

ÇELİK UZAY ÇATI SİSTEMLİ HAL YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Armağan KORKMAZ*, Zeki AY**

ÖZET

Deprem etkisi, yapıları alışılmış yüklerin üzerinde zorlayarak yapı davranışını olumsuz yönde etkiler. Bütün yapılarda olduğu gibi, çelik uzay çatılı hal yapıların da depremden zarar görmeyecek veya daha az zarar görecektir şekilde tasarlanması ve inşası oldukça önemli bir husustur. Çelik uzay çatı sistemli hal yapılarında genel olarak alttaki taşıyıcı sistem betonarme çerçeveler veya perdeli çerçeveli sistemlerden oluştuğu için, taşıyıcı sistemin rijitliği çelik çatı sistemine göre oldukça yüksektir. Özellikle deprem sırasında yapıların önemli düzeyde zarar görmemesi gerekir. Çünkü, geniş açıklıklı bu tip yapılar, deprem sonrası geçici barınma yeri, hastane vb. amaçlarla kullanılacak yapılardır. Bu çalışma, rijitliği birbirinden farklı ve beraber çalışmak zorunda olan iki sistemin deprem davranışlarını incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, çelik uzay çatı sistemli üç hal yapısı modeli ele alınmıştır. Bu üç modelin, 4 deprem bölgesi (1., 2., 3.ve 4.) ve 4 farklı yerel zemin sınıfı (Z1, Z2, Z3, Z4) türüne göre davranış spektrumu kullanılarak analizleri yapılmıştır. Her bir model için maksimum yer değiştirmeler, taban kesme kuvvetleri ve taban momentleri bulunarak, 1998 Türk Deprem Yönetmeliği çerçevesinde modellerin deprem davranışı incelenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çelik Uzay Kafes Çatı, Davranış Spektrumu, Hal Yapılarının Deprem Davranışlarının İncelenmesi

* Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batı Kampüsü, Isparta

** Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batı Kampüsü, Isparta

EVALUATION OF EARTHQUAKE BEHAVIOR OF STEEL SPACE FRAMED HALL STRUCTURES

ABSTRACT

It is a fact that, earthquake has negative effect on structural behavior by forcing structures over limits. Likelihood the all other structures, the earthquake design of steel space framed hall for people suffering from the earthquake. In general construction, steel space frames are build on reinforced concrete frame or wall structure above the bottom side. For this reason, bottom side has higher rigidity comparing to upper side. In this current research work, hall structures involving two different rigidity parts are taken into consideration regarding with earthquake behavior. In application, 3 different hall structures are modeled in the analyses. These models are analyzed in four different earthquake zone and soil class in combination. For each model, max. displacements, shear forces, moments are determined and compared according to 1998 Turkish Design Code.

Key Words: *Steel space framed hall structures, Response Spectrum, Evaluation of earthquake behavior of hall structures*

1. GİRİŞ

Mimaride, mümkün olduğunca yüksek, kol onsuz ve geniş açıklıklı alanlar veya mekanlar inşaa etmek ve bu alanları örtmek kuşkusuz tüm çağların en önemli arayışı olmuştur. Günümüzde, bu arayışın en başarılı örnekleri, uzay kafes sistemlerle gerçekleştirilmektedir. Uzay kafes inşaatında, ekonomik, hızlı, estetik ve güvenli çözümler ise prefabrikte çelik uzay sistemlerle mümkün olmaktadır. Böylece, prefabrikte çelik uzay sistemlerle, çağdaş teknoloji, mimarinin hizmetine sunulmaktadır. Büyük açıklıkların geçilmesinde klasik çelik çatı konstrüksiyon sistemleri günümüzde yerini prefabrikte çelik uzay sistemlere bırakmıştır.

Ülkemiz topraklarının büyük bir kısmı deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır. Yakın zamanda meydana gelen Marmara 17 Ağustos 1999 (M: 7.4) , Düzce 12 Kasım 1999 (M: 7,2)

, Afyon-Sultandağı 3 Şubat 2002 (M: 6,8) , Bingöl 1 Mayıs 2003 (M: 6,3) depremleri özellikle kamu binalarının önemli bir kısmının deprem yönünden risk altında olduğunu göstermiştir. Bu nedenle mevcut binaların deprem güvenlik durumlarının incelenmesi ve gerekli görülenlerin güçlendirilmesi konusunda yoğun olarak çalışılmaktadır (ATC 40, 1996; FEMA 273, 1997; FEMA 356, 2000).

