

Köprüler



Hepiniz yaşamınız boyunca en azından bir köprü görmüş, hatta pek çoğunuz da üzerinden bile geçmişsinizdir. Belki de bir çukurun, hendeğin, su birikintisinin üstünden geçebilmek için üzerine uzunca bir tahta koyarak, bir köprü yapmış bile olabilirsiniz. Akarsular, vadiler yollar ya da demiryolları bazen bizim geçişimize engel olurlar. Köprüler sayesinde bu engellerin üzerinden rahatça geçeriz. Peki, ama nasıl yapıldıklarını biliyor muyuz? Ya da, bazılarının neden düz, bazılarınınnsa neden eğimli olduğunu?

Köprülerin günlük hayatımızı oldukça kolaylaştırdığı, tartışılmaz bir gerçek. Çoğu kez farkında bile olmadan o kadar sık kullanıyoruz ki bu yapıları. Bu nedenle, sağlamlığı ve güvenilirliği bizim için çok önemli. Bir köprünün sağlamlığıysa, o köprünün tipine, kullanılan malzemeye ve bu malzemeleri birleştirmek için uygulanan yöntemlere bağlı. Bu yüzden, mühendisler köprüleri tasarlarken pek çok etkeni birlikte düşünmek zorundalar. İlk iş, yapılacak köprünün tipini belirlemek. Çünkü, temel olarak üç köprü tipi var: Kiriş köprü, kemer köprü ve asma köprü. Bunlardan hangisinin

yapılacağına karar verilirken, en çok dikkat edilen etken, aşılması gereken engelin büyüklüğü; yani köprünün uzunluğunun ne kadar olacağı. Örneğin, modern bir kiriş köprü en fazla 60 metre olabilirken, kemer köprüler 240-300 metre kadar olabiliyorlar. Asma köprülerin uzunluğuysa 2100 metreye kadar çıkabiliyor. Köprüyü kullanacak taşıt ya da yolcu trafiğinin ve altından geçecek deniz trafiğinin yoğunluğu da önemli elbette. Kaça malolacağı da, köprünün tipini ve yapımında kullanılacak malzeme ve tekniği belirlemede dikkate alınan etkenlerden.

Kemer köprülerin, kiriş köprülerden çok daha büyük uzaklıkları aşabilmesinin; ya da asma köprülerin, kemer köprülerden 7 kat daha uzun olabilmesinin nedeni nedir acaba? Bu sorunun yanıtı, köprü tiplerinin sıkıştırma ve gerilme kuvvetleriyle nasıl başa çıktığının altında yatar. Tükenmez kalemdeki yaylar, sıkıştırma ve gerilme kuvvetlerini açıklamak için güzel bir örnek. Yayın iki ucunu karşılıklı olarak ittiğiniz zaman onu sıkıştırmış olursunuz. Sıkıştırma kuvveti yayın boyunu kısaltır. İki ucunu zıt yönlere doğru çektiğiniz zamansa yay gerilir. Oluşan gerilme kuvveti de yayın boyunu uzatır.

Sıkıştırma ve gerilme kuvvetleri tüm köprülerin yapımında göz önüne alınır. Köprü yapımında, çökmelere ya da kopmalara neden olmadan, bu iki kuvvetle başa çıkmanın en iyi yolu, bunları dağıtmak ya da başka yerlere iletmektir. Sıkıştırma kuvveti, yükü tek bir noktaya vermemek için daha geniş bir alana dağıtır. Gerilme kuvvetiyse, zayıf bölgeden, bu kuvvetle başa çıkabilmek üzere tasarlanmış güçlü bir bölgeye iletilir.

