

ZMİR VE ÇEVRESİNİN COULOMB GERİLME DEĞERLERİ VE DEPREMSELLİK BÖLGESEL DAĞILIMI

Nazlı Ceyla ANADOLU KILIÇ¹ ve Ümit Yalçın KALYONCUOĞLU²

¹Uzman, Jeofizik Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Çünür

²Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Çünür
Email:nazlianadolu@sdu.edu.tr

ÖZET:

Günümüzde depremlerin konumunun, oluşma zamanının ve büyüklüğünün önceden belirlenebilmesi için çok sayıda çalışmaya yapılmıştır. Bununla birlikte istenilen sonuçlara ulaşamamıştır. Bu belirsizlikler göz önüne alındığında deprem olma ihtimali yüksek olan riskli bölgelerin belirlenmesinin herhangi bir deprem çalışmasının önemli amaçlarından birisi olduğunu söylemek mümkündür. Herhangi bir bölgede önceden meydana gelen depremlerden yararlanılarak elde edilen Coulomb gerilme değişim değerlerine göre gerilmenin artması ya da azaldığı bölgelerin buna bağlı olarak da gelecekte deprem oluşacak bölgelerin belirlenmesi mümkündür. Yine aynı şekilde Gutenberg-Richter frekans-magnitüd ($\log N=a-bM$) bağıntısındaki b parametresi yardımı ile de riskli alanların belirlenmesi mümkündür. Yapılan bu çalışmada sismik açıdan aktif bir bölge olan ve 37.00° - 39.00° K enlemleri / 26.00° - 29.00° D boylamları arasında bulunan deprem olma olasılığı yüksek alanları belirleyebilmek için bölgenin gerilme değişimi ve depremselliği incelenmiştir. Yapılan çalışmada sonucunda gerilme dağılımı ve gerilme artmasının daha çok sıradan derinliklerde olduğu ve derinlikle azaldığı gözlenmiştir. Bölgenin neredeyse tamamının ortalama b değerinin ($b_{ort}=0.74$) altında olması bölgenin oldukça yüksek bir sismik aktiviteye sahip olduğunu ifade etmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Coulomb, b değeri, gerilme

1. GİRİŞ

ZMİR ve çevresinin aktif tektoniklerini Batı Anadolu ve Ege Denizi'nin aktif tektonikleriyle ilişkilendirilerek açıklamak mümkündür. Batı Anadolu, dünyada en önemli genleşme ve kıta içi açılmanın meydana geldiği bölgelerden biri olarak tanımlanmaktadır (engör, 1982; Koçyiğit, 2000; Sarıca, 2000; Bozkurt, 2001,2003). Orta-Üst Miyosen'de Arap-Afrika Levhası ile Anadolu Levhası arasında meydana gelen kıta-kıta çarpışması sonucunda Türkiye'de neotektonik dönem başlamıştır. Bu çarpışma sonucunda Anadolu Levhası Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca batıya doğru kaymaya başlamıştır. Bu hareket sırasında Anadolu bloğu Batı Anadolu'da saatin tersi yönünde rotasyonal bir dönme ile Ege Denizi'ndeki Helenik Yay boyunca Afrika Levhası üzerine itilmektedir (engör ve Kidd, 1979; engör, 1979, 1980; engör vd., 1985; Reilinger vd., 1997).

K-G yönünde genişleyen Batı Anadolu genişleme kuvvetleri etkisinde genişlemeye uğramıştır ve bu genişlemenin en belirgin özelliği olarak kabul edilen graben sistemleri ve bunlar arasında yükselim gösteren horst sistemleri oluşmuştur. Kuzeyden güneye Saroz, Edremit, Bakırçay, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Gökova grabenleri meydana gelen graben sistemlerinin en önemlilerini oluşturmaktadır. Batı Anadolu sahip olduğu graben yapısı ile ilgili olarak depremselliğinin yüksek olduğu bir bölge olarak tanımlanmaktadır.

