

KOLONLARI ÜSTTEN MAFSALLI BİNALARDA DEPREM HESABI

Prof. Dr. Günay ÖZMEN

1. Giriş

Kolonları üstten mafsallı binaların deprem etkileri bakımından olumsuz nitelikte oldukları bilinmektedir. Kolonları deprem etkileri altında, “Ters Sarkaç” biçiminde davranan bu tür binalarda süneklik düzeyi oldukça düşük düzeyde olmaktadır. Nitekim bu özellik göz önünde bulundurularak, 6 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe giren yeni “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” (DBYBHY) esaslarında “Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar” için, R “Taşıyıcı sistem davranış katsayısı” 3 olarak verilmiştir, [1]. Bu değer kolonlardaki ters sarkaç davranışını göz önüne alan yeterli güvenlikte bir değer olduğu söylenebilir.

Uygulamada bazı çok katlı yapıların üst kat kolonları da üstten mafsallı olabilmektedir (**Şekil 1**).

Bu tür binaların deprem hesabına ilişkin koşullar DBYBHY Madde 2.5.5.3'te belirtilmiş bulunmaktadır. Ancak söz konusu maddenin yazım biçiminin uygulamada bazı güçlüklerle yol açabilecek nitelikte

olduğu görülmektedir. Bu yazıda bu maddede belirtilen hesap düzeyinin açıklığa kavuşturulması ve uygulayıcılara yol gösterecek biçimde basitleştirilmesi amaçlanmıştır.

2. Üst Kat Kolonları Üstten Mafsallı Binalar

DBYBHY’te üst kat kolonları üstten mafsallı binaların deprem hesabı ile ilgili olarak verilen madde aşağıdaki biçimdedir:

2.5.5.3 - Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerin, yerinde dökme betonarme, prefabrikte veya çelik binalarda en üst kat (çatı katı) olarak kullanılması durumunda, en üst kat için tanımlanan R katsayısı ($R_{üst}$) ile alttaki katlar için farklı olarak tanımlanabilen R katsayısı (R_{alt}) aşağıdaki koşullara uyulmak kaydı ile, bir arada kullanılabilir.

(a) Başlangıçta deprem hesabı, binanın tümü için $R = R_{alt}$ alınarak yapılacaktır. Azaltılmış ve etkin görelî kat ötelemeleri, binanın tümü için bu hesaptan elde edilecektir.

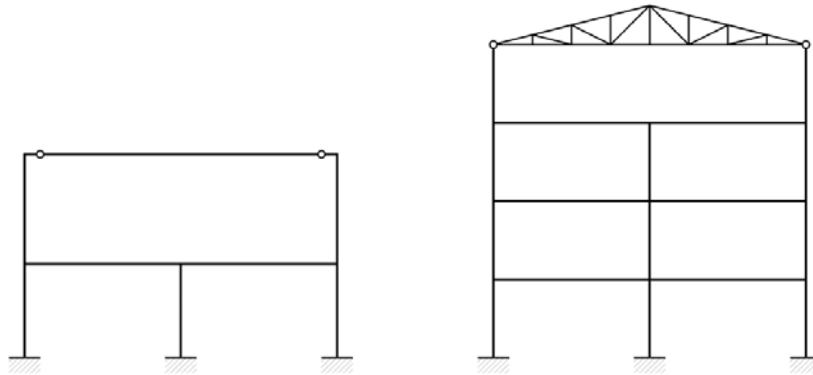
(b) En üst katın iç kuvvetleri, (a)’da hesaplanan iç kuvvetlerin ($R_{alt}/R_{üst}$) oranı ile çarpımından elde edilecektir.

(c) Alttaki katların iç kuvvetleri ise iki kısmın toplamından oluşacaktır. Birinci kısım (a)’da hesaplanan iç kuvvetlerdir. İkinci kısım ise, (b)’de en üst kat kolonlarının mesnet reaksiyonları olarak hesaplanan kuvvetlerin ($1 - R_{üst}/R_{alt}$) ile çarpılarak alttaki katların taşıyıcı sistemine etki ettirilmesi ile ayrıca hesaplanacaktır.

