

YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞINDA ETKİSİ

*Armağan KORKMAZ**

*Taner UÇAR**

Özet: Çalışmada Türkiye’de oldukça sık görülen yumuşak kat düzensizliğinin betonarme yapıların deprem davranışına etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında alt kat kolonlarının daha yüksek olduğu ve dolgu duvarların mevcut olduğu betonarme yapıların deprem davranışındaki değişiklikler incelenmiştir. Bu amaçla, dolgu duvarların yapının tüm katlarında bulunduğu düzenli ve sadece alt katta bulunmadığı düzensiz yapıların da analizleri yapılarak, deprem davranışına etkileri incelenmeye çalışılmıştır ve de alt kat yüksekliklerinin farklı olduğu yapılar ele alınmıştır. Doğrusal olmayan statik itme analizleri yapılarak yapıların kapasite eğrileri, kat yatay yer değiştirmeleri, görelî kat ötelemeleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre yapıların deprem davranışlarındaki değişiklikler yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme yapılarda düzensizlikler, Dolgu duvarlı yapılar, Doğrusal olmayan statik itme analizi.

Effects of Soft Story Irregularity to Earthquake Behavior of R/C Structures

Abstract: In this study, structures with soft story are considered for determination of earthquake behavior which is also common for Turkey. Effects of relatively longer first story columns and infill walls for structural behavior are considered. For this reason, these kinds of structures with infill walls in all, and in all but not first story are analyzed and irregularities are taken into consideration. Nonlinear analyses are realized to sketch the pushover curves for selected structures. According to the pushover curves, story displacements, relative story displacements are determined. Regarding with the analysis results, the effects of irregularities are determined in the structural behavior under earthquake.

Keywords: Structural irregularities in RC structures, Structures with infill walls, Non-linear pushover analysis.

1. GİRİŞ

Yapıların deprem davranışlarının belirlenmesi, deprem mühendisliği alanında günümüzde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yapıların doğrusal olmayan statik ve dinamik analizleri için birçok yöntem geliştirilmiştir ve halen bu alandaki çalışmalar hızla sürdürülmektedir (Atımtay, 2000). Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin genel amacı belirli bir deprem yükü seviyesi için yapıdan istenen deprem davranışının gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin kontrolüdür. Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeniyle, tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken yapılar düzensiz yapılar olarak tanımlanmaktadır. Düzensizlikler nedeniyle olumsuzluklar ağır hasara, hatta göçmeye neden olabilir. ABYYHY (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) 1998’de düzensizlikler “Planda Düzensizlik Durumları” ve “Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları” olmak üzere iki ana başlık halinde toplanmaktadır. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları ABYYHY 1998’de, yumuşak kat, zayıf kat, Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği şeklinde tanımlanmıştır (ABYYHY, 1998).

Bu çalışmada, mevcut yapı tiplerinde ülkemizde de sıkça karşılaşılan düşey doğrultudaki düzensizlik durumlarından “Komşu Katlar Arasında Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)” etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca yapıların giriş katlarında giriş kat kolon boylarının sonraki kat kolon boylarına göre daha fazla olması durumu karşımıza sıklıkla çıkmaktadır. Hatta birçok yapıda yumuşak kat etkisi de birlikte görülebilmektedir. Yapıdaki yatay yük dağılımının dengelenmesi esnasında, taşıyıcı sistem ile birlikte çalışan dolgu duvarlarının herhangi bir katta kaldırılması durumunda, yapıda ani rijitlik değişimi meydana gelmektedir.

* Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kaynaklar, İzmir.

2. TÜRKİYE’DE DEPREM OLGUSU VE YAPISAL HASARLAR

Türkiye, yapılarının %95 deprem riski altında olan bir ülkedir. Mevcut yapı stokunun çok büyük bir kısmı da yıkılma tehlikesi altındadır. Mevcut yapı stokunun ne durumda olduğu yaşanan depremlerde ortaya çıkmıştır. Son olarak 17 Ağustos 1999 tarihinde, Kuzey Anadolu Fay Hattının Adapazarı, Kocaeli, Gölcük segmenti üzerinde, Richter ölçeğine göre $M_s=7.4$ büyüklüğündeki depremde meydana gelen hasar çok büyük düzeydedir. 17 Ağustos depremi, Marmara Bölgesinin tamamını ve Kuzey Anadolu Fay Hattının doğu yönündeki uzantısında yer alan Düzce ve Bolu gibi şehirleri etkilemiştir.

17 Ağustos depreminin Türkiye’de endüstrinin ve şehirleşmenin en yoğun olduğu Marmara Bölgesinde meydana gelmiş olması, can kaybının ve hasarın da çok büyük olmasına sebep olmuştur. 17 Ağustos 1999 depremi, İstanbul’un Avcılar, Küçükçekmece, Tuzla ilçeleri ile İzmit, Adapazarı, Gölcük, Yalova, Düzce ve Bolu şehirlerinde 30000’in üzerinde can kaybına ve oldukça büyük maddi hasara yol açmıştır. Deprem nedeniyle bölgede bulunan kamuya ve özel sektöre ait yapılarda büyük hasarlar meydana gelmiştir. Bu hasarların oluşma nedenleri detaylı olarak incelendiğinde yapı stokunun ne denli kötü durumda olduğu ortaya çıkmıştır. Mevcut yapı stokunda yapısal düzensizliklerin mevcut olması depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından oldukça önemlidir. Yapıların depreme karşı dayanıklılığı yapının deprem sırasında göstereceği performans ile ifadelendirilmektedir. Yapıların deprem davranışlarının iyi olabilmesi yapının az düzensizliği olduğu ile doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple yapılarda düzensizlik durumu deprem açısından olumsuz bir durumdur. Bu olumsuz durumlar ABYYHY 1998’de yapısal düzensizlikler olarak tanımlanmıştır (ABYYHY, 1998). Bu düzensizlikler içinde yumuşak kat düzensizliği oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yumuşak kat düzensizliği mevcut yapılarda katlar arası rijitlik farklılığından oluşmaktadır. Ülkemizde genellikle yapıların ilk katlarında görülen yumuşak kat düzensizliği, deprem sırasında bu yapıların bu düzensizliğin görüldüğü yerde kırılma meydana gelmesini sağlamaktadır. Bununla ilgili bir örnek şekil 1’de verilmiştir.

3. DÜZENSİZ YAPI TİPLERİ

Ülkemizde mevcut yapı stokunun kötü olduğu ve yapısal düzensizliklerin olası depremler için tehlike arz ettiği bilinmektedir. Yapısal düzensizliklerin bulunduğu çok sayıda yapının genellikle yüksek katlı yapı olması da önemli bir noktadır. Şekil 1’de ülkemizden örnek yapı tipleri verilmektedir. Böylesi yapısal düzensizliklerin olası bir deprem durumunda meydana getirebileceği sorunların önceden belirlenmesinin oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Yapısal düzensizliklerin deprem sırasında oluşturacağı etkilerin önceden bilinmesi, yapısal davranışın tahmini açısından gereklidir. Yapısal düzensizliğe sahip dolgunsuz binaların veya dolgu duvarların taşıma kapasitelerinin de göz önüne alındığı binaların deprem güvenlelerinin gerçekçi olarak belirlenmesi, ancak doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile mümkün olabilmektedir (Atımtay, 2000, 2001).



