

Deprem Bölgelerinde Zemin Etütleri Nasıl Yapılmalı

Türkiye'nin üçte ikilik bölgesi deprem riski altında olduğuna göre bu ülkede yapılacak zemin ve temel etütleri de deprem riskine göre yapılması zorunlu olmak durumundadır. Esasında zemine bağlı deprem hasarını en aza indirmek için zemin ve temel etütlerin nasıl yapılacağını bize doğanın kendisi göstermektedir. Doğanın cevabı tartışmasız en doğru cevaptır. Nasıl mı? ABD bu sorunu çözmüş, onun için Amerika'yı yeniden keşfetmeye gerek yok. Örneğin; 1985 Mexico City depreminde deprem üstünden 400 km uzaktaki şehrin tam merkezinde ağır hasar kuşağının meydana gelmesi, sismik dalganın yayıldığı ortamda yer içinde kireçtaşı ortasında düşük hızlı bir seviyede kanalize olan ardışık yansımaların meydana gelmesi ve şehir merkezinin altında derin bir kanyonun varlığı derin etütler içeren jeofizik yöntemlerle saptanarak açıklanabilmiştir, [1].

1995 Kobe depremindeki ağır hasar bölgeleri tabankaya kıvrımlarının sismik dalgaların yayılım yolunu etkilemesi ile yeryüzünde oluşan odaklanmaların neden olması ile açıklanmıştır, [2]. 1994 Northridge depreminde de benzeri durumun dikkat çekici bu ve benzeri özellikler üzerine Jeolojik Araştırma Kurumu olan ABD Geological Survey (USGS) tarafından deprem tehlikesi azaltma çalışmaları yapan bilim adamları, özetle, ağır hasar mevkilerinin yer içi heterojen jeolojik özelliklerinin sismik dalgaların yayılım yollarını etkilemesiyle oluşan zemin sarsıntı genliğini, ivmesini ve müddetini büyütmesinden kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Bu bulgularıyla **ağır hasar mevkilerini önceden belirlemek için büyük bir deprem beklemeye gerek olmadığı sonucuna varmışlardır**, [5], [6].

Adapazarı ili 1999 depreminde şehir merkezindeki ağır hasar mevkilerinin nedenini Japon bilim adamları jeofizik uygulamalarla şehir merkezi altında gevşek alüvyon içinde tespit ettikleri çok sarp bir tabankaya köşesinin bulunması ile açıklamışlardır, [4].

17 Ağustos 1999 depreminde İzmit Büyükşehir Belediyesi sınırlarında jeoloji sınıflamasına göre yerleşime uygun ve jeoteknik sınıflamaya göre Z_2 olarak tanımlanan bölgelerin belirli mevkilerinde ağır hasarların yoğun olması, yerleşime uygun olmayan ve Z_4 olarak tanımlanan bölgelerde hasar olmaması durumuna açıklık getirmek amacıyla, belediye tarafından söz konusu belirsizliklerin yurtdışında uygulanan yöntemlerle daha detaylı incelenmesi gerekli görülmüştür.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi zemin ve deprem şube müdürlüğü ve MTA uygulamaları ortak sonucuna göre İzmit ili içindeki 1999 deprem ağır hasarları; çoğunlukla GK doğrultulu tali fayların sahile yakın kesimlerindeki 35-40 m deriliklerdeki lokal gömülü vadilerin oluşturduğu sismik dalga yayılımlarının yeryüzünde odaklanmasıyla, Vadilerin yanal değişimlerine yakın mevkilerde yüzey (Rayleigh) dalgalarının gelişmesiyle, Kıltaşı kırık mevkilerinde sismik enerji boşalmasıyla meydana gelmiş olduğu, Zemin sıvılaşması nedeniyle hasar oluşmadığı, körfez bataklığındaki tek ve çok katlı binalarda hasar oluşmadığı tespit edilmiştir.

