
Araştırma Makalesi / Research Article

Farklı Kat Adetlerine Sahip Betonarme Binaların Performans Değerlendirilmesi

Mesut ÖZDEMİR^{1*}, Ercan IŞIK², Mustafa ÜLKER³
¹Bitlis Eren Üniversitesi, TBMYO İnşaat Bölümü, Bitlis
²Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis
³Bitlis Eren Üniversitesi, TBMYO İnşaat Bölümü, Bitlis

Özet

Bu çalışmada, betonarme bir yapı için aynı kat planlı farklı kat adetlerine sahip bir binanın performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Seçilen betonarme bina salt çerçeve olarak seçilmiştir. Kat adedi olarak 3,4,5,6,7,8,9,10 ve 11 kat değişken parametre olarak seçilmiştir. Bu çalışmada yapıda bulunan kat adedinin farklılaşmasının, yapı performansına etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Her farklı kat adedi için yapı taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirme değerleri elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kat adedi, Performans, Betonarme.

Performance Evaluation of Reinforced Concrete Buildings with Different Story Numbers

Abstract

This study was conducted to evaluate performance of the same floor plan with different floor numbers of a building for a reinforced concrete structure. Selected reinforced concrete building was chosen as the only frame. As the number of floors, 3,4,5,6,7,8,9,10 and 11 was chosen as variable parameters. This study attempts to demonstrate the effect of structure performance within the structure floor number. Structure based shear force and peak displacement values were obtained for each different floor numbers, and the results were compared.

Keywords: Story number, Performance, Reinforced-concrete.

1. Giriş

Özellikle son yıllarda dünyamızda ve ülkemizde yaşanan şiddetli depremler ve bu depremlerin neden olduğu can ve mal kayıpları deprem konusunda yapılan araştırma ve gelişmelerin önemini bir kez daha gündeme getirmiştir. Deprem riski altındaki bir bölgede bulunan kusurlu bir yapı meydana gelebilecek bir depremde tehlikenin boyutunu arttıracaktır. Ayrıca, yapıların deprem karşısındaki savunmasızlığı arttıkça meydana gelebilecek hasar miktarı da artacaktır. Şiddetli depremlerde, yeterli düzeyde güvenliği sağlanmamış ve yönetmeliklerde belirtilen şartlara uygun yapılmayan yapılar oluşabilecek zararı doğrudan etkileyecektir. Türkiye genelinde mevcut binaların çok azı yönetmelik şartlarına uygun durumdadır bu nedenle geriye kalan yapılar gerekli emniyete sahip değildir [1]. Yapı hasarları yapıların özelliklerine göre değişmektedir ancak bu özelliklerin ortaya konması yapıların sınıflandırılması sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesine bağlıdır. Yapıların bir takım özellikleri meydana gelen hasarı yakından etkilemektedir [2].

Yapısal hasarlara sebep olan faktörlerden biri de yapının toplam kat adedidir. Daha önce yapılmış gözlem ve çalışmalarda betonarme binalarda kat adedi ile yapı hasarı arasında neredeyse doğrusal bir ilişki olduğu ortaya konmaktadır. Yapılarda kat adedinin artması ile kütle ve kütle etki kolunun artması sonucu deprem kuvvetleri artmaktadır. Eğer bu artış dikkate alınmadan yapıda yeter miktarda bir dayanım sağlanmamış ise yapı doğal olarak bir deprem anında hasar görecektir. Maalesef

* Sorumlu yazar: mozdemir@beu.edu.tr

Geliş Tarihi: 27.06.2016, Kabul Tarihi:25.11.2016.

ülkemizde yapılmış yapıların birçoğu deprem tasarımına uygun olmadığından kat adedi artıkça hasar oranı da artmaktadır.

Eğer tüm binalar deprem yönetmeliklerine uygun olarak yapılmış olsaydı böyle bir ilişki ortaya çıkmayacak, tüm binaların hasar düzeyleri kat sayısından bağımsız olarak yaklaşık bir benzerlik içinde olacaktır. Kat adedi Türkiye’de hasar derecesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir [3].

