

Gazbeton Duvar ve Döşeme Elemanları ile İnşa Edilen Az Katlı Konut Binalarının Deprem Güvenliği*

Dr.Haluk SESİGÜR
Yrd.Doç.Dr. Halet Almila BÜYÜKTAŞKIN
Prof.Dr.Feridun ÇILI
İTÜ Mimarlık Fakültesi

Giriş

Son on yılda 1992 Erzincan Depremi ile başlayan ve Dinar, Ceyhan, Kocaeli, Düzce, Sultandağı ve Bingöl Depremleri ile devam eden ve büyüklükleri 5,9~7.8 arasında değişen depremlerin tümü ya büyük şehirlerde ya da büyük yerleşim yerlerinin çok yakınında meydana gelmiştir. Bu depremlerin neden olduğu yoğun can ve mal kaybı, daha güvenli yeni yapı ve yapım sistemlerini gündeme getirmiştir. Daha önce deprem riskinin olmadığı orta Avrupa ülkelerinde uygulanan ve ülkemiz koşullarına göre yeterince incelenmeden inşa edilen prefabrike yapıların depremlerde uğradığı ağır hasarı bir kez daha yaşamamak için yurdumuzda yapımı ve uygulanması düşünülen her tür yapı ve yapım sisteminin deprem güvenliğinin irdelenmesi, yürürlükte olan deprem yönetmeliklerine uygunluğunun sağlanması ve yönetmeliklerde gerekli güncellenmenin yapılması gerekmektedir.

