

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE GEOTEKNİK UZMANLIĞI İHLALİ

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 19/8/2008 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe giren “Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği”nin 57. maddesi d fıkrasının 1,2,3. bendleri ile statik projeye teşkil edecek zemin etüdü (geoteknik etüt) raporu hazırlanmasına ilişkin kısımlarında yeni düzenlemeler getirilmiştir.

Yeni düzenlemenin geoteknik uzmanlık alanımızı ihlali nedeniyle, Odamız tarafından geoteknik konusunda uzmanlardan ve üniversitelerin inşaat mühendisliği bölümü geoteknik ana bilim dalındaki öğretim üyelerinden görüş talep edilmiş ve gelen görüşler doğrultusunda yönetmeliğin iptaline ilişkin dava açılmıştır.

Konu ile ilgili Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi tarafından Odamıza gönderilen yazı aşağıdadır.

TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI YÖNETİM KURULU BAŞKANLIĞINA, ANKARA

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 19 Ağustos 2008 tarihinde, yayınlanarak yürürlüğe giren “Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği”nin 57. Maddesi d fıkrasının 1,2, 3. bendleri ile statik projeye esas teşkil edecek zemin etüdü (geoteknik etüt) raporu hazırlanmasına ilişkin olarak yeni düzenlemeler getirilmiştir.

Yeni düzenlemenin bilimsel ve evrensel mesleki gerçeklerle bağdaşmaması sebebiyle, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Yönetim Kurulu 9/10/2008 tarihinde toplanmış ve aşağıdaki görüşlerin inşaat Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Başkanlığına iletilmesine karar vermiştir.

• Yapılan düzenleme, tüm dünyadaki üniversiteler, mesleki kuruluşları, bilimsel ve uygulama birimleri tarafından kabul edilen ve inşaat mühendisliğinin bir ihtisas dalı olan Geoteknik Mühendisliğini inkar etmektedir. Ayrıca, Avrupa Birliği normlarıyla tariflenen (Euorocode 7 ve Eurocode 8) Geoteknik Mühendisliğinin kapsam ve yetkileriyle bağdaşmamaktadır. Avrupa Birliği normlarında, Geoteknik Mühendisi, özel ihtisas sahibi bir inşaat mühendisidir. Geoteknik uygulamalarının, inşaat mühendisinin sorumluluğunda yapılmasındaki esas ve değişmez unsur, hizmet verilen yapıların, inşaat mühendisliği yapıları olmasıdır. Örneğin, her tür bina, sanayi yapıları, ulaştırma ve su yapıları, yeraltı yapıları, enerji santralleri, spor ve kültür tesisleri, alışveriş merkezleri ve benzeri bu kapsamda olup geoteknik mühendisliği hizmetini verecek meslek insanının inşaat mühendisliği diplomasına sahip olması gerekir. Konunun, inşaat mühendisliği lisans diplomasının ötesinde ilave ihtisas gerektirmesi nedeniyle tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de bir çok üniversitemiz geoteknik mühendisliği alanında ihtisas yapmış İnşaat Yüksek

Mühendisi yetiştirmek üzere yüksek lisans programları açmıştır. Nitekim, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği (ZMTM) Türk Milli Komitesi, Uluslararası Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği (ISSMGE) kuruluşunun üyesi olup ülkemizdeki tüm geoteknik mühendisliği konularındaki eğitim, araştırma, yayın, uluslararası bilgi alışverişi ve ortak şartnamelerin geliştirilmesi konularında Yüksek Öğretim Kanunu (YÖK) uyarınca faaliyet göstermektedir.

• Bütün bu hususlar göz önünde bulundurulduğunda; söz konusu yönetmelik, inşaat mühendisliği diploması olmayan (jeoloji mühendisi, jeofizik mühendisi ve benzeri) meslek mensuplarına yetki vermesi nedeniyle uygulamada telafisi mümkün olmayan fahiş mühendislik hatalarına sebep olacağı aşikardır. Bunun sonucu olarak, toplumun can ve mal güvenliğini tehdit eder bir konumdadır.

• Yönetmeliğin bu haliyle uygulanması durumunda, yukarıdaki açıklamalar çerçevesinde, Anayasamız “toplumun can ve mal güvenliğini korumasını düzenleyen maddesine” aykırı bir durumun ortaya çıkacağı aşikardır.

• Konunun doğrudan İnşaat Mühendisleri Odası'nın yetki ve sorumluluğunda olması nedeniyle, yukarıdaki açıklamalardan hareketle, 19 Ağustos 2008 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe giren “Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği”nin 57. Maddesi d fıkrasının 1, 2, 3. bendleri ile statik projeye esas teşkil edecek zemin etüdü (geoteknik etüt) raporu hazırlanmasına ilişkin maddelerinin iptal edilmesi doğrultusunda her türlü girişimin başlatılmasının İnşaat Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu'ndan talep edilmesine 9/10/2008 tarihinde yapılan ZMTM Türk Milli Komitesi yönetim kurulunda oy birliğiyle karar verilmiştir. Saygılarımızla sunulur.

