

# Deprem ve Köprülerimiz

**Y. Müh. Altok Kurşun**

Gülsan İnşaat A.Ş.

İTÜ İnşaat Fakültesi 1966 Mezunu

**Köprülerimiz; hem tasarım hem de yapım aşamalarında bu işleri bilen, yeterli bilgi ve deneyime sahip firmalar dışında yetkin, yeterli bilgi ve deneyime sahip kişi ve kuruluşlar tarafından denetlenen ve kontrol edilen ve zamanının fen, sanat ve yönetmenliklerine uygun inşa edilen güvenli yapılardır.**

## Giriş

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Gaziantep depremi maalesef ülkemizdeki yapı stokunun içler açısı durumunu ortaya çıkardı ve sonuç olarak 50.000'den fazla can kaybına ve yüzbinlerce yaralı ve acılı ailelerimize mal oldu. Bunların yanında maddi zararlarımızı anlatmaya ayrıca gerek yok bile. Ülkemizin o bölgesini 'düşman' uçakları günlerce bombalasa böylesi boyutlarda sivil can kaybımız olmazdı. Rusya - Ukrayna savaşında bombalanan bir alışveriş merkezinde sivil halktan 10 kişi ölse, neredeyse Birleşmiş Milletler özel gündem maddesi ile toplanıyor. Bir de bizim halimize bakın.

Mütevelli heyet üyemiz, değerli dostum Sarıyer Belediye Başkanımız sevgili meslektaşımız Şükrü Genç, geçenlerde bir sohbetimiz sırasında sadece Sarıyer ilçemizde 27.000 tane hiçbir mühendislik hizmeti almamış, kaçak, gecekondü tipi yapımız olduğunu söyledi. Bu durum, ortalama dörder kişiden hesaplırsak 100.000 kişiyi aşkın vatandaşımızın ülke geneliyle kıyasla görece küçük bir bölgede bir saatli bombanın üzerinde oturduğunu göstermiyor mu? Ve maalesef bu gerçek neredeyse en azından ülkemizin yarısı için geçerli değil mi?

1999 Adapazarı depreminde yaşadığımız onca acıdan sonra çok şeyler öğrenmedik mi? Bilim insanlarımız, üniversitelerimiz, meslek odalarımız, mahalli idareler ve sivil toplum kuruluşlarımız mahalle mahalle inceleyip araştırarak neler yapılması gerektiğini belirlemediler mi? Aradan 24 yıla yakın bir süre geçti, Kahramanmaraş-



Gaziantep depreminden sonra biz İstanbul'da 92 tane okulu kapattık, iki büyük üniversite hastanemizi de taşımaya karar verdik. Nurlar içerisinde yatsın bunları Aziz Nesin yazsa güler geçerdik.

Asıl konumuz köprülere geçmeden önce hemen neler yapılması gerektiği konusundaki kişisel düşüncelerimi de söyleyeyim:

Beni yakından tanıyanlar mevcut 2018 yılı deprem şartnamesi ile ilgili düşüncelerimi bilirler, baştan aşağıya yeniden yazılması gereği bir yana ilk iş; biz eskilerin 'Zeyilname' dediğimize benzer, mevcut şartnameye bir 'değişiklik eki' hazırlayarak mevcut yapı stokumuz için beklenen performansı 'can kaybına sebep olmayacak, toplam veya bölgesel göçmenin olmayacağı/ağır hasar' tanımına getirip güçlendirme olasılığını mümkün olduğunca arttırmak olmalıdır. Böylece mevcut yapı stokumuz için büyük oranda uygulanabilir, daha kısa sürede gerçekleştirilebilir ve daha ekonomik bir yol izlenmiş olur. Sonuçta



*"Ülkemizde özellikle büyük açıklıklı köprü ve viyadüklerimiz konu deprem olunca en güvenli yapılarımızdandır. Bu tür yapıların tasarım kriterlerini oluşturmak başlı başına bir tasarım işidir. Burada üzerinde en çok durduğumuz konulardan birisi de bu tür yapılar için uygulanacak deprem senaryolarının belirlenmesidir."*

artık 'olasılık' olmaktan çıkıp 'deterministik' hale gelen depremi mümkün olduğunca can kaybı olmadan atlattı, sonra da önümüzdeki 500 yılı beklemeden tüm bu yapıları yenilemek gerekir.

