

Asma Köprüler

Ali ARSLAN(*)

GİRİŞ :

Asma köprülerin tarihçesi eski olup, pransibi İngiliz Mühendisi Navier tarafından kurulmuştur. Fransada Seguir ve Dufour tarafından ilk asma köprü inşa edilmiş, 1832/34 senelerinde İsviçrele Saane vadisinde 273 metre açıklıkla inşa edilen asma köprü dünyanın o zamanki en büyük asma köprüsü olarak sıfatlandırılmıştır.

Bundan sonra Amerikada Alman Mühendisi H. Röbling'in bulduğu yeni sistemle NEWYORK'da Brooklyn köprüsü, ve Nigara nehri üzerinde yapılan köprülerle geniş açıklıklı asma köprü devri açılmış ve zamanımıza kadar max. açıklıkları 1500 metreyi bulan bir çok asma köprüler inşaa edilmiştir.

Tekniğin dev adımlarla ilerlediği bu devirde ALMANYA ile DANİMARKA arasında, kuzey denizi üzerinde dünyanın en uzun köprüsü olacak Fehmarabert köprüsünde burada kısaca belirteceğiz. 1967 senesi hesaplarına göre ALMANYA ile DANİMARKA arasında kuzey deniz üzerinden Feri-botlarla 2,4 milyon 400,000 araç ve 1,5 milyon ton malzeme nakli yapılmakta ve trafik yoğunluğu sebebiyle turistik mevsimde en az 4 saat beklemek icap etmektedir. Buna çare olarak kuzey deniz üzerinde 22 kilometre uzunluğunda inşaa 6 senede bitecek bir köprü ALMAN'lar tarafından planlanmış vaziyettedir. (Bu köprü üzerinde açıklıkları 1500 metreyi bulan asma köprülerde düşünülmüştür.) Köprünün maliyeti 1,5 milyar D.M. (3 milyar TL.) olup, malzeme olarak 10 milyon M³ kum, 1,4 milyon M³ beton ve 250.000 ton çelik kullanılacaktır. Bu kısa izahatdan sonra asma köprülerin teknik hususlarına geçeceğiz.

Asma köprüler açıklıkları fazla olan yerleri birleştirme imkânı veren köprüler olup, ancak 300 metre

açıklıklarından itibaren iktisadi olmaya yön gösterirler. Asma köprülerin hususiyetlerinde hareketli yüklerin tesiri altında büyük sehim gösterme özelliği vardır. Bugün asma köprülerin sehimini, eski şartnamelerdeki gibi fazla kısıtlama görüşü silinmek üzeredir. Meselâ son Alman demiryolları ve köprü şartnamesinde (BE.) sehim üzerinde bir madde konulmamıştır. Karayolları köprülerinde $f_B = 1/300$ ve daha fazla sehim, zarar hasıl etmeyecek şekilde kabul edilmektedir. Fakat bunlara rağmen, hareketli yüklerin tesiri altında meydana gelen (eğrilik yarı çapı) ve mesnetlerdeki açı farkları belirli sınırlarda tutulmaktadır. Meselâ eğrilik yarı çapı $R = 1000-2000$ metre civarındadır.

Köprüler içinde rüzgara karşı en hassas köprü, asma köprüler olup, geçmişde rüzgarın tesirile titreşimden kurtulmayıp çöken köprüler az değildir. AMERİKA'da Siteinmann ve Amman uzun hesap ve deneyler sonunda köprünün rüzgara karşı stabilitesini (S) gösterir bir formül kurmuşlardır. $S = 1600 \text{ g/f} + 160.000 \text{ J}/(L/100) 4 > 600$

L Max köprü açıklığı (m)
J: Rijitlik kirişinin ataletini (m)⁴
g: Köprünün zâtı ağırlığını. (t/m.)
f: Kaplo derinliği (kuleden, kablunun en derin asıldığı yere kadar olan mesafedir.)

