

## BETONARME BİNA MALİYETLERİNİN ZEMİN SINIFI – KAT ADEDİ ve DÜZENSİZLİK ile DEĞİŞİMİ

Mustafa TÜRKMEN<sup>1</sup>, Hamide TEKELİ<sup>1</sup>, Adnan KUYUCULAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ISPARTA

<sup>2</sup>Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, DENİZLİ

[mturkmen@mmf.sdu.edu.tr](mailto:mturkmen@mmf.sdu.edu.tr), [hamidet@mmf.sdu.edu.tr](mailto:hamidet@mmf.sdu.edu.tr), [akuyucular@pamukkale.edu.tr](mailto:akuyucular@pamukkale.edu.tr)

Makalenin Geliş Tarihi: 21.04.2005

**ÖZET:** Bu parametrik çalışmada; 248 m<sup>2</sup>'lik tipik planı aynı ve her katında iki daire bulunan 4-8 katlı betonarme apartmanların maliyet değişimi incelenmektedir. Buna benzer yapılar, bugün betonarme yapı üretimimizin çok büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Maliyet değişimini göstermek üzere, metrajlı karkas maliyeti çıkartılan bu tipik binaların, 1. derece deprem bölgesinde ya da depremsiz (5.) bölgede olduğu düşünülmüştür. Statik ve betonarme tasarımı yapılırken, hem herhangi bir düzensizliğin olmadığı, hem de A1 (burulma) düzensizliğinin bulunduğu haller, ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Statik-betonarme tasarımları ve metrajları, Probina Orion 2000 (c10) yazılımı ile ve eşdeğer statik deprem yükü yöntemi ile yapılmıştır. Önce 4, 6 ve 8 katlı yapıların, dört farklı zemin (Z1-Z4) üzerinde inşasına ait statik-betonarme tasarımları yapılmıştır ve bunlara ait karkas (iskele, kalıp, beton ve çelik) inşaat metrajları çıkartılmıştır. Daha sonra Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2004)'nın birim fiyatları ile her bir yapının karkas sistem maliyeti hesaplanmıştır. Bina toplam maliyetleri ise, yine Bayındırlık Bakanlığının "2004 Yılı Yapı Yaklaşık Maliyetleri Cetveli"nden (III. Sınıf/B grubundan) doğrudan alınmıştır. Hesaplanan karkas maliyet farklarına göre, bu yaklaşık toplam maliyet değerleri, revize edilmiş ve böylece karşılaştırmalı m<sup>2</sup>'ye düşen karkas inşaat ve bina toplam maliyetleri bulunmuştur. 1. derece deprem bölgesindeki çok katlı, düzensiz ve Z4 zemindeki binalarda bile, karkas maliyeti en çok %20 kadar artmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme Taşıyıcı Sistem Maliyeti, Düzenli ve Düzensiz Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması, Depreme Dayanıklı BA Yapılar.

### Construction Costs of Multi Storey RC Buildings for Different Soil Classes and Structural Irregularities

**ABSTRACT:** Cost variations of structural systems of RC apartment buildings in Turkey are investigated. 4-8 storey residential buildings are designed by means of PROBINA software due to Turkish Reinforced Concrete Building Standard (TS 500 -2000) and Seismic Code (ABYYHY-1997). First cost of RC structural system of each design case is calculated due to official Turkish Unit Prices. Then formal approximate (statistical) lump-sum unit cost values already given are also revised in according to these cost estimations. Buildings having some irregularities built on good-Z1 (or poor-Z4 soils) considering most severe seismic attacks are all dealt to compare their costs with each other. The cost of 4 storey regular RC structural system on good soil (subjected the highest seismic risk) is taken %100. Quite remarkable extra cost (up to %20) of RC structural system will be needed for only irregular and high (more than 7 storeys) buildings which are built on poor soils in the areas of the highest seismic risk. The big part of this extra spending comes from structural irregularities of quite high rise buildings and even this expenditure does not exceed % 5 of total cost of the building. If it is necessary this %20 ultimate extra cost of structural system can also be interpolated and reduced for moderate risk situations or soil conditions, since the cost of similar buildings can be taken as %75 when there is no seismic risk.

**Key words:** Cost Estimation for Reinforced Concrete Systems, Cost Comparison for Regular and Irregular Systems, Earthquake Resistant RC Structures.

## GİRİŞ

Ülkemizin hemen her yeri deprem kuşağı üzerindedir. Son yıllarda yaşanan acı deneyimler ile, depreme dayanıklı yapı tasarımı, artık ülkemizin kalıcı bir gündem maddesidir. Depreme dayanıklı yapı tasarımındaki asıl amaç, hasarlı da olsa yapıların göçmemesi ve can kaybı olmamasıdır. Depreme dayanıklı yapı tasarımına ilişkin zorunlu-yönlendirici standartların (1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Uniform Building Code, EuroCode2, Federal Emergency Management Agency, Applied Tecnology Council, vs.) asıl hedefi hep budur. Tüm yönetmelikler bir yerde, bu hedefin asgari şartlarda ve hesaplı bir şekilde sağlanmasına ilişkin kurallar bütünüdür.

