

DEPREM YÖNETMELİĞİNDEKİ FARKLI ZEMİN SINIFLARINA GÖRE YAPI DAVRANIŞLARININ İRDELENMESİ

Investigation of Behavior of Structures According To Local Site Classes Given In the Turkish Earthquake Code

Ramazan. LİVAOĞLU¹ve Adem. DOĞANGÜN²

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 29020 Gümüşhane <rliva@ktu.edu.tr>

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon <adem@ktu.edu.tr>

ÖZET

Bu çalışmanın temel amacı: Deprem Yönetmeliği olarak da adlandırılan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998’de tanımlanan dört farklı zemin sınıfının yapı davranışlarına etkileri incelemektir. Bu amaçla iki farklı kat sayısına sahip (6 ve 12 katlı) yapılar dikkate alınmıştır. Toplam altı ve on iki katlı yapıların her birinde planda simetrik (S), bir doğrultuda simetrik (BDS) ve simetrik olmayan (SO) taşıyıcı sistemleri seçilmiştir. Yapıların modellenmesinde Sonlu Elemanlar Yöntemi depreme göre yapısal çözümlemelerinde ise Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmıştır.

ABSTRACT

The purpose of this study to investigate effects of local site classes and its parameters given in the Turkish Specification for Structures to be Built in Disaster Areas on the dynamic behavior of structures. For this purpose earthquake behavior of six structures which have different characteristics are investigated using local site classes defined in the earthquake code. The structures have two different planes and two different storeys (six and twelve). Six storeys buildings are called 6S, 6BDS, 6SO and similarly twelve storeys buildings are called 12S, 12BDS and 12SO. Finite Element Method is used for model of structures. Mode-Superposition Method is used for the seismic analysis of structures. At the end of this study conclusions drawn from this study are given.

1.GİRİŞ

Ülkemizin deprem kuşağında bulunması nedeniyle zaman zaman büyük depremler meydana gelmekte ve bu depremlerde maalesef çok sayıda yapı hasar görmekte ya da yıkılmaktadır. Depremlerden sonra hasar gören ya da yıkılan yapılar üzerinde yapılan araştırmalar, bu durumun oluşmasında yapı-zemin etkileşime gereken önemin verilmemiş olmamasının

önemli derecede etkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Edinilen tecrübelerden de yararlanılarak yapıların zeminden dolayı ağır hasar görmesini önleyebilmek amacıyla kısaca Yeni Deprem Yönetmeliği olarak da adlandırılan ve Ocak 1998 de yürürlüğe giren "*Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*"te diğer birçok deprem yönetmeliğinde olduğu gibi zeminler dört sınıfa ayrılarak bunlara ilişkin parametreler verilmiştir.

Yeni Deprem Yönetmeliğinde verilen bu dört sınıf zeminin yapı elemanlarının davranışını ne şekilde ve hangi oranda etkilediği bu çalışmaya konu olmaktadır. Bu amaçla Deprem Yönetmeliğinde verilen zemin sınıfları dikkate alınarak farklı özelliklere sahip yapıların davranışları incelenmektedir. Yapıların seçiminde farklı planlara sahip uygulanabilir yapılar olmasına özen gösterilmiştir.

