerekir. Her bir olumsuzluk, yapının depreme karşı savunma mekanizmasını olumsuz etkileyecektir.

Dünyanın değişik ülkelerinde değişik zamanlarda oluşmuş ve yumuşak kattan dolayı

hasar almış yapılara değinilmiştir. Genel olarak yumuşak kattan dolayı oluşan toptan göçme mekanizması tarif edilmiştir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı yapılırken yapı projelerinin teknik ve bilimsel olarak anlam kazanması için yapım aşamasında gerekli hassasiyet gösterilmelidir.

Düzensizlikler içermeyen, yönetmeliklere uygun biçimde tasarlanmış ve inşaat aşamasında kalite kontrolünün etkin biçimde yapıldığı yapı sistemleri çok şiddetli bir depremde bile sünnek davranış göstererek kabul edilebilir sınırlar içinde hasar almaları sağlanabilir.

Yapıların deprem etkileri altında savunmasızlığı arttıkça oluşabilecek hasar miktarının artacağı anlamını taşımaktadır. Bu bağlamda yapı tasarımı ile yönetmelik hükümlerinin önemini ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- Akıncıtürk N.,(2003). Yapı tasarımında mimarın deprem bilinci, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **8(1)**, 189-201.
- Altıntop M.A., Akış T., Güneş B., (2007).Yumuşak kata sahip binaların deprem güvenliği açısından değerlendirilmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 371-383.
- Aslankara Y., İnel M., Toprak S., (2005). Kent ölçeğinde senaryo depremde oluşacak bina hasarlarının tahmini, *Deprem Sempozyumu*, 1434-1443.
- Aydinoğlu, M. N., (2007). A response spectrum-based nonlinear assessment tool for practice: incremental response spectrum analysis (IRSA), *ISET Journal of Earthquake Technology*, **44(1)**, 169-192.
- Celep, Z., Kumbasar, N., (2007). *Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı*, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Code, Turkish Earthquake.(2007). Specification for structures to be built in disaster areas, *Ministry of Public Works and Settlement Government of Republic of Turkey*.

Farklı zemin kat yüksekliklerinin yapı performansına etkisi

- Chopra, A.K. and Goel, R.K., (2002). A modal pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **31(3)**, 561–582.
- ÇŞB, (2013). Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkında kanunun uygulama yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. *Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Ankara.
- Fajfar, P., (1999). Capacity spectrum method based on inelastic demand spectra, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **28(9)**, 979-993.
- Işık, E. (2010). Bitlis şehri deprem performans analizi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*.
- Işık E., Tozlu, Z., (2015). Farklı değişkenler kullanılarak yapı performans puanının hesaplanması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **4(2)**.
- Işık, E., Kutanis, M. (2015). Performance based assessment for existing residential buildings in Lake Van basin and seismicity of the region. *Earthquakes and Structures*, **9(4)**, 893-910.
- İlki, A., Celep, Z., (2011). Betonarme yapıların deprem güvenliği, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, Turkey.
- İnel, M., Özmen, H.B., Bilgin, H., (2007). Türkiye’de yaşanan deprem hasarları ve yapı stoğunun değerlendirilmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 249-261.
- Kudak, E., (2005). Comparison of structural analysis results with Japanese seismic index method, *Master Thesis*, Yıldız Technical University, 172p.,
- Kutanis, M., Boru, O.,E., (2014). The need for upgrading the seismic performance objectives, *Earthquakes and Structures*, **7(4)**, 401-414.
- Kutanis, M. (2006). Investigation of novel nonlinear static analysis procedures, *7th International Congress on Advances in Civil Engineering*.
- NRRC (National Research Council of Canada). (1993). Manual for screening of buildings for seismic investigation. *Canadian Standard*. Ottawa: National Research Council of Canada
- Önel, H., Akbulut, M. T., (2003). Deprem bölgelerinde güvenli yapı tasarımına ilişkin temel yaklaşımlar, *Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu*,
- Özer, E., (2007). Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme, *ITU, Lectures Notes*
- Özmen H.B., İnel M., Bilgin H., (2007). Yumuşak kat davranışının duvar etkisi dikkate alınarak incelenmesi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 423-434.
- SeismoStruct v6.5 (2016) – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures. *Seissoft*,
- Sucuoğlu, H. (2007). Deprem yönetmeliği performans esaslı hesap yöntemlerinin karşılıklı değerlendirmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, **445**, 24-36.
- Şengezer, S.B, (1999). 13 Mart 1992 Erzincan depremi hasar analizi ve Türkiye’de deprem sorunu, *Y.T.Ü. Basın Yayın Merkezi*, İstanbul.
- Tezcan S., Yazıcı A., Özdemir Z., Erkal A., (2007). Zayıf kat- yumuşak kat düzensizliği, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, 339-350.
- Tien, Y. M., Juang, D. S., Pai, C. H., Hisao, C. P., Chen, C. J. (2002). Statistical analyses of relation between mortality and building type in the 1999 chi-chi earthquake. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, **25(5)**, 577-590.
- Ülker, M., Işık, E., Bakır, D., Karaşin, İ.B., (2016). The effects of concrete strength to rigidity in RC buildings, *International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE-2016)*, Kilis, Turkey
- https://tr.wikipedia.org/wiki/1989_Loma_Prieta_depremi, (28.04.2016).
- <http://seblog.strongtie.com/tag/soft-story/>, (28.04.2016)
- <https://www.eeri.org/1980/10/m7-3-el-asnam/attachment/03/>, (28.04.2016).
- http://www.colorado.edu/hazards/shakeout/concrete_buildings.pdf, (28.04.2016).
- <https://failures.wikispaces.com/1999+Kocaeli-Golcuk+%26+Duzce-Bolu+Turkey+Summary+%26+Lessons+Learned>, (28.04.2016).
- <http://darkroom.baltimoresun.com/2015/05/second-earthquake-hits-nepal/#1>, (28.04.2016)
- http://www.seismo.ethz.ch/edu/Info_SED/damage/index_EN, (28.04.2016).

