

ÇERÇEVE TİPİ YAPILARIN DEPLASMAN ESASLI DİZAYNI İÇİN DEPLASMAN PROFİLİ

Altuğ YAVAŞ¹, Şerif SAYLAN²

ÖZET : Deprem esnasında yapıda oluşan yapısal ve yapısal olmayan hasarlar genellikle sistemde oluşan yatay deplasmanlardan meydana gelmektedir. Günümüzde kullanılan geleneksel kuvvet esaslı dizayn metodunda deplasmanlar dizaynın sonunda kontrol edilirler. Bu nedenle potansiyel hasarların kontrol edilmesi çok güçtür. Yapıların hedef bir deplasman için dizayn edildiği deplasman esaslı dizayn yöntemi ile yapının hasar potansiyeli kontrol altında tutulabilmektedir. Deplasmanlar, direkt deplasman esaslı dizayn metodunun temelini oluşturmaktadır. Moment aktaran çerçeve tipi yapıların direkt deplasman esaslı dizaynı için iki farklı deplasman profili önerilmiştir. Bu çalışmada lineer olmayan dinamik analiz kullanılarak dört, altı ve on katlı moment aktaran çerçeve yapılar için deplasman profilleri elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Deplasman Esaslı Dizayn, Deplasman Profili, Lineer Olmayan Dinamik Analiz.

DISPLACEMENT PROFILE FOR THE DISPLACEMENT BASED DESIGN OF MOMENT RESISTING FRAMES

ABSTRACT : Damages that occur in structural and non-structural elements during the earthquakes are due to lateral displacements. Traditional force based design methods control displacements at the end of the design. Therefore, it is difficult to control potential damages. Direct displacement based design approach that designs the structure for a given displacement profile, can control the potential damages. Direct displacement based seismic design uses the displacement profile as the basis of the design approach. Two different displacement profiles proposed for the direct displacement based seismic design of moment resisting reinforced concrete frame structures. In this study displacement profiles for four, six and ten storey moment resisting frames are determined by using nonlinear time history analysis.

KEYWORDS: Displacement Based Design, Displacement Profile, Nonlinear Time History Analysis

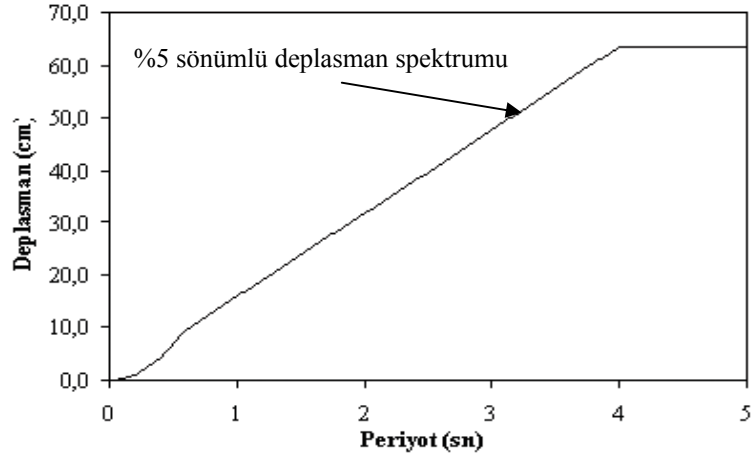
^{1,2}Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Çağış Kampüsü, 10145 BALIKESİR.

I.GİRİŞ

Günümüze kadar yapıların sismik dizaynı ile ilgili yapılmış yoğun çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar yapılan değişikliklerle şartnamelerde yerini almaktadır. Bu gelişmelere rağmen şartnamelere göre depreme dayanıklı olarak yapılan yapıların sismik performansının daha gerçekçi belirlenemediği ifade edilmektedir [1,2].

Direkt deplasman esaslı sismik dizayn (DDED) ilk olarak Kowalsky v.d.[3] tarafından Tek Serbestlik Dereceli (TSD) betonarme yapılar için geliştirilmiştir. Deplasman esaslı dizayn, yapısal sistemler için gerekli olan dayanım ve rijitliklerin dizaynın sonucu olarak elde edildiği bir iteratif metottur. Calvi ve Kingsley [4] TSD yapılar için önerilen DDED metodunu Çok Serbestlik Dereceli (ÇSD) köprü yapılarının dizaynı için genişletmişlerdir. Geliştirdikleri DDED'ı simetrik ve asimetrik köprülerin dizaynı için kullanmışlardır. Metot ÇSD yapı için bir deplasman profili kabulüne dayanmaktadır ve sistem bu deplasman profili kullanılarak TSD sisteme indirgenmektedir. Priestley v.d. [5] tarafından yapılan çalışmada, deplasman esaslı dizayn metodunun ana ilkeleri ve çıkış noktaları özetlenmiştir. Bu çalışmada TSD köprüler için geliştirilen DDED metodu özetlenmiştir. Ayrıca ÇSD'li karmaşık yapıların DDED'mın en önemli adımlarından bir tanesi olan ÇSD sistemin eşdeğer TSD sisteme nasıl indirgeneceği üzerinde durulmuştur. Leoding v.d.[6] betonarme bina çerçevelerini kuvvet talepleri yerine deplasman taleplerine göre dizayn edecek bir DDED metodu önermişlerdir. Deplasman taleplerinin dizayn kuvvetlerine dönüştürülmesi için temsili yapı yaklaşımını kullanmışlardır. Çerçevelerin performanslarının maksimum deplasman ve süneklik bakımından değerlendirilmesi için lineer olmayan dinamik analizi kullanmışlardır. Jonsson [7] geleneksel yerinde dökme betonarme çerçeveler ve ardgermeli prefabrik çerçevelerin DDED metodlarını incelemiştir. Bu çalışmada, deplasman esaslı dizaynın temelinde olan genel kavramların geçerli olduğu gösterilmiştir. İncelenen her iki yapı tipi için DDED metodunda kullanılacak elastik olmayan deplasman profili ve sönüm oranına ait ifadeler önerilmiştir.

