

MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZİT YÖNDE EĞRİLİKLİ KABLO AĞI  
MEKAN ÖRTÜLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Ömer Ş. DENİZ

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : YAPI BİLGİSİ

EYLÜL 1987

MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZİT YÖNDE EĞRİLİKLİ KABLO AĞI  
MEKAN ÖRTÜLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Ömer Ş. DENİZ  
(85.133)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 Haziran 1987

Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Eylül 1987

Tez Danışmanı : Prof. Gündüz GÖKÇE

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. İhsan MÜNGAN (MSÜ)

Doç. Cengiz BAYÜLGEN (YÜ)

EYLÜL 1987

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	3
I. ASMA GERME STRÜKTÜRLER.....	4
1.1. TANIMI.....	4
1.2. ÇALIŞMA İLKELERİ .....	6
1.3. SINIFLANDIRMA .....	10
1.4. TARİHSEL GELİŞİMİ .....	12
1.5. ÖNEMİ .....	19
II. ZİT YÖNDE EĞRİLİKLİ KABLO AĞI STRÜKTÜRLER.....	21
2.1. TANIMI .....	21
2.2. ÇALIŞMA İLKELERİ.....	25
2.3. STRÜKTÜR ELEMANLARI.....	31
2.3.1.Fleksibl Taşıyıcılar (Kablolar).....	31
A. Taşıma ve germe kabloları.....	37
B. Kablo kenar elemanlar.....	40
2.3.2.Rijit Taşıyıcılar .....	42
A. Rijit kenar elemanlar .....	43
B. Destek ve askı elemanları.....	46
2.3.3.Yardımcı Elemanlar .....	48
A. Düğüm elemanları .....	48
B. Asılma elemanları .....	51
C. Ankraj elemanları .....	55
2.4. FORM İMKANLARI .....	59
2.4.1.Rijit Kenar Elemanlı Formlar.....	59
A. Basit formlar .....	60
B. Birleşik formlar .....	63
2.4.2.Fleksibl Kenar Elemanlı Formlar.....	65
A. Basit formlar .....	65
B. Birleşik formlar .....	66
2.4.3.Karma Kenar Elemanlı Formlar.....	67
A. Basit formlar .....	67
B. Birleşik formlar .....	68

2.5. ÖRTÜ KAPLAMASI.....	69
2.5.1. Beton Kaplamalar .....	69
A. Yerinde dökme beton kaplamalar....	69
B. Beton plak kaplamalar .....	71
2.5.2. Ahşap Elyafı Levha Kaplamalar.....	76
2.5.3. Işık Geçiren Kaplamalar .....	79
A. Çadır bezi kaplamalar .....	79
B. Saydam örtü kaplamaları.....	80
III. ZIT YÖNDE EĞRİLİKLİ KABLO AĞI STRÜKTÜRLERİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	82
3.1. ABD KUZAY CAROLİNA EYALETİNDE RALEIGH ARENASI.....	82
3.2. İZMİR FUARI ARÇELİK FİRMASI PAVYONU.....	86
3.3. MÜNİH OLİMPİYAT OYUNLARI SİTESİ ASMA-GERME YAPILARI.....	91
SONUÇ.....	96
YARARLANILAN KAYNAKLAR .....	97
ŞEKİL KAYNAKLARI .....	99

## ÖNSÖZ

Son yüzyıl içinde, insan sayısı bir "nüfus patlaması" yaratacak şekilde çoğalırken, büyük ölçüde yapı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında uygar toplumlarda yeni sosyal ve kültürel fonksiyonlar da gittikçe artmaktadır. Bu durum, toplu faaliyetlerini yerine getirmek üzere çok sayıda insanın aynı mekanda toplanmalarını gerektirmektedir. Böylece toplumsal gelişmenin beraberinde getirdiği büyük mekanların ara mesnetsiz olarak örtülmesi sorunu ile ilgili üretilen strüktürler, her geçen gün daha geniş bir uygulama alanı bulmaktadırlar.

Büyük açıklık gerektiren mekanların ara mesnetsiz olarak örtülmeleri konusunda, çağdaş strüktürler arasında önemli yer tutan asma-germe strüktürlerin bir türü olan "zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürler, mimarlar tarafından ilgi ile benimsenmektedirler.

Bu çalışmada, mühendislik konusu kapsamına giren hesap yöntemleri ve deney çalışmaları gibi konulara değinilmeden, zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerden mekan örtüsü tasarımında yararlanma imkanlarının araştırılması amaçlanmaktadır.

## I. ASMA - GERME STRÜKTÜRLER

### 1.1. TANIMI

Günümüz strüktür tasarımcılarının ortak amacı, "en az madde" kullanarak en hafif ve ekonomik sistemlerle, imkanların elverdiği ölçüde büyük açıklıkları örtebilmektir. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için, basit çekme ile basit basınca çalışan veya kuvvetlerin yönlendirilerek zemine aktarıldığı strüktürler gerekmektedir.

Tüm strüktürleri oluşturan elemanlar yerine göre basınca, çekmeye veya eğilmeye çalışırlar. Elemanların doğrudan doğruya basınç veya çekmeye çalıştığı ve eğilme gerilmelerinin söz konusu olmadığı, dolayısıyla moment olayının ortadan kalktığı sistemlere "minimum konstrüksiyonlar" adı verilmektedir. İşte bu türden, saf çekmeye çalışan fleksibil ve saf basınca çalışan rijit elemanlardan oluşan strüktürlere de "asma-germe" strüktürler denilmektedir.

Endüstri Devrimi'nin getirdiği çelik ve betondan önceki yapı malzemeleri incelendiğinde, bunların basınca karşı olan dirençlerinin çekmeye olan dirençlerinin çok üstünde olduğu görülür. Çelik ise yapıda kullanıldığı şekliyle, boyuna oranla çok küçük olan kesitinin getireceği flambaj sorunu sonucu basınçtan ziyade çekmeye daha iyi çalışan bir malzeme olarak kabul edilmektedir. Çekmeye en iyi çalışan malzeme ise çelik halattır. Çelik halatlar işte bu özellikleri ile asma-germe strüktürlerin etkinliğinde baş rolü oynamaktadırlar<sup>(1)</sup>.

(1) Gündüz Gökçe, "Çağdaş Mimaride Strüktür," Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 93,108.

Asma-germe strüktürler, esas taşıyıcı elemanları sabit noktalar arasına asılarak, gerilmiş çekme elemanları olan strüktürler şeklinde de tanımlanabilir. Bu strüktürlerde esas çekme elemanı olarak, doğal salınımları zincir eğrisi formundaki fleksibl çelik kablolar ve çadır örtü malzemeleri kullanılmaktadır<sup>(2)</sup>.

Bugün strüktür tasarımcılarının tüm çabaları, canlı strüktürlerin incelenmesinde elde edilen bulgularla, bunlardaki kuralara uygun şekilde olan yeni sistemler yaratmaktır. Büyük açıklıkların örtülmeleri konusunda geliştirilen asma-germe strüktürlerin doğadaki en belirgin esin kaynakları, örümcek ağları ve ipek böceği kozalarıdır<sup>(3)</sup>.

---

(2) ASCE Committee Report, Kablolarla Asılı Çatı Yapımının Bugünkü Durumu, Çev. Müfit Yorulmaz, İ.T.Ü.Mim.Fak. Baskı Atelyesi, 1972, s.1.

(3) Gökçe, Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 94.

## 1.2. ÇALIŞMA İLKELERİ

Asma-germe strüktürler, temel elemanları çelik kablonun çalışma ilkelerine bağımlı olarak, taşıyıcılık özelliği kazanmakta ve kablonun aldığı değişik formlara göre düzenlenmektedirler. Taşıyıcılığı malzeme formuna bağımlı olan bu strüktürlerde, çelik kablolar, formlarının dışında aktarma elemanları gerekmektedir. Kablolar yükleri basit çekme kuvvetleri ile bu aktarma elemanlarına, aktarma elemanları da basınca çalışarak yükleri ankraj noktalarına, yani zemine taşımaktadırlar<sup>(4)</sup>.

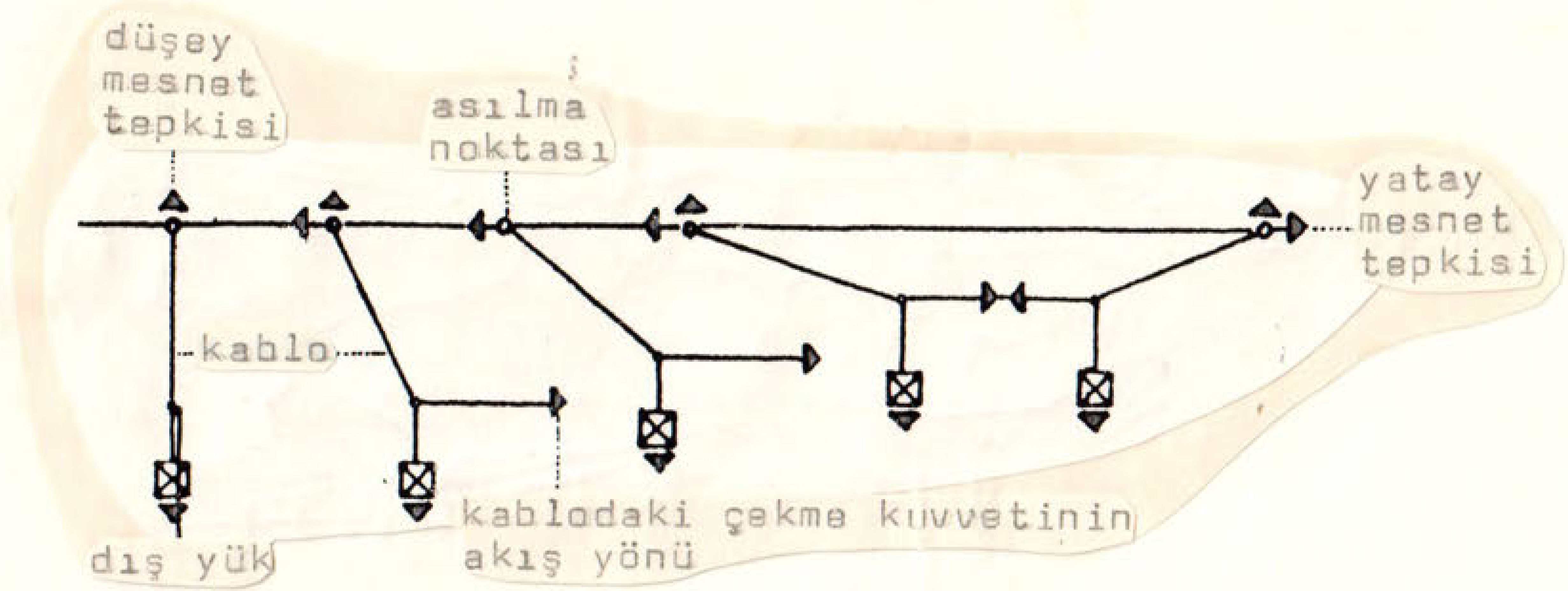
Çelik kablo, uzunluğuna oranla kesitinin küçük oluşu nedeniyle eğilmeye çalışmaz. Kablonun formu, her yüklenme durumunda değişir. Bu, çelik kablonun bükülebilme (fleksibilite) özelliğidir. Kablo, sehim yaptığı için, yükleri çekme kuvvetiyle taşıyarak, strüktürel bir üstünlük kazanır. Çünkü bu durumda çekme gerilmeleri, kablo kesiti boyunca üniform olarak dağılmaktadır. Ayrıca, çadır örtüler de yükleri benzer bir mekanizma ile taşımakta ve aynı tür strüktürel etkinlik göstermektedirler<sup>(5)</sup>.

Kabloya bağlı olan bir yük, sisteme uygulanan yatay kuvvetin büyüklüğüne göre, kablonun asıldığı nokta etrafında hareket eder. Bu sisteme karşı oluşturulan simetrik bir sistem ile, yatay kuvvet, dengede kalır. Böylece, kuvvetlerin aktarılması sonucu kapalı bir sistem oluşturulmuş olur (Şekil 1).

(4) Cengiz Bayülgen, "Mekan Örtüsü Tasarımında Asma-Germe Taşıyıcı Sistemler Üzerine Bir İnceleme" (basılmamış doçentlik tezi, Mimarlık Fakültesi, İ.D.M.M.A.), s. 27.

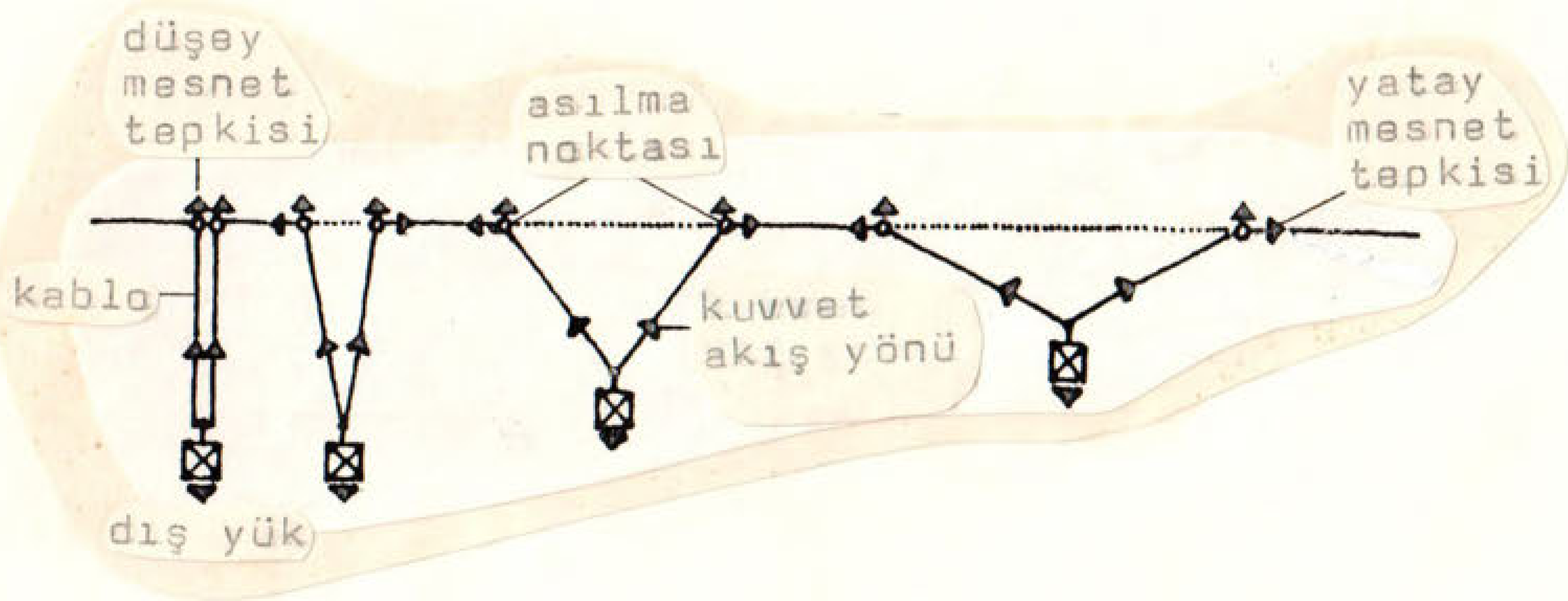
(5) Mario Salvadori ve Robert Heller, Mimarlıkta Taşıyıcı Sistem, çev. Hasan Karataş ve Bisülay Utku, İki.B., İ.T.Ü. Matbaası, 1982, s. 59,174.





Şekil 1: Kablolarla kuvvetlerin aktarılması.

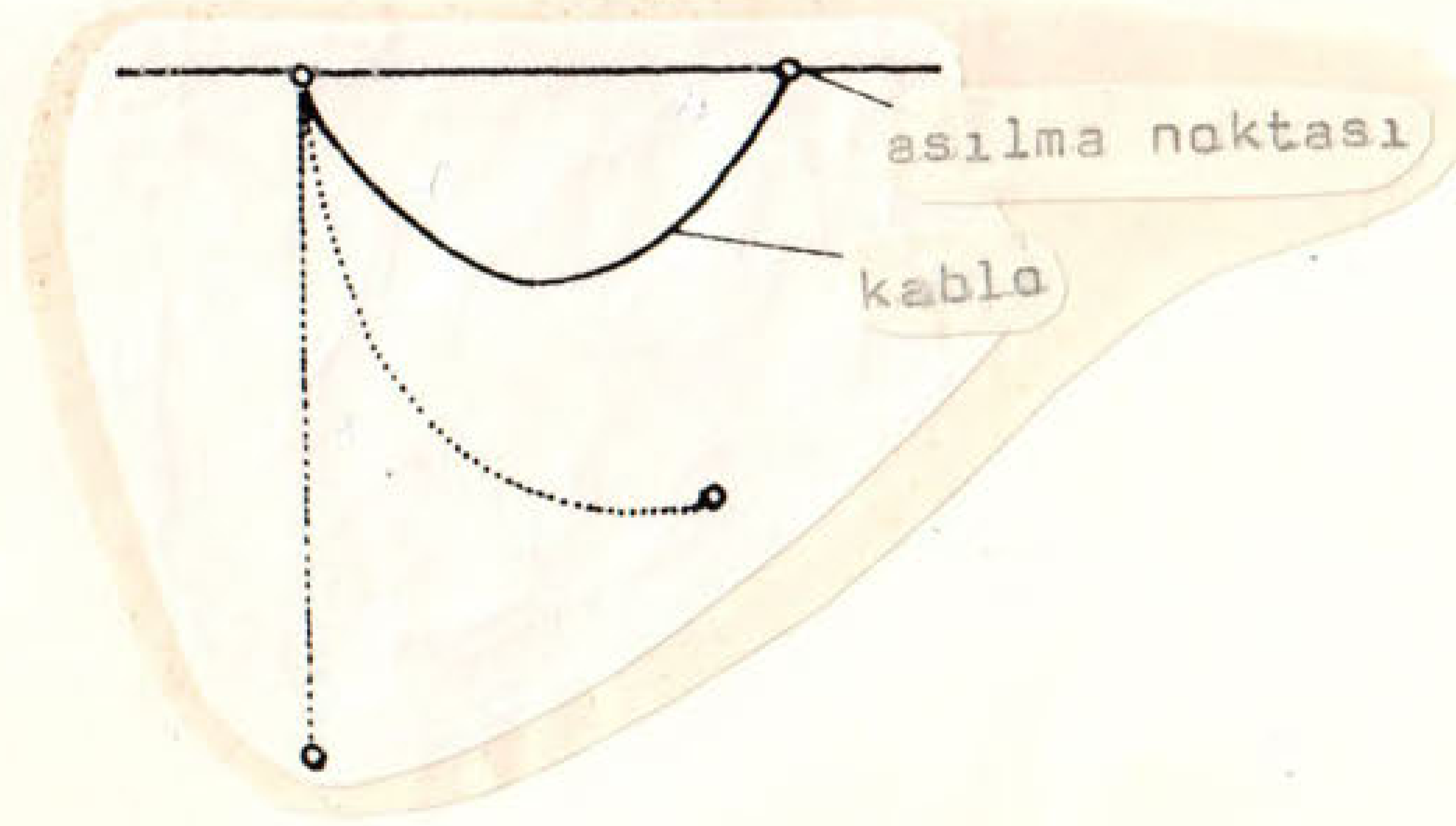
Ortasından yüklenmiş bir kablonun, her iki ucunun asıldığı noktaların birbirlerinden uzaklaştırılmasıyla elde edilen alanda yük asılı kalır. Kablo, yükü her iki yöne taşıyarak, bu alanın örtülmesini sağlar. Yükü taşıyan kablonun formu, kuvvetin akış yönünü izler (Şekil 2).



Şekil 2: Kablolarla alan örtülmesi.

