

ISPARTA BÖLGE HASTANESİ'NİN SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

İbrahim Gürkan KAZMACI¹, Mehmet Zakir KANBUR²

¹Aktif Yerbilimleri-Çankaya/ANKARA

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışma Isparta merkezinde yapılması planlanan Isparta Bölge Hastanesinin, depremlere maruz kalması sonucu oluşacak sismik tehlikenin ortaya konmasını amaçlamaktadır. Bir bölgede oluşması muhtemel herhangi bir büyüklükte depremin herhangi bir yapıda meydana getireceği hasar ve can kaybı Deprem Tehlikesi olarak tanımlanmaktadır. Bu etkileri hesaplayabilmek için jeolojik, sismolojik ve kuvvetli yer hareketi gibi girdilerin bilinmesi gerekmektedir fakat bu bilgiler çok fazla bilinmezlik içerdiğinden dolayı belli teorik yaklaşımlarla sismik tehlike analizi yapılabilmektedir. Bölgenin jeolojisi ve tektonik özellikleri irdelenerek çalışma alanı çevresindeki faylar ve bu fayların oluşturacağı maksimum magnitüdlerin belirlenmesi çalışma açısından önem arz etmektedir. Deprem tehlikesinin belirlenmesi amacıyla; deterministik ve olasılıksal (probabilistik) yöntemlerle yapıya etkiyen maksimum yatay yer ivmesi (PGA) ve psodö spektral ivme (PSA) değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda yapılan hesaplar ve değerlendirmelerin ışığı altında; statik hesaplarda kullanılan sismik parametreler (PGA, MDE, OBE) elde edilerek yapının tasarımına katkı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Olasılıksal, Deterministik, Fay, Deprem Tehlikesi

SEISMIC HAZARD ANALYSIS OF THE STUDY AREA OF ISPARTA REGIONAL HOSPITAL

ABSTRACT

This study aimed to determine seismic hazard in the near future for Isparta Regional Hospital where is Central of Isparta District. Earthquake hazard is defined as possible structure damage for within a certain distance. In order to calculate this effect, we must know geological, seismological and strong ground motion inputs, however this information contains too much uncertainty. For this reason seismic hazard analysis can be performed with certain theoretical approaches. The region's geology and tectonic features is important in terms of the study area which is determined maximum magnitude of faults and fault identification of this study. In order to determine the seismic hazard; the maximum horizontal ground acceleration (PGA) and pseudo-spectral acceleration (PSA) value is calculated for deterministic and probabilistic seismic activity in the region. In the light of calculations and assessments; seismic parameters (PGA, MDA, OBE) which is used in static calculations were calculated and this parameters contribute to the design of the structure.

Keywords: Probabilistic, Deterministic, Fault, Earthquake Hazard

1. GİRİŞ

Bölgedeki oluşabilecek en büyük depremin getireceği hasar ve can kaybı Deprem Tehlikesi olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışma inşa bölgede inşa edilen hastanesinin depremlere maruz kalması sonucu oluşacak sismik tehlikenin ortaya konmasına yöneliktir.

Çalışmada temel olarak aşağıdaki adımlar sırasıyla takip edilmiştir.

International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)

Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu

7-9 May 2015, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye

<http://ees2015.mehmetakif.edu.tr> – <http://ees2015.maku.edu.tr>

- Bölge için sismik tehlikeyi oluşturan alan kapsamındaki sismotektonik verilerin derlenmesi,
- Derlenen sismotektonik verilerin ışığında sismik kaynak bölgelendirme ve bölgedeki mevcut fayların üretebileceği maksimum magnitüdlerin belirlenmesi,
- Sismik kaynak bölgesini doğru temsil edecek azalım ilişkilerini seçebilmek için, bölge içerisinde olmuş deprem kayıtlarıyla korelasyonu,
- Seçilen azalım ilişkisi formülleriyle deterministik hesapla kontrol eden en büyük yer hareketi ya da oluşabilecek en büyük depremin ivmesinin hesaplanması,
- Olasılık yöntemi uygulamasında Ez-Frisk® yazılımı kullanılarak, ilgilenilen tüm parametrelerin belirsizliklerini göz önünde bulundurarak Proje lokasyonu için maksimum yatay yer ivmesi, aşılma olasılığı dağılımlarının elde edilmesi,
- Deterministik ve olasılıksal hesaplamalar sonucu yapının çeşitli sürelerle karşılık gelen tepki spektrumlarının oluşturulması,

