

BURULMA DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME KİRİŞLER VE KOLONLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Hakan ERDEM*

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Üniversitesi, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 09.04.2016

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 22.05.2016

Kabul / Accepted: 25.05.2016

ÖZ

Depreme dayanıklı yapı tasarımında taşıyıcı sistemin burulma düzensizliğine sahip olması istenmez. Burulma düzensizliği betonarme yapıların kiriş ve kolon iç kuvvetlerini etkiler. Bu değişimden dolayı gereken donatı alanı ve yapı maliyeti artabilir. Bu çalışmada burulma düzensizliğinden kaçınmanın, betonarme kiriş ve kolonlarda oluşan iç kuvvetler üzerindeki etkileri ve bu kuvvetlere bağlı olarak hesaplanan donatı alanlarındaki değişimler incelenmiştir. İlk önce, hesaplamalarda burulma düzensizliği olmayan bir yapı seçilmiştir. Sonra bu yapıdaki bir kolonun boyutları değiştirilmiş ve rijitlik merkezleri farklı olan burulma düzensizlikli taşıyıcı sistemler oluşturulmuştur. İdeCad7 programı ile yapılar analiz edilmiş ve düzensizlikler, iç kuvvetler ve donatı miktarları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme kolon, betonarme kiriş, burulma düzensizliği, iç kuvvetler, donatı alanı

EFFECTS OF TORSIONAL IRREGULARITY ON REINFORCED CONCRETE BEAMS AND COLUMNS

ABSTRACT

A torsional irregularity is undesirable in the earthquake resistant design of the structural system. Torsional irregularity affects the internal forces of beams and columns of reinforced concrete. Because of this change, required reinforcement area and construction cost may increase. In this study, the effects of avoiding from the torsional irregularity on the internal forces of the reinforced concrete beams and columns, and changes in the reinforcement area calculated depending on the force were examined. Firstly, no torsional irregularity structure is selected in the calculations. After, size of a column in this structure is modified and structural systems with torsional irregularity have been established to have different stiffness centers. Structures are analyzed with idecad7 program, and irregularities, internal forces and reinforcement areas were compared.

Keywords: Reinforced concrete column, reinforced concrete beam, torsional irregularity, internal forces, reinforcement area

1. GİRİŞ

Depreme dayanıklı taşıyıcı sistem tasarımı ilkeleri dikkate alınmadan oluşturulan taşıyıcı sistemlerde, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte (DBYBHY) verilen düzensizlikler oluşur [1]. DBYBHY, bu düzensizliklerden sakınılması için bazı düzenlemeler yapmaktadır. Bu nedenle inşaat mühendisleri estetik, emniyet ve ekonomiyi de dikkate alarak depreme dayanıklı taşıyıcı sistem tasarımı

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 225 23 06; e-mail/e-posta: herdem@nigde.edu.tr

BURULMA DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME KİRİŞLER VE KOLONLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

yapmalıdır. Ancak, çeşitli nedenlerle depreme dayanıklı taşıyıcı sistem tasarımı yapılmadan tasarlanan taşıyıcı sistemlerle karşılaşılabilir.

Burulma düzensizlikleri üzerine yapılmış bazı çalışmalar vardır. Bu çalışmalarda, çok katlı yapılarda burulma düzensizliğinin etkileri, deprem yönetmeliklerindeki burulma düzensizliği koşulları, deprem hesabında burulma düzensizliği, kullanılan hesap yöntemlerinin etkinliği, perde yerleşiminin binaların depremdeki davranışına etkisi, hareketli yük dağılımının burulma düzensizliğine etkisi ve yumuşak kat düzensizliği ile burulma düzensizliği arasındaki ilişki araştırılmıştır [2-11].

Bu çalışmada taşıyıcı sistemde kolonların simetrik yerleştirilmemesi nedeniyle burulma düzensizliği oluşan yapılarda düzensizlikler, iç kuvvetler ve donatı alanlarındaki değişimler incelenmektedir. Çalışmada, önce kütle ve rijitlik merkezi çakışan bir yapı alınmış, daha sonra S1 kolon boyutları değiştirilerek farklı burulma düzensizliklerine sahip taşıyıcı sistemler oluşturulmuştur. Aynı yapı için oluşturulan farklı taşıyıcı sistemler İdecad7 paket programı ile modellenmiş ve analizi yapılmıştır. Elde edilen düzensizlikler, iç kuvvetler ve donatı alanları karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT**2.1. Düzensiz Binalar**

DBYBHY’de, depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması yapılmış, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar ve bunlarla ilgili koşullar verilmiştir [1].

