



The Relationship Between Storey Height And Reinforcement Ratio In Reinforced Concrete Buildings

Moneef Mazen Al-Alie^{*1}

¹Independent Civil Engineer, Sana, Yemen.
Corresponding Author: moneefmazen50@gmail.com

Keywords:

Floor height and reinforcement ratio reinforced concrete buildings

Abstract

It is known that as the storey height increases, the forces acting on the building elements increase. In reinforced concrete structures; Steel rods carry a significant part of the forces acting on the elements. The aim of this study is to investigate the relationship between floor height and reinforcement ratio. In this study, a 6-storey residential building is discussed. Element dimensions were kept constant and analyzed for different floor heights. In the results of the working; It is observed that there is a very close relationship between the increase in the floor height and the reinforcement ratio in the sample structure.

Betonarme Binalarda Kat Yüksekliği İle Donatı Oranı İlişkisi

Anahtar Kelimeler;

Kat yüksekliği donatı ilişkisi
Betonarme Yapılar

Özet

Yapılarda kat yüksekliği arttıkça yapı elemanlarına etki eden kuvvetlerin de arttığı bilinmektedir. Betonarme yapılarda eleman kuvvetlerinin önemli bir kısmı donatı ile karşılanmaktadır. Bu çalışmanın amacı; betonarme yapılarda kat yüksekliği ile donatı oranı arasındaki ilişkiyi araştırmaktır. Çalışma kapsamında 6 katlı betonarme bir konut binası ele alınmıştır. Eleman boyutları sabit tutularak farklı kat yükseklikleri için analizler tekrarlanmıştır. Çalışma sonucunda; örnek yapıda kat yüksekliği artışı ile donatı oranı artışı arasında doğrusala çok yakın bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

1 GİRİŞ

Yapılarda çeşitli sebeplerle farklı kat yükseklikleri tercih edilmektedir (Demir ve Dönmez, 2008; Mallika, 2016; Fajfar, 1999). Karkas yapılar için kat yüksekliğinin artması kolonların serbest yüksekliğinin artması anlamına gelir (Mallika, 2016). Bu durumda kolon uçlarına etki eden eğilme momentlerinde önemli artışlar olacaktır (Mallika, 2016; Fajfar, 1999). Bu durum bütün taşıyıcı sistemler için benzer etkilere sebep olacaktır fakat çalışmanın sınırlandırılması için bu makale sadece betonarme kolonlar üzerine yoğunlaşmıştır.

Betonarme taşıyıcı sistemler yapı mühendisliğinde en yaygın tercih edilen sistemlerdendir. Betonarme yapı elemanlarına dair hesaplarda; donatı çeliği ile beton arasında bir iş paylaşımı olduğu kabul edilir. Bu paylaşım her eleman için farklıdır ve donatıların konumlarına buna göre karar verilir. Günümüzde statik hesaplar ekseriyetle paket programlar yardımıyla yapıldığından bu programlarda kullanılan çözüm yolunu dikkate almak gerekir. Paket program ile çözüm yaparken genellikle eleman boyutları sabit tutularak programın donatı oranı ve donatı miktarına karar vermesi istenir.

Makalenin araştırma konusuna dönülecek olursa; kat yüksekliğindeki artışın kolon momentlerine etkimesi ve kolon momentlerini de önemli ölçüde kolon boyuna donatılarının taşınması nedeniyle kat yüksekliği ile kolon donatı oranı arasında matematiksel bir ilişki olması muhtemeldir. Elbetteki bu ilişki kolon boyutları, kat sayısı, kolonların yerleşimi, yükleme durumu, donatıların yerleşimi gibi bir çok parametreye bağlı olarak farklılık gösterebilir. Bütün bu parametreleri göz önünde bulundurmak çok daha kapsamlı bir çalışmanın konusu olmakla birlikte bir başlangıç çalışması olarak temel bir ilişki yakalamak istenmiştir. Bu nedenle uygulama binası olarak; bütün elemanları sabit boyutlarda 6 katlı ve 4 açıklıklı simetrik bir yapı ele alınmıştır.

2 YÖNTEM

Betonarme bir yapıda kat yüksekliğinin artırılması statik olarak en çok kolonların etkilenmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle donatı oranı karşılaştırması sadece zemin kat kolonlarında yapılmıştır. Betonarme kolonların hesap ve tasarımında altı farklı kuvvet dikkate alınır. Bunlar sırasıyla; aksel basınç kuvveti, X akseni etrafında etkiyen eğilme momenti, Y akseni etrafında etkiyen eğilme momenti, X akseni yönünde etkiyen kesme kuvveti, Y akseni yönünde etkiyen kesme kuvveti ve burulma momentidir. Simetrik bir yapıda bu kuvvetlerden en kritik olanlar aksel kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvvetleridir.