Bu çalışmada dört, altı ve on katlı yapıların direkt deplasman esaslı dizaynında kullanılacak deplasman profilleri elde edilmiştir.



Şekil 2. Deplasman Davranış Spektrumu.

Adım 2. Maksimum deplasman profilinin hesaplanması:

Maksimum deplasman profilinin belirlenebilmesi için maksimum ötelenme seviyesinin veya maksimum tepe deplasmanının belirlenmesi gerekir. Bina çerçevesi için ötelenme, verilen yükseklikteki yatay deplasmanın o yüksekliğe bölünmesi ile ifade edilebilir. Maksimum ötelenme seviyesi, yapısal olmayan etmenleri veya kritik elemanlardaki kiriş mafsalları veya kolon taban mafsalı gibi limit şekil değiştirmeleri esas alır.

Moment aktaran çerçeve tipi yapılar için iki farklı deplasman profili önerilmiştir. Priestley ve Calvi [8] tarafından önerilen deplasman profili denklem (1a-c) ile verilmiştir

$$\Delta_i = \theta_d h_i \quad (n \leq 4) \quad (1-a)$$

$$\Delta_i = \theta_d h_i \left(1 - \frac{(n-4) h_i}{32 h_n} \right) \quad (4 < n < 20) \quad (1-b)$$

$$\Delta_i = \theta_d h_i \left(1 - \frac{h_i}{2h_n} \right) \quad (n \geq 20) \quad (1-c)$$

Burada θ_d seçilen maksimum dizayn ötelenme oranı ve n ise çerçeveadaki toplam kat sayısıdır. Denklem (1-a) dörtten daha az kat sayısına sahip çerçevelerin lineer deplasman profili olduğunu göstermektedir. Denklem (1-b) ile orta yükseklikteki çerçeveler için hesaplanan deplasman profili hafifçe paraboliktir. Eğer yapı yirmi kattan yüksekse denklem (1-c) ile hesaplanan deplasman profili paraboliktir. Deplasman profilinin hesaplanabildiği bu ifade çoğu bina çerçevesi için geçerlidir ve her katın deplasmanı bu ifadelerden hesaplanabilir.

Diğer bir deplasman profili ise Jonsson [7] tarafından önerilen moment aktaran çerçeve yapıların lineer olmayan dinamik analiz sonuçları kullanarak iki farklı davranışın kombinasyonu olarak elde edilen bir deplasman profilidir . Bu davranışlar;

- Az katlı yapılar için lineer davranış.
- Çok katlı yapılar için üstel bir fonksiyon olan lineer olmayan bir davranıştır.

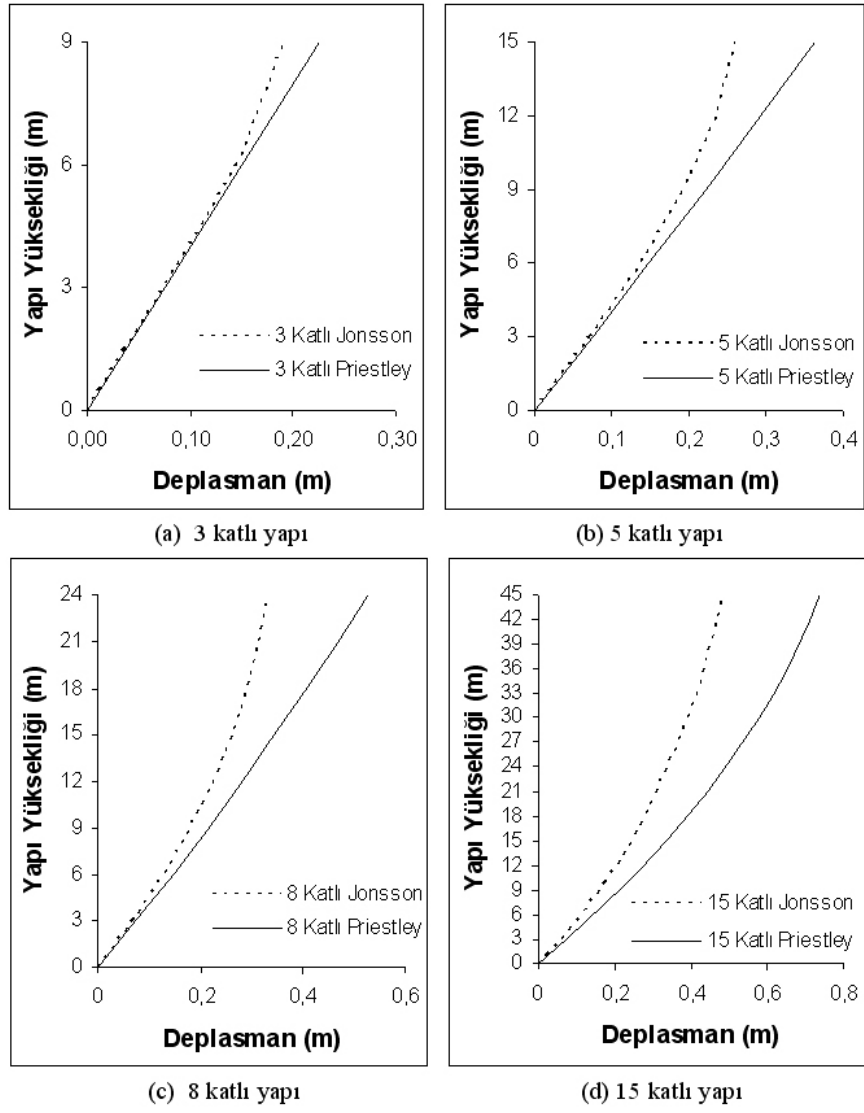
Betonarme yapılar için deplasman profili denklem (2) ile ifade edilir

$$\Delta_i = \theta_d h_n \left[\frac{h_i}{h_n} - \left(\frac{(1-\chi)}{\gamma} \right) \cdot \left(\frac{h_i}{h_n} \right)^\gamma \right] \quad (2)$$

