

TÜRKİYE DEPREM YÖNETMELİĞİNDEKİ ŞEKİLDEĞİŞTİRME ESASLI HASAR SINIRLARININ BETONARME KOLONLAR ÜZERİNDE DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Altuğ YAVAŞ*, Kaan TÜRKER

ÖZET

Çalışmada, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde (TDY) öngörülen şekildeğiştirme esaslı hasar sınırları kolon elemanlar üzerinde deneysel olarak incelenmiştir. Bunun için, sargı donatısı yetersizliği bulunan iki adet konsol kolon elemanı test edilmiştir. Kolonlara sabit eksenel yük altında, tersinir artan yatay yükler uygulanmıştır. Öncelikle TDY’nde verilen hasar sınırlarını tanımlayan birim şekildeğiştirme değerleri kolon tepe yatay deplasmanına dönüştürülmüştür. Bunun için TDY’de verilen prosedür (yığılı plastisite, enkesit moment-eğrilik analizi, mafsal uzunluğu kabulü vb.) ve yapı mekaniği ilkeleri kullanılmıştır. Daha sonra bu yatay deplasman değerlerine karşılık gelen kolon hasarları gözlenmiş ve hasar sınırları değerlendirilmiştir. Minimum hasar sınırına ulaşılmış elemanlarda kullanılabilirliği etkileyecek kalıcı bir hasar oluşmamıştır. Güvenlik hasar sınırına ulaşılmış elemanlarda kalıcı hasarlar oluşmuştur. Göçme hasar sınırına ulaşılmış elemanlarda önemli kalıcı hasarlar oluşmuş ancak herhangi bir dayanım azalması oluşmamıştır. Sonuç olarak, TDY’ndeki şekildeğiştirme esaslı hasar sınırları ve ilgili prosedür, çalışmada incelenen yetersiz sargılı kolon elemanlarındaki hasar değerlendirmesini başarı ile sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme kolon, deprem performansı, şekildeğiştirme esaslı hasar sınırı, deneysel hasar inceleme.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF STRAIN BASED DAMAGE LIMITS IN TURKISH EARTHQUAKE CODE FOR RC COLUMNS

ABSTRACT

In the study, strain based damage limits in the Turkish Earthquake Code (TEC) were experimentally investigated on column members. Two cantilever poorly confined column members were tested. Increasing cyclic lateral loads were applied to the columns under constant axial loads. Firstly, concrete and steel strain limits describing damages in the TEC transformed to column lateral top displacements. For this, the approaches (lumped plasticity, moment-curvature relationship, hinge length assumption etc.) in the TEC and principles of structural mechanical were used. Then, column damages occurred at the strain related lateral displacements were observed and the damage limits were evaluated. Any permanent damage that affects serviceability was not observed in the members subjected to Minimum damage. Some permanent damages were observed in the members subjected to Safety damage. Significant permanent damages were observed in the members subjected to Collapse damage. However, any strength degradation has not occurred in this damage limit. Consequently, strain based damage limits and related procedure in the TEC have implemented successfully damage evaluation of poorly confined columns investigated in the study.

Keywords: Reinforced Column, Seismic Performance, strain based damage limit, experimental damage investigation.

* Balıkesir Üniversitesi Müh. Mim. Fak., İnşaat Müh. Böl. Çağış/Balıkesir. E-posta: ayavas@balikesir.edu.tr

1. Giriş

2007 yılında yeni deprem yönetmeliğinin yürürlüğe girmesiyle birlikte, betonarme binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde performans esaslı yeni yaklaşımların kullanımı zorunlu hale gelmiş ve bunların kullanımı bugün oldukça yaygınlaşmıştır. Türkiye Deprem Yönetmeliğinde (TDY) binaların deprem performansının değerlendirilmesi için, diğer birçok çağdaş ülke yönetmeliğinde olduğu gibi kuvvet esaslı ve şekildeğişirme esaslı yöntemlere yer verilmiştir. TDY’nde kuvvet esaslı yöntemler *Doğrusal elastik Yöntemler*, şekildeğişirme esaslı yöntemler ise *Doğrusal elastik olmayan yöntemler* olarak adlandırılmaktadır (DBYBHY, 2007).

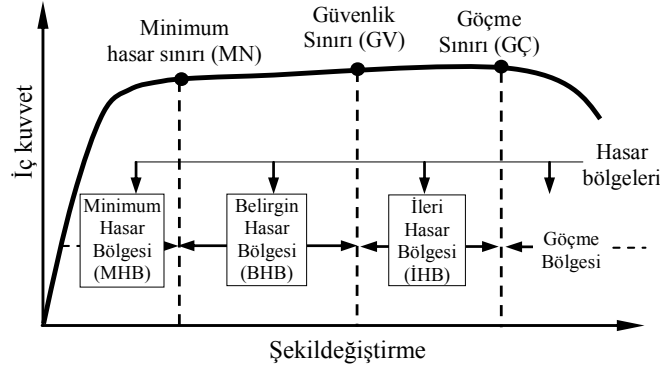
Performans esaslı yaklaşımlarda en önemli aşamalardan birisi yapısal elemanlardaki hasar düzeylerinin belirlenmesidir. Bu nedenle hasarla doğrudan ilişkili olan şekildeğişirmeleri esas alan yöntemler, kuvvet esaslı olanlara göre çok daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte hasarı belirlemek için esas alınan şekildeğişirme parametresi de büyük önem arz etmektedir. Bugün, performans esaslı yöntemlerin yer aldığı çeşitli yönetmeliklerde farklı şekildeğişirme parametreleri kullanılmaktadır. Örneğin Eurocode 8: Part 3 (CEN, 2005) yönetmeliğinde teğet-kiriş dönmesi (chord rotation) adı verilen, eleman uçlarının elastik ve plastik dönmelerini içeren bir büyüklük kullanılırken, ABD yönetmeliği olan ASCE 41-06 (2007)’da bazı elemanlar için teğet-kiriş dönmesi, bazı elemanlar için uç plastik dönmesi büyüklükleri kullanılmaktadır. TDY’nde yer alan doğrusal elastik olmayan yöntemlerde ise elemanlardaki hasar düzeyi beton ve çelik birim şekildeğişirme değerleri ile belirlenmektedir. TDY’nde, beton ve donatı çeliği için verilen sınır birim şekildeğişirme değerlerinin, deprem etkileri altında elemanlarda oluşan birim şekildeğişirme talepleri ile karşılaştırılması suretiyle her tür (kiriş, kolon, perde) elemanda hasar düzeyinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca güçlendirilmiş yapısal elemanlarda için de söz konusu yaklaşım kullanılmaktadır.

