

ERZİNCAN VE YÖRESİNİN DEPREM TEHLİKESİ

Seismic Hazard Assessment of Erzincan Area

Yıldız ALTINOK*

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizin en etkin fay zonu olan Kuzey Anadolu Fay Zonunda (KAFZ) yeralan Erzincan ve yöresinin deprem tehlikesi incelenmiştir. Deprem oluşum modeli olarak Semi-Markov modeli seçilmiş ve $M_s \geq 4.5$ büyüklüğündeki depremler kullanılmıştır. Bulgulara göre; bölgede özellikle Erzincan havzasının doğu kesiminin sismik riskinin yüksek olduğu saptanmıştır. Oluşacak depremlerin büyüklükleri dikkate alındığında Erzincan ve yöresinin deprem tehlikesini koruduğu görülmektedir.

ABSTRACT

In this study, earthquake hazard assessment has been analyzed at Erzincan area which is located at the most active fault zone namely North Anatolian Fault Zone (NAFZ) in Turkey. The SemiMarkov model has been selected as earthquake occurrence model and earthquakes of $M_s \geq 4.5$ has been used. The results revealed that the seismic risk at the eastern part of Erzincan basin is high. Considering the probable earthquake magnitudes, it is perceived that Erzincan province and the surrounding area keep the danger of seismic hazard.

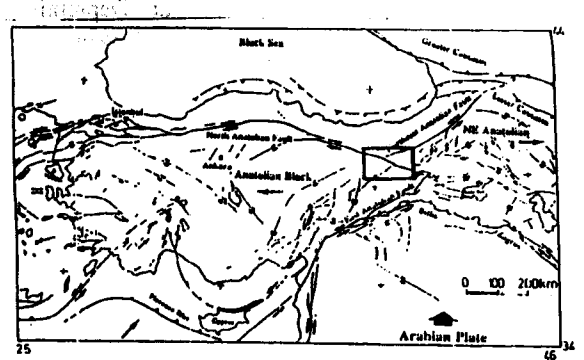
GİRİŞ

Ülkemizin en etkin fay zonu olan KAFZ üzerinde yer alan Erzincan ve yöresi 13 Mart 1992'de oluşan $M_s=6.8$ büyüklüğündeki depremle büyük can ve mal kaybına uğramıştır. Bu depremle 500 ün üzerinde kişi hayatını kaybetmiş, 3000 e yakın kişi yaralanmış ve 12000 konut hasar görmüştür. Erzincan ve çevresi tarihsel geçmişinde de yıkıcı depremlerden etkilenmiştir. 1000-1940 yılları arasında oluşan $I \geq VIII$ olan depremlerle yaklaşık 134.500 kişi hayatını kaybetmiştir. Yakın geçmişte $M_s=8.0$ büyüklüğündeki 1939 Erzincan Depremi de 33000 can kaybı ile ülkemizde ve dünyada çok yıkıcı depremler sıralamasında yer almıştır. Yöre bugün ve gelecek için de deprem tehlikesini korumaktadır. Bu nedenle Erzincan ve yöresinin sismik riski, bölgenin tektonik özellikleri göz önüne alınarak, oluşacak depremlerin yeri, zamanı ve büyüklüğü konusunda bilgi verici bir modelle saptanmaya çalışılmıştır.

ERZİNCAN VE YÖRESİNİN TEKTONİK KONUMU

Erzincan ve çevresi (KAFZ) üzerinde yer almaktadır (Şekil 1). Bölgenin genel tektonik özellikleri ile ilgili olarak şunları söyleyebiliriz: Arap Levhasının kuzeye doğru ilerlemesiyle Anadolu Bloğu batıya, Doğu Anadolu Bloğu ise doğuya doğru ilerlemektedir. Bölgede başlıca üç ana fay yer almaktadır. Bunlar sırasıyla, BKB-DGD doğrultulu sağ yanal atımlı KAFZ, KD-GB doğrultulu sol yanal atımlı Kuzeydoğu Anadolu Fayı ve KD-GB doğrultulu sol yanal atımlı Ovacık

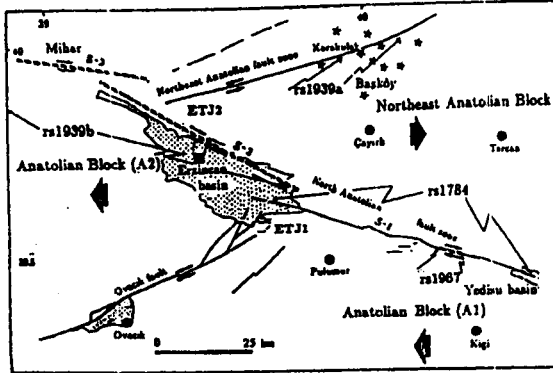
faylarıdır. KAFZ batıya hareket eden Anadolu Bloğunun kuzey sınırını oluşturmaktadır. Erzincan havzası bu tektonik konumu ile çek-ayır (pull-apart) tipi havza özelliği göstermektedir (Barka ve Gülen, 1989).