Fonksiyonun çatı katındaki eğimi çoğunlukla χ değişkeni ve dizayn ötelenme oranı θ_d ile kontrol edilir. Çatı katı ötelenme oranı $\chi=0$ olduğunda 0 fakat $\chi=1$ olduğunda ise θ_d 'dir. γ değişkeni ise fonksiyonun eğriliğini kontrol eder. 3, 5, 8 ve 15 katlı çerçeve yapılara ait χ ve γ değişkenleri Çizelge 1.'de verilmektedir [7]. Üç, beş, sekiz ve onbeş katlı yapılara ait deplasman profilleri Şekil 3.'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Çerçeve yapılar için γ ve χ değerleri.

N	γ	χ
3	5.70	0.180
5	2.67	0.180
8	1.84	0.180
15	1.44	0.180



Şekil 3. Dört farklı yapı için deplasman profillerinin karşılaştırılması.

Adım 3. Sistem deplasmanının hesaplanması:

Şekil 1’de verilen eşdeğer TSD sistemin deplasmanı, efektif deplasmana eşittir ve denklem (3) ile hesaplanır. Bu adım temsili TSD yapı ile gerçek ÇSD yapı arasında deplasmanlar cinsinden ilişki kurar.

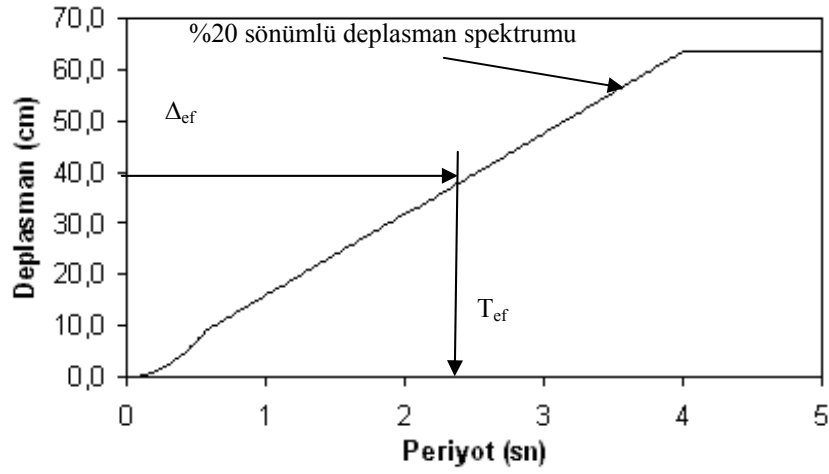
$$\Delta_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i^2}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \quad (3)$$

Adım 4. Uygun bir sistem sönüm seviyesi seçilmesi:

Sistem sönümü, ÇSD çerçeve içindeki elemanların eşdeğer viskoz sönümlerinin fonksiyonu olarak TSD yapının eşdeğer viskoz sönümü olarak tanımlanır.

Adım 5. Etketif yapısal periyodun elde edilmesi:

Etketif periyot hesaplanan sistem deplasmanı ve seçilen sistem sönümüne göre çizilen deplasman davranış spektrumundan elde edilir (Şekil 4).



Şekil 4. Deplasman davranış spektrumundan efektif periyodun elde edilmesi.

Adım 6. Etketif kütlelenin hesaplanması:

Etketif kütle denklem (4) ile hesaplanır ve toplam bina kütlelenin %80~%90 kadardır.

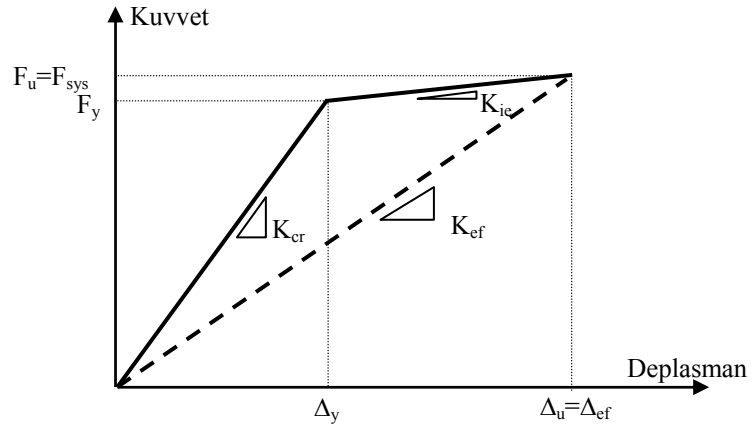
$$M_{ef} = \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{\Delta_i}{\Delta_{ef}} \right) \quad (4)$$

Adım 7. Etketif rijitliğin hesaplanması:

Etketif rijitlik denklem (5) ile hesaplanır.

$$K_{ef} = \frac{4\pi^2}{T_{ef}^2} M_{ef} \quad (5)$$

Efektif rijitlik, deplasman esaslı dizaynın çok önemli bir ögesi olan elastik olmayan deformasyonları doğrudan DDED metoduna lineer davranış ile dahil eder. Şekil 5.'de efektif rijitliğin (K_{ef}) elastik sistem rijitliğini (veya çatlamış rijitlik, K_{cr}) ve deforme olmuş sistemin rijitliği (veya elastik olmayan rijitlik, K_{ie}) verilmiştir. Efektif rijitlik kavramı, temsili yapıyı lineer dinamik davranışla modellemektedir. Efektif rijitlik, efektif kuvvetin sistem deplasmanına bölünmesi ile hesaplanabilir.