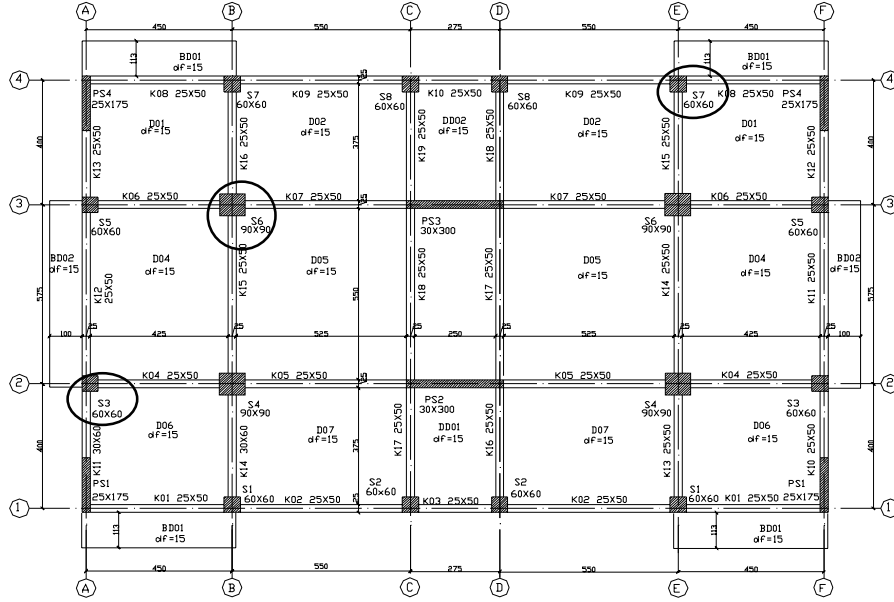
Seçilen yapılarda depreme göre yapısal çözümlemesi için modal analiz yöntemlerinden *Mod Birleştirme Yöntemi* ve matematik model olarak ise *Sonlu Elemanlar Yöntemi* kullanılmaktadır. Her bir yapı için Deprem Yönetmeliğinde verilen Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarına türlerine göre gerekli tasarım spektrumu elde edilmekte ve bu spektrumlara bağlı olarak gerek yapının bütün olarak davranışı, gerekse örnek olarak seçilen elemanlardaki iç kuvvetler karşılaştırmalı olarak irdelenmektedir. Çalışmanın sonunda, seçilen yapıların depreme göre yapısal çözümlemelerinden elde edilen bulguların irdelenmesinden çıkartılan bazı sonuçlar verilmekte ve yerel zemin sınıflarının yapı elemanlarındaki içkuvvet değişimlerini ne oranda ve hangi parametrelere bağlı olarak etkilediği tartışılmaktadır.

2.YAPILARA AİT VERİLER

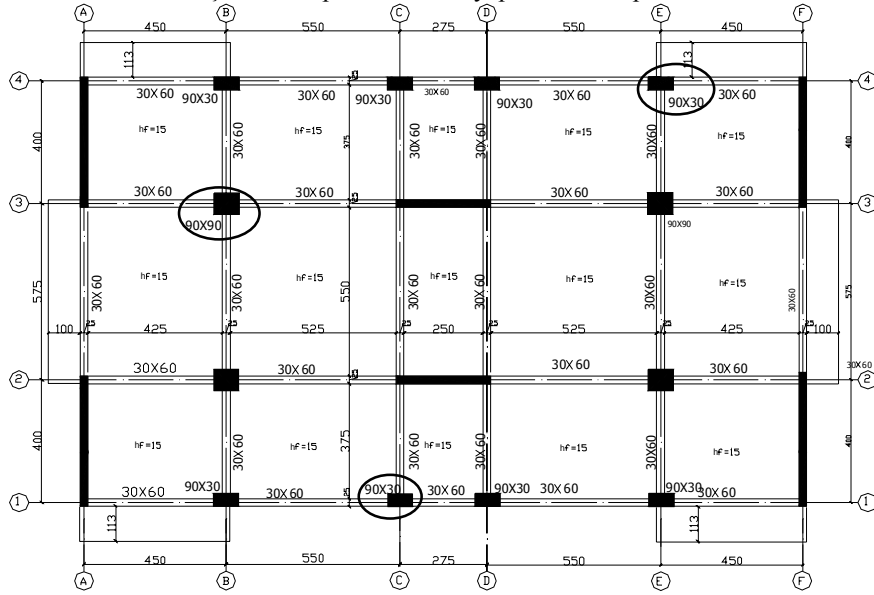
S olarak tanımlanan yapı taşıyıcı sisteminin planı Şekil 1. deki gibi seçilmiştir. BDS olarak tanımlanan yapıda ise S yapısından farklı olarak A1-A2 ve A3-A4 aksları arasında yerleştirilen düşey taşıyıcı elemanların yönleri 1A-1B ve 4A-4B aks doğrultularına çevrilmiştir. SO yapısı için ise sadece Şekil 1'de A1-A2 doğrultusunda yerleştirilen düşey taşıyıcı eleman 1A-1B doğrultusuna yerleştirilmiştir. Bütün yapılar için kirişler (25x50 cm) aynı boyutlardadır. Yine bütün yapılarda kolon boyutları 4. katta değiştirilerek, ilk katlarda 90x90 olarak boyutlandırılan kolonlar 70x70 olarak; 60x60 olarak boyutlandırılanlar ise 50x50 olarak tasarlanmıştır.