İstanbul Avcılar ve Civarı Örneği: 1999 Körfez depremi Avcılar ve Küçük çekmece bölgesinde göl kenarındaki Z_4 sınıfındaki bataklık zeminde yapılmış tek ve çok katlı binalarda

hasar olmamış, fakat Z_2 olarak tanımlanan mevkilerde ağır hasalar oluşmuştur. Söz konusu **Deprem hasar dağılım olayını jeolojik ve jeoteknik zemin sınıflamalarıyla açıklamak mümkün değildir.** Keza, Körfez depreminde olduğu gibi, İzmir (Seferihisar) ve Saros Körfezi depremlerinin İstanbul'un diğer bölgelerine göre 1999 depremi Avcılar ağır hasar bölgesinde daha fazla hissedilmesi, ancak ABD ve Japonya'daki deprem tehlikesi azaltma çalışmaları ile açıklanabilir.

Yukarıdaki deprem etkisi örneklerinde doğanın söylediği bir kural vardır ve yukarıda verilen örneklerde yaşanmış derslerden zemin ve temel etütleri için şu sonuç çıkmaktadır: Deprem esnasında zemin davranışını doğrudan tanımlayan başlıca faktörler sismik dalga yayılım yolları yapısı, zeminin sismik hızları, titreşim periyodu ve ivmesidir. Bu faktörlerin dışındakiler ancak sığ derinlikler için dolaylı bilgi sağlayabilir. Mikrobölgeleme etütlerinde sismik dalgaların yayılım yollarına bağlı potansiyel ağır hasar mevkilerini tahmin edebilmek için kesinlikle yeraltı jeolojik yapısı ve özellikle tabankaya topoğrafyası ile mekanik özelliğinin en az 100 metre derinlikte ve yeraltısuyu seviyesinin haritalanması ve saptanacak potansiyel ağır hasar mevkilerinin imar planlarında sakıncalı olarak yer alması şarttır. Bu bakımdan, mikrobölgeleme veya parsel etütlerinde 15-20 metre derinlikli etütler ancak mühendislik yapısı aktif derinliği sınırlarında zemin oturması saptaması için yeterli olabilir. Potansiyel ağır hasar mevkilerini belirlemek için yeterli değildir. Sadece 15-20 metre derinlikli mühendislik yapısı aktif derinliği zemin oturması etütleriyle yetinmek deprem riskli bölgeler için günü kurtarma etütleri olup eksik ve sakıncalıdır. Örneğin; ağır hasarların meydana gelmesinde önemli faktörlerden biri olan yüzey dalgası aktif derinliği 30-40 metre derinliklere kadar inebilmektedir. Bu nedenle, parsel bazındaki etütlerde 30 metre derinliğe kadar olan zemin birimlerinin sınıflamasının öncelikle kayma dalgası hızıyla yapılması ABD National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) koşulu ve AB standardı olmuştur. Mikrobölgeleme etütleri belirtilen koşullarda yapılmamış bölgelerde ada veya parsel bazında zemin ve temel etütleri yapmak sakıncalıdır. Keza ada veya parsel bazında zemin ve temel etütlerinde söz konusu etkileri dikkate almayan raporlar eksik ve sakıncalıdır. Çünkü olası bir ağır hasar mevkisinde zemin ve temel etüdü raporunun dayanağı yoktur. Sorumluluk getirir.

Çok disiplinli olan deprem hasarlarını azaltma amaçlı zemin etütleri yukarıda belirtilen hususları da içermesi, keza disiplinler arası ortak çalışmayı gerektirirken maalesef disiplinlerin birbirini dışlayıcı davranışlarla karşılaşmaktadır. Bu bağlamda, ilgili disiplinlerin eğitim-öğretimdeki alt yapılarına göz atmak yerinde olur. Lisans seviyelerinde okunan zemin mekaniği ve genel jeoloji bilgileri ile zemin etüdü yapılamaz. Deprem hareketi ve mühendislik yapısı arasındaki ilişki zemin mekaniğinin konusu da değildir, Mühendislik Sismolojisinin kapsamındadır. Jeofizik Mühendisleri bölümün diğer dersleri yanında zorunlu olarak sismoloji, mühendislik sismolojisi ve uygulamalı sismik, zemin dinamiği, zemin mekaniği, kaya mekaniği, mekanik sondaj tekniği, en az 4 farklı temel jeoloji dersleri ile mühendislik jeolojisi ve hidrojeoloji dersleri okumaktadır. İnşaat Mühendisleri bölümün dersleri yanında sadece inşaat mühendisleri için jeoloji ve temel zemin mekaniği olmak üzere 2 ders okumaktadır. İnşaat Mühendisliği jeoteknik lisans üstü eğitimde de jeofiziğin sismik ve sismoloji derslerini içeren zemin dinamiği dersleri jeofizikçi kadar okumamaktadır. Ne yazık ki, inşaat mühendislerince hazırlanmış olan 1998 ve 2006 yılı "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar hakkında Yönetmelikte yüksekliği" 60 metrenin altında olan mesken binalarında arazi ve lâboratuar deneylerine dayanan 'zemin etüt raporu' nun zorunlu olmadığı ..." maddesi sorumluluk gerektiren bir maddedir. Bu yönetmelik maddesi inşaat mühendislerinin zemin etütlerine bakış açısını yansıtmaktadır.

