



CEMAL GÖKÇE **(İMO İstanbul Şube Başkanı)-**

Sayın Konuklar, bugünkü söyleşimizin bizim açımızdan ve genç meslektaşlarımız açısından bir başka anlamı daha var: Bugün hocamız Sayın Uğur Ersoy, arkadaşlarımızla mühendislik yemini ettirecek ve bize mühendislikle ilgili bilgi verecekler.

Biz Uğur Ersoy’u sadece iyi mühendis olarak, iyi ders anlatan bir hoca olarak tanımıyoruz; Uğur Ersoy hocamızın diğer hocalarımızdan farklı bir özelliği daha var, mühendis olmanın yanında filozof bir yanı da var; yani mühendis olmanın yanında düşünen, yazan, anlatan ve insanları, özellikle de mühendisleri düşünmeye yönlendiren bir yanı var. Kendisini bugün yine her zaman dinlediğimiz gibi ilgiyle dinleyeceğiz ve söyledikleri üzerinde bir kez daha düşüneceğiz, anlattıkları üzerine de konuşacağız, tartışacağız.

Değerli meslektaşlarım, inşaat mühendisliği alanı, özellikle 1980 sonrası ülkede bozulan değerler sisteminin üzerinde bir yer edinemedi, edinebilmek şansı da yoktu. Değerler sistemindeki farklılaşma ister istemez bu alanı da etkiledi. Ama biz hep birlikte meslektaşlarımızla bu değerler sistemindeki bozulmayı tekrar geri almak doğrultusunda bir mücadele içerisindeyiz. Düzenlemiş olduğumuz toplantılarda bu ilgiyi, bu katılımı görüyoruz.

Geleneksel çerçevede ifade edilen bir söz var, hoş değil, ama doğru paydarlardır diye düşünüyorum. Top önce yere vurur, sonra zıplayarak yukarılara çıkar. Artık, mühendislik alanındaki bozulma da diğer değerler sistemindeki bozulma gibi çok boyutlu olmaya başladı, buna daha fazla tahammül edebilme şansımız yok. Mühendis olarak bizim tahammül edebilme şansımız yok, meslek odası olarak bizim buna tahammül edebilme şansımız yoktur; genç meslektaşlarımız olarak sizlerin buna daha fazla tahammül şansınız yoktur.

Bir araya gelerek bir kültürü, bir motivasyonu yeniden yaratmak durumundayız. Katıldığımız için çok teşekkür ediyorum ve sözü Prof. Dr. Uğur Ersoy

hocama bırakıyorum. Genç meslektaşlarıma önce bir yemin yaptıracağım. Yemini Uğur hocamız okuyacak, sizler de tekrarlayacaksınız, daha sonra da sohbetimize geçeceğiz. Teşekkürler arkadaşlar.

Buyurun Hocam.

Prof. Dr. UĞUR ERSOY-

Önce yemin faslını yapalım. Arkadaşlar lütfen ayağa kalksınlar. Yapacağımız yemin, “Mühendisin Yemini”. Ben paragraf halinde okuyacağım, lütfen benim arkamdan tekrarlayın:

“Bana verilen mühendislik unvanına daima layık olmaya, onun bana sağladığı yetki ve sorumluluğu bilerek, hangi şartlar altında olursa olsun, onları ancak iyi kullanmaya, yurduma ve insanlığa yararlı olmaya, kendimi ve mesleğimi maddi ve manevi alanlarda yükseltmeye çalışacağıma namusum üzerine yemin ederim”



Çok teşekkürler, eminim herkes duyarak, inanarak yemin etti. Değerli meslektaşlarım, bugün benim konuşmam biraz sohbet niteliğinde olacak. İnşaat mühendisliğinin bazı özellikleri üzerinde duracağım. Biraz daldan dala atlayacağım. Vereceğim örneklerin çoğu, yapı mühendisliğiyle ilgilidir. Ama hiç önemli değil. Su mühendisliğinde, zeminde ve diğer dallarda benzer örnekler bulabilirsiniz. Amaç, birtakım ilkeleri dile getirmektir.

Önce kısa olarak inşaat mühendisliği tarihinden söz edeceğim. Arkadaşlar, **Şekil-1**'de gösterilen bu yapı, bugün maalesef ayakta değil. Artemis Tapınağı'na baktığımız zaman ister istemez heyecanlanıyorsunuz. İki bin yıl önce inşa edilmiş olan bu yapının görkemi, insanı gerçekten şaşırtıyor. Bazı tarihçiler bu tapınağın depremde yıkıldığını savunurken, diğerleri istilacılar tarafından yerle bir edildiğini söylüyorlar. Bu tür bir yapının depremde yıkılmış olmasını yadırgamıyorum.



Şekil - 1

Şekil-2'deki fotoğrafta görülen yapıt, Adana'daki Roma köprüsü. Gördüğünüz gibi şu anda üzerinden trafik geçiyor, yani köprü halen kullanılıyor.



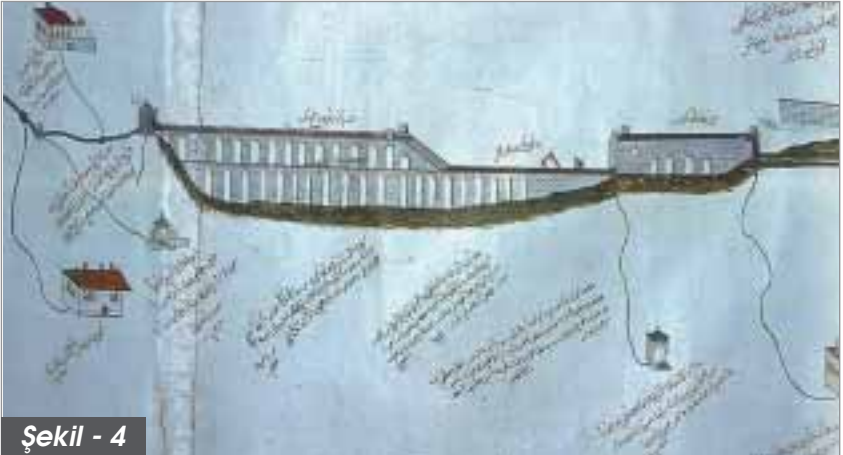
Şekil - 2

Şekil-3'teki fotoğrafta İstanbul'daki ünlü kemeri görüyorsunuz. Bozdoğan Kemerini, 240 km'den uzaktan, Istranca Dağları'ndan İstanbul'a su getiren projedeki bir yapı. O dönemde bu kadar uzaktan su getirmenin ne kadar büyük bir mühendislik projesi gerektirdiğini şöyle bir düşünün...



Şekil - 3

Şekil-4'te gösterilen çizim, 16. yüzyıla ait. İlginç olan, on altıncı yüzyılda İstanbul'da on bir barajın ve bin yüz çeşmenin var oluşu. Barajların kapasiteleri dikkate alındığında, kente kişi başına günde 200 litre su verilebileceği görülüyor. İki yüz litre gerçekten büyük bir kapasite. Aynı dönemde Paris'e sağlanan suyun günde kişi başına 1,5 litre olduğu dikkate alındığında, İstanbul'a sağlanan suyun ne denli büyük olduğu daha iyi anlaşılır!



Şekil - 4

Son olarak da Sinan Usta'nın şaheserini göstermek istiyorum. **Şekil-5**'te Selimiye Camii görünüyor. Selimiye gerçekten çok görkemli bir yapı. Mimari çözümler, estetik, kubbe çapı ve yapısal sistemiyle Sinan Usta'nın bir başyapıtı.



Şekil - 5

Göstermiş olduğum yapılar gerçekten büyük ve çok görkemli yapıtlar. Bunları inşaat mühendisliğinin büyük başarısı olarak görüyoruz. Peki, bunları kimler yaptı? O dönemde ne doğru dürüst mekanik vardı, ne mukavemet, ne de yapı statiği. Buna rağmen göstermiş olduğum o görkemli yapılar yapılabildi. O dönemlerde mühendisin yetişmesi çok değişti. Örneğin Sinan gibi bir usta, çok dikkatli seçerek yanına birtakım çıraklar alıyor ve bu çıraklardan bazıları zamanla kalfa, kalfalardan bazıları da usta oluyor. O dönemde çok titiz bir ayıklama olduğu anlaşılıyor. Çok iyi seçilmişler arasından en yetenekli olanlar yükselebiliyor. Seçilip usta sınıfına geçenler, kanımca normal insanlar değiller. Ben bunlara dahi diyorum, başka bir sıfat bulamıyorum.

Peki, bunların sayısı acaba ne kadardı? Sanırım bu üstün nitelikli ustaların sayısı çok azdı. Ama o dönemde yapılacak yapıların da sayısı azdı, dolayısıyla usta sayısı ile yapı sayısı birbirine denk geliyordu. Bu büyük yapı ustaları, çıraklık ve kalfalık aşamalarında eğitimlerini birlikte çalıştıkları ustalarından alıyorlardı. Yani geçmişte gözlenen sorunlar ve bunlara getirilen çözümler, kuşaktan kuşağa aktarılarak bilgi birikimi sürekli artıyordu. Sanırım Usta Sinan'ın Bizans yapılarından çok şeyler öğrendiğini söylemek yanlış olmaz.

Bu düzen, endüstri devrimine kadar problemsiz olarak çalıştı. Endüstri devriminden sonra ise koşullar hızla değişti. Endüstri ile iş olanaklarının artması nedeniyle köyden kente büyük bir nüfus akımı oldu. Endüstrileşme, çok sayıda fabrika binası yapılmasını gerektiriyordu. Kentlerde, göç nedeniyle hızla artan nüfusu barındıracak konutlar, yeni yollar, su ve kanalizasyon şebekeleri inşa edilmesi gerekiyordu. Yapılan imalatın uzak pazarlara taşınabilmesi için limanlara gereksinme vardı. Doğal olarak limanları fabrikalara bağlayan yol ve köprüler gerekiyordu. Endüstrileşen ülkelerin yöneticileri, eldeki "Usta" sayısının hızla artan inşaat projeleri ile baş edemez duruma geldiğini gördüler.

İşte arkadaşlar, ilk formel mühendislik eğitimi böyle başladı. Yöneticiler, karşılaştıkları bu soruna yeni çözümler bulmak gereğini duydular. Büyük ustaların sayısı yetersiz kaldığına göre, normal insanları, yani bizim gibi insanları alıp bir eğitimden geçirerek bu işleri yaptırmanın en iyi çözüm olacağını düşündüler. 1752'de Fransa'da ilk mühendislik okulu bu amaçla kuruldu. Doğal olarak normal insanı eğitip, işleri onlara verdiğiniz zaman başka bir şey daha yapmak zorundasınız. Bu zorunluluk nedir? Standart ve yönetmelikler! Geçmişteki büyük ustaların, yani dahilerin yanlış yapmalarını önlemek için onları yönetmeliklerle kısıtlamaya gerek yoktu, hatta onlara böyle kısıtlar getirmek bu ustaların yaratıcılıklarını engelliyeceğinden, sakıncalı bile olurdu. Ancak, bizim gibi normal, sıradan insanların bu işleri yaparken önemli hatalar yapmasını önlemek için bazı sınırlamalar getirilmesi gerekiyordu. İşte bu sınırlama gereksinmesi, yönetmelik ve standartları getirdi.

Dünyadaki ilk mühendislik okulunun 1752'de Fransa'da açıldığını söylemiştik. Bundan yaklaşık 20 yıl sonra Osmanlı'da Mühendishane-i Bahri Hü-

mayun kuruluyor. Bu bana çok ilginç geliyor, çünkü Osmanlının kurduğu bu okul, dünyada kurulan ilk mühendis okullarından biri oluyor. Peki acaba neden böyle bir gereksinme duydular? Bunun nedenini açıklamak için biraz geriye gidelim. Kanuni'nin son döneminde, büyük bir olasılıkla bazı softaların telkiniyle, çok talihsiz bir ferman çıkıyor. Bu ferman, medreselerdeki müspet bilimleri, yani pozitif bilimleri büyük oranda kaldırıyor. O zamana kadar medreselerde astronomi, matematik, fizik, kimya gibi dersler okutuluyordu. Doğal olarak eğitimdeki bu değişim, etkisini hemen göstermiyor ama 50-100 yıl sonra imparatorluğun kaderini çizmeye başlıyor. Bilimsel ve rasyonel yaklaşım yerini 'inşallah, maşallaha' bırakıyor. Doğal olarak bu inşallah, maşallah bir türlü başarı getiriyor. Avrupa'da büyük değişimler ve ilerlemeler olurken, Osmanlı bunların gerisinde kalıyor. Doğal olarak gidişi endişe ile izleyip çırpınanlar da var ama bunlar azınlıkta kalıyor. Bardağı taşıran son damla Çeşme baskınıyla geliyor. Rus donanması, Baltık denizinden çıkıp Avrupa'yı dolanıyor ve gelip Çeşme'de bizim donanmayı yakıyor. Bu olay, başta sultan olmak üzere başkentteki bazı aydınları uyandırıyor veya harekete geçmek için onlara fırsat veriyor. Sanırım Mühendishane-i Bahri Hümayun'un kurulmasının temelinde Çeşme baskını yatıyor. Bu okul, başlangıçta çok başarılı oluyor fakat sonradan ışıktan ürken karanlık güçlerin devreye girmesiyle değişime uğrayıp kuruluş amaçlarından uzaklaşıyor.

Biraz önce sizlere çok görkemli yapılar gösterdim. Şimdi bunları bırakıp zamanımıza gelelim, biz neler yapıyoruz? Depremden sonra çekilmiş bu resimleri çarpıcı olması için gösteriyorum. **Şekil-6** ve **7**'de gördüğümüz resimler bugünün mühendisleri için tam bir utanç tablosu. Bu elbette tüm yapılarımızın çok kötü olduğu anlamına gelmiyor. İyi yaptığımız yapılar da var. Ama maalesef gördüğümüz tür yapılar çoğunlukta.

Bildiğiniz gibi depremler çok iyi bir test oluyor yapılarımız için. Deprem-



Şekil - 6

lerden sonra gördüğümüz manzara iç açıcı değildi. Örneğin, 1999 Marmara depremini veya 1992 Erzincan depremini ele alabiliriz. Gelen yabancıların bize sordukları bazı soruları yanıtlamakta zorluk çektik. Yanıtları biliyorduk ama bunları yüksek sesle söylemeye utanıyorduk. Örneğin soruyorlardı, “1975 Yönetmeliği’ne uyularak yapılan binalardaki hasar durumu nedir?” “İncelediğimiz binalar arasında 1975 Yönetmeliği’ne uyanı yoktu!” demek, gücünüze gidiyordu, gerçeği söylemekten utanıyorduk.

Depremlerde büyük felaketslere yol açan bu çarpık uygulama acaba neden kaynaklanıyor? Bunun çok sayıda nedeni var. Mevcut yasaların yetersiz olması, eğitimdeki sorunlar, siyasi ve maddi çıkarlar vb. Örnek olarak eğitimdeki sorunları ele alabiliriz. Kanımca, öğretim kadrosu ve laboratuvarları hazır olmadan, siyasi çıkarlar nedeniyle bir sürü yeni üniversite açılması ve bu üniversitelerden yetersiz mühendisler mezun edilmesi, kalitesiz yapıların oluşmasında önemli bir rol oynuyor. Buna şöyle bir karşı argüman getirilebilir: eğitim yalnız üniversitelerde verilmez, mezun olduktan sonra da insanlar bir şeyler öğrenebilirler. Bu argüman kısmen de olsa doğru ama mevcut yasalara göre buna gerek yok ki! Herhangi bir üniversiteden mezun olan mühendis, mezun olduğu gün, hiçbir deneyime sahip olmadan tüm yetkilerle donatılıyor. Sanırım depremlerden sonra görülen utanç tablosunun önemli bir nedeni de, iyi eğitilmemiş, deneyimsiz mühendislerle verilen bu yetki. Ben şimdi size mühendislikte deneyimin ne denli önemli olduğunu, kendi yaşamımdan örnekler vererek anlatmaya çalışacağım.

Arkadaşlar, ben kendimi şanslı bir insan olarak görüyorum. Ülkemde okulumu bitirdikten sonra, Amerika’ya gittim. Amerika’da Ferguson gibi bir bilim adamının yanında asistan olmak şansına eriştim. Amerika’ya giderken çok şey bildiğimi sanıyordum, zaman ilerledikçe bildiklerimin çok sınırlı olduğunu gördüm. Derslerde ve Ferguson’la yaptığım sohbetlerde çok şey öğrendim. Texas’ta yüksek lisans çalışmalarımı tamamladığımda, hoca benim doktora kalmamı istedi. Ben hocaya teşekkür ettikten sonra, “*mühendislik deneyimi elde etmek için bir büroda çalışmak istiyorum*” dedim. “*Haklısın, nerede çalışacaksın?*” diye sordu. “*Bilmiyorum, iyi bir iş bulmağa çalışacağım*” dedim. O dönemde Amerika’da ünlü İki mühendislik bürosu vardı, Reese ve Whitney büroları. “*Bunlardan birine seni göndereceğim*” dedi Ferguson. Sonunda Reese’in bürosunda karar kıldık. Telefonda Ferguson’un Reese’e neler söylediğini duyduğum için gittiğimde kırmızı halılar serilerek karşılanacağımı sanıyordum!