2.2. Planda Düzensizlikler

Plandaki düzensizlikler, A1-Burulma Düzensizliği, A2-Döşeme Süreksizlikleri ve A3-Planda Çıkıntılar Bulunması durumlarıdır.

Burulma düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin ($\Delta_{i_{max}}$), o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ($\Delta_{i_{ort}}$) ifade eden burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} ’nin 1,20’den büyük olması durumudur. Görelî kat ötelemelerinin hesabı, \pm %5 ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak, Eşitlik 1’e göre yapılır.

$$\eta_{bi} = \frac{\Delta_{i_{max}}}{\Delta_{i_{ort}}} > 1.2 \quad (1)$$

Döşeme süreksizlikleri düzensizliği, herhangi bir kattaki döşemede, merdiven ve asansör boşlukları dahil boşluk alanları toplamının (A_b), kat brüt alanının (A) 1/3’ünden fazla olması, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması, döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur.

$$\frac{A_b}{A} > \frac{1}{3} \quad (2)$$

Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği, bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların ($a_{çıkıntı}$) birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının (L), %20’sinden daha büyük olması durumudur.

$$a_{çıkıntı} > 0.20 L \quad (3)$$

2.3. Düşey Doğrultuda Düzensizlikler

Düşey doğrultudaki düzensizlikler, B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat), B2-Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) ve B3-Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği durumlarıdır.

H. ERDEM

Komşu katlar arası dayanım düzensizliği, betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının $(\Sigma A_g)_i$, bir üst kattaki etkili kesme alanına $(\Sigma A_g)_{i+1}$, oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumudur.

$$\eta_{ci} = \frac{(\Sigma A_e)_i}{(\Sigma A_e)_{i+1}} < 0.80 \quad , \quad \Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (4)$$

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i. kattaki ortalama görel kat ötelemesinin kat yüksekliğine oranının $(\Delta_i / h_i)_{ort}$ bir üst $(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}$ veya bir alt kattaki $(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}$ ortalama görel kat ötelemesinin kat yüksekliğine oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin 2 den büyük olması durumudur. Görel kat ötelemelerinin hesabı, \pm % 5 ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılır.

$$\eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i} \right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}} \right)_{ort}} > 2 \quad , \quad \eta_{ki} = \frac{\left(\frac{\Delta_i}{h_i} \right)_{ort}}{\left(\frac{\Delta_{i-1}}{h_{i-1}} \right)_{ort}} > 2 \quad (5)$$

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği, taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

