KONSOLA MESNETLİ KOLONUN SÜREKSİZLİĞİNİN TAŞIYICI SİSTEMİN DEPREM DAVRANIŞINA OLAN ETKİSİ

H. Toker[1], A.O. Ateş[2] ve Z. Celep[3]

[1] *İnşaat Mühendisi, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak*
[2] *Araştırma Görevlisi, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak*
[3] *Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak*
Email: tokerhakan@itu.edu.tr

ÖZET:

İnşaat mühendisliği açısından düzenli bir taşıyıcı sistem her zaman arzu edilse de, genellikle mimari kaygılar vb. nedenlerle uygulamada düzensiz taşıyıcı sistemlere sık sık rastlanmaktadır. Taşıyıcı sistem düzensizlikleri, yönetmelikler tarafından sınırlandırılmış ve düzensiz binalarda oluşabilecek olumsuzlukların etkisini azaltmak için bir takım yaptırımlar getirilmiştir. Bu düzensizliklerin taşıyıcı sistem üzerindeki olumsuz etkisini araştırmak amacıyla DBYBHY 2007'nin düşey doğrultuda düzensizlik durumları arasında gösterdiği ve uygulanmasına izin vermediği, kolonların konsol kirişlere oturtulması durumu sunulan bu çalışmada karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu incelemede, konsola oturan kolon düzensizliği olan çerçeve türünden taşıyıcı sistem ile konsol kirişleri olan düzenli bir çerçeve, son yıllarda sıkça dile getirilen performansa dayalı tasarım ilkesi çerçevesinde doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden statik itme analizi ve zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılarak irdelenmiş ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Zaman tanım alanında hesap yönteminde kullanılacak olan üç adet deprem kaydı ilgili zemin sınıfı dikkate alınarak oluşturulan tasarım spektrumuna benzeştirilmiştir. Sunulan bu çalışmada, statik itme analizi ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları da karşılaştırılmıştır. Ayrıca düşey doğrultuda düzensiz olan taşıyıcı sistem için zemin kat yüksekliği bir parametre olarak belirlenmiş ve zemin kat yüksekliği değiştirilerek, bunun doğrusal elastik olmayan analiz sonuçlarına etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma neticesinde, düşey doğrultuda düzensiz olan taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesinde, düzenli binaya kıyasla önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir. Taşıyıcı sistem elemanları esas alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, düzensiz taşıyıcı sistemde daha büyük elastik ötesi şekil değiştirmelere talep oluştuğu görülmüştür. Ayrıca düzensiz taşıyıcı sistemde karşılaştırma kriteri olan zemin kat yüksekliği arttıkça deprem tarafından talep edilen tepe yer değiştirmesi artarken taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesinde azalma tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Performansa dayalı tasarım, statik itme analizi, zaman tanım alanında analiz yöntemi, düşey eleman süreksizliği.

1. GİRİŞ

Bir yer hareketinde binaların yıkılmasına, ciddi hasarlara uğramasına neden olan en önemli sebep; binaların tasarlandığı dönemde mevcut yönetmeliklere uygun olarak projelendirilip, yapılmamalarıdır. Bina taşıyıcı sisteminde yapılan hatalar, projeye uygun olmayan malzeme kullanımı, yetersiz işçilik ve bina yapım aşamasında yetersiz kalan denetimler nedeniyle mevcut binaların olası bir depremde istenilen performansı gösteremeyeceğini tahmin etmek hiç de zor değildir.

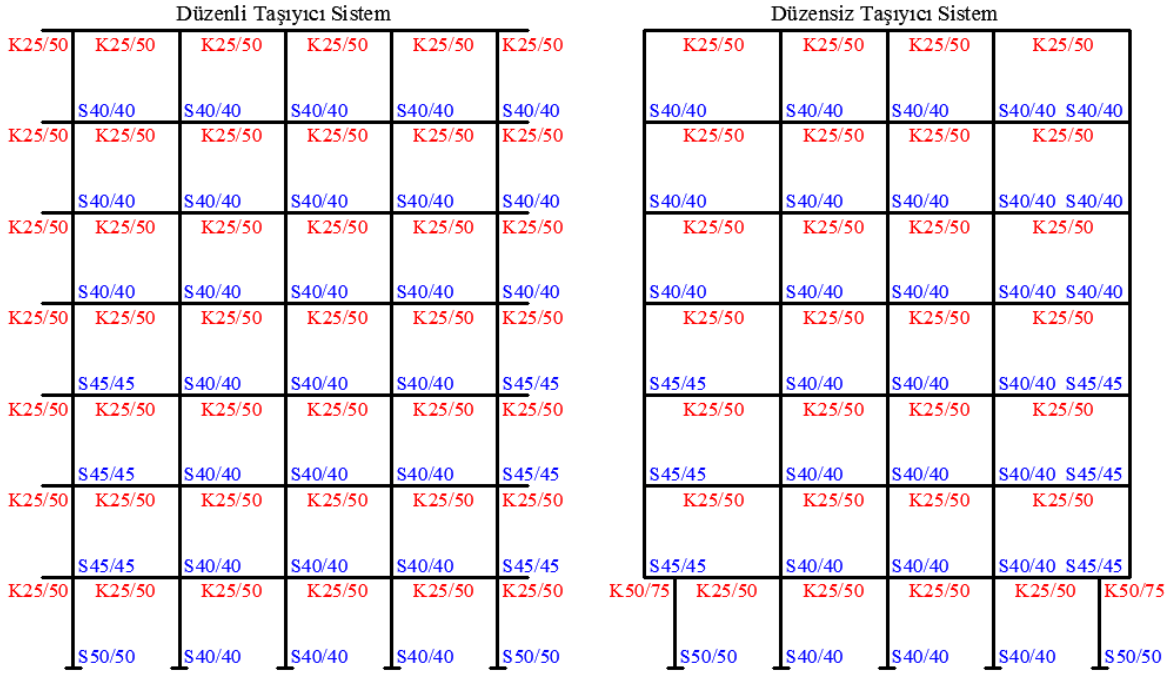
Depreme dayanıklı bir bina inşa etmek için kullanılacak olan en önemli kaynak deprem yönetmelikleridir. Dünya üzerinde bulunan yönetmelikler incelendiğinde, depreme dayanıklı yapı tasarımında uygulanan temel