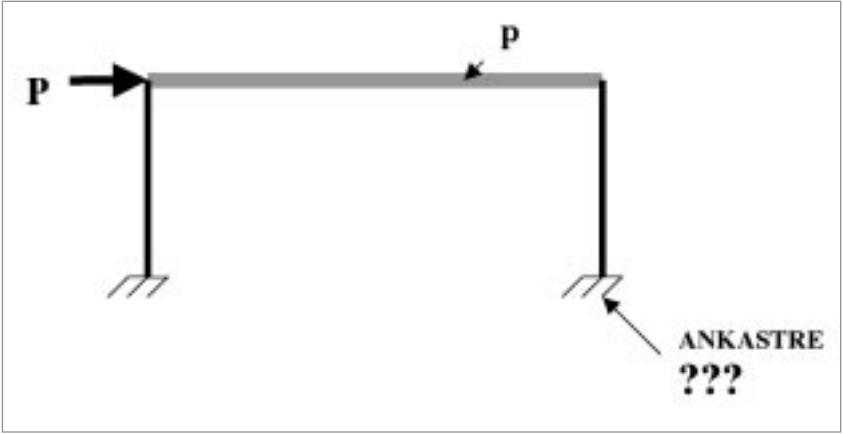
İş kesinleşir kesinleşmez, hemen haritada çalışacağım kent Toledo'nun yerini buldum. Kentin büyük bir gölün kıyısında olması beni çok sevindirdi. *"Yaşasın, göl kocaman, mutlaka denize benziyordur."* dedim kendi kendime. Hayalimde yemyeşil ağaçlar içinde masmavi bir göl canlandırdım. Toledo'ya girerken ilk hayal kırıklığına uğradım, çünkü göl, mavi değil, çamur rengiydi! O zamanlar endüstri atıkları atılıyordu o göle. Bir endüstri şehrinin korkunç havası vardı. Endüstri dumanından tuğla binaların hepsi kararmıştı. Ofise girdim ve ikinci hayal kırıklığına uğradım. Beni kırmızı halıyla karşılamadılar maalesef! Mr. Reese beni karşısına aldı ve *"Delikanlı, şu anda sen hiçbir şey bilmiyorsun"* dedi. Ben o hayal kırıklığını hiç unutamam, çünkü çok şey bildiğimi zannediyordum. Reese, konuşmasını şöyle sürdürdü: *"Hiçbir şey bilmiyorsun, mühendisliği burada öğreneceksin. Ancak bir avantajın var, iyi bir temel edinmişsin. Yani öğrenmeye hazırsın"*. Ben doğal olarak hiçbir şey bilmediğimi kabul edemiyordum, ama altı ay sonra Reese'e hak verdim!



Şekil - 7

Bana ilk verdiği görev, **Şekil-8**'de gösterilen tek katlı, tek açıklıklı bir çerçeveydi. Okulda ev ödevi olarak yaptığımız türden bir problem. Ben basit bir şekilde, Cross yöntemi kullanarak çözdüm problemi. Reese geldi, benim

çözümüne bakmadı bile. Parmağı ile kolonun tabanını göstererek, “bu nedir?” dedi. “Ankastre mesnet” diye yanıtladım. “Peki, ankastre nedir?” diye sordu. Ankastrenin tanımını yaptığımda Reese tek bir nokta üzerinde durdu. Kaşlarını kaldırarak, “Ha, demek burada dönme sıfır oluyor. Şimdi aşağıdaki laboratuvara in, yarım metre çapında bir beton kütle döök, içine de 6’lık bir donatı çubuğu koy. Çubuk, betonun içine en az elli santimetre kadar gömülsün, on beş santimetrelik bir bölümü de dışarıda kalsın” dedi.



Şekil - 8

Dediğini yaptım ve 20-25 gün sonra altılık çubuğun tepesine yatay bir yük uyguladık. Bir gün önce gerekli hesapları yaparak deneyden elde edeceğimiz yük-yanal ötelenme eğrisini çizip hazırlamıştım. Doğal olarak bu hesabı yaparken çubuğun tabanını ankastre olarak almıştım. Deneyde aldığım ölçümlere göre çizdiğim yük-yanal ötelenme eğrisi, hesaptan elde ettiğimden oldukça farklıydı. Belirli bir yanay yük altında ölçülen ötelenme, hesapladığımda daha büyüktü. Evet, bu benim üçüncü hayal kırıklığım oldu! Bunun üzerine Reese, “Bu fark neden kaynaklanıyor?” diye sordu. Sorun, hesap yaparken tabanı ankastre almamdan kaynaklanıyordu, çünkü tabanda dönme olduğu açıktı. Dönme olduğu yanıtını alan Reese, bana ilk dersini verdi: “Peki, kocaman beton kütleinin içine koyduğün şu çubuğun tabanında dönme varsa, gerçek binada kolon tabanını ankastre almak ne kadar doğru olur? Unutma, gerçek binada kolon bir temele oturuyor, temel de zemine

oturuyor. Yaptığın deneyde bile dönme olduğuna göre binada dönmeyi sıfır nasıl alırsın?” Reese bunu söylediğinde dünyam yıkıldı, çünkü biz okulda sınır koşulu olarak bir ankastre mesnet, bir de mafsal görmüştük. Ben, bilgiçlik taslayarak dedim ki, *“o zaman buraya dönmeyi temsil etmek için bir helezon yay koyarız.”* Reese güldü, *“peki, o yayın katsayısını ne alırsın?”* Bende yanıt yok. Şaşkın bir durumdaydım, ne yapacağımı bilmiyordum. Reese büyük bir keyifle bana ders vermeye devam ediyordu. *“Bak Uğur, hesapladığın çerçevede kolon tabanının ankastre olmadığını bu deneyle kanıtlamış bulunuyoruz. Peki, acaba tabanın mafsalı olduğunu varsayabilir miyiz? Bu varsayımın da doğru olmayacağı açık. O zaman, bir mafsalıya göre, bir de ankastreya göre hesap yaparsın, çözüm bunların arasındadır”* dedi. *“İkisinin arasında tam nerededir, bunu hiç kimse bilemez. Ama sen hiç olmazsa çözümü, iki sınır mesnet koşulu arasına sıkıştırmış olursun. Mühendislik kararını, bu çözümleri göz önünde bulundurarak verirsin.”* Bu basit deney ve Reese’in söyledikleri, mühendislik hesapları konusunda hayatım boyunca unutamayacağım bir ders oldu bana.

Evet, mühendis olarak çalışmaya başladığınızda, bakıyorsunuz gerçekler, okulda öğretilenlerle tam uyuşmuyor. Betonarme ilginç bir malzeme. Yapı mekaniğinde yapılan birçok varsayım, betonarme için geçerli değil. Örneğin, betonarme elastik değil, doğrusal değil, homojen değil ve izotropik değil. Ayrıca, davranışı yük geçmişine bağlı, gerilmeler zamanın bir fonksiyonu olarak değişiyor. Bu nedenle betonarme sistemlerin çözümünde, yapı mekaniğinde öğretilen yöntemlerle elde edilen sonuçlar kesin değildir.

Bu da yetmiyor, bir betonarme yapıdaki sınır koşulları da belirsiz. Biraz önce gösterdiğim gibi kolon tabanını ankastre almak nasıl tam doğru değilse, yapıya etkiyen yüklerin de noktasal veya düzgün yayılı olarak alınması da tam doğru değildir. Aslında binaya etkiyen yüklerin büyüklüklerini de kesin olarak saptamak olanaksızdır. Bildiğiniz gibi yükler belirli bir istatistiksel dağılım gösterirler. Bu nedenle hesapta kullandığımız yüklerin yapı ömrü boyunca aşılması, belirli bir olasılıkla mümkündür.

Yapısal çözümlemede elemanların eğilme rijitliklerinin (EI) bilinmesi gerekir. Betonarme bir yapı elemanının eylemsizlik momentinin ve elastisite modülünün doğru olarak saptanması mümkün değildir. Hesapta kullanılacak olan beton elastisite modülü, zamanın bir fonksiyonu olarak değişiyor. Özellikle basınç altındaki yapı elemanlarında, örneğin kolonlarda, kalıcı yük al-

tındaki bu azalma, %200-%300 mertebelerine ulaşabilir. Bu nedenle betonarme yapı elemanlarının, özellikle kolonların, hesapta kullanılacak elasisite modülünün gerçeğe yakın bir doğrulukta hesaplanması mümkün değildir. Betonarme yapı elemanlarının eylemsizlik momentlerini saptanması da zordur. Çatlama, o kesitin eylemsizlik momentini büyük oranda azaltır. Bu nedenle çatlamış ve çatlamamış kesitlerin eylemsizlik momentleri çok farklıdır. Çatlamış iki kesitin eylemsizlik momentleri de birbirinden oldukça farklı olabilir, çünkü eylemsizlik momenti, çatlak boyuna bağlıdır. Bu gerçeklerin ışığında, kirişte veya kolonda çatlaklar başladıktan sonra eylemsizlik momentinin eleman boyunca değiştiği söylenebilir. Halbuki yapısal çözümlemede elemanın eylemsizlik momentinin açıklık boyunca sabit olduğu varsayılır!

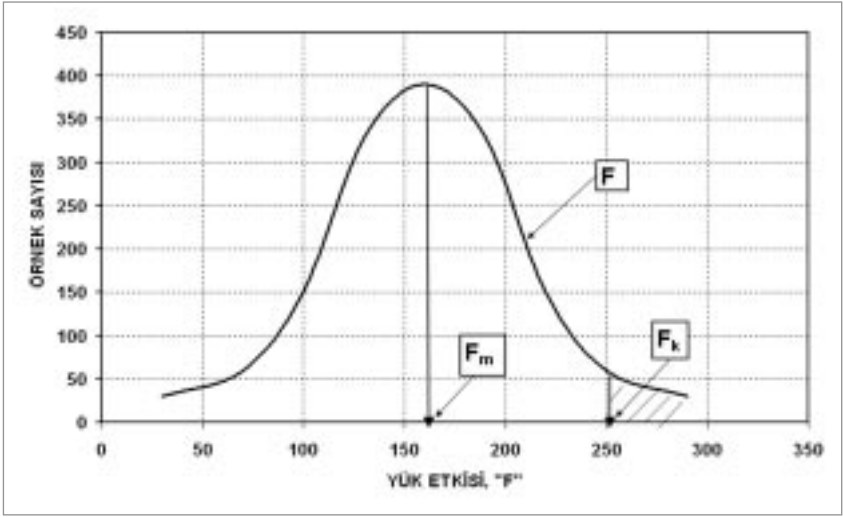
Hesaplarda genelde dikkate almadığımız taşıyıcı olmayan yapı elemanlarının, örneğin tuğla dolgu duvarların, yapı davranışı üzerinde etkisi vardır. Bugünkü bilgisayar olanaklarıyla bunları bir şekilde hesaba katabiliriz, doğal olarak dolgu duvarın özelliklerini tam olarak modelleyebilirsek! Bizim yaptığımız bir deneme var, kısaca ondan söz edeyim. Üç ayrı duvar ustası çağırdık ve laboratuvarında duvar ördürdük, aynı malzemeleri kullanarak. Sonra yapılan bu duvarları denedik ve üçünden birbirinden değişik sonuçlar elde ettik. Bunun nedeni, işçilik kalitesinin dolgu duvarın mekanik özelliklerini büyük oranda etkilemesiydi. Bu gerçek göz önünde bulundurulduğunda, yapısal çözümlemede dolgu duvarın özellikleri ile ilgili yapacağımız varsayımların, gerçeği tam olarak yansıtmayacağı açıkça görülür.

Şimdi anlattıklarımızı toparlamaya çalışalım. Ama önce şunu söylemem gerek, konuşmamda hep yapı mekaniğinden örnekler verdim. Ancak anlattıklarım salt yapı mekaniğine özgü sorunlar değil. Benzer örnekleri, su mühendisliğinde, zemin mühendisliğinde ve başka dallarda da bulabilirsiniz. Tekrar yapı mekaniğine dönelim. Yukarıda anlatılanların ışığında görüyoruz ki, yapı mekaniğinde yapılan varsayımlardan çoğu, betonarme için geçerli değildir. Peki, bu durumda hesap yapmayacak mıyız? Elbette yapacağız. Ancak, yapı, malzeme, sınır koşulları ve yüklerle ilgili çok sayıda varsayım yaptığımızı ve her varsayımın çözüme belirli oranda hata getireceğini hiç unutmacağız. Çıkan sonuçların doğruluğunun, yapılan varsayımlarla sınırlı olduğunun bilincinde olacağız.

Arkadaşlar, inşaat mühendisliğinde hiçbir çözüm yoktur ki, sonuç kesin olsun. Hatta şuna çok gülerim, bazı meslektaşlarımız bir çalışma yaparlar, falanca yaklaşık yöntemden elde ettikleri sonuçları, “kesin yöntem”den elde ettikleri ile karşılaştırırlar. “Kesin yöntem” diye bir şey yoktur ki! Biraz sonra göstereceğim gibi, belki de sizin çok yaklaşık zannettiğiniz bazı yöntemler, kesin çözüm olarak bildiklerinize göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verirler.

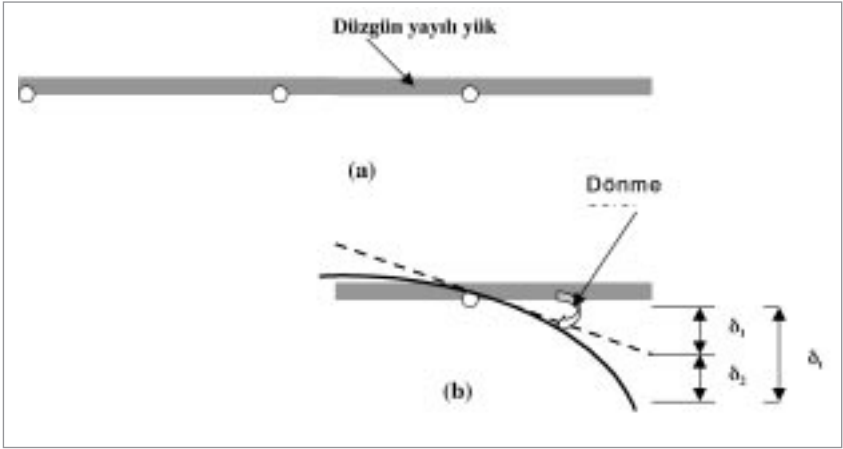
İnşaat mühendisliğindeki gerçekler böyle olunca, bazılarının morali bozuluyor. “Bu kadar bilinmeyen içinde biz acaba akıntıya kürek çekmekten başka birşey yapamıyacak mıyız?” diye düşünmeye başlıyorlar. Kanımca inşaat mühendisliğini ilginç yapan bu bilinmeyenlerdir! İki kere ikinin dört etmemesi, çözümlerin ucunun açık olması, birçok kararın mühendisin sağduyusuna ve önsözisine bırakılması, inşaat mühendisliğini diğer mühendislik dallarından ayıran en önemli özellikler. İyi bir inşaat mühendisi, “eğer sorun fiziksel olarak mevcutsa, mutlaka çözümü vardır,” diyebilmelidir. Sorunun kesin çözümü olmayabilir, ama mutlaka yaklaşık bir çözümü vardır. Bir matematikçi, bir problem için, “bu çözümsüzdür” diyebilir ama inşaat mühendisinin böyle bir lüksü olamaz. Problem fiziksel olarak mevcutsa, mühendis buna bir çözüm üretmeye mecburdur. Yaklaşık çözüm için birçok varsayım yapılması gerektiğinden, her yapılan işte bir risk faktörü vardır. İnşaat mühendisi körü körüne risk almaz, ama hesaplanmış risk alır! Bence inşaat mühendisliğinin güzelliği ve çekiciliği budur.

Birçok meslektaşımız, hesap yaparken yaptığı varsayımları unuttur. Belki kötü bir anoloji ama ben bu tür mühendislerin yaptığını puta tapanlara benzetirim. İlkel insanlar çamuru almışlar, onu yoğurup birtakım heykelcikler yapmışlar, sonra kendi yapmış oldukları bu heykellere tanrı diye tapmaya başlamışlar! Bazı meslektaşlarımızın yaptıkları da buna benziyor, çözüm sonucu çıkan sayıları aslında biz oluşturuyoruz, yaptığımız varsayımlarımızla oluşturuyoruz, sonra bu sayıların doğru olduğuna inanıp, onlara tapmaya başlıyoruz. Bu, çok yanlış bir mentalite. Bakın, biraz önce yüklerle ilgili bazı şeyler söylemişim. **Şekil-9**'da görüyorsunuz, yükler belirli bir dağılım gösteriyor. Siz hesap yaparken karakteristik değer olan F_k 'yı kullanıyorsunuz, ama inşa edilen yapıda yük, gösterilen bu dağılımın herhangi bir noktasında olabilir. Bu nedenle, hesapta kullandığımız yüklerin büyüklük ve dağılımlarının kesin olmadığını asla unutmamalıyız.



Şekil - 9

Size çok basit bir problem göstereyim. **Şekil-10(a)**'da gösterilen sürekli bir kirişin, konsol ucundaki yerdeğiştirmesi (sehimi) hesaplanacak. Ender de olsa bazı mühendisler konsolu mesnette ankastre alıp sehimi hesabı yapıyorlar. Maalesef bu tür hesap yapanlara rastladık. Mesnetteki dönmeyi dikkate almayan bu çözüm, elbette çok yanlış. Bunu geçelim. **Şekil-10(b)**'de gösterildiği gibi, sehimi iki parçadan oluşuyor. Ankastre konsolun sehimi, δ_2 ve mesnetteki dönmenin getirdiği sehimi, δ_1 . Gerçek sehimi bu ikisinin toplamıdır. Bu basit problemde bile zamana bağlı sehimi gerçeğe yakın bir doğrulukta hesaplamak mümkün değildir. Sehimi hesaplayabilmek için yalnız konsolun değil, arkadaki kirişin de eylemsizlik momentini ve elastisite modülünü doğru olarak kestirmeniz gerekir. Hemen söyleyebilirim ki bu kirişlerin eğilme rijitliklerinin kesine yakın bir doğrulukla saptanması olanaksızdır. Kanımca sehimin artı-eksi %40 hata ile hesaplanması bir başarı olur!