Bu çalışmada, Türkiye’de halen yapılmakta olan hal binalarının deprem davranışlarının incelenmesi esas alınmıştır. Böylece, bu yapıların yapı tiplerine göre deprem yönünden alınacak tedbirlerin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında hal binalarının modellenmesinde mevcut uygulamalardan mimari ve statik projeleri alınan 750, 1500 ve 2500 kişilik karma tip hal yapı projeleri bilgisayar ortamına aktarılarak, üzerlerine kırık, tonoz ve tek eğimli uzay çatı tipleri yerleştirildi. Daha sonra, oluşturulan bu modeller, 4 deprem bölgesi (1., 2., 3. ve 4.) ve 4 farklı yerel zemin sınıfı (Z1, Z2, Z3, Z4) türüne göre Davranış Spektrumu hesap yönteminin; x yönü, y yönü ve (x+y) yönünde uygulanmasıyla, her bir model için maksimum yer değiştirmeler, taban kesme kuvvetleri ve taban momentleri bulunarak, 1998 Türk Deprem Yönetmeliği çerçevesinde modellerin deprem davranışı incelendi ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

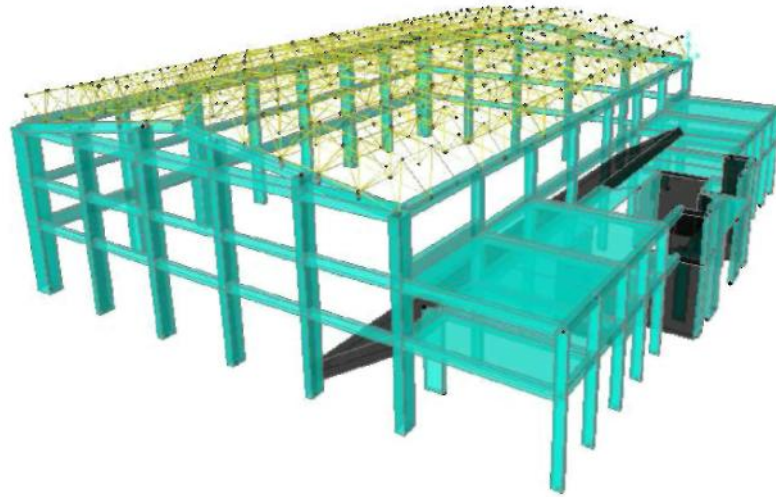
Davranış Spektrum Yöntemi kullanılırken, yerel zemin sınıfları ile ilgili katsayılar, Amerikan UBC 1997 (Uniform Building Code) standardından alınmıştır. Yapıların maksimum deplasmanlar, maksimum taban kesme kuvvetleri ve maksimum taban momentleri belirlenirken UBC’97’ye göre düzenlenmiş spektrum eğrileri kullanılmıştır. Çalışmada, SAP2000 (Three Dimensional Static And Dynamic Finite Element Analysis And Design of Structures) bilgisayar programı kullanılmıştır (Wilson, 2001).

2. ÇALIŞMAYA ESAS ALINAN YAPILAR VE ÖZELLİKLERİ

Çalışmaya esas yapılar geometri ve tip bakımından aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. Malzeme özelliği olarak; beton C20 sınıfı, donatı çeliği S420, çelik uzay kafes profilleri ST37 çeliği alınmıştır. Bütün modellerin kiriş, kolon, perde ve döşeme taşıyıcı elemanları statik projelerine esas olarak boyutlandırılmıştır (TS 648, 1980; TS 648, 1980; ABYYHY, 1997).

a. 750 Kişilik Tonoz Çelik Uzay Kafes Çatılı Prefabrike Hal Tipi Yapı Modeli (M1)