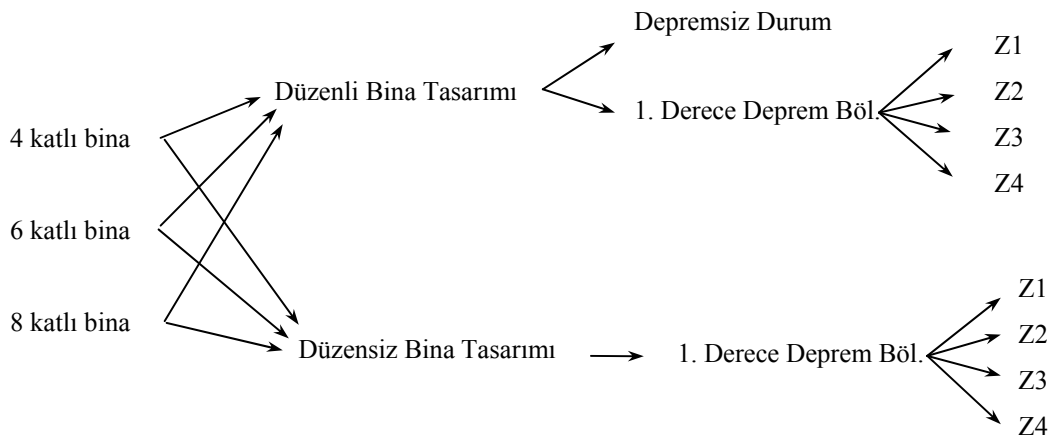
1997 Deprem Yönetmeliğinin (ve diğerlerinin) değişik durumlar için getirdiği-aradığı şartların nitelikleri (ve maliyetleri) de çok farklıdır. Yönetmeliklerce izin verilen standart hesap yöntemleri (ve bunlara uygun yazılımlar da) çok fazla değildir. Bu çalışmada, basit olanı - eşdeğer statik deprem yükü yöntemi- tercih edilmiştir. Bu yöntem gereği, deprem bölgesi, yerel zemin sınıfı ve yapının özellikleri (geometrisi-kütlesi, kullanım amacı, süneklik düzeyi, zemin özellikleri vb.) yapıya etkileyecek eşdeğer statik deprem yükünü belirleyen asıl parametrelerdir. Bu eşdeğer statik deprem yükü

değiştikçe, taşıyıcı sistem eleman boyutlarının ve/veya donatılarının da (dolayısıyla, bina taşıyıcı sistem maliyetinin de) değişeceği açıktır (Tekeli, 2003).

Yapılan bazı çalışmalarda; yerel zemin sınıfının belirlenmesinin, yapıya etki eden yatay deprem yükü hesabındaki önemi araştırılmıştır. Üçüncü derece deprem bölgesinde bulunan sekiz katlı betonarme binada, birbirine yakın iki yerel zemin sınıfının belirlenmesinde yapılacak bir hatanın yapıya etkiyecek deprem yükünde %25 oranında bir değişime neden olabileceği belirtilmiştir (Çanakçı ve Göğüş, 2001).

Şapcı (1998), 1975 ve 1997 yönetmeliklerine göre tasarladığı perdeli-çerçeve betonarme yapıların taşıyıcı sistem maliyetlerini hesaplanmış ve taşıyıcı sistem maliyet farkını %20 olarak bulmuştur.

Bu çalışmada; yaklaşık 248 m<sup>2</sup> kat planı hep aynı olan ve her bir katında iki sosyal konut bulunan apartman binaları, "tip yapı" olarak seçilmiş ve modellenmiştir. Taşıyıcı sistem tipini de sabit tutmak üzere, sadece 4, 6 ve 8 katlı modellerin incelenmesi ile yetinilmiştir. Zaten, betonarme konut üretimimizin çok büyük bir kısmı, bugün buna benzer binalardan oluşmaktadır. Ele alınan her bir yapı, hem sınırlı bir A1 düzensizliği ile hem de tam düzenli olarak iki farklı şekilde tasarlanmıştır (statik, betonarme ve metraj hesapları da buna göre tekrarlanmıştır).



Şekil 1. Model binaların çözüm kombinasyonları.

