

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİNİN DEPREM-ZEMİN-YAPI ÜÇLÜSÜNE UYGULANMASI

Doç. Dr. Sismolog Öz Yılmaz

ÖZET

Deprem-zemin-yapı üçlüsünde en popüler konu, ve dolayısıyla medyada en fazla işlenen depremin kendisidir. Halbuki en fazla sorumluluk ve insanımızı doğrudan ilgilendiren konular ise zemin ve daha da önemlisi yapıdır. Deprem hareketinin bir binaya tatbik ettiği kuvveti, dolayısıyla muhtemel hasarı azaltmak için binanın kütlelerini ve/veya hareketin ivmesini azaltmalıyız. Unutmayalım ki, deprem ağır yapılara daha fazla yüklenir. Dolayısıyla, binalarımızı hafif malzemeyle yapmalıyız. Yani, yapıları hantal beton ve tuğla yığınları şeklinde inşa etmek yerine, inşaat kültürümüzü değiştirip, yapılarda ahşap ve çelik malzeme kullanmalıyız. Ve nihayet, deprem hareketinin ivmesini ise, bir yandan zemini ıslah ederek, yani gevşek bir zemini sıkılaştırarak azaltabiliriz, bir yandan da yeni yerleşim alanları için tarımsal amaçlı kullanılması gereken gevşek alüvyon malzemeden müteşekkil ovalar yerine kaya zeminden müteşekkil yamaç araziler tahsis etmeliyiz.

Depremi bir cümlede nasıl tarif edersiniz?

Deprem, yerkabuğunu teşkil eden irili-ufaklı levhaların izafi hareketleri esnasında temas yüzeylerinde biriken yükün ani serbest bırakılmasıdır. Bu cümledeki anahtar kelime “ani” --- biriken yük yavaş yavaş serbest bırakılırsa, herhangi tehdit karakteri olmayan mikro depremler vukubulur.

Şimdi lütfen sebep-sonuç ilişkisini kurarak, bu konuyu biraz açar mısınız?

Yerkürenin dış çekirdeği bir nükleer santral gibi çalışır, bu santral muazzam bir ısı üretir, ısı enerjisi çekirdeği saran mantoya transfer edilir, ısınan yarı-akışkan manto yerkabuğuna doğru yükselir, yükselen malzeme okyanusların ortasında belli eksenler boyunca yeni kabuk oluşmasını sağlarken, eski kabuk da kıta kenarlarının altından mantoya dalar ve tüketilir. Manto içindeki ısı konveksiyon akımlarının sebep olduğu kabuk yenileme ve tüketme hadisesi, yerkabuğunu teşkil eden levhaların birbirlerine izafi hareketleri sonucu temas yüzeylerinde yükün birikmesine ve bu yükün aniden boşalmasına, yani depremlerin oluşmasına neden olur. Depremler, aslında yerkürenin dinamik karakterinin bir tezahürüdür. Levha hareketleri sonucunda dağ oluşumu ve bunun neticesinde de bütün tabiat hadiselerinin gelişmesi de yerkürenin dinamik karakterinin bir başka tezahürüdür.

Türkiye’deki depremlere sebep olan levha hareketini tarif eder misiniz?

Özellikle, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay zonlarının her iki tarafındaki levhaların zıt istikamette esas itibarıyla yanal hareketleri esnasında sürtünmeleri sonucu, fay düzleminde biriken yükün aniden serbest bırakılmasıyla vukubulan depremler bizi ilgilendirmektedir. Fay zonlarında, levhaların birbirlerine zıt istikamette yatay hareketleri sonucu vukubulan depremler, yerkabuğunun tüketildiği eksenlerde vukubulan depremlerden genellikle daha küçüktürler. Lakin Erzincan 1939 ve Kocaeli 1999 depremleri gibi yedinin üstünde

* Bu bildiri Jeofizik Mühendisleri Odası adına düzenlenmiştir.

büyükölçekte de vukubulabilirler. Deprem sismolojisinde son yılların en önemli keşfi, levha içindeki depremlerin, örneğin Anadolu Levhasındaki gibi, faylar boyunca mevcut lokal zayıf zonlardaki yük birikiminden ziyade, esas itibarıyla levhaların birbirlerine izafî hareketleri sonucu daha büyük ölçekteki rejyonal yük birikiminden ötürü olmasıdır.

