

## FARKLI DEPREM İVMELERİNİN BİNA YATAY YÜKLERİNE ETKİSİ

Ömer ÖZKAN\* Özgür MURATOĞLU\*\*

\* Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Alaplı Meslek Yüksek Okulu, Alaplı, Zonguldak, Türkiye

\*\*Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Böl., Zonguldak, Türkiye

### ÖZET

Ülkemizin büyük bir kısmının deprem kuşağında olması ve son beş yılda yaşamış olduğumuz depremler, yapı tasarımında gelişimi zorunlu kılmaktadır. Yapı tasarımında amaç, deprem esnasında can kaybının olmamasını sağlamaktır. Bir yapı ömrü içerisinde; çok sık oluşabilecek hafif şiddetli depremlerde hiç hasar görmemelidir, orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistem hasar görmemelidir, şiddetli depremlerde ise taşıyıcı sistem zarar görebilir ancak yapı kesinlikle çökmemelidir. Yapılara gelebilecek deprem kuvvetleri, zemin sınıfına, bölge deprem ivmelerine ve yapı türüne bağlı olarak değişir. Bununla beraber 1997 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (AFYYHY), I. Bölgede 0,40g, II. Bölgede 0,30g, III. Bölgede 0,20g, IV. Bölgede ise 0,10g minimum ivme düzeyini belirtmektedir. Ancak 1999 yılında yaşamış olduğumuz depremlerde belirtilen ivme düzeyleri aşılmıştır. Bu çalışmada sabit yerel zemin sınıfına sahip, 4 ve 8 katlı konut yapıları kullanılmıştır. Bu yapılarla etki eden deprem ivme düzeyleri 0,05g den 0,80g'e kadar 0,05 artırımı ile ele alınmış ve bu ivme düzeylerinin yapıda meydana getirdiği yatay deprem kuvvetleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem ivmeleri, Eşdeğer deprem kuvveti, Yatay yükler, Yapı maliyeti.

## THE EFFECT OF VARIOUS EARTHQUAKE ACCELERATIONS ON THE STRUCTURE HORIZONTAL FORCES

### ABSTRACT

Since the majority of our country's lands is in earthquake section and the earthquakes that we have encountered in the last 5 years necessitate structure design to be improved. The purpose in structure design is to prevent life loss in an earthquake. A structure should not have any damage in light intensity earthquakes, its load-bearing system should not have any damage in a middle intensity earthquake and in a high intensity earthquake, load bearing system of the structure can have some damage but should not cave in its life span. Earthquake forces that act on structures change according to the soil class, earthquake acceleration of the region and type of structure. In addition to this, regulation about structures to be built in disaster zones which have been valid since 1997, determines the minimum acceleration level as 0,40 g in I. Zone, 0,30 g in II. Zone, 0,20 g in III. Zone and 0,10 IV. Zone. However, these minimum acceleration levels were exceeded in the earthquakes that we encountered in 1999. In this study, 4 and 8 floor structures having local soil class were used. The earthquake acceleration levels that act on these structures have been taken into consideration with 0,05 increase from 0,05 g to 0,80 g and horizontal earthquake forces that the acceleration levels created in structures have been investigated.

**Key Words:** Earthquake acceleration, Equivalent earthquake force, Horizontal forces, Construction cost.

### 1. GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde yaşanan depremler neticesinde yapılan incelemeler, yapıların yeterli deprem güvenirliliğine sahip olmadıklarını göstermektedir [1, 2]. Yapı malzemelerinin istenilen mukavemeti sağlayamadığı deprem sonrasında yapılan incelemeler ile vurgulanmıştır [3, 4]. Kocaeli ve Düzce Depremleri

sonrasında hazırlanan bir raporda ise betonarme binalarda meydana gelen hasarların yönetmeliklere uygun yapılmadığından kaynaklandığı vurgulanmaktadır [5].

Deprem bölgelerinde yapılacak yapıların tasarımı ve boyutlandırılmasında düşey yüklerin yanı sıra deprem yüklerinin etkisi de önemli rol oynar. Yapı yüksekliği ve bölgenin depremselliği arttıkça bu etki ön plana çıkar. Bu bağlamda deprem yükleri esas alınarak tasarlanmış bir binanın taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların her biri, deprem yüklerini karşılayacak yeterli rijitliğe, dayanıma ve bu yükleri birbirine aktaracak kararlılığa sahip olmalıdır [6]. Hemen hemen tüm deprem yönetmeliklerinde, yapılardaki deprem etkisi eşdeğer yatay kuvvetlere dönüştürülerek incelenir. Ancak yapının taşıyıcı sisteminde düzensizlikler bulunması durumunda, davranışın daha ayrıntılı biçimde belirlenebilmesi için dinamik hesap yöntemi de kullanılır [7].