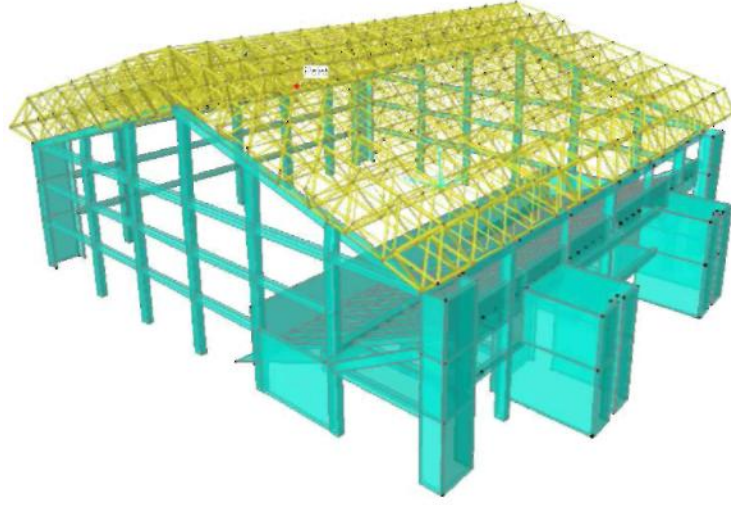
Şekil 1’de modellenmesi verilen yapı; 48 m x 40,1 m oturma alanlı, 10,5 m yüksekliğinde, x yönünde 7 açıklıklı, y yönünde ise 6 açıklıklı, üzerinde tonoz çelik uzay kafes çatı olan bir yapıdır. 1998 Türk Deprem Yönetmeliğinde (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) verilmiş olan dört deprem bölgesi (1, 2, 3 ve 4. derece) ve dört yerel zemin sınıfı (Z1, Z2, Z3 ve Z4) için incelenmiştir.



Şekil 1. 750 Kişilik Tonoz Çelik Uzay Kafes Çatılı Prefabrike Hal Tipi Yapı Modeli

b. 1500 Kişilik Kırık Çelik Uzay Kafes Çatılı Tip Prefabrike Hal Tipi Yapı Modeli (M2)

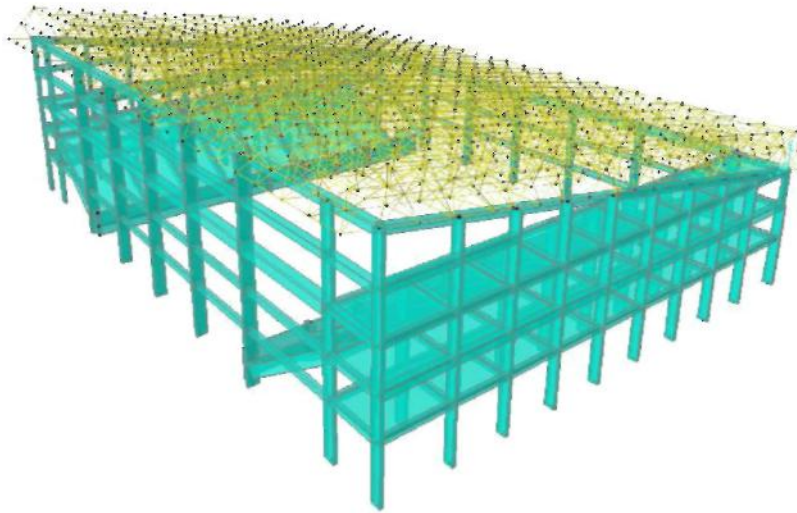
Şekil 2’de modellenmesi verilen yapı; 44,76 m x 51,13 m oturma alanlı, 10,9 m yüksekliğinde, x ve y yönünde 6 açıklıklı, üzerinde kırık çelik uzay kafes çatı olan bir yapıdır. 1998 Türk Deprem Yönetmeliğinde (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) verilmiş olan dört deprem bölgesi (1., 2., 3. ve 4. derece) ve dört yerel zemin sınıfı (Z1, Z2, Z3 ve Z4) için incelenmiştir.



Şekil 2. 1500 Kişilik Kırık Çelik Uzay Kafes Çatılı Tip Prefabrike Hal Tipi Yapı Modeli

c. 2500 Kişilik Tek Eğimli Çelik Uzay Kafes Çatılı Tip Prefabrike Hal Tipi Yapı Modeli (M3)

