

ANKARA, İSTANBUL VE İZMİR BÖLGELERİ DEPREM RİSKİ ANALİZİ KARŞILAŞTIRMALARI

COMPARISON OF EARTHQUAKE RISK ANALYSES FOR ANKARA, İSTANBUL AND İZMİR REGIONS

Nejat N. Çetinkaya ⁽¹⁾, H. Turan Durgunoğlu ⁽²⁾, H. Fatih Kulaç ⁽³⁾, Turhan Karadayılar ⁽³⁾

SUMMARY

In this paper, seismic risk analyses for Ankara, İstanbul and İzmir Regions have been performed comparatively to forecast the probable seismic activity in future based on the seismic data of the past. In addition, probable maximum ground accelerations have been estimated and the parameters obtained in the paper have been compared with the results of the studies available for the subject in literature.

ÖZET

Bu makalede, üç büyük şehir olan Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri için geçmiş yıllardaki sismik veriler değerlendirilerek gelecekteki ihtimali sismik aktivitenin tahmini için sismik risk analizleri karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. İlaveten, muhtemel maksimum yer ivmeleri tahmin edilmiş ve makalede elde edilen parametreler literatürde bu konuda yer alan daha önceki çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

GİRİŞ

Gelecekte meydana gelecek depremler belirsizlikler ihtiva etmektedir; bununla beraber geçmiş yıllarda meydana gelmiş olan depremlerin parametrelerinin probabilistik metodlar ile incelenmesi sonucunda, gelecekte yer alabilecek depremlerin karakteristikleri konusunda proje kriterleri için takribi olarak tahminler yapılabilmektedir. Bu sebeple, yapıların deprem açısından projelendirilmesinde ihtimal hesapları önemli bir yer teşkil etmektedir.

(1) Y. Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi

(2) Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

(3) İnş. Y. Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş.

YILLIK EKSTREM DEĞERLER METODUNUN ANKARA, İSTANBUL VE İZMİR SİSMOTEKTONİK YÖRELERİNE UYGULANIŞI

Ankara için sismotektonik yöre olarak 39°N - 41°N enlemleri ile 31.5°E - 34.5°E boylamları arasında kalan yaklaşık 220 x 250 km boyutlarındaki bir alan kabul edilmiş ve böylece Kuzey Anadolu Deprem Fayında meydana gelebilecek büyük periyodlu deprem dalgalarının kısmi etkisi de gözönüne alınmıştır.

40.5°N - 41.5°N enlemleri ile 25.0°E - 32.0°E boylamları arasında kalan bölge İstanbul Sismotektonik Yöresi, 37.0°N - 40.0°N enlemleri ile 26.0°E - 29.0°E boylamları arasında kalan bölge de İzmir Sismotektonik Yöresi olarak kabul edilmiştir.

Gumbel (1958) tarafından tavsiye edilen Yıllık Ekstrem Değerler Metoduna göre, yıllık maksimum deprem magnitüdü dağılımı aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir :

$$G(M) = e^{-\alpha \exp(-\beta M)} \quad (1)$$

Bu ifadede, "M" deprem magnitüdü, "α" ve "β" regresyon katsayıları, G(M) ise bir yıl içinde magnitüdü M'den büyük olan depremlerin aşılma olasılığıdır.