Son dönemde özellikle kolonlar üzerinde yapılan çalışmalarda TDY’de yer alan prosedür, deneysel ve analitik olarak incelenmekte ve diğer ülke yönetmeliklerinde yer alan prosedürlerle karşılaştırılarak değerlendirilmektedir (Özal, 2008; Ekici 2011; Solmaz, 2010; Acun ve Sucuoğlu, 2011). Malzeme kalitesi, donatı detayları, maruz olduğu kesit tesirleri, yapısal kusurlar vb. başka sebeplerle davranış çeşitliliği gösteren yapı elemanları için TDY’nde öngörülen bu yeni yaklaşımın geçerliliğinin özellikle deneysel çalışmalarla araştırılması ihtiyacı bulunmaktadır.

Bu çalışmada sargı donatısı bakımından yetersiz olan kolonlarda TDY’de verilen şekildeğişirme esaslı hasar sınırları deneysel olarak incelenmiştir. Yönetmelikteki hasar tanımlamaları deneysel gözlemler ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. TDY’deki Doğrusal Olmayan Yöntemlerde Hasar Bölgelerinin Belirlenmesi

TDY’ne göre, kesme kırılması ve yüksek eksenel yük nedeniyle oluşan gevrek kırılmalar dışında tüm elastik ötesi davranışlar için üç hasar sınırı ve dört hasar bölgesi tanımlanmıştır (Şekil 1) (DBYBHY, 2007). Doğrusal elastik olmayan yöntemlerde bu hasar sınırlarını tanımlayan beton birim şekildeğişirme değerleri hacimsel sargı donatısı oranına bağlı olarak belirlenmekte, çelik donatı birim şekildeğişirme değerleri ise kesit özelliklerinden bağımsız olarak her bir hasar düzeyi için belirli sabit değerler almaktadır (Tablo 1). Elemandaki sargı donatısının göz önüne alınabilmesi için TDY’ndeki özel şartları sağlaması gerekmektedir.



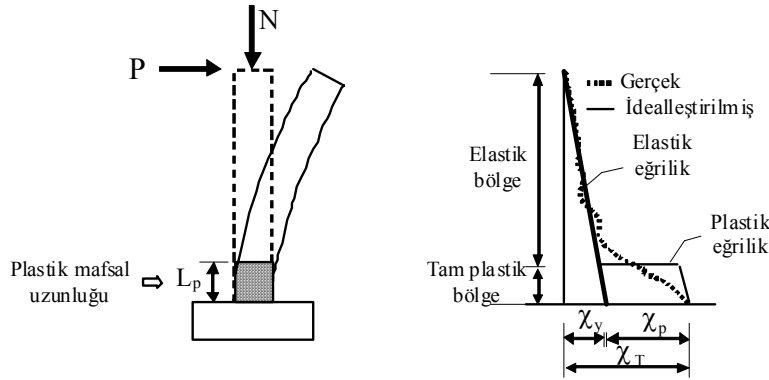
Şekil 1. TDY’nde yer alan kesit hasar düzeyi/bölgesi tanımları

Tablo 1. TDY’nde yer alan birim şekil değiştirme hasar sınırları

Şekil değiştirme	Minimum hasar sınırı (MN)	Güvenlik hasar sınırı (GV)	Göçme hasar sınırı (GÇ)
Kabuk betonu birim şekil değiştirme (ϵ_{ck})	0.0035	---	---
Göbek betonu birim şekil değiştirme (ϵ_{cg})	---	$0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135$	$0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018$
Çelik donatı birim şekil değiştirme (ϵ_s)	0.01	0.04	0.06

ρ_s : Kesitte mevcut bulunan TDY’ye uygun olarak düzenlenmiş enine donatının hacimsel oranı
 ρ_{sm} : TDY’ye göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı

Elemanlardaki birim şekil değiştirme taleplerini belirlemek için öncelikle sistemin doğrusal elastik olmayan teoriye göre hesabı yapılarak kritik kesitlerdeki plastik dönme talepleri elde edilmektedir. Bunun için plastik şekil değiştirmelerin belirli bölgelerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerin doğrusal elastik davrandığı kabulüne dayanan plastik mafsal (yığılı plastisite) yaklaşımı kullanılmaktadır (Şekil 2).



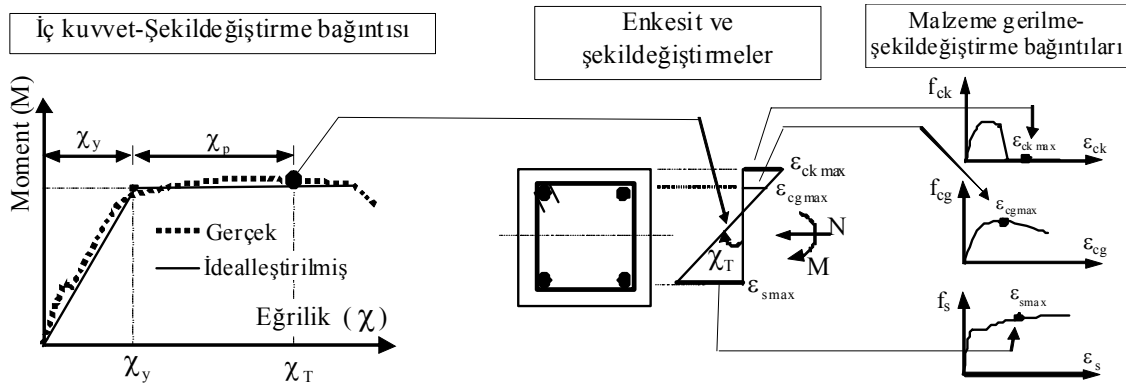
Şekil 2. Plastik mafsal kabulü yapılan konsol çubukta davranışın idealleştirilmesi
 Daha sonra (1) bağıntısı ile kesite ait plastik eğrilik (χ_p) belirlenir. Bu bağıntıdaki L_p plastik mafsal uzunluğudur. TDY’ne göre plastik mafsal uzunluğu olarak eğilmeye çalışan kesit yüksekliğinin yarısı esas alınmaktadır.