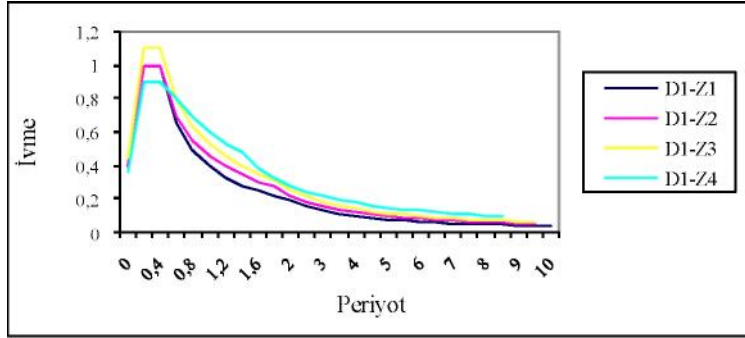
Şekil 3’de modellenmesi verilen yapı; 62,52 m x 45,15 m oturma alanlı, 10 m yüksekliğinde, x yönünde 8 açıklıklı ve y yönünde ise 9 açıklıklı, üzerinde tek eğimli çelik uzay kafes çatı olan bir yapıdır. 1998 Türk Deprem Yönetmeliğinde (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) verilmiş olan dört deprem bölgesi (1., 2., 3. ve 4. derece) ve dört yerel zemin sınıfı (Z1, Z2, Z3 ve Z4) için incelenmiştir.



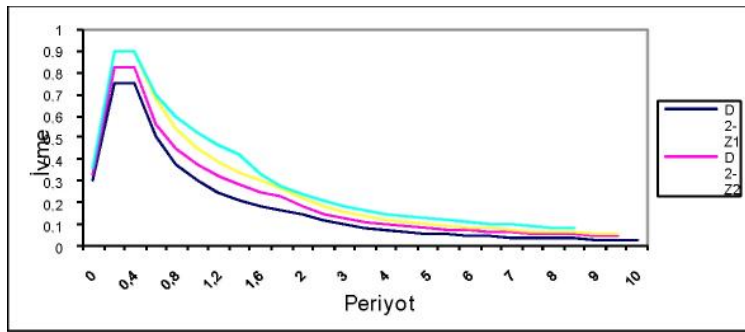
Şekil 3. 2500 Kişilik Tek Eğimli Çelik Uzay Kafes Çatılı Tip Prefabrike Hal Tipi Yapı Modeli

Yapı Modellerinin Analizinde Kullanılan Davranış Spektrumu Eğrileri

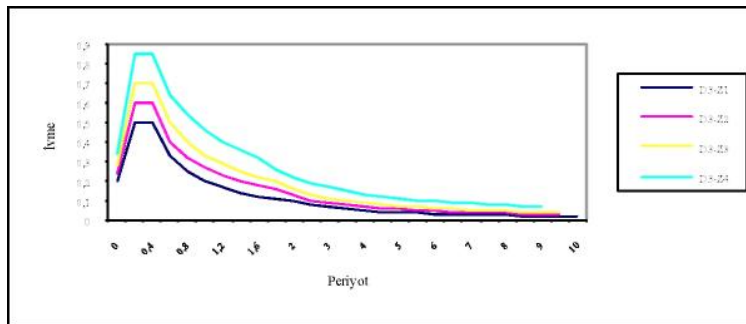
Şekil 4 ile 7 arasında deprem bölgeleri ve zemin sınıflarına göre elde edilen spektrum eğrileri sunulmuştur.



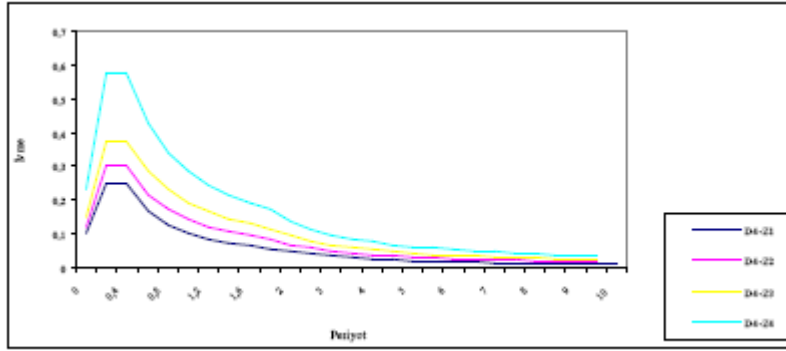
Şekil 4. Deprem Bölgesi ve 4 Zemin Sınıfına Göre Davranış Spektrumu Eğrisi



