

TÜRKİYE'DEKİ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ ÇALIŞMALARINDA MÜHENDİSLİK SİSMOLOJİSİNİN YERİ

The Importance of Studies on Engineering Seismology in Turkey
R. CAN*

ÖZ :

Deprem ülkelerinde, sismolojik verilerin deprem mühendisliği çalışmalarındaki rolünün önemi son yıllardaki çalışmalarla daha çok belirlenmektedir.

Doğu Anadolu'da, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Deprem Zonlarına yakın yörelerde kurulan Gülüskür Köprüsü ve Elbistan Elektrik Santrali gibi büyük mühendislik yapıları projelendirmelerinde bazı aksaklıklar göze çarpmaktadır.

Nedenler, ülkemizin sosyo-ekonomik düzeyi ile ilgili olmakla beraber günümüz koşullarında da uygulanabilecek yöntemlerin bulunduğu örneklerde verilmek istenmiştir.

Bir dizayn depremi (design earthquake) araştırmasının yeterli olabilmesi ancak, deprem konusuyla ilgili disiplinlerin bilinçli bir bilimsel alış-verişle sağlanabilir.

ABSTRACT :

It is a well-known fact in earthquake countries that the rôle of seismological studies in the field of earthquake engineering is very important.

It is the author's opinion that in design projects of Gülüskür Bridge and Elbistan Power Plant built in East Anatolia, very close to the famous North Anatolian and East Anatolian Fault Systems, site investigations have not been carried out properly.

This can be partly due to the our country's economy, but mostly due to the non-cooperative work of disciplines related to the earthquakes.

In search of «design earthquake,» firstly, geologists, seismologists and engineers should develop a terminology which is understandable by all. And secondly, these different disciplines should co-operate to apply available methods to the earthquake problem and should interpret the results scientifically.

* Deprem Araştırma Enstitüsü - Sismoloji Bölümü
İmar İskân Bakanlığı — ANKARA

GİRİŞ :

Son yıllarda yer bilimcilerin önemsedikleri konulardan biri olarak sismolojik verilerin mühendislik çalışmalarına uygulanması görülmektedir.

Türkiye'nin çeşitli bölgelerindeki depremselliğin son yarı yüzyılda çok yüksek oluşu ilgilyle izlenmektedir.

Deprem gibi çok disiplini kapsayan bir sorunda araştırmacıların, ortak bir terminoloji geliştirerek, etütlerde disiplinlerin bilinçli olarak girişimine çalışmaları günümüzdeki deprem sanatının (state-of-art) bir gereğidir.

Terminoloji anlaşmazlığının en basit örneği olarak aktif fay'ı, genellikle, jeologun 25-30 milyon, sismologun ise birkaç milyon yıllık geçmişte hareket etmiş bir fay olarak tanımlamasına karşın mühendisin yapının ekonomik ömründe (life-time) aktif olan fayla ilgilenmesi gösterilebilir. Oysaki halk için aktif fay, çok yakın bir geçmişte hareket etmiş olan faydır.

Bu tür etütlerde uygulanması gereken yöntemlerdeki aksamaların Türkiye'nin sosyo-ekonomik düzeyinden ileri geldiği düşünülebilir. Ancak Gülüskür Köprüsü ve Elbistan Elektrik Santrali örneklerinde inceleneceği gibi, günümüz koşullarında da uygulanabilecek yöntemlerin bulunmasına karşın yapılan çalışmalarda disiplinler arası bilinçli bir başın yokluğu nedeniyle belirgin yetersizlikler saptanmaktadır.

GÜLÜSKÜR KÖPRÜSÜ'NÜN PROJELENDİRMESİNDEKİ (DESIGN) SİSMİK VERİLER

Doğu Anadolu'da yer alan Keban Barajı Türkiye'nin en büyük mühendislik yapılarından biridir. Bilindiği gibi, bu kaya dolgu baraj 10 milyon m³ hacminde, betonarme kısmı ve dolu savağı ise 1 milyon m³ kapsar.