Çalışma alanı olarak seçilen bölgede belirlenen kaynaklarda, aletsel dönemlerde kaydedilen moment magnitüd $M_w \geq 4$ olan veriler kullanılmıştır. Gerek olasılık yöntemle gerek deterministik yöntemle yapılan hesaplama sonuçları, proje mühendisinin uygulayacağı parametrelerdir.

2.ÇALIŞMA ALANI VE ÖZELLİKLERİ

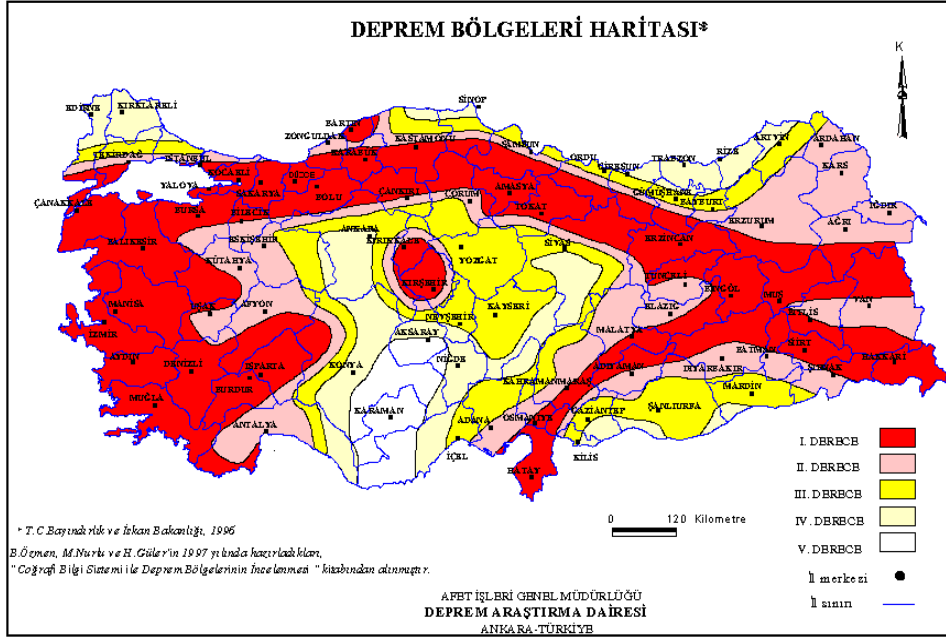
Bu tezde çalışma alanı olarak bölgenin en önemli sağlık merkezlerinden birisi olacak Isparta Bölge Hastanesi, Isparta İli ve bölge illeri açısından kritik yapı olarak öngörülerek yapının depremlere maruz kalması durumunda oluşacak sismik tehlikenin belirlenmesi ve tasarıma esas sismik parametrelerin belirlenmesi için seçilmiştir. Çalışma alanının içinde bulunduğu bölge depremsellik yönüyle sürekli aktif bir yapıya sahiptir. Bu çalışmaya konu olan bölge Harita Genel Komutanlığı 1/25 000 ölçekli Isparta M25-a4 ve 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritası ile temsil edilmekte olup koordinatları (Tablo 1) aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. İnceleme Alanı Koordinatları

