



KISA KOLON TEŞKİLİNİN YAPI HASARLARINA ETKİSİ

Burak YÖN*, Erkut SAYIN

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizdeki yapı stokunda sıkça karşılaşılan kısa kolon teşkilinin, yapıların taşıyıcı elemanlarında meydana getirdiği hasara etkisi incelenmiştir. Bu amaç kapsamında betonarme düzlem çerçeve olarak iki model tasarlanmıştır. Analizlerde kullanılan yapılardan birinin zemin ve birinci katlarında kısa kolon teşkili olduğu kabul edilmiştir. Hasar seviyeleri belirlenirken Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY-2007) 'deki doğrusal elastik hesap yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, aynı yapı sistemi için kısa kolonlu yapılarda meydana gelen hasar seviyelerinin kısa kolonu olmayan yapı sistemine göre daha fazla olduğu görülmüştür. Analizlerde Sap 2000 programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kısa kolon; Doğrusal elastik hesap yöntemi.

EFFECT OF SHORT COLUMN FORMATION AT STRUCTURE DAMAGE

ABSTRACT

In this study, effect of short column formation frequently seen in our country's building stock is investigated on damage levels at load carrying members. For this aim two reinforced-concrete plane frame system is designed. One of the structures used in the analysis is assumed that has short column formation at ground and first floors. To determine the damage levels, linear elastic analysis method is used at Specifications for the Buildings to be Constructed in Earthquake Areas, 2007. According to obtained analysis results, structure which has short column is occurred more damage than structure which has not short column for the same structure system. SAP-2000 package program is used in the analyses.

Keywords: Short column; Linear elastic analysis method

*E- posta: burakyon@firat.edu.tr

1. GİRİŞ

Ülkemizde meydana gelen depremlerde bazı yapıların gerekli deprem güvenliğini sağladıkları halde çeşitli nedenlerden dolayı hasar gördükleri ve bu hasarlar yüzünden yıkıldıkları gözlenmiştir. Bu yapılarda hasar meydana getiren çok çeşitli etkenler vardır. Bu etkenlerden birisi de kısa kolon teşkilidir. Özellikle okul, hastane gibi yapılarda sıkça oluşturulan kısa kolonlar deprem esnasında bu yapıların daha fazla hasar görmesine neden olmaktadır. Bant pencere açılması, kat kirişlerinde süreksizlik bulunması ve taşıyıcı olmayan rijit elemanların kolonun etkili boyunu kısaltması, deprem anında yapıda kısa kolon etkisinin oluşmasına sebep olan uygulamalardır. Yapılarda kolon, kısa kolon ayrımı eleman net yüksekliğinin kesit derinliğine oranına göre belirlenmektedir. Buna göre eleman net yüksekliğinin kesit derinliğine oranı 2'den büyük olan düşey taşıyıcı elemanlar ($h_0/D > 2$) kolon, eleman net yüksekliğinin, kesit derinliğine oranı 2'den küçük veya eşit olan düşey taşıyıcı elemanlar ($h_0/D \leq 2$) ise kısa kolon, olarak adlandırılmaktadır [1].

Kısa kolon hasarlarının iyice irdelenmesi için yapıların deprem davranışlarının bilinmesi gerekir. Bu çalışmada kullanılan elastik hesap yöntemi ile yapılara gelen deprem kuvvetlerinden ve düşey yüklerden oluşan moment, kesme kuvvetleri ve normal kuvvet değerleri esas alınarak hesaplamalar yapılmış ve kısa kolon oluşumunun yapı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. TAŞIYICI SİSTEMİN BOYUTLANDIRILMASI

Kısa kolon etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan analizlerde, iki adet 7 katlı betonarme düzlem çerçeveli yapı ele alınmıştır. Yapıların beton sınıfı C25, çelik sınıfı ise S420 olarak seçilmiştir. Yapılar 1. deprem bölgesinde, bilgi düzeyi kapsamlı, bina önem katsayısı $I=1.0$ ve Z3 zemin özelliğine sahiptir. Yapıya ait kolon boyutları 40x40 cm, kiriş boyutları 25x60 cm. bölme duvar kalınlıkları ise 15 cm olarak alınmıştır. Dolgu duvarlar iki ucu mafsallı fiktif çubuklarla modellenmiş ve bu çubukların çekme dayanımları ihmal edilmiştir. Ele alınan ilk yapı sisteminde zemin ve 1. katta kısa kolon teşkil edilmiş, diğer katlar ise tamamıyla bölme duvar olarak belirlenmiştir. Diğer yapı sisteminde ise tüm katlar tümüyle bölme duvarlı yapılmıştır.

Taşıyıcı sistemin kat yüksekliği 3m, açıklığı 4x5 m olarak seçilmiştir. Yapı sistemlerinin kolon ve kiriş boyutları tüm katlarda aynı tutulmuştur. Her iki yapıda da kolonlardaki donatı miktarı $12\phi 16$, kirişlerdeki donatı miktarı ise $A_s = 4\phi 14$, $A_s' = 4\phi 14$ olarak seçilmiştir. Ayrıca kirişlere $2\phi 14$ 'lük gövde donatısı kullanılmıştır.

3. DOĞRUSAL ELASTİK ANALİZ YÖNTEMLERİ

Doğrusal elastik analiz yöntemlerinde yapı elemanlarının kapasiteleri elemanın taşıma kapasitelerine ve süneklik özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir. Buna karşılık, deprem talebi elastik deprem etkileri altında doğrusal teoriye göre hesaplanır. Elastik hesap yöntemleri Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemidir [2]. Bu çalışmada Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi; yapısal sistemin sünekliğine bağlı kuvvet olan deprem yükü azaltma faktörü “ R ” ile zemine bağlı düzeltilmiş elastik tepki spektrumunu küçülterek elde edilen yanal kuvvetlere yapıyı maruz bırakarak yapılmaktadır [3]. Bu yaklaşımda yapının gerçek dayanımının tasarım dayanımından büyük olduğu ve yapının enerjisini akmayla dağıtabildiği varsayılmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile hesap yapılırken yapı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesi için kiriş, kolon ve perde elemanların kritik kesitlerini etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade eden sayısal değerler kullanılmaktadır. Betonarme elemanlar kırılma türlerine göre sınıflandırılırlar. Buna göre elemanın kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak adlandırılır [2]. Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranları bulunurken, deprem kuvvetinin yönüne göre sistemin sadece deprem yükleri altında eğilme momentleri hesaplanır. Ardından sistemin düşey yükler altında taşıdığı eğilme momenti ve kesitlerin taşıyabileceği taşıma momenti hesaplanır. Hesaplanan taşıma momentinden düşey yükler altındaki eğilme momenti çıkarılarak artık kapasite momenti bulunur. Elde edilen deprem eğilme momenti artık kapasite momentine bölünerek etki/kapasite oranı bulunur.