Deprem esnasındaki zemin davranışını tanımlayan zemin sismik hızı, ivmesi, büyütmesi parametrelerinin ve deprem dalgası yayılım özelliğinin saptanması Jeoloji mühendisliğinin de konusu değildir.

Mekanik sondaj ve kayaçların mekanik özellikleri jeoloji, jeofizik, jeoteknik ve maden mühendisliği gibi yerbilimleri mühendislik eğitiminde fizik matematik ve kimya gibi ortak temel mühendislik teknik bilgileri konumundadır.

Deprem esnasındaki zemin davranışını tanımlayan parametrelerinin saptanması jeofizik mühendisliği eğitiminin zorunlu bir paçasıdır. Bu bakımdan, günümüzde jeofizik mühendisliği etütleri yer içinin yapısal ve fiziksel özelliklerini görüntüleyen radyoloji konumundadır. Bugün ülkemizde deprem bölgesi zemin etütleri için gerekli olan en çok ders okuyan mühendislik dalı Jeofizik mühendisliği dalıdır. Buna rağmen, jeofizik mühendisliği zemin etütleri için bilimsel dayanağı olmayan haksız eleştiriler yapılmaktadır. Örneğin; *Jeoteknikçiler “Sismik hızlardan elde edilen taşıma gücü ve oturma hesapları düşük-deformasyon ve kısa-sürelili yüklemenin sonucudur ve yalnızca düşük deformasyonlarda geçerlidirler. Bir yapının statik ve/veya dinamik koşullarda oluşturacağı deformasyonların büyüklüğü ve plastik oluşu düşünülürse, planlanan yapının temel tasarımında jeoteknik veri olarak kullanılması oldukça sakıncalı olur”* diyerek olumsuz tavır konulmaktadır.

Halbuki; 1- Deprem dalgası yayılımında içinden geçtiği tüm özelliklerini yansıtan kayaçların sismik hızları deformasyona sebep olan deprem enerjisinin büyüklüğüne ve müddetine bağlı değildir. 2- Zemin mekaniği ile ilgili literatürde; “zeminde gerilme dağılışının gerçeğe daha yakın bir hesabı olarak zemini elastik ortam olarak kabul ederek elastik teoriye dayanan çözümler kullanılmaktadır. Zemin birçok halde bu şartları sağlamasa da elastik çözümler özellikle homojen killer için gerçeğe yakın, uygun değerler vermektedir.” denilmektedir, [7].

[9] ye göre; zemin etütleri uygulamalarında aynı zemin için zemin taşıma kapasite değerlerinin uyumlu elde edilmesi ve Zemin mekaniği ile sismik hızlardan elde edilen yük-oturma eğrilerinin benzer değişime sahip olmaları sismik dalga yayılmasında oluşan deformasyon miktarlarının küçük olmasının zeminlerin sismik hızlarla incelenmelerinin sakıncalı olmadığını göstermektedir.

