

ORTOGONAL ÇERÇEVELİ BETONARME BİNALARDA KOLON KIRILMALARININ İÇ KUVVETLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Nilay KAYA*, M. Arif GÜREL*, A. Sayıl ERDOĞAN, Mehmet GÜMÜŞÇÜ*,
R. Kadir PEKGÖKGÖZ***

*Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

**Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ

Geliş Tarihi : 05.05.2005

ÖZET

Bu çalışmada, patlama, araç çarpması, yetersiz veya yanlış tasarım gibi özel nedenlerle meydana gelebilecek kolon kırılmalarının ortogonal çerçevesel betonarme binaların iç kuvvetleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Hesaplar SAP2000 yapı analiz programı ile tamamen statik koşullar altında yapılmıştır. Ele alınan tipik bir çerçevesel sistemde, önce dolgu duvarsız durum için çeşitli kolon kırılma senaryoları düşünülerek sistemin iç kuvvetleri belirlenmiş ve bunlar hasarsız durumdakilerle karşılaştırılmıştır. Benzer hesaplar daha sonra yığma dolgu duvarların mevcut olması hali için yapılmıştır. Analiz sonuçları, kolon kırılmalarının etkilerinin bu kolonların üzerinde bulunduğu birbirine dik akslardaki komşu kolon ve kirişler üzerinde yoğunlaştığını göstermiştir. Ayrıca, dolgusuz çerçevelerde, kırılan kolonlara bağlı olan kirişlerin eğilme momenti kapasiteleri aşılrken, yığma dolgu duvarlı çerçevelerde duvarların sistem elemanlarına önemli desteklerinin olduğu ve kiriş kapasitelerinde aşılma olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Ortogonal çerçevesel betonarme binalar, Kolon kırılmaları, İç kuvvetler, Yığma dolgu duvarlar

EFFECTS OF COLUMN FAILURES ON THE INTERNAL FORCES OF ORTHOGONAL REINFORCED CONCRETE BUILDING FRAMES

ABSTRACT

In this study, the effects of column failures which may take place due to the special causes such as blast, vehicle impact, insufficient or deficient design, on the internal forces of orthogonal reinforced concrete building frames have been investigated. Calculations have been performed with SAP2000 structural analysis program, under static conditions. For a typical frame system, firstly, various column failure scenarios have been considered for unfilled case and internal forces have been calculated and compared with those in the intact case. Then, similar calculations have been implemented for the case of presence of infill walls. The results of analyses have shown that the effects of column failures had condensed on the neighbor columns and beams of orthogonal frames on which the columns had been failed. Moreover, it has been determined that, while the bending moment capacities of the connected beams to the failed columns had exceeded in the bare frames, in the masonry infilled frames, walls give substantial support to the structural elements of the building, and capacities of the beams had not exceeded.

Key Words : Orthogonal RC building frames, Column failures, Internal forces, Masonry infill walls

1. GİRİŞ

Depremler başta olmak üzere, toprak kaymaları, seller, şiddetli rüzgarlar binalarda ve diğer yapılarda hasar ve yıkılmalar meydana getiren ana nedenlerdir. Bunların dışında özel nedenler olarak adlandırılacak patlamalar, araç çarpmaları, yetersiz boyutlandırma, kötü yapım kalitesi gibi nedenler de yapılarda hasar ve yıkılmalara yol açabilmektedir. Şehirlerimizin büyümesi ile oluşturulan çok sayıda bina içerisinde, ne yazık ki, sadece kendi yükleri altında yıkılanlar dahi olmaktadır. Geçmişte can kayıplarına sebep olmuş ve meydana gelmeleri halinde gelecekte de sebep olabilecek bu tür yıkılmaların kabul edilebilmesi mümkün değildir.

Yukarıda özel nedenler olarak adlandırılan nedenlerden dolayı dünyada ve ülkemizde azımsanmayacak sayıda bina hasarları ve yıkılmaları meydana gelmiştir. Bunlara aşağıda ülkemizden iki örnek verilmiştir.

1993 yılı Aralık ayında, Diyarbakır'ın Bağlar semtinde, kaba inşaatı bitmiş bir betonarme bina, üst yapıdaki zayıflıklar ve temel sistemindeki yetersizlikler nedeniyle çökerken, yanındaki bodrum + zemin + 5 katlı betonarme bir binanın zemin katına çarpıp, bu katta üç kolonun tamamen kırılmasına, bazı kiriş ve döşemelerin kısmen hasar görmesine ve ayrıca bodrumda da önemli hasar meydana gelmesine neden olmuştur (Gürel, 1994). Söz konusu binanın çarpma etkisi ile hasara uğramış bölümünün bir fotoğrafı Şekil 1a'da görülmektedir.

2000 yılı Kasım ayında Adıyaman'da, bodrum + çekme katlı zemin kat + 7 katlı olarak inşa edilmiş olan bir betonarme binanın, yetersiz kesit boyutlarına sahip ve yapım kalitesi de düşük olan (beton dayanımı düşük ve sargı bölgesinde etriyeleri seyrek) bir köşe kolonunda başlayan ezilme sonucu, bu kolon ile aynı aksta bulunan diğer birkaç kolonda da ezilmeler meydana gelmiş ve binanın güvenliği tehlikeye düşmüştür (Erdoğan ve Gürel, 2000). Binanın ilk ezilme oluşan kolonunun bir fotoğrafı Şekil 1b'de verilmiştir.

Binaların özellikle deprem etkisi altındaki davranışları, depremler nedeniyle binalarda meydana gelen hasarlar ve depreme dayanıklı bina tasarımı gibi konularla ilgili olarak literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu konudaki çalışmalar şu anda da yoğun olarak devam etmektedir. Buna karşılık, patlamalar, araç çarpmaları, yetersiz boyutlandırma, kötü yapım kalitesi gibi özel nedenlerden dolayı taşıyıcı elemanlarında hasar ve yıkılmalar meydana

gelmiş binaların davranışı ve bu durumdaki güvenliklerinin kontrol edilmesi gibi konulardaki çalışmalar ise çok daha azdır.



(a)



(b)

Şekil 1. a) 1993 yılında Diyarbakır'da, yanındaki bina çökerken çarpması sonucu zemin kat kolonları kırılmış betonarme bina (Gürel, 1994), b) 2000 yılında Adıyaman'da köşe kolonunda ezilme meydana gelen betonarme bina (Erdoğan ve Gürel, 2000)

(Bahlis and Mirza, 1988), kolon kırılmalarına maruz kalmış betonarme bir bina üzerinde yapmış oldukları çalışma sonucunda, kırılan kolonlar nedeniyle, sistemdeki bazı elemanların taşıma kapasitelerinin aşılabilmesine karşılık, sistemdeki hasarı tüm sistem boyutlarına göre küçük bir bölgede tutan yeni yük taşıma mekanizmalarının gelişebildiğini belirlemişlerdir. (Luccioni et al., 2004), bombalı saldırıya maruz kalmış bir betonarme bina için yapısal hasarı simülasyon ile analiz edip, elde ettikleri sonuçları gerçek hasar durumuyla karşılaştırmışlardır.