1997 yılında yürürlüğe giren Afet Yönetmeliğinde deprem ivmelerinin I. Derece bölgeler için 0,40 g, II. Derece bölgeler için, 0,30 g, III. Derece bölgeler için 0,20 g, IV. Derece bölgeler için ise 0,10 g olması gerektiği belirtilmektedir. Ancak Ülkemizde meydana gelen depremlerde deprem ivmesinin 0,8 g düzeyine çıktığı gözlenmiştir [8]. Düzce Depreminde deprem ivmesi, Düzce’ de 0,51 g, Bolu’ da 0,81 g, Adapazarı’ nda 0,02, Mudurnu’ da ise 0,12 g ölçülmüştür [9]. Ölçülen ivme değerleri Şekil 1’ de verilmektedir.



Şekil 1. Düzce Depreminin Yer İvmeleri

Şekil 1’den de anlaşılacağı gibi son yıllarda ülkemizde yaşanan depremlerde yönetmeliklerde belirtilen deprem ivmelerinin aşıldığı görülmektedir. Burada yönetmeliklerle belirlenen ivmelerin de yeterli güvenliğe sahip olmadığı gözlenmektedir. İvmelerde gözlenen artış deprem kuvvetlerini ve buna bağlı olarak binanın taşıyıcı sisteminin boyutlarını değiştirecektir. Bu değişim de yapı maliyetine direkt etki edecektir. Deprem maliyet ilişkisinin incelendiği bir çalışmada I. ve IV. Deprem bölgeleri arasında taşıyıcı sistem maliyeti % 20 oranında değişmektedir [10].

Çalışmamızda, üç farklı bina 4 ve 8 kat olarak tasarlanmış, deprem ivmelerinin de 0,8 g’ ye kadar 0,05 aralıklarla yükseltilmesi neticesinde binaya etki eden deprem kuvvetleri hesaplanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmamızda, betonarme yapılara etki eden deprem kuvvetlerinin 0,05 fark ile 0,80 g kadar yükselmesi durumunda meydana gelen değişim incelenmiştir. Deprem kuvvetleri yapı modeli, kat sayısı ve bina ağırlıklarına göre farklı etkimektedir. Üç farklı proje modeli kullanılmıştır, kullanılan proje kalıp planları Ek’ te verilmektedir. Her bir proje 4 ve 8 kat olmak üzere projelendirilmiştir. Her bir projede yapıya etki eden deprem kuvvetleri C ++ dilinde yazılan program ile belirlenmiş, yatay deprem kuvvetleri aşağıdaki şu formüller yardımı ile hesaplanmıştır.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu (T)

$$T = C_t \cdot H_N^{3/4} \quad (1)$$

Spektrum katsayısı ( $ST_1$ )

$$ST_1 = 1 + 1,5 \frac{T}{TA} \quad (0 \leq T \leq TA) \quad (2)$$

$$ST_1 = 2,5 \quad (TA < T \leq TB)$$

$$ST_1 = 2,5 \cdot \left(\frac{TB}{T}\right)^{0,8} \quad (T > TB)$$

Spektral ivme katsayısı ( $AT_1$ )

$$AT_1 = A_0 \cdot I \cdot ST \quad (3)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi (taban kesme kuvveti) ( $V_t$ )

$$V_t = \frac{W \cdot AT_1}{R_a T} \quad (4)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün bina katlarına dağıtılması ( $F_i$ )

$$F_i = \frac{(V_t - \Delta F_n) \cdot W_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^N (W_j \cdot H_j)} \quad (5)$$

- $C_t$  : Eşdeğer deprem yöntemi doğal titreşim periyodu katsayısı  
 $H_N$  : Bina yüksekliği  
 $A_0$  : Etkin yer ivme katsayısı  
 $TA, TB$  : Yerel zemin sınıfına göre spektrum karakteristik periyotları  
 $T$  : Bina doğal titreşim periyodu  
 $I$  : Bina önem katsayısı  
 $R_a$  : Süneklik düzeyi.  
 $F_i$  : Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü

### 3. DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA

#### 3.1. Hesap Sonuçları

Çalışmada kullanılan üç tip projenin, 1. doğal titreşim periyodu, spektral ivme katsayısı, eşdeğer deprem yükleri, katlara etkiyen deprem kuvvetleri hesaplanmıştır. 4 kat olarak tasarlanan yapıların hesap sonuçları Tablo 1, 2 ve 3' de verilmektedir.