Şekil 5. Deprem Bölgesi ve 4 Zemin Sınıfına Göre Davranış Spektrumu Eğrisi



Şekil 6. Deprem Bölgesi ve 4 Zemin Sınıfına Göre Davranış Spektrumu Eğrisi

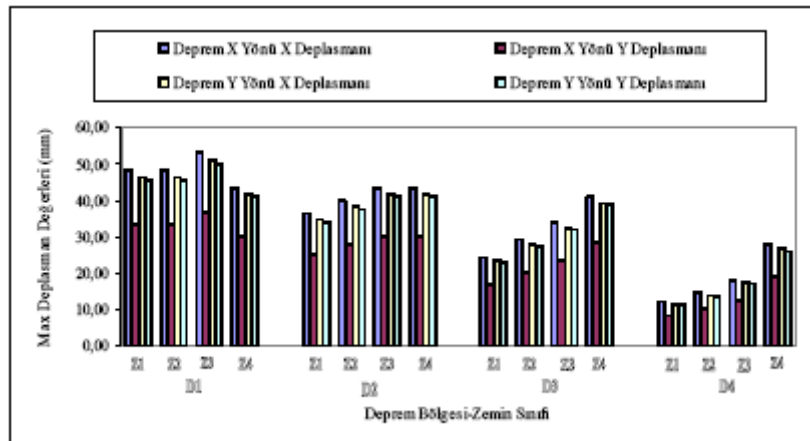


Şekil 7. Deprem Bölgesi ve 4 Zemin Sınıfına Göre Davranış Spektrumu Eğrisi

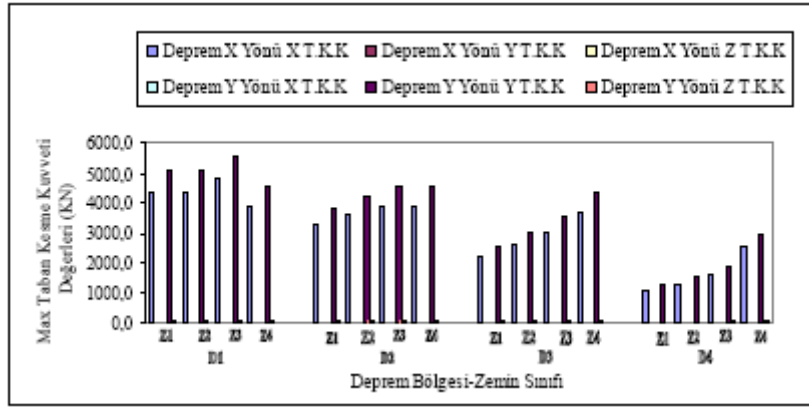
3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Analizi yapılan yapı modellerinin temel titreşim periyotları,; M1 modelin 0,32 s., M2 modelinin 0,46 s., M3 modelinin 0,38 s.'dir. Yapılan analizler sonucunda, her bir yapının, 1998 Türk Deprem Yönetmeliğinde yer alan dört deprem bölgesi ve dört yerel zemin sınıfı için; maksimum deplasmanları, maksimum taban kesme kuvvetleri ve maksimum taban momentleri elde edilerek grafikler halinde aşağıda verilmiştir.

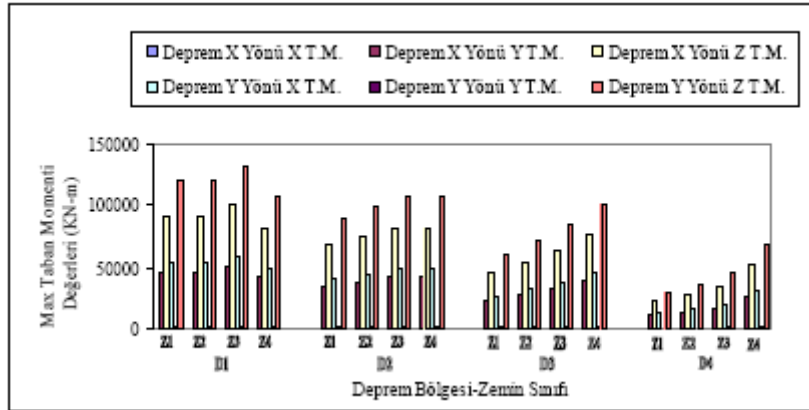
3.1 M1 Yapı Modeli İçin Elde Edilen Bulgular



Şekil 8. Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönünde Maksimum Deplasman Değerleri