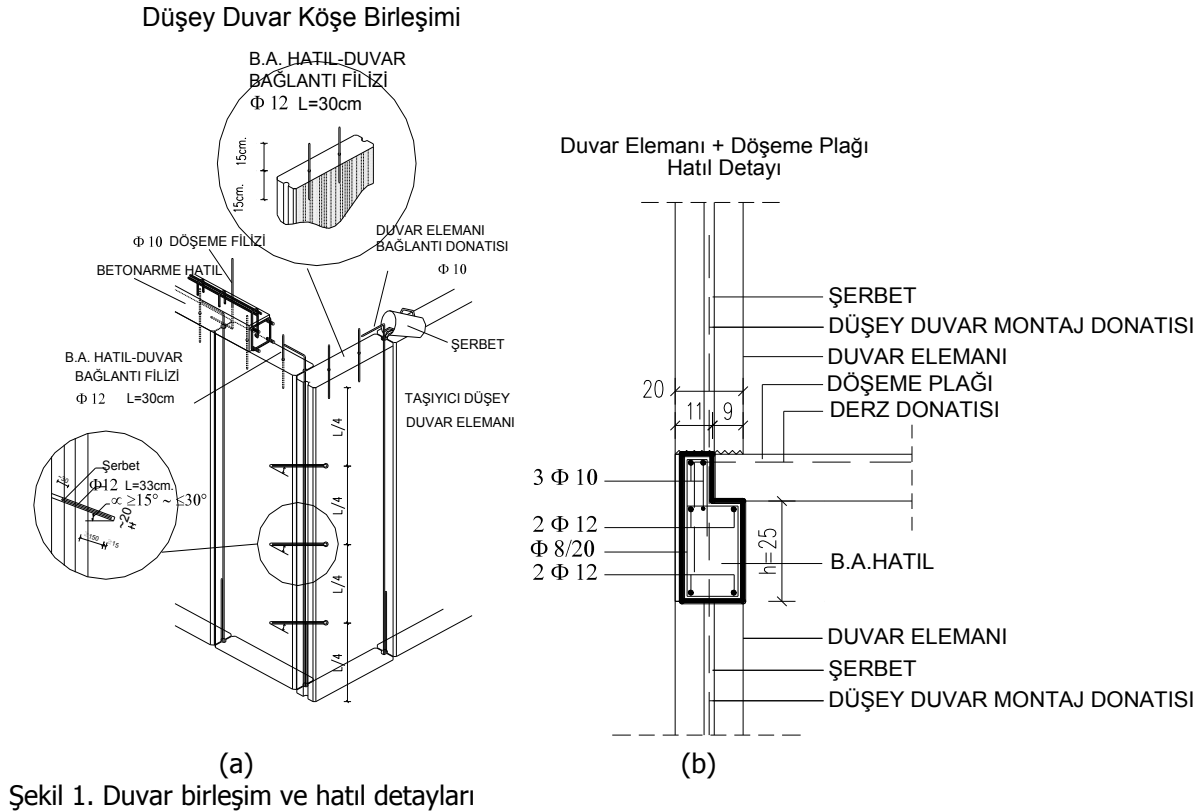
Kullanılan Yöntem

Binalar depremde kendi yüklerini kendileri yarattıkları için ağırlıklarının belli bir oranı kadar deprem kuvvetine maruz kalırlar. Başka bir deyişle yapı ağırlığının az olması yapının maruz kalacağı deprem yükünün de az olması sonucunu doğurur. Buna ek olarak depremde yapıya iletilen enerjinin yapı taşıyıcı sistemi tarafından yutulan bölümü yapı taşıyıcı sisteminin sürekliliği ile doğru orantılıdır. Deprem bölgelerinde inşa edilecek yapılarda amaç, ağırlığı az, sünek yapılar üretmek olarak özetlenebilir. Bu saptama ve ilke doğrultusunda bu çalışmada ülkemizde uzun zamandan beri üretilen gazbeton döşeme ve duvar panelleri ile oluşturulan az katlı binaların deprem güvenliği irdelenmiştir. Bu amaçla seçilen az katlı iki örnek binada, yapı taşıyıcı sistemi önce gazbeton döşeme ve duvar panelleri, daha sonra betonarme iskeletli ve tuğla bölme duvarlı olarak projelendirilmiş, yapıların deprem güvenlik düzeyleri ve yapım süreleri karşılaştırılmıştır.

Donatılı Gazbeton Elemanlarla Oluşturulan Binaların Özellikleri

Gazbeton duvar ve çatı panelleri kullanılarak inşa edilen binalar, bir bakıma prefabrike betonarme paneller ile oluşturulmuş binalar olarak sınıflandırılabilir. Buna karşılık yapımda kullanılan gazbetonun

basınç dayanımı $35\text{--}50\text{kg/cm}^2$ arasında ve normal yapı betonlarına göre düşük olduğundan prefabrike betonarme binalar için öngörülen koşullar tam olarak sağlanamamaktadır. Bu noktadan hareketle örnek binalar "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"te yığma kargir binalar için öngörülen tasarım kuralları açısından irdelenmiştir. Gazbeton donatılı duvar panelleri yığma kargir binaların deprem dayanıklılığını arttırmak için kullanılması önerilen düşey hatlılara benzerdir. Bu nedenlerle yönetmelikte düşey hatlı yığma kargir binalar için öngörülen koşulların sağlanmış olması bu tür binaların deprem güvenliği açısından yeterli sayılabilir. Gazbeton duvar, döşeme ve çatı panelleri ile oluşturulmuş bir ya da iki katlı yapıların yığma kargir binalar için öngörülen deprem yüklerine göre hesaplanan deprem güvenliğinin yeterli düzeyde olduğu ve yurdumuzda son yıllarda meydana gelen depremlerde izlenen olumlu davranışı gösterdiği bilinmektedir. Taşıyıcı duvarları oluşturan panel elemanlar uygun detaylarla birleştirilerek (Şekil 1a) duvarların monolitik davranması sağlanmakta yatay yüklere karşı yeterli dayanım ve rijitlik elde edilebilmektedir. Bu nedenle gazbeton elemanlardan oluşan binaların projelendirilmesinde yığma yapılar için öngörülen hesap yöntemleri kullanılabilir. Bununla birlikte kat hizalarında, taşıyıcı duvar elemanlarının üzerlerinde betonarme hatıllar düzenlenerek panel elemanlara ankrajları sağlanmalıdır. (Şekil 1b).