Şekil.1.

Mevcut Yapılarda Görülen Düzensizlik Örnekleri

4. ANALİZLER İÇİN SEÇİLEN BETONARME YAPI TİPLERİ

Yapısal düzensizliklerden yumuşak kat düzensizliği bu çalışmada irdeleme konusu olmuştur. Bu sebeple yumuşak kat ile ilgili çalışmaları gerçekleştirmek için 10 katlı betonarme bir çerçeve yapı ele alınmış ve ele alınan bu 10 katlı betonarme çerçeve yapı TS500 ve ABYYHY 1998'e göre boyutlandırılmıştır (TS 500, 2000, ABYYHY, 1998). Çalışmada esas alınan beton sınıfı C20, çelik sınıfı ise S420'dir. Yapı birinci derece deprem bölgesinde (etkin yer ivmesi katsayısı $A_0=0.40$) olup, yapı önem katsayısı $I=1.0$ olarak alınmıştır. 10 katlı çerçeve süneklik düzeyi yüksek (taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$) olarak tasarlanmıştır. Zemin sınıfı olarak Z3 zemin sınıfı alınmıştır. Ayrıca boyutlandırmada, tüm kirişler üzerinde $g=7.83$ kN/m ölü yük, $q=2.67$ kN/m hareketli yük dikkate alınmıştır. Modal analiz sonucu 10 katlı çerçevenin elastik birinci doğal titreşim periyodu $T_1=0.70s$ olarak hesaplanmıştır. İlk yedi kata ait kolon en kesit boyutları 600x600 mm, son üç kata ait kolon en kesit boyutları ise 500x500 mm, kiriş en kesit boyutları 300x600 mm olarak alınmıştır. Çalışmada dolgu duvarlarının kat kütlelerine etkisi dikkate alınmamıştır. Çalışmada ele alınan çerçevelerin özellikleri şu şekildedir:

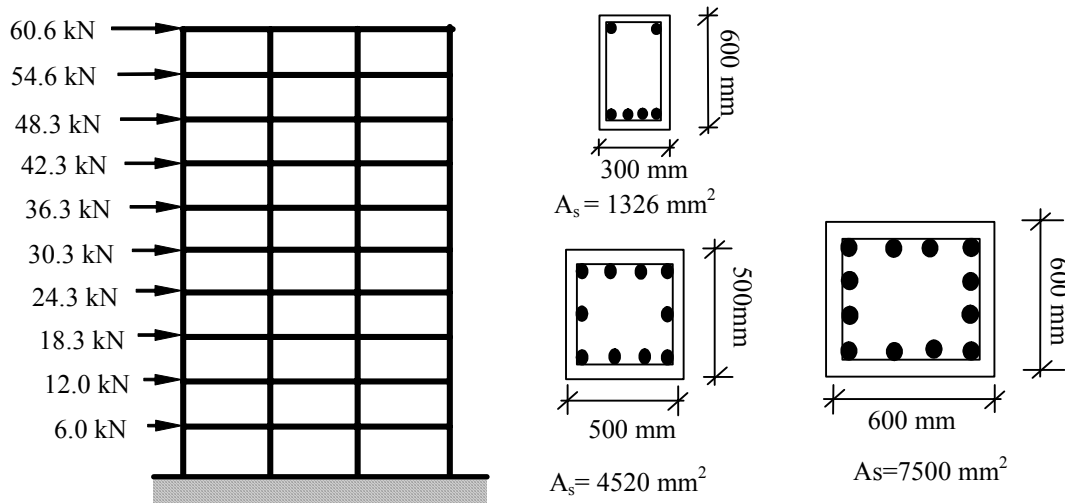
1. Tip 1 olarak adlandırılan 10 katlı çerçevede, yapısal düzensizlik bulunmamakta sadece dolgu duvarı etkisi dikkate alınmıştır.

2. Tip 2 olarak adlandırılan 10 katlı çerçevede ise dolgu duvar etkisi ile birlikte ilk kat kolon yükseklikleri diğer kat kolon yüksekliklerine göre daha fazla alınmıştır.

3. Tip 3 olarak adlandırılan 10 katlı çerçevede, yumuşak kat etkisi bulunmaktadır.

4. Tip 4 olarak adlandırılan 10 katlı çerçevede yumuşak kat ve ilk kat kolon yükseklikleri diğer kat kolon yüksekliklerine göre daha fazla alınmıştır.

Şekil 2'de, seçilen örnek çerçeve binanın şematik gösterimi verilmiştir. Buna göre yukarıda kısaca açıklanan çerçeve tiplerine ait şematik gösterimleri sırasıyla Şekil 3'de gösterilmektedir.

