

## AKADÜKLERİN PLANLAMA VE PROJELEME İLKELERİ

Ali Rıza ULUATA (x)

A. Vahap YAĞANOĞLU (xx)

### 1. GİRİŞ:

Hızla artan ülkemiz insanların yiyecek ve giyecek gereksinimlerini karşılamak için tarımsal üretimin artırılmasında modern tarım teknikleri yanında, sulu tarımın da önemli bir yeri vardır. Tarım alanlarımızın genişletilme olanağı sınırlı olduğuna göre, bu sektörden eniyi bir şekilde yararlanmak için birim alandan en fazla verimin alınması gerekmektedir.

Toprak suyunun doğal kaynağını yağışlar oluşturur. Ülkemizin birçok yerinde miktar ve mevsim içinde dağılışı bakımından yağışlar, bitkilerin su gereksinimlerini karşılamaktan uzaktır. Birim alandan en fazla verimin alınabilmesi için bu gereksiniminin bir kısmının sulama ile karşılanması kaçınılmaz bir zorunluluktur.

Ülkemizde enerji üretiminde kullanılan suyun dışında kalan toplam su potansiyeli 104 milyar m<sup>3</sup> olup, bunun 9,4 milyar m<sup>3</sup>'ünü yeraltı suyu oluşturmaktadır. Bugünkü koşullarda ülkemizde teknik bakımdan tarıma uygun olan 21,7 milyon hektar alanın, 8,6 milyon hektarının sulanabileceği saptanmış ise de; sulanan alan 2,6 milyon hektardır. Buna göre sulanabilme olanağına sahip tarımsal alanların ancak % 30.2'i sulanabilmektedir.

Yapılan kısa açıklamalardan da anlaşılacağı gibi ülkemizde sulamayı sınırlayan etken su eksikliği değil, teknik ve ekonomik yetersizliktir. Sulamayı sınırlayan teknik etkenlerin ve ekonomik olanakların düzenlenmesiyle ülkemizin var olan 8,6 milyon hektarlık sulanabilir tarım arazisinin tümünü sulamak mümkün olabilir. Böylece sulanabilir tarım alanlarının dolayısıyla sulu tarımın yaygınlaştırılması ile üretim artışına neden olan diğer girdilerin etkileri artırılabileceği gibi kuru tarım arazisinin sulu koşullara kavuşturulmasıyla da verim artışının yanı sıra, nadası da ortadan kaldırılabilecektir. Bu nedenle sulama tekniklerinin ve su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili çalışmaların hızlandırılması zorunlu olmaktadır.

(x) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü-Erzurum.

(xx) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü-Erzurum.

Bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için yeterli suyu sağlamak amacıyla yapılan sulama projeleri, suyu kaynaktan saptıran ve belirli bir uzaklığa taşıyan kanallardan oluşan bir sistem olarak düşünülmemelidir. Projeler, gereken suyun sağlanması ve dağılımı için gerekli olan tesislerin yanı sıra yol geçitleri, sifonlar, düşü tesisleri, su olukları ve akedükler gibi su nakil yapılarının da tekniğine uygun iyi bir şekilde planlanması ve projelenmesini içermektedir.

Suyun kaynaktan alınarak tarla başına getirilmesinde kullanılan kanallar ile suyun nakli sırasında ortaya çıkan çeşitli doğal engellerin uygun bir şekilde geçilmesinde kullanılan yol geçidi, sifon, düşü tesisi ve akedükler su nakil yapıları olarak bilinmektedir. Kaynaktan alınan suyun kanallarla sulama alanına nakledilmesi anında kanalın rastladığı düşük düzeyli engelleri, (ırmak ve dere ile yol v.b. geçitler) kanal meylinde fazla bir değişiklik yapmadan, geçmek için yapılan su olukları veya köprülerine akedük denilmektedir.

Başka bir anlatımla akedükler, derin ve dar dere yataklarının geçilmesinde, diğer su yollarının veya doğal drenaj kanallarının üzerinden suyun nakledilmesinde kullanılan sanat yapıları olarak tanımlanabilir. Akedükler genelde su naklinde kullanılacağı gibi kanal bankedinin yapımında kullanılacak uygun materyalin olmadığı veya kanal yapımının sınırlı olduğu durumlarda da kullanılabilir.

