

DOĞAL AFET ZARARLARININ AZALTILMASI ULUSLARARASI ON YILI (IDNDR): İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNE DÜŞEN ROL VE ÜLKEMİZDEKİ FAALİYET

Polat GÜLKAN, Nesrin BAŞÖZ
M. Semih YÜCEMEN
ODTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Oktay ERGÜNAY
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
Afet İşleri Genel Müdürlüğü

Vedat DOYURAN
Ali KOÇYİĞİT
ODTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu 1988'de aldığı bir kararla 1990-2000 yılları arasında "Doğal Afet Zararlarının azaltılması Uluslararası Onyılı" (İngilizce başharflerinin bir araya getirilmesi ile elde edilen remiz: IDNDR) olarak adlandırmıştır. Kararı amacı bilim ve teknolojinin sağladığı imkanların afetlerden etkilenen insanlığın emrine verilmesini sağlamak, doğal afetlerde veya onların yolaçtığı başka tür afetlerde meydana gelen can ve mal kaybını asgari seviyelere çekmek ve ülke hükümetlerinin bu yolda daha fazla işbirliği yapmasını temin etmektir. Global ölçekteki bu amacın sağlanmasında bilim adamlarına mühendislere özellikle inşaat mühendislerine önemli görevler düşmektedir. Toplumların doğal veya teknolojik afetlere karşı korunmasını sağlamak gittikçe daha güç ve masraflı bir çaba olmaktadır. Yazının kaleme alınmasındaki bir amaç doğal afetlerin yolaçtığı zararları gözden geçirmek ve ülkemizde sürdürülen faaliyet hakkında kısa bir bilgi vermektir. Örnek olarak belirlenen faaliyet ise yeni deprem şartnamesi ile birlikte yürürlüğe girecek olan "deprem bölgeleri haritası"dır. Deprem şartnamelerinin bir parçası olarak kullanılan deprem bölge haritaları asgari can ve mal emniyetini sağlamak amacıyla hazırlanır. Depremlerin zaman, yer ve şiddet bakımından gösterdikleri rassallık ve tabiat olaylarının belirlenmesindeki çeşitli belirsizlikler yüzünden haritalardaki parametrelerin tayininde ihtimal hesaplarına başvurmamak lazımdır. Bildiride sismik tehlike hesabı ile temel felsefe ve uygulamada karşılaşılan bazı problemler en genel biçimde anlatılmaktadır. Bu hesabın amacı deprem katalog bilgilerini eldeki jeolojik, sismolojik ve kuvvetli hareket kayıtlarına ilişkin bilgilerle birleştirerek, gözönüne alınan bir noktada gelecekte ortaya çıkması muhtemel deprem yer hareketine ait ihtimal değerlerini tayin etmektir. Bildiri ayrıca ülkemizdeki deprem bölgeleri haritasının bundan sonraki revizyonu için bazı teklifleri içermektedir.

1. AMAÇ

Doğal afetler ve bunların yolaçtığı zararların en az seviyeye indirilmesi bütün mühendislik disiplinleri içinde en çok inşaat mühendisliğini ilgilendirir; çünkü doğal afet, etkisini inşa edilmiş çevre, yani modern toplumların eriştiği refah ve ilerleminin göstergesi olan ulaşım yolları, haberleşme sistemleri, binalar, köprüler, barajlar ve enerji tesisleri, fabrikalar, v.b. üzerinde icra eder. Doğal afet teriminin içine giren türleri bir defa daha hatırlayalım:

- Depremler
- Seller
- Fırtına ve kuvvetli rüzgarlar
- Toprak kaymaları, kaya düşmeleri
- Yanardağ patlamaları
- Kuraklık dönemleri
- Yangınlar
- Çığlar

Görüleceği gibi doğal afet başlığı altında ele alınan türleri bir de "meteorolojik" ve "jeolojik" alt başlıklarının içine dahil etmek kabildir. Bunların bazıları (mesela yanardağ faaliyeti) ülkemizde sık görülmediği için fazla önemli değildir. Bir de daha sonraki tablolarda göreceğimiz çekirge saldırıları v.b. gibi özellikle Afrika'daki bazı ülkeler için önem arzeden ama klasik doğal afet tarifine girdiği tartışma götüren türler vardır. Herhangi bir afetin relatif önemini ölçmek için kullanabileceğimiz göstergelerden birisi de meydana gelen konut hasarı olabilir. Ülkemiz için son 50 yılın istatistiklerine bakıldığında konut yıkılmasındaki sıralama Tablo 1'deki gibi olmaktadır (1):

.....

blo 1. Türkiye’de doğal Afetlerin Yolaçtığı Konut Yıkılmaları

et Türü	Yüzde
premler	61
ller	14
yelanlar	15
ya düşmeleri	5
ngınlar	4
ğlar, ırtınalar, şiddetli yağmur	1

eselenin boyutlarını global nitelikteki bir gözlemlerle görmek için uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonunun ırladığı bilgilere (2) bir gözatmakta fayda vardır. Tablo 2, 1969-1993 seneleri için doğal afetlerden etkilenen insanların talara göre ortalama sayısını, Tablo 3 bunların afet türüne göre ortalama sayısını, Tablo 4 afet türlerinin kıtalara dağılımını, blo 5 ise meydana gelen maddi kayıpları özetlemektedir. Sonuncu tablodaki rakamlara 1994 başında ABD’de meydana elen Northridge depremi (maddi kayıp - \$ 150 milyar) dahil edilmemiştir.

Tablo 2. Doğal Afetlerden Etkilenen İnsanların Kıtalara Göre Yıllık Ortalama Sayıları : 1969-1993

	AFRİKA	AMERİKA	ASYA	AVRUPA	OKYANUS- YA	TOPLAM
Ölüm	76 883	9 027	56 072	2 220	99	144 302
Yaralanma	1 013	14 944	27 023	3 521	100	46 601
Etkilenme	10 556 984	4 400 232	105 044 476	563 542	95 128	120 660 363
Evsiz Kalma	172 812	360 964	3 980 608	67 278	31 562	4 613 224

Tablo 3. Doğal Afetlerden Etkilenen İnsanların Yıllık Ortalama Sayıları: 1969-1993

	Deprem	Kuraklık ve Açlık	Sel	Kuvvetli Rüzgar	Heyelan	Yanardağ	TOPLAM
Ölüm	21 688	73 606	12 097	28 555	1 550	1 009	138 486
Yaralanma	30 452	0	7 704	7 891	245	279	46 571
Etkilenme	1 764 724	57905 676	47849 065	9 417 442	131 807	94 665	117163379
Evsiz Kalma	224 186	22 720	3 178 267	1 065 928	106 889	12 513	4 610 504

Tablo 4. 1969-1993 Arasında Meydana Gelen Doğal Afetler

	AFRİKA	AMERİKA	ASYA	AVRUPA	OKYANUS- YA	TOPLAM
Deprem	40	125	225	167	83	640
Kuraklık ve Açlık	277	49	83	15	14	438
Sel	149	357	599	123	138	1 366
Heyelan	11	85	93	19	10	218
Kuvvetli Rüzgar	75	426	637	210	203	1 551
Yanardağ	8	27	43	16	4	98
Diğer*	219	93	186	91	4	593

* Çığ, soğuk/sıcak dalgası, tsunami (deprem dalgası) ve böcek saldırısı

.....