Etki/kapasite oranlarının sınır değerleri Tablo 1 ve 2’de sünek kiriş ve kolon elemanlar için ayrı ayrı verilmektedir. Hesaplanan kiriş ve kolon kesitlerinin etki/kapasite oranları elemanlar için verilen ilgili sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde bulunduğu karar verilmektedir. Eleman hasarını, elemanın en fazla hasarlı kesiti belirlemektedir.

Kırılma türü kesme olan gevrek kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite oranları bulunurken, kritik kesitlerdeki kesme kuvveti değerleri hesaplanır ve bu değerler, TS-500’e göre kesitin özelliklerine göre taşıyabileceği kesme kuvveti değerine bölünerek etki/kapasite oranları bulunur. Kırılma türü basınç olan gevrek kolonların etki/kapasite oranları da, aynı şekilde hesaptan elde edilen basınç kuvvetinin TS-500’e göre hesaplanan basınç dayanımına bölünmesi ile elde edilir. Kesit kesme kuvveti dayanımı ve basınç dayanımı hesabında, bilgi düzeyi katsayısı ile çarpılmış mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılacaktır.

Tablo 1.

Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w \cdot d \cdot f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Tablo 2.

Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r)

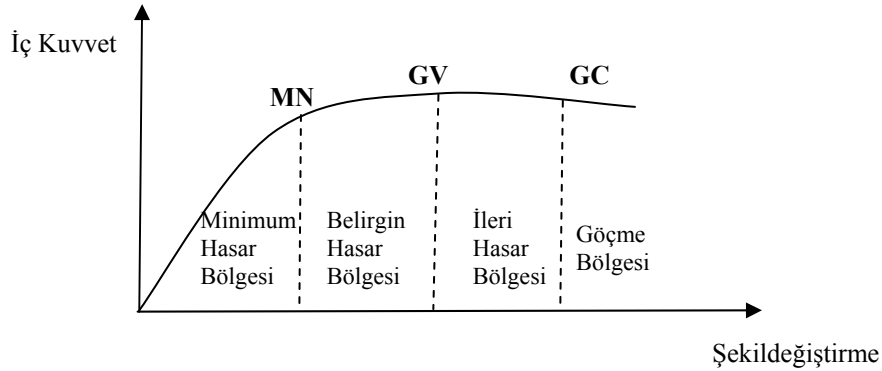
Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c \cdot f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w \cdot d \cdot f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

3.1. Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç hasar sınır durumu tanımlanmaktadır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Hasar Sınırı (GV) ve Göçme Hasar Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik davranışın sona erdiği sınır değeridir. Güvenlik hasar sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme hasar sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

3.2. Kesit Hasar Bölgeleri

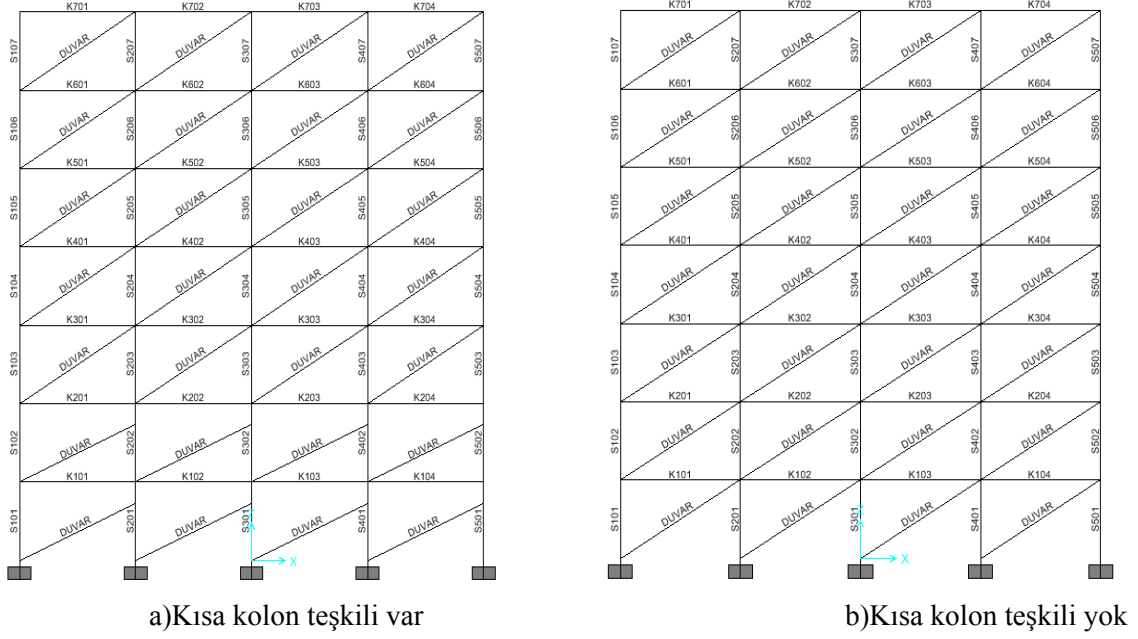
Kritik kesitleri MN hasar sınırına ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, Hasar sınırları MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ' yi aşan elemanların ise Göçme Bölgesinde yer aldığı kabul edilmektedir. Şekil 1 de hasar sınır değerleri ve hasar bölgelerinin birbirleriyle ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 1. Hasar sınırlarının ve bölgelerinin grafiksel gösterimi.