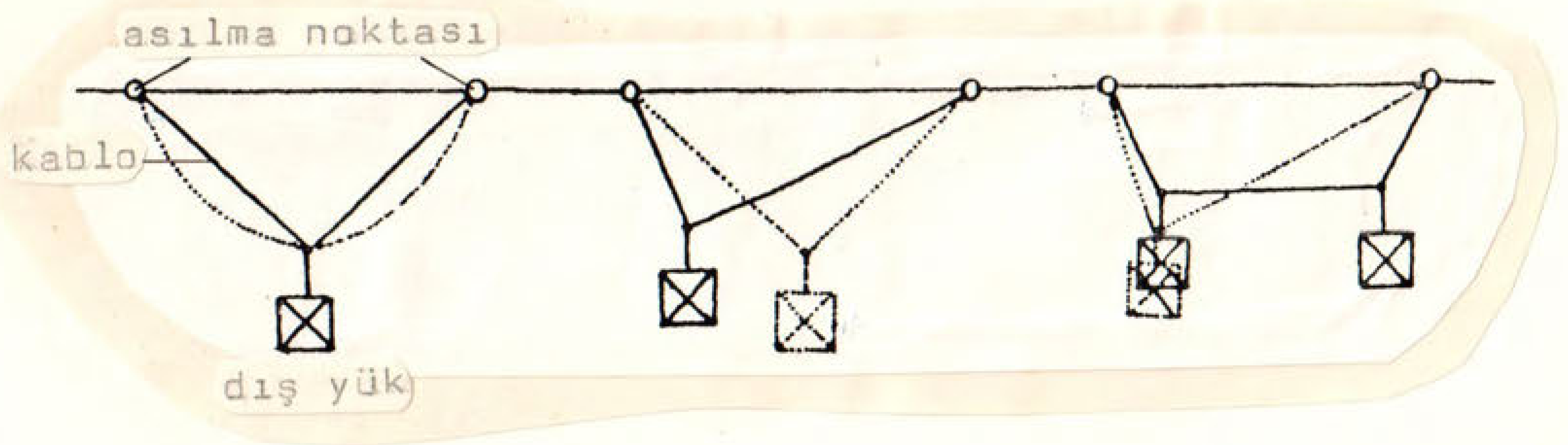
Asma-germe strüktürlerin en ideal formu, kuvvet akışına uygun olanıdır. Bu nedenle asma-germe strüktürler, kuvvet akışı formunun malzemeye dönüştüğü sistemlerdir.

Her iki ucundan kendi ağırlığı ile (doğal salınımında) asılan çelik kablo, fleksibilite özelliğinden dolayı eğrisel bir form alır (Şekil 3).



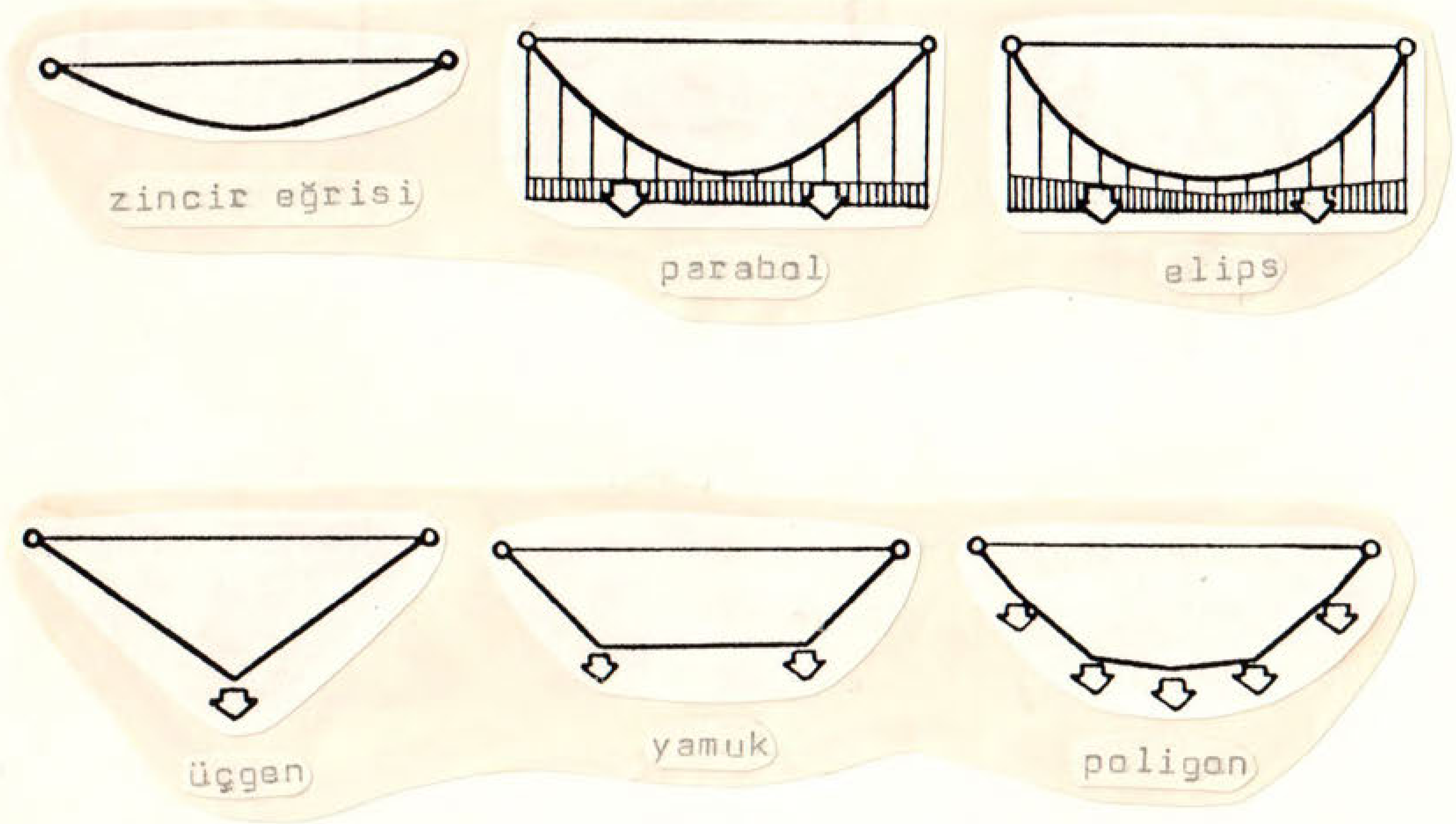
Şekil 3: Kablonun doğal salınımında, iki sabit nokta arasında asılması.

Doğal salınımında eğrisel formdaki çelik kablonun, dış yükler etkisi ile formu değişir ve doğrusal kenarlı geometrik formlar alır. Kablonun aldığı bu formlar, yükün yerine ve sayısına göre farklı değerlerde olmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: Yükleme yerine ve sayısına göre kablonun form değiştirmesi.

Çelik kabloların dış yükler etkisi altındaki en önemli özellikleri, aldıkları formların, dış yüklerin büyüklüğüne ve yayılış durumlarına göre değişmesidir. Çelik kablo, doğal salınımında "zincir eğrisi", yatayda düzgün yayılı yük etkisinde "parabol", asılma noktalarına doğru artan yük etkisinde "elips" formlarını almaktadır. Ayrıca, bir tekil yük etkisi altında "üçgen", iki tekil yük etkisi altında "yamuk" ve simetrik tekil yükler etkisi altında "poligon" formlarını almaktadır<sup>(6)</sup> (Şekil 5).



Şekil 5: Kabloların dış yükler etkisi altındaki geometrik formları.

(6) Heinrich Engel, Tragsysteme Structure Systems, 4. B., Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart, 1977, s. 27, 28, 29.

### 1.3. SINIFLANDIRMA

Asma-germe strüktürler, üstün malzeme niteliklerinden dolayı çok çeşitli türlerde elde edilebilmektedirler. Bu çeşitlilik karşısında sistem, değişik etkenlere göre yapılan sınıflandırmalar ile incelenebilmektedir.

Strüktürün örtü yüzeyinin eğriliklerine ve tabaka sayılarına göre bir sınıflandırma yapılırsa, asma-germe strüktürler aşağıdaki şekilde incelenebilirler:

- Tek eğrilikli, tek tabakalı strüktürler,
- Tek eğrilikli, çift tabakalı strüktürler,
- Aynı yönde çift eğrilikli (sinklastik), tek tabakalı strüktürler,
- Aynı yönde çift eğrilikli (sinklastik), çift tabakalı strüktürler,
- Zıt yönde çift eğrilikli (antiklastik), tek tabakalı strüktürler.

Strüktürün örtü yüzeyinin geometrik formu açısından asma-germe strüktürleri aşağıdaki şekilde sınıflandırma imkanı vardır:

- Silindirik yüzeyli strüktürler,
- Elipsoid yüzeyli strüktürler,
- Paraboloid yüzeyli strüktürler,
- Hiperbolik paraboloid yüzeyli strüktürler (7).

Esas taşıyıcı elemanlarına ilişkin yapılan genel bir sınıflandırmada asma-germe strüktürler iki grupta toplanabilirler:

- Kablolu strüktürler,
- Çadır strüktürler.

(7) Hasan Karataş, Asma Sistemler, İ.T.Ü. Matbaası, 1979, s. 19.

Asma-germe strüktürlerin sökülüp yeniden başka bir uygulama alanında kurulabilme veya sabit elemanlar arasında uygulanabilme imkanı vardır. Bu açıdan yapılacak bir sınıflandırmaya göre asma-germe strüktürler iki grupta incelenebilirler:

- Sabit elemanlar arasına asılarak gerdirilen kalıcı strüktürler,
- Sökülüp yeniden kurulabilen strüktürler.

Daha ayrıntılı olarak, esas taşıyıcı elemanlarının malzeme özellikleri, asılma-gerilme konumları ve çalışma ilkeleri gibi etkenleri gözönüne alınarak asma-germe strüktürler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilirler:

- Kablolu strüktürler,
  - Kablonun taşıyıcı fonksiyonda olduğu strüktürler,
    - Paralel kablolu strüktürler,
    - Işınsal kablolu strüktürler,
    - Kablo ağı (zıt yönde eğrilikli) strüktürler,
  - Kablonun salt gergi fonksiyonunda olduğu strüktürler (askılı strüktürler),
- Çadır strüktürler<sup>(8)</sup>.

(8) Bayülgen, s. 50,51.

#### 1.4. TARİHSEL GELİŞİMİ

İlkel halat köprüler ve çadır örtüler gibi asma-germe strüktürlerin ilk kullanılışları, tarih öncesi devirlere kadar uzanmaktadır. Bu dönemlerde, spontane olarak sarmaşık veya halatlarla yapılmış asma köprüler sayesinde, insanlar bazı engelleri aşabilmeyi başarmıştır.

Çin'de Min nehri üzerinde bambu halatlarından yapılan asma köprüde (Şekil 6) ve Peru'da halatlardan yapılmış San Luis Rey asma köprüsünde (Şekil 7), tarih öncesi devir örneklerine benzer şekilde yerel malzemelerden yararlanılmıştır<sup>(9)</sup>.



Şekil 6: Çin'de Min nehri asma köprüsü.

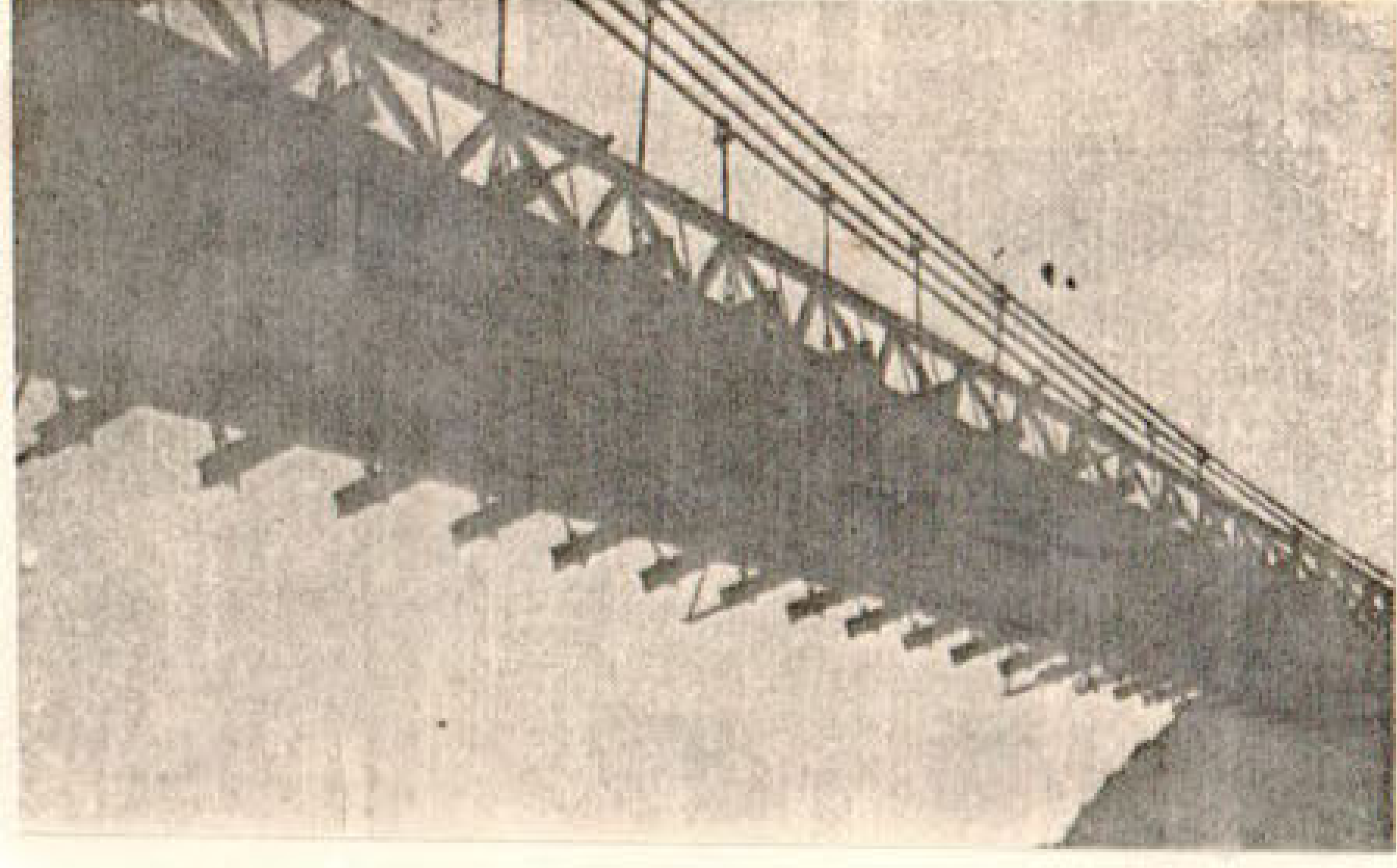


Şekil 7. Peru'da San Luis Rey asma köprüsü.

Bugünkü asma-germe strüktürlerin gelişimi, 19. yüzyılda Endüstri Devrimi ve çelik yapımı ile birlikte olmuştur. Çekmeye karşı yüksek direnç gösteren çelik kabloların üretimi ve yapı alanına girmesiyle, ilk uygulamalar büyük açıklıkları aşan köprülerde gerçekleştirilmiştir. Çelik kablo kullanılarak yapılan ilk örnek, M.Seguin'in 1824'de gerçekleştirdiği Rhone üzerindeki asma köprüsüdür<sup>(10)</sup> (Şekil 8).

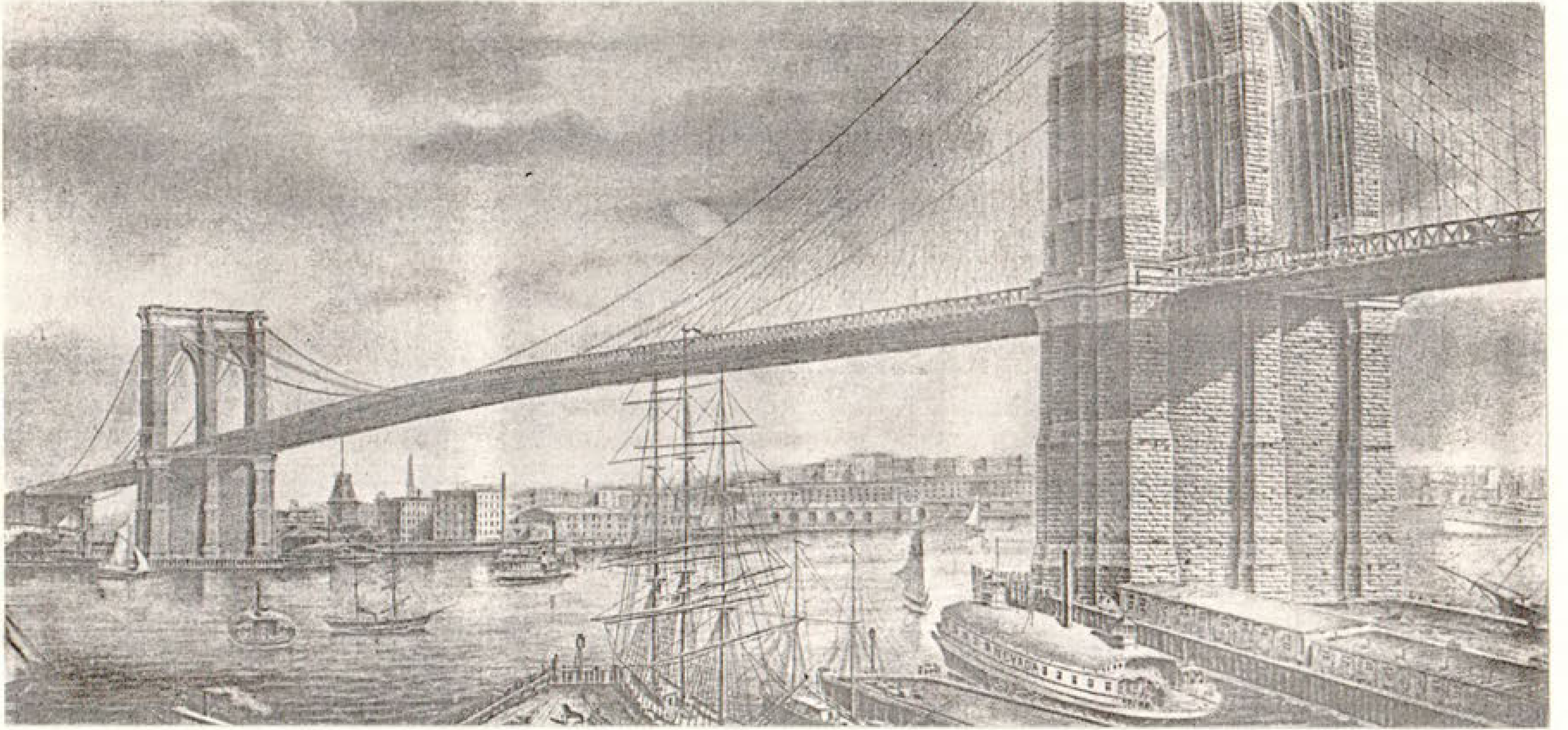
(9) Karataş, s. 4.

(10) Gökçe, Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 108.



Şekil 8: Rhone üzerindeki asma köprü.

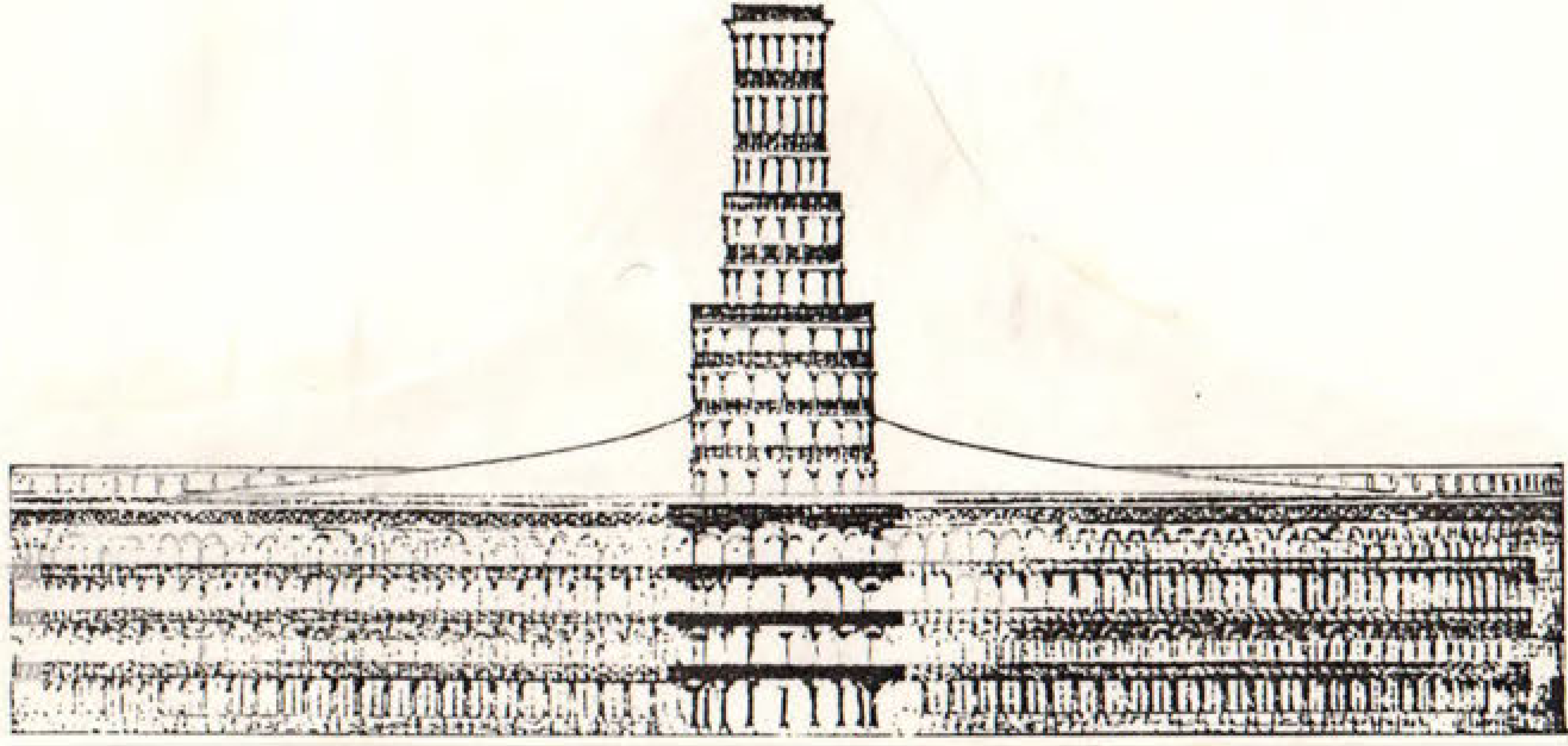
Asma köprü uygulamalarını, daha sonra A.B. Devletleri'nde 1883 yılında yapılan Brooklyn köprüsü takip etmiştir<sup>(11)</sup> (Şekil 9).