Tablo 1. A Kalıp Planı Hesap Sonuçları

	Ao	W (ton)	KAT EŞDEĞER YÜKLERİ				EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ	T	AT <sub>1</sub>
			1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat			
A KALIP PLANI	0,05	942,11	1.472	2.944	4.416	5.888	14.720	0,42856	0,125
	0,10	942,11	2.944	5.888	8.832	11.776	29.440	0,42856	0,250
	0,15	942,11	4.416	8.832	13.248	17.664	44.160	0,42856	0,375
	0,20	942,11	5.888	11.776	17.664	23.552	58.880	0,42856	0,500
	0,25	942,11	7.360	14.720	22.080	29.440	73.600	0,42856	0,625
	0,30	942,11	8.832	17.664	26.496	35.329	88.321	0,42856	0,750
	0,35	942,11	10.304	20.608	30.912	41.217	103.041	0,42856	0,875
	0,40	942,11	11.776	23.552	35.329	47.105	117.762	0,42856	1,00
	0,45	942,11	13.248	26.496	39.745	52.993	132.482	0,42856	1,125
	0,50	942,11	14.720	29.440	44.161	58.880	147.201	0,42856	1,250
	0,55	942,11	16.192	32.385	48.577	64.768	161.922	0,42856	1,375
	0,60	942,11	17.664	35.329	52.293	70.656	175.942	0,42856	1,500
	0,65	942,11	19.136	38.273	57.409	76.544	191.362	0,42856	1,625
	0,70	942,11	20.608	41.217	61.825	82.432	206.082	0,42856	1,750
	0,75	942,11	22.080	44.161	66.242	88.322	220.805	0,42856	1,875
0,80	942,11	23.552	47.105	70.658	94.210	235.525	0,42856	2,000	

Tablo 2. B Kalıp Planı Hesap Sonuçları

	Ao	W (ton)	KAT EŞDEĞER YÜKLERİ				EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ	T	AT <sub>1</sub>
			1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat			
B KALIP PLANI	0,05	824,18	1.287	2.575	3.863	5.151	12.876	0,42856	0,125
	0,10	824,18	2.575	5.151	7.725	10.302	25.753	0,42856	0,250
	0,15	824,18	3.863	7.726	11.590	15.453	38.632	0,42856	0,375
	0,20	824,18	5.151	10.302	15.453	20.604	51.510	0,42856	0,500
	0,25	824,18	6.438	12.877	19.316	25.755	64.386	0,42856	0,625
	0,30	824,18	7.726	15.453	23.180	30.906	77.265	0,42856	0,750
	0,35	824,18	9.014	18.028	27.043	36.057	90.142	0,42856	0,875
	0,40	824,18	10.302	20.604	30.906	41.209	103.021	0,42856	1,00
	0,45	824,18	11.590	23.180	34.770	46.360	115.900	0,42856	1,125
	0,50	824,18	12.877	25.755	38.633	51.511	128.776	0,42856	1,250
	0,55	824,18	14.165	28.331	42.496	56.660	141.652	0,42856	1,375
	0,60	824,18	15.453	30.906	46.360	61.813	154.532	0,42856	1,500
	0,65	824,18	16.741	33.482	50.223	66.964	167.410	0,42856	1,625
	0,70	824,18	18.028	36.057	54.086	72.115	180.286	0,42856	1,750
	0,75	824,18	19.316	38.633	57.950	77.266	193.165	0,42856	1,875
0,80	824,18	20.604	41.209	61.813	82.417	206.043	0,42856	2,000	