Kat adedi ile deprem hasarları arasında doğrudan bir ilişki bulunduğu açıktır. Literatürde kat adedinin yapı performansının hesaplanması ile ilgili doğrudan bir kaynağa rastlanmamıştır. Bu çalışmada kat adedi değişiminin yapısal performansı nasıl etkilediği ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla aynı kat planlı olmak üzere değişik kat adetlerine sahip betonarme bir yapının statik itme eğrileri elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucu elde edilen taban kesme kuvvetleri ile tepe yer değiştirmeler karşılaştırılarak öneriler getirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

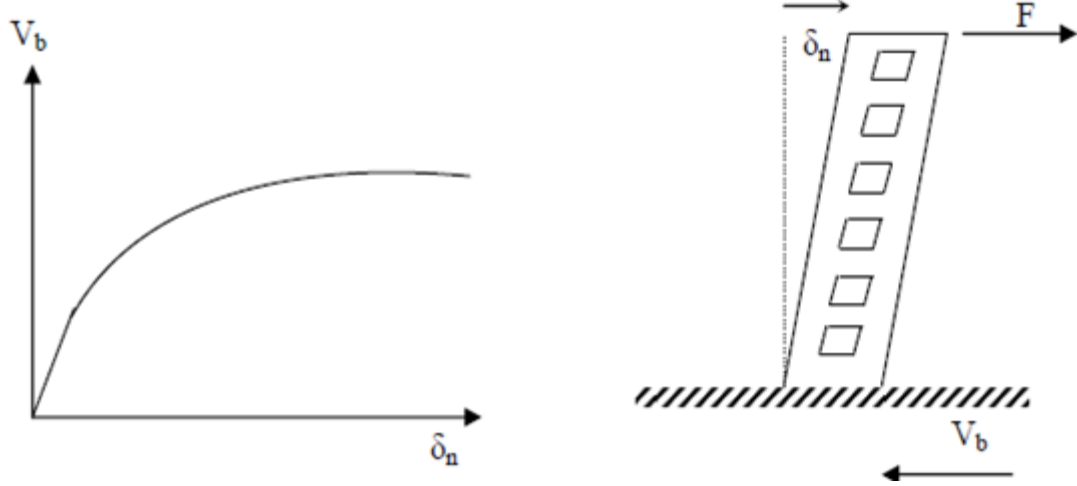
Betonarme binalarda yapısal hasar meydana getiren başlıca neden depremdir. Meydana gelen yapısal hasarlar orta ve şiddetli deprem sonrasında birçok nedene bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Deprem büyüklüğüne bağlı olarak binaların hasar görme olasılığı yapıların tasarım ve yapım sırasındaki gösterilen özene göre değişmektedir [4].

Performansa dayalı tasarım metodunda taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelebilecek hasar seviyeleri belirlenebilmektedir. Oluşan hasarların kabul edilebilir hasar limitleri altında kalıp kalmadığı kontrol edilebileceği gibi hasar limitleri çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanabilir [5,6,7].

Talep spektrumları bir yapının performansının belirlenmesinde kullanılırlar. Bu eğriler yapının, deprem hareketine, deprem süresince verdiği maksimum karşılığı göstermektedir [8]. Deprem istemi ve kapasitesi Performansa dayalı tasarımın iki temel parametresini oluşturmaktadır [9, 10]. Deprem istemi yapıya etkileyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir. Yapısal kapasite, statik itme veya kapasite eğrisi ile temsil edilirken bu eğri genellikle taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Yapı sistemi, sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanarak kapasite eğrisin elde edilir. Doğrusal olmayan statik yöntemin temel amacı, deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yer değiştirmelere ve özellikle maksimum plastik şekil değiştirmelere ilişkin deprem isteminin belirlenmesidir. Ayrıca, bu yöntem elde edilen istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesini amaçlamaktadır [11,12,13,14].

Modal kapasite diyagramının elde edilmesinde yapılacak ilk işlem, sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan statik itme eğrisi (pushover eğrisi) elde edilecektir.