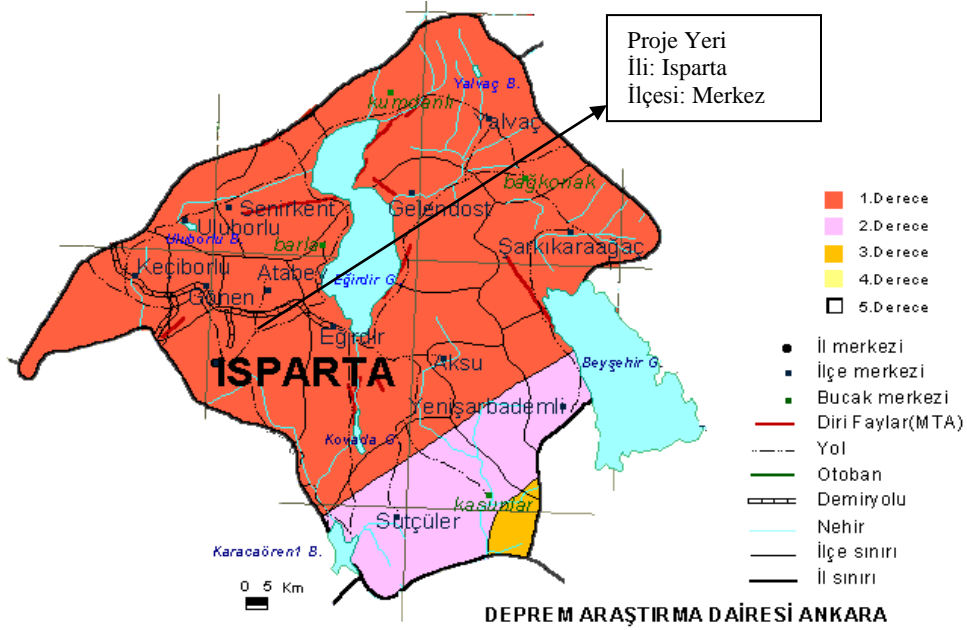
Çalışma Alanı	Enlem	Boylam
Isparta Bölge Hastanesi	37.78	30.56

2.1. Jeolojik ve Tektonik Veriler

Isparta Bölge Hastanesi çalışma alanının sismik tehlike analizi proje sahası Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 1.Derece Deprem Bölgesi üzerinde kalmaktadır (Şekil 1). Isparta ili deprem bölgeleri haritası Şekil 2’de yer almaktadır.



Şekil 1. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (www.deprem.gov.tr)



Şekil 2. Isparta İli Deprem Bölgeleri Haritası (depremturk.blogspot.com.tr)

Türkiye sismolojik olarak aktif bir kuşak olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. McKenzie, Dewey ve Şengör tarafından önerilen plaka tektoniği modellerine göre Anadolu yarımadası üç mikro plakadan oluşmaktadır. Anadolu, Karadeniz ve Ege plakaları olarak tanımlanan bu mikro plakalar üç makro plaka tarafından (Avrasya, Afrika ve Arap plakaları) çevrelenmektedir.

K-G yönde yaklaşık 180 km D-B yönde 100 km genişliğinde üçgen şekilli olan Isparta Büklümü, KD yönlü Burdur fayı ve KB yönlü Akşehir-Simav fayı arasında yer alır ve üç kırıkla karakterize edilir Bunlar, Batıda Burdur fayı ve doğuda bulunan Antalya fayı ile sınırlanan Teke Kırığı, K-G yönlü Antalya ve Kırkkavak faylarıyla sınırlanan ve Kovada grabenini de içine alan Antalya Kırığı ve Kırkkavak ve Akşehir fayları arasında kalan Akseki Kırığı'dır (Yağmurlu vd., 1997; 2000).

Bölgede, KD ve KB yönlü çekimli fay sistemleri, Eğirdir Gölü kuzeyinde kesişir. Tektonik olarak kuzey yönlü Eğirdir-Kovada grabeni, Isparta Büklümü'nü ikiye ayırır. Bu eksenin batısındaki tektonik çizgiler KD gidişli, doğusundaki tektonik çizgiler ise KB gidişlidir (Yağmurlu vd., 1997; 2000).