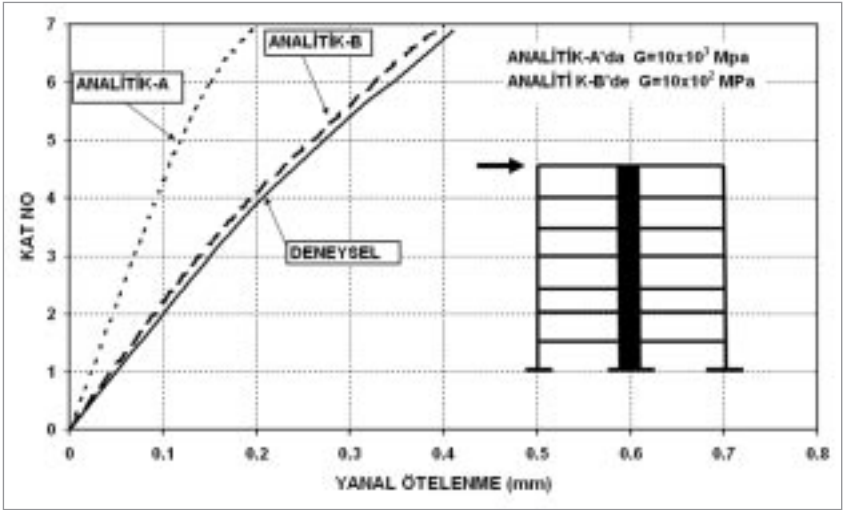


Şekil - 10

Bakın, size kendi başımdan geçen bir olayı anlatayım. Bir binadaki konsolda rahatsız edici bir sehim var dediler. Ben oturdum, gönderilen projeden verileri alarak, bildiğim en iyi şekilde sehimi hesapladım, 22 mm çıktı. Sonra binaya gittim ve sehimi ölçtüm, 35 mm çıktı. Odama döndükten sonra hesaplarımda değişiklikler yaptım. Varsayıdığım elastisite modülünü ve eylemsizlik momentini, ölçtüğüm sehime eşit bir sehim elde edinceye kadar değiştirdim! Şunu vurgulamak istiyorum, sehimin 35mm olduğunu biliyorsanız, hesaplarınızdaki eğilme rijitliklerini değiştirerek siz de sehimi 35mm olarak hesaplayabilirsiniz! Bu işin şaka tarafı. Sonucu bildiğimiz durumlarda, eğilme rijitliği ile oynayarak doğru sonuca yaklaşılmaya, öğrenci terminolojisiyle, 'sabunlamak' denir.

Başka bir örnek vereyim. Büyük bir Japon-Amerikan projesi vardı. 6 katlı bir bina aldılar ve bunu Japon ve Amerikan üniversiteleri didik didik incelediler. Bir kısmı bazı elemanları test etti, bir kısmı binanın ölçekli modellerini statik veya dinamik yükler altında test etti. Örneğin Japonlar, tam ölçekli altı katlı binayı laboratuvarlarında test ettiler. O yıllarda Kaliforniya Üniversitesi'ni ziyaretimde, bu 6 katlı binanın 1/3 ölçeğinde bir modeli statik yükler altında test ediliyordu. Deneyden önce Prof. Bertero bana deney hakkında bilgi verdi. Geliştirdikleri bir bilgisayar programından elde ettikleri yük-

öteleme eğrisi bilgisayar ekranında görüliyordu (Şekil-11'de A olarak gösterilen eğri). Prof. Bertero,"*Bakalım deney sonuçları bundan ne kadar sapacak?*" dedi.



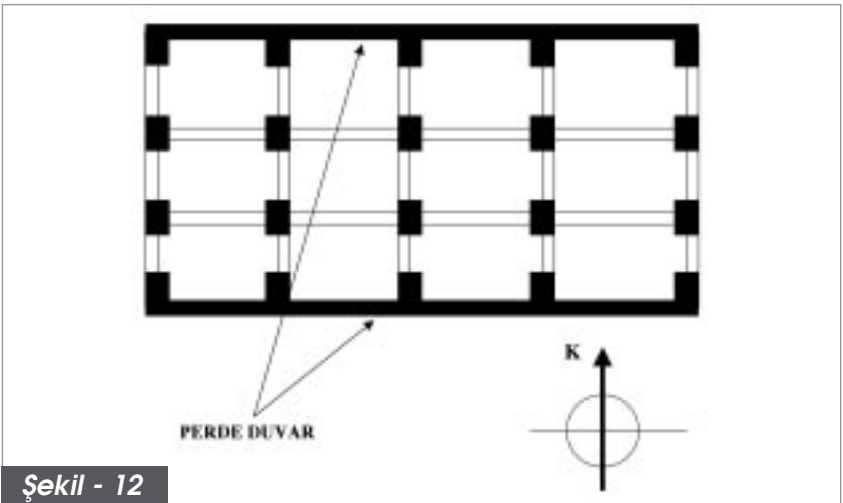
Şekil - 11

Aşağıya indik ve deney başladı. Deneyde elde edilen yük-öteleme eğrisi hesaplanandan çok farklıydı (düz çizgi ile gösterilen eğri). Ölçülen ötelemeleler, Şekil-11'de gösterildiği gibi, hesaplanarlardan çok daha büyüktü! Prof. Bertero büyük bir hayal kırıklığına uğramıştı. İki ay sonra bana yolladığı bir mektupda, sorunun binadaki perde duvarın kayma modülünün yanlış tahmininden kaynaklandığını belirtiyordu. Büzülmeden dolayı perdenin kayma modülünü azalttıklarında, deneysel ve analitik eğriler çakışıyor! Düzeltile analitik çözüm, Şekil-11'de B olarak gösterilmiştir. Dikkat edilirse, bu sonucu elde edebilmek için betonun kayma modülü, onda birine indirilmiştir! Daha önce söylediğim gibi, eğer sonucu bilerseniz, kendinizi de ikna ederek(!) bazı parametreleri değiştirip, doğru sonucu elde edebilirsiniz.

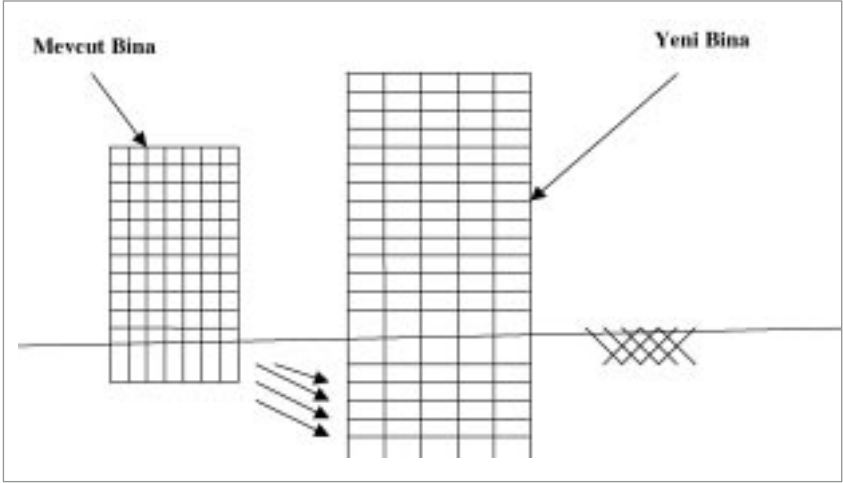
Bugün artık hesapları hepimiz bilgisayarla yapıyoruz. Kanımca bilgisayar, mühendislikte bir devrimdir, bir dönüm noktasıdır. Bilgisayar, elimize verilen müthiş bir araçtır. Dikkat edin, araç diyorum, amaç değil. Bilgisayarı

kullanırken mantığımızı geri plana itmemek gerekli. Bilgisayar sonuçlarını bir mantık süzgecinden geçirmek zorunludur, çünkü bilgisayarla hesap yaparken de doğruluğu tartışmaya açık olan bir dizi varsayım yapmak durumundasınız.

Şekil-12'de gösterilen kalıp planı, Eskişehir'de bir binaya ait. Biz, İş Bankası şubelerinin deprem güvenliğini inceliyorduk. Elimizde çok sayıda bina vardı, bu nedenle projede birkaç müşavir mühendislik firmasını devreye sokmuştuk. Firmalar, belirlediğimiz ilkeler doğrultusunda yapısal çözümler yapıp, sonuçları bize sunuyorlardı. **Şekil-12**'de gördüğümüz bina için gelen sonuçlar ilginçti. Hesabı yapan mühendis, binanın doğu-batı doğrultusunda yeterli güvenliğe sahip olduğunu, güney-kuzey doğrultusunda ise yetersiz olduğunu söylüyordu. Binanın çizimlerine deneyimli bir gözle baktığınız zaman, bu sonuca inanmakta zorlanıyorsunuz. Bu kadar perde duvara sahip olan bir yapı, güney-kuzey doğrultusunda nasıl güvensiz çıkabilir? Olay, bilgisayar programındaki bir varsayımdan kaynaklanıyordu. Yazılım, perde duvarlar eğer kuvvetli yöndeysse dikkate alıyor, zayıf yöndeysse dikkate almıyordu. Eğer duvarları güney-kuzey doğrultusunda yok varsayarsanız, bina elbette o doğrultuda yetersiz çıkacaktır. Bunu yapan mühendise, *“bak, o zaman şunu yapalım. Perde duvarları parça parça kes ve bunlar kolonmuş gibi dikkate alarak bir daha analiz yap,”* dedim. Hesapları yaptıktan sonra bana telefon etti ve *“Hocam, perdeleri parçalayıp, kolon olarak alırsam, bina her iki doğrultuda da kurtarıyor”* dedi! Bilgisayardan çıkan sonuçları mutlaka bir mantık süzgecinden geçirmek gerekir.



Yıllar önce Amerika’da proje mühendisi olarak çalışırken başımdan geçen ilginç bir olayı size aktarayım. Büyük bir kentin göbeğinde çok katlı bir iş merkezinin projesini yapıyorduk. Yapacağımız binanın çevresinde 20. yüzyılın başında yapılmış birçok yüksek yapı vardı. 15-20 katlı olan eski binaların bir bodrum katı olmasına karşın, bizim binanın beş bodrum katı vardı, **Şekil-13**. Eski binaların temellerinden gelen basıncı bir betonarme duvarla karşılamaya karar verdik. Duvarın hesabı için gereksinme duyduğumuz zemin basıncı ile ilgili verileri, zemin uzmanlarından aldık. Bu verilerle hesap yaptığım zaman, duvarın kalınlığı iki metre çıkıyordu! Yaptığım hesaplar doğrudu ama mühendislik önsezim, “*bunda bir yanlışlık var*” diyordu. Duvarın kalınlığı iki metreden çok daha az olmalıydı, mantığım öyle söylüyordu. Rees’e gittim, “*böyle bir durum var*” dedim. Reese benim hesaplarıma hiç bakmadan, “*Uğur, sence o duvarın kalınlığının ne olması gerekir?*” diye sordu. “*Sanırım 50-70 cm*” diye yanıtladım.” Mr. Reese, “*Evet, o büyüklükte olması akla yakın. Zemincilerle pazarlık et, zemin basıncını, 50-70 santimetre duvar kalınlığı elde edinceye kadar düşürün. Bana bak, zemincilerle sıkı pazarlık et, sakın sorunu çözmeden yanıma gelme,*” deyip konuyu kapattı. Pazarlık kolay olmadı ama sonunda bize akla yatkın bir duvar kalınlığı veren basınç değeri üzerinde zemincilerle anlaştık. Aradan elli yıl geçti, sözünü ettiğim bina sapsağlam ayakta!



Şekil - 13

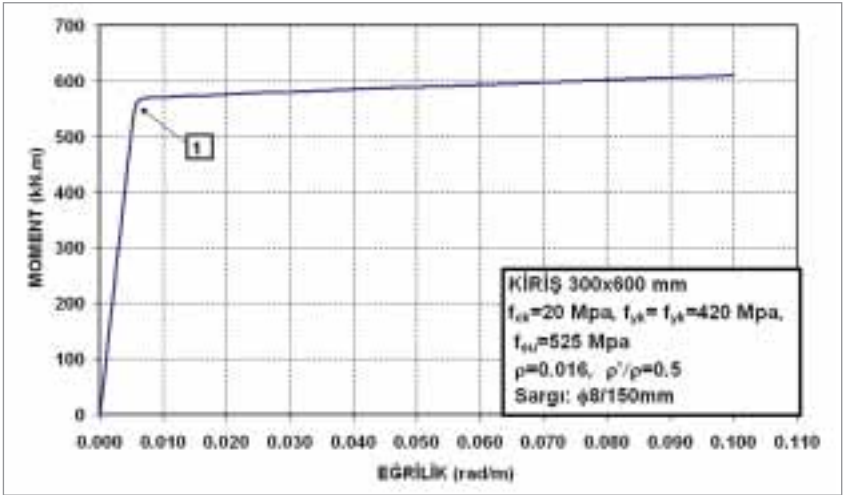
İnşaat mühendisi olarak unutamadığım bir başka kişi de Charles Whitney'dir. C.Whitney, 1947 yılında Taşıma Gücü Teorisi'ni pratik bir hesap yöntemi olarak formüle eden kişidir. Bugün kullandığımız taşıma gücü ilkelere, dikdörtgen basınç dağılımı başta olmak üzere onun eseridir. Mr. C. Whitney sık sık bizim ofise gelirdi. O geldiğinde Mr. Reese mutlaka beni de çağırırdı. Ofisteki ve beraber gittiğimiz yemeklerdeki sohbetlerden çok ilginç şeyler öğrendim Whitney'den. Toprağı bol olsun, büyük bir mühendis-ti Whitney. Bir gün yemekte konu varsayımlardan açıldı. Whitney bir filozof edası ile bu konudaki düşüncelerini bize aktardı:

“Bir binanın analizini yaparken çok sayıda varsayım yapıyoruz. Bu varsayımların bir alt bir de üst sınırı var. Keşke tek varsayım yerine birkaç ayrı varsayımla çözümlene yapabilesek ve böylece karar için çözümümüzün alt ve üst sınırlarını belirleyebilesek. Bu harika olurdu ama bir yerine birkaç analiz yapmaya kalkarsak, o kadar zaman harcarız ki, sonunda iflas ederiz! Keşke elimizde çok hızlı hesap yapabilecek makinalar olsa da bu hayallerimizi uygulamaya aktarabilsek....Hayal kurmak güzel şey.”

Reese ve Whitney için varsayımları değiştirerek çok sayıda çözüm üretmek hayal olmaktan ileri gidemedi. Bugün artık elimizdeki bilgisayar olanakları ile Reese ve Whitney'in hayallerini gerçekleştirmek mümkün. Keşke meslektaşlarımız bilgisayarını bu tür amaçlarla kullanabilseler...

Şu ana kadar betonarmenin ideal malzeme davranışına uymayan özelliklerinden bahsettik. Betonarmenin kurallara uymayan asi kişiliğini dile getirmeye çalıştık. Bazılarınız kötü huylarını ortaya dökerek onu çekiştirdiğimizi, dedikodu yaptığımızı düşünmüş olabilirsiniz! Bu imajı değiştirmek için size betonarmenin, diğer malzemelerde olmayan bazı iyi huylarında söz etmek istiyorum. Kanımca betonarmenin iyi huylarından en önde geleni, “Uyum”dur. Buna, “Yeniden dağılım” da diyebilirsiniz. Uyumu çok basit olarak şöyle tanımlayabiliriz; bir kesit veya bir yapı elemanı fazla zorlanınca, komşuları koşup yardım ediyorlar ona! Bu yardımlaşma nedeniyle göçmesi gereken bir yapı elemanı veya çökmesi gereken bir yapı ayakta kalabiliyor. Doğal olarak uyum, komşuların yardımı yapabilecek konumda ve kapasitede olması ile mümkündür. Başka bir deyişle, uyumun oluşması için bazı koşulların var olması gerekiyor.

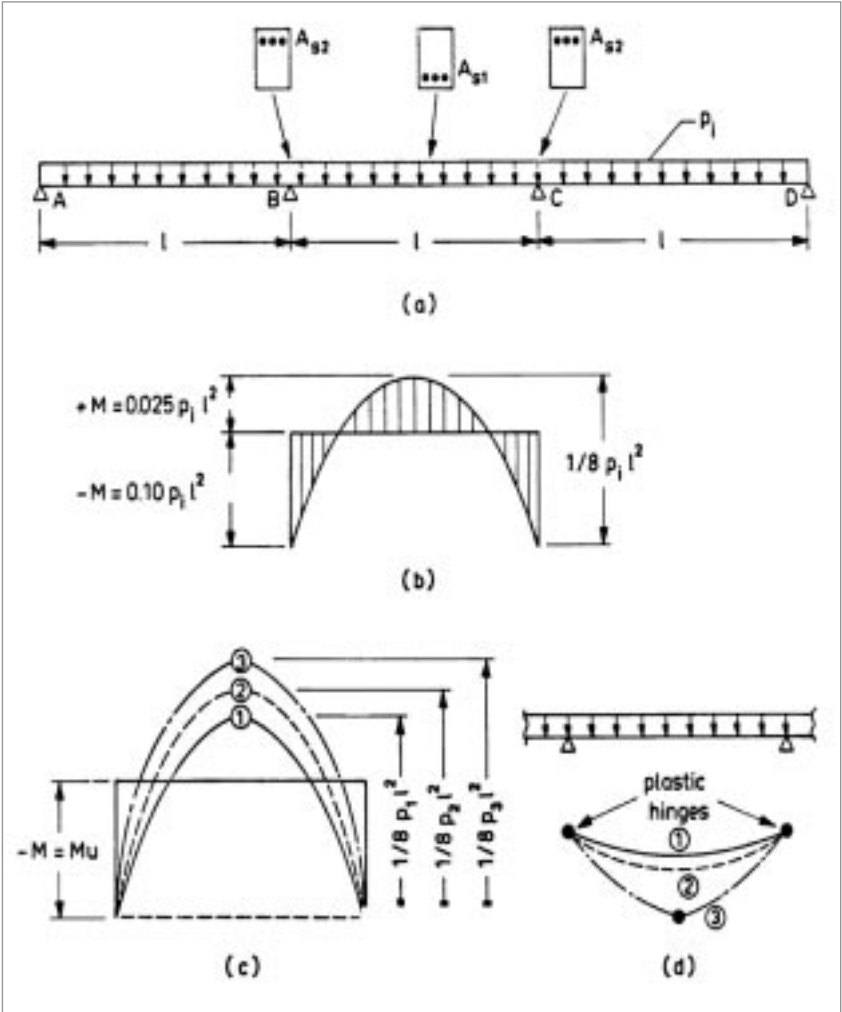
Uyumu irdelemeden önce “plastik mafsal” kavramını somut bir örnekle tanımlamak gerek. **Şekil-14**'de özellikleri verilen, çift donatılı, dikdörtgen bir kiriş kesitinin moment-eğrilik ilişkisi gösteriliyor. No.1 olarak işaretlenen noktada çekme donatısı akma konumuna ulaşmıştır. Bu noktadan sonra moment yaklaşık olarak sabit kalırken, eğrilik hızla artmaktadır. Akmadan sonraki bu deformasyon, bir mafsaldaki deformasyona benzemektedir. Aradaki tek fark, klasik mafsalda moment sıfır olurken, bu mafsalda momentin sabit kalmasıdır. Bu sabit moment, kesitin eğilme kapasitesidir ve “plastik moment” olarak adlandırılır. Bu tür davranış, yani kesitin sabit moment altında dönmesi, yalnız kirişlerde değil, aksel yük düzeyi düşük, iyi sarılmış kolonlarda da gözlenir. Aksel yük düzeyinin yüksek olduğu kolonlarda moment-eğrilik eğrisi tepe noktasından sonra yatay veya yataya yakın bir yol izlemez ve sargı donatısı oranına bağlı olarak belirli bir eğimle inişe geçer, yani kesitin moment kapasitesi azalır. Bu tür durumlarda “plastik mafsal” oluşumundan söz edilemez.