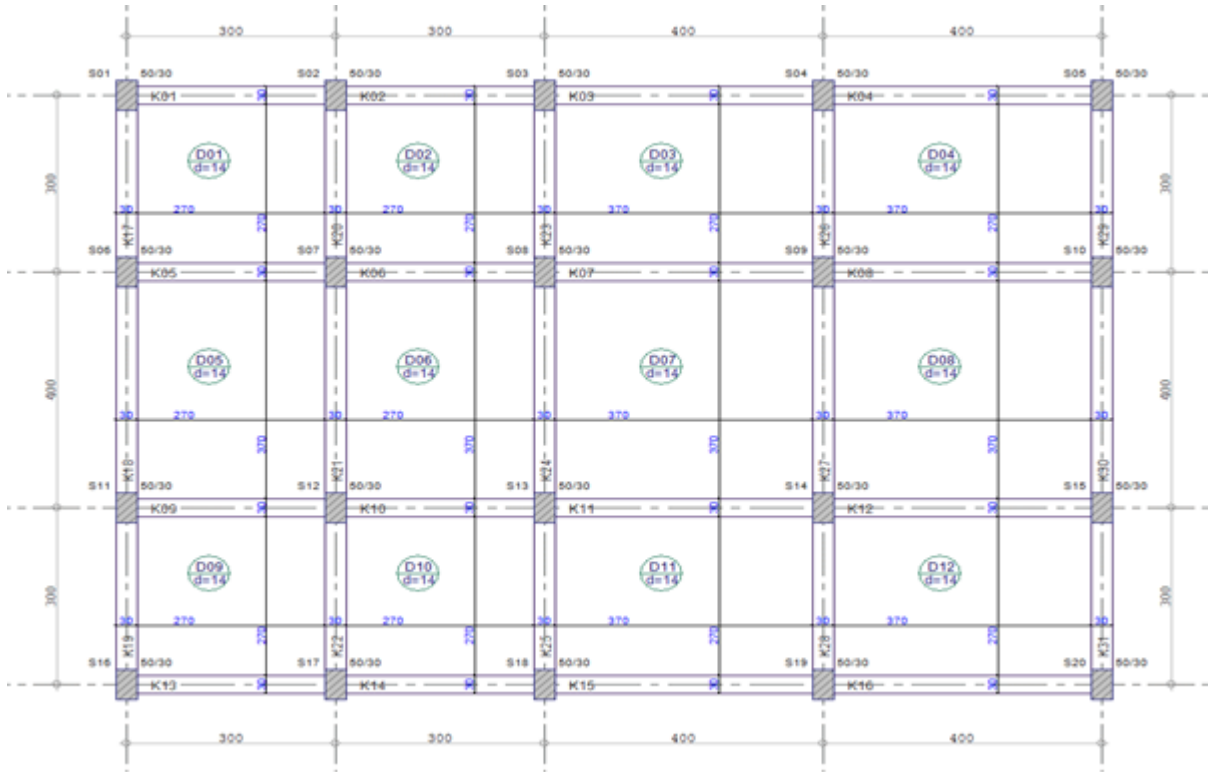
Statik itme eğrisi, bir yapının sıfır konumundan kararsız hale gelinceye kadar geçen süre içerisinde yapıya arttırılarak uygulanan yük etkisi altında taban kesme kuvvetlerine karşılık gelen çatı deplasman değerlerinin bir etkileşim diyagramı üzerinde kesişen noktaların geometrik olarak birleştirilmesi ile elde edilen diyagramdır (Şekil 1). Modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmesi ve yapının maksimum elastik ötesi yerdeğiştirme kapasitesinin hesaplanması ile statik itme eğrileri anlam kazanır.



Şekil 1. Statik itme eğrisi [15]

3. Bina Özellikleri

Bu çalışmada örnek olarak farklı kat adetlerine sahip betonarme bir yapı seçilmiştir. Kat adedinin değişken olarak seçildiği yapıya ait kalıp planı Şekil 2’de gösterilmiştir.



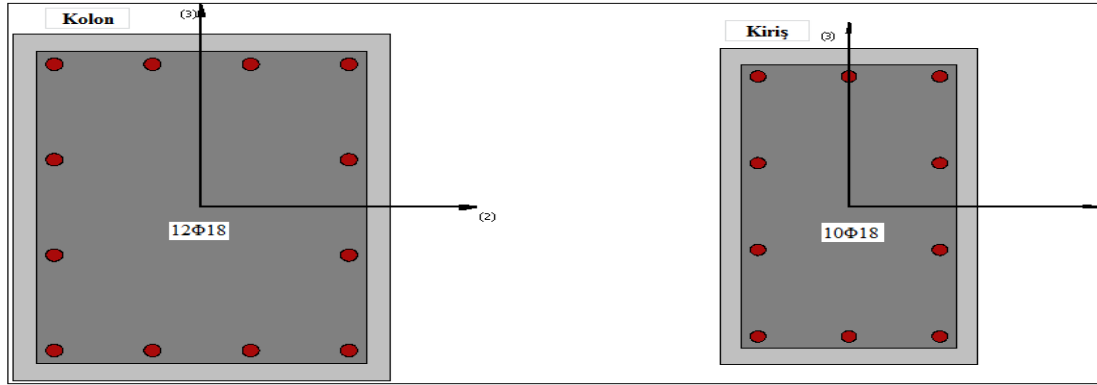
Şekil 2. Seçilen örnek yapı için kat kalıp planı