Hesap Yöntemi

Örnek yapıların projelendirilmesinde yerel zemin sınıfı Z2, Etkin Yer İvmesi Katsayısı 1^0 Deprem Bölgesi için öngörülen değer olan $A_0=0.40$, Bina Önem Katsayısı, bina, konut olarak kullanıldığından, $I=1$, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=2.5$, kat ağırlıklarının hesabında Hareketli Yük Katılım Katsayısı, binanın kullanım amacına

uygun olarak $n=0.30$, temelde ve hatılarda kullanılacak malzemelerin kaliteleri beton için C20, donatı için BÇIII ve BÇIV_b olarak seçilmiştir. Deprem yükleri *Mod Birleştirme Yöntemi* ile hesaplanmıştır. *Mod Birleştirme Yöntemi*nde hesaplanan büyüklüklere ilişkin alt sınır değerlerini kontrol etmek amacıyla deprem yükleri önce *Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi* ile hesaplanmıştır. Hesaplarda deprem yüklerinin mutlak değerleri yerine, toplam deprem yükünün yapı ağırlığına oranı olarak tanımlanan "A(T)/R " katsayıları kullanılmıştır.

Tablo 1. Malzeme Özellikleri

G A Z B E T O N	Eleman Türü	Max. Kuru Birim Ağırlığı (kg/m ³)	Hesap Ağırlığı (kg/m ³)	Elastisite Modülü (kg/cm ²)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Basınç Emniyet Gerilmesi (kg/cm ²)	Kayma Emniyet Gerilmesi (kg/cm ²)
	Duvar Paneli	500	720	12500	35	13	0.8
	Döşeme Paneli	600	840	20000	50	17	1.2
Ç E L İ K	Sınıfı	Akma Sınırı (kg/cm ²)	Çekme Dayanımı (kg/cm ²)	Minimum Kopma Uzaması (%)	Emniyet Gerilmesi (1) (kg/cm ²)	Emniyet Gerilmesi (2) (kg/cm ²)	
	StIV _b	5000	5500	8	1800	2700	

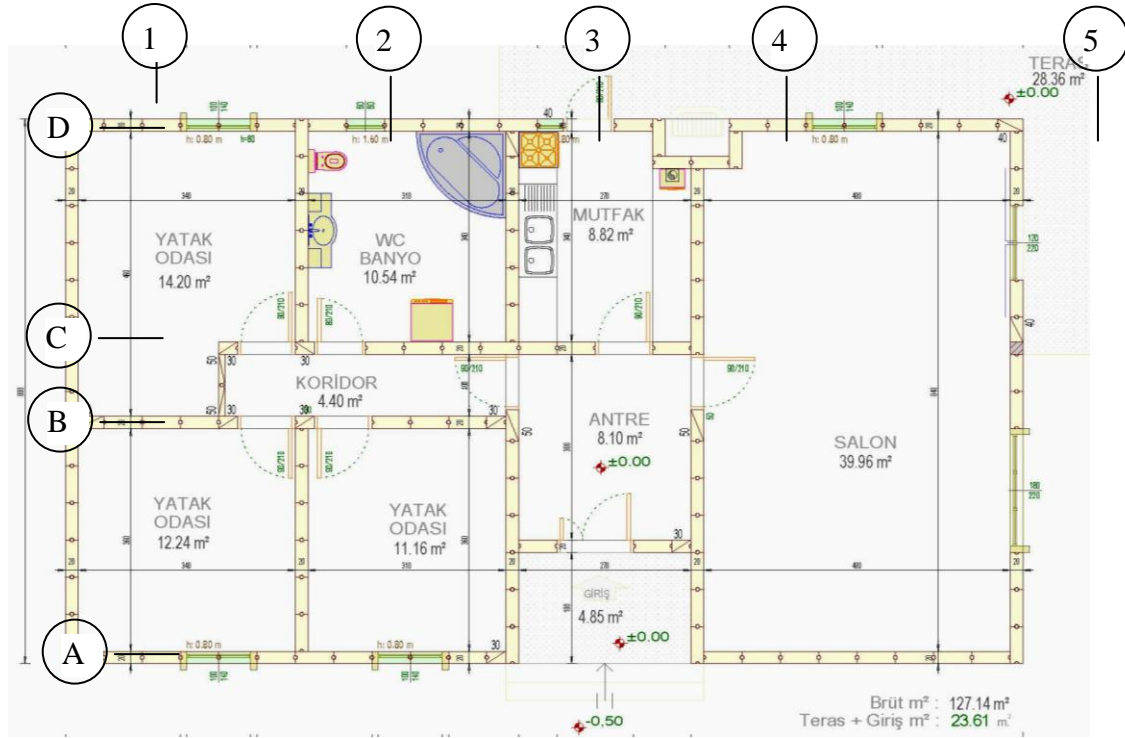
Binaların düşey ve yatay yüklere göre kontrolünde tüm taşıyıcı duvar rijitlikleri kayma ve eğilme etkileri göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Kat kesme kuvvetleri duvar rijitlikleri ile orantılı olarak taşıyıcı duvarlara dağıtılmış, mevcut dış merkezliğe ek olarak $\pm\%5$ dış merkezlikten doğan yatay burulma momenti etkileri de göz önüne alınmıştır. Düşey duvar yükleri, sabit ve hareketli yükler ile deprem yüklerine göre kat ortalarında doğan devrilme momenti göz önüne alınarak hesaplanmış ve duvarları oluşturan parçalara dolu kısımları ile orantılı olarak dağıtılmıştır. Taşıyıcı düşey duvarların değişik bölgelerinde en elverişsiz kayma gerilmeleri ile normal gerilmeler, G, sabit yük, Q, hareketli yük, E deprem yüklerinden doğan etkileri göstermek üzere $0.9G \pm E$ ve $G+Q \pm E$ yüklemelerine göre hesaplanmıştır. Duvar elemanlarında çekme gerilmelerinin olduğu durumlarda normal kuvvet ve eğilme momenti etkileri göz önüne alınarak donatı gerilmeleri kontrol edilmiştir.