Mustafa Erdik hocamız kulakları çınlasın "Her yapı güçlendirilebilir" (kendisine katılıyorum) der. Güçlendirmesi mali ve ekonomik bakımdan mümkün olmayan yapılarımız için de imar yasalarımızda gerekli düzenlemeleri yaparak farklı parseller için 'tevhit' (birleştirme) uygulamalarının önünü açmak, zaten ödeme gücü olmayan, zar zor geçinen vatandaşlarımıza ilave mali külfet getirmemek için devlet sadece gerekli altyapıyı düzenlerken usulüne uygun yüksek katlı binaların inşasına izin vermek böylece yüklenicilerin kat karşılığı yapım işlerine talip olmalarının önünü açmak gerekir. Vatandaşın zarara uğramaması için ayrıca yüklenicileri sınıflandırmak, yeterlilik şartlarını belirlemek ve tip inşaat sözleşmeleri hazırlamak ve ciddi ve uygulanabilir bir denetim mekanizmasını devreye sokmak ilgili kamu kuruluşlarının görevi olmalı.

Unutulmasın ki depremleri filmlere konu olmuş, nüfusu İstanbul ile kıyaslanamayacak kadar az olan San Francisco'da 44 tanesi yükseklikleri 120 m'den büyük 400'den fazla yüksek katlı bina var. Bu rakam Tokyo da ise 481.

### **Gelelim köprülerimize:**

Şükürler olsun ki köprülerimizi pek kaçak yapamıyoruz.

Hiç unutmuyorum. 2017 yılının soğuk bir mart ayı günüyü. Çanakkale köprüsünün temel atma törenine TRT tarafından davet edilmişim, uzun uzun köprülerden konuştuk. Biliyorsunuz Çanakkale köprüsünde tabir yerinde ise rüzgârın, gemi çarpmasının ve depremin âlâsı bir arada, depremden konuşurken bir ara spikere köprülerimizin bu bakımdan ne kadar güvenli olduğunu anlatmak için, "Deprem olacağını önceden bilsem ailemi Çanakkale köprüsünün üzerine götürürdüm" dedim. (Şimdi Yeni Kömürhan Köprüsü'nün üzerine diyorum, sebebini de aşağıda anlatacağım.) Adamcağız önce şaşırdı, sonra da "Aman hocam bunu söylemeyelim, deprem anında bütün Çanakkale halkı bizim köprünün üzerine koşuşur" dedi.

Evet; ülkemizde özellikle büyük açıklıklı köprü ve viyadüklerimiz konu deprem olunca en güvenli yapılarımızdandır. Bu tür yapıların tasarım kriterlerini oluşturmak başlı başına bir tasarım işidir. Burada üzerinde en çok durduğumuz konulardan birisi de bu tür yapılar için uygulanacak deprem senaryolarının belirlenmesidir.

Eskiden, şimdi kesin tarihini hatırlamıyorum ama 1990'lı yıllardan önce olmalı, köprülerin tasarımında köprünün bulunduğu yere bağlı olarak belirli bir ivme değeri seçilir ve o ivme değerine bağlı olarak statik eşdeğer yük yöntemi ile hesap yapılır ve boyutlandırma sırasında depremden oluşan etkiler için servis yükleri için kullanılan farklı (daha küçük) bir emniyet katsayısı kullanılırdı. Günümüzdeki spektrum eğrilerinin ve süreklilik katsayılarının hiçbirisi yoktu o zamanlar.

Örnek olarak inşası 1968-1973 (1970-1973) yılları arasında gerçekleşen birinci boğaz köprüsünün deprem hesabı için kullanılan ivme  $a = 0,10$  g dir. Benzer şekilde 1985-1991 (1985-1988) yılları arasında inşa edilen ikinci boğaz köprüsü ve Kınalı-Sakarya Otoyolu Projesi'nde, ikinci boğaz köprüsü dışında 250 taneden fazla alt geçit ve üst geçit köprüsü ile 30 taneden fazla viyadüklerin -ki bunların içerisinde ülkemizdeki ilk itme-sürme yöntemi ile yapılan dört adet viyadük de bulunmaktaydı- hepsi başlangıçta  $a = 0,10$ g ile planlanmışken sonradan ivme değeri  $0,19$ g'ye yükseltilerek statik eşdeğer kuvvet yöntemi ile hesaplanmıştır. Ayrıca ikinci boğaz köprüsünde düşey depremler için  $0,05$  g ivmesi kullanılmıştır. Yeri gelmişken hemen belirteyim bugün çok daha gelişmiş, modern yöntemlerle yaptığımız hesaplarda bulduğumuz sonuçları eski yöntemlerle bulduğumuz sonuçlar ile karşılaştırdığımızda yapıya etkiyen yükler bazında eski çalışmaların daha güvenli tarafta olduğunu gösteren akademik çalışmalar da mevcut. Bence bu yayınlar da günümüzde eski deprem şartnamelerine karşı yapılan büyük haksızlığın tipik kanıtlarıdır.

## "1995 yılında Kobe'de meydana gelen deprem ve deprem sonrası köprülerde oluşan göçme ve hasarlar köprülerin depreme karşı tasarımında bir devrim oluşturdu."