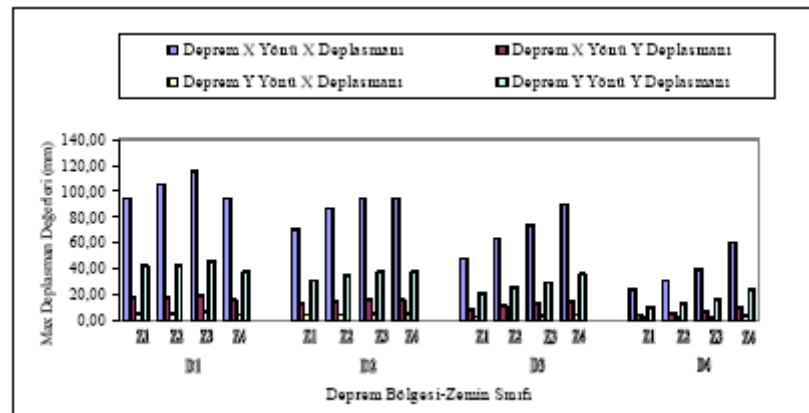


Şekil 9. Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönünde Maksimum Taban Kesme Kuvveti Değerleri

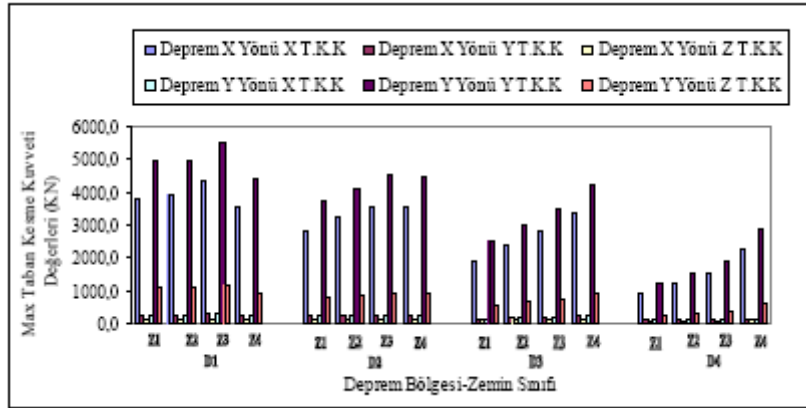


Şekil 10. Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönünde Maksimum Taban Momenti Değerleri

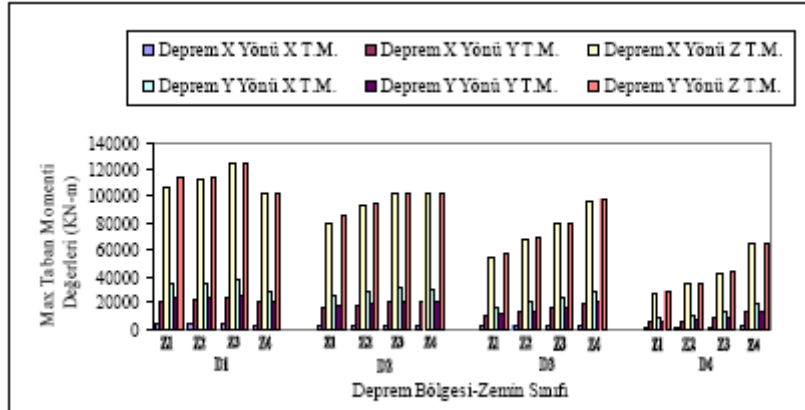
3.2. M2 Yapı Modeli İçin Elde Edilen Bulgular



Şekil 11. Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönüne Göre Maksimum Deplasman Değerleri

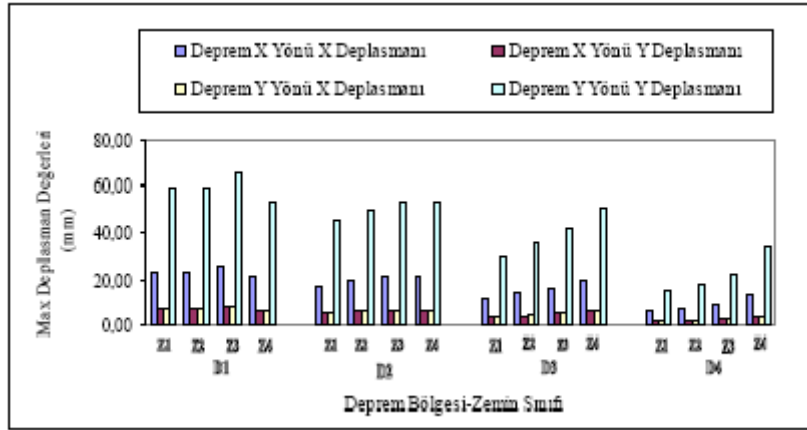


Şekil 12 Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönüne Göre Maksimum Taban Kesme Kuvveti Değerleri

