

PERDE ÇERÇEVE SİSTEMLERİN DEPLASMAN ESASLI DİZAYNI İÇİN DEPLASMAN PROFİLİ

Altuğ YAVAŞ, Şerif SAYLAN

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampusu-10145/Balıkesir

Geliş Tarihi : 12.04.2005

ÖZET

Son on yılda yapıların dizaynının hedef deplasman veya deplasman profili için yapıldığı direkt deplasman esaslı dizayn metodu, birçok yapı tipinin dizaynı için kullanılmaktadır. Bu çalışmada moment aktaran çerçeve tipi yapılar için geliştirilen Direkt Deplasman Esaslı Dizayn (DDED) metodu perde çerçeve tipi yapıların dizaynı için genişletilmiştir. Perde çerçeve yapıların DDED'inin yapılabilmesi için perde çerçeve tipi yapılar ait lineer olmayan deplasman profilinin belirlenmesi gerekir. Bu nedenle, perde çerçeve tipi yapıların deplasman profillerinin elde edilmesi için DDED ve lineer olmayan dinamik analizin birlikte kullanıldığı iteratif bir yöntem önerilmiş ve bu yöntem kullanılarak sistemde tek bir perdenin kullanıldığı, çerçevenin ortasında olduğu, altı katlı yapı için lineer olmayan deplasman profili elde edilmiştir. Ayrıca farklı perde yerleşiminin ve farklı açıklık sayısının deplasman profiline etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Perde çerçeve sistem, Deplasman profili, DDED, Lineer olmayan dinamik analiz

DISPLACEMENT PROFILE FOR DISPLACEMENT BASED DESIGN OF WALL-FRAME SYSTEMS

ABSTRACT

Direct displacement based design that designs the structure for a given target displacement profile is used for the design of several types of structures in the last decade. In this study, the direct displacement based design (DDBD) method developed for the design of moment resisting structures is extended for the design of wall-frame type structures. Displacement profiles of the wall-frame type structures must be determined for the DDBD of wall frame structures. Therefore, an iterative method that uses DDBD and nonlinear time history analysis together is proposed for determining the displacement profiles. Displacement profiles for six storied four span wall-frame type structures that have one wall in the middle of the frame are determined. Also the affects of the location of the wall and the number of the span is investigated.

Key Words : Wall frame system, Displacement profile, DDBD, Nonlinear time history analysis

1. GİRİŞ

Deplasman esaslı dizayn, deplasmanların metodun esası olarak kullanıldığı bir sismik dizayn metodudur. Direkt deplasman esaslı dizayn (DDED) metodu ile aynı deprem etkisi altında üniform riske sahip yapılar dizayn edilmektedir. Metot aynı deprem altında farklı mühendisler tarafından dizayn

edilmiş yapıların birbirine çok benzer davranış göstermesini amaçlamaktadır.

Günümüzde kullanılmakta olan geleneksel kuvvet esaslı dizaynda, ön boyutlarla belirlenmiş yapısal periyot ve elastik ivme spektrumu kullanılarak, elastik spektral ivme katsayısı belirlenmektedir. Daha sonra spektral ivme katsayısı yapı davranış

katsayısı (veya yapı süneklik faktörü) ile azaltılarak elde edilen yatay deprem kuvvetlerine göre yapı dizayn edilmektedir. Deplasman kontrolü ise genellikle dizayn tamamlandıktan sonra yapılmaktadır. Ancak direkt deplasman esaslı dizayn metodunda tasarımcı yapıyı hedef bir deplasman veya deplasman profiline göre dizayn etmektedir. Dayanım ve rijitlikler bu metotta dizaynın değişkenleri değil, dizaynın sonucu olarak elde edilmektedirler. DDED metodu kuvvet esaslı dizayna göre iki açıdan farklıdır. (1) Yapı davranış katsayısı (veya yapı süneklik faktörü) kullanılmasına gerek yoktur. (2) Deprem esnasında elemanlarda oluşacak elastik olmayan davranışlar metoda dahil edilmektedir.

DDED ilk olarak Kowalsky et al., (1994) tarafından Tek Serbestlik Dereceli (TSD) betonarme yapılar için kuvvetler yerine deplasmanları esas alan bir sismik dizayn metodu olarak önerilmiştir. DDED, yapısal sistemler için gerekli olan dayanım ve rijitliklerin dizaynın sonucu olarak elde edildiği bir iteratif metottur. Bu çalışmada TSD köprü kolonları incelenmiş ve kuvvet esaslı dizayn ile deplasman esaslı dizayn metodları karşılaştırılmıştır. Deplasman esaslı dizayn metodunda TSD bir köprü kolonunun başlangıç verileri; kolon yüksekliği, hedef deplasman ve deplasman davranış spektrumudur. Metot, hedef deplasmanın oluşturacak kolon dayanımı ve rijitliği ile sonuçlanmaktadır. DDED metodunda dayanım ve rijitlik değişken değil, metodun bir sonucu olarak elde edilmektedir. Calvi and Kingsley (1995)'de TSD yapılar için önerilen DED 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. Geliştirilen DDED metodu simetrik yapılar için iyi sonuçlar vermesine rağmen asimetrik yapılar için iyi sonuçlar vermemiştir. Priestley et al., (1996) tarafından yapılan çalışmada, DDED metodunun ana ilkeleri ve çıkış noktaları özetlenmiştir. Ayrıca ÇSD'li karmaşık yapıların DDED'ının en önemli adımlarından bir tanesi olan ÇSD sistemin eşdeğer TSD sisteme nasıl indirgeneceği üzerinde durulmuştur. Bina türü betonarme yapılar için başlangıç DDED metodu önerilmiştir. Kowalsky (1997)'de üniform riske sahip binalar dizayn etmek için DDED metodunun mevcut kuvvet esaslı dizayn metoduna göre üstünlükleri ortaya konulmuştur. Ayrıca deplasman esaslı dizayn metodu ile elastik olmayan davranışın direkt olarak metoda nasıl dahil edilebileceği özetlenmiştir. TSD'li sistemlerin DDED'nına ait analitik ve deneysel doğrulama çalışmaları