ilkenin benzerlik gösterdiği görülmektedir. DBYBHY 2007'e göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarında oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanmasıdır. Buradan da anlaşılacağı üzere, bir binanın elastik davranış gösterecek şekilde tasarlanması, şiddetli yer hareketi düşünüldüğünde, ekonomik olmayan çözümler üretilmesine neden olmaktadır. Bu sebeple yeni bir bina tasarlanırken kullanıcıların can güvenliğini sağlamak koşulu ile hasar oluşumuna izin verilerek taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranış göstermesi beklenir.

Doğrusal elastik yöntemler kullanılarak inşa edilen mevcut binaların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli deprem güvenliği bulunmayan binaların güçlendirilmesi düşüncesi son yıllarda tüm dünyada takip edilen önemli konular arasında kendine yer edinen şekil değiştirme esaslı tasarım ilkesinin ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur.

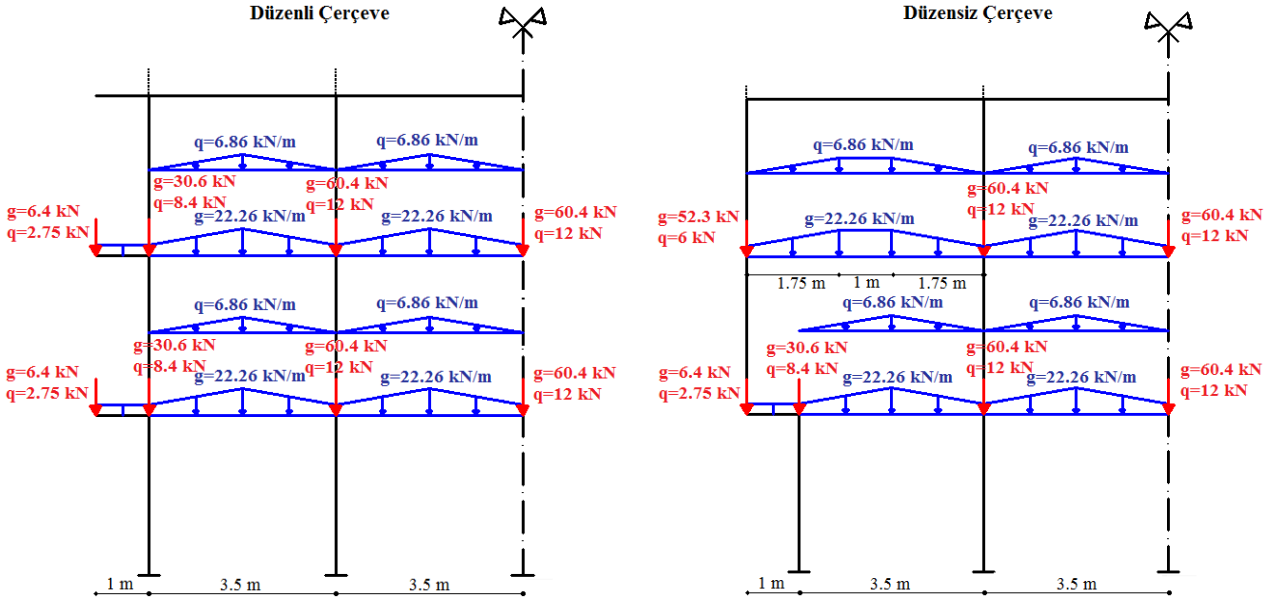
2. ÇALIŞMA KAPSAMINDA İNCELENEN ÇERÇEVELER

Bu çalışma kapsamında Deprem Yönetmeliği 2007'nin düşey doğrultuda düzensizlik durumları arasında gösterdiği *B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği* konusu içerisinde yer alan ve uygulanmasına izin verilmeyen, kolonların konsol kirişlere oturtulması durumu karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İncelemede her ikisi de 7 katlı olmak üzere konsola oturan kolon düzensizliği olan çerçeve türünden taşıyıcı sistem ile konsol kirişleri olan düzenli bir çerçeve kullanılmıştır. C25 beton sınıfı ve S420a donatı çeliği kullanılarak tasarlanan çerçeveler taşıyıcı sistem davranış katsayısı R=8, 1. derece deprem bölgesi ve Z2 yerel zemin sınıfı parametrelerine göre Deprem Yönetmeliği 2007 ve TS500 kuralları dikkate alınarak boyutlandırılmıştır. Kat yüksekliğinin 3.0m olduğu çerçevelerde iç açıklıklar 3.5m, konsollar ise 1.0m uzunluğundadır. Düzenli ve düzensiz çerçeve, kolon ve kiriş boyutları ile beraber Şekil 1'de verilmiştir. Doğrusal analiz sonucu elde edilen kolon ve kiriş donatıları her iki sistemde değişkenlik göstermektedir.