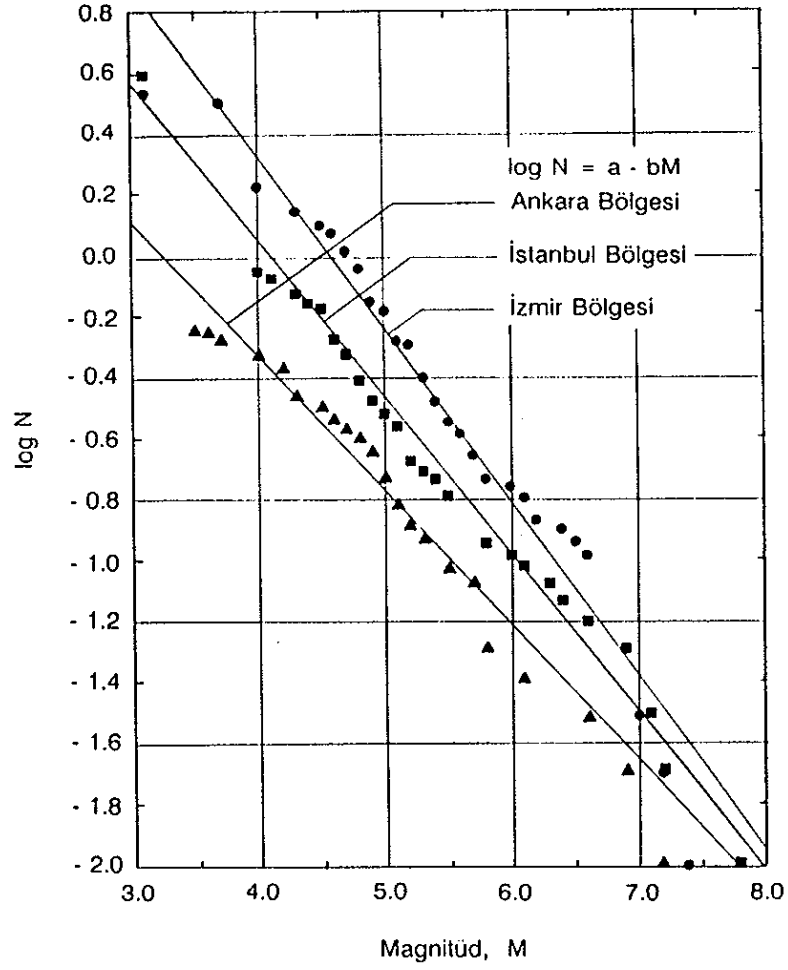
Diğer taraftan magnitüd-frekans ilişkisi için Gutenberg-Richter (1956), deprem magnitüdünü 1 yıl içinde meydana gelen toplam deprem sayısına bağlayan şu ifadeyi tavsiye etmişlerdir :

$$\log N = a - bM \quad (2)$$

"a" ve "b" regresyon katsayıları, "N" ise bir yıl içinde magnitüdü M veya daha büyük olan deprem sayısıdır.

Makale konusu kapsamındaki bölgeler için 1892 - 1990 yılları arasında meydana gelen depremler değerlendirilmeye alınmıştır. Bu periyotta kaydedilen yıllık maksimum deprem magnitüdüleri Kandilli Rasathanesi Türkiye Deprem Kataloğu, Durgunoğlu, Çetinkaya ve Çivi (1982), Tezcan, Acar ve Çivi (1991), Okamoto, Tabban ve Tanuma (1970), Tabban (1970), Ergin, Güçlü ve Uz (1967) ve Alsan, Tezuçan ve Bath (1975) in çalışmalarından faydalanılarak tespit edilmiştir. Regresyon analizleri Velicangil (1975) tarafından tavsiye edilen metodlarla yapılmış olup Magnitüd - log N bağıntısı, dispersiyon diyagramları ve regresyon doğruları Şekil 1'de verilmektedir. Hesaplanan Pearson-Bravais "r" değerleri, Ankara Bölgesi için -0.98, İstanbul Bölgesi için -0.99 ve İzmir Bölgesi için -0.98 olup, "ileri derecede - tam" bağıntıyı göstermektedir.

Deprem magnitüdülerinin dağılımı ifadeleri bir yıllık baz süre için Tablo 1'de verilmekte olup, probabiliteler hesapları sonuçları aşağıda sunulmaktadır. Bu hesaplarda Tezcan, Acar ve Çivi (1991) tarafından faydalanılan formüller kullanılmıştır.