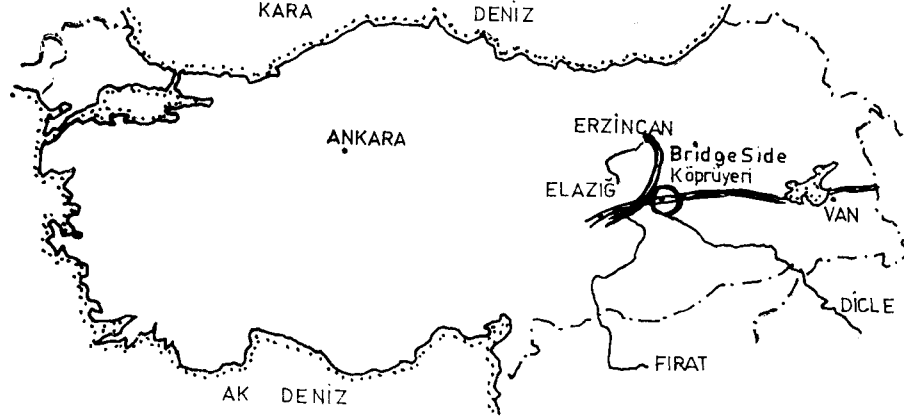
Bu hidro-elektrik santral tüm göreve sokulduğunda Türkiye'nin elektrik ihtiyacının iki katını temin edecektir. Baraj 150 km. uzunluğunda bir göl meydana getirdiğinden, böyle bir bölgede kara ve tren yollarının düzenlenmesini gerektirmektedir.

Konu olan Gülüskür Köprüsü, Murat Nehri üstünde 336 m uzunluğunda kara ve tren yolu köprüsüdür. Bu köprünün yeri, (Şekil : 1) mevcut kara yolu ve tren köprüsü arasında Keban gölünün en dar bir kesimidir, çevre koşulları (site condition) da istenilene uygundur.

«Doğu Anadolu'nun sismik aktivitesi dizaynda gözönüne alınacak önemli bir faktördür» diyorlar köprünün dizayn ve yapımını yapanlar. Bu bölgede hasar yapan şiddetli depremlerin meydana geldiği ve Hazar Gölü'nden Palu'ya uzanan geniş bir fay ve depresyon sisteminin yer aldığı yazılıyor. Ve bütün büyük yapıların dizaynında, beklenen deprem şiddet (intensity) değeri olarak 9 (Mercalli-Sieberg skalası) şiddetinin gözönüne alınması öngörülüyor. Depremler için hesap yükü (design-load) olarak 0.10 g yatay ve 0.05 g düşey ivme alınıp hareketli yük (live-load) için 0.05 g yatay ivmeye ekleniyor.

Projenin parasal yönü Danimarka'nın Türkiye'ye verdiği geliştirme öduncünden (development loan) karşılanarak COWICONSULT Danimarka danışma firması dizaynı yapıyor. Köprünün yapımı ise Batı Almanya öduncünden sağlanıyor (Ostenfeld, 1973).

Biliniyor ki, memleketimiz geçen yarı yüz yıl içinde dünya deprem aktivitesinin en yüksek olduğu bir alan olmuştur. 1939 Erzincan Depremiyle başlayan sağ yönlü, doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay'ının asrımızdaki ilginç aktivitesinden başka, son yıllarda Antakya, Maraş, Elazığ arkında-Doğu Anadolu Fay Zonu (Arpat, 1972) -başka bir sismik zonun aktifleştiği görülüyor. Tektonik-jeolojik çalışmalarda sol yönlü, doğrultu atımlı



Şekil : 1 — Gülüşkür Köprüsünün Fırat üstündeki yeri

Figure : 1 — Location of the Gülüşkür Bridge on the Eastern Euphrates

olduğu saptanan bu zona 1971 Bingöl Depremi sismik veriler eklemiştir. «Köprü yeri» (bridge site) bu ikinci sismik bölgede yer almakta ve aynı zamanda değişik deprem mekanizmalı Kuzey Anadolu aktif fayı depremlerinin tesir alanlarından uzak bulunmaktadır.

Böylesine temel (fundamental) veriden de anlaşılacağı gibi, köprü yapılan yöre sismotektonik yönden özel bir çalışma gerektirir. Yalnız «Hazar Gölünden Palu'ya uzanan geniş bir fay ve depresyon sisteminin bulunduğunu» bilmek ne dereceye kadar yeterli olabilir.