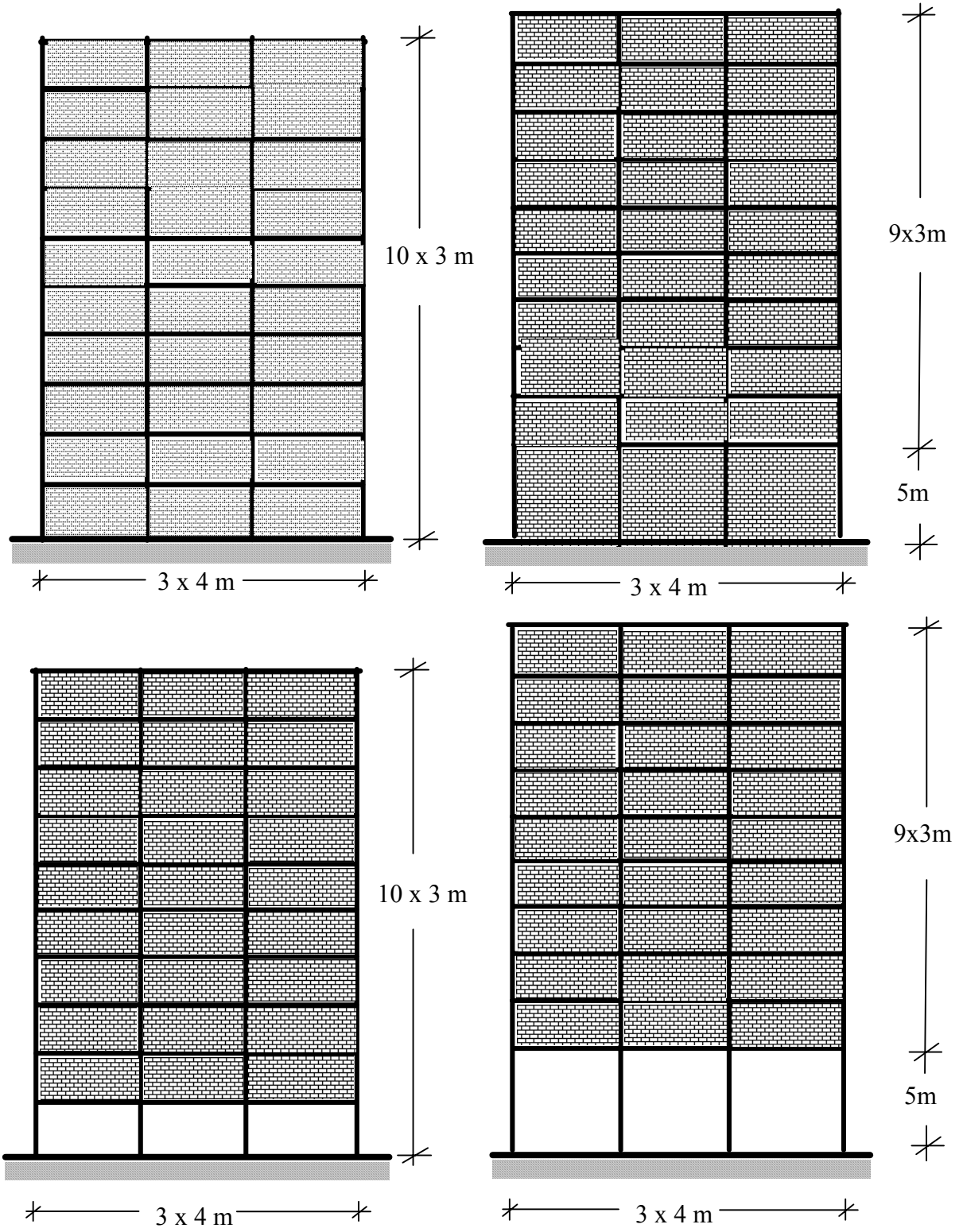


Şekil.2.

Seçilen Örnek Çerçeve Yapının ve Kesitlerinin Şematik Gösterimi

5. DOĞRUSAL OLMAYAN YAPISAL ANALİZ

Doğrusal olmayan yapısal analiz yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde kullanılan ve yapının elastik ötesi davranışını belirlemede kullanılan analiz yöntemidir. Bu analiz yöntemi günümüzde karşımıza en çok iki şekilde çıkmaktadır. Bunlar doğrusal olmayan statik analiz ve doğrusal olmayan dinamik zaman tanım alanında analizdir (FEMA, 2000). Bu analizlerden doğrusal olmayan dinamik zaman tanım alanında analizler en çok güvenilen analizlerdir. Ancak bu analizlerin karmaşıklığı ve zaman alıcılığı, doğrusal olmayan statik itme analizlerinin kullanılmasına sebep olmaktadır. Hatta FEMA ve ATC'de doğrusal olmayan statik itme analizlerinin kullanılması desteklenmekte ve bu analizlerle yapısal davranışın belirlenmesi için yöntemler verilmektedir (ATC 40, 1996, FEMA 356, 2000). Dolayısıyla bu çalışma kapsamında yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde doğrusal olmayan statik itme analizi kullanılmıştır. Analizlerde Sap 2000 analiz programı kullanılmıştır (Wilson, Habibullah, 1998).



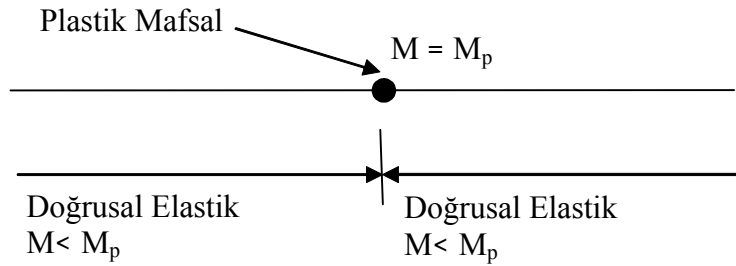
Şekil 3.
Düzensizlik Durumları İçin Analizlerde Kullanılan Örnek Çerçeve Tipleri

Yapıların doğrusal hesap yöntemleri ile yapılan analizlerinde birinci merteye doğrusal elastik teori geçerlidir. Yapı malzemesinin doğrusal elastik davrandığı ve yer değiştirmelerin küçük olduğu kabulleri geçerli olmaktadır. Doğrusal analiz yöntemleri ile yapılan hesaplar sonucu, göçmeye karşı sabit bir güvenlik sağlanamazken, elastik sınır ötesindeki taşıma kapasitesinden de faydalanılamaz. Doğrusal analiz yöntemleri, yapı sistemlerinin elastik kapasiteleri ve ilk akma bölgesi hakkında iyi sonuçlar vermekle birlikte, yapının göçme mekanizmasının doğrusal analiz yöntemleri ile belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Doğrusal olmayan statik itme analizi temel olarak, yapının yatay kuvvetler altındaki dayanımını ifade eden

yatay kuvvet-yer değiştirme ilişkisinin, malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesine ve bunun değerlendirilmesine dayanmaktadır. Yapıda düşey yükler bulunurken, deprem yüklerini temsil eden yatay yükler de aralarındaki oran sabit kalacak şekilde arttırılmaktadır (İrtem, Turker, 2002). Yapıların yatay yük taşıma kapasitelerinin göstergesi olan kapasite eğrilerini elde edebilmek amacıyla, çalışmada ele alınan çerçeveler sabit düşey yükler ve aralarındaki oran sabit kalacak şekilde arttırılan deprem yükleri altında, malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan teoriye (ikinci mertbe elasto-plastik teori) göre analiz edilmiştir. Böylelikle her bir ereve tipine ait kapasite eğrileri elde edilmiştir. Doğrusal olmayan statik itme analizleri şekil 3’de görülen dört adet betonarme ereve bina üzerinde yapılmıştır. Bu binaların matematik modelleri oluşturularak ABYHY’1998 ve TS500’e göre boyutlandırılmıştır (TS 500, 2000, ABYHY, 1998).