(Çıtıptıoğlu ve ark., 1991), Ankara'da, bodrum katında buhar kazanı patlaması sonucu zemin seviyesinde bir iç ve iki dış, birinci katta iki dış kolonu tamamen kırılmış, bazı kiriş ve döşemeleri ise hasar görmüş binanın, maruz kaldığı bu durumdaki güvenliğini kontrol etmişlerdir. Çalışmalarında, toplam beş kolonu kırılmış olan binada serbest kalan iç kuvvetlerin sistem içinde nasıl dağıldığını ve dolgu duvarların sisteme katkılarını belirlemeye çalışmışlardır. (Sucuoğlu et al., 1994) yukarıdaki çalışmayı genişletip, bilgisayar programı (SAP80) ile elde ettikleri sonuçları yaptıkları basit bir yapısal analiz sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında çeşitli kolon kırılma senaryolarını ele alarak, betonarme çerçeve sistemlerde gelişen yük taşıma mekanizmalarını belirlemeye çalışıp, dolgu duvarların mevcut olup olmamasının bu mekanizmalar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Kolonlar, çerçeve taşıyıcı sisteme sahip betonarme ve çelik bina türü yapıların ana taşıyıcı elemanları olup, yapıya etkileyen düşey ve yatay yüklerin güvenle taşınıp temele iletilmesinde birinci derecede öneme sahiptirler. Yüklü olan bir çerçeveden bir veya birkaç kolonun kaldırılması (kırılması) çerçevenin geri kalan kısmının statığı açısından oldukça olumsuz olabilecek sonuçlar doğurabilir; çünkü sistemin diğer elemanları, normal olarak, kolon kırılmalarından dolayı kendilerine gelecek ilave etkilere de dayanacak şekilde tasarlanmamışlardır (Sucuoğlu et al., 1994).

Bilindiği gibi, Yeni Deprem Yönetmeliği yürürlüğe girmeden önce ülkemizde en yaygın olarak uygulanan bina taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan sistemdir (Kaya, 2004). Diğer bir deyişle, ülkemizin betonarme bina stokunun büyük bir bölümünü çerçeve sisteme sahip binalar oluşturmaktadır. Bu nedenle, sunulan bu çalışmada sadece çerçevesiz taşıyıcı sisteme sahip binalarda yukarıda belirtilen özel nedenlerden dolayı meydana gelebilecek kolon kırılmalarının sistemin iç kuvvet durumu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Açık ki, bir sistemde özellikle patlama ve araç çarpması gibi nedenlerle kolon kırılmaları meydana geldiği sırada taşıyıcı sistem dinamik bir etki altında kalmaktadır. Ancak hemen belirtmelidir ki, bu çalışmada dinamik etkiler dikkate alınmamış, kırılma olduktan sonraki mevcut durum ele alınıp gerekli incelemeler yapılmıştır. Kırılan kolon sayısı ve sistemde dolgu duvar olup olmaması çalışmada etkileri incelenen başlıca parametrelerdir.

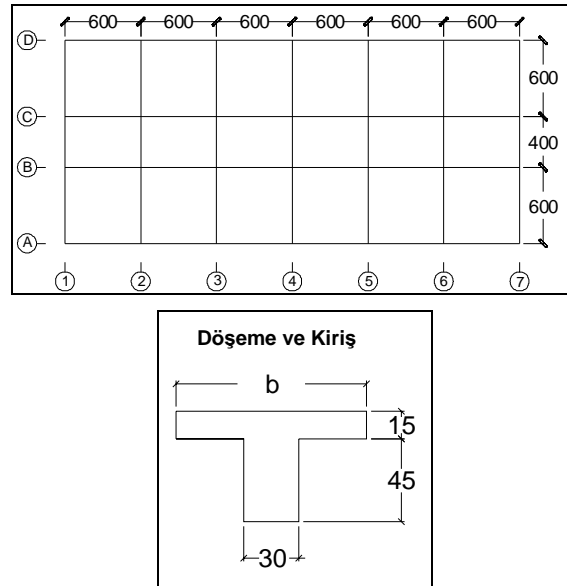
Karma (çerçevesiz-perde duvarlı) taşıyıcı sisteme sahip binalarda kolon ve/veya perde duvar kırılmalarının iç kuvvet durumu üzerindeki etkileri

de incelenmiş olup, sonuçları başka bir çalışmada sunulacaktır.

2. ELE ALINAN SİSTEM VE HESAP ESASLARI

Önce, tasarlanan bir binanın (Anon., 2004) programı ve (Anon., 2005) programı kullanılarak statik ve betonarme hesabı yapılmıştır. Daha sonra, (Anon., 2003) programının kullanılarak, hesabı yapılan binanın taşıyıcı sisteminde kolonlar için kırılma senaryoları oluşturulup, bu kırılmalar sonucu serbest kalan iç kuvvetlerin sistem içindeki dağılımı incelenmiştir. Sabit ve hareketli yükler yük çarpanları ile arttırılmamış halde sisteme etki ettirilmiştir. Bütün kırılma senaryolarında, bazı standart hesap yöntemleri ve değerleri ortak olarak kullanılmıştır. (Anon., 2004; 2005) programları ile hesabı yapılan bina, bodrum + zemin + 4 kat'tan oluşmakta olup, kat yükseklikleri 3.50 m'dir.

Şekil 2'de bu binaya ait kalıp planı ve kiriş kesitleri verilmektedir. Çerçeve taşıyıcı sisteme sahip bu bina, her bir katta 28 adet, bodrum ve zemin katlarda 60 cm x 60 cm, diğer katlarda ise 50 cm x 50 cm boyutlarındaki kare kolonlarla taşınmaktadır. Süneklik düzeyi yüksek bir iş merkezi olarak hesabı yapılan bu binanın A – B ve C – D aksları arasında hareketli yük 3.50 kN/m², B – C aksları arasında ise 5.00 kN/m² olarak alınmıştır. Binanın 1.° deprem bölgesinde olduğu ve zemin sınıfının Z₂ olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 2. Analiz edilen binanın plan ve kiriş kesitleri (ölçüler cm'dir)

2. KIRILMA SENARYOLARI

Yukarıda boyutlandırılmış olan sistemde, dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı durumların her biri için 3 tane kolon kırılma senaryosu düşünülmüştür. Zemin kat kolonlarını içeren bu kırılma senaryoları; ilk olarak sadece A4 kolonun, ikinci olarak A4 ve B4 kolonlarının ve son olarak 4 aksındaki bütün kolonların kırılmasıdır. Bu kırılmalar sonucunda serbest kalıp taşınması gereken iç kuvvetlerin sistem içindeki dağılımlarının hesabı (Anon., 2003) programı kullanılarak yapılmıştır.

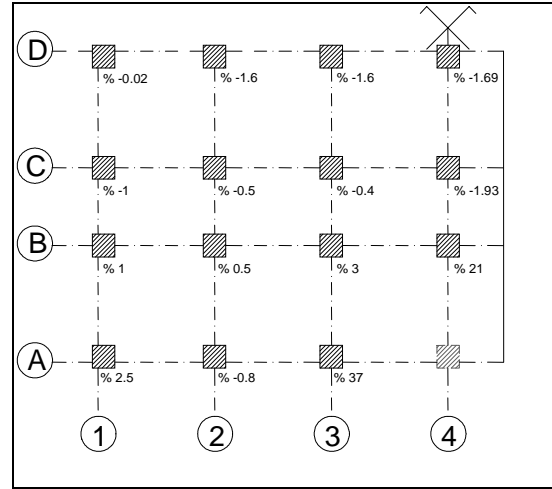
3 boyutlu çerçeve ilk olarak hasarsız durumda, arttırılmamış düşey yükler altında analiz edilmektedir. Kolon kırılmalarının etkileri iki farklı yaklaşım takip edilerek elde edilebilir. Bu yaklaşımlar (Sucuoğlu et al., 1994) kendi çalışmalarında uyguladıkları yaklaşımlardır. Birinci yaklaşımda, kırılmış olduğu düşünülen kolon veya kolonlar sistemden kaldırılmakta ve bu haldeki sistem, hasarsız durumda göz önüne alınan yükler için analiz edilmektedir. Böylece elde edilen iç kuvvetler hasarlı sistemin nihai iç kuvvetlerini vermektedir. İkinci yaklaşımda ise hasarsız yapının analizi ile hesaplanmış olan tüm iç kuvvetler içinde, kırıldığı düşünülen kolon veya kolonlara ait uç kuvvetleri, düşey yüklerin etkisinde olmayan hasarlı yapının ilgili düğüm noktalarına zıt yönde uygulanmaktadır. Bu yaklaşım kolon kırılmalarından kaynaklanan ve yapıda yeniden dağılan iç kuvvetleri doğrudan vermektedir. Aslında bu iki yaklaşım eşdeğerdir, çünkü ikinci yaklaşımın sonuçları, hasarsız yapının diğer kolonları ile birleştirildiğinde birinci yaklaşımın sonuçlarını vermektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan analizlerde ikinci yaklaşım takip edilmiştir.

