

Farklı İvme Kaydı Seçim Yöntemlerinin TSD Sistemlerin Maksimum Ötelenme Taleplerine ait Olasılık Eğrileri Üzerindeki Etkisi

^{1*}Ahmet Demir,²Mehmet Palanci ve ³Ali Haydar Kayhan

¹Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye
Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, İstanbul Arel Üniversitesi, Türkiye
Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye

Özet

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, yapı performansını belirlemek için kullanılan yapısal analiz yöntemlerinden biridir. Analizler için kullanılacak uygun ivme kayıtlarının seçimi ise, zaman tanım alanında analizler için önemli bir adımdır. Bu çalışmada, farklı ivme kaydı seçim yöntemlerinin zaman tanım alanında analizlerden elde edilecek maksimum ötelenme talepleri ve bunlara bağlı olarak elde edilecek olasılık eğrileri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla, farklı periyot ve yatay dayanım oranına sahip tek serbestlik dereceli sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Analizlerde, üç farklı ivme kaydı seçim yöntemi kullanılmıştır. İvme kaydı seçim yöntemleri, hem ortalama ile hedef spektrum arasındaki uyumu hem de bireysel spektrumlar ile hedef spektrum arasındaki uyumu dikkate almaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre, ivme kaydı seçiminde kullanılacak yöntemlerin, maksimum ötelenme taleplerinin aşılma olasılığını temsil eden olasılık eğrilerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: İvme kaydı seçimi, tek serbestlik dereceli sistemler, maksimum ötelenme talebi

1. Giriş

Performansa dayalı tasarım, depreme dayanıklı yapı tasarımı ve/veya mevcut binaların performanslarının belirlenmesinde öne çıkan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımın amacı, deprem etkisi ile yapıda meydana gelecek hasarların daha gerçekçi belirlenebilmesidir [1]. Performansa dayalı tasarım yaklaşımlarından birisi; maksimum ötelenme, maksimum görelî kat ötelenmesi ve süneklik talebi gibi kavramların dikkate alındığı yer değiştirmeye dayalı tasarımdır [2]. Yapı performansını gerçekçi bir şekilde tahmin edebilmek için bu taleplerin gerçeğe yakın bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Dinamik analiz, bu taleplerin gerçekçi bir şekilde elde edilmesini sağlayan analiz yöntemidir.

Dinamik analizler için, yapının doğrusal olmayan modelinin uygun bir şekilde hazırlanması ve yer hareketini temsil edecek ivme kayıtlarının yapının bulunduğu bölgenin depremselliğine uygun olarak seçilmesi gerekmektedir. Çünkü hem yapısal modelleme hem de analizler için kullanılacak ivme kayıtları, analiz sonuçlarını ve buna bağlı olarak yapının performansını etkilemektedir [3-7]. Literatürde dinamik analizlerde kullanılan ivme kayıtları gerçek depremlerden, hedef spektrumu ile uyumlu olarak elde edilen yapay ivme kayıtları ve dalga yayılımı ve sismik özellikleri dikkate alınarak benzetim yolu ile elde edilen ivme kayıtları elde edilebilmektedir [8-10]. Son yıllarda,

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Bolu Abant İzzet Baysal University, 14100, Bolu TURKEY. E-mail address: ahmetdemir@ibu.edu.tr, Phone: +903742541000/4877

gerçek deprem kayıtlarının bulunduğu sayısal veri tabanlarına ulaşım olanağının artması ile dinamik analiz daha fazla tercih edilmektedir [11].

Günümüzde yürürlükte olan deprem yönetmeliklerinde, dinamik analizler ile ilgili tanımlamalar büyük oranda benzerlik göstermektedir (TBDY [12], Eurocode-8 [13]; ASCE 7-16 [14]). Bu yönetmeliklerde, ivme kayıtlarının hangi özellikleri taşıyacağı ve ivme kayıtlarına ait spektrumların tasarım spektrumları (hedef spektrum) ile nasıl bir uyuma sahip olmaları gerektiği belirtilmiştir. Analizlerde kullanılacak ivme kayıtlarına ait ortalama spektrumun hedef spektrumu ile uyumu TBDY’de $0.2T-1.5T$ iken Eurocode-8’de ise $0.2T-2.0T$ aralığındadır. Ancak analizlerde kullanılacak ivme kayıtlarına ait bireysel spektrumların hedef spektrum ile uyumu gözetilmemektedir. Bu yüzden, yönetmelik koşulları ile uyumlu olarak sadece ortalama spektrumun uyumu dikkate alınarak elde edilen ivme kayıtları kullanıldığında yapısal tepkilerin özellikle saçılımı yüksek olmaktadır [3, 15].

