

YENİ TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİNİN SPEKTRUM KATSAYISI BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

G. ÖZMEN, S. PALA, E. ORAKDÖĞEN, G. GÜLAY
İstanbul Teknik Üniversitesi - İnşaat Fakültesi, Maslak- İstanbul

GİRİŞ

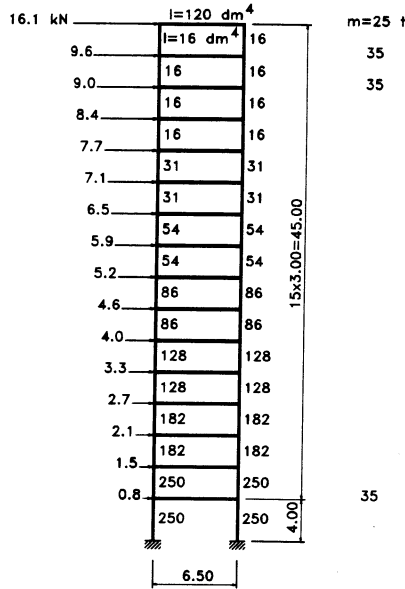
1975 yılında yürürlüğe girmiş bulunan «Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik», zamanına göre oldukça çağdaş ve başarılı bir yönetmelikti. Ancak bu yönetmelik, aradan geçen uzunca zaman içinde, doğal olarak biraz eskimiştir. Ayrıca söz konusu yönetmelikteki bazı maddeler «Tartışılabilir» bazıları da «Uygulanamaz» nitelikte idi. Uzun yıllar boyunca yapılan uygulamalar ve yapı teknolojisindeki gelişmeler, bu yönetmeliğin bazı önemli eksiklerini de ortaya çıkarmıştı. Bu bakımlardan, 1995 yılında yapılan yoğun çalışmalarla 1996 yılı Mayıs ayında yeni bir «Deprem Yönetmeliği»nin yürürlüğe girmesi, gerek yurdumuzda «Deprem Mühendisliği»nin gelişmesi, gerekse çağdaş yapı teknolojisi ile ilgili çeşitli gereksinmelere yanıt vermesi açısından olumlu olmuştur. Ayrıca, yeni yönetmeliğin 1 yıl boyunca tartışmaya açık tutulması ve aksayan maddelerinin yeniden gözden geçirilebilme olanağının getirilmesi de çağdaş ve olumlu bir yaklaşım niteliğindedir.

Bu yazıda, yeni yönetmelikteki «Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi» ile «Mod Birleştirme Yöntemi» kullanılarak bulunan çözümler karşılaştırılacak ve elde edilen sonuçlar «Spektrum Katsayısı» bakımından irdelenecektir.

YÖNTEM

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen INTAG 546 No.lu ve «Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi» konulu araştırmada elde edilen bazı sonuçları içermektedir. Yöntem olarak da, o araştırma için geliştirilen ve bazı yayınlarımızda açıklanmış bulunan parametrik bir «Sayısal Deney» yöntemi kullanılacaktır, [1], [2], [3]. Bu yöntemde, 6 ayrı tip yapı, 3 ayrı tip kat sayısı ve 4 tip zemin cinsi kullanılmakta ve böylece oluşturulan 72 adet tipik yapının deprem davranışı incelenerek sonuçlar irdelenmektedir. Örnek olarak, «Normal Çerçeve»lerden oluşan 16 katlı tipik bir yapının geometrik özellikleri, kat ağırlıkları ve eşdeğer deprem yükleri Şekil 1’de gösterilmiştir.