4. SAYISAL UYGULAMA

Analizler için tasarlanan düzlem yapılar dört açıklıklı, zemin+6 katlı olarak seçilmiştir. Kullanılan her iki modelde de kat yükseklikleri 3m, kolon boyutları 40x40 cm, kiriş boyutları 25x60 cm olarak düşünülmüştür. Düzlem çerçevesi sistemlerin kiriş açıklıkları 5m olarak seçilmiştir. Malzeme olarak C25 betonu ve S420 çeliği kullanılmıştır. Modeller 1.derece deprem bölgesinde Z3 zemin sınıfına sahiptir. Analizlerde kullanılan yapı sistemi Şekil 2'de, kısa kolonlu ve kısa kolonsuz yapılarda kirişlerin etki/kapasite oranları ise Tablo 3 ve 4'de verilmiştir. Kısa kolonlu ve kısa kolonsuz yapıların kirişlerinde meydana gelen hasar seviyeleri Tablo 5 ve 6'da, kolonlarında oluşan hasar seviyeleri ise Tablo 7 ve 8'de belirtilmiştir.



Şekil 2. Seçilen örnek düzlem çerçeve binaların şematik gösterimi.

Tablo 3.

Kısa Kolon Teşkili Olan Yapıda Kirişlerin Etki/Kapasite Oranı

Kiriş Uçları	$M_{G+Q}(kNm)$	$M_E(kNm)$	M_{kap}	r
K101 sol uç	-46,1	1039,2	139,4	11,14
K101 sağ uç	-70,0	-886,1	139,4	12,77
K102 sol uç	-64,4	805,2	139,4	10,74
K102 sağ uç	-66,2	-813,1	139,4	11,11
K103 sol uç	-61,7	802,3	139,4	10,33
K103 sağ uç	-69,0	-782,2	139,4	11,11
K104 sol uç	-64,8	853,2	139,4	11,44
K104 sağ uç	-52,5	-1006,3	139,4	11,58
K201 sol uç	-53,1	851,6	139,4	9,87
K201 sağ uç	-64,5	-781,0	139,4	10,43
K202 sol uç	-62,6	805,9	139,4	10,49
K202 sağ uç	-67,1	-801,8	139,4	11,09
K203 sol uç	-61,6	795,2	139,4	10,22
K203 sağ uç	-67,7	-790,3	139,4	11,02

K204 sol uç	-58,6	829,2	139,4	10,26
K204 sağ uç	-61,2	-974,3	139,4	12,46
K301 sol uç	-55,8	654,8	139,4	7,83
K301 sağ uç	-61,8	-543,7	139,4	7,01
K302 sol uç	-60,8	560,3	139,4	7,13
K302 sağ uç	-68,0	-557,3	139,4	7,81
K303 sol uç	-60,8	560,3	139,4	7,13
K303 sağ uç	-68,0	-563,9	139,4	7,90
K304 sol uç	-54,5	542,3	139,4	6,39
K304 sağ uç	-64,2	-639,4	139,4	8,50
K401 sol uç	-59,8	538,6	139,4	6,77
K401 sağ uç	-57,9	-448,4	139,4	5,50
K402 sol uç	-61,1	497,0	139,4	6,35
K402 sağ uç	-67,1	-488,9	139,4	6,76
K403 sol uç	-61,5	490,4	139,4	6,30
K403 sağ uç	-66,6	-496,2	139,4	6,82
K404 sol uç	-52,3	459,1	139,4	5,27
K404 sağ uç	-66,4	-552,1	139,4	7,56
K501 sol uç	-62,9	405,9	139,4	5,31
K501 sağ uç	-54,7	-332,0	139,4	3,92
K502 sol uç	-61,7	401,4	139,4	5,17
K502 sağ uç	-66,2	-390,7	139,4	5,34
K503 sol uç	-62,2	393,7	139,4	5,10
K503 sağ uç	-65,7	-402,9	139,4	5,47
K504 sol uç	-50,8	346,8	139,4	3,91
K504 sağ uç	-67,4	-422,4	139,4	5,87
K601 sol uç	-66,7	242,9	139,4	3,34
K601 sağ uç	-52,5	-192,9	139,4	2,22
K602 sol uç	-60,9	284,6	139,4	3,63
K602 sağ uç	-66,1	-271,1	139,4	3,70
K603 sol uç	-63,4	275,0	139,4	3,62
K603 sağ uç	-63,6	-286,8	139,4	3,78
K604 sol uç	-49,9	210,9	139,4	2,36

K604 sağ uç	-70,0	-263,5	139,4	3,80
K701 sol uç	-45,4	91,8	139,4	0,98
K701 sağ uç	-60,6	-49,7	139,4	0,63
K702 sol uç	-63,2	139,7	139,4	1,83
K702 sağ uç	-64,6	-116,1	139,4	1,55
K703 sol uç	-63,4	119,3	139,4	1,57
K703 sağ uç	-64,4	-139,2	139,4	1,86
K704 sol uç	-59,4	62,8	139,4	0,79
K704 sağ uç	-47,1	-105,6	139,4	1,14

Tablo 4.

Kısa Kolon Teşkil Olmayan Yapıda Kirişlerin Etki/Kapasite Oranı

Kiriş Uçları	$M_{G+Q}(kNm)$	$M_E(kNm)$	M_{kap}	r
K101 sol uç	-42,8	842,5	139,4	8,72
K101 sağ uç	-72,9	-696,9	139,4	10,48
K102 sol uç	-61,8	624,9	139,4	8,05
K102 sağ uç	-69,0	-632,7	139,4	8,99
K103 sol uç	-58,8	625,5	139,4	7,76
K103 sağ uç	-71,8	-609,8	139,4	9,02
K104 sol uç	-61,8	659,4	139,4	8,50
K104 sağ uç	-55,9	-782,5	139,4	9,37
K201 sol uç	-51,3	726,1	139,4	8,24
K201 sağ uç	-66,6	-616,8	139,4	8,47
K202 sol uç	-60,6	611,7	139,4	7,76
K202 sağ uç	-68,8	-610,1	139,4	8,64
K203 sol uç	-60,2	608,5	139,4	7,68
K203 sağ uç	-69,2	-606,9	139,4	8,65
K204 sol uç	-57,5	619,8	139,4	7,57
K204 sağ uç	-61,7	-729,1	139,4	9,38
K301 sol uç	-55,8	646,3	139,4	7,73
K301 sağ uç	-61,8	541,5	139,4	6,98