Betonarme çerçeveyi oluşturan kolon ve kirişler kat adedine göre değişken olarak seçilmiştir. Seçim yapılan kolon ve kiriş boyutlarının kat konumlarına göre değişimi Tablo 1’de verilmiştir. Kolon ve kiriş elemanları donatı malzemesi S420 ve donatılar $\Phi 18$ olarak seçilmiştir. Enine donatı olarak $\Phi 10/10$ seçilmiştir.

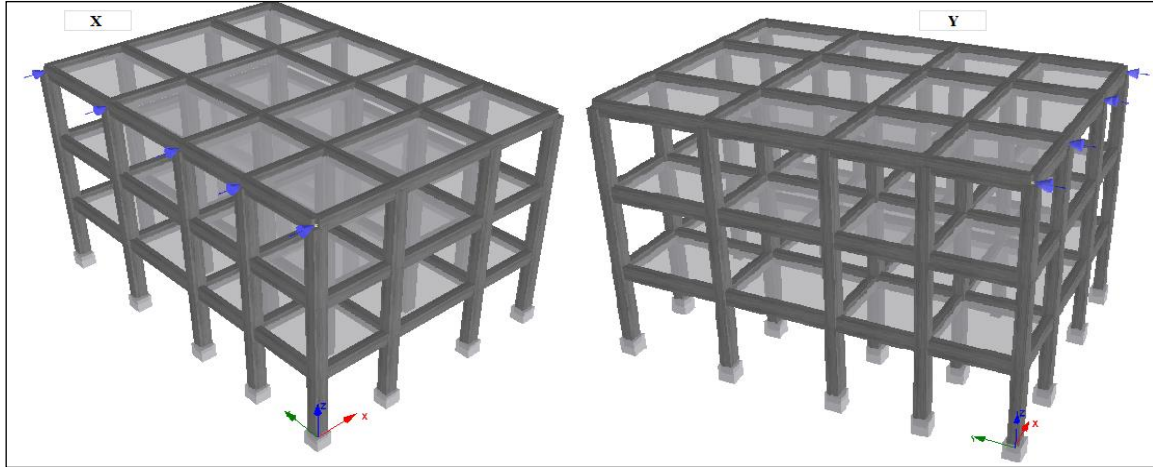
Tablo 1. Çalışmada seçilen kolon ve kiriş boyutları

Kat konumu	Kolon (cmxcm)	Kiriş (cmxcm)
3, 4 ve 5. katlar	40x50	30x50
6, 7 ve 8. katlar	50x60	30x55
9,10 ve 11. katlar	60x70	30x60

Yapıda kullanılan kolon ve kiriş en kesitleri Şekil 3'te verilmiştir.

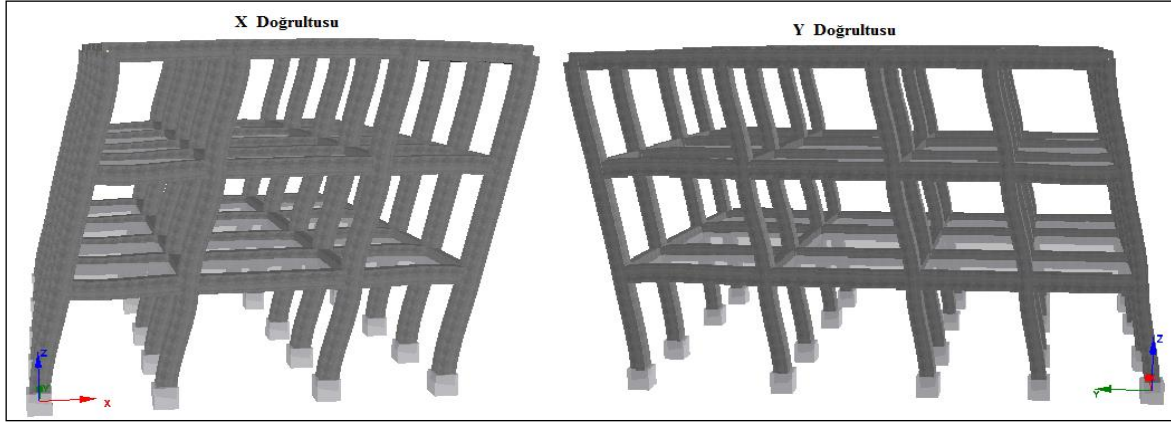
**Şekil 3.** Çalışmada kullanılan kolon ve kiriş en kesitleri