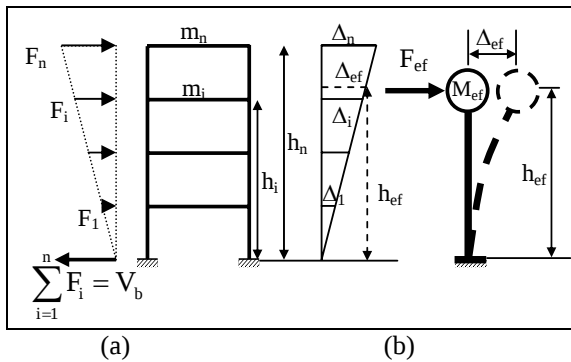
yapılmıştır. Ayrıca çok açıklıklı köprüler gibi ÇSD sistemler incelenip doğrulama çalışmaları lineer olmayan dinamik analiz ile yapılmıştır. Priestley and Calvi (1997)'de DDED metodunun genel felsefesi özetlenmiş, TSD ve ÇSD köprüler için prosedürün gelişim aşamaları verilemiştir. ÇSD sistemler için önerilen DDED, asimetrik köprüler için de iyi sonuçlar verecek şekilde geliştirilmiştir. ÇSD bina türü yapıların değerlendirilmesinde kullanılan deplasman profillerinin DDED'da da kullanılabileceği belirtilmiştir. Leoding et al., (1998)'de betonarme bina çerçevelerini kuvvet talepleri yerine deplasman taleplerine göre dizayn edecek bir direkt deplasman esaslı dizayn metodu önermişlerdir. Deplasman taleplerinin dizayn kuvvetlerine dönüştürülmesi için temsili yapı yaklaşımından yararlanılmıştır. Bir çok yapısal analiz sonucu Elemanlara ait talepler elde edilip, çerçeveye ait elemanları spesifik bir kritere göre dizayn edilmiştir. Çalışmada çerçevelerin performanslarının maksimum deplasman ve süneklik bakımından değerlendirilmesi için elastik olmayan dinamik analiz kullanılmıştır. Geleneksel kuvvet esaslı dizayn ile deplasman esaslı dizayn karşılaştırılmış ve deplasman esaslı dizaynın gerçekçi bir dizayn prosedürü olduğu belirtilmiştir. Judi et al., (2000)'de kuvvet esaslı dizayn (KED) ve deplasman esaslı dizayn metodları karşılaştırılmıştır. Çalışmalarında KED ile DED'ı yeniden inceleyip karşılaştırmak, DED'nın geçmişini tartışmak ve birkaç basit TSD yapıyı KED ve DED ile dizayn edip lineer olmayan dinamik analiz sonuçları ile deplasman davranışlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bir grup TSD yapı farklı yer hareketleri kullanılarak iki farklı dizayn metoduna göre dizayn edilmiştir. Lineer olmayan dinamik analiz sonuçları, tipik bir kolon için rijitlik azalmalı bir histeresis ilişkisi kullanıldığında deplasman esaslı dizayn, kuvvet esaslı dizayna göre daha tutarlı sonuç verdiği belirlenmiştir. Priestley (2000) tarafından yapılan çalışmada sismik dizayn yüklemesi altında yapıların verilen sınır durumu sağlayabilecek şekilde dizayn edilebileceği bir dizayn metodunun temel kavramları verilmiştir. Çalışmada detayları açıklanan metot, deplasman spektrumunu kullanan, yapıyı maksimum davranıştaki bir eşdeğer sekant rijitlikle karakterize eden DDED metodudur. Bu çalışmada sadece konsol perdelerden oluşan yapılara ait bir DDED metoduna ait hesap adımları da verilmiştir. Dört katlı, altı katlı, sekiz katlı ve on iki katlı dört yapı, geliştirilen DDED ile dizayn edilmiştir. Aynı yapılar KED ile de dizayn edilip yapıların maksimum deplasman davranışları lineer olmayan dinamik analiz ile elde edilip karşılaştırılmıştır. Jonsson (2002)'de geleneksel yerinde dökme betonarme çerçeveler ve ardgermeli prefabrik çerçevelerin direkt deplasman esaslı dizayn metodları incelenmiştir. 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. Sullivan (2002)'de sekiz farklı deplasman esaslı dizayn metodunu inceleyip karşılaştırmıştır. Çalışmada rijit temelli, esnek temelli düzenli konsol perde duvarlı yapı, düzensiz konsol perde duvarlı yapı ile düzenli moment aktaran çerçeve ve düzensiz moment aktaran çerçeve olmak üzere beş farklı yapı tipi sekiz farklı deplasman esaslı dizayn prosedürü kullanılarak dizayn edilip sonuçları karşılaştırılmıştır. Dizayn metodları basitlik, çok yönlülük, performans ve bütünlük açısından değerlendirilmiş ve çok zayıf, zayıf, kabul edilebilir, iyi ve mükemmel olarak değerlendirilmiştir. DDED basitlik, performans ve bütünlük açısından mükemmel, metodun sadece çerçeve tipi yapılar için uygulanabilir olduğundan çok yönlülük açısından kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, moment aktaran çerçeve tipi ve sadece konsol perdelerden oluşan yapılar için geliştirilen DDED metodu, perde çerçeve sistemlerin DDED'ı için genişletilmiştir. DDED hesap adımlarının en önemlisi olan perde-çerçeve sisteme ait deplasman profilleri altı katlı perde çerçeve yapı için elde edilmiş ve bir deplasman profili önerilmiştir.

2. DDED METODUNA AİT HESAP ADIMLARI

DDED metodunda yapının lineer olmayan davranışı Temsili Yapı olarak isimlendirilen yüksek sönümlü eşdeğer tek serbestlik dereceli lineer bir sistemle ifade edilir (Şekil 1). Moment aktaran çerçeve tipi yapıların DDED metodu 10 farklı hesap adımından oluşmaktadır. Bu hesap adımları aşağıda verilmiştir:



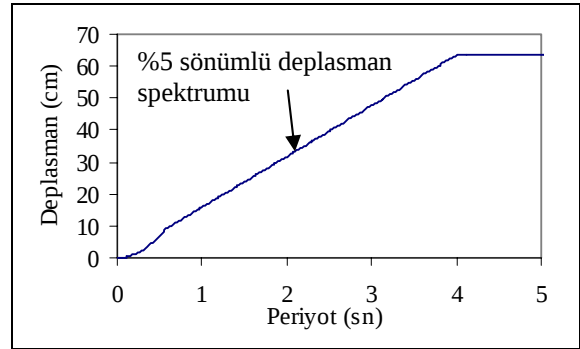
Şekil 1. ÇSD yapının TSD yapı olarak temsil edilmesi (a) ÇSD Yapı (b) Eşdeğer TSD yapı

Adım 1. Uygun bir deplasman davranış spektrumunun seçilmesi :

Deplasman davranış spektrumu, Şekil 2'de verildiği gibi deplasmana karşılık tek serbestlik dereceli sistemin titreşim periyoduna göre çizilir.

Adım 2. Maksimum deplasman profilinin hesaplanması :

Perde çerçeve sistemler için önerilen bir deplasman profili mevcut değildir. Bu çalışmada perde çerçeve sistemler için Bölüm 3'de deplasman profili önerilecektir.