Tablo 5. 1989-1993 Arasında Meydana Gelen Doğal Afetlerin Yolaçtığı Maddi Kayıplar, Milyon \$

	AFRİKA	AMERİKA	ASYA	AVRUPA	OKYANUS- YA	TOPLAM
Deprem	179	1 851	11 131	921	1 251	15 334
Kuraklık ve Açlık	0	1 621	54	2 189	0	3 864
Sel	416	17 526	72 576	63 878	6	154 402
Heyelan	0	25	215	24	0	265
Kuvvetli Rüzgar	453	50 328	32 008	104 780	2 415	189 984
Yanardağ	0	10	220	0	0	230
Diğer*	47	307	956	979	0	2 289

* Çığ, soğuk/sıcak dalgası, tsunami (deprem dalgası) ve böcek saldırısı

Ülkemizde 7269 Sayılı Kanun paralelinde doğal afet zararlarının giderilmesi, koruyucu ve önleyici tedbirlerin alınması ve ileriye dönük planlamanın yapılması ile doğrudan sorumlu olan Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun 1990-2000 yılları arasında global ölçekte doğal afet zararlarının azaltılması ve bilim ve teknolojinin imkanlarının bu amaca yönelik olarak uygulanması için yaptığı çağrıya hemen olumlu bir karşılık vermiş ve ilan edilen şablona göre ülke genelinde bir organizasyon teşkil etmiştir. Buna göre ilgili kurum, kuruluş, üniversite, mesleki birlik ve diğer birimlerden edinilen yardım ile şu Çalışma Grupları teşkil edilmiştir:

1. Deprem
2. Heyelan ve kaya düşmesi
3. Sel
4. Yangın
5. Diğer afetler (çığ, deprem dalgası, fırtına, yanardağ faaliyeti)

Her Çalışma Grubu, verilen modele göre kendi sorumluluk alanı için öncelikli amaçlar ve çalışma programı tespit etmiş ve belirli bir takvime göre bunları sürdürmüştür. Çalışma Gruplarında asıl üye olarak görev alan kimselerin sayısı 65 kadardır (1).

IDNDR modeline göre her afet türüne göre yapılacak çalışmaların şu başlıklar altında özetlenmesi gerekmektedir:

1. Rizikonun tahmini (riziko kelimesi ile "tehlike" (hazard) + tehlikenin etkisine maruz fiziki unsurlar + bunların para olarak değerinin bütünlleştirilmesi kastedilmektedir)
2. Zararların azaltılması için tedbirlerin uygulamaya konulması
3. İkaz ve erken uyarı sistemlerinin tesis edilmesi
4. Milletlerarası işbirliği imkanlarının araştırılması

Bu yazının daha sonraki kısımlarında, deprem tehlikesinin ülke ölçeğinde önceden tahmini için yaptığımız çalışmalara daha detaylı temas edeceğiz.

2. İNŞAAT MÜHENDİSİNİN SORUMLULUK ALANINDAKİ YAPILAR

Herhangi bir doğal afetin etkisine girebilecek inşa edilmiş yapıları "bina" ve "alt yapı" olarak da ikiye ayırmak mümkündür. Birinci kategoride insanların barındığı veya çalıştığı bütün yapı türlerini düşünebiliriz: konut, otel, resmi daire, okul, hastane, fabrika, mağaza, v.b. yapıları hemen saymak mümkündür. İkincisinde ise karayolu, demiryolu, köprü, tünel, liman tesisi, sanayi bacası, baraj, enerji üretim santrali, haberleşme sistemi, su kanalları, rafineri, doğalgaz veya petrol boruhatları v.b. gibi toplumun en önemli ihtiyaçlarını görmekte kullanılan araçları kastetmekteyiz. Burada, her afet türüne karşı her yapı türü nasıl hesaplanır veya bunların varyantları ne olabilir, sorusuna bir cevap aramak durumunda değiliz. Ancak mühendisçe yapılacak işlemleri de genel perspektif içinde generik başlıklarla ele almak mümkündür.

kazanın ülkemizin Karadeniz bölgesindeki bazı mahsüller üzerindeki etkisini ve hiçbir zaman kazaya yolaçan ül tarafından tazmin edilmeyen zararlarımızı, uzun vadeli insan sağlığı tartışmalarımızı hatırlayalım.

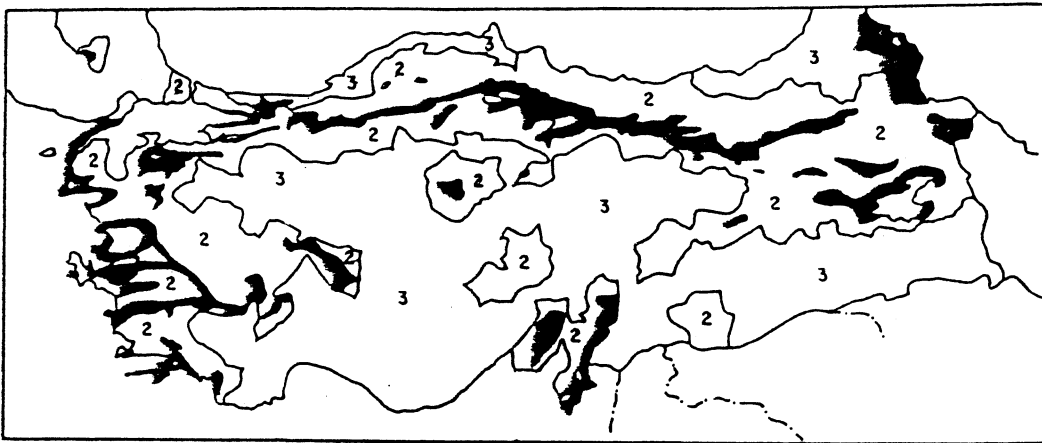
Sanayileşme genelde hayatı kolaylaştıran, insanları daha mutlu yapan bir olay gibi düşünülür. Ancak bunun da af açısından bir bedeli vardır. Çernobil örneğinden bahsettik, ama Boğazlardan geçen petrol veya başka tehlikeli nitelikte yükleri taşıyan gemilerin yarattığı tehlike daha az mıdır? Sıvılaştırılmış nitrojen gazı depolama tesisleri, sanayide kullanılan toksik, zehirli, parlayabilen ve çevreye saçıldığı takdirde insan sağlığı veya tabiat açısından etkisinin giderilmesi çok zor olan binlerce ürünü taşıyan tren, gemi, tanker v.b. araçlar potansiyel olarak en az doğal afetler kadar insanlar için tehlikeli kaynağı değil midir? Hayal gücümüzü biraz daha zorlayalım. Genetik mühendisliğinin artık her türlü fiziki kusurda arınmış süper insan benzeri yaratıkları imal edecek duruma geldiğini öğreniyoruz. Biyoteknolojinin getirdiği harika usüller verimi artırılmış süper bitkilerin ortaya çıktığını gazete ve mecmualarda okuyoruz. Acaba mutasyona uğramış bir türlü mik organizmasının herhangi bir kaza sonucu çevreye yayılması insan sağlığı açısından afet boyutunda bir olayın habercisi olabilir mi? Konumuzun dışında görünse de bu ihtimaller mevcuttur. Ancak en azından söyleyebileceğimiz şey, doğal afetlerin eskiden olduğu gibi tek başına değil teknolojik afetlerin tetikleyicisi, onlarla kolkola zuhur eden olaylar zinciri gibi düşünülmesi ve planlamasının yapılması gerektiğidir.