3. 1. Dolgu Duvarsız Durum

3. 1. 1. Senaryo 1. A4 Kolonunun Kırılması

Bu ilk senaryo ile belirlenmek istenen, zemin katta simetri eksenini üzerindeki 60 cm x 60 cm boyutlarına sahip A4 kolonu kırıldığında serbest kalan iç kuvvetlerin sistem elemanlarına ne oranda dağıldığıdır. Sistem hasarsız durumdayken (Anon., 2003) ile çözümünden elde edilen iç kuvvetler Tablo 1’de verilmiştir. İkinci yaklaşımı uygulamak için A4 kolonunun Tablo 1’de görülen uç kuvvetleri hasarlı sistemde bu kolonun düğüm noktalarına SAP2000’inin işaret kabulüne uyacak şekilde ters yönde etki ettirilir. Bu yapılırken sistemde bulunan düşey yüklerin kaldırılması gerekir, çünkü amaç sadece yeniden dağılan iç kuvvetleri elde etmektir. Çözüm sonucunda elde edilen değerler Tablo 2’de verilmiştir.

A4 kolonunun kırılması sonucu sistemin yarısındaki (diğer yarısındakiler simetriden dolayı özdeştir) kolonların aksel normal kuvvetlerinde meydana gelen değişimleri daha iyi bir şekilde görebilmek için kalıp planında her bir kolonun altına yüzde cinsinden meydana gelen değişimler yazılmıştır (Şekil 3). Şekil 3’den görüldüğü gibi A4 kolonunun kırılmasından en çok etkilenen kolonlar, beklendiği gibi A3 ve B4 kolonları, yani kırılan kolonun bulunduğu akslar üzerindeki en yakın kolonlardır.



Şekil 3. A4 kolonunun kırılması durumunda zemin kat kolonlarının aksel normal kuvvetlerinde meydana gelen yüzde değişimler

Kattaki diğer kolonların normal kuvvetlerindeki değişimler ise oldukça düşük düzeylerde kalmaktadır. Bilindiği gibi betonarme binaların monolitik olmalarından dolayı “kuvvet uyumu” özellikleri vardır. Bu özellik elemandan elemana kuvvet aktarımı, diğer bir deyişle yardımlaşma olarak düşünülebilir. Bu özellik sayesinde, fazla zorlanan ve/veya taşıma gücüne ulaşan bir kolonun (yada genel olarak bir elemanın) yükü kirişler aracılığı ile komşu kolonlara (elemanlara) aktarılmaktadır. Tabi ki bu kuvvet aktarımının oluşabilmesi ve mertebesi kolon ve kirişlerin rijitlik ve süneklik gibi özelliklerine bağlıdır (Ersoy ve Özcebe, 2001).

Sistemdeki her bir kolonda hem X hem de Y doğrultularında birer kesme kuvveti ve eğilme momenti meydana gelmektedir. X doğrultusunda meydana gelen kesme kuvveti ve eğilme momenti kolonların Lokal 2 eksenlerinde olduğu için V2 ve M22 olarak, Y doğrultusunda meydana gelenler ise Lokal 3 eksenlerinde olduğu için V3 ve M33 olarak adlandırılmaktadır. A4’ün kırılması kesme kuvvetlerinde şöyle bir değişime sebep olmaktadır: X doğrultusundaki kesme kuvveti açısından değişimin önemli bir kısmı bu kesme kuvveti

doğrultusundaki çerçevede ve yine kırılan kolona en yakın olan A3 (ve simetriğindeki A5) kolonunda oluşmaktadır. Bu kolonun hasarsız durumda -0.86 kN olan V2 kesme kuvveti mutlak değerce % 7145 civarında artarak -62.31 kN değerine ulaşmıştır (Şekil 4a). A4'ün kırılması çerçeveleri bu noktaya doğru eğmekte ve V2 açısından önemli artış doğal olarak kolona bu doğrultuda bağlı A3 ve A5 kolonlarında yoğunlaşmaktadır.

Kırılan kolonun ait olduğu diğer akstaki (Y doğrultusundaki 4 aksı) kolonların V2 kesme kuvvetlerinde de bir değişim meydana gelmektedir, ancak simetri eksenini üzerindeki bu kolonların hasarsız durumdaki V2 kesme kuvvetleri zaten yaklaşık sıfır olduğu için (Tablo 1) değişimden sonraki kesme kuvvetleri de ihmal edilebilecek düzeyde değerlerdir.

Tablo 1. Dolgu Duvarsız - Hasarsız Sistemde Zemin Kat Kolonlarının İç Kuvvetleri

Kolon		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
P (kN)		-733.39	-1252.41	-1269.09	-1268.07	-1121.68	-1780.09	-1832.45	-1831.46
V2 (kN)		-14.85	-1.95	-0.86	-5.763x10 ⁻³	-58.25	-9.50	-0.61	0.02
V3 (kN)		-14.32	-53.67	-54.23	-54.11	7.75	15.41	14.93	15.04
M22 (kNm)	Üst uç	33.39	80.87	81.77	81.60	-16.42	-21.80	-21.01	-21.17
	Alt uç	-8.15	-74.77	-75.48	-75.31	6.05	22.89	22.30	22.46
M33 (kNm)	Üst uç	33.54	2.70	1.22	4.256x10 ⁻³	83.66	15.74	0.83	-0.03
	Alt uç	-9.52	-2.94	-1.27	-0.01	-85.26	-2.94	-0.94	0.02

Tablo 1'in Devamı.

Kolon		C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
P (kN)		-1121.41	-1780.25	-1832.57	-1831.55	-732.77	-1252.60	-1269.26	-1268.21
V2 (kN)		-58.22	-9.46	0.59	0.03	-14.75	-1.77	-0.77	0.04
V3 (kN)		-7.87	-15.41	-14.86	-14.97	14.30	53.60	54.21	54.10
M22 (kNm)	Üst uç	16.57	21.76	20.88	21.03	-33.36	-80.85	-81.82	-81.65
	Alt uç	-6.25	-22.92	-22.22	-22.37	8.11	74.58	75.39	75.23
M33 (kNm)	Üst uç	83.62	15.68	0.80	-0.05	33.39	2.47	1.10	-0.06
	Alt uç	85.23	-11.74	-0.92	0.03	-9.38	-2.67	-1.14	0.06

Tablo 2. Dolgu Duvarsız Sistemin Zemin Kat Kolonlarının İç Kuvvetlerinde Meydana Gelen Değişimler (Senaryo 1)