Tablo 3. C Kalıp Planı Hesap Sonuçları

	Ao	W (ton)	KAT EŞDEĞER YÜKLERİ				EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ	T	AT <sub>1</sub>
			1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat			
C KALIP PLANI	0,05	1052,81	1.645	3.290	4.935	6.580	16.450	0,42856	0,125
	0,10	1052,81	3.290	6.580	9.870	13.160	32.900	0,42856	0,250
	0,15	1052,81	4.935	9.870	14.805	19.740	49.350	0,42856	0,375
	0,20	1052,81	6.580	13.160	19.740	26.320	65.800	0,42856	0,500
	0,25	1052,81	8.225	16.450	24.675	32.900	82.250	0,42856	0,625
	0,30	1052,81	9.870	19.740	29.610	39.480	98.700	0,42856	0,750
	0,35	1052,81	11.515	23.030	34.545	46.060	115.150	0,42856	0,875
	0,40	1052,81	13.160	26.320	39.480	52.640	131.600	0,42856	1,00
	0,45	1052,81	14.805	29.610	44.415	59.220	148.050	0,42856	1,125
	0,50	1052,81	16.450	32.900	49.350	65.800	164.500	0,42856	1,250
	0,55	1052,81	18.095	36.190	54.285	72.380	180.950	0,42856	1,375
	0,60	1052,81	19.740	39.480	59.220	78.960	197.400	0,42856	1,500
	0,65	1052,81	21.385	42.770	64.155	85.540	213.850	0,42856	1,625
	0,70	1052,81	23.030	46.060	69.090	92.120	230.300	0,42856	1,750
	0,75	1052,81	24.675	49.350	74.025	98.700	246.750	0,42856	1,875
	0,80	1052,81	26.320	52.640	78.960	105.280	263.200	0,42856	2,000

8 kat olarak tasarlanan projelerin, 1. doğal titreşim periyodu, spektral ivme katsayısı, eşdeğer deprem yükleri, katlara etkiyen deprem kuvvetleri hesaplanmıştır. Hesap sonuçları tablo 4, 5 ve 6'da verilmektedir.

Tablo 4. A Kalıp Planı Hesap Sonuçları

	Ao	W (ton)	KAT EŞDEĞER YÜKLERİ								EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ	T	AT <sub>1</sub>
			1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat	6. Kat	7. Kat	8. Kat			
A KALIP PLANI	0,05	1884,98	0,818	1.636	2,454	3,272	4,090	4,908	5,726	6,545	29.452	0,721	0,125
	0,10	1884,98	1,636	3,272	4,908	6,545	8,181	9,817	11,453	13,090	58.905	0,721	0,250
	0,15	1884,98	2,454	4,908	7,363	9,817	12,272	14,726	17,180	19,635	88.358	0,721	0,375
	0,20	1884,98	3,272	6,545	9,817	13,090	16,362	19,635	22,907	26,180	117.811	0,721	0,500
	0,25	1884,98	4,09	8,181	12,272	16,362	20,453	24,544	28,634	32,725	147.264	0,721	0,625
	0,30	1884,98	4,908	9,817	14,726	19,635	24,544	29,452	34,361	39,270	176.716	0,721	0,750
	0,35	1884,98	5,726	11,453	17,180	22,907	28,634	34,361	40,088	45,815	206.169	0,721	0,875
	0,40	1884,98	6,545	13,090	19,635	26,180	32,725	39,270	45,815	52,360	235.622	0,721	1,000
	0,45	1884,98	7,363	14,726	22,089	29,452	36,816	44,179	51,542	58,905	265.075	0,721	1,125
	0,50	1884,98	8,181	16,362	24,544	32,725	40,906	49,088	57,262	65,450	294.528	0,721	1,250
	0,55	1884,98	8,999	17,998	26,988	35,998	44,998	53,997	62,997	71,996	323.980	0,721	1,375
	0,60	1884,98	9,817	19,635	29,452	39,270	49,088	58,905	68,723	78,540	353.433	0,721	1,500
	0,65	1884,98	10,635	21,271	31,907	42,542	53,178	63,814	74,450	85,085	382.886	0,721	1,625
	0,70	1884,98	11,453	22,907	34,361	45,815	57,269	68,723	80,177	91,630	412.339	0,721	1,750
	0,75	1884,98	12,272	24,544	36,816	49,088	61,360	73,632	85,904	98,176	441.792	0,721	1,875
	0,80	1884,98	13,090	26,180	39,270	52,360	65,450	78,540	91,630	104,721	471.244	0,721	2,000