Şekil 9: A.B.D.'de Brooklyn asma köprüsü.

(11) Karataş, s. 5.

Bu strüktürlerin mimari alandaki uygulamaları, asma köprülere kıyasla daha geç başlamıştır. J. Bogardus'un 1853 uluslararası New York sergisi için hazırladığı pavyon tasarımıyla, asma-germe strüktürler mimari alana girmiş fakat uygulanamamıştır<sup>(12)</sup> (Şekil 10).



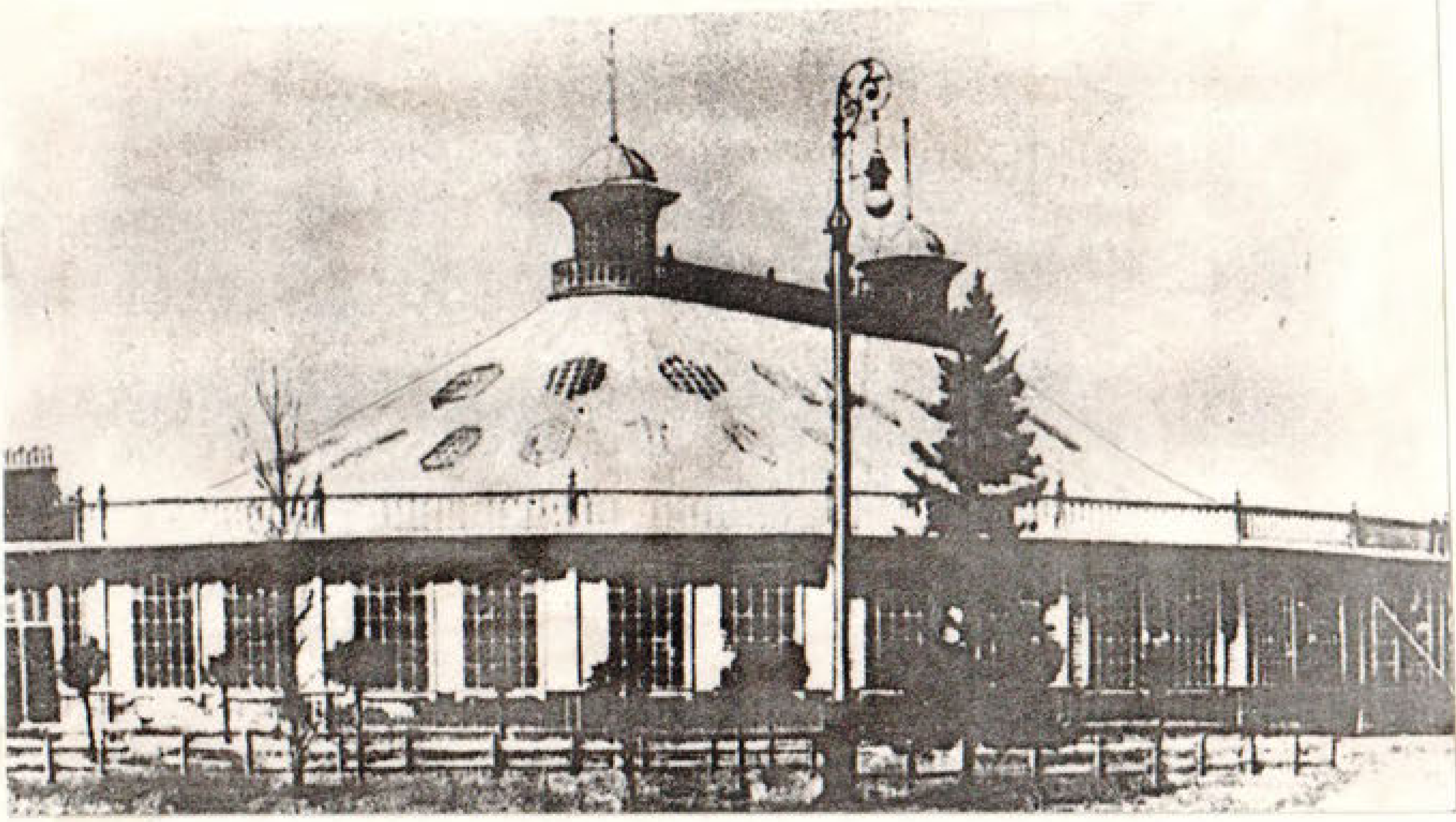
Şekil 10: New York sergisi için hazırlanan pavyon tasarımı.

1896 yılında Rusya'nın Nishni-Novgorod şehrinde V. G. Suchov tarafından uygulanan sergi pavyonu, asma-germe strüktürlerin mimari alandaki ilk uygulaması olarak kabul edilebilir<sup>(13)</sup> (Şekil 11).

(12) Gökçe, Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 108.

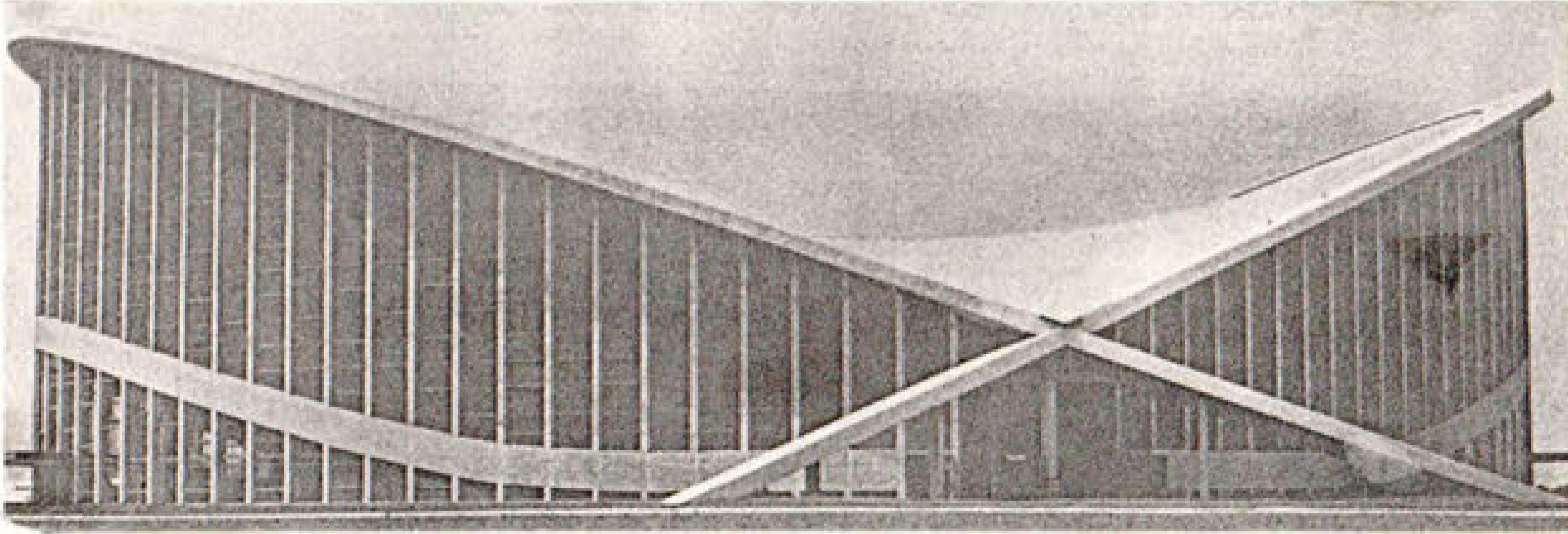
(13) University of Stuttgart, direction Frei Otto, "Nets in Nature and Technics", IL-8, Printed in Germany, 1975, s. 197.





Şekil 11: Rusya'nın Nishni-Novgorod şehrinde sergi pavyonu.

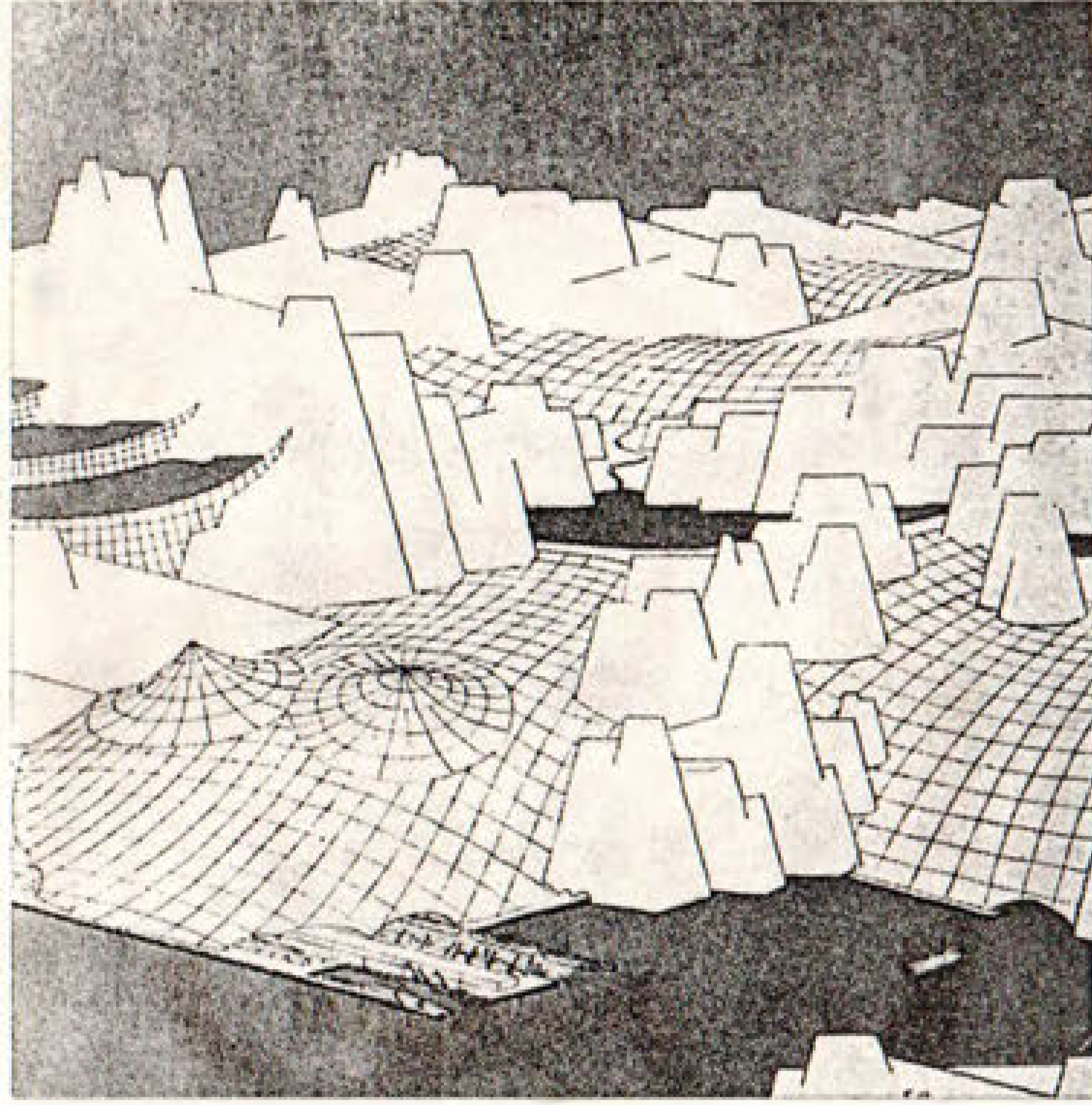
1953 yılında A.B.Devletleri'nin Kuzey Carolina eyaletindeki Raleigh arenası, asma-germe strüktürlerin büyük alanların örtülmesi için yapılan ilk önemli uygulamalarından biridir<sup>(14)</sup> (Şekil 12).



Şekil 12. A.B.D'nin Nort Carolina eyaletindeki Raleigh arenası.

(14) Karataş, s. 10.

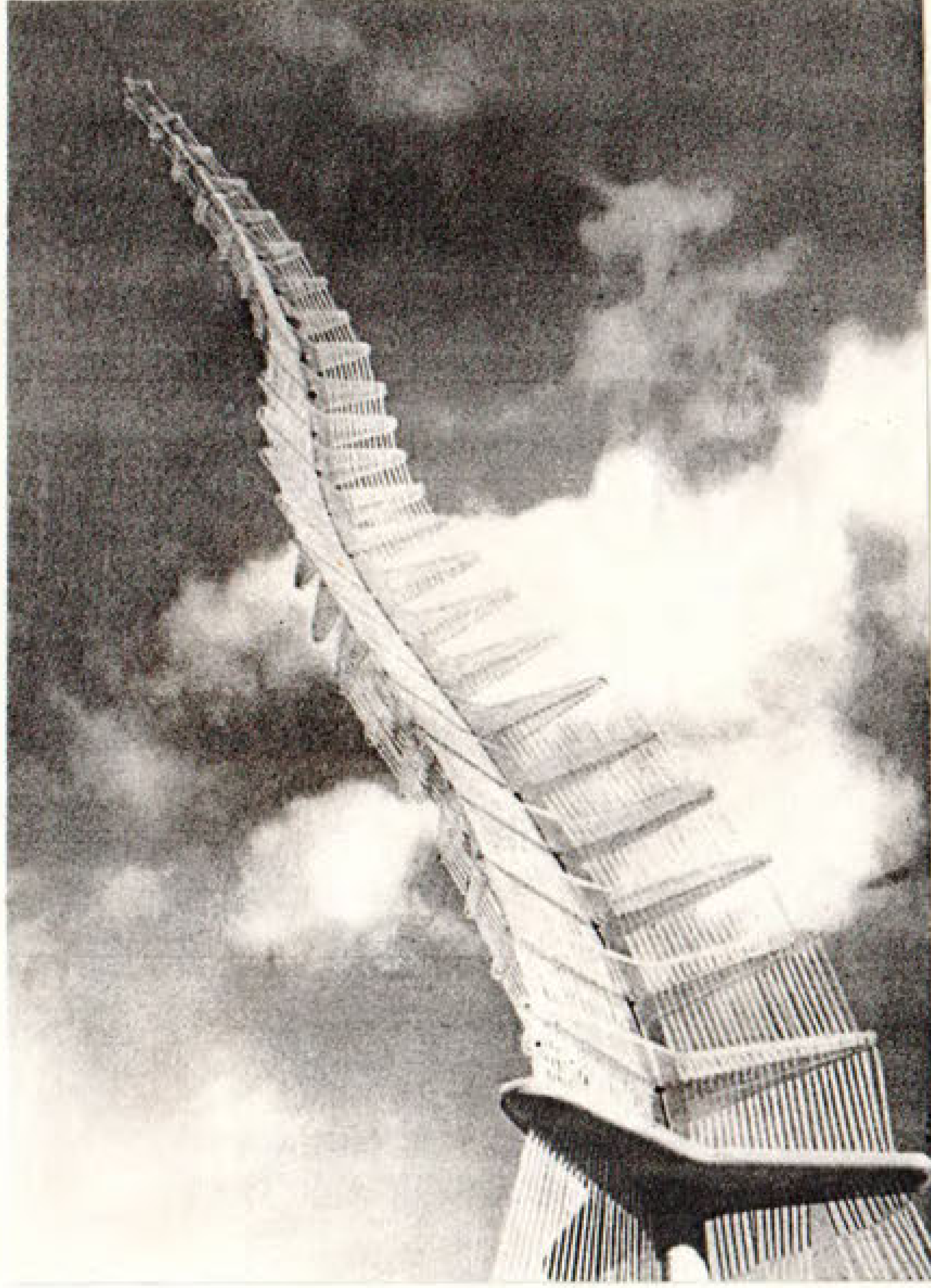
Frei Otto'nun 1953 yılında, vadiler dizisi ve liman şehri üzerine gerili çadır örtüsü tasarımı ile önerdiği, kentlerin klimatizasyonu fikri, mimarlık ve şehirciliğe yeni boyutlar kazandırmıştır (Şekil 13).



Şekil 13: Vadiler dizisi ve liman şehri üzerine gerili çadır örtü tasarımı.

Bu strüktürlerin gelişimine büyük katkısı olan Frei Otto'nun, 1963 yılında tasarladığı ve devingenlik, sonluluk, değişebilirlik, geçicilik, hafiflik, zeminden kopmama gibi özellikleri kapsayan "Omurga Strüktür" etüdü, geleceğe ait yapı tasarımında asma-germe strüktürlerin üstünlüğünü belirlemiştir<sup>(15)</sup> (Şekil 14).

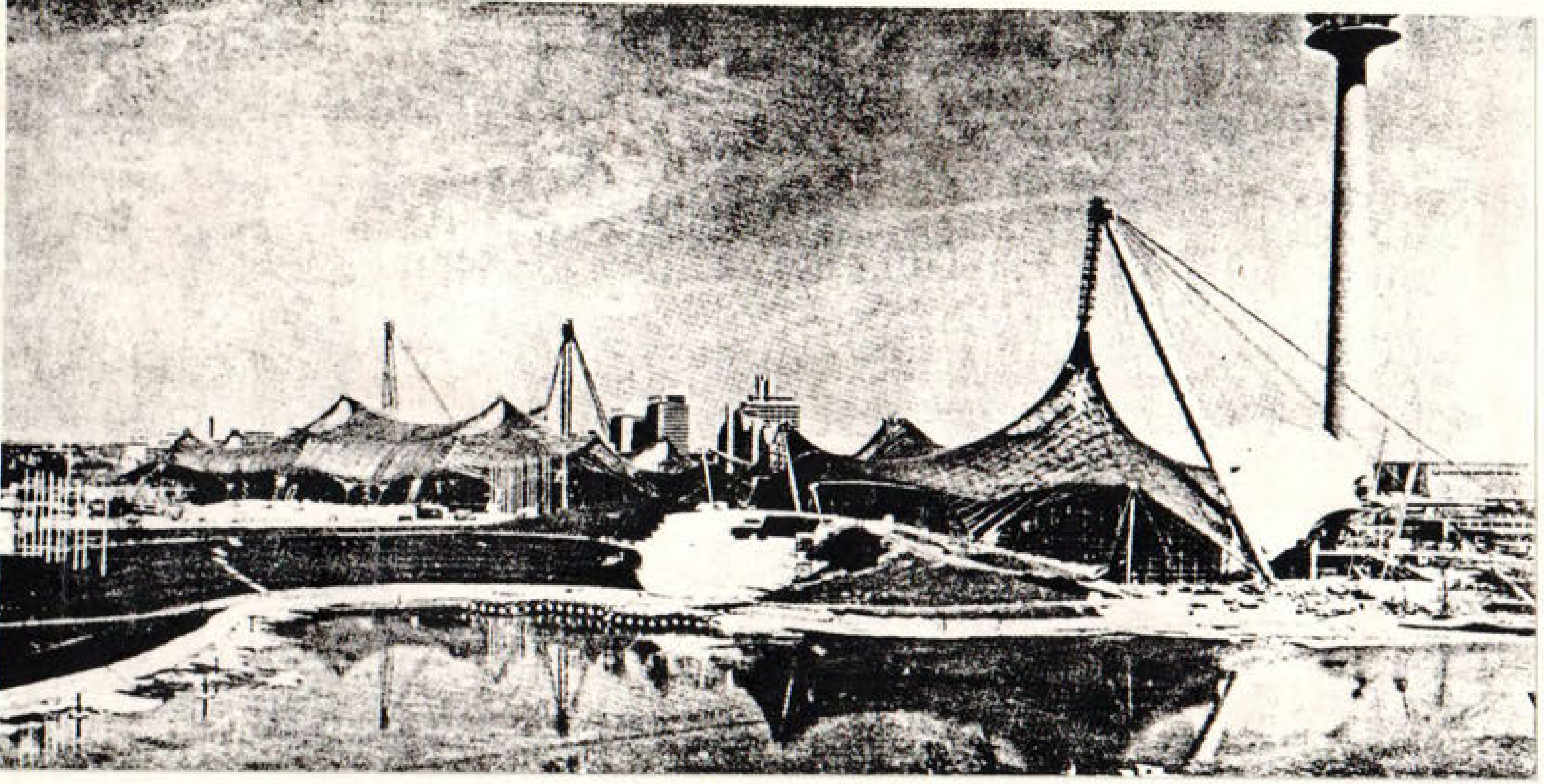
(15) Sedat Gürel, Uzay Organizasyonlarında Yeni Gelişimler, İ.T.Ü. Mim. Fak. Baskı Atelyesi, 1968, s. 94,101.