Kolon		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
ΔP (kN)		-18.25	-10.38	467.20	----	10.95	8.32	55.13	383.51
ΔV2 (kN)		0.20	-3.74	61.67	----	0.04	0.32	3.97	9.526x10 ⁻³
ΔV3 (kN)		3.28	3.10	1.31	----	5.96	5.41	3.40	-46.87
ΔM22 (kNm)	Üst uç	-1.10	-1.53	2.34	----	-5.97	-6.07	-2.23	103.96
	Alt uç	8.40	7.46	6.13	----	11.31	9.63	7.64	-31.96
ΔM33 (kNm)	Üst uç	-0.55	7.52	-123.45	----	-0.05	-0.46	-6.61	-0.01
	Alt uç	0.01	-3.32	55.40	----	0.06	0.47	4.90	0.01

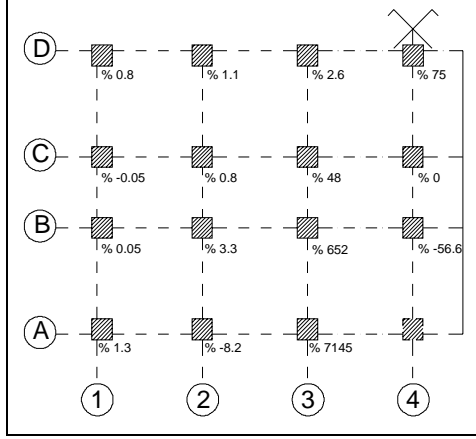
Tablo 2. Devamı.

Kolon		C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
ΔP (kN)		-11.23	-9.03	-6.69	-35.28	-17.99	-19.93	-20.38	-21.57
ΔV2 (kN)		-0.03	0.07	0.27	-6.585x10 ⁻³	0.12	0.02	0.02	-0.03
ΔV3 (kN)		5.96	5.32	4.48	3.66	3.28	3.00	2.95	2.85
ΔM22 (kNm)	Üst uç	-5.97	-5.89	-4.69	-7.45	-1.11	-1.34	-1.25	-0.60
	Alt uç	11.31	9.53	8.31	3.18	8.41	7.37	7.32	7.66
ΔM33 (kNm)	Üst uç	0.05	-0.15	-0.30	8.574x10 ⁻³	-0.07	-0.04	-0.02	0.04
	Alt uç	-0.05	0.06	0.50	-0.01	0.27	0.03	0.02	-0.05

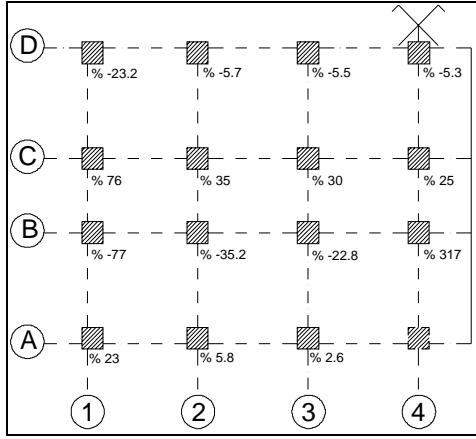
Benzer şekilde Y doğrultusundaki kesme kuvveti olan V3 yönünden en büyük değişim kırıldığı düşünülen A4 kolonunun bu doğrultuda ait olduğu 4 aksındaki komşu kolon olan B4 kolonunda meydana gelmektedir (Şekil 4b). Hasarsız durumda V3 kesme

kuvveti 15.04 kN olan B4'ün, kırılma sonrası bu iç kuvveti % 317'lik artışla 62.73 kN değerine yükselmiştir. Buna karşılık A4'ün üzerinde bulunduğu diğer akstaki komşu kolon olan A3'ün hasarsız durumdaki V3 kesme kuvveti -54.23 kN

iken, mutlak değerce sadece % 2.6'lık artışla -55.66 kN'a varmıştır. Sistemdeki diğer kolonların V2 ve V3 kesme kuvvetlerinde ortaya çıkan değişimlerin ise elemandan elemana fark etmekle birlikte çoğunlukla da düşük düzeylerde kaldığı Şekil 4a ve Şekil 4b'de görülebilmektedir.



(a)

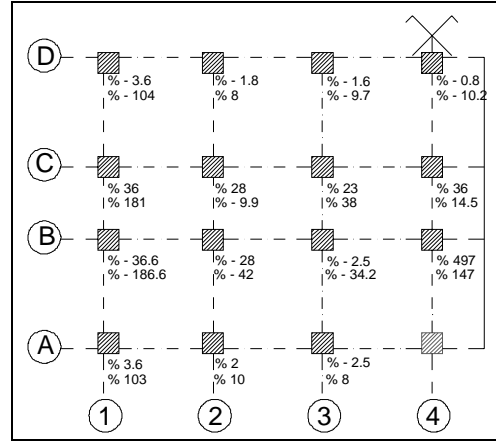


(b)

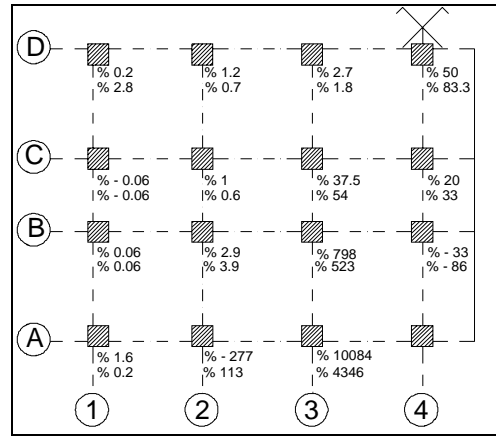
Şekil 4. A4 kolonunun kırılması durumunda, a) V2, b) V3 kesme kuvvetlerinde meydana gelen yüzde değişimler

Eğilme momentleri olan M22 ve M33'e gelince, bunların V3 ve V2 kesme kuvvetleri ile tamamen uyumlu bir değişim sergilediği belirlenmiştir. Şekil 5a'ya bakıldığında, A4'ün kırılması sonucu M22 değerinde en büyük değişim V3'te en büyük değişiminin olduğu ve yukarıda irdelenen B4 kolonunda ortaya çıkmıştır. Bu kolonun hasarsız durumunda ortaya çıkmıştır. Bu kolonun hasarsız durumunda üst uç M22 eğilme momentleri sırasıyla 22.46 kNm ve -21.17 kNm iken, % 147 ve mutlak değerce % 497'lik artışlarla 55.43 kNm ve -126.47 kNm değerlerine çıkmıştır. Benzer şekilde, sistemde M33 değerinde en büyük değişim olan düşey taşıyıcı eleman ise bu kez V2 kesme kuvvetinde en büyük değişimin olduğu A3 kolonudur. Bu kolonun hasarsız durumda oldukça küçük olan alt ve üst uç M33 eğilme momentleri sırasıyla -1.27 kNm ve 1.22 kNm iken, mutlak

değerce % 4346 ve % 10084'lük artışlarla -56.46 kNm ve 124.24 kNm değerlerine ulaşmıştır (Şekil 5b).