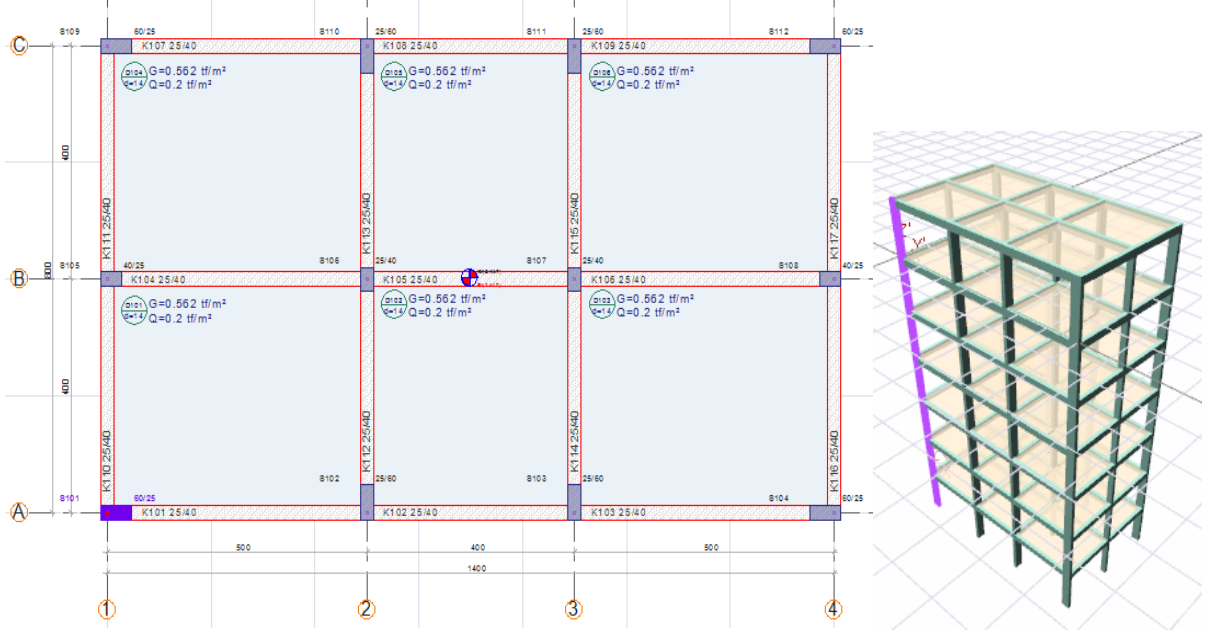
3.1. Sayısal Uygulama

Bu çalışmada, Şekil 1'de verilen yapı için, S1 kolon boyutu önce 25×60 seçilerek burulma düzensizliği olmayan bir taşıyıcı sistem oluşturulmuştur. Daha sonra sadece S1 kolon boyutu 25×90, 25×120, 25×150 ve 25×180 olarak değiştirilerek farklı burulma düzensizliklere sahip taşıyıcı sistemler oluşturulmuştur. Bu beş durumun İdeCAD7 programı ile analizi ile elde edilen düzensizlikler, iç kuvvetler ve donatı alanları karşılaştırılmıştır. İncelemede, yatay doğrultuda 3 ve düşey doğrultuda 4 akslı, 8 m×14 m boyutunda bir yapı seçilmiştir. Yapı bodrum, zemin ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Kat yükseklikleri 3'er metredir. Malzeme olarak C25 ve S420 seçilmiştir. Yapının 2. deprem bölgesinde konut, süneklik düzeyinin yüksek ve duvarın 18 cm kalınlığında gaz beton ($g=3,261$ kN/m) olduğu kabul edilmiştir. Son katta ise duvar yükü alınmamıştır. Zemin sınıfı Z2 alınmıştır. Z2 için $T_a=0,15$ ve $T_b=0,40$ 'dır. İlk dört durumda taşıyıcı sistemde perde olmadığı için taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ seçilmiştir. Ancak beşinci durumda kolonun uzun kenarının kısa kenarının yedi katından büyük olması nedeniyle S1 kolonu perde olarak değerlendirmek gerekmiş $R=7$ olarak alınmıştır.

Tablo 1'de rijitlik, ikinci mertebe etkiler, burulma düzensizliği ve rijitlik düzensizliği için hesaplanan değerler her kat ve bütün taşıyıcı sistemler için verilmiştir. İncelenen beş durumdaki asıl farklılığın burulma düzensizliğinde olduğu görülmektedir. Bodrum katlar için elde edilen burulma düzensizlikleri ise Şekil 2'de karşılaştırılmıştır. Şekilden görüldüğü üzere düzensizlikler S1 kolon boyutunun büyütülmesi ile artmaktadır.

Bodrum kat S2 kolonunun EX2 (%-5), EY1 (%-5), G ve Q yüklemeleri için hesaplanan kolon alt ucuna ait uç kuvvetleri Tablo 2a-2d'de verilmiştir. EY1, G ve Q yüklemelerinde, S1 kolonunun sağ tarafında yer alan S2 kolon eksenel kuvvetinde bir azalma gözlenmiştir (Tablo 2b-2d). EX2 yüklemesinde ise kolon eksenel kuvvetinde bir artış söz konusudur. V2 kesme kuvvetinde değişim bütün yüklemeler için azdır. EX2 yüklemesinde V3'de azalma belirgin iken diğer yüklemelerde çok azdır (Tablo 2a). EX2 ve EY1 de M2 ve M3 momentlerinde bir azalma gözlenirken, diğer yüklemelerde bu gözlenmemiştir.

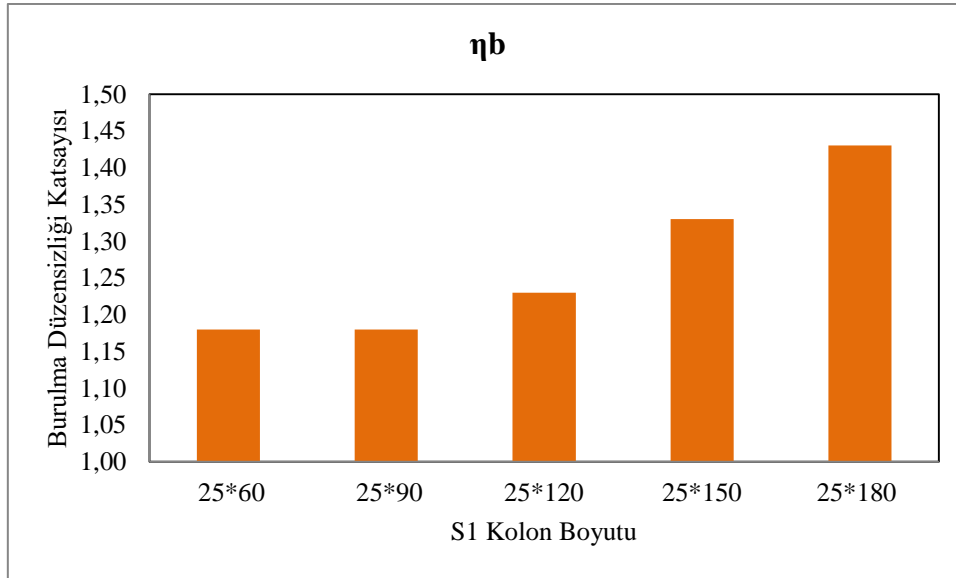
BURULMA DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME KİRİŞLER VE KOLONLAR ÜZERİNE ETKİLERİ