Şekil 14: Omurga-Strüktür etüdü.

1972 yılında Behnisch ve arkadaşlarınının F. Otto ile birlikte gerçekleştirdikleri Münih Olimpiyat Oyunları sitesindeki asma yapılar, kablo ağı şeklinde düzenlenen asma-germe strüktürlerin en büyük uygulamalarıdır<sup>(16)</sup> (Şekil 15).

(16) Bayülgen, s. 18.



Şekil 15: Münih Olimpiyat Oyunları sitesindeki asma yapılar.

Asma-germe strüktürler konusunda yapılan yoğun bilimsel çalışmalarla çeşitli ülkelerdeki başarılı uygulamalar, bu strüktürlerin gelişimini hızlandırmıştır<sup>(17)</sup>.

(17) Karataş, s. 10.

### 1.5. ÖNEMİ

Çağdaş gelişme ve teknolojinin beraberinde getirdiği çağdaş strüktürlerden biri olan asma-germe strüktürlere, mimari, strüktürel, ekonomik üstünlüklerinden dolayı duyulan ihtiyaç ve ilgi, bu strüktürleri önemli kılmaktadır.

Eğilme direnci çok küçük olan çelik kabloların, eğri formlarının kazandırdığı strüktürel üstünlüklerle beraber yalnız çekme etkisinde bulunmaları nedeniyle, büyük açıklıkları ara mesnet gerektirmeden örtebilmeleri, asma-germe strüktürlerin en önemli özellikleridir.

Geleneksel çelik sistemlerden 10 kez, dolu gövdeli iskelet sistemlerden 100 kez daha hafif olan bu strüktürler, hafiflik açısından büyük bir etkinlik oranı getirmişlerdir.

Esas çekme elemanları çelik kablo ve çadır örtüsünde, burkulma tehlikesinin olmamasından dolayı kesit ölçülerinin çok küçük çıkması nedeniyle, asma-germe strüktürler ekonomik çözümlere imkan sağlamaktadır. Bu ekonomi, yardımcı elemanların oluşturulmasında da önemli oranda gerçekleştirilmektedir.

Yüksek dirençli çelik kabloların mukavemeti, geleneksel çelik sistemlerin mukavemetinin altı katına yakın olduğu halde fiatlarının geleneksel çelik sistemlerin iki katı dolayında olması ve geleneksel taşıyıcı sistemlerin tersine, asma-germe strüktürlerde açıklık arttıkça maliyetin düşmesi, bu strüktürlerin ekonomik üstünlüklerindedir<sup>(18)</sup>.

Çok kısa sürede kurulabilmeleri, gerektiğinde sökülerek başka bir alanda tekrar kurulma imkanına sahip olmaları, kuruluşları gereği kalıp ve iskelenin yok denecek kadar az kullanılması, asma-germe strüktürlerin tercih edilmesine neden olan etkenlerdendir.

(18) Karataş, s. 1.

Asma-germe strüktürlerle örtülebilecek mekan formlarının ve yapı niteliklerinin çeşitliliği, mimari anlatıma artan imkanlar vermektedir. Uygulama türlerindeki bu denli çeşitlilik, malzeme özelliklerinin sağladığı uzaysal düzenlenişler, tüm geometrik ve serbest planlamalara uyabilen yeni bir güzellik olgusunu ortaya koymaktadır.

Bütün bunlara karşılık, hafiflikleri ve eğilme dirençlerinin çok az olması sonucu asimetric kuvvetler karşısında büyük yer değiştirmeler yapabilmeleri, bazı yardımcı elemanlarının yapım zorlukları, çelik kabloların korozyondan etkilenmeleri asma-germe strüktürlerin ekonomik ve strüktürel üstünlüklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Olumsuz yönlerinin ekonomiye olan etkisini azaltmak için, bu strüktürlerin belirli açıklıklardan küçük yerlerde uygulanmaması önerilmektedir<sup>(19)</sup>.

---

(19) Bayülgen, s. 6, 7, 92.

## II. ZIT YÖNDE EĞRİLİKLİ KABLO AĞI STRÜKTÜRLER

### 2.1. TANIMI

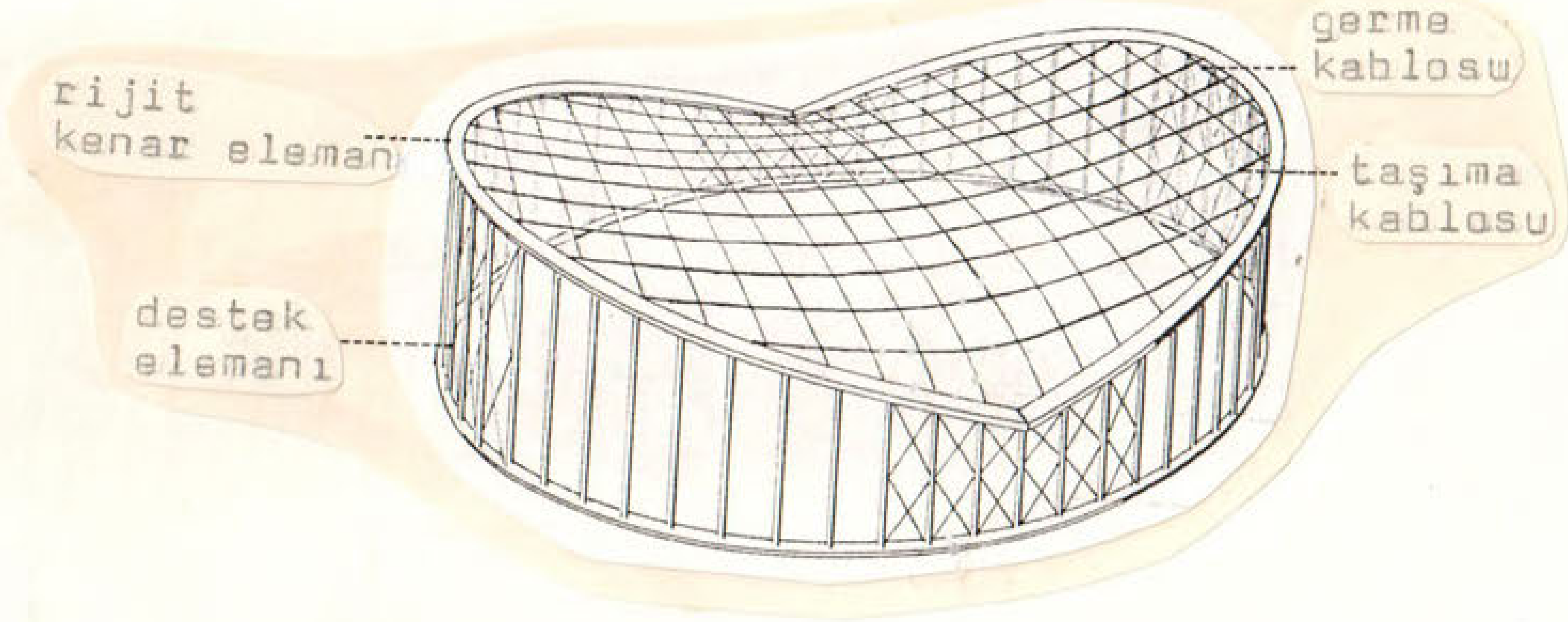
Taşıyıcı çelik kabloların değişik konumlarda asılmaları ile sistemlerin stabilitelerinin sağlanmasında çeşitli çözümlerin ortaya çıkması, bu çözümlerin değişik form ve niteliklerde yardımcı elemanlar gerektirmesi, asma-germe strüktürlerin bir grubunun zıt yönde eğrilikli kablo ağı şeklinde düzenlenmesine imkan vermektedir.

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı şeklinde düzenlenen asma-germe strüktürler, temel elemanları çelik kabloların sabit noktalar arasında bir ağı şeklinde asılarak gerilmesi ile oluşmaktadır. Sistem, çekmeye çalışan fleksibl taşıma ve germe kablolarıyla, çoğunlukla basınca çalışan rijit, özel hallerde ise bazan çekmeye çalışan fleksibl kenar elemanlarla gene basınca çalışan rijit destek ve askı elemanlarıyla kurulmaktadır<sup>(20)</sup>.

Taşıma ve germe kablolarının, genellikle birbirlerini dik doğrultularda keserek, kenar elemanı denen; yapıyı çevreleyen, değişik eğriliklerde, rijit veya fleksibl elemanlara bağlanmasıyla elde edilen bu strüktürler, kenar elemanların niteliklerine göre çeşitli türde olabilmektedirler.

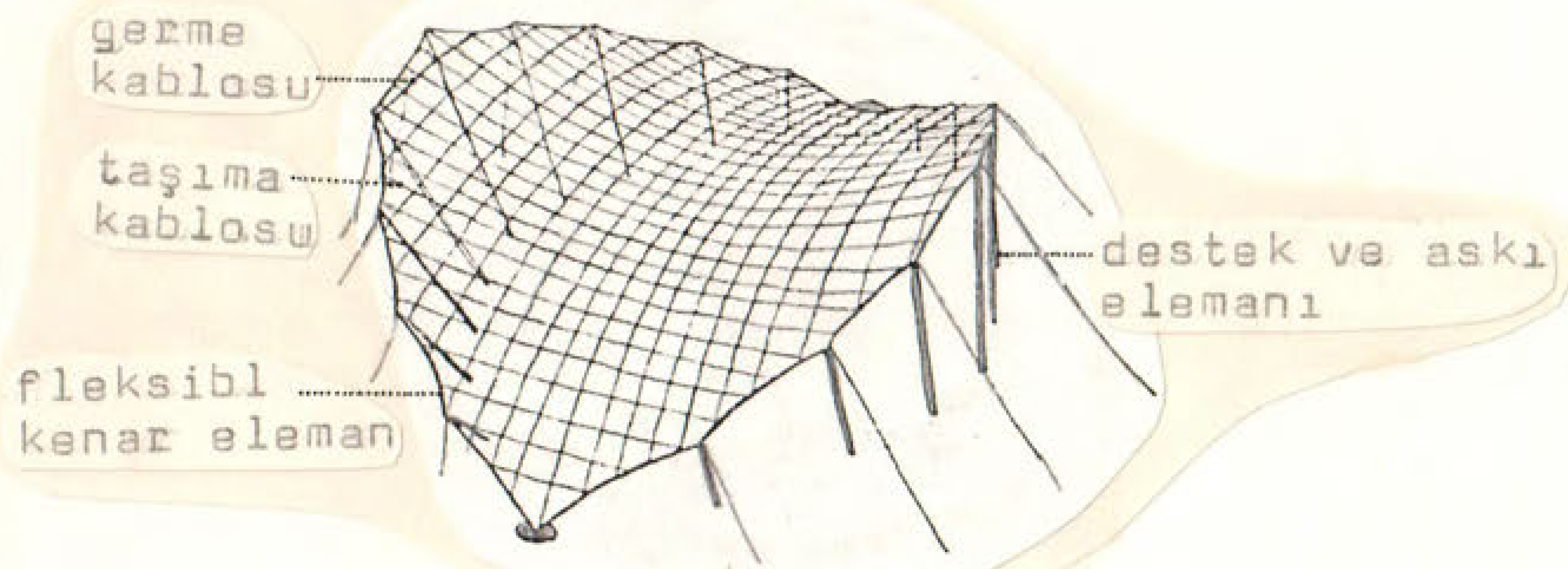
Perdeler, kirişler ve kemerler gibi rijit kenar elemanlara asılarak bağlanan taşıma ve germe kabloları ile elde edilen zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürler, genellikle uzun süreli kullanılan kalıcı sistemlerdir. Bu tür sistemlerde kabloların mesnet noktaları, rijit kenar elemanlardır (Şekil 16).

(20) Gökçe, Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 111.



Şekil 16: Rijit kenar elemanlı, zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktür.

Fleksibl kenar elemanlar arasında düzenlenen taşıma ve germe kabloları ile elde edilen zıt yönde eğrilikli kablo ağı, bazı noktalarından desteklenerek, asılarak ve zemine ankre edilerek oluşturulmaktadır. Bu tür strüktürlerin gerektiğinde sökülüp yeniden kurulabilme özelliği vardır<sup>(21)</sup> (Şekil 17).



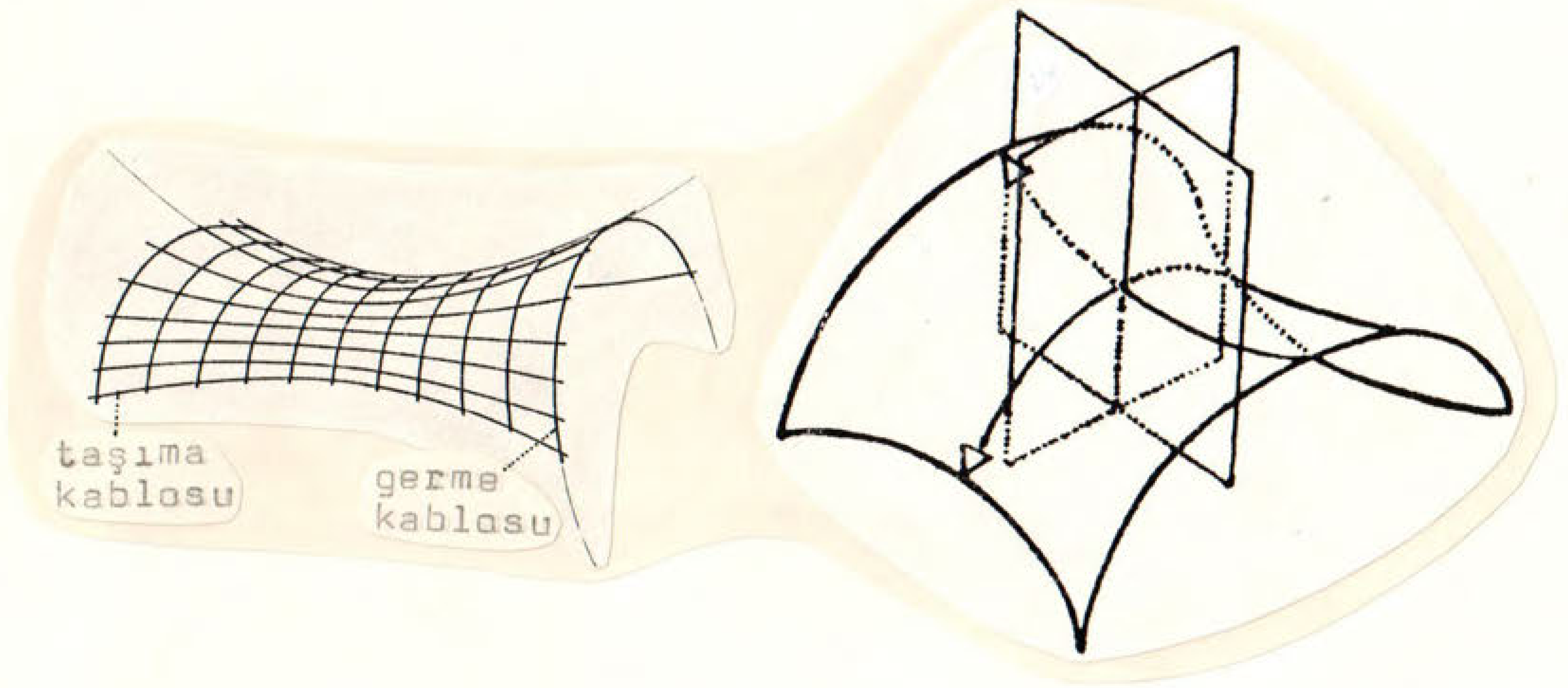
Şekil 17: Fleksibl kenar elemanlı, zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktür.

(21) Orhan Günsoy, Muzaffer Kendik ve Kemalettin Anıl, Asma Sistemler, İ.D.G.S.A. Matbaası, 1979, s. 87,90.



Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerin en önemli özelliği, sisteme gerekli rijitliği kazandırmak ve stabiliteyi sağlamak için, geçici yüklere gerek kalmaksızın, taşıma ve germe kablolarının, kesişme noktalarında birbirlerine dayandırılması suretiyle sisteme öngerilme verilebilmesidir. Bundan dolayı, zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerde, rijit örtü kaplamalarına veya ölü yüklere gerek kalmamaktadır<sup>(22)</sup>.

Birbirleri ile zıt yönlü çift eğrilikte kesişerek üniform ağ meydana getiren tüm taşıma ve germe kabloları, "antiklastik" hiperbolik paraboloid bir yüzey formunda düzenlenmektedirler<sup>(23)</sup>. Strüktürdeki bu form, sisteme etki eden kuvvetlere bağlı olarak meydana çıkmaktadır. Böylece zıt yönde çift eğrilikte bükülen örtü yüzeyi, yağış sularından kolaylıkla arınma imkanı kazanmaktadır (Şekil 18).



Şekil 18: Örtü yüzeyinin zıt yönde çift eğrilikte bükülmesi.

(22) ASCE Committee Report, Çev. Müfit Yorulmaz, s. 6.

(23) Gökçe, Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 111.

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürler, gelişmiş malzeme nitelikleri ile tüm geometrik ve serbest planlamalara uyabilmekte, tasarımcılara çok çeşitli formlar yaratma imkanı vermektedirler<sup>(24)</sup>.

Çelik kablolardan oluşan bu sistemler, çağdaş strüktürler arasında en hafif örtüyle en büyük alanların örtülmesi konusunda yetkin strüktürler olarak yer almaktadırlar. Sistemin bu üstünlükleriyle beraber çevreye uyumu ve sınırsız büyütülebilmeleri nedeniyle mimariye yeni boyutlar kazandırılmıştır<sup>(25)</sup>.

Bu strüktürlerin kuruluşuna, kenar elemanlarını, ankraj elemanlarını, destek ve askı elemanlarını kapsayan kablo mesnetlerinin düzenlenmesiyle başlanmaktadır. Daha sonra taşıma ve germe kabloları yerleştirilerek yerleri ayarlanmakta ve ağa, germe kablolarına çekme kuvveti uygulanarak öngerilme verilmektedir. Kullanılan çelik kablolar, ankraj, destek ve askı elemanlarıyla kenar elemanlar her yapı için ayrı ayrı projelendirilmektedir. Çelik kablolar devamlı laboratuvar deneyleriyle, zemin bağlantı yerleri çekme deneyleriyle kontrol edilmektedir. Bu strüktürler modeller üzerinde deneyler yapıldıktan sonra uygulanmaktadır<sup>(26)</sup>.

Hafif ve fleksibl yapılar adı altında gelişen bu yeni strüktürler, çok ayrıntılı bir tasarım, çözümlenme ve üretim çabası ile üst düzeyde, kusursuz malzeme kullanımı gerektirmektedirler. Bu nedenlerden ve kurulmada ortaya çıkan zorluklardan dolayı sistem, standart ve seri üretime dönük değildir<sup>(27)</sup>.