Akedükler genellikle açık su taşıyıcı sistemi olarak zemine oturtulan akedükler ve destek veya ayak üzerine oturtulan akedükler olmak üzere iki tipte inşa edilirler. Bunlardan birincisi; özellikle yürünülmesi zor olan dağ eteklerinde, kagirden-dikdörtgen en kesitli olarak yapılırlar, ikincisi ise suyun doğal bir çöküntü bir akarsu, dere veya kanalın üstünden nakledilmesinin zorunlu olduğu durumlarda inşa edilirler.

Ülkemizde genellikle ikinci tip akedük yaygın olarak uygulanmaktadır. Akedüklerin yapımında ahşap, metal veya demirli beton (betonarme) malzemelerinden biri kullanılabilir. Ahşap malzeme kullanılarak yapılan akedükler genellikle dikdörtgen, metal olanlar yarım daire veya parabolik, demirli beton malzeme kullanılarak yapılan akedükler ise dikdörtgen veya parabolik en kesitlidir. Akedüklerden öncelikle demirli betonla yapılanlar mesnetler üzerine oturtulmaktadır.

Küçük su akımları için akedüklerin inşası daha uygun ise de su emme ve kaybetme özelliklerinden ötürü çabuk yıpranır ve su sızdırabilirler. Tesis masraflarının ucuz oluşu nedeniyle, ahşap elemanların yüzeyleri ziftlenerek inşa edilebilir. Ahşap akedükler 3,60-6,00 m aralıklarla kazık veya destekler üzerine oturtulabilir.

Parabolik kesitli olarak galvanizli sac'tan yapılan akedükler sulama sistemlerinde geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bunlar 6 m çapa kadar inşa edilebilirler. Dış etkenlerden korunmak amacıyla iç kısımları yağlı boya ile boyanabilir.

Demirli betondan yapılan akedükler pahalı ise de daha dayanıklı olması bakımından tercih edilmektedir. Ayrıca kanal ve sel yataklarını çapraz kesen akedükler betonarme olarak planlanırlar.

Hidrolik yönden ve yapım kolaylığı bakımından akedüklerin uygun en kesitleri dikdörtgen kesitler olup, taban genişliğinin su derinliğine orana 2'dir. Planlama ve projelirmede bu oran bir ölçüt olarak kullanılmakta ise de diğer bazı faktörler gözönünde tutularak daha az veya fazla olabilir. Kazı veya dolgu nedeniyle hidrolik uygunluk ve yapım maliyeti yönünden; dikdörtgen kesitin taban genişliğinin, su derinliğine olan oranının 1-3 arasında olması uygun olmaktadır.

Akedüklere verilecek uygun meyille su hızının, toprak kanaldaki su hızından fazla, kritik hızdan ise az olması sağlanmalıdır. Su hızının kritik hızdan fazla olması durumunda, akedük çıkış kısmına enerji kırıcılarının yerleştirilmesi gerekmektedir. Genellikle akedüklerdeki su hızı 0,9-2,4 m/s arasında alınabilir ise de 4,5 m/s'ye kadar çıkabilir. Ancak akedük meylinin % 0,2'den fazla ve akedükten geçen debinin ise 2,8 m<sup>3</sup>/s'den fazla alınması uygun olmamaktadır.

Akedükteki hava payı birleştiği kanal hava payı ile ilişkili olmalıdır. Hava payı akedüğün büyüklüğü, akedükteki su hızı ve iletme durumu gibi birçok etken tarafından etkilenmektedir.

Akedükler, açıklığın boyuna göre tek veya mutemedi olarak inşa edilmektedir. İki kenar ayak üzerine tek açıklıklı olarak inşa edilen akedüklerin açıklıkları 10 m uzunluğa kadar olabilir. İki kenar ayak üzerine, genellikle dikdörtgen kesitli sandık kanal olarak adlandırılan "U" şeklindeki kanal kısmı oturtulur. Akedük açıklığının 10 m'den daha fazla olması durumunda iki kenar ayaklı birlikte orta ayaklar inşa edilirler.

Uygulamada akedük açıklıklarının 10 m'den fazla olmaması yeterli isede teknik bakımdan 20 m ve daha fazla açıklıktaki akedüklerin yapılması mümkün olmaktadır. Ancak her 20 m'de bir dilatasyonun yapılması zorunlu olduğundan, akedük yapım marafları artacaktır. Bu nedenle yapılan akedüğün ekonomik olması için akedük açıklıklarının 20 m'den fazla olmaması gerekir.