Fay zonları boyunca levha hareketleri sadece yanal yönde midir?

İyi bir soru. Fay zonları boyunca levha hareketlerinin hem yanal hem de düşey bileşenleri vardır. Ama bazı fay zonlarında yanal hareket daha baskındır; örneğin, Kuzey ve Doğu Anadolu Faylarında olduğu gibi. Bazı fay zonlarında ise düşey hareket daha baskındır; örneğin, Ege Bölgesindeki fay sistemlerinde olduğu gibi. Burada önemli olan husus, yanal hareketin baskın olduğu fay zonlarındaki depremler, düşey hareketin baskın olduğu fay zonlarındaki depremlerden daha büyük olurlar.

Deprem büyüklüğü ile fayların uzunluğu arasında bir ilişki var mıdır?

Bir fay zonu boyunca levhaların temas yüzeyleri ne kadar büyükse, diğer bir deyişle fay zonu ne kadar uzun mesafe katediyorsa, biriken tektonik yük ve dolayısıyla deprem de o kadar büyük olur.

Deprem-tsunami ilişkisi nedir?

Tsunami, Japonca bir sözcüktür. Japon Adalarının doğu sahilleri boyunca Pasifik Levhası Asya Levhasının altına dalmaktadır. Bu hareket, daha önce de ifade ettiğimiz gibi çok büyük depremlere sebep olmaktadır. Ayrıca, dalan kütlelerin düşey yönde ani hareketi neticesinde, Pasifik Okyanusunun çok kalın su tabakası da birlikte ani bir düşmeye maruz kalır. Bu hadise de çok uzun periyodlu ve yüksek genlikli su dalgasının oluşmasına neden olur. Dev dalgalar sahile vardığında tsunami felaketi olur. Tsunamiye neden olabilecek dalma-batma levha hareketi Anadolu sahillerinde, olsa olsa Akdeniz’de Hellenik Dalma Kuşağı boyunca mümkündür. Marmara’da ise Japonya, Sumatra, Alaska veya Şili Sahillerindeki gibi tsunami tarzında büyük bir felaket düşünülemez.

Marmara Bölgesi Türkiye’nin sanayi ve ticareti bakımından en önemli bölgesi --- bu bölgenin depremselliği hakkında ne söyleyebilirsiniz?

Marmara Deniz’i aslında Anadolu’da hakim yanal atılım hareketiyle Ege Denizinde hakim düşey hareketler arasında geçiş zonu. Bu nedenle, Marmara Denizinde, bilhassa orta kısımda, Kuzey Anadolu Fay Zonunda vukubulan büyük depremler beklenemez. Diğer yandan, ne yazık ki, son yıllarda yapılan araştırmalara rağmen, Marmara Baseninin fay geometrisi güvenilir doğrulukta henüz tespit edilememiştir. Bununla beraber, eldeki verilere istinaden denilebilir ki geçmişte İstanbul’u, Marmara içinde İstanbul’a yakın büyük bir deprem yerine İzmit veya Gelibolu’da vukubulan uzak bir depremin lokal zemin etkisi tehdit etmiştir. Nitekim, 1999 Kocaeli Depreminin Avcılar’daki hasar ve can kaybı lokal zemin etkisindendir.

Marmara Baseninin tektonik modelinin güvenilir doğrulukla bilinmediğini ifade ettiniz. Bu konuyu biraz açar mısınız?

Güvenilir bir tektonik model için, Marmara’da son üç yıl içinde yapılmış takdire şayan araştırmalara ek olarak, fay yüzeylerinin geometrisi ve ‘strike-slip’ ve ‘verticalslip’ bileşenlerinin tanımlanmasına yönelik bir ‘high-resolution sub-bottom seismic profiling’

* Bu bildiri Jeofizik Mühendisleri Odası adına düzenlenmiştir.