Şekil - 14

Konuyu soyut düzeyde tutarak fazla kafa karıştırmadan, somut örneklerle geçmekte yarar görüyorum. **Şekil-15(a)**'da gösterilen sürekli kiriş, düzgün

yayılı yük taşımaktadır. Doğrusal elastik bir çözümleme yapıldığında, orta açıklık için **Şekil-15(b)**'de gösterilen moment diyagramını elde edilir. Çözümlemede, mesnet momenti ve açıklık momenti sıra ile, $(1/10) p \ell^2$ ve $(1/40) p \ell^2$ olarak bulunmuştur.



Şekil - 15

Şekil-15(c)'de '1' olarak işaretlenen moment dağılımı, doğrusal çözümlemeden elde edilen dağılımdır. Artan yük altında belirli bir aşamaya gelindiğinde, mesnetlerdeki kesitler kapasitelerine ulaşacak ve bu noktalarda plastik mafsallar oluşacaktır. Kiriş, bu aşamadan sonra basit mesnetli gibi davranacaktır. Mesnetlerde moment sabit kalırken, açıklıktaki kesit henüz kapasitesine ulaşmamışsa, moment almaya devam edecektir. Bu aşamadaki moment dağılımı, **Şekil-15(c)**'de '2' olarak gösterilenler gibi olacaktır.

Yükün artmaya devam etmesi sonucu, açıklıktaki kesit de kapasitesine ulaşacak ve burada da bir plastik mafsal oluşacaktır. Bu aşamadaki moment dağılımı, **Şekil-15(c)**'de '3' olarak işaretlenmiştir. Üçüncü plastik mafsalın oluşmasıyla kiriş labil bir duruma gelecek ve göçme konumuna ulaşacaktır. Şekilde gösterilen 3 nolu moment dağılımı, mesnet ve açıklıktaki kesit kapasitelerine bağlıdır. Kirişlerde kapasite momenti M_p 'yi (plastik moment), yaklaşık olarak kolayca hesaplayabilirsiniz. Donatı dayanımını f_{yk} , beton dayanımını da $1.15 f_{ck}$ olarak hesaplayacağımız taşıma gücü momenti, size yaklaşık "kapasite moment"ini verecektir.

Arkadaşlar, eğer ben doğrusal çözümlemeden elde edilen moment diyagramını temel alırsam ve kirişin donatısını buna göre koyarsam, yani mesnete, açıklığın 29/11 katı donatı koyarsam, taşıma gücü sınır durumdaki, yani kırılma anındaki moment dağılımı da aynen doğrusal moment dağılımı gibi çıkacaktır. Bu şu demektir; kirişin donatısını doğrusal çözümlemeden elde ettiğiniz moment dağılımına göre düzenlerseniz, "sınır durumda", yani "güç tükenme konumunda" daki moment dağılımı, doğrusal çözümlemeden elde edilenle aynı olacaktır!

Kesit hesabı için Taşıma Gücü yöntemini anlatırken, bir konuyu özellikle vurgularız ve şöyle söyleriz: "*Kesit hesabı için elastik teori doğru sonuç vermez. Bu nedenle mutlaka taşıma gücü kullanmalıyız. Yapısal çözümleme ise doğrusal elastik teoriye göre yapılabilir.*"

Birçok meslektaşımız bunu bir çelişki olarak görüyor ve şu soruyu soruyor; "*neden kesit hesabında elastik teorisinin kullanılmasını sakıncalı buluyorsunuz da yapısal çözümlemede buna izin veriyorsunuz?*" Hayır, söylediklerimizde bir çelişki yok, çünkü doğrusal elastik çözümleme yaparsanız ve donatıyı da ona göre koyarsanız, kırılma anında, yani limit durumda da aynı moment dağılımı elde edersiniz. Sınır durumdaki moment dağılımı, doğru-

sal çözümlenmeden elde ettiğiniz moment dağılımının aynı olduğundan, yapısal çözümlenmede doğrusal analize izin veriyoruz.

Bakin arkadaşlar, betonarmenin güzelliği şurada; ben, donatı dağılımını değiştirerek, sınır durumdaki moment dağılımını, yani açıklık momentinin mesnet momentine oranını, istediğim gibi değiştirebilirim! Yine aynı örneği ele alalım. Doğrusal elastik çözümlenme sonuçlarına göre açıklıkta, mesnetin (40/10)'u kadar donatı koymam gerek. Bunun ekonomik bir detaylandırma olmayacağını düşünürsem, mesnet momentinin açıklık momentine oranını değiştirebilirim. Ancak bunu yaparken, unutmamam gereken önemli birkaç gerçek var:

1-“Sınır Durum”da (güç tükenme aşaması) her kesit, o kesitin moment kapasitesi kadar moment alır. Kesitin moment kapasitesi, taşıma gücünden büyüktür. “Kapasite momenti” veya “Plastik moment,” malzemelerin gerçek dayanımları(hesap dayanımları değil) temel alınarak hesaplanabilir. Kirişlerde kapasite momentleri yaklaşık olarak çekme donatısına göre değişir. Dolayısıyla iki kesitin kapasite momentlerinin oranı, yaklaşık olarak o kesitlerdeki çekme donatılarının oranına eşittir:

$$M_{p1} / M_{p2} = A_{s1} / A_{s2}$$

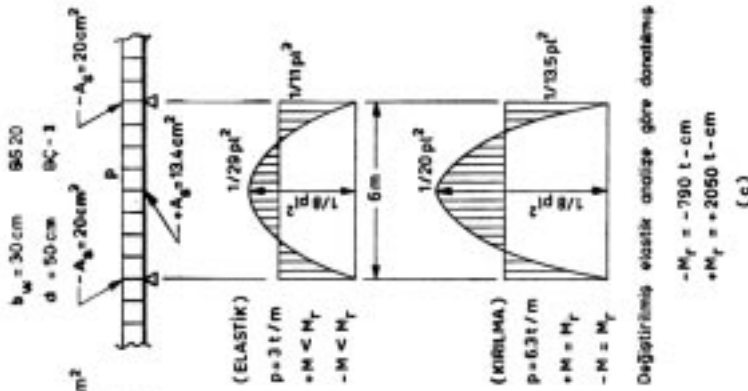
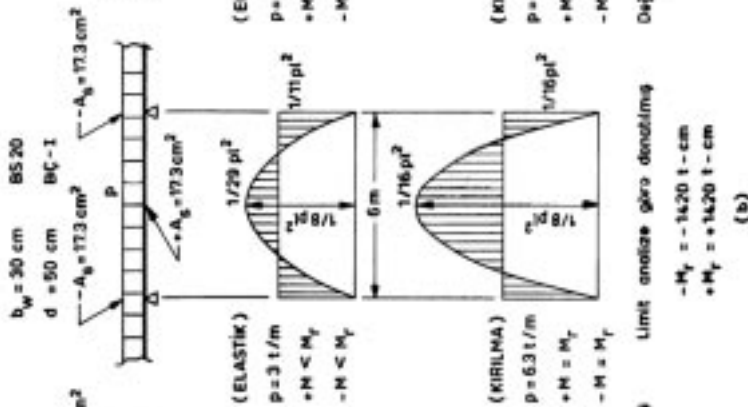
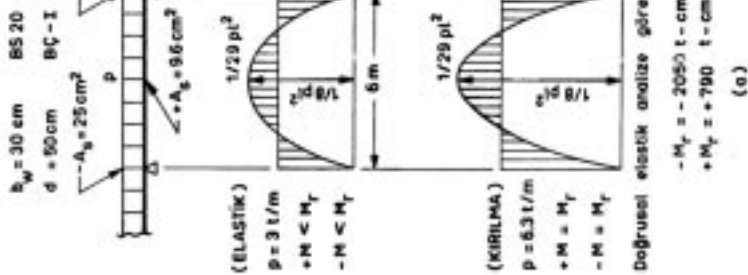
2-Moment dağılımı denge koşuluna uymak zorundadır. Bu koşul, hiçbir şekilde yok sayılamaz. Örneğin, düzgün yayılı yük taşıyan bir kirişte mesnet ve açıklık momentlerinin toplamı $1/8 p \ell^2$ olmalıdır.

$$M_{p1} + M_{p2} = 1/8 p \ell^2$$

Mesnet momentinin açıklık momentine oranını 1.0 alırsak,

$$M_{p1} = M_{p2} \text{ olduğuna göre, } M_{p1} = M_{p2} = 0.5(1/8 p \ell^2) = 1/16 p \ell^2$$

Yukarıda yapılan uygulamaya benzer biçimde, mesnet momentinin açıklık momentine oranı, statik koşula uymak koşulu ile istenildiği gibi değiştirilebilir. Donatı dağılımını değiştirerek oluşturulan kirişler laboratuvarında denenmiş ve “Sınır durum”daki moment diyagramının donatı oranına göre oluştuğu kanıtlanmıştır.



ŞEKİL - 16

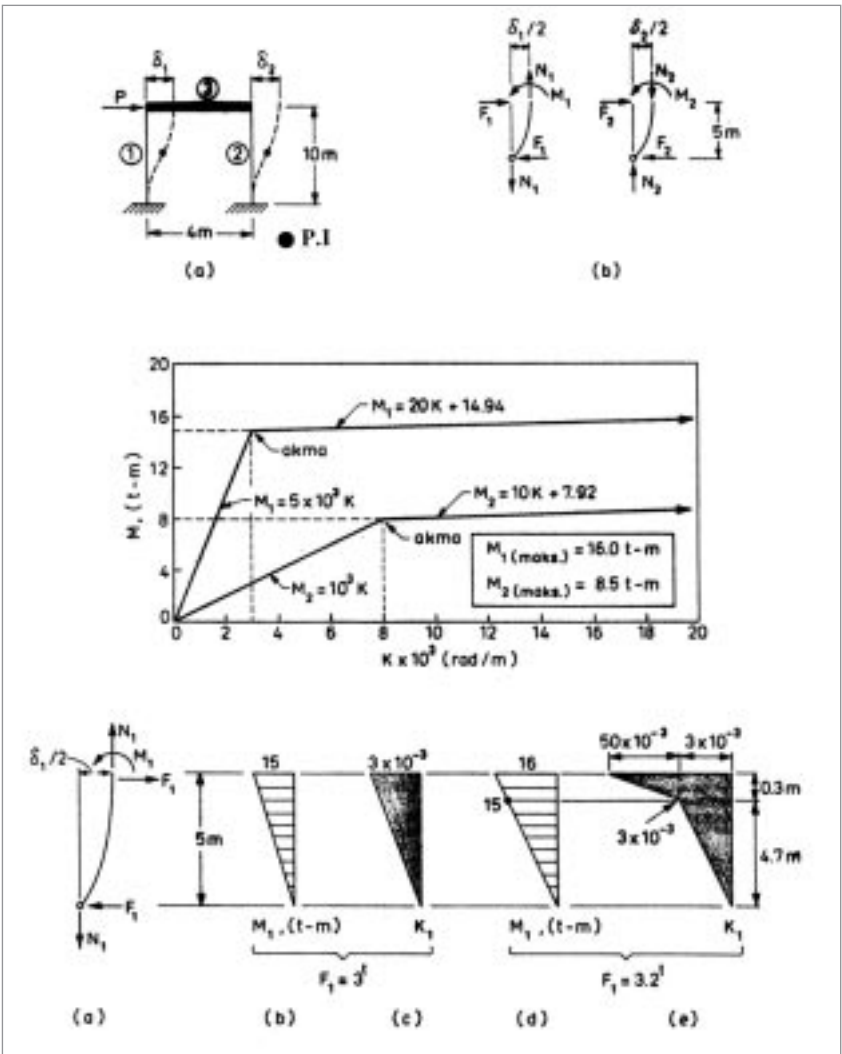
Yukarıda sıralanan ilkeler ışığında şöyle bir uygulama yapalım. Bir sürekli kirişte, önce mesnet ve açıklık donatılarını, doğrusal çözümlenmeden elde ettiğimiz oranlarda düzenleyelim. Bu durumda, **Şekil-16(a)**'da gösterildiği gibi, elastik aşamada ve sınır durumunda elde edilen dağılımlar aynı olacaktır. Şimdi mesnetlerdeki üst donatı ve açıklıktaki alt donatıyı birbirine eşit yapalım. Donatıya bu biçimde düzenlersek, yukarıda madde-2'deki statik koşula göre “Sınır durum”da mesnet ve açıklık momentleri, $1/16 p \ell^2$ olacaktır, **Şekil-16(b)**. Mesnet donatısının açıklıktakine oranını 1.5 yaparsak, sınır durumdaki moment dağılımı, **Şekil-16(c)**'de gösterildiği gibi olacaktır.

Arkadaşlar bu yaklaşım, davranışı bilen bir mühendise çok büyük olanaklar ve özgürlük sağlar. Bakın, donatıyı istediğiniz gibi dağıtın. Mesnette ve açıklıkta koyduğunuz donatıya göre kapasite momentlerini hesaplayın. Yukarıdaki irdelemeden anlaşılacağı gibi, sürekli kirişler için “Sınır durum”daki moment diyagramını, yapısal çözümlenme yapmadan çizerseniz. Çünkü biliyorsunuz ki kesite ne kadar donatı koyarsanız, kesitin alacağı moment o kadar olur. Özetle şunu söyleyebiliriz; statik denge koşulunu sağlamak koşuluyla, donatı dağılımını (mesnet donatısının açıklıktakine oranı) istediğiniz gibi yapabilirsiniz. Kirişin sınır durumdaki moment dağılımı, koyduğunuz donatıya göre şekillenecektir. Bu, betonarmenin harika bir özelliğidir. Burada sözü edilen olaya, “Kesitten Kesite Uyum” veya kısaca, “Moment Uyumunu” diyoruz.

Burada bir kısıttan söz etmek gerek. Yukarıdaki irdeleme tümüyle “Sınır Durum”, başka bir deyişle “Taşıma Gücü Sınır Durumu” içindi. Biliyorsunuz, yapı mühendisliğinde bir de “Kullanılabilirlik Sınır Durumu” vardır. Donatı, mesnet ve açıklık arasında dağıtılırken aşırılığa gidildiğinde, çatlak genişliği açısından sorun çıkabilir. Bu nedenle uygulamada, “Kullanılabilirlik Sınır Durumu”na da dikkat edilmelidir.

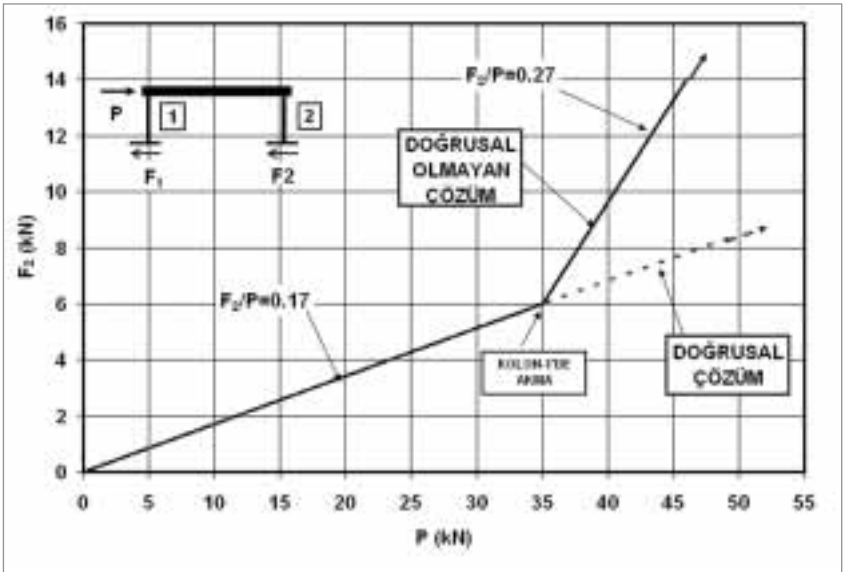
Betonarmede kesitten kesite uyum olduğu gibi, elemandan elemana uyum da vardır. Bu uyum, özellikle betonarme binaların deprem dayanımında önemli rol oynar. Elemandan elemana uyumu anlatabilmek için basit bir örnek alalım. **Şekil-17**'de gösterilen tek katlı, tek açıklıklı çerçevenin iki kolonu, moment-eğrilik ilişkilerinden anlaşılacağı gibi, değişik özelliklere sahiptir. Doğal olarak pratikte iki kolonun özelliklerinin farklı olması pek olası değildir. Bu örnekte, bazı noktaları vurgulayabilmek için kolonların özel-

likleri farklı alınmıştır. Çözümü basitleştirmek için kirişin eğilme rijitliğinin de sonsuz olduğu varsayılmıştır.