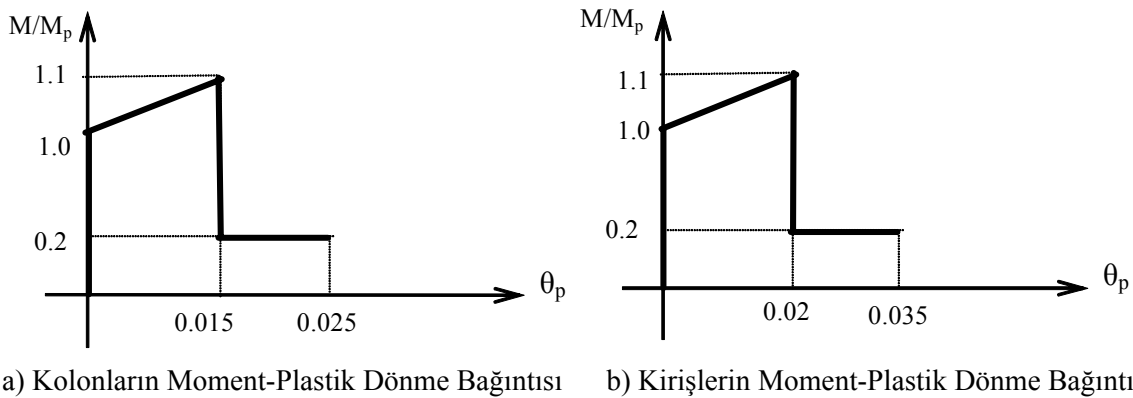
6. YAPILARIN MODELLENMESİNDE VE ANALİZLERDE YAPILAN KABULLER

Yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analizlerinde yapılan zmler belirli kabuller altında geçerlidir. Deprem mühendisliği alanında yapılan çalışmalarda yapılan kabullerin önemi çok büyüktür. Bu çalışmada da modellemede ve analizlerde belirli kabuller yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yapılmış olan kabuller altında geçerlidir. Çalışmada yapılmış olan kabuller şu şekilde sıralanabilir; çalışmada, malzemenin doğrusal olmayan davranışını dikkate almak üzere plastik mafsal hipotezi kullanılmıştır. Buna göre, plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal elastik davranış gösterdiği kabul yapılmıştır. Tek eksenli eğilme etkisindeki elemanlarda (kirişlerde) bu kabul şematik olarak şekil 4’de gösterilmiştir. Ayrıca ikinci mertbe elasto-plastik teoriye göre hesap yapıldığı için geometri değişiminin denge denklemlerine etkisi de göz önüne alınmıştır.



şekil 4.
Çubukta oluşan Plastik Mafsalın şematik Gösterimi

Plastikleşmenin kirişlerde tek eksenli eğilme momenti etkisiyle, kolonlarda ise iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşiminden meydana geldiği kabul edilmiştir. Elemanlara ait moment-plastik dönme bağıntısı pekleşen-rijit-plastik olarak kabul edilmiştir. Bu bağıntıya ait plastik moment (M_p) ve maksimum plastik dönme (θ_p) değerleri için ATC 40’daki verilerden yararlanılmıştır (ATC, 1996). şekil 5’de kiriş ve kolon elemanlara ait moment-plastik dönme bağıntıları gösterilmiştir (Li, 1996).



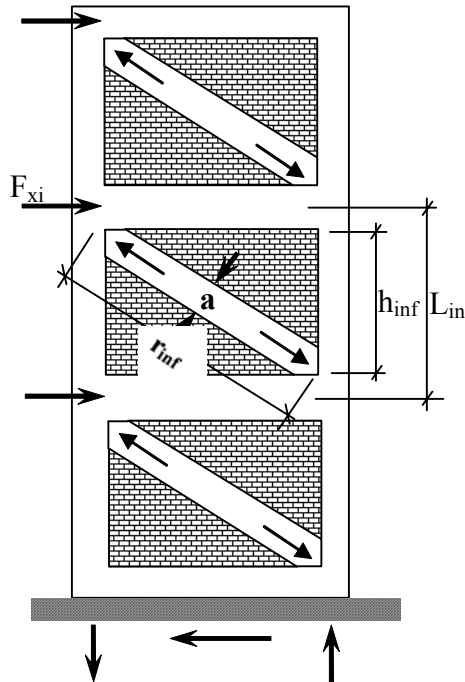
şekil 5.
Kolon ve Kirişlerin Moment-Plastik Dönme $M/M_p - \theta_p$ Bağıntıları

Kolon ve kiriş elemanlara ait çatlamış kesit rijitlikleri için FEMA 356’da önerilen değerler kullanılmıştır. Tablo 1’de kolon ve kirişler için çatlamış kesit rijitlikleri verilmiştir (FEMA356, 2000). Çalışmada kullanılan rijitlik değerleri buna göre alınmıştır.

Tablo 1.
Kiriş, Kolon Elemanlara Ait Çatlamış Kesit Rijitlikleri (FEMA 356, 2000)

Eleman Tipi	Eğilme Rijitliği	Kayma Rijitliği	Eksenel Rijitliği
Kirişler	$0,5E_{clg}$	$0,4E_{cAw}$	— — —
Tasarım düşey yüklerinden dolayı eksenel basınç kuvveti $\geq 0,5A_g f_{ck}$ olan kolonlar	$0,7E_{clg}$	$0,4E_{cAw}$	$E_c A_g$
Tasarım düşey yüklerinden dolayı eksenel basınç kuvveti $< 0,3A_g f_{ck}$ olan veya eksenel kuvveti çekme olan kolonlar	$0,5E_{clg}$	$0,4E_{cAw}$	$E_s A_s$
Perdeler – Çatlamamış	$0,8E_{clg}$	$0,4E_{cAw}$	$E_c A_g$
Perdele- Çatlamış	$0,5E_{clg}$	$0,4E_{cAw}$	$E_c A_g$

Betonarme yapılarda dolgu duvarlar, yapı davranışını önemli oranda etkileyen elemanlardır. Yapıların yatay yükler altında analizlerinde dolgu duvarların yapının yatay yük taşıma kapasitesine, sünekliğine katkısı dikkate alınmamaktadır. Genellikle kiriş elemanlar üzerinde ölü yükler analizlere dâhil edilmektedir (Madan, 1997). Bunun en önemli nedeni, yapıların yatay yükler altında analizinde dolgu duvar etkisini tam olarak yansıtabilecek bir modelin tam olarak kabul görmemiş olmasıdır. Yapısal davranışı tam olarak yansıtmamakla birlikte betonarme yapıların hesaplarında dikkate alınmak üzere dolgu duvarlar kırılma davranışlarına bağlı olarak çeşitli şekillerde modellenmektedir (Klinger, Bertero, 1978). Dolgu duvarların kırılma davranışları malzeme (tuğla, harç gibi) özelliklerine, mimari gereksinimlere bağlı olarak ortaya çıkan boşluklara (kapı, pencere boşluğu gibi) ve çerçevenin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (İrtem, Turker, Hasgöl, 2005). Çalışmada literatürde de kabul gören “dolgu duvarların iki ucu mafsallı eşdeğer diyagonal basınç çubukları olarak” modellenmesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6’da gösterilen eşdeğer basınç çubuklarının genişliği (a), FEMA 356’da verilen aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır:

$$a = 0,175(\lambda_1 h_{col})^{-0,4} r_{inf} \quad (1)$$

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right] \quad (2)$$

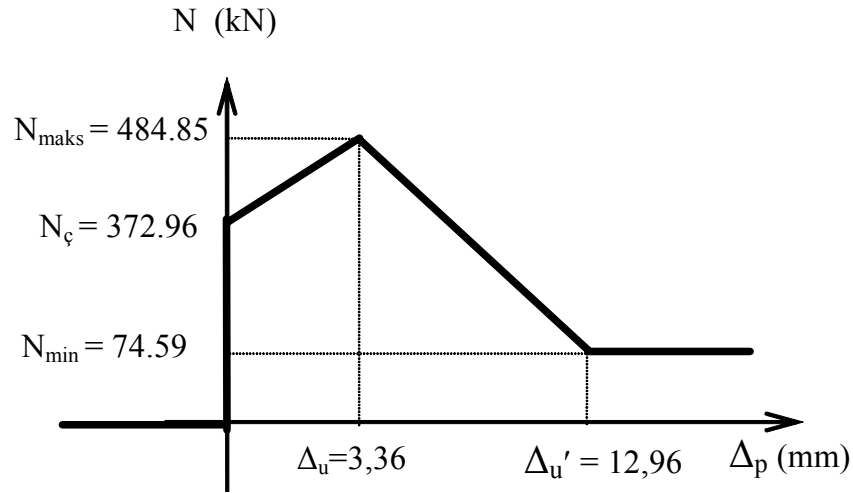
Şekil 6.