$$\chi_p = \theta_p / L_p \quad (1)$$

İlgili kesite ait kesit analizi ile χ_y akma eğriliği elde edilerek (2) bağıntısı ile kesitin toplam eğrilik (birim dönme) talebi χ_T elde edilmektedir. Akma eğriliği olarak donatının akmasına karşılık gelen eğrilik yerine, iki doğru parçası ile idealleştirilmiş Moment-Eğrilik bağıntısının akma eğriliği alınabilmektedir (Şekil 3).

$$\chi_T = \chi_y + \chi_p \quad (2)$$

Sonuç olarak, toplam eğrilik talebine karşılık gelen maksimum beton ve çelik birim şekildeğişirme talepleri, TDY’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak kesit hasar düzeyleri (bölgeleri) belirlenmektedir (Şekil 3).



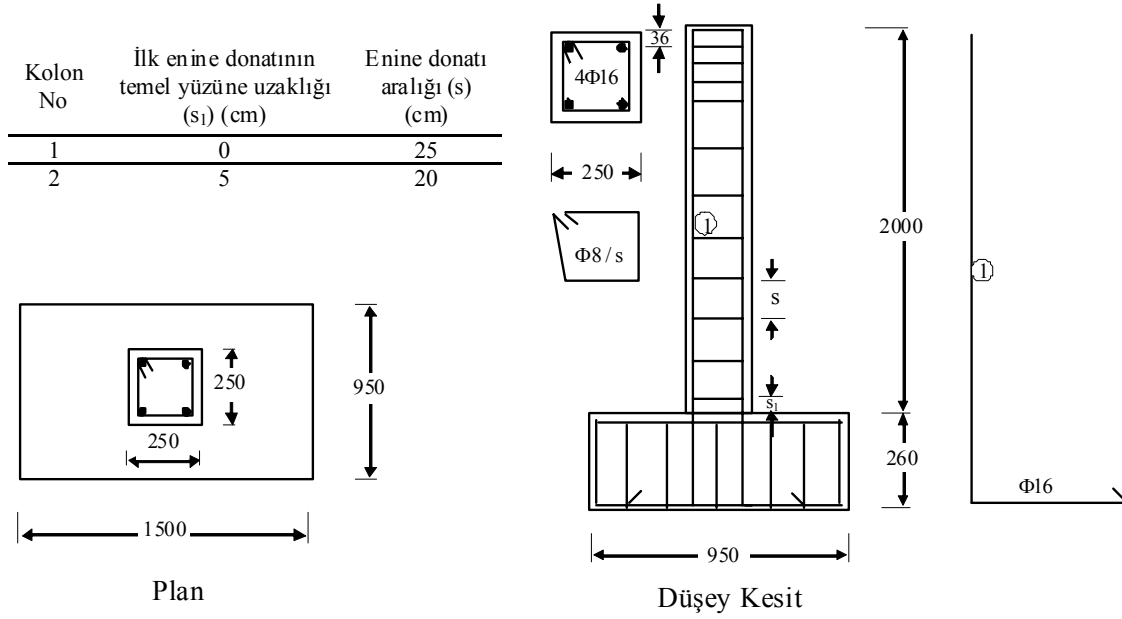
Şekil 3. Kesit eğrilik talebinden malzeme birim şekildeğişirme taleplerinin belirlenmesi

3. Kolon Hasar Sınırları Üzerinde Deneysel İnceleme

3.1. Deney elemanlarının özellikleri

Çalışmada incelemek üzere, temele rijit olarak bağlanmış iki adet konsol kolon elemanı hazırlanmıştır. Öncelikle temel dökümü gerçekleştirilmiş daha sonra temelden çıkan sürekli boyuna donatılar ile kolon dökümü gerçekleştirilmiştir.

İncelenen kolonlar 25/25 cm boyutlarında olup boyuna donatıları $4\Phi 16$ 'dır. Kolonların enine donatı özellikleri Şekil 4'de verilmiştir. Etriyelerin kanca detayları TDY'ne uygun olarak hazırlanmış ancak elemandaki enine donatı miktarı (aralığı) TDY şartlarına göre yetersiz durumdadır. Deney elemanlarının malzeme özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 4. Kolon elemanlarının boyuna ve enine donatı detayları

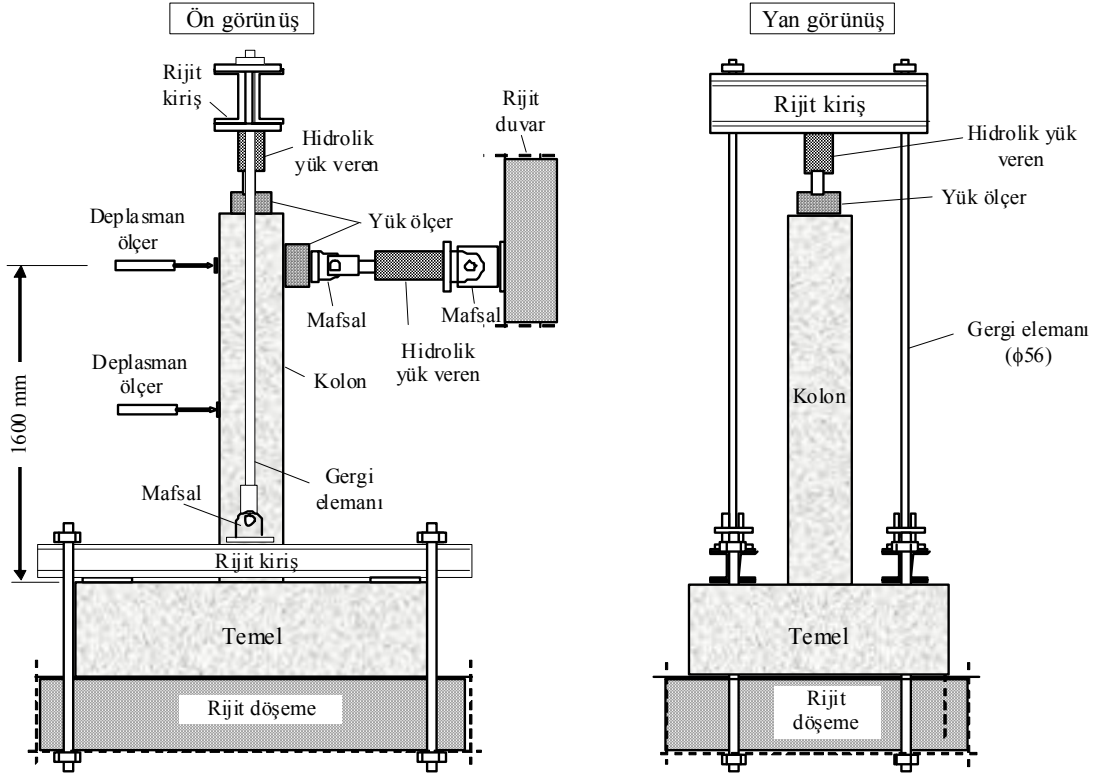
Tablo 2. İncelenen deney elemanlarının malzeme ve yükleme özellikleri