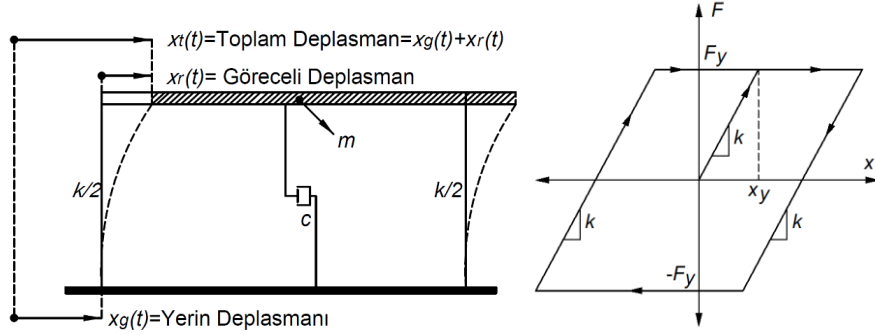
Bu çalışmada, farklı ivme kaydı seçimi yöntemlerinin, doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilecek yapısal tepkilerin merkezi eğilimi ve saçılımı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla, gerek analizler için kullanılacak ivme kayıtlarına ait ortalama ivme spektrumunun, gerekse her bir ivme kaydı veya ivme kaydı takımına ait ivme spektrumunun, hedef spektrum ile uyumunun artırılmasına yönelik farklı ivme kaydı seçim yöntemleri ele alınmıştır. SY1 ve SY2 yönteminde sadece ortalama spektrum ile hedef spektrum arasındaki, SY3 seçim yönteminde ise ortalama spektrumun yanı sıra her bir ivme kaydına ait ivme spektrumunun hedef spektrum ile uyumu dikkate alınmaktadır. Yapısal tepkilerin değerlendirilmesi için farklı titreşim periyodu ve yatay dayanım oranına sahip tek serbestlik dereceli (TSD) sistemler ele alınmıştır. Farklı seçim yöntemleri ile elde edilen ivme kaydı setleri ile dinamik analizler gerçekleştirilmiş ve TSD sistemler için elde edilen maksimum ötelenme talepleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

2. TSD sistemler ve Çevrimsel Model

TSD sistemlerin başlangıç konumlarına göre konumu tek bir parametre ile belirlenmektedir. TSD sistemin davranışını, hareket denkleminde başlangıçta kabul edilen şartlar (zorlanmış veya serbest titreşim, kütle, rijitlik, sönüm) ve mesnet şartları belirlemektedir. Şekil 1’de tipik bir TSD sistem görülmektedir. Şekil 1’de gösterilen $x_r(t)$ toplam yer değiştirmeyi, $x_r(t)$ kütlelerin mesnete göre göreceli yer değiştirmesini ve $x_g(t)$ mesnet yer değiştirmesini göstermektedir. TSD sistemin hareket denklemini Denklem 1’de verilmiştir. Denklemde, k rijitliği, m rijit kütleli, c sönüm katsayısını, $m\ddot{x}_g(t)$ ise sistemin titreşimine sebep yer hareketi ivmesinin kütle ile çarpımını göstermektedir.

Dinamik analizlerde TSD sistemlerin doğrusal olmayan çevrimsel davranışı Elastik Mükemmel Plastik (EMP) modeli ile temsil edilmiştir. Bu model literatürde genellikle referans davranış modeli olarak kullanılmaktadır. Şekil 1’de, EMP modelin yük-yer değiştirme ilişkisi ($F-x$) görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi TSD sistem akma dayanımına (F_y) ulaşıncaya kadar elastik davranış ve bu noktadan (F_y, x_y) sonra dayanımda artış olmaksızın plastik yer değiştirme yapmaktadır. Yük boşalması esnasında ise, elastik şekil değiştirmeler geri dönerken plastik şekil değiştirmeler kalmaktadır. Bu modelde çevrim esnasında rijitlikte (k) bir değişim olmamaktadır [16].

$$m\ddot{x}(t)+c\dot{x}(t)+kx(t)=-m\ddot{x}_g(t) \quad (1)$$



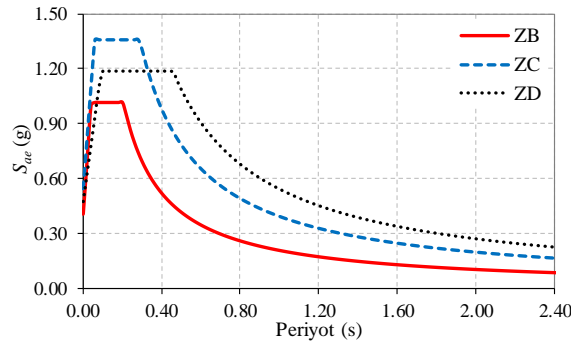
Şekil 1. TSD sistemin tipik modeli ve Elastik-Mükemmel Plastik çevrimsel model

Çalışmada TSD sistemlerin analizi için altı farklı doğal titreşim periyodu (T) (0.60s, 0.80s, 1.00s, 1.20s, 1.40s ve 1.60s) ve yatay yük kapasitesinin (F_y) sismik ağırlığına (W) oranı yani yatay dayanım oranı (F_y/W) kullanılmıştır. Her titreşim periyodu için 0.10, 0.16, 0.22 ve 0.25 yatay dayanım oranına sahip TSD sistemler dikkate alınmıştır. Altı farklı titreşim periyodu ve dört farklı yatay dayanım oranı için toplam 24 adet TSD sistem kullanılmıştır.

3. Analizler İçin Kullanılan İvme Setleri

3.1. Tasarım ivme spektrumları

Bu çalışmada hedef spektrum TBDY’de tanımlanan DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem) deprem düzeyi dikkate alınarak belirlenmiştir. Denizli Belediyesi’nin bulunduğu konum (Enlem: 37.7734, Boylam: 29.0867) örnek olarak seçilmiş ve bu konum için $S_S=1.129$ ve $S_I=0.260$ elde edilmiştir. TBDY’ye göre ZB, ZC ve ZD zemin sınıfları için ilgili konuma ait tasarım spektrumları (Şekil 2), hedef spektrum olarak ayrı ayrı ele alınmıştır.