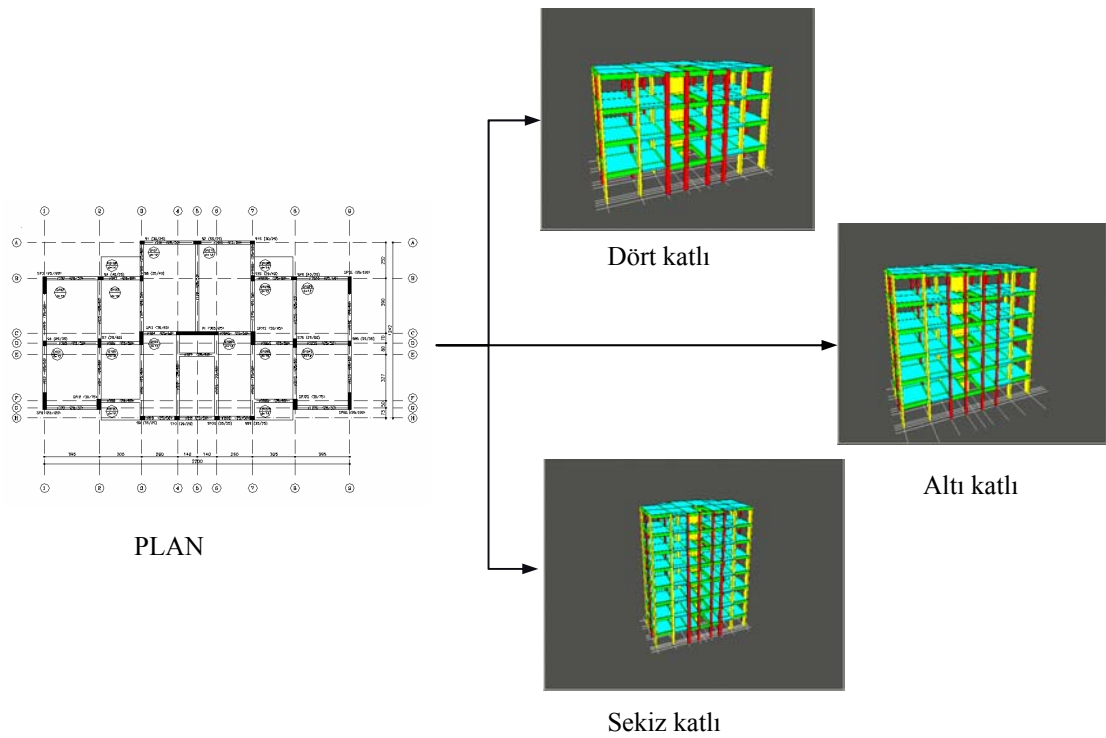
Figure 1. Solution combination of building models.

Her bir yapının tasarımı-metrajı, hem afet bölgesi dışı hem de deprem riskinin en yüksek olduğu 1.derece deprem bölgesi için ayrı ayrı yapılmıştır (bu iki sınır durum çözümünün sonuçları, arada kalan durumlar için, istenirse kolayca enterpole edilebilir). Yerel zemin sınıfları ise yönetmeliğe tam uygun olarak, Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak değiştirilmiştir (Afet Yönetmeliği, 1997).

Zeminlerin herhangi bir sınıflaşma ve stabilite probleminin olmadığı kabul edilmiştir.

## MATERYAL VE METOT

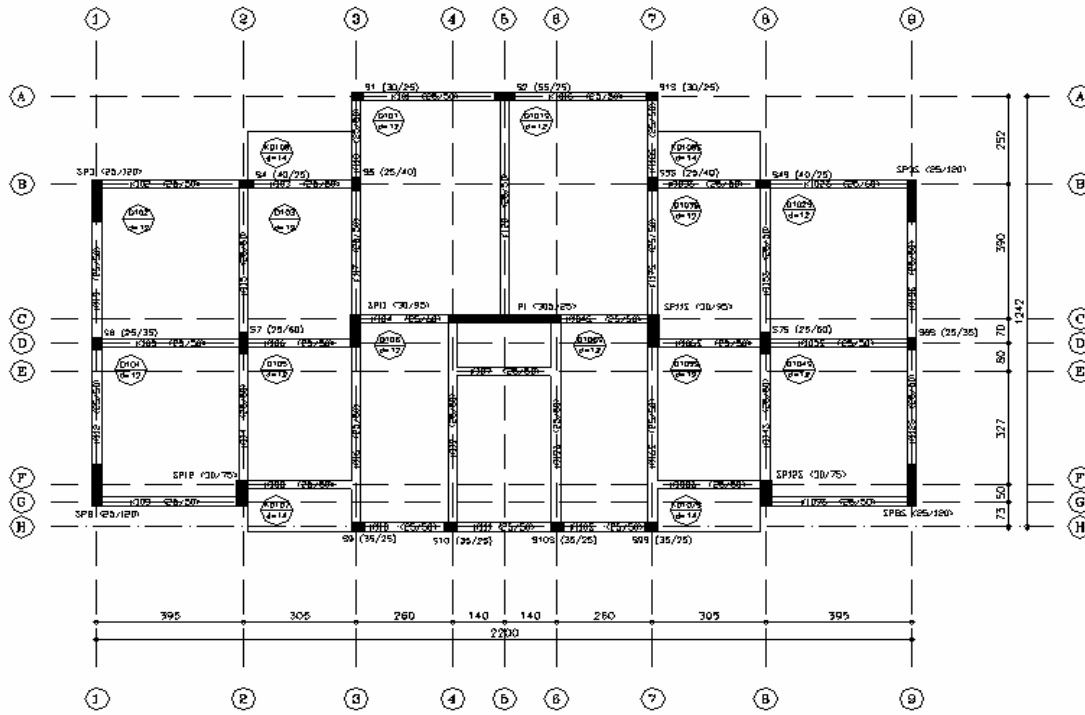
Şekil 3'te seçilen modele ait kalıp planı görülmektedir. Sadece x yönündeki bir P1 perdesi bulunduran ve diğer kolonları hep düz çubuk eleman olan modeller ile çalışılmıştır. Y yönünde hiçbir perde olmadığından, dört köşeye çok daha büyük ebatlı dört perde-kolon düşey eleman öngörülmüştür.