3. ZEMİN TÜRLERİNE GÖRE İVME SPEKTRUMLARI

Deprem yönetmeliğinde verilen ve zemin gruplarına göre belirlenen elastik tasarım ivme spektrumları aşağıdaki çizelgeler yardımıyla elde edilebilir. Burada T_A ve T_B yerel zemin sınıfına bağlı olarak deprem yönetmeliğinde verilen karakteristik periyotları (Çizelge 1) T_i ise yapının ilgili moduna ait doğal titreşim periyodunu göstermektedir.



Şekil 1. Toplam 6 katlı S yapısının 1.kat planı



Şekil 2. Toplam 12 katlı S yapısının 1.kat planı

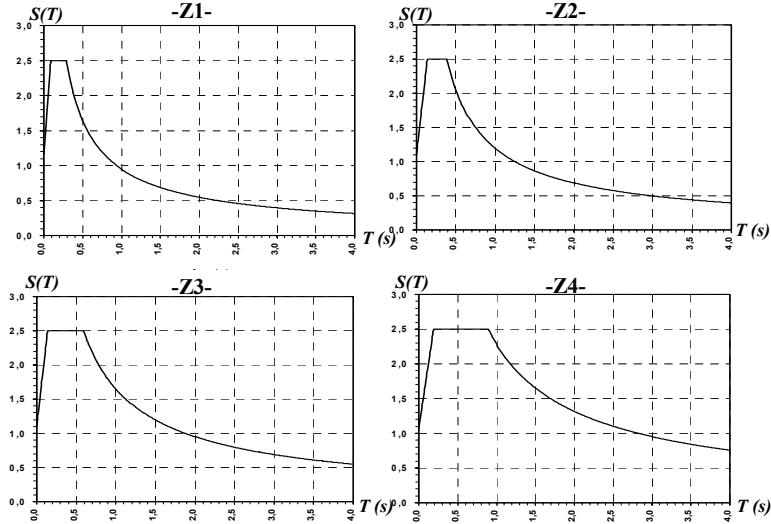
Çizelge 1. Yerel Zemin sınıflarına bağlı olarak karakteristik periyotlar

Yerel Zemin Sınıfı		$T_A(s)$	$T_B(s)$
Z1	(A) grubu zeminler	0,10	0,30
	$h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler		
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler	0,15	0,40
	$h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler		
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler	0,15	0,60
	$h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler		
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler	0,20	0,90
	$h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler		

Çizelge 2. İlgili aralıklar için elastik tasarım ivme katsayıları

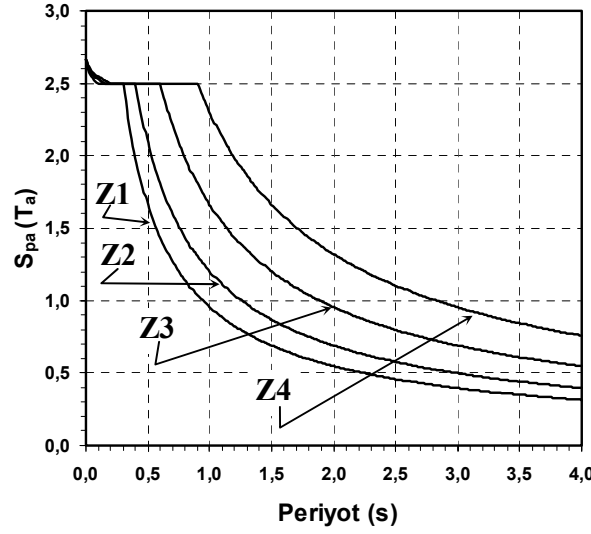
Periyot Aralığı	$S(T_i)$
$0 \leq T \leq T_A$	$1 + 1,5T / T_A$
$T_A \leq T \leq T_B$	2,5
$T > T_B$	$2,5(T_B / T)^{0,8}$

Çizelge 1’de verilen karakteristik periyotları Çizelge 2.’de verilen ilgili aralıklar için yerine koyularak her zemin sınıfı için elastik ivme spektrumları aşağıdaki şekilde elde edilebilirler (Şekil 3).