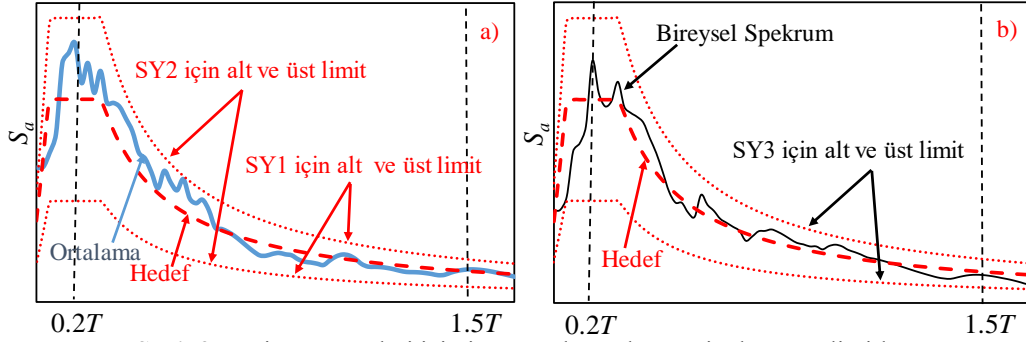
Şekil 2. Çalışmada kullanılan yatay elastik tasarım spektrumları

Çalışmada kullanılan ivme kayıtları farklı yer hareketi veri tabanlarından indirilmiştir (Avrupa Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanından (ESMD) [17], Resorce [18] ve PEER [19]). Her zemin sınıfı (ZB, ZC ve ZD) için katalog oluşturulmuştur. Kataloglar depremin büyüklüğü $M_w > 5.0$ ve istasyonların faya olan uzaklıkları $10 < R < 60$ km olan kayıtlar dikkate alınarak belirlenmiştir.

Sonuçta, ZB zemini için 240 ivme takımına ait 480 ivme kaydı, ZC zemini için 1053 ivme takımına ait 2106 ivme kaydı ve ZD zemini için 782 ivme takımına ait 1564 ivme kaydı bulunmaktadır.

3.2. İvme Kaydı Seçim Yöntemleri

Bu çalışmada kullanılan ivme kaydı seçim yöntemleri Şekil 3'te gösterilmiştir. Çalışmada üç farklı seçim yöntemi (SY) dikkate alınmış olup SY1, SY2 ve SY3 seçim yöntemleri Demir'in (2020) [20] çalışmasında tanımlanan, sırasıyla ST1, ST2 ve ST4c stratejilerine denk gelmektedir. Şekil 3a'da görüldüğü gibi SY1 ve SY2 yöntemleri sadece dikkate alınan hedef spektrumunu ile ortalama spektrum arasındaki uyumu ele almaktadır. TBDY'ye göre, ivme seti için hesaplanan ortalama spektruma ait spektral ivme değerleri $0.2T$ ile $1.5T$ aralığında hedef spektruma ait spektral ivme değerlerinden daha düşük olmamalıdır. Ancak TBDY ortalama spektrum ile ilgili olarak herhangi bir üst sınır tanımlanmamıştır. Bu çalışmada, SY1 ve SY2 stratejilerinde ilgili ortalama spektrum ile hedef spektrum arasındaki uyum için hem alt hem de üst sınır kullanılmıştır. Ortalama spektrumun hedef spektruma oranı için $0.2T$ ile $1.5T$ aralığında, SY1 için alt sınır 1.0 iken üst sınır 2.0, SY2 için alt sınır 1.0 iken üst sınır 1.20 alınmıştır. Sonuç olarak, SY2 seçim yöntemi ortalama ile hedef spektrum arasında SY1'e göre daha iyi bir uyum gözetmektedir.



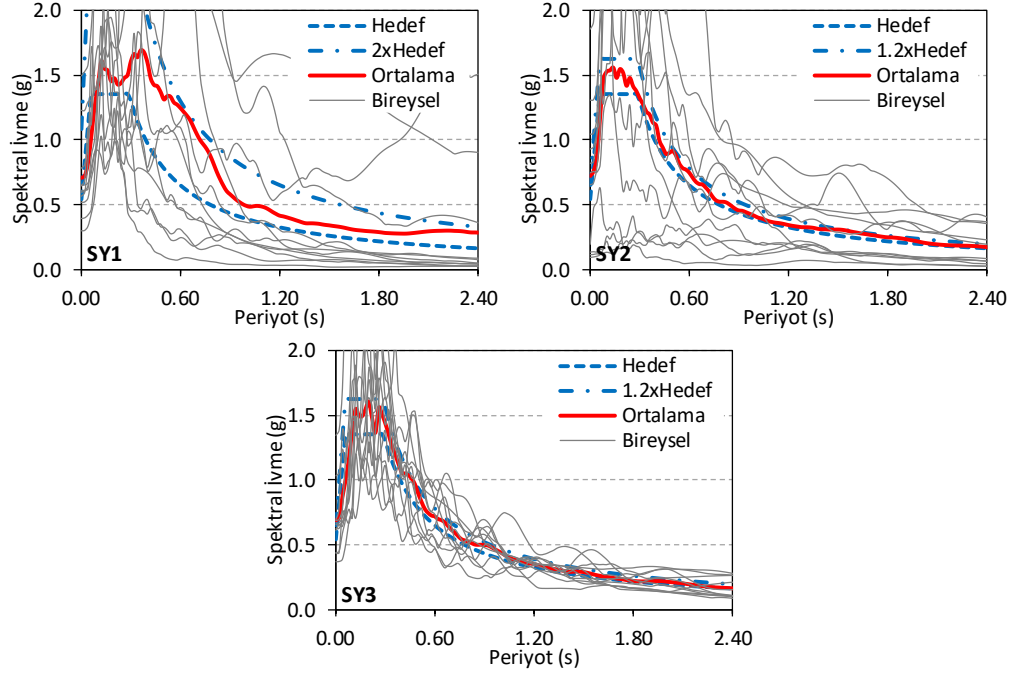
Şekil 3. Seçim yöntemleri için ivme spektrumlarına ait alt ve üst limitler