Şekil 1 Magnitüd - log N ilişkisi

Tablo 1 Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri Deprem Magnitüdü Dağılım İfadeleri

SİSMO TEKTONİK YÖRE	G(M)	log N
ANKARA	$G(M) = e^{-25.62 \exp(-1.01M)}$	$\log N = 1.412 - 0.438M$
İSTANBUL	$G(M) = e^{-135.83 \exp(-1.20M)}$ *	$\log N = 2.133 - 0.521M$ *
İZMİR	$G(M) = e^{-422.67 \exp(-1.32M)}$ **	$\log N = 2.626 - 0.573M$ **

* Tezcan, Acar ve Çivi (1991) :

$$G(M) = e^{-182 \exp(-1.26M)}$$

$$\log N = 2.26 - 0.546M$$

** Durgunoğlu, Çetinkaya ve Çivi (1982) :

$$G(M) = e^{-316.05 \exp(-1.24M)}$$

$$\log N = 2.50 - 0.538M$$

1. Yıllık maksimum magnitüdlerin ortalaması

		Durgunoğlu, Çetinkaya ve Çivi (1982)	Tezcan, Acar ve Çivi (1991)
Ankara,	$\bar{M} = 4.49$	-	-
İstanbul,	$\bar{M} = 4.83$	-	4.9
İzmir,	$\bar{M} = 4.76$	4.8	-

2. En sık meydana gelen yıllık magnitüd (Modal maksimum)

		Durgunoğlu, Çetinkaya ve Çivi (1982)	Tezcan, Acar ve Çivi (1991)
Ankara,	$\bar{M}_{max} = 3.22$	-	-
İstanbul,	$\bar{M}_{max} = 4.09$	-	4.13
İzmir,	$\bar{M}_{max} = 4.58$	4.58	-

3. 99 yıl içinde meydana gelebilecek maksimum magnitüd

		Durgunoğlu, Çetinkaya ve Çivi (1982)	Tezcan, Acar ve Çivi (1991)
Ankara,	$M_{max} = 7.78$	-	-
İstanbul,	$M_{max} = 7.92$	-	7.79
İzmir,	$M_{max} = 8.07$	8.36	-

4. R (Yıllık risk), seçilen "M" magnitüdünde veya daha büyük bir depremin 1 yıl içinde aşılabilme ihtimalidir. Yıllık risk (R) bilindiği takdirde, bu riske tekabül eden M (Magnitüd)

$$M = (1 / \sigma) \ln [\alpha / -\ln(1-R)] \quad (3)$$

denklemleri ile ifade edilebilmektedir. Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri için yıllık risk ve magnitüd değerleri Şekil 2'de karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

ANKARA, İSTANBUL ve İZMİR BÖLGELERİ MAKSİMUM İVME ÖNERİLERİ

Tezcan (1988) tarafından açıklandığı üzere, 100 yıllık bir yapı ömrü içinde % 72 olasılıkla beklenen $M = 6.6$ magnitüdündeki bir depremin meydana getireceği maksimum zemin ivmesi (a , cm/sn^2), Newmark-Rosenblueth (1971) tarafından sıkı zeminler için verilen aşağıdaki bağıntı ile tahmin edilebilmektedir:

$$a = 1230 e^{0.8M} (R + 13)^{-2} \quad (4)$$

Bu ifadede, "M" deprem magnitüdü, "R" ise episantr uzaklığı (km) dir.

Bu bağıntılar vasıtasıyla ve Schnabel ve Seed (1973) tarafından tavsiye edilen kayada ivme-mesafe eğrileri ile hesaplanan maksimum yer ivmeleri Tablo 2.a, 2.b, 2.c, 2.d, 2.e ve 2.f 'de özetlenmiştir.