2. ZMR VE ÇEVRESİNİN DEPREMSİLLİĞİ

İzmir ve yakın çevresi, tarihsel dönemlerden bu yana yoğun deprem aktivitesine maruz kalmıştır. Tarihsel ve aletsel dönem depremlerinin iyi bilinmesi çalışma alanının tektonik inin anlaşılması açısından son derece önemlidir. Bu nedenle tarihsel döneme ait önemli depremler Tablo 1’de; aletsel döneme ait önemli depremler Tablo 2’de ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

Tablo 1. İzmir ve çevresinde (37-39° K Enlem ve 26-29° D Boylam) tarihsel dönemde meydana gelen önemli depremler

Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Yer	Açıklama	Referans
17	38.40	27.50	-	X iddetinde-Batı Anadolu’da Efes’le birlikte 13 önemli yerleşim yeri tamamen yıkılmıştır.	Emre vd. (2005)
105	38.90	27.00	Çandarlı Körfezi-Yunanistan	VIII iddetinde-Eusebios’a göre; Alia Adası, Limni Adası, Çandarlı ve Nemrut Limanı bir depremle harap olmuştur.	Emre vd. (2005), KOERI
176-177	38.60	26.65	Mile-Sakız Adası-Sisam Adası	VII iddetinde-Bu depremde tamamen hasar gören İzmir Marcus Aurelius’un emri ile yeniden inşaat edilmiştir.	Emre vd. (2005)
178	38.30	27.10	-	VIII iddetinde-İzmir harap olmuştur; pek çok yangın çıkmıştır. Her yıl için 10 yıl süreyle vergilerden muaf tutulmuştur.	Emre vd. (2005)
688	38.40	27.00	İzmir	IX iddetinde-20.000 kişi hayatını kaybetmiştir.	Lahn ve Pınar (1952)
20.03.1389	38.40	26.30	İzmir ve Sakız Adası (Tsunami)	VIII iddetinde-Palermo ve Vatikan’daki kütüphanelerde bulunan iki yazma eserde Castro’nun büyük bölümünün bu depremde harap olduğu ve bu depremin birçok binayı çatlatıp kırdığı belirtilir. İzmir, Foça (Phocaea) kulesi ve İcaria Adası da (Sisam Nomos’u) harap olmuştur.	Emre vd. (2005), KOERI
23.02.1653	37.90	28.30	Aydın	IX iddetinde-Hasar bölgesi kuzeyde Ezine güneyde Mandala Körfezi’ne batıda İzmir doğuda Alaşehir ve Denizli’ye kadar uzanır. İzmir’de 2.000-3.000 kişi hayatını kaybetmiştir.	KOERI, Lahn ve Pınar (1952)
1668	38.41	27.20	-	IX iddetinde-2.000 kişinin hayatını kaybettiğinden bahsedilir.	Emre vd. (2005)
14.02.1680	38.40	27.20	-	VII iddetinde-İzmir’e 10 mil uzaklıktaki 3 kasaba yerle bir olmuştur. Heyelan meydana gelmiştir.	Emre vd. (2005)
14.02.1680	38.40	27.20	-	VII iddetinde-İzmir’e 10 mil uzaklıktaki 3 kasaba yerle bir olmuştur. Heyelan meydana gelmiştir.	Emre vd. (2005)
10.07.1688 12.07.1688	38.40	27.20	İzmir	X iddetinde-İzmir’de büyük tahribat meydana gelmiştir. 15.000-20.000 kişinin hayatını kaybettiğinden bahsedilir. Deprem Ç Anadolu’da Konya’ya kadar hissedilmiştir. Tsunami oluşmuştur.	Emre vd. (2005), KOERI, Lahn ve Pınar (1952)

Tablo 1. (Devam)

Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Yer	Açıklama	Referans
13.01.1690	38.60	27.40	-	VII iddetinde-Bu deprem zmir ve yakın civarında hasara neden olmu tur. Sahil boyunca hasar yaratan deprem içerlere do ru etkisini arttırmı tir.	Emre vd. (2005)
04.04.1739	38.40	27.20	zmir	IX iddetinde-Eski ve Yeni Foça'da büyük hasar meydana gelmi tir. zmir'de 80'e yakın ki i hayatını kaybetmi tir.	Emre vd. (2005), KOERI
24.11.1772	38.80	26.70	-	VIII iddetinde-Deprem ve deprem etkisiyle olu an dalgalar nedeniyle Foça Kalesi'nin 5 kapısı ve camisi tamamen yıkılmı tir. Midilli Adası'nda birkaç ev yıkılmı tir. Sakız Adası'nda da deprem hissedilmi ancak bir hasar meydana gelmemi tir.	Emre vd. (2005)
3-5.07.1778	38.40	26.80	-	IX iddetinde-15 sn süren bu deprem zmir'i tamamıyla harap etmi tir. 200'den fazla ki i hayatını kaybetmi tir.	Emre vd. (2005)
13.10.1850	38.40	27.20	-	VIII iddetinde- zmir, Manisa, Turgutlu, Bayındır, Ödemi ve Tire'de çok iddetli bir ekilde hissedilmi tir.	Emre vd. (2005)
03.11.1862	38.40	27.70	Turgutlu-Manisa	X iddetinde-Deprem Turgutlu kasabesindeki tüm evleri yerle bir etmi tir. 280 ki i hayatını kaybetmi tir. Deprem Afyonkarahisar'da, Isparta bölgesinde ve maksimum 300 km uzaklı a kadar hissedilmi tir. zmir, Aydın, Nazilli, Denizli, Sakız Adası ve Midilli Adası'nda da hissedilmi tir.	Emre vd. (2005), KOERI
29.07.1880	38.60	27.10	Menemen-Emiralem-zmir	IX iddetinde- zmir ve Gediz çukurlarında, Menemen, Bornova, Kar ıyaka'da fazla miktarda hasar yapımı tir. zmir-Turgutlu demiryolu yarıklarla kesilmi tir.	Emre vd. (2005), KOERI, Lahn ve Pınar (1952)
03.04.1881	38.25	26.10	Sakız Adası-Ege Denizi-Çe me-Aydın-zmir	X iddetinde-Deprem sonucunda 4000 ki i hayatını kaybetmi tir. Artçılar 1882 yılına kadar sürmü tür.	Eravcı vd. (2007), KOERI
15.10.1883	38.30	26.30	Çe me-Ege Denizi	IX iddetinde-Çe me Yarımadası'nın batı kıyısında bulunan bütün köylerde a ır hasarlar meydana gelmi tir. zmir'de hafif hasar yaratan deprem geni bir bölgede hissedilmi tir. Deprem sonucunda 1500 ki i hayatını kaybetmi tir.	KOERI, Lahn ve Pınar (1952)
19.08.1895	37.80	27.80	Aydın	IX iddetinde-Aydın'da 3-5 sn süren D-B do rultulu bir depremdir. Aydın'da nispeten az hasar meydana gelmi tir. Pınardo an ve Emirdo an köyleri yıkılmı tir.	KOERI, Lahn ve Pınar (1952)
20.09.1899	37.90	28.10	Nazilli-Aydın-Denizli-U ak	IX iddetinde-Büyük Menderes Grabeni'nde geni tahribata neden olan deprem bütün Ege Bölgesi'nde iddetli bir ekilde hissedilmi tir.	KOERI, Lahn ve Pınar (1952)

3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı
14-16 Ekim 2015 – DEÜ – ZMİR



Tablo 2. İzmir ve çevresinde (37-39° K Enlem ve 26-29° D Boylam) aletsel dönemde meydana gelen önemli depremler

Deprem	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Açıklama	Referans
31.03.1928 Torbali Depremi	38.20	27.40	$M_w=6.4$ - Depremin merkezi Torbalı'da Küçük Menderes ile İzmir K-G çukurluklarının birleştiği yerdedir. Deprem bütün Batı Anadolu'da hissedilmiştir. Depremde 2000 ev hasar görmüştür.	Emre vd. (2005), Gasperini (2003)
23.07.1949 Karaburun Depremi	38.58	26.23	$M_w=6.7$ - Deprem sonucunda Karaburun-Çeşme yarımadasının doğusu, Mordoğan ile yarımada'nın kuzey burnu arasında, denize giren çevresinde, çeşme yarımadasında ve çevresindeki köylerde oldukça ağır hasar meydana gelmiştir. Sakız Adası'nda da hasar gözlenmiştir ve denizde çok şiddetli hareketler gözlenmiştir. 7 kişi hayatını kaybederken, 2200 ev de yıkılmıştır. Ayrıca çeşitli derecelerde hasara uğramıştır.	Emre vd. (2005), Paradisopoulou vd. (2010)
16.07.1955 Söke-Balat Depremi	37.66	27.19	$M_w=6.0$ - Depremin merkezi Ege Denizi'ndedir. Deprem Ege adalarında, İzmir ve ilçelerinde, Kuşadası ve yakın yerleşim birimlerinde hissedilmiştir. Deprem sırasında büyük bir gürültü meydana gelmiştir. Gediz ve Büyük Menderes nehirlerinde taşmalar meydana gelmiştir. Deprem sırasında 300 ev yıkılırken 2 kişi de hayatını kaybetmiştir.	Emre vd. (2005), McKenzie (1972,1978)
28.03.1969 Alaçehir Depremi	38.42	28.60	$M_w=6.5$ - Deprem sonucunda 41 kişi hayatını kaybetmiş, 186 kişi yaralanmış ve de 4372 bina şekilde derecelerde hasar meydana gelmiştir. Gediz nehri boyunca ve kuzeyindeki küçük vadilerde önemli hasarlar meydana gelmiştir. Hasarın ağır olmasında vadilerin kenarında çökmeler ve heyelanların meydana gelmesi etkili olmuştur.	Eravcı vd. (2007), Paradisopoulou vd. (2010)
06.04.1969 Karaburun Depremi	38.50	26.40	$M_w=5.9$ - Depremin Merkezi Karaburun açıklarında olan bu deprem sonucunda Çeşme ve Sakız Adası'nda 443 yapıda çeşitli derecelerde hasar meydana gelmiştir.	Emre vd. (2005), Gasperini (2003)
01.02.1974 İzmir Depremi	38.50	27.20	$M_w=5.6$ - Depremin merkezi İzmir'den 15 km uzaklıktadır. İzmir'de 2 kişi hayatını kaybetmiş; 7 kişi yaralanmış ve de 47 evde ağır hasar meydana gelmiştir.	Emre vd. (2005), Gasperini (2003)
19.08.1976 Denizli Depremi	37.70	28.89	$M_w=6.1$ - Deprem sonucunda 4 kişi hayatını kaybetmiş ve 50 kişi de yaralanmıştır.	EMSC
16.12.1977 İzmir Depremi	38.40	27.20	$M_w=5.6$ - Depremde 20 kişi yaralanmış ve de İzmir'de bazı evler yıkılmıştır. Özellikle de Buca, Alsancak, Hatay, Karşıyaka, Bornova, Gültepe ve Tepecik semtlerinde çeşitli derecelerde hasarlar meydana gelmiştir.	Emre vd. (2005), Gasperini (2003)
14.06.1979 Karaburun Depremi	37.58	26.40	$M_w=5.8$ - Depremin merkezi Ege Denizi'ndedir. İzmir ve çevresinde kuvvetlice hissedilen bu deprem sonucunda İzmir'in Alsancak semtinde bazı evlerde hasarlar meydana gelmiştir. Karaburun'da 2 ev çökmüş ve 1 kişi yaralanmıştır. Deprem Ege Adaları'nda da hissedilmiştir.	Emre vd. (2005), HARVARD