Isparta İli, 13 ilçesi ile birlikte, Akdeniz – Göller Bölgesi ve Batı Toroslar dağ kuşağında, Afyon, Konya, Antalya ve Burdur illeri arasında yer almaktadır. Jeolojik bakımdan ise Batı Toridler orojenik kuşağında, tektonik bakımdan ise Türkiye'de ve dünyada bilimsel olarak büyük bir öneme sahip "Isparta Büklümü (Isparta Açısı)" üzerinde bulunmaktadır. İl sınırları içerisinde Paleozoyik (I. Zaman)'den günümüze kadar oluşan ve farklı kökenli kayaç istifleri ile zengin bir jeoloji müzesi halindedir. Jeoloji eğitiminde bir laboratuvar olması yanında Isparta, zengin ve doğal jeolojik yapıları ile görsel ve bilimsel turizme çok uygun bir potansiyele sahiptir (İÇDR 2009).

Tablo 2. Proje yerinin civardaki faylara uzaklığı

FAY	ÇALIŞMA ALANINA OLAN YAKLAŞIK UZAKLIK
Davraz Fay Zonu	9 km
Burdur Fayı	15 km
Karakent Fayı	38 km
Dinar Fayı	31 km
Barla Fayı	26 km
Mahmatlar Fayı	36 km
Sarıdris Fayı	44 km
Gelendost Fayı	46 km
Uluborlu Fayı	33 km
Tatarlı Fayı	43 km
Arızlı Fayı	56 km
Kumdanlı Fayı	54 km

3. SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

3.1. Deterministik Tehlike Analizi

Bu yaklaşımda, proje yerine yakın fayların üretebileceği en büyük deprem tayin edilir; bu depremin proje üzerinde meydana getireceği en yüksek yatay yer ivmesi hesaplanır (Reiter,1990; Kramer, 1996).

Deterministik yaklaşım ile yapılan Sismik Tehlike değerlendirmelerinde, Davraz Fayı, Burdur Fayı ve Barla Fayı aktif faylar olarak kabul edilmiştir.

Deterministik Analizin doğru bir şekilde yapılabilmesi için bu fayların üretebilecekleri maksimum magnitüd ve proje alanına en yakın mesafeleri ile ilgili ciddi araştırmaların yapılması gerektiği düşüncesindeyiz. Hazırlanan tez çalışmasında Davraz Fayı, Burdur Fayı ve Barla Fayı aktif faylar olarak kabul edilerek Deterministik Analiz yapılmıştır. Buna göre, proje alanı için en kritik sismik kaynak, başka bir ifade ile kontrol eden oluşabilecek en büyük deprem (Controlling Maximum Credible Earthquake) 9 km minimum mesafede bulunan Davraz Fayında meydana gelecek $M_{max}=6.5$ büyüklüğünde bir deprem olarak öngörülmüştür. Davraz Fayı, Burdur Fayı ve Barla Fayı için Kesme Dalgası Hızı $V_{s30}=317$ m/s alınmıştır.

$$M_{max} = 5.0 + 1.22 \text{ Log}(R) \text{ (reverse)} \quad R=\text{fay uzunluğu}$$

$$M_{max}=5.16+1.12 \text{ Log}(R) \text{ (strike)}$$

$$M_{max}=4.86+1.32 \text{ Log}(R) \text{ (normal)} \text{ (Wells ve Coppersmith, 1994)}$$