Deprem bölgelerinde zemin etütleri çok disiplinli etütlerin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Asıl olan çok disiplinli yapılmayan zemin etütleri eksik ve sakıncalıdır. Ancak inşaat mühendislerin “İnşaat mühendisinin ihtiyaç duyacağı miktarda ve doğrultuda jeoloji ve jeofizik mühendisinin hazırlayacağı rapor ve değerlendirmeleri alarak kendi değerlendirmelerini de katarak rapora son şeklini verir” veya jeoloji mühendisinin “jeoloji mühendisinin gerek duyduğunda jeofizik mühendisinin hazırlayacağı rapor ve değerlendirmeleri alarak kendi değerlendirmelerini de katarak rapora son şeklini verir” görüşünde olmaları son derece yanlıştır ve risklidir. Bir mühendisin farklı bir alandaki mühendisin teknik çalışmasını nasıl yönlendirebilir. Yeraltı incelemelerinde her an sürprizlerle karşılaşılabilir. Bu sürpriz üç farklı mühendislik dalı için farklı olabilir. Çok disiplinli alanlarda ortak çalışma konsültasyonla yürütülmesi gerekir. Bu da jeoloji-jeofizik ve inşaat (jeoteknik uzmanı) mühendislerinin müstakil olarak hazırlayacakları raporlardan inşaat mühendisinin inşaat projesi tasarımı için sonuç raporu hazırlaması ile olur.

Esasen yapılması gerekenlerin hangi mühendislik dalı tarafından yapılmasından ziyade yapılanın doğru yapıp yapılmadığının denetimi daha önemlidir. Mühendislik dalının görev alanını sınırlandırmak mesleki şovenist davranışları artırır. Kişi ilgi duyduğu bir alanda

kendini yetiştirmiş olabilir. Örneğin; Zemin Mekaniğinin babası Terzaghi makine mühendisliği kökenlidir. Örnekler çoğaltabilir. Bu nedenle jeoloji, jeofizik ve inşaat mühendisliği görev alanlarını sınırlandırma doğru değildir. Zemin etütlerinde Jeofizik yöntemleri uygulayan birçoğ jeoloji, inşaat mühendisleri ve öğretim elemanları var. Yapılanların sağlık derecesi nedir, jeofizik veri işlem analizini hangi altyapı bilgisiyle yapabiliyorlar acaba? O nedenle denetim çoğ daha önemli olmaktadır.

Sonuç olarak, deprem olayının doğasına aykırı zemin etüt yapılırsa doğa ağır hasar ile cezalandırıyor. şimdiye kadar hep böyle oldu, dileğim bundan sonra olmasın.

Prof. Dr. Ali Keçeli

Yararlanılan kaynaklar

- [1] Alvarez R.,1990, Stucture of the Basin of Mexico City and Its Relation to Destruction in the Earthquake of 1985: Geotechnical and Evironmental Geophysics VoI III. pp(263-279).
- [2] Motosaka M., and Nagana M., 1997, Analysis of Amplification Charateristics of Ground Motions in the Heavily Damedged Belt Zone During the1995 Hyogo-Ken Nanbu (kobe) Earthquake: Earthquake Engineerring and Structural Dynamics, VoI. 26,377-393.
- [3] Schuster G., Benz H., Murphy M., Hill J., Sikorski C., and Tsay C., 1990, Prediction of Seismic Ground Amlification By Forward Modelling Techniques, Geotechnical and Evironmental Geophysics VoI.:III, Geotechnical, p.:1-23.
- [4] Hiroyuki G. and Sumio S., 1999, Numerical Simulation of Strong Motion Around Adapazarı Basin During the 1999 Kocaeli Earthquake, TURKEY
- [5] USGS Response to an Urban Earthquake -- Northridge '94
- [6] The Local Effects of Strong Ground Shaking
<http://pubs.usgs.gov/of/1996/ofr-96-0263/>
- [7] Özüdoğru K., Tan O. Ve Aksoy İ. H., 1996, Zemin Mekaniği: Birsen Yayın evi.
- [8] Terzaghi, K., and Peck, R.B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. 2nd ed., John Wiley & Sons, London.
- [9] Keçeli A., 2010, Sismik Yöntem ile Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması: Jeofizik Bülteni. Sayı 63, sayfa 65-76.
- [10] <http://www.dpa.ca.gov/textdocs/specs/s3/s3756.txt>
Engineering Geologist California State Personel Board Specification
- [11]
http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_difference_between_Geological_Engineering_and_Engineering_Geology#ixzz1C2SBEQ00