Tarımsal alanları sulamak amacıyla su naklinde kullanılan su nakil sistemlerinin bir parçası durumunda olan akedüklerin kullanma ve yapım alanı gün geçtikçe daha da artmaktadır. Bu nedenle yazımızda betonarme akedüklerin planlama ve projelendirme ilkeleri ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

## 2. AKEDÜĞÜN KISIMLARI

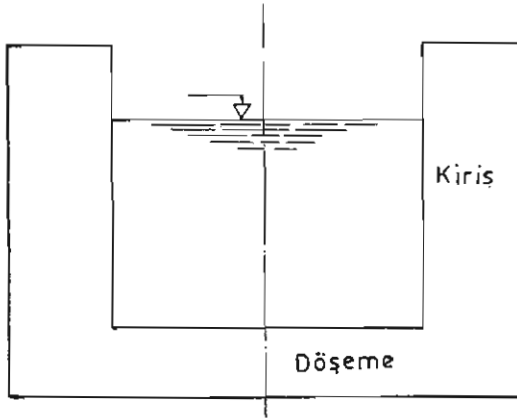
Günümüzde yaygın olarak inşa edilmekte olan bir betonarme akedük; betonarme kanal, kenar ayakları, orta ayaklar, mesnetler ve rekortmandan oluşmaktadır.

### 2.1 Betonarme Kanal

Sandık kanal olarak adlandırılan betonarme kanal, dikdörtgen kesitli olup, birbirine simetri ve eşit boyutlarda iki adet dikdörtgen kesitli kiriş ile bir adet

döşemeden oluşmaktadır (Şekil 1). Betonarme kanal genellikle en kesiti dikdörtgen olan ayaklar (kolonlar) üzerine oturtulmaktadır.

Dikdörtgen kanalın kenar kısmını oluşturan aynı boyutlu kirişler, belirli sabit yükler tarafından etkilendiğinden, hesaplamalarda bir kirişin statik ve betonarme hesabını yapmak yeterli olacaktır. Kiriş ve döşemenin statik ve betonarme hesapları yapılırken, sisteme etkiyen yüklerin düzgün yayılı yük ve kesitin dikdörtgen kesitli olduğu kabul edilir. Ancak açıklığı birden fazla olan akedüklerde orta ayak üzerindeki kirişte ortaya çıkan negatif momentin oluşmasından dolayı hesaplamalar "L" şeklindeki tablalı kiriş ilkelerine, döşeme ise kiriş yönünden eğilmeye eğilimli (maruz) tek yönlü donatılmış plak ilkelerine göre hesaplanmaktadır.



Şekil 1. Betonarme kanalın en kesiti

Akedük kanalının kiriş yüksekliği taşıma kanalındaki su yüksekliğine hava payı eklenerek, kanal genişliği ise hidrolik hesaplamalarla saptanır. Akedük kanalının iç boyutları saptanırken, sulanacak alanın sulama modülü esas alınmalıdır.