2. ASMA KÖPRÜLERİN ÇEŞİTLERİ :

Statik yönden asma köprüler :

1.) Ankre edilmiş köprüler (Rijit kirişleri kablolar vasıtasıyla temel Bloklarda ankre edilirler)

2.) Temel Blokları olmayan, yata kuvvetleri rijitlik kirişi tarafından basınç kuvveti olarak, alan köprüler, diye iki gruba ayrılırlar.

3. ASMA KÖPRÜLERİN KISIMLARI :

Bir asma aşağıdaki ana kısımlardan müteşekkildir.

1.) Rijitlik kirişi (Kutu veya kafes şeklinde olur.)

2.) Taşıyıcı kablo (tel, zincir veya yassı çelik profillerden)

3.) Taşıyıcı kablunun ankre edilen kısmı (Kaya içinde ankre veya umumiyetle tatbik edilen ankre Blokları veya rijitlik kirişi uçlarında yapılan ankre gibi)

4.) Taşıyıcı kablunun desteği olarak yapılan massif beton, betonarme veya çelik iskeleden kuleler.

5.) Askı halat veya çubukları ve bağlantıları

6.) Yol ızgara sistemi, yol kaplaması ve rüzgar bağlantısı. Yukarıdaki ana kısımlar kısa şekilde izah edilecektir.

3. 1 — RİJİTLİK KİRİŞİ :

Vazifesi hareketli yükleri askılar vasıtasıyla taşıyıcı kabloya iletmektir. Kesitleri kafes veya kutu şeklinde olup statik yönden Şekil. 1-de görüldüğü gibi 1 veya 3-4 açıklı mütemadi kiriş teşkil ederler. Vezifelerinin direktman yük taşımayıp yalnız iletici olması dolayısıyla gerilimler St 37 için 1800 Kg. cm² St52 içinde 2600 Kg/cm² ye kadar çıkarılabilir. Kiriş yüksekliği ile kiriş açıklığı arasında münasebet, açıklığı 500 metreye olan köprülerde takriben 1/60 ve 1000 metreden fazla açıklıklardan 1/120 ile 1/170 arasındadır. Bilhassa yol genişliği dar ve zati ağırlıkları hafif olan köprülerde, köprünün rüzgara karşı yata letinin nispeten azalması sebebiyle rijitlik kirişlerinin yüksekliği dikkatli seçilmelidir. Aksi takdirde rüzgarın tesiri ile titreşime uğrayan köp-

(*) İnş. Yük. Müh.

rü yıkılma tehlikesi arz edebilir. Mesela Amerikadaki 853 metre maksimum açıklıklı eski Tacoma köprüsü 1940 yılında 22 m/sn hızı olarak rüzgarın tesiri ile titreşimden kurtulmıyarak çökmüş ve yeni Tacoma köprüsünde eski rijit yüksekliği 2.45 metreden (kutu kiriş) 10,0 metreye

Tip A

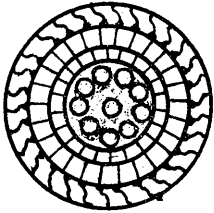


Tip B



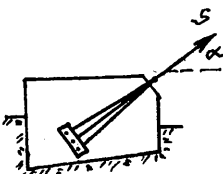
Şekil: 1

(kafes kiriş), köprü genişliği de 11,8 metreden 18,0 metreye çıkarılmıştır. Eski Tacoma köprüsündeki kiriş yüksekliği ile kiriş açıklık münasebeti böylece 1/350 den 1/118'e yükselmiştir.

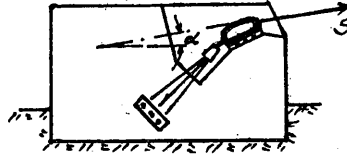


Şekil: 2

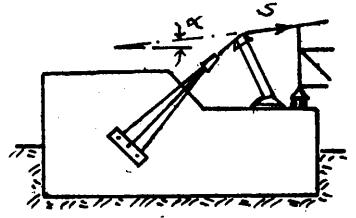
3. 2 — TAŞIYICI KABLO : Çelik tel kablo, zincir, yassı çelik profil gibi çeşitleri vardır. Burda yalnız ekseriyetle tatbik edilen çelik tel kabloları izahla iktifa edeceğiz. Avrupada kullanılan çelik kablolar (halatlar) şekil 2 de görüldüğü gibi yumuşak tel çekirdek etrafında 3 veya 4 sıra S şeklinde çelik teller