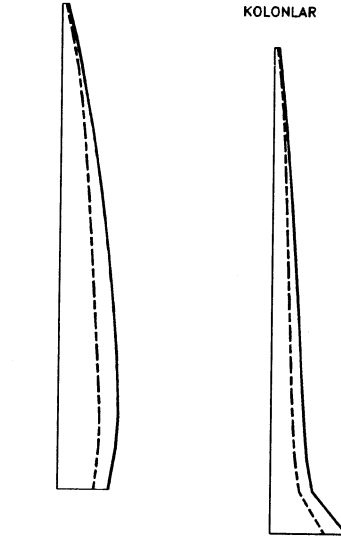
Şekil 1.- Şekil 2



Şekil 1

KIRIŞLAR

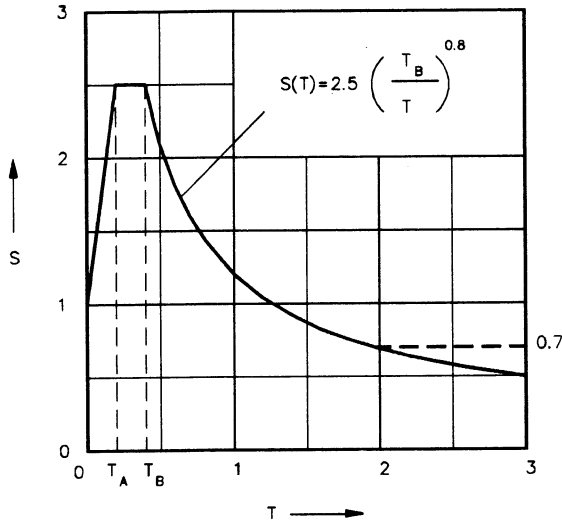
KOLONLAR



Şekil 2

— STATİK HESAP
- - - DİNAMİK HESAP

Şekil 3



Uygulanan yöntemde, her tipik yapı önce «Eşdeğer Deprem Yükleri»ne göre hesaplanmakta, daha sonra aynı yapıya «Mod Birleştirme Yöntemi» uygulanmaktadır. Statik ve dinamik analizlerin sonuçları, şematik olarak, Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekildeki diyagramlarda kiriş ve kolonlardaki kritik kesitlere ait «Tasarım Eğilme Momentleri»nin yapı yüksekliği boyunca değişimleri görülmektedir. Şekilde gözlemlendiği gibi, tüm kritik kesitlerde, statik yüklemekten elde edilen tasarım momentleri, dinamik hesaplardan büyüklerdir. Geliştirilen yöntemde, yapının kritik kesitlerinde, statik yüklemekten bulunan tasarım momentinin dinamik hesaplardan bulunana oranı hesaplanmakta ve hemen her zaman birden büyük olan bu değere «Statik Yükleme Güvenlik Katsayısı» (SGK) adı

verilmektedir. Yapının tümü için hesaplanan ortalama SGK değeri, «Eşdeğer Deprem Yükleri»nin, yapının deprem davranışını temsil etme ölçütü olarak kullanılabilir.

«Mod Birleştirme Yöntemi»nde, ivme spektrumu olarak yeni yönetmelikte verilen ve Şekil 3'te şematik olarak gösterilen diyagram kullanılmaktadır. Diyagramın biçimi, zemin cinsine göre yönetmelikte tanımlanmış bulunan T_A ve T_B değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Hem statik hem de dinamik hesaplarda, yine yeni yönetmelikte verilen ve yapı tipine göre saptanan R «Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı» kullanılmıştır.

TIPIK YAPILAR

Uygulamada karşılaşılan yapıları olabildiğince geniş kapsamlı olarak inceleyebilmek amacı ile, «Tipik Yapılar» olarak aşağıdaki yapı türleri seçilmiş bulunmaktadır :

1. Normal çerçeve
2. Rijit kolonlu çerçeve
3. Sabit kolonlu çerçeve
4. Perde
5. Boşluklu perde
6. Perdeli çerçeve yapı

Bu tipik yapılar 3 ayrı kat sayısı (8, 16 ve 24) ve yeni yönetmelikte belirtilen 4 ayrı zemin tipi için incelenmiş bulunmaktadır.