**Şekil 2.** Çok katlı binaların 3D görünüşleri ve tipik kat planı.  
**Figure 2.** 3D Views of the multi storey buildings and the typical floor plan.

### Kullanılan Veriler:

Bina Türü	: Konut (Apartman)
Kat Sayısı	: 4, 6, 8
Kat Yüksekliği	: 3,10 m
Beton Sınıfı	: C20 (BS20)- Hazır Beton
Çelik Sınıfı	: Döşeme ve etriyelerde S220 (BÇI); Diğer yapı elemanlarında S420 (BÇIII)
Deprem Bölgesi	: Depremsiz, 1. °
Zemin Sınıfı	: Z1, Z2, Z3, Z4
$\sigma_{z,emniyet}$	: 150 kN/m <sup>2</sup>
Döşeme Kalınlığı	: Normal kat döşemesi $h_f=12$ cm, Konsol döşeme $h_f=14$ cm
Döşeme Yükleri	: Normal katta $g=3,9$ kN/m <sup>2</sup> ; $q=2$ kN/m <sup>2</sup> ; Çatı katta $g=4,25$ kN/m <sup>2</sup> ; $q=1,5$ kN/m <sup>2</sup>
Duvar Yükleri	: İç duvar 1/2T ( $g=2,5$ kN/m <sup>2</sup> ; $h=2,6$ m); Dış duvar 1T ( $g=3,8$ kN/m <sup>2</sup> ; $h=1,8$ m)
Kiriş Boyutları	: 25/50 cm
Kolon Boyutları	: Boyutlar önce yönetmelikte öngörülen minimum en kesitte alınmış,daha sonra taşıma gücünde ve analiz sonrası yapılan tahkiklerde yetersiz kaldıkça 5'er cm artırılmıştır.



Şekil 3. Seçilen tipik kat (kalıp) planı.

Figure 3. Typical floor (formwork) plan chosen.

Kullanılan Probina yazılımı, A1 düzensizliği varsa önce bunun giderilmesi gerektiğini rapor etmekte ve tasarımcının tercihini sormaktadır. Düzensiz tasarımdan vazgeçilmediği bir durumda, Yönetmeliğe uygun -ek dış merkezliği de dikkate alan- hesap ve tasarım sonuçlarını vermektedir. Tam düzenli bina tasarımı tercih edildiği durumlarda ise, köşe perde-kolonlar büyütülerek, yazılımın rapor ettiği mevcut burulma düzensizliği giderilmiştir. Tasarım için yararlanılan Probina Orion 2000 (c10) yazılımı, karma sistemler (yüksek süneklikli perde-normal süneklikli çerçeve) için tam uygun değildir. Estetik, pratik ve mimari kaygılar yüzünden, sadece süneklik düzeyi yüksek perdeler ve çerçeveler için hesap yapılmıştır.

#### Karkas Sistem Maliyetlerinin Hesabı ve Bina Toplam Maliyetlerinin Revizyonu

Her bir çözüm sonucunda, taşıyıcı sisteme (kolon, kiriş, döşeme, temel) ait; beton, ahşap kalıp, ahşap kalıp iskelesi ve donatı metrajları çıkarılmıştır. Bu metraj değerleri ve 2004 resmi birim fiyatları (ki bunlar istatistiklerle belirlenmektedir ve değişkendir) ile taşıyıcı

sistem maliyetleri hesaplanmıştır. Bina toplam m<sup>2</sup> maliyeti ise; Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca her yıl yayınlanan "Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2004 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyeti Cetvelinden (III. Sınıf/B grubundan)" doğrudan alınmıştır. Karkas sistem maliyeti açısından hataları ayıklamak üzere, bu 322 YTL/m<sup>2</sup>lik yaklaşık toplam bina maliyeti, hesapla bulunan karkas maliyet farkları ile revize edilmiştir. Bu revizyon yapılırken, 1. derece deprem bölgesinde, Z1 üzerindeki 4 katlı düzenli binanın m<sup>2</sup> toplam maliyeti, yine 322 YTL/m<sup>2</sup> olarak sabit tutulmuştur. Diğer durumlarda ise taşıyıcı sistem m<sup>2</sup> maliyetlerinin farkı, bu değere ilave edilmiştir.

1. derece deprem bölgesindeki, Z1, Z2, Z3 ve Z4 sınıfı zeminler üzerindeki düzenli ve düzensiz 8 katlı binaların karkas sistem metrajı ve karkas maliyet hesabı ile revize edilmiş bina toplam maliyeti ve m<sup>2</sup>'ye düşen taban kesme kuvvetleri Çizelge 1'de örnek olarak gösterilmiştir. Aynı çizelgenin en üst kısmında da, afet bölgesi dışında bulunan 8 katlı düzenli bir yapının metrajı ve karkas maliyeti ile yine revize edilmiş toplam maliyet değeri özet olarak verilmektedir.