Çok iyi hatırlıyorum, biz Kınalı-Sakarya Otoyolu ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü Projesi'nin tasarım hizmetlerini tamamlamıştık ki (1988-1989 yılları) Karayolları Genel Müdürlüğü ülkemiz için köprülerin tasarımında kullanılmak üzere ilk defa 'Ana Kaya İvme Katsayıları Haritası'nı açıkladı. Böylece köprü'nün yapılacağı yere bağlı olarak kullanılacak yatay deprem ivme katsayıları belirlenmiş oluyordu.

1995 yılında Kobe'de meydana gelen deprem ve deprem sonrası köprülerde oluşan göçme ve hasarlar köprülerin depreme karşı tasarımında bir devrim oluşturdu. Kobe depreminden sonra Kandilli Rasathanesi'nde ünlü Japon bilim insanları ile yapmış olduğumuz bir toplantıda bize aynen şöyle dediklerini hiç unutmuyorum: "Tek bir çakıl taşına kadar her şeyi inceledik, araştırdık ve sonunda şunu anladık ki biz deprem ile ilgili şimdiye kadar pek bir şey bilmiyorduk."

Günümüzde köprülerin tasarımında biz prensip olarak Amerikalıların otoyollar için hazırladıkları AASHTO LRFD şartnamesini kullanıyoruz. Avrupalılar ise Eurocode 8'i kullanıyorlar.

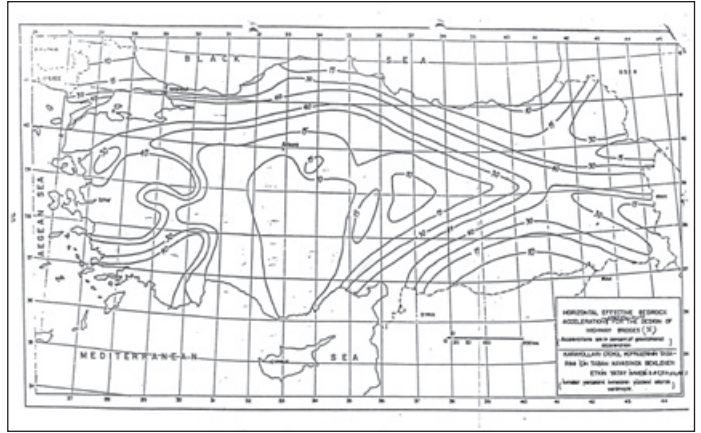
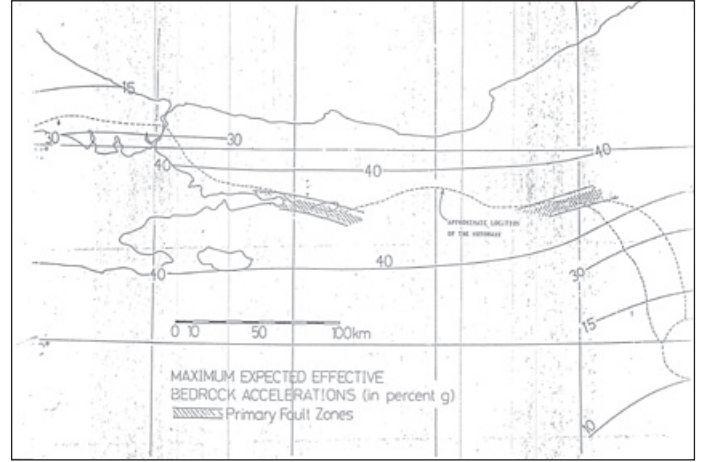
### Köprüler için temelde 3 farklı senaryomuz var:

**1. Senaryo:** Yapım aşamaları için kullandığımız ve 50 yıllık tasarım ömründe %50 aşılma olasılığına karşılık gelen ve dönüşüm periyodu

$T = 75$  yıl olan bir deprem.

**2. Senaryo:** Yapının taşıyıcı elemanlarının elastik davrandığı ki bu bir başka deyişle 'hemen kullanım' anlamına geliyor- 50 yıllık tasarım ömründe %10 aşılma olasılığına karşılık gelen ve dönüşüm periyodu  $T = 475$  yıl olan bir deprem.