SY3 seçim yöntemi Şekil 3b'de görüldüğü gibi, ortalama spektrum ile hedef spektrum arasındaki uyuma ek olarak set içerisinde bulunan bireysel kayıtlara ait ivme spektrumlarının her biri ile hedef spektrum arasındaki uyumu da dikkate almaktadır. SY3 için, ortalama spektrum ile hedef spektrum arasındaki uyum SY2'de dikkate alınan ile aynıdır. Yani, SY3 seçim yöntemi, SY2'ye ilave kriterler kullanmaktadır. SY3 seçim yönteminde $0.2T$ ile $1.5T$ aralığında, bireysel spektrumların hedef spektruma oranı için alt sınır 0.5 iken üst sınır 2.0 olarak dikkate alınmıştır.

3.3. Çalışmada Kullanılan İvme Setleri

İvme kaydı seçimi, literatürde mühendislik optimizasyon problemi olarak dikkate alınabilmektedir [9, 19]. Bu çalışmada, ivme kaydı seçimi için Kayhan vd. (2011) [21] tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Çalışmada dikkate alınan her bir ivme kaydı seçim yöntemi (SY1, SY2 ve SY3), yerel zemin sınıfı (ZB, ZC ve ZD), TSD sistem periyodu (0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 ve 1.6 s) için dört farklı ivme kaydı seti elde edilmiştir. Toplamda ise 216 farklı ivme seti elde edilmiştir. Her bir ivme setinde 11 ivme kaydı bulunmaktadır. Setlerde yer alan ivme kayıtları için ölçeklendirme katsayısı 0.25 ile 4.00 arasındadır. Şekil 4'te, ZC zemin sınıfı ve $T=1.0s$ periyot için SY1, SY2 ve

SY3 yöntemi ile elde edilen birinci sete bireysel spektrumlar, ortalama spektrumlar ve hedef spektrumlar örnek olarak verilmiştir.



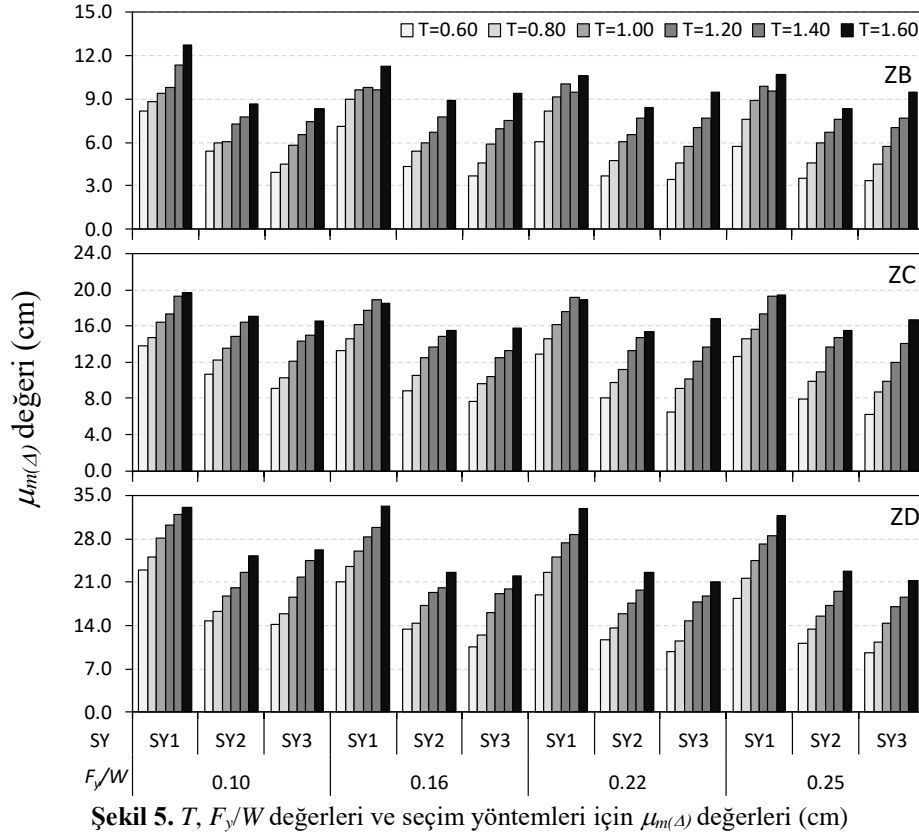
Şekil 4. ZC zemin sınıfı için ele edilen setlere ait spektrumlar ($T=1.0s$)