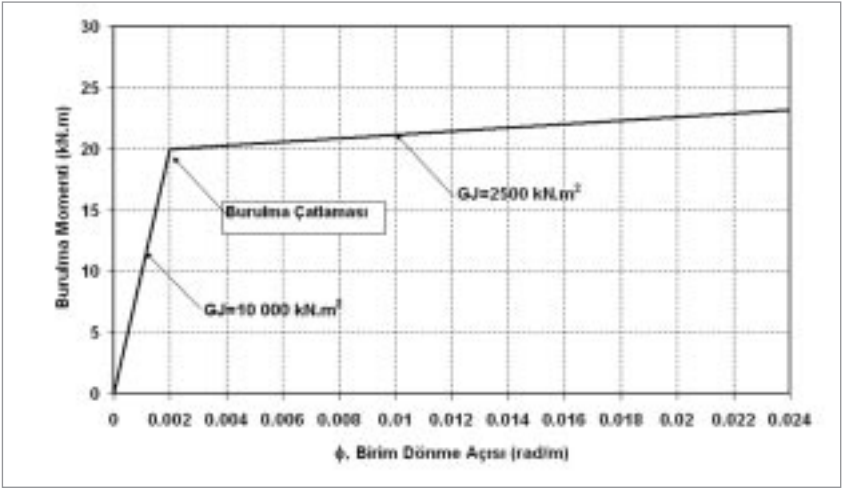
Şekil - 17

Şekil-18'de, '2' nolu kolonun taban kesme kuvveti F_2 'nin, uygulanan yatay yük P ile değişimi gösterilmiştir. Şekil-17'deki M-K eğrilerinden anlaşılacağı gibi, birinci kolon, akma konumuna ikinci kolona göre daha küçük bir eğrilikte ulaşmaktadır. Doğrusal-elastik bir çözümleme sonucu elde edilen F_2 - P eğrisi, şekilde görüldüğü gibi doğrusaldır. Gerçek davranış, Kolon-1'de donatı akma konumuna ulaştıktan sonra değişecek ve eğri doğrusallıktan sapacaktır. Yani sizin yaptığımız doğrusal çözümlemede, ikinci kolonun yükten aldığı pay, $(F_2/P)=0.17$ iken, birinci kolondaki donatının akmasıyla bu oran, 0.27'ye çıkacaktır. Birinci kolon akmasına rağmen çerçeve yük taşımaya devam edecek ve ikinci kolon da kapasitesine ulaşıncaya kadar bu yapı ayakta kalacaktır. Şekil-18'deki eğriden görüleceği gibi, henüz kapasitesine ulaşmamış olan ikinci kolon, birincinin yardımına koşmuştur! Bu davranıştan önemli bir ders çıkarabiliriz; genelde binanın bir katında, bir veya birkaç kolonun kapasitelerine ulaşması, göçme için yeterli değildir. Eğer o kattaki kolonların toplam kapasitesi, uygulanan yükü taşıyabilecek düzeydeyse, bina ayakta kalabilecektir.



Şekil - 18

Burulmadaki uyum oldukça ilginçtir. Eğilmede “Plastik mafsal,” donatının akması ile oluşurken, burulmadaki “burulma plastik mafsalı,” kesitin çatlaması ile oluşmaktadır. Aşırı donatılı olmayan bir kirişte ilk burulma çatlak oluştuğundan sonra, çatlak sonrası burulma rijitliği, çatlak öncesi rijitliğin 1/30’una veya daha düşük düzeylere inmektedir, **Şekil-19**. Bu nedenle, yaklaşık olarak çatlama sonrasında o kesitin sabit burulma momenti altında serbestçe döndüğü kabul edilebilir. Yani burulma çatlaklığı, bir tür burulma mafsalı oluşturuyor. ODTÜ’de bu konuda epeyce bir çalışma yapmıştık.

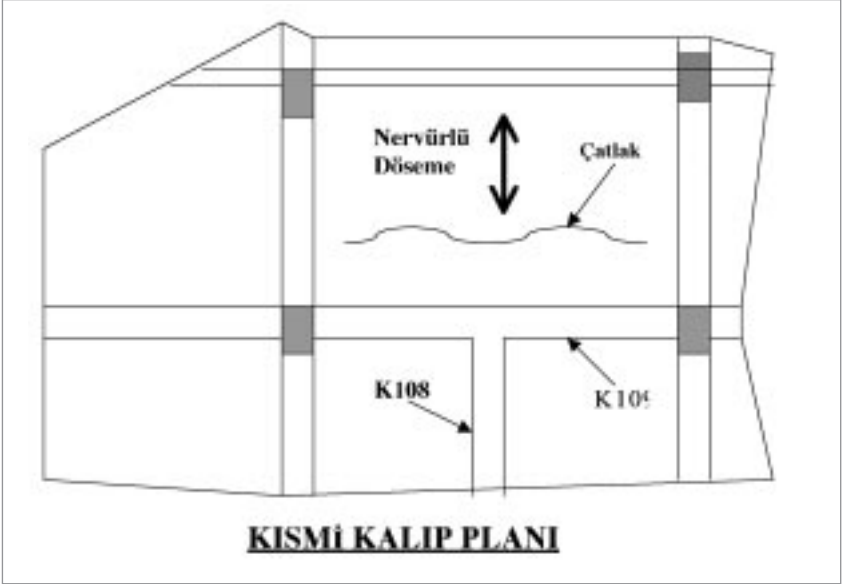


Şekil - 19

Amerika’da proje mühendisi olarak çalışırken burulma ile ilgili iki ilginç sorunla karşılaştım. Birincisi, çok katlı bir otoparktaydı. Kolona çok yakın sapanan bir kiriş, saptandığı kirişte burulma çatlakları oluşturmuştu.

Karşılaştığım diğer sorunda, burulmanın rolü birincideki kadar açık değildi. **Şekil-20**’de gösterildiği gibi K108 kirişinin saptandığı K109 kirişinin arkasındaki döşemede eğilme çatlakları oluşmuştu. Bu tür çatlama, sistematik bir biçimde her katta oluşmuştu. Bize anlattıklarına göre bu çatlakları birkaç kez harçla kapatmışlar, fakat çatlaklar yine açılmıştı. Burada da olay şu: K108 kirişinin uyguladığı burulma momenti, K109 kirişi tarafından burul-

ma, döşeme tarafından da eğilme momenti olarak paylaşılıyor. Döşemeye bu burulma nedeniyle giden ek eğilme momenti, döşemedeki moment sıfır noktasını ileri itiyor. Döşeme hesabı yapılırken bu dikkate alınmadığından, bu bölgede üst donatı kısa kesilmiş. Negatif momentin olduğu bölgenin bir kısmında çatlağı kontrol edecek üst donatı bulunmadığından, oluşan çatlakların genişliği oldukça büyüktü.



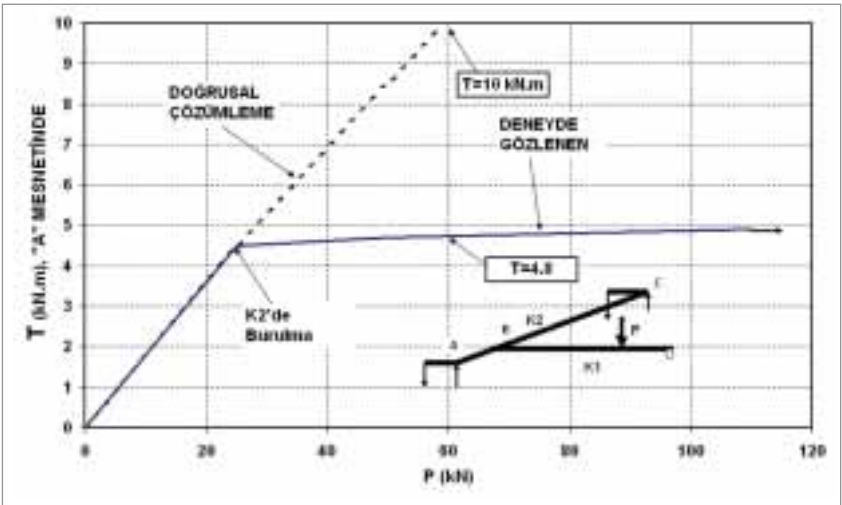
Şekil - 20

Bu tür bir sorunun giderilmesi için birçok seçenek oluşturulabilirdi. Örneğin, döşemenin üzerine eklenecek 5-10 santimetrelik bir betonarme katman, sorunu çözümlüyebilirdi. Ancak, mimarın ve belediyenin getirdiği çok sayıda kısıt nedeni ile oluşturduğumuz birçok çözümü uygulayamadık. Sonunda çok riskli bir uygulama yaptık. Döşemeye burulma nedeni ile aktarılan ek eğilme momentini yok etmek için döşemenin kirişle birleştiği yerde bir mafsal oluşturmaya karar verdik! Özel bir testereyle birleşim çizgisinde döşemeyi belirlediğimiz bir derinliğe kadar kestik. Amacımız, moment aktarımını olabildiğince engellemektir. Kalan kesitin de kesmeyi alabileceğini hesap-

ladık. Arkadaşlar, bu riskli uygulama birkaç gece uykumuzu kaçırdı ama sonuçta başarılı oldu. Kanımca inşaat mühendisliğinin en heyecanlı, en zevkli yanı da bu tür uygulamalardır.

Yıllar sonra ODTÜ’de bu iki sistemin deneylerini yapmaya karar verdik. Bu deneylerden çok şeyler öğrendik. Betonarme yapılardaki burulma sorunu, bu deneylerle aydınlığa kavuştu diyebilirim.

Birinci dizi sistem deneyinde, P noktasal yükünü taşıyan bir kiriş diğer bir kirişe saplanıyordu. Bu deney dizisindeki değişkenler şunlardı; (a) kirişin saplandığı noktanın mesnetten uzaklığı, (b) burulma uygulanan kirişteki burulma donatısı oranı ve (c) burulma taşıyan kirişin mesnet koşulları(dönme serbestliği). **Şekil-21**’de bu deneylerden biri gösteriliyor.

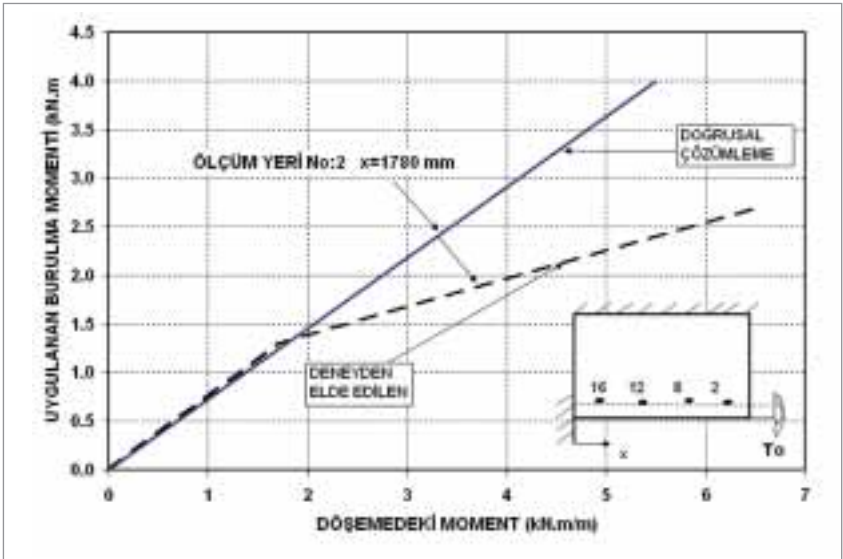


Şekil - 21

Şekilde, sistemin doğrusal-elastik davrandığı varsayımı ile yapılan çözümlerden elde edilen T-P ilişkisi, kesik çizgilerle, deneyden elde edilen ise sürekli çizgi ile verilmiştir. Görüldüğü gibi burulma çatlama oluşuncaya kadar deneyden elde edilen eğri, hesaplananla çakışmaktadır. Ancak, kiriş

burulmadan çatladığı anda, deneysel eğri diğerinden ayrılmaktadır. Başka bir deyişle burulma çatlama oluştuğundan sonra doğrusal-elastik çözüm artık gerçeği yansıtmamaktadır. Bakın, $P=60 \text{ kN}$ 'a eriştiğinde, doğrusal çözümlenmeden elde edilen en büyük burulma momenti $T=10.0 \text{ kN.m}$ iken, deneyde burulma momenti 4.8 kN.m olarak saptanmıştır. Bu demektir ki, hesapladığımız burulma momenti, gerçek burulma momentinin iki katından fazladır! Doğrusal çözümlenmenin çok hatalı sonuçlar vermesinin nedeni, burulma çatlama nedeni ile burulma rijitliğindeki büyük azalma ve bunun sonucu oluşan “uyum”dur.

İkinci sistem deneyi dizisinde, burulma momentinin kiriş ve döşeme arasında paylaşımını inceledik. **Şekil-22**'de bu deneylerden biri gösteriliyor. Bu deneylerde, döşemenin çeşitli noktalarında, uygulanan burulma momenti ile döşemede oluşan eğilme momenti arasında ilişki (m - T) incelendi. **Şekil-22**'de, döşemenin “2” olarak işaretlenen noktasında, doğrusal çözümlenmeden elde edilen (m - T) eğrisi, deneyden elde edilenle karşılaştırılıyor. Görüldüğü gibi, çatlak öncesinde deneysel eğri, analitik eğri ile çakışmaktadır.



Şekil - 22

Burulma çatlaması oluştuktan sonra ise büyük sapsmalar gözlenmektedir. Örnek olarak, burulma momentinin $T= 2.7$ kN.m olduğu yük düzeyini alalım. Bu burulma momenti altında doğrusal çözümlmeye göre döşemeye aktarılan moment 3.7 kN.m/m olmalıydı. Deneyde bu momentin 6.5 kN.m/m olduğu saptanmıştır, yani doğrusal çözümlmeden elde edilenin iki katı! Bunun nedeni, kirişte burulma çatlaması olduktan sonra burulma rijitliğinin büyük oranda azalmasından dolayı daha fazla burulma alamaması ve dağılımın bu rijitlik azalması nedeniyle değişmesi. Başka bir deyişle doğrusal çözümlün gerçeği yansıtamamasının nedeni, burulma çatlaması sonucu oluşan “uyum”dur. Yukarıda anlatılan sistem deneyleri sonucunda burulma; **(a) denge burulması** ve **(b) uygunluk burulması** olarak ikiye ayrılmış ve o tarihe kadar açıklanamayan birçok olay aydınlığa kavuşmuştur.

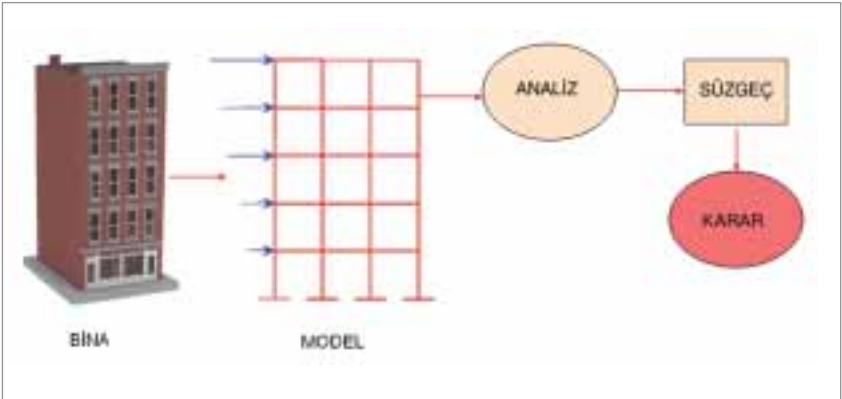
Geçen yüzyıla damgasını vuran büyük bir inşaat mühendisi, biraz aşırıya giderek, yapı mekaniğini şöyle tanımlamıştır, “*Yapı mekaniği teorisi, mevcut olmayan malzemelere, gerçek olmayan özellikler verilerek oluşturulmuştur.*” Biliyorsunuz, okullarda yapı mekaniği dersine başlarken, malzemenin doğrusal elastik, homojen, ve izotropik olduğu varsayımı yapılır. Öğrenci betonarme dersine geldiğinde ise bu varsayımlardan hiçbirinin doğru olmadığı söylenir!



Arkadaşlar, klasik teorilere uymayan, kendine özgü bir davranış biçimi olan betonarmede kesit hesabını acaba geçmişte nasıl yaptık, şimdi nasıl yapıyoruz? Geçmişte bilinçsiz mühendis, hesap yaparken abak ve tablo kullandı. Hiç unutmuyorum, eğitimimi bitirip ülkeme döndüğümde, buradaki sistemi tanıyabilmek için arkadaşlarıma bir betonarme kitabı sordum. Bana önerdikleri betonarme kitabı, Löser adlı bir Alman profesör tarafından yazılmıştı. Kitabı şöyle bir karıştırınca şaşırdım. Löser, betonarme kitabı değildi. Bu, tablolardan ve abaklardan oluşan bir el kitabıydı. Evet, o günün Türkiye'sinde betonarme kitabı demek, el kitabı demekti. Davranışa dayalı bir eğitim yoktu henüz.

1970'den sonra ne oldu? Bilinçsiz mühendisler bu kez tablo ve abaklar yerine, içeriğini ve varsayımlarını bilmedikleri bilgisayar yazılımlarını kucakladılar. Kanımca bilinçsiz bilgisayar yazılımı kullanmak, tablo ve abaklarla hesap yapmaktan farksızdır. Özur dilerim aralarında elbette hız farkı var!

Peki, bütün bu gerçeklerin ışığında uygulamada ne tür bir yaklaşım izlemeliyiz? Benim yaklaşımım, **Şekil-23**'de özetlenmiştir. Biz uygulamada gerçek yapıyı değil, birçok varsayım yaparak kendi oluşturduğumuz modeli çözümleriz. Gerçek yapıyı çözmek bugün için olanaksızdır, yarın da olanaksız olacaktır, çünkü gerçek yapıda çok fazla bilinmeyen ve değişken vardır. Bu nedenle çözüm için çok sayıda varsayımla bir model oluşturmak zorundayız. Bakın, üç boyutlu elemanları bir çizgi ile gösteriyoruz, yükleri düzgün yayılı veya noktasal alıyoruz, kolonları tabanda ankastre kabul ediyoruz vesaire... Bütün bunlar varsayımdır.