K302 sol uç	-60,8	566,1	139,4	7,20
K302 sağ uç	-67,9	-561,9	139,4	7,86
K303 sol uç	-60,8	562,3	139,4	7,15
K303 sağ uç	-68,0	-564,3	139,4	7,90
K304 sol uç	-54,5	551,6	139,4	6,50
K304 sağ uç	-64,3	-655,9	139,4	8,73
K401 sol uç	-59,8	537,7	139,4	6,76
K401 sağ uç	-57,9	-446,5	139,4	5,48
K402 sol uç	-61,1	496,8	139,4	6,34
K402 sağ uç	-67,1	-488,7	139,4	6,76
K403 sol uç	-61,5	490,3	139,4	6,29
K403 sağ uç	-66,7	-496,0	139,4	6,82
K404 sol uç	-52,4	461,3	139,4	5,30
K404 sağ uç	-66,3	-553,2	139,4	7,57
K501 sol uç	-62,8	403,9	139,4	5,27
K501 sağ uç	-54,7	-330,1	139,4	3,90
K502 sol uç	-61,7	401,8	139,4	5,17
K502 sağ uç	-66,2	-390,7	139,4	5,34
K503 sol uç	-62,2	393,5	139,4	5,10
K503 sağ uç	-65,7	-402,2	139,4	5,46
K504 sol uç	-50,9	349,0	139,4	3,94
K504 sağ uç	-67,4	-424,6	139,4	5,90
K601 sol uç	-66,7	241,1	139,4	3,32
K601 sağ uç	-52,5	-191,1	139,4	2,20
K602 sol uç	-60,9	284,9	139,4	3,63
K602 sağ uç	-66,1	-271,0	139,4	3,70
K603 sol uç	-63,4	274,8	139,4	3,62
K603 sağ uç	-63,6	-286,3	139,4	3,78
K604 sol uç	-50,0	213,1	139,4	2,38
K604 sağ uç	-69,9	-265,5	139,4	3,82
K701 sol uç	-45,3	90,7	139,4	0,96
K701 sağ uç	-60,6	-48,4	139,4	0,61
K702 sol uç	-63,2	140,2	139,4	1,84

K702 sağ uç	-64,6	-116,2	139,4	1,55
K703 sol uç	-63,4	119,1	139,4	1,57
K703 sağ uç	-64,4	-138,5	139,4	1,85
K704 sol uç	-59,4	64,4	139,4	0,81
K704 sağ uç	-47,1	-107,0	139,4	1,16

Tablo 5.

Kısa Kolon Teşkili Olan Yapıda Kirişlerin Hasar Bölgeleri

Kiriş Uçları	$(\rho - \rho') / \rho_b$	Sargılama	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	r	Hasar Bölgesi
K101 sol uç	≤ 0	var	1,54	11,14	Göçme
K101 sağ uç	≤ 0	var	1,54	12,77	Göçme
K102 sol uç	≤ 0	var	1,29	10,74	Göçme
K102 sağ uç	≤ 0	var	1,29	11,11	Göçme
K103 sol uç	≤ 0	var	1,27	10,33	Göçme
K103 sağ uç	≤ 0	var	1,27	11,11	Göçme
K104 sol uç	≤ 0	var	1,49	11,44	Göçme
K104 sağ uç	≤ 0	var	1,49	11,58	Göçme
K201 sol uç	≤ 0	var	1,30	9,87	Göçme
K201 sağ uç	≤ 0	var	1,30	10,43	Göçme
K202 sol uç	≤ 0	var	1,28	10,49	Göçme
K202 sağ uç	≤ 0	var	1,28	11,09	Göçme
K203 sol uç	≤ 0	var	1,27	10,22	Göçme
K203 sağ uç	≤ 0	var	1,27	11,02	Göçme
K204 sol uç	≤ 0	var	1,44	10,26	Göçme
K204 sağ uç	≤ 0	var	1,44	12,46	Göçme
K301 sol uç	≤ 0	var	0,96	7,83	İleri Hasar
K301 sağ uç	≤ 0	var	0,96	7,01	İleri Hasar
K302 sol uç	≤ 0	var	0,89	7,13	İleri Hasar
K302 sağ uç	≤ 0	var	0,89	7,81	İleri Hasar
K303 sol uç	≤ 0	var	0,90	7,13	İleri Hasar

K303 sağ uç	≤ 0	var	0,90	7,90	İleri Hasar
K304 sol uç	≤ 0	var	0,94	6,39	İleri Hasar
K304 sağ uç	≤ 0	var	0,94	8,50	İleri Hasar
K401 sol uç	≤ 0	var	0,79	6,77	İleri Hasar
K401 sağ uç	≤ 0	var	0,79	5,50	Belirgin Hasar
K402 sol uç	≤ 0	var	0,79	6,35	Belirgin Hasar
K402 sağ uç	≤ 0	var	0,79	6,76	İleri Hasar
K403 sol uç	≤ 0	var	0,79	6,30	Belirgin Hasar
K403 sağ uç	≤ 0	var	0,79	6,82	İleri Hasar
K404 sol uç	≤ 0	var	0,81	5,27	Belirgin Hasar
K404 sağ uç	≤ 0	var	0,81	7,56	İleri Hasar
K501 sol uç	≤ 0	var	0,59	5,31	Belirgin Hasar
K501 sağ uç	≤ 0	var	0,59	3,92	Belirgin Hasar
K502 sol uç	≤ 0	var	0,63	5,17	Belirgin Hasar
K502 sağ uç	≤ 0	var	0,63	5,34	Belirgin Hasar
K503 sol uç	≤ 0	var	0,63	5,10	Belirgin Hasar
K503 sağ uç	≤ 0	var	0,63	5,47	Belirgin Hasar
K504 sol uç	≤ 0	var	0,61	3,91	Belirgin Hasar
K504 sağ uç	≤ 0	var	0,61	5,87	Belirgin Hasar
K601 sol uç	≤ 0	var	0,35	3,34	Belirgin Hasar
K601 sağ uç	≤ 0	var	0,35	2,22	Minimum Hasar
K602 sol uç	≤ 0	var	0,44	3,63	Belirgin Hasar
K602 sağ uç	≤ 0	var	0,44	3,70	Belirgin Hasar
K603 sol uç	≤ 0	var	0,45	3,62	Belirgin Hasar
K603 sağ uç	≤ 0	var	0,45	3,78	Belirgin Hasar
K604 sol uç	≤ 0	var	0,38	2,36	Minimum Hasar
K604 sağ uç	≤ 0	var	0,38	3,80	Belirgin Hasar
K701 sol uç	≤ 0	var	0,11	0,98	Minimum Hasar
K701 sağ uç	≤ 0	var	0,11	0,63	Minimum Hasar
K702 sol uç	≤ 0	var	0,20	1,83	Minimum Hasar
K702 sağ uç	≤ 0	var	0,20	1,55	Minimum Hasar
K703 sol uç	≤ 0	var	0,20	1,57	Minimum Hasar
K703 sağ uç	≤ 0	var	0,20	1,86	Minimum Hasar