gerekmektedir. Eldeki sismik, gravite, manyetik, batimetre, ve sismik aktivite verilerine istinaden, Marmara için kuzeydoğugüneybatı istikametinde bir kuvvet çiftine maruz bir ‘pull-apart’ tektonik model önerilebilir. Bu modele göre, Marmara, İzmit doğusunda Kuzey Anadolu Fayı (KAF) boyunca hakim ‘strike-slip’ rejimiyle, Ege’de hakim ‘vertical-slip’ rejiminin bir geçiş zonedir. Bir anlamda, Marmara kısmen de olsa tektonik anlamda yükün biriktiği bir zon yerine, tam tersine bir gevşeme zonedir. Dolayısıyla, Marmara’da, bilhassa orta basende ve İstanbul’a yakın mesafede, İzmit’in doğusunda veya Saros’daki gibi 6.5 veya daha büyüklükte bir deprem beklemek yanlış olur. İstanbul’u, yakındaki bir büyük deprem yerine, uzaktaki bir büyük deprem ‘local site effect’ bakımından her zaman tehdit etmektedir. Bölgedeki büyük depremlerin tekrarlama periyodu, tarihsel depremlere istinaden 100-150 yıl arasında kabul edilirse, medyada popülerize edilen ‘İstanbul’a yakın, beklenen büyük depremin,’ aslında ‘İstanbul’dan 170 km uzakta, 1999 yılında olup bittiğini söylemek’ pek de yanlış addedilemez.

Depremi önceden tahmin edebilir miyiz?

Nasıl hava durumunu, çok ama çok parametrelili fiziksel bir hadise olmasına rağmen, tahmin etmeye çalışıyorsak, depremin de nerede, ne zaman, ve hangi büyüklükte, ve nasıl bir fay hareketi sonucu olacağını tahmin etmeye çalışmak da doğaldır. Ayrıntılara girmeden, kayaçların sismik ve elektrik özdirenç gibi bazı fiziksel özelliklerinin depremden birkaç saat önceden birkaç ay öncesine kadar değişime maruz kaldıklarını söyleyebiliriz. Lakin, deprem tahmini pratikte kullanılabilir bir düzeyden çok uzak, üstünde daha çok araştırma yapılması gerekli bir konudur. Bu durumda, mühendislik ve bilim alanlarında uğraşanlar olarak, kamuoyunu ‘tahmin senaryolarıyla’ meşgul etmemiz doğru değildir. Yarardan ziyade, tahmin haberleri sosyal ve ekonomik zarara neden olur.

Deprem kayıtlarının alınmasından önceki tarihsel depremlerin büyüklüğünü nasıl tahmin edebiliriz?

1509 yılında küçük kıyamet diye adlandırılan ve İstanbul’da büyük hasara sebep olan büyük bir deprem oldu. Merkezüstünün nerede olduğu bilinmemekle beraber İzmit civarında olduğu tahmin edilmektedir. 1766 depreminin merkez üstünün Gelibolu, 1894 depreminin ise yine İzmit civarında olduğu bilinmektedir. Lakin bütün bu depremlerin büyüklüğü hakkında güvenilir bir tespit yapmak Osmanlı dönemine ait tarihi belgelere istinaden oldukça zordur. Bunun sebebi, deprem hasarını merkezi hükümete rapor edenler ya kadılar ya da imamlardı. Bu kişiler, merkezi hükümetten azami yardımı temin edebilmek için deprem hasarını ziyadesiyle mübalağa ederlerdi. Lakin, depremin süresi hakkında ise masumane gerçeğe yakın bir süreyi telaffuz ederlerdi. Bu nedenle, depremin büyüklüğü hakkında güvenilir tahmini, rapor edilen hasar tür ve miktarı yerine, ancak ve ancak deprem hareketinin süresine istinaden yapabiliriz. Depremin süresiyle büyüklüğü arasında ampirik ilişkiye istinaden, örneğin, yaklaşık ardarda üç büyük şokun 19 saniye sürdüğü 1894 depreminin 6-6.5 büyüklüğünde olduğu tahmin edilmektedir.

Zeminin depremselliği hakkında neler söyleyeceksiniz?