Prof. Dr. Ahmet SAĞLAMER (İTÜ Geoteknik ABD Başkanı)

Prof. Dr. Feyza ÇİNİCİOĞLU (İÜ Geoteknik ABD Başkanı)

Prof. Dr. Turan DURGUNOĞLU (BÜ Emekli Öğretim Üyesi)

Prof. Dr. Kutay ÖZAYDIN (YTÜ Geoteknik ABD Başkanı)

Prof. Dr. Mete İNCECİK (İTÜ Geoteknik Anabilim Dalı)

Prof. Dr. Ufuk ERGUN (ODTÜ Geoteknik Anabilim Dalı)

Dr. Rasin DÜZCEER (KASKTAŞ Genel Müdür Yardımcısı)

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE GEOTEKNİK UZMANLIĞI

Prof. Dr. S. Feyza ÇİNİCİOĞLU

*Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Milli Komitesi Genel Sekreteri
İÜ İnş. Müh. Blm. Geoteknik Anabilim Dalı Başkanı*

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 19 Ağustos 2008 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe giren “Planlı Alanlar Tıp İmar Yönetmeliği”nin 57. Maddesi d fıkrasının 1, 2, 3. bendleri ile statik projeye esas teşkil edecek zemin etüdü (Geoteknik Etüt) raporu hazırlanmasına ilişkin olarak yeni düzenlemeler getirilmiştir. Getirilen yeni düzenlemeler Jeoloji ve Jeofizik Mühendisliği ile İnşaat Mühendisliği arasında öteden beri süregelen mesleki alan kesişme ve çatışmalarını içinden çıkılmaz boyutlara getirecektir. Bunun ötesinde inşaat mühendisliği hizmetlerinin doğru ihtisas alanlarının birikimleri ile yapılması bakımından bilim ve mühendislik dünyasında son 100 yılda elde edilen gelişme ve dünyaca kabul edilmiş ve standartlaşmış gerçekleri görmezden gelir niteliktedir. Yapılan düzenleme tüm dünyadaki üniversite, mesleki kuruluşlar, bilimsel ve uygulama birimlerinde yerini almış olan İnşaat Mühendisliği içinde yer alan Geoteknik Mühendisliğini inkâr etmektedir. Geoteknik mühendisi sadece inşaat mühendisi değildir. İnşaat mühendisliği birikimini zemin, temel, zemin yapıları gibi zeminlerle ilgili geniş bir anlayışla birleştiren Geoteknik konusunda yüksek lisans yapmış veya bu konudaki uygulamaları ile yetkin olduğu tanımlanmış olan inşaat mühendisidir.

Söz konusu düzenlemedeki sorunları irdelemek için öncelikle inşaat ve jeoloji mühendisliği eğitimi ile ne tür formasyon kazanıldığını incelemek gerekir. İnşaat ve Jeoloji Mühendislerinin eğitim süreçlerinde edindikleri formasyonun yapısı hangi konularda eğitildiklerine bakılarak daha iyi anlaşılabilir.

İnşaat Mühendisi statik, dinamik, mekanik, akışkanlar mekaniği, to-

pografya, inşaat jeolojisi, zemin mekaniği, temel mühendisliği, gömülü yapılar, akışkanlar mekaniği, hidrolik, su yapıları, malzeme, konstrüksiyon tip, yöntem ve süreçleri, yapı analizleri, yollar, ulaştırma sistemleri, ulaştırma alt ve üst yapıları konularında eğitilmiştir ve uygulamalarında çalışmıştır.

Jeoloji Mühendisi ise dünyanın evrimi, kayalar, mineraller, fosiller, jeolojik yapılar, akışkanların etkileri, çökme, alterasyon ve çökme ortamları, deprem ve tektonik olaylar, mineraloji, petrografi, jeokimya, topografya ve harita bilgisi, kaya mekaniği, maden yatakları, sondaj bilgisi, hidrojeoloji, zemin mekaniği, mühendislik jeolojisi konularında eğitim almaktadır.

Her türlü inşaat zemine dayanır, yüklerini zemine aktarır, zeminle paylaşır veya doğrudan zeminin içine yapılır. Bu sebeple de mühendislik projelerinin tasarımı, konstrüksiyonu ve operasyonu sürecinde zemin ve/veya kaya ortamının ve yer altı suyunun özellikleri ve yapılacak yapıyla birlikte nasıl davranacağı bilgisine inşaat mühendislerinin ihtiyacı vardır. Bu ifade aynı zamanda Geoteknik Mühendisliğinin tanımıdır.