Şekil 2. Deplasman davranış spektrumu

Adım 3. Sistem deplasmanının hesaplanması

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

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

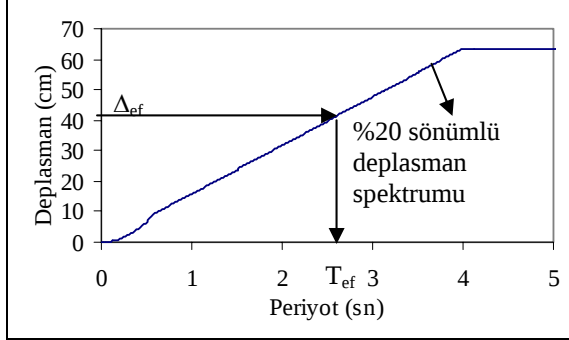
Burada; Δ_{ef} eşdeğer TSD sistemin deplasmanı, Δ_i ilgili katın deplasmanı, m_i ise ilgili katın kütesidir.

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. Sistem sönümü tasarımcı tarafından seçilir.

Adım 5. Efektif Yapısal Periyodun Elde Edilmesi:

Efektif periyot (T_{ef}) hesaplanan sistem deplasmanı ve seçilen sistem sönümüne göre çizilen deplasman davranış spektrumundan elde edilir (Şekil 3).



Şekil 3. Efektif periyodun elde edilmesi

Adım 6. Efektif Kütlelerin Hesaplanması:

Efektif kütle (M_{ef}) denklem (2) ile hesaplanır. Efektif kütle toplam bina kütlelerinin % 80 ~ % 90' kadardır.

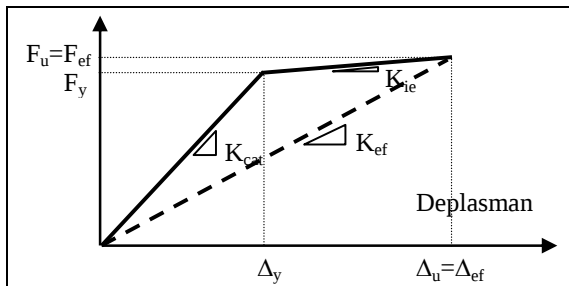
$$M_{ef} = \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{\Delta_i}{\Delta_{ef}} \right) \quad (2)$$

Adım 7. Efektif Rijitliğin Hesaplanması:

Efektif rijitlik kavramı, temsili yapıyı lineer dinamik davranışla modellemektedir. Efektif rijitlik (K_{ef}) eşdeğer iki doğru parçalı olarak idealleştirilen TDS sistemin sekant rijitliğidir ve denklem(3) ile hesaplanır.

$$K_{ef} = \frac{4\pi^2}{T_{ef}^2} M_{ef} \quad (3)$$

Şekil 4'de K_{ef} efektif rijitliği, K_{ca} elastik sistem rijitliği, K_{ie} TSD sistemin elastik davranış sonrası rijitliğini göstermektedir. Efektif rijitlik, efektif kuvvetin sistem deplasmanına bölünmesi ile hesaplanabilir.



Şekil 4. Efektif rijitlik

Adım 8. Taban Kesme Kuvvetinin Hesaplanması:

Taban kesme kuvveti (V_b) eşdeğer TSD'li yapının efektif kuvvetine (F_{ef}) eşittir ve denklem (4) ile hesaplanır (Şekil 1). ÇSD sistem, bu adımla eşdeğer TSD sistemden tekrar başlangıçtaki ÇSD sisteme çevrilir.

$$V_b = F_{ef} = K_{ef} \Delta_{ef} \quad (4)$$

Adım 9. Taban Kesme Kuvvetinin Çerçevenin Katlarına Dağıtılması:

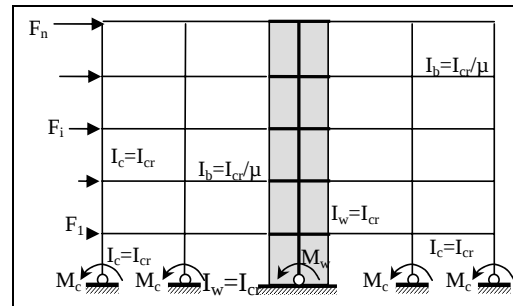
Hesaplanan taban kesme kuvveti denklem (5) ile kat deplasmanlarına ve kat kütlelerine orantılı olarak kat kuvvetleri (F_i) olarak katlara dağıtılır.

$$F_i = V_b \frac{m_i \Delta_i}{\sum_{i=1}^n m_i \Delta_i} \quad (5)$$

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 kesit tesiri taleplerine göre dizayn edilir. Perde-çerçeve bir sistemin temsili yapı yaklaşımı ile tanımlanabilmesi için, moment aktaran çerçeve sistemler için önerilen azaltılmış rijitlikli sünek kirişlerle ve elastik rijitlikli kolonlarla temsil edildiğine benzer bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. (Şekil 5) Perde-çerçeve sistemde tanımlanan perde rijitliğinin, perde alt bölümlerde temsili yapı yaklaşımı nedeni ile beklenen süneklik talebiyle orantılı olarak azaltılmalıdır (Priestley, 2003).



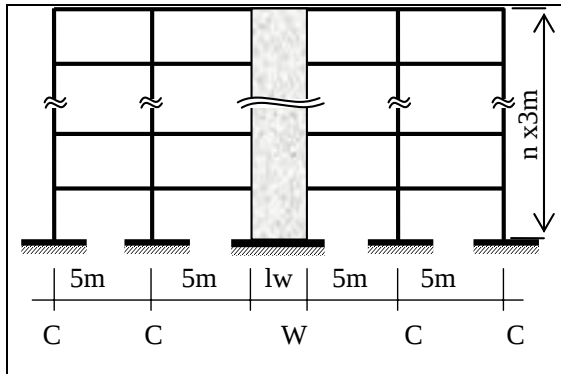
Şekil 5. Sabitlenmiş kolon ve perde momentleri ve eleman rijitlikleri

Yapısal analizin tamamlanabilmesi için çerçeve ve perdenin taşıyacağı taban kesme kuvveti için bir

oran belirlenmelidir. Belirlenen bu taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak kolon ve perde elemanların rijitlik oranları belirlenmektedir. Daha sonra kolonların taşıyacağı taban kesme kuvveti, rijitlikleriyle orantılı olarak dağıtılıp Şekil 5’de gösterildiği gibi zemin kat kolonlarının alt uçlarında sabitlenmiş kolon taban momentleri (M_c) belirlenmektedir. Sabitlenmiş kolon momentleri ve perde-kolon rijitlik oranına bağlı olarak da sabitlenmiş M_w perde momenti elde edildiğinde yapısal analiz için gerekli olan bütün değişkenler belirlenmiş olur.