Seçilen betonarme yapıda tüm kat yükseklikleri eşit ve 3m olarak seçilmiştir. İncelenecek her yapının analizi Seismostruct yazılım programında yapılmıştır [16].Yazılım programından elde edilen üç boyutlu model ve uygulanan yükler Şekil 4'te gösterilmiştir.

**Şekil 4.** Yapının üç boyutlu modeli ve uygulanan yükler

4. Bulgular ve Tartışma

X ve Y doğrultuları için maksimum tepe yer değiştirme değerleri ve deformasyon durumları her bir farklı kat adedi için ayrı ayrı hesaplanmış ve bu değerler için örnek olarak 3 katlı örnek yapı için elde edilen sonuçlar Şekil 5'te gösterilmiştir.



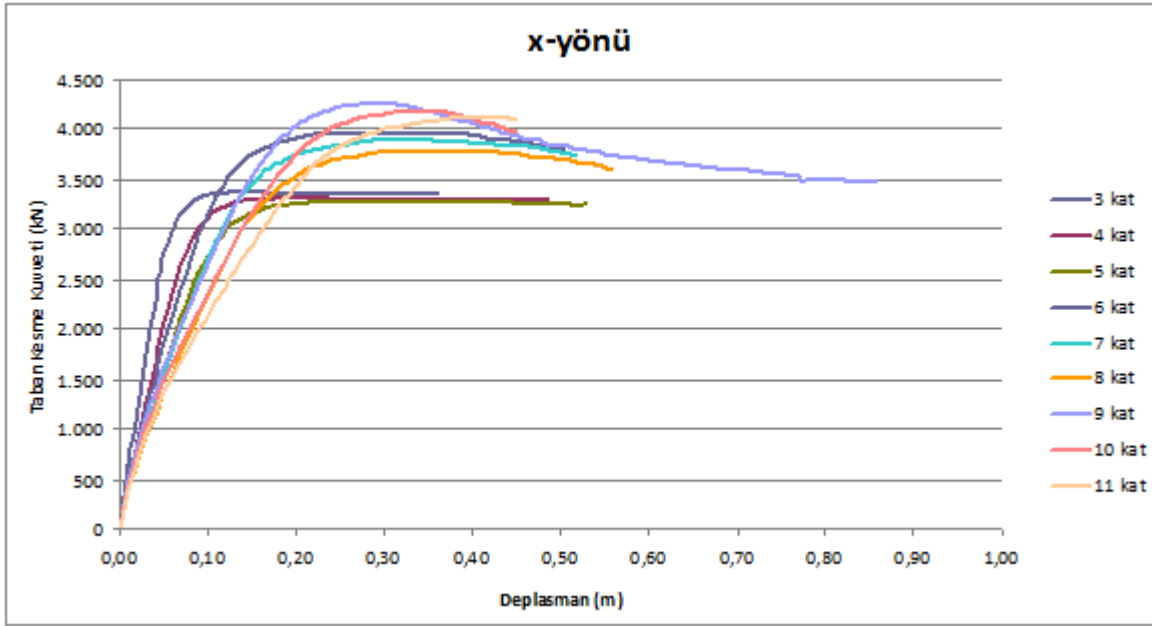
Şekil 5. 3 katlı örnek yapı için deformasyon durumu

Çalışmada seçilen her bir kat adedi için yazılım programından elde edilen sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