Şekil 1. İncelenen yapının kalıp planı ve üç boyutlu görünümü

Tablo 1. İncelenen yapıya ait bazı düzensizlikler

Kat	25*60				25*90				25*120				25*150				25*180			
	δ_{max}/h	θ	η_{bi}	η_{ki}	δ_{max}/h	θ	η_{bi}	η_{ki}	δ_{max}/h	θ	η_{bi}	η_{ki}	δ_{max}/h	θ	η_{bi}	η_{ki}	δ_{max}/h	θ	η_{bi}	η_{ki}
5	0,003	0,005	1,14	0,62	0,003	0,005	1,15	0,64	0,003	0,005	1,16	0,68	0,003	0,005	1,16	0,72	0,004	0,006	1,17	0,76
4	0,004	0,009	1,15	1,63	0,004	0,008	1,16	1,62	0,004	0,008	1,16	1,62	0,005	0,009	1,17	1,62	0,005	0,009	1,17	1,61
3	0,006	0,013	1,16	1,36	0,006	0,013	1,17	1,35	0,006	0,012	1,17	1,34	0,006	0,012	1,17	1,34	0,006	0,013	1,17	1,34
2	0,007	0,017	1,16	1,22	0,007	0,017	1,17	1,21	0,007	0,016	1,17	1,2	0,007	0,016	1,17	1,2	0,007	0,016	1,17	1,2
1	0,008	0,022	1,17	1,15	0,008	0,021	1,17	1,14	0,008	0,02	1,17	1,14	0,008	0,02	1,17	1,14	0,008	0,02	1,17	1,14
Zemin	0,009	0,027	1,17	1,14	0,009	0,026	1,18	1,14	0,009	0,023	1,17	1,14	0,009	0,024	1,19	1,14	0,009	0,025	1,26	1,14
Bodrum	0,009	0,015	1,18	-	0,009	0,014	1,18	-	0,008	0,014	1,23	-	0,008	0,014	1,33	-	0,009	0,014	1,43	-



Şekil 2. Bodrum katlara ait burulma düzensizlikleri

H. ERDEM

Tablo 2a. Kolon alt ucu EX2 yüklemesine ait uç kuvvetleri

Durum	Yükleme Yönü	N (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kNm)	M2 (kNm)	M3 (kNm)
25*60	EX2	-42,27	1,86	27,56	0,39	48,54	57,27
25*90	EX2	-62,37	-2,35	22,26	-0,20	35,99	-50,90
25*120	EX2	-75,90	-5,69	17,16	-0,78	27,75	-55,90
25*150	EX2	-89,04	-7,26	13,53	-1,18	21,67	-57,86
25*180	EX2	-113,95	-8,63	11,87	-1,47	18,93	-63,15

Tablo 2b. Kolon alt ucu EY1 yüklemesine ait uç kuvvetleri

Durum	Yükleme Yönü	N (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kNm)	M2 (kNm)	M3 (kNm)
25*60	EY1	172,11	-78,16	-2,16	-0,69	-20,20	-198,29
25*90	EY1	166,22	-75,81	-1,27	-0,59	-12,75	-161,12
25*120	EY1	158,87	-73,55	-0,69	-0,49	-9,32	-157,49
25*150	EY1	151,12	-71,39	-0,29	-0,39	-6,96	-153,87
25*180	EY1	162,30	-74,53	0,00	-0,39	-5,79	-162,59