Şekil: 3



Şekil: 4



Şekil: 5

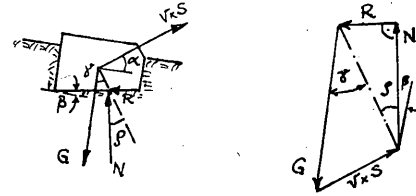
üzerine iki sıra kama biçiminde teller ve son olarak da 1 veya 2 sıra S çelik tellerin yerleştirilmesinden müteşekkildir. Halatın helezoni şekilde bükülmesini önlemek gayesiyle bütün bu sıralar müteakıp tarzda sağdan sola ve soldan sağa doğru tanzim edilirler. Çelik sıralar arası sülyen, kablunun dışında asfalt ile boyanır, Kırılma gerilim sınırı yuvarlak teller için 145,150 kg/mm² kama biçimindeki teller için 140-145 kg/mm² ve S biçimindeki teller için 135 kg/mm² dir. Kablunun emniyet katsayısı 2,5 dur. Makaralarla inşaata gelen çelik teller kule'ler üzerinden esas yerlerinin üstüne asıldıklarında zati ağırlığı ve rijitlik kiriş ağırlığının tesiriyle, plândaki durumunu alacak şekilde yerleştirilirler. Yeni asılmış çelik kablo ancak bir müddet sonra tamamen gergin vaziyete gelir ve bu andan itibaren kablo elastiklik bölgesine girer. Kablunun elastiklik modülü kablo eksenine paralel olmamasından ve tellerin sıra sıra yerleştirilmesinden, bir telin elastiklik modülünün aynı değildir.

Kablunun elastiklik modülü takriben 1600-1700 ton/cm² civarındadır. Tel kablolar kuleler üzerinde semer biçimindeki dökme demirden desteklere konulur. Altda kalan kablolar semer üzerindeki kanallara yerleştirilir ve üstte kalan kablolar da yine kanalları olan dökme demir kapakla örtülerek bütün kablo civatalarla sıkıştırılır. Bu sıkıştırmadan hasıl olan sürtülme gerilimi ankre edilmiş kulelerde dahi kablo çekme kuvvet farklarını iletme kafi gelmektedir.

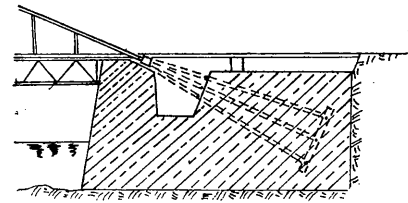
Kuleler üzerinde semer biçimindeki desteklerde eğrilikden dolayı

kablunun kırılma kuvvetinde azaldığını dikkate almak lazımdır.

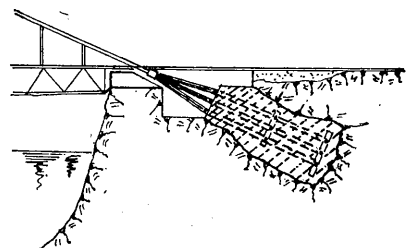
Amerikada 300 metre açıklığı geçen asma köprüler için ekseriyetle 5 mm çapında ve 150/160 kg mm' kırılma mukavemeti olan paralel şekilde düzenlenen birçok tellerden meydana gelen kablolar tatbik edilmektedir. 500-700 metre veya daha fazla uzunlukta çelik teller makaralardan "Örümcek" denilen makinelerle çekilip kuleler üzerinde yan yana konulup ankre-temel —Beton