Dolgu Duvarların Modellenmesinde Eşdeğer Basınç Çubuğu Analojisi

Bu iki bağıntıda; h_{col} = kolon yüksekliği (kat yüksekliği), h_{inf} = dolgu duvar yüksekliği, E_{fe} = çerçeve malzemesinin elastisite modülü, E_{me} = dolgu duvar malzemesinin elastisite modülü, I_{col} = kolonların

atalet momenti, L_{inf} = dolgu duvar uzunluğu (açıklığı), r_{inf} = dolgu duvarın diyagonal uzunluğu, t_{inf} = dolgu duvarın kalınlığı, λ_1 = basınç çubuğunun eşdeğer genişliğini hesaplamada kullanılan katsayı, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h_{inf}}{L_{inf}}\right)$ (eşdeğer diyagonal basınç çubuğunun yatayla yaptığı açı) olarak tanımlanmaktadır.

Dolgu duvarları temsil eden eşdeğer basınç çubuklarının Şekil 7’de verilmiş olan aksel kuvvet-plastik kısılma ($N-\Delta_p$) bağıntısı, Türkiye için gerçekleştirilmiş olan bir doktora çalışmasından alınmıştır (Hanoğlu, 2002). Yapılan analizlerde dolgu duvar malzemesi olarak boşluklu tuğla kullanılmış ve dolgu duvara ait elastisite modülü 6000 MPa olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca dolgu duvarların boşluksuz olduğu kabul edilmiş, çekme dayanımı ve çerçeve elemanları (kolon, kiriş) ile olan temas yüzeylerinde sürtünme ihmal edilmiştir.

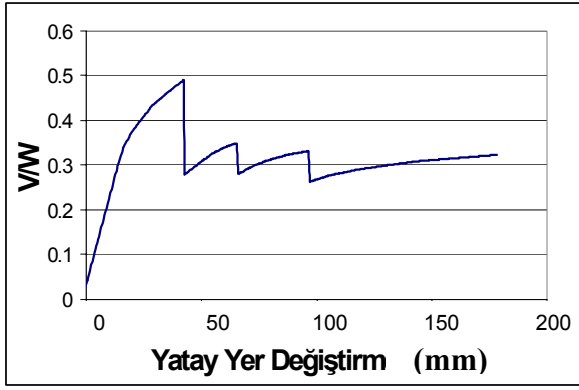


Çatlama dayanımı $N_{\phi}=372,96$ kN N_{max} için plastik kısılma $\Delta u=3,36$ mm
 Max basınç dayanımı = 484,85 kN N_{min} için plastik kısılma $\Delta u'=12,96$ mm
 Min basınç dayanımı = 74,59 kN

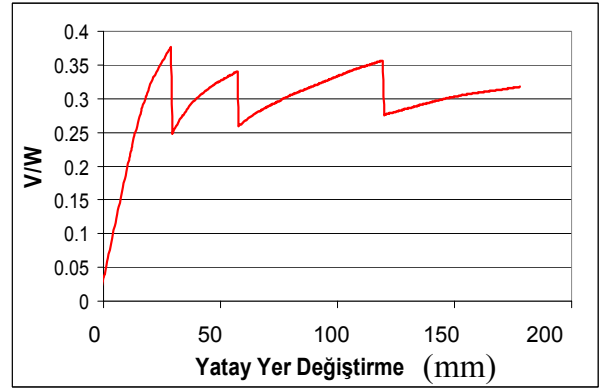
Şekil 7.

Dolgu Duvarı Temsil Eden İki Ucu Mafsallı Çubuğun $N-\Delta_p$ Bağıntısı

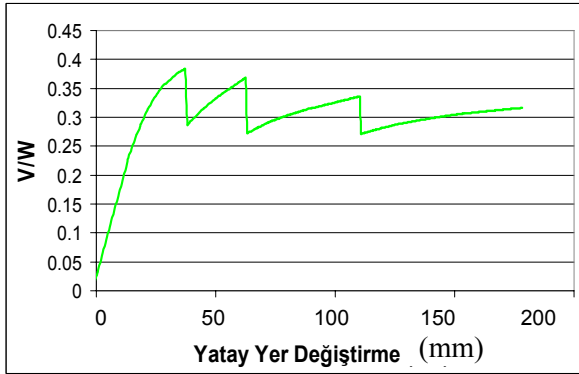
Deprem yüklerini temsil etmek üzere, ABYYHY 1998’e göre hesaplanan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır (ABYYHY, 1998). Ele alınan çerçevelere ait kapasite eğrilerinin elde edilmesinde SAP2000 Yapı Analiz Programı kullanılmıştır (Wilson, Habibullah, 1998). Şekil 8’de statik itme analizi sonuçları taban kesme kuvvetinin, toplam yapı ağırlığına oranını temsil eden V/W ’a karşı yatay yer değiştirme ifadesiyle grafikler halinde ayrı ayrı ve birlikte verilmiştir. Eğrilerin eğimlerindeki ilk değişimler, yapısal sistemdeki akma noktalarını göstermektedir. Çalışmada gerçekleştirilen analizlerde kiriş ve kolonların kesme dayanımları kontrol edilmiş ve kesme dayanımlarının sağlandığı belirlenmiştir. Şekil 9’da örnek çerçeve yapıların yatay yer değiştirme değerleri, Şekil 10’da görel kat ötelemeleri gösterilmiştir. Şekil 10’da elde edilen görel kat ötelemelerinde 5. kattan yukarı katlarda meydana gelen görel kat ötelemeleri alt katlara göre çok azdır. Özellikle yapılan değişiklik nedeni ile (kat yüksekliğinin artırılması ve dolgu duvarın dikkate alınmaması) görel kat ötelemeleri giriş katında büyük değerler almaktadır. 5. kat üstü görel kat ötelemeleri Şekil 10’da çok küçük olarak görülmektedir.