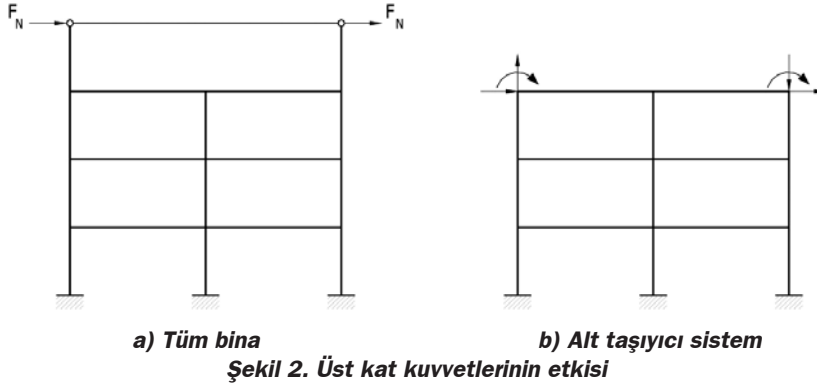
Görüldüğü gibi önce binanın tümü için, bir R_{alt} katsayısı hesaplanmakta ve yerdeğiştirmelerin hesabında bu katsayı kullanılmaktadır. Daha sonra, en üst kat kolonlarındaki ters sarkaç özelliğini göz önüne almak amacı ile, bu kolonlara ait iç kuvvetler büyütülmektedir. Son olarak üst kat kolonlarındaki büyütülmüş iç kuvvetlerin alttaki katlara etkisi göz önüne alınmaktadır. Mantıklı bir yaklaşım olarak nitelendirilebilecek olan bu yaklaşımın önemli bir sakıncası iki ayrı sistem kullanma zorunluluğudur. Bu da uygulamada yükleme birleştirilmesi ve boyutlandırma işlemlerinin el ile yapılmasını içeren uzun, yorucu ve hatalara yol açabilen bir süreç karşı gelir. Aşağıda iki ayrı sistem kullanmadan basit bir yolla yönetmelikte öngörülen koşulların nasıl sağlanabileceği açıklanacaktır.

2.1. Tek Sistem Kullanılması

FN üst kat kuvvetlerinin etkisinde bulunan kolonlarının üst uçları mafsallı bir sistem **Şekil 2a**'da gösterilmiştir.



Şekil 1. Üst kat kolonları üstten mafsallı binalar



Yönetmelikte öngörüldüğüne göre, tüm bina için üst kat kolonlarının tabanlarında elde edilen artırılmış kesit zorları Şekil 2b'de gösterilen alttaki taşıyıcı sisteme yüklenecektir. Oysa ilgili düğüm noktalarına ait uygunluk koşulları ile denge denklemleri göz önünde tutulursa, alttaki sisteme ait kesit zorlarının her iki durum için birbirinin aynı olduğu kolayca gösterilebilir, [2]. Sonuç olarak, iki ayrı sisteme göre hesap yapmaya gerek yoktur. Uygun biçimde tanımlanan F_N kuvvetleri kullanılarak tüm hesaplar Şekil 2a'da gösterilen tüm sistem üzerinde yapılabilir.

2.2. Üst Kat Yüklerinin Tanımlanması

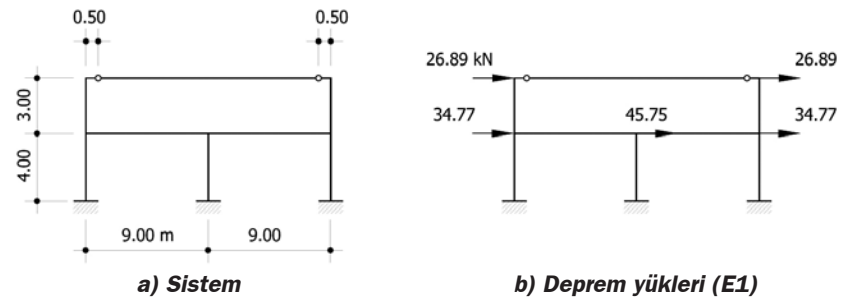
DBYBHY Madde 2.5.5.3'te deprem hesabının, önce binanın tümü için $R = R_{alt}$ alınarak yapılması, sonra da üst kat kolonlarına ait kesit zorlarının ($R_{alt}/R_{üst}$) oranı ile çarpılarak artırılması ve bu artımdan oluşan etkilerin alt katlarda göz önüne alınması öngörülmektedir. Başlangıçta R_{alt} katsayısı kullanılarak hesaplanmış olan F_N kuvvetleri yerine