Şekil 1: İnceleme Bölgesi (Neo-tektonik harita Barka ve Toksöz, 1992'ye aittir).

Figure 1: Investigated Area (Neo-tektonik map, after Barka and Toksöz, 1992).

KAFZ, Erzincan çevresinde üç ana segmentten oluşmaktadır (Şekil 2). Bunlardan birincisi (S1) yaklaşık 75km uzunluğunda ve Yedisu-Tanyeri arasında birçok alt segmentten oluşur. İkinci segment (S2), Erzincan baseninin kuzey kenarını sınırlayan Tanyeri-Bahik segmenti olup 60km uzunluğundadır.



Şekil 2: Erzincan baseni ve çevresinde aktif faylar (after Barka, 1992).

Figure 2: Active faults at Erzincan and surroundings (after Barka, 1992).

Üçüncü segment (S3) ise Mişar-Tümekar segmenti olarak adlandırılan 60km uzunluğundaki segmenttir. Bu segmentlerden S2 ve S3 1939 Erzincan Depremi ($M_S=8.0$) sırasında kırılmış, genellikle S3 üzerinde 7-7.5m lik sağ yanal atımlar oluşmuştur (March 13, 1992 ($M_S=6.3$) Erzincan Earthquake: A Preliminary Reconnaissance Report, 1992). S1 segmenti en son 1784 depremi (I=IX) ile kırılmıştır ancak doğrultu atımı hakkında bilgi yoktur. 1967 Pülümür Depreminde ($M=5.9$) 4km lik kırık ve 20cm lik sağ yanal atım oluşmuştur (Ambraseys, 1975).

13 Mart 1992 Depremi ($M_S=6.8$) daha çok Erzincan baseninin doğu yarısında S1 ve S2 segmentleri ile Ovacık Fayının keşiştiği yerde etkili olmuştur (Barka, 1992).

BÖLGENİN SİSMİK RİSKİNİN BELİRLENMESİ

Deprem mühendisliğinin en büyük problemi sismik riskin belirlenmesidir. Deprem oluşum mekanizmasındaki belirsizliklerden dolayı gelecekteki depremin yeri, zamanı ve büyüklüğünün önceden saptanmasında zorluklar vardır. Stokastik modellerden yararlanarak deprem oluşum modelleri ile bu konuya açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Deprem oluşum modellerinde, depremler bağımsız olaylar olarak ele alındığı gibi son yıllarda bazı araştırmacılar bağımlı olaylar olarak değerlendirmişlerdir (Kiremidjian and Anagnos, 1984). Bağımlı modeller arasında Markov (Veneziano and Cornell, 1974), Semi-Markov (Patwardhan ve diğ., 1980) sayılabilir. Bu çalışmada fay ve fay sistemi gibi süreksizliklerde kullanılacak en uygun stokastik modelin Semi-Markov olduğu düşünüülerek, Erzincan ve yöresine uygulanmaya çalışılmıştır. İnceleme bölgesinde 1929-1994 yılları arasında oluşmuş $M_S \geq 4.5$ olan 83 deprem kullanılarak sismik risk saptanmıştır. Deprem verileri Gündoğdu ve

Altınok (1990) Deprem Veri Setinden ve USGS-NEIC den sağlanmıştır. Deprem veri seti; Alsan ve diğ. (1975), Kandilli Deprem Kataloju (1981), Ambraseys ve Jackson (1981), Ayhan ve diğ. (1986) ve bazı bültenlerden (ISC ve PDE) yararlanılarak derlenmiştir.