16 katlı «Normal Çerçeve»nin geometrik özellikleri ile kat ağırlıkları Şekil 1'de gösterildiği gibidir. Kiriş kesitleri yapı yüksekliği boyunca sabit olarak alınmıştır. Bu çerçevenin, çerçevelerden oluşan 16 katlı bir yapıyı temsil ettiği kabul edilebilir. 8 ve 24 katlı çerçevelerin karakteristikleri de benzer biçimde seçilmiştir. «Rijit Kolonlu Çerçeve»nin kolon rijitlikleri, «Normal Çerçeve»nin kolonlarının 2 katı olarak alınmıştır. «Sabit Kolonlu Çerçeve»nin kolonları yapı yüksekliği boyunca sabittir ve 8, 16 ve 24 katlı yapılar için, sırası ile, 31, 182 ve 386 dm⁴ olarak seçilmiştir. «Perde» ve «Boşluklu Perde» tipi yapılar, düşey taşıyıcıları sadece perdelerden oluşan yapıları temsil etmek üzere seçilmişlerdir. Son olarak, uygulamada sıkça karşılaşılan çok katlı yapı tiplerini temsil etmek üzere «Perdeli Çerçeve Yapı» tipi seçilmiştir. Son 3 yapı tipine ait karakteristiklerin ayrıntıları bu yazının kapsamı dışında tutulmuştur.

ANALİZ

Yukarıda açıklanan analiz yöntemi tipik yapıların tümüne uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Tabloda verilen rakamlar, her yapı tipi için, kritik kesitlerdeki SGK değerlerinin ağırlıklı ortalamasıdır. Ortalama hesabında ağırlık olarak, ilgili tasarım eğilme momentinin mutlak değeri kullanılmıştır. Böylece önemsiz büyüklükteki eğilme momentlerinin etkisi otomatik olarak ihmal edilmiş olmaktadır.

Tablo 1. SGK değerleri

Yapı Tipi	Zemin Cinsi	Kolonlar			Kirişler		
		8 Kat	16 Kat	24 Kat	8 Kat	16 Kat	24 Kat
Normal Çerçeve	1	1.17	1.81	2.44	1.19	1.81	2.43
	2	1.17	1.44	1.94	1.18	1.44	1.92
	3	1.19	1.33	1.50	1.20	1.33	1.47
	4	1.23	1.29	1.28	1.23	1.29	1.27
Rijit Kolonlu Çerçeve	1	1.17	1.65	2.33	1.19	1.65	2.23
	2	1.18	1.32	1.91	1.19	1.32	1.91
	3	1.21	1.26	1.44	1.23	1.26	1.43
	4	1.24	1.30	1.31	1.25	1.30	1.30
Sabit Kolonlu Çerçeve	1	1.16	1.67	2.30	1.17	1.69	2.33
	2	1.16	1.34	1.89	1.17	1.35	1.91
	3	1.19	1.24	1.42	1.20	1.24	1.43
	4	1.20	1.27	1.26	1.21	1.28	1.27
Perde	1	1.35	1.34	2.04			
	2	1.33	1.39	1.64			
	3	1.36	1.43	1.51			
	4	1.37	1.46	1.49			
Boşluklu Perde	1	1.26	1.26	2.02	1.26	1.17	1.79
	2	1.28	1.30	1.61	1.28	1.23	1.42
	3	1.31	1.36	1.39	1.32	1.32	1.31
	4	1.32	1.40	1.41	1.32	1.38	1.38
Perdeli Çerçeve Yapı	1	1.34	1.73	2.41	1.32	1.73	2.39
		1.29*	1.62*	2.26*			
	2	1.33	1.39	1.97	1.33	1.39	1.96
		1.32*	1.31*	1.85*			
	3	1.34	1.35	1.50	1.34	1.34	1.48
		1.35*	1.28*	1.40*			
	4	1.35	1.38	1.35	1.35	1.38	1.34
		1.37*	1.34*	1.28*			

* Perdeler için SGK değerleri



ve her yapının deprem davranışını mantıksal bir biçimde temsil eden iki (veya üç) katsayı elde edilebilmektedir. Tabloda gösterilen ağırlıklı ortalamaların pek çoğu için, standard sapma 0.01-0.09 arasındadır. Yani tablodaki değerlerin yeterli oranda temsil edici nitelikte oldukları söylenebilir.