Beklenen şiddet değeri olarak verilen 9 (Mercalli - Sieberg skalası) ki IX Mercalli - Sieberg'dir - şiddetinin yineleme periodu (return period) nedir ve konu olan bölge için incelenmiş midir?

En ilginç ise, böyle bir köprünün dizayn hesaplarında IX Mercalli - Sieberg şiddetinin, ne gibi esaslara dayanarak 0.10 g gibi yer ivmesine dönüşüm yapıldığının da ve ilmeyişidir. Basit bir irdeleme bile IX MS deprem şiddetinin hiç olmazsa 0.10 g'nin beş katı bir değer olacağını gösterebilir (Can, 1973).

Son yıllardaki incelemeler, mühendislik çalışmaları için yalnız pik ivme (peak acceleration) değerinden çok bir ivme kayıt dizisinin (acceleration sequence) önemsenmesini vurgular. Örneğin: ard arda gelen üç yüksek ivmeli pulslar yine aynı sayıda fakat aralarında ufak pulslarla ayrılmış olanlardan daha çok hasar yaparlar (Şekil : 2).

İvme kaydının frekans içeriği ve ivme amplitüdlerinin genel dağılımına önem verilmelidir (Schnabel, 1973).

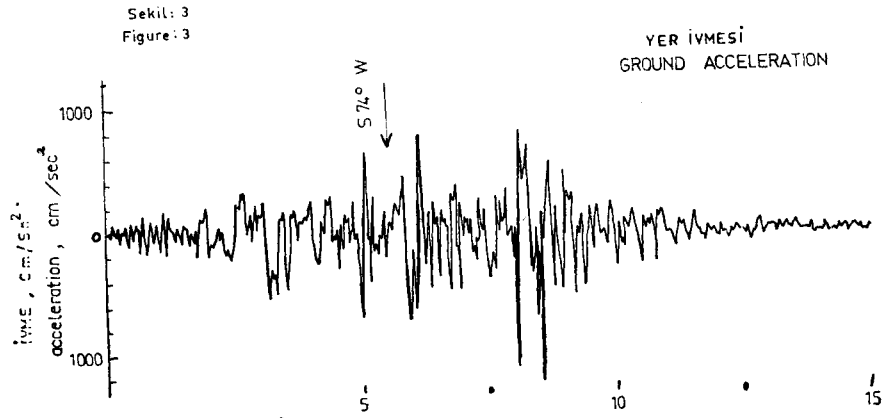
Diğer taraftan, üst limiti 0.50 g : yer çekimi ivmesinin yarısı olarak kabul edilen en büyük yer ivmelerinin ise San Fernando, Kaliforniya depreminde % 120 g (gal) gibi bir



Şekil : 2 — Kuvvetli hareket kaydı

Figure : 2 — Strong-motion record

değere çıktığı bir baraj gövdesindeki kuvvetli hareket sismografı (strong-motion seismograph) kaydında izlenmiştir (Trifunac, 1973) (Şekil : 3).



Şekil : 3 — San Fernando, Kaliforniya (1971) Depremi, Pacoima Barajındaki kuvvetli hareket sismografı kaydı

Figure : 3 — San Fernando, California Earthquake (1971), Pacoima Dam acceleration record

Son olarak, köprünün dinamik analizi yapılmış mıdır? Bu konuda San Fernando Depremi'nin karayolu ve köprü dizaynında iyi bir ders öğrettiği söylenebilir. Şimdiye kadar Kaliforniya'da hiç bir karayolu köprüsü depremden dolayı hasara uğramamıştı (Elliot, 1972) fakat yapı mühendislerinin (structural engineers) zamanımıza dek depreme dayanıklı kabul ettikleri köprüler M : 6.6 Richter gibi ılımlı bir magnitüdü fakat % 120 g'yi aşan yer ivmeli bir depremde beklenmedik bir görünüm gösterdiler. Örneğin :

- Beton kolonlar burulmaya dayanamayarak ufalandı ve bu nedenle yapı çöktü,
- Genleşme derzlerinin yetersizliği izlendi,
- Betonun kırıldığı yerdeki bağlantıların yetersizliği,
- Kazıkların temelde ankraj yerlerinde hasar,
- Kenar ayak üzerindeki tabliyenin ileri geri hareketi nedeniyle yan duvarların ufalandığı görüldü.