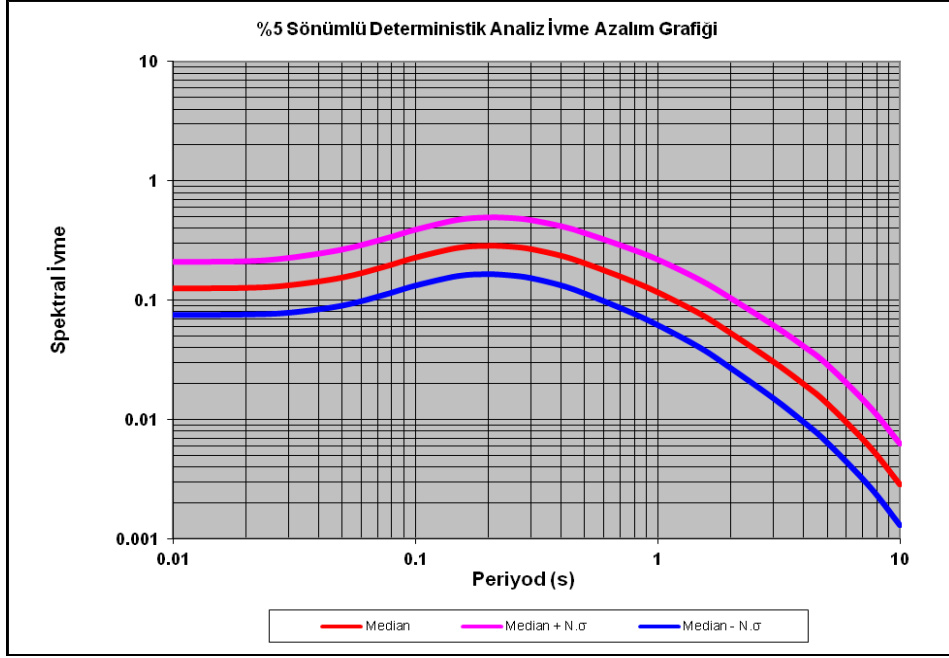
Bu deprem büyüklüğü ve mesafe dikkate alınarak Gülkan ve Kalkan (2004), Abrahamson-Silva (2008), Boore-Atkinson (2008), Chiou&Youngs (2008) ve Campell-Bozorgnia (2008) ivme azalım ilişkileri ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilen tabloda (Tablo 3.), ivme azalım grafiği Şekil 3’de belirtilmiştir.

Tablo 3. Deterministik analiz ivme azalım ilişkileri (PGA) tablosu

FAY ADI	M_{MAX}	R	MAKSİMUM YATAY YER İVMESİ DEĞERLERİ (g)					
			Kalkan&Gülkan (2004)	Abrahamson Silva (2008)	Boore Atkinson (2008)	Campell Bozorgnia (2008)	Chiou&Youngs (2008)	Ortalama (PGA)
Davraz Fayı	6.5	9 km.	0,28	0,242	0,251	0,271	0,279	0,265
Burdur Fayı	6.7	15 km.	0.119	0,141	0,173	0,173	0,172	0,156
Barla Fayı	6,7	26 km.	0,14	0,116	0,163	0,129	0,125	0,135

M_{max} : Beklenen Maksimum Magnitüd Değeri

R : Çalışma Alanının Faya Olan Uzaklığı (km)



Şekil 3. Deterministik Analiz İvme Azalım Grafiği

3.2. Olasılıksal Tehlike Analizi

(i) Etkilenme alanının saptanması ve bu alanda geçmişte meydana gelmiş depremlerle ilgili bilgileri içeren deprem kataloglarından yararlanarak bir sismik veri tabanının hazırlanması ve gerekli değişiklikleri ve ayarlamaları yaparak bu veri tabanının yeknesak ve yansız olmasının sağlanması.

(ii) İncelenen bölgede alansal ve çizgisel sismik kaynakların tanımlanması. Diri fay haritasının hazırlanması ve tanımlanan fayların özelliklerini ifade eden parametrelerin değerlerinin belirlenmesi.