Şekil 3. Zemin gruplarına Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan zemin sınıflarına göre Elastik İvme Spektrumları

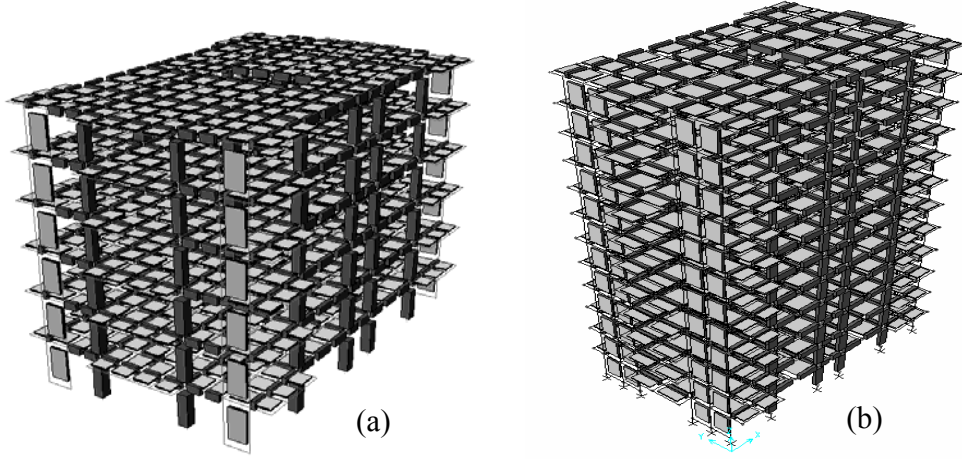
Yapıların süneklik düzeyi normal sistem oldukları ($R=4$) ve 1. derece deprem bölgesinde inşa edildikleri kabul edilmektedir. Bu durumda yapılar için kullanılacak dört sınıf zemin için ivme spektrumları toplu olarak Şekil 4’de verilmektedir.



Şekil 4. Birinci derece deprem bölgelerine inşa edilecek süneklik düzeyi normal sistemler için ivme spektrumları

4. MATEMATİK MODEL VE HESAP DETAYLARI

Çalışmaya konu olan 6S ile adlandırılan 6 katlı ve 12S ile adlandırılan 12 katlı yapılara ait sonlu eleman modelleri Şekil 5’de verilmektedir. Yapı modellerinde temelde bulunan noktalara ait bütün serbestlikler tutulmuş, diğer noktalara ait bütün serbestlikler ise serbest bırakılmıştır. Aynı zamanda her kat seviyesinde tanımlanan diyaframlarla katların kendi içerisinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmektedir. Yapıların deprem hesabında kullanılan mod birleştirme yöntemiyle hesapta 6 katlı yapılarda ilk 12 mod şekli, 12 katlı yapılar da ise ilk 20 mod şekli göz önüne alınmıştır. Yapılar için seçilen beton sınıfı TS-500 2000 de belirtilen C20 olduğundan elastisite modülü ve birim hacim ağırlığı sırasıyla 28000 MPa ve 25 kN/m² olarak dikkate alınmıştır.



Şekil 5. Toplam 6 (a) ve 12 katlı (b) simetrik yapılarının sonlu eleman modelleri

5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

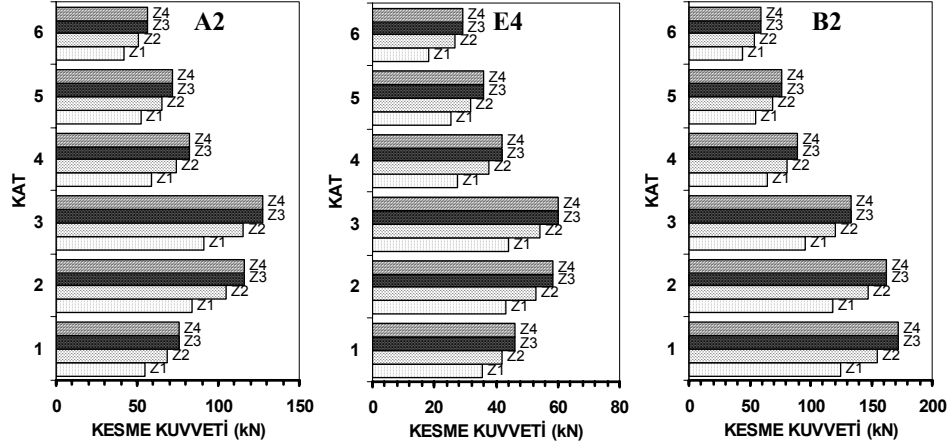
Uygulamalara konu olan 6 farklı plana ve 2 farklı kat yüksekliğine sahip toplam 6 adet yapının deprem yönetmeliğinde belirtilen 4 farklı zemin sınıfı için deprem hesabı SAP 2000 yapısal analiz programıyla yapılan lineer dinamik analizleri mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Yapılan bu çözümlemelerden her yapı için bulunan ilk 10 doğal titreşim periyodu aşağıda Çizelge 3’de verilmektedir.