2. 1. Elemanların Rijitlik Oranları

Perde-çerçeve sistemde perdenin karşıladığı taban kesme kuvveti için bir oran belirlenmesi gerekmektedir. Farklı perde-kolon rijitliğine sahip yapılarda, tek bir perdenin karşıladığı taban kesme kuvvetinin toplam taban kesme kuvvetine oranını belirlemek için öncelikle Şekil 6’da özellikleri verilen yapı ele alınmıştır. Ele alınan dört açıklıklı perde çerçeve yapının, açıklıkları 5 m, kat yükseklikleri 3 m’dir ve perde, çerçevenin tam ortasındadır. Bu geometrik özelliklere sahip yapının kat sayısının altı, dokuz ve oniki olduğu durum için analizler yapılmıştır.



Şekil 6. Dört açıklıklı perde-çerçeve tipi yapı

Ele alınan yapının yatay yükler altında statik analizi yapılmadan önce rijitlik oranları belirlenmiştir. Çerçeve yapıda olduğu gibi kolon ve kirişlerin rijitlikleri birbirine eşit alınmıştır. Perdenin rijitliği ise değişkendir. Elemanlara ait kayma rijitlikleri ihmal edilmemiştir. Perde-çerçeve sistemde kolon ve perde rijitlikleri değiştirilerek oluşturulan altı katlı 12 farklı yapı, sabit üçgen yatay yük altında analiz edilmiştir. Tablo 1’de analizi yapılan 12 yapıya ait kolon boyutları düşey ekseninde, perde boyutları ise yatay ekseninde verilmiştir. Kolonlar C, perde ise W ile gösterilerek analizi yapılan yapıların perde yerleşimleri verilmiştir. Analizlerde perdeler tek boyutlu eleman olarak modellenmiştir. Perdeye

saplanan kirişlerin perde aksına kadar olan bölümleri sonsuz rijit tanımlanmıştır.

Tablo 1. Yatay Yük Analizi Yapılan Perde-Çerçeve Yapılar

	W200x25	W175x25	W250x20
C40 x 40	CCWCC	CCWCC	CCWCC
C50 x 50	CCWCC	CCWCC	CCWCC
C60 x 60	CCWCC	CCWCC	CCWCC
C70 x 70	CCWCC	CCWCC	CCWCC

Perdenin taban kesme kuvvetini karşılama oranı sadece yatay yükler etkisi altında ele alınmıştır. Bütün analizlerde düşey yükler ihmal edilmiştir. Statik yatay yük analizleri altı katlı, dokuz katlı ve oniki katlı yapılar için ayrı ayrı yapılar aralarındaki ilişki incelenmiştir.

Dört açıklıklı altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için perdenin taban kesme kuvvetini karşılama oranına göre perde/toplam kolon rijitlik oranını belirlemek için denklem (6) önerilmiştir (Yavaş, 2004).

$$\frac{I_w}{\sum I_c} = A e^{\frac{B \frac{V_{perde}}{V_{Taban}} * 100}{V_{Taban}}} \quad (6)$$

Burada I_w perde duvarın atalet momenti, $\sum I_c$ zemin kat kolonlarının atalet momentlerinin toplamı, V_{perde} perde duvarın karşıladığı taban kesme kuvveti, V_{Taban} yapıya ait taban kesme kuvvetidir. Altı, dokuz ve oniki katlı dört açıklıklı yapılar için A ve B değişkenler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Dört Açıklıklı Altı, Dokuz ve On iki Katlı Yapılar İçin A ve B Değişkenleri

	A	B
12 Katlı	0.0744	0.069
9 Katlı	0.0770	0.0682
6 Katlı	0.0796	0.0674

Tablo 2’de dört açıklıklı perdenin sistemin tam ortasında olması haline ait A, B değişkenleri kat sayısı ile değişmemektedir. Bu nedenle A=0.077 ve B = 0.0682 alınabilir.

Ayrıca, açıklık sayısının ve perde yerleşiminin denklem (6)’da kullanılan A ve B değişkenine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla sekiz açıklıklı ve altı açıklıklı, sistemde perdenin orta aksta olduğu altı katlı yapıların analizi, altı açıklıklı perde çerçeve sistemde perdenin sırası ile birinci, ikinci üçüncü ve dördüncü akta olduğu sistemlerin analizleri yapılmıştır. Elde edilen A ve B değişkenleri Tablo 3’de verilmiştir

Tablo 3. Farklı Açıklık ve Perde Yerleşimi İçin A ve B Katsayıları

	A	B
8 Açıklıklı 6 Katlı Perde orta aksta	0.1519	0.0612
6 Açıklıklı 6 Katlı Perde 1. aksta	0.2062	0.0571
6 Açıklıklı 6 Katlı Perde 2.,3. ve orta aksta	0.1414	0.0607
6 Açıklıklı 12 Katlı Perde orta aksta	0.1239	0.0627

2. 2. Kolon ve Perde Moment Talebi

Perdenin taşıyacağı taban kesme kuvveti oranına bağlı olarak perde/kolon toplam rijitlik oranı hesaplandıktan sonra kolonların taşıyacağı kesme kuvveti belirlenir. Kolon rijitlikleri eşit kabul edildiğinde kolonlar tarafından taşınan taban kesme kuvveti bütün kolonlara eşit olarak dağıtılır. Çerçeve yapılarda olduğu gibi kolon sabitlenmiş momentleri taban kesme kuvvetine ve h_c 'ya bağlı olarak hesaplanır. Burada h_c zemin kat kolonunun yüksekliği, k ise zemin kat kolonunun moment sıfır noktasının yerini belirlemek için kullanılan bir katsayıdır ve 0.7 ile 1 arasında bir değer seçilebilir (Priestley, 2003).

Perde-kolon rijitlik oranlarının belirlenmesinde kullanılan analizler yardımıyla, perde momentinin toplam kolon momentine oranı denklem (7) ile belirlenmiştir. Rijitlik oranlarında olduğu gibi moment ifadeleri de C ve D değişkenleri ile ifade edilebilir.

$$\frac{M_w}{\sum M_c} = C \left(\frac{I_w}{\sum I_c} \right)^D \quad (7)$$

Burada M_w perde duvarın alt ucundaki moment, $\sum M_c$ zemin kat kolonlarının alt uçlarındaki momentlerin toplamıdır. Altı, dokuz ve oniki katlı yapılar için C ve D değişkenleri Tablo 4'de verilmiştir.