Tablo 2c. Kolon alt ucu G yüklemesine ait uç kuvvetleri

Durum	Yükleme Yönü	N (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kNm)	M2 (kNm)	M3 (kNm)
25*60	G	-663,91	3,33	0,78	0,00	0,78	3,14
25*90	G	-635,77	3,53	0,29	0,00	0,29	3,04
25*120	G	-611,93	3,63	-0,10	0,00	0,00	3,04
25*150	G	-588,79	3,73	-0,39	0,00	-0,39	2,84
25*180	G	-566,63	3,92	-0,69	0,00	-0,69	2,84

Tablo 2d. Kolon alt ucu Q yüklemesine ait uç kuvvetleri

Durum	Yükleme Yönü	N (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kNm)	M2 (kNm)	M3 (kNm)
25*60	Q	-91,69	0,59	0,10	0,00	0,10	0,49
25*90	Q	-87,57	0,59	0,10	0,00	0,10	0,49
25*120	Q	-83,94	0,59	0,00	0,00	0,00	0,49
25*150	Q	-80,32	0,69	0,00	0,00	0,00	0,49
25*180	Q	-76,88	0,69	-0,10	0,00	-0,10	0,49

Tablo 3a'da, bodrum kat S2 kolonuna ait, yük kombinasyonları sonucu elde edilen uç kuvvetler ve boyuna donatılar verilmiştir. Bütün uç kuvvetlerde bir azalma meydana gelmekte ve bunun sonucu olarak kullanılan donatı birinci durumda aynı kalmaktadır.

BURULMA DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME KİRİŞLER VE KOLONLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Tablo 3a. Yük kombinasyonları sonucu elde edilen uç kuvvetler ve boyuna donatılar

Durum	Sonuçlar				Donatılar		
	Kombinasyon	N _d (kN)	M _{d2} (kNm)	M _{d3} (kNm)	A _{st} cm ²	Major	Minör
25*60	0,9G+EY1 Alt	425,41	-19,52	-195,45	15,59	6Ø14	6Ø14
25*90	0,9G+EY1 Alt	406,00	-12,45	-158,38	15,00	6Ø14	4Ø14
25*120	0,9G+EY1 Alt	391,97	-9,32	-154,75	15,00	6Ø14	4Ø14
25*150	0,9G+EY1 Alt	378,83	-7,26	-151,32	15,00	6Ø14	4Ø14
25*180	0,9G+EY1 Alt	347,74	-6,37	-160,04	15,00	6Ø14	4Ø14

Tablo 3b’de, bodrum kat S2 kolonuna ait, hesaplarda kullanılan kesme kuvvetleri ve enine donatılar verilmiştir. Kirişin her iki doğrultusunda da kesme kuvvetlerinde biraz azalma meydana geldiği görülmektedir. Ancak bu değişimin enine donatı alanını etkilemediği görülmektedir.

Tablo 3b. Yük kombinasyonları sonucu elde edilen kesme kuvvetleri ve enine donatılar

Durum	Yön	V _e (kN)	A _{sw} cm ²	Etriye
25*60	Major	82,08	0,024	Ø8/12/7/10
	Minör	28,44	0,058	
25*90	Major	80,02	0,024	Ø8/12/7/10
	Minör	22,56	0,058	
25*120	Major	77,77	0,024	Ø8/12/7/10
	Minör	17,26	0,058	
25*150	Major	75,71	0,024	Ø8/12/7/10
	Minör	13,93	0,058	
25*180	Major	79,14	0,024	Ø8/12/7/10
	Minör	12,65	0,058	

Bodrum kattaki 10 numaralı kiriş KB010 için farklı yüklemelere ait uç kuvvetleri Tablo 4a-4d’de verilmiştir. Farklı eksantrisiteye sahip taşıyıcı sistem oluşturulması durumları için, KB010 kirişi için, G ve Q yüklemelerinde hesaplanan kuvvetlerde belirgin bir değişim gözlenmemiştir. EX2 ve EY1 yüklemelerinde ise sol ve sağ uçlar için kesme kuvvetlerindeki değişimin az olduğu görülmektedir. EX2 yüklemesinde momentlerdeki değişim fazla olmakta hatta momentler işaret değiştirmektedir. EY1 yüklemesinde de momentlerde artış olmakta ancak momentin işareti değişmemektedir.