Bir inşaat projesi için zeminin sismik anlamda tanımlanması binaların emniyetli olmasını ağılamaya yönelik zemin ıslahı için elzemdir. Zeminin sismik anlamda modelini oluşturan parametreleri sondajlardan ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bilgilerle birlikte kullanarak, geoteknik mühendisi ‘zeminin geoteknik modelini’ gerekli hassasiyetle tanımlayabilir. Depreme yönelik geoteknik modelleme, zemin hakim periyodunun ve zemin büyütme katsayısının tesbiti, zeminin suya doymuşluk derecesini gösteren Poisson oranının

* Bu bildiri Jeofizik Mühendisleri Odası adına düzenlenmiştir.

hesaplanması, sivilaşma ve mikrozonlama analizlerinin yapımı, ve nihayet binaların asismik tasarımını kapsar. Zeminin sismik modelini tanımlayan jeofizikçi bir kardiyolog gibi, zeminin geoteknik modelini tanımlayarak ıslahını projelendiren cerrah rolündeki geoteknik mühendisine yardımcı olur. Çok-katlı bir binayı bir yay gibi düşünürsek, binanın deprem esnasındaki hareketini yayın sönümlü salınımına benzetebiliriz. Bu salınımı tarif eden esas parametre yayın salınım periyoduna eşdeğer olan binanın kendine mahsus periyodudur. Kayaya göre nispeten gevşek malzemeden müteşekkil zemin içinde yayılan deprem dalgaları, bir kaval içinde üretilen ses dalgaları gibi davranır. Üflenlen kavalın bazı ses harmoniklerini üretilip, sonra onların genliğini büyütüp bize duyurması gibi, zemin de maruz kaldığı yüzey dalgalarının harmoniklerini büyütüp yanall yönde yayılmasına neden olur. Zemini bir radyo verici istasyonu, binayı da bir alıcı istasyon gibi düşünürsek, en az parazitle en fazla ses iki istasyonun frekanslarının çakışmasıyla elde edilir. Benzer, fakat arzu edilmeyen biçimde, deprem esnasında zemin hakim periyoduyla bina periyodu çakışırsa, bina tehlikeli biçimde sarsılabilir. Zemin ıslahının bir amacı, zeminin yüzey dalgalarını büyütmesine ve zemin hakim periyodunun uzamasına karşı tedbirler almaktır. Bunu sağlamak için ya zeminin gevşek tabakalarını maliyeti makul ise hafriyatla sıyrmanız gerekir, veya eninedalga hızını zemini sıkılaştırarak arttırmanız gerekir.

Yapının depremelliği hakkında neler söyleyeceksiniz?

Yeni bir yapı tasarlarırken, depremin etkisini en asgariye indirebilmek için Semih Tezcan Hocamızın belirttiği şu kurallara mühendislerin ve mimarların titizlikle riayet etmeleri gerekmektedir. “Çerçevesi sistemler yerine perdeli sistemleri tercih et. Planda düzgün ve sismetrik sistemleri seç. Burulmaya olanak verme. Binanın hiçbir yerinde gereksizce ağır kütle oluşturma. Zayıf kolon güçlü kiriş yerine, güçlü kolon zayıf kiriş seç. Ağır cephe askıları ve panelleri kullanma. Kısa kolona müsaade etme. Tehlike katına (yumuşak kat) müsaade etme. Çelik profil kolonlu yapılarda, Japon Mucizesi denilen kompozit kesitleri kullan. Betonarme kolonları ise alt ve üst uçlarında etriyelerle yoğun bir tarzda sar. Bitişik binaların çarpışmasına engel ol. Kat başına iki cm boşluk bırak. Kolonları konsollara veya kiriş ortalarına oturtma. Yumuşak zeminlerde sivilaşma ve/veya büyütme riskini çok iyi analiz et. Temelde ve/veya üst katlarda sismik izolatörler ve söndürücüler kullanarak mutlak deprem güvencesini garantiye al.” Deprem hareketinin bir binaya tatbik ettiği kuvveti, dolayısıyla muhtemel hasarı azaltmak için binanın kütlelerini ve/veya hareketin ivmesini azaltmalıyız. Dolayısıyla, binalarımızı hafif malzemeyle yapmalıyız. Yani, yapıları hantal beton ve tuğla yığınları şeklinde inşa etmek yerine, inşaat kültürümüzü değiştirip, yapılarda ahşap ve çelik malzeme kullanmalıyız. Deprem hareketinin ivmesini ise, zemini ıslah ederek, gevşek bir zemini sıkılaştırarak azaltabiliriz.

Gevşek zemin üzerine oturtulmuş bir yapı kaya üzerine oturtulmuş bir yapıya göre, zemin ıslah edilmezse, deprem hareketinden daha fazla etkilenir ve hasara maruz kalma ihtimali daha fazladır doğru mu?