Bölgede oluşan depremler yer, zaman ve büyüklük olarak üç boyutta incelenebilmiştir. $M \geq 4.5$ olan ardışık depremler saptanarak $G(G_{ij})$,

$$0 \leq G_{ij} \leq 1 \quad ; \quad 1 \leq i, j \leq N$$

$$\sum_{j=1}^N G_{ij} = 1 \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

geçiş matrisleri oluşturulmuş, depremler arasında geçen zaman dikkate alınarak 1 yıllık birim zamanlar için $T(m)$,

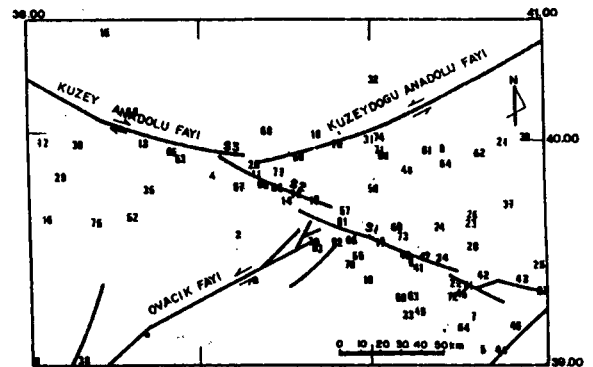
$$T(m) = \sum_{i=1}^N T_{ij}(m) = 1 \quad (2)$$

geçiş zamanı olasılık kütle fonksiyonları saptanarak $> W(n)$, tümleyici bekleme zamanı matrisleri olmak üzere $P(n)$,

$$P(n) = W(n) + \sum_{m=0}^{n-1} G \cdot T(m) P(n-m) ; n = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

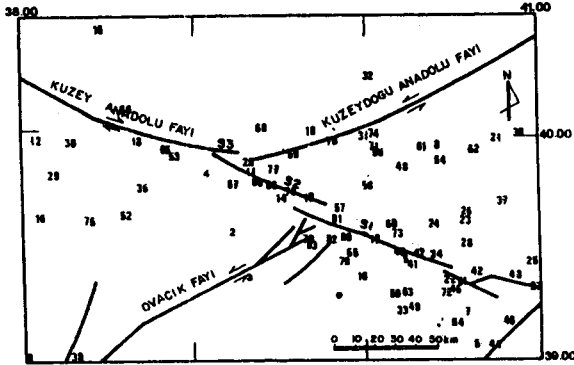
aralık geçiş olasılıkları elde edilmiştir. $P(n)$ olasılık değerleri ile bölgenin sismik riskinin saptanmasına yaklaşım sağlanmıştır (Altınok, 1988).

Modeli uygularken bölgede yer alan fay ve fay sistemleri dikkate alınarak KAFZ (K), Kuzeydoğu Anadolu Fayı (KD) ve Ovacık Fayı (O) olmak üzere üç durum (state) seçilmiştir. Bu fay sistemlerinde oluşan depremleri gösteren Şekil 3 teki veriler kullanılarak (3) no lu bağıntı yardımıyla $P(n)$, aralık geçiş olasılığı değerleri elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3: Erzincan Bölgesi'nde $M_S \geq 4.5$ olan depremler.

Figure 3: $M_S \geq 4.5$ earthquakes in Erzincan region.



Şekil 4: K, KD ve O için aralık geçiş olasılığı fonksiyonları (K-Kuzey Anadolu Fay Zonu, KD-Kuzeydoğu Anadolu Fayı, O-Ovacık Fayı).

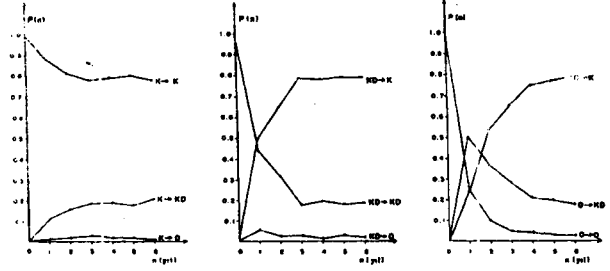
Figure 4: Interval transition probability functions for K, KD and O (K-North Fault Zone, KD-Northeast Anatolian Fault, O-Ovacık Fault).