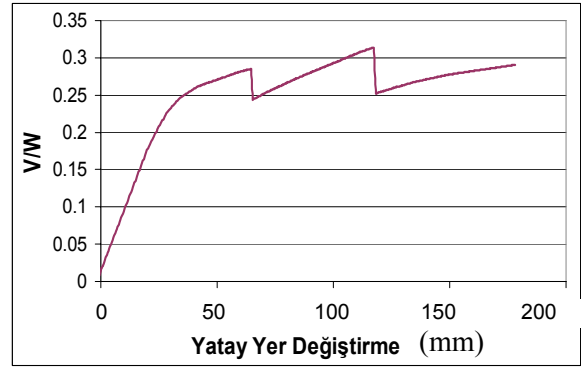
a) Çerçeve Tip 1



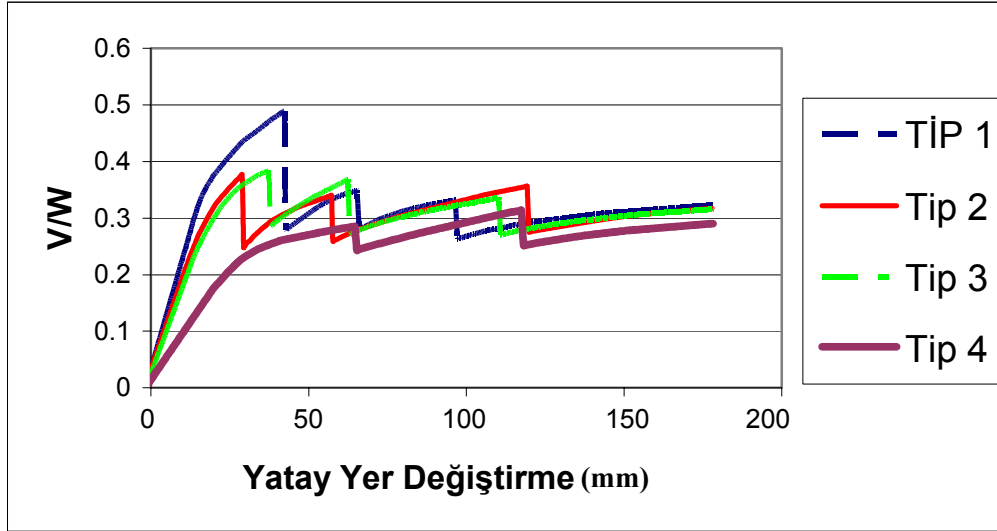
b) Çerçeve Tip 2



c) Çerçeve Tip 3

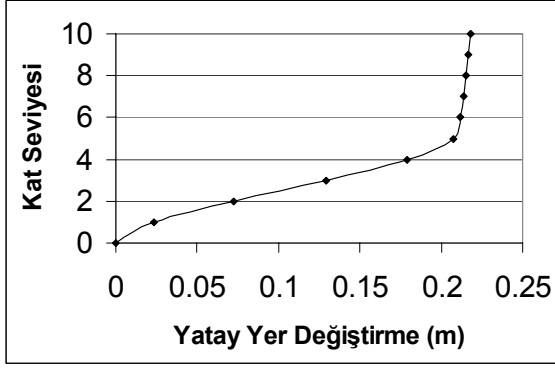


d) Çerçeve Tip 4

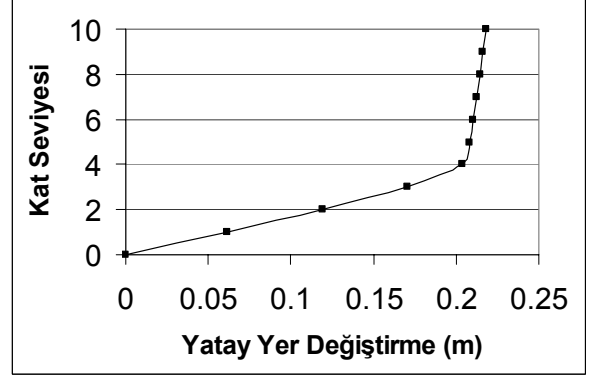


Şekil 8.

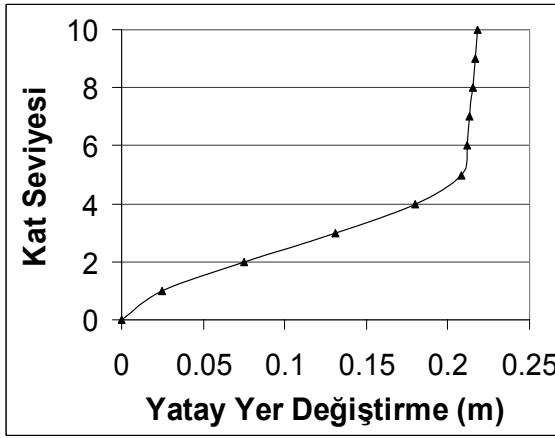
Örnek Çerçeve Yapıların Düzensizlik Durumları İçin Statik İtme (Taban Kesme Kuvvetinin Toplam Yapı Ağırlığına Oranını Temsil Eden V/W 'a Karşı Yatay Yer Değiştirme) Eğrileri



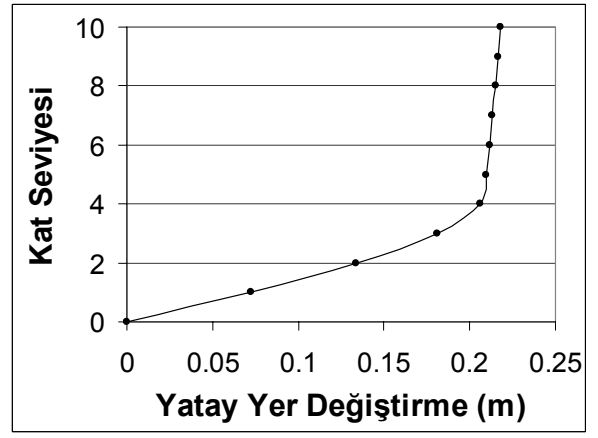
a) Çerçeve Tip 1 İçin Yatay Yer Değiştirmeler



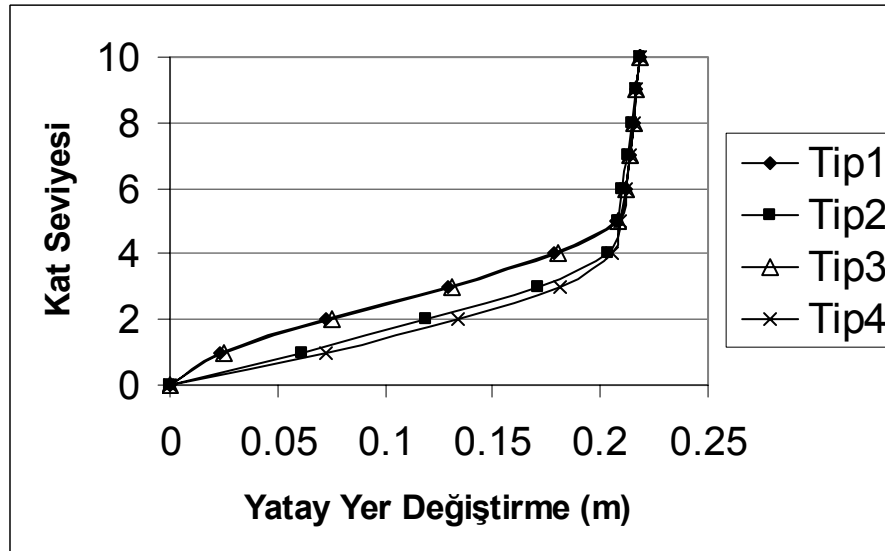
b) Çerçeve Tip 2 İçin Yatay Yer Değiştirmeler