Tablo 2.a Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri, Yıllık Risk, Magnitüd ve Maksimum İvme Değerleri [R (Episantr Uzaklığı) = 20km]

YAPI CİNSLERİ	R (%)	ANKARA BÖLGESİ			İSTANBUL BÖLGESİ			İZMİR BÖLGESİ		
		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ	
			(1)	(2)		(1)	(2)		(1)	(2)
NORMAL YAPILAR	15	5.02	0.06 g	0.04 g	5.61	0.10 g	0.17 g	5.96	0.14 g	0.22 g
	10	5.45	0.09 g	0.11 g	5.97	0.14 g	0.22 g	6.29	0.18 g	0.25 g
ÖNEMLİ YAPILAR	5	6.16	0.16 g	0.23 g	6.57	0.22 g	0.27 g	6.83	0.27 g	0.30 g
	2	7.08	0.33 g	0.33 g	7.34	0.41 g	0.36 g	7.54	0.48 g	0.38 g
	1	7.77	0.58 g	0.41 g	7.93	0.66 g	0.42 g	8.07	0.73 g	0.42 g
NÜKLEER SANTRAL	0.5	8.18	0.80 g	0.45 g	8.35	0.92 g	0.46 g	8.38	0.94 g	0.46 g

(1) Newmark - Rosenblueth (1971)

(2) Schnabel-Seed (1973)

Tablo 2.b Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri, Yıllık Risk, Magnitüd ve Maksimum İvme Değerleri [R (Episantr Uzaklığı) = 40km]

YAPI CİNSLERİ	R (%)	ANKARA BÖLGESİ			İSTANBUL BÖLGESİ			İZMİR BÖLGESİ		
		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ	
			(1)	(2)		(1)	(2)		(1)	(2)
NORMAL YAPILAR	15	5.02	0.03 g	0.01 g	5.61	0.04 g	0.08 g	5.96	0.05 g	0.10 g
	10	5.45	0.04 g	0.05 g	5.97	0.05 g	0.10 g	6.29	0.07 g	0.12 g
ÖNEMLİ YAPILAR	5	6.16	0.06 g	0.12 g	6.57	0.09 g	0.11 g	6.83	0.11 g	0.17 g
	2	7.08	0.13 g	0.18 g	7.34	0.16 g	0.21 g	7.54	0.19 g	0.22 g
	1	7.77	0.22 g	0.25 g	7.93	0.25 g	0.27 g	8.07	0.28 g	0.28 g
NÜKLEER SANTRAL	0.5	8.18	0.31 g	0.28 g	8.35	0.35 g	0.30 g	8.38	0.36 g	0.30 g

(1) Newmark - Rosenblueth (1971)

(2) Schnabel-Seed (1973)

Tablo 2.c Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri, Yıllık Risk, Magnitüd ve Maksimum İvme Değerleri [R (Episantr Uzaklığı) = 60km]

YAPI CİNSLERİ	R (%)	ANKARA BÖLGESİ			İSTANBUL BÖLGESİ			İZMİR BÖLGESİ		
		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ	
			(1)	(2)		(1)	(2)		(1)	(2)
NORMAL YAPILAR	15	5.02	0.01 g	0.01 g	5.61	0.02 g	0.04 g	5.96	0.03 g	0.05 g
	10	5.45	0.02 g	0.02 g	5.97	0.03 g	0.05 g	6.29	0.04 g	0.07 g
ÖNEMLİ YAPILAR	5	6.16	0.03 g	0.06 g	6.57	0.05 g	0.08 g	6.83	0.06 g	0.10 g
	2	7.08	0.07 g	0.11 g	7.34	0.08 g	0.12 g	7.54	0.10 g	0.14 g
	1	7.77	0.12 g	0.16 g	7.93	0.13 g	0.18 g	8.07	0.15 g	0.20 g
NÜKLEER SANTRAL	0.5	8.18	0.16 g	0.20 g	8.35	0.18 g	0.21 g	8.38	0.19 g	0.21 g

(1) Newmark - Rosenblueth (1971)

(2) Schnabel-Seed (1973)

Tablo 2.d Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri, Yıllık Risk, Magnitüd ve Maksimum İvme Değerleri [R (Episantr Uzaklığı) = 80km]