Örnek Yapılar

Tek ve iki katlı olmak üzere iki adet konut binası örnek olarak seçilmiştir.

Örnek Bina I

Örnek Bina I, plan ölçüleri 15.00m x 8.80m olan tek katlı bir binadır, Şekil 2. Kat yüksekliği 2.85 m'dir. Bina gazbeton döşeme ve duvar panelleri kullanılarak projelendirilirken göz önüne alınan malzeme karakteristikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Duvar panellerinin kalınlıkları 20cm, döşeme panellerinin kalınlıkları ise 15 cm olarak seçilmiştir. Binanın asal doğrultularında birinci moda ait titreşim periyotları $T_x=0.043s_n$, $T_y=0.039s_n$ olarak hesaplanmış, Spektrum Katsayısı $S(T) \cong 1.5$, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=2,5$ olarak alınmıştır. Buna göre hesaplanan Spektral İvme Katsayısı A(T) ve Deprem Katsayısı olarak da tanımlanabilen A(T)/R katsayıları Tablo 4'de, duvar elemanlarında hesaplanan normal ve kayma gerilmesi değerleri Tablo 2a,2b'de özetlenmiştir.


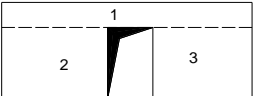

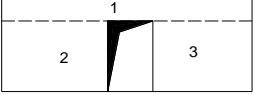
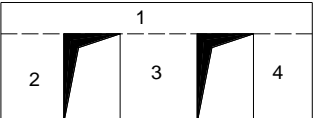


Şekil 2. Örnek Bina I kat planı

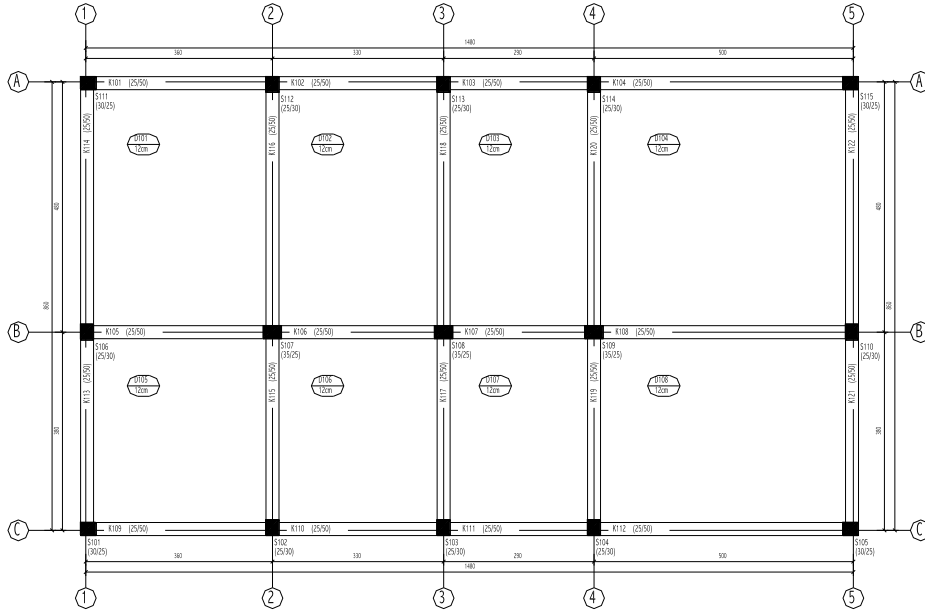
Tablo 2a. Ön/Arka cepheye paralel duvarlar