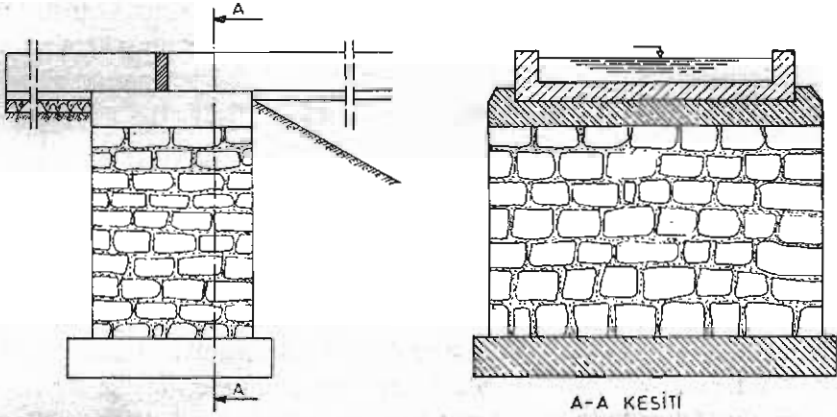
## 2.2. Kenar Ayaklar

Kenar ayaklar, akedük kirişinin başlangıç ve bitiminde kirişe dayanak (mesnet) sağlayan elemanlardır. Kenar ayaklar, akedüğün yapım yerinin durumuna göre kargir veya betonarme olarak yapılabilir. Devamlı sel tehdidi altında bulunan bir dere üzerine yapılacak akedüklerde, kenar ayaklar sel suyunun geçişini engellemeyecek bir şekilde yapılmalıdır. Ayrıca kenar ayaklar derenin en derin noktasını birleştiren hattan 1,00-1,50 m daha derinde sağlam bir zemine oturtulması gerekir. Böylece kanal ayaklarının sel suyunun dere yatağında yapacağı tahribattan, en az etkilenmesi sağlanmış olup, gerektiğinde kenar ayakların alt kısmına 30-40 cm. kalınlığında bir beton sömel yapılabilir.

Kenar ayakların üst genişliği, akedük kanal taban genişliğinden fazla olmalıdır. Bu genişliğin akedük tabanının her iki tarafından 15-20 cm taşacak şekilde yapılması yeterlidir. Kenar ayaklarının kargirden yapılması durumunda, kanalın oturacağı kenar ayakların üst kısmına 30 cm yüksekliğinde beton yastık yapılması gerekmektedir.

Kenar ayaklarının hesaplanmasında birçok etkenin bilinmesine gereksinim olduğundan, kenar ayakların inşaat ortamının koşullarına uygun olarak boyutlandırılmak daha ekonomik olacaktır, ayakların belirli ve sınırlı tiplerde yapılmaması gerekir.

Alt kısmında beton sömel bulunan kargir akedük kenar ayağının görünümü şekil 2'de verilmiştir.

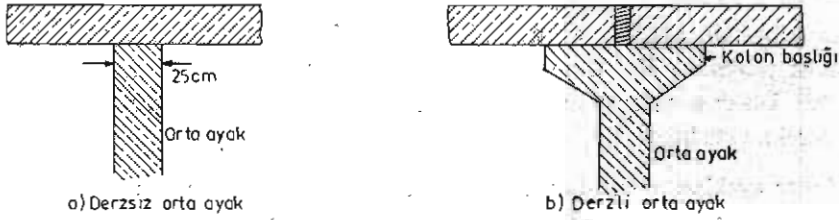


Şekil 2. Akedük kenar ayağının genel ve kesit görünüşü.

### 2.3. Orta Ayaklar

Akedük açıklığının 10 m den fazla olması durumunda her 10 m'de bir orta ayağa gereksinim duyulur. Orta ayaklar betonarme, kargir ve beton kargir olarak inşa edilebilir ise de betonarme orta ayak yapımı tercih edilmektedir. Orta ayakların betonarme yapılması durumunda gerekli hesaplamalar, betonarme kolon ve sömel planlama ilkelerine göre yapılır.

Orta ayaklara sahip bir akedük kirişinde orta ayaklar üzerinde derz yapılmayacak ise ayağın en küçük kesit boyutlarının en az 25 cm olması gerekir (Şekil 3a). Orta ayağa terz verilmesi durumunda ise akedük kirişi ayaklar arası açıklığı % 5'i kadar her iki taraftan orta ayağa oturtulmalıdır. Bu durumda orta ayak kesit boyutu genişleyeceğinden başlık dökülmekle gereksiz boyut büyütülmesi önlenmiş olur (Şekil 3b).



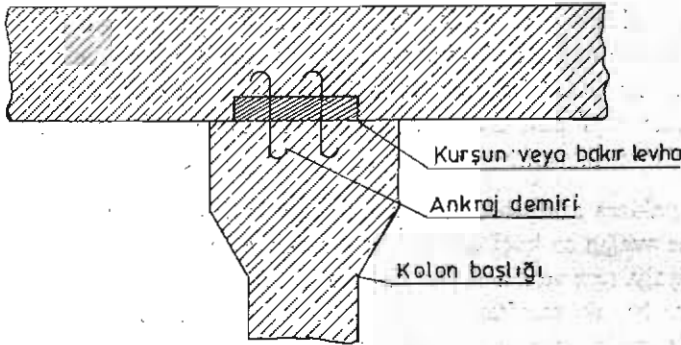
Şekil 3. Orta ayağın derzli ve derzsiz durumu.

Akedük orta ayakları planlanırken ayakların burkulması ile ilgili olarak yapılan hesaplamalarda rüzgar, yüzücü cisim, feyzan dalga etkisi ve su basıncı gibi yan etkiler gözönünde bulundurulmalıdır.