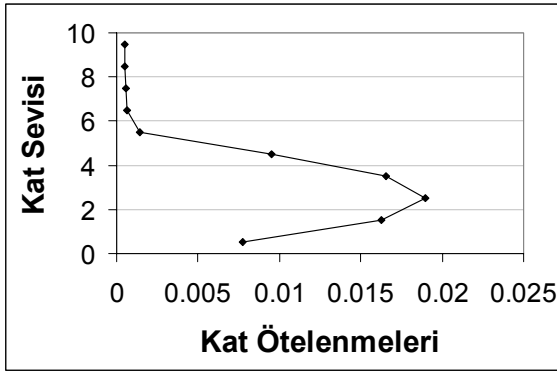
c) Çerçeve Tip 3 İçin Yatay Yer Değiştirmeler



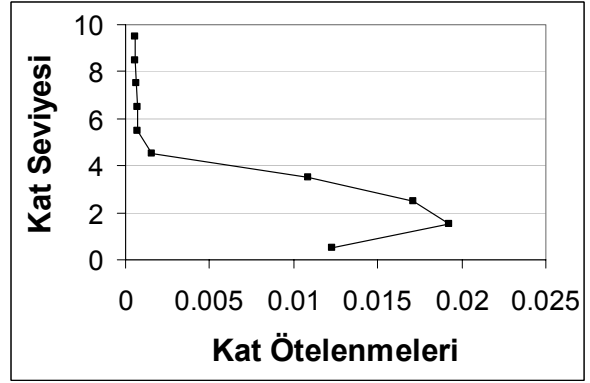
d) Çerçeve Tip 4 İçin Yatay Yer Değiştirmeler



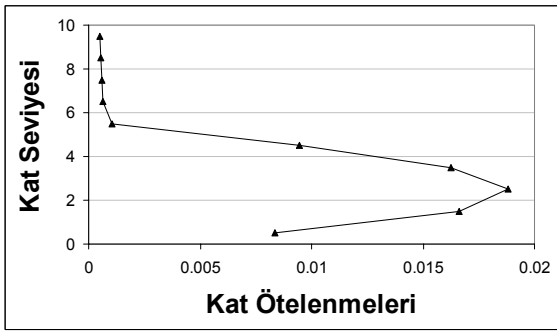
Şekil 9.
Örnek Çerçeve Yapıların Yatay Yer Değiştirmeleri



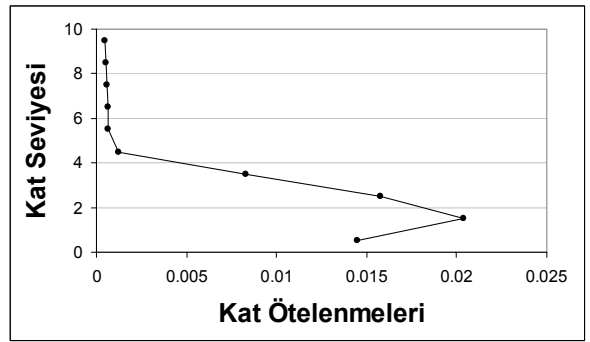
a) Çerçeve Tip 1 İçin Kat Ötelenmeleri



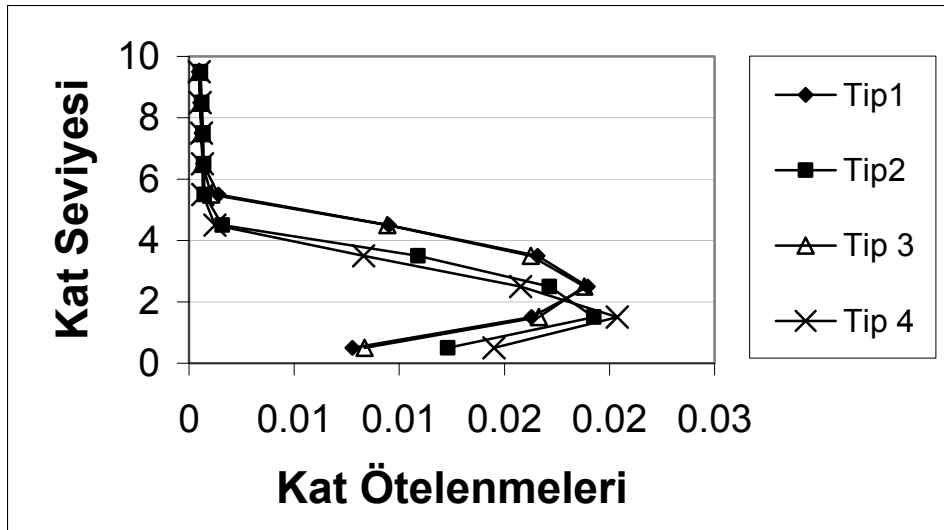
b) Çerçeve Tip 2 İçin Kat Ötelenmeleri



c) Çerçeve Tip 3 İçin Kat Ötelenmeleri



d) Çerçeve Tip 4 İçin Kat Ötelenmeleri



Şekil 10.
Örnek Çerçeve Yapıların Görelî Kat Ötelenmeleri

Tablo 2.
İncelenen Çerçevelerde Meydana Gelen V_T , δ_{maks} , θ_p ve $\theta_{p,max}$ Değerleri

Çerçeve Tipi	Kolonlarda İlk Plastik Kesit Oluştuğu Andaki			Yapının Kapasitesine Ulaştığı Andaki		
	Taban Kesme Kuvveti V_T (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi δ_{maks} (m)	Plastik Dönme Değeri θ_p (rad)	Taban Kesme Kuvveti V_T (kN)	Tepe Yer Değiştirmesi δ_{maks} (m)	Plastik Dönme Değeri $\theta_{p,max}$ (rad)
1	1122.136	0.0391	0.000058	841.1353	0.1976	0.000252
2	991.028	0.0212	0.000062	783.2428	0.1855	0.001045
3	704.019	0.0138	0.000075	825.0990	0.2116	0.002495
4	528.907	0.0198	0.000076	725.5071	0.2091	0.004112

7. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında düzensizlik içeren yapı sistemleri ele alınarak doğrusal olmayan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu şekilde yapısal düzensizlik etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Literatürde kullanılan dolgu duvar modellemesi dikkate alınmış ve dolgu duvarların yapısal davranışa olan etkileri araştırılmıştır. Örnek olarak dört adet üç açıklıklı betonarme çerçeve yapı sistemi ele alınarak TS 500 ve ABYYHY 1998'e göre boyutlandırılmış ve doğrusal olmayan statik itme analizi yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlarla dolgu duvarların yapının deprem davranışa etkisi detaylı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada incelenen örnek betonarme binanın dört farklı çerçeve tipi için yapılan doğrusal olmayan statik itme analizleri sonuçlarından elde edilen sonuçlar şekiller üzerinde verilmiştir. Şekil 8'de, her yapı için ayrı ayrı ve birlikte olarak kapasite eğrisi olarak da adlandırılan statik itme eğrileri gösterilmiştir. Şekil 9'da kat yatay yer değiştirme değerleri, görel kat ötelemeleri ise Şekil 10'da verilmiştir. Tablo 2'de ise kolonlarda ilk plastik kesit oluştuğu andaki ve yapının kapasitesine ulaştığı durumdaki taban kesme kuvvetleri, tepe noktası yer değiştirme değerleri ve en büyük plastik dönme değerleri verilmiştir.

Doğrusal olmayan statik itme analizi sonuçları, dolgu duvarların yapısal davranış üzerinde çok önemli etkisinin olduğu göstermektedir. Kapasite eğrileri incelendiğinde dolgu duvarların dikkate alınması durumunda testere dişi olarak adlandırılan zigzagların meydana geldiği görülmektedir. Ancak bu zigzaglarda ilk kırılmanın olduğu andan itibaren analiz sonuçlarının güvenilirliğini yitirdiğini vurgulamak gereklidir.

Şekil 8 incelenecek olursa, zigzaglardaki ilk kırılma noktalarına kadar yapısal kapasitenin Tip 1'de diğer çerçevelere göre oldukça fazla olduğu görülmektedir. En düşük kapasitenin ise Tip 4'de olduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında doğrusal olmayan statik itme analizleri (pushover analizi) gerçekleştirilen çerçeve yapıların Şekil 9'da verilen yatay yer değiştirme değerleri incelendiğinde, alt kat yüksekliğinin diğer katlara göre daha fazla olması durumunda özellikle bu değişikliğin yapıldığı katta (birinci kat) yatay yer değiştirmeler artmaktadır. Kat yüksekliğinin artırılmasıyla birlikte dolgu duvarın da çerçevede yer almaması durumunda (Tip 4) ise yatay yer değiştirmeler yine birinci katta daha da belirgin bir şekilde artmaktadır. Buna bağlı olarak zorlamaların arttığı bu katta görel kat ötelemeleri de diğer katların görel ötelenme miktarlarına göre büyük değerler almaktadır (Şekil 10).

Ele alınan dört tip çerçeve için, en alt katta dolgu duvarların olmadığı veya değişik nedenlerle yapının kullanımı sırasında kaldırıldığı tip çerçevelerde (Tip3-4), analiz sonuçlarının olumsuz yönde değiştiği görülmektedir. Plastik dönme değerleri Tip 1-2' e göre Tip 3-4'de önemli oranda artmaktadır. Tüm yapıda kat yüksekliklerinin eşit olduğu durum ile en alt kat yüksekliğinin üst katlara göre fazla olduğu duruma ait Tablo 2'deki statik itme analizi sonuçları incelenecek olursa, Tip 2'nin Tip 1'e, Tip 4'ün Tip 3'e göre deprem davranışının beklenildiği gibi daha olumsuz tarafta olduğu görülmektedir. Alt kat yüksekliğinin fazla olduğu durumda taban kesme kuvveti önemli oranda azalmakta, yani daha küçük deprem yüklerinde sistemde plastik kesitler oluşmakta ve yapının karşılayabildiği deprem yükü değeri (yapının sismik kapasitesi) azalmaktadır.

Dolgu duvarlı çerçeve davranışında olması beklenildiği gibi ilk plastik kesitler dolgu duvarlar üzerinde meydana gelmektedir. Tablo 2'den görüldüğü üzere tüm katları dolgu duvarlı olan çerçevelerde ilk plastik kesitin oluştuğu andaki taban kesme kuvveti artmakla birlikte ilk plastik kesitler dolgu duvarlardan sonra kirişlerde değil kolonlarda meydana gelmektedir. Tamamında dolgu duvar bulunan çerçevelerde ilk

plastik kesitler, yatay tepe yer değiştirmelerinin diğer çerçevelere göre daha büyük değerlerinde meydana gelmektedir.

Dolgu duvarının en alt katlarda olmaması veya değişik nedenlerle kaldırılması durumunda rijitliği azalan sistemin deprem davranışı da olumsuz olarak etkilenmektedir. Bu nedenle dolgu duvarların en alt katta olmadığı durumda sistemin davranışı incelenmeli ve eğer bu durum zorunlu veya gerekli ise gerekli analizler yapılarak önlemleri alınmalıdır. Analizler göstermektedir ki böylesi düzensizlik durumları ön tasarım sürecinde yapılmadıkça yapı davranışını beklenenden çok uzaklaştırmakta ve yapının deprem sırasında göstereceği performansı tamamen değiştirmektedir.

KAYNAKLAR

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998), Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı Afet İşleri Ankara.
2. ATC (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. ATC 40, Vol. 1. Applied Technology Council. Washington, DC., ABD.
3. Atımtay, E. (2000). Çerçevesiz ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, ODTU, İnşaat Müh. Bölümü, Ankara.
4. Atımtay, E. (2001). Afet Bölgelerinde Yapılar Hakkında Yönetmelik Esasları, ODTU, İnşaat Müh. Bölümü, Ankara.
5. FEMA (2000). Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356. Federal Emergency Management Agency.
6. Hanoğlu, K.B., "Fiber Reinforced Plastic Overlay Retrofit of Hollow Clay Tile Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames", Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
7. İrttem, E., Turker K., Haşgül U., (2005). "Dolgu duvarlarının betonarme bina davranışına etkisi" İTÜ Mühendislik Dergisi/d, cilt 4, sayı 4, İstanbul.
8. İrttem, E., Turker K., (2002). "Yapıların Deprem Yükleri Altındaki Lineer Olmayan Davranışının Belirlenmesinde Kullanılan Statik Yöntemlerin Karşılaştırılması", Balıkesir
9. Klinger, R. & Bertero, V.V., "Earthquake Resistance of Infilled Frames", Journal of Structural Division, V.10, 1978.
10. Li, Y.R. (1996). "Non-Linear Time History And Pushover Analyses for Seismic Design and Evaluation" PhD Thesis, University of Texas, Austin, TX.
11. Madan, A., Reinhorn A.M., Mander J.B., Valles R.E., "Modelling of Masonry Infill Panels for Structural Analysis", Journal of Structural Engineering, V.123, 1997, pp. 1295.
12. TS 500, 2000 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, T.S.E.
13. Wilson E., Habibullah A. (1998), Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Refence Manual, Computers and Structures, Berkeley.