Yukarıda ifade edilen inşaat mühendisliği ve jeoloji mühendisliği eğitim içeriklerinin analizi ile kolayca anlaşılabilirliği gibi zemin ortamının nasıl oluştuğu ve ne tür süreçlerle hangi katmanlardan meydana geldiği, bu katmanların fiziksel özellikleri gibi bilgiler jeoloji ve mühendislik jeolojisi birikimi ile elde edilebilir. Ancak İnşaat mühendisliği uygulamaları için zemin ortamının bu kapsamda ve bu anlayışla yorumlanmasının yeterli olmadığı 1900’lü yılların başında ve özellikle de yüksek yapıların ve önemli alt

yapı projelerinin yapılmaya başlaması ile ortaya çıkmıştır.

İnşaat mühendisliği projelerinin boyutlarının artması ile birlikte aşırı muhafazakâr tasarımların veya doğru uygulamanın yapılamamasından kaynaklanan göçmelerin önüne geçmek güvenlik ve ekonomi anlayışı bakımından gerekli olmuştur. Bu bağlamda, inşaat mühendisliği disiplini içinde inşaat mühendisliği hesap yöntemleri ve anlayışı ile bağdaşan ve zeminlerin mekanik tepkisini (davranış değişimini) sayısal olarak ifade edebilen, kuralları ve sistemi net olarak ifade edilmiş bir bilim dalının (Geoteknik Mühendisliği) doğması kaçınılmaz olmuştur. Jeoloji Zemin Mekaniğini destekleyen temeldir ama onun üzerine kurulan “Geoteknik Mühendisliği” zeminlerin mekanik tepkilerini yük ve zamana bağlı olarak tanımlayan, bu mekanik etkileşimi içine veya üzerine yapılan yapı ile birlikte yorumlayan, sadece yapı yapılmadan önce değil yapı yapılırken ve sonrasında kullanılırken de zeminin yapı ile birlikte nasıl davranacağını analitik yöntemlerle öngören İnşaat Mühendisliği disiplindir.

Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği’nin kurucusu Karl Terzaghi 1934’te Londra’da İnşaat Mühendisleri Odası’nda yapı mühendislerine verdiği konferansta yapının temelden ve temel zemininden ayrı olarak analiz edilemeyeceğini anlatmış ve o tarihte adını koymadan da olsa zemin-yapı etkileşiminin önemini belirtmiştir.

Geoteknik Mühendisliği İnşaat Mühendisliği içinde yer alan bir ihtisas alanıdır. Buna karşılık Jeoloji/Jeoloji Mühendisliğinin Mühendislik Jeolojisi Anabilim Dalı vardır ve İnşaat mühendisliği ile jeoloji mühendisliğinin birbirleri ile bağlantısı bu iki

alanın birbirlerini tamamlayan çalışmaları ile gerçekleşir. Geoteknik mühendisi ilgilendiği projenin tip, yer ve önemine bağlı olarak değişen kapsamda mühendislik jeolojisi bilgisine ihtiyaç duyar ve mühendislik jeologları ile birlikte çalışır.

Aynı bağlamda Geoteknik mühendisliğinin yerin fiziği ile ilgili bilgi ve ölçümlere de ihtiyacı vardır. Bu işlevi yerine getirmek üzere ihdas edilen bilim alanı ise Jeofizik mühendisliğidir. Bizim ülkemizde ayrı bir mühendislik dalı olarak yapılanmıştır, buna karşın dünyanın çoğu ülkelerinde ve tipik olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde Jeoloji bilim alanının içinde bir ihtisas alanı durumundadır. Jeofizik mühendisleri yerin ve zeminlerin fiziksel özelliklerini ölçmek üzere eğitilmişlerdir. Eğitimlerinde hiçbir şekilde yapılacak yapıların yerin doğasını nasıl etkileyeceği hususu yer almamaktadır. Zeminin yapılardan nasıl etkileneceği, yapıyla iletişim halinde iken gerilme-deformasyon ve stabilize durumlarının nasıl değişip gelişeceği ve benzeri analizleri yapılacak bilgi birikimine sahip değillerdir ve bu amaç için yetiştirilmemişlerdir. Zaten bu durum jeofizik ölçümlerle elde edilen elastik parametrelerle ifadesi mümkün olmayan bir husustur. Bilindiği gibi zeminin yapıyla birlikte davranışının elastik sınırlar içinde yeterli, güvenli ve ekonomik bir şekilde ifade edilebilmesi mümkün değildir. Bir benzetme yapmak gerekirse tıp alanında radyoloji uzmanlarının görev alanları ne ise Jeofizik mühendisliğinin Geoteknik mühendisliği ile ilgili uygulamalardaki işlevi aynıdır. Bilindiği üzere tıp alanında radyoloji uzmanının yaptığı ölçümler teşhise giden yolda veya yapılacak tedaviye ya da ameliyata karar verilmesinde hayati öneme sahiptir. Ancak radyoloji uzmanının teşhis koyma veya ameliyat yapma yetkisi yoktur. Diğer disiplinlerin uzmanlıkları doğru yerde kullanmak adına gösterdikleri dikkat

ve itina'yı İnşaat Mühendisliği uygulamaları gibi toplumun can ve mal güvenliğini, ülkenin ekonomisini doğrudan etkileyen bir alanda göstermemek hiçbir bilimsel ve etik anlayışla bağdaşmaz.