Orta ayakların temel derinliği zemin özelliğine göre saptanmakta ise de temel derinliği 1,00 m'den daha az olmamalıdır. Orta ayakların yapımında kargir malzeme kullanılması durumunda kenar ayaklar da olduğu gibi betonarme sömel ve akedük kirişinin oturacağı yastık betonu yapılmalıdır (Şekil 2).

#### 2.4. Dayanaklar (Mesnetler)

Genellikle sabit ve hareketli olmak üzere iki dayanak veya mesnet çeşidi vardır. Ancak akedüklerde genellikle sabit tip dayanaklar kullanılmaktadır. Sabit tip dayanakta akedük kirişleri ayağa rijit olarak bağlanmaktadır. Basit etriyeli kolon şeklinde yapılan ayaklarda boyuna donatının kirişler içerisine yerleştirilmesiyle sabit dayanak oluşturulur. Kargir alzeme kullanılarak yapılan ayaklarda ise yastık betonu pürüzlü olarak döküldükten sonra kirişler yapılır. Açıklıkları fazla olan akedüklerde kirişlerin ayağa bağlanmasında ankraj demiri kullanılır. Ayrıca akedük kirişlerinden gelen yüklerin ayaklara üniform bir şekilde nakledilmesini sağlamak amacıyla 1 cm kalınlıkta kurşun veya bakır levhalar kullanılır (Şekil 4).



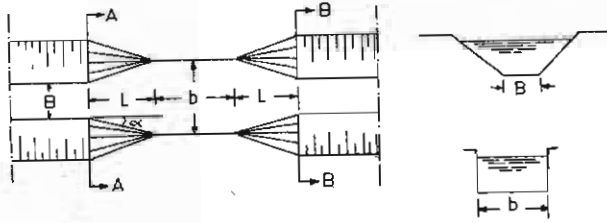
Şekil 4. Kurşun veya bakır levhali dayanış.

## 2.5. Geçiş Yapıları (Rekordmanlar)

Değişik iki kesitli yapıları birbirine bağlayan geçiş yapılarına rekordman denir. Genellikle geçiş yapıları ya yamuk kesiti dikdörtgen kesite, veya dikdörtgen kesiti yamuk kesite yahutta yamuk kesiti daire kesite bağlarlar. Rekordmanlar kırık tip, doğrusal yüzü tip ve eğrisel tip olmak üzere üç ayrı tipte yapılabilirler. Enerji kaybının önemli olmadığı yerlerde kırık tip, enerji kaybının önemli olduğu yerlerde ise doğrusal veya eğrisel tiplerden biri kullanılmaktadır.

Akedüklerde, dikdörtgen kesitin yamuk ve yamuk kesitin dikdörtgen kesitine geçişini sağlamak için giriş ve çıkış rekordmanları yapılır. Rekordmanlar üstü açık veya kapalı geçiş şeklinde yapılabilir. Rekordmanlarda kurp teşkil edilmemesine özen gösterilmelidir.

Şekil 5'te akedüklerde yaygın olarak kullanılan bir rekordman tipi ve kesitleri verilmiştir.



Şekil 5. Bir rekordmanın plan görünüşü ve kesitleri.

### YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Aka, İ. ve Ark. 1981. Betonarmeye Giriş, Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul.
- DPT, 1981. Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, Ankara.
- Ertuğrul, H., ve Apan, M., 1979. Sulama Sistemlerinin Projelenmesi, Atatürk Üni. Yayınları No: 562, Erzurum.
- Israelsen, D. W., 1967. Irrigation Principles and Practices, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Karabay, D., 1965. Betonarme ve Akedüker, Topraksu Yayınları, Tarsus.
- Kızılkaya, T., ve Yegül, Ü., 1979. Su Yapıları Millî Eğitim Basımevi, İstanbul.
- Özdengiz, A., 1974. Sulama Kanallarının Planlama Esasları, Atatürk Üni. Yayınları, No: 361, Erzurum.

Uluđ, Y. N., ve Odabaşı L., 1978. Betonarme İnaaat Hesapları, Uluđ Kitabevi Yayınları, No: 1, İstanbul.

United Nations, 1973. Design of Low Head Hydraulic Structures, Water Resources Series No: 45, New York.

Şengül, N., 1978. Betonarme İnaaat Hesapları TOPRAKSU Yayınları, Ankara.