(a)

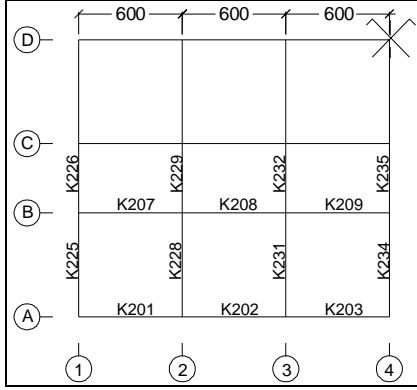


(b)

Şekil 5. A4 kolonunun kırılması durumunda kolonların a) M22, b) M33 eğilme momentlerinde meydana gelen yüzde değişimler (üstteki değerler kolonların üst uçlarına, alttakiler ise alt uçlarına aittir)

A4 kolonunun kırılması sonucu kirişlerin iç kuvvet durumunda aşağıdaki değişimlerin ortaya çıktığı belirlenmiştir: Kesme kuvvetlerindeki değişimler bakımından en kritik kirişlerin, kırılan kolonu komşu kolonlara bağlayan kirişler olduğu görülmüştür. Bu aslında doğal bir sonuçtur, çünkü yukarıda açıklandığı gibi A4'ün kırılması ile normal kuvvetlerinde en büyük artış olan kolonlar A3 ve B4 kolonları idi. Buna bağlı olarak, A4 kolonunun kırılması K203, K204 ve K234 kirişlerinde, (Şekil 6), ilave kesme kuvvetleri oluşturup, sonuçta bu kirişlerin diğer uçlarında bulunan A3, A5 ve B4 kolonlarında normal kuvvet artışlarına sebep olmuştur. Kirişlerdeki kesme kuvveti (V2) artışlarını görmek için K203 ve K234 kirişlerine bakalım. A4 ile A3 arasındaki K203 kirişinin hasarsız sistemdeki kesme kuvvetleri sol ve sağ uçlarda sırasıyla 59.03

kN ve -58.83 kN iken, A4'ün kırılmasıyla bu değerler % 178 ve % 179'luk artışlarla 164.09 kN ve 46.23 kN değerlerini almıştır.



Şekil 6. Kiriş isimlerini gösteren kalıp planı (binanın yarısı için)

Benzer şekilde A4 ve B4 kolonlarını bağlayan K234 kirişinin hasarsız halde sol ve sağ uçlarındaki kesme kuvvetleri 112.72 kN ve -90.18 kN değerlerindeyken, % 81 ve mutlak değerce % 101'lik artışlarla 203.92 kN ve -181.38 kN değerlerine gelmiştir. Adı geçen kirişlerdeki kesme kuvveti artışları, kolon kırılması sonucu serbest kalan iç kuvvetlerin, yine, betonarme binaların monolitik olma ve elemanların yardımlaşma özelliklerinden dolayı sistem içinde taşınırken doğal olarak ilk defa bu kirişleri zorlayarak sistemin diğer elemanlarına iletilmesinden kaynaklandığı gerçeği ile açıklanabilir. Sistemin diğer kirişlerinde farklı ve çoğunlukla düşük düzeylerde artışlar olduğu saptanmıştır.

Kiriş eğilme momentlerinde, özellikle kırılan kolon civarındakilerde oldukça ilginç ve irdelendiği zamanda mantıklı değişimler olduğu gözlenmiştir. K203 kirişinin A4 kırılmadan önce sol ve sağ uçlarındaki M33 eğilme momentleri -60.42 kNm ve

-59.87 kNm iken, A4 kırıldıktan sonra sırasıyla mutlak değerce % 450'lik ve % 593'lük artışlarla -332.36 kNm ve 295.36 kNm değerlerini almışlardır. Sol uçtaki momentte meydana gelen mutlak değerce artış durumu oldukça açık, sağ uçta ise momentin işaret değiştirmesi ilginç ve aynı zamanda kirişin bu uçundaki mesnet desteğinin kalkmasından dolayı da beklenen bir sonuçtur.

A4'ün kırılması ile K203 ve K204 kirişleri sanki birleşik ve 12 m açıklıklı ve ortasında K234 ile bağlantılı bir durumda çalışır hale gelmişlerdir. K234 kirişindeki moment değerlerine göz atıldığında, A4'ün kırılmasından önce sol ve sağ uçtaki -128.55 kNm ve -67.69 kNm'lik değerler sırasıyla % 184 ve mutlak değerce % 379'luk artışlarla 107.43 kNm ve -324.20 kNm değerlerine ulaşmıştır. Burada da K203 ve K204 kirişlerindeki benzer bir durumun olduğu görülmektedir. Sistemin diğer kirişlerinde farklı ve K203, K204 ve K234 kirişlerine göre daha az değişim değerleri ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Kirişlerdeki normal kuvvet değerleri hem hasarsız durumda hem de A4 kolonunun kırıldığı düşünülmesi durumunda sifıra çok yakın değerler olduğu için normal kuvvet değişimleri açısından bir irdelermeye gerek olmadığı açıktır.

3. 1. 2. Senaryo 2. A4 ve B4 Kolonlarının Kırılması

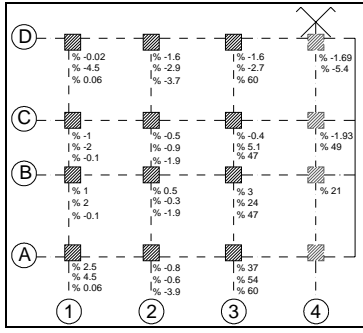
Bu senaryoda, A4 ve B4 kolonlarının kırıldığı düşünölmektedir. Bu kolonların kırılması durumunda, binanın dörtte birindeki kolonların ikinci yaklaşım ile elde edilen iç kuvvetlerindeki değişimler Tablo 3'te, binanın sol yarısına ait kolonların aksenal normal kuvvetlerinde ortaya çıkan değişimler ise yüzde olarak Şekil 7'de kolonların yanında ikinci sırada verilmiştir.

Tablo 3. A4 ve B4 Kolonlarının Kırılması Durumunda Zemin Kat Kolonlarında Meydana Gelen İç Kuvvet Değişimleri

Kolon		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
ΔP (kN)		33.37	-5.66	691.36	----	20.26	-4.74	436.18	----
$\Delta V2$ (kN)		0.35	-4.65	84.78	----	0.19	0.47	55.06	----
$\Delta V3$ (kN)		3.52	3.21	6.59	----	7.72	7.04	2.26	----
$\Delta M22$ (kNm)	Üst uç	1.03	0.60	-4.49	----	-6.61	-6.98	2.36	----
	Alt uç	11.23	9.92	14.61	----	15.79	13.45	8.91	----
$\Delta M33$ (kNm)	Üst uç	-0.91	9.64	-169.83	----	-0.88	4.03	-128.61	----
	Alt uç	0.11	-3.85	76.03	----	-0.32	5.39	31.06	----

Şekil 7'ye bakıldığında, serbest kalan iç kuvvetlerin büyük bölümünün A4 ve B4 kolonlarının ait olduğu çerçeveler tarafından taşındığı ve yine en fazla payı, bu kolonlara komşu olan kolonların aldıkları

görülmektedir. Normal kuvvet artışları A3 kolonunda % 54, B3 kolonunda % 24 ve C4 kolonunda ise % 49 olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 7. Senaryo 2 ve Senaryo 3 durumlarında kolonların aksel normal kuvvetlerinde meydana gelen yüzde değişimleri (İkinci sıradaki değerler Senaryo 2'ye, üçüncü sıradakiler ise Senaryo 3'e aittir)