Çizelge 3.Yapı sistemlerinin ilk 10 modu için doğal titreşim periyotları

T	6S	6SO	6BDS	12S	12SO	12BDS
T ₁	0,456	0,481	0,562	0,886	0,897	1,043
T ₂	0,433	0,424	0,422	0,764	0,818	0,769
T ₃	0,368	0,377	0,393	0,531	0,535	0,534
T ₄	0,135	0,145	0,174	0,303	0,274	0,348
T ₅	0,122	0,120	0,118	0,212	0,249	0,229
T ₆	0,109	0,112	0,116	0,158	0,158	0,182
T ₇	0,065	0,072	0,092	0,157	0,132	0,157
T ₈	0,063	0,064	0,068	0,099	0,115	0,115
T ₉	0,061	0,062	0,066	0,096	0,093	0,105
T ₁₀	0,060	0,061	0,062	0,093	0,084	0,094

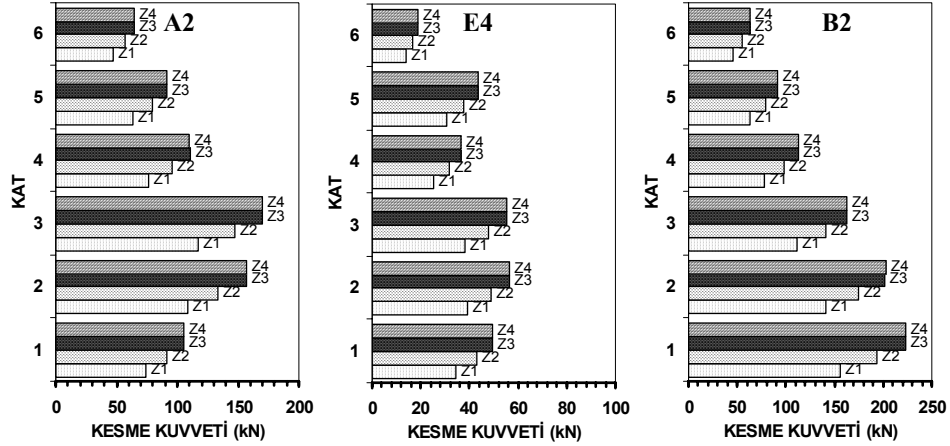
Birinci modlar için elde edilen doğal titreşim periyotlarının 0,456 ~1,043 s değerleri arasında değişmesi geniş bir aralık için değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlanmaktadır. Bulguları karşılaştırmak amacı ile 6 katlı yapılar için A2, B2 ve E4

kolonları ve 12 katlı yapılar için ise B2, E4 ve C1 kolonları seçilmiştir. Yapılan 4 farklı çözülmelerden bu elemanlar için elde edilen sonuçlar Şekil 6~11 de verilmektedir.



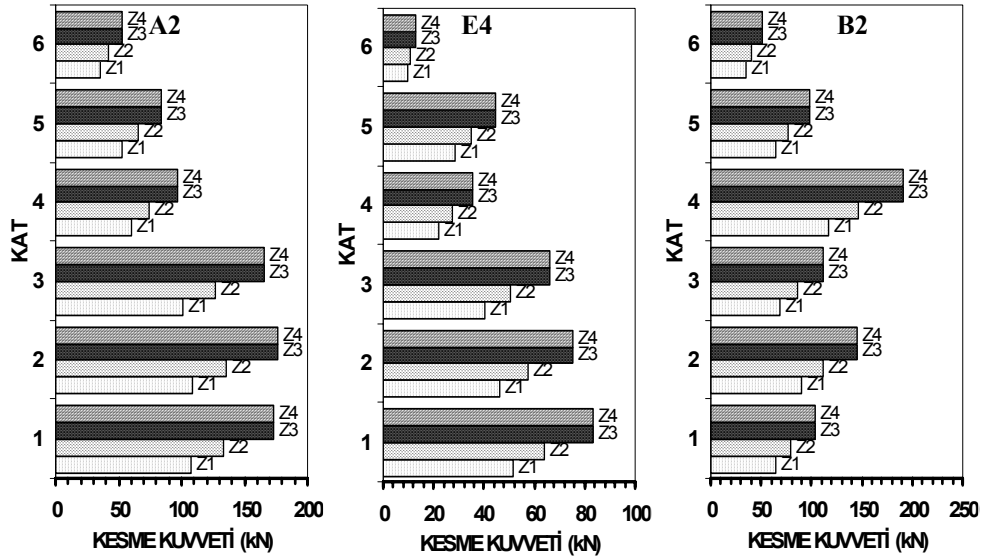
Şekil 6. 6S yapısının A2,E4 ve B2 kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