Tablo 4a. KB010 kirişinin EX2 yüklemesine ait uç kuvvetleri

Durum	Yükleme Yönü	Sol uç			Sağ uç		
		V(kN)	T (kNm)	M (kNm)	V (kN)	T (kNm)	M (kNm)
25*60	EX2	-2,65	-1,77	-17,06	-2,65	-1,77	11,38
25*90	EX2	-1,57	-1,67	-16,18	-1,57	-1,67	10,89
25*120	EX2	0,59	-0,98	17,06	0,59	-0,98	8,53
25*150	EX2	2,35	-0,49	20,89	2,35	-0,49	-9,41
25*180	EX2	4,02	-0,10	26,18	4,02	-0,10	-12,16

H. ERDEM

Tablo 4b. KB010 kirişinin EY1 yüklemesine ait uç kuvvetleri

Durum	Yükleme Yönü	Sol uç			Sağ uç		
		V(kN)	T (kNm)	M (kNm)	V (kN)	T (kNm)	M (kNm)
25*60	EY1	20,89	0,59	42,86	20,89	0,59	-26,38
25*90	EY1	22,95	0,49	48,05	22,95	0,49	-27,46
25*120	EY1	23,73	0,39	51,09	23,73	0,39	-27,75
25*150	EY1	24,03	0,29	53,15	24,03	0,29	-28,24
25*180	EY1	26,58	0,29	59,92	26,58	0,29	-31,48

Tablo 4c. KB010 kirişinin G yüklemesine ait uç kuvvetleri

Durum	Yükleme Yönü	Sol uç			Sağ uç		
		V(kN)	T (kNm)	M (kNm)	V (kN)	T (kNm)	M (kNm)
25*60	G	-20,30	-2,84	-11,38	19,81	4,61	-9,90
25*90	G	-21,67	-2,75	-12,85	19,02	4,81	-9,12
25*120	G	-22,06	-2,65	-13,73	18,53	4,90	-8,63
25*150	G	-22,26	-2,65	-14,12	18,44	4,90	-8,53
25*180	G	-22,36	-2,55	-14,32	18,34	5,00	-8,43

Tablo 4d. KB010 kirişinin Q yüklemesine ait uç kuvvetleri

Durum	Yükleme Yönü	Sol uç			Sağ uç		
		V(kN)	T (kNm)	M (kNm)	V (kN)	T (kNm)	M (kNm)
25*60	Q	-3,63	-1,08	-2,65	3,04	1,57	-1,57
25*90	Q	-4,02	-1,08	-2,94	2,94	1,57	-1,37
25*120	Q	-4,02	-1,08	-3,04	2,84	1,67	-1,37
25*150	Q	-4,02	-1,08	-3,04	2,94	1,67	-1,37
25*180	Q	-4,02	-1,08	-3,04	2,84	1,67	-1,37

KB010 kirişinin donatı hesabında kullanılan sol üst, sol alt, sağ üst, sağ alt uç ve açıklık momentleri ve donatı alanları Tablo 5a'da verilmiştir. Yük kombinasyonları için hesaplanan uç momentlerinde belirgin bir artış gözlenmektedir. Açıklık momentlerindeki değişim ise çok düşük değerdedir. Kuvvetlere bağlı olarak uç donatı alanlarında bir artış meydana gelmiştir. Açıklık donatı alanları ise değişmemiştir.

KB010 kirişinin enine donatı hesabında kullanılan kesme kuvvetleri ve enine donatı alanları Tablo 5b'de verilmiştir. Kesme kuvvetlerinde bir artış gözlenmekte ancak bu artışın enine donatı alanını etkilemediği görülmektedir.

Şekil 3'de, tüm yapıda kullanılan toplam kiriş ve kolon donatı alanları verilmiştir. Bütün durumlarda kiriş donatı alanları hemen hemen değişmemektedir. Ancak taşıyıcı elemanların tamamının kolon olduğu ilk dört durumda kolon donatı alanlarında bir artış gözlenmektedir. Son durum olan kolonun uzun kenarının kısa kenarından yedi kat daha büyük olması durumunda, artık S1 kolonunun perde olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Toplam kolon donatı alanına, düşey taşıyıcı olan bu perdenin donatı alanının eklenmesi durumunda bile boyuna donatı alanı diğer durumlara göre azalmıştır.