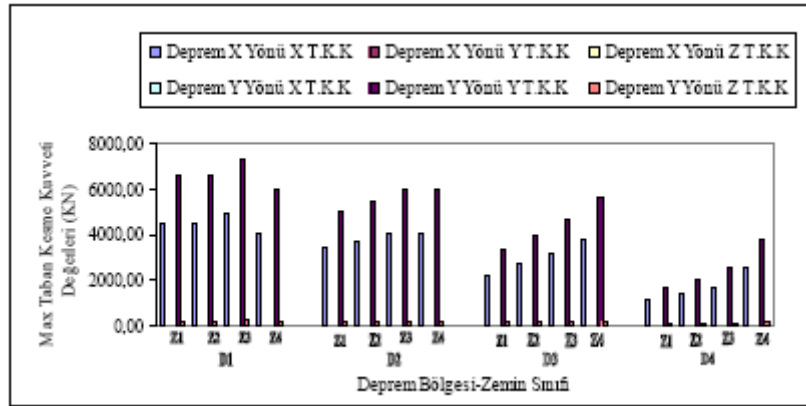


Şekil 13 Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönüne Göre Maksimum Taban Momenti Değerleri

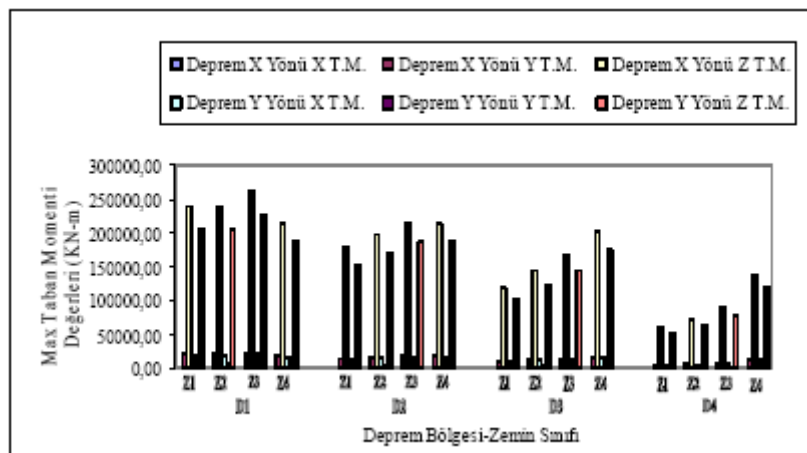
3.3 M3 Yapı Modeli İçin Elde Edilen Bulgular



Şekil 14 Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönüne Göre Maksimum Deplasman Değerleri



Şekil 15 Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönüne Göre Maksimum Taban Kesme Kuvveti Değerleri



Şekil 16 Deprem Bölgesi, Zemin Sınıfı ve Deprem Yönüne Göre Maksimum Taban Momenti Değerleri

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler göstermektedir ki, hal yapılarının deprem davranışlarının belirlenmesi yapı davranışının kritikliği açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle ilerde sığınak yapısı olarak kullanılması muhtemel böylesi önemli yapıların deprem sırasında az hasar alması veya hasar almadan kurtulması için deprem etkisinin dikkate alınarak iki farklı rijitlikte olan bu yapıların analizlerinin gerçekçi olması oldukça önemlidir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

M1 yapı modelinde maksimum yer değiştirme 1. derece deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı 3'de çıkmaktadır. Yalnız, deprem bölge derecesi azaldıkça (4. derece deprem bölgesine doğru) maksimum deplasman diğer yerel zemin sınıflarına göre yerel zemin sınıfı 4'de daha büyük çıkmaktadır.

1. derece deprem bölgesinde yerel zemin sınıfı maksimum deplasmanı çok fazla etkilememesine rağmen, deprem derecesi en küçük olan 4. derece deprem bölgesinde yerel zemin sınıfı önemli derecede etken olmaktadır.