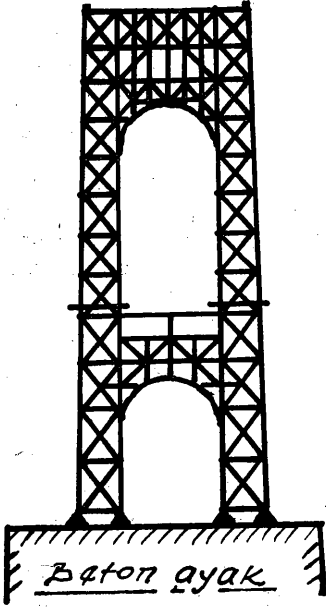
Şekil: 6



Şekil: 7



Şekil: 8



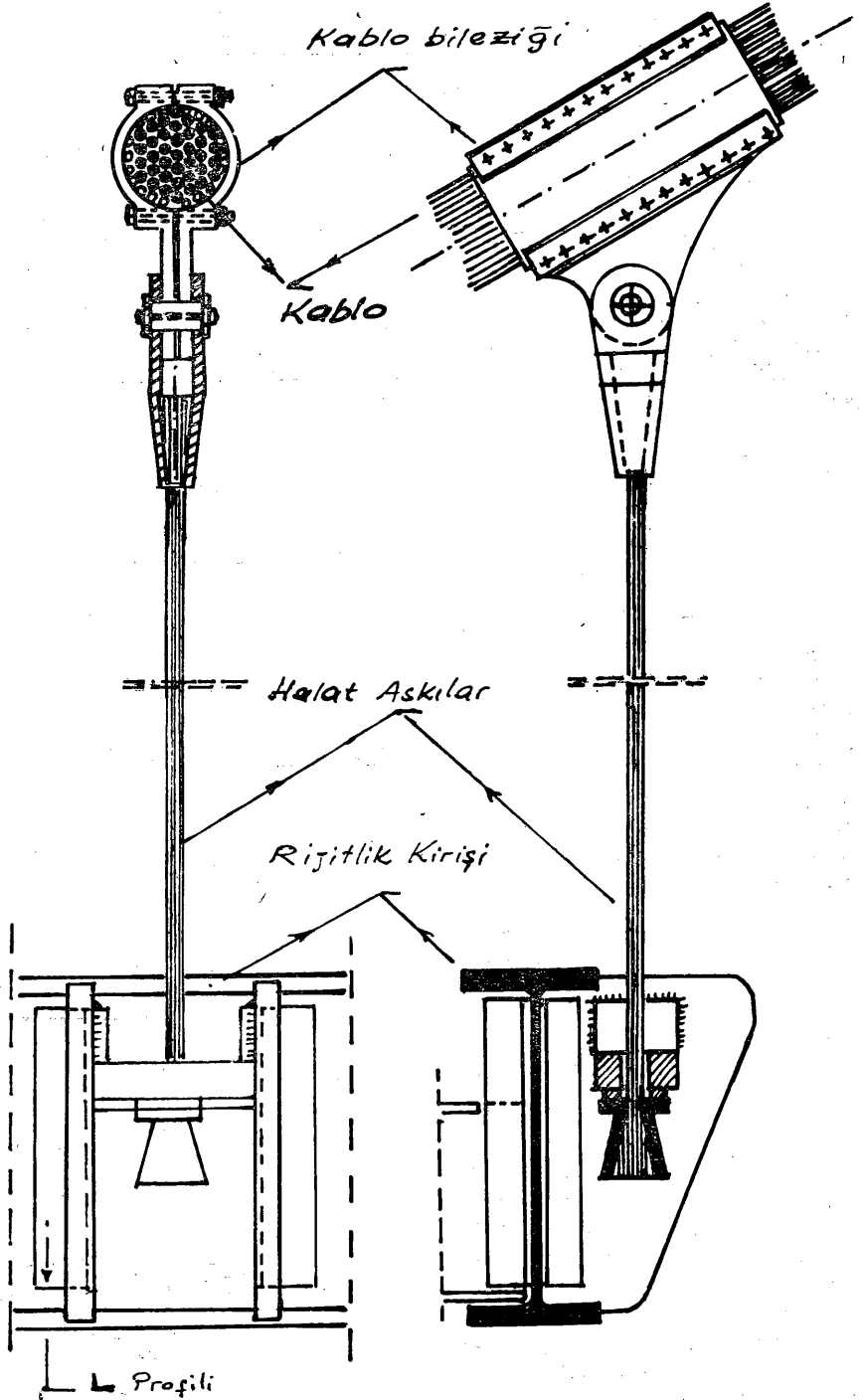
Şekil: 9

Bloklara tespit edilmektedir. Teller paralel olarak yerleştirildikten sonra özel hidrolik preslerle daire şekline sıkıştırılıp makineler vasıtasıyla ince tellerle örülür ve paslanmaya karşı bütümlenirler. Fakat şunu belirtmek lazımdır ki paralel şekilde yerleştirilip hidrolik preslerle daire biçimine sıkıştırılan tellerin paralellliği bozulabilir. Buda tabiatıyla tellerin kısmen ezilmesi ve kablonun max. taşıma kuvvetinin azalmasına sebep olur. Sonradan tellerin paralellik durumunu incelemeyede imkan yoktur. Paralel tellerden teşekkül eden bu kabloların elastiklik modülü takriben 2000

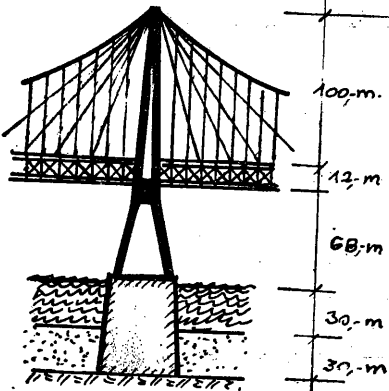
kg/cm² civarındadır. Köprü açıklığına göre makara tellerinin uzunluğu kafi gelmediği takdirde, teller gerilim-kilitleri ile birleştirilirler. Bu ek yerlerindeki gerilim mukavemeti düz telin mukavemetinin %95 i kadardır. Dolayısıyla bütün kablo

kuvvetine (ek) yerlerinin tesiri yok denecek kadar azdır.