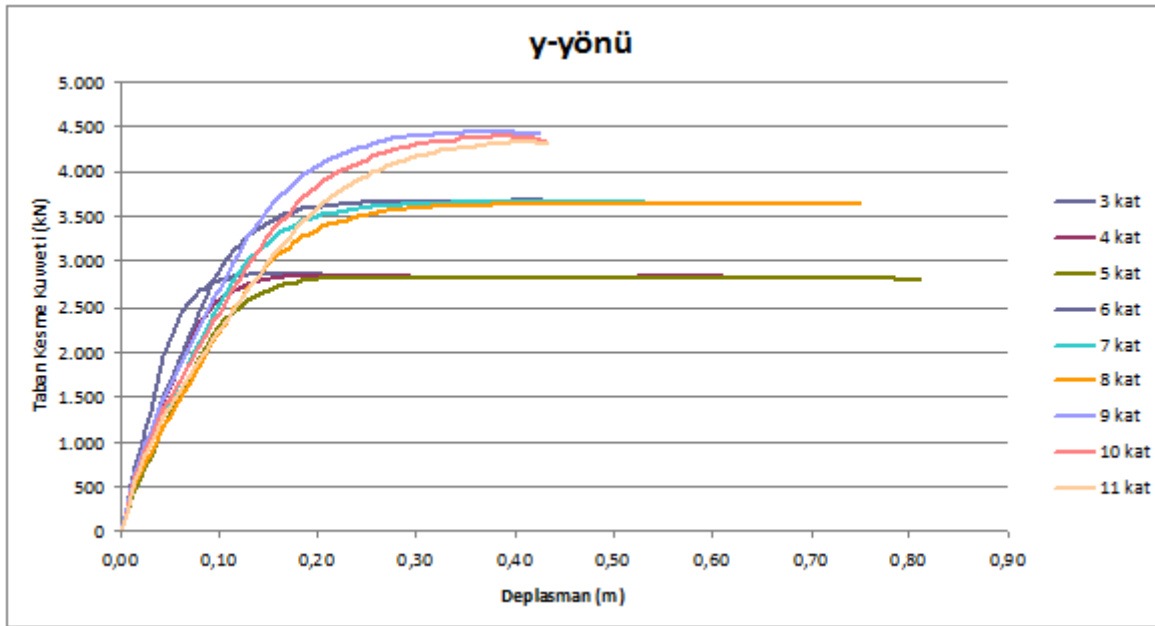
Tablo 2. Analiz sonuçlarından elde edilen değerler

Kat Adedi	X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yerdeğiştirme (m)	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yerdeğiştirme (m)
3	3347	0.36	2840	0.28
4	3290	0.48	2837	0.61
5	5253	0.53	2786	0.81
6	3606	0.50	3683	0.43
7	3737	0.52	3659	0.53
8	3800	0.56	3638	0.75
9	3471	0.44	4414	0.42
10	3970	0.45	4343	0.43
11	4101	0.45	4297	0.44

Kat adedinin 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 kat adetleri için X yönü statik itme eğrileri



Şekil 7. Farklı kat adetleri için Y yönü statik itme eğrileri

4. Sonuç ve Öneriler

Yapıların yüksekliği, yapıların depreme karşı dayanıklılıklarının belirlenmesinde dikkate alınması gereken unsurlardan biridir. Yapı yüksekliği yapıyı meydana getiren katların toplam yüksekliğidir. Bu çalışmada kat adedi değişken olarak seçilmiştir.

Çalışmada betonarme binalar için kat adedi değişiminin yapısal performansı nasıl etkilediği ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, salt çerçeve olan örnek bir betonarme yapı seçilmiştir. Kolon boyutları kat adetlerinin değişimine göre değişken olarak seçilmiştir. Bu amaçla 3,4,5,6,7,8,9,10 ve 11 katlı değerler değişken olarak seçilmiştir. Çalışmada ayrıca performansa dayalı değerlendirme ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Çalışmada kullanılan değişkenler yardımı ile yazılım programından analiz sonuçları elde edilmiş olup sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kolon boyutlarının değiştiği katlarda, kat adedinin artması ile X doğrultusunda taban kesme kuvveti ile yer değiştirme miktarları artmıştır. Y doğrultusunda ise kat

adedinin artması ile kolon boyutlarının değiştiği katlarda taban kesme kuvveti azalırken tepe yer değiştirme değerleri artmıştır. Her iki doğrultuda farklı sonuçların elde edilmesi seçilen kolonların doğrultuları ile alakalıdır.

Yapı hasarlarının en önemli nedenlerinden biri kat adedidir. Özellikle depremlerden dolayı yapı hasarları bunun en güzel belirtisidir. Herhangi bir betonarme yapı tasarımı yapılırken kat adedi gelişigüzel seçilmemelidir. Seçilen kat adetleri için hesaplamalar hassasiyetle yapılmalıdır. Kat sayısı attıkça daha az kat yüksekliği ve kat sayısı olan yapılara göre daha az taban kesme kuvvetine karşı koyabilmektedir. Kat yüksekliği ve kat sayısı az olan yapılara karşın fazladan yapmış olduğu deplasman miktarı ise toplam bina yüksekliğindeki değişimle orantılıdır.