Bunlardan başka, toprağın sıvılaşılarak (liquifaction) köprü duvarlarını ve kenar ayaklarını toprak desteğinden yoksun etmesi, çok büyük karayolu hasarına sebep olmaktadır.

Şunu unutmamak gerekir ki, dizaynda yapıya uygulanan statik deprem kuvveti yer-yer sallayan deprem kuvvetinin dinamik değişimlerine hiç benzememektedir.

Çalışmalarda, deprem hareketini (earthquake motion), temel malzemesini (foundation material) ve yapı davranışını (structural response) kapsayan bir «dinamik analiz (dynamic analysis)» şüphesiz en çok istenilendir.

ELBİSTAN ELEKTRİK SANTRALI ÇEVRE İNCELEMELERİ

Güneydoğu Anadolu'da, Kahraman Maraş dolaylarında yapılmakta olan ve ilk adımda 1200 megavat kapasitesine sahip olan Elbistan Elektrik Santrali yöresinin jeodinamik değerlendirilmesinde faydalanılan sismik değerler şöyle verilmiştir :

«Elektrik Santrali Güneydoğu Anadolu Fay zonundan 20 km. uzakta bulunuyor. Ve bu zondaki deprem magnitüdülerinin son 370 senede 6.5'u geçmediği belirlenmiş. Diğer taraftan, Kuzey Anadolu Fayı ise yalnız 1939 Erzincan Depreminde M : 8.1 magnitüd göstermiştir. Bu fay, elektrik santralının yapıldığı yöreden 250 km. uzaktadır. (Şekil : 4). Kanai'nin beklenen görünen hız spektrum (expected pseudo-velocity spectrum) amprik bağıntısı kullanarak, E (v),

$$E(v) = 10^{(0.61 M - 1.73 \log R - 0.67)} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{A}}\right)$$

hesaplanıyor. Burada, $A \sim f(\alpha, T, T_g)$

olarak özetlenebilir.

M : magnitüd

R : episentral uzaklık

α : yoğunluk ve hızların oranı - jeoteknik verilerden hesaplanmış

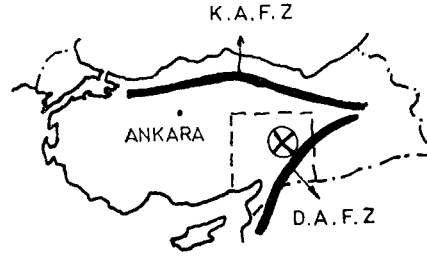
T : doğal periot

T_g : dalgaların hakim periodu

İki tane dizayn depremi (design earthquake)

1. R : 20 km. M : 6.5

2. R : 250 km. M : 8.0 için spektra hesaplanmıştır. (Soydemir, 1975).



Scale : 1/850 000

K.A.F. Z : Kuzey Anadolu Fay Zonu

D.A.F. Z : Doğu Anadolu Fay Zonu

Şekil : 4 — Elbistan Elektrik Santrali'nin yeri

Figure : 4 — Location of the Elbistan Power Plant

Kanai'nin (1961) amirik spektrum $E(v)$ bağıntısının orijini olan Tsuboi'un (1954).

$\log A_m : M - 1.73 \log \Delta - 0.83$ bağıntısında

M : Richter Magnitüdü

Δ : Episentral uzaklık

A_m : Yer değiştirmenin amplitüdü, mikron

olarak verilir.

Bu formül, Japonya'daki depremlerin A ve Δ bilindiği takdirde M magnitüdünü bulmak için yapılan çalışmadır. Bu formülü Türkiye'deki depremler için kullanırken düşünülen nedir? Herşeyden önce bu formülün geçerliliği Türkiye'de konu olan bölge için saptanmış mıdır? Deprem magnitüdülerinin 370 senede 6,5'u geçmediği belirtilmiş derken baş vurulan belgelerde verilen M Richter midir yoksa başka bir bağıntı çıkarılmış mıdır?

Sismolojik çalışmalarda önemli bir büyüklük olan Magnitüd kavramının farklı disiplin uygulayıcıları tarafından ciddiyle incelenmesi gerekliliği her fırsatta görülmektedir.