Tablo 5. B Kalıp Planı Hesap Sonuçları

	Ao	W (ton)	KAT EŞDEĞER YÜKLERİ								EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ	T	AT <sub>1</sub>
			1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat	6. Kat	7. Kat	8. Kat			
B KALIP PLANI	0,05	1648,36	0.715	1.431	2.146	2.861	3.577	4.292	5.008	5.723	25.755	0,721	0,125
	0,10	1648,36	1.431	2.861	4.292	5.723	7.154	8.585	10.016	11.446	51.508	0,721	0,250
	0,15	1648,36	2.146	4.292	6.438	8.585	10.731	12.877	15.024	17.170	77.265	0,721	0,375
	0,20	1648,36	2.861	5.723	8.585	11.446	14.308	17.170	20.032	22.893	103.020	0,721	0,500
	0,25	1648,36	3.577	7.154	10.731	14.308	17.885	21.463	25.040	28.617	128.778	0,721	0,625
	0,30	1648,36	4.292	8.585	12.877	17.170	21.463	25.755	30.048	34.340	154.533	0,721	0,750
	0,35	1648,36	5.008	10.016	15.024	20.032	25.040	30.048	35.056	40.064	180.289	0,721	0,875
	0,40	1648,36	5.723	11.446	17.170	22.893	28.617	34.340	40.064	45.787	206.045	0,721	1,000
	0,45	1648,36	6.438	12.877	19.316	25.755	32.194	38.633	45.072	51.511	231.800	0,721	1,125
	0,50	1648,36	7.154	14.308	21.463	28.617	35.771	42.926	50.080	57.234	257.556	0,721	1,250
	0,55	1648,36	7.869	15.739	23.609	31.479	39.348	47.218	55.088	62.958	283.311	0,721	1,375
	0,60	1648,36	8.585	17.170	25.755	34.340	42.926	51.511	60.096	68.681	309.067	0,721	1,500
	0,65	1648,36	9.300	18.601	27.901	37.202	46.503	55.803	65.104	74.405	334.823	0,721	1,625
	0,70	1648,36	10.016	20.032	30.048	40.064	50.080	60.096	70.112	80.128	360.578	0,721	1,750
	0,75	1648,36	10.731	21.463	32.194	42.926	53.657	64.389	75.120	85.852	386.334	0,721	1,875
	0,80	1648,36	11.447	22.894	34.340	45.787	57.234	68.681	80.128	91.575	412.089	0,721	2,000

Tablo 6. C Kalıp Planı Hesap Sonuçları

	Ao	W (ton)	KAT EŞDEĞER YÜKLERİ								EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ	T	AT <sub>1</sub>
			1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat	6. Kat	7. Kat	8. Kat			
C KALIP PLANI	0,05	2105,62	0.914	1.827	2.741	3.656	4.569	5.483	6.397	7.311	32.900	0,721	0,125
	0,10	2105,62	1.827	3.656	5.483	7.311	9.139	10.967	12.795	14.622	65.800	0,721	0,250
	0,15	2105,62	2.741	5.483	8.225	10.967	13.708	16.450	19.192	21.933	98.700	0,721	0,375
	0,20	2105,62	3.656	7.311	10.967	14.622	18.278	21.933	25.589	29.244	131.601	0,721	0,500
	0,25	2105,62	4.569	9.138	13.708	18.278	22.847	27.416	31.986	36.555	164.500	0,721	0,625
	0,30	2105,62	5.483	10.967	16.450	21.933	27.416	32.900	38.383	43.867	197.401	0,721	0,750
	0,35	2105,62	6.397	12.795	19.191	25.589	31.986	38.383	44.781	51.178	230.302	0,721	0,875
	0,40	2105,62	7.311	14.622	21.933	29.244	36.555	43.867	51.178	58.489	263.202	0,721	1,000
	0,45	2105,62	8.225	16.450	24.675	32.900	41.125	49.350	57.575	65.800	296.103	0,721	1,125
	0,50	2105,62	9.139	18.278	27.416	36.555	45.694	54.833	63.972	73.111	329.003	0,721	1,250
	0,55	2105,62	10.053	20.106	30.158	40.211	50.263	60.317	70.370	80.422	361.904	0,721	1,375
	0,60	2105,62	10.967	21.934	32.900	43.867	54.833	65.800	76.767	87.734	394.804	0,721	1,500
	0,65	2105,62	11.881	23.762	35.641	47.522	59.402	71.283	83.164	95.045	427.705	0,721	1,625
	0,70	2105,62	12.795	25.589	38.383	51.177	63.972	76.767	89.561	102.356	460.605	0,721	1,750
	0,75	2105,62	13.709	27.417	41.125	54.833	68.541	82.250	95.959	109.667	493.506	0,721	1,875
	0,80	2105,62	14.623	29.245	43.866	58.488	73.110	87.733	102.356	116.978	526.406	0,721	2,000

### 3.2. İstatistiksel Değerlendirme

Elde edilen sonuçlar regresyon analizine tabi tutularak deprem kuvvetlerinin değişimlerinin fonksiyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Regresyon analizi yapılmıştır ve sonuçları tablo 7'de verilmektedir [11].