İRDELEME

Tablo 1'in incelenmesinden, tüm yapılar için birden büyük SGK değerleri elde edildiği, fakat bunların 1.1 ile 2.5 arasında değiştiği, yani oldukça geniş bir alana yayıldıkları ortaya çıkmaktadır. Genel olarak, kat sayısı daha çok olan yapılar için, «Statik Yükleme Güvenlik Katsayısı» aşırı oranda büyümektedir. Bunun başlıca nedeni, S spektrum katsayısı için yeni yönetmelikte 0.7 olarak verilen ve Şekil 3'te yatay kesikli bir çizgi ile gösterilmiş olan, alt sınır değeridir. $S=0.7$ alt sınırına karşı gelen SGK değerleri Tablo 1'de siyah olarak gösterilmiştir. Kat sayısı fazla olan bazı yapılarda, birinci normal moda karşı gelen T_1 özel periyot değeri büyüdüğünden, bazı zemin cinsleri için, $S<0.7$ olarak elde edilebilmektedir. $S=0.7$ alt sınır değeri kullanıldığında «Eşdeğer Statik Yükleme» artmakta fakat «Modların Birleştirilmesi» ile elde edilen tasarım momentleri değişmemektedir. Bu durum da, bazı yapı tipleri ve zemin cinsleri için, SGK değerlerinin aşırı oranda büyümesine neden olmaktadır.

Tablo 1'de gösterilen ortalama SGK değerlerinin genel ortalaması 1.46, standard sapması da 0.31 olarak hesaplanmaktadır. Standard sapma için elde edilen bu oldukça yüksek değer de, SGK değerlerinin oldukça geniş bir alana yayılmış olduklarının göstergesidir. Belirtmek gerekir ki, 1975 yönetmeliğinde de benzer bir durum mevcuttu. Çünkü eski yönetmelikte de C_0 katsayısı için bir alt sınır verilmişti. 1975 yönetmeliği için, daha dar kapsamlı örnekler üzerinde yapılmış olan bir incelemede, ortalama SGK olarak 1.75, standard sapma olarak da 0.22 bulunmuştur, [1].

Çeşitli yapılar için elde edilen SGK değerleri toplu olarak Şekil 4'te gösterilmiştir. Burada, Tablo 1'deki kolon ve kiriş değerlerinin ortalaması alınmış ve her yapı tipi için, 1,2,3 ve 4 No.lu zemin tiplerine karşı gelen SGK değerleri yatay eksen boyunca sıralanmıştır.

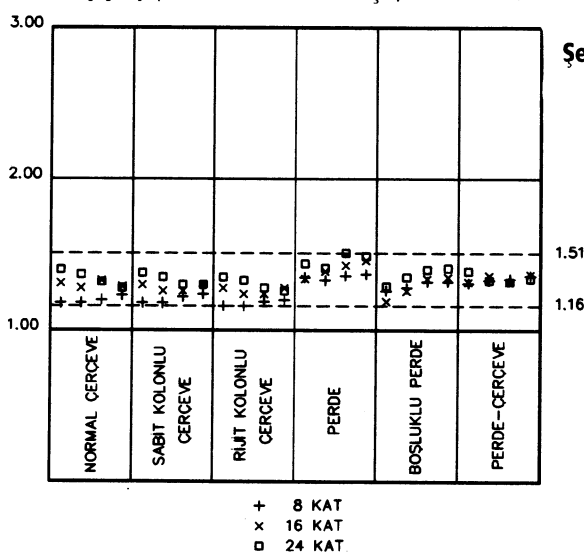
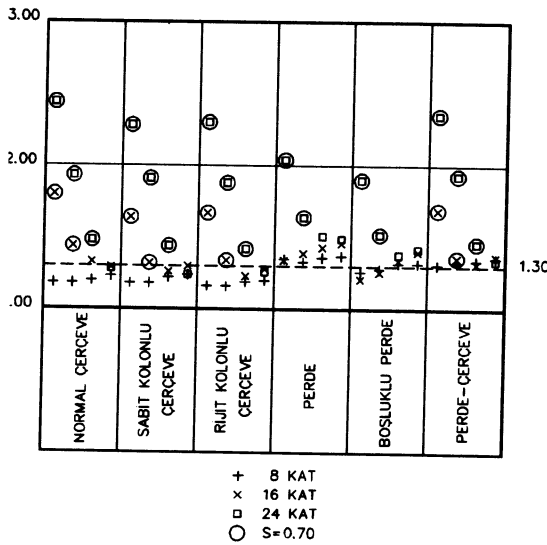
Şekilde görüldüğü gibi, sadece $S=0.7$ değerine karşı gelen SGK'lara ait noktalar, aşırı bir dağılım göstermektedir. Bu noktalar gözönüne alınmaksızın hesaplanan ortalama SGK değeri 1.30 olarak bulunmaktadır. Sonuç olarak, 1996 yönetmeliğinde tanımlanan «Eşdeğer Deprem Yükleme»nin, gerçek deprem davranışını başarı ile temsil ettikleri ve oldukça (bazı durumlarda da aşırı oranda) güvenli sonuçlar verdikleri söylenebilir.