K704 sol uç	≤ 0	var	0,13	0,79	Minimum Hasar
K704 sağ uç	≤ 0	var	0,13	1,14	Minimum Hasar

Tablo 6.

Kısa Kolon Teşkil Olmayan Yapıda Kirişlerin Hasar Bölgeleri

Kiriş Uçları	$(\rho - \rho') / \rho_b$	Sargılama	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	r	Hasar Bölgesi
K101 sol uç	≤ 0	var	1,23	8,72	Göçme
K101 sağ uç	≤ 0	var	1,23	10,48	Göçme
K102 sol uç	≤ 0	var	1,01	8,05	İleri Hasar
K102 sağ uç	≤ 0	var	1,01	8,99	İleri Hasar
K103 sol uç	≤ 0	var	0,99	7,76	İleri Hasar
K103 sağ uç	≤ 0	var	0,99	9,02	İleri Hasar
K104 sol uç	≤ 0	var	1,16	8,50	İleri Hasar
K104 sağ uç	≤ 0	var	1,16	9,37	Göçme
K201 sol uç	≤ 0	var	1,08	8,24	İleri Hasar
K201 sağ uç	≤ 0	var	1,08	8,47	İleri Hasar
K202 sol uç	≤ 0	var	0,98	7,76	İleri Hasar
K202 sağ uç	≤ 0	var	0,98	8,64	İleri Hasar
K203 sol uç	≤ 0	var	0,97	7,68	İleri Hasar
K203 sağ uç	≤ 0	var	0,97	8,65	İleri Hasar
K204 sol uç	≤ 0	var	1,08	7,57	İleri Hasar
K204 sağ uç	≤ 0	var	1,08	9,38	Göçme
K301 sol uç	≤ 0	var	0,95	7,73	İleri Hasar
K301 sağ uç	≤ 0	var	0,95	6,98	İleri Hasar
K302 sol uç	≤ 0	var	0,90	7,20	İleri Hasar
K302 sağ uç	≤ 0	var	0,90	7,86	İleri Hasar
K303 sol uç	≤ 0	var	0,90	7,15	İleri Hasar
K303 sağ uç	≤ 0	var	0,90	7,90	İleri Hasar
K304 sol uç	≤ 0	var	0,97	6,50	İleri Hasar
K304 sağ uç	≤ 0	var	0,97	8,73	İleri Hasar

K401 sol uç	≤ 0	var	0,79	6,76	İleri Hasar
K401 sağ uç	≤ 0	var	0,79	5,48	Belirgin Hasar
K402 sol uç	≤ 0	var	0,79	6,34	Belirgin Hasar
K402 sağ uç	≤ 0	var	0,79	6,76	İleri Hasar
K403 sol uç	≤ 0	var	0,79	6,29	Belirgin Hasar
K403 sağ uç	≤ 0	var	0,79	6,82	İleri Hasar
K404 sol uç	≤ 0	var	0,81	5,30	Belirgin Hasar
K404 sağ uç	≤ 0	var	0,81	7,57	İleri Hasar
K501 sol uç	≤ 0	var	0,59	5,27	Belirgin Hasar
K501 sağ uç	≤ 0	var	0,59	3,90	Belirgin Hasar
K502 sol uç	≤ 0	var	0,64	5,17	Belirgin Hasar
K502 sağ uç	≤ 0	var	0,64	5,34	Belirgin Hasar
K503 sol uç	≤ 0	var	0,64	5,10	Belirgin Hasar
K503 sağ uç	≤ 0	var	0,64	5,46	Belirgin Hasar
K504 sol uç	≤ 0	var	0,62	3,94	Belirgin Hasar
K504 sağ uç	≤ 0	var	0,62	5,90	Belirgin Hasar
K601 sol uç	≤ 0	var	0,35	3,32	Belirgin Hasar
K601 sağ uç	≤ 0	var	0,35	2,20	Minimum Hasar
K602 sol uç	≤ 0	var	0,45	3,63	Belirgin Hasar
K602 sağ uç	≤ 0	var	0,45	3,70	Belirgin Hasar
K603 sol uç	≤ 0	var	0,45	3,62	Belirgin Hasar
K603 sağ uç	≤ 0	var	0,45	3,78	Belirgin Hasar
K604 sol uç	≤ 0	var	0,38	2,38	Minimum Hasar
K604 sağ uç	≤ 0	var	0,38	3,82	Belirgin Hasar
K701 sol uç	≤ 0	var	0,11	0,96	Minimum Hasar
K701 sağ uç	≤ 0	var	0,11	0,61	Minimum Hasar
K702 sol uç	≤ 0	var	0,21	1,84	Minimum Hasar
K702 sağ uç	≤ 0	var	0,21	1,55	Minimum Hasar
K703 sol uç	≤ 0	var	0,21	1,57	Minimum Hasar
K703 sağ uç	≤ 0	var	0,21	1,85	Minimum Hasar
K704 sol uç	≤ 0	var	0,14	0,81	Minimum Hasar
K704 sağ uç	≤ 0	var	0,14	1,16	Minimum Hasar

Tablo 7.