Ayrıca vurgulanması gereken bir husus da, Geoteknik mühendisliğinin İnşaat mühendisliği içinde yapılanmış olmakla birlikte inşaat mühendisliği formasyonu ile jeoloji ve jeofizik mühendisliği alanlarına ait bilgileri bağdaştıran ve bu bilgilerin inşaat mühendisliği kapsamında içinde kullanılmasını sağlayan bir ihtisas alanı olduğudur. Dolayısıyla, geoteknik alanında ilave bir ihtisas yapmamış veya bu alanda yetkinleşecek uygulamalarını belgelememiş inşaat mühendislerinin Geoteknik uzmanının yerine geçemeyeceği açıktır. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 19 Ağustos 2008 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe giren "Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği"nin 57. Maddesi d fıkrasının 1, 2, 3. bendleri ile statik projeye esas teşkil edecek zemin etüdü (Geoteknik Etüd) raporu hazırlanmasına ilişkin olarak yeni düzenlemeler getirilmiştir. Getirilen yeni düzenlemelerin yukarıda kısaca özetlenen bilim ve ihtisas alanlarının kapsam ve işlevlerini iyi tanımamaktan kaynaklanan önemli hatalar içerdiği görülmektedir. Bilimin ve uygulamanın tüm dünyada kabul edilen gerçeklerine aykırı olan görev tariflerinin yapılması uygulamalarda ihtisas alanlarından doğru yararlanılmamasının doğuracağı hata ve kayıplara yol açabilecektir.

Yönetmelikteki düzenlemenin 1. maddesinde jeofizik mühendislerince yapılacağı ifade edilen taşıma gücü, oturma, sıvılaşma gibi davranışların değerlendirilmesi yapı-zemin etkileşimi kapsamında anlamlıdır, bu da zemin bilgisinin yanı sıra yapı bilgisi gerektirir, mekanik ve hidrolik kuralların iyi bilinmesini ve malzeme rijitliği değişimi bilgisine sahip olunmasını gerektirir. Ayrıca bu kavramları

zeminin fiziki özellikleri olarak ifade etmek doğru değildir zira yapıdan bağımsız taşıma gücünden, oturmadan bahsetmek anlamsızdır. Bilindiği üzere taşıma gücü yapının temel alanına, oturma ise temel tipine doğrudan bağlıdır. Ayrıca zeminin sıvılaşma kapasitesinin üzerine yapılan yapı ile değişeceği bilinmektedir. Tüm bunlara ek olarak ve en önemlisi söz konusu davranışlardan hiçbirisi zeminin başlangıç özelliklerinin fazla bozulmadığı elastik davranış sınırları içinde kalan davranışlar değildir. Bu anlayışla yapılan çözümler tek başına değerlendirildiğinde ve bu formasyonla yetişmemiş bir alanın mensupları bu işle görevlendirildiğinde en baştan kavram olarak bilimsel yanlış yapılmış olur.

Yönetmelikteki düzenlemenin 2. maddesinde tanımlanan "laboratuvar deneylerini ihtiva eden zemin-yapı etkileşiminin analizinde kullanılacak temel-zemin, zemin profili ve zemini oluşturan birimlerin fiziki ve mekanik özelliklerini konu alan çalışmalar..." ifadesi de yukarıdaki sebeplerle eksik ve hatalı yönlendirme yapmaktadır. Sondaj çalışmaları ve zemin, kaya birimlerin tanınması bakımından geoteknik mühendisi jeoloji mühendisleri ile birlikte projenin özelliğine bağlı olarak değişik kapsamlarda çalışabilir.

Yönetmelikteki düzenlemenin 3. maddesinde yapılan tanımlama ise tek kelime ile 100 yıllık gelişmenin inkârıdır.

Yukarıda özetlenen görüş ve bilgilerin ışığında söz konusu 1, 2, 3. maddelerde yapılan düzenlemeler eğer Geoteknik Mühendisliği 100 yıl kadar önce özel bir bilim ve ihtisas dalı olarak İnşaat Mühendisliğinin çatısı altında oluşturulmasaydı ve bütün dünya tarafından bu yapılanmayla kabul edilmeseydi geçerli veya en azından bir ölçüde anlamlı olabilirdi. Günümüz dünyasında bu yanlışın ülkemizde yapılmasını kabullenmek mümkün değildir. Saygılarımla.