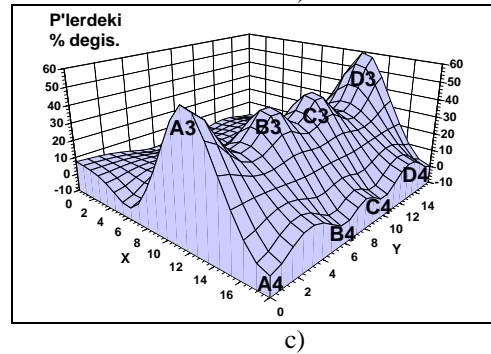
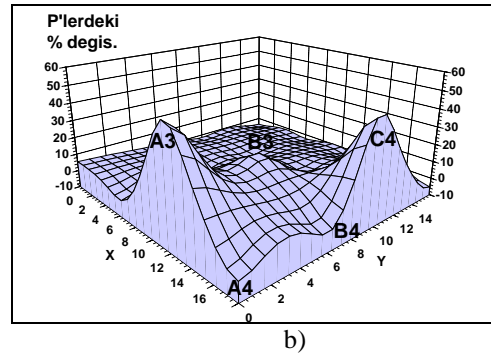
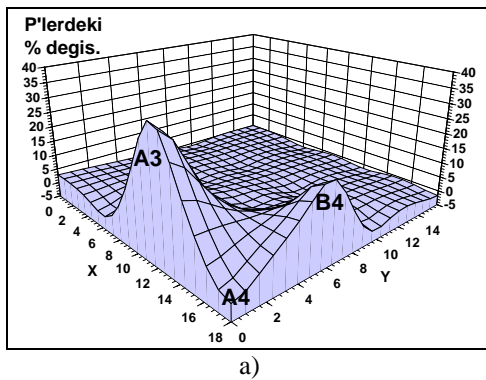
3. 1. 3. Senaryo 3. 4 Aksındaki Bütün Kolonların Kırılması

Üçüncü senaryoda orta akstaki bütün kolonların kırıldığı düşünülmektedir. Kırılan kolon sayısı arttığından yeniden dağılacak iç kuvvetlerin büyüklüğü de artmakta ve buna bağlı olarak kırılan kolonların etrafındaki kolonlar tek kolon veya iki kolon kırılması durumlarına göre daha fazla zorlanmaktadır. Bu senaryo için binanın dörtte birindeki kolonlarda meydana gelen iç kuvvet değişimleri Tablo 4'te, binanın sol yarısındaki kolonların aksel normal kuvvetlerinde meydana gelen değişimlerin yüzde cinsinden değerleri ise yine Şekil 7 üzerinde, üçüncü sıradaki değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4. 4 Aksındaki Bütün Kolonların Kırılması Durumunda Zemin Kat Kolonlarında Meydana Gelen İç Kuvvet Değişimleri

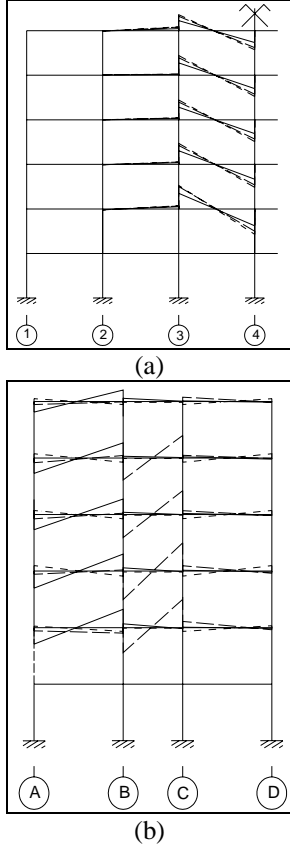
Kolon	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	
ΔP (kN)	0.44	-46.38	758.67	----	-1.42	-34.46	859.36	----	
ΔV2 (kN)	0.78	-4.54	94.38	----	0.16	3.10	102.26	----	
ΔV3 (kN)	-0.16	-0.30	8.78	----	-0.11	-0.28	7.63	----	
ΔM22 (kNm)	Üst uç	0.19	0.41	-13.68	----	0.16	0.39	-11.34	----
	Alt uç	-0.28	-0.46	11.77	----	-0.16	-0.42	10.78	----
ΔM33 (kNm)	Üst uç	-1.37	9.82	-189.27	----	-1.25	3.34	-233.28	----
	Alt uç	0.88	-3.33	84.45	----	-0.80	12.33	63.26	----

Her üç senaryo için kolonların aksel normal kuvvetlerinde meydana gelen değişimler 3 boyutlu olarak görülmek istendiğinde Şekil 8'deki grafikler ortaya çıkmaktadır. Şekil 7'den görüldüğü gibi bu son durumda, kırılan kolonlara dik bütün çerçeveler doğal olarak etkilenmektedir. Sistemin simetrik olmasından dolayı serbest kalan iç kuvvetlerin dağılımının da simetrik olduğu şekilden açıkça görülmektedir. A3 ve D3 kolonlarında % 60, B3 ve C3 kolonlarında ise % 47'lik bir normal kuvvet artışı meydana gelmektedir.



Şekil 8. Kolonların aksel normal kuvvetlerinde meydana gelen yüzde değişimlerin 3 boyutlu ortamda görünümü; a) Senaryo 1, b) Senaryo 2, c) Senaryo 3

Yukarıda ele alınmış olan üç kırılma senaryosunun her birinde, örneğin A ve 4 akslarındaki kirişlerin eğilme momentlerinde meydana gelen değişimler Şekil 9'da diyagramlar halinde verilmiştir. Bu diyagramlar ölçekli olarak çizilmiş olup, 1 cm 622.5 kNm'ye karşı gelmektedir. Diyagramlardaki sürekli çizgiler sadece A4 kolonunun, uzun kesikli çizgiler A4 ve B4 kolonlarının, kısa kesikli çizgiler ise 4 aksındaki bütün kolonların kırılması durumlarındaki kiriş eğilme momentlerinde meydana gelen değişimleri göstermektedir.



a) A çerçevesi, b) 4 çerçevesi (— : Senaryo 1, - - - - - : Senaryo 2, : Senaryo 3)

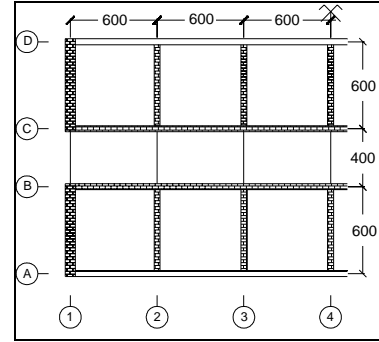
Şekil 9. Kolon kırılmalarından dolayı dolgusuz çerçevede kirişlerdeki eğilme momenti değişimleri

3. 2. Dolgu Duvarlı Durum

Betonarme ve çelik iskeletli binalarda farklı kullanım alanlarının birbirinden ayrılması ve bina cephesinin oluşturulması ve ayrıca kullanım alanlarının ısı, nem ve ses gibi tesirlerden yalıtılması çoğu zaman çerçeve gözleri içine inşa edilen yığma (kargir) dolgu duvarlar ile sağlanmaktadır. Bu elemanların, taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altındaki davranışları üzerinde oldukça önemli etkilerinin olduğu literatürde mevcut çalışmalardan ve depremler sonrası yapılan incelemelerden bilinmektedir. Yukarıda dolgu duvarlı olarak incelenmiş olan taşıyıcı sistemin bazı çerçevelerinde dolgu duvarların mevcut olması durumunda yine üç kolon kırılma senaryosu düşünülmüş, serbest kalan iç kuvvetlerin yeniden dağılımları incelenmiş ve elde edilen sonuçlar dolgu duvarlı durumdakilerle karşılaştırılmıştır.

Şekil 10'da dolgu duvarların bulunduğu akslar gösterilmiştir. Duvarların yatay delikli tuğla duvarlar oldukları ve 1 ve 7 aksları üzerindeki kolonların 20 cm, diğerlerinin ise 10 cm kalınlıklı oldukları düşünülmüştür. Duvarların malzeme özellikleri (Anon., 1977) standardına uygun olarak alınmıştır.

Dolgu duvarlı sistemin hasarsız durumda SAP 2000 ile çözümünden elde edilen kolon iç kuvvet değerleri binanın dörtte biri için Tablo 5'de verilmiştir.