Kiriş Köprüler

Kiriş köprüler en basit ve en ucuza malolan köprülerdir. Genelde, her iki ucundan ayaklarla desteklenmiş, eğilip bükülmeyen sert ve yatay konumlu bir kirişten oluşurlar. Kiriş, tavanı taşımaya yarayan, ahşap, metal ya da betondan yapılan yatay bir inşaat parçasıdır. Kirişin ağırlığı, doğrudan ayakların üzerine verilir. Kirişin üzerine bir yük bindiğinde, yolun bulunduğu üst kısım sıkışırken, alt kısım gerilir. Ayaklar birbirinden ne kadar uzak olursa, kiriş köprü de o kadar dayanıksız olur. Bu yüzden kiriş köprülerin uzunluğu genellikle 60 metreyi aşmaz. Ama bu 60 metreden daha uzun kiriş köprü yapılamayacağı anlamına gelmez. Yaklaşık 38 kilometrelik uzunlukla, dünyanın en uzun köprüsü olan ABD'deki Ponchartrain

Nachez Trace köprüsü



Londra'da Thames nehrinin üzerinden geçen ünlü "Tower Bridge" (üstte). İtalya'daki bazı kentlerde ilginç eski köprüler var. Bunlardan biri Venedik'teki "Ponte dei Sospiri" (ortada). Fotoğrafın sağında görülen yapı bir cezaevi; Galileo Galilei'nin de bu cezaevinde kaldığı söyleniyor. İtalya'daki bir diğer köprü de, Floransa'da Arno nehri üzerindeki "Ponte Vecchio" (altta); bu köprü'nün üzerinde dükkanlar yer alıyor.

Gölü köprüsü de bir kiriş köprü. Birbirine paralel iki ayrı köprü şeklinde tasarlanan Ponchartrain Gölü köprüsünün bir tarafı 2243, diğer tarafıysa 1500 kiriş köprü'nün birbirine bağlanmasıyla oluşturulmuş.

Kemer Köprüler

Kemer köprüler, her iki ucunda "kenar ayak" denen destekler bulunan, yarım dairesel yapılardır. Bu biçimleri sayesinde, kemer köprülerin ağırlığı kemerin eğimi boyunca, kenar ayaklara doğru verilir. Böylece ağırlığı kenar ayaklar taşır. Üzerindeki ağırlıkları taşıırken, kemerin her noktası sıkıştırma kuvvetinin etkisindedir. Bu yüzden, kemer köprüler sıkıştırma kuvvetine dayanıklı malzemelerden yapılırlar. Gerilme kuvvetiyse kemer köprüler açısından daha önemsizdir. Kemerin



Kemer köprü

doğal eğimi ve kuvveti dışı doğru dağıtma özelliği, alt kısmındaki gerilme etkisini oldukça azaltır. Ancak, kemerin eğimi arttıkça, alt kısmındaki gerilme etkisi de artar. Genelde, üst kısımdaki yolun ağırlığını kemere iletmek için, üst kısımla kemer arasında destekleyici yatay çubuklar bulunur. Fakat bazı modern köprülerde, daha güzel bir görünüm elde etmek için, bunlar kullanılmayabiliyor. ABD'deki Natchez Trace köprüsü bu özelliğiyle pek çok ödül kazanmış bir köprü.

Kemerlerin yapımına karşılıklı iki ayrı uçtan başlanır. Bu nedenle, iki uç yukarıda birleştirilene kadar, yapı tümüyle dengesizdir. Bunun neden olacağı zorlukların üstesinden gelmek için, iki kenar ayağın altına yapı iskeleleri kurulur. Eski çağlarda Romalılar kemer köprü yapmak için taş kullanırlardı. Bugünse, çelik ve gerilme kuvvetine dayanıklı özel betonlar kullanılıyor. Bu malzemeler daha uzun ve daha zarif köprüler yapılmasına olanak sağlıyor. ABD'deki New River Gorge köprüsü, dünyadaki tek kemerli köprülerin en uzununu. Çelikten yapılmış köprünün uzunluğu 909 metre, kemerinin uzunluğuysa 510 metre.

ABD'de San Francisco'daki "Golden Gate", dünyanın en güzel asma köprülerinden biri.



Asma Köprüler

Yalnızca iki köprü ayağı kullanarak, diğer köprü çeşitlerinin aşamayacağı uzaklıkların çok daha fazlasını aşabilmeye olanak sağlayan asma köprüler, hem güzel, hem hafif, hem de dayanıklıdır. Uzunlukları 2100 metreye kadar çıkabilen bu köprülerin maliyetiye, diğerlerine göre oldukça fazla.