Duvar Adı	Eleman Numarası	Kayma Gerilmesi \square_{\max} (kg/cm ²)	Normal Gerilmeler	
			\square_{\min} (kg/cm ²)	\square_{\max} (kg/cm ²)
A1	2	0.33	-0.729	1.585
	3	0.33	-0.629	1.485
	4	0.27	-1.028	1.883
A2	2	0.31	-0.678	1.098
B	2	0.25	-0.586	1.420
	3	0.24	-0.625	1.459
C	2	0.27	-0.283	1.093
	3	0.09	-0.529	1.339
D	2	0.31	-0.854	1.325
	3	0.28	-0.802	1.273
	4	0.33	-0.405	0.876
	5	0.33	-0.347	0.818
	6	0.31	-0.704	1.175
	7	0.33	-0.405	0.876

Tablo 2b. Enine doğrultudaki duvarlar

Duvar Adı		Eleman Numarası	Kayma Gerilmesi σ_{\max} (kg/cm ²)	Normal Gerilmeler	
				σ_{\min} (kg/cm ²)	σ_{\max} (kg/cm ²)
1		2	0.22	-0.319	0.839
2		2	0.22	-0.171	1.162
		3	0.21	-0.190	1.180
3		2	0.24	-0.237	1.140
		3	0.23	-0.256	1.159
4		2	0.27	-0.215	1.329
		3	0.27	-0.236	1.349
5		2	0.38	-1.216	2.551
		3	0.42	-0.668	2.003
		4	0.30	-1.271	2.606

Örnek Bina I betonarme iskelet sistem olarak düzenlenmiş, kalıp planı Şekil 3'de verilmiştir. Hesaplarda malzeme kaliteleri olarak beton için C20, donatı için S420 seçilmiştir. Binanın asal doğrultularında birinci moda ait titreşim periyotları $T_x=0.239s$, $T_y=0.250s$ olarak hesaplanmış, spektrum katsayısı $S(T) = 2.5$, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=8$ olarak alınmıştır. Buna göre hesaplanan Spektral İvme katsayısı $A(T)$ ve Deprem Katsayısı olarak da tanımlanabilen $A(T)/R$ katsayıları Tablo 4'de özetlenmiştir.