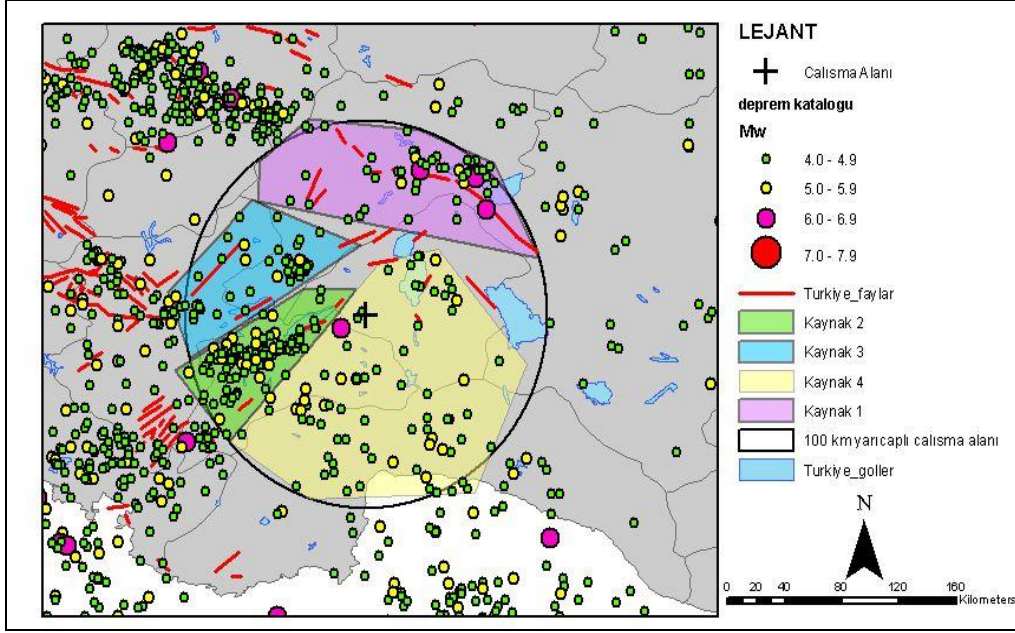
(iii) Deprem merkez-üstlerinin konumlarını ve bunların belirlenen diri faylar ile ilişkilerini incelemek üzere bir sismotektonik haritanın çizilmesi. Sismik veri tabanında yer alan depremlerin dışmerkez konumlarına göre sismik kaynaklara dağıtılması ve buna bağlı olarak da her sismik kaynak için elde edilecek magnitüd-tekerrür ilişkisine göre magnitüd için bir olasılık dağılımının çıkartılması ve diğer sismisite parametrelerinin değerlerinin saptanması. Belirlenen sismik kaynakların hiçbiri ile ilişkilendirilemeyen depremlerin katkısını da dikkate almak üzere alansal geri plan sismik kaynakların tanımlanması.

(iv) Depremlerin zaman içinde oluşumları için uygun bir stokastik yöntemin seçilmesi.

(v) Yerel verilere dayanan bir yer hareketi tahmin (azalım) ilişkisinin çıkartılması ya da mevcutlar arasından uygun birinin seçilmesi.

(vi) Göz önünde tutulan tüm sismik kaynakların inşaat sahasındaki sismik tehlikeye katkılarını birleştirecek bir hesaplama algoritmasına göre seçilen deprem şiddeti ölçüsü ya da zemin hareketi parametresi için olasılık dağılımının elde edilmesi. Sayısal hesaplamalar, bu amaçla hazırlanmış olan bilgisayar yazılımları kullanılarak yapılacağından uygun bir yazılım paketinin seçilmesi.

(vii) Belirli aşılma olasılıklarına (ya da yinelenme sürelerine) karşı gelen deprem yer hareketi değerlerinin elde edilmesi ve bu değerlere göre deprem tehlikesi haritalarının çizilmesi (Koçyiğit vd., 2010).