Şekil 1. Düzenli ve düzensiz çerçeve kolon, kiriş boyutları

Düzenli ve düzensiz çerçeveler üzerinde bulunan yükler kenar ve orta açıklık için Şekil 2'de verilmiştir. Düzenli çerçeveye etkiyen yükler tüm katlarda birbirinin benzeriyken, düzensiz çerçevede zemin kat tavanı ve birinci kat tavanı olmak üzere iki tip yükleme mevcuttur. Düzensiz çerçevede birinci kat tavanı ve üzerinde yükler benzerdir.



Şekil 2. Düzenli ve düzensiz çerçevelere etkiyen yükler

Artımsal eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Plastik mafsal özellikleri belirlenirken kesitlerin iç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntıları Deprem Yönetmeliği 2007'de belirtildiği gibi iki doğrulu olarak idealize edilmiştir. Bu çalışmada kiriş ve kolonlarda plastik dönme artışına bağlı olarak oluşacak plastik moment artışı dikkate alınmamıştır. Deprem Yönetmeliği 2007'de belirtilen plastik mafsal uzunluğunun orta noktalarında oluşturulan plastik mafsallar kolonların alt ve üst ucu, kirişlerin ise sol ve sağ uçlarına atanmıştır.

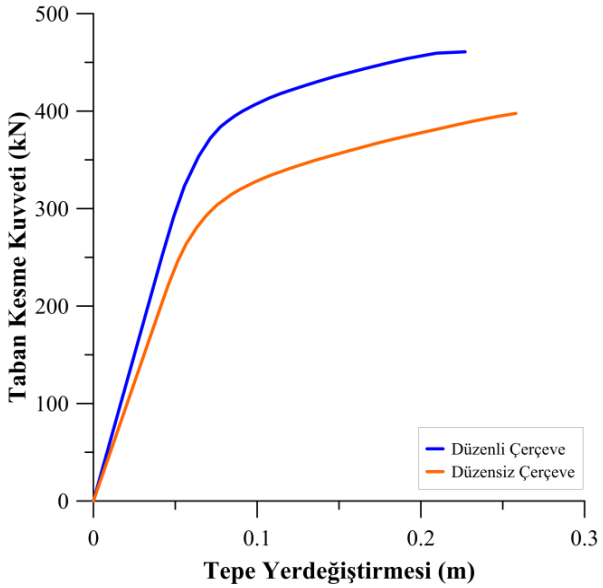
Doğrusal olmayan davranış gözönüne alınarak taşıyıcı sistemin performans değerlendirmesi yapılırken çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri kullanılmaktadır. Deprem Yönetmeliği 2007'de çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği, çatlamamış kesitin eğilme rijitliği azaltılarak elde edilir. Bu sayede, doğrusal olmayan davranışta betonun çatlaması ve plastik şekil değiştirmeler nedeniyle meydana gelecek rijitlik kaybı dikkate alınmış olmaktadır. Çatlamış kesit etkin eğilme rijitliği hesabında, eksenel yük değeri her iki analiz yönteminde de başlangıç adımını oluşturan deprem hesabına esas yapı ağırlığı ($g + 0.3q$) dikkate alınarak belirlenmiştir. 7 katlı, 4 açıklıklı çerçeve modelleri yukarıda bahsedilen bilgiler ışığında SAP2000 programı kullanılarak oluşturulmuştur.

3. ARTIMSAL EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ İLE ANALİZ

3.1. Düzenli ve Düzensiz Çerçevelerin Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine (AEDYY) göre İncelenmesi

Düzenli ve düzensiz çerçevelere birinci titreşim mod genlikleri ve kat kütleleri ile orantılı yatay yük etkitilerek, kat seviyelerine etkiyen yatay yükler aralarındaki oran sabit olacak şekilde adım adım artırılmıştır. Yatay yükün artımına bağlı olarak kolon ve kirişlerin uçlarında kalıcı şekil değiştirmelerin toplandığı plastik mafsallar oluşur. Plastik mafsalların oluşmasıyla taşıyıcı sistemin yatay rijitliğinin azalması, sistemin kolay şekil değiştirebilir

olmasına ve dolayısıyla statik itme eğrisinin yataylaşmasına sebep olur. Her bir itme adımında taşıyıcı sistemde oluşan taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerlerinin eksen takımına yerleştirilmesi ile statik itme eğrisi elde edilmiştir. Statik itme eğrisi incelendiğinde; yük değerinin küçük olduğu başlangıç durumunda taşıyıcı sistemin elastik bir davranış gösterdiği, yük artımına bağlı olarak plastik mafsalların oluşmasıyla doğrusal olmayan davranışa geçildiği görülebilir. Statik itme eğrisinin doğrusallığını yitirip eğiminin azalmaya başladığı ilk nokta, sistemde ilk plastik mafsalın oluştuğu ana denk gelmektedir. Düzenli ve düzensiz çerçevelerde artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanması sonucu elde edilen taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi eğrileri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Düzenli ve düzensiz çerçevelere ait taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi eğrileri

Düzensiz sistemde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirmesi eğrisinin daha erken eğiminin azalmasının sebebi düzensiz sistemde orta eksenlerde bulunan kirişlerin moment kapasitesine ulaşarak daha erken plastikleşmesidir. Bunun sonucunda, düşey doğrultuda düzensiz olan taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesinde, düzenli sisteme kıyasla önemli bir azalma olduğu görülmektedir.