Tablo 7. Regresyon Sonuçları

Proje	Method	R <sup>2</sup>	d.f.	F	olasılık	b0	b1	
4 KAT	A Kalıp Planı	Lineer	1,00	14	2,30E+10	0,000	0,0166	294,26
	B Kalıp Planı	Lineer	1,00	14	6,80E+10	0,000	-0,0019	257,56
	C Kalıp Planı	Lineer	1,00	14	6,80E+10	0,000	0,0001	329,00
8 KAT	A Kalıp Planı	Lineer	1,00	14	3,10E+12	0,000	-0,0005	589,06
	B Kalıp Planı	Lineer	1,00	14	3,30E+11	0,000	-0,0016	515,11
	C Kalıp Planı	Lineer	1,00	14	1,80E+12	0,000	-0,0012	658,01

İstatistiksel sonuçlar incelendiğinde, projelerin yer ivmelerini ile deprem kuvvetleri arasındaki ilişkinin lineer olduğu görülmektedir. Proje 4 kat A kalıp planı' na ait F değeri 2,30E+10, olasılık değeri ise 0,00 dir. Projelerin yer ivmesi-deprem kuvveti değişimleri grafik 1' de görülmektedir. Regresyon analizi sonuçları yer ivmelerinin arttığında binaya etki eden deprem kuvvetlerinin de arttığını ve bu değişimin % 100 lineer olduğunu açıklamaktadır. Projelerde yer ivmesi ve deprem kuvvetleri arasındaki ilişki aşağıdaki formüller ile açıklanabilmektedir.

$$V_t = 294,26 A_0 + 0,0166 \quad \text{Proje (4 kat) A kalıp planı}$$

$$V_t = 257,56 A_0 - 0,0019 \quad \text{Proje (4 kat) B kalıp planı}$$

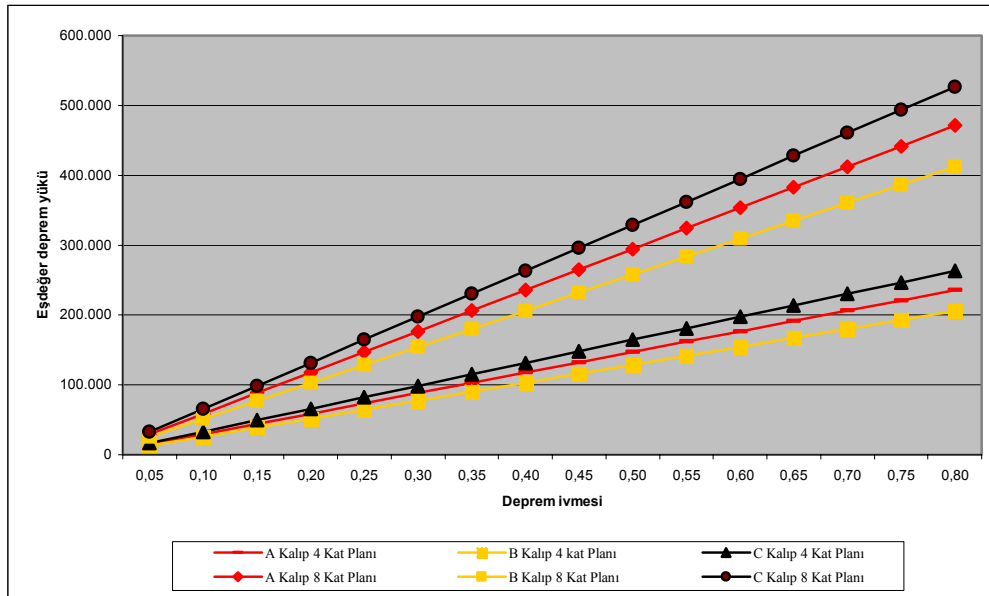
$$V_t = 329,00 A_0 + 0,0001 \quad \text{Proje (4 kat) C kalıp planı}$$