**Çizelge 1. 8 katlı binalar için karkas sistem maliyetinin zemin sınıfı ve düzensizlik ile artışı.**  
**Table 1. Cost increments of the typical 8 storey structural system due to soil classes and irregularities.**

	Vt/m	Poz no	Yapılan İşin Cinsi	Brm	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	Bina Top. m <sup>2</sup> Maliyeti (YTL)		
						(TL)	(YTL)			
Düzenli Bina	Depremsiz	-	16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	466,553	73.631.652	34.353	300	
			21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	3,763,656	10.716.875	40.335		
			21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128		
			23.001/1	BÇI İnce Demir	tn	194,549	990.806.250	19.276		
			23,014	BÇIII İnce Demir	tn	100,317	989.412.500	9.925		
			23,015	BÇIII Kalın Demir	tn	75,473	935.087.500	7.057		
							<b>Toplam</b>	<b>122.074</b>		
	1° Dep. Böl. - Z1	5.76		16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	547,838	73.631.652	40.338	317
				21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	4058,45	10.716.875	43.494	
				21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128	
				23.001/1	BÇI İnce Demir	tn	34,475	990.806.250	34.158	
				23,014	BÇIII İnce Demir	tn	9,723	989.412.500	9.62	
				23,015	BÇIII Kalın Demir	tn	17,374	935.087.500	16.246	
							<b>Toplam</b>	<b>154.983</b>		
	1° Dep. Böl. - Z2	7.46		16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	557,656	73.631.652	41.061	319
				21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	4090,35	10.716.875	43.836	
				21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128	
				23.001/1	BÇI İnce Demir	tn	36,009	990.806.250	35.678	
				23,014	BÇIII İnce Demir	tn	9,936	989.412.500	9.83	
				23,015	BÇIII Kalın Demir	tn	19,237	935.087.500	17.988	
							<b>Toplam</b>	<b>159.521</b>		
	1° Dep. Böl. - Z3	11.31		16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	577,113	73.631.652	42.494	324
				21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	4169,82	10.716.875	44.687	
				21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128	
23.001/1				BÇI İnce Demir	tn	39,571	990.806.250	39.207		
23,014				BÇIII İnce Demir	tn	10,094	989.412.500	9.987		
23,015				BÇIII Kalın Demir	tn	22,366	935.087.500	20.915		
						<b>Toplam</b>	<b>168.417</b>			
1° Dep. Böl. - Z4	13.46		16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	579,481	73.631.652	42.668	325	
			21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	4186,18	10.716.875	44.863		
			21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128		
			23.001/1	BÇI İnce Demir	tn	40,203	990.806.250	39.833		
			23,014	BÇIII İnce Demir	tn	10,305	989.412.500	10.196		
			23,015	BÇIII Kalın Demir	tn	23,658	935.087.500	22.122		
						<b>Toplam</b>	<b>170.81</b>			
Düzensiz Bina	1° Dep. Böl. - Z1	4.81	16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	564,000	73.631.652	41.528	317	
			21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	3951,66	10.716.875	42.349		
			21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128		
			23.001/1	BÇI İnce Demir	tn	34,403	990.806.250	34.087		
			23,014	BÇIII İnce Demir	tn	11,723	989.412.500	11.598		
			23,015	BÇIII Kalın Demir	tn	16,149	935.087.500	15.101		
							<b>Toplam</b>	<b>155.792</b>		
	1° Dep. Böl. - Z2	6.19		16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	574,482	73.631.652	42.3	320
				21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	3991,65	10.716.875	42.778	
				21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128	
				23.001/1	BÇI İnce Demir	tn	35,413	990.806.250	35.087	
				23,014	BÇIII İnce Demir	tn	12,997	989.412.500	12.859	
				23,015	BÇIII Kalın Demir	tn	18,506	935.087.500	17.305	
							<b>Toplam</b>	<b>161.457</b>		
	1° Dep. Böl. - Z3	9.41		16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	617,136	73.631.652	45.441	329
				21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	4,147,993	10.716.875	44.454	
				21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128	
				23.001/1	BÇI İnce Demir	tn	39,559	990.806.250	39.195	
				23,014	BÇIII İnce Demir	tn	14,224	989.412.500	14.073	
				23,015	BÇIII Kalın Demir	tn	26,943	935.087.500	25.194	
							<b>Toplam</b>	<b>179.484</b>		
	1° Dep. Böl. - Z4	15.98		16.058/1	C20 Hazır Beton	m <sup>3</sup>	660,638	73.631.652	48.644	339
				21,011	Ahşap Kalıp	m <sup>2</sup>	4313,30	10.716.875	46.225	
				21,054	Ahşap Kalıp İsk.	m <sup>3</sup>	5,897,623	1.886.792	11.128	
23.001/1				BÇI İnce Demir	tn	45,285	990.806.250	44.868		
23,014				BÇIII İnce Demir	tn	16,302	989.412.500	16.129		
23,015				BÇIII Kalın Demir	tn	34,377	935.087.500	32.146		
						<b>Toplam</b>	<b>199.14</b>			