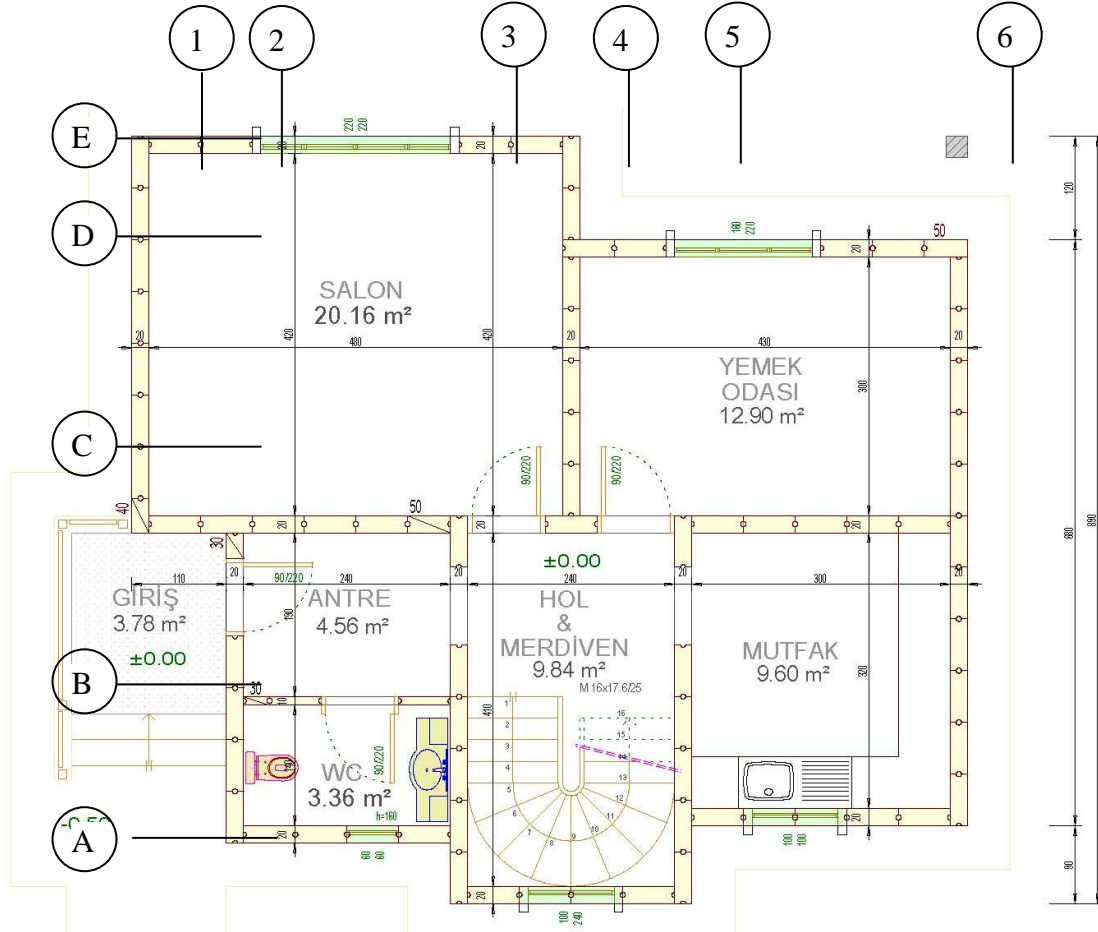


Şekil 3. Çatı döşemesi kalıp planı

Donatılı gazbeton panellerle üretilen binanın ağırlığı ~50 ton, betonarme iskeletli sistemin ağırlığı ise ~114 ton olarak hesaplanmıştır.

Örnek Bina II

Örnek Bina II, plan ölçüleri 9.70m x 8.90m olan iki katlı bir binadır, Şekil 4. Kat yükseklikleri 2.85 m'dir. Binanın gazbeton döşeme ve duvar panelleri kullanılarak projelendirilirken göz önüne alınan malzeme karakteristikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Duvar panellerinin kalınlıkları 20cm, döşeme panellerinin kalınlıkları ise 15 cm olarak seçilmiştir.



Şekil 4. Örnek Bina II kat planı

Asal doğrultularda birinci moda ait titreşim periyotları $T_x=0.127s$, $T_y=0.109s$ olarak hesaplanmış, Spektrum Katsayısı $S(T) \cong 2.2$, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=2.5$ olarak alınmıştır. Buna göre hesaplanan Spektral İvme Katsayısı $A(T)$ ve Deprem Katsayısı olarak da tanımlanabilen $A(T)/R$ katsayıları Tablo 4'de, duvar elemanlarında hesaplanan normal ve kayma gerilmesi değerleri Tablo 3a,3b'de özetlenmiştir.

Örnek Bina II betonarme iskelet sistem olarak düzenlenmiş ve kalıp planı Şekil 5'de verilmiştir. Hesaplarda malzeme kaliteleri beton için C20, donatı için S420 olarak alınmıştır. Binanın asal doğrultularında birinci moda ait titreşim periyotları $T_x=0.196s$, $T_y=0.161s$ olarak hesaplanmış, Spektrum Katsayısı $S(T) = 2.5$, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=8$ olarak alınmıştır. Buna göre hesaplanan Spektral İvme katsayısı $A(T)$ ve Deprem Katsayısı olarak da tanımlanabilen $A(T)/R$ katsayıları Tablo 4'de özetlenmiştir.