ZEMİN ETÜDLERİNDE MÜHENDİSLERİN GÖREV PAYLAŞIMI

Doç. Dr. Sismolog Öz YILMAZ

Bu makalede, genel olarak mühendisliğin tanımını yaptıktan sonra, jeofizik mühendisliğinin faaliyet alanlarını özetliyeceğim. Bilahare, zemin etüdlere mahsus bir geoteknik projede iş akışı ve mühendislerin görev dağılımını tarif edeceğim.

Mühendisliğin Tanımı. Hans Oersted, 1820 yılında, elektrik akımına maruz kalan bir manyetik kompas iğnesinin hareket ettiğini keşfetmişti. Bu heyecan veren gözlemin izahı için birçok fizikçi yarışmasına laboratuvar deneyleri yapıyor, sonuçlara istinaden teoriler geliştiriyorlardı. Isınmış bir hava kütesinin aşağıdan yukarıya hareket ederek tornadoya dönüştüğü gibi, Michael Faraday, yine aşağıdan yukarıya seyreden bir elektrik akımının da etrafında devridaim bir manyetik rüzgar oluşturacağını ve bu rüzgarın etkisindeki bir manyetik iğnenin hareket edeceğini tahayyül etmişti. Bu hipotezi test için, Faraday, laboratuvarında bir deney düzeneyi geliştirmek üzere haftalardır uğraşmıştı. Nihayet, 1821 Eylül ayında, Oersted'in keşfine mahsus sırrı çözecek bir deney yapmayı başarmıştı. Önce, bir manyetik çubuğu bir ucundan bir ağırlığa bağlayıp, onun bir civa haznesi içinde, yüzen bir 'buoy' gibi, dik durmasını sağlamıştı. Sonra, civa havuzunun ortasına yine düşey konumda bir tel yerleştirip, içinden aşağıdan yukarıya seyreden bir elektrik akımı göndermişti. Faraday, bir keşfin başlangıcını yaşıyordu --- manyetik çubuk elektrik telinin etrafında saat-istikametine-zıt bir daire yörünge üzerinde dönmeye başlamıştı. Faraday, bu deneyiyle sadece manyetik tornado teorisini kanıtlamakla kalmamış, sonuçta dünyanın ilk elektrik motorunu da inşa etmişti. **Mühendis, fiziksel olayları, bilimin herşeyi sorgulayan müspet reh-**

berliğinde araştıran ve deney sonuçlarını insanoğlunun yararına dönüştürebilendir.

Eğer elektrik, manyetizma oluşturuyorsa, bunun tersi neden olmasın --- yani, manyetizma neden elektrik üretmesin? Faraday, bu ihtimali araştırmak için müteakip on yıl uğraşmıştı. Nihayet, 1831 Ağustos ayında, bu tersine porblemin sırrını çözecek bir deney yapmayı başarmıştı. Bir demir halkanın iki yarısına karşılıklı tel sarmıştı. Bir sargı teline, Volta'nın yeni icadı pili bağlayarak, elektrik akımı vermiş ve böylece bütün demir halkayı dolaşan bir manyetik rüzgar oluşturmuştu. Bu manyetik rüzgar, karşı taraftaki sargı telinde elektrik oluşturacak mıydı? Faraday, bu tele bir metre bağlamış ve sonucu nefesi kesilircesine izlemişti. Evet, evet, metrenin ibresi hareket etmişti! Hem hareket etmiş, hem de salınıp tekrar eski yerine geri gelmişti. Biraz beklemiş, lakin ibrenin artık hareket etmediğini izlemişti. Sonra, Volta'nın baterisini devreden çıkarınca, ibrenin yine hareket ettiğini görmüştü. Nasıl olurdu bu --- bir sargı telinden elektrik akımını kesince de, karşı sargı telinde elektrik üretmişti? Bütün gece bateryi tak-çıkarak yaparak bu deneyi defalarca tekrarlamıştı. Nihayet, Faraday'a ilham gelmiş gibiydi --- bir sargı teline verilen elektrik akımı manyetik tornado oluşturuyordu, ve bu da karşı sargı telinde bir elektrik akımı oluşturuyordu; ama elektrik akımı yalnızca manyetik tornadonun yoğunluğunun arttığı veya azaldığı zaman oluşuyordu. İbrenin zıplayıp tekrar eski yerine dönmesi ancak böyle izah edilebilirdi. Yani, Faraday, bateryi bağladığı veya çıkardığı zaman manyetik tornadonun yoğunluğunu değiştiriyordu; diğer zamanlarda manyetik tornadonun yoğunluğu demir halka içinde aynı kal-