Şekil 5. Efektif rijitlik.

Adım 8. Taban kesme kuvvetinin hesaplanması:

Taban kesme kuvveti TSD'li yapının efektif kuvvetine eşittir. TSD yapının efektif kuvvetine eşit taban kesme kuvveti denklem (6) ile hesaplanır. Bu adım, dizaynı temsili yapıdan tekrar orijinal yapıya döndürür.

$$V_b = F_{ef} = K_{ef} \Delta_{ef} \quad (6)$$

Adım 9. Taban kesme kuvvetinin çerçevenin katlarına dağıtılması:

Kat kuvvetleri, hesaplanan taban kesme kuvveti ve kat deplasmanlarına bağlı olarak denklem (7) ile hesaplanır.

$$F_i = V_b \frac{m_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \quad (7)$$

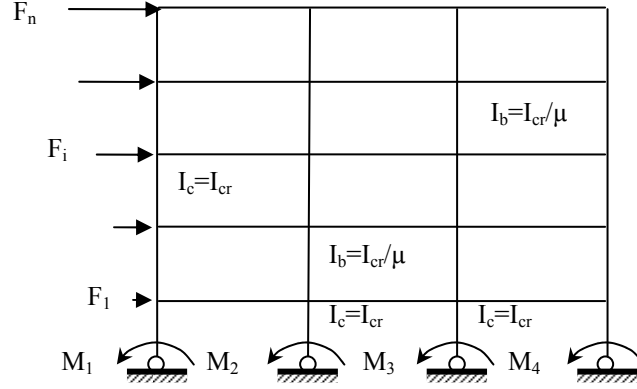
Kat kuvvetleri, kat deplasmanları ile orantılıdır. Çerçeve için kuvvet profili maksimum deplasman profili ile aynı şekle sahiptir.

Adım 10. Yapısal analiz uygulanması ve elemanların dizayn edilmesi:

Bu adımda yapısal analiz uygulanır ve elemanlar hesaplanan taleplere göre dizayn edilir. Elemanlara ait dizayn kuvvetlerini bulmak için, adım 9’da hesaplanan yatay kat kuvvetlerini ve uygun kiriş-kolon rijitlik oranı ile sabitlenmiş taban kolonu moment talepleri çerçeveye etkitilerek statik analiz yapılır. Moment aktaran çerçeve tipi yapılarda temsili yapı yaklaşımın kullanılabilmesi için eleman rijitlikleri maksimum davranıştaki efektif rijitlikleri yansıtmalıdır. Kuvvetli kolon zayıf kiriş dizaynında kiriş elemanlar elastik olmayan etkilere maruz kalırlar. Bu nedenle kirişlerin rijitlikleri Şekil 6.’da belirtildiği gibi, deplasman süneklik talebi ile azaltılması gerekir. Kolonların plastikleşmesi engelleneceğinden dolayı kolon rijitlikleri deplasman süneklik talebi ile azaltılmadan, çatlama kesit rijitliği I_{cr} olarak alınabilir. Ancak bu durum plastikleşmesi beklenen zemin kat kolonları için geçerli değildir. Yapılan çalışmalarda zemin kat kolonlarının rijitliklerinin süneklik talebi ile azaltılmadan kullanılabilmesinin, zemin kat kolonlarının alt ucuna mafsal yerleştirilip bu mafsa sistemine etkiyen taban kesme kuvvetine karşı koyacak M_b taban momenti etkitilmesi ile sağlanabileceği belirtilmiştir [6]. Zemin kat kolonunun alt ucundaki mafsalara etkitilecek moment tamamen tasarımcının seçimine bağlıdır. Ancak etkitilecek eğilme momentini kolonların büküm noktalarına bağlı olarak belirlemek mümkündür. Kolon büküm noktası kolon yüksekliği h_1 ’in %60’ında olduğu kabul edilirse, etkitilecek moment denklem (8) ile verilir.

$$M_b = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = V_b (0.6 h_1) \quad (8)$$

Sabitlenmiş kolon alt ucu momenti ve eleman rijitlikleri Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Yapısal analiz değişkenleri.

III. DEPLASMAN PROFİLİNİN ELDE EDİLMESİ

Deplasman profili DDED metodunun en önemli adımlarından biridir. Deplasman profilinin elde edilebilmesi için DDED metodu ve Lineer Olmayan Dinamik Analiz (LODA) beraber kullanıldığı iteratif bir yaklaşım kullanılmıştır. Yapıların dizaynından başlangıç deplasman profili olarak Priestley [8] tarafından önerilen deplasman profili seçilmiştir. Seçilen başlangıç profili kullanılarak yapı DDED metoduna göre dizayn edilmiştir. Daha sonra ortalamaları DDED metodunda kullanılan deplasman spektrumunu verecek şekilde üretilen 10 farklı yapay deprem kaydı kullanılarak LODA yapılmıştır. LODA sonucunda her bir yapay kayda ait maksimum deplasman profilleri elde edilmiştir. Elde edilen 10 farklı deplasman profilinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama deplasman profili elde edilmiştir. Ortalama deplasman profili ile başlangıçta seçilen deplasman profili karşılaştırılmıştır. Eğer iki profil birbirinden farklı ise elde edilen ortalama deplasman profili kullanılarak yapı tekrar DDED metodu kullanılarak dizayn edilip LODA yapılmıştır. Deplasman profili sabit kalıncaya kadar analiz tekrar edilmiştir.