Tablo 2. (Devam)

Deprem	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Açıklama	Referans
06.11.1992 Doğanbey Depremi	37.84	26.98	$M_w = 6.1$ - Deprem merkezi Doğanbey civarında olan ve zmir'de de kuvvetli şekilde hissedilen deprem nedeniyle 60'a yakın yapıda ciddi hasar meydana gelmiştir.	Emre vd. (2005), HARVARD
10.04.2003 Urla Depremi	38.32	26.94	$M_w = 5.8$ - zmir'de şiddetli bir şekilde hissedilen depremin merkezi Urla ile Seferihisar arasına denk gelmektedir.	Emre vd. (2005), ETHZ
17.10.2055 Sıracık Depremleri	38.12	26.60	Dört merkez üsleri Sıracık Körfezi'nin yakın çevresinde yoğunlaşmış ve büyüklükleri (M_w) 5.1-5.8 arasında değişen bir seri deprem meydana gelmiştir. zmir ve çevresini de etkilemiş olan depremlerde can kaybı olmamış ancak bazı binalarda çatlaklar meydana gelmiştir.	Emre vd. (2005), HARVARD, INGV
	38.11	26.66		
	38.20	26.94		

3. COULOMB GERİLME ANALİZİ

Bir deprem kendisinden sonra meydana gelebilecek depremleri normal olu zamanından öne çekebilme, geciktirebilme ve hatta tetikleyebilmektedir. Çünkü öncül deprem, ana ok, artçı ok ve bölgede meydana gelen diğer deprem olu umlarını kontrol eden gerilme dağılımları arasında bir etkileşim mevcuttur. Yapılan ilk çalışmalarla bu etkileşim deprem sonrasında faydan uzak bölgelerdeki artçı okların olu umları ile kırılmada etkin olan kayma gerilmesi değişimi arasındaki ilişki ile açıklanmaya çalışılmıştır (Das ve Scholtz, 1981). Birkaç yılda yapılan çalışmalarla gerilme alanlarının incelenmesi sonucunda büyük bir depremin, etrafındaki faylar üzerindeki etkisinin araştırılmasında ve deprem olma ihtimali artan veya azalan bölgelerin belirlenmesinde Coulomb kırılma kriterinin kullanılabilir önemli bir yöntem olduğu ortaya konmuştur (Reasenber ve Simpson, 1992; Haris ve Simpson, 1992; Jamué ve Sykes, 1992; Stein vd., 1992; King vd., 1994; Deng ve Sykes, 1996).