KAFZ, Şekil 4 den de görüleceği gibi yüksek sismik risk değerleri göstermektedir. Bunu gözönüne alarak bölgede KAFZ'ı oluşturan S1, S2 ve S3 segmentleri durum olarak seçilmiş ve Şekil 5 de gösterilen depremler kullanılarak, $P(n)$, aralık geçiş olasılıkları saptanmıştır (Şekil 6). KAFZ'ın S1, S2 ve S3 segmentlerinde oluşan depremlerin büyüklükleri de dikkate alınarak $4.5 \leq M1 < 5.5$, $5.5 \leq M2 \leq 6.5$ ve $M3 \geq 6.5$ olmak üzere üç büyüklük durumu oluşturulmuştur. Deprem büyüklüklerinin $P(n)$, aralık geçiş olasılıkları Şekil 7'de gösterilmiştir. Yer ve büyüklük boyutlarında aralık geçiş olasılıkları belirlenen depremlerin bağlantılı olasılıkları (joint probabilities) da saptanarak, oluşacak depremler yer, zaman ve büyüklük olarak üç boyutlu değerlendirilebilir (Altınok ve Koçak, 1994). Bundan yararlanılarak, KAFZ'da S1, S2 ve S3 segmentlerinde M1, M2 ve M3 büyüklüklerinde oluşacak depremlerin bağlantılı olasılık değerleri elde edilmiştir. Deprem tehlikesi altındaki Erzincan ve yöresinde bağlantılı olasılıkların %50'yi aşan değerleri bölge için önemli görülerek Tablo 1'de verilmiştir.

Yer	Büyüklik	Zaman			
		1 yıl	2 yıl	3 yıl	4 yıl
S1 → S1	M1 → M1	0.82	0.61	0.54	
	M2 → M2	0.60			
	M3 → M1	0.89	0.67	0.55	0.50
S2 → S2	M1 → M1	0.58			
	M3 → M1	0.63	0.51		
S3 → S3	M1 → M1	0.68			
	M3 → M1	0.74			

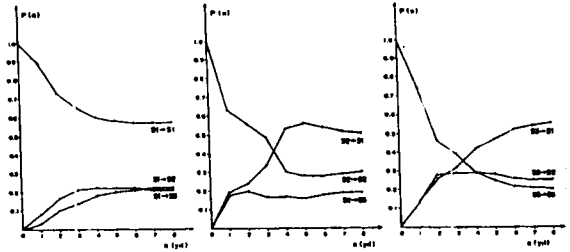
Tablo 1: Erzincan ve yöresinin bağlantılı olasılıkları.

Table 1: Joint probabilities of Erzincan and surroundings.



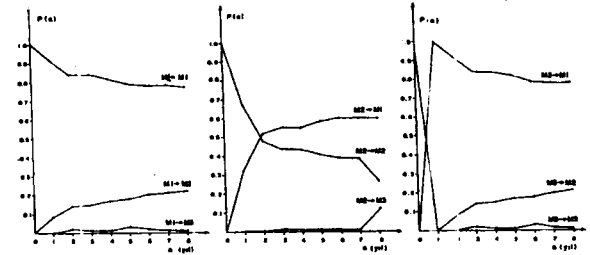
Şekil 5: S1, S2, S3 segmentlerinde $M \geq 4.5$ olan depremler.

Figure 5: $M \geq 4.5$ earthquakes in S1, S2 and S3 segments.



Şekil 6: S1, S2 ve segmentleri için aralık geçiş olasılığı fonksiyonları.

Figure 6: Interval transition probability functions for S1, S2 and S3 segments



Şekil 7: M1, M2 ve M3 büyüklükleri için aralık geçiş olasılığı fonksiyonları.

Figure 7: Interval transition probability functions for M1, M2 and M3 magnitudes.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, Erzincan ve yöresinin tektonik özellikleri gözönüne alınarak Semi-Markov modelle sismik riske bir yaklaşım sağlanmıştır. Elde edilen sonuçları şöyle sıralayabiliriz:

1) Bölgede $M \geq 4.5$ olan depremlerin en yüksek olma olasılığının olduğu yer KAFZ (K) dir. Kuzeydoğu Anadolu Fayı (KD) ve Ovacık Fayında (O) oluşacak depremlerin ardından KAFZ'da deprem olma olasılığının yüksek olması, bu zonun adı geçen faylardan tetiklendiğini düşündürmektedir.

2) KAFZ'da oluşacak depremlerin S1 segmentinde olma olasılıkları çok yüksektir. 1 yıl içinde S1, S2 ve S3 segmentlerinde $M \geq 4.5$ olan depremlerin ardından aynı segmentlerde deprem olma olasılığı da yüksektir. S1 segmentinde $M \geq 4.5$ olan depremin ardından aynı büyüklükte deprem olma olasılığı tüm zaman aralıklarında %50'nin üzerindedir. S1 segmentine karşılık gelen Yedisu-Tanyeri yani Erzincan havzasının doğu kesimi deprem tehlikesini korumaktadır.