Effect of Different Ground Floor Height to RC Buildings Performance

Extended abstract

The importance of studies, researches and prevention about earthquakes have risen after destructive earthquakes in the world recently. The damages of earthquakes increase through vulnerability of urban and rural building stocks. The size of earthquakes and the negative structural features increase the damage amount. To know the properties of buildings to be negatively affected the seismic behavior of buildings under earthquakes are put forward to ensure more serious approaches to reduce the level of damage risk after earthquakes. In order to reduce the damages of the earthquakes, the performance of buildings needs to be determined at first.

The earthquake safety of existing buildings has gained considerable importance after earthquakes occurred in our country especially in the last 30 years. Performance based assessment methods have been widely used for existing reinforced concrete structures.

The height of the ground floor of the building has been constructed higher than normal levels for commercial purposes. In this study, the effect of changing ground floor height to performance of RC building was investigated. In this study, the ground floor height of RC building was selected such as 4m, 5m and 6m and performance calculations were made for these values.

The selected reinforced concrete frame building has four stories and each of normal story height is 3m. The material used in the structure is C30-S420. The reinforcements used in the beams and columns were selected as $\Phi 16$.

Columns were selected as 30*50cm, and beams were selected as 25*50cm. The transverse reinforcements (stirrups) used in both elements were selected as $\Phi 10/10$.

Maximum displacement values and deformation statuses calculated for the X and Y directions for each different ground floor height.

Static pushover analysis curves for X and Y directions for different ground floor height were obtained and compared.

Changing the height of the ground floor was increased the peak displacement value but structure base shear value was decreased.

The resulting values are compatible with the collapse mechanism caused by soft floor.

The size of earthquakes and the negative structural features have caused an increase in damage extent. Knowing the properties of buildings that have negatively effect to the seismic behaviour of buildings under earthquakes will be put forward to ensure more serious approaches to reduce the level of damage risk after earthquakes. Most of the damaged buildings have not been constructed according to national earthquake codes.

Knowing the reasons of earthquakes damage is important to minimize the probable economic and life loses. Recently modern disaster management emphasized not only disaster preparedness but also the importance of disaster prevention.

Negating buildings' earthquake vulnerability means to render them more durable in the case of a possible earthquake. In this context, the importance of building designers' compliance with the provisions of the regulations concerning building design gains prominence. In addition, after the design phase it is essential to conduct the required and adequate controls during the actual construction of buildings. In order to ensure that a project gains both technical and scientific significance, the sensitivity shown during the construction phase should be maintained throughout the whole process of the project.

Weak/soft storey formation should be avoided, earthquake forces should be carried by partitions and frequent stirrups should be used in each section of columns of the floors demonstrating such negative property.

Keywords: Soft story, weak story, floor height, earthquake, pushover curve, RC building