$$\bar{F}_N = \frac{R_{alt}}{R_{üst}} F_N \quad (1)$$

değerinin kullanılması halinde hem üst kattaki kesit zorları gerektiği kadar artırılmış, hem de bu artım alt katlar için göz önüne alınmıştır. İlk yapılan hesapta F_N kuvvetleri zaten kullanılmış olduğu için, üst kata

$$\delta F_N = \bar{F}_N - F_N = \left(\frac{R_{alt}}{R_{üst}} - 1 \right) F_N \quad (2)$$

ek kuvvetlerinin yüklenmesi yeterlidir. Yani, iki ayrı yüklemeye tanımlanıp ilk yüklemeye R_{alt} katsayısı kullanılarak hesaplanmış olan kat kuvvetleri (ve F_N kuvvetleri), ikinci yüklemeye de (2) denklemi ile tanımlanan δF_N üst kat kuvvetleri kullanılırsa yönetmelikte öngörülen tüm koşullar sağlanmış olur. Kat ötelemelerinin hesabında birinci yüklemeye, boyutlandırma işlemlerinde ise (deprem yüklemesi olarak) iki yüklemenin birleşimi kullanılmalıdır.



3. Sayısal Örnek

Ara katlı bir betonarme prefabrikte çerçevenin boyutları ve deprem yükleri Şekil 3'te görülmektedir. Beton elastisite modülü $E_c = 3 \times 10^7$ kN/m² olarak alınmıştır. Kolon ve konsol kesitleri 60x60 cm², ara kat kirişleri de 30x70 cm² dir. İki ucu mafsallı olan çatı kirişinin ortalama kesit alanı 0.16 m² olarak alınmıştır. Deprem yüklerinin hesabında $R = R_{alt} = 7$ değeri kullanılmıştır. E1 yüklemesi olarak Şekil 3b'de gösterilen yüklemeye kullanıldığında elde edilen eğilme momenti diyagramı Şekil 4'te gösterilmiştir. Bu yüklemeye için üst kat görelî ötelemesi

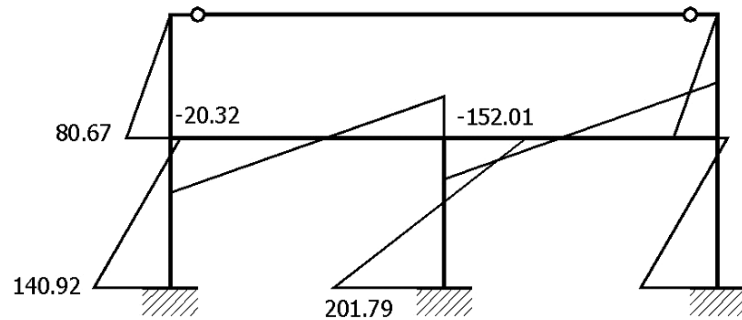
$$(\Delta_i)_{max} = \Delta_2 = 0.00628 - 0.00265 = 0.00363 \text{ m}$$