Şekil 6’da görülen 6S yapısı için kesme kuvvetinin maksimum değeri Z3 ve Z4 sınıfı zemin için B2 kolonu 1.kat seviyesinde 171,53 kN olarak, Z1 sınıfı zemin için ise aynı elemanda 124,93 kN değeri hesaplanmaktadır. Yapılan çözümlemelerden elde edilen en düşük değer E4 kolonunda Z1 sınıfı zemin için en üst katta 18,1 kN dur. Aynı elemanda Z3 ve Z4 zemin sınıfı için ise 29,2 kN değeri elde edilmektedir.



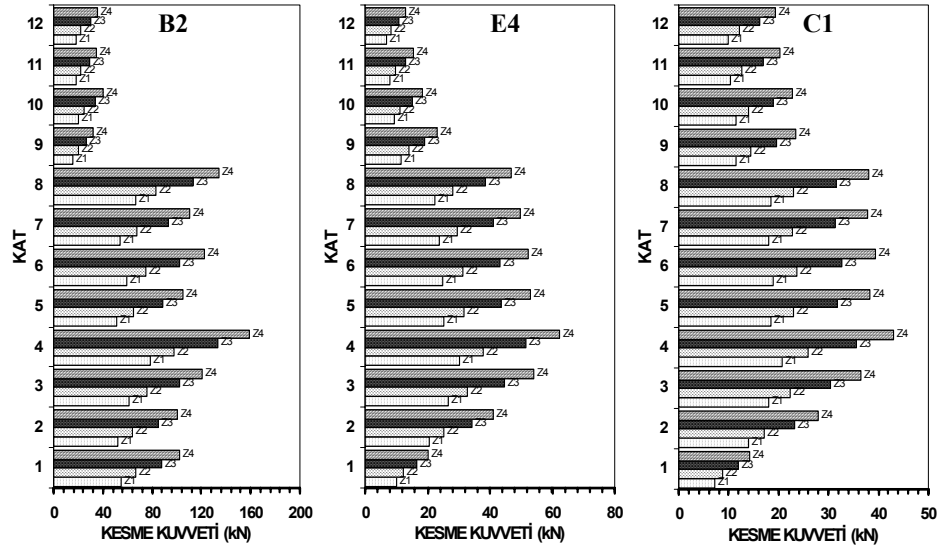
Şekil 7. 6SO yapısının A2, E4 ve B2 kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

6SO yapısı için ise kesme kuvvetinin maksimum değeri Z3 ve Z4 sınıfı zemin için B2 kolonu 1.kat seviyesinde 222,63 kN olarak aynı elemanda Z1 sınıfı zemin için 156,1 kN değeri elde edilmektedir. E4 kolonu Z1 sınıfı zemin için en üst katta 13,9 kN, Z3 ve Z4 zemin sınıfları için 18,7 kN değeri elde edilmektedir.