Taşıyıcı sistem kolonlara etkiyen aksel kuvvetlerin eleman liflerine basınç gerilmesi oluşturacak şekilde tasarlanır. Kolona etkiyen basınç gerilmelerini beton ve donatı birlikte karşılar kesme kuvvetleri beton ve sargı donatıları ile karşılanır (Doğangün, 2018).

Kolonlarda normal kuvvet etkisi azaldıkça eleman eğilme etkisinde çalışır ve belli bir normal kuvvet değerinin altında kırış davranışı sergiler (Ersoy ve Özcebe, 2016). Moment etkisi altında zorlanan kesitlerin sünek bir kırılma göstermesi beklenir (Celep, 2018). Normal kuvvetin yüksek değerleri içinse kırılma aksel kuvvet etkisi ile ve gevrek olacaktır. Gevrek kırılmayı önlemek için kolonlarda denklem 1 ve denklem 2'deki sınırlamalar getirilmiştir (TS500, 2000; TBDY, 2018).

$$N_d \leq 0.9 \cdot f_{cd} \cdot A_c \quad (1)$$

$$N_d \leq 0.4 \cdot f_{ck} \cdot A_c \quad (2)$$

Burada N_d ; kolona etkiyen aksel kuvveti, f_{ck} ; betonun karakteristik basınç dayanımını, f_{cd} ; betonun hesap basınç dayanımını, A_c ; kolonun kesit alanını ifade etmektedir.

Uygulamada kolonlara basınç ve eğilme kuvvetleri birlikte etkiğinden birleşik eğilme etkisi altındaki kolonların davranışını modelleyerek boyutlandırma ve donatı seçimi yapmak gerekir. Bu durumda kolonda oluşacak moment denklem 3'teki gibidir (Doğangün, 2018).

$$M_d \leq N_d \cdot e \quad (3)$$

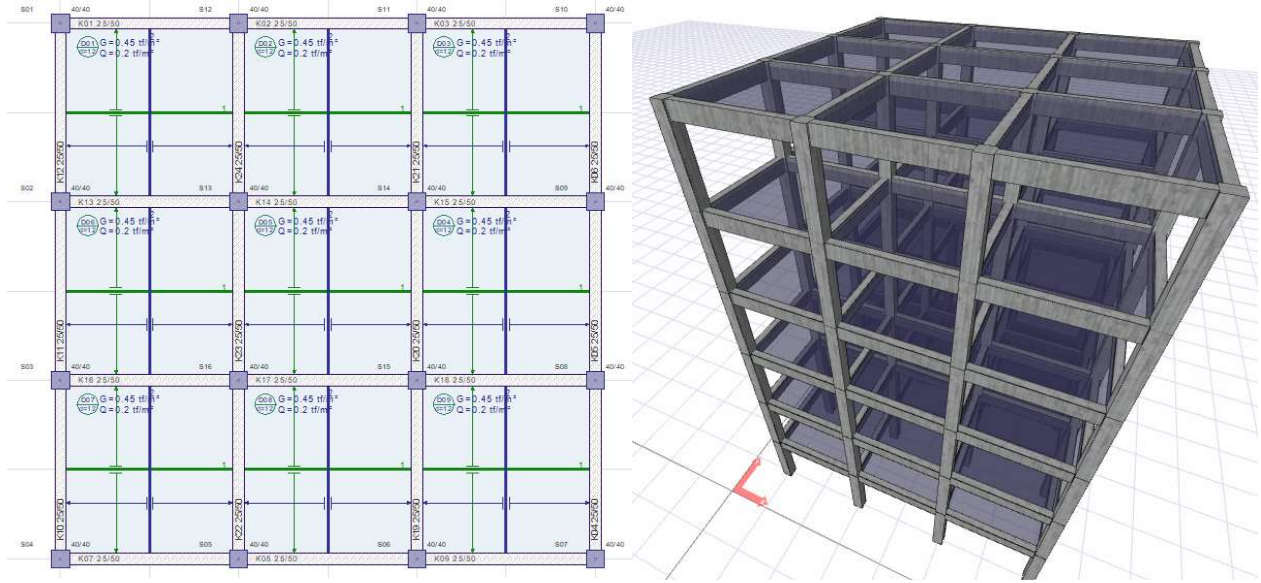
Burada M_d ; kesite etkiyen momenti, e ; tarafsız eksene olan uzaklığı ifade eder.