III.1 Lineer Olmayan Dinamik Analiz

Yapıların lineer olmayan dinamik analizinde Newmark-Beta sayısal integrasyon yöntemi kullanılmıştır. Adım adım integrasyonda sabit ortalama ivme ($\beta=1/4$, $\gamma=1/2$) kabulü seçilmiştir. Tüm yapılar için sönümün rijitlikle orantılı olduğu kabul edilmiş ve sönüm matrisi denklem (9) ile hesaplanmıştır.

$$[C] = \alpha_k [K] \quad (9)$$

Burada α_k rijitliğe bağlı sönüm çarpanı, $[K]$ ise rijitlik matrisidir. Analizlerde, kritik sönüm oranı %5 alınmış ve 1. moda ait açısal frekans kullanılmıştır. LODA, RAM Perform 2D programı ile yapılmıştır [9]. LODA'de plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı ve bu bölgeler dışında davranışın lineer elastik olduğu varsayımı yapılmıştır. Tüm LODA'lerde I. Mertebe teorisi kullanılmıştır. Plastikleşen kiriş ve kolonların belirlenmesinde $K(M)$ akma bağıntısı kullanılmış ancak kolon elemanların taşıma kapasiteleri belirlenirken normal kuvvet göz önüne alınmıştır. Kesme kuvvetinin akma bağıntılarına etkisi terk edilmiş ancak kesme kuvveti taşıma kapasiteleri bağımsız olarak kontrol edilmiştir. Kiriş ve kolonlara ait moment plastik dönme bağıntısı olarak pekleşen rijit plastik davranış esas alınmıştır. Plastik kesitlere ait akma momenti ve akma eğriliği moment eğrilik analizi ile bulunabilir. Ancak yapılan analizde akma momenti Leoding [7]'de verildiği gibi $M_y=0.86 M_u$ olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle analizlerde çatlamış kesit atalet momentlerinin belirlenebilmesi için akma eğriliği Priestley [10]'da verilen denklem (10 a-b) ifadeleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Dikdörtgen kolonlar} \quad \chi_y = 2.12 \varepsilon_y / h_c \quad (10-a)$$

$$\text{Dikdörtgen kirişler} \quad \chi_y = 1.7 \varepsilon_y / h_b \quad (10-b)$$

Bu ifadede verilen ε_y donatının akma şekil değiştirmesi, h_c kolonun bir kenar boyutu, h_b ise kirişin yüksekliğidir. DDED metodunda düzleştirilmiş yönetmelik spektrumu kullanıldığından lineer olmayan dinamik analizde ortalamaları düzleştirilmiş spektrumu veren yapay deprem kayıtları kullanılmıştır.

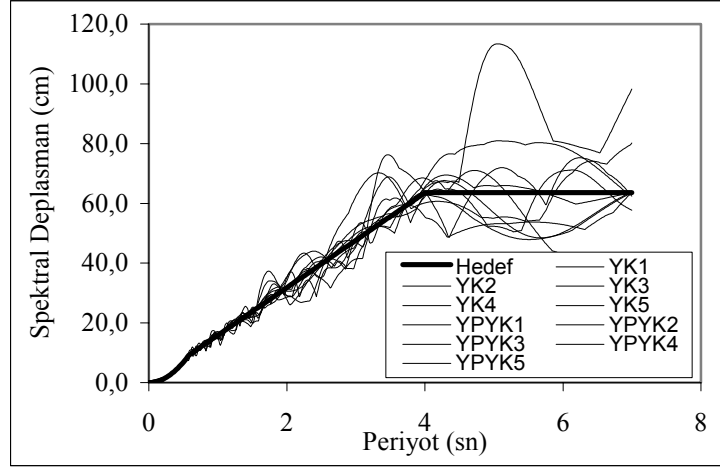
III.1.1 Yapay Deprem Kayıtlarının Oluşturulması

Yapay deprem kayıtlarının oluşturulması için iki ayrı program kullanılmış ve toplam 10 adet yapay kayıt üretilmiştir. Kullanılan programlarda ilki Ruaumoko [11] programının bir parçası olan ve orijinali Vanmarcke [12] tarafından geliştirilen ve daha sonra Carr[13] tarafından değişiklikler yapılan SIMQKE programıdır. Bu program kullanılarak en büyük yer ivmesi 0.4 g olacak şekilde 5 adet yapay deprem kaydı üretilmiştir. Kullanılan diğer program ise Buffalo Üniversitesinde geliştirilen TARSC THS (Target Acceleration Spectra Compatible Time Histories) programıdır[14]. TARSC THS programı ile üretilen her bir yapay kaydın farklı bir pik yer ivmesine sahiptir. Her iki program ile üretilen beşer kaydın en büyük yer ivmesi değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Üretilen yapay deprem kayıtlarının en büyük yer ivmeleri.