$$V_t = 589,06 A_0 + 0,0005 \quad \text{Proje (8 kat) A kalıp planı}$$

$$V_t = 515,11 A_0 - 0,0016 \quad \text{Proje (8 kat) B kalıp planı}$$

$$V_t = 658,01 A_0 - 0,0012 \quad \text{Proje (8 kat) C kalıp planı}$$

$$V_t = \text{Deprem kuvveti} \quad A_0 = \text{Yer ivmesi}$$



Grafik 1. 4 ve 8 Katlı Yapılarda Deprem İvmesi Değişim Değerleri

#### 4. SONUÇLAR

Deprem güvenliğine sahip bir yapı, ömrü içerisinde çok sık oluşabilecek hafif şiddetli depremlerde hiç hasar görmemelidir, orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemi hasar görmemelidir, şiddetli depremlerde ise taşıyıcı sistem zarar görebilir ancak yapı kesinlikle göçmemelidir. Deprem güvenliğine sahip yapılardan bahsedildiğinde yörede oluşabilecek deprem kuvvetlerine dayanıklı yapı anlaşılmaktadır. Ülkemizin son beş yılda yaşamış olduğu depremlerde ivme değerlerinin şartnamelerin üzerine çıktığı gözlenmektedir. Bu durumun ileride tekrarlanma riski de bulunmaktadır. Bu durumda güvenli yapıdan bahsetmek zorlaşmaktadır.

Kat sayısına bağlı olarak deprem kuvvetleri incelendiğinde, 4 ve 8 katlı yapılarda 0,05 g ivmesinde, çok yakın deprem kuvvetleri görülürken deprem ivme değeri 0,80 g düzeyine ulaştıkça aradaki değer de açılmaktadır. Kat sayısının artması deprem kuvvetlerine ek bir yük getirmektedir. Deprem kuvvetlerinin artış oranları tablo 8’ de verilmektedir.

Tablo 8. Deprem Kuvvetleri Artış Oranı

g	4 Kat	8 Kat	g	4 Kat	8 Kat
0,05 g	1	1	0,45 g	9	9
0,10 g	2	2	0,50 g	10	10
0,15 g	3	3	0,55 g	11	11
0,20 g	4	4	0,60 g	12	12
0,25 g	5	5	0,65 g	13	13
0,30 g	6	6	0,70 g	14	14
0,35 g	7	7	0,75 g	15	15
0,40 g	8	8	0,80 g	16	16

Düzce ve Kocaeli Depremlerinde 1. Bölge maksimum ivmesi 0,4 g’ nin aşıldığı görülmektedir. Bu aşma miktarı neticesinde binaya etki eden deprem kuvvetleri incelenmiştir. Deprem kuvvetleri ivme artışı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Şartnamelerde maksimum 0,4 g ivme değerleri ile tanımlanan ivme değeri ile son büyük iki depremde meydana gelen ivme değeri 0,8 g olmuştur. Bu iki değer arasında iki katlık bir artış görülmektedir. 0,05 g ile 0,80 g ivme değişimleri arasında 16 kat fark gözlenmektedir. Bu da binaların deprem güvenilirliğine ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bununla beraber, 0,8 g ivme değerine kısa süreli ulaşılması bu tehdidi azaltmaktadır. Her ne kadar büyük depremlerde 0,80 g gibi şartname üzerindeki değerler kısa süre etkili olsa da kritik öneme sahip yapılarda, önemli etkiler oluşturabilmektedir. Bu nedenle çalışmalarda mutlak bu durumun incelenmesi ve şartnamelere yansıtılması gerekmektedir.

Sonuç tablosundan da anlaşılacağı gibi, deprem kuvvetlerinden dolayı, yapı maliyetinde bir artışın olması kaçınılmazdır. I. ve IV. Deprem bölgeleri arasındaki maliyette 0,20 düzeylerinde oluşan maliyet farkı 0,80 g ivme düzeylerinde daha da artacaktır. 0,40 g ivme durumunun aşılması durumunda oluşacak maliyet değişiminin mutlaka incelenmesi gerekmektedir.