Statik itme analizi sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirme eğrisi ile depremin elastik talebini gösteren spektrum eğrisinin kesiştirilebilmesi için eksen dönüşümü yapılmalıdır. Bu kapsamda, düzenli ve düzensiz çerçevelere ait statik itme eğrileri modal kapasite eğrilerine dönüştürülür. Tasarım depremi dikkate alınarak oluşturulan spektral yer değiştirme – spektral ivme eğrisi ile modal kapasite eğrileri uygun şekilde birleştirilerek çerçevelerin performans noktaları elde edilir. Performans noktasında bulunan modal yer değiştirme değerleri kullanılarak düzenli ve düzensiz çerçevelere ait tepe yer değiştirmesi talepleri belirlenir. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi sonucuna göre; taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi talepleri sırasıyla düzenli çerçevede 461kN ve 0.23m, düzensiz çerçevede 398kN ve 0.26m olarak bulunmuştur.

Düzenli ve düzensiz çerçeveler tepe yer değiştirmesi taleplerine kadar itilerek performans noktasında hasar değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmeler neticesinde;

- Düzenli sistemde yer alan elemanların %37'si plastikleşme momentine erişirken, düzensiz sistemde ise elemanların %45'i plastikleşmiştir.
- Düzenli ve düzensiz sistemde bulunan kolonların tümü minimum hasar bölgesinde yer almaktadır.

- Düzenli sistemde, kirişlerin 22'si Minimum Hasar Bölgesinde (MHB) , 20'si Belirgin Hasar Bölgesinde (BHB) yer almaktadır. Düzensiz sistemde ise kirişlerin 10'u MHB, 20'si BHB'de bulunmaktadır. Hasar durumu oran olarak ifade edilirse; düzenli sistemde yer alan kirişlerin %53'ü MHB, %47'si BHB iken düzensiz sistemde bu oran %33 MHB, % 67 BHB olarak elde edilmiştir.
- 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda düzenli ve düzensiz sistemin can güvenliği performans düzeyini sağladığı görülmüştür. Ayrıca taşıyıcı sistemin düşeyde düzensiz olması, incelenen çerçevelerin hedef performans düzeyini etkilemezken hasar düzeyinin artmasına neden olmuştur.

3.2. Düzensiz Çerçevede Zemin Kat Yüksekliği Değişiminin Çerçeve Deprem Performansına Etkisinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre İncelenmesi

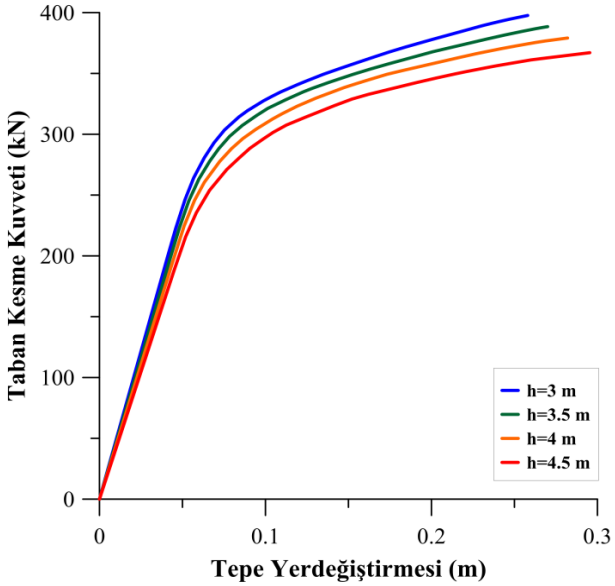
Çalışma kapsamında incelenen düzensiz çerçevede, zemin kat yüksekliği bir parametre olarak belirlenmiş, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre sonuçlar değerlendirilerek zemin kat yüksekliği değişiminin doğrusal elastik olmayan analiz sonuçlarına olan etkisi taban kesme kuvveti ve tepe yerdeğiştirmesi açısından araştırılmıştır.