dığı için elektrik akımı oluşmuyordu. Müteakip aylarda, Faraday deney düzeneyini daha da geliştirdikten sonra, şu tarihi keşfini teyid etmişti: Bir manyetik kuvvet artınca veya azalınca elektrik üretir; ne kadar süratli artar veya azalırsa, o kadar çok elektrik üretir. Bu keşif, biliminsanları tarafından heyecanla karşılanılmıştı; ancak, Faraday'ın yaptığı keşfi, matematik dilini kullanmak yerine yukardaki sözcüklerle ifadesi yadırganmıştı. Niçin? Çünkü, biliminsanı onyedinci asrın sonlarından itibaren, artık yaptığı keşifleri Newton ve Leibnitz'in icat ettiği 'calculus' dilini kullanarak kesin bir doğrulukla ifade edebiliyorlardı. Matematik, biliminsanının dili olmuştu. Faraday, bu açıdan bir istisnaydı --- o, çok zor şartlarda çocukluğunu geçirmiş ve matematik eğitimi alma şansına sahip olamamıştı. Faraday'ın ömür boyu amacı, Tanrı'nın ebedi ve ilahî gücünün tezahürü olan fiziksel olayları, deneysel gözlemlerle anlamak ve herkesin anlayacağı dilde anlatmak olmuştu. Ancak otuz yıl sonra, James Maxwell, Faraday'ın yukarda ifade edilen keşfini matematik dille tartışmasız bir kesinlikle ifade edebilmişti. Maxwell, manyetizmayı B ile, elektrisiteyi de E ile temsil ettikten sonra,

$$-\partial/\partial t$$

diferensiyel ifadesini, 'artma veya azalmadaki sürat' ('rate of change') anlamında,

$$\nabla \times$$

ifadesini de 'miktarı' anlamında kullanarak, Faraday'ın yukardaki sözlerini aşağıdaki denklemle ifade etmişti:

$$\nabla \times E = -\partial B/\partial t$$

Yani, manyetizma tarafından üretilen elektrisitenin miktarı, manyetik kuvvetin artış veya azalma süratine eşittir. Faraday, manyetik tornado gibi bir fiziksel olayın etkisini göz-

lemiş ve bu olaydaki 'değişimden' doğan elektrisiteyi ölçmüştü. Maxwell ise, Faraday'ın gözlem ve ölçümünü matematik dille mükemmel bir kesinlikle ifade etmişti. Yukarıdaki denklemden hemen anlıyoruz ki, bir manyetik kuvvet ne kadar süratli 'değişirse' o kadar çokça elektrik üretir. Manyetik kuvvet zamanda sabit kalırsa, büyüklüğü ne kadar olursa olsun, elektrik üretmez. Demek ki, fiziksel olayın büyüklüğünden ziyade, değişimi bir ürün ortaya çıkarır. Yukarıdaki denklem, endüstriyel çağdan elektrik çağına geçişin sembolü olan insan-oğlunun yararına kullanılacak başka bir motorun --- dinamonun icadına esas teşkil etmiştir.

Şimdi, ilk paragrafın sonunda mühendis için verdiğimiz tarife ince ayar yapabiliriz:

Mühendis, bir fiziksel olaydaki değişimin vesile olduğu başka bir fiziksel olayı, bilimin herşeyi sorgulayan müspet rehberliğinde araştırarak ve deney sonuçlarını matematik diliyle ifade ederek, insanoğlunun yararına dönüştürebilen bir mütehassistir. Siz mühendis iseniz, mesleğinizi icra etmek için, mutlaka bir diferensiyel denkleminiz olması gerekir. Bana, kullandığınız diferensiyel denklemi söyleyin, ben size mühendislik ihtisasınızın ne olduğunu söyleyeyim. Bernouilli diferensiyel denklemi, 'hareket etmekte olan bir akışkanın hızı ne kadar yüksek olursa, çevreye yaptığı basınç o kadar az olur' sözlerinin matematiksel ifadesidir. Bu denklem, bir boru içinde akan suyun boru çapı küçüldükçe niçin daha hızlı aktığını izah eder. Dolayısıyla, bu denklem, hidrodinamikte ihtisas yapmış inşaat mühendisinin denklemdir. Bu denklem, uçakların niçin havalanabildiklerini ve havada graviteye karşı direnerek seyredabildiklerini de izah eder. Dolayısıyla, bu denklem, aerodinamikte ihtisas yapmış makina mühendisinin de denklemdir. Isı diferensiyel denklemi, 'ısı akışına,

sıcaklık farkı ('temperature gradient') neden olur' prensibini ifade etmektedir. Bu denklem, ısıtma-soğutma sistemlerinde ihtisas yapmış bir makina mühendisinin denklemdir.