Asma köprüler, adından da anlaşıldığı gibi, köprünün bir ucundan diğer ucuna uzanan dev boyutlu kablolarla asılı dururlar. Bu kablolar, köprünün yüksek kulelerinin en üst kısmından geçirilir ve her iki ucta bulunan demirleme yerlerine bağlanarak sağlamlaştırılırlar. Kuleler, ana kabloların uzun mesafeler boyunca kıvrılmadan durmasını sağlar. Köprünün ağırlığının çoğu, kablolar aracılığıyla büyük beton bloklarının ya da sağlam kaya parçalarının içine gömülen demirleme yerlerine verilir. Kablolar, demirleme yerlerinin içinde geniş bir alana dağılır. Amaç, ağırlığı düzgün bir şekilde dağıtmak ve kabloların serbest kalmasını önlemektir. Asma köprülerde yalnızca kuleler sıkıştırma kuvvetinin etkisindedir. Sıkıştırma kuvveti, asma köprünün üst kısmını aşağı doğru iter. Ancak, bu kısım kablolarla asıldığından, kablolar sıkıştırma kuvvetini kulelere iletir. Kuvvet, buradan da kulelerin temeline verilir.

Her iki uçtaki demirleme yerleri ve bunların arasında uzanan destek kabloları ve yere dikey durumdaki askı kablolarıysa gerilme kuvvetinin etkisindedir. Kablolar, köprünün ve üzerinden geçen trafiğin ağırlığının etkisiyle gerilirler. Gerilme kuvveti, yerle bağlantılı olan demirleme yerlerinden, başka yerlere dağıtılır. Asma köprülere, kuvvetli rüzgârlara karşı dayanıklı olmaları için, birtakım eklemeler yapmak gerekebiliyor. Bu nedenle, hemen hemen tüm asma köprülerde, kiriş destek sistemi bulunur. Kiriş destek sistemi, köprünün altına kuruluyor. Sistem, diğer köprü tiplerine göre hafif ve esnek olan köprünün sallanma ve dalgalanmalarını azaltıyor.

Eski zamanlarda asma köprülerin kabloları, bükülmüş otlardan, sarmaşıklardan yapılıyordu. Dağlık yörelerde, balta girmemiş ormanlarda bu türden yaya köprüleri sıklıkla kullanılırdı. 19. yüzyıl başlarında, kablo yerine demir zincirler kullanılmaya başlandı. Bugünse, binlerce çelik telin birbirine sıkıca bağlanmasıyla yapılıyorlar.



Akashi
Kaikyo
köprüsü



Gerilme kuvvetine karşı çok dayanıklı olan çelik, kablo yapımı için son derece uygun bir malzeme. Düşünün, 0,25 cm kalınlığında bir tek çelik tel bile, yarım tonun üzerindeki ağırlıkları kaldırabiliyor!

Japonlar 1998'de, Honshu ve Shikoku adalarını birbirine bağlayan Akashi Kaikyo köprüsünü yaptılar. Köprüler genellikle aştıkları en geniş açıklığın uzunluğuyla

ABD'deki Sunshine Skyway, gergi askılı köprülerden biri. Bu köprü, çok sayıda tasarım ödülü almış.

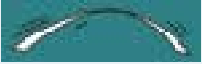
belirtilirler. Akashi Kaikyo köprüsü, iki kulesinin arasındaki yaklaşık 2 kilometrelik uzunlukla, dünyadaki en uzun açıklığa sahip.

Asma köprüler, İstanbul Boğazı üzerindeki Boğaziçi ve Fatih Sultan Mehmet köprüleri gibi klasik "M" tipinin yanı sıra, daha az rastlanan "A" tipinde de olabiliyor. "A" tipi asma köprülere "gergi askılı köprü" deniyor. Gergi askılı köprülerde, "M" tipi klasik asma köprülerden farklı olarak, kabloların bir ucu kuleye, diğer ucu da köprü üstündeki yola bağlıdır. Kablolar yola bağlı olunca, doğal olarak demirleme yerleri de yoktur. Gergi askılı köprülerde birden fazla kule olsa bile, iki kule arasında kablo bağlantısı olmaz. Bu nedenle, gergi askılı köprülerde daha az kablo kullanılır ve kuleler köprü ağırlığını tek başlarına taşırlar.