Şekil - 23

Çözümlemeyi yaparken, yapıyı oluşturan elemanların eğilme, kayma ve burulma rijitlikleri ile ilgili varsayımlar yapmak zorundayız. Bu rijitliklerin doğru olarak saptanabilmesinin olanaksız olduğunu daha önce irdelemiştik. Tekrar vurguluyorum, çözümlediğimiz gerçek yapı değil, çok sayıda varsayımla bizim oluşturduğumuz modeldir. Davranışı çok iyi bilen akıllı bir mühendisin oluşturacağı model, elbette davranış bilmeyen bir mühendisin oluşturacağından daha yakın olacaktır gerçek yapıya. Ama en iyi mühendisin bile oluşturacağı model, gerçek yapı olmayacaktır, bu olanaksızdır. Oluşturulan modelin gerçek yapıyı aynen temsil ettiğine, ancak cahil mühendisler inanabilirler.

Tüm bunların bilincinde olan bir mühendis, çözümlemeden çıkan sonuçları nasıl değerlendirmelidir? Bence iyi bir mühendis, çıkan sonuçları aynen kullanmak yerine, bunları bir süzgeçten geçirmeli, sonra karara varmalıdır. Bu süzgeç nedir? Bu süzgeç, deneyim, davranış bilgisi ve mühendislik özsevisidir. İşte bu nedenle mühendislik salt bilim değildir diyoruz. İnşaat mühendisliği bilim ve sanattır demek kanımca yanlış olmaz.

Yeni mühendisler Cross adını bilirler mi acaba? Cross yöntemi diye bir yöntem kullandınız mı hiç? Cross çok büyük bir mühendisti. Benim kuşağımın mühendisleri, yapı mekaniğinde çerçeve çözümlemelerinde, şebekelerde su dağılımında, hep Cross yöntemini kullanırlardı. Hardy Cross'un otuzlu ve kırklı yıllarda mühendislik felsefesi üzerine yazdığı makaleleri toplayan nefis bir kitabı vardır, "Mühendisler ve Fildişi Kuleler." Bu makaleleri bugün de büyük bir zevkle okuyabilir ve çok önemli dersler alabilirsiniz. Cross, bu makalelerde elli altmış yıl sonraki gelişmeleri adeta görmüştür! Örneğin, otuzlu yıllarda kaleme aldığı bir yazısında şu öngörüde bulunmuştur; *"ileride işlemleri çok hızlandıracak makinalar icat edilecektir. Ancak, insan beyninin yaptığı makinalar, hiçbir zaman insan beyninin yerini tam olarak alamayacaktır."* Bakın aynı kitapta H.Cross ne demiş: *"Analizden sayısal sonuçlar elde edilir. Cahil mühendisler, yapılan varsayımları unutarak çıkan sayıları gerçek sanıp, bunların problemin çözümü olduğuna inanırlar. Halbuki iyi yetişmiş akıllı mühendisler, bu sayıların gerçeği tam olarak yansıtmadığını, bunların problemin çözümü olmadığını bilirler. Onlar bu sayıları, verecekleri kararlarda yol gösterici olarak kullanırlar."*

Şimdi size bunun bir örneğini vereceğim. İzmir'de Hilton oteli yapılırken Sayın Ali Terzibaşoğlu ile birlikte danışmanlık yaptık. Otelde 30 katlı ana

bloğun yanında 10 katlı bloklar vardı. Normal olarak otuz ve on katlı binaları deprem derzi ile ayırmak gerekir. Ancak, on katlı blokta perde duvar konulamıyordu. Açıklıklar çok büyük olduğundan bu bina çok esnek kalıyordu. Bunun üzerine rahatça perde duvar yerleştirilebilen yüksek blokla diğerinin arasında derz bırakılmaması, bir seçenek olarak ortaya atıldı. Bu seçenekleri incelemek üzere birkaç dinamik analiz yapıldı. Dinamik analizin sonuçları, betonarme hesabında kullanılmadı ama derz konusunda ve yüksek binadaki duvarların konumundaki kararlarda, dinamik analiz sonuçları ışık tutucu oldu.

Arkadaşlar, eğitim düzeyi düşük olan ülkelerde, bilgi ve uzmanlık önemli değildir. Bu tür ülkelerde bilenle bilmeyenin farkı yoktur, ikisi aynı kefeye konur. Uzmanlığa saygı yoktur, herkes her konuda konuşur ve buna bir tepki görmez. Bu nedenle az gelişmiş ülkelerdeki şarlatan sayısı, gelişmiş ülkelerin çok üstündedir. Ülkemizdeki şarlatan sayısını bunun bir kanıtı olarak gösterebilirim! Bu ülkede herkes her konuda o konunun uzmanıymış gibi rahatça konuşuyor. Bir meslek grubu, kendi uzmanlık alanı dışında fütursuzca ahkam kesebiliyor. Örnek olarak deprem konusunu ele alalım. Çok sayıda bilim adamı, en azından ünvanları nedeniyle bilim adamı sınıfına girenler, televizyonlara çıkıp ahkam kestiler ve kesmeye devam ediyorlar. Bunların bir bölümü gerçekten konuyu bilen kişilerdi, diğerleri ise şarlatandı. Birinin beyaz dediğine öbürü siyah diyerek halkın, daha da kötüsü yetkililerin kafalarını karıştırdılar. Genelde şarlatanlar daha agresif olduklarından ve sesleri daha çok çıktığından, gerçek uzmanlardan daha etkili oldular. Bir yer bilimci, hiç çekinmeden bina dayanımı ve güçlendirilmesi ile ilgili öneriler yapabildi, hatta kitap bile yazdı! Bir mimar çıktı, betonarme yapıların depreme dayanıklı olmadığını ilan etme cüretini gösterdi. Dünya küçüldü. Bu saçmalıklar yurtdışında da duyuldu ve tüm dünyaya rezil olduk. Neden bilmiyorum, meslek kuruluşları da bu kişileri kınamadı; “sayın meslektaşım, haddini bil, uzman olmadığın konularda konuşmamalısın,” diyemedi. İnanır mısınız, toplum ve yetkililer bu şarlatanların söylediklerine, doğruyu söyleyenlerden daha fazla inandılar.

Ne acıdır ki ülkemizde şarlatanlık geçer akçedir. Hiç bilmediğiniz bir konuda aklınıza geleni söyleyebilirsiniz. Söylediklerinizin doğru veya yanlış olması hiç önemli değil. Dün ak dediğinize bugün kara demeniz de önemli değil. Önemli olan, konuşurken veya yazarken millete tepeden bakmanız ve



yeterince agresif olmanızdır! Sporla ilgili yazı yazan, TV’de konuşan bazı üstatlar bunun en güzel örneği. Karşılarındaki tepkisiz kitlenin onları hayranlıkla izlediğini görünce, coşuyorlar. Artık salt futbol onları kesmiyor. Büyük bir otorite gibi, basketbol, voleybol, atletizm gibi sporun her alanına el atıyorlar. Sonra hızlarını alamıyorlar, sanattan edebiyata ve siyasete kadar her konuda ahkam kesiyorlar. O kadar saçmalyorlar ki, bazı tanıdıklarım onların konuşmalarını ve yazılarını eğlenmek, gülmek için izliyorlar. Ama ne acıdır ki, büyük bir çoğunluk onları ciddiye alıp söylediklerine inanıyor. Bizim meslekte de var her konuda otorite kesilip, ahkam kesenler. Bu harika çocukları(!) da ciddiye alıyor toplumumuz. Geçen yıl bazı meslektaşlarım, bir bilim adamımızla ilgili çok güzel sözler ettiler. Mutlu oldum, içimden; *“ne güzel, gerçek bilim adamının değerini biliyorlar,”* dedim. İki dakika sonra aynı kişiler bir şarlatanı da göklere çıkarınca, ülkemin gerçeklerine geri döndüm!

Size yine Hardy Cross’tan söz edeceğim. Büyük üstat, mühendislikte basit ve sadeliğin erdemini vurguluyor bir yazısında; *“Bilimde ve mühendislikte gerçekler basittir. Eğer bir problem size karmaşık bir biçimde sunuluyorsa, bu problemin karmaşıklığından değil, sunanın aklının karışıklığından kaynaklanmaktadır,”* diyor.

Ben, dönem başında sınıfa girdiğimde, derse başlamadan önce tahtaya şunu yazıyorum: “*Basit güzeldir!*” Bu çok önemli. Ülkemizde bazı yönetmelikleri okuduğunuzda kafanız karışıyor ve belki de “*ben bu kadar cahil miyim, kafam çalışmıyor mu?*” diye soruyorsunuz kendinize. Benim önerim, bu tür sorunlarla karşılaştığınızda, H. Cross’un basitlikle ilgili söylediklerini bir kez daha okumanız!

1957 yılında ülkeme döndüm ve hemen askerlik görevime başladım. O yıllarda yedek subay maaşı çok azdı. Geçinebilmek için geceleri betonarme projesi yapmaya karar verdim. Mühendis olarak deneyimim vardı ama Türkiye’deki uygulamayı bilmiyordum. Bir betonarme kitabı aradım, Löser’i önerdiler. Baktım bu betonarme kitabı değil, düpedüz el kitabı. Uzatmayayım, sonunda bir betonarme kitabı buldum. O yıllarda kesit hesabı emniyet gerilmelerine göre yapılıyordu, yani gerilme dağılımı üçgenli. Kiriş için kesit hesabına baktığımda ne göreyim, bir sürü integral. Şaşırdım, “*evvah, biz cahil kalmışız, kesit hesabında integral kullanılmadılar bize!*” diye karamsarlığa kapıldım! Kitabı biraz inceleyince anladım ki, kitabın yazarı üçgenin alanını ve ağırlık merkezini entegralle hesaplıyor! Yaptığı elbette doğru, ama üçgenin alanını $(0.5)bh$ olarak yazmak yerine, bunu entegralle hesaplamak mühendislik yaklaşımına ne kadar uyar, siz karar verin! Acaba yazar neden böyle yaptı diye kafa yordum.

Sanırım bunun nedeni, integralin daha fiyakalı görünmesiydi! Ülkemizde sorunları basite indirgemek yerine, sıradan insanların anlayamayacağı kadar karmaşık hale getirmek marifet olarak görülüyor maalesef.

Galiba ulus olarak basit ve sadeden pek hoşlanmıyoruz. Bir çözüm ne kadar karmaşık olursa, o kadar doğrudur diye bir inanışımız var. Taşıma gücü hesabında beton basınç bloğunun diktörtgen olarak alınmasına çok karşı çıkanlar oldu. Yıllarca bu basit yaklaşımın mücadelesini yaptık. “*Olamaz, betonun gerilme-birim deformasyon dağılımı diktörtgen değil, parabolüdür*” dediler. Diktörtgen dağılımın hesap için bir model olduğunu, gerçek dağılımla ilgisi olmadığını bir türlü anlatamadık. “*Bakın, kesit hesabı için yazılan iki denge denkleminde, yalnızca bu dağılımın oluşturduğu hacim ve bu hacmin ağırlık merkezi kullanılıyor. Bu nedenle, benzer hacim ve ağırlık merkezini veren herhangi bir dağılım kullanılabilir,*” dedik, inandıramadık. Buna karşı çıkan meslektaşlarımızın amacı, galiba üzüm yemek değil, bağ-

cıyı dövmekti! Belki de dikdörtgen dağılım çok basit olduğu için kabul edilmek istenmedi! Neyse, zor oldu ama sonunda o da benimsendi.

Bakın, size bir başka örnek vereyim: Bir gün Amerikan Büyükelçiliği'nden telefon ettiler *"İsrail'den ülkesine dönen bir Amerikalı profesör, Ankara'dan geçecek. Bu profesör ODTÜ'de bir konuşma yapmak istiyor"* dediler. Adını verdikleri profesörü tanımıyorduk, ama *"gelsin"* dedik. Sayın profesör geldi, şimdi tam olarak anımsamıyorum ama betonarme ile ilgili bir konuda konuşma yaptı. Arkadaşlar, emin olun, daha on dakika geçmeden anladık ki, adam anlattığı konuyu doğru dürüst bilmiyor ve bu nedenle her şeyi birbirine karıştırıyor. Çok kötü bir sunuş oldu. Kapıdan çıkarken, iki öğrencinin konuşması dikkatimi çekti. Biri öbürüne soruyordu, *"Ali, adamın anlattıklarını anladın mı?"* Ali'nin yanıtı ilginçti, *"Yahu hiçbir şey anlamadım, ama herhalde adam derya!"*

Ülkemizde betonarme ile ilgili başka bir sorun daha var; donatının detaylandırılması. Bazı meslektaşlarımız hesapları bitirince işlerinin bittiğini sanıyorlar ve donatı detaylandırmasını çoğunlukla teknik ressama bırakıyorlar. Halbuki detaylandırma, kanımca proje hesapları kadar önemlidir.

Detaylandırma, davranışı doğrudan etkiler. Hesaplar ne kadar doğru olursa olsun, yanlış bir detaylandırma, hasara, hatta göçmeye neden olabilir. Bundan 10-15 yıl önce Kuzey Denizi'ndeki bir petrol platformu çökmüştü. Bu çökme, mühendislik tarihindeki önemli olaylardan biridir. Göçmenin nedeni araştırılırken birçok tanınmış mühendislik firmasından rapor istendi. Bu raporların hiçbiri doyurucu bulunmadı.

Bunun üzerine çok yaşlı ve deneyimli bir mühendise başvurdular. Bu mühendisin yazdığı rapor olayı aydınlattı. Kusur, varsayımlarda ve hesaplarda değil, donatı detaylarındaydı. Amerika'ya bir gidişimde bana bu raporun giriş paragrafını okuttular.

O paragrafı okuduğum zaman şoke oldum, *"bu adam bunamış herhalde"* dedim. Bakın raporun ilk paragrafında ne deniyor; *"yıkılmanın nedeni, projeyi yapanlar arasında sürgülü hesap cetveli kullanmış birinin bulunmamasıdır!"* Sürgülü hesap cetveli tarihe karışalı yıllar, yıllar oldu. Bu araçla hesap yapmış olan benim kuşağım bile unuttu sürgülü hesap cetvelini. Rapo-

run diğer bölümlerini okuduğunuzda, adamın sürgülü hesap cetvelini, “*deneyim*” için bir sembol olarak kullandığını görüyorsunuz. Adamın dediği şu: “*Daha önceki raporları yazanlar, hatayı hesaplarda aramışlar. Halbuki hesaplarda önemli bir hata yok. Hata, donatı detaylandırırken yapılmış. Davranışı bilen, deneyimli bir mühendis olsaydı, bu hata yapılmazdı.*”

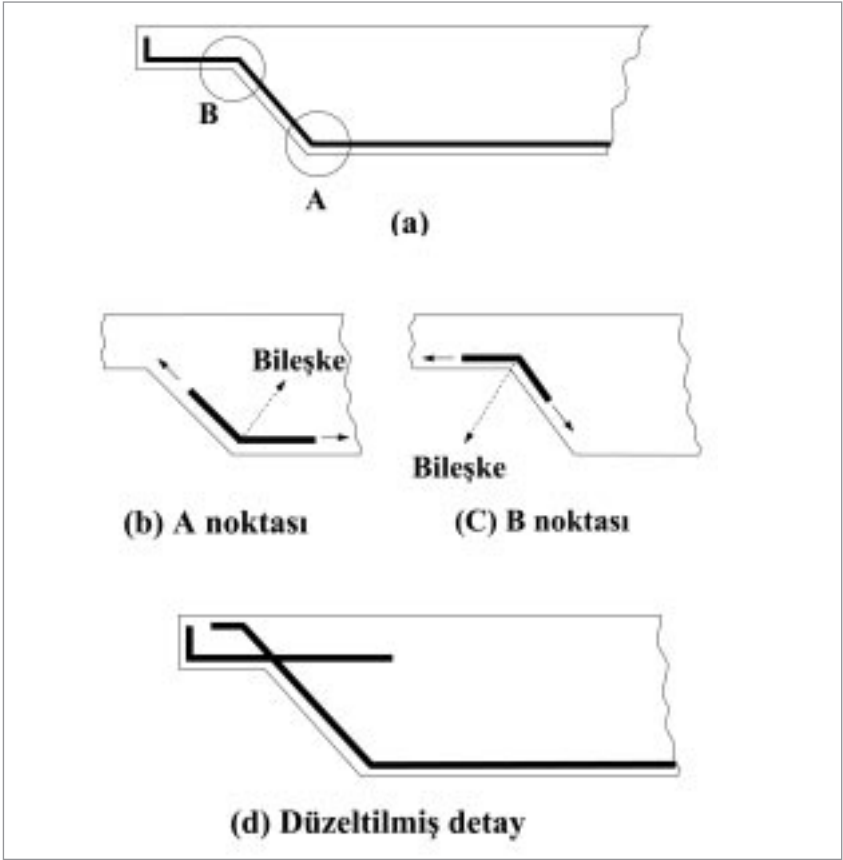
Size davranışın önemi ile ilgili basit ama çarpıcı bir örnek göstereceğim. Yıllar önce bize geldiler ve prefabrik bir kirişte gözlenen hasarın nedenini sordular. Sözü edilen, basit mesnetli, tek açıklıklı prefabrik bir kirişti. **Şekil-24(a)**’da gösterildiği gibi kiriş ucu, konsola oturtulmak üzere inceltmişti. Bu sık yapılan bir uygulamadır.

Bakın, düz mantıkla gittiğiniz zaman ne görüyorsunuz? Tek açıklıklı, basit mesnetli bir kirişte alta çekme, üstte basınç olur. Bu durumda kiriş açıklığı boyunca alta çekme donatısını bulunmalıdır. Projeyi yapan meslektaşımız da bunu yapmış.