Donatılı gazbeton elemanlarla üretilen binanın ağırlığı ~116 ton, betonarme iskeletli sistemin ağırlığı ise ~153 ton olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar

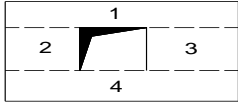
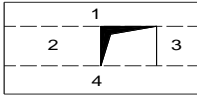
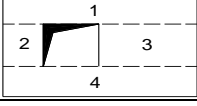
Bu çalışmada, gazbeton elemanlar ile üretilmiş bir ve iki katlı iki adet örnek yapının deprem güvenlikleri, benzer plan özelliklerindeki betonarme iskelet taşıyıcı sistemli yapıların deprem güvenlikleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılar, panel elemanlardan oluşan duvarların monolitik olarak davranış gösterdiği varsayılarak, üç boyutlu olarak modellenmiş, Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi ile hesaplanmıştır. Gazbeton elemanlar ile üretilmiş yapıların ağırlığı benzer plan özelliklerindeki betonarme yapıların ağırlıklarının %44~76'sı, depremde maruz kalacakları yatay deprem yükleri, %26~67'i mertebesinde olmaktadır. Monolitik panel elemanlarla üretilmiş yapıların süneklik düzeyleri nispeten daha düşük olduğundan projelendirmede göz önüne alınan yükler betonarme iskeletli yapıların projelendirilmesinde göz önüne alınan yüklerin %84~213'ü mertebesinde olmaktadır. Gerçekte gazbeton duvar elemanları ile üretilmiş yapıların panelleri arasındaki düşey derzlerde oluşan sürtünme kuvvetleri, depremde yapıya iletilen enerjinin bir bölümünün yutulmasına ya da başka bir deyişle yapının daha sünek bir davranış göstermesine neden olmaktadır. Bu nedenle projelendirmede gözönüne alınan yükler, göz önüne alınması gereken yüklerin üstünde olduğundan gazbeton duvar ve döşeme elemanları ile üretilen yapıların gerçek güvenlik düzeyleri hesaplanan güvenlik düzeylerinin üstünde olmaktadır.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte öngörülen yeterli dayanım ve rijitlik düzeylerindeki iki grup yapıdan gazbeton duvar ve döşeme panelleri ile üretilmiş olanlar, ağırlıklarındaki hafifliğe ek olarak depremde maruz kalacakları yükün azlığı, projelendirmede göz önüne alınan yüklerin nispeten daha yüksek olması nedeniyle ulaşılan yüksek güvenlik düzeyleri, yapım sürelerinin kısalığı ve konfor şartlarının yüksekliği gibi nedenlerden dolayı deprem bölgelerinde tercih edilebilirler. Yurdumuzda yaşanan depremlerden sonra yerinde yapılan deprem sonrası çalışmalarında gazbeton duvar ve döşeme panelleri ile üretilmiş yapıların depremleri hasarsız ya da kabul edilebilir hasar düzeyleri ile atlattığını göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada Örnek Bina I ve II projelerini sağlayan Türk Ytong San.A.Ş. 'ne teşekkür ederiz.

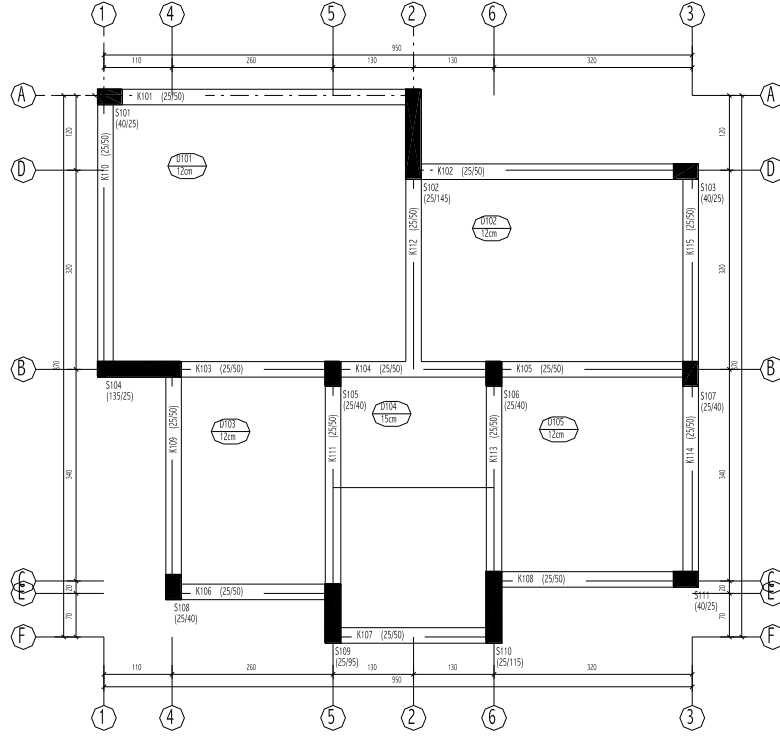
Tablo 3a. Ön/Arka cepheye paralel duvarlar