Köprülerle ilgili daha söylenecek şeyler çok. Örneğin, burada sözü edilmeyen başka köprü tipleri de var. Bunların bir kısmı, temel köprü türlerinden türetilmiş. Köprü mühendislerinin başa çıkması gereken kuvvetler de yalnızca sıkıştırma ve gerilme değil. Dönme, bükülme ve titreşim de bu kuvvetlerden. Doğanın gücüyse, köprü mühendisleri için, savaşılmaması gereken en zorlu düşman. Özellikle de yağmur, buz, rüzgâr ve tuz, tonlarca ağırlıktaki dev köprüleri yerle bir edebiliyor. Bu zorlu savaşta mühendisler elbette yılmıyorlar. Eskinin kötü örnekleri, yeni teknolojiler geliştirmek için başlangıç noktası oluşturuyor. Kimbilir zaman içinde teknoloji harikası diyeceğimiz daha ne köprüler göreceğiz. Ancak, şu da bir gerçek ki, bugüne kadar, tüm kuvvetlerin olumsuz etkilerini yok edecek ne bir yapı malzemesi keşfedildi, ne de köprü tasarımı yapılabilir. Bunu gerçekleştirmek, belki de sizlere düşüyor...

Meltem Y. Coşkun

Kartondan Kemer Köprü



3 x 30 cm büyüklüğünde bir karton kesin. Kartonu orta kısmından dikkatlice eğerek, eğimli bir şekil almasını sağladığınız kartonu, bir kemer köprüye benzeyecek şekilde bir



masanın üzerine yerleştirin. Kartonun üst orta kısmından bastırın ve nasıl bir değişiklik olduğuna dikkat edin. Daha sonra, üst üste koyduğunuz birkaç kitabı, kartondan yaptığınız kemerin her iki ucuna yerleştirin. Kemerin üst orta kısmına yeniden bastırın. Kitapların, kemer köprülerdeki kenar ayaklar gibi, kemerin üzerine yük bindiğinde kenarlara doğru yayılmasını engellediğini göreceksiniz.

Demirleme Yerleri Ne İşe Yarar?



Aynı boyda sert kapaklı iki kitabı, aralarında 25 cm kalacak

şekilde dik olarak bir masanın üzerine koyun. 60 cm uzunluğunda bir ip kesin. İpin bir ucunu, bir kitap yığınının altına sokun. İpi diğer ucundan tutarak, dik olarak masaya koyduğunuz iki kitabın üzerinden geçirin. İpin dik konumdaki kitaplar arasında kalan kısmının, biraz aşağı sarkacak şekilde durmasını sağlayın. Geriye kalan ipin ucunu da başka bir kitap yığınının altına sokun. İpin orta kısmına tekrar bastırın. Kitap yığınlarının, yani demirleme yerlerinin köprüyü sabitleştirmeye ya da sağlamlaştırmaya nasıl yardımcı olduğunu göreceksiniz.



Demirleme Yerleri Olmayınca Ne Olur?

Aynı boyda sert kapaklı iki kitap alın. Her bir kitabı, yapraklarının açılmaması için üst kısımlarından birer ipe bağlayın. 30 cm

uzunluğunda üçüncü bir ipe iki kitabı birbirine bağlayın. Kitapları, aralarındaki ip biraz gevşek kalacak şekilde dik olarak bir masanın üzerine koyun. İpin orta kısmına parmağınızla hafifçe bastırın ve kitaplara, yani köprünün kulelerine ne olduğunu izleyin.

Kaynaklar

<http://www.howstuffworks.com/bridge.htm>
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/bridge>
<http://www.brantacan.co.uk/pre-stressed.htm>
<http://www.nps.gov/neri/bridge.htm>