**Çizelge 2.** m<sup>2</sup>'ye düşen taşıyıcı sistem maliyetlerinin zemin sınıfı ve düzensizlik ile % değişimi.*Table 2. Cost variations for unit area 8 storey construction due to soil classes and irregularities in %.*

Kat Adedi	Zemin Sınıfı	V <sub>t</sub> /m <sup>2</sup>		Maliyet Değişimi		
		1. der. deprem böl.		Depremsiz Bölge(V <sub>t</sub> =0.)	1. der. deprem böl.	
		Düzenli	Düzensiz		Düzenli	Düzensiz
4	Z1	12.03	8.92	76,2	100	100
	Z2	12.38	11.68		101	102
	Z3	12.38	13.05		101	103
	Z4	12.38	15.62		101	103
6	Z1	7.63	6.07	74,2	96	96
	Z2	9.94	7.97		97	98
	Z3	12.62	12.14		100	102
	Z4	12.63	16.19		100	108
8	Z1	5.76	4.81	74,1	94	95
	Z2	7.46	6.19		97	98
	Z3	11.31	9.41		102	109
	Z4	13.46	15.98		104	121

1. derece deprem bölgesindeki düzenli binaya ait 4 katlı Z1 yerel zemin sınıfındaki taşıyıcı sistem m<sup>2</sup> maliyeti %100'e eşitlenerek diğer kat adedi-yerel zemin sınıfı kombinasyonlarının; bu değere göre değişimleri, Çizelge 2 ve Şekil 4'te özetlenmiştir.

Temel maliyetinin büyüklüğünden ötürü, aynı zemin sınıfı için; kat adedi arttıkça taşıyıcı sistem m<sup>2</sup> maliyetleri genelde biraz azalır. Bu durum özellikle Z1 yerel zemin sınıfında daha belirgin olarak görülmektedir ve diğer parametreler ile de pek değişmemektedir. Z4 zemin sınıfı için ise, kat adedinin bir seviyeden sonraki artışı, özellikle A1 düzensizliği bulunan yapıların, taşıyıcı sistem m<sup>2</sup> maliyetini daha çok artırmaktadır. Bu artış; düzenli binada %3-4 gibi küçük seviyelerde iken; A1 düzensizliği olan 8 katlı, Z4 zemin sınıfı üzerinde modellenen binada ise, %18-20 değerine ulaşmaktadır (Çizelge 2, Şekil 4). Dolayısıyla, özellikle zayıf-yumuşak zemin üzerindeki kat adedi fazla binaların tam düzenli tasarlanması, ekonomik açıdan da daha bir önemlidir (zaruret gibidir).

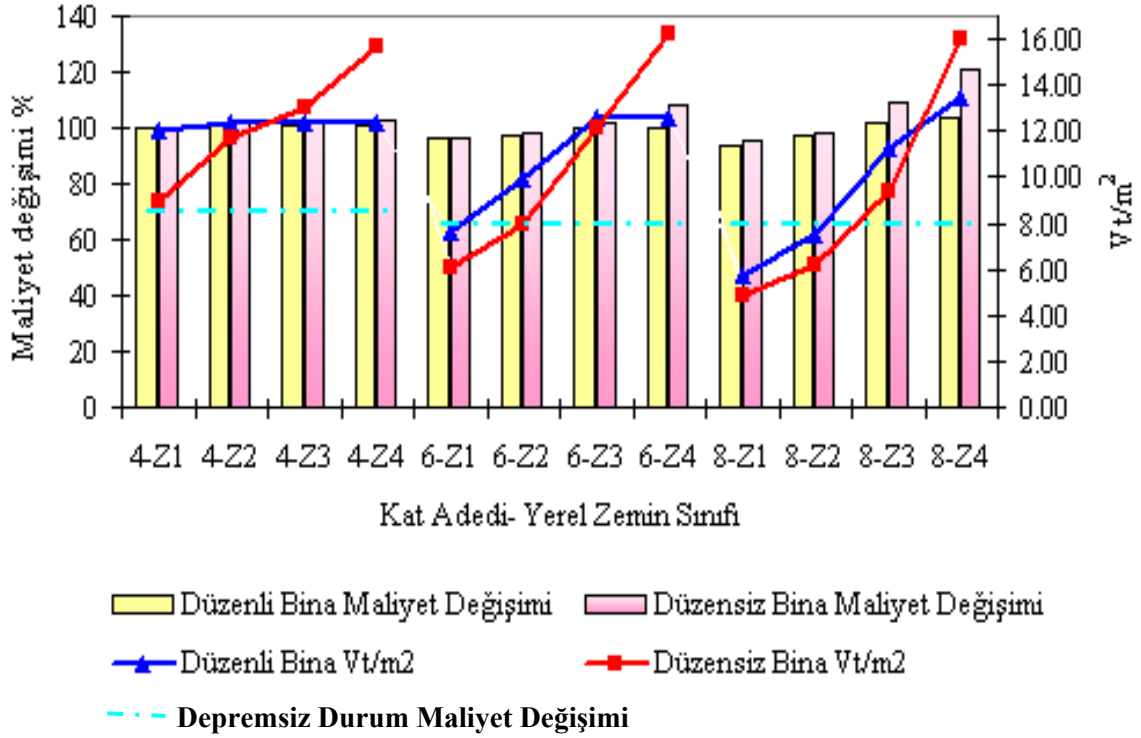
Çizelge 3'te ve Şekil 5'te ise, yaklaşık bina toplam maliyetlerinin değişimi, karşılaştırmalı olarak özetlenmektedir. Yine bu değerler de, 4 katlı, 1. derece deprem bölgesi ve Z1 zemin