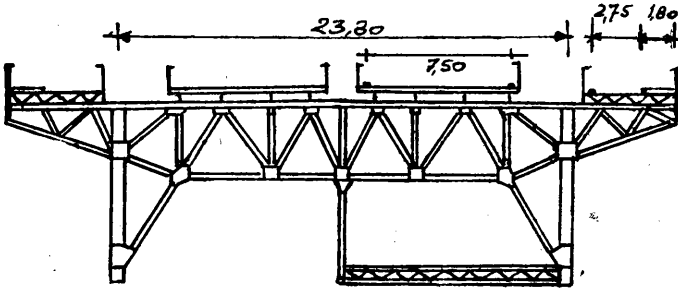
Kablolardaki kuvvetleri ve telleri belirtmek amacı ile Amerikada Michigan eyaletinde 1956 yılında inşaası bitmiş olan Mackina asma köprüsünü misal olarak vereceğiz.



Şekil: 11



Şekil: 10



Şekil: 12

Köprü açıklığı = 548-1160-548 metre üzerinden 3 açıklık.

Köprü genişliği = 20,75 metre
1 kablo kuvveti = 15,000 Ton.
590 mm Çapında olan bir kablo 37 ufak halatlardan müteşekkil olup her halat da galvanizlenmiş 348 adet ϕ 5 mm'lik çelik telleri ihtiva etmektedir.

3.3. ANKRE-TEMEL BETON BLOKLAR

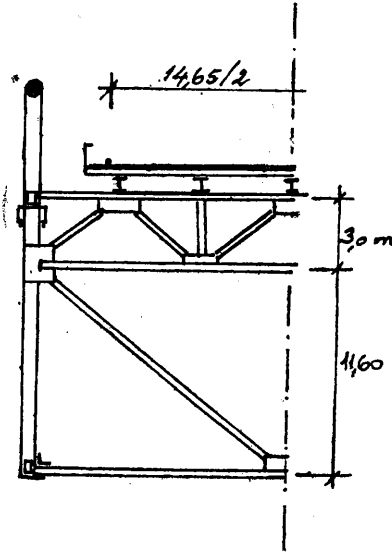
Ankre temel blokların vazifesi, kablunun çekme kuvvetini alıp sürtünme gerilimi ile zemine iletmektir. Ankre şekli kablo ile rijitlik kırı- şı arasındaki sapma açısına göre değişir. Sapma açısının büyük olduğu hallerde şekil 3 de görüldüğü gibi kablo çeşitli kollara ayrılır ve ankre edilir. Sapma açısının küçük olduğu hallerde şekil 4 ve 5 de görüldüğü gibi rule veya iki ucu mafsallı kolon vasıtası ile kuvvetler temele iletilir.