SIMQKE		TARSC THS	
Kayıt İsmi	PGA	Kayıt İsmi	PGA
YK-1	0.4	YP-YK-1	0.5970
YK-2	0.4	YP-YK-2	0.5893
YK-3	0.4	YP-YK-3	0.4536
YK-4	0.4	YP-YK-4	0.5104
YK-5	0.4	YP-YK-5	0.4340

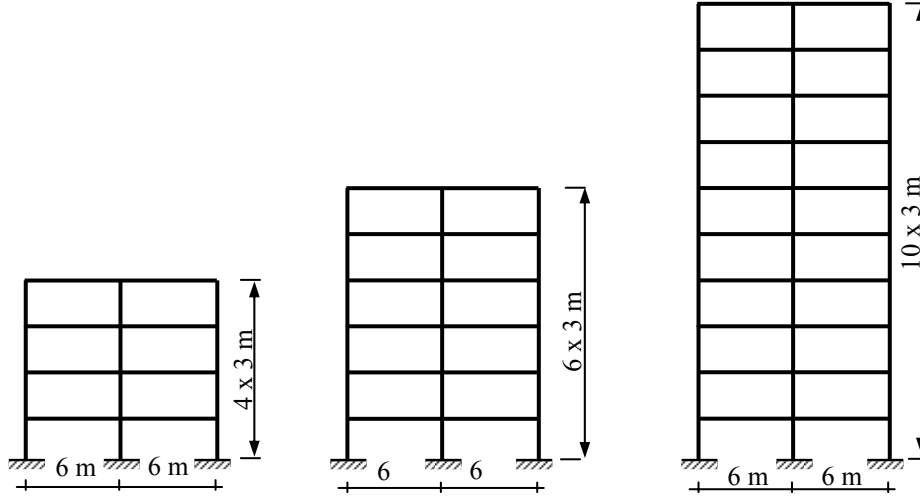
Yapay deprem kayıtları D tipi zeminde deprem seviyesi III, (DSIII) için SEOAC Blue Book’da [15] verilen deplasman spektrumunu verecek şekilde üretilmiştir (Şekil 7.).



Şekil 7. Hedef ve 10 yapay kayda ait deplasman spektrumu.

IV. SAYISAL UYGULAMALAR

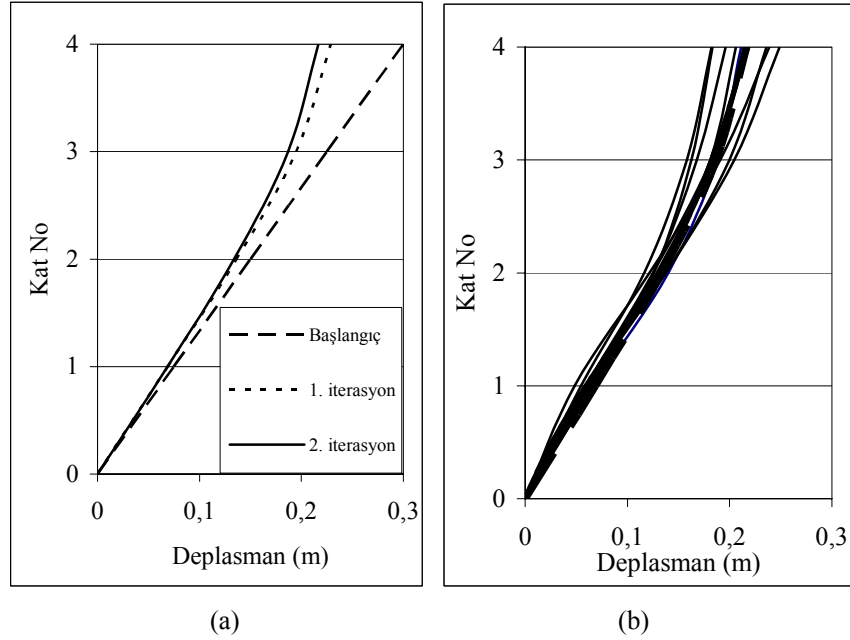
Dört, altı ve on katlı çerçeve tipi üç yapı incelenecektir. Bu yapılar iki 6 m'lik açıklığa ve 3 m'lik kat yüksekliğine sahiptirler. 102.000 kg'lık kat kütlesi verilen boyutlarda bir çerçevenin taşıyabileceği kat kütlesini temsil edecek şekilde seçilmiştir. Yapılara ait detaylar Şekil 8'de verilmiştir. Çerçeve tipi yapıların dizaynında sönüm oranı %20 alınmış ve deplasman spektrumu %20 sönüm için çizilmiştir. Başlangıç deplasman profili olarak [8]'de verilen deplasman profili seçilmiştir. Maksimum kat ötelemesi ise %2.5 alınmıştır.



Şekil 8. Dört katlı, altı katlı ve on katlı yapılar.

Dört, altı ve on katlı çerçeve tipi yapılar hesaplanan kat kesme kuvvetleri ve sabitlenmiş kolon momentleri kullanılarak elde edilen moment taleplerine göre dizayn edilmiştir. Kiriş elemanlar deprem etkisi altında tersinir bir etkiye maruz kaldıklarından basınç ve çekme bölgesinde eşit donatıya sahip olacak şekilde dizayn edilirler. Bu nedenle kiriş elemanların boyutları toplam eğilme donatı oranı %1.6 ila %4.20 arasında kalacak şekilde belirlenmiştir. Kolon elemanlar ise dört yüzünde eşit donatıya sahip kare kolon olarak dizayn edilmiştir. Kolonların kesit özellikleri belirlenirken kesitteki donatı oranının %1.00 ile %3.25 arasında kalacak şekilde belirlenmiştir[6]. Elemanların boyutları verilen aralıkların dışına çıktığında değiştirilmiştir.