Duvar Adı		Eleman Numarası	Kayma Gerilmesi		Normal Gerilmeler			
			σ_{\max} (kg/cm ²)	σ_{\min} (kg/cm ²)	σ_{\max} (kg/cm ²)	σ_{\min} (kg/cm ²)	σ_{\max} (kg/cm ²)	σ_{\min} (kg/cm ²)
			1. kat	2. kat	1. kat	2. kat	1. kat	2. kat
A		2	0.31	0.21	-2.367	-1.527	3.944	2.334
		3	0.31	0.21	-2.367	-1.527	3.944	2.334
B1		2	1.05	0.72	-2.265	-1.115	3.466	1.624
		3	0.82	0.56	-4.083	-2.072	5.284	2.582
B2		2	0.69	0.47	-6.321	-3.087	7.743	3.714
		3	1.19	0.81	-2.686	-1.672	4.108	2.299

C		2	0.85	0.57	-2.576	-1.172	4.363	2.212
		3	0.10	0.07	-0.883	-0.537	2.670	1.577
		4	0.81	0.55	-2.933	-1.339	4.720	2.379
D			0.46	0.31	-7.958	-3.322	9.473	4.088
			0.77	0.52	-4.865	-2.403	6.380	3.170
E			0.68	0.46	-5.794	-2.664	7.780	3.779
			0.68	0.46	-5.794	-2.664	7.780	3.779

Tablo 3b. Yan cephelere paralel duvarlar

Duvar Adı		Eleman Numarası	Kayma Gerilmesi		Normal Gerilmeler			
			σ_{\max} (kg/cm ²)		σ_{\min} (kg/cm ²)		σ_{\max} (kg/cm ²)	
			1. kat	2. kat	1. kat	2. kat	1. kat	2. kat
1		2	0.61	0.41	-9.626	-3.087	10.665	3.556
2		2	0.56	0.38	-3.702	-1.462	4.583	1.877
3		2	0.50	0.34	-3.256	-1.276	4.746	2.081
		3	0.08	0.05	-4.823	-1.615	6.312	2.420
4		2	0.55	0.38	-9.452	-2.950	10.750	3.622
5		3	0.49	0.37	-3.224	-1.336	4.763	2.180
		4	0.08	0.06	-4.795	-1.658	6.334	2.502
6		2	0.96	0.64	-3.098	-1.394	4.620	2.075



Şekil 5. Normal kat kalıp planı

Tablo 4.

Bina Türü	A(T)		A(T)/R		Yapı Toplam Ağırlığı(t)		Yapıya Gelen Deprem Kuvveti(t)		Projelendirme Kuvveti(t)	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Gazbeton duvarlı	0.60	0.88	0.240	0.352	50	116	30	102.08	12.00	40.83
BA iskeletli	1.00	1.00	0.125	0.125	114	153	114	153	14.25	19.13

KAYNAKLAR

1. "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ", 1975.
2. BAYÜLKE, N., 1987, " Donatılı Gazbeton (Ytong) Düşey Duvar ve Döşeme Elemanlarından Yapılmış Hafif Prefabrike Model Yapının Sarsma Tablası Deneyi Raporu".
3. BORHAN, B., " Ytong, El Kitabı-1".
4. BORHAN, B., " Ytong, El Kitabı-2".
5. ÇILI, F., 1978, " Yiğma Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı ", Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni 22.
6. HASGÜR, Z., 1979, " Japonya' da Ikebukuro Alt-Merkez Projesi ", Türkiye Mühendislik Haberleri Mayıs-Aralık.
7. "TS453, Gaz ve Köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları", 1988.
8. "TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri", 1987.
9. "TS500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", 1984.

* *28.İstanbul Yapı Fuarı "Yapının Geleceğine Yön Veren Malzemeler ve Teknolojiler" semineri

