

SOME PROPOSALS ON THE INVESTIGATION METHODOLOGY OF SEISMICITY OF A REGION FOR GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL REPORT THAT WILL BE BASE FOR LANDUSE PLANS

Bülent ÖZMEN

Gazi University, Earthquake Research and Application Center

Phone (Office) : 0 (312) 202 21 64

Geological Engineer (Msc.)

E mail: bulentozmen@gazi.edu.tr

ABSTRACT

The geological and geotechnical reports that are base for land use plans have become more important after the Izmit Bay – Düzce earthquakes which happened in 17 August and 12 November 1999. Those reports are prepared according to the format given in the circular which was published in 17/08/1987 with the number 1634, and approved by the General Directorate of Disaster Affairs with respect to the 1st, 2nd and 14th articles of the number 7269-1051 disaster law .

The purpose of this study is to explain the importance of evaluations due to seismicity by giving clear examples, which in present does not contain details, and make discussions on the subject.

During the investigation of the seismicity of an area subject to zoning and planning, the map of epicentral distribution of an area having a diameter of 120 km must be prepared, taking the subject area as center. Besides, the historical and instrumental earthquakes must also be evaluated. In addition to that the magnitude, time, depth of earthquake must be identified clearly with exact focal mechanism solution(s) and values of damages and casualties. If possible some mechanical properties of the fault like amount of slip etc. and iso-intensity and iso-acceleration maps must be included in the report. As known active faults play the most important role in the seismicity of any region. That's why it has to be included the detail information about this faults. In source region and/or in active faults the maximum expected earthquake magnitude must be predicted by using fault rupture length procedure or maximum historical earthquake procedure etc. Finally, by using relevant attenuation relationships, maximum expected acceleration and intensity values must be calculated via either deterministic or probabilistic methods. Also It can be used at the analysis of slope stability, liquefaction and soil amplification

İMAR PLANINA ESAS JEOLJİK-JEOTEKNİK İNCELEMELER İÇİN DEPREMSELLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİYLE İLGİLİ ÖNERİLER

Bülent ÖZMEN

Gazi Üniversitesi, Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi

İş Tel : 0 (312) 202 21 64

Jeoloji Yüksek Mühendisi

e-posta: bulentozmen@gazi.edu.tr

GİRİŞ

Ülkemiz jeolojik özellikleri, topoğrafik yapısı ve iklim özellikleri nedeniyle doğal afetleri sıkça yaşayan ülkelerden birisidir. Doğal afetler neden oldukları can kaybı yanında Türkiye için önemli ekonomik kayıplar da meydana getirmektedirler. Bu konudaki istatistikler incelendiğinde, doğal afetlerin her yıl gayri safi milli hasılanın %1'i oranında doğrudan ekonomik kayba yol açtığı görülmektedir. Ancak doğrudan ekonomik kayıpların yanında Pazar kaybı, üretim kaybı, işsizlik gibi dolaylı ekonomik kayıplar da göz önünde bulundurulduğunda toplam kaybın gayri safi milli hasılanın %1'inden daha büyük olduğu tahmin edilmektedir.

Doğal Afet Türü	Yıkılan Konut Sayısı	Yüzde (%)
Deprem	495,000	76
Heyelan	63,000	10
Sel	61,000	9
Kayadüşmesi	26,500	4
Çığ	5,154	1
TOTAL	650,654	100

Tablodanda görüldüğü gibi ülkemiz başta depremler olmak üzere, heyelanlar, su baskınları, çığ ve kaya düşmeleri gibi afetlerle çok yoğun olarak karşı karşıya kalmaktadır. Bu afetlerin zararları alınacak bazı önlemlerle azaltılabilir. Bu önlemlerden bir tanesinde imar planlarının, doğal afet tehlikeleri ve zemin koşullarını da göz önüne alınarak yapılmasıdır.

İmar planları; Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmeliğe göre “belde halkının sosyal ve kültürel gereksinimlerini karşılamayı, sağlıklı ve güvenli bir çevre oluşturmayı, yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen ve bu amaçla beldenin ekonomik, demografik, sosyal, kültürel, tarihsel, fiziksel özelliklerine ilişkin araştırmalara ve verilere dayalı olarak hazırlanan, kentsel yerleşme ve gelişme eğilimlerini alternatif

çözümler oluşturmak suretiyle belirleyen, arazi kullanımı, koruma, kısıtlama kararları, örgütlenme ve uygulama ilkelerini içeren pafta, rapor ve notlardan oluşan belgedir” diye tanımlanmaktadır. İmar planı, nazım imar planı ve uygulama imar planı olmak üzere iki aşamadan oluşur.

İmar planlarının başarısını ise diğer planlama kriterlerinin yanında “İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporları” belirlemektedir.

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce Depreminden sonra önemi daha iyi anlaşılmış olan İmar Planına Esas Jeolojik – Jeoteknik Etüt Raporları 17/08/1987 gün ve 1634 sayılı genelgeye göre hazırlanmaktadır. Raporların amacı, parsel bazında inşaat tasarımı için gereken parametreleri belirlemek değil, planlama yapılmadan önce bölgedeki tüm morfolojik, jeolojik, hidrojeolojik, jeoteknik, jeofizik, sismotektonik, doğal afet ve bunun gibi bilgileri birarada yorumlayarak inceleme sahasını yerleşime uygunluk açısından değerlendirmektir. Raporlar Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 7269 – 1051 sayılı “**Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun**” un 1nci, 2nci, 14 üncü ve ilgili diğer maddelerine göre incelenerek onaylanmaktadır.

Raporlar 1634 sayılı genelgeye göre aşağıdaki ana başlıklara göre hazırlanmaktadır.

I - AMAÇ

II - İNCELEME ALANININ TANITILMASI- ÇALIŞMA METODLARI

III - COĞRAFİ KONUM VE MORFOLOJİ

IV - İMAR PLANI DURUMU

V - JEOLOJİ

V.1. Bölgesel Jeoloji - Tektonik

V.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

VI - SONDAJ ARAŞTIRMALARI VE ARAZİ DENEYLERİ

VII - LABORATUVAR DENEYLERİ

VIII - ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

IX - SU DURUMU

IX.1. Yeraltı ve Yerüstü Suları

IX.2. İçme ve Kullanma Suyu

X - DEPREM DURUMU

XI - AFET DURUMU

XII - İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Uygun Alanlar
2. Önlemleri Alanlar
3. Ayrıntılı Jeoteknik Etüt Gerektiren Alanlar
4. Uygun Olmayan Alanlar

XIII - SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu sunuda sadece 1634 sayılı genelgeye göre hazırlanan raporlarda yeterli ayrıntıyı içermeyen **Depremsellik**le ilgili değerlendirmelerin nasıl olması gerektiği örneklerle vurgulanarak açıklanmaya ve bu konunun tartışılmasına katkı sağlanmaya çalışılacaktır.

Depremler sırasında yapı davranışlarını, deprem özellikleri, yerel zemin koşulları ve yapısal özellikleri kontrol eder.

Kabaca depremin manyitüdü, süresi ve deprem merkezine uzaklık olarak tanımlanabilecek deprem özelliklerinin yapısal hasarın oluşmasında önemli bir rol oynamasından dolayı, yerleşime uygunluk değerlendirmelerinin, imar planlarının inceleme sahasının olası bir depremde nasıl etkileneceğinin de belirlenerek yapılması gerekir.

Dolayısıyla İmar Planına Esas olarak hazırlanan raporlarda Depremsellik detaylı bir şekilde incelenmelidir.

Bir bölgenin depremselliği incelenirken öncelikle bölgeyi geçmişte etkilemiş depremler, başka bir deyişle bölgenin sismolojik geçmişi hakkında detaylı bilgilerin elde edilmesi gerekir.

Bölgeyi geçmişte etkilemiş depremler inceleme sahasını 120 km (bu uzaklık 140-150 km'ye kadar çıkarılabilir) çevreleyecek şekilde çizilen bölge içine düşen depremlerin belirlenmesi ile tesbit edilir.

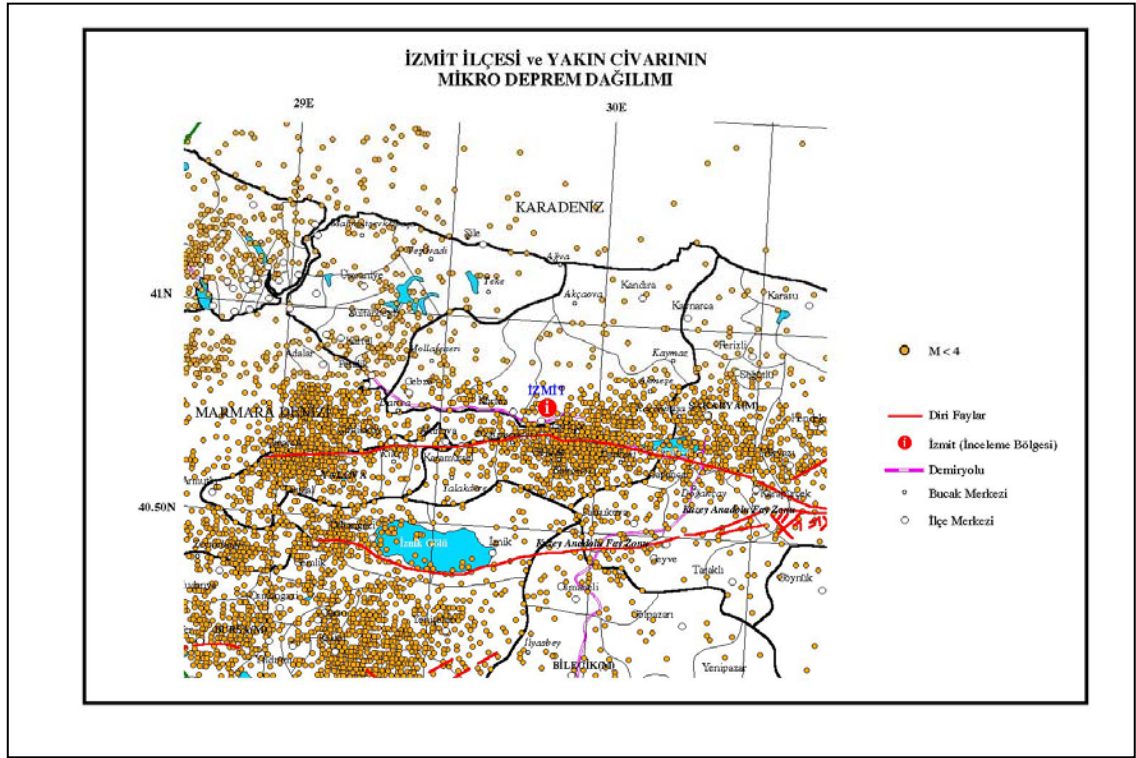
Bu depremler;

- Tarihsel dönemde oluşmuş depremler (1900 yılı öncesi)
- Aletsel dönemde oluşmuş depremler (1900 yılı sonrası)
- Hasar yapan depremler
- Mikrodepremlerin dağılımı

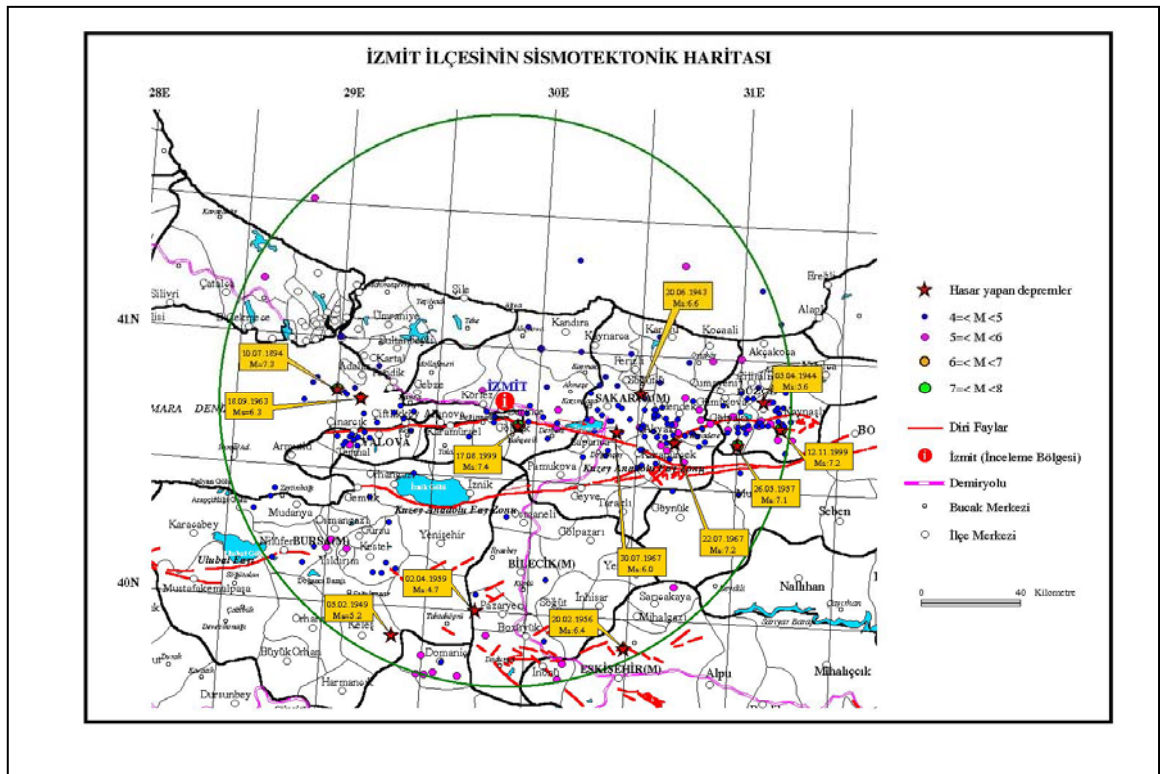
Yukarıda bahsedilen çalışmalar için İzmit ili için yapılan çalışmaları gösterebiliriz.

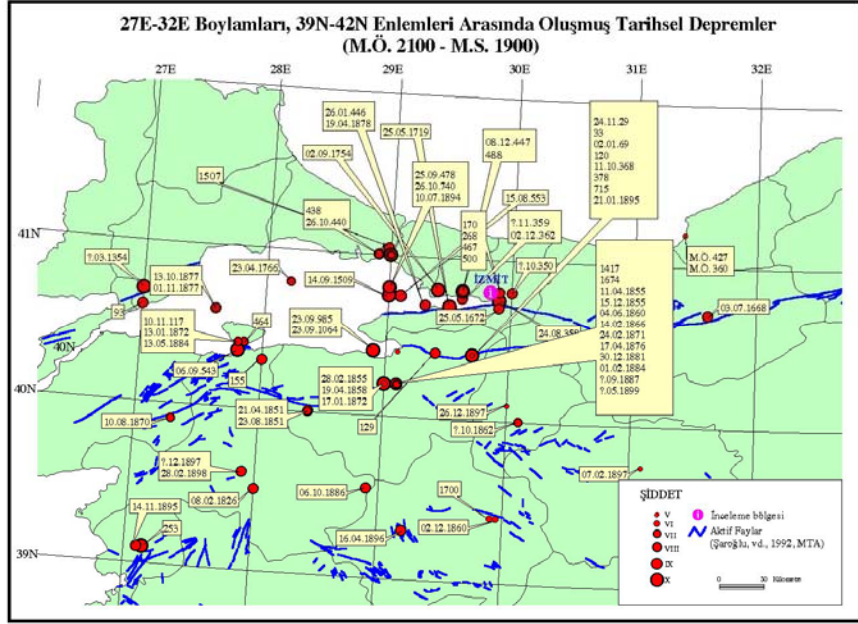
İZMİT İLÇESİNİN DEPREMSELLİĞİ

Kocaeli ili İzmit ilçesinin depremselliği, ilçe merkezini 120 km. çevreleyecek şekilde çizilen bölge içine düşen, 1900-2003 yılları arasında meydana gelmiş ve magnitudü $M \geq 4$ olan deprem verilerinden faydalanarak incelenmiştir. Bu incelemeyle elde edilen; 1900-2003 yılları arasındaki depremlerin $M \geq 4$ büyüklüğündeki episantr dağılımları ile Şaroğlu vd.,1992 tarafından hazırlanan Türkiye Diri Faylarının harita üzerindeki dağılımı Şekil 1' de gösterilmiştir.



Ayrıca, bölgenin deprem aktivitesinin daha iyi anlaşılabilmesi için $M < 4$ olan depremlerin dağılımı da Şekil 2’de gösterilmiştir.





Tarihsel dönemde yani M.Ö.2100 ve M.S.1900 yılları arasında oluşmuş depremlerin dağılımı da Şekil 3’de gösterilmiştir.

Özellikle tarihsel ve aletsel dönemde hasar yapmış depremlerin büyüklüğü, koordinatı, oluş zamanı, şiddeti, yapısal hasar istatistikleri ve dağılımları, heyelan ve sıvılaşma gibi zemin problemleri, yüzey kırığı uzunluğu, yanal atımı, fay mekanizması çözümü, ivme değerleri, ve bunun gibi önemli olabilecek bilgilerin mevcut kataloglar, raporlar, makaleler ve gazete arşivlerinden yararlanarak bulunması gerekir.

Deprem Oluşumu Modelleri

Gelecekteki depremlerin konum, büyüklük ve oluş zamanlarında belirsizlikler mevcuttur. Deprem oluşumlarını modellemede kullanılan stokastik modeller bu

belirsizliği yansıtır. Deprem tehlikesi hesaplarında kullanılan deprem oluşum modelleri:

Probabilistik (hafızalı veya hafızasız)

Deterministik

Prediktif

olmak üzere üç grupta toplanabilir. En yaygın olarak kullanılan probabilistik metod basit Poisson Modelidir. Bu model deprem oluşumlarının hafızasız olduğunu ve bir kaynak bölgesi içinde depremlerin gerek konum ve gerekse zaman açısından birbirinden bağımsız olarak meydana geldiğini kabul eder. Zaman-bağımsız modellerden birisi de jeolojik bilgilerdeki belirsizliğin ağırlık faktörleri ile değerlendirildiği Bayes modelidir. Zaman-bağımlı (hafızalı) modeller zaman-tahminli, kayma-tahminli modeller ve semi-Markov modelleridir. Bu hafızalı modellerden en yaygın olarak kullanılanı “karakteristik deprem” modelidir (Youngs ve Coppersmith, 1985). Bu modeller ancak üzerinde çok çalışılmış fay hatları (San Andreas Fayı gibi) ve sadece karakteristik depremlerden kaynaklanacak deprem tehlikesi için geçerli olmakta ve fay segmentasyonu ve yinelenme sürelerinden kaynaklanan belirsizlikler bu modellerin Poisson modelinin yerini almasına müsaade etmemektedir. Diğer taraftan, Poisson modeli her durumda diğer modellere nazaran daha emniyetli tarafta deprem tehlikesi sonuçları doğurmaktadır (Jordanovski ve Todorovska, 1995).

Sismik riskin hesaplanmasında ilk aşama, incelenen bölgenin etkilenebileceği sınırlar içinde geçmişte meydana gelmiş depremlerin manyitüdlerine göre dağılımlarının bulunması bölgenin depremselliğini yansıtan parametrelerin hesaplanmasıdır. Bu yaklaşımda deprem manyitüdlerine göre ortalama dönüşüm periyodları ve seçilen bir zaman süresi içinde olma olasılıkları bulunabilir.

Magnitüd – Frekans İlişkisi

Deprem istatistiğinin temel bağıntısı olan ve Gutenberg-Richter (1956) tarafından bulunmuş olan deprem magnitüdü M 'yi, bir yıldaki tüm depremlerin adedi N 'ye bağlayan aşağıdaki bağıntı depremsellik ve deprem magnitüdlerinin olasılık dağılımlarını belirlemek için kullanılmaktadır.

$$\text{Log}N = a - bM \quad (1)$$

Burada:

N : Magnitüdü M veya daha büyük olan depremlerin bir yıldaki sayısı

a ve b : Regresyon katsayıları

M : Deprem magnitüdü

dür.

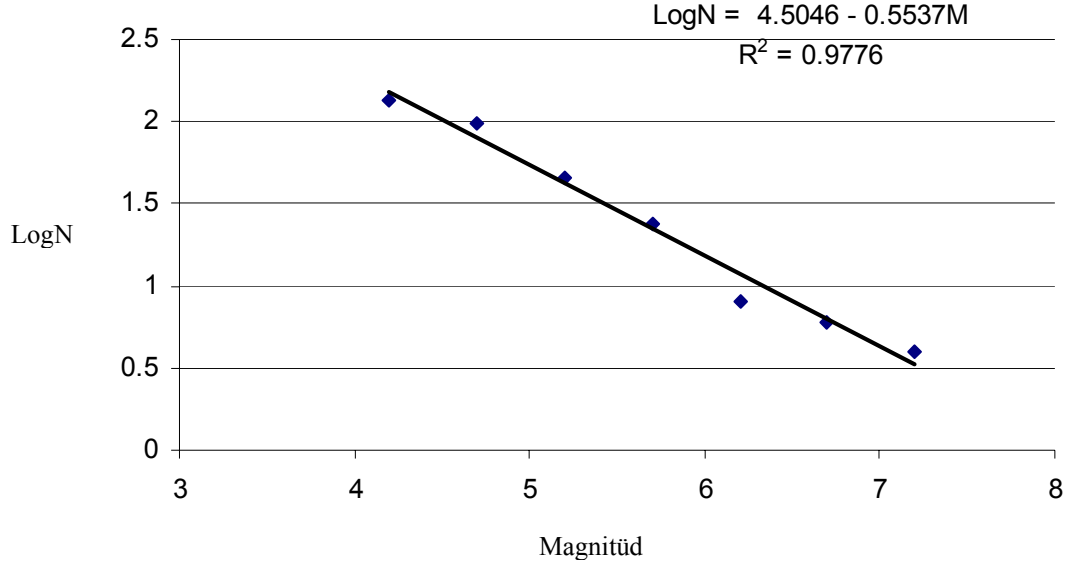
(1) no'lu bağıntıdaki a ve b katsayıları, her deprem kaynak zonunun birbirinden farklı tektonik özellikler göstermesi nedeniyle farklı değerler almaktadır. İncelenilen bölgenin büyüklüğüne, gözlem süresine ve gözlem süresindeki deprem etkinliğine bağlı olan a katsayısı “*Ortalama Yıllık Sismik Aktivite İndeksi*”, incelenilen bölgenin tektonik özelliklerine göre farklılık gösteren b katsayısı ise “*Sismotektonik Parametre*” olarak tanımlanmaktadır. Yapılan incelemelerle büyük b değerinin zayıf bir gerilim düşmesini, küçük b değerinin ise büyük bir gerilim düşmesini gösterdiği saptanmıştır. Ancak, Poisson modelinin kullanıldığı durumlarda, deprem oluşumları bağımsız kabul edildiği için, deprem kataloglarının artçı şok ve deprem fırtınası gibi deterministik unsurlardan arındırılması gerekir.

Magnitüd – Frekans ilişkisi, İzmit ilçesi merkez olmak üzere çizilen 120 km yarıçaplı bir bölge içinde oluşmuş magnitüdü $M \geq 4$ olan ve artçı şoklardan ayıklanmış depremler kullanılarak hesaplanmıştır. Deprem magnitüdüleri 0.5 birim aralık içeren sınıflara ayrılarak her bir aralığa karşılık gelen normal ve yığınsal frekanslar, LogN değerleri belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1: 0.5 birim magnitüd aralıkları ile sıralanan depremlerin oluş sayıları, normal ve yığınsal frekans değerleri

M=0.5	Ortalama Aralık	Frekans	LogN	Yığınsal Frekans	LogN
4.0-4.5	4.2	35	1.54407	133	2.12385
4.5-5.0	4.7	52	1.71600	98	1.99123
5.0-5.5	5.2	22	1.34242	46	1.66276
5.5-6.0	5.7	16	1.20412	24	1.38021
6.0-6.5	6.2	2	0.30103	8	0.90309
6.5-7.0	6.7	2	0.30103	6	0.77815
7.0-7.5	7.2	4	0.60206	4	0.60206

En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak M-LogN eğrisinden (1) bağıntısındaki a ve b katsayıları bulunmuştur.



Çizelge 2: 1900-2000 yılları arasındaki deprem verilerinden elde edilen deprem sayısı Log(N) – Magnitüd (M) Grafiği

Magnitüd – Frekans ilişkisi inceleme sahası için

$$\text{LogN} = 4.5046 - 0.5537M$$

olarak bulunmuştur. Burada regresyon uyumluluk parametresi $r = \%98$ dır. Küçük b katsayısı, bölgede sismik faaliyetin yüksek olduğunu, gerilimin sürekli olarak boşaldığını göstermektedir.

İnceleme bölgesi için elde edilen Magnitüd-Frekans ilişkisi kullanılarak depremlerin gelecekte beklenen oluşumları, diğer bir deyişle deprem tehlikesinin belirlenmesine yönelik hesaplamalar, olasılık yöntemleriyle yapılabilmektedir.

Verilen bir dönemde magnitüdlere verilen bir M_1 değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayıları

$$n(M) = 10^{a_1 - bM}$$

bağıntısı ile hesaplanarak

$$R(M) = 1 - e^{-n(M) T}$$

formülünde yerine konularak belirli yıllar için sismik risk değerleri hesaplanabilir.

Bunların dönüş periyotları ise

$$Q = 1 / n(M)$$

bağıntısından hesaplanabilir.

İzmit ilçe merkezi için yukarıdaki bağıntılardan yararlanarak deprem tehlikesini belirlemede kullanılan parametreler hesaplanmış ve Çizelge 3’de gösterilmiştir.

Çizelge 2: Deprem tehlikesini belirlemede kullanılan parametreler

a	b	a'	a₁	a₁'
4.5046	0.5537	4.399	2.518	2.412

İzmit ilçe merkezi için bazı magnitüd değerleri ve belirli yıllar için sismik tehlike değerleri ve dönüş periyotları yukarıdaki formüller kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

M	n(M)	1	10	20	30	40	50	75	100	Dönüş Periyodu
5.0	0.4404	0.36	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.3
5,5	0.2328	0.21	0.90	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.3
6.0	0.1231	0.12	0.71	0.91	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	8.1
6.5	0.0651	0.06	0.48	0.73	0.86	0.93	0.96	0.99	1.00	15.4
7.0	0.0344	0.03	0.29	0.50	0.64	0.75	0.82	0.92	0.97	29.1
7.5	0.0182	0.02	0.17	0.30	0.42	0.52	0.60	0.74	0.84	55.0

Oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğü

- Geçmiş depremler
- Paleosismolojik çalışmalar

- Fay uzunluğu, fay uzunluğunun parçalara ayrılması (segmentasyon tekniği), kırık alan büyüklüğü, fay ötelenmesi
- Magnitüd – Frekans ilişkisi
- Maksimum olasılık istatistikleri

ve bunun gibi metodların bir ve/veya birkaçının kullanılması ile maksimum deprem büyüklüğü belirlenir. Faylar hakkında detaylı bilgiler raporun beşinci bölümünde Bölgesel Jeoloji ve İnceleme Alanının Jeolojisi bölümünde verilmelidir.

Sayısal örnek: Arazi gözlemleri sonucunda 100 km uzunluğunda doğrultu atımlı aktif bir fay belirlenmiş olsun. Bu fay üzerinde oluşabilecek olası deprem büyüklüğünü bulmaya çalışalım.

Depremi olası moment büyüklüğü (M_w)

$M_w = a + b \log L$ (Wells and Copper, 1994) (Naeim, Kelly, 1999)

Doğrultu atımlı faylar için,

$$a = 5.16$$

$$b = 1.12$$

Regresyonun a ve b büyüklükleri fayın türü (normal, doğrultu, ters atımlı) ile denetlenmektedir. Yukarıdaki formülün standart sapması $S = 0.28$, korelasyon katsayısı $r = 0.91$ olarak bulunmuş.

Şimdi yukarıda verilen değerleri formülde yerine koyarak olası deprem büyüklüğünü buluruz.

$$M_w = 5.16 + 1.12 \log 100 = 7.4$$

Ortalamanın alt ve üst değerleri ise

$M_w = a + b \log L \pm S'$ den hesaplanabilir. Örneğin alt değeri

$$M_w = 5.16 + 1.12 \times \log 100 - 0.28$$

$M_w = 7.1$ olarak bulunur.

İnceleme sahasında oluşabilecek maksimum ivme ve şiddet değerleri deterministik ve olasılık yöntemleri kullanılarak hesaplanabilir. Bu hesaplamalar inceleme sahasına uygun bir azalım ilişkisi kullanılarak yapılmalıdır.

İzmit ilçe merkezi için maksimum yatay ivme değeri aşağıda açıklanan azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır.

-Joyner ve Boore Azalım İlişkisi

Joyner ve Boore bu azalım ilişkisini Kuzey Batı Amerikada oluşan 23 depremden alınan 182 pik yatay ivme değerlerini kullanarak aşağıdaki gibi elde etmiştir.

$$\text{Log PHA} = -1.02 + 0.249M - \text{LogR} - 0.00255R$$

Burada;

PHA : Maksimum yatay ivme (gal cinsinden)

M : Manyitüd

$$R : (D^2 + 7.3^2)^{0.5}$$

D : Fay kırığının yüzeydeki izdüşümüne en yakın uzaklık (km. cinsinden) dir.

İzmit ilçe merkezi için MSK şiddet cetveline göre oluşabilecek şiddet değeri aşağıda açıklanan azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır.

-Erdik v.d. Şiddet Azalım İlişkisi (1983)

Erdik v.d. Kuzey Anadolu Fay hattı boyunca oluşan depremlerle ilişkili olarak var olan eşşiddet haritalarından yararlanarak fay izine dik olacak şekilde aşağıdaki gibi bir azalım ilişkisi elde etmişlerdir.

$$I = 0.34 + 1.54 M - 1.24 \text{Ln}R$$

Burada;

I : MSK ölçeğinde ortalama yapı yerindeki şiddet.

M : Yüzey dalgası manyitüdü

R : Faya en yakın uzaklık (km. cinsinden)

Yukarıdaki azalım ilişkileri kullanılarak İzmit ilçesinde oluşabilecek maksimum yatay ivme ve şiddet değerleri bulunmuştur. Yer ivmesi 632 cm/sn², şiddet değeri ise IX-X olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca yürürlükte olan Deprem Bölgeleri Haritasına göre inceleme sahasının hangi dereceli deprem bölgesinde olduğu belirtilmelidir. Saha I.derece deprem bölgesi içinde kaldığı için etkin yer ivmesi katsayısı en az (A_0) $A_0 = 0.40$ olarak alınmalıdır. Eğer yukarıda yapılan çalışmalar sonucunda beklenen ivme değerlerinin çok daha yüksek olabileceği belirlenmişse elde edilen değerler vurgulanmalıdır.

SONUÇLAR

İmar Planına Esas Jeolojik – Jeoteknik Etüt Raporlarındaki Deprem Durumu bölümü sadece inceleme sahasının hangi dereceli deprem bölgesinde olduğundan ibaret olmamalı. Yukarıda sayılan çalışmaların tamamını içerecek şekilde hazırlanmalıdır.