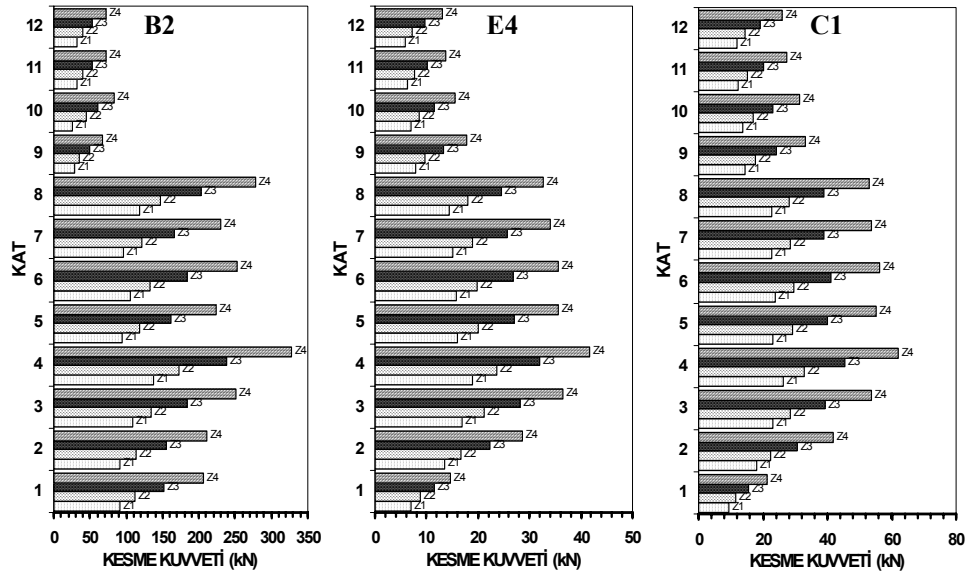


Şekil 8. 6BDS yapısının A2,E4 ve B2 kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

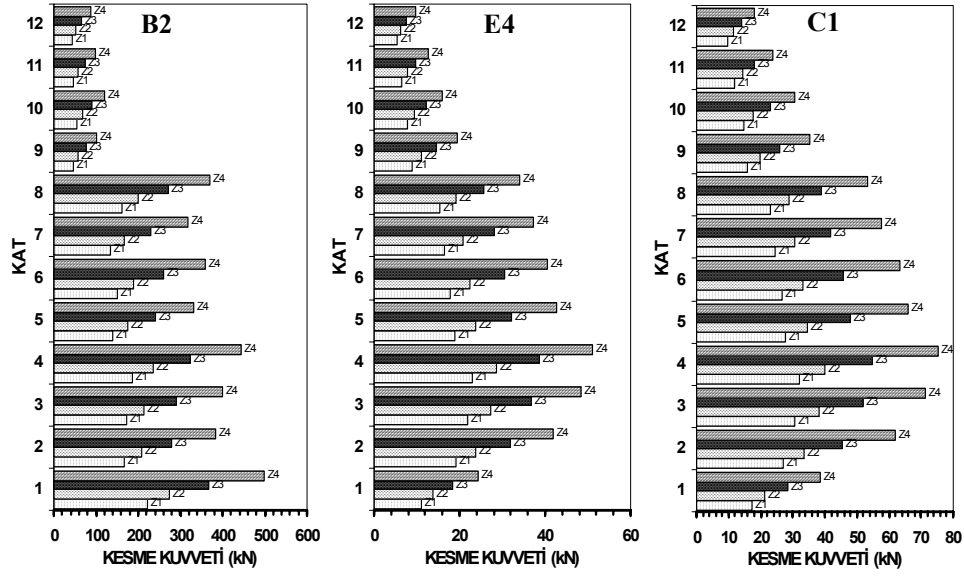
Benzer değerlendirmeler 6BDS yapısı için yapıldığında diğer yapılardan farklı olarak Z3 ve Z4 sınıfı zemin için B2 kolonu 4. kat seviyesinde en büyük kesme kuvveti 191,37 kN olarak Z1 sınıfı zemin için ise aynı elemanda 117,55 kN olarak elde edilmektedir. Diğer yapılarda olduğu gibi en küçük kesme kuvveti değeri Z1 sınıfı zemin için 9,47 kN olarak Z3 ve Z4 için ise aynı elemanda 12,9 kN kesme kuvveti değeri elde edilmektedir.



Şekil 9 12S yapısının A2,E4 ve B2 kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi



Şekil 10.12SO yapısının A2,E4 ve B2 kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi



Şekil 11. 12BDS yapısının A2,E4 ve B2 kolonlarında oluşan kesme kuvvetlerinin değişimi

6 katlı yapılardan farklı olarak 12 katlı yapılara ait doğal titreşim periyotlarının daha uzun olması sebebiyle Z3 sınıfı zemin ile Z4 sınıfı zemin arasında elde edilen iç kuvvetler açısından farklılıklar oluşmaktadır (Şekil 9~11). Burada en büyük kesme kuvveti değerleri 12S yapısı 4.kat seviyesinde, Z4 sınıfı zemin için 158,96 kN olarak, 12SO yapısında aynı elemanda yine benzer şekilde Z4 zemin sınıfı için 327,8 kN ve son olarak ise 12BDS yapısı için ise aynı elemanın bu kez 1.kat seviyesinde 497,27 kN olarak elde edilmektedir. Aynı sistemler için en küçük kesme kuvvet değeri bütün yapılarda E4 kolonu 12 kat seviyesinde Z1 sınıfı zemin için elde edilmektedir. Sözü edilen bu değerler 12S, 12SO ve 12BDS yapıları için sırasıyla 6,96; 5,9 ve 5,3 kN şeklindedir.