sınıfındaki binanın m<sup>2</sup> yaklaşık toplam maliyeti %100 kabul edilerek bulunmaktadır. Karkas maliyet artışının asıl ve büyük kısmı, depreme dayanıklı yapı tasarımından (Ülkemizin neredeyse tümünde zorunlu uygulanan ABYYHY-1997 yaptırımlarından) gelmektedir. Diğer parametrelerin çok belirgin aşırı bir toplam maliyet artışı getirmediği ortadadır.

Sadece hem çok katlı, hem düzensiz ve hem de yumuşak zemin üstündeki yapılar için, ancak %5 mertebesinde bir toplam maliyet artışı oluşmaktadır. Toplam maliyetler karşılaştırıldığında yerel zemin sınıflarının etkisinin medyada abartıldığı kadar olmadığı açıkça görülmektedir.

Yani zemin sınıfında yapılacak makul bir hata (söz gelimi Z3'ün Z2 alınması veya Z4'ün Z3 alınması gibi bir hata) toplam maliyeti neredeyse hiç değiştirmemektedir. Z4'ün Z1 olarak alınması gibi aşırı bir hata zaten söz konusu olamaz.

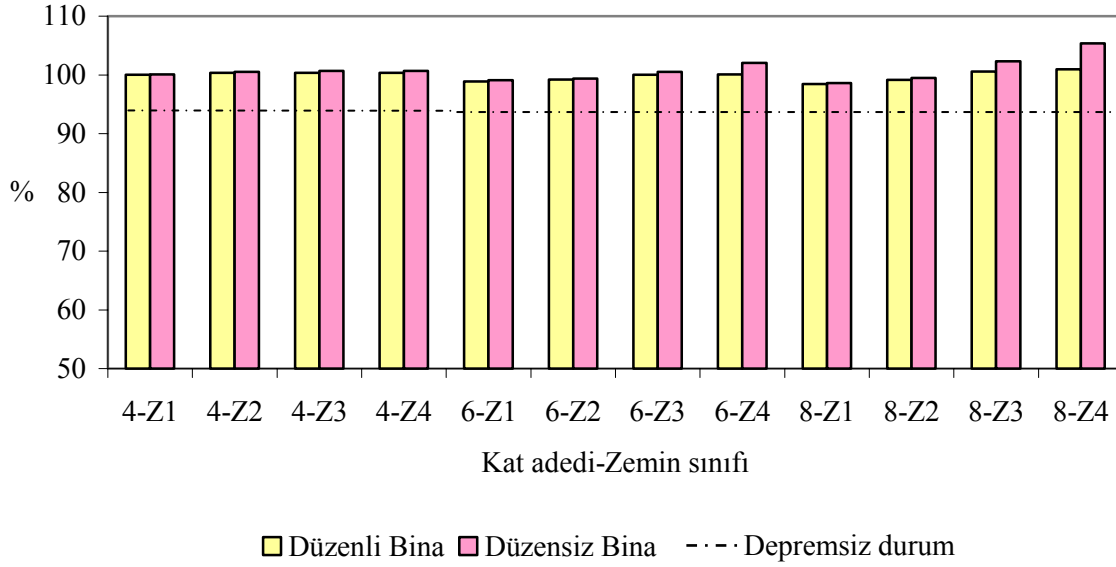
Z1 içinde Z4 içinde aynı  $\sigma_{zem}$  kullanılmıştır. Z4 için  $\sigma_{zem}$ 'in düşeceği ve temel sistemi maliyetinin artacağı bellidir. Bu zemin emniyet gerilmesi etkisi, yüksek yapılar için biraz daha belirgin olsa bile, burada verilen sonuçları geçersiz kılması mümkün değildir.



Şekil 4. Düzenli ve düzensiz sistemlerin m<sup>2</sup> karkas inşaat maliyet yüzdeleri.  
 Figure 4. Costs of unit construction area for regular and irregular structural systems in %.

Çizelge 3. m<sup>2</sup>'ye düşen toplam bina maliyetinin zemin sınıfı ve düzensizlik ile %'lik değişimi.  
 Table 3. Lump-sum cost variations for unit area 8 storey construction due to soil classes and irregularities.