3) KAFZ'ın S1, S2 ve S3 segmentlerinde M1, M2 veya M3 büyüklüğünde bir deprem olduktan sonra 8 yıllık sürede M1 büyüklüğünde depremin olma olasılığı yüksektir. M3 büyüklüğündeki depremin ardından bir yıl içinde M1 büyüklüğünde depremin olma olasılığı %100'dür. Zonun büyük deprem üretme özelliğini dikkate alırsak $M \geq 6.5$ olan bir depremin ardından $4.5 \leq M < 5.5$ büyüklüğündeki depremin 1 yıl içinde %100 olma olasılığı artçı depremlerin olası büyüklükleri hakkında bilgi vermektedir.

4) Bağlantılı olasılıklar açısından, S1, S2 ve S3 segmentlerinde $M \geq 4.5$ olan depremin ardından, 0-1 yıl aralığında, aynı segmentlerde deprem olma olasılığı yüksektir. En yüksek olasılık değerine sahip S1 segmentinde $M \geq 6.5$ olan bir depremin ardından aynı segmentte $4.5 \leq M < 5.5$ olan bir depremin 0-1 yıl aralığındaki olasılığı %89 dur.

Bu bilgilerin ışığında Erzincan ve yöresinin deprem tehlikesi açısından güncelliğini koruduğunu söyleyebiliriz.

KATKI BELİRTME

Sayın Doç. Dr. Demir Kolçak, Dr. Naşide Özer ve teknik ressam Ferhan Aksöz'e teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- Alsan, E., Tezuçan, L., Bath, M.* 1975, *An Earthquake Catalogue for Turkey for the interval 1913-1970, Report No 7-75, Uppsala, Sweden.*
- Altınok, Y.*, 1988, *Semi-Markov modelinin Kuzey Anadolu Fay Zonunda deprem riskine uygulanması, Jeofizik, Cilt 2, 44-58, Ankara.*
- Altınok, Y., Kolçak, D.*, 1994, *An application of the Semi-Markov model for seismic hazard assessment in North Anatolia Turkey, Natural hazards, Kluwer Academic Publishers, Netherlands (baskıda).*
- Ambraseys, N.N.*, 1975, *Studies in historical seismicity and tectonics, In, Geodynamics of Today, the Royal Soc. London, 7-16.*
- Ambraseys, N.N., and Jackson, J.A.*, 1981, *Earthquake hazard and vulnerability in the northeastern Mediterranean: the earthquake sequence of February-March 1981, Disaster 5, 355-368.*
- Ayhan, E., Alsan, E., Sancaktı, N., Üçer, B.*, 1986, *Türkiye ve Dolayları Deprem Kataloğu 1881-1980, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.*
- Barka, A.A. and Gülen, L.*, 1989, *Complex evolution of the Erzincan basin, J.Struct.Geol., 11, 3, 275-283.*
- Barka, A.A.*, 1992, *Kuzey Anadolu Fayı'nın Erzincan çevresindeki davranışı ve 13 Mart 1992 Depremi, Yer Bilimci Gözüyle Erzincan Depremi Dünyü Bugünü Yarını ve Türkiye Deprem Sorunu Simpozyumu, Aralık 1992, İstanbul*
- Barka, A.A. and Toksöz, M.N.*, 1992, *Seismotectonics and seismic gaps of the eastern part of the Anatolian Fault Zone, J.Geophys.Res. (baskıda).*
- Gündoğdu, Ö. ve Altınok, Y.*, 1990, *Türkiye ve Çevresi Deprem Veri Seti (1900-1990), İ.Ü. Mühendislik Fak. Jeofizik Müh. Böl., İstanbul (yayınlanmamış).*
- Kandilli Deprem Kataloğu, 1981, Kandilli Deprem Kataloğu 1900-1975, Kandilli Rasathanesi- Sismoloji Bölümü, İstanbul (yayınlanmamış).*
- Kiremidjian, A.S. and Anagnos, T.*, 1984, *Stochastic slippredictable model for earthquake occurrences, Bull.Seism.Soc.Am., 74, 739-755.*
- March 13, 1992 ($M_s=6.8$) Erzincan Earthquake = A preliminary reconnaissance report, 1992, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute and Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Boğaziçi University, May 1992, İstanbul.*
- Patwardhan, A.S., Kulkarni, R.B., Tocher, D.*, 1980, *A Semi-Markov model for characterizing recurrence of great earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 70, 323-347.*
- Veneziano, D. and Cornell, A.*, 1974, *Earthquake models with spatial and temporal memory for engineering seismic risk analysis, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, R74-18, Cambridge, Massachusetts.*