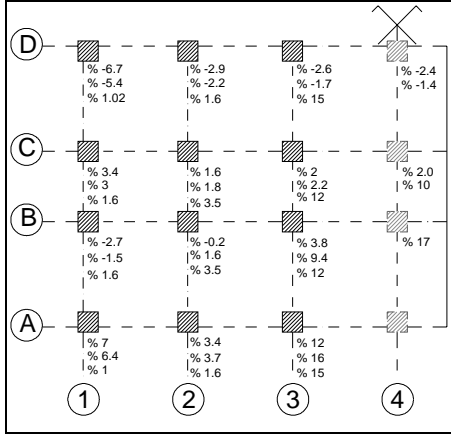
Şekil 10. Dolgu duvarlı sistemin yarısına ait kalıp planı

Tablo 5. Dolgu Duvarlı - Hasarsız Sistemde Kolonların İç Kuvvetleri

Kolon	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	
P (kN)	-841.28	-1407.67	-1466.11	-1476.64	-1065.03	-1361.32	-1445.04	-1463.14	
V2 (kN)	-11.68	-0.20	-0.60	-	-52.66	-11.61	-3.02	-3.844x10 ⁻⁴	
V3 (kN)	7.33/ -14.95	-49.74	-52.54	-53.02	-20.10/ 14.05	14.36	13.30	13.14	
M22 (kNm)	Üst uç	1.66	54.67	57.89	58.44	16.14	-6.10	-4.16	-3.84
	Alt uç	-6.06	-71.77	-75.53	-76.18	9.07	27.55	27.00	26.94
M33 (kNm)	Üst uç	30.22	0.44	0.95	4.495x10 ⁻⁴	55.77	14.04	3.70	5.614x10 ⁻⁴
	Alt uç	-3.63	-0.13	-0.78	-	-80.14	-13.98	-3.55	-3.556x10 ⁻⁴

3. 2. 1. Senaryo 1. A4 Kolonunun Kırılması

Sistemde sadece A4 kolonu kırıldığında kolonların aksenal normal kuvvetlerinde meydana gelen değişimlerin yüzdeleri Şekil 11'de ilk sıradaki değerler olarak gösterilmiştir.



Şekil 11. Dolgu duvarlı sistemde kolonların kırılması durumunda kolon aksenal normal kuvvetlerinde meydana gelen yüzde değişimler

Sistemde dolgu duvarların bulunması halinde iç kuvvet durumunun dolgu duvarsız hale göre belirgin ölçüde değiştiği görülmektedir. Örneğin, dolgu duvarlı halde sadece A4 kolonu kırıldığında, bu kolona komşu olan A3 ve B4 kolonlarındaki normal kuvvet artışları sırasıyla % 12 ve % 17 iken, dolgu duvarsız durumda bu artışlar % 37 ve % 21 civarındaydı. Bu durum duvar katkısını açık bir şekilde göstermektedir. Sistemdeki dolgu duvar düzeni göz önüne alındığında, dolgu duvarlı bu yeni halde normal kuvvetteki büyük artış, duvarın mevcut olduğu 4 aksında ortaya çıkmıştır. Bu bulgu, dolgu duvarlar sayesinde daha rijit hale gelen çerçevelerin, serbest kalan kuvvetlerden bir önceki duruma göre daha büyük pay aldıklarını göstermektedir. Dolayısıyla, dayanımları ve elastisite modülleri yüksek, buna karşılık hafif malzemeden oluşturulacak dolgu duvarların, çerçeve sistemler için sadece deprem ve rüzgar gibi yatay yükler altında değil, kolon kırılmaları gibi özel hasar durumlarında da önemli bir destek oluşturduğu net bir şekilde görülmektedir. A4 kolonu kırıldığında kolonlarda meydana gelen iç kuvvet değişimleri Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Dolgu Duvarlı Sistemde A4 Kolonunun Kırılması Sonucu İç Kuvvetlerde Meydana Gelen Değişimler

Kolon		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
ΔP (kN)		60.33	48.47	178.99	----	-29.23	-2.32	54.39	247.88
$\Delta V2$ (kN)		-0.40	-1.80	18.02	----	0.07/ -0.04	1.40	5.93	6.864×10^{-6}
$\Delta V3$ (kN)		1.68	2.19	4.02	----	3.53	3.25	2.32	-30.22
$\Delta M22$ (kNm)	Üst uç	-0.02	-1.18	-2.24	----	-3.35	-3.66	-2.56	30.28
	Alt uç	3.99	4.38	7.80	----	5.96	5.15	3.39	-44.46
$\Delta M33$ (kNm)	Üst uç	0.18	3.30	-37.11	----	-0.18	-1.64	-7.16	-9.961×10^{-6}
	Alt uç	-0.97	-1.93	15.13	----	-0.17	1.73	7.20	8.429×10^{-6}

3. 2. 2. Senaryo 2. A4 ve B4 Kolonlarının Kırılması

Dolgu duvarlı sistemde A4 ve B4 kolonlarının kırıldığı düşünüldüğünde serbest kalan iç kuvvetlerin kolon aksenal normal kuvvetlerinde sebep olduğu değişimlerin yüzdeleri Şekil 11'de ikinci sıradaki değerler olarak verilmiştir. Hangi kolonlarda daha fazla artışın olduğu şekilden rahatlıkla görülebilmektedir.

3. 2. 3. Senaryo 3. 4 Aksındaki Bütün Kolonların Kırılması

4 aksındaki bütün kolonların kırıldığı düşünüldüğünde sistemdeki diğer kolonların aksenal

normal kuvvetlerinde meydana gelen değişimler Şekil 11'de üçüncü sıradaki değerler olarak verilmiştir. Şekil 11 ile Şekil 7 karşılaştırıldığında dolgu duvar katkısı yine açık bir şekilde görülmektedir.

Duvar malzemelerinin elastisite modülü % 50 artırılıp, sadece Senaryo 1 için hesap yapıldığında; örneğin, A3 ve B4 kolonlarının aksenal normal kuvvetlerinde normal dolgu duvarlı duruma göre sırasıyla % 13.37 ve % 18.6 civarında bir azalma olduğu görülmüştür. Bu durum, yukarıda da belirtildiği gibi duvar malzemesi elastisite modülünün ve dolayısıyla dayanımının sonuçlara etkisini ve sisteme olan önemli katkısını ortaya koymaktadır.

4. KAPASİTELERİ AŞILAN ELEMANLAR

Yapılan hesaplar, göz önüne alınmış olan senaryolarda kolonlar açısından ne dolgusuz ne de dolgulu çerçevelerde kapasitelerin aşılmadığını göstermiştir. Ancak, dolgu duvarsız çerçevelerde en çok zorlandığı belirlenmiş olan kirişlerde moment kapasitelerinin aşılmasına karşılık dolgulu olanlarda bu kirişlerin kapasitelerinin aşılmadığı görülmüştür. A4 kolonunun kırılması sonucu zemin kat tavanında, A ve 4 akslarındaki kirişlerde oluşan nihai kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri Tablo 7’de verilmiştir. Bu kirişlerin kesme kuvveti ve eğilme momenti kapasite değerleri ise Tablo 8’de verilmektedir. Tablo 7’ye bakıldığında, kırıldığı düşünülen A4 kolonuna A aksı üzerinde bağlı olan K203 kirişinde meydana gelen eğilme momenti değerlerinin sol ve sağ uçta -332.36 kNm ve 235.49 kNm olduğu, Tablo 8’den ise bu kirişin ilgili eğilme momenti kapasite değerlerinin -261.73 kNm ve 180.00 kNm olduğu ve dolayısıyla söz konusu kirişin hem sol hem de sağ ucunda eğilme momenti kapasitelerinin aşılmış olduğu görülmektedir. Aynı kirişin sol ve sağ uçlarında, kolon kırılması sonucu oluşan kesme kuvveti değerleri -164.09 kN ve -46.23 kN iken, bu kirişe ait kesme kuvveti kapasite değerinin 317.120 kN olduğu yine Tablo 7 ve Tablo 8’den görülmekte, ve dolayısıyla kirişin kesme

kuvveti kapasitesinin aşılmadığı anlaşılmaktadır. Aynı irdelemeler kırıldığı düşünülen A4 kolonuna 4 aksı üzerinde bağlı olan K234 kirişi için yapıldığında benzer bir durumun olduğu, yani eğilme momenti kapasitesi aşılrken, kesme kuvveti kapasitesinin aşılmamış olduğu görülmektedir.