YAPI CİNSLERİ	R (%)	ANKARA BÖLGESİ			İSTANBUL BÖLGESİ			İZMİR BÖLGESİ		
		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ	
			(1)	(2)		(1)	(2)		(1)	(2)
NORMAL YAPILAR	15	5.02	0.008 g	0.004 g	5.61	0.012 g	0.025 g	5.96	0.017 g	0.030 g
	10	5.45	0.011 g	0.010 g	5.97	0.017 g	0.030 g	6.29	0.022 g	0.035 g
ÖNEMLİ YAPILAR	5	6.16	0.020 g	0.032 g	6.57	0.028 g	0.040 g	6.83	0.034 g	0.070 g
	2	7.08	0.042 g	0.075 g	7.34	0.051 g	0.090 g	7.54	0.060 g	0.095 g
	1	7.77	0.073 g	0.120 g	7.93	0.083 g	0.125 g	8.07	0.092 g	0.135 g
NÜKLEER SANTRAL	0.5	8.18	0.100 g	0.135 g	8.35	0.115 g	0.150 g	8.38	0.118 g	0.155 g

(1) Newmark - Rosenblueth (1971)

(2) Schnabel-Seed (1973)

Tablo 2.e Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri, Yıllık Risk, Magnitüd ve Maksimum İvme Değerleri [R (Episantr Uzaklığı) = 120km]

YAPI CİNSLERİ	R (%)	ANKARA BÖLGESİ			İSTANBUL BÖLGESİ			İZMİR BÖLGESİ		
		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ	
			(1)	(2)		(1)	(2)		(1)	(2)
NORMAL YAPILAR	15	5.02	0.004 g	0.001 g	5.61	0.006 g	0.023 g	5.96	0.008 g	0.025 g
	10	5.45	0.006 g	0.010 g	5.97	0.008 g	0.025 g	6.29	0.011 g	0.026 g
ÖNEMLİ YAPILAR	5	6.16	0.010 g	0.026 g	6.57	0.014 g	0.027 g	6.83	0.017 g	0.035 g
	2	7.08	0.020 g	0.037 g	7.34	0.025 g	0.047 g	7.54	0.030 g	0.050 g
	1	7.77	0.036 g	0.060 g	7.93	0.040 g	0.072 g	8.07	0.045 g	0.075 g
NÜKLEER SANTRAL	0.5	8.18	0.049 g	0.075 g	8.35	0.056 g	0.080 g	8.38	0.058 g	0.085 g

(1) Newmark - Rosenblueth (1971)

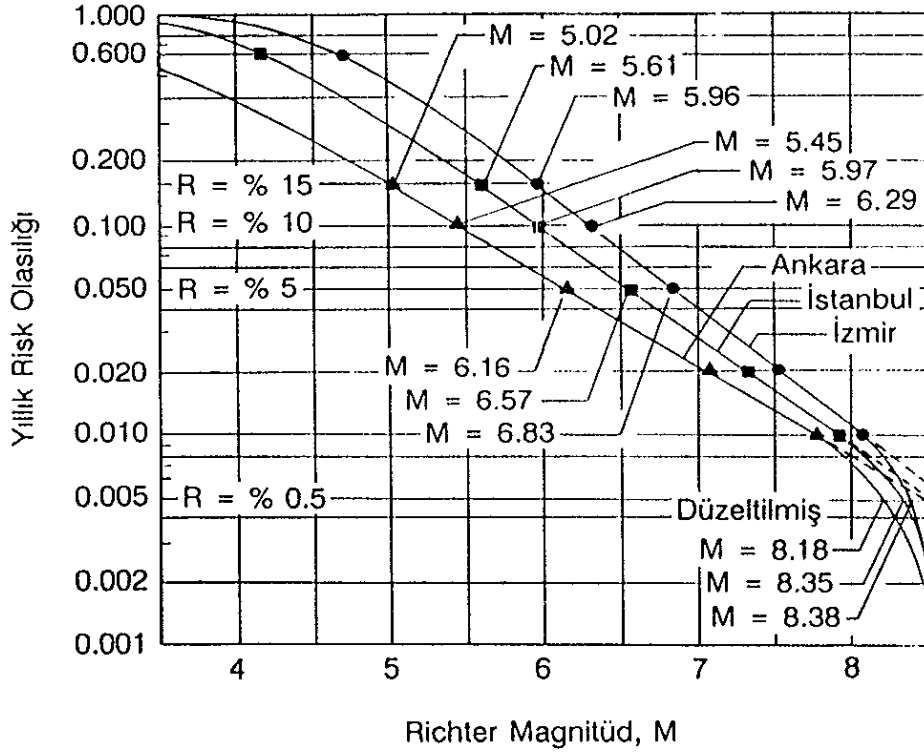
(2) Schnabel-Seed (1973)