4. Analiz Sonuçları

Bu çalışmada üç farklı seçim yöntemi ve üç farklı yerel zemin sınıfı dikkate alınmıştır. Her birinde 11 ivme kaydı bileşeni bulunan toplam 216 ivme seti kullanılarak 14,256 adet zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Her bir set ve TSD sistem için 11 ivme kaydı kullanılarak maksimum ötelenme talepleri (Δ_{mak}) elde edilmiştir. Daha sonra (Δ_{mak}) değerlerinin ortalaması $m_{(\Delta)}$ ve varyasyon katsayısı $CoV_{(\Delta)}$ hesaplanmıştır. Seçim yöntemlerinin karşılaştırılması için, her bir yöntem ve hedef spektrum için kullanılan dört farklı sete ait $m_{(\Delta)}$ ve $CoV_{(\Delta)}$ değerlerinin ortalaması ($\mu_{m(\Delta)}$ ve $\mu_{CoV(\Delta)}$) eğilim ve saçılımı temsil eden tek bir ölçüt olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Şekil 5'te çalışmada ele alınan T , F_y/W değerleri ve seçim yöntemleri için $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde tüm seçim yöntemleri ve zemin sınıfları için geçerli olmak üzere, T arttıkça $\mu_{m(\Delta)}$ değerlerinin arttığı gözlenmektedir. Seçim yöntemleri incelendiğinde, SY1'in $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri SY2 ve SY3 ile elde edilen $\mu_{m(\Delta)}$ değerlerinden daha büyüktür. SY2 ve SY3 ile elde edilen $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri birbirlerine yakındır. Örneğin, ZB zemin sınıfında $F_y/W=0.10$ iken SY1 ile elde edilen $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri $T=1.0s$ 'de 9.36 cm iken SY2 ve SY3'te elde edilen $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri ise aynı T için 6.08 ve 5.81 cm olmaktadır. Bu durum SY2 ve SY3'te ortalama spektrum ile hedef spektrumun uyumuna ait kriterlerin aynı olması ile açıklanabilir. F_y/W değeri arttıkça özellikle düşük periyotlarda $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri daha çok azalırken yüksek periyotlarda ise $\mu_{m(\Delta)}$

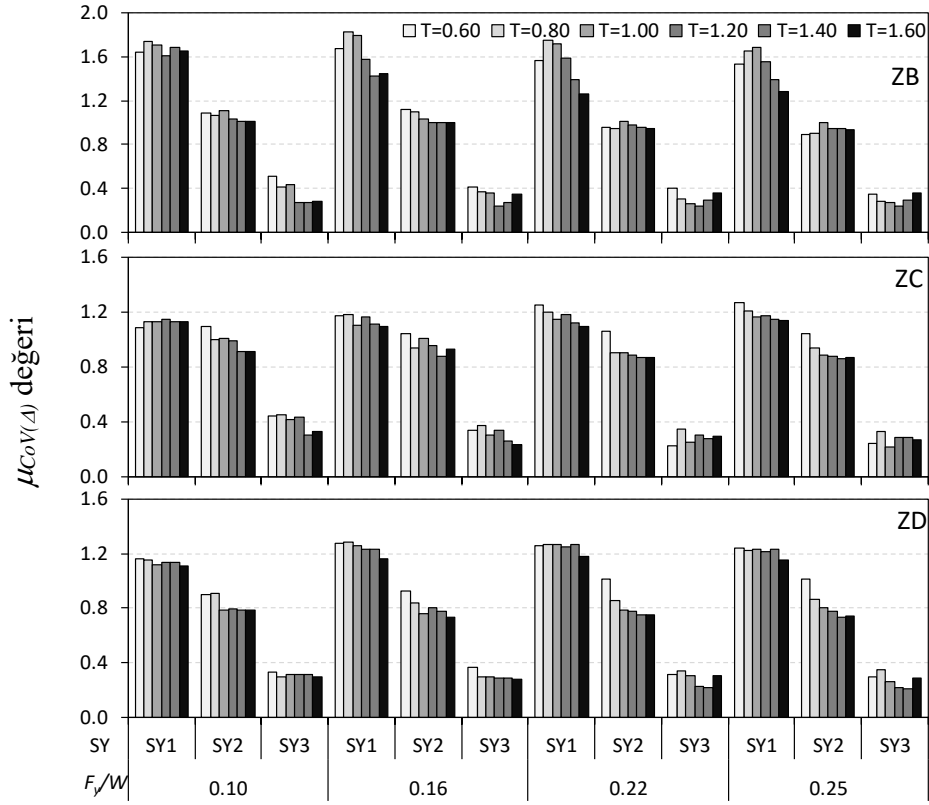
değerleri daha az etkilenmektedir. Örneğin, ZB zemin sınıfında SY2 ile elde edilen $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri $T=0.6s$ için, F_y/W oranı 0.10'dan 0.25'e doğru değişirken SY2 ile elde edilen $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri sırasıyla 5.35, 4.36, 3.64 ve 3.49 cm iken $T=1.6s$ 'de ise $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri 8.64, 8.89, 8.41 ve 8.31 cm'dir. Yukarıda elde edilen sonuçlar diğer yerel zemin sınıfları (ZC ve ZD) için de geçerlidir.