Coulomb kırılma kriterine göre bir düzlem boyunca kırılmada rol oynayan asal kuvvet kayma ya da tetsel gerilmedir. Bu gerilmeyi azaltacak yönde etkiyen kuvvet ise düzleme etkiyen normal kuvvet (σ) ile iç sürtünme katsayısının (μ) çarpımıdır. Bu kuvvetlere bağılı olarak Coulomb kırılma kriteri (1)'de görüldüğü gibi ifade edilir:

$$|\tau| = S_0 + \mu\sigma \quad (1)$$

Burada;

S_0 : Kohezyon ya da malzemenin dayanım gerilmesi olarak tanımlanır.

τ 'nin işareti kırılmanın yönünü belirlediği için mutlak değer içerisinde gösterilmelidir.

Faylanma ve kırılma nedeni ile oluşan kalıcı gerilme veya Coulomb gerilmesindeki değişim $\Delta\sigma_f$ kırılma öncesi ve kırılma sonrasındaki kalıcı gerilme değerlerinin farkına eşit olacaktır. Buna göre Coulomb gerilmesindeki değişim (2)'de görüldüğü gibi ifade edilir (King vd., 1994):

$$\Delta\sigma_f = \Delta\tau - \mu(\Delta\sigma - \Delta p) \quad (2)$$

Burada;

$\Delta\sigma$ ve $\Delta\tau$ sırası ile kırılma yüzeyine etki eden normal kayma gerilme değerlerindeki değişimlerdir.

Δp ise bo luk sıvı basıncındaki de i im olarak ifade edilir.

$\Delta \sigma_f$ arttı nda hedef fayın kırılması kolayla ırken; azaldı nda ise kırılma zorla ır.

E er ortamdaki gerilme de i imi akma yolu ile kendini dengelemeye çalı an bo luk sıvı basıncındaki de i imden daha hızlı olursa, Δp ortamdaki çevresel gerilme ile ili kilendirilebilir. Kırılma yüzeyinin gerilme eksenine ile arasındaki açının β oldu u kabul edilirse, Coulomb gerilmesi σ_f , β açısının (3)'de gösterildi i gibi olması durumunda en büyük de erine ula ır.

$$\tan 2\beta = \pm \frac{1}{\mu} \quad (3)$$

4. DEPREMSELLİK ANALİZİ

Deprem istatistiğinin temel ba ıntısı olan ve Gutenberg-Richter tarafından geli tirilen ba ıntı ile depremlerin olu sayıları ve büyüklükleri arasındaki ili ki belirlenir (Gutenberg ve Richter, 1944). Bu ili ki (4) numaralı ba ıntıda;

$$\log N = a - bM \quad (4)$$

gösterildi i ekleinde ifade edilir.

Bu ba ıntıda N, verilen bir bölge ve periyot için, magnitudü M 'e e it veya daha büyük olan depremlerin sayısını, a ve b ise regresyon katsayılarını ifade etmektedir. ncelenen bölgenin geni li ine ve gözlem süresine ba lı olan a sabiti deprem faaliyetinin düzeyi (kabu un deprem üretkenli i) ile ili kilidir. Kabuktaki gerilme ile ters orantılı olan b sabiti ise deprem olu umunun fizi i ile ili kilidir (Scholz, 1968; Wiemer ve Wyss, 1997).

Yapılan bu çalı mada Gutenberg-Richter ba ıntısındaki regresyon katsayılarını belirlenmesinde En Büyük Olasılık Yöntemi (Maximum Likelihood) kullanılmı tır. Aki (1965) tarafından geli tirilen yöntem verdi i güvenilir sonuçlar nedeniyle depremsellik çalı malarında yaygın olarak kullanılmaktadır. (5) numaralı ba ıntıya göre b de eri;

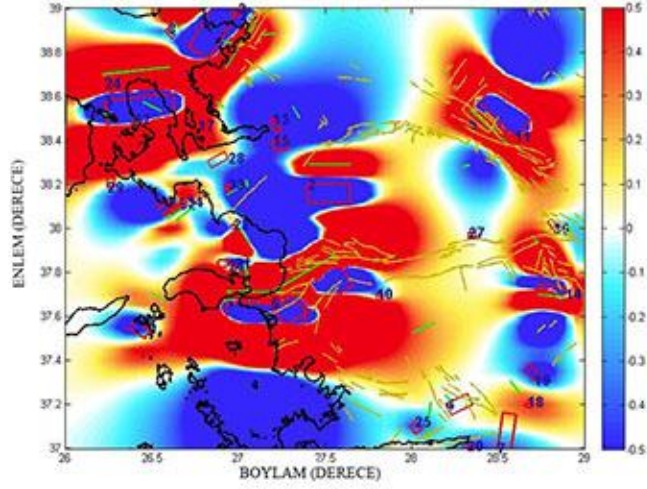
$$b = \frac{0.4343}{\frac{\sum_{i=1}^n M_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} - M_{min}} \quad (5)$$

eklinde hesaplanır.