Spektral hız için kullanılan denklem, Δ uzaklığı 100 km olduğu özel durum gözönünde tutularak ve yukarıda yazılan $\log A_m$ formülünü sismik dalgaların derinlerdeki spektrum formülleriyle birleştirerek elde edilmiştir. Türkiye'deki konu olan çalışmada alınan R : 250 km. ve M : 8.0 olan bir dizayn depremi (design earthquake) için de geçerli kabul edilmesindeki ölçüt nedir?

Deprem hareketinin zemin yüzeyindeki hız spektrumu için Kanai tarafından verilen formülde

: T sismik dalgaların perodu (period of seismic waves)

T: yerin hakim periodu (predominant period of the ground) olarak gösterilir. Eğer bu kavramlar farklı disiplinlerde T: tabii period, T_g : dalgaların hakim periodu olarak alınıyorsa Kanai'nin çalışmasının niteliği gerektiği kadar anlaşılmamış, orijinalinden çok değişik bir anlam kazanmış olur.

Bu çalışmanın ilginç olan yanı, incelenmesi gereken bölgenin aktif faya uzaklığının 20 km. olmasına karşın, yerinde (in-situ) bir tektonik ve sismolojik çalışmaya gereksinim duyulmamasıdır.

SONUÇ :

Türkiye'nin genellikle, her bölgesinin zaman zaman deprem aktivitesi gösterdiği günümüzde tartışılmaz bir gerçektir artık. Ve bu günkü çağdaş ilim ve teknoloji düzeyi ise, nükleer santraller, barajlar, köprüler ve çok katlı binalar gibi büyük mühendislik yapılarının depreme dayanıklı dizaynını gerektirmektedir.

Ülkemiz için büyük önemi olan bu sorun ancak, jeoloji, sismoloji ve mühendislik gibi farklı disiplinlerin araştırmacı ve uygulayıcılarının beraber çalışmalarıyla çözülebilir. Fakat, disiplinler arası bağ Gülüskür Köprüsü ve Elbistan Elektrik Santrali örneklerinde görüldüğü gibi bilinçsiz bir girişimden çok olumlu bir bilimsel alış-veriş olmalıdır.

Örnek verilen çalışmaların kapsamından çıkarılan sonuçlar başlıca iki bölümde özetlenebilir :

a. Aktif bir fay zonuna 20-50 km. yakınlıktaki bir bölgede kurulacak büyük bir mühendislik yapısı yöresinin jeolojik, jeofizik — özellikle deprem sismolojisi, yapay sismoloji ve kuvvetli hareket sismolojisi — ve yapı mühendisliği konularında rejyonal ve yerinde ayrıntılı incelenmesi gereklidir. Bu inceleme sonuçları değerlendirildikten sonra dizaynda kullanılabilir.

b. Bu tür çalışmaların istenilen verime ulaşabilmesi için konuyla ilgili disiplinlerin bilinçli girişimlerde bulunmaları zorunludur.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AMBRASEYS N. N., Value of historical records of earthquakes **Nature vol. 232 Aug. 1971.**
- ARPAT E., The East Anatolian Fault System **MTA Bull. Apr. 1972.**
- CAN R., Earthquake Zone **Concrete v. 7 n. 5 1973.**
- ELLIOT A. L., The San Fernando Earthquake **Civil Engineering ASCE Sept. 1972.**
- HOUSNER G. JENNINGS P. Problems in seismic zoning **Procee. VWCEE 1973.**
- KANAI K., An empirical formula for the spectrum of strong earthquake motions **Bull. of the Earthquake Research Institute vol. 39, pp. 85-95 1961.**
- OSTENFELD C. et al. Building a bridge in a Turkish Earthquake Zone **Concrete v. 7 n. 2 1973.**
- SCHNABEL P. B. and SEED H. B., Accelerations in rock for earthquakes in the Western United States **BSSA Vol. 63. n. 7. 1973**
- SOYDEMİR Ç. GÜRPINAR A., A geodynamical evaluation of the Elbistan Power Plant site **Procee. VECEE vol. 1 n. 16 1975.**
- TRIFUNAC M. D, HUDSON D. E., Analysis of Pacoima Dam Accelerogram **U. S. Department of Commerce, NOAA v. 3 p. 375. 1973.**
- TSUBOI C., Determination of the Gutenberg-Richter Magnitude of earthquakes in and near Japan **Journ. Seism. Soc. Japan vol. 7 n. 3 1954.**