Kolon No	Beton Dayanımı (f_c) (N/mm ²)	Boyuna Donatı		Enine Donatı Akma dayanımı (f_{yw}) (N/mm ²)
		Akma Dayanımı (f_{sy}) (N/mm ²)	Kopma Dayanımı (f_{su}) (N/mm ²)	
1	30.2	460	571	425
2	31.9	457	568	425

3.2. Deney Düzeneği ve Yükleme Özellikleri

Kolon hasar düzeylerini incelemek amacıyla hazırlanan deney düzeneği Şekil 5,6'da gösterilmiştir. Kolon temeli rijit çelik kuşaklar ve dört bulon aracılığı ile reaksiyon döşemesine bağlanmıştır. Yatay yük, iki ucu mafsallı bir yük veren tarafından düşey reaksiyon duvarından uygulanmıştır. Eksenel yük ise rijit bir kiriş ve iki gergi elemanı aracılığı ile uygulanmıştır (Şekil 5,6).

Düzenekte yatay ve düşey yük vermek üzere iki adet hidrolik yük veren ve bunların bulunduğu noktalarda yük ölçerler bulunmaktadır. Kolon yatay deplasmanlarını ölçmek amacıyla yatay yük veren kotunda ve ayrıca kolon orta kotunda deplasman ölçerler (Potansiyometrik cetvel) yerleştirilmiştir (Şekil 5). Ayrıca deney esnasında temel hareketlerini kontrol etmek amacıyla farklı noktalardan ölçümler de yapılmıştır. Kolonun plastik mafsallı bölgesinde oluşacak hasarları gözlemek amacıyla kolonun iki kenarını yakından görüntüleyen iki ayrı kamera yerleştirilmiştir (Şekil 7).

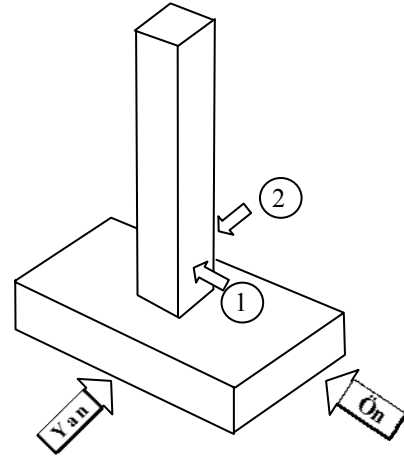


Şekil 5. Şematik deney düzeneği



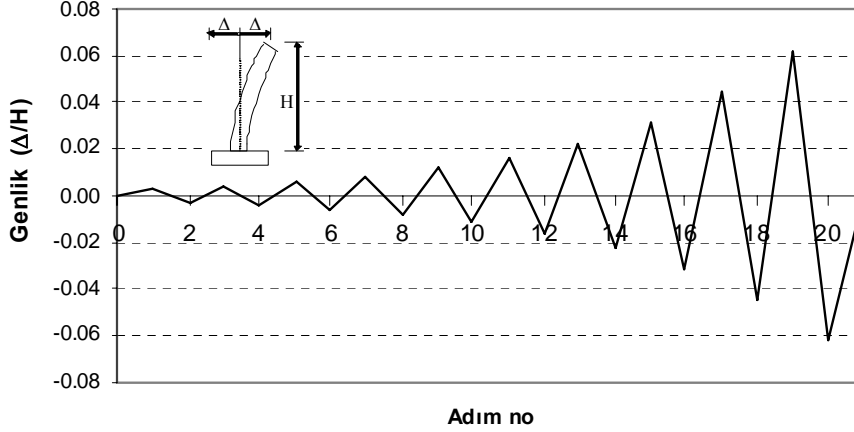
Şekil 6. Deney düzeneğinin görüntüsü

Deneyde kolonlara sabit aksenal yük altında, tersinir artan statik yatay yük uygulanmıştır. Artan tersinir yükleme için Şekil 8'de verilen deplasman esaslı yükleme şekli uygulanmıştır.



Şekil 7. Hasarların görüntüldüğü kolon kenarları

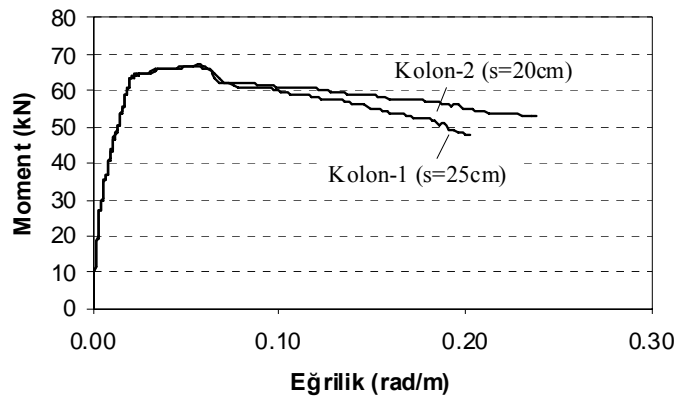
Buna göre her bir genlik için iki yönde birer yükleme yapılmıştır. Minimum genlikte 0.003'lük görelî öteleme oranı (Δ/H), maksimum genlikte 0.062'lik görelî öteleme oranı (Δ/H) uygulanmıştır. Kolonlara 375 kN'luk aksenal yük uygulanmıştır. Bu değer $N/A_c \cdot f_c$ oranının (beton gerilmesi/basınç dayanımı) yaklaşık % 20 olmasına karşılık gelmektedir.