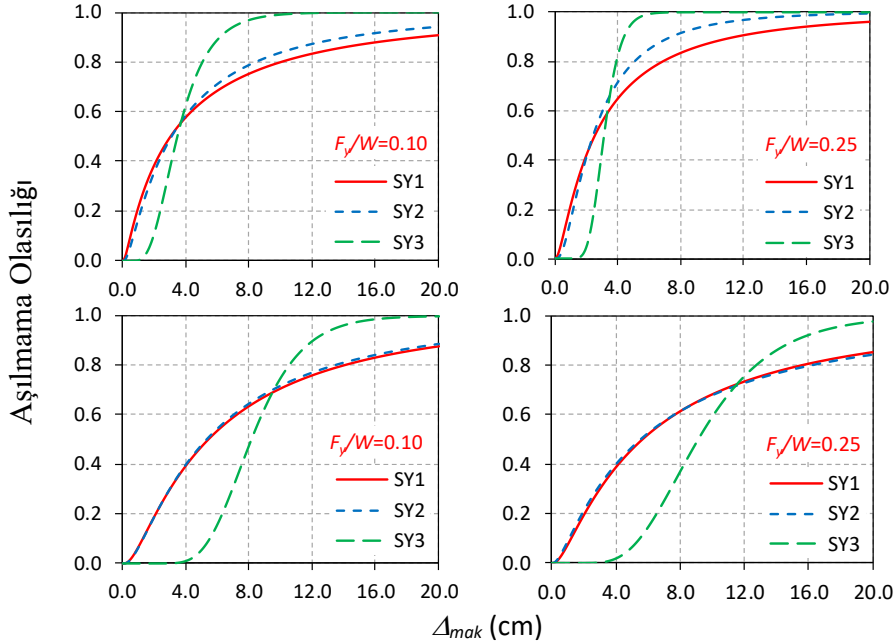
Şekil 5. T , F_y/W değerleri ve seçim yöntemleri için $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri (cm)

Şekil 6'da, ele alınan T , F_y/W ve seçim yöntemleri için $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri görülmektedir. En yüksek $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri SY1 için en düşük $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri ise SY3 için elde edilmiştir. SY3 ortalama spektrumun hedef spektrum ile uyumuna ek olarak bireysel spektrumların da hedef spektrumu ile uyumu dikkate alındığından daha düşük $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri elde edilmiştir. Şekil 6'ya göre, ZB zemin sınıfında SY1 için $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri 1.20 ile 1.90 arasında değişmekte, SY2 için ise bu değerler 0.80-1.20 aralığındadır. ZC ve ZD zemin sınıfında SY1 için $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri sırasıyla 1.00-1.30 ve 1.10-1.30 arasında iken SY2 için 0.80-1.10 ve 0.70-1.00 arasında değişmektedir. SY3 için zemin, T ve F_y/W den bağımsız olarak $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri genel olarak 0.40 civarı veya altındadır.

Çalışmada, maksimum ötelenme taleplerine ait eğilim ve saçılım parametrelerindeki farklılıkların, taleplere ait aşılma/aşılmama olasılıklarına etkisi de incelenmiştir. Böylece, seçim yöntemlerinin olasılık eğrilerine etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla, maksimum ötelenme taleplerinin iki parametrelili lognormal dağılıma uyduğu kabul edilerek TSD sistemler için olasılıklar hesaplanmış ve ZB, ZC ve ZD zemin sınıfları için olasılık eğrileri sırası ile Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir. Şekillerde düşey eksen aşılmama olasılığını göstermektedir.



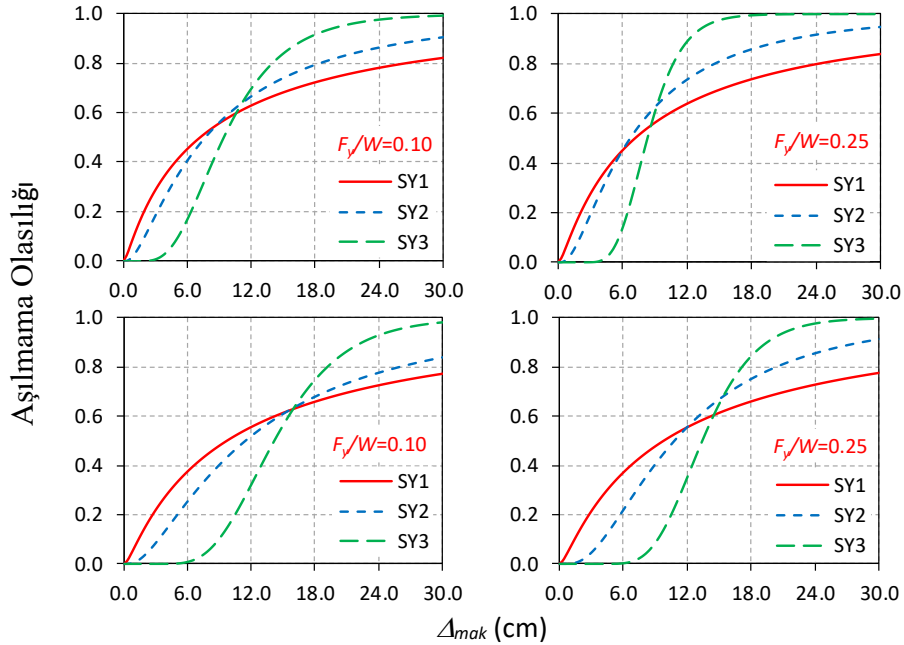
Şekil 6. T , F_y/W değerleri ve seçim yöntemleri için $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri



Şekil 7. TSD sistemler için olasılık eğrileri (ZB, Üst- $T=0.6s$ ve Alt- $T=1.6s$)

Şekil 7’de $T=0.6s$ ve $T=1.6s$ için olasılık eğrileri örnek olarak verilmiştir. Bu periyotlara sahip TSD sistemlerden F_y/W değeri en düşük ve en yüksek olanlar, Şekil 7’de ele alınmıştır. Şekilden

görüldüğü gibi SY3 için olasılık eğrilerinin eğimi, SY1 ve SY2'ye göre daha yüksektir. Bu durum, Şekil 6'da görüleceği gibi SY1 ve SY2'ye ait $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerinin SY3'e göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi düşük deplasman taleplerinde daha büyük aşılmama olasılıkları SY1 ve SY2'ye ait iken daha yüksek deplasman taleplerinde ise SY3'ten elde edilen aşılmama olasılığı daha büyüktür. Örneğin $T=0.6s$ ve $F_y/W=0.10$ iken $\Delta_{mak}=2$ cm değerinin aşılmama olasılığı SY1, SY2 ve SY3 için sırasıyla 0.39, 0.36 ve 0.114 olarak elde edilmiştir. $\Delta_{mak} = 8$ cm değerinin aşılmama olasılığı ise SY1, SY2 ve SY3 için sırasıyla 0.75, 0.79 ve 0.97'dir. ZB sınıfı zemin için elde edilen sonuçların ZC (Şekil 8) ve ZD (Şekil 9) için de benzer olduğu gözlenmiştir. Bu zemin sınıflarında da daha düşük deplasman talepleri için daha yüksek aşılmama olasılıkları SY1 ve SY2 için elde edilmektedir. Şekil 9'da $T=1.0s$ ve $F_y/W=0.10$ iken $\Delta_{mak}=8$ cm için aşılmama olasılığı SY1, SY2 ve SY3 için 0.38, 0.39 ve 0.04 olarak elde edilmiştir. $\Delta_{mak} = 32$ cm için aşılmama olasılığı ise SY1, SY2 ve SY3 için sırasıyla 0.77, 0.88 ve 1.00'dir.



Şekil 8. TSD sistemler için olasılık eğrileri (ZC, Üst- $T=0.8s$ ve Alt- $T=1.4s$)

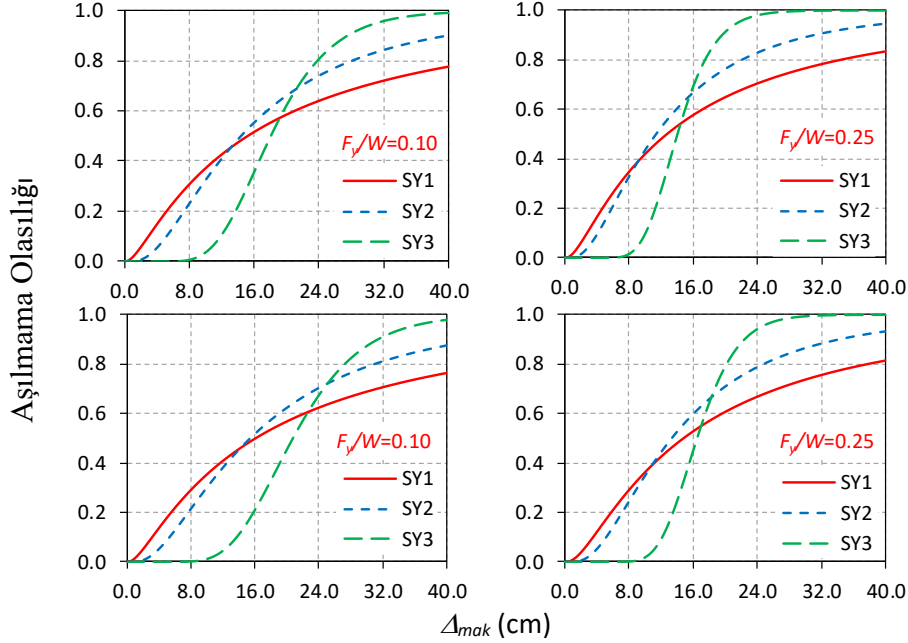
5. Sonuçlar

Bu çalışmada, zaman tanım alanında analizler için seçilecek ivme kayıtlarına ait ortalama spektrum ve bireysel spektrumların, hedef spektrum ile uyumunu farklı şekilde dikkate alan ivme kaydı seçim yöntemlerinin, TSD sistemler için elde edilecek yapısal tepkilerinin merkezi eğilimi ve saçılımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 3 farklı yerel zemin sınıfı ve 24 farklı TSD sistem dikkate alınmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Ortalama spektrumun hedef spektruma oranı için birbirine eşdeğer ve daha katı uyum kriterlerinin kullanıldığı SY2 ve SY3 yöntemleri için yapısal taleplerin eğilimini temsil eden $\mu_{m(\Delta)}$ değerleri birbirine yakındır. Ortalama spektrum ile ilgili uyum kriteri daha esnek

olur ise (SY1 yöntemi), yapısal taleplerin eğilimi de değişmektedir.