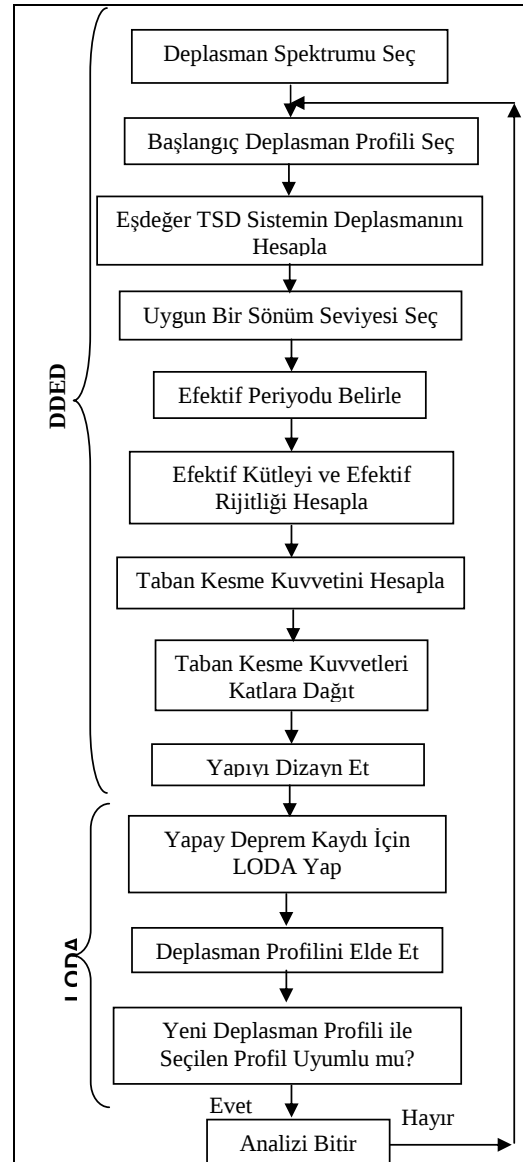
Tablo 4. Analizi Yapılan Yapılar İçin C ve D Değişkenleri

	C	D
4 Açıklıklı 12 Katlı Perde Orta Aksta	0.6468	0.9608
4 Açıklıklı 9 Katlı Perde Orta Aksta	0.6454	0.9597
4 Açıklıklı 6 Katlı Perde Orta Aksta	0.6440	0.9586
8 Açıklıklı 6 Katlı Perde Orta Aksta	0.6233	0.9595
6 Açıklıklı 6 Katlı Perde 2.,3. ve 4. Aksta	0.6232	0.9595
6 Açıklıklı 6 Katlı Perde ilk aksta	0.6116	0.956
6 Açıklıklı 12 Katlı Perde Orta Aksta	0.6233	0.9595

Tablo 4'de incelendiğinde perde yerleşimi, açıklık sayısı ve kat sayısının C ve D değişkenlerini çok değiştirmedeği görülebilir. Bu nedenle $C = 0.631$ ve $D = 0.96$ alınabilir.

3. DEPLASMAN PROFİLİNİN ELDE EDİLMESİ

Deplasman profili DDED metodunun en önemli adımlarından biridir. Bu çalışmada, deplasman profilinin elde edilebilmesi için kullanılan DDED metodu ve Lineer Olmayan Dinamik Analizin (LODA) beraber kullanıldığı iteratif bir yaklaşıma ait akış şeması Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Deplasman profilinin elde edilmesi için gerekli hesap adımları

3. 1. Lineer Olmayan Dinamik Analiz

Yapıların lineer olmayan dinamik analizinde (LODA) Newmark-Beta sayısal integrasyon yöntemi kullanılmıştır. Adım adım integrasyonda sabit ortalama ivme ($\beta=1/4$, $\gamma=1/2$) kabulü seçilmiştir. LODA, RAM Perform 2D (Ramint, 2003) programı ile yapılmıştır. 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 P- Δ etkisi gözönüne alınmamıştır. 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 için peklesen rijit plastik, perde elemana ait moment plastik-dönme bağıntısı içinde rijit plastik davranış esas alınmıştır. Elemanlara ait çatlamış kesit rijitlikleri denklem (8 a-c) ile hesaplanmıştır (Priestley, 2000). Plastik kesitlere ait akma momenti ve akma eğriliği χ_y moment eğrilik analizi ile bulunabilir.

$$\text{Kolonlar} \quad \chi_y = 2.12 \varepsilon_y / h_c \quad (8-a)$$

$$\text{Perdeler} \quad \chi_y = 2.00 \varepsilon_y / l_w \quad (8-b)$$

$$\text{Kirişler} \quad \chi_y = 1.7 \varepsilon_y / h_b \quad (8-c)$$

Bu ifadede verilen ε_y donatının akma şekil değiştirmesi, h_c kolonun bir kenar boyutu, h_b ise kirişin yüksekliği, l_w ise perde duvarın uzun kenarının boyutudur. DDED metodunda düzleştirilmiş spektrum kullanıldığından lineer olmayan dinamik analizde, ortalamaları bu düzleştirilmiş spektrumu veren yapay 10 adet yapay deprem kaydı dikkate alınmıştır.

3. 1. 1. Yapay Deprem Kayıtlarının Oluşturulması

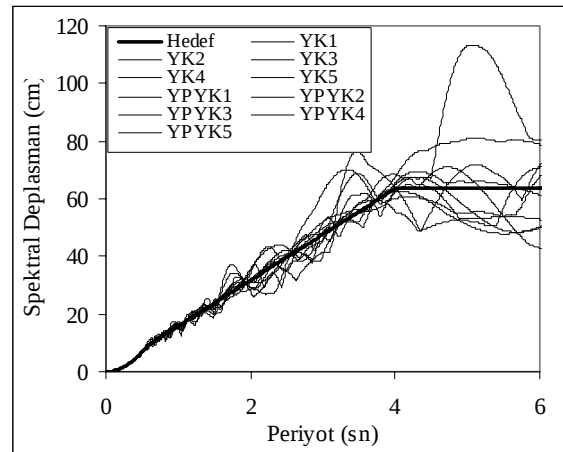
Yapay deprem kayıtlarının oluşturulması için iki ayrı program kullanılmış ve toplam 10 adet yapay deprem kaydı üretilmiştir. Yapay deprem kayıtları SEOAC Blue Book'da (1999)'da D tipi zeminde deprem seviyesi III, (DSIII) için verilen deplasman spektrumunu verecek şekilde üretilmiştir. Kullanılan programlarda ilki Ruaumoko (2001) programının bir parçası olan ve orijinali Vanmarcke (1976) tarafından geliştirilen ve daha sonra Carr (2001) tarafından değişiklikler yapılan SIMQKE(2001) programıdır. Bu program kullanılarak en büyük yer ivmesi 0.4g olacak şekilde 5 adet yapay deprem kaydı üretilmiştir. Kullanılan diğer program Buffalo

Üniversitesinde geliştirilen TARSCHTS (1999) (Target Acceleration Spectra Compatible Time Histories) programıdır. TARSCHTS programı ile üretilen her bir yapay kayıt farklı bir pik yer ivmesine sahiptir. Her iki program ile üretilen kayıtlara ait en büyük yer ivmesi değerleri Tablo5'de verilmiştir.