Tablo 2.f Ankara, İstanbul ve İzmir Bölgeleri, Yıllık Risk, Magnitüd ve Maksimum İvme Değerleri [R (Episantr Uzaklığı) = 140km]

YAPI CİNSLERİ	R (%)	ANKARA BÖLGESİ			İSTANBUL BÖLGESİ			İZMİR BÖLGESİ		
		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ		M	ZEMİN İVMESİ	
			(1)	(2)		(1)	(2)		(1)	(2)
NORMAL YAPILAR	15	5.02	0.003 g	0.000 g	5.61	0.005 g	0.010 g	5.96	0.006 g	0.023 g
	10	5.45	0.004 g	0.002 g	5.97	0.006 g	0.023 g	6.29	0.008 g	0.025 g
ÖNEMLİ YAPILAR	5	6.16	0.007 g	0.025 g	6.57	0.010 g	0.025 g	6.83	0.012 g	0.030 g
	2	7.08	0.015 g	0.035 g	7.34	0.019 g	0.040 g	7.54	0.022 g	0.048 g
	1	7.77	0.027 g	0.050 g	7.93	0.030 g	0.050 g	8.07	0.034 g	0.055 g
NÜKLEER SANTRAL	0.5	8.18	0.037 g	0.057 g	8.35	0.043 g	0.059 g	8.38	0.044 g	0.065 g

(1) Newmark - Rosenblueth (1971)

(2) Schnabel-Seed (1973)



Şekil 2 Magnitüd - Risk ilişkisi

SONUÇLAR

Yapılan ihtimal hesapları sonucunda, yıllık maksimum magnitüdlerin ortalaması Ankara Bölgesi için 4.49, İstanbul Bölgesi için 4.83, İzmir Bölgesi için 4.76; en sık meydana gelen yıllık magnitüd (modal maksimum) Ankara Bölgesi için 3.22, İstanbul Bölgesi için 4.09, İzmir Bölgesi için 4.58; 99 yıl içinde meydana gelebilecek maksimum magnitüd, Ankara Bölgesi için 7.78, İstanbul Bölgesi için 7.92, İzmir Bölgesi için 8.07 olarak tahmin edilmiştir.

Ankara, İstanbul ve İzmir Sismotektonik Yörelerindeki yapılarda yıllık risk değerlerine tekabül eden tahmini magnitüd değerleri hesaplanmış ve proje kriterlerine baz teşkil edecek zemin ivme değerleri, fay hattına (veya episantra) çeşitli uzaklıklar için tahmin edilmiştir.

Celep ve Kumbasar (1992) tarafından belirtildiği üzere, episantra yakın zonlarda zemin ivmesi tahminleri yapmak zordur. Ayrıca fay hattından (veya episantrdan) uzaklaştıkça maksimum zemin ivmesi hızla düşmektedir.