- Bireysel spektrumların, hedef spektrum ile uyumu dikkate alınmaz ise (SY1 ve SY2 yöntemi), yapısal tepkilerin saçılımı yüksek olmaktadır. Ortalama spektrumun yanı sıra, bireysel spektrumların da hedef spektrum ile uyumunu gözetilen SY3 yöntemi için yapısal taleplerin saçılımı belirgin olarak düşmektedir.



Şekil 9. TSD sistemler için olasılık eğrileri (ZD, Üst- $T=1.0s$ ve Alt- $T=1.2s$)

- Çalışmada ele alınan yerel zemin sınıfı ve tek serbestlik dereceli sistem özelliklerinden bağımsız olarak, SY3 yöntemi için yapısal tepkilere ait saçılımı temsil eden $\mu_{CoV(\Delta)}$ değerleri 0.40 veya daha düşüktür.
- Yapısal tepkilere ait olasılık eğrilerinin eğimi, SY3 yöntemi için, SY1 ve SY2 yöntemine göre daha yüksektir. Buna bağlı olarak, daha düşük deplasman talepleri için en yüksek aşılmama olasılığı SY1 ve SY2 yöntemleri için hesaplanır iken, daha yüksek deplasman talepleri için en yüksek aşılmama olasılığı SY3 yöntemi için elde edilmektedir.

Referanslar

- [1] SEAOC Vision 2000 Committee. Performance-based seismic engineering, Report Prepared by Structural Engineers Association of California, Sacramento, California, USA, 1995.
- [2] Miranda E. Approximate seismic lateral deformation demand in multistory buildings. J. Struct. Eng. 1999; 125, 417-425.
- [3] Palanci M, Kayhan AH, Demir A. A statistical assessment on global drift ratio demands of mid-rise RC buildings using code-compatible real ground motion records. Bull. Earthq. Eng. 2018; 16, 5453–5488.
- [4] Homaei, F. and Bahramjerdi, M. “The maximum displacement demand of SDOF system

- based on the Iranian seismic design and seismic evaluation codes: from statistical assessment to modification in the demand-estimating equations”. *Bull Earthq Eng.* 2022; 20, 2469–2527.
- [5] Demir A, Palanci M, Kayhan AH, Probabilistic assessment for spectrally matched real ground motion records on distinct soil profiles by simulation of SDOF systems. *Earthq. Struct.* 2021;21(4), 395-411.
- [6] Tsalouchidis KT, Adam C. Amplitude scaling of ground motions as a potential source of bias: Large-scale investigations on structural drifts. *Earthq Eng Struct Dyn.* 2022;1-21. <https://doi.org/10.1002/eqe.3707>.
- [7] Reyes JC, González C and Kalkan E. Improved ASCE/SEI 7-10 Ground-Motion Scaling Procedure for Nonlinear Analysis of Buildings. *J. Earthq. Eng* 2018; 25(4), 597-620.
- [8] Abrahamson, N. A., “Non-Stationary spectral matching program RSPMATCH”, User Manual, (1993).
- [9] Boore, D. M. Simulation of ground-motion using the stochastic method. *Pure Appl. Geophys.*, 160, 635-675, (2003).
- [10] Bommer, J. J. and Acevedo, A. B. The use of real earthquake accelerograms as input to dynamic analysis. *J. Earthq Eng.* 2008; 8(1), 43–91.
- [11] Kayhan AH, Demir A, Palanci M. Multi-functional solution model for spectrum compatible ground motion record selection using stochastic harmony search algorithm. *Bull. Earthq. Eng.* 2022. <https://doi.org/10.1007/s10518-022-01450-8>.
- [12] TBEC. Turkish building earthquake code. Disaster and Emergency Management Presidency, Ankara, Türkiye, 2018.
- [13] CEN. ENV 1998–1 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance—Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2004.
- [14] ASCE. Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE/SEI 7–16). American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2017.
- [15] Kayhan AH and Demir A. Statistical evaluation of drift demands of rc frames using code-compatible real ground motion record sets. *Struct Eng Mech* 2016; 60(6), 953–977.
- [16] Celep, Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, Beta Dağıtım, İstanbul, (2014).
- [17] Ambraseys NN, Douglas J, Rinaldis D, Berge-Thierry C, Suhadolc P, Costa G, Sigbjornsson R, Smit P. Dissemination of European strong-motion data. CD-ROM Collection, Engineering and Physical Sciences Research Council, 2004;1-80.
- [18] Akkar S, Sandıkkaya MA, Senyurt M, Sisi AA, Ay BÖ, Traversa P, Douglas J, Cotton F, Luzi L, Hernandez B, Godey S. Reference database for seismic ground-motion in Europe (RESORCE). *Bull. Earthq. Eng.* 2014;12(1), 311-339.
- [19] Ancheta TD, Darragh RB, Stewart JP, Seyhan E, Silva WJ, Chiou BSJ, Wooddell KE, Graves RB, Kottke AR, Boore DM, Kishida T, Donahue JL. NGA-West2 database. *Earthq Spectra.* 2014;30(3), 989–1005.
- [20] Demir, A. Farklı ivme kaydı seçim stratejilerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile elde edilen ötelenme taleplerine etkisi. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2020).
- [21] Kayhan, A. H., Korkmaz, K. A. and Irfanoglu, A., “Selecting and scaling real ground motion records using harmony search algorithm”, *Soil Dyn. Earthq Eng.* 2011; 31, 941-953.