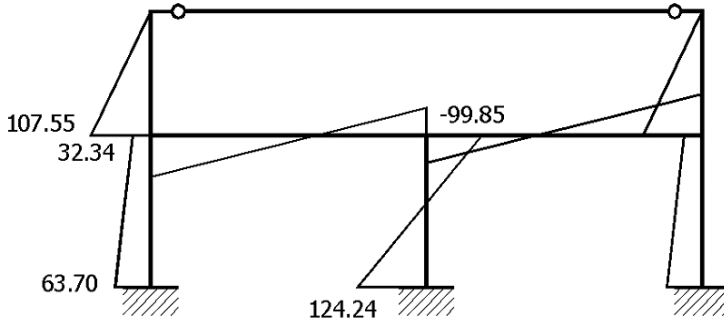
olarak bulunmaktadır. Buradan

$$(\delta_i)_{max} = 7 * 0.00363 = 0.002541 \text{ m}$$

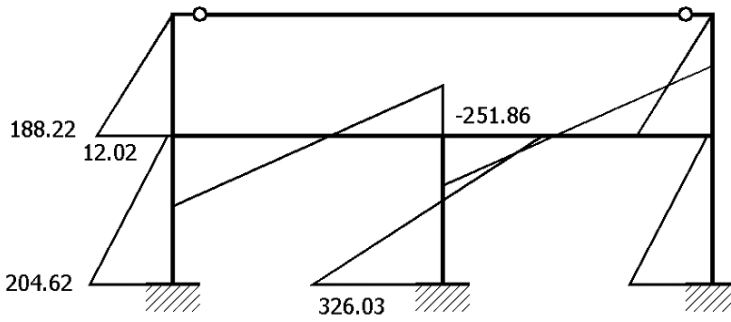
$$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} = \frac{0.002541}{3.00} = 0.00847 < 0.02$$

bulunur.





Şekil 5. E2 yüklemesi için eğilme momenti diyagramı (kNm)



Şekil 6. E=E1+E2 yüklemesi için eğilme momenti diyagramı (kNm)

E2 yüklemesi için üst kata yüklenmesi gereken ek kuvvet(ler) ise (2) denklemi yardımı ile

$$\delta F_2 = \left(\frac{7}{3} - 1 \right) \times 26.89 = 35.85 \text{ kN}$$

olarak hesaplanmaktadır. Bu yüklemeden oluşan eğilme momenti diyagramı Şekil 5'te gösterildiği gibidir.

Yükleme birleştirilmesi (Superpozisyon - Combination) işlemleri sırasında deprem yüklemesi için

$$E = E1 + E2$$

yüklemesi kullanılacaktır. Bu yüklemeye karşı gelen eğilme momenti diyagramı Şekil 6'da gösterilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada üst kat kolonları üstten mafsallı olan binaların deprem hesabı konusu incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki biçimde özetlenebilir.

1. Üst kat kolonları üstten mafsallı olan binaların deprem hesabı için DBYBHY'te öngörülen koşulların biraz karmaşık olarak ifade edildiği,

uygulamada iki ayrı sistem kullanılmasını içerdiği ve bazı işlemlerin elle yapılmasını gerektiren bir sürece karşı geldiği saptanmıştır.

2. Bu yazıda yönetmelikteki koşulları sağlamakla birlikte, uygulama bakımından daha pratik olan ve iki ayrı sistem kullanılmasını gerektirmeyen basit bir yöntemin esasları ve uygulama biçimi açıklanmıştır.

3. Yöntemin uygulanma biçimi sayısal bir örnek üzerinde gösterilmiştir.

Son yıllarda, İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Statik Çalışma Grubu'ndaki arkadaşlarımızla yaptığımız çalışmaların başlıca amacı, yönetmeliklerdeki tüm maddeleri irdeleyerek, teorik bulgulara uygun olduğu kadar, pratik uygulamalarda da kolayca kullanılabilir, olabildiğince basit sonuçlar elde etmek olmuştur. Deprem mühendisliğinin tüm dalları ile ilgili araştırmaların da bu doğrultuda olmalarının ve yönetmeliklerin olabildiğince basit ve kolay anlaşılabilir maddelerden oluşmalarının gerekli olduğu kanısındayız.

5. Kaynaklar

[1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Mart 2007.

[2] Çakıroğlu, A., Hiperstatik Sistemlerin Hesap Metotları, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1992.

kitap tanıtımı



İNŞAAT (PROJE) YÖNETİMİNİN HİZMET VE UYGULAMA STANDARTI
"İnşaat (Proje) Yönetiminin Hizmet ve Uygulama Standardı" kitabının 3. baskısı Şubemizde yapıldı. Kitabın yeni baskısına Şube ve temsilcilerimizden ulaşabilirsiniz.

FELSEFEYE GİRİŞ

"Akıl Var, Mantık Var"

Cumartesi Söyleşileri kapsamında düzenlemiş olduğumuz Felsefeye Giriş, "Akıl Var Mantık Var" başlıklı etkinlik kitap olarak baskıdan çıkmıştır. Kitaba Şube ve temsilcilerimizden ulaşabilirsiniz.