1. derece deprem bölgesi ve 4. derece deprem bölgesi arasında en iyi zemin sınıfı olan yerel zemin sınıfı 1'de, maksimum deplasmanlar arasında yaklaşık 4 kata yakın bir fark varken, yerel zemin sınıfı 4'e giderken bu fark azalmaktadır. Diğer taraftan, 1. derece deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı 4'deki maksimum deplasman değerleri ile 4. derece deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı 4'deki maksimum deplasman değerleri arasındaki oran 1,7 kat civarındadır. Yani, maksimum deplasman değişimi deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı kriterlerine göre doğrusal değildir.

Yapı modellerinde maksimum deplasmanı belirleyen etken, deprem bölgesinden daha ziyade yerel zemin sınıfı olmaktadır. 4 deprem bölgesinde de, yerel zemin sınıfı 4 için belirlenen maksimum deplasman değerleri arasındaki oran çok fazla olmamaktadır. Ama, en iyi zemin koşullarında (yerel zemin sınıfı 1'de) maksimum deplasmanı deprem bölgesi belirlemektedir.

M1 yapı modelinde, modelin genel geometrik özellikleri ve çatı sistemi özelliklerinden dolayı, depremin x yönünde etkimesi halinde veya depremin y yönünde etkimesi halinde, diğer yöndeki maksimum deplasmanlarda önemli bir değişim görülmemektedir, değişimdeki oran çok fazla çıkmamaktadır. Halbuki M2 ve M3 yapı modellerinde, değişimdeki oran M1 yapı modeline göre oldukça fazladır. M2 ve M3 yapı modellerinde de maksimum deplasman değişimleri genel olarak, M1 yapı modelindeki maksimum deplasman değişimlerine benzemektedir.

Yapı modellerinin maksimum deplasmanlarının değişiminde, çelik çatı sistemi çok fazla etken olmamaktadır. Bu durum, yapının deprem davranışında, yapının ana taşıyıcı sisteminin çelik çatı sisteminden daha etkili olduğunu gösterir.

Bütün yapı modellerinde, maksimum taban kesme kuvvetleri, 1. derece deprem bölgesi ve yerel zemin sınıfı 3'de meydana gelmektedir. Bunun nedeni ise, UBC 97'den alınan C_a ve C_v katsayılarından kaynaklanmaktadır. Beklenildiği gibi, en büyük taban kesme kuvveti 1. derece deprem bölgesinde, en küçük taban kesme kuvveti ise 4. derece deprem bölgesinde çıkmaktadır. Yapı modellerinin maksimum deplasmanlarındaki değişime benzer şekilde, 1. derece deprem bölgesindeki maksimum taban kesme kuvvetleri arasındaki oran, 4. derece deprem bölgesindeki maksimum taban kesme kuvvetleri arasındaki orandan daha küçük çıkmaktadır. Yine, deplasmanlardaki değişime benzer şekilde, 1. derece deprem bölgesinde maksimum taban kesme kuvvetlerinin değişimi için zemin sınıfı çok fazla etken olmamasına rağmen, 4. deprem bölgesinde zemin sınıfı önemli bir etkendir.

Yapı modellerinin taban momenti değişimleri doğal olarak maksimum deplasman ve maksimum taban kesme kuvveti değişimlerine paralellik arz etmektedir. Yükün yatay geldiği kabul edildiği için, düşey yöndeki maksimum taban kesme kuvveti ve maksimum taban momenti değerleri, yatay etkilerin yanında çok küçük çıkmaktadır.

Sonuç olarak, çelik uzay çatılı salon tipi yapıların deprem davranışında, yapının ana taşıyıcı sisteminin yapının çelik uzay çatısına oranla çok çok daha önemli bir etken olduğu ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, yapının uzay çatı sisteminden ziyade, yapının ana taşıyıcı sisteminin deprem dayanımını arttırıcı şekilde düzenlenmesi önemlidir.

KAYNAKLAR

ABYYHY-1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. 1997 Resmi Gazete 1997, İstanbul.

ATC (Applied Technology Council) 40, Seismic Evaluation And Retrofit of Concrete Buildings, 1996.

FEMA (Federal Emergency Management Agency) 273 Guidelines For The Seismic Rehabilitation of Buildings-1997.

FEMA (Federal Emergency Management Agency) 356 Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings - 2000.

TS 648, 1980 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

TS 498, 1987 Yapı Elamanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesabı

Wilson, E.L., 2001. Three Dimensional Static And Dynamic Analysis of Structures. Computers and Structures, inc., USA.