Gerilme ve donatı hesapları betonarme tasarımın en temel konuları arasında yer aldığından bu çalışmada ayrıntılı olarak yer verilmemiştir. Çalışmada kullanılan kolonların donatı çap ve adetlerine karar verirken; karşılaştırma yapabilmek amacıyla minimum donatı oranı 0,01'e en yakın donatı çap ve adetleri tercih edilmiştir (TS500, 2000; TBDY, 2018).

3 UYGULAMA

Uygulama binası olarak bütün kat planları birbirinin aynısı olan 6 katlı simetrik bir yapı tasarlanmıştır. Örnek yapı; yatay ve düşeyde 5'er metre aralıklarla yerleştirilmiş 4'er kolondan (4x4=16 kolon) oluşmaktadır. Yapının kat planı ve 3 boyutlu katı modeli şekil 1'de görülmektedir.

The Relationship Between Storey Height And Reinforcement Ratio In Reinforced Concrete Buildings



Şekil 1'deki yapı Türk Standardı 500 ve Türk Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre analiz edilmiştir (TS500, 2000; TBDY, 2018). Yapının bina önem katsayısı; $I=1$, S_{DS} değeri 1.00, zemin sınıfı; ZD, beton sınıfı; C30/37 ve donatı sınıfı; B420C olarak hesaba dahil edilmiştir.

Kat yüksekliği ile kolonların donatı oranı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla ilk varyasyonda kolon boyutları 40cmx40cm seçilmiştir. Kat yüksekliği 2.80m'den başlayarak 4.00m'ye kadar 10'ar cm artırılarak örnek yapı 13 kez analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 1'de görüldüğü gibi bulunmuştur.

Tablo 1. Kolon Boyutlarının 40cmx40cm Değeri İçin Örnek Yapıda Kat Yüksekliğine Bağlı Donatı Oranları

Kat Yüksekliği (cm)	Donatı	Donatı Oranı (%)	Gerekli Donatı Oranı (%)
280	18 Ø 14	1.42	0.15
290	18 Ø 14	1.42	0.16
300	18 Ø 14	1.42	0.16
310	18 Ø 14	1.42	0.16
320	18 Ø 14	1.42	0.16
330	18 Ø 14	1.42	0.16
340	18 Ø 14	1.42	0.17
350	18 Ø 14	1.42	0.17
360	18 Ø 14	1.42	0.17
370	18 Ø 14	1.42	0.18
380	18 Ø 14	1.42	0.18
390	18 Ø 14	1.42	0.18
400	18 Ø 14	1.42	0.19

Tablo 1'de görüldüğü gibi kat yüksekliğindeki artış; kolonlarda kullanılan donatı miktarını ve buna bağlı olarak kullanılan donatının beton alanına oranını değiştirmemiştir. "Statikçe gerekli porsantaj" olarak ifade edilen ve kesitin üzerindeki kuvvetlere karşı koyabilmesi için ihtiyacı olan minimum gerekli donatı oranı ise 2.80m'den 4.00m kat yüksekliğine kadar yaklaşık %27'ye varan bir artış göstermiştir.

İkinci varyasyonda örnek binanın kolon boyutları 45cmx45cm seçilmiş ve aynı prosedür tekrarlanmıştır. 5'er cm artırılmış kolon boyutları için sonuçlar Tablo 2'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Tablo 2. Kolon Boyutlarının 45cmx45cm Değeri İçin Örnek Yapıda Kat Yüksekliğine Bağlı Donatı Oranları

Kat Yüksekliği (cm)	Donatı	Donatı Oranı (%)	Gerekli Donatı Oranı (%)
280	18 Ø 14	1.22	0.23
290	18 Ø 14	1.22	0.24
300	18 Ø 14	1.22	0.24
310	18 Ø 14	1.22	0.24
320	18 Ø 14	1.22	0.25
330	18 Ø 14	1.22	0.25
340	18 Ø 14	1.22	0.26
350	18 Ø 14	1.22	0.26
360	18 Ø 14	1.22	0.27
370	18 Ø 14	1.22	0.27
380	18 Ø 14	1.22	0.28
400	18 Ø 14	1.22	0.29

Tablo 2’de görüldüğü gibi ikinci varyasyonda da kat yüksekliğindeki artış; kolonlarda kullanılan donatı miktarını ve donatı oranını değiştirmemiştir. Gerekli donatı oranı kat yüksekliği arttıkça 0,023’den 0,029’a kadar yaklaşık %26’ya varan bir artış göstermiştir.