Jeofizik Mühendisliğinin Faaliyet Alanları. Yukarıdaki tariftten, mühendisi, mesleğini bir diferensiyel denkleme istinaden icra eden bir mütehassıs olarak tanımladık. Mütehassısılık hususunu açıklığa kavuşturmak için bir tabii bilim olan tıptan bir benzetme yapmak yerinde olur. Yirminci asırdan önce, bir hekim her türlü hastalıkla ilgilenmek zorundaydı. İnsan vücudunun ne kadar karmaşık bir kimyasal-elektrik-mekanik sistem olduğu anlaşıldı-ça, hekimler de ihtisaslaşmak zorunda kalmışlardır. Bugün, genel pratisyen hekimler, hiçbir zaman bir kardiyologun, bir dermatologun, veya bir nörologun ihtisaslaştığı konularda sorumluluk yüklenemezler. Aynı şekilde, insanoğlu yeni yüzyılda karmaşıklığı giderek artan mühendislik problemleriyle karşı karşıyadır. Bu problemler artık belli konularda ihtisası olan mühendislerin takım çalışmasıyla çözülebilmektedir.

Jeofizik mühendisi, yerüstünde yaptığı fiziksel ölçümlerle, yeraltını değişik fiziksel parametreler kullanarak tarifler. Jeofizik mühendisi, yerüstünde yaptığı fiziksel ölçümlerden ürettiği yeraltı parametrelerini, belli derinliğe kadar açılan kuyularda yaptığı fiziksel ölçümlerle kalibrasyona tabi tutar. Jeofizik mühendisinin diferensiyel denklem repertuarı çok zengindir; dolayısıyla, jeofiziğin kendi içinde ihtisaslaşma kaçınılmaz olmuştur. Sismolojide ihtisas yapmış bir jeofizik mühendisi, elastik ve akustik diferensiyel dalga denklemlerini kullanarak, petrol ve doğalgaz arama ve üretiminde, yeraltı suyu aramasında, deprem konusunda, ve zemin etüdlerinde

faaliyet gösterir. Elektrik-elektromanyetik metodlar üzerine ihtisas yapmış bir jeofizik mühendisi, Maxwell diferensiyel denklemlerini kullanarak, bilhassa maden aramalarında, heyelan gibi probleme münhasır çevre projelerinde, yeraltı suyu ve jeotermal kaynak aramalarında, ve arkeolojik araştırmalarda faaliyet gösterir. Potansiyel (gravite ve manyetik) metodlar üzerine ihtisas yapmış bir jeofizik mühendisi, Poisson ve Laplace diferensiyel denklemlerini kullanarak, maden aramalarında, arkeolojik araştırmalarda, ve karstik boşluklar gibi probleme münhasır çevre projelerinde faaliyet gösterir. Kaya fiziğinde ihtisas yapmış bir jeofizik mühendisi, difüzyon diferensiyel denklemini kullanarak, kaya içindeki sıvıların davranışına münhasır, örneğin, petrol ve doğalgaz rezervuar karakterizasyonunda faaliyet gösterir. Hatırlanması gereken husus, bütün bu faaliyet alanlarında, jeofizik mühendisinin ilgilendiği, esas itibarıyla yerin fiziksel parametrelerindeki uzay ve zamandaki değişimlerdir.

Geoteknik Projeye Mahsus İş Akışı. Zemin etüdüleri için geoteknik projelere mahsus iş akışı aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Beyaz harflerle tanımlanan kavramlar jeofizik mühendisinin, yeşil harflerle tanımlanan kavramlar jeoloji mühendisinin ve mavi harflerle tanımlanan kavramlar ise geoteknik mühendisinin sorumluluk ve uğraşı alanına girerler. Bir geoteknik projenin *nihai ürünü*, zeminin ıslahı için gereken *geoteknik tasarımıdır*. Zeminin ıslahı sonucu, zemini oluşturan malzemenin sıkılaştırılması, dolayısıyla kayma dalga hızının artırılması sağlanır. Geoteknik tasarıma örnekler arasında, muhtelif tarzda 'grouting,' fore kazık, çakıl kolonları, 'compaction piles,' istinat duvarları, ve drenaj sistemleri geoteknik mühendisleri tarafından yaygın biçimde uygulanmaktadır.



Geoteknik tasarımı gerçekleştirmek için, geoteknik mühendisi, zeminin geoteknik modelini tanımlamak zorundadır. Zeminin geoteknik modeli üç hususla tanımlanır --- *zemin geometrisi, zemin pedolojisi, ve zemin dinamiği*.