Temelin kaymaya karşı istenilen emniyet katsayısı v , kablo çekme kuvveti 7 olarak alınırsa, şekil-6 da görülen kuvvetler temel-blok'u dengede tutarlar. $v \times S$ için gerekli olan temel ağırlığı $G = v \times S (\sin \alpha + \cos \alpha / \tan (\beta + g))$ dır.

Emniyet katsayısı v , 1,5 ile 2 arasında alınır. Şayet zemin sağlam, kayadan ise, pahalı olan masif temel-beton blok yerine, ankre yönünde dinamitle geniş ve derin çukurlar açılıp, kablolar yerleştirildikten sonra, beton dökülür. Amerika-da Georg-Washington köprüsünün bir ankresi bu şekilde karşı tarafın ankresi de masif temel beton bloklarla yapılmıştır. (Şekil 7 ve 8)

3.4. — KULELER :

Massif beton betonarme veya çelikten olurlar. Max açıklıkları 300 ila 700 metre olan köprüler üstde



Şekil: 13

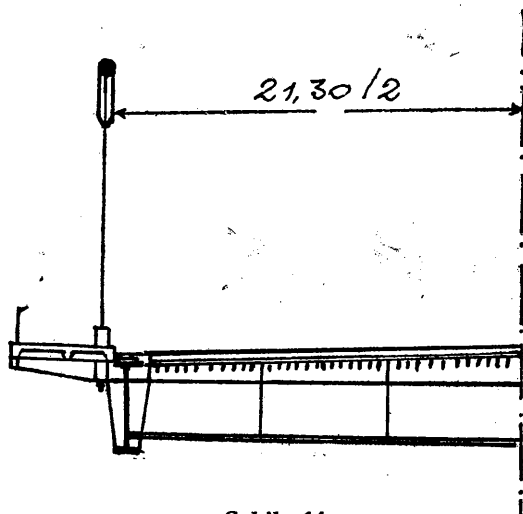
ve köprü ayakları üzerine mafsallarla oturtulur Köprü en kesitinde kuleler kirişlerle bağlanır ve statik yönden çerçeve olarak çalışırlar. Mafsallı kulelerin avantajı, kablo düşey yüklerini kuleye merkezi olarak iletmesi, kule üst uçlarının sağ ve solunda kablo çekme kuvvetinin birbirine eşit olması ve kule temel- nin kısmen merkezi yük almasında- dır.

Maximum açıklıkları 600 metre- yi geçen asma köprülerde kuleler köprü ayaklarında ankre edilir ve üst uçda, kablo üzerine konulan se- mer biçimindeki dökme demir ka- pak cıvatalarla kuleye sıkıştırılarak kablo ile kule arasında, sürtünme gerilimi ile, sabit bir bağlantı elde edilir. Köprü yüküne göre kule uç- larında yatay yöndeki kablo kuvvet- leri arasındaki fark kuleyi eğilmeve tâbi tutar.

Şekil 9 da Georg-Washington şekil 10'da da Fehrmanbelt köprü- sü- nün kuleleri görülmektedir.