6.SONUÇLAR

1. Yapılan modellemeler sırasında sistemlerin süneklik düzeylerinin normal seçilmesi yapıların davranışlarının taşıyıcı sistem davranış katsayısına (R) bağlı olarak etkilenecek olmasına karşın zemin türleri arasındaki oransal farklar bunlardan etkilenecektir.
2. İncelenen yapıların 1. modu için elde edilen doğal titreşim periyotlarının Z3 sınıfı zemin T_B karakteristik periyoduna eşit veya daha küçük olması durumunda Z3 sınıfı zemin ile Z4 sınıfı zemin için Deprem Yönetmeliğinde tanımlandıkları şekliyle yapı

davranışlarına etkilerinde herhangi bir farklılık yoktur. Bu noktadan sonra ise beklenen şekilde Z4 sınıfı zemin yapı davranışını olumsuz yönde etkilemektedir. Benzer durum yapı periyotlarının kısa olması durumunda ise Z1 ve Z2 sınıfı zeminler için de söz konusu olabilmektedir.

3. ABYYHY’de tanımlanan 4 farklı zemin sınıfı için 6S yapısı Z1 sınıfı zemin ile Z3 ve Z4 zemin tipleri arasında elde edilen iç kuvvet değişimlerinin en az %38 12BDS yapısı için ise Z1 zemin sınıfı ile Z4 zemin sınıfı arasında bu oranın en fazla ise %139 oranında iç kuvvet değişimlerine sebep olabileceği görülmektedir.
4. Yapı doğal titreşim periyodunun ve yapıda planda düzensizlik bulunması durumunun yapı zemin etkileşimi arasında doğru orantılı bir ilişkinin olduğu görülmektedir.

Örnek olarak seçilen yapılarda 6S yapısı için en fazla Z1 ile Z4 arasındaki değişimin %38 iken benzer plan geometrisine sahip fakat planda düzensizliği bulunan 6SO yapısı için bu oranın %45’lere çıkması sözü edilen yapı doğal titreşim periyotları arasında önemli bir fark olmamasına karşın bu denli fark oluşması planda düzensizliğin davranışını olumsuz yönde etkilediği düşüncesini doğrulamaktadır.

Yine benzer şekilde 12S yapısı ile 12BDS yapısı arasındaki doğal titreşim periyotlarının önemli ölçüde farklı olması sebebiyle 12S yapısı Z1 ve Z4 zeminleri için değişimi %98 lere iken bu oranın 12BDS yapısı için %139 lara çıkması doğal titreşim periyotlarının zemin sınıflarına göre yapı davranışlarını olumsuz etkisini kanıtlamaktadır.

5. Yapılan çözümlemelerde yapılarda oluşacak iç kuvvetlerin Z2 sınıfı zemin için Z1 sınıfında zemin için elde edilen sonuçlardan en fazla %26 oranında, benzer şekilde Z3 sınıfı zemin için %74 oranında ve Z4 sınıfı zemin için %139 oranında değişebildiği görülmektedir. Doğal titreşim periyotlarının daha da uzaması ve düzensizliklere bağlı olarak bu oranlarında daha da artabileceği düşünülürse yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde zeminin karakteristiklerinin doğru şekilde belirlenmesinin ne derecede önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- ABYYHY., 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *İMO İzmir Şubesi Yayını*”, No:25.
- Chopra, K, A, 2001., Dynamics of Structures, *Prentice-Hall International Inc.*, New Jersey.
- Computers and Structures Inc., Structural Analysis Programs SAP2000 Nonlinear, Berkeley, California.
- Livaoğlu, R., 2001, “Yapıların Deprem Hesabında Burulma Düzensizliğinin ve Hesap Yöntemlerinin Etkinliğinin İncelenmesi,” *KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.