ÖNERİLER

Yukarıda belirtildiği gibi, «Eşdeğer Deprem Yükleme», genel olarak güvenli sonuçlar vermektedir. Ancak, özellikle birinci moda ait özel periyotları yüksek olan yapılarda, güvenlik katsayısı aşırı değerler almaktadır. Sakıncaları aşağıda açıklanacak olan bu durumu önlemek için, «Statik» ve «Dinamik» hesaplarda kullanılan spektrum diyagramlarını özdeş duruma getirmek gerekir. Bunun için de 2 yol düşünülebilir :

1. Eşdeğer statik yüklerin hesabında spektrum diyagramı için alt sınır kullanılmaması,
2. Dinamik hesapta kullanılan spektrum diyagramında da alt sınır kullanılması.

Yukarıda belirtilen tipik yapılar her iki yaklaşım kullanılarak ayrı ayrı analiz edilmiş ve yeni SGK değerleri elde edilmiştir. Her iki durum için birbirine oldukça yakın olarak bulunan SGK değerlerinin dağılımı Şekil 5'te gösterildiği gibidir. Şekilde görüldüğü gibi, tüm SGK değerleri 1.16 ile 1.51 sınırları arasında kalan dar bir band içinde yer almaktadır. SGK değerlerinin genel ortalaması 1.3, bu değere ait standard sapma da 0.07 olarak hesaplanmaktadır. Bu kadar çeşitli yapı tipi ve zemin durumu için, bundan daha



Şekil 4, Şekil 5

• • • • •

iyi bir yaklaşım beklenmesi de mümkün değildir. Belirtmek gerekir ki, eşdeğer statik yüklerin hesabında kullanılan alt sınırın kaldırılması halinde, özellikle kat sayısı yüksek olan yapılar için, oldukça düşük değerlerde yatay yükler elde edilmektedir. Yani bu yaklaşım daha «Ekonomik» fakat bir miktar «Güvensiz»dir. Dinamik hesapta alt sınır kullanılması halinde ise, daha «Güvenli» sonuçlar elde edilmektedir. Belki de, yeni yönetmelikte 0.7 olarak belirtilen spektrum alt sınırının biraz düşürülmesi ve bunun dinamik hesapta da kullanılmasının öngörülmesi daha akılcı bir çözüm olacaktır.

TEHLİKE

60'lı yıllardan başlayarak, tüm dünyada modern deprem yönetmelikleri geliştirmeye başlamıştır. O sıralarda, günümüze oranla oldukça kısıtlı sayıda olan araştırmaya dayanarak düzenlenen hesap ilkelerinin çoğu, bugün de geçerliliğini korumaktadır. Örneğin, dinamik deprem etkilerinin «Eşdeğer Statik Yükler»le temsil edilmesi, o sıralarda öngörülen ve günümüzde de hemen tüm çağdaş yönetmeliklerde yer alan, basit fakat geçerli bir ilke olarak göze çarpmaktadır.

Bu arada, pek çok yönetmelikte, tehlike oluşturabileceği düşünülen bazı özel durumlarda, statik yüklerin deprem davranışını güvenli bir biçimde temsil edemeyecekleri düşünülmüş ve bu durumlar için «Dinamik Hesap» zorunluğu getirilmiştir. Özellikle, belirli «Yapısal Düzensizlik» durumlarında ve/veya yapı yükseklığının belirli bir üst sınırı geçmesi halinde, «Dinamik Hesap» bir «Yaptırım» olarak öngörülmüş bulunmaktadır.