Düzensiz çerçevede 3.0m olan zemin kat yüksekliği 3.5m, 4.0m ve 4.5m olacak şekilde değiştirilerek, elastik tasarım sonucu elde edilen kolon ve kiriş donatıları yeniden düzenlenmiştir. Düzensiz çerçevede zemin kat yüksekliklerinin değişiklik gösterdiği modellerin oluşturulması işleminden sonra kolon ve kirişlerde çatlamış kesit etkin eğilme rijitliği hesabı ve plastik mafsalların tanımlanıp ilgili elemanlara atanması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Düzensiz çerçevede zemin kat yüksekliği artımına bağlı olarak birinci (etkili) periyot değeri artmaktadır. Düzensiz çerçevelerde elde edilen etkili periyot değerleri sırasıyla 3.0m için 1.53s, 3.5m için 1.58s, 4.0m için 1.65s ve 4.5m için 1.72s bulunmuştur. Düzensiz çerçevede zemin kat yüksekliğinin artması sonucu oluşan rijitlik azalması ile statik itme eğrisinin başlangıç eğimi (elastik yatay rijitlik) azalacağı için depremin çerçevelerden talep ettiği tepe yer değiştirmesi değerleri artış göstermiştir. Bu ise, daha fazla elastik ötesi şekil değiştirmelere ihtiyaç olduğuna işaret eder. Düzensiz çerçevede elde edilen tepe yer değiştirmesi talepleri zemin kat yüksekliğine göre Tablo 1'de verilmiştir. Zemin kat yüksekliğinin değişim gösterdiği düzensiz çerçevelerde artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanması sonucu elde edilen statik itme eğrisi Şekil 4'de görülmektedir.

Tablo 1. Düzensiz çerçevelere ait taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirmesi talepleri

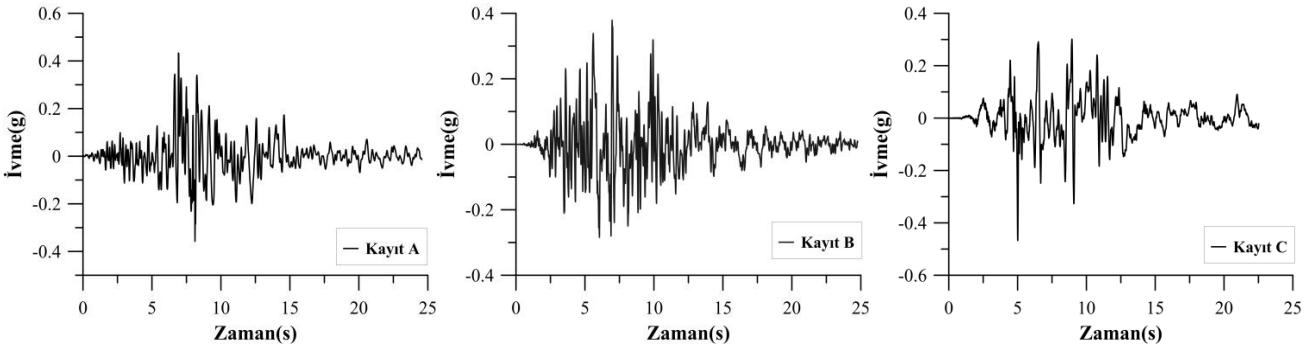
Zemin Kat Yüksekliği (m)	Tepe Yer değiştirmesi (m)	Taban Kesme Kuvveti (kN)
3.0	0.26	397
3.5	0.27	388
4.0	0.28	379
4.5	0.30	367



Şekil 4. Zemin kat yüksekliği değişiminin taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirme eğrilerine etkisi

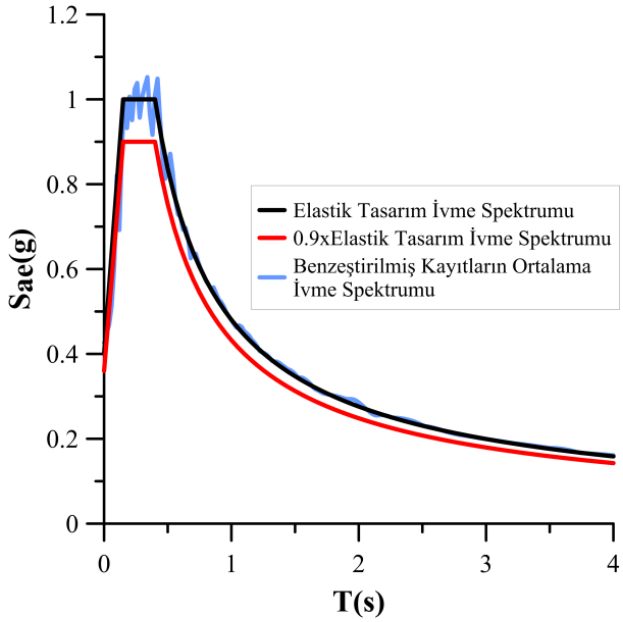
4. ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ İLE ANALİZ

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz (ZTADOA) yönteminde kullanılacak olan üç adet yer hareketi, 1994 yılında meydana gelen Northridge depremi, 1995 yılında oluşan Kobe depremi ve 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depremi kayıtları kullanılarak Seismomatch programı yardımıyla 1. derece deprem bölgesi ve Z2 zemin sınıfına ait elastik tasarım ivme spektrumuna benzeştirilmiştir. Orjinal deprem kayıtlarının elastik tasarım ivme spektrumuna benzeştirilmesi sonucunda oluşan yeni kayıtlar yukarıda verilen sıraya göre Kayıt A, Kayıt B ve Kayıt C olarak isimlendirilmiştir. Analiz süresinin uzamasını engellemek için Northridge, Kobe ve Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak oluşturulan benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ivme değerlerinin büyük olduğu bölümler kullanılmıştır.