Şekil 4. Deprem Odakları ve Analizde Kullanılan Sismik Kaynakların Yerleşimi (ArcGis Ekran Alıntısı)

Isparta Bölge Hastanesi Projesi tasarımına esas deprem parametrelerinin belirlenmesi için yapılan Olasılıksal Sismik Tehlike Analizinde Poisson olasılık dağılımı kullanılmış ve raporda belirtilen deprem kaynakları, deprem parametreleri ve azalım ilişkileri kullanılmıştır. Buna göre, değişik yapı ömürleri ve aşılma olasılıklarına karşılık gelen maksimum yatay yer ivmesi (Peak Ground Acceleration, PGA) değerleri aşağıdaki tabloda (Tablo 4) verilmiştir.

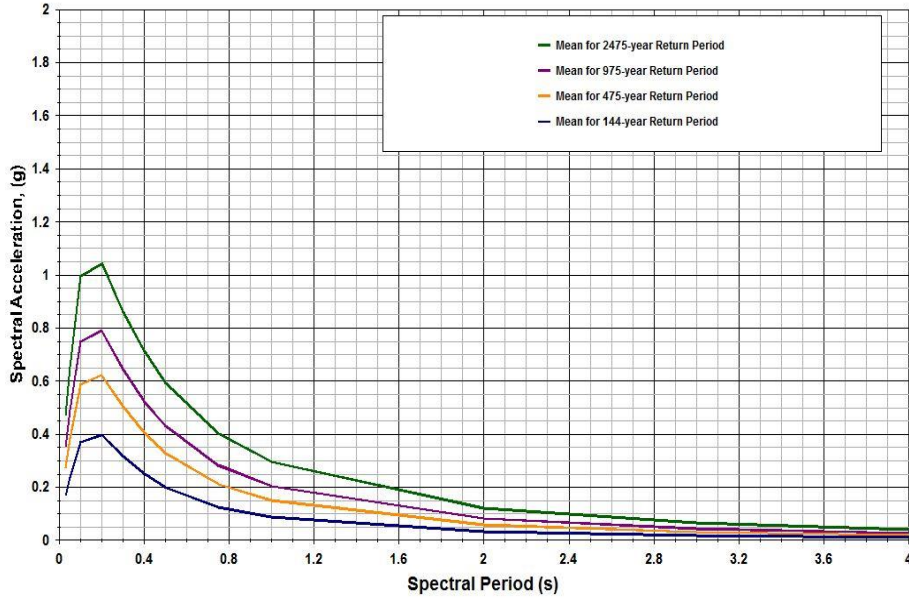
Tablo 4. Hesaplanan İvme değerleri (Probabilistik Hesap)

Geri Dönüş Periyodu (Yıl)	Aşılma Olasılığı	Abrahamson-Silva (2008) PGA (g)	Boore-Atkinson (2008)	Campell Bozorgnia(2008)	Chiou-Youngs (2008)	Ortalama PGA (g)
144	100 yılda %50	0.17	0.15	0.18	0.19	0.17
475	50 yılda %10	0.28	0.23	0.27	0.32	0.28
2475	50 yılda %2	0.48	0.39	0.44	0.57	0.48

Tablo 5. Sismik Tehlike Analizi Sonucu Hesaplanan Olasılıksal ve Deterministik Spektral İvme Değerleri

	Tr:2475 yıl	Tr:975 yıl	Tr:475 yıl	Tr:144 yıl	Deterministik
Periyot(s)	PSA(g)	PSA(g)	PSA(g)	PSA(g)	PSA(g)
0.00(PGA)	0.48	0.36	0.28	0.17	0,265
0.02	0.66	0.49	0.38	0.24	0,27
0.1	1.0	0.75	0.59	0.37	0,458
0.2	1.04	0.79	0.62	0.40	0,58
0.3	0.86	0.65	0.51	0.32	0,55
0.4	0.71	0.53	0.41	0.25	0,51
0.5	0.59	0.43	0.33	0.20	0,454
0.75	0.40	0.28	0.21	0.13	0,334
1.00	0.30	0.20	0.15	0.09	0,258
2.00	0.12	0.08	0.06	0.034	0,117

Sismik Tehlike Analizleri sonucunda azalım ilişkileri ile hesaplanan tasarım spektrumlarını oluşturan eksen değerleri Tablo 5’de listelenmiştir. Şekil 5’de 4 adet aşılma olasılığı için oluşturulan % 5 sönüm oranına sahip tasarıma esas spektral ivme spektrumları birlikte gösterilmektedir.