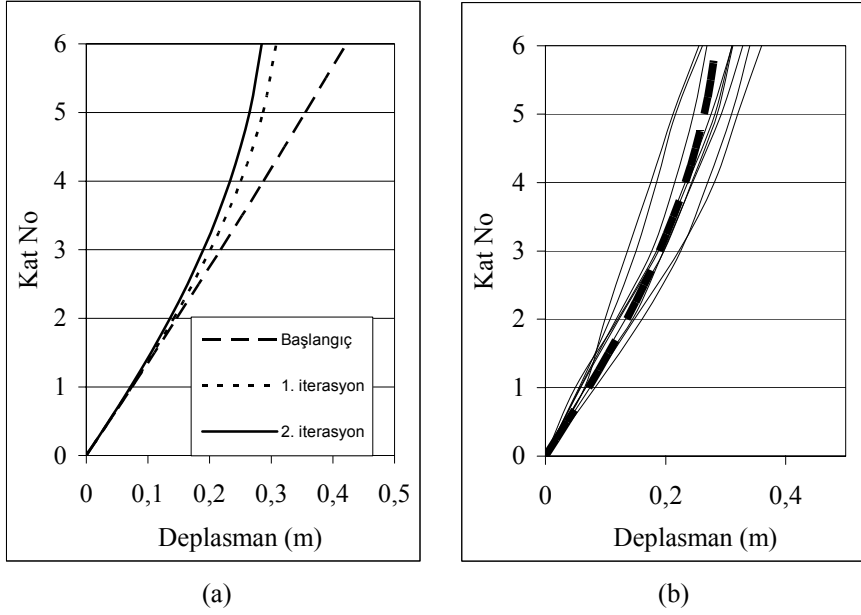
Dizayn edilen yapıların 10 farklı yapay deprem kaydı için lineer olmayan dinamik analiz yapılmıştır. Şekil 9-a'da dört katlı yapı için yapılan iterasyonlara ait deplasman profilleri verilmiştir. Şekil 9-b'de ise son iterasyonda her bir kayıt için elde edilen deplasman profilleri düz çizgi ile bu kayıtların ortalama deplasman profili ise kesikli kalın çizgi ile verilmiştir.



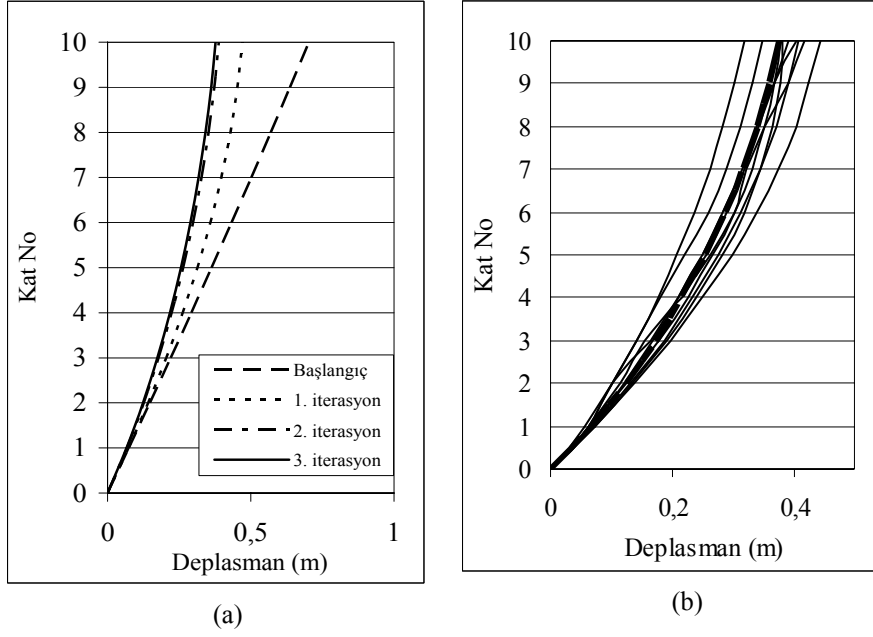
Şekil 9. (a) Altı katlı yapıya ait her bir iterasyondan elde edilen deplasman profilleri (b) son iterasyonda her bir kayıt için elde edilen deplasman profilleri ve ortalama deplasman profili.

Şekil 10-a'da altı katlı yapı için yapılan iterasyonlara ait deplasman profilleri verilmiştir. Şekil 10-b'de ise son iterasyonda her bir kayıt için elde edilen deplasman profilleri düz çizgi ile bu kayıtların ortalama deplasman profili ise kesikli kalın çizgi ile verilmiştir.

Şekil 11-a'da on katlı yapı için yapılan iterasyonlara ait deplasman profilleri verilmiştir. Şekil 11-b'de ise son iterasyonda her bir kayıt için elde edilen deplasman profilleri düz çizgi ile bu kayıtların ortalama deplasman profili ise kesikli kalın çizgi ile verilmiştir.



Şekil 10. (a) Altı katlı yapıya ait her bir iterasyondan elde edilen deplasman profilleri (b) son iterasyonda her bir kayıt için elde edilen deplasman profilleri ve ortalama deplasman profili.



Şekil 11. (a) On katlı yapıya ait her bir iterasyondan elde edilen deplasman profilleri (b) son iterasyonda her bir kayıt için elde edilen deplasman profilleri ve ortalama deplasman profili.

Elde edilen sonuç deplasman profilleri Jonsson [7] tarafından geliştirilen ve denklem (2) ile verilen deplasman profiline ait fonksiyon ile ifade edilebilmektedir. Denklem 2’de verilen deplasman profiline ait fonksiyonda çözümü yapılan dört, altı ve on katlı yapıların direkt deplasman esaslı dizaynında kullanılacak deplasman profillerinin elde edilmesi için önerilen γ değerleri Çizelge 3’de koyu olarak yazılmıştır.

Çizelge 3. Kat sayılarına bağlı olarak γ ve χ değerleri.