Üçüncü ve son varyasyonda örnek binanın kolon boyutları 50cmx50cm seçilmiş ve aynı prosedür tekrarlanmıştır. Artırılmış kolon boyutları için sonuçlar Tablo 3’de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3. Kolon Boyutlarının 50cmx50cm Değeri İçin Örnek Yapıda Kat Yüksekliğine Bağlı Donatı Oranları

Kat Yüksekliği (cm)	Donatı	Donatı Oranı (%)	Gerekli Donatı Oranı (%)
280	18 Ø 14	1.11	0.35
290	18 Ø 14	1.11	0.36
300	18 Ø 14	1.11	0.36
310	18 Ø 14	1.11	0.36
320	18 Ø 14	1.11	0.37
330	18 Ø 14	1.11	0.37
340	18 Ø 14	1.11	0.37
350	18 Ø 14	1.11	0.38
360	18 Ø 14	1.11	0.38
370	18 Ø 14	1.11	0.39
380	18 Ø 14	1.11	0.39
400	18 Ø 14	1.11	0,40

Tablo 3’de yer alan üçüncü varyasyondaki değerlere göre kat yüksekliğindeki artış yine kolonlarda kullanılan donatı miktarını ve donatı oranını değiştirmemiştir. Kat yüksekliği 280cmm’den 290cm’ye 10cm artırıldığında gerekli donatı oranı 0.035’den 0.036’ya yaklaşık %3’lük bir artış göstermiştir. Sonraki 2 artırımda donatı oranı sabit kalmıştır. Kat yüksekliği 3.10m’den 3.20 metreye çıkarıldığında gerekli donatı oranı; başlangıçtaki değer yaklaşık %6 fazlası olmuştur. Bu artış 4 metre kat yüksekliği için başlangıçtaki değer %14 fazlası olarak gerçekleşmiştir.

3. SONUÇ

Bu makalede betonarme taşıyıcı sistemli binalarda kat yükseklikleri ile kolon donatıları arasında matematiksel bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla 2.80m sabit kat yüksekliği olan 6 katlı örnek yapı düşey yükler altında statik analize tabi tutulmuştur. Örnek yapının kat yükseklikleri 2.80m'den başlayarak mevcut donatı oranı yetersiz kalana kadar 10cm'lik aralıklarla artırılarak analizler tekrarlanmıştır. Analizlerin tutarlılığını ölçmek amacıyla kolon boyutları değiştirilerek 40/40, 45/45 ve 50/50 olmak üzere 3 farklı kolon boyutunda analizler bir kez daha tekrarlanmıştır.

Bölüm 2'de tablolar halinde verilen sonuçlar incelendiğinde; sadece düşey yük etkileri dikkate alınır; kat yüksekliğinin donatı oranına önemli bir etkisinin olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Ortalama değerler hesaplandığında; kat yüksekliğinin %25 artırılması statikçe gerekli donatı oranını %12.5, kat yüksekliğinin %50 artırılması ise statikçe gerekli donatı oranını yaklaşık %20 artırmaktadır. Düşey yükler altında; aralarında doğrusal olmamakla birlikte doğrusala yakın bir ilişki bulunmaktadır. Fakat belirtilen değerler kat yüksekliği için oldukça anlamlı artışlardır. Bu derece büyük kat yüksekliği artışları için gerekli donatı oranındaki değişim küçük düzeylerde kalmıştır.

Betonarme yapı tasarımında olası deprem etkileri gibi yatay kuvvetlerin de dikkate alınması gerekir. Yatay kuvvet etkileri devreye girdiğinde kat yüksekliğindeki artışların çok daha kritik olacağı düşünülmektedir. Benzer bir çalışmanın farklı yapı tipleri göz önüne alınarak yatay yük etkileri altında ele alınması halinde daha farklı sonuçlar elde edilmesi muhtemeldir.

Referanslar

Çelep, Z. (2018). Betonarme Yapılar, *Beta Basım Yayım*, ISBN: 9759540548

Demir, A., Dönmez, D. (2008). Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğine Etki Eden Faktörler, *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 4.1, p:31. ISSN 1305-1385

Doğangün, A. (2018). Betonarme yapıların hesap ve tasarımı – Deprem Yönetmeliği 2018'e Uygun, *Birsen yayınevi*,. ISBN:978-975-511-310-X

Ersoy, U., Özcebe, G. (2016). Betonarme – Temel İlkeler, *Evrin Basım Yayın Dağıtım*, ISBN: 9755032337

Fajfar, P (1999). Capacity spectrum method based on inelastic demand spectra, *Earthquake Eng. Struc. Dyn.* 28(9), 979-993.

Mallika, A. (2016). Study On Effect Of Storey Height On The Seismic Performance Of Tall Braced Buildings, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Volume: 05 Special Issue: 02, p: 37-41. eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308. Available: <http://www.esatjournals.org>

TS 500, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartlar Enstitüsü*, 22-24.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, (2018). *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Ankara.