(1) *Zemin Geometrisi*: Zemini teşkil eden katmanların arayüzlerinin geometrisi, zemin-temelkaya arayüzünün geometrisi, varsa, zemini ve temelkeyayı etkileyen fayların geometrisi, heyelan kayma yüzeylerinin tesbiti, zemin ve temelkeyanın P- ve S-dalga hız-derinlik profillerinin tayini; hülâsa, zeminin sismik modeli, mühendislik sismolojisinde ihtisası olan jeofizik mühendisi tarafından tanımlanır.

(2) *Zemin Pedolojisi*: Zeminin üst-yapıya mahsus yüke maruz kalmadan doğal hali, özellikle, zemini teşkil eden malzemenin taşınma ve çökeltme tarihçesi, Holosen jeomorfolojisinde ihtisası olan jeoloji mühendisi tarafından tanımlanır.

(3) *Zemin Dinamiği*: Zeminin üst-yapıya mahsus yüke maruz kalması halindeki davranışı ise, geoteknik sondaj ve zemin laboratuar çalışmalarına istinaden geoteknik mühendisi tarafından tanımlanır. Geoteknik sondaj ile zemin profilinin tanımlanması jeoloji mühendisinin, laboratuar çalışmaları ile zemin dinami-

ğinin tanımlanması geoteknik mühendisinin görevidir.

Zemin geometrisi, zemin pedolojisi, ve zemin dinamiği ile ilgili çalışmaların sonuçlarının entegrasyonunu, dolayısıyla zeminin geoteknik modelinin tanımlanmasını ve bu modele istinaden zemin için geoteknik tasarımı da geoteknik mühendisi yapar. Gerekirse, zeminin bir deprem esnasındaki davranışını incelemek için geoteknik deprem mühendisi bu görevi üstlenir. Bir geoteknik projede, mühendislik sismolojisinde ihtisası olan jeofizik mühendisi ve jeomorfolojide ihtisası olan jeoloji mühendisi ara ürünleri elde eder, ve zeminin geoteknik modelini tanımlamaktan sorumlu geoteknik mühendisine takdim eder. Proje yürütücüsü olarak geoteknik mühendisi, zeminin geoteknik modeline istinaden, projenin nihai ürünü olan zemine mahsus geoteknik tasarımı da üstlenir.

Savlar. Zemin etüdüleri için geoteknik projelerde mühendislerin görev dağılımı hakkında aşağıdaki hususların dikkate alınması zaruridir.

(1) Çağımız ihtisas çağıdır; hiçbir mühendislik projesi, yalnızca bir mühendis tarafından yürütülemez, yalnızca bir mühendisin sorumluluğuna tasarruf edilemez.

(2) Jeoloji, yerbilimleri ile uzaktan

yakından ilgili bütün mühendislerin ---jeofizik mühendisinin, petrol mühendisinin, maden mühendisinin, geoteknik mühendisinin, zaten bilmesi, öğrenmesi gereken bir tabii bilimdir. Benim jeofizik mühendisliği akademik lisans programında, bütün temel jeoloji dersleri vardı --- yapısal jeoloji, petroloji, sedimantoloji, saha jeolojisi, petrol jeolojisi, mineraloji ve dahası. Tabii, bu derslere, petrol, maden, inşaat mühendisliği bölümlerinden aldığım dersleri de ekliyorum. Doktora sınavım dört bölümden müteşekkildi --- jeoloji, jeofizik, matematik ve fizik. Kısacası, bugün nasıl her mühendisin bilgisayar programlamasını bilmesi, veya en azından, mesleğinin bir safhasında icra etmiş olması gerekiyorsa, yerbilimleriyle ilgili bütün mühendislerin de jeolojide yalnızca temel değil, oldukça geniş bir bilgiye sahip olmaları gerekir.

(3) Zemin etüdülerinde jeofizik ve jeoloji mühendisleri, iş akışını tarif eden şekilden de görüleceği gibi, yalnızca ara ürünleri tayin ederler; zeminin geoteknik modelini ve buna istinaden nihai ürün olarak zeminin geoteknik tasarımı geoteknik mühendisi üstlenir. Bu nedenle, zemin etüdülerinde proje yürütücüsü de daima geoteknik mühendisi olacaktır.

(4) Buna mukabil, geoteknik mühendisi, geoteknik model için elzem olan zemin geometrisi, zemin pedolojisi ve zemin dinamiğinin tanımlanması için vazgeçilmez jeofizik ve jeoloji mühendisliği hizmetlerini mutlak surette talep etmelidir.

Son bir not olarak, bizde eğitimin menşei, 'jeoloji' ve 'jeofizik' bilim dallarında Fransız ekolüne, 'coğrafya' bilim dalında İngiliz ekolüne, ve 'geoteknik' bilim dalında Alman ekolüne dayandığı için mukabil tafuzlar dilimize yerleşmiştir. Dolayısıyla, 'geoteknik' sözcüğünün 'jeoteknik' olarak telaffuzu Karl Terzaghi'nin hatırasına münasip değildir.