Newmark-Rosenblueth (1971) tarafından da episantrda zemin ivmesine bir üst limit tespit etmenin zor olduğu belirtilmiştir. Yazarların verdiği malumata göre, birçok kayanın mukavemeti gözönüne alındığında Honsner (1965), maksimum ivmenin 0.5 g 'yi geçemeyeceği sonucuna varmıştır. Newmark-

Rosenblueth (1971) bu değerin, dūşey ivme ölçüm değerleri gözönüne alındığında en az 1.0 g, hatta belki 1.5 g 'ye (yaklaşık 1500 cm/sn²) yükseltilmesi gerektiğini belirtmekte olup, ayrıca episantrdaki ivmenin magnitüde göre değişme ihtimalinden söz etmektedirler. Bu makalede de bu konuda yapılan analizlere episantr uzaklığı 20 km'den itibaren başlanmıştır. Episantra çok yakın mesafelerde zemin ivmesi tahminlerinin - literatür ile aynı doğrultuda olmak üzere çok zor olduğu düşünölmektedir.

SEMBOLLER

a	=	Maksimum zemin ivmesi
a	=	Regresyon katsayısı
b	=	Regresyon katsayısı
G(M)	=	Bir yıl içinde magnitüdüleri M 'den büyük olan depremlerin aşılma olasılığı
M	=	Richter Skalası deprem magnitüdü
N	=	Bir yıl içinde magnitüdü M veya daha büyük olan deprem sayısı
R	=	Episantr uzaklığı
R	=	Yıllık risk değeri
α	=	Regresyon katsayısı
β	=	Regresyon katsayısı

KAYNAKLAR

1. Alsan, E., Tezuçan, L. ve Bath, M. (1975), Türkiye için 1913 - 1970 Yıllarına ait Deprem Kataloğu, Report No. 7-75, Kandilli Observatory Seismological Department, İstanbul ve Seismological Institute, Uppsala, Sweden, (İngilizce).
2. Celep, Z. ve Kumbasar, N. (1992), Örneklemlerle Yapı Dinamięi ve Deprem Mühendisliğine Giriş, Akademisyon Reklam, Sema Matbaacılık, İstanbul.
3. Durgunoğlu, H.T., Çetinkaya, N.N., ve Çivi, A. (1982), "Ege Bölgesi İçin Deprem Riski Analizi", Boğaziçi Üniversitesi Dergisi, Vols.10-13, 1982-1985, Sayfa 25-34, İstanbul.
4. Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. (1967), Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Arz Fizięi Enstitüsü Yayınları, No. 24, İstanbul.
5. Gumbel, E.J. (1958), Ekstrem Değerler İstatistiği, Columbia University Press, N.Y., (İngilizce).
6. Gutenberg, B. ve Richter, C.F. (1956), "Deprem Magnitüdü, Şiddeti, Enerjisi ve İvmesi", Bull. Seism. Soc. of America, Vol.32, No.3, (İngilizce)
7. Newmark, N.M. ve Rosenblueth, E. (1971), Deprem Mühendisliği Esasları, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., (İngilizce).
8. Okamoto, S., Tabban, A. ve Tanuma, T. (1970), "Türkiye Deprem Şiddetleri Kataloğu", Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
9. Schnabel, P. ve Seed, H.B. (1973), "Batı Amerika'daki Depremler İçin Kaya İvmeleri", Bull. Seism. Soc. Amer., 63, Sayfa 501-516, (İngilizce).
10. Tabban, A. (1970), Türkiye'nin Sismisitesi, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
11. Tezcan, S.S. (1988), "Marmara Bölgesi Maksimum Yer İvmesi Tahminleri", Deprem Araştırma Bülteni, Sayı 62, Sayfa 45-60, Ankara.
12. Tezcan, S., Acar, Y. ve Çivi, A. (1991), "İstanbul için Deprem Riski Analizi", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul ve Deprem Sempozyumu, İ.T.Ü., İstanbul.
13. Velicangil, S. (1975), İstatistik Metodları, Sermet Matbaası, İstanbul.