Şekil 8. Yatay yüklemde kullanılan deplasman esaslı yükleme şekli

3.3. Kolon Hasar Sınırlarının Hesabı

Kolon hasar sınırlarını belirlemek amacıyla öncelikle kolonların kesit analizi yapılarak Moment-Eğrilik bağıntıları belirlenmiştir (Şekil 9). Kesit analizlerinde malzeme testlerinden elde edilen karakteristik değerler esas alınmış ve TDY'de verilen beton (sargılı, sargısız) ve donatı çeliği modelleri kullanılmıştır. Kolon-1 de sargılı beton modeli için sargı aralığı $s=25$ cm, Kolon-2'de ise $s=20$ cm alınmıştır. Kolon-2'de temel yüzünden itibaren 5 cm'de bulunan etriyenin sargı etkisi ihmal edilmiştir. Analizler XTRACT (ISS,2001) programı ile gerçekleştirilmiştir.



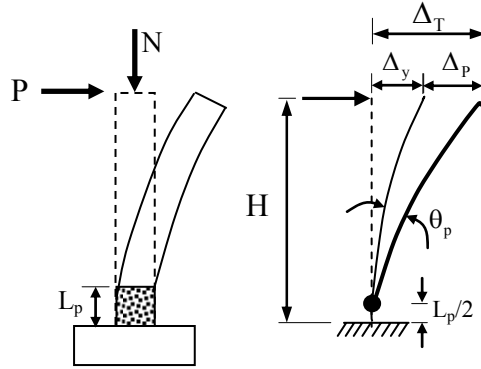
Şekil 9. İncelenen kolonlara ait Moment-Eğrilik bağıntıları

TDY'de beton ve çelik için verilen sınır birim şekildeğiştirme değerleri (ϵ_{ck} , ϵ_{cg} , ϵ_s) göz önüne alınarak, hasar sınırlarına karşılık gelen kesit toplam eğrilik değerleri (χ_T) elde edilmiştir (Tablo 3). Hasar sınırının belirlenmesinde etkili olan birim şekildeğiştirme değeri Tablo 3' koyu olarak gösterilmiştir.

(2) ve (1) bağıntıları kullanılarak sırasıyla hasar sınırlarına karşılık gelen *plastik eğrilik* (χ_p) ve *plastik dönme* (θ_p) değerleri belirlenmiştir (Tablo 3). Daha sonra her bir hasar sınırı için (3) bağıntısı ile kolon üst ucunun toplam yatay deplasmanı (Δ_T) elde edilmiştir (Paulay and Priestley, 1992) (Tablo 3).

$$\Delta_T = \Delta_y + \Delta_p = \frac{\chi_y \cdot H^2}{3} + \theta_p \cdot (H - L_p/2) \quad (3)$$

Bu bağıntıda Δ_y kesitte akmanın olduğu andaki tepe deplasmanını (elastik yatay deplasmanı), Δ_p plastik yatay deplasmanı göstermektedir (Şekil 10). Bu bağıntıya göre plastik mafsal oluşumundan sonra kolonun doğrusal olduğu kabul edilmekte, ayrıca uzama ve kayma şekil değiştirmelerinin elastik ve plastik uç deplasmanı üzerindeki etkileri ihmal edilmektedir.



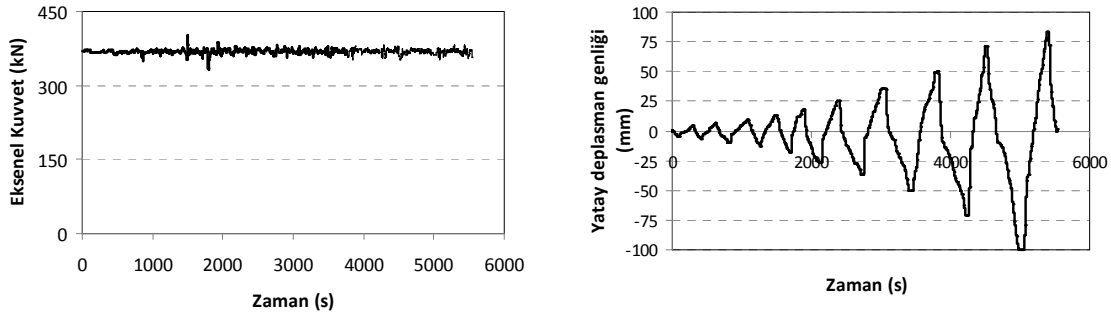
Şekil 10. Konsol kolonda elastik ve plastik yatay uç deplasmanları

Tablo 3. Hasar sınırlarına karşılık gelen şekil değiştirme ve deplasmanlar

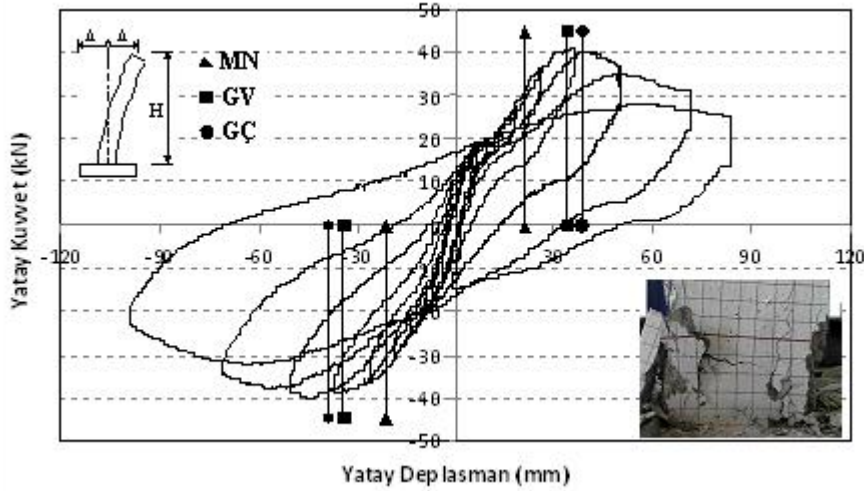
Kolon No	Hasar sınırı	ϵ_s	ϵ_{ck}	ϵ_{cg}	χ_T (rad/m)	χ_p (rad/m)	θ_p (rad)	Δ_p (cm)	Δ_y (cm)	Δ_T (cm)
1	MN	0.0068	-0.0035	-0.0026	0.0500	0.0323	0.0040	0.59	1.51	2.11
	GV	0.0158	---	-0.0069	0.1203	0.1026	0.0128	1.89		3.40
	GÇ	0.0187	---	-0.0086	0.1448	0.1271	0.0159	2.34		3.86
2	MN	0.0065	-0.0035	-0.0026	0.0483	0.0305	0.0038	0.56	1.51	2.08
	GV	0.0152	---	-0.0077	0.1219	0.1042	0.0130	1.92		3.43
	GÇ	0.0178	---	-0.0098	0.1474	0.1297	0.0162	2.39		3.90