Tablo 5. Üretilen Yapay Deprem Kayıtlarının En Büyük Yer İvmeleri

SIMQKE		TARSCHTS	
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	0.45361
YK-4	0.4	YP-YK-4	0.5104
YK-5	0.4	YP-YK-5	0.4340

Şekil 8'de her bir yapay kayda ait deplasman spektrumu ince çizgi ile, hedef deplasman spektrumu ise kalın çizgi ile gösterilmiştir.

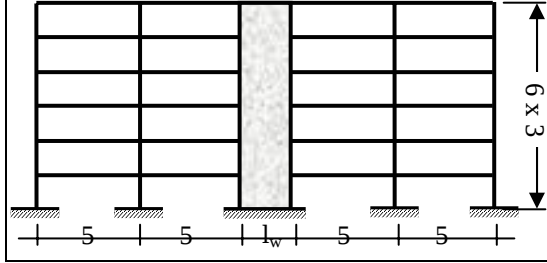


Şekil 8. Hedef ve 10 yapay kayda ait deplasman spektrumu

4. SAYISAL UYGULAMALAR

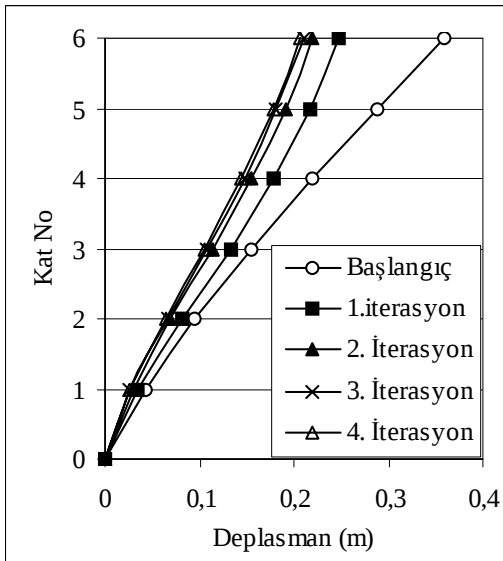
Tam ortada tek bir perdenin olduğu ve altı katlı dört açıklıklı, perdenin sisteme etkileyen taban kesme kuvvetinin %50'sini karşıladığı yapılara ait sayısal uygulamalar yapılmış ve bu sistemlere ait deplasman profilleri elde edilmiştir. Seçilen başlangıç profilinin deplasman profiline etkisi ve kat kütlelerinin değişiminin deplasman profiline etkisi altı katlı yapı kullanılarak elde edilmiştir. Açıklık sayısının deplasman profiline etkisini araştırmak için perdenin sistemin ortasında olduğu ve taban kesme kuvvetinin %50'sinini perde tarafından karşılandığı altı katlı dört, altı ve sekiz açıklıklı üç yapıya ait deplasman profilleri de elde edilmiştir. Şekil 9'da özellikleri verilen altı katlı, perdenin çerçevenin orta aksında olduğu dört açıklıklı bir yapı ele alınmıştır. Sistemde

kat yüksekliği her katta sabit olup $h=3\text{m.}$ 'dir. Açıklıklar ise 5m. dir. Yapının kat ağırlığı $W=880\text{kN}$ alınmıştır. Yapının bir katının toplam kütlesi $m = 89700 \text{ kg'}$ dir. Özellikleri verilen altı katlı yapının deplasman profili iteratif bir yaklaşımla elde edilmiştir.



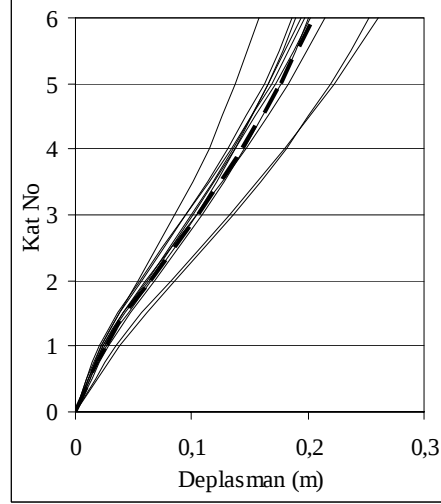
Şekil 9. Altı katlı perde-çerçeve tipi yapı

DDED metodu için öncelikle uygun bir deplasman spektrumu olarak SEOAC Blue Book'da (1999) D tipi zeminde deprem seviyesi III, (DSIII) için verilen deplasman spektrumu seçilmiştir. Birinci iterasyona başlayabilmek için bir başlangıç deplasman profili seçilmesi gerekmektedir. Seçilen bu deplasman profili perde-çerçeve yapıda beklenen deplasman profilini verecek şekilde rasgele seçilmiştir. Sistemin sönüm oranı % 20 seçilmiştir. Bu sönüm oranına bağlı olarak deplasman spektrumu indirgenmiştir. Elemanlar Bölüm 2'de verilen DDED'a ait hesap adımları kullanılarak dizayn edilmiştir. Elemanların dizaynı tamamlandıktan sonra üretilen 10 yapay deprem kaydı kullanılarak yapıya ait deplasman profili her bir kayıt için LODA ile de ayrıca elde edilmiştir. Deplasman profili dördüncü iterasyon sonunda yakınsamıştır.



Şekil 10. Altı katlı yapı için iterasyonlar sonucu elde edilen deplasman profilleri

Dördüncü iterasyonda 10 farklı deprem kaydı kullanılarak yapılan lineer olmayan dinamik analiz sonucunda elde edilen zarf deplasman profilleri ve deplasman profillerinin ortalaması Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Altı katlı yapının son iterasyondaki yapay deprem kayıtlarına ait zarf deplasmanları ve ortalama deplasman profili

4. 1. Farklı Başlangıç Profillerinin Sonuç Deplasman Profiline Etkisi

Altı katlı yapının DDED metodunda kullanılacak deplasman profilini elde etmek için kullanılan iteratif yaklaşımda, birinci iterasyonda bir başlangıç deplasman profilinin seçilmesi gerekmektedir. Şekil 9'da özellikleri verilen altı katlı yapı için dört farklı başlangıç profili seçilerek iterasyonlar yapılmıştır.

- Seçilen deplasman profillerinden ilki moment aktaran çerçeveler için Priestley (1996) tarafından önerilen denklem (9) ile verilen deplasman profilidir (Dnk9).

$$\Delta_i = \theta_d h_i \left(1 - \frac{(n-4) h_i}{32 h_n} \right) \quad (9)$$

Burada; maksimum θ_d göreceli ötelenme oranı, h_i kat yüksekliği, h_n yapı yüksekliği ve n kat sayısıdır.