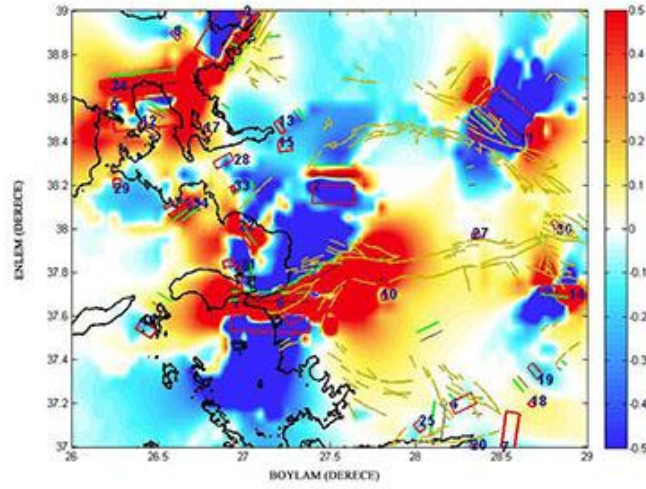
5. ARA TIRMA BULGULARI VE SONUÇ

Bir depremin neden oldu u gerilme de i imlerinin do rulu u, hesaplamalarda o deprem için kullanılan kaynak parametrelerinin do rulu u ile orantılıdır. Bu nedenle, deprem kaynak parametrelerinin çok iyi bir ekleinde ortaya çıkartılması çok önemlidir (Çakır vd., 2003). Bu ba lamda çalı manın ilk a masında 1900-2013 yılları arasında bölgede meydana gelmi M_w 5.0 olan depremler belirlenmi ve de derinlik, do rultu, dalım ve atım miktarları Coulomb 3.3 programına girilmi tir.

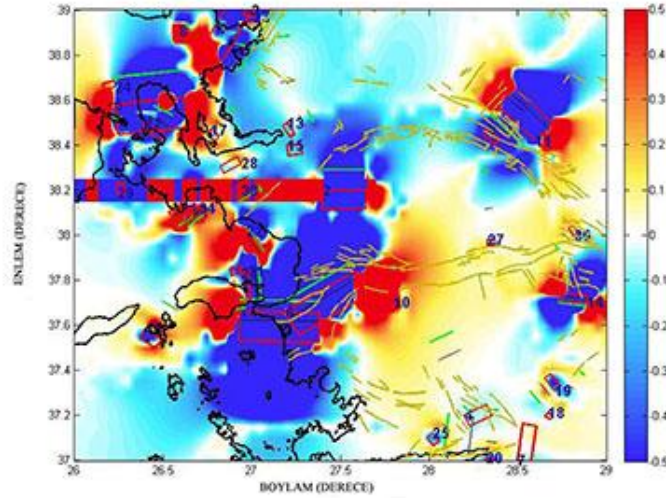
Yapılan çalı mada 100 barlık bir bölgesel gerilme kabul edilmi ve K30B yönlü açılma rejimine göre tektonik yükleme yapılarak bölgedeki optimum normal faylanma için yüzey (ekil 1), 5 km (ekil 2) ve 10 km (ekil 3) derinlikler alınarak Coulomb gerilme de i imleri Coulomb 3.3 programı kullanılarak haritalanmı tır.



ekil 1. Optimum normal faylanma için yüzeyde elde edilen Coulomb de i imi (bar)



ekil 2. Optimum normal faylanma için 5 km derinlikte elde edilen Coulomb de i imi (bar)



ekil 3. Optimum normal faylanma için 10 km derinlikte elde edilen Coulomb de i imi (bar)

Coulomb gerilme analizinden 0, 5, 10 km derinlikler için elde edilen (ekil 1, 2, 3) sonuçlar bölgedeki gerilme da ılımı ve gerilme art ımının daha çok sı derinliklerde oldu unu ve derinlikle azald ımını göstermektedir. Bölgede 1900-2013 yılları arasında olu an M_w 5.0 magnitudlü depremlerin yükledi i gerilmelerin özellikle zmir il merkezi ve yakın civarında, Aydın, Manisa ve Denizli bölgelerinde birikti ini söylemek mümkündür.