Kısa Kolon Teşkili Olan Yapıda Kolonların Hasar Bölgeleri

Kolon Uçları	M_{G+Q} (kN/m)	M_E (kN/m)	M_p (kN/m)	r	$N/(A_c f_{ck})$	Sargılama	$V_e/(b_w d f_{ctm})$	Hasar Bölgesi
S101 alt uç	-7,5	926,2	230	4,16	0,28	var	1,80	Belirgin Hasar
S101 üst uç	18,9	-585,4	240	2,65	0,34	var	1,80	Belirgin Hasar
S201 alt uç	-27,2	453,8	240	2,13	0,30	var	1,15	Minimum Hasar
S201 üst uç	27,0	-514,4	230	2,53	0,28	var	1,15	Minimum Hasar
S301 alt uç	-26,1	337,3	215	1,79	0,23	var	0,71	Minimum Hasar
S301 üst uç	26,9	-371,6	205	2,09	0,19	var	0,71	Minimum Hasar
S401 alt uç	-28,9	283,2	180	1,87	0,14	var	0,58	Minimum Hasar
S401 üst uç	29,1	-314,7	170	2,23	0,14	var	0,58	Minimum Hasar
S501 alt uç	-30,8	223,9	150	1,88	0,06	var	0,58	Minimum Hasar
S501 üst uç	30,9	-261,2	150	2,19	0,06	var	0,58	Minimum Hasar
S601 alt uç	-31,9	144,7	120	1,64	0,01	var	0,40	Minimum Hasar
S601 üst uç	31,1	-194,2	125	2,07	0,02	var	0,40	Minimum Hasar
S701 alt uç	-35,5	48,8	125	0,55	0,02	var	0,17	Minimum Hasar
S701 üst uç	45,4	-91,8	125	1,15	0,02	var	0,17	Minimum Hasar
S102 alt uç	0,0	884,6	235	3,76	0,29	var	1,66	Belirgin Hasar
S102 üst uç	0,0	-1089,3	235	4,64	0,26	var	4,25	İleri Hasar
S202 alt uç	0,0	602,1	225	2,68	0,24	var	1,23	Belirgin Hasar
S202 üst uç	0,0	-1065,3	215	4,95	0,23	var	4,07	İleri Hasar
S302 alt uç	0,0	521,6	215	2,43	0,21	var	1,32	Minimum Hasar
S302 üst uç	0,0	-588,0	210	2,80	0,21	var	1,32	Minimum Hasar
S402 alt uç	0,0	516,0	200	2,58	0,18	var	1,25	Minimum Hasar
S402 üst uç	0,0	-530,8	195	2,72	0,18	var	1,25	Minimum Hasar
S502 alt uç	0,0	414,6	180	2,30	0,14	var	1,02	Minimum Hasar
S502 üst uç	0,0	-439,1	180	2,44	0,14	var	1,02	Minimum Hasar
S602 alt uç	0,0	294,3	160	1,84	0,09	var	0,74	Minimum Hasar
S602 üst uç	0,0	-324,8	160	2,03	0,09	var	0,74	Minimum Hasar
S702 alt uç	0,0	152,7	145	1,05	0,04	var	0,41	Minimum Hasar
S702 üst uç	0,0	-189,5	145	1,31	0,04	var	0,41	Minimum Hasar

S103 alt uç	0,0	848,5	240	3,54	0,33	var	1,57	Belirgin Hasar
S103 üst uç	0,0	-1031,7	235	4,39	0,33	var	4,07	İleri Hasar
S203 alt uç	0,0	583,7	230	2,54	0,29	var	1,19	Belirgin Hasar
S203 üst uç	0,0	-1070,1	225	4,76	0,25	var	4,12	İleri Hasar
S303 alt uç	0,0	526,9	225	2,34	0,24	var	1,33	Minimum Hasar
S303 üst uç	0,0	-592,4	225	2,63	0,24	var	1,33	Minimum Hasar
S403 alt uç	0,0	525,2	205	2,56	0,20	var	1,27	Minimum Hasar
S403 üst uç	0,0	-544,0	205	2,65	0,19	var	1,27	Minimum Hasar
S503 alt uç	0,0	435,3	195	2,23	0,15	var	1,07	Minimum Hasar
S503 üst uç	0,0	-461,9	195	2,37	0,15	var	1,07	Minimum Hasar
S603 alt uç	0,0	322,5	175	1,84	0,11	var	0,81	Minimum Hasar
S603 üst uç	0,0	-355,3	165	2,15	0,11	var	0,81	Minimum Hasar
S703 alt uç	0,0	190,7	150	1,27	0,06	var	0,51	Minimum Hasar
S703 üst uç	0,0	-235,4	150	1,57	0,06	var	0,51	Minimum Hasar
S104 alt uç	0,0	831,2	240	3,46	0,32	var	1,56	Belirgin Hasar
S104 üst uç	0,0	-1019,3	235	4,34	0,29	var	3,98	İleri Hasar
S204 alt uç	0,0	616,1	235	2,62	0,29	var	1,25	Minimum Hasar
S204 üst uç	0,0	-1088,2	230	4,73	0,24	var	4,17	İleri Hasar
S304 alt uç	0,0	531,2	230	2,31	0,26	var	1,34	Minimum Hasar
S304 üst uç	0,0	-590,1	225	2,62	0,25	var	1,34	Minimum Hasar
S404 alt uç	0,0	516,0	215	2,40	0,21	var	1,25	Minimum Hasar
S404 üst uç	0,0	-533,0	210	2,54	0,21	var	1,25	Minimum Hasar
S504 alt uç	0,0	422,3	200	2,11	0,18	var	1,03	Minimum Hasar
S504 üst uç	0,0	-446,3	195	2,29	0,16	var	1,03	Minimum Hasar
S604 alt uç	0,0	303,3	180	1,69	0,14	var	0,76	Minimum Hasar
S604 üst uç	0,0	-334,1	175	1,91	0,12	var	0,76	Minimum Hasar
S704 alt uç	0,0	163,7	160	1,02	0,09	var	0,44	Minimum Hasar
S704 üst uç	0,0	-202,0	150	1,35	0,07	var	0,44	Minimum Hasar
S105 alt uç	13,4	697,6	240	3,08	0,44	var	1,12	Belirgin Hasar
S105 üst uç	-23,8	-717,0	240	3,32	0,44	var	3,25	İleri Hasar
S205 alt uç	28,8	289,3	210	1,60	0,58	var	0,50	Belirgin Hasar
S205 üst uç	-30,5	-733,1	235	3,58	0,31	var	3,20	İleri Hasar
S305 alt uç	30,7	241,3	230	1,21	0,53	var	0,69	Minimum Hasar