Bir soru şeklinde ifade ettiğimiz paragraf başlığının bizce doğru cevabı, afetler açısından geleceğin geçmiş gibi olmasının muhtemel bulunmadığıdır, çünkü afetlerin yoğunluğu veya şiddeti artmasa dahi etkiledikleri dünya farklıdır.

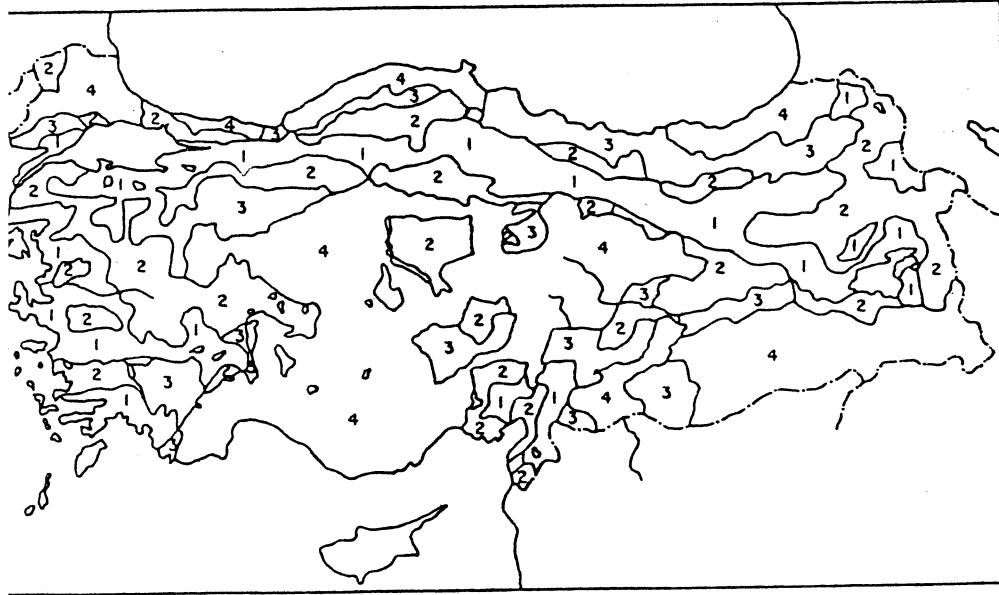
3. DEPREM BÖLGELERİ HARİTASI ÇALIŞMALARI

Girişte bahsettiğimiz gibi 1990'da başlayan on yıllık süre "Doğal Afet Zararlarını Azaltılması Uluslararası Onyılı" olarak ilân edilmiştir. Ülkemizde bu zaman dilimi içinde yapılması planlanan faaliyetin biri de halen yürürlükte bulunan deprem bölgeleri haritasını eldeki en son bilgiler ve dünyada bu konuda erişilmiş bulunan nokta itibarıyla revize etmektir.

Türkiye'de ilk olarak 1945 yılında o zamanki Bayındırlık Bakanlığı ve bazı üniversitelerin işbirliği sonucu bir deprem şartnamesi ve ona dayalı deprem bölgeleri hazırlanmıştı. Bugünün anlayışına göre hayli basit sayılabilecek bu harita iki tane bölge tarif etmekteydi; bölgelerin tefriki ise geçmişte gözlenmiş hasar esas alınarak gerçekleştirilmişti. Ülkenin jeolojisi ve tektoniği hakkındaki bilgilerin iyileşmesi, deprem mühendisliğinde meydana gelen ilerlemeler ve değişmelere paralel olarak harita 1949, 1963 ve 1972 yıllarında, şartname ise 1949, 1953, 1961, 1968 ve 1975 yıllarında revize edilmiştir. Ülkemizdeki "deprem bölgeleri haritalarının" 1945 ve 1963 versiyonları Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Bu haritalar, ilgili bakanlığın üniversite ve MTA ile yaptığı işbirliği sonucu ortaya çıkarılmıştır. Hakim olan temel felsefe rapora dökülmemiş olsa da geçmişte hissedilmiş en büyük şiddetin herhangi bir bölgeye atfedilen sıralamada hakim rol oynadığını bilmekteyiz. Yani bunun tekrerrür süresi ne olursa olsun geçmişte en fazla (mesela) IX şiddetine sahip depremlere sahne olmuş yöreleri hepsinin aynı bölgeye alındıklarını bilmekteyiz. Haritanın son 1972 versiyonu da geçmişte gözlenmiş maksimum şiddetle ilgili kalın bir anlayış içinde çizilmiştir. Bu yazının ikinci bir amacı deprem bölgeleri haritasının yerini almak üzere üniform muhtemel tehlike ilkesine göre hesaplanmış bir haritanın açıklamasını yapmaktır (3).



Şekil 2. 1945 Deprem Bölgeleri Haritası



Şekil 3. 1963 Deprem Bölgeleri Haritası

DEPREM TEHLİKESİ HESABI

Deprem tehlike hesabında amaç belirli bir bölgedeki depremlerin zaman ve mekandaki oluşları ile ilgili tarihi ve jeolojik/jeolojik bilgileri bölgenin deprem faaliyeti ve deprem yer hareketinin uzaklık ile değişmesine ilişkin bilgilerle bir araya getirilerek ileride beklenilebilecek faaliyet hakkında belirli ihtimal değerlerini hesaplamaktır. Bu hesabın çıktısı seçilen bir deprem yer hareketine karşılık gelen deprem şiddetinin ihtimal dağılımıdır (4-7). Ancak bu hesap doğrudan mesela bir yapı statik problemi olduğu gibi belirli girdilerin hazırlanıp çıktının elde edilmesi şeklinde değildir, çünkü hesaplanan sonuçta bir tabiat olayıdır ve bütün girdiler farklı oranlarda da olsa belirsizlik ve yanlışlara sahiptir. Bu yüzden hesaplarındaki eksikliklerin, ihtimal dağılımlarının sonuçlara yansıtılması önemlidir. Deprem magnitüdlerinin zaman ve mekandaki rassallığının yansıması azalım ilişkilerindeki belirsizlik, gözönüne alınan bölgenin sismik faaliyetine ilişkin parametrelerdeki belirsizlikler ve deprem kaynak bölgelerinin sınırlarındaki belirsizlik önemlidir. Bu menfi şartlara rağmen farklı depremlerdeki farklı depreme maruz kalma ihtimalinin dolayı bir ifadesi olan bölge haritalarının hazırlanma aşamasında bu belirsizliklerin aşılması gerekir. İstatistiki olarak izlenecek yol belirsizlikleri tarifleyen parametreleri hesaplara dahil etmektir. Eğer verilersek, azalım ilişkisindeki belirsizlik şu şekilde gözönüne alınır:

- = N_y
- = Hata:
- = Hesaplanan notadaki zemin hareketi parametresini düzeltilmiş değeri
- = Kullanılan azalım ilişkisinden elde edilen deterministik değer
- = Hata ve bilinmeyenleri yansıtan rassal düzeltme katsayısı

Düzeltilme katsayısı N 'in istatistiki özelliklerini belirlemek üzere çok sayıda veri incelenmiş ve sonuçta $1/n$ (N)'in ortalama değeri sıfır olan normal bir dağılıma sahip olduğu sonucuna varılmıştır (8,9). Dağılımın standart sapması σ ise verilerdeki varyansla ilgili olarak 0.2 ile 1.0 arasında değişmektedir.