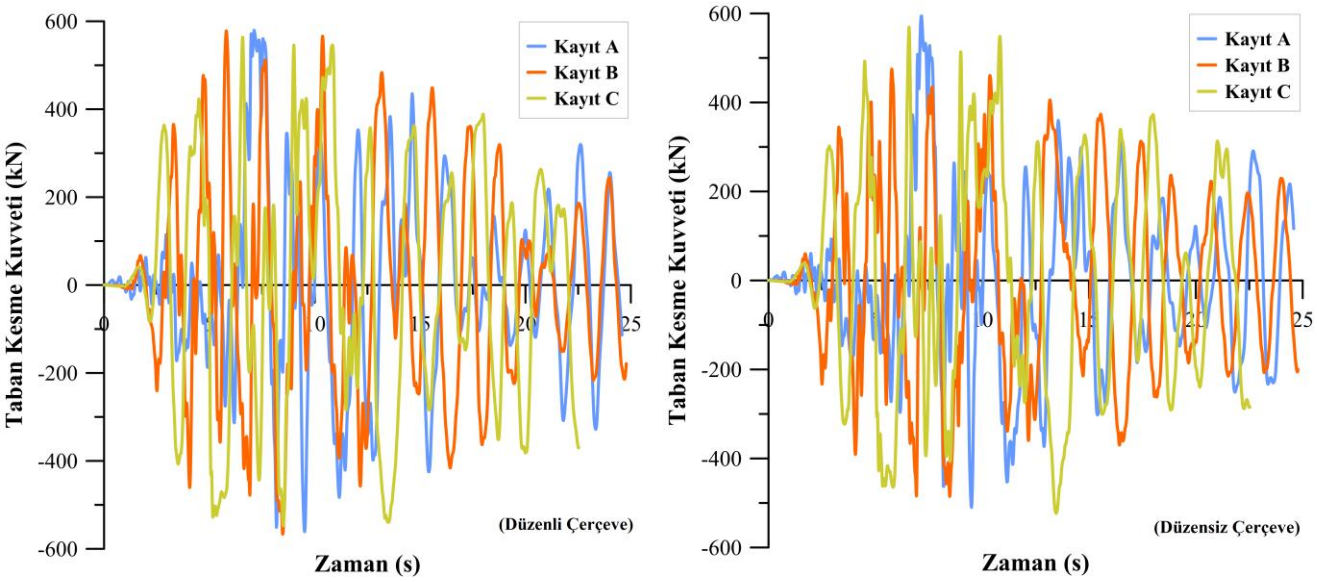
Şekil 5. Benzeştirilen yer hareketlerinin ivme kayıtları

Yapay kayıtların sağlaması gereken koşula göre her bir kaydın %5 sönüm oranı için elde edilen spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyodu T_1'e göre $0.2T_1$ ve $2T_1$ arasındaki periyotlar için $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivme değerlerinin %90'ından daha az olmamalıdır. Bu kapsamda seçilen kayıtların %5 sönüm oranı için elde edilen ivme spektrumlarının ortalaması Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi Kayıt A, Kayıt B ve Kayıt C'nin ivme spektrumlarının ortalaması elastik tasarım ivme spektrumuna yakın elde edilmiştir.



Şekil 6. Benzeştirilmiş deprem kayıtlarının ortalama ivme spektrumu

Seçilen yapay deprem kayıtlarının düzenli ve düzensiz çerçevelere etkitilmesi sonucu elde edilen taban kesme kuvveti değişimi Şekil 7'de, düzenli ve düzensiz çerçevelerde oluşan en büyük taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 7. Düzenli ve düzensiz çerçevede ZTADOA sonucu taban kesme kuvveti değişimi

Tablo 2. ZTADOA sonucu elde edilen taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirmesi değerleri

	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yer değiştirmesi (m)
Düzenli Çerçeve	579	0.24
Düzensiz Çerçeve	594	0.34

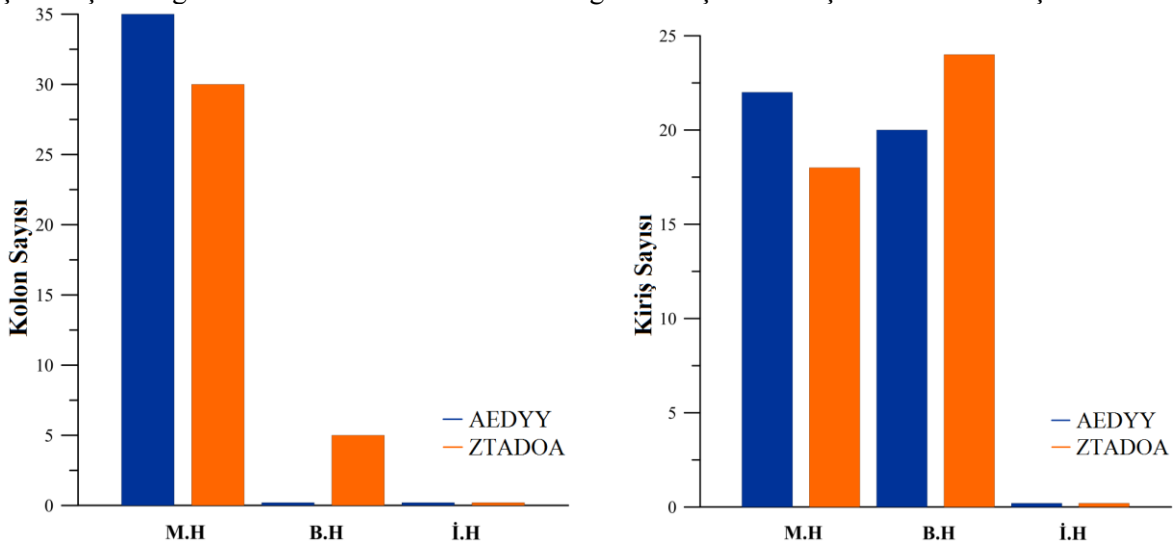
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kapsamında üç adet yer hareketi etkisinde düzenli ve düzensiz çerçevelerde elastik ötesi şekil değiştirmelerin (kontrollü hasar) değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmeler neticesinde aşağıdaki sonuçlar verilebilir:

- Düzenli sistemde yer alan elemanların % 42'si uç kesitlerinde moment kapasitesine erişirken, düzensiz sistemde ise elemanların % 60'ı plastikleşmiştir. Düzenli çerçevede plastik şekil değiştirmelerin ilk üç katta yoğunlaştığı, düzensiz çerçevede ise bu durumun genişleyerek ilk dört katı kapsadığı görülmüştür.
- Kolon hasarları incelendiğinde; düzenli ve düzensiz taşıyıcı sisteme sahip çerçevelerde zemin kat kolonlarının belirgin hasar bölgesinde yer aldığı görülmüştür. Düzenli ve düzensiz sistemde bulunan diğer tüm kolonlar minimum hasar bölgesinde bulunmaktadır.
- Düzenli sistemde, kirişlerin 18'i MHB, 24'ü BHB yer almaktadır. Düzensiz sistemde ise kirişlerin 6'sı MHB, 21'i BHB, 3'ü ileri hasar bölgesinde (İHB) bulunmaktadır. Hasar durumu oran olarak ifade edilirse; düzenli sistemde yer alan kirişlerin %43'ü MHB, %57'si BHB iken düzensiz sistemde yer alan kirişlerin %23'ü MHB, %67'si BHB, %10'u İHB'de bulunmaktadır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda düzenli ve düzensiz sistemin can güvenliği performans düzeyini sağladığı görülmüştür. Ayrıca taşıyıcı sistemin düşeyde düzensiz olması, incelenen çerçevelerin hedef performans düzeyini etkilemezken hasar düzeyinin artmasına neden olmuştur.

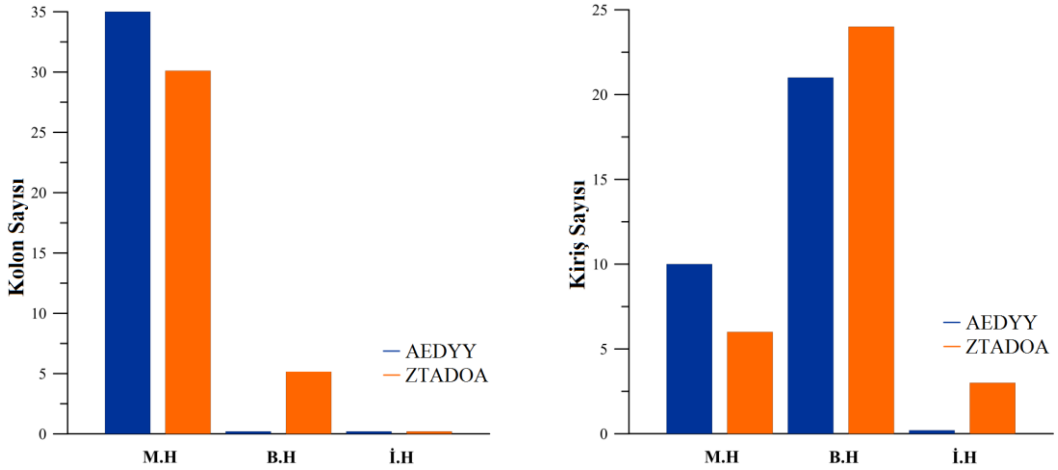
5. SONUÇLAR

5.1 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ve Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

- Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucunda düzenli çerçeve ile düzensiz çerçeve kolon ve kirişleri hasar bölgelerine göre değerlendirilerek grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda elde edilen grafikler Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Düzenli çerçevede kolon ve kiriş hasar bölgelerinin her iki yönteme göre karşılaştırılması



Şekil 9. Düzensiz çerçevede kolon ve kiriş hasar bölgelerinin her iki yönteme göre karşılaştırılması

Şekil 8 ve Şekil 9'da görüldüğü gibi zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucu düzenli ve düzensiz çerçevede kolon ve kiriş hasarları en çok bir hasar bölgesi değişerek artış göstermiştir.

• Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucu elde edilen taban kesme kuvveti değerleri incelendiğinde;

Düzenli ve düzensiz sistemde zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi sonucu elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Ayrıca düşey doğrultuda düzensiz olan taşıyıcı sistemde, elde edilen sonuçlar arasındaki fark daha belirgin durumdadır. Düzenli ve düzensiz sistemde her iki yöntemle elde edilen taban kesme kuvveti değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. ZTADOA ve AEDYY sonucu elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Analiz Yöntemi	Taşıyıcı Sistem	
	Düzenli Çerçeve	Düzensiz Çerçeve
AEDYY	461kN	398kN
ZTADOA	579kN	594kN
AEDYY/ZTADOA	0.80	0.67

• Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucu elde edilen tepe yer değiştirmesi değerleri incelendiğinde;

Düzenli sistemde elde edilen tepe yer değiştirmesi değerlerinin düzensiz sisteme kıyasla birbirine daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayrıca zaman tanım alanında hesap yöntemi sonucu elde edilen tepe yer değiştirmesi değeri her iki sistemde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan değerden büyük çıkmıştır. Düzenli ve düzensiz sistemde her iki yöntemle elde edilen tepe yer değiştirmesi değerleri Tablo 4'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 4. ZTADOA ve AEDYY sonucu elde edilen tepe yer değiştirmesi değerlerinin karşılaştırılması

Analiz Yöntemi	Taşıyıcı Sistem	
	Düzenli Çerçeve	Düzensiz Çerçeve
AEDYY	0.23m	0.26m
ZTADOA	0.24m	0.34m
AEDYY/ZTADOA	0.96	0.76

5.2. Genel Değerlendirme

Deprem Yönetmeliği 2007'nin düşey doğrultuda düzensizlik durumları arasında gösterdiği ve uygulanmasına izin vermediği kolonların konsol kirişlere oturtulması durumu sunulan bu çalışmada, konsola oturan kolon düzensizliği olan çerçeve türünden taşıyıcı sistem ile konsol kirişleri olan düzenli bir çerçeve üzerinde doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak irdelenmiş, her iki çerçeve için elastik ötesi şekil değiştirmelerin değerlendirmesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca düzensiz çerçevede zemin kat yüksekliği değişiminin etkisi artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre incelenmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar;

a. Düzenli ve düzensiz taşıyıcı sisteme sahip çerçeveler artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre incelendiğinde; düşey doğrultuda düzensiz olan taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesinde düzenli sisteme kıyasla önemli bir azalma olduğu görülmüştür.
b. Düzenli ve düzensiz çerçevede eksenel yük değişimine bağlı olarak hesaplanan çatlamış kesit etkin eğilme rijitliği değişiminin statik itme eğrisi başlangıç eğimine etkileri artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi sonuçlarında belirgin bir şekilde görülmektedir.
c. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonuçlarının taşıyıcı sistem esas alınarak değerlendirilmesi durumunda düşeyde düzensiz olan çerçevede plastik şekil değiştirme miktarının ve buna bağlı olarak hasar yoğunluğunun (elastik ötesi şekil değiştirmelerin) daha fazla olduğu görülmüştür.
d. Düzenli ve düzensiz çerçeve, beton ve çelikteki birim şekil değiştirme miktarı ile belirlenen hasar bölgeleri açısından değerlendirildiğinde zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminin daha elverişsiz sonuçlar verdiği görülmektedir. Ancak bahsedilen kesit hasar bölgesi değişiminin bir hasar bölgesi kadar fark ettiği sonucuna ulaşılmıştır.
e. Düzensiz taşıyıcı sisteme sahip çerçevede zemin kat yüksekliği artımının yatay yük kapasitesinde azalmaya neden olduğu ve kirişlerde oluşan hasarı artırıcı yönde sonuca etki ettiği görülmüştür.
f. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi değerlerinin düzenli sistemde daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Taşıyıcı sistemin düşeyde düzensiz olduğu çerçevede her iki yöntemle elde edilen taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi sonuçlarının tutarlılığını kaybetmesi hesap yöntemlerinin kullanılabilirliğinin sorgulanmasına neden olmuştur.
g. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile elde edilen sonuçların bu çalışma kapsamında incelenen düzenli ve düzensiz çerçeveler için geçerli olduğu ve sistemlere etkiyen düşey yükler, kolon ve kiriş elemanlarda bulunan donatı miktarları gibi parametrelerin sonuçlara etkisinin olduğu unutulmamalıdır.
h. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen sonuçların düzenli ve düzensiz çerçevelerde daha tutarlı olmasını sağlamak amacıyla artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin her adımında sistemde meydana gelecek plastikleşmeyi dikkate alabilecek ve birinci mod genliklerinin değişimine bağlı olarak yeniden uyarlanabilecek yük dağılımının kullanılması uygun görülmektedir.

KAYNAKLAR

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007,

TS500, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye,

İlki, A., Celep, Z., (2011). Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, Birinci Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 1-20, Ankara,

Celep, Z. (2008). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul,

K. Güler. (1995) Kenar kolonları kısa konsollara oturan bir binanın dinamik davranışı, İnşaat Mühendisliği XIII. Teknik Kongresi, 135-151, Ankara.

Güler, K. (1996) Dynamic behavior of a building having vertically irregular structural system, European Workshop on Seismic Behavior of Asymmetric and Set-Back Structures, 267-278, Naples, Italy

Taşkın, B., Güler, K., Altan, M. (2006) Evaluation of the role of architectural design in earthquake damages of reinforced concrete buildings, 8th NCEE, San Francisco, CA.

SAP2000 v. 14.0.0. Computers and Structures Inc., Berkeley, USA,

XTRACT. Cross Sectional X Analysis of Structural Components, Imbsen Software, CA, USA.

SEISMOMATCH v. 2.0.0. Seismo Soft, Pavia,Italy.

Toker, H. (2013). Konsola Mesnetli Kolonun Taşıyıcı Sistemin Deprem Davranışına Olan Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Müh. Bölümü, Yapı Müh. Programı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.