Bu yaklaşım elbette doğru, ama bir şeyi düşünememiş. **Şekil-24(b)**’de, ‘A’ noktasındaki donatı çubuğunun serbest cisim diyagramı gösteriliyor. Çubuğun geometrisi nedeniyle donatının iki ucundaki çekme kuvvetlerinin bileşkesi, beton kütleyle eğik bir kuvvet uyguluyor. Burada problem yok.

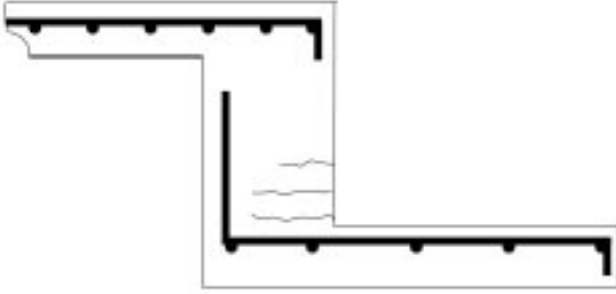
Şimdi ‘B’ noktasındaki durumu ele alalım. **Şekil-24(c)**’de gösterildiği gibi, donatının iki ucundaki çekme kuvvetlerinin bileşkesi, beton kabuğu zorluyor ve bunun doğal sonucu olarak oradaki kabuk betonu kırılıyor ve çekme donatısı dışarıya doğru itiliyor.

Eğer detay, bu davranış göz önüne alınarak **Şekil-24(d)**’de gösterildiği gibi değiştirilseydi, hiçbir sorun kalmazdı! Küçük detay hatalarının yol açtığı sorunları gördüğümde, aklıma Sir Thomas’ın sözleri gelir; “*Bilim tarihi, küçük ve çirkin gerçekler tarafından katledilmiş güzel teorilerle doludur.*”

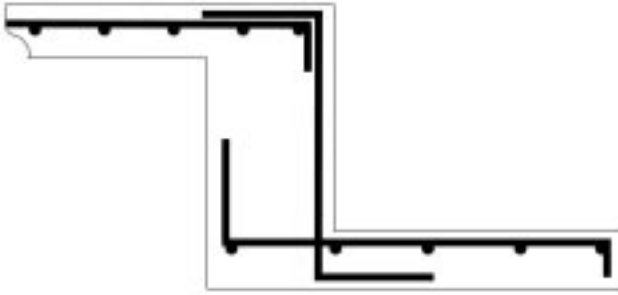


Şekil - 24

Detaylandırma ile ilgili bir başka sorun da **Şekil-25(a)**'da gösteriliyor. Bu binada döşeme gelip kirişe üstten saplanıyor. Konsol döşeme ise aynı kirişin alt yüzüne saplanıyor. Kirişte kesme kuvvetleri küçük olduğundan, projede etriye olarak $\phi 6/250$ mm gösterilmiş. Ancak yapımda etriye 500 mm ara ile yerleştirilmiş. İnşaat tamamlandığında, kirişin altında, şekilde gösterilen yatay çatlaklar oluşmuş. Proje mühendisine çatlakları göstermişler. Hesaplarının doğru olduğunu söylemiş ama çatlak nedenini açıklayamamış!



(a) Yanlış detay



(b) Doğru detay

Şekil - 25

Arkadaşlar, buradaki sorun da hesap değil, detay hatası ve davranışı doğru olarak görememekten kaynaklanıyor. Aslında çatlakların nedeni oldukça basit. Bakın, konsolun mesnetinde, üstte çekme gerilmeleri var. Doğal olarak bu çekme, mesnet ötesinde uçup gitmiyor. Betonarmenin monolitik özelliği nedeniyle çekme, kiriş yüzünde devam ediyor. Yani aynen bir çerçeve köşesi gibi, kirişin altında konsol mesnet momentine eşit moment oluşuyor ve bu moment de kirişin dış yüzünde çekme gerilmelerine neden oluyor. Eğer kirişte sık etriye bulunsaydı, çekme gerilmelerinin olduğu yüzdeki etriye kolu bu gerilmeleri karşılayabilirdi. Etriyenin yeterli olmadığı durumlarda ise donatı detayının **Şekil-25'(b)**'de gösterildiği gibi yapılması gerekirdi.

Tüm bu verdiğim örnekler, betonarme türü dersleri veren öğretim üyelerinin, akademik kariyere başlamadan önce mühendis olarak çalışmalarının çok yararlı olacağını gösteriyor. Bugün içinde bulunduğumuz koşullar nedeniyle genelde bu olmuyor. Bir öğrenci, üniversiteden mezun oluyor, yüksek lisans yapıyor, doktora yapıyor ve hemen öğretim üyesi oluyor ve öyle devam ediyor. Halbuki inşaat mühendisliğinde hocalık yapacak bir kimsenin mutlaka bir süre çalışması lazım; hem şantiyede, hem de bir proje bürosunda. Denebilir ki, *“Bunlar da üniversitede görev yaparken gelen danışmanlık projelerinden mühendislik deneyimi elde edebilirler.”* Danışmanlıkla, bir projede veya şantiyede çalışmak aynı şey değildir arkadaşlar. Bir projeyi sıfırdan başlayıp götürmek başkadır, danışmanlık başkadır.

Ben bu konuda şanslıydım. Ferguson beş yıl mühendislik yaptıktan sonra üniversiteye geçmiş, Reese ise bir süre üniversitede çalıştıktan sonra projeciliğe başlamış. Unutmadan söyleyeyim, Reese'in, Prof. Sutherland ile yazdığı betonarme kitabı o yıllarda birçok üniversitede ders kitabı olarak kullanılıyordu. Ben de öğrenciyken o kitabı okumuştum. Görüldüğü gibi ustalarımın her ikisinin de bir ayağı uygulamada, diğer ayağı araştırmadaydı. Her ikisi de bir araştırma projesi ortaya atıldığı zaman, mutlaka o projeyi uygulama ile ilişkilendirmeye çalışırlar, *“bu araştırma projesi mühendise ne yarar sağlayacak, geliştirilen yöntem pratikte kolayca uygulanabilir mi?”* gibi soruları sürekli sorarlardı.

Arkadaşlar, size yine küçük ve çirkin birkaç sorundan söz edeceğim! Bir firmamızın uygulamada kullandığı kolon-kiriş birleşiminin depremi benzeştiren yükler altında deneyini yapacaktık laboratuvarında. Deney elemanını, bizim istemlerimiz doğrultusunda ilgili firma imal edilmişti. Deney elemanı, bir beton blok ve ona bağlı kısa bir konsoldan oluşuyordu. Laboratuvarında, konsolun ucuna bir kiriş parçası, plakalar kaynaklanarak bağlanıyordu. Oluşan konsolun ucuna da tersinen-tekrarlanan bir tekil yük uygulanacaktı. Deneyden önce hesap yaptık, konsol ucuna uygulanacak tekil yükün kesitin akmasına karşılık gelen değeri, yaklaşık 50 kN. Deneye başladık, 10 kN yük altında eleman kırıldı. Herhalde bir terslik oldu dedik ve ikinci deneye geçtik. Bu deney elemanı da ancak 25 kN yük taşıyabildi. O zaman burada sistematik bir olay var dedik ve deneyleri durdurduk. Biliyorsunuz, tıp doktorları bilmedikleri bir nedenle hastalarını kaybederlerse, otopsi yaparlar. Biz de laboratuvarında aynı yolu izledik, yani deney elemanını kırarak içinde ne-

ler olduğunu görmeye çalıştık. Kolayca tahmin edebileceğiniz gibi bizim otopsi yapmamız tıptakilerden biraz daha külfetli. Çekiç ve keskiyle koca bir deney elemanını kırmak pek de kolay olmuyor. Ancak otopside bulduklarımıza bakınca, bu külfeti değdiğini söyleyebilirim. Olay şu arkadaşlar: Hani deprem yönetmeliğine göre kiriş donatısını bir kenar kolonun öbür yüzüne kadar getirip 90 derece büküyorsunuz ya, donatı tam o büküm noktasında kopmuş. Yaptığımız incelemede donatının belirli bir çapta bükülmediği kanısına vardık. Bu gözlemden sonra yeni bir deney dizisi düzenledik. Yirmi adet betonarme donatısını yönetmelikte öngörülen çapta büküldük, diğer yirmi numuneyi de bükülme çapını dikkate almayarak bir mengineye sıkıştırıp büküldük. Doksan derecelik kancayı laboratuvar döşemesine tutturup, numunenin serbest ucuna çekme uyguladık. Deneylerde gördük ki yönetmelikte öngörülen çapa göre bükülmüş donatılar akma konumuna ulaşırken, diğerleri akma dayanımına ulaşmadan, hatta çoğu kez akma dayanımının beşte birinde büküm noktasında kırıldı. İşte size basit ve çirkin bir gerçek! Yönetmeliğe uyararak, uzun, külfetli ve karmaşık birçok hesap yapıyorsunuz ve yaklaşık bazı yöntemleri hata getirir diye dışlıyorsunuz. Öte yanda şantiyede donatı bükülürken yapılan bir dikkatsizlik, sizin yapmış olduğunuz tüm hesapları silip götürüyor ve var olduğuna inandığımız kapasiteyi, beşte birine kadar indirebiliyor! Arkadaşlar dikkat edin, burada bahsettiğim kapasite düşüşü %10, %20 değil, kapasite üçte birine, beşte birine inebiliyor. Bu küçük gerçek, şantiyedeki denetimin ne denli önemli olduğunu sanırım yeterince vurguluyor. Yine aynı örnek, hesapları daha sofistike yaparak, daha kesin çözüm elde edebileceğini hayal edenleri de umarım biraz silkelere.

Yine basit ve çirkin bir gerçektan söz edeceğim size. ODTÜ’de asistanlardan biri 26’lık bir donatıyı elinden düşürdü ve donatı çubuğu kırıldı! Ben hayatımda ilk kez böyle bir olay gördüm. Kırk yılda bir olan bu olayın üzerinde fazla durmadık. Bir ay kadar sonra test edilmek üzere prefabrik bir kolon-kiriş elemanı geldi laboratuvarımıza. Kirişin ucunda, çapı yirmi milimetre olan filizler bırakılmıştı. Filizlerin biraz eksenden kaçık olduğunu görerek, teknisyene bunları düzeltmesini söyledim. Biraz sonra teknisyen odama bir donatı parçası getirdi. Filizleri düzeltirken donatı kopup elinde kalmış! Bu olay üzerine kullandığımız donatı çeliğinde bir problem olduğu kanısına vardık ve elimizdeki çubuk parçasını Metalürji Bölümü’ne yolladık. Gelen sonuç çok çarpıcıydı. Eşdeğer karbon içeriğinin yüzde 35-40 olması gerekirken, bu oran %75’ti. Donatının bu denli gevrek olmasının nedeni

buydu. Piyasadan topladığımız betonarme çubukların bir bölümünde aynı sorunla karşılaştık. Arkadaşlar, biz malzemelerdeki bu çarpıklıkları düzeltemezsek, şantiyede etkin bir denetim sağlayamazsak, yönetmeliği ne denli kusursuz yaparsak yapalım, felaketler kaçınılmaz olacaktır. Kanımca önceliği, şu basit ve çirkin gerçeklere vermemiz gerekiyor.

Arkadaşlar, bir mühendisin gerçekle ideali birbirine karıştırmaması gerekir. Yaptığımız hesaplar, varsayımlar nedeniyle kesin olmadığından, sayıları genelde yuvarlarız. Davranışı bilen bir mühendis, sayıları virgülün ilerisine iki hane yürütmez! Size bir örnek vereyim. Biliyorsunuz yeni Deprem Yönetmeliğinin sonunda, yanılmıyorsam şimdi ek kısmına aldılar, sargılı beton için bir model öneriliyor. Sargılı betonun gerilme-birim deformasyon ilişkisini veren çok sayıda model var literatürde. Onların arasından seçilip neden bu model konuyor yönetmeliğe, bilmiyorum. Betonarme davranışına aşına olanlar, özellikle deney yapmış olanlar, önerilen modellerden hiçbirinin geçtiği tam olarak yansıtmadığını bilirler. Deneysel verilerden habersiz mühendisler ise, verilen bu beton modellerinin doğruya çok yakın sonuçlar vereceğine samimi olarak inanırlar.

Yanımda olsaydı gösterecektim size. Bundan yaklaşık yirmi yıl önce sargılı betonla ilgili önerilen çeşitli modellerin ne denli doğru sonuç verdiklerini görmek için bir dizi deney yapmıştık. Bu araştırma, ODTÜ ve Toronto Üniversitesi'nin birlikte yürüttükleri bir NATO projesiydi. Deney elemanları bu amaçla tasarlanmıştı ve herbir deney elemanı pratikte rastlanan değişik koşullar göz önünde bulundurularak test ediliyordu. Çalışmamızda, bu modellerle elde edilen sonuçların, deney sonuçları ile tam olarak çakışmadığını gösterdi. Ayrıca, bir deney dizisinden elde edilen verilerle oldukça iyi uyum gösteren bir model, diğer deney dizisindeki sonuçları kestirmekte başarılı olamadı. Dolayısıyla, şu model diğerlerinden daha iyi sonuç veriyor diyemedik.

Ben sınıfta öğrencilerimi kullanacakları sargılı beton modeli konusunda serbest bırakırım. Kanımca yönetmeliğe belirli bir modeli koymak, yönetmelik felsefesine aykırıdır. Ayrıca yönetmeliğe konan modelle ilgili ciddi eleştirilerim var. Bu modeldeki katsayılara bakarsanız ne demek istediğimi hemen anlarsınız. Örneğin, katsayılardan biri, 2.54. Dikkat edin, 2.5 değil, 2.54. Ben bunu ilk gördüğümde, *“modeli geliştiren kişi, acaba başka bir malze-*

meyle uğraşiyor da adına yanlışlıkla betonarme mi dedi” diye kuşkulandım! Şaka bir tarafa, betonarmeyi biraz bilen bir mühendis 2.54 katsayısını vermez. Bırakın mühendisi, bir öğrenci betonarme sınavında sonucu 2.5 değil de 2.54 olarak verirse, not kırarız. İşte biz böyle bir modeli yönetmeliğimize koymuşuz!

Yönetmelikteki Statik İtme Yöntemi üzerine de birkaç söz söylemek istiyorum. Yanlış anlaşılmasın bu yöntemi zaman zaman ben de kullanıyorum ama kullanırken bir şeyleri bilerek kullanıyorum. Yönetmelikte, bu tür çözümlene yapılırken, moment-eğrilik ilişkisinde, akmadan sonra momentin sabit kaldığını kabul ediliyor. Siz öyle varsayıyorsunuz ama zavallı betonarme kesit maalesef bunu bilmiyor. Onun, sizin varsayımınızdan haberi yok, o bildiği gibi davranıyor. Şimdi mevcut binalarımızı düşünelim. Bu binalarda genelde etriye olarak ϕ 8/200mm veya ϕ 8/250mm kullanılmıştır. Bu kolonun moment-eğrilik ilişkisini çizerseniz, tepe noktasından sonra momentin bırakın sabit kalmayı, hızla azaldığını görürsünüz. Peki, sizin momentin sabit kaldığı varsayımı ile yaptığımız hesap doğru sonuç verecek mi bu durumda? Bu sorunun yanıtını siz verin! Ayrıca, sözünü ettiğim kolon kesitinin moment-eğrilik ilişkisini saptamak için ikisi de kabul görmüş iki ayrı sargılı beton modeli kullanın. Çok farklı iki eğri elde ettiğinizde, bakalım hangi eğrinin, hangi gerekçe ile daha gerçekçi olduğunu söyleyeceksiniz!

Kusura bakmayın, biraz daldan dala atlıyoruz. Sohbet türü bir toplantıda bu kaçınılmaz oluyor. Arkadaşlar, tarihten ders alabiliriz. Yani bundan 500 yıl önce yapılmış yapıtlar bize bazı ipuçları verebilir. Bu yapıtları oluşturanlar hesap yapmamış da olsalar, olağanüstü bir mühendislik önsezisine sahiptiler. Unutmayın ki, 500 yıl önce yapılmış bir cami veya bir kilise, birçok deprem geçirmiştir. Bunlardan bazıları hasar görmüş, bazıları görmemiştir. Bunları inceleyerek bazı şeyler öğrenebileceğimize inanan bir insanım ben.

Bundan yaklaşık elli yıl kadar önce Ankara’da büyük bir cami yapılmasına karar verilmişti. Vedat Dalokay caminin mimari projesini yaptı. Tasarladığı caminin çatısı, kesilmiş bir betonarme kabuktu. Tasarım, gerçekten değişik ve güzeldi. Biz bu kabuğun ölçeklendirilmiş bir modelinin deneylerini yaptık. Deneyler tamamlandıktan sonra duyduk ki bu işi organize edenler, Dalokay’ın projesinden vazgeçmişler ve kubbeli, klasik bir cami yaptırmaya karar vermişler. Sanırım anlamışsınızdır, sözünü ettiğim cami, bugünkü Ko-

catepe Camii. Tam o sırada Ankara'ya, ODTÜ'de bir dizi konferans vermek üzere ünlü kabuk uzmanı Prof. Zerna geldi. Laboratuvardaki kabuk modeli deneyi ile çok ilgilendi. Kendisine bu projeden vazgeçildiğini söylediğimizde, *"Beni yönetim kuruluyla konuşturun, belki onları ikna ederim"* diye tutturdu. Zerna'nın yönetim kuruluna söylediği şeydu: *"Bunu yapmayın, iki bakımdan yapmayın. Bir, Sinan'la yarışamazsınız. Yani klasik cami yaptığınız zaman ister istemez insanlar bunu Selimiye'yle, Süleymaniye'yle kıyaslamaya kalkacaklar. O yapıtlarla rekabet edemezsiniz ve sınıfta kalırsınız! ikincisi, yaptığınız camiyi görünce, benim bildiğim Sinan mezarından kalkar ve yüzünüze tükürür. Neden, çünkü dört yüz yıl sonra bir adım bile ilerlemeyip onu taklit etmeye kalkmanıza hem üzülecek hem de kızacaktır"*

Eskiyi taklit elbette doğru bir yaklaşım değil ama eskilerden ders almanın da sayısız yararları vardır. Seksenli yıllarda meraklı bir öğrencime eski camileri inceletmiştim. Hangi cami depremde hasar gördü, hangisi az gördü, hangisi hiç görmedi, bunları tespit etmeye çalıştı. Hasar görenlerle görmeyenler arasındaki farkları da saptamak için çaba harcadı.