(24) Karataş, s. 28.

(25) Metin Ülgüray, "Prefabrike (Önüretimli) Plastik Yapılar," Yapı Endüstri Merkezi Dergisi, İstanbul, Sayı 61, 1985, s. 62.

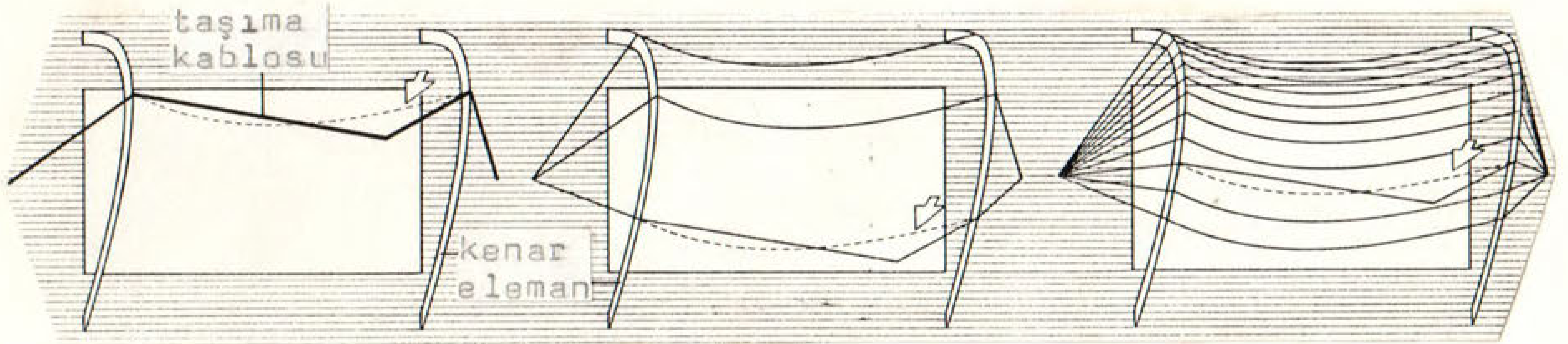
(26) ASCE Committee Report, Çev. Müfit Yorulmaz, s. 37, 38.

(27) Ülgüray, Yapı Endüstri Merkezi Dergisi, İstanbul, Sayı 61, 1985, s. 62.

## 2.2. ÇALIŞMA İLKELERİ

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürler, yer çekimine bağlı düşey yüklerin etkisi ile çalışan "taşıma kablosu"nun, bunun dışında gelecek olan ve sistemde "dalgalanma" doğurabilecek asimetrik kuvvetlere karşı çalışarak stabiliteyi sağlayan zıt yöndeki "germe kablosu" ile gerilmesi ilkesine göre düzenlenmektedir. Burada her iki tür kablonun da yalnız çekmeye maruz bulunmaları gerekmektedir<sup>(28)</sup>.

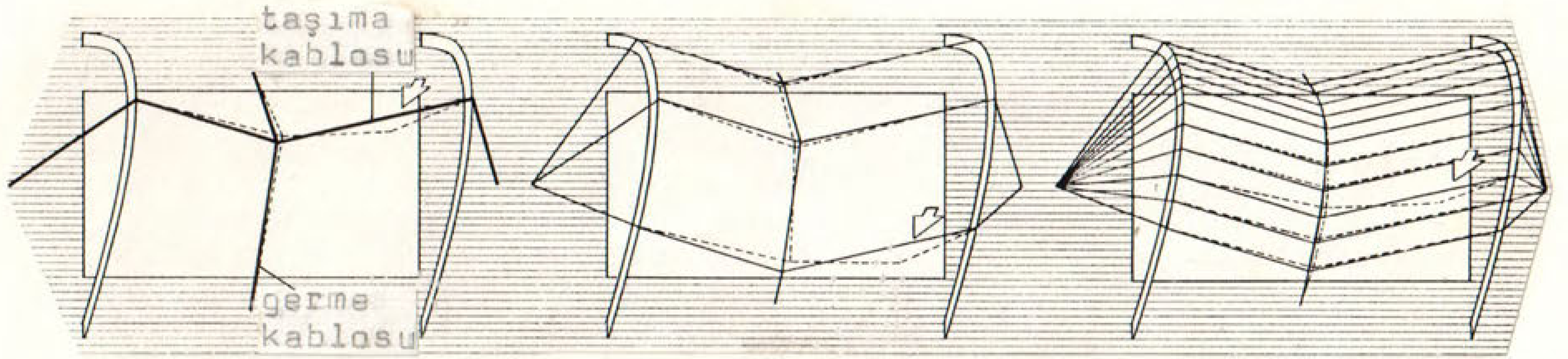
Kenar elemanlar arasına, hiperbolik paraboloid formda, "anti-klastik" bir yüzey oluşturacak şekilde paralel sıralar halinde asılan taşıma kabloları, eğilmeye karşı dirençlerinin az olması nedeniyle, tekil yük altında büyük yer değiştirmeler gösterirler (Şekil 19).



Şekil 19: Tekil yük etkisindeki taşıma kabloları.

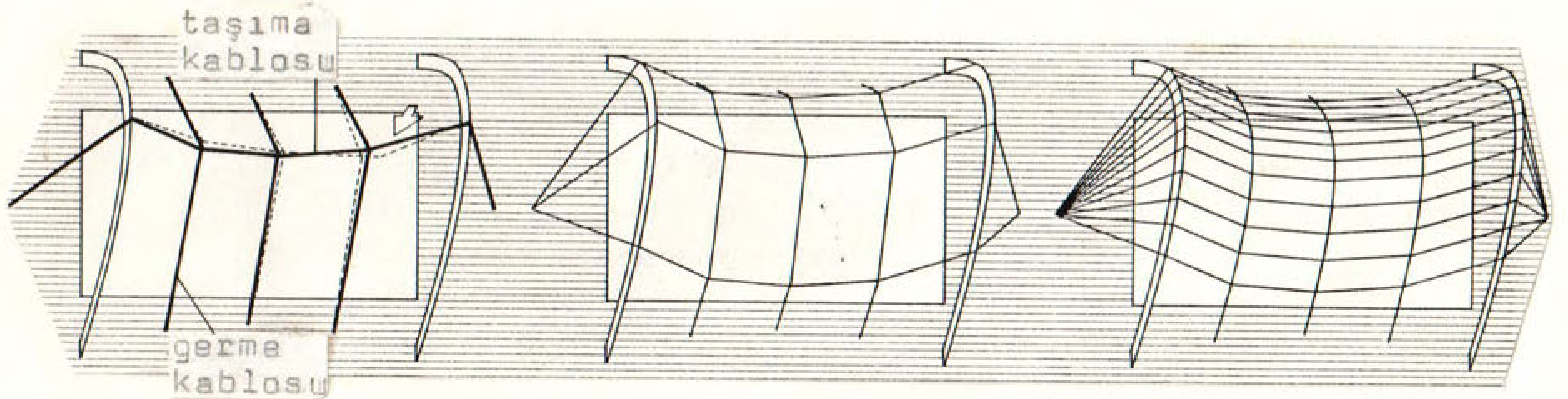
Taşıma kablolarına kesişme noktalarında dayandırılan zıt yönde bir germe kablosu, taşıma kablolarını gererek yer değiştirmeleri azaltır ve kabloları rijitlik kazandırır. Böylece her iki doğrultudaki kabloların tek yük altında çekmeye çalışması sağlanmış olur. (Şekil 20).

(28) Günsoy, Kendik ve Anıl, s. 87.



Şekil 20: Taşıma kablolarının germe kablosu ile gerilmesi.

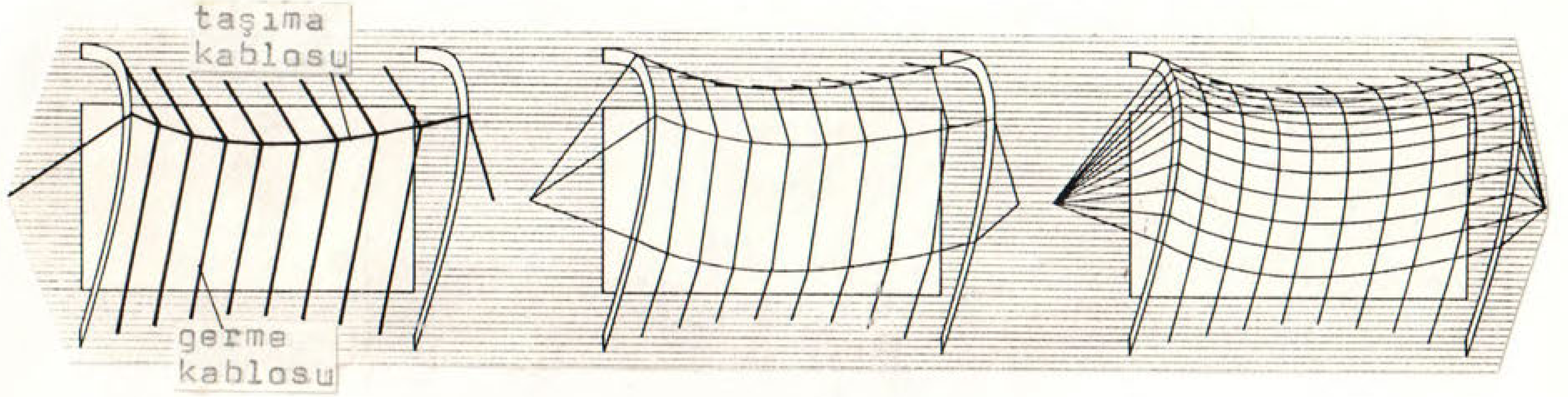
Taşıma kablolarının tekilyüklere karşı daha fazla direnç gösterebilmeleri ve stabilitelerinin sağlanabilmesi amacıyla, germe kabloları arttırılır (Şekil 21).



Şekil 21: Germe kablolarının arttırılması.

Böylece, hiperbolik paraboloid, "antiklastik" bir yüzey oluşturacak şekilde bükülen karşılıklı kablolar, ortak bir direnç göstermek suretiyle, form bozulmalarını önlemektedir. Bunun sonucunda sistemin stabilite koşulları yerine gelmektedir<sup>(29)</sup> (Şekil 22).

(29) Engel, s. 41.



Şekil 22: Taşıma ve germe kablolarının ortak direnci ile stabilitenin sağlanması.

Strüktüre etki eden yükler altında, kablo kuvvetleri ile kenar elemanlar, statik bakımdan kapalı bir sistem oluşturmaktadır. Rijit kenar elemanlı strüktürlerde yükler, çekmeye çalışan taşıma ve germe kabloları tarafından asılma noktalarıyla kenar elemanlara iletilir. Rijit kenar elemanlar da çoğunlukla basınca çalışarak bu yükleri mesnet noktalarına ve oradan zemine iletirler. Fleksibl kenar elemanlarla düzenlenen strüktürlerde, taşıma ve germe kabloları, yüklendikleri kuvvetleri çekmeye çalışarak fleksibl kenar elemanlara, bu elemanlar da çekmeye çalışarak yükleri basınç çubukları ve ankraj noktaları ile zemine iletirler (Şekil 23).



Şekil 23: Sistemdeki kuvvetlerin zemine aktarılması.

Germe kabloları, emme rüzgar kuvvetleri şeklinde, sistemde meydana gelen asimetrik yükleri bir balon gibi şişerek almaktadır. Rüzgar ve hareketli yükler karşısında stabiliteyi sağlamak amacıyla, kabloları verilen öngerilmeye ilave olarak sistemin rijit kenar elemanları boyunca da mesnetlenmesi veya tesbit edilmesi gerekmektedir<sup>(30)</sup> (Şekil 24).



Şekil 24: Sistemin stabilitesi için mesnetlenmesi veya tesbit edilmesi.

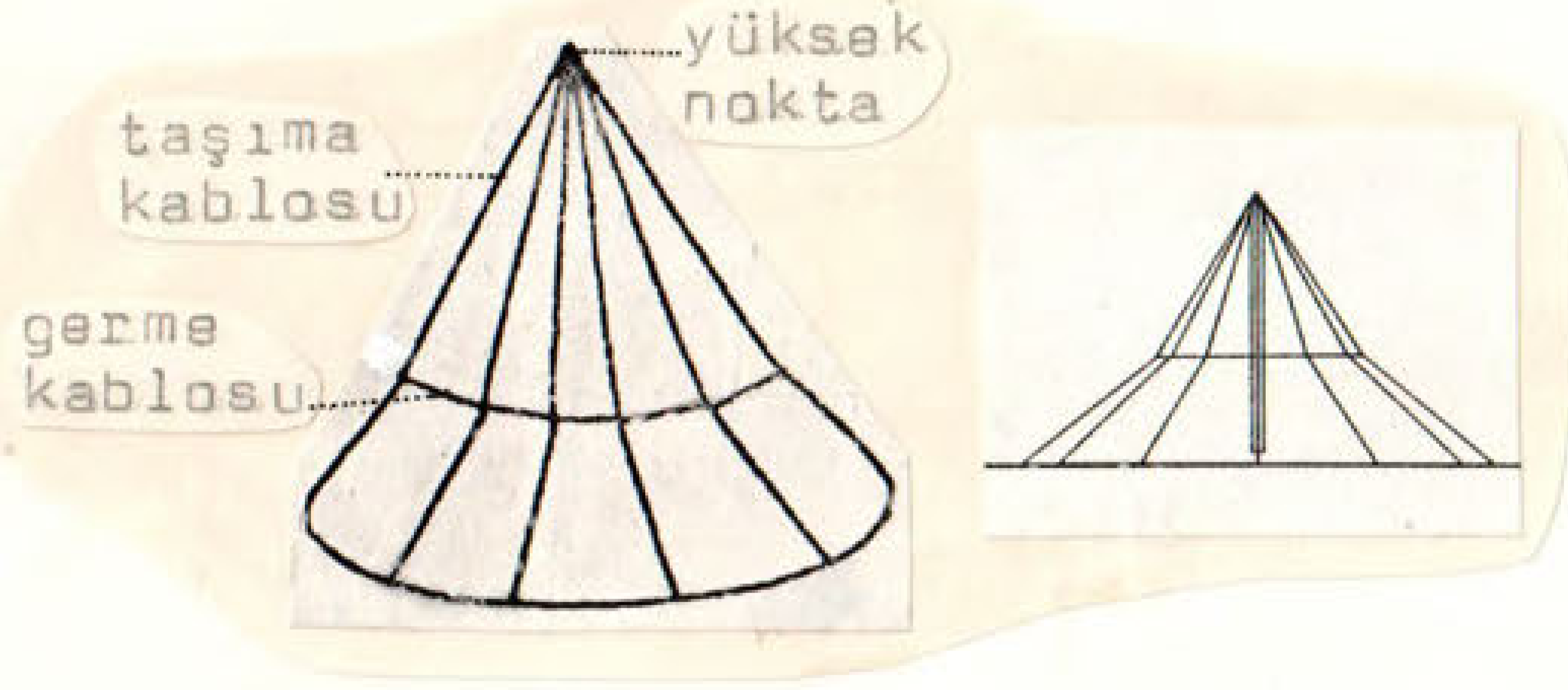
Yüksek bir noktadan "konik" yüzey oluşturacak şekilde (ışın-sal) dağılan taşıma kabloları, değişik yükler altında büyük yer değiştirmeler gösterebilirler (Şekil 25).



Şekil 25: Yüksek bir noktadan ışın-sal olarak dağılan taşıma kabloları.

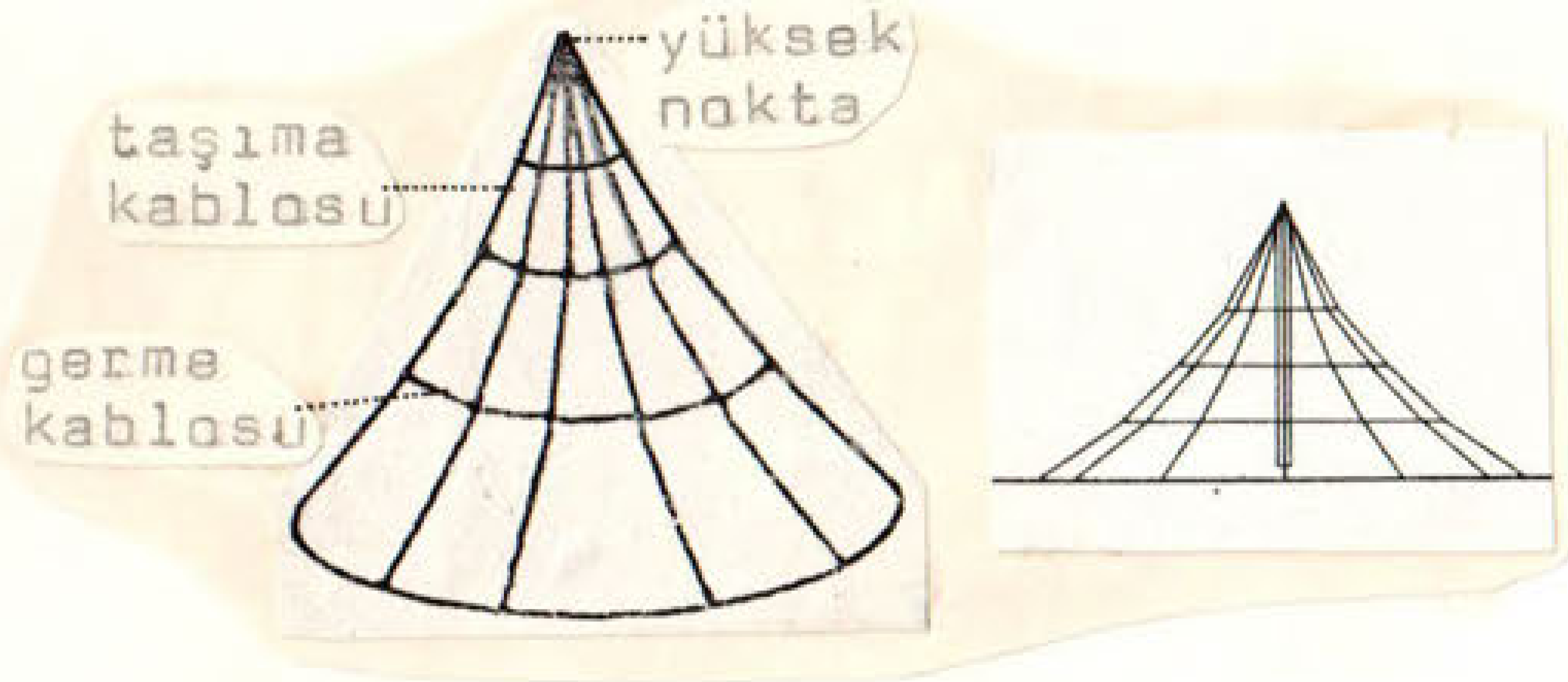
Yüksek noktadan dağılan taşıma kablolarına dayandırılan yere tesbit edilmiş zıt yönde bir "çember" germe kablosu, taşıma kablolarını gererek, kabloları rijitlik kazandırır (Şekil 26).

(30) Günsoy, Kendik ve Anıl, s. 87, 88, 90.



Şekil 26: Taşıma kablolarının germe kablosu ile gerilmesi.