Yurdumuzda da gerek 1975 gerekse 1996 yönetmeliklerinde aynı ilke benimsenmiştir. Ancak, yaklaşık 30 yıllık uygulamalar ve araştırmalar ile günümüzdeki bilgisayar olanaklarının ışığında, bu ilkenin gözden geçirilmesi zorunlu duruma gelmiştir. Yukarıda belirtildiği gibi, hemen her türlü yapı tipi için, «Eşdeğer Statik Yükler» daha güvenli sonuçlar vermektedir. Yani «Dinamik Hesap»,

özellikle kat sayısı fazla olan yapılar için, deprem etkilerinde %15-30 indirim sağlamaktadır. Birçok yapısal düzensizlik durumunda da benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür, [1], [2], [3]. Uygulamada bazı tasarımcılar, bu durumdan yararlanmakta, yani yönetmelikte öngörülmeyen durumlarda da «Dinamik Hesap» uygulayarak deprem etkilerinde %15-30 indirim elde etmektedirler.

Yeni yönetmelik için de bu indirim %15-20 oranındadır. Böylece «Dinamik Hesap», yönetmeliklerde öngörülenin tam tersine, «Yaptırım» değil «Ödül» niteliğini kazanmaktadır. Üstelik «Dinamik Hesap» uygulaması, günümüz bilgisayar olanakları sayesinde, kolayca gerçekleştirilebilen bir işlemdir. Bu durumda tüm araştırmacıların ve özellikle deprem yönetmeliklerini düzenleyenlerin yanıt aramaları gereken önemli bir soru ortaya çıkmaktadır. Yani YÖNETMELİKLERDE DİNAMİK HESAP YAPTIRIMINA GERÇEKTEN GEREK VAR MIDIR?

Belirtmek gerekir ki, hemen tüm çağdaş yönetmeliklerde yer alan «Dinamik Hesap», vazgeçilmesi pek kolay olmayan bir kavramdır. Ancak, yukarıda belirtilen «Kötüye Kullanma» tehlikesinin de göz ardı edilmemesi şarttır. Bu nedenle, «Statik» ve «Dinamik» hesaplarda kullanılan spektrum diyagramlarının «Özdeş» olmaları zorunludur. Bunun için de, yukarıda belirtilen «Öneriler»den birinin seçilerek yeni yönetmelikte kullanılması yerinde olacaktır.

SONUÇLAR

1. Uygulamada karşılaşılan yapı tiplerinin büyük çoğunluğu için, «Eşdeğer Statik Yükleme» yeterli güvenlikte sonuçlar vermektedir.
2. Yeni yönetmelikte de yer alan «Dinamik Hesap» yaptırımının etkinliği tartışılmalıdır. Özel durumlarda, bu yaptırım yerine, statik yüklerin artırılması daha gerçekçi ve güvenli sonuçlar verebilir.
3. «Dinamik Hesap» uygulaması sürdürülse de, bunun kötüye kullanılması önlenmelidir. Bunun için «Statik» ve «Dinamik» hesaplarda kullanılan spektrumların özdeş hale getirilmesinin zorunlu olduğu anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] G. Özmen, S. Pala, E. Orakdöğen, G. Gülay - Deprem Yönetmeliklerindeki Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi, TÜBİTAK Deprem Sempozyumu, Ankara, 15-16 Şubat 1996
- [2] G. Özmen, S. Pala, E. Orakdöğen, G. Gülay - Investigations on Vertical Structural Irregularities in Multi-Story Structures, XI. World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, 1996
- [3] G. Özmen, S. Pala, E. Orakdöğen, G. Gülay - Investigations of Mass and Soft-Story Irregularities in Multistory Structures, European Workshop on the Behavior of Asymmetric and Set-Back Structures, Capri, 3-4 Ekim 1996

14 Mart 1992
Erzincan
Depremi