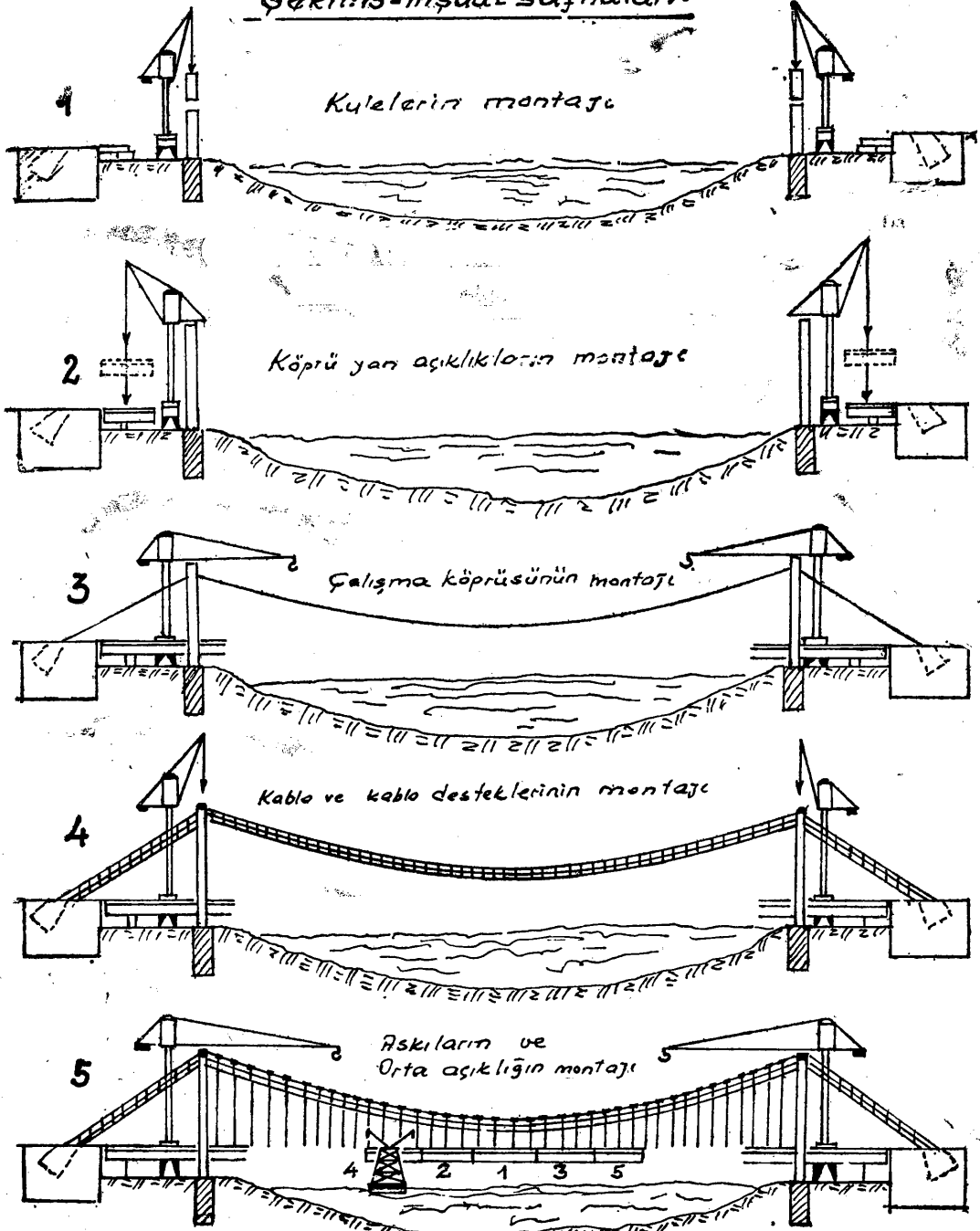
3.5. — ASKILAR VE BAĞLANTILARI :

Vazifesi köprü zati ağırlığını ve hareketli yükleri kabloya iletmek- tedir. Askılar yuvarlak demir, pro- fil demir veya çelik tel halatlardan yapılırlar. Asma köprü kablosu dök- me demir veya çelikten yapılmış iki parçalı yuvarlak veya altıgen biçi- mindeki bileziklerle, cıvatalar vası- tası ile sıkıştırılır ve bileziğin altın-



Şekil: 14

Şekil:15-İnşaat safhaları.