Bu çalışma sonunda gördük ki caminin deprem dayanımında, düşey taşıyıcı elemanların alanlarının toplamının, bina alanına oranı önemli bir parametre olarak ortaya çıkıyor. Bu oranın %20'den küçük olduğu camilerde, genelde yapı hasar görmüş. Doğal olarak dayanımda rol oynayan başka bir özellik de simetri. Sinan'ın camilerinde, birkaç istisna dışında, bu oran %20'den aşağı inmiyor. Bu bir rastlantı olamaz. Büyük bir olasılıkla bu ustalar geçmişteki deneyimlerden yararlanarak ve olağanüstü önzezilerini kullanarak bu orana dikkat ettiler.

Bu incelemeden sonra biz şöyle düşündük; *"yığma yapılarda böyle bir oran varsa, betonarme yapılarda neden olmasın?"* İşte önerdiğimiz, kolon ve perde duvarların toplam alanlarının, binanın toplam kat alanına oranını temel alan basit yöntemin esin kaynağı, bu cami çalışması olmuştur. Bu oranları oluştururken, düşey elemanların kesme kapasitelerini ve yanıl ötelenme sınırlamasını dikkate aldık. Doğal olarak bizim betonarme binalar için önerdiğimiz oran, cami türü yığma yapılarda saptanana göre çok daha küçüktü. Depremlerden sonra hasar gören ve görmeyen binalar üzerinde yaptığımız kalibrasyon çalışmaları, önerilen yöntemin oldukça gerçekçi sonuçlar vereceğini kanıtladı.

Arkadaşlar, biraz da kitaplardan söz edeceğim. Hardy Cross diyor ki, “*birçok kitaptan elde ettiğiniz bilgi, ikinci el bilgidir*” Yani H.Cross, birçok kitap, başkalarının makalelerinden ve kitaplarından aktarılan bilgilerden oluşur demek istiyor. İşte bu, ikinci el bilgidir. Ülkemizde piyasada olan birçok kitabın tamamına yakını ikinci el bilgilerden oluşmaktadır. Hardy Cross, ikinci el bilgi taşıyan kitaplar için bir uyarı yapıyor. “*Dikkat edin, ikinci el bilgi, ikinci el giysiler kadar tehlikelidir, çünkü alındığı kaynaktaki mikrop-ları taşırlar!*” diyor.

Bakın, size ikinci el bilgiyle ilgili bir örnek vereyim. Seksenli yılların başında, CEB’de (Avrupa Beton Komitesi) Avrupa’nın ilk deprem yönetmeliğini yapıyoruz. Yedi kişilik bir komite var. Ben son toplantıya katılamadım. Bu toplantıdan önce son şeklini almıştı taslak. Bana basılmak üzere matbaaya verilecek son metni gönderdiler. Taslağa son anda eklenmiş olan bir denklemin dikkatimi çekti. Etriye aralığını veren bir denklemdi bu. Denklemi kullanarak etriye aralığını hesapladım, iki milimetre çıktı. “*Herhalde hesaplar-da bir hata yapıyorum,*” dedim, Tuğrul Tankut’a gittim, “*Bir de sen yap*” dedim, o da iki milimetre çıkardı. Sıfırdan başlayıp şu denklemi bir de ben çıkarayım dedim ve çıkardım. Ama benim çıkardığım denklemde bir parametre daha vardı! “*Bu denklemi nereden almış olabilirler?*” diye düşündüm. Tabii ki Amerika’dan! ATC’ye baktım, hakikaten aynı denklem orada da vardı. Bizim komite, İngiliz ölçüleri ile verilmiş bu denklemi SI sistemine çevirmiş. Konu kafama takılmıştı, Amerika’daki bir arkadaşıma telefon ettim, “*Bu denklemde bir acayiplik var. Bana doğru değilmiş gibi geliyor*” dedim. Arkadaşım gülmeye başladı, “*Orada bir baskı hatası olmuş, biz onu düzelttik, sendeki sanırım bir önceki baskı,*” dedi. “*Hata nerede?*” dedim, “*bir parametre unutulmuş!*” dedi. Arkadaşlar, bunu yapanlar kim biliyor musunuz? Avrupa’nın deprem konusunda en ileri gelen altı bilim adamı! İşte size ikinci el bilginin tehlikesi ile ilgili çarpıcı bir örnek. “*Amerikalı yanlış yapmaz, Avrupalı yanlış yapmaz*” dediğiniz zaman, çok yanılırsınız. Amerikalı da yanlış yapar, Avrupalı da.

Evet, burada keseyim konuşmamı. Dikkat ettiyseniz biraz daldan dala atladık. Kendi edindiğim deneyimlerin bazılarını sizlere aktarmaya çalıştım. Umarım yararlı olmuştur. Konuşma, planladığımdan daha uzun zaman almış, sabrınız ve dikkatiniz için teşekkür ederim. Sorularınız varsa, buyurun.

CEMAL GÖKÇE-

Hocam, özür dilerim. Ferguson'un ismi çok geçti. Bizler Ferguson'un kim olduğunu biliyoruz, ama arkadaşlara anlatırsanız daha yararlı olur.

UĞUR ERSOY-

Ferguson bir bilim adamı olarak tabii çok üstün bir kişi. Yalnız Ferguson'u Ferguson yapan o değildir. Bakın, Amerika McCarthy dönemi diye bir dönem yaşadı. Ellili yıllarda sağ kesimin dolu dizgin etrafı kırıp geçirdiği, herkesin komünistlikle suçlandığı bir dönem. O dönemde Texas Üniversitesi Mütevelli Heyeti bir karar aldı, bütün öğretim üyeleri Tanrı'ya inandıklarını dair imza verecekler!

Arkadaşlar, Prof. Ferguson, son derece dindar bir adamdı ve Methodist mezhebine mensuptu. Prof. Ferguson bazı pazarlar kilisede dini vaaz bile verirdi. Üniversitede bu dokümanı tek imzalamayan Ferguson oldu. Halbuki gönül rahatlığıyla imzalayabilirdi bu belgeyi, çünkü Tanrı'ya gerçekten inanıyordu. Tanrıya inanmadığını bildiğim öğretim üyeleri bile korkup bu belgeyi kuzu kuzu imzalamışlardı. Ferguson bu belgeyi imzalamadığı gibi Mütevelli Heyete bir mektup gönderdi. Mektubun son cümlesi şöyleydi; *“insanların inançlarının sorgulandığı bir üniversitede bu kadar yıl hizmet etmiş olmaktan utanıyorum ve istifa ediyorum.”* Sonunda Mütevelli Heyeti bu kararını geri almak zorunda kaldı. Belgeyi imzalamış olanlar sanırım biraz utanırlar!

Buyurun.

SALONDAN-

Ben sizden duymak istiyorum, bir inşaat mühendisi sadece yapı mekaniğini, yapı kısmını, üç-dört kısmını iyi çözmekle bir şey kazanmaz. Bir yapı zemin, temel ve üstyapı etkileşimlerinin beraber değerlendirilmesiyle gerçek manada analiz edilir, çözümlenir ve projelendirilir. Üstyapı mühendisi yapının üstyapı kısmını hallediyor, diğer teknik kısımlarını teknik mühendisler hallediyor diyemeyiz. Zemin, temel ve üstyapının beraber hazırlanması lazımdır.

UĞUR ERSOY-

Söylediğiniz teorik olarak çok doğru, ama pratik olarak şunu söyleyeyim: Öyle bir adam tasavvur edin ki, yapı mekaniğinde harika, zemin mekaniğinde de harika, inşaat mühendisliğinin her dalında otorite. Varsa öyle bir adam, ben alnından öperim! Şaka bir tarafa, statik hesabı yapan mühendisin, zemin ve yapı-zemin etkileşiminde belirli düzeyde bilgiye sahip olması çok iyi olur.

Bakın, uzmanlığa çok önem vermek lazım. Örneğin, bir binada çatlaklar oluşmuş, beni çağırıyorlar. Çatlakların konumundan, olayın zemin oturmasından kaynaklandığını anlıyorum. Bu oturmanın büyük bir olasılıkla binanın altında oluşan sudan kaynaklandığını da tahmin edebiliyorum. Bu yargımı orada dile getirmiyorum, çünkü zemin benim uzmanlığımın dışında kalıyor. Onlara diyorum ki, *“İyi bir zeminci arkadaş çağırın, onunla birlikte çalışalım. Oturmanın nedenini kesin olarak saptayalım ve sorunun nedeninin nasıl giderileceğini konuşalım. Sorunun nedeni giderildikten sonra biz binaya müdahale eder gereken güçlendirmeyi yaparız.”*

SALONDAN-

İnşaat mühendisliğinin bir sanat olduğunu söylediniz. Da Vinci'nin Boğaz Köprüsü teklifi vardı. Aynı şekilde Mimar Sinan bir Boğaz Köprüsü yapsaydı, bunu nasıl yorumlardınız?

İkinci sorum biraz konunuzun dışına çıkıyor, ama Hocam İkiz Kulelerin yıkılma şekli kafamda soru işareti olarak duruyor. Bu yapının yıkılması konusunda sizin yorumunuz nasıl olurdu? Bina betonarme olsa bu şekilde yıkılır mıydı?

UĞUR ERSOY-

Birinci sorunuza cevap vermek gerekirse, ben Da Vinci'nin köprüsünü incelemiş değilim, onun için fazla bir şey söyleyemem. Sinan yapsaydı, nasıl olurdu? Bu soruya yanıt vermem için falcılık yapmam gerek, falcılık yapmam! İkiz Kuleler'e gelince, onun hakkında az da olsa bir şeyler söyleyebilirim.

İkiz Kuleler'in göçmesi, son olarak Prof. Mete Sözen ve arkadaşları tarafından incelendi. Bu konuda Mete Hoca'nın bana verdiği bilgiye göre esas sorun, çeliğin yüksek ısıya dayanıklı olmaması. Yapılan inceleme ve oluşturulan bilgisayar benzetişiminde, uçak çarptıktan sonra kırılmalar sonucu oluşan parçacıklarının büyük bir hızla taşıyıcı elemanlara vurarak, ısı yalıtımını dağıttığı anlaşılıyor. Yalıtımsız kalan çelik elemanlar da doğal olarak yangında oluşan ısıya dayanmıyor. Bu nedenle, eğer bina betonarme olsaydı, büyük bir olasılıkla bu tür bir göçme olmazdı.

Bunun başka ilginç bir örneği de var, Pentagon'a çarpan uçak olayı. Pentagon'da fretli betonarme kolonların bulunması büyük bir şans olmuştur. Bu tür kolonların sünekliği çok yüksek oluyor. Uçak binaya çarptığı zaman birçok kolunu kırıyor. Buna rağmen binanın o kısmı 15 dakika göçmeden ayakta kalabiliyor. Bu nedenle insanlar o bölümden kaçarak kurtulabiliyor. O bölüm göçtüktan sonra da bina ayakta kalabiliyor, yanı göçme yerel oluyor. Pentagon binasındaki hasar da Prof. Mete A. Sözen, Sami And Kılıç ve arkadaşları tarafından incelendi. Bu inceleme sırasında oluşturulan bilgisayar benzetişiminden olayı izlemek, gerçekten ilginç oluyor.

SALONDAN-

Özellikle betonarme binanın serbest düşme gibi yıkılabilmesi bana çok doğal geliyor. Yapılar için biraz serbest düşme gibi yıkılıyor.

UĞUR ERSOY-

Bizde de depremde birçok betonarme bina öyle yıkıldı, biliyorsunuz.

SALONDAN-

Betonarme binanın öyle yıkılması normal.

UĞUR ERSOY-

Özür dilerim ama normal değil. Betonarmenin en büyük özelliği ve avantajı, monolitik, yani bir döküm olmasıdır. Bakın, çelikte birleşim yapmaya mecbursunuz, ahşapta ve prefabrikte de öyle. Betonarme monolitik olduğundan,

birleşim sorunu yok. Ancak biz, betonarmenin bu büyük avantajını da yok etmeyi başarıyoruz! Birleşim bölgelerini o kadar kötü oluşturuyoruz ki, bu bir zayıf nokta oluyor, tıpkı çelikte, ahşapta ve prefabrikte olduğu gibi.

SALONDAN-

Ben olaya biraz farklı yaklaşmak istiyorum. Dünyadaki mühendisliğe baktığım zaman, almış olduğumuz eğitimlerle diğer ülkelerdeki mühendislerden farkımız yok. Bilim adamlarımız da öyle. Biz, bilim adamlarımıza yeterince önem vermediğimiz için, onları dinlemediğimiz için sorun yaşıyoruz. Şöyle açıklayayım: Bizler eğer bilim adamlarına şans vermiş olsaydık, Amerika'da ya da farklı ülkelerdeki meslektaşları ile aynı başarıyı yakalayabileceklerdi. Çünkü sayısal değerler bilinmeyen değerler değildir. O bilim adamlarına bu imkânlar verilmediği için ve onlar seslerini duyurmadığı için bu olanaktan yararlanamadık

UĞUR ERSOY-

Şunu söyleyeyim: Türkiye'nin kendine özgü koşulları var. Eğer TS-500'ü Amerikan Şartnamesi'yle karşılaştırırsanız, arada bazı farklar görürsünüz. Bu farklılıkların temel nedeni, Türkiye'deki koşulların değişik olmasıdır. Emin olun, oldukça çağdaş bir betonarme yönetmeliğine sahibiz. Ama yönetmeliğin iyi olması yetmiyor. Ülkemizdeki en büyük sorun, yönetmelik değil, yönetmeliğin uygulanmamasıdır. Bakın, size bir örnek vereyim. Deprem yönetmeliğinde kolon ve kirişlerin her iki ucunda sık yerleştirilmiş sargı donatısı bulundurulması öngörülüyor. Bazı uygulamada bu yapılmıyor. Yapmayan kalfa değil, mühendis. Peki, sargı koşulu yönetmelikte yazılmış olmasına karşın bu meslektaşlarımız neden bu hükme uymuyorlar? Bence bunun temel nedeni, o meslektaşımızın davranışı bilmemesi, sargı donatısının nasıl çalıştığından haberdar olmaması.

Eğer bir mühendis yönetmelikteki bir koşulun nedenini bilmezse, yani uygulamayı ezbere yapıyorsa, bu koşulu yerine getirmeme olasılığı yüksektir. Kanımca Türkiye'deki esas sorun budur. Eğer bizim bütün mühendislerimiz davranışı iyi bilseydi ve o koşulun uygulanmamasının binanın deprem davranışını nasıl etkileyeceğini görebilseydi, yönetmeliği mutlaka uygulardı.

SALONDAN-

Hocam, siz bilim adamı olmanın yanında aslında fikir adamısınız. Benim şöyle bir sorum olacak: Mühendislik ve entelektüel birikimin balansını nasıl açıklayabilirsiniz? Biz saha mühendisi veya teknik ofiste çalışan mühendisler olarak nasıl birikim edinebiliriz.

Ayrıca, “*mühendislik bir sanattır*” dediniz. Sanat, hayal gücü ve yaratıcılık gerektirir. Hayal gücü ve yaratıcılık geliştirilebilir mi? Eğer geliştirilebilirse nasıl geliştirilir?

UĞUR ERSOY-

Herhangi bir bilim dalında çok başarılı olmuş bilim adamlarına bakın, örneğin Einstein’a bakın. Einstein müzikte iyidir, iyi edebiyat bilir vesaire, yani sanat tarafı kuvvetlidir. Sanat için okumak ve dinlemek elbette çok önemli. Ama bir de yetenek var. Bakın, iki insan aynı şeyi yapsa, aynı kitapları okusa, aynı eğitimden geçse, bunlardan biri diğerinden daha yaratıcı olabilir. Yeteneği ihmal edemezsiniz. Ben şuna inanıyorum: Bir insan gayret ettiği zaman, bol bol okuyup sanatla iç içe yaşadığı zaman, en azından minimum bir düzeye gelir.

CEMAL GÖKÇE-

Hocam, dilerseniz bir soru daha alalım genç arkadaşlarımızdan.

Arkadaşlarımıza, İnşaat Mühendisleri Odası’na yeni kaydolmaları nedeniyle, ufacak bir armağan vereceğiz. Hocamızın elinden arkadaşlarımız onu da alsınlar.

Şimdi bir arkadaşımızın sorusunu alalım.

UĞUR ERSOY-

O zaman hiç soru sormayan bir arkadaşımızın sorusunu alalım. Soru sormayan var mı? Buyurun.

SALONDAN-

Hocam, Şunu merak ediyorum. Yetkin m¼hendislik uygulamasıyla bu sorunların ne derece öz¼mleneceđine inanıyorsunuz?

UğUR ERSOY-

Ne derece öz¼mleneceđini bilemem, ama çok olumlu katkı yapacağına ben kiŐisel olarak inanıyorum. Yani daha doğrusu olmamasının olabilmesi beni Şaşırtıyor!

CEMAL GÖKÇE-

Peki arkadaşlar, teŐekk¼r ediyorum, sağ olun.

*İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Olarak
İnşaat Mühendisliği Haftası Kapsamında Düzenlenen,
"MÜHENDİSLİK ÜZERİNE SÖYLEŞİ"ye*

konuşmacı olarak katılan

Prof. Dr. Uğur ERSOY'a

ve

Tüm Katılımcılara Teşekkür ederiz.

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi

40. Dönem Yönetim Kurulu

Başkan: Cemal GÖKÇE

Sekreter Üye: Rezan BULUT

Sayman Üye: Nusret SUNA

Üye: Cemal INAN

Üye : İsmail UZUNOĞLU

Üye : Nergiz VASFIOĞLU

Üye: M. Cem KAFADAR