3.4. Kolon Hasar Sınırlarında Gözlenen Hasarlar

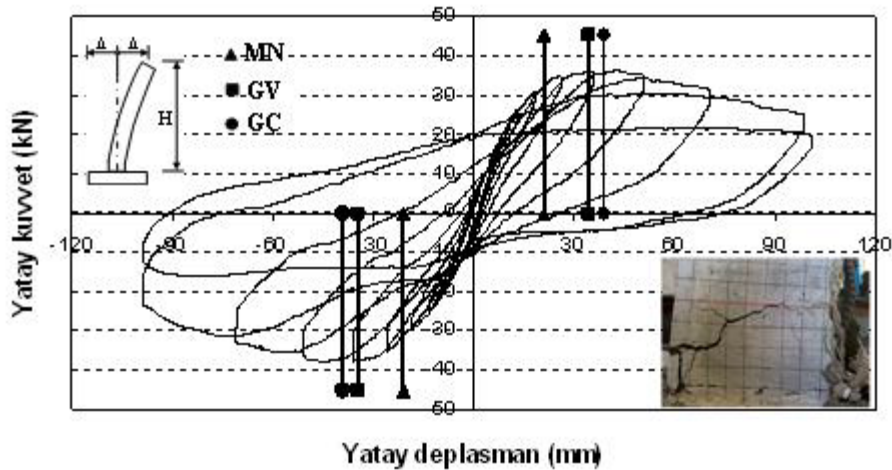
Deneyselerde uygulanan eksenel yükün ve yatay deplasmanın zamanla değişimi örnek olarak Kolon-1 için Şekil 11’de verilmiştir. Yük ölçerden okunan yatay yükler, eksenel yükün yatay bileşeninin etkisine bağlı olarak azaltılmıştır. Kolonların yatay yük-yatay deplasman grafikleri Şekil 12 ve Şekil 13’de verilmiştir. Bu grafikler üzerinde, hasar sınır değerlerine (MN, GV, GÇ) karşılık gelen yatay deplasman değerleri de işaretlenmiştir (Şekil 12,13).



Şekil 11. Kolon 1'e ait deneyde, eksenel yük ve yatay deplasmanın zamanla değişimi



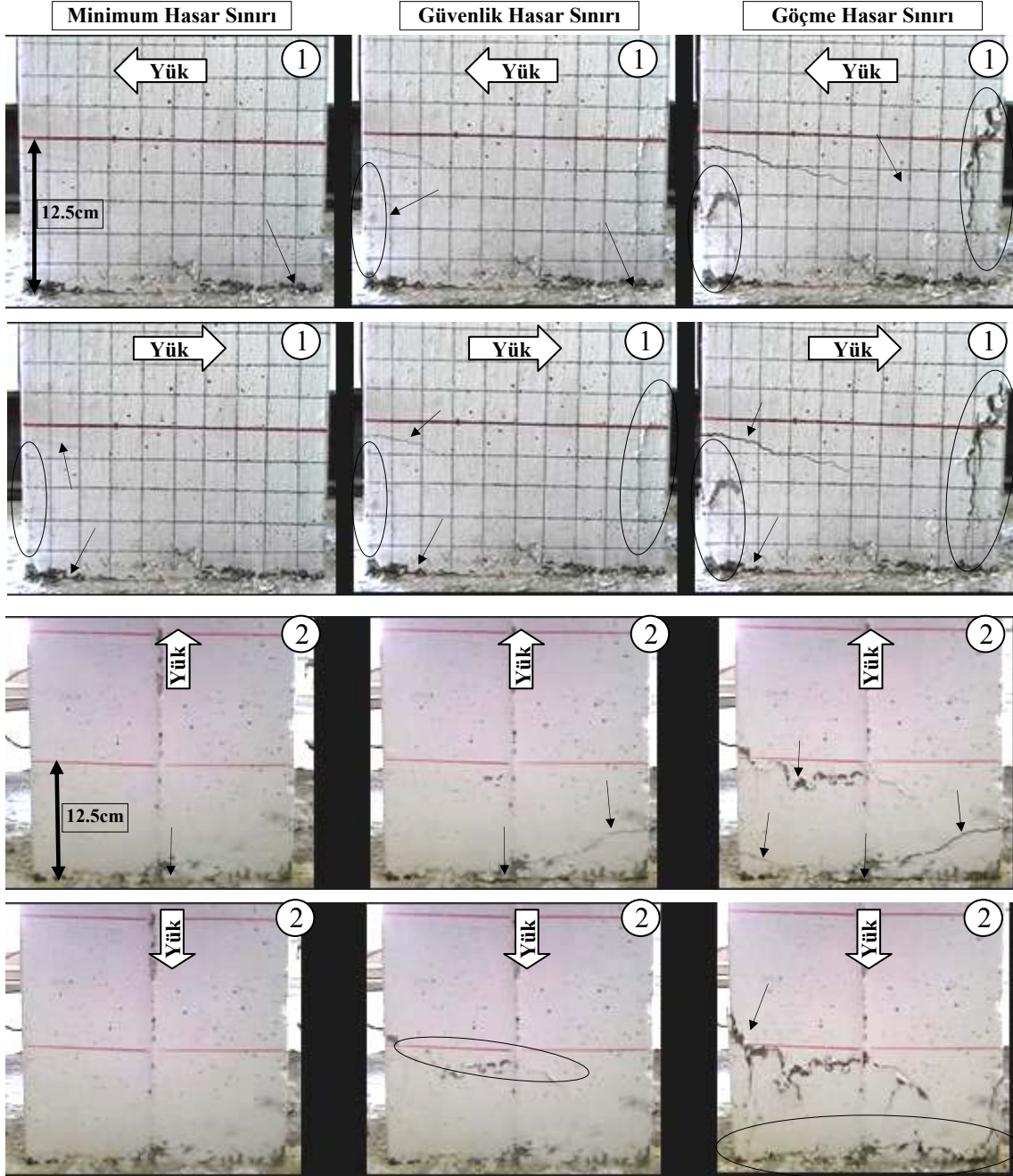
Şekil 12. Kolon 1'e ait yatay yük-yatay deplasman bağıntısı ve hasar sınırları