Şekil 5. % 5 Sönümlenme oranında spektral ivme azalım grafiği

4. SONUÇLAR

Isparta il sınırları içerisinde projelendirilecek Isparta Bölge Hastanesi proje yerinin Sismik Tehlike Analizi, Olasılıksal ve Deterministik yöntemler ile belirlenmiş ve tasarıma esas sismik parametreler elde edilmiştir.

Proje sahası Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 1. Derece Deprem Bölgesi üzerinde kalmaktadır.

Olasılıksal Sismik Tehlike Analizinde, bölgenin sismotektonik özellikleri göz önüne alınarak sismik kaynak karakterizasyonu yapılmış ve bir adet arka plan kaynak alan (yarıçapı 100 km olan bir daire) ile 4 adet alan kaynak tanımlanmıştır. Hesaplamalarda bu kaynaklar içerisinde kalan 4'den büyük moment magnitud ($M_w \geq 4$) değerleri kullanılmıştır.

Sonuç olarak, yapılan hesaplamalar ve değerlendirmelerin ışığı altında;

- ✓ Isparta Bölge Hastanesi için yapılan çalışmalarda; Deterministik hesaplar sonucunda bulunan maksimum yatay yer ivmesi (PGA)=0.265g olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Olasılıksal hesapla bulunan 100 yıllık ekonomik ömür içerisinde %50 aşılma olasılığı ile beklenen maksimum yatay yer hareketi ivmesi (144 yıllık geri dönüş periyodu) için OBE=0.17g olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Yapının 50 yıllık ömrü içerisinde % 10 aşılma olasılığı ile beklenen maksimum yatay yer ivmesinin (475 yıllık geri dönüş periyodu) için MDE=MCE=0.28g olarak alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Çeken,U., 2007. Marmara Bölgesinin Kuvvetli Yer Hareketi Azalım İlişkisi Modeli,Sakarya Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi.
- Görür, N., 1992. A tectonically controlled alluvial fan which developed into a marine fan-delta at a complex triple junction: Miocene Girdirli Formation of the Adana Basin, Turkey, Sedimentary Geology, 81, 243-252.
- İÇDR, 2009. Isparta Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Isparta Çevre Durum Raporu, 2009, s.11-22
- Kramer, S. L. 1996. Geotechnical Earthquake Engineering, University of Washington.
- Koçyiğit, A. vd, 2010. Deprem Tehlike Analizleri Ve Haritaları Çalışma Grubu Strateji Raporu. Hazırlayanlar: (Ali KOÇYİĞİT (Koordinatör), M. Semih YÜCEMEN, Reşat ULUSAY, Ahmet YAKUT, Mustafa ERDİK, Ömer EMRE, Cenk ERKMEN, Nazan YILMAZ (Kolaylaştırıcı)) 21, Ekim, 2010
- Reiter, L., 1990. Earthquake Hazard Analysis – Issues and Insights.
- Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance, Jour. Geol. Soc. Lond., 136, pp. 269-282.
- Yağmurlu, F., Savaşın, Y., Ergun, M., 1997. Relation of alkaline volcanism and active tectonism within the evolution of Isparta Angle SW-Turkey. The Journal of Geology, Vol: 105,717-728.
- Yılmaz, Y., 1992. New evidence and model on the evolution of the southeastern Turkey, Geological Society of America Bulletin, 105, 251-271.