S305 üst uç	-31,8	-337,9	240	1,62	0,46	var	0,69	Minimum Hasar
S405 alt uç	32,4	301,8	240	1,45	0,34	var	0,74	Minimum Hasar
S405 üst uç	-33,1	-322,3	240	1,56	0,34	var	0,74	Minimum Hasar
S505 alt uç	33,2	229,8	225	1,20	0,24	var	0,59	Minimum Hasar
S505 üst uç	-34,1	-267,6	220	1,44	0,24	var	0,59	Minimum Hasar
S605 alt uç	33,4	154,8	190	0,99	0,14	var	0,43	Minimum Hasar
S605 üst uç	-32,9	-203,7	180	1,38	0,13	var	0,43	Minimum Hasar
S705 alt uç	37,0	59,8	140	0,58	0,04	var	0,20	Minimum Hasar
S705 üst uç	-47,1	-105,6	140	1,14	0,04	var	0,20	Minimum Hasar

Tablo 8.

Kısa Kolon Teşkilinin Olmayan Yapıda Kolonların Hasar Bölgeleri

Kolon Uçları	M_{G+Q} (kN/m)	M_E (kN/m)	M_p (kN/m)	r	$N/(A_c f_{ck})$	Sargılama	$V_e/(b_w d f_{ctm})$	Hasar Bölgesi
S101 alt uç	-4,7	774,4	230	3,44	0,29	var	1,50	Belirgin Hasar
S101 üst uç	17,1	-489,0	240	2,19	0,37	var	1,50	Belirgin Hasar
S201 alt uç	-25,7	353,5	239	1,66	0,33	var	0,88	Minimum Hasar
S201 üst uç	24,9	-382,1	237	1,80	0,31	var	0,88	Minimum Hasar
S301 alt uç	-26,4	344,1	210	1,87	0,22	var	0,84	Minimum Hasar
S301 üst uç	26,9	-358,2	209	1,97	0,20	var	0,84	Minimum Hasar
S401 alt uç	-28,9	288,1	160	2,20	0,14	var	0,57	Minimum Hasar
S401 üst uç	29,1	-315,6	160	2,41	0,13	var	0,57	Minimum Hasar
S501 alt uç	-30,7	222,1	150	1,86	0,06	var	0,57	Minimum Hasar
S501 üst uç	30,9	-260,1	155	2,10	0,06	var	0,57	Minimum Hasar
S601 alt uç	-31,9	143,9	120	1,63	0,01	var	0,40	Minimum Hasar
S601 üst uç	31,1	-193,3	130	1,95	0,02	var	0,40	Minimum Hasar
S701 alt uç	-35,6	47,9	130	0,51	0,02	var	0,17	Minimum Hasar
S701 üst uç	45,3	-90,7	130	1,07	0,02	var	0,17	Minimum Hasar
S102 alt uç	0,0	848,4	240	3,54	0,30	var	1,82	Belirgin Hasar
S102 üst uç	0,0	-678,0	230	2,95	0,30	var	1,82	Belirgin Hasar
S202 alt uç	0,0	643,8	225	2,86	0,26	var	1,53	Belirgin Hasar

S202 üst uç	0,0	-643,8	225	2,86	0,26	var	1,53	Belirgin Hasar
S302 alt uç	0,0	584,7	210	2,78	0,21	var	1,40	Belirgin Hasar
S302 üst uç	0,0	-595,2	210	2,83	0,19	var	1,40	Belirgin Hasar
S402 alt uç	0,0	512,4	200	2,56	0,19	var	1,24	Belirgin Hasar
S402 üst uç	0,0	-529,1	190	2,78	0,18	var	1,24	Belirgin Hasar
S502 alt uç	0,0	414,2	180	2,30	0,14	var	1,02	Minimum Hasar
S502 üst uç	0,0	-438,4	180	2,44	0,14	var	1,02	Minimum Hasar
S602 alt uç	0,0	293,4	160	1,83	0,09	var	0,74	Minimum Hasar
S602 üst uç	0,0	-324,0	160	2,03	0,09	var	0,74	Minimum Hasar
S702 alt uç	0,0	151,9	145	1,05	0,05	var	0,41	Minimum Hasar
S702 üst uç	0,0	-188,6	140	1,35	0,04	var	0,41	Minimum Hasar
S103 alt uç	0,0	811,2	240	3,38	0,33	var	1,72	Belirgin Hasar
S103 üst uç	0,0	-634,8	235	2,70	0,33	var	1,72	Belirgin Hasar
S203 alt uç	0,0	623,5	230	2,71	0,29	var	1,49	Belirgin Hasar
S203 üst uç	0,0	-630,8	230	2,74	0,29	var	1,49	Belirgin Hasar
S303 alt uç	0,0	587,8	220	2,67	0,24	var	1,41	Belirgin Hasar
S303 üst uç	0,0	-600,4	215	2,79	0,24	var	1,41	Belirgin Hasar
S403 alt uç	0,0	523,9	205	2,56	0,20	var	1,27	Belirgin Hasar
S403 üst uç	0,0	-543,7	205	2,65	0,19	var	1,27	Belirgin Hasar
S503 alt uç	0,0	435,2	190	2,29	0,15	var	1,07	Minimum Hasar
S503 üst uç	0,0	-461,8	190	2,43	0,15	var	1,07	Minimum Hasar
S603 alt uç	0,0	322,4	175	1,84	0,11	var	0,81	Minimum Hasar
S603 üst uç	0,0	-355,2	140	2,54	0,11	var	0,81	Minimum Hasar
S703 alt uç	0,0	190,6	155	1,23	0,06	var	0,51	Minimum Hasar
S703 üst uç	0,0	-235,3	150	1,57	0,06	var	0,51	Minimum Hasar
S104 alt uç	0,0	791,0	240	3,30	0,33	var	1,69	Belirgin Hasar
S104 üst uç	0,0	-626,9	245	2,56	0,34	var	1,69	Belirgin Hasar
S204 alt uç	0,0	642,3	240	2,68	0,30	var	1,52	Belirgin Hasar
S204 üst uç	0,0	-638,5	240	2,66	0,29	var	1,52	Belirgin Hasar
S304 alt uç	0,0	588,3	225	2,61	0,25	var	1,41	Belirgin Hasar
S304 üst uç	0,0	-598,1	220	2,72	0,24	var	1,41	Belirgin Hasar
S404 alt uç	0,0	517,8	215	2,41	0,21	var	1,25	Belirgin Hasar
S404 üst uç	0,0	-534,7	215	2,49	0,21	var	1,25	Belirgin Hasar