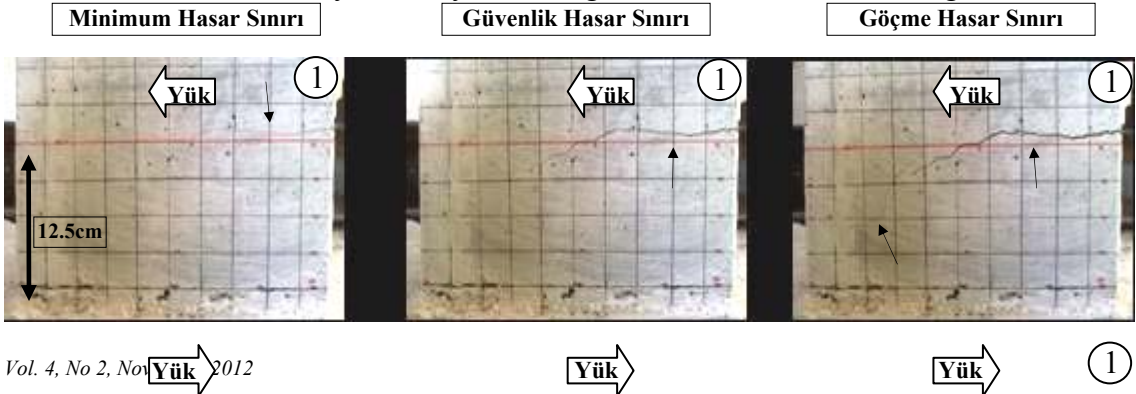
Şekil 13. Kolon 2'ye ait yatay yük-yatay deplasman bağıntısı ve hasar sınırları

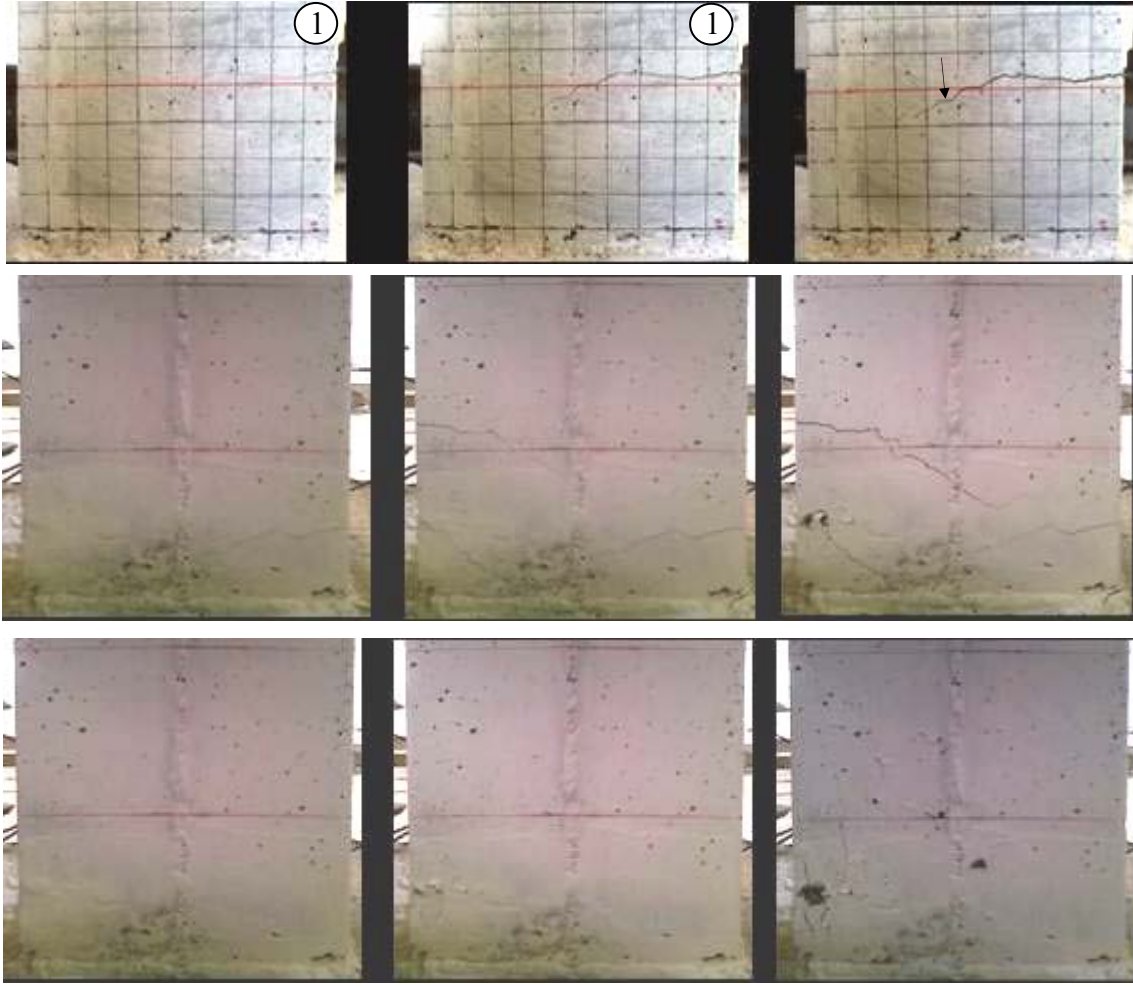
Minimum hasar sınırı, beklendiği gibi elastik ötesi deplasmanların başlangıcını işaret etmiştir. Elemanların gevrek davranış göstermesi nedeniyle ileri hasar bölgesi dar bir bölgeyi kapsamıştır. İleri hasardan göçme hasarına geçiş sınırı olan Göçme sınırı, dayanım azalmalarının başladığı bölgeyi başarılı olarak belirleyebilmiştir (Şekil 12,13). Kolon-2' deki sargı özellikleri şekildegıştirme kapasitesini bir miktar arttırmıştır.