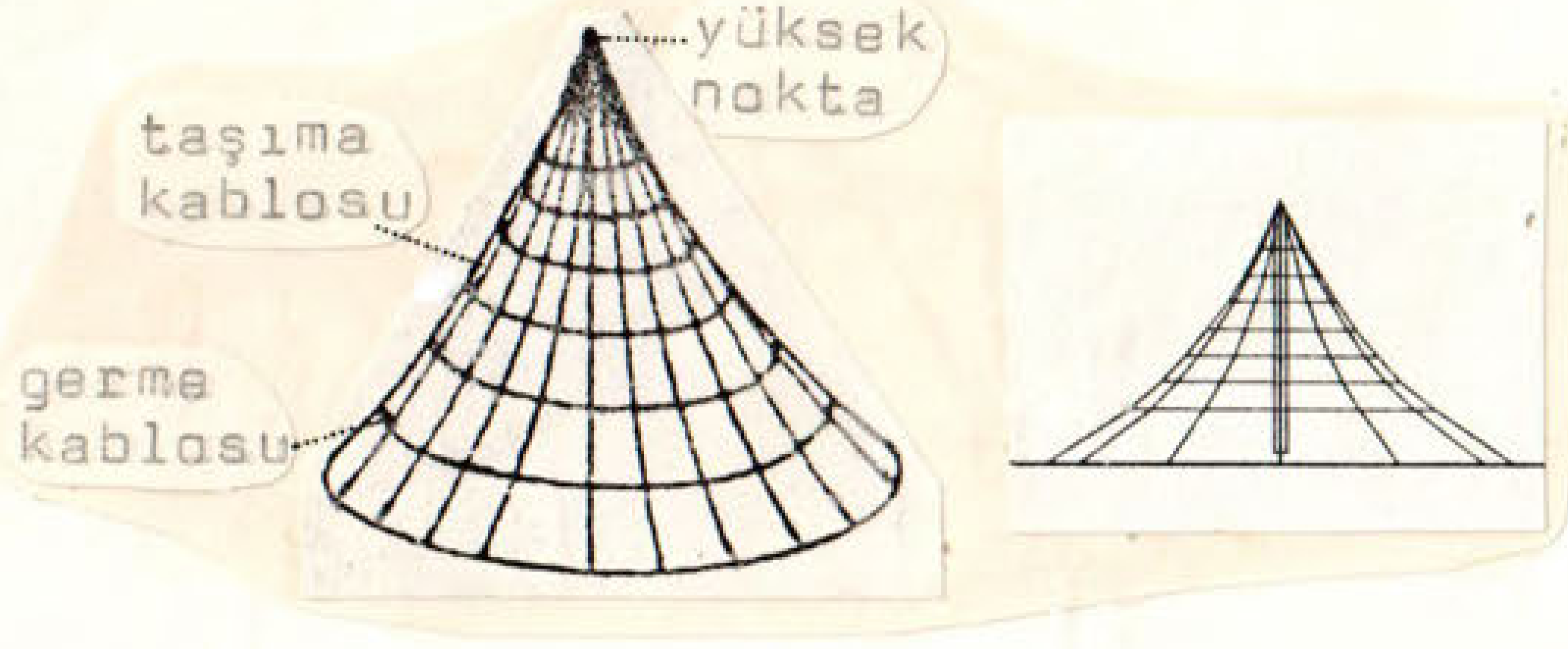
Yüksek bir noktaya asılmış taşıma kablolarının yüklere daha fazla direnç gösterebilmeleri ve asimetric kuvvetlere karşı sistemin stabilitesinin sağlanabilmesi amacıyla, çember germe kabloları arttırılır (Şekil 27).



Şekil 27: Germe kablolarının arttırılması.

Böylece yüksek bir noktadan dağılan taşıma kabloları ile bu kabloları geren zıt yöndeki germe kabloları, ortak bir direnç göstermek suretiyle biçim bozulmalarını önlemektedirler. Bu-

nun sonucunda sistemin stabilitesi için gerekli koşullar yerine getirilmiş olur<sup>(31)</sup> (Şekil 28).



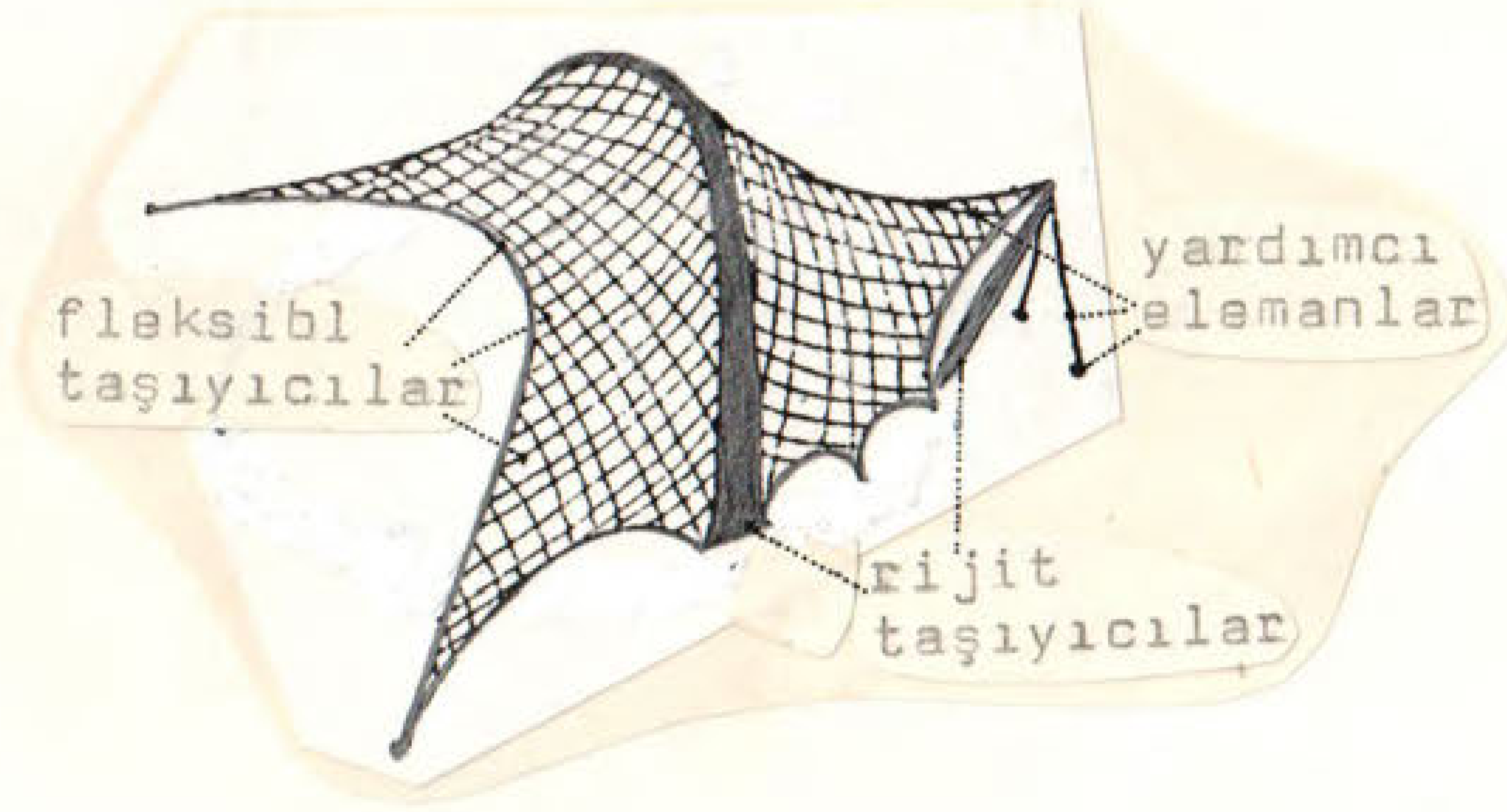
Şekil 28: Taşıma ve germe kablolarının ortak direnci ile stabilitenin sağlanması.

(31) Conrad Roland, Frei Otto: Structures, London, 1970, s. 63.



### 2.3. STRÜKTÜR ELEMANLARI

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerin kuruluşu, taşıyıcı olup çoğunlukla basınca veya çekmeye çalışan elemanlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Strüktür elemanları, çalışma ilkeleri yönünden "fleksibl taşıyıcılar (kablolar)" ve "rijit taşıyıcılar" şeklinde gruplanabildiği gibi bu elemanların düzenlenmesini sağlayan "yardımcı elemanlar" da strüktür elemanı olarak görev almaktadır (Şekil 29).



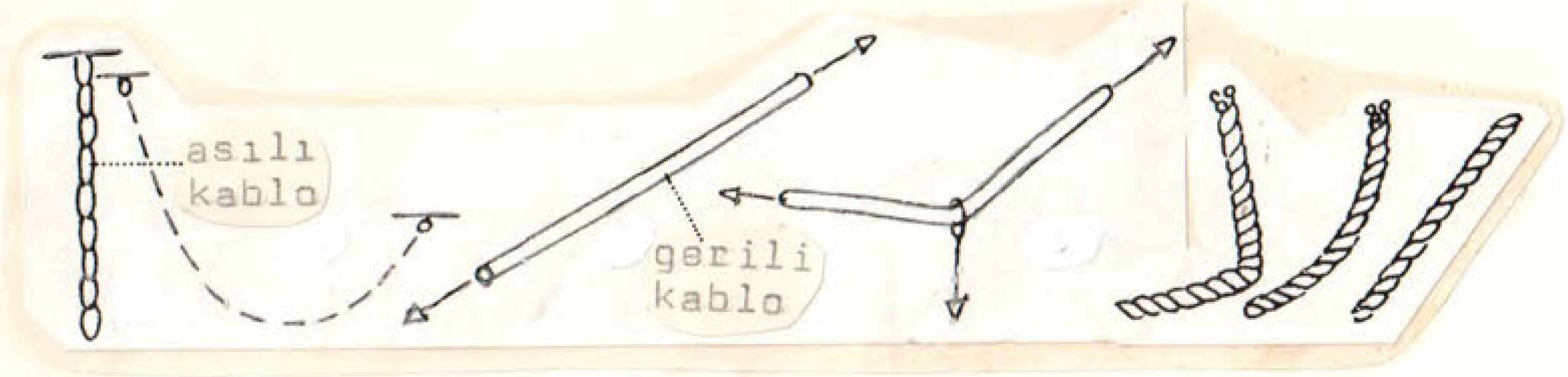
Şekil 29: Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktür elemanları.

Kuruluş ilkeleri doğadan kaynaklanan bu sistemleri meydana getiren strüktür elemanları, malzeme özellikleri ve çalışma ilkeleri açısından, yaşayan doğadaki örnekleri, örümcek ağları ile ilişkili olarak da incelenebilmektedirler.

#### 2.3.1. Fleksibl Taşıyıcılar (Kablolar)

Taşıyıcı eleman "kablo", fleksibl (bükülebilir) ve çekme kuvvetlerini alabilen bir eleman olarak tanımlanabilir (Şekil 30). Bundan dolayı kablo malzemesinde aranan en önemli özellik, küçük bir yoğunluğun yanında büyük bir çekme dayanıklılığıdır.

Kablo ağı strüktürlerde kullanılan kablo elemanları çoğunlukla çelik kablolardır<sup>(32)</sup>.



Şekil 30: Kablo elemanı.

Çelik kabloların yapımında, sıcak olarak haddeden geçirilen yüksek derecede karbonlu çelik çubukların soğuk olarak çekilmesiyle elde edilen teller kullanılmaktadır. Korozyona karşı korunmaları için çinko ile kaplanan (galvanize edilen) bu teller, daha sonra gruplama makinalarında makaralara sarılırlar. Galvanizin yetersiz olduğu koşullarda ayrıca plastik bir malzeme (sıcak PVC) ile de kaplanabilirler.

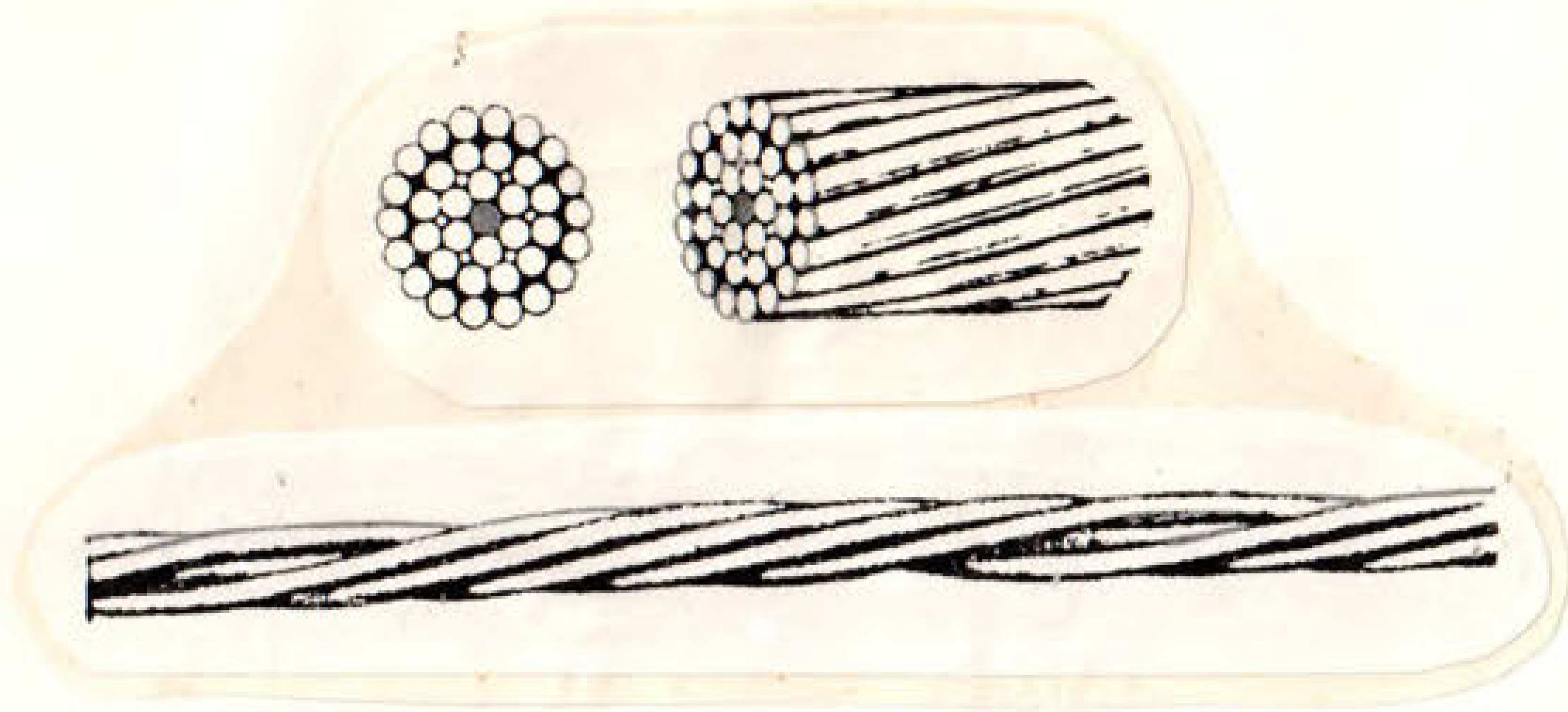
Çelik kablolar, tel grupları, halatlar ve paralel tel grupları olmak üzere üç türde üretilmektedirler<sup>(33)</sup>.

Tel grupları;

Tel grubu, bir merkez tel etrafında üst üste konulmuş bir veya daha çok katlı tellerin helisel biçimde sarılmaları sonucu elde edilmektedir. Merkez tel kendirden veya metalden yapılabilir. Bu tel, tel grubuna destek görevini yerine getirmektedir (Şekil 31).

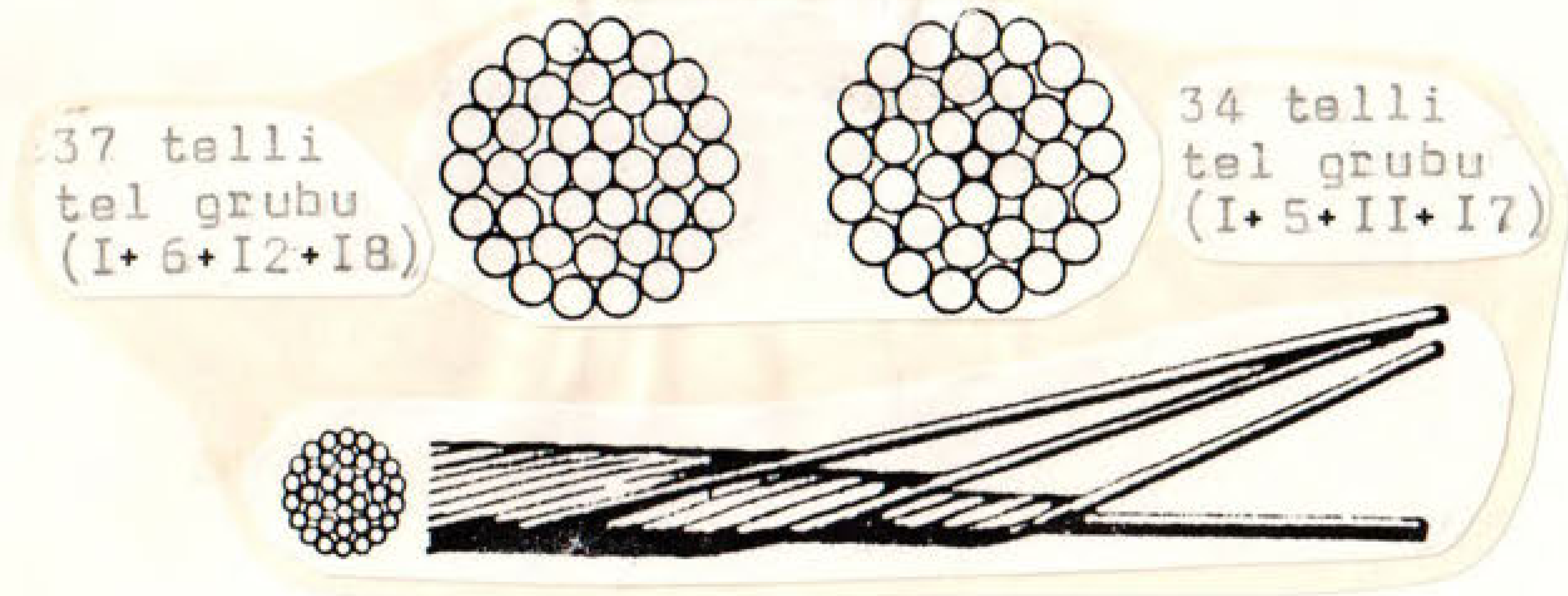
(32) Günsoy, Kendik ve Anıl, s. 22, 29.

(33) ASCE Committee Report, Çev. Müfit Yorulmaz, s. 25, 26.



Şekil 31: Merkez tel etrafına helisel biçimde sarılan tellerle oluşturulan tel grubu.

Tel grubunun içindeki tellerin sayısı değişebilir. En geçerli tiplerinde aynı çaptaki teller kullanılıp, her tel katmanı bir öncekinden altı tel daha fazla olmaktadır<sup>(34)</sup> (Şekil 32).



Şekil 32: Tel grubu oluşturulması ve çeşitli örnekler.

Tel grupları dönüş yönlerine göre sınıflandırılabilir. Bir tel grubunda dönüş yönü, dış tellere dışarıdan bakıldığında uzaklaştıkları doğrultudaki dönüş yönü olmakta ve tellerin saat yönünde döndüğü durumlarda sağa dönümlü, aksi döndüğü

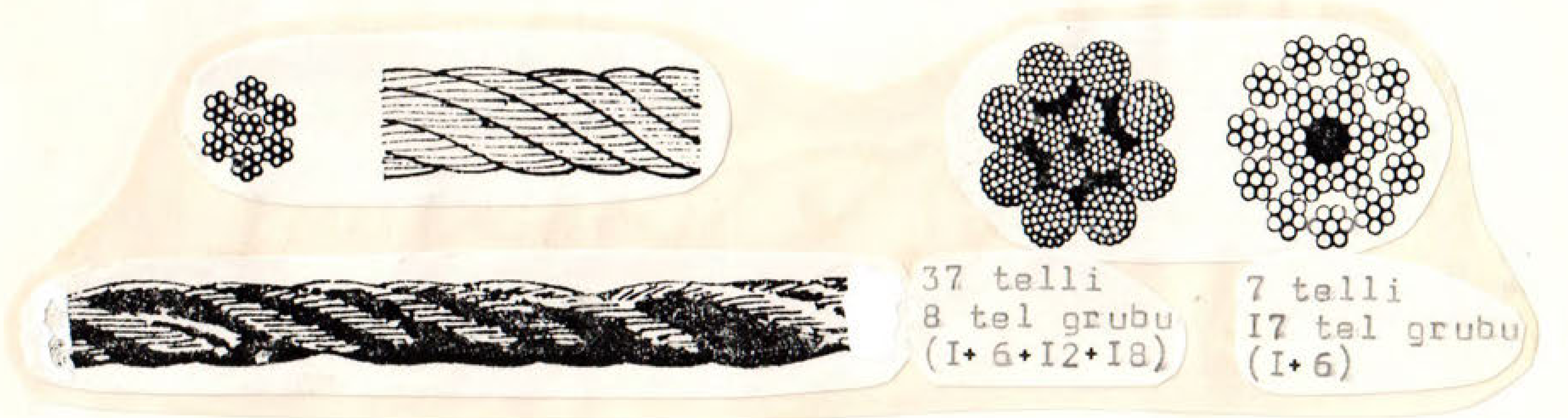
(34) Bayülgen, s. 24.

durumlarda da sola dönümlü tel grupları denilmektedir.