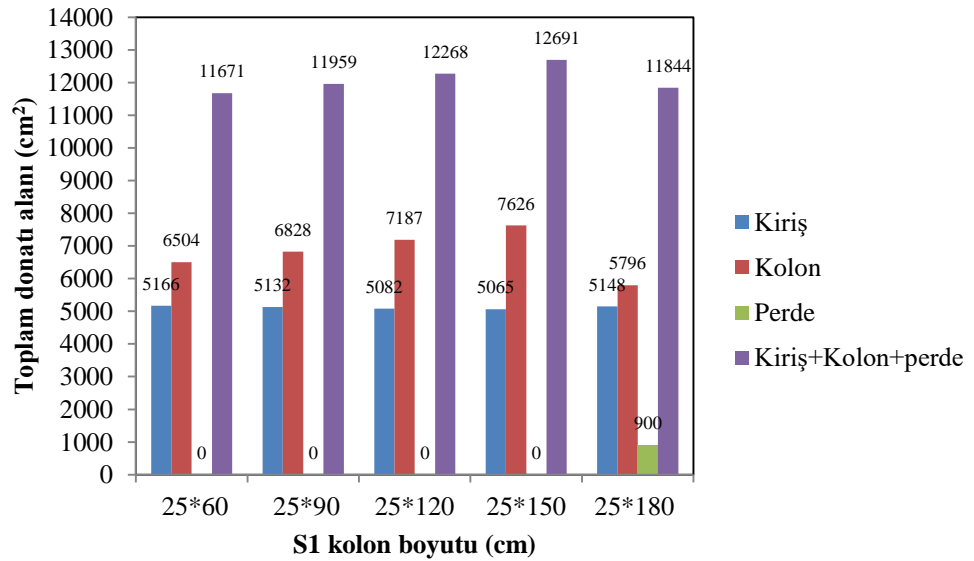
BURULMA DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME KİRİŞLER VE KOLONLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Tablo 5a. KB010 kirişinin donatı hesabında kullanılan momentler ve boyuna donatı alanları

Durum	Moment Donatı Alanı	Sol		Açıklık	Sağ	
		Üst	Alt		Üst	Alt
25*60	Yükleme Yönü	G+Q-EY1	0,9G+EY1	1,4G+1,6Q	G+Q+EY1	0,9G-EY1
	M _d (kNm)	-56,88	32,56	19,61	-37,85	17,46
	A _s cm ²	4,73	2,55	2,27	3,06	2,26
25*90	Yükleme Yönü	G+Q-EY1	0,9G+EY1	1,4G+1,6Q	G+Q+EY1	0,9G-EY1
	M _d (kNm)	-63,84	36,48	18,93	-37,95	19,22
	A _s cm ²	5,36	2,87	2,27	3,07	2,26
25*120	Yükleme Yönü	G+Q-EY1	0,9G+EY1	1,4G+1,6Q	G+Q+EY1	0,9G-EY1
	M _d (kNm)	-67,86	38,74	18,44	-37,66	19,91
	A _s cm ²	5,73	3,05	2,27	3,05	2,26
25*150	Yükleme Yönü	G+Q-EY1	0,9G+EY1	1,4G+1,6Q	G+Q+EY1	0,9G-EY1
	M _d (kNm)	-70,31	40,40	18,44	-38,05	20,59
	A _s cm ²	5,96	3,24	2,27	3,08	2,26
25*180	Yükleme Yönü	G+Q-EY1	0,9G+EY1	1,4G+1,6Q	G+Q+EY1	0,9G-EY1
	M _d (kNm)	-77,18	47,07	18,34	-41,19	23,93
	A _s cm ²	6,62	3,72	2,27	3,35	2,26

Tablo 5b. KB010 kirişinin enine donatı hesabında kullanılan kesme kuvvetleri ve enine donatı alanları

Durum	V _e (kN)	V _d (kN)	A _{sw} cm ²	Etriye
25*60	44,91	44,91	2,40	Ø8/20/10
25*90	48,54	48,54	2,40	Ø8/20/10
25*120	49,82	49,82	2,40	Ø8/20/10
25*150	50,31	50,31	2,40	Ø8/20/10
25*180	52,96	52,96	3,92	Ø8/20/10