S504 alt uç	0,0	422,6	195	2,17	0,18	var	1,03	Minimum Hasar
S504 üst uç	0,0	-446,9	195	2,29	0,16	var	1,03	Minimum Hasar
S604 alt uç	0,0	304,2	175	1,74	0,13	var	0,76	Minimum Hasar
S604 üst uç	0,0	-334,9	175	1,91	0,12	var	0,76	Minimum Hasar
S704 alt uç	0,0	164,5	160	1,03	0,09	var	0,44	Minimum Hasar
S704 üst uç	0,0	-202,8	155	1,31	0,08	var	0,44	Minimum Hasar
S105 alt uç	17,0	669,1	240	3,00	0,45	var	1,28	Belirgin Hasar
S105 üst uç	30,8	-407,8	220	2,16	0,56	var	1,28	Belirgin Hasar
S205 alt uç	30,9	374,7	235	1,84	0,50	var	0,90	Minimum Hasar
S205 üst uç	-32,0	-381,8	235	1,88	0,49	var	0,90	Minimum Hasar
S305 alt uç	30,9	347,3	240	1,66	0,43	var	0,84	Minimum Hasar
S305 üst uç	-32,0	-361,0	240	1,74	0,41	var	0,84	Minimum Hasar
S405 alt uç	32,3	294,9	240	1,42	0,34	var	0,73	Minimum Hasar
S405 üst uç	-33,1	-321,5	240	1,55	0,33	var	0,73	Minimum Hasar
S505 alt uç	33,2	231,6	225	1,21	0,24	var	0,60	Minimum Hasar
S505 üst uç	-34,0	-268,8	215	1,49	0,21	var	0,60	Minimum Hasar
S605 alt uç	33,4	155,8	190	0,99	0,14	var	0,43	Minimum Hasar
S605 üst uç	-32,9	-204,7	180	1,39	0,14	var	0,43	Minimum Hasar
S705 alt uç	37,0	60,8	140	0,59	0,04	var	0,20	Minimum Hasar
S705 üst uç	-47,1	-107,0	140	1,15	0,04	var	0,20	Minimum Hasar

5. SONUÇ

Bu çalışmada, ülkemizde sıkça karşılaşılan kısa kolon teşkilinin yapıların deprem hasar seviyelerine etkileri üzerinde durulmuştur. Yapıların hasar seviyelerinin belirlenmesinde doğrusal elastik hesap yöntemlerinden biri olan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Sayısal uygulama amacıyla, dört açıklıklı zemin+altı katlı betonarme düzlem çerçevesi (kısa kolonlu ve kısa kolonsuz) yapı sistemleri ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre zemin ve 1. katında kısa kolon olan yapının bu katlarındaki tüm kirişler göçme seviyesine gelirken, kısa kolon olmayan yapıda aynı katlardaki kirişlerden sadece birinin her iki ucunda, iki kirişinde bir ucunda göçme meydana gelmiş diğer tüm kirişler ise ileri hasar seviyesinde kalmıştır. Diğer tüm katlardaki kirişlerin hasar seviyeleri ise birbirine yakın çıkmıştır. Kolonlarda ise kısa kolon teşkilinin yapıldığı yapının S102-S103-S104-S105-S202-S203-S204-S205 kolonlarının üst uçlarındaki hasar seviyeleri ileri hasar seviyesine çıkarken, kısa kolonun olmadığı düzlem çerçevenin aynı kolonlarındaki hasar seviyesi belirgin hasar seviyesinde kalmıştır. Diğer tüm kat

kolonlarında ise hasar seviyeleri aynı çıkmıştır. Yapılan analizler sonucunda, yapıların deprem hasar seviyelerinin kısa kolon oluşumuyla arttığı görülmüştür. Bundan dolayı yapılarda kısa kolon oluşumundan mümkün olduğunca kaçınılmalı eğer zorunluluktan dolayı yapılacaksa gerekli kesme güvenliği sağlanacak şekilde yapılmalıdır. Kısa kolonda gerekli kesme güvenliği etriyeler sıklaştırılarak, kısa kolonun her iki yanını ezilebilir malzeme (tuğla,ytong vb.) ile örülerek veya sisteme perde ilave edilerek sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. A. İlki, H. Boduroğlu, P. Özdemir, F. Baysan, C. Demir, S. Şirin, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, AT-119 (2003).
2. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik, (2007).
3. S. Oğuz, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara, (2005).
4. Z. Celep, N. Kumbasar, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul, (2004) 860.
5. Z. Celep, Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, İstanbul, (2007) 144.
6. Chopra, K. Anil, Goel, K. Rakesh, Capacity-Demand-Diagram Methods For Estimating Seismic Deformation of Inelastic Structures SDF Systems, PEER, 02 (1999).
7. TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, (2000).
8. CSI SAP 2000 V-8.1.2, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Computer and Structures Inc, California, (2002).
9. A. Doğangün, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, İstanbul, (2007) 836.