Tel grubu, istenilen tel grubu çapına ve kopma mukavemetine bağlı olarak 7 ile 277 telden meydana getirilebilir. Bu elemanların çapları 12.5 mm den 102 mm ye kadar, kopma mukavemetleri de 12.8 ton ile 840 ton arasında olabilmektedir.

Halatlar;

Halat, tel gruplarının bir çekirdek etrafında helisel biçimde sarılmaları ile elde edilmektedir. Genellikle altı tel grubu ve bir çekirdekten meydana gelmektedir. Çevresine sarılan tel gruplarına destek fonksiyonundaki çekirdek olarak ya bir tel grubu veya bağımsız bir halat kullanılmaktadır (Şekil 33).



Şekil 33: Halat oluşturulması ve çeşitli örnekler.

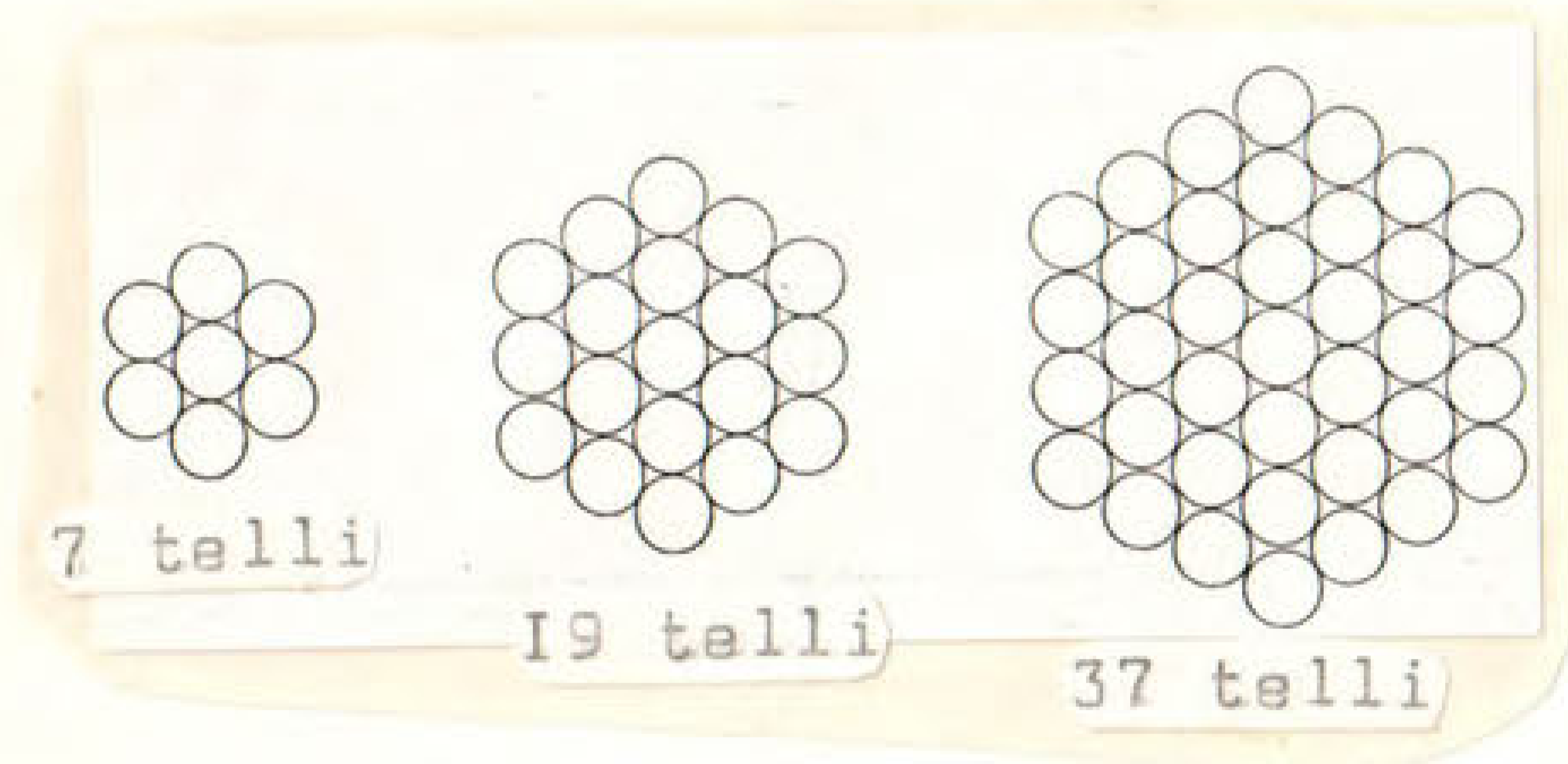
Halatın istenilen çapına bağımlı olarak, halatın tel grubundaki tel sayısı 7 ile 43 arasında değişmektedir.

Halatlar normal dönümlü ve zıt dönümlü olmak üzere iki şekilde düzenlenmektedirler. Normal dönümlü halatlarda, tel gruplarındaki tellerin dönüş doğrultusu, halatın tel gruplarının dönüş doğrultusunun aksi olmasına karşılık zıt dönümlü halat-

larda aynı olmaktadır. Bir halatın sağ veya sol dönüm doğrultusunda olması, halatın tel gruplarının dönüş yönü ile belirtilmektedir. Daha dayanıklı ve halatın dönüşüne ters doğrultuda çözülme etkilerinin daha az olması nedeniyle, çoğunlukla sağ normal dönüşlü halatlar uygulanmaktadır<sup>(35)</sup>.

Paralel tel grupları;

Kablo ağı strüktürlerde az kullanılan bu tür çelik kablolar, çok sayıda tel grubunun paralel olarak bir araya getirilmesi ve yer yer bantlarla bağlanması sonucu elde edilmektedir. Genellikle telin çekme mukavemetinden daha çok yararlanmak amacıyla kullanılmaktadır. Bunların yapımında aynı çaptaki tellerden oluşan yaklaşık daire şeklindeki altıgenler temel alınmaktadır<sup>(36)</sup> (Şekil 34).



Şekil 34: Çeşitli paralel tel grubu örnekleri.

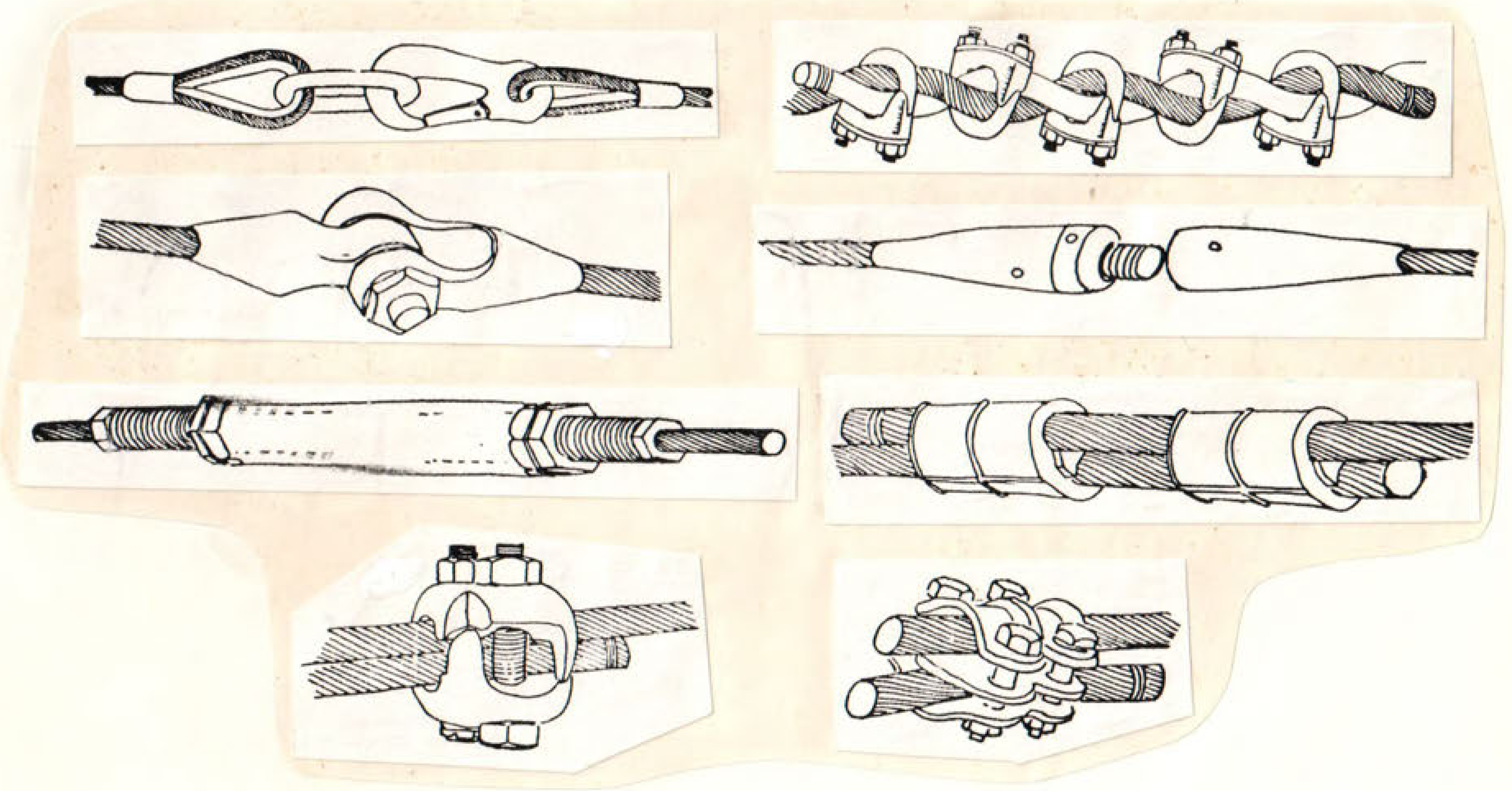
Taşıyıcı olarak kullanılan bükülmüş tel gruplarında ve halatlarda, yapım sırasında kalan bazı uzamaları yok etmek amacıyla ön çekme işlemi uygulanmasına karşılık, paralel tel gruplarında bu işlem yapılmaz.

Çelik kabloların eklenmeleri, halkalı uçlar, geçmeli, sıkıştırılmalı manşonlar ve vidalı kelepçeler gibi çeşitli bağlantı

(35) ASCE Committee Report, Çev. Müfit Yorulmaz, s. 25, 26, 27.

(36) Günsoy, Kendik ve Anıl, s. 24.

parçaları ile sağlanabilmektedir (Şekil 35).



Şekil 35: Çelik kabloların ek yerlerinde kullanılan bağlantı parçalarından örnekler.

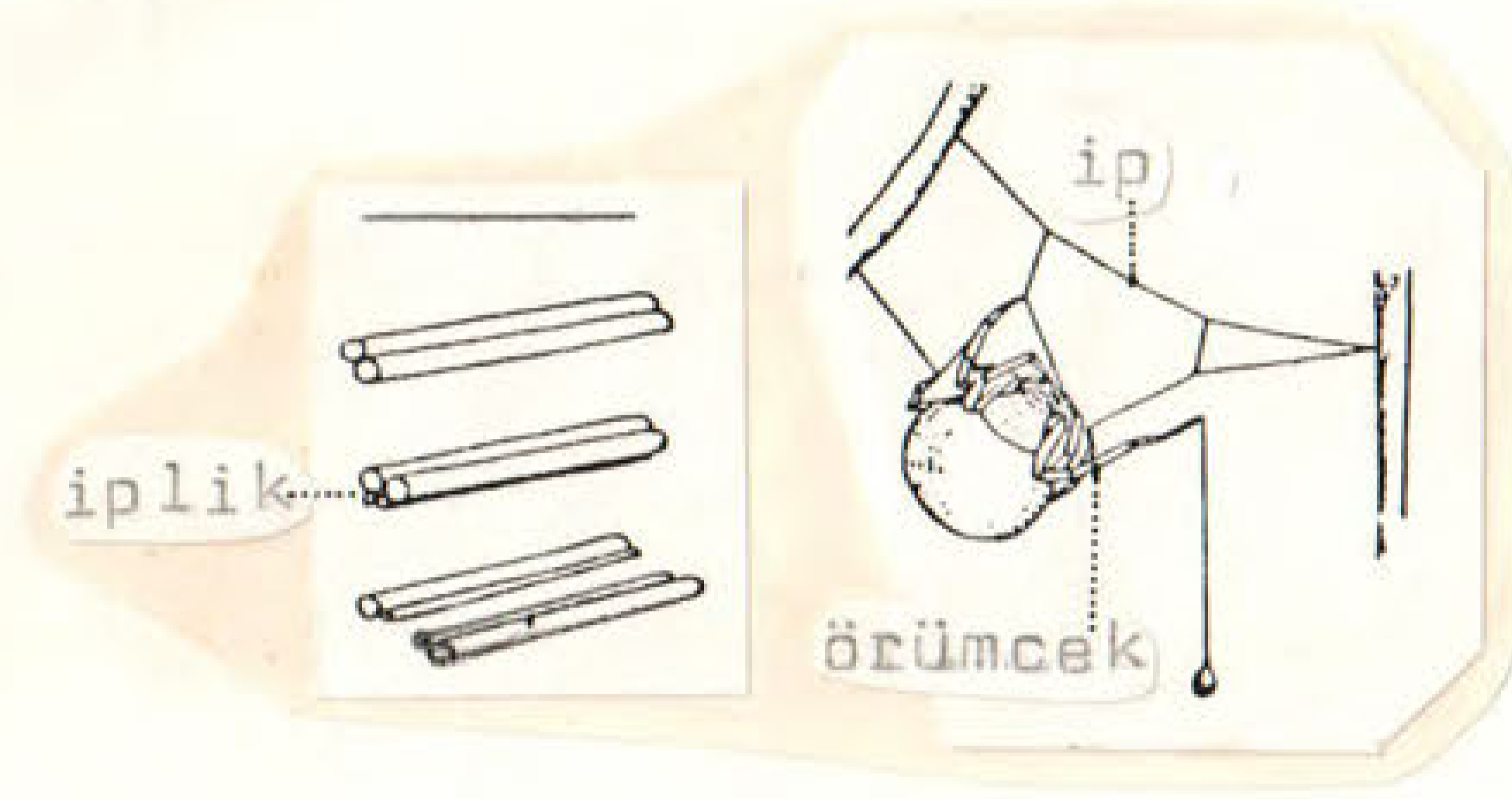
#### Fiziksel özellikleri;

Fiziksel özellikleri açısından tel grupları ve halatlar karşılaştırıldığında, aynı boyuttaki galvanize edilmiş tel gruplarının halatlardan daha mukavim oldukları görülmektedir. Galvanize edilmiş bir tel grubunun elastisite modülü, halatınkinden daha büyüktür. 7.5 cm çapındaki bir tel grubunun elastisite modülü,  $1700000 \text{ kg/cm}^2$  dir. Aynı kesitteki bir halatta bu değer,  $1410000 \text{ kg/cm}^2$  dir. Tel gruplarının aşınmaya karşı dayanıklılığı halatlara oranla daha fazla olmasına karşılık, fleksibilite (bükülebilme) özelliği daha azdır<sup>(37)</sup>.

(37) ASCE Committee Report, Çev. Müfit Yorulmaz, s. 27, 28, 29, 30.

Günümüzde  $37500 \text{ kg/cm}^2$  mukavemetinde çelik kablolar üretilmektedir. Bu denli üstün dirençli bir çelik kablonun kopma uzunluğu da yaklaşık 50 km yi bulmaktadır<sup>(38)</sup>.

Çelik kabloların doğadaki belirgin örnekleri olarak örümceğin hareket halinde salgıladığı ipler verilebilir. Hayvanın karnındaki bükücü tüplerden bu ipler iki iplik halinde dışarıya salgılanır. Bazı genç örümcekler ise dört iplikten meydana gelen ipler salgılamaktadır. Bu iplerin kopma uzunlukları 30-70 km yi bulur<sup>(39)</sup> (Şekil 36).



Şekil 36: Çelik kabloların doğadaki örnekleri olan örümcek ağı iplikleri.

Büyük açıklıkların geçilmesine imkan sağlayan yüksek mukavemetli malzemelerden elde edilen kablolar, sistem içerisindeki konumları ve görevleri bakımından "taşıma ve germe kabloları" ile "kablo kenar elemanlar" olmak üzere iki grupta toplanabilirler.

#### A. Taşıma ve germe kabloları:

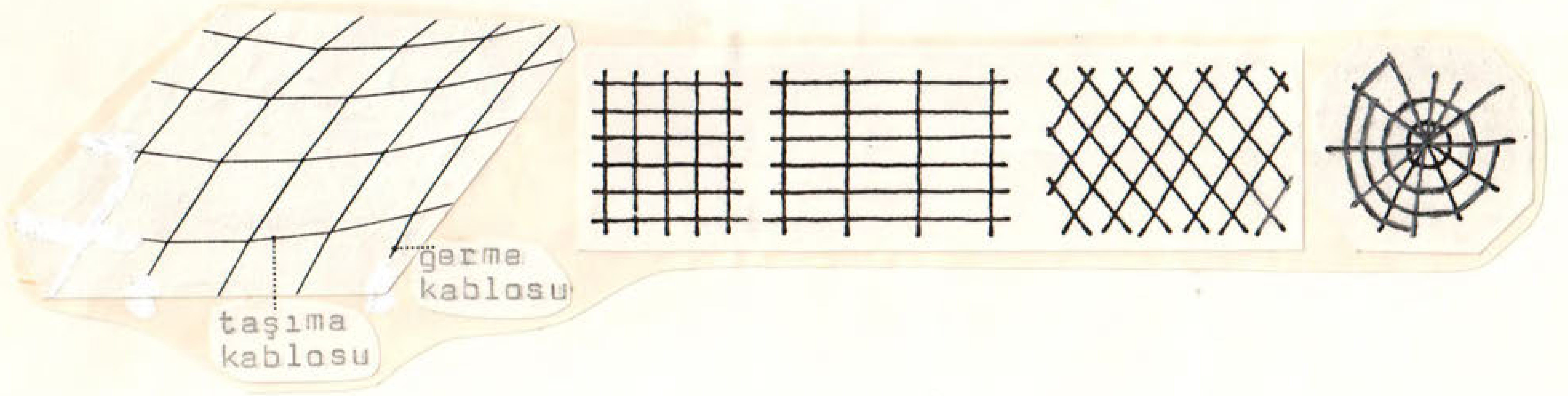
Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerde taşıma ve germe kabloları, kablo ağını meydana getiren elemanlardır. Bu elemanlar birbirlerini kesen fakat eğrilikleri ters yönde olan

(38) Gürel, s. 46.

(39) Direction Frei Otto, IL-8, s. 304, 305.

iki kablo grubudur. Gerek taşıma kabloları gerekse germe kabloları, fleksibl veya rijit kenar elemanlara bağlanarak düzenlenmektedirler.

Taşıma kabloları ile germe kabloları aralarında genellikle çeşitli dörtgen formunda gözler oluşturacak şekilde birbirlerini kesmekte ve kabloların yatay izdüşümdeki keşişme açıları çoğunlukla eşit olmaktadır<sup>(40)</sup> (Şekil 37). Kablo ağındaki bu gözlerin büyüklükleri sistemin açıklığına göre değişmektedir. Büyük açıklıkların örtülmesinde, taşıma ve germe kablolarının birbirlerine düğümlenmeleri ile elde edilen, göz büyüklükleri 20-200 cm. arasında değişen ağlar tercih edilmektedir<sup>(41)</sup>.



Şekil 37: Kablolarla göz oluşturulması ve çeşitli örnekler.

Tepe noktası aşağıda bir parabol eğrisi görünümünde olan taşıma kablolarının basıklık oranı için en uygun limitler, 1/12 ile 1/15, zıt eğrilikli germe kabloları için ise 1/25 ile 1/75'dir<sup>(42)</sup>. Basıklık oranı azaldıkça "dalgalanma" olayı artmakta ve sıcaklık farkları karşısındaki duyarlık fazla olmaktadır.