Şekil 3. Kirişlerde ve kolonlarda kullanılan toplam donatı alanları

4. SONUÇLAR

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik taşıyıcı sistemlerin düzensizlikler oluşmayacak biçimde tasarlanmasını istemektedir. Yönetmelik özellikle burulma düzensizliğinden sakınılması gerektiğini belirtmektedir. Bu çalışmada önce depreme dayanıklı taşıyıcı sistem tasarım ilkelerine uygun biçimde bir taşıyıcı sistem oluşturulmuş ve bu taşıyıcı sistemdeki boyutu 25×60 olan S1 kolonu boyutları değiştirilerek düzensizlik oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu şekilde aynı yapı için beş farklı taşıyıcı sistem oluşturulmuş ve İdeCAD7 programı ile taşıyıcı sistemler analiz edilmiştir. Öncelikle düzensizlikler incelenmiştir. Seçilen bir kolon için EX, EY1, G ve Q yüklemeleri için elde edilen kuvvetler, hesaplarda kullanılan yük kombinasyonları için hesaplanan kuvvetler, boyuna donatı alanları ve hesaplarda kullanılacak kesme kuvvetleri, enine donatı alanları incelenmiştir. EX2 dışında diğer yükleme durumlarında eksenel kuvvette bir azalma meydana gelmiştir. EX2 ve EY1 yükleme durumlarında kesme kuvvetinde ve momentlerde genel olarak bir azalma gözlenmiştir. Hesaplarda kullanılan yük kombinasyonları için eksenel kuvvet, momentler ve kesme kuvvetinde, S1 kolon boyutunun büyümesi ile bir azalma olduğu görülmekte ama bu kullanılması gereken boyuna ve enine donatı alanlarını etkilememiştir. Aynı şekilde seçilen bir kiriş için EX, EY1, G ve Q yüklemeleri için elde edilen uç kuvvetleri, hesaplarda kullanılan yük kombinasyonları için hesaplanan uç ve açıklık kuvvetleri, hesaplanan boyuna donatı alanları ve hesaplarda kullanılacak kesme kuvvetleri, enine donatı alanları incelenmiştir. Deprem yüklemesi durumu olan EX2 ve EY1 yüklemelerinde kirişin kesme ve momentlerinde bir artış gözlenmiştir. Yük kombinasyonları ile hesapta kullanılacak momentlerde bu artış daha belirgin olmuş ve buna bağlı olarak da donatı alanları artmıştır. Hesaplarda kullanılacak kesme kuvvetinde de bir artış olmasına rağmen gerekli enine donatı alanları değişmemiştir. Son olarak tüm yapı için kiriş ve kolon donatı alanları toplamı incelenmiştir. Kiriş donatı alanlarının bütün durumlarda çok az değiştiği, kolon donatı alanlarının ise arttığı gözlenmiştir. Ancak kolon boyutunun uzun kenarının yedi katını geçmesi durumunda S1 kolonu perde olarak değerlendirilmiş ve bunun donatı alanı tüm yapının kolon donatılarına eklenmiştir. Böyle olmasına rağmen toplam boyuna donatı alanı bu durumda azalmıştır.

Sonuç olarak özellikle deprem yüklemesi EX2 ve EY1 durumlarında eksenel kuvvet, moment ve kesme kuvvetlerinde bir değişim olmaktadır. Tüm yapı için hesaplanan kiriş donatı alanları arasındaki fark çok az iken, kolonlarda S1 kolon boyutunun büyütülmesi ile birlikte kullanılması gereken donatı alanı artmıştır. Bu artışta kolon boyutunun büyümesi ve kuvvet dağılımlarındaki değişimler etkili olmuştur. Kütle ve rijitlik merkezlerinin çakıştırılmamış olmasının deprem yüklemesinde yapıda burulma oluşturması, kuvvet dağılımlarında değişikliklere sebep olması ve donatı alanlarında yaşanabilecek artışlardan dolayı kaçınılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2007.
- [2] BOĞA, H., Çok Katlı Betonarme Yapılarda Burulma Düzensizliğinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye, 2000.
- [3] ÖZMEN, G., Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliği, Teknik Rapor No: TDV/TR 036-61, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul, Türkiye, 2001.
- [4] ÖZMEN, G., “Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 411, 37-40, 2001.
- [5] ÖZMEN, G., “Çok Katlı Yapılarda Aşırı Burulma Düzensizliği”, İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, 15, 3131-3144, 2004.
- [6] ÖZMEN, G., Deprem Yönetmeliklerindeki Burulma Düzensizliği Koşullarının İrdelenmesi, Teknik Rapor No: TDV/TR 053-91, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul, Türkiye, 2011.
- [7] ÖZMEN, G., “Deprem Yönetmeliklerindeki Burulma Düzensizliği Koşulları”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 472, 52-64, 2012.
- [8] LİVAOĞLU, R., Yapıların Deprem Hesabında Burulma Düzensizliğinin ve Hesap Yöntemlerinin Etkinliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Ü., Fen Bil. Enst., Trabzon, Türkiye, 2001.
- [9] UÇAR, T., MERTER, O., “Planda Perde Yerleşiminin Betonarme Perde-Çerçevesel Binaların Deprem Davranışına Etkisi”, Dokuz Eylül Üniv. Müh. Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11, 11-18, 2009.
- [10] DOĞAN, O., ER, Ş.B., “Hareketli Yük Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisinin İncelenmesi”, International Journal of Engineering Research and Development, 2, 57-60, 2010.
- [11] SANDIKÇI, T., Bina Türü Betonarme Bir Yapıda Yumuşak Kat ve Burulma Düzensizliği İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniv., Fen Bilim. Enst., Trabzon, Türkiye, 2014.