Deprem kaynak bölgelerinin sınırlarındaki belirsizlik ise bölgelerde hesaplanan deprem tehlike koordinatlarının

$$(\delta_x, \delta_y) = (1 / 2\pi\sigma_x\sigma_y) \exp \left(-(\delta_x^2 / 2\sigma_x^2) + (\delta_y^2 / 2\sigma_y^2) \right)$$

çarpılarak "yuvarlatılması" ile hesaba dahil edilir. Bu denklemden bölge sınırlarında gözönüne alınan belirsizliklerdir. Sismik parametrelerdeki belirsizlik ise hesaplanan yıllık tehlikenin bu parametrelerin dağılımlarına göre ortalamasının bulunması ile katılır:

$$(Y_s > y) = \int \int \int \Pr(Y_s > y / v, \beta, m_i) f_v(v) f_\beta(\beta) f_{m_i}(m_i) dv d\beta dm_i$$

Denklemden v , β ve m_i sırasıyla ortalama yıllık deprem adedini, vukubulma sıklık ifadesinin eğimini ve üst limitini ifade etmektedir (3). Pratikte, sismik parametrelerin içerdiği belirsizlikleri bu veya buna benzeyen ifadeler yardımıyla hesaplamak

yerine Bayes'çi bir yaklaşımla hesaplamak tercih edilmektedir (3,6). Haritanın hazırlanması ise deprem tehlikesinin birç yerde hesaplanıp bunların bir konturlama ile temsil edilmesidir.

5. TÜRKİYE'DE DEPREM KAYNAK BÖLGELERİ

Bu çalışmada gözönüne alınan deprem kaynak bölgeleri Şekil 4'te gösterilmektedir; bunların detaylı gerekçeleri (3)'ı verilmektedir. Bölgelerin isimleri şöyledir:

1. Kuzey Anadolu Fay kuşağı
2. Doğu Anadolu Fay Kuşağı
3. Bitlis Kenet Kuşağı
4. Kuzeydoğu Anadolu Fay Kuşağı
5. Balıkgölü, Çaldıran, Tutak ve Karayazı Fayları
6. Batı Anadolu Horst-Graben Sistemi
7. Helen Yitim Kuşağı (Rodos Bölgesi)
8. Adana Havzası
9. Ecemiş Fay Zonu
10. Tuzgölü Fay Kuşağı
11. Bartın Fay Seti (Batı Karadeniz Bölgesi)
12. Akçakale-Suruç (Urfa) Horst-Graben Sistemi (Karacadağ Bölgesi)
13. Ovacık-Malatya Fay Kuşağı (Kemaliye Bölgesi)
14. Kırşehir-Salanda Fay Seti (Kırşehir Kızılırmak Bölgesi)
15. İnegöl-Eskişehir Fay Kuşağı
16. Kovada-Kırkkavak Fayları (Antalya Havzası-Kovada Çöküntüsü)
17. Akşehir Fayı (Akşehir Bölgesi)

6. BAZI SONUÇLAR

Hesaplara esas teşkil eden deprem listesi Kandilli Rasathanesi tarafından 1881-1980 arasını içine alacak şekilde derlenen kataloğdan (10) alınmıştır. Bu katalogdaki depremlerin 100 yıl boyunca magnitüd gruplarına göre dağılımı Şekil 5-8'de verilmektedir. Deprem yerirmesinin mesafe ile azalımı ise Joyner ve Boore (9) tarafından iki aşamalı regresyon yoluyla elde edilen denklemler yardımıyla ifade edilmiştir. Bu araştırmacıların kullandığı ifadenin ülkemizde kaydedilen yerirmesi kayıtlarından bulunan değerlerle ne dereceye kadar uyduğu Şekil 9'da sergilenmiştir. Son derece uzun zaman tutan hesapların yapılması için geliştirilmiş olan yazılım paketi (3), yukarıda konu edindiğimiz belirsizlikleri hesaba katacak şekilde tertiplenmiş, buna ilave olarak ta Bayes'çi kombinasyonları gerçekleştirebilmek için her bir tekerrür aralığına denk gelen tehlikenin tam 72 defa hesaplanması için kullanılmıştır. Gözönüne alınan farklı kombinasyonlar ve bunlara atfedilen sübjektif relatif ağırlıklar aşağıdaki gibidir.

Deprem Kataloğundaki Eksik Bilgiler	
Bilgilerin suni olarak tadil edilmesi	0.6
Bilgilerin olduğu gibi kullanılması	0.4
Azalım ilişkisindeki Belirsizlikler	
Joyner/Boore ortalama değerlerinin kullanılması	0.1
Joyner/Boore denkleminin $\sigma = 0.2$ ile uygulanması	0.6
Joyner/Boore denkleminin $\sigma = 0.3$ ile uygulanması	0.3
Deprem Kaynak Bölge Sınırlarındaki Belirsizlikler	
Denklem (2)'deki $\sigma_x = \sigma_y$ 0 km olması hali	0.1
Denklem (2)'deki $\sigma_x = \sigma_y$ 15 km olması hali	0.5
Denklem (2)'deki $\sigma_x = \sigma_y$ 30 km olması hali	0.4
Katalog Dışmerkezleriyle Şekil 4'teki Bölgelerin Uyuşması	
Yalnızca kaynak bölgelerine rastlayan depremlerin hesaba katılması	0.25
Kaynak bölgeleri + bunların örttüğü bölgelere düşen depremler	0.25
Kaynak bölgeleri + bunları örten bölgelere düşen depremler	0.25
Bütün bölgelere düşen depremler	0.25

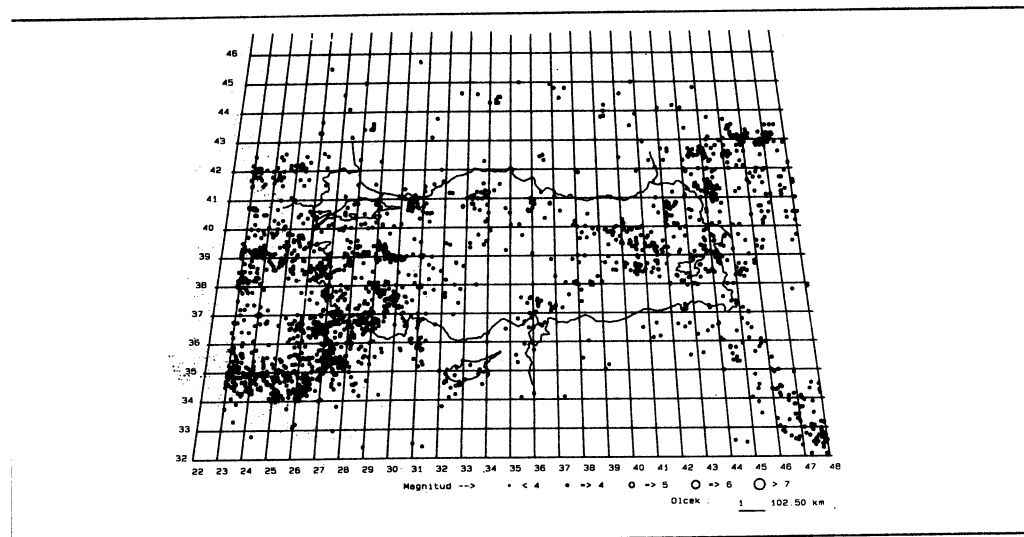
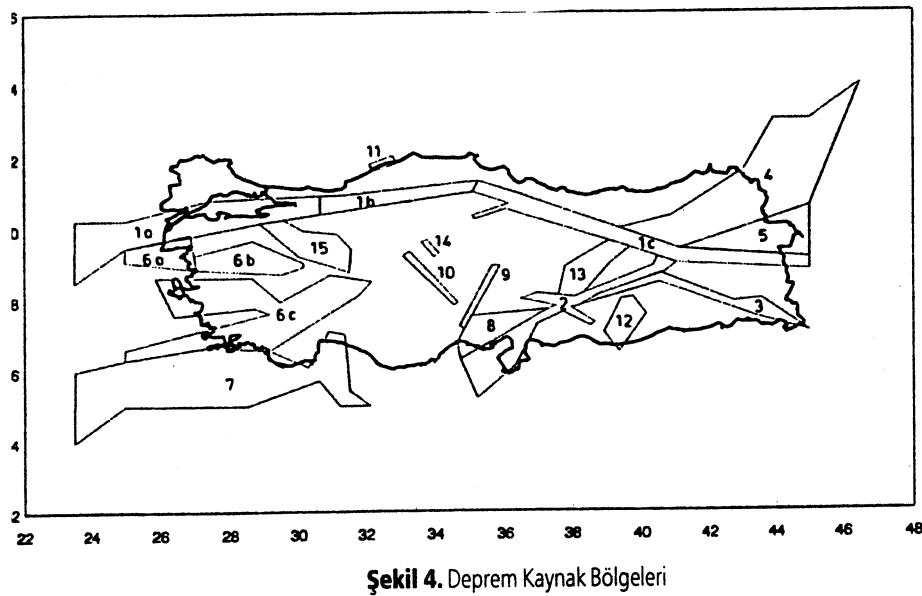
Görüldüğü gibi her bir grup varsayım, kendi içinde toplamı 1.00 olan bir dizi faktörle çarpılmaktadır. Sonuç bir çeşit ağırlıklı ortalamadır. Ayrıca bütün bu işlemler 100, 225, 475 ve 1000 senelik tekerrür periyotları için tekrarlanmıştır. Eğer ortalama

Gözlem süresinde meydana gelen ve ne derece tipik olduğu tartışma kabul eden bazı depremler Bartın ve Kırşehir illerinde beklenen maksimum ivme değerlerini yukarı itmektedir. Buna karşılık Doğu Anadolu Fay Kuşağı, Ecemiş Fay Kuşağı, Kayseri/Develi havalisi gene aynı süre zarfında büyük depremlere maruz kalmadığı için "normal" beklentilerin altında tehlikeye sahip görülmektedir.

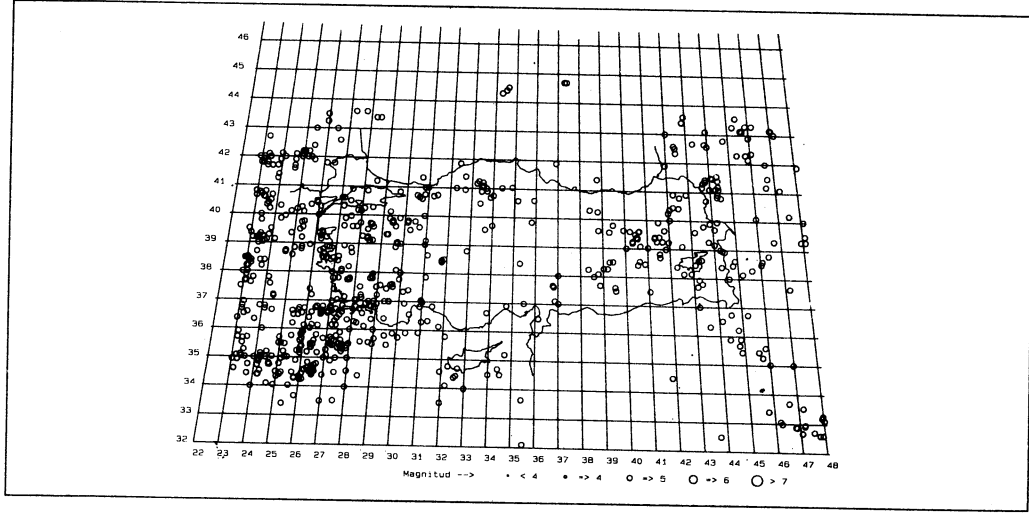
Sadece Türkiye ve yakın havalisi için geçerli olan bir katalog, hesaplanan haritanın uç bölgelerinde nicelendirmesi güç olan bir yanılgıya yolaçabilmektedir.

Ülkemizde hangi hesap kombinasyonu gözönüne alınırsa alınsın bina tasarımında özel tedbirlerin istenmesini haklı gösterecek şiddette deprem tehlikesine açık yöreler vardır.

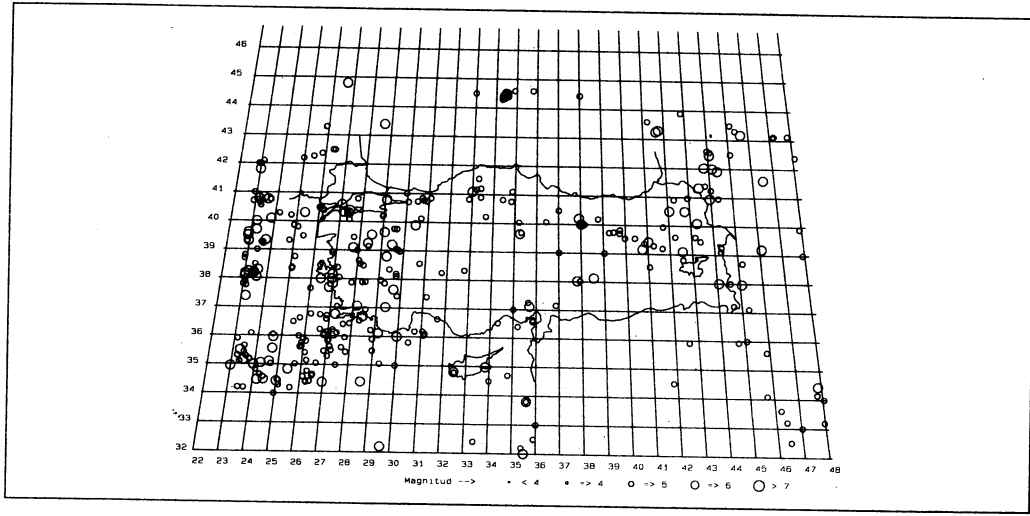
unlar özellikle Şekil 11'den belli olduğu gibi Erzincan ve havalisi ile Bolu-Gerede-Çerkeş civarıdır.



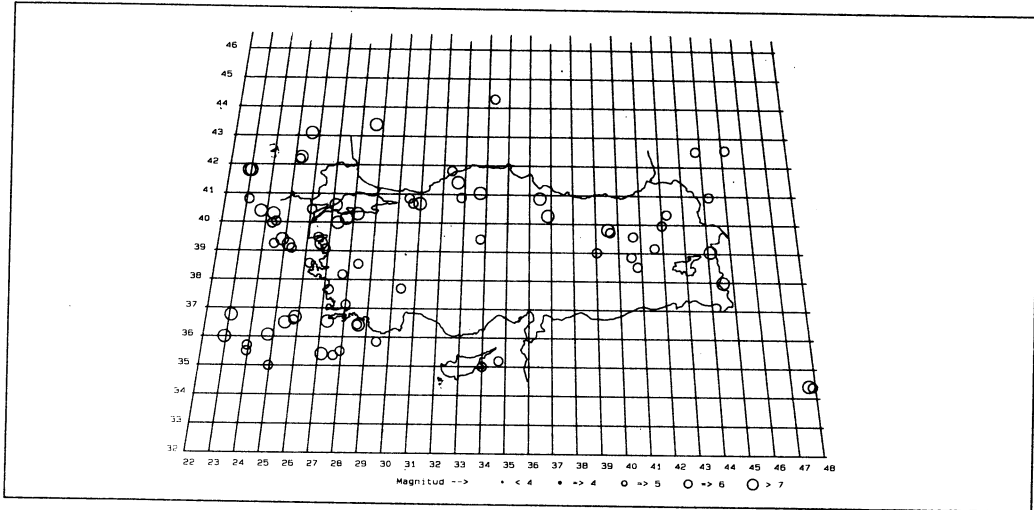
Şekil 5. Magnitüd Grublamasına Göre Dışmerkezler ($M < 5$)



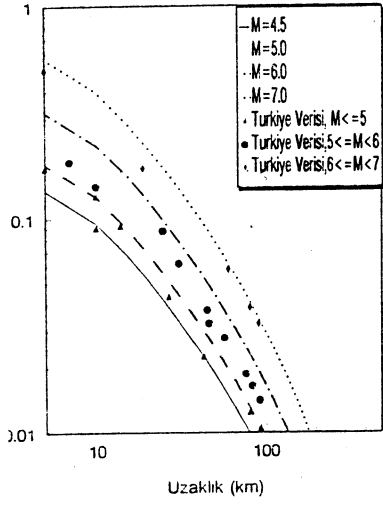
Şekil 6. Magnitüd Grublamasına Göre Dışmerkezler ($M < 5.5$)



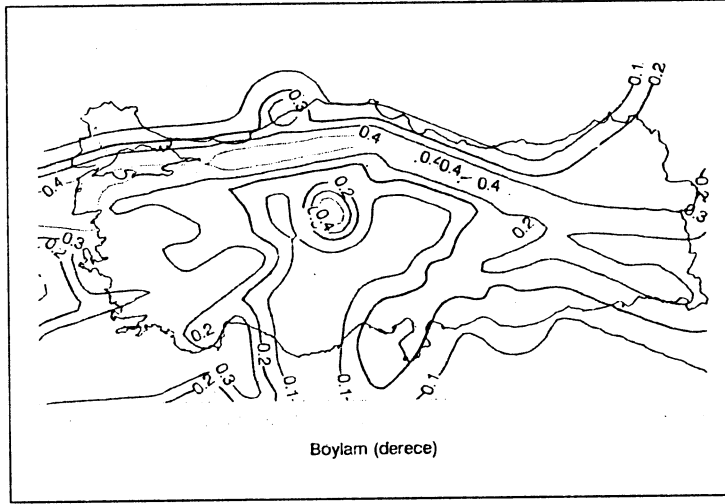
Şekil 7. Magnitüd Grublamasına Göre Dışmerkezler ($M < 6.5$)



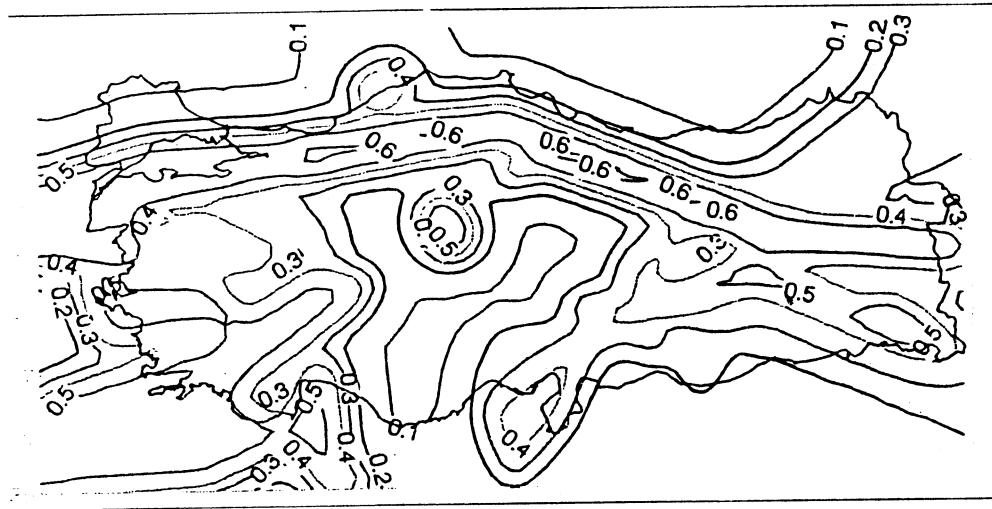
Şekil 8. Magnitüd Grublamasına Göre Dışmerkezler ($M > 6.5$)



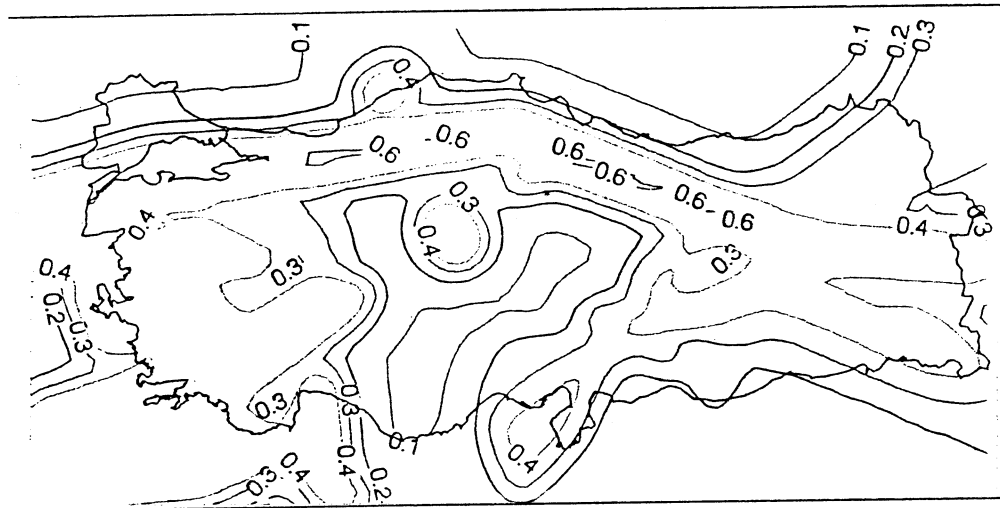
Şekil 9. Azalım ilişkisi (y)



Şekil 10. 100 Yıl için Deprem Tehlike Haritası



Şekil 11. 475 Yıl için Deprem Tehlike Haritası



Şekil 12. Deprem Bölgeleri Haritası



Yeni haritanın sınırlarının hangi ölçülere göre geçirileceği Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın yetkisi içindedir. Ancak geçmiş gözlenmiş en büyük şiddet kriterinden hesaplanmış eşit tehlike esasına dönüldüğünde Türkiye Deprem Bölgeleri haritasının nasıl olabileceğinin bir cevabı Şekil 12'de verilmektedir. Bölgelerin nasıl tefrik edildiği şeklin sağ alt köşesindeki lejand içine tarif edilmiştir.

7. TARTIŞMA, SONUÇ VE TAVSİYELER

Ülkemizde bundan sonra yapı hesabında kullanılacak deprem bölgeleri haritası bundan önceki bölümde kısaca tarif edilecek ilkeler ile Kaynak (3)'te detaylı olarak tarif edilen hesaplara dayanmaktadır. Bunların genel sonuçları Şekil 10-12'de ifadesini bulmuştur. Kompüter ile yapılan bütün hesaplamalarda olduğu gibi bunların da sonuçta girdi olarak verilen bilgilerde daha iyi olması mümkün değildir. Şekil 12'ye gözetildiğinde hiçbir öyargı veya sübjektif müdahalede bulunulmada kompüterden çıktığı şekilde sunulan bölge konturlarının nitelik itibarıyla hem önceki haritalarla hem de halen yürürlükte olan 1972 haritası ile büyük benzerlikler taşıdığı görülmektedir. Detaylar ise bazı farklar göstermektedir. Dikkat çekme istediğimiz ilk husus, 1938 Kırşehir ile 1968 Bartın depremlerinin o yörelerdeki ivme konturlarını yukarıya çekmiş olmalarıdır. Şekil 12'deki ayrıma göre bu bölgelerin 1 nci derece deprem bölgeleri haline gelmeleri söz konusudur. Buna karşılıklı kullandığımız katalogun süresi için tamamen Ecemiş Fayı ile ilişkilendirilebilen deprem sayısının az oluşu ve bunların magnitüdlerinin küçük bulunması Kayseri civarı ve fayın etrafı sanki 4 ncü bölge çıkmamış sonucunu doğurmaktadır. Katalogun sadece Türkiye sınırları içi ile yakın civarını alması sonucu kenarlardaki güvenliliğin azalması söz konusu olabilir. Homojen hale getirilmiş daha geniş tabanlı bir katalogun kullanılması ile ileride yapılacak hesapların şimdikiyle kıyaslanması yerinde olacaktır kanaatini taşıyoruz. Şekil 12'den görüldüğü gibi gösterdiği episodik faaliyetten dolayı Doğu Anadolu Fa kuşağının ortaldaki bir kesimi 1 yerine 2 nci bölge çıkmaktadır. Ayrıca Şekil 12'deki kriterlerin kabul edileceğini düşünürse 1 nci derece bölgelerin alanının genişleyeceğini 5 nci derece bölgelerin ise daralacağını da ileri sürebiliriz.

Sonuncu genel gözlemimiz, halihazırda ülkemizin en büyük metropolü olan İstanbul'a dairdir. Yaptığımız hesaplar Gebze/Tuzla'dan kuzeyde Şile/Kilyos'a doğru gidildiğinde beklenen yer hareketi şiddetinin azaldığını göstermektedir. Güneyde şiddet, 1 nci derece bölgeye tekabül etmektedir. Böylece, aynı metropoliten alanın bazı kesimlerinde 1, bazılarda ise 2 nc derece bölgeye göre hesap yapılmasının gündeme gelebileceğini ortaya koymaktadır.

Mühendislik amaçları için hazırlanmış bir deprem bölgeleri haritası, depreme dayanıklı binaların hesaplanabilmesi için verilen kuvvetler veya yer hareketlerini belirleyen haritadır. Bu açıdan sadece depremlerin dışmerkezlerini belirleyen sismisite haritasından ayrılır. Deprem bölge haritaları belirli bir noktada inşa edilmesi planlanan bir yapı için çok detaylı bir deprem yer hareketi tahmini yapmak gerekli veya mümkün olmadığı zaman işe yarayan pratik araçlardır. Zaten detaylı çalışmaları büyük baraj, uzun köprü v.b. yapılar için haklı gösterilebilir altını çizmeyi gerekli gördüğümüz bir husus, deprem bölge haritasında işaretli sınıflamaya göre belirlenen taban kesme kuvvetinin kendi başına pek fazla birşey ifade etmediğidir. Çünkü bu kuvvet, kullanılan emniyet gerilmeleri, düktilite, sönüm oranları, müsaade edilen sehim gibi yapı hesabında kullanılan diğer parametreler ile aynı potaya konulduğu zaman bir mana kazanır. Basit bir örnek vermek gerekirse, emniyet gerilmelerinin x olduğu durumda y kuvvetine göre hesap yapılmasını öngören bir şartname ile emniyet gerilmelerinin 2x olduğu hal için 2y kuvvetine göre hesap yapılmasını öngören bir başka şartname temelde aynıdır.

Deprem bölgeleri haritası elde etmek doğrudan altından kalkılacak bir iş değildir. Emniyet/ekonomi gelişmesi, hasar yaratan kuvvetlerin eldeki yetersiz bilgiler ile karakterize edilmesi karşılaşılan güçlüklerin ancak bir kısmıdır. Deprem bölgeleri haritası hazırlamanın en önde gelen gereğesi, belirli konularda ihtisaslaşmış mühendislere asgari bir emniyet sağlanması için ne yapılması gerektiğini söylemektir. Tecrübe ve bilgi sahibi jeologların, sismologların, deprem mühendislerinin ve proje mühendislerinin bir araya gelerek ve kaçınılmaz şekilde birbirlerine karşılıklı tavizler vererek belirleyecekleri bölgeleme bu gereğe verilen pratik cevabı teşkil eder.

Sismisite haritaları ise magnitüd, odak derinliği, ve belki de mekanizma özelliklerine göre tefrik görmüş dışmerkez koordinatlarının işaretlendiği bir haritadır. Bu işlem sırasında ortaya çıkabilecek bir unsur, eğer aletsel devirden önceki tarihi depremler söz konusu ise bunlara birer magnitüd ilave etmektir. Dışmerkez koordinatlarının taşıdığı bilgiyi takviye etmek için çoğu zaman bunlara belirli depremler için izoseist haritaları da eklenir. Bu haritalara bazan magnitüd-tekerrür bilgileri de eklenebilir. Bir başka alternatif belirli gözlem süreleri içinde açığa çıkan deprem enerjisi konturlarını işaretlemektir. Mühendislik uygulamaları için bunlar çoğu zaman yetersiz hatta yanıltıcı olabilir.

Fay kırığı haritaları, mesela son 10'000 yıl içinde meydana gelmiş depremlerde hareket ettiği bilinen fay kesimlerini gösterir. Kırığın boyu, aktif olup olmadığı gibi noktalarda sübjektif değerlendirmeler söz konusu olabileceği için bunların ihtiva ettiği





lirsizlik fazladır. Eğer fay kırığı haritaları, varolduğu düşünülen tektonik süreçler, bölgesel jeoloji, v.b. bilgilerle takviye ilirse ortaya sismotektonik haritalar çıkar. Eğer farklı sismotektonik bölgelerden kaynaklanacak hareket veya şiddetin etrafa yılması ile ilişkin ihtimaller gözönüne alınırsa ortaya bu yazıda bahsettiğimiz ihtimal haritaları çıkar.

Mühendislik amaçları için kullanılacak haritalar ise yukarıda bahsedilen haritalardan türetilebilecekleri gibi bunlarda köklü değişiklikler de gösterebilir. Bu haritalar nihai olarak hangi amaç için kullanılacaklarına ve hangi hesap şartnamesinin bir parçası olacaklarına göre şekillendirilir. Mesela amaç en çok üç katlı binaların hesabında kullanılacak bir harita geliştirmek değilse, yüksekbarajların hesabında kullanılacak bir harita başka, elektrik dağıtım şebekesi veya köprü hesabında kullanılacak katsayıları belirleyen harita pekala başka olabilir. Mühendislik amaçları için hazırlanan haritaların en önemli belirleyici tarafı ekonomi ile emniyet dengesidir. Eğer tek amaç insanların can ve mal emniyetini sağlamak ise o takdirde meydana gelebilecek en şiddetli deprem hesaba esas alınır ve bunun hangi ihtimalle vukubulacağına bakılmaz. Diğer taraftan eğer gözetilen tek amaç ekonomik sınırlar içinde kalmak ise yapılarda sağlanacak kapasite ile bunların tamir ve onarım masrafları bir dengeye getirilir. Hatta zarara yolaçan depremlerin tekrerrür süreleri hesabı yapılan binaların ekonomik ömründen çok daha uzun ise herhangi özel tedbirlerin alınmasına gerek dahi duyulmayabilir.

Bu bölümde verdiğimiz geriplan bilgilerinden deprem bölge haritası hazırlanması için çalışmamızda sunduğumuz sonuçların elde edilmesinin şart olmakla beraber başka yorumlara açık kapı bırakılmasının da gerekli olduğunu vurgulamak isteriz. Gerçek deprem bölge haritası geçmişte meydana gelen tek bir depreme fazla bağımlı olmamalı, ileride meydana gelebilecek tek bir depremden sonra da hemen değiştirilmek ihtiyacı olmamalıdır. İyi bir deprem haritası fazla detay taşımamalıdır çünkü o detayları haklı gösterecek doğruluk ve hassasiyette bilgiler çoğu zaman elde yoktur ve hiçbir zaman da olmayacaktır. Mühendislik amaçları için hazırlanan haritaların hangi durumlarda kullanılacakları, hangi durumlarda ise bunların kullanılmamasının doğru olmayacağını baştan bilinmesi şarttır. Bir başka ifadeyle bu yazıda tarif edilen koordinatların nasıl bir harita ile sonuçlandırılacağı sadece Şekil 12 ile kısıtlı değildir. Son zamanlarda ortaya atılan bir görüş, farklı mesafelerden saat yerini etkileyebilecek depremlerin karakteristiklerinin daha iyi yansıtılması için bunların tepki spektrumları ile birleştirilmesi şeklindedir (11).

EŞEKKÜR

Bu çalışma ODTÜ Rektörlüğü ile Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü arasında imzalanmış bulunan 2-03-03-18 Kod numaraları proje kapsamında yapılmıştır. Genel Müdürlük personeline, Deprem Araştırma Dairesi Başkanı Sn. Sinan Gencoğlu ve aynı dairenin teknik personeline, hesaplarda esas alınan neotektonik ve sismotektonik verilerin ortaya konulmasında bize temel bilgi sağlanmasında yardımcı olan Hacettepe ve İstanbul Üniversitelerinin uzmanları ile ilgili birimlerine ve Maden Tetkik arama Genel Müdürlüğüne burada teşekkür ederiz.

Bu makalede sunulan nümerik sonuçlar ODTÜ 90-03-03-05 sayılı AFP projesi kapsamında edinilen bilgisayar ile ODTÜ Bilgi İşlem Merkezindeki IBM 3090 sisteminde elde edilmiştir. Hesapların PC ortamına aktarılması H.Moieni, K. Uluçay ve Üstüner'in yardımlarıyla gerçekleşmiş, grafik düzenlemelerde F.Marjani ve S.Yağcı'nın bilgi ve yardımlarından faydalanılmıştır.

AYNAKLAR

- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Doğal Afet Zararlarının azaltılması Uluslararası Onyılı Milli Komitesi, "Türkiye Milli Planı 1990-2000," Ağustos, 1989.
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, "World Disaster Report 1995," Geneva, Switzerland, 1995.
- Gürkan, P., Yüccemen, M.S., Başöz, N., Koçyiğit, A., ve Doyuran, V., "En Son Verilere Göre hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası," Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Rapor No. 93-01, Ocak, 1993
- McGuire, R.K., "Seismic Structural response Risk Analysis Incorporating Peak Response Regressions on Earthquake Magnitude and distance," Research Report R74-51, Department of Civil Engineering, 1974, MIT, MA, 371 pp.
- Algermissen, S.T., Perkins, D.M., Thenhaus, P.C., Hanson, S.L., and Bender, B.L., "Probabilistic Estimates of Maximum Acceleration and Velocity in Rock in the Contiguous United States," US Geological Survey Open File Report No 82-1033, 1982.
- Yüccemen, M.S., Seismic Risk Analysis, Middle East Technical University, Ankara, 1982, 160 pp.
- Gülkan, P., and Yüccemen, M.S., "Seismic Hazard Determination in Regions Having Diffused Boundries," Proceedings of the Fourth International Conference on Seismic Zonation, Stanford University, 1991, pp. 65-60.
- Campbell, K.W., "Strong Motion Attenuation Relations: A Ten-Year Perspective," Earthquake Spectra, Vol. 1, 1985, pp. 759-804.
- Joyner, W.B., and Boore, D.M., "Measurement, Characterization and Prediction of Strong Ground Motion," in Earthquake Engineering and Soil Dynamics Recent Advances in Ground Motion Evaluation, Ed. J.L. von Thun, American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No. 20, 1988.
- O. Ayhan, E., Alsan, E., Sancaklı, N., ve Üçer, S.B., "Türkiye ve Dolaylı Deprem Kataloğu 1881-1980," Boğaziçi Üniversitesi, 1984.
- 1. U.S. Geological Survey, "Proceedings of a Workshop on USGS's New Generation of Probabilistic Ground Motion Maps and Their Applications to Building Codes," USGS Open File Report 89-364, Reston, VA, 1989.