N	γ	χ
3	5.70	0.180
4	3.8	0.180
5	2.67	0.180
6	2.23	0.180
8	1.84	0.180
10	1.65	0.180
15	1.44	0.180

Dört, altı ve on katlı yapıların eşdeğer TSD sistemlerine ait karşılaştırmalar Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Dört, altı ve on katlı çerçeve tipi yapılarda Priestley’in ve önerilen profiller kullanılarak dizayn edilen yapılara ait eşdeğer TSD sistemlerin özelliklerinin karşılaştırılması.

	Dört Katlı			Altı Katlı			On Katlı		
	Önerilen Profil	Priestley	% fark	Önerilen Profil	Priestley	% fark	Önerilen Profil	Priestley	% fark
Δ_{ef}	0.19	0.23	16.89	0.23	0.31	26.71	0.29	0.44	33.64
T_{ef}	1.80	2.16	16.90	2.15	2.94	26.87	2.80	4.22	33.65
M_{ef}	358564	340000	-5.46	535781.	499794.	-7.20	882267.64	830834	-6.19
K_{ef}	4388.92	2874.03	-52.7	4571.20	2280.42	-100.4	4438.17	1839.96	-141.2
V_b	822.25	646.66	-27.1	1026.67	699.92	-46.7	1296.67	809.81	-60.12

IV.SONUÇLAR

Jonsson [7]’de deplasman profili için önerilen fonksiyonda sadece üç, beş, sekiz ve onbeş katlı yapılara ait γ ve χ sabitleri verilmiştir. Bu nedenle dört, altı ve on katlı moment aktaran çerçeve tipi yapılar için yapılan çözümlerde [7]’de verilen fonksiyonda kullanılmak üzere γ ve χ değişkenleri elde edilmiştir. Bu katsayılar dört katlı yapı için $\gamma=3.8$ ve $\chi=0.180$, altı katlı yapı için $\gamma=2.23$ ve $\chi=0.180$ ve on katlı yapı için $\gamma=1.65$ ve $\chi=0.180$ katsayıları elde edilmiştir.

Dört, altı ve on katlı moment aktaran çerçeve tipi yapılar için iki farklı deplasman profili kullanılarak yapılan dizayn sonuçları birbirinden oldukça farklıdır. İki farklı dizayna ait eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin özellikleri oldukça büyük değişimler göstermektedir. Dört katlı yapıda önerilen deplasman profilinin kullanıldığı dizayn sonucu eşdeğer TSD sistemin deplasmanı ve efektif periyodu arasındaki fark %16.90 iken bu taban kesme kuvvetinde %27’lik bir fark yaratmaktadır. Kat sayısı arttıkça aradaki farklar da artmaktadır. Altı katlı yapıda Δ_{ef} ile efektif periyottaki fark %26.71 iken taban kesme kuvvetindeki fark %46.69’dur. On katlı yapıda ise iki farklı deplasman profili kullanılarak elde edilen taban kesme kuvvetleri arasından fark %60.12’dir. Dolayısı ile yeni

önerilen deplasman profili kullanılarak yapılan direkt deplasman esaslı dizayn daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

V.KAYNAKLAR

- [1] Priestley, M. J. N., “Myths and fallacies in earthquake engineering- Conflicts between design and reality”, *Concrete International*, Vol 19, No 2, pp.53 1997.
- [2] Moehle, J.P., “Displacement-based design of RC structures subjected to earthquake”, *Earthquake Spektra*, Vol.8, No.3, pp.403-428, 1992.
- [3] Kowalsky, M.J., Priestly, M.J.N. and MacRae, G.A., A methodology for seismic design applied to single degree of freedom reinforced concrete structures, SSRP-94/16, Structural Systems Research Project, San Diego, La Jolla, California, (1994).
- [4] Calvi, G.M. and Kingsley, G.R., “Displacement-based design of multi degree-of-freedom bridge structures”, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol.24, pp.1247-1266, 1995.
- [5] Priestley, M.J.N., Ranzo, G. and Benzoni, G., Preliminary development of direct displacement based design for multi-degree of freedom systems, Proceedings, SEAOC Annual Conference, Hawaii, 1996.
- [6] Leoding, S., Kowalsky, M. J. and Priestley, M. J. N., “Direct displacement based design of reinforced concrete building frames” SSRP-98/08 Structural Systems Research Project, San Diego, La Jolla California, 1998.
- [7] Jonsson R., Direct displacement based design of seismic moment resisting concrete frames, M.Sc. Thesis, University of Washington , 2002.
- [8] Priestly, M.N.J. and Calvi G.M., “Concepts and procedures for direct displacement based design and assesment”, *Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes*, eds. Fajfar,P. and Krawinkler, H.Rotterdam, Balkema 1997.
- [9] RAM Perform2D, RAM International, Perform is a trademark of Graham H. Powell Inc
- [10] Priestley, M.J.N., *Myths and fallacies in earthquake engineering, Revisited*, The Mallet Milne Lecture, IUSS Press, Pavia, 2003.

- [11] Carr, A.J., RUAUMOKO- Program for Inelastic Dynamic Analysis, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand, 1996.
- [12] Vanmarcke, E.H., SIMQKE A Program for Artificial Motion Generation, User's Manual and Documentation, Dept. Of Civil Engineering, MIT, Cambridge, MA 1976.
- [13] Carr, A.J., SIMQKE- A Program Artificial Motion Generation, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand, 2001.
- [14] Papageorgiou, A., Halldorsson, B. and Dong, G. Target acceleration spectra compatible time histories TARSCTH, 2002.
- [15] SEAOC Blue Book "Recommended lateral force requirement and commentary", 7th Ed. 1999.