- Kullanılan ikinci deplasman profili ise üç, beş, sekiz ve onbeş katlı moment aktaran çerçeve yapılar için Jonsson (2002) tarafından önerilmiş ve denklem(10) ile verilmiştir (Dnk10). Altı katlı yapı için denklem (10)'da kullanılacak değişkenler $\gamma = 2.32$ ve $\chi = 0.180$ 'dir (Yavaş, 2004).

$$\Delta_i = \theta_d h_n \left[\frac{h_i}{h_n} - \left(\frac{1-\chi}{\gamma} \right) \cdot \left(\frac{h_i}{h_n} \right)^\gamma \right] \quad (10)$$

- Üçüncü deplasman profili ise Kowalsky (2001) tarafından konsol perdelerin deplasman profili için önerilen ve denklem (11) ile ifade edilen deplasman profilidir. Kullanılan deplasman profili yapının sadece 140x20 cm boyutlarında konsol bir perdeden oluştuğu varsayılarak elde edilmiştir. (Dnk11)

$$\Delta_i = \frac{2}{3} \varepsilon_y \frac{h_i^2}{l_w} \left(1.5 - \frac{h_i}{h_n} \right) + \left(\theta_d - \frac{\varepsilon_y h_n}{l_w} \right) \left(h_i - \frac{l_p}{2} \right) \quad (11)$$

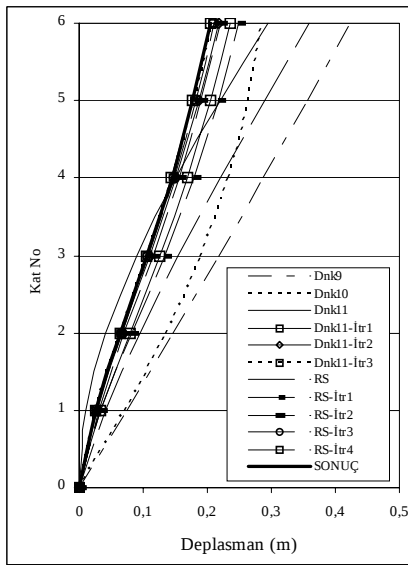
Burada; l_w perdenin kenar uzunluğu, ε_y donatım akma şekil değiştirmesi, l_p perdenin plastik mafsallık uzunluğudur ve denklem (12)'den hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} l_p &= 0.2l_w + 0.03h_n \\ l_p &= 0.054h_n + 0.22f_y d_b \end{aligned} \quad (12)$$

Bu ifadede, f_y donatımın akma dayanımı, d_b ise dizaynda kullanılan donatımın çapıdır.

- Kullanılan dördüncü profil ise bir önceki bölümde birinci iterasyonda kullanılan deplasman profilidir. Bu deplasman profili rasgele seçilmiştir ve Şekil 12'de (RS) olarak verilmiştir.

Farklı başlangıç deplasman profilleri kullanılarak elde edilen yapılan iterasyonlar sonucu elde edilen deplasman profilleri Şekil 12'de verilmiştir



Şekil 12. Farklı başlangıç deplasman profilleri ve iterasyonlarla elde edilen sonuç deplasman profili

Şekil 12'den görülebileceği gibi seçilen farklı başlangıç deplasman profilleri ile yapılan iterasyonlar sonucu deplasman profillerinin hepsi aynı sonuç deplasman profiline yakınsamıştır. Dolayısı ile deplasman profilinin belirlenmesi için seçilen başlangıç deplasman profili sonuç profili değiştirmemektedir.

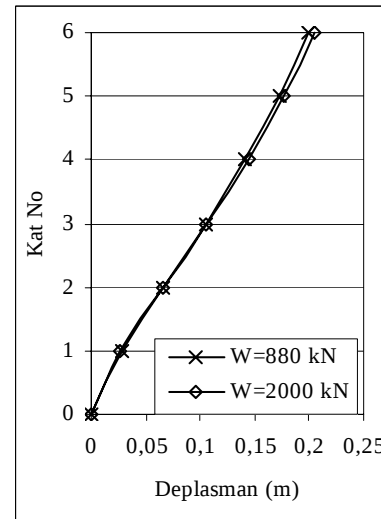
Seçilen farklı deplasman profilleri kullanılarak elde edilen sonuç deplasman profili denklem (13) ile ifade edilebilir.

$$\Delta_i = 11.5 \theta_d \frac{h_i}{h_n^3} (h_i + 7.5) (h_i - 33.7) \quad (13)$$

4. 2. Kat Kütlesinin Deplasman Profiline Etkisi

Şekil 9'da özellikleri verilen altı katlı yapının her bir açıklığının ağırlığı 220kN yerine 500 kN seçilerek deplasman profili tekrar elde edilmiştir. Kütlenin 2.273 kat artması yeni sistemdeki taban kesme kuvvetini de aynı oranda arttırmıştır.

Ancak eşdeğer TSD sistemin deplasmanı dolayısı ile efektif periyodu değişmemiştir. Yeni büyük taban kesme kuvvetinden dolayı sistemdeki dayanım talepleri de 2.273 kat artmıştır. Bu nedenle kesitler büyümüştür. Yapılan LODA sonucu elde edilen ortalama deplasman profili Şekil 13'de verilmiştir

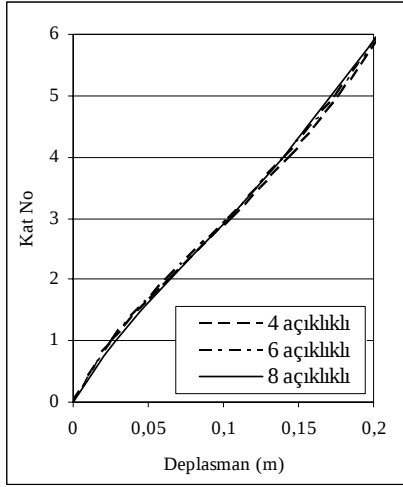


Şekil 13. Farklı kat kütleleri için deplasman profilleri

4. 3. Açıklık Sayısının Deplasman Profiline Etkisi

Açıklık sayısının deplasman profiline etkisini belirlemek için yapılara etkiyen yatay deprem yükünün % 50'sinin sistemin tam orta aksında

bulunan perde tarafından karşılandığı dört, altı ve sekiz açıklıklı perde-çerçeve tipi yapıların deplasman profilleri elde edilmiştir (Şekil 14).