Hasar sınır değerlerine (MN, GV, GÇ) karşılık gelen yatay deplasman değerlerine (her iki yön için ayrı ayrı olmak üzere) ilk ulaşıldığı anda kolona ait iki kenar (Şekil 7’de 1 ve 2 nolu kenarlar) için elde edilen hasar görüntüleri Şekil 14,15’de verilmiştir.



Şekil 14. Kolon 1’de yükleme yönüne bağlı olarak hasar sınırlarında gözlenen hasarlar





Şekil 15. Kolon 2’de yükleme yönüne bağlı olarak hasar sınırlarında gözlenen hasarlar

Her bir kenarda kolon alt ucundan itibaren plastik mafsal boyu olan $L_p = 12.5$ cm’lik kısım kırmızı çizgi ile belirtilmiştir. Ayrıca kesitteki dönmeleri gözleyebilmek amacıyla 1 nolu kenarda 2.5x2.5’lik karelaj uygulanmıştır (Şekil 14,15).

İncelenen kolonlarda TDY’nde tanımlanan *Minimum hasar sınırına* ulaşıldığında; Kolon-temel birleşiminde kalınlığı yaklaşık 0.5mm’ye ulaşan ayrılmalar gözlenmiştir. Temel yüzeyinden itibaren 15 cm’ye kadar yayılabilen kılcal çatlaklar oluştuğu gözlenmiştir. Betonda önemli bir ezilme gerçekleşmemiştir (Şekil 14,15).

Güvenlik hasar sınırına ulaşıldığında; Kolon-temel birleşiminde oluşan ayrılmaların 0.5-1.5 mm değerlerine ulaştığı gözlenmiştir. Minimum hasar sınırında gözlenen çatlakların kalınlaştığı ve derinleştiği gözlenmiştir. Kabuk betonunda ezilmelerin başladığı görülmüş ancak herhangi bir dökülme gerçekleşmemiştir (Şekil 14,15).

Göçme hasar sınırına ulaşıldığında; Çatlakların sayısının arttığı, daha önce oluşan çatlak kalınlıklarının ve temeldeki ayrışmanın 1.0-2.0 mm değerlerine ulaştığı gözlenmiştir. Kabuk betonundaki ezilmeler oldukça artmıştır. Özellikle Kolon-1’de belirli bölgelerdeki kabuk betonu kendiliğinden dökülme durumuna yaklaşmıştır. Her iki kolonda da hasar yaklaşık 15 cm’lik bir alanda yoğunlaşmıştır (Şekil 14,15).

4. Sonuçlar

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde öngörülen şekildeğiştirme esaslı hasar sınırları kolon elemanlar üzerinde deneysel olarak incelenmiştir. Bunun için, sargı donatısı yetersizliği bulunan iki adet konsol kolon elemanı test edilmiştir. Kolonlara sabit aksenal yük altında, tersinir artan yatay yükler uygulanmıştır. Öncelikle TDY’nde verilen hasar sınırlarını tanımlayan birim şekildeğiştirme değerleri kolon tepe yatay deplasmanına dönüştürülmüştür. Bunun için TDY’de verilen perosedür (yığılı plastisite, enkesit moment-eğrilik analizi, mafsal uzunluğu vb.) ve yapı mekaniği ilkeleri kullanılmıştır. Daha sonra bu yatay deplasman değerlerine karşılık gelen kolon hasarları gözlenmiş ve hasar sınırları değerlendirilmiştir.

TDY’ndeki hasar sınırı ve bölgesi tanımlarının, kolon elemanlarda deney sonucu gözlenen hasarlar ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Minimum hasar sınırına ulaşılmış elemanlarda kullanılabilirliği etkileyecek kalıcı bir hasar oluşmamıştır. Güvenlik hasar sınırına ulaşılmış elemanlarda kalıcı hasarlar oluşmuş ancak bunlar güvenliği etkileyecek düzeyde olmamıştır. Göçme hasar sınırına ulaşılmış elemanlarda önemli kalıcı hasarlar oluşmuş ancak elemanın taşıma kapasitesinde bir azalma oluşmamıştır.

Her iki kolonda da Göçme hasar sınırına ulaşıldığında oluşan hasarlar yaklaşık 15 cm’lik bir alanda yoğunlaşmıştır. Buna göre hasar sınırlarının belirlenmesinde esas alınan plastik mafsal uzunluğu kabulünün yaklaşık olarak geçerli olduğu söylenebilmektedir.

TDY’ndeki şekildeğiştirme esaslı hasar sınırları ve ilgili değerlendirme prosedürü, incelenen yetersiz sargılı kolon elemanlarındaki hasar değerlendirmesini başarı ile sağlamıştır.

5. Teşekkür

Yazarlar, deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesinde emeği bulunan Arş.Gör.Tamer Birol’a, Arş.Gör.Erkan Töre’ye, ayrıca Cihan Polat, Mehmet Oğuz ve Mesut Küçük’e teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

- Acun, B., Sucuoğlu, H., (2011). Betonarme Kolonların Şekildeğiştirme Performans Sınırlarının Deneysel Gözlemlerle Değerlendirilmesi. İMO Teknik Dergi, 5523-5541.
- ASCE/SEI 41-06 (2007) Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Reston.
- CEN (2005) Eurocode 8 : Design of Structures for Earthquake Resistance—Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings, Comité Européen de Normalisation, Bruxelles.
- DBYBHY (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Ekici, E., (2011). Comparison of Observed Structural Damage and Code Given Structural Performance Limits. İstanbul Technical University Institute of Science and Technology, Master of Science Thesis, 128 p. İstanbul.
- ISS, (2001). XTRACT, Cross Section Analysis Program.
- Özal, A.K., (2008). Evaluation of Deformation Capacity Criteria Of Eurocode 8. The Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute. Master of Science Thesis, 61 p, İstanbul.

- Paulay T., Priestley M.J.N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, Wiley.
- Solmaz, T., (2010). *Evaluation Of Performance Based Displacement Limits For Reinforced Concrete Columns Under Flexure*. The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, Master of Science Thesis, 150 p, Ankara.