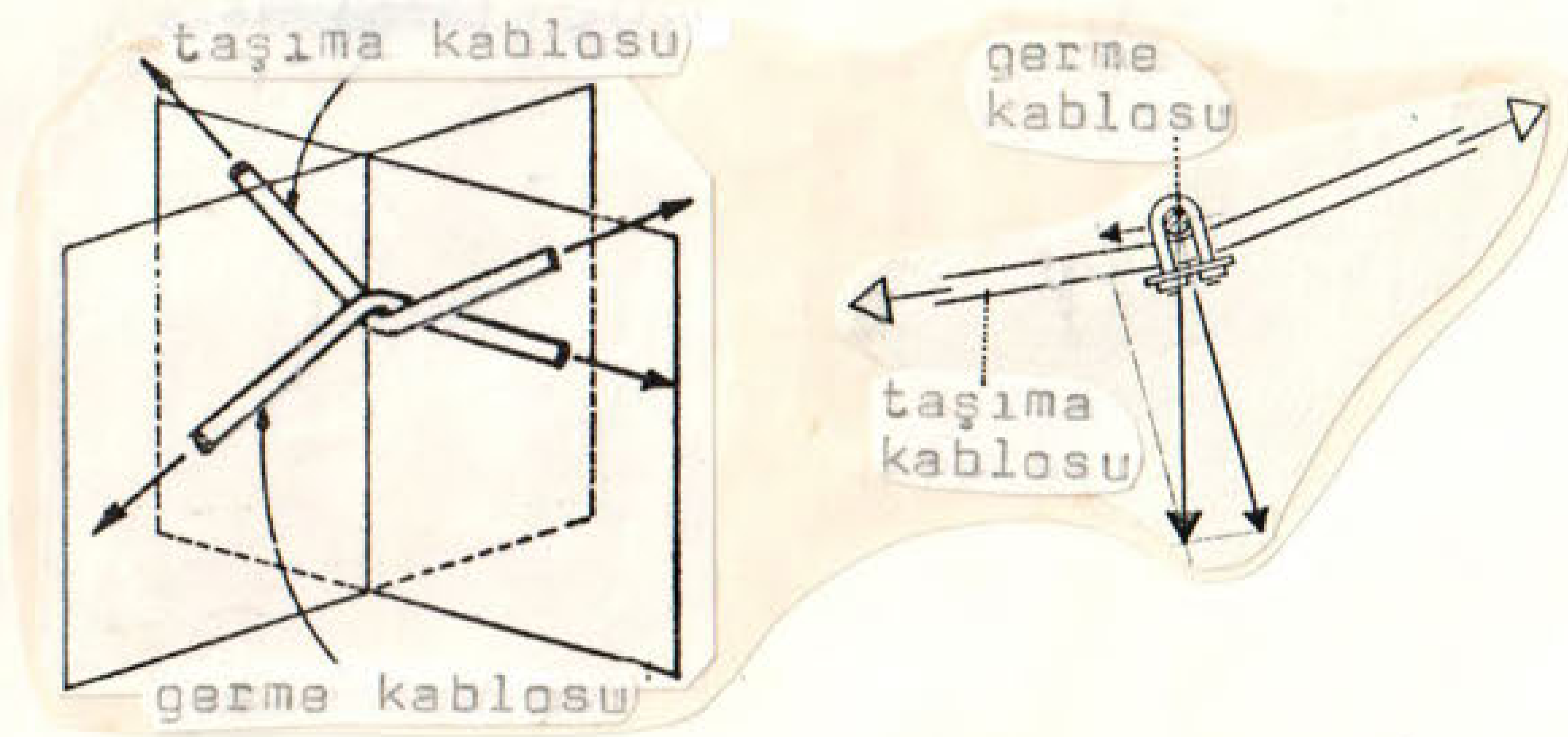
(40) Karataş, s. 28.

(41) Philip Drew, Frei Otto: Form and Structure, London, 1976, s. 34.

(42) Gökçe, Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 111.

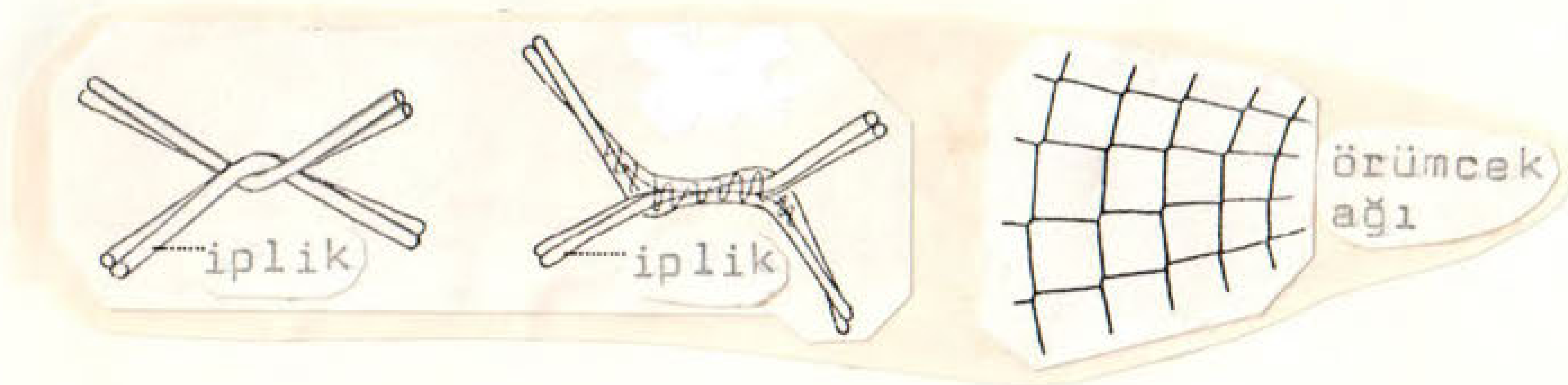


Germe kabloları, kablo ağının kesişme noktalarında taşıma kablolarına dayandırılarak, gerekli rijitliği elde etmek üzere sisteme kolay bir şekilde öngerilme verilebilir. Böylece çelik kablonun etkili olabilmesi için taşıma ve germe kabloları çekmeye çalıştırılmış olurlar<sup>(43)</sup> (Şekil 38).



Şekil 38: Kablolarla sisteme öngerilme verilmesi

Bu sistemlerin doğadaki örneği örümcek ağlarında, ağın oluşturulması için çoğunlukla düğümlerle birleştirilen iplikler salgılandığı gibi, düğümlenmeden birbirlerine zıt yönde eğrilikle dayandırılan ipliklerin de bu amaç için kullanıldığı görülmektedir<sup>(44)</sup> (Şekil 39).



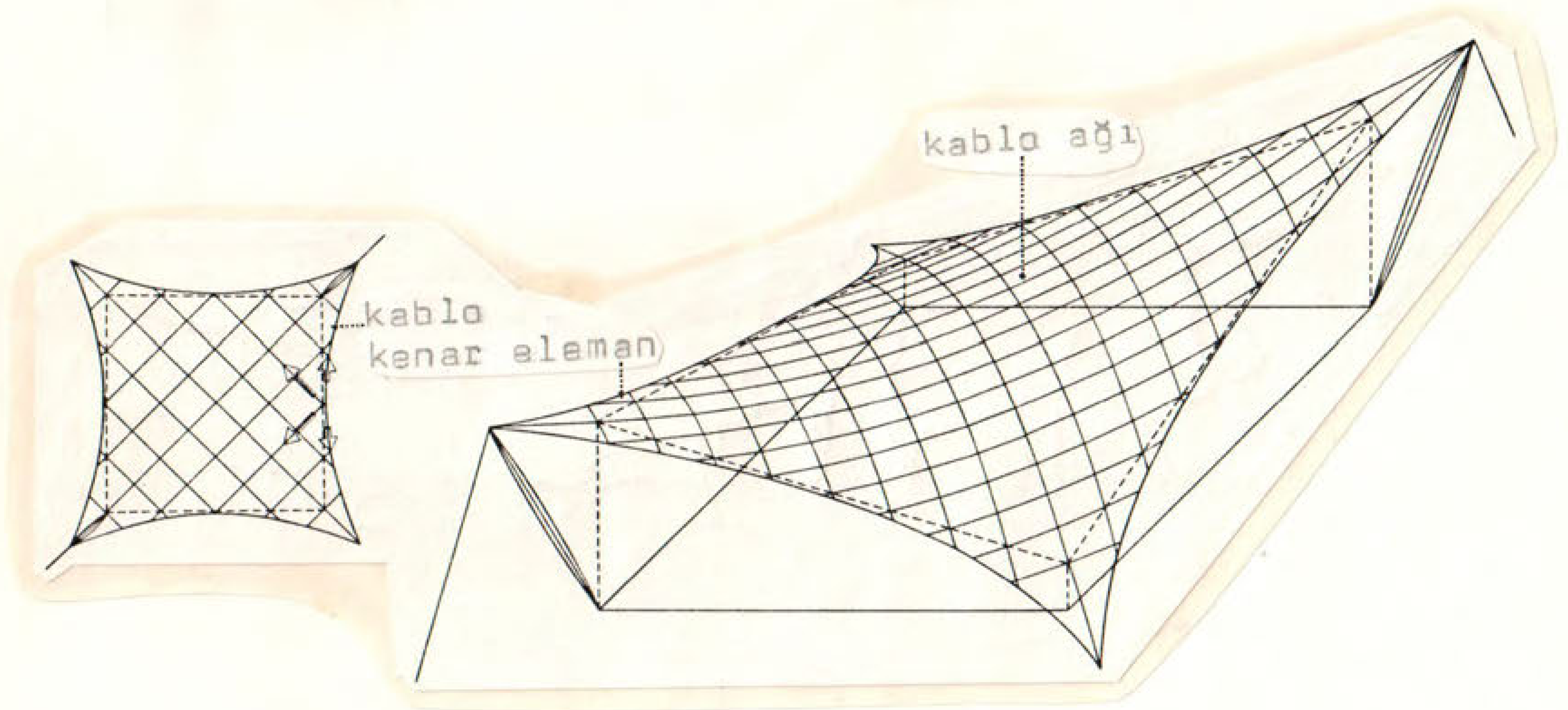
Şekil 39: Örümcek ağını oluşturan iplikler.

(43) Karataş, s. 34, 76, 77.

(44) Direction Frei Otto, IL-8, s. 307.

### B. Kablo kenar elemanlar:

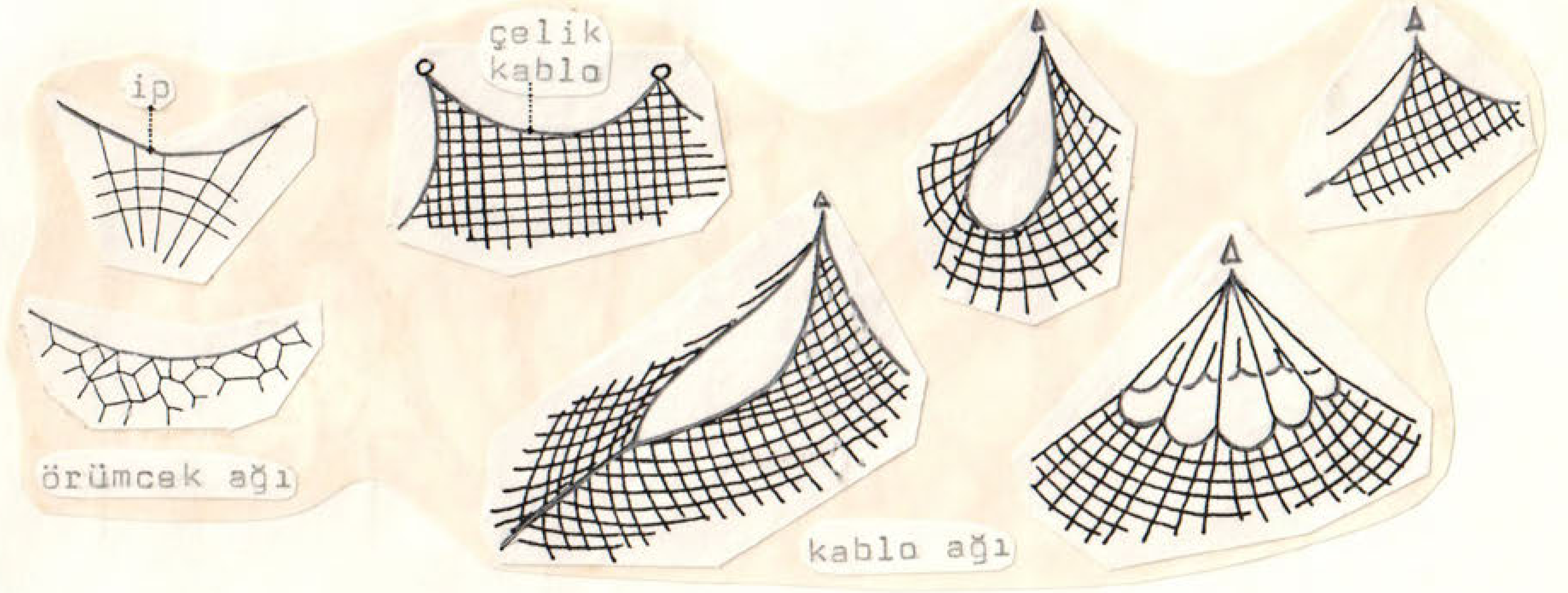
Kablo kenar eleman, taşıma ve germe kablolarının bağlandığı, kablo ağının geometrik formunu sınırlayıcı fonksiyondaki fleksibl elemandır. Kenar kablolar, destek ve askı elemanları üzerinde yükseltilip, belirli noktalardan yere ankre edilerek kablo ağına antiklastik bir yüzey kazandırmaktadırlar. Kenar eleman olarak kablolar kullanılmak suretiyle oluşturulan bu sistemlerin gereğinde sökülüp yeniden kurulabilme imkanı vardır (Şekil 40)



Şekil 40: Kablo kenar elemanla zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktür oluşturulması.

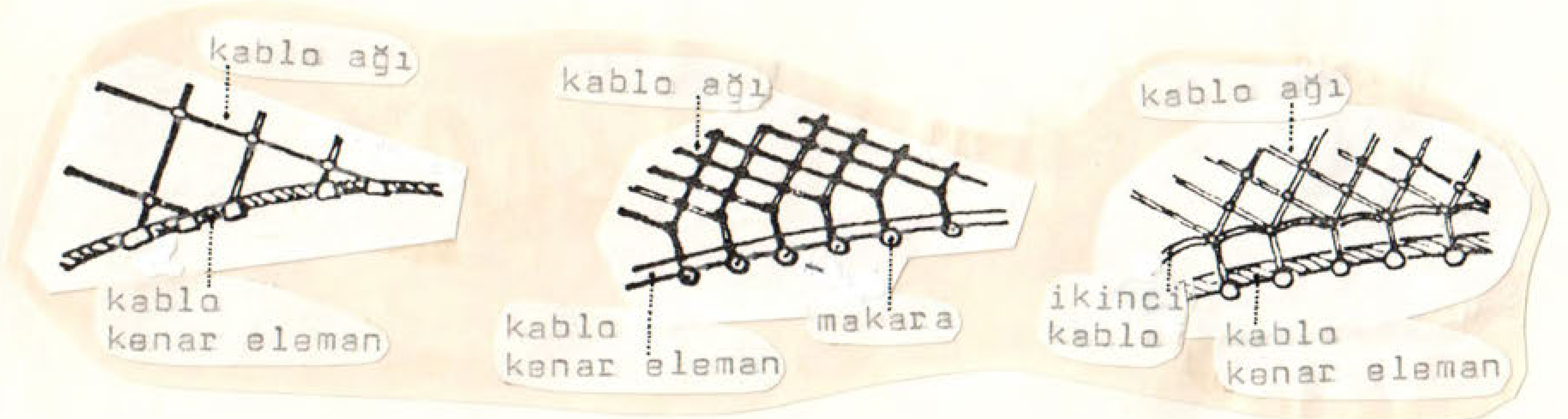
Sistemin doğadaki örneği örümcek ağının, salgılanan kenar iplere bağlanması ilkesine benzer şekilde teknikte, çelik kablolar kullanılarak çok çeşitli düzenlerde fleksibl kenar elemanlar elde edilmektedir<sup>(45)</sup> (Şekil 41).

(45) Direction Frei Otto, IL-8, s. 24, 37, 310.



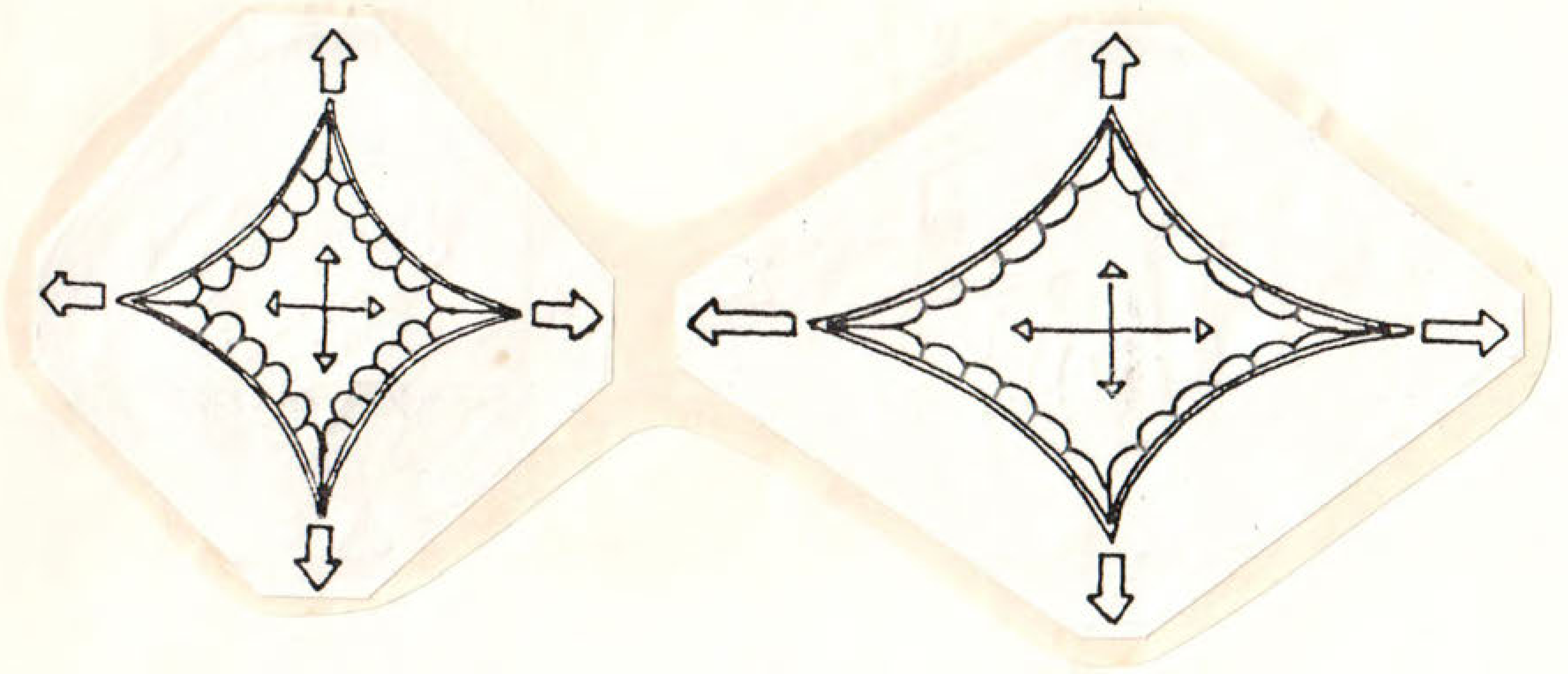
Şekil 41: Örümcek ağı ve zıt yönde eğrilikli kablo ağında fleksibl kenar eleman örnekleri.

Kablo ağının fleksibl kenar elemana bağlantısında, ağı oluşturan taşıma ve germe kabloları kenar elemana tek tek bağlanmakta, hareketli bir ağı istenildiği durumlarda, bu hareketlilik kenar kabloya tesbit edilen makaralarla sağlanmaktadır. Ayrıca, kablo kenar elemana paralel ikinci bir kablo oluşturularak yapılan bağlantılarda, teğet kuvvetler de karşılanmaktadır (Şekil 42).



Şekil 42: Kablo ağının fleksibl kenar elemana bağlantısı.

Esas kenar elemana paralel konumda oluşturulan ikinci kenar kabloları, kablo ağının uç noktalarından eşit kuvvetler uygulanarak gerildiği dört noktalı durumlarda, çember parçaları formunu almaktadır. Ağ, değişik kuvvetlerle gerildiği durumlarda ise ağ yüzeyindeki gerilmeler de değişerek, ikinci kablolar elips formunda oluşmaktadır<sup>(46)</sup> (Şekil 43).



Şekil 43: Kablo ağının değişik kuvvetlerle gerilmesi sonucu ikinci kenar kabloların aldığı geometrik formlar.