X yönünde en büyük taban kesme kuvveti değeri 5 katlı betonarme bina için elde edilmiş iken Y yönünde en büyük taban kesme kuvveti değerine 9. katlı yapıda ulaşılmıştır. Taban kesme kuvveti ile tepe yer değiştirme arasındaki ilişki kolon ve kiriş boyutlarının değiştiği katlarda değişiklik göstermektedir. Kolon ve kiriş boyutlarının aynı olduğu yapılarda kat adedinin artması ile birlikte taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirme değerleri artmıştır. Kat adedi seçimi yapılırken taşıyıcı sistemi meydan getiren eleman boyutlarının da hassasiyetle seçilmesi gerekmektedir.

Yapı kütlesi sabit tutularak, rijitlik arttıkça periyot azalmaktadır. Tasarımı yapılan yapının zemin hakim periyodunu dikkate alarak, yapı rezonansa getirecek periyot oluşturacak rijitlik değerinden kaçınmak gerekmektedir. Taşıyıcı sistemin rijitliğine bağlı olarak, yapı periyodu azaltılabilir ve ya artırılabilir. Bu durum göz önüne alındığında periyodu büyük olan zeminler üzerinde rijit yapıların, küçük olan zeminler üzerinde ise esnek yapıların inşa edilmesi rezonans oluşmaması açısından uygun olacaktır.

Kat sayısının artması durumlarında yapının rijitliğini artıracak önlemler alınması gerekmektedir. Rijitliğin artması ile yapı periyodu aşağı seviyelere çekilmiş olacaktır. Bunun sonucu olarak yapılardan beklenen yeterli rijitlik sağlanmış olacaktır. Bunu sağlamanın yollarından biri betonarme perde duvarların her iki doğrultuda yeterli seviyede kullanılmalısı ile gerçekleşir. Ancak gereğinden fazla perde kullanımının burulma düzensizliği oluşturacağı unutulmamalıdır.

Kaynaklar

1. Işık E. Özlük M.H. Demir E. Bilici H. 2012. 23.10.2011 Van Depreminin Adilcevaz İlçesindeki Etkilerinin Gözleme Dayalı İncelenmesi, Bitlis, Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1(1), 1-10.
2. Şengezer B. 1999. 13 Mart 1992 Erzincan Depremi Hasar Analizi ve Türkiye’de Deprem Sorunu. Y.T.Ü. Basın Yayın Merkezi.
3. Sucuoğlu H. 2007. Kentsel Yapı Stoklarında Deprem Risklerinin Sokaktan Tarama Yöntemi İle Belirlenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 267-284.
4. Celep Z.. Kumbasar N. 2007. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
5. Aydınoglu 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.
6. Doran B. Akbaş B. Sayım İ. Fahjan Y. Alacalı S.N. 2011.Uzun Periyotlu Bir Yapıda Yapısal Sağlık İzlemesi ve Deprem Performansının Belirlenmesi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim, ODTÜ.
7. Kutanis M. Boru O.E. 2014. The Need for Upgrading the Seismic Performance Objectives, Earthquakes and Structures, 7(4), 401-414.
8. İlki A. Celep, Z. 2011. Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara, Turkey, October.
9. Özer E. 2007. Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme, ITU, Lectures Notes.

10. Fajfar P. 1999. Capacity Spectrum Method Based on Inelastic Demand Spectra. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 28(9), 979-993.
11. Chopra A.K. Goel R.K. 2002. A Modal Pushover Analysis Procedure For Estimating Seismic Demands For Buildings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 31(3), 561–582.
12. Freeman S.A. 1998. The Capacity Spectrum Method As a Tool for Seismic Design. In *Proceedings of the 11th European Conference On Earthquake Engineering* (6-11).
13. Arısoy B. 2010. Yapısal Özellikleri Farklı BA Binaların Performansa Dayalı Analizi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 25(3), 431-439.
14. 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
15. Çağlar N. Öztürk H. Demir A. Akkaya A, 2014. TDY2007'ye Göre Tasarlanmış Betonarme Bir Yapının Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi. *ISITES2014*, Karabük.
16. SeismoStruct v6.5 2016. –A Computer Program for Static and Dynamic Nonlinear Analysis of Framed Structures. Seismosoft,