Evet. Gevşek zemin daha ziyade kil-siltkumdan müteşekkil alüvyon malzemenin çökeldiği ovalarda mevcuttur. Aslında bu konuyla yakından ilişkili esas mesele Bursa, Adapazarı, dana ve Mersin gibi ovaların yerleşime açılmaması, aksine tarımsal amaçlı kullanılması gerekirdi. Eski Bergama tapınakların bulunduğu ve esas itibarıyla kaya zeminden müteşekkil tepenin yamacındadır, yeni Bergama ise güzelim ova üstündedir. Ne acıdır ki, ikibin yıl öncesine göre ikibin yıl geriden düşünüyoruz. Deprem-yapı ilişkisine mahsus çok önemli bir hususu dikkatinize sunmak isterim. Örneğin Amerika’nın Kaliforniya Eyaletindeki sağ-yanal atılımlı San Andreas Fayı üzerinde San Francisco kentine yakın 6.5 büyüklüğündeki bir depremin sebep olacağı can ve mal kaybı, yine sağ-yanal atılımlı Kuzey Anadolu Fayı üzerinde İzmit

kentine yakın yine 6.5 büyüklüğünde bir depremin sebep olacağı can ve mal kaybından kesinlikle çok çok daha az olur. Bunun sebebi, yapılaşmamızın nispeten daha kötü kaliteyi haiz olmasındandır.

Türkiye'nin deprem gerçeği hakkındaki söyleşimizin bir özetini yapar mısınız, lütfen?

Deprem konusu bilimsel olması bakımından akademik ortamlarda tartışılmalıdır. Medyada bu konunun tartışılması, hele hele sismoloji konusunda mütehassıs olmayan deprem paparazzileri tarafından her deprem olduğunda gündeme getirilmesinin hiçbir yararı yoktur. İnsanları, doğal bir hadise olan depremden korkutmak ve tedirgin etmenin, yalan ve yanlışlarla aldatmanın ne faydası vardır? Üstelik, deprem konusunda bu ülkenin bilim insanlarının, medyada dedikodu yerine, bilimsel daha çok araştırma yapması gerekmektedir. Halkımızın bir depremi müteakip telaşlanıp gecelerini parklarda veya sokaklarda geçirmelerine meydan vermemek için, örneğin, Fethiye'deki depremden sonra tsunami olur mu, veya Marmara'daki 5.1 büyüklüğündeki depremin ardından daha büyük deprem olur mu gibi soruların muhatabı olacak Amerika, Çin ve Japonya'daki gibi resmi ve yetkin bir kuruluşun gerektiği zaman bilimsel beyanda bulunarak deprem paparazzilerini susturması gerekmektedir. Depremden ziyade, medyada işlenmesi gereken mühendislik konuları olması, dolayısıyla insanları doğrudan ilgilendirmesi bakımından, zemin ve daha da önemlisi yapıdır. Bu iki hususta yapılması gerekeni, Newton'un İkinci Kanunu çok açık biçimde ifade etmektedir: Bir cisme tatbik edilen ve onu harekete maruz bırakan kuvvet eşittir cismin kütlesi çarpı hareketin ivmesi. O halde, deprem hareketinin bir binaya tatbik ettiği kuvveti, dolayısıyla muhtemel hasarı azaltmak için ne yapmalıyız? Binanın kütlesini ve/veya hareketin ivmesini azaltmalıyız. Unutmayalım ki, deprem ağır yapılara daha fazla yüklenir. Dolayısıyla, binalarımızı hafif malzemeyle yapmalıyız. Yani, yapıları hantal beton ve tuğla yığınları şeklinde inşa etmek yerine, inşaat kültürümüzü değiştirip, yapılarda ahşap ve çelik malzeme kullanmalıyız. Ve nihayet, deprem hareketinin ivmesini ise, bir yandan zemini ıslah ederek, yani gevşek bir zemini sıkılaştırarak azaltabiliriz, bir yandan da yeni yerleşim alanları için tarımsal amaçlı kullanılması gereken gevşek alüvyon malzemedan müteşekkil ovalar yerine kaya zeminden müteşekkil yamaç araziler tahsis etmeliyiz.