Tablo 7. A4 Kolonu Kırıldığında Zemin Kat Tavanında, A ve 4 Akslarındaki Kirişlerde Oluşan Nihai Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

X doğ. kirişler		K201	K202	K203
V (kN)	Sol Uç	-50.70	-49.69	-164.09
	Sağ Uç	57.95	68.16	-46.23
M (kNm)	Sol Uç	-58.32	-47.63	-332.36
	Sağ Uç	-53.58	-97.50	235.49

Y doğ. kirişler		K234	K235	K236
V (kN)	Sol Uç	-21.52	-73.42	-92.88
	Sağ Uç	181.38	34.53	110.03
M (kNm)	Sol Uç	107.43	-91.28	-73.61
	Sağ Uç	-324.20	-25.15	-119.91

A4’ün kırılmasından dolayı sistemdeki diğer kirişlerde kapasitelerin aşılmadığı belirlenmiştir. Diğer kırılma senaryolarında da kapasiteler açısından benzer durumlar belirlenmiş olup, burada kısalık açısından bunlardan bahsedilmemiştir.

Tablo 8. Zemin Kat Tavanında, A ve 4 Akslarındaki Kirişlerin Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Kapasite Değerleri

Kirişlerin Kapasitesi		K201	K202	K203	K234	K235	K236
V (kN)		317.120	317.120	317.120	382.372	425.300	382.372
M (kNm)	+M Sol Uç	180.00	156.62	156.62	178.95	179.41	179.41
	+M Sağ Uç	156.62	156.62	180.00	179.10	179.41	178.95
	-M Sol Uç	-264.34	-261.73	-261.73	-320.36	-302.36	-302.36
	-M Sağ Uç	-261.73	-261.73	-264.34	-302.36	-302.36	-320.40

5. SONUÇLAR

Ortogonal çerçevesel betonarme binalarda kolon kırılmalarının taşıyıcı sistemin iç kuvvet durumu üzerindeki etkilerinin incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. Ancak belirtilmelidir ki, göz önüne alınmış olan örnek taşıyıcı sistem oldukça düzenli, simetrik bir sistem olduğundan, sunulan sonuçlar bu gerçeklerin ışığında değerlendirilmelidir.

1. Santimetre ve hatta milimetre mertebesindeki mesnet çökmelerinin bile hiperstatik sistemlerde aşırı iç kuvvet artışlarına neden olabileceği düşünüldüğünde, kolon gibi ana

taşıyıcı elemanların herhangi bir nedenle kırılmasının sistem için ne kadar ağır bir durum oluşturacağını söylemek hesap yapmadan da mümkündür. Bu çalışmada ayrıntılı hesaplar yapılarak kolon kırılmalarının, betonarme çerçevesel taşıyıcı sistemlerin iç kuvvet durumu, diğer bir deyişle statığı açısından oldukça olumsuz bir durum ortaya çıkardığı görülmüştür.

2. Kırılan bir kolonun serbest kalan ve taşınması gereken iç kuvvetleri, büyük ölçüde, bu kolonun üzerinde bulunduğu akslardaki komşu kolonlar tarafından paylaşılmaktadır. Kırılma bölgesinden uzaklaştıkça genel olarak sistemin diğer kolonlarının çok daha az etkilendiği

belirlenmiştir. Kırılan kolonların iç kuvvetlerinin sistemin diğer elemanlarına aktarılması betonarme binalardaki kuvvet uyumu (yardımlaşma) özelliği sayesinde gerçekleşmektedir.

3. Yığma dolgu duvarsız sistemlerde, kırılan kolonlarla komşu kolonları bağlayan kirişlerin eğilme momenti taşıma kapasitelerinde aşımalar ortaya çıkabilmektedir (Tablo 7, 8). Buna bağlı olarak sistemde, bu çalışma kapsamına girmediği için irdelenmemiş olan bölgesel yıkılmaların ortaya çıkabileceği söylenebilir.
4. Genel olarak, taşıyıcı elemanlar olmadıkları kabul edilen yığma dolgu duvarların, kolon kırılmaları gibi özel etkilere maruz kalmış taşıyıcı sistemlere büyük katkılarına olduğu anlaşılmıştır. Bu duvarlar sayesinde, kırılan kolonları içeren çerçeveler yüksek gövdeli kirişler gibi çalışmakta ve kırılan kolonları komşu kolonlara bağlayan kirişler dahil olmak üzere sistemin hiçbir elemanında kapasiteler aşılmamaktadır. Dolayısıyla, tasarım ve inşa aşamalarında dolgu duvarlara da gerekli özen gösterilmeli, bu elemanların dayanımı iyi ve hafif malzemelerden inşa edilmesine dikkat edilmelidir.
5. Ortogonal olmayan çerçevesel, salt perde duvarlı, farklı döşeme tiplerine sahip yada asma katı olan sistemler özel irdelemeye ihtiyaç gösterir. Bu tür sistemlerde ortaya çıkacak iç kuvvet değişimlerinin belirlenmesi ayrı ayrı çalışma konuları olarak ele alınabilir.

6. KAYNAKLAR

Anonim, 1977. TS 2510. Kargir Duvarların Hesap ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 2004. İdeCad Statik IDS, Betonarme Binalar Tasarım Programı. İdeYapı Ltd. Şti., v. 5.14.

Anonim, 2005. Probina Orion, Betonarme Binalar Tasarım Programı. v. 13.1, Prota A.Ş., Ankara.

Anonymous, 2003. SAP 2000, Structural Analysis Program, Computers and Structures, Berkeley Ca., USA.

Bahlis, J. B. and Mirza, M. S. 1988. Structural Integrity of a Damaged Building. Concrete Int., 10 (4), 35-37.

Çıtıptıoğlu, E., Sucuoğlu, H. ve Altın, S. 1991. Betonarme Yapılarda Bölgesel Hasarın Yapıya Etkisi ve Onarımı. **Türkiye İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı**, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, II. Cilt. 674-688.

Erdoğan, A. S. ve Gürel, M. A. 2000. Adıyaman'da Hasar Gören Binanın Güçlendirme Raporu.

Ersoy, U. ve Özcebe G. 2001. Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.

Gürel, M. A. 1994. Diyarbakır'da 1993 Yılı Aralık ve 1994 Yılı Ocak Ayında Çöken İki Betonarme Binanın Çökme Nedenleri. Yüksek Lisans Semineri, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Kaya, N. 2004. Betonarme Binalarda Kolon ve Perde Duvar Kırılmalarının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Luccioni, B. M., Ambrosini, R. D., and Danesi, R. F. 2004. Analysis of Building Collapse Under Blast Loads. Engineering Structures, 26: 63-71.

Sucuoğlu, H., Çıtıptıoğlu, E. ve Altın, S. 1994. Resistance Mechanism in RC Building Frames Subjected to Column Failure. Journal of Structural Engineering, Vol. 120, No. 3, 765-782.