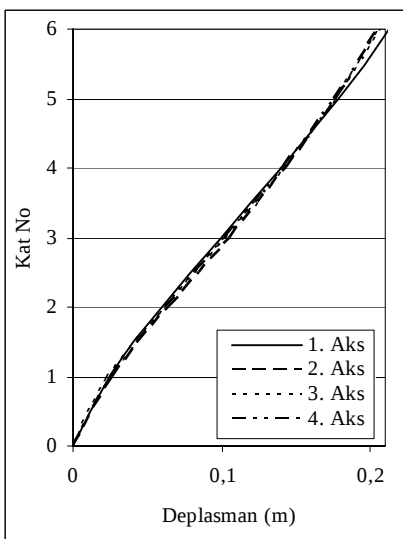


Şekil 14. Altı katlı, dört, altı ve sekiz açıklıklı perde-çerçeve sistemlere ait deplasman profilleri

4. 4. Perdenin Konumunun Deplasman Profiline Etkisi

Tek bir perdenin perde-çerçeve sistemdeki konumun deplasman profiline etkisinin belirlenmesi için perdenin sisteme etkiyen yatay deprem yükünün %50'sini karşıladığı altı katlı altı açıklıklı bir yapı ele alınmıştır. Bu yapıda perdenin konumu değiştirilerek deplasman profilleri elde edilmiştir.

altı katlı yapıda perdenin sırası ile birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü aksta olduğu dört yapı için elde edilen deplasman profilleri Şekil 15'de verilmiştir.



Şekil 15. Farklı perde yerleşiminin perde-çerçeve tipi yapıların deplasman profiline etkisi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, moment aktaran çerçeve tipi yapılar için geliştirilen direkt deplasman esaslı dizayn metodu tek perdeli düzlem perde-çerçeve sistemlerin dizaynı için genişletilmiştir. Perdenin ortada olduğu dört açıklıklı altı katlı, altı açıklıklı altı katlı ve sekiz açıklıklı altı katlı durum ve perdenin konumunun farklı olduğu dört adet altı açıklıklı altı katlı yapı incelenmiştir.

Deplasman profillerinin belirlenmesinde kullanılan iteratif yaklaşım da öncelikle başlangıç deplasman profilinin belirlenmesi gerekmektedir. Altı katlı perde çerçeve tipi yapıda dört farklı başlangıç profilinin sonuç deplasman profiline etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, (a) Priestley (1996) tarafından önerilen çerçeve tipi yapıya ait deplasman profili, (b) yapının 140 x 20 cm boyutlarında konsol bir perdeden oluşması durumuna ait konsol perde deplasman profili, (c) rastgele seçilmiş deplasman profili ve (d) altı katlı çerçeve tipi yapılar için önerilen deplasman profilleri başlangıç profili olarak kullanılmıştır. Bu dört farklı başlangıç deplasman profili ile yapılan iteratif analizlerin tümünde, seçilen başlangıç profilleri sonuç deplasman profiline yakınsamıştır. Dolayısı ile iteratif yaklaşım ile deplasman profilinin elde edilmesinde seçilen başlangıç profilinin önemli olmadığı, sadece iterasyon sayısının değiştiği belirlenmiştir.

Elde edilen sonuç deplasman profiline ait lineer olmayan deplasman fonksiyon göreceli kat ötelemesi, kat yüksekliği ve yapı yüksekliği değişkenlerine bağlı olarak elde edilmiştir.

DDED metodunda yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin kat kütlesi ile orantılı olarak artmasına rağmen, atı katlı yapıda kat kütlelerinin değişiminin deplasman profiline etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Açıklık sayısının deplasman profiline etkisini belirlemek için dört, altı ve sekiz açıklıklı altı katlı yapıya ait deplasman profilleri elde edilmiş ve sonuç deplasman profilinin açıklık sayısı ile değişmediği belirlenmiştir.

Perdenin, perde çerçeve sistemdeki konumunun deplasman profiline etkisini belirlemek için altı katlı altı açıklıklı sistemde perdenin yeri değiştirilerek yapılan analizler sonucunda perdenin konumunun deplasman profiline etkisi olmadığı belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Calvi, G. M. and Kingsley, G. R. 1995. Displacement-Based Design of Multi Degree-of-Freedom Bridge Structures, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 24, 1247.
- Carr, A. J. 1996. RUAUMOKO- Program for Inelastic Dynamic Analysis, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand.
- Carr, A. J. 2001. SIMQKE- A Program Artificial Motion Generation, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand.
- Jonsson, R. 2002. Direct Displacement Based Design of Seismic Moment Resisting Concrete Frames, M.Sc. Thesis, University of Washington.
- Judi, H. J., Davidson, B. J. and Fenwick R. C. 2000. "The Direct Displacement Based Design Method A Damping Perspective", Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 330 New Zealand.
- Kowalsky, M. J., Priestly, M. J. N. and MacRae, G. A. 1994. 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.
- Kowalsky, M. J. 1997. Direct Displacement Based Design: A Seismic Design Methodology And Its Application to Concrete Bridges, Ph.D. Dissertation the University of California, San Diego.
- Kowalsky, M. J. 2001. RC Structural Walls Designed According to UBC And Displacement Based Methods, *Journal of Structural Engineering*, 127, 506.
- Leeding, S., Kowalsky, M. J. and Priestley, M. J. N. 1998. "Direct Displacement Based Design of Reinforced Concrete Building Frames" SSRP-98/08 Structural Systems Research Project, San Diego, La Jolla California.
- Priestley, M. J. N., Ranzo, G. and Benzoni, G. 1996. "Preliminary Development of Direct Displacement Based Design for Multi-Degree of Freedom Systems", Proceedings, of 65th SEAOC Annual Conference, Hawaii.
- Priestly, M. J. N. and Calvi, G. M. 1997. "Concepts And Procedures For Direct Displacement Based Design and Assessment", *Seismic Design Methodologies For The Next Generation of Codes*, eds. Fajfar, P. and Krawinkler, H. Rotterdam, Balkema (1997).
- Priestley, M. J. N. 2000. "Performance Based Seismic Design", Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 2381 New Zealand.
- Priestley, M. J. N. 2003. *Myths And Fallacies In Earthquake Engineering, Revisited, The Mallet Milne Lecture*, IUSS Press, Pavia.
- RAM Perform2D 2003. RAM International, Perform is a trademark of Graham H. Powell Inc
- SEAOC Blue Book. 1999. Recommended Lateral Force Requirement And Commentary, 7th Ed.
- Sullivan, T. 2002. The Current Limitations of Displacement Based Design, M.Sc. Thesis, European School of Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk, Pavia.
- Vanmarcke, E. H. 1976. SIMQKE A Program For Artificial Motion Generation, User's Manual And Documentation, Dept. Of Civil Engineering, MIT, Cambridge, MA
- Yavaş, A. 2004. Betonarme Yapıların Deplasman Esaslı Sismik Dizaynı, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi