

# İSTANBUL YÖRESİ İÇİN DEPREM RİSKİ, SPEKTRUMLAR VE BU SPEKTRUMLARLA UYUMLU DEPREM İVME KAYITLARININ ÜRETİLMESİ

## SEISMIC RISK ANALYSIS FOR İSTANBUL AND GENERATION OF SYNTHETIC EARTHQUAKE TIME HISTORIES COMPATIBLE WITH THE DESIGN SPECTRUM

Beyza Taşkın<sup>1</sup> , Zeki Hasgür<sup>2</sup>

### SUMMARY

In the first part of this study, a seismic risk analysis for the structures, which will be projected in İstanbul is made. The peak ground acceleration value is used as the ground motion parameter and the probability of exceeding is calculated. For this, a 200x380 km<sup>2</sup> zone, which is bordered across 25.90°~31.05° Eastern meridians and 39.95°~41.35° Northern parallels is taken and the recent earthquake events taking place in the period 1901-1986 are collected.

After specifying the types of earthquake sources as point, line and circular sources, the next step is to calculate the probability distributions of these earthquake magnitudes and to establish Gutenberg-Richter recurrence relations of magnitudes and their frequencies in time. As the next step, the attenuation relationship offered by Esteva, Rosenblueth and Kanai is taken and the probability of the maximum ground acceleration to be greater than a specific value is obtained according to the assumption of the occurrence of earthquakes in time as a Poisson process. Using the tables offered by Katayama, İwasaki and Saeki, the predicted absolute acceleration response spectral amplitudes for given natural periods and damping factors are calculated and acceleration response spectra versus period curves are obtained for 5 and 15% annual exceeding probabilities and for two types of soil such as tertiary or older rock and diluvium with H>10m or alluvium with H<10m.

The concept of the second part of this study is to generate a time history, compatible with the design spectra. Following the method developed by Lilhanand and Tseng and also by Watabe and Hirasawa small corrective time history is added to the original time history at each step, then the original time history and the resultant maximum response can be approximately evaluated by the sum of maximum responses to the original and corrective time histories. As it is clear, the simulation of earthquake ground motions is made in time domain.

1979 Dursunbey earthquake's acceleration record of East-West component is used to apply this method for İstanbul in this study.

<sup>1</sup> Araş.Gör., İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul

<sup>2</sup> Doç.Dr., İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul

## ÖZET

İstanbul ve yöresinin 1901-1985 arası 85 yıllık deprem geçmişi değerlendirilerek ilk aşamada Kuzey Anadolu Fay hattının batıya uzanan kuzey ve güneyindeki kollarının çizgisel kaynakları ile, Bursa ve Çanakkale dolayındaki nokta ve alan kaynakların İstanbul üzerindeki toplam etkisi Bayes'ci bir yaklaşımla incelenerek ve Esteva'ya ait azalım ilişkisi kullanılarak, belirli ivme düzeyleri için deprem risk değerleri elde edilmiştir.

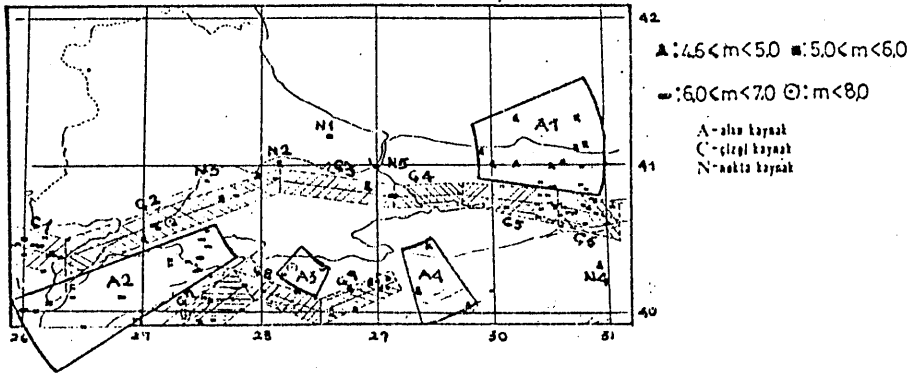
İkinci aşamada, Katayama yöntemiyle, kayalık ve sağlam zeminler için tasarım spektrumları, belirli periyotlarda, %5 ve %15 aşılma olasılığı için, %5 sönümlü ivme spektrum değerleri belirlenmiş ve bunlara düzleştirme uygulanak hedef spektrum değerlerine ulaşılmıştır.

Üçüncü adımda, hedef spektrumlarıyla uyumlu, zaman alanında ardışık yaklaşımla bir deprem verisinin, belirli periyod için zaman kaydında küçük artımlarla düzeltilmesini esas alan Lilhanand ve Tseng'in yöntemine koşut olarak deprem ivme kayıtlarının üretilmesine gidilmiştir.

## İSTANBUL İÇİN SİSMİK RİSK ANALİZİ

### *İstanbul'u Etkileyen Kaynakların Belirlenmesi*

İstanbul ve çevresinde inşa edilecek yapıların projelendirilmesinde gözönüne alınması gereken deprem tehlikesinin niceliksel olarak belirlenmesi doğrultusunda, sismik risk analizi yapabilmek için  $25.90^{\circ}$ ~ $31.05^{\circ}$  Doğu boylamları ile  $39.95^{\circ}$ ~ $41.35^{\circ}$  Kuzey enlemleri arası yaklaşık  $200 \times 300$  km<sup>2</sup> lik bir alan belirlenmiştir. Bu bölgede 1901-1986 yılları arası meydana gelmiş geçmiş depremler, adetleri, odak derinlikleri ve manyitüd değerleri toplanmıştır. Daha sonra tüm veriler, İstanbul bölge haritası üzerine işlenmiş ve kaynak tipleri belirlenmiştir. Bu çalışmada manyitüd değerinin alt sınırının 4.6 olarak belirlendiği de göz önünde tutularak, sonuçta 5 adet nokta, 9 adet çizgi ve 4 adet alan kaynak tespit edilmiştir (Şekil.1).



Şekil.1-İstanbul bölgesindeki deprem kaynak tipleri

## Manyitüd-Sıklık İlişkisinin Belirlenmesi

Manyitüd-Sıklık ilişkisinin belirlenmesi için, tüm nokta, çizgi ve alan kaynaklarda meydana gelmiş depremler alınarak, yıllara göre en büyük manyitüd değerleri  $M_{max}$ , ortalama odak derinlikleri  $c$ , merkeze olan uzaklıkları  $R$  ve birim zamandaki (1 yıl) ortalama deprem sayıları  $\nu$  elde edilmiş ve bu verilere Gumbel'in [1] geliştirmiş olduğu extrem değerler metodu uygulanarak regresyon analizleri yapılmıştır. Buna göre yıllık maksimum şiddetli deprem manyitüdülerinin dağılımı;

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

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Deprem manyitüdü  $M$ 'yi, bir yıldaki tüm depremlerin adedi  $N$ 'ye bağlayan;

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

bağıntısı aynı amaçla Gutenberg-Richter tarafından [2] geliştirilmiştir. Burada;  $G(M)$ : Bir yılda manyitüdü  $M$ 'den büyük depremlerin aşılma olasılığı,

$M$  : Deprem manyitüdü

$N$  : Manyitüdü  $M$  veya daha büyük depremlerin bir yıldaki sayısı

$\alpha, \beta$  : Sırasıyla bir bölgede oluşacak depremlerin toplam sayısına ve bölgenin tektonik yapısına ilişkin bilgileri yansıtan regresyon katsayılarıdır.

(1) ve (2) bağıntıları arasındaki matematiksel ifade ise;

$$\alpha = 10^a \quad ; \quad \beta = b \cdot \ln 10 \quad (3)$$

$$N = \alpha \cdot e^{-\beta M} \quad (4)$$

şekindedir. Buna göre (2) bağıntısındaki regresyon katsayıları çeşitli kaynak grupları için hesaplanmıştır. Manyitüd-Sıklık ilişkileri doğrusal, ikili doğrusal ve parabolik tipte ifadelerle oluşturulabilir [3]. Bu çalışmada ise Tezcan, Acar ve Çivi [4]; Hasmür [5] ve Numanoglu'nun [6] çalışmalarında olduğu gibi doğrusal manyitüd-sıklık ilişkisi alınmıştır ve sadece Kuzey Anadolu Fay Hattı ve bunun kuzeyindeki kaynakların etkilerinin sonuçlarından bahsedilecektir. Deprem olmayan yıllar için  $M_{min}$  değeri ile bir sonraki yılın deprem manyitüdü'nün aritmetik ortalaması alınarak yapılan hesaplar Tablo.1.'de görülmektedir.

Tüm bu hesaplar bir yıldaki maksimum depremler yerine, kendilerini  $T_r$  yılda tekrarlayan depremler için yapılırsa (4) bağıntısının ;

$$N = \alpha \cdot T_r \cdot e^{-\beta M} = -\ln G = -\ln(e^{-\alpha \cdot T_r \cdot \exp(-\beta M)}) \quad (5)$$

şekline dönüşeceği görülmektedir.

Diğer yandan ekonomik ömrü  $T_d$  yıl olan yapıların ömürleri boyunca karşılaşılabilecekleri  $M$  veya daha büyük manyitüdü depremlerin meydana gelme ihtimalleri;

$$R_d = 1 - e^{-\alpha \cdot T_d \cdot \exp(-\beta M)} \dots (6)$$

Tablo.1-40.5° Enlemi kuzeyindeki depremlerin regresyon analizleri

| M     | J     | F-y/(a-1) | G(M)      | N=-ln(G) | log(N) |
|-------|-------|-----------|-----------|----------|--------|
| 4.6   | 21    | 0.25      | 0.25      | 1.386    | 0.142  |
| 4.7   | 13    | 0.16      | 0.41      | 0.892    | -0.050 |
| 4.8   | 7     | 0.08      | 0.49      | 0.713    | -0.147 |
| 4.9   | 2     | 0.02      | 0.51      | 0.673    | 0.172  |
| 5.0   | 6     | 0.07      | 0.58      | 0.545    | 0.264  |
| 5.1   | 10    | 0.12      | 0.70      | 0.357    | -0.447 |
| 5.3   | 2     | 0.02      | 0.72      | 0.329    | -0.483 |
| 5.4   | 1     | 0.01      | 0.73      | 0.315    | -0.502 |
| 5.5   | 6     | 0.07      | 0.80      | 0.223    | 0.652  |
| 5.6   | 2     | 0.02      | 0.82      | 0.198    | -0.703 |
| 5.7   | 5     | 0.06      | 0.88      | 0.128    | 0.893  |
| 6.0   | 4     | 0.05      | 0.93      | 0.073    | 1.137  |
| 6.3   | 1     | 0.01      | 0.94      | 0.062    | -1.208 |
| 6.6   | 1     | 0.01      | 0.95      | 0.051    | -1.292 |
| 6.7   | 1     | 0.01      | 0.96      | 0.041    | -1.387 |
| 6.8   | 1     | 0.01      | 0.97      | 0.030    | -1.523 |
| 7.1   | 1     | 0.01      | 0.98      | 0.020    | -1.699 |
| 7.3   | 1     | 0.01      | 0.99      | 0.010    | -2.000 |
| a     | b     | R(%)      | B= b*ln10 | α=10°    |        |
| 3.043 | 0.673 | 98        | 1.552     | 1104.08  |        |

ifadesiyle elde edilir. Bu ifadeler, tekrarlanma periyodu  $T_r$  yıl olan bir deprem için düzenlenir ve ifadede üstel fonksiyon serisinin ikinci ve daha üst dereceli terimleri ihmal edilirse;

$$R_d = 1 - (1 - R_1)^{T_d} \dots (7)$$

bağıntısına ulaşılır. Burada  $R_1$ , yıllık risk değerini göstermektedir. Dolayısıyla İstanbul için çeşitli yıllık risk ve tekrarlanma periyodlarına karşılık alınmış 30,50,75 ve 100 yıllık yapı ömürlerine denk düşen risk değerleri hesaplanarak Tablo.2'de gösterilmiştir.

Tablo.2-Ekonomik Ömrü  $T_d$  Yıl Olan Yapılardaki Riskler

| Rd | Normal Yarılar : R= %15      |        | Tr=6.67 yıl : M=5.69 |         |
|----|------------------------------|--------|----------------------|---------|
|    | 30 yıl                       | 50 yıl | 75 yıl               | 100 yıl |
|    | 0.992                        | 0.999  | 1.000                | 1.000   |
|    | Ekonomik Ömür (Td)           |        |                      |         |
| Rd | Normal Yarılar : R= %10      |        | Tr=10 yıl : M=5.26   |         |
|    | 30 yıl                       | 50 yıl | 75 yıl               | 100 yıl |
|    | 0.96                         | 0.99   | 1.00                 | 1.00    |
|    | Ekonomik Ömür (Td)           |        |                      |         |
| Rd | Önemli Yarılar : R= %5       |        | Tr=20 yıl : M=6.43   |         |
|    | 30 yıl                       | 50 yıl | 75 yıl               | 100 yıl |
|    | 0.79                         | 0.92   | 0.98                 | 0.99    |
|    | Ekonomik Ömür (Td)           |        |                      |         |
| Rd | Çok Önemli Yarılar : R= %1   |        | Tr=100 yıl : M=7.48  |         |
|    | 30 yıl                       | 50 yıl | 75 yıl               | 100 yıl |
|    | 0.26                         | 0.40   | 0.53                 | 0.63    |
|    | Ekonomik Ömür (Td)           |        |                      |         |
| Rd | Nükleer Santraller : R= %0.5 |        | Tr=200 yıl : M=7.93  |         |
|    | 30 yıl                       | 50 yıl | 75 yıl               | 100 yıl |
|    | 0.14                         | 0.22   | 0.31                 | 0.39    |
|    | Ekonomik Ömür (Td)           |        |                      |         |

### Azalom İlişisinin Belirlenmesi

Azalom ilişkileri, kuvvetli zemin hareketini, deprem kaynağı, boyutu, yayıldığı ortam ve yerel zemin koşullarını karakterize eden parametrelerin temsilcisi olarak en uygun ve gözlemsel yolla çıkarılan işlevlerdir [7]. Bu anlamda,  $M=m$  manyitüdü bir

uygun ve gözlemsel yolla çıkarılan işlevlerdir [7]. Bu anlamda,  $M=m$  manyitüdü bir depremin,  $R=r$  odak uzaklığındaki yeryüzünün bir noktasında yaratacağı en büyük zemin hareketi parametresi, Esteva, Rosenblueth ve Kanai tarafından [8] önerilen;

$$y=b_1 \cdot e^{b_2 \cdot M} \cdot (r+c)^{-b_3} \dots (8)$$

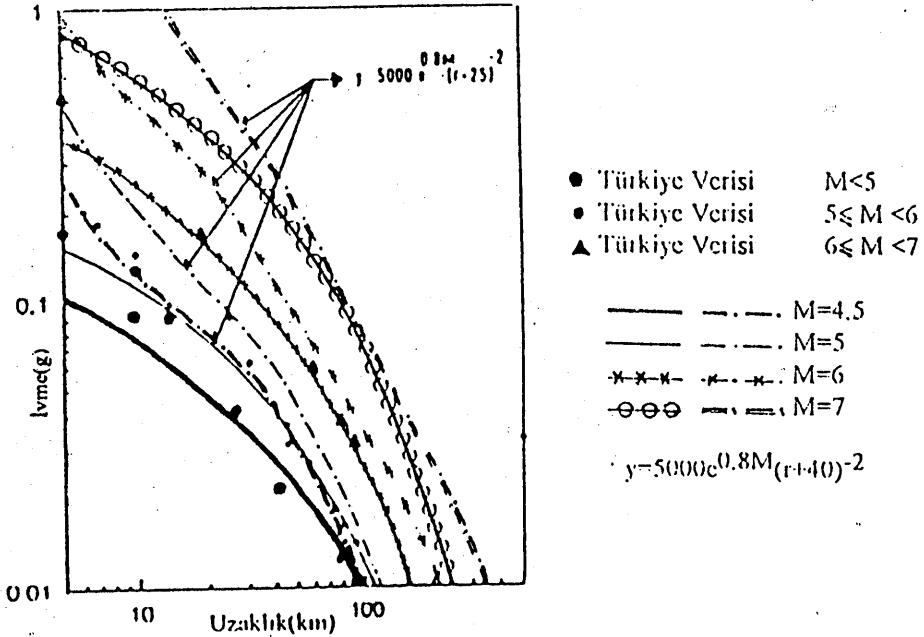
olarak benimsenmiş ve çalışmada gözlemsel sabitler Türkiye verisine uygun tutulmak suretiyle;

$$y=5000 \cdot e^{0.8M} \cdot (r+25)^{-2} \dots (9)$$

ilişkisine ulaşılmıştır. Bu ifade, Shah ve diğerlerinin 1975 yılında önermiş olduğu;

$$y=5000 \cdot e^{0.8M} \cdot (r+40)^{-2} \dots (10)$$

ifadesine oldukça yakındır. Bu çalışmada  $c$  gözlemsel sabitinin 25 alınmasının sebebi, İstanbul için incelenen deprem kaynaklarının sığ odaklı olmasıdır. (9) ilişkisinin Türkiye ölçümlerine [9] olan uygunluğu ise Şekil.2'de görülmektedir.



Şekil.2-Azalm İlişkisi - Türkiye verisi

### Genel Sismik Risk Analizi

Depremlerin zamana göre oluşumları rastgele bir işleyim olarak alınmaktadır [10,11,12]. Bu çalışmada, geçmişte gözlenen depremlerle ilgili verilere dayanarak İstanbul için gelecekte beklenebilecek yer sarsıntılarının genliğinin önkestiriminde Poisson modeli esas alınmıştır. Diğer bir deyişle herhangi bir anda olabilecek

depremin geçmiş ve gelecek depremlerle etkileşim içerisinde olmadığı kabul edilerek, t zaman diliminde,  $M > M_0$  manyitüdü N sayıda deprem olma olasılığı;

$$\Pr(N=n|v,t)=e^{-vt} \cdot (vt)^n / n! \dots (11)$$

dağılımı hesaplara esas tutulmuştur. İstanbul'u çevreleyen etkin sismik kaynaklar saptandıktan sonraki aşama bu kaynakların yaratacağı en büyük zemin ivmesinin belirlenecek bir zemin ivme değerini aşma olasılığını saptamaktır. Bu olasılık;

$$\Pr(Y>y)=1-F_Y(y)=1-\exp[-\sum_{i=1}^s v_i \cdot p_{yi}] \dots (12)$$

ifadesiyle hesaplanmaktadır. Burada;

s : Sismik Kaynak sayısı,

$v_i$  : i sayılı kaynaktaki yıllık depremlerin yıllık ortalama sayısı,

$p_{yi}$  : i.kaynaktaki en büyük zemin ivmesinin belirlenmiş bir y değerini aşma olasılığı,

Y : En büyük zemin ivmesi rassal değişkeni,

y : Mukayese edilen belirli ivme değeridir.

(9),(11) ve (12) nolu bağıntılar ışığı altında Yüccemen tarafından [7] hazırlanmış "Sismik Risk Analizi" adlı program kullanılarak  $\Pr(Y>y)$  olasılıkları hesaplanabilmektedir.

İstanbul için belirlenmiş kaynaklarda yıllık sismik risk değerleri program yardımıyla 5;10;20;50;100;150;200;250;300;350;400;450;500;550;600;650  $\text{cm/sn}^2$  ivme düzeylerine karşılık hesaplanmış ayrıca karşılaştırma yapılabilmesi için çeşitli kaynak gruplarının ayrı ayrı etkileride hesaplanmıştır [13]. Daha sonra İstanbul bölgesinde yıllık deprem riskleri sırasıyla önemli ve normal yapılarıdaki risklere karşı gelmek üzere 6.43 ve 5.69 manyitüdü için ivme davranış spektrum eğrileri, %5 ve %15 aşılma olasılıkları altında Katayama ve diğerleri [14] tarafından geliştirilen metod ile elde edilmiştir. Bu yöntemle göre;

$$SA=\alpha \cdot f_m(T,h) \cdot f_d(T,h) \cdot f_s(T,h) \dots (13)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada;

$\alpha$  : Ortalama değerlerin aşılma olasılığına bağlı katsayı,

$f_m$ : Manyitüde bağlı faktör,

$f_d$  : Deprem odağına uzaklık faktörü,

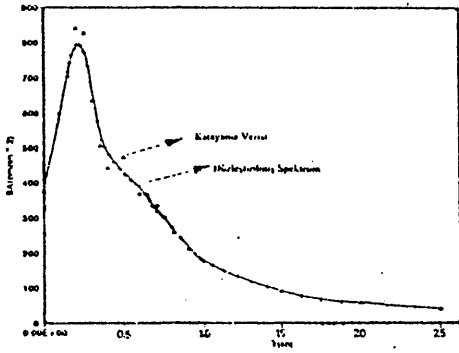
$f_s$  : Zemin cinsi faktörü,

T : Tek serbestlik dereceli sistemin doğal periyodu (sn),

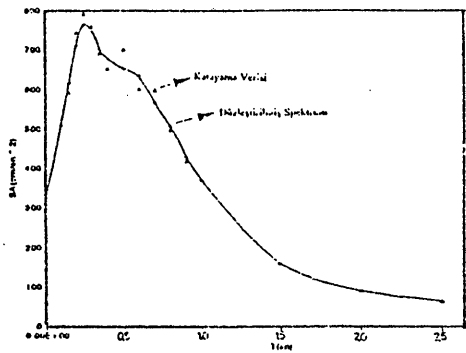
h : Tek serbestlik dereceli sistemin sönümü (=0.05),

SA: İvme davranış spektrumudur.

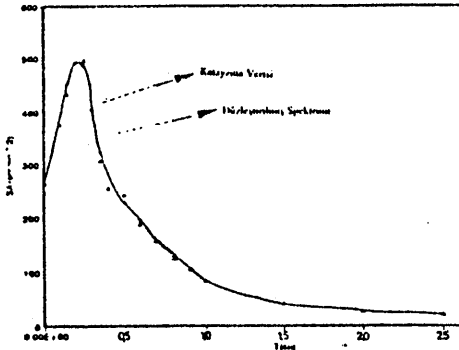
Bu çalışmada, deprem odağına uzaklık faktörü en yakın kaynağın İstanbul'a uzaklığının 19 km olarak hesaplanması sonucu tablolardan okunmuştur. Kayalık ve sağlam olmak üzere iki ayrı tipteki zemin cinsi için hesaplanan ivme davranış spektrumlarının, düzleştirme (smoothing) işlemi sonucundaki değerleri Şekil.3,4,5,6'da görülmektedir.



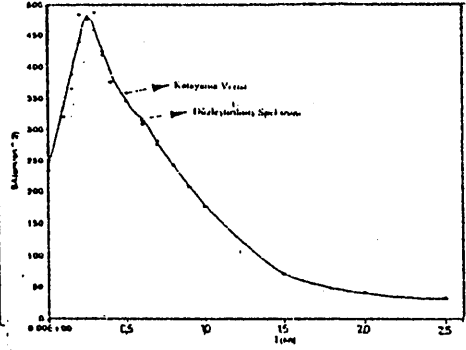
Şekil.3-%45 Aşılma Olasılığı İçin Kayalık Zeminler İvme Spektrumu



Şekil.4-%45 Aşılma Olasılığı İçin Sağlam Zeminler İvme Spektrumu



Şekil.5-%15 Aşılma Olasılığı İçin Kayalık Zeminler İvme Spektrumu



Şekil.6-%15 Aşılma Olasılığı İçin Sağlam Zeminler İvme Spektrumu

## İSTANBUL İÇİN BELİRLENEN HEDEF SPEKTRUMLARINA UYGUN YAPAY DEPREM İVME KAYDI ÜRETİLMESİ

### Uygulanacak Yöntem

Bu bölümde, Lilhanand ve Tseng [15] tarafından geliştirilmiş olan ve zaman alanında çok sönümlü karşılık spektrumuna uyumlu yapay deprem ivmesi üretilmesi amaçlanmıştır. Zaman alanında yapay deprem ivmesi üretilmesi, Watabe ve Hirasawa tarafından önerilen karşılık spektrumunun olduğu anan zaman geçmişi üzerinde yapılacak küçük ivme zaman kaydının eklenmesi ile bozulmayacağı sonucu doğrultusunda gerçekleştirilmiştir [16]. İvme spektrumu değerindeki küçük bir değişim  $\delta R(\omega_i; \beta_k)$ , başlangıçtaki ivme kaydı  $a(t)$ , üzerinde  $\delta a(t)$  büyüklüğündeki küçük ayarlama ile  $i$ 'inci doğal frekans ve  $k$ 'inci sönüm için;

$$\delta R_{ik} = \delta R(\omega_i; \beta_k) = \int_0^{t_i} \delta a(t) \cdot h_{ik}(t_i - \tau) d\tau \dots (14)$$

ilişkisi içerisinde dir. Burada;

$\omega_j$  : Spektral frekans,

$\beta_k$  : Spektral sönüm

$h_{ik}(t)$ :  $w_i$  frekanslı,  $\beta_k$  sönümlü tek serbestlik dereceli sistemin birim impuls ivme fonksiyonu

$t_i$  : Deprem süresi,

$\tau$  : Zaman aralığıdır.

(14) nolu ifadede, belirli olan  $\delta R(\omega_i; \beta_k)$  değeri için  $b_{jl}$  çözülerek;

$$\delta a(t) = \sum_j \sum_i^{M N} b_{jl} \cdot f_{jl}(t) \dots (15)$$

bağıntısıyla hesaplanan  $\delta a(t)$  değerlerine ulaşılır. Burada  $\delta a(t)$ 'nin  $M \times N$  boyutundaki lineer kombinasyonundan ve birbirinden bağımsız  $f_{jl}(t)$  fonksiyonlarından oluştuğu kabul edilmiştir. Dolayısıyla;

$$\delta R_{ik} = \int_0^{t_i} h_{ik}(t_i - \tau) \cdot f_{jl}(\tau) \cdot \sum_j \sum_i^{M N} b_{jl} d\tau \dots (16)$$

haline gelir.  $f_{jl}(t)$ 'nin  $h_{ik}$ 'ya eşit bir fonksiyon olarak seçilmesi ve  $\delta R_{ik}$  ifadesinde;

$$C_{ijkl} = \int_0^{t_i} h_{ik}(t_i - \tau) \cdot f_{jl}(\tau) d\tau \quad (17)$$

alınmasıyla;

$$C_{ijkl} = \int_0^{t_i} h_{ik}(t_i - \tau) \cdot h_{jl}(t_j - \tau) d\tau \quad (18)$$

ifadesine ulaşılır. Dolayısıyla (16) bağıntısı;

$$\delta R_{ik} = \sum_j \sum_i^{M N} C_{ijkl} \cdot b_{jl} \dots (19)$$

haline dönüşür. (19) nolu ifadede bilinmeyen  $b_{jl}$  çözülerek (15) nolu bağıntıdan  $\delta a(t)$  değerleri çözülür. Bu  $\delta a(t)$  değerleri, başlangıç ivme değerleri üzerine eklenerek, hedef spektrumuyla uyumlu deprem ivme değerlerine adım adım yaklaşılır ve sonuç deprem ivme değerleri  $a(t)$ ;

$$a_i(t) = a_{i-1}(t) + \delta a_{i-1}(t) \quad (20)$$

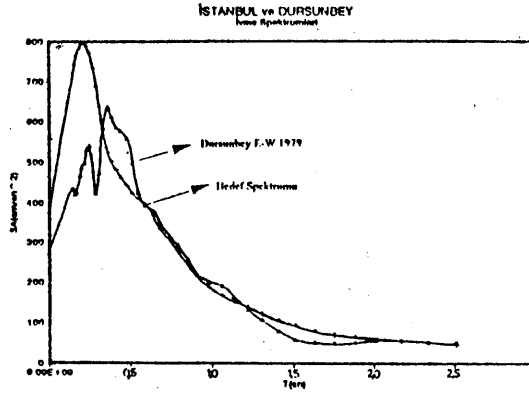
ile elde edilir. İterasyon adımlarının çokluğu gözönünde tutularak, işlem kolaylığı sağlamak amacıyla BENDEP adlı bir bilgisayar programı [13] geliştirilmiştir.

### ***Dursunbey (1979) Depremi İle Uygulama Örneği***

Çalışmada bahsedilen yöntemin ışığı altında, 1979 Dursunbey depremi Doğu-Batı bileşeni ivme kayıtları temin edilmiş ve ilk etapta %5 aşılma olasılığı altında kayalık zeminlerdeki İstanbul ivme spektrumu alınarak benzetme işleminde kullanılmıştır.



İlk aşama olarak Dursunbey depreminin ivme karşılık spektrumu ve en büyük ivme değerlerinin olduğu andaki deprem süreleri hesaplanmış ve İstanbul ivme spektrumu ile arasındaki  $\delta R_{ik}$  farkları bulunmuştur (Şekil.7).



Şekil.7-İstanbul ve Dursunbey İvme Karşılık Spektrumları

Diğer yandan, iki spektrum arasındaki farkların özellikle küçük peryodlarda oldukça fazla olmasından dolayı  $\delta R_{ik}$  ve  $\delta a(t)$  değerleri sınırlandırılmış ayrıca iraksamalara engel olmak için ivme değerleri Hasgür'ün [17] çalışmasında önerdiği gibi manyitüdü 6~7 arasındaki B tipi depremlere uygun bir zarf fonksiyonu ile çarpılmıştır.

Bu şekilde elde edilmiş olan ivme kayı kullanılarak iterasyon yapılmıştır. İterasyona özellikle büyük peryodlarda sağlanan yaklaşım sonucunda son verilmiştir. Ancak küçük peryodlar için yaklaşımın hızlı olduğu söylenemez.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Açıklanmış olan çalışma ve araştırmalara dayanarak çıkarılan sonuç ve öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- İstanbul ve çevresinde en sık olan yıllık deprem manyitüdü 4.51 dir. Aynı bölgede yıllık maksimum deprem manyitüdülerinin ortalaması 5.24 dür. Bu yörede, 85 yıllık bir peryotta meydana gelmesi beklenen en büyük deprem manyitüdü 7.38 dir. Çalışmamıza temel olan 1901-1986 yılları arasında bu manyitüde en yakın değer 09.08.1912 tarihli ve 7.3 manyitüdü Mürefte depremi olduğu gözönüne alınmalıdır. [4] nolu kaynaktaki araştırmacıların çalışmalarına göre aynı sonuçlar sırasıyla 4.13, 4.99 ve 7.79 olarak bulunmuştur.

Ancak burada üzerinde durulması gereken bir nokta Richter tarafından önerilen doğrusal manyitüdü-sıklık ilişkisinin küçük ve orta manyitüdü depremlerin sıklığında oldukça yakın tahminlerin yapılmasına imkan vermesiyle beraber, yüksek manyitüdü depremlerin ( $M > 7$ ) oluş sıklığı hakkında yüksek sonuçlar vermesidir.

- İstanbul yöresinde yapılacak normal yapılar için, kayalık zeminlerde  $265 \text{ cm/sn}^2$  ( $=0.27g$ ), sağlam zeminlerde  $235 \text{ cm/sn}^2$  ( $=0.24g$ )'lik bir deprem ivmesi gözönüne alınmalıdır. Bu değer önemli yapılar için sırasıyla  $375 \text{ cm/sn}^2$  ( $=0.38g$ ) ve  $325 \text{ cm/sn}^2$

(=0.33g) olmalıdır. [4] nolu kaynakta ise %10 yıllık risk için kaya yüzeyde 0.23g önerilirken %5 yıllık risk için bu değer 0.26g mertebesindedir. [9] nolu kaynağa göre araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalar sonucunda 50 yıllık ekonomik ömre sahip yapıların, 475 yıllık tekerrür aralığına denk düşen sert zemin yer ivme değerleri 29° DB-41°KE için yaklaşık olarak 0.42g civarında olduğu görülmüştür.