**3. Senaryo:** Yapının lokal veya toplam göçme konumuna geçmemesi (ağır hasar) sınır halidir ki burada ölümcül bir kaza olmadan gerekirse yapıyı ertesi gün yıkmaya razı olduğumuz haldir. Bu senaryo da 50 yıllık tasarım ömründe %2 aşılma olasılığına karşılık gelen ve dönüşüm periyodu  $T = 2475$  yıl olan bir depremdir ki ben buna 'kıyamet hali' diyorum ve şiddetle karşı çıkıyorum. (Ancak olmazsa olmaz, alternatif olmayan çok özel bir yapı için belki kullanılabilir). Şu sıralar Karayolları da bunun çok gereksiz kaynak israfına neden olduğunu görüp, bazı köprüler



için 50 yıllık tasarım ömründe yaklaşık %5 aşılma olasılığına karşı gelen 1000 yıl dönüşüm periyodu olan depremi kullanmaya izin veriyor. (Buna hiçbir itirazım yoktur.)

Deprem tahkiklerini köprü'nün her iki yönü için ayrı ayrı (%100 boyuna + %30 enine) ve (%100 enine + %30 boyuna) kombinasyonlarını kullanarak yapıyoruz. Düşey depremler için özel tasarım spektrum eğrileri hazırlanmamış ise yatay spektrum eğrilerinin %70-80'lerini alarak hesap yapmak mümkün.

Aşağıda örnek olarak Nissibi Köprüsü'nün ve yeni Kömürhan Köprüsü'nün tasarım spektrum eğrilerini bulabilirsiniz. Yeni Kömürhan Köprüsü'nün belki de başka hiçbir yapıda olmayan bir özelliği de dönüşüm periyodu 2475 sene olan deprem için (kısa süre periyot için  $a = 1,2g$  !!) taşıyıcı elemanların, bırakın göçme haline ulaşması ve ağır hasar görmesine izin vermeyi, elastik davranması şartıdır. Bu şartları sağlamak için köprü'nün belirli bir aksında gerekli mesnet elemanını temin etmek için mesnetleri aldığımız firmanın ilgili yöneticisi ile yaptığım görüşmede "Hocam bu yükleri taşıyabilmek için imal edeceğimiz mesnet sizin şu odanızın boyutlarında olur ve ne onu yerine koyabiliriz ne de siz bedelini ödemeye razı olursunuz" dedi. Biz de o akta köprü'nün normal mesnetleri dışında çok özel bir mesnet inşa et-



mek zorunda kaldık, bu mesnedin yarısının resmini de aşağıda bulabilirsiniz (Tamamını bir resme sığdırmak mümkün olmadı).

Yeni Kömürhan Köprüsü 24 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice depremine ( $M_w = 6.8$ ) yapım aşamasında yakalandı. 380 m'lik orta açıklığın 262 metresi tamamlanmış, toplam 42 kablonun 26 tanesi imal edilmişti, yapı 168,5 m yüksekliğindeki tek pılona bağlı 262 m'lik bir konsol halindeydi. Gerçekleşen ivmeler yapım aşaması için öngörülen ivmelerin çok ötesinde, 475 yıllık dönüşüm periyodu için önerilen ivme değerleri büyüklüğündeydi. Yaptığımız incelemelerde imalat atölyelerinde ufak tefek hasarlar gözlemlerken yapıda en küçük bir hasar tespit etmedik.

Yeni Kömürhan Köprüsü bitmiş hali ile de 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Gaziantep depremini yaşadı. Yapı

*"Son Kahramanmaraş- Gaziantep depreminden sonra bölgedeki köprüler ile ilgili bir-iki mesnet ve hareket derzi arızası dışında kayda değer hiçbir hasar oluşmamıştır."*

tamamlanmış ve serviste olduğu için monitoring sistemi (köprü sağlığı) kurulu ve kayıttaydı. Bildiğiniz gibi bu depremin en büyük özelliklerinden birisi de yer yer 1,0g değerini aşan düşey ivmelerdi. Depremden sonra yaptığımız incelemelerde yapıda en küçük bir hasarın oluşmadığını, yapının tasarım modeline uygun davrandığını tespit ettik. Yakalayabildiğimiz köprü sağlığı okuma değerleri de bu gözlemlerimizi teyit eder yöndeydi.

Yeri gelmişken belirtelim: Nissibi Köprüsü de 2 Mart 2017 tarihinde meydana gelen Adıyaman-Samsat depreminde ( $M_w = 5.5$  ve artçıları), benzer bir performans göstermişti.

Sonuç olarak köprülerimiz; hem tasarım hem de yapım aşamalarında bu işleri bilen, yeterli bilgi ve deneyime sahip firmalar dışında yetkin, yeterli bilgi ve deneyime sahip kişi ve kuruluşlar tarafından denetlenmekte, kontrol edilmekte zamanının fen, sanat ve yönetmenliklerine uygun inşa edilen güvenli yapılardır.

Bildiğimiz kadarı ile son Kahramanmaraş-Gaziantep depreminden sonra bölgedeki köprüler ile ilgili bir-iki mesnet ve hareket derzi arızası dışında kayda değer hiçbir hasar oluşmadı.