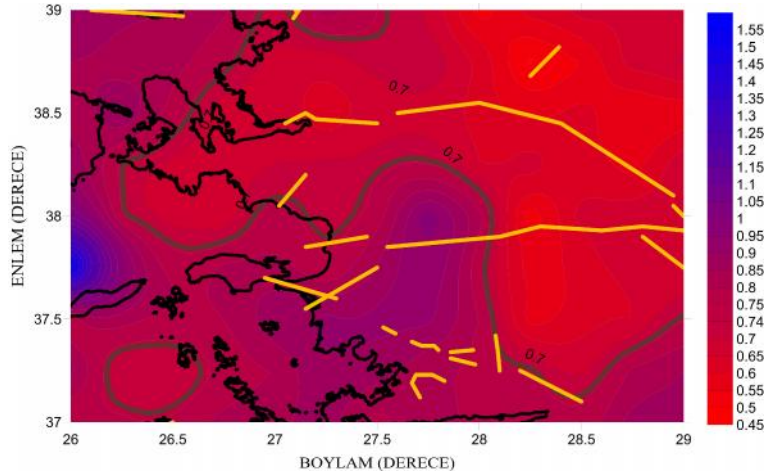
Bir bölgenin depremselli ini yansıtan en önemli parametrelerden biri de hiç ku kusuz Gutenberg-Richter ba ntısındaki b parametresidir. Yapılan çalı mada International Seismological Centre-ISC) 1964-2013 yılları arasında meydana gelmi olan Cisim dalgası magnitudü M_b 3.5 ve Yüzey dalgası magnitud M_s 3.0 olan depremler seçilmi tir. Elde edilen farklı ölçekteki magnitud de erlerinin ortak magnitud ölçe i moment magnitudde (M_w) dönü türülmesi sırasında Scordilis (2006) tarafından geli tirilen (6), (7) ve (8) numaralı ampirik ba ntılardan yararlanılmı ve böylelikle çalı mada kullanılacak homojen katalog elde edilmi tir.

$$M_W = 0.67 \mp 0.005 M_S + 2.07(\mp 0.03) \quad 3.0 \leq M_S \leq 6.1 \quad (6)$$

$$M_W = 0.99 \mp 0.02 M_S + 0.08(\mp 0.13) \quad 6.2 \leq M_S \leq 8.2 \quad (7)$$

$$M_W = 0.85 \mp 0.04 M_b + 1.03(\mp 0.13) \quad 3.5 \leq M_b \leq 6.2 \quad (8)$$

b de erinin belirlenebilmesi ve haritalanması için çalı ma alanı $0.25^\circ K \times 0.25^\circ D$ aralıkla gridlenmi tir. Her bir alt bölge için Gutenberg-Richter ba ntısındaki b de eri En Büyük Olasılık Yöntemi metodu kullanılarak hesaplanmı ve haritalanmı tir (ekil 4).



ekil 4. En büyük olasılık yöntemine göre b de eri da ılım haritası

En büyük olasılık yöntemine göre yapılan hesaplamalar sonucunda, bölgedeki b de erinin 0.49 b 1.54 arasında de i ti i ve standart sapmasının $\sigma = 0.12$ oldu u bulunmu tur. Bölge için ortalama b de eri ise $b_{ort} = 0.74$ olarak elde edilmi tir. Türkiye geneli için elde edilen $b_{ort} = 0.90$ dikkate alındı ı zaman çalı ma alanının yüksek genel birikime sahip oldu u anlaşılmaktadır. ekil 4'te verilen haritada incelendi i zaman bölgenin neredeyse tamamının ortalama b de erinin altında oldu u yani yüksek aktiviteye sahip oldu u görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aki, K., 1965. Maksimum likelihood estimation of b in the formula $\log(N)=a-bM$ and its confidence limits, Bull. Earthquake. Res. Inst. Tokyo Univ. 43, 237-239.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. Geodinamica Acta, 14, 3-30.
- Bozkurt, E. 2003. Origin of NE-trending basins in western Turkey, Geodinamica Acta, 16, 61-81.
- Çakır, Z., Barka, A. ve Akyüz, S., 2003. Coulomb gerilme etkileimleri ve 1999 Marmara depremleri. TÜ Dergisi/d mühendislik, Cilt:2, Sayı:4, 99-111.
- Das, S. ve Scholz, C.H., 1981. Off-fault aftershock clusters caused by shear stress increase. Bull. Seism. Soc. Am., 71, 5, 1669-1675.
- Deng, J. ve Sykes, L.R., 1996. Triggering of 1812 Santa Barbara earthquake by a great San Andreas shock: Implications for future seismic hazards in Southern California, Geophys. Res. Letters 23 (10), 1155-1158.
- Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C., Gökta, F., 2005. İzmir vey akın çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri, Jeoloji Etütleri Dairesi, MTA Rapor No: 10754, 86 s.
- Eravcı, B., Yaman, M., Tepeur, E., Erkemn, C., Aktan, T., Albayrak, H., Demirta, R., 2007. Batı Anadolu Çöküntü Bölgesi'nin Paleosismoloji Projesi, T.C. Bayındırlık ve Şehir Bakanlığı Afetleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Rapor No: 5691-1, DPT 2002 K 120050 Sonuç Raporu
- Gutenberg, B. ve Richter, C.F., (1944). Frequency of earthquakes in California. Bull. Seismol. Soc. Am. 34:185-188.
- Harris, R.A. ve Simpson, R.W., 1992. Changes in static stress on Southern California faults after the 1992 Landers earthquake, Nature 360, 251-254.
- Jamué, S.C. ve Sykes, L.R., 1996. Evolution of moderate seismicity in the San Francisco Bay region, 1850 to 1993: Seismicity changes related to the occurrence of large and great earthquakes, J. Geophys. Res., 101, 765-789.
- King, G.C.P, Stein, R.S. ve Lin, J., 1994. Static stress changes and the triggering of earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 84, 935-953.
- Koçyiğit, A. 2000. Güneybatı Türkiye'nin depremselliği. BADSEM 2000-Batı Anadolu'un Depremselliği Sempozyumu, 24-27 Mayıs 2000, İzmir, 30-39.
- mednet.rm.ingv.it
- Paradisopoulou, P. M., Papadimitriou, E. E., Karakostas, V. G., Taymaz, T., Kiliyas, A. ve Yolsal, S., 2010. Seismic Hazard Evaluation in western Turkey as revealed by stress transfer and time-dependent probability calculations, Pure Appl. Geophys. 167, 1013-11048.
- Pınar, N., Lahn, E., 1952. Türkiye Depremleri Zihli Kataloğu, Bayındırlık Bakanlığı, Yapı ve Marifetleri Reisliği 36, No:6, Ankara.

Reasenberg, P.A. ve Simpson, R.W., 1992. Respronse of regional seismicity to the static stress change produced by the Loma earthquake, Science 255, 1687-1690.

Reilinger, R. E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, W. ve Toksöz, M.N., 1997. Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabian-Africa-Eurasia plate collision zone. J. Geophy. Res., 102, 9983-9999.

Sarıca; N., 2000. The Plio-Pleistocene age of Büyük Menderes and Gediz grabens and their tectonic significance on N-S extensional tectonics in West Anatolia: Mammalian evidence from the continental deposits, Geol. J., 35, 1-24.

Scholz, C.H., 1968. The frequency-magnitude relation of micro-fracturing in rock and its relation to earthquakes. Bull Seismol Soc Am 58:399-415.

Scordilis, E.M., 2006. Empirical global relations converting MS and Mb to moment magnitude. Journal of Seismology 10, 225-236.

engör, A.M.C. ve Kidd, W.S.F., 1979. Post-collisional tectonics of Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. Tectonophysics, 55, 361-376.

engör, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. J. Geol. Soc., London, 136, 269-282.

engör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin neotektoni nin esasları, TJK yayını, 40s.

engör, A.M.C., 1982. Ege'nin neotektonik evrimini yöneten etmenler. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Batı Anadolu'nun Geç Tektoni i ve Volkanizması Paneli, Ankara, 59-71.

engör, A.M.C., Görür, N. ve aro lu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In:Biddle K.T., Christieblick N. (Eds.), Strike-slip Faulting and Basin Formation, Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub., 37, pp. 227-264.

Stein, R.S., King, G.C.P. ve Lin, J., 1992. Change in failure stress on the Southern San Andreas fault system caused by the 1992 magnitude=7.4 Landers earthquake, Science 258, 1328-1332.

Vannucci, G. ve Gasperini, P., 2003. A database of revised fault plane solutions for Italy and surrounding regions, Compuetrs & Geosciences, 29, 903-909.

Wiemer, S. ve Wyss, M., 1997. Mapping the frequency-magnitude distributions in asperities:an improved technique to calculate recurrence times. J. Geophys. Res. 102:15115-15128.

www.emsc-csem.org

www.koeri.boun.edu.tr

www.seismo.ethz.ch

www.seismology.harvard.edu