- İstanbul yöresi için bu çalışmada önerilen azalım ilişkisinin Türkiye verisine oldukça uyum sağladığı görülmekle beraber, yerel verilerin azlığından dolayı bu bölge özelinde çıkarılmış bir azalım ilişkisi olmadığı dikkate alınmalıdır.

Zaman alanında çok sönümlü karşılık spektrumlarıyla uyumlu yapay deprem ivme kaydı üretilmesi için çalışmada kullanılan yöntemde şunlar göze çarpmıştır.

- Hedef spektrumu ile uygulanan depremin karşılık spektrumu arasındaki  $\delta R_{ik}$  farklarının büyüklüğü yaklaşımı olumsuz etkilemektedir.

- Kullanılan yöntem ile ivme spektrumu üzerindeki yaklaşımla, uzun periyotlarda tam yakınsama sağlanmıştır.

- Hız yada yerdeğiştirme spektrumları sözde spektrum olarak hesaplanıp, ardışık yaklaşımın hızı ve yaklaşım miktarı bunlar için denenmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Gumbel,E.J., Ekstermlerin İstatistiği, Colombia Un.Press,N.Y.,U.S.A.,(İngilizce).
- [2] Gutenberg,B., Richter,C.F. " Deprem Manyitüdü,Şiddeti,Enerjisi ve İvmesi"Bull. Seis.Soc of America,Vol:32,No:3,(İngilizce).
- [3] Gürpınar,A.,(1977) ,Deprem Mühendisliğine Giriş, T.C.İmar ve İskan Bak.DAE Başk., Ankara.
- [4] Tezcan,S.,Acar,Y.,Çivi,A.,(1991) "İstanbul İçin Deprem Riski Analizi" İst.ve Dep.Semp, İMO İst.Şb.,97-120.
- [5] Hasgür,Z.,(1991) "İstanbul ve Çevresindeki Yapılarda Beklenen Deprem Kuvvetleri" İst. ve Dep.Semp.,İMO İst.Şb.,138-154.
- [6] Numanoğlu,B.,(1978) "Batı Anadolu'nun Deprem Riski Analizi" DAE Bülteni,No:21.
- [7] Yüccemen,S.,(1982) ,Sismik Risk Analizi, O.D.T.Ü.İdari İl.Fak.,No:41.
- [8] Esteval,L.,(1969) "Sismisite Tahmini:Bayes'ci Bir Yaklaşım" Proc.4th World Conf.on Earth.Eng.,Santiago,Chile,(İngilizce).
- [9] Gülkan,P.,Koçyiğit,A.,Yüccemen,S.,Doyuran,V.,Başöz,N.,(1993),En Son Verilere Göre Hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası , O.D.T.Ü.,D.M.A.M.Rapor No:93-01
- [10] Clough,R.W.,Penzien,J., (1993), Yapı Dinamiği, Mc Graw Hill,2nd Ed.,NY,USA,(İng).
- [11] Papoulis,A.,(1965), Olasılık,Rassal Değişkenler ve Stokastik Yöntemler, Mc Graw Hill, NY,USA,(İngilizce).
- [12] Yang,C.Y.,(1986), Yapıların Rastgele Titreşimi, Un.of Delaware,John Wiley-Interscience Pub.,Vol:1,(İngilizce).
- [13] Taşkın,B.,(1994),İstanbul ve Çevresi İçin Sismik Risk Analizi ve Hedef Spektrumuna Uygun Yapay Deprem İvme Kaydı Üretilmesi, İ.T.Ü.Fen Bil.Enst.
- [14] Katayama,T.,Iwasaki,T.,Saeki,M.,(1977) "Verilmiş Deprem Manyitüdü,Odak Uzaklığı ve Yerel Koşullara Göre İvme Karşılık Spektrumu Tahmini" Earth.Res.Inst.,Un.of Tokyo, Bull.ERS,No:11,(İngilizce).
- [15] Lilhanand,K.,Tseng,W.S.,(1988) "Çok Sönümlü Tasarım Spektrumuyla Uyumlu Gerçek Deprem Zaman Geçmişinin Geliştirilmesi ve Uygulaması" Proc.of 9th.World Conf.on Earth.Eng.,Vol:II,Tokyo-Kyoto,Japan,(İngilizce).
- [16] Hirasawa,M.,Watabe,M.,(1992)"Çok Sönümlü Karşılık Spektrumlarıyla Uyumlu Benzetilmiş Deprem Hareketleri Üretilmesi" Earth.Eng.10th.World Conf.,Rotterdam,(İngilizce).
- [17] Hasgür,Z.,(1982) ,Benzetilmiş Depremlerin Zemin Koşullarına Bağlı Olarak Elde Edilmesi, İ.T.Ü.Müh.-Mim.Fak.Mat.