Kat Ad.	Zem. Snf.	Taşıyıcı sistem m <sup>2</sup> maliyeti (YTL)			Eklenmiş bina toplam m <sup>2</sup> maliyeti (YTL)			%		
		Düzenli Bina	Düzensiz Bina	Depremsiz durum	Düzenli Bina	Düzensiz Bina	Depremsiz durum	Düzenli Bina	Düzensiz Bina	Depremsiz durum
4	Z1	83	84	63	322	322	302	100	100	93,8
	Z2	84	85	63	323	324	302	100	101	93,8
	Z3	84	85	63	323	324	302	100	101	93,8
	Z4	84	86	63	323	324	302	100	101	93,8
6	Z1	80	80	62	318	319	301	99	99	93,3
	Z2	81	81	62	319	320	301	99	99	93,3
	Z3	83	85	62	322	324	301	100	101	93,3
	Z4	84	90	62	322	329	301	100	102	93,3
8	Z1	78	79	62	317	317	300	98	99	93,3
	Z2	81	82	62	319	320	300	99	99	93,3
	Z3	85	91	62	324	329	300	101	102	93,3
	Z4	86	101	62	325	339	300	101	105	93,3



**Şekil 5.** Düzenli ve düzensiz binaların m<sup>2</sup> inşaat toplam maliyet yüzdeleri.

*Figure 5.* Lump-sum costs of unit construction area for regular and irregular structural systems in %.

## SONUÇLAR

Elde edilen sonuçlara göre; kat adedi arttıkça taşıyıcı sistem m<sup>2</sup> maliyetlerinin genelde az da olsa azalması beklenmelidir. Düzenli yapılar için bu avantaj çok daha mümkün ve belirgindir. Sadece hem yüksek, hem düzensiz ve hem de zayıf zemin üzerindeki binaların karkas maliyeti belirgin bir şekilde (%20 kadar) artmaktadır. Diğer durumlarda bu artış çok daha azdır. Artışın asıl kaynağı, zemin parametreleri değil, daha çok yapı düzensizliği ve kat adedidir. Ancak bu sınırlı karkas sistem maliyet artışları karşılığında, yapıların Vt tasarım taban kesme kuvvetleri, çok daha fazla artabilmektedir. Yapıların dinamik deprem etkisi altında doğrusal ötesi gerçek davranışı ve deprem dayanımı, bu makalenin konusu değildir. Ancak çok daha büyük Vt taban kesme kuvvetine göre tasarlanacak yapıların, bu açıdan çok daha rahat olacağı aşikardır. Dolayısıyla aynı karkas sistem maliyetine sahip sıkı zemin üzerindeki düzenli yapılar için, fazladan emniyet (fazladan tasarım) payının çok daha yüksek olduğu, bu çalışmadan

da görülmektedir. Nitekim deprem sonrası hasar raporları da bu hususu doğrulamaktadır.

İncelenen yapı modelleri için, depreme dayanıklı yapı tasarımının getirdiği ek yük, en olumsuz şartlarda bile, toplam maliyeti ancak %5 artırmaktadır. Daha korumacı yönetmelik hükümleri koymak açısından bu, büyük bir imkandır. Projede kullanılan Vt tasarım taban kesme kuvvetinin ve gerçekte yapıya etkiyecek deprem kuvvetinin çok değişken oluşu, medyadaki-kamuoyundaki zemin-fay tartışmalarının yoğunluğunu-önemini, haklı gösterebilir. Fakat mevcut yönetmelik ve statik-betonarme tasarım yöntemleri değişmedikçe, bu zemin tartışmaları sonuçta aranan-hedeflenen deprem dayanımını doğrudan etkileyemez. Çünkü özellikle zayıf zemindeki yüksek binaların fazladan tasarım payı, diğer yapıların bu fazladan tasarım payına göre, yine düşük kalır. Yapıların emniyet paylarının çok farklı olması ise, bir israftır ve toplumsal maliyeti de yüksektir (Kuyucular, 1998).



## KAYNAKLAR

- ABYYHY, 1997, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık-İskan Bakanlığı, Ankara.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2004 , 2004 Yılı Yapı İşleri Birim Fiyat Tarifleri Eki Fiyat Listesi.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2004, Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2004 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyeti Cetveli.
- Çanakçı, H., Göğüş, M., 2001, Yerel zemin sınıfının hatalı belirlenmesinin yapıya gelen yatay yüklere etkisi, Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongre ve Sergisi.
- Kuyucular, A., 1998, Betonarme Yapılar; Cilt I-Davranış ve Temel Bilgiler, Tuğra Matbaası, Isparta.
- Şapçı, M., 1998, Performance and Cost Evaluation of Reinforced Concrete Buildings Designed According to 1975 and 1997 Turkish Seismic Design Codes, MSc Thesis, ODTÜ, 96 s., Ankara.
- Tekeli,H., 2003, Deprem Bölgesi ve Yerel Zemin Sınıflarının Bina Maliyetine Etkileri; Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