daki uzantıya askılar yine cıvatalarla tesbit edilir. Askıların kablo ve rijitlik kirişi ile bağlantıları şekil 11 de gösterilmiştir. Kablo ve rijitlik kirişi bağlantıları cıvata veya vidalarla yapılarak rijitlik kirişinin asılması esnasında hakiki yeri ayarlanabilir. Kablonun meyili dolayısıyla bilezikler (Bilhassa kule yakınındakiler) kayma tehlikesi arzederler. dolayısıyla iki parçalı bileziklerin cıvatalarının hesabı ve gerilmesi, kablo ile bilezik arasında kaymaya karşı emniyet verecek şekilde olmalıdır.

Amerikada-Delaware köprüsü için yapılan kayma tecrübelerinde kablo ile bilezik arasında bütün cıvata kuvvetinin % 62 si kadar sürünme gerilimi ölçülmüş ve cıvata kuvvetlerinin % 15 i hesaba katılarak 4 misli emniyet kat sayısı nazari itibare alınmıştır. Almanyada yapılan uzun deneylerle altıgen olarak düzenlenen köprü kablolarına da altıgen şeklindeki bilezik yerine, yuvarlak bileziklerin kullanılmasının daha uygun ve iktisadi olduğu sonu-

cuna varılmıştır. Altıgen şeklinde ki kablo, bilezik boyunca astar kablolarla daire biçimine çevrilir.

3.6. — YOL KAPLAMASI IZGARA SİSTEMİ VE RÜZGAR BAĞLANTISI :

Diğer köprülerden farkı yoktur. Fakat köprünün rüzgar etkisine karşı mukavemetini artırmak için köprü kesitine mesela İngilterede köprü yolunu ayırmak (Şekil 12) Amerikada (Şekil 13) kafes sistemi yapmak yolu tercih edilmektedir. Şekil 14 Almanyada Köln-Rodenkirchen asma köprüsünün kutu sistemi ni göstermektedir.

4. İNŞAAT SAFHALARI :

Ankre temel blokların ve kule beton ayakları ilk safhada inşaa edilir ve bilahare kulelerin inşaa başlar. Safha - 1) Şekil 15'de kuleler Prefabrik parçalardan müteşekkil olarak gösterilmiştir. Kulelerin inşaatından sonra köprünün yan açıklıkları inşaa (safha 2) ve takriben 1,5 m genişliğinde kablolardan mü-

teşekkil 2 adet çalışma köprüsü (2 ana kablo için) montaj edilir. (safha 3)

Kuleler üzerine kablo destekleri yerleştirildikten sonra kablo montajına başlanır. (safha 4) Montaj ikmal edildikten sonra kablolar bilezikler yerleştirilip köprü askıları yapılır. Ve, orta açıklığı montajı başlar. (Safha 5) bu montajda, (yüzücü vincin kaldırma kuvvetine göre) evvelden hazırlanan parçaları belli uzunluk ve ağırlıklardan, ilk önce mafsallı şekilde monte edilir ve orta açıklık kapandıktan sonra Moment eğrisine göre mafsallı yerler tekrar cıvatalarla veya kaynaklı birleştirilirler.

Referans :

1. Stahlbauhandbuch
Bd. 1 und Bd. 2. 1959
2. Taschen buch für Ingenieurbau
Bd. 1. und Bd. 2. 1956
3. Bautechnik 1966. H. 8.
4. Der Stahlbau 1954. S. 23.
5. Der Stahlbau 1956 - 26

ASFALT İŞ

FERHAN İAKŞUT MÜNİR EÇİLMEZ

(MAK. Y. MÜHENDİSİ)

Çeşitli Asfalt Yol ve Tecrit İşlerinde

Mütehassıs Firma

Her cins tecrit maddesi imalatı

FERMENCİLER, KARDEŞİM SOKAK GRİFFİN HAN NO. 44

GALATA - İSTANBUL

TELEFON : 44 26 21

Ev { 46 67 43
45 26 25

BURSA : 1732

(Mühendislik — 354)