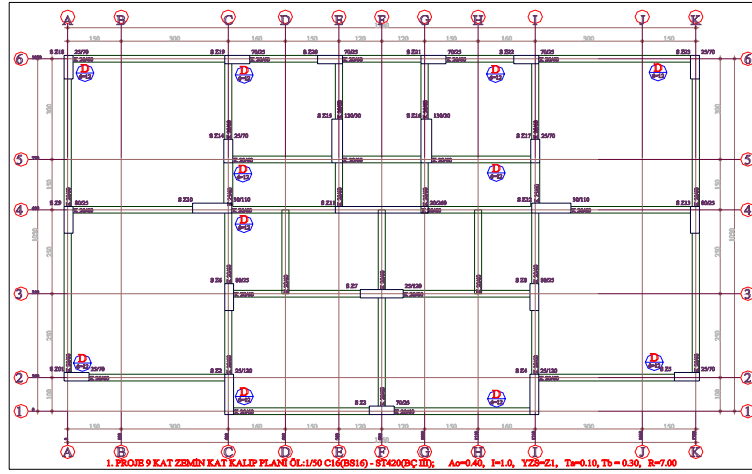
#### KAYNAKLAR

1. YDUAM, 1992, “Erzincan Deprem Raporu”, **İ.T.Ü. Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi**, İstanbul
2. Joint Reconnaissance Team of Arc. Ins. Of Japan, 2003, “Damage Report on 1992 Erzincan Earthquake”, İstanbul.
3. Taşdemir, M.,A., Özkul, H., “Marmara Depremi Beton Araştırması”, **Hazır Beton**, Yıl 6, Sayı 35, Eylül-Ekim, 1999.;
4. Akçay, B., Önen, Y., H., Öztekin, E., “İstanbul Binalarında Karot Yardımıyla Beton Nitelik Denetimi”, **16. Türkiye İnşaat Mühendisleri Teknik Kongre ve Sergisi**, 1-3 Kasım 2001, Ankara.
5. YDUAM, 1999, “Kocaeli Depremi Ön Değerlendirme Raporu”, **İ.T.Ü. Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi**, İstanbul.
6. AFYYHY, 1997, “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, Ankara.

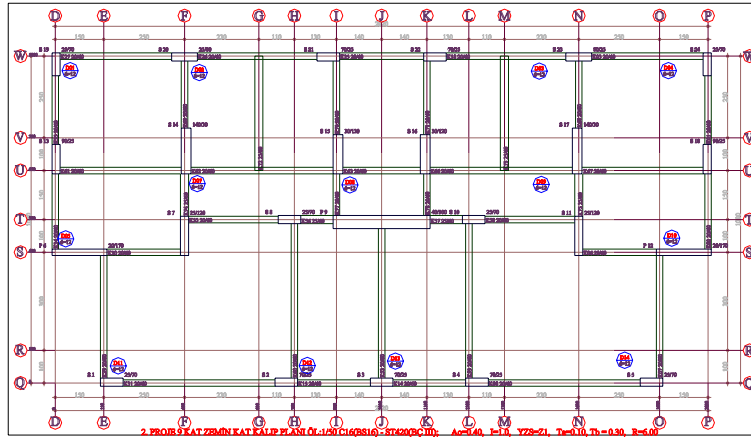


7. Celep, Z., Kumbasar, N., **Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı**, 2000, İstanbul.
8. Erdik, M., 2000, "Report on 1999 Kocaeli and Düzce Earthquake", **Technical Report, Bogazici University**, pp.10, İstanbul.
9. AIJ, 1999, Report on Damage Investigation after Kocaeli Earthquake (Draft), **Architectural Institute of Japan in Connection with Bogazici University, Istanbul Technical University and Middle East Technical University**, Tokyo, Japan.
10. Şapçı, M., 1998, Performance And Cost Evaluation Of Reinforced Concrete Buildings Designed According To 1975 And 1997 Turkish Seismic Design Codes. **ODTÜ**, Y. Lisans Tezi, Ankara.
11. Köksal, B., **İstatistik Analiz Metotları**, İstanbul, 1994.

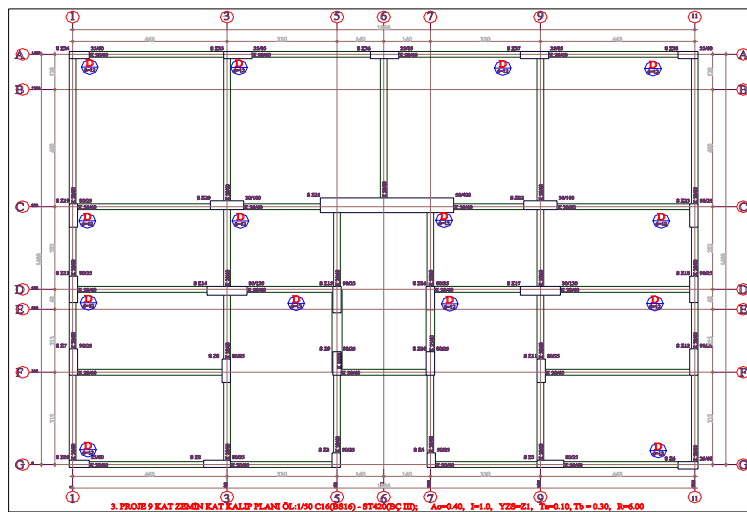
## EKLER



Proje 1. Kalıp Planı



Proje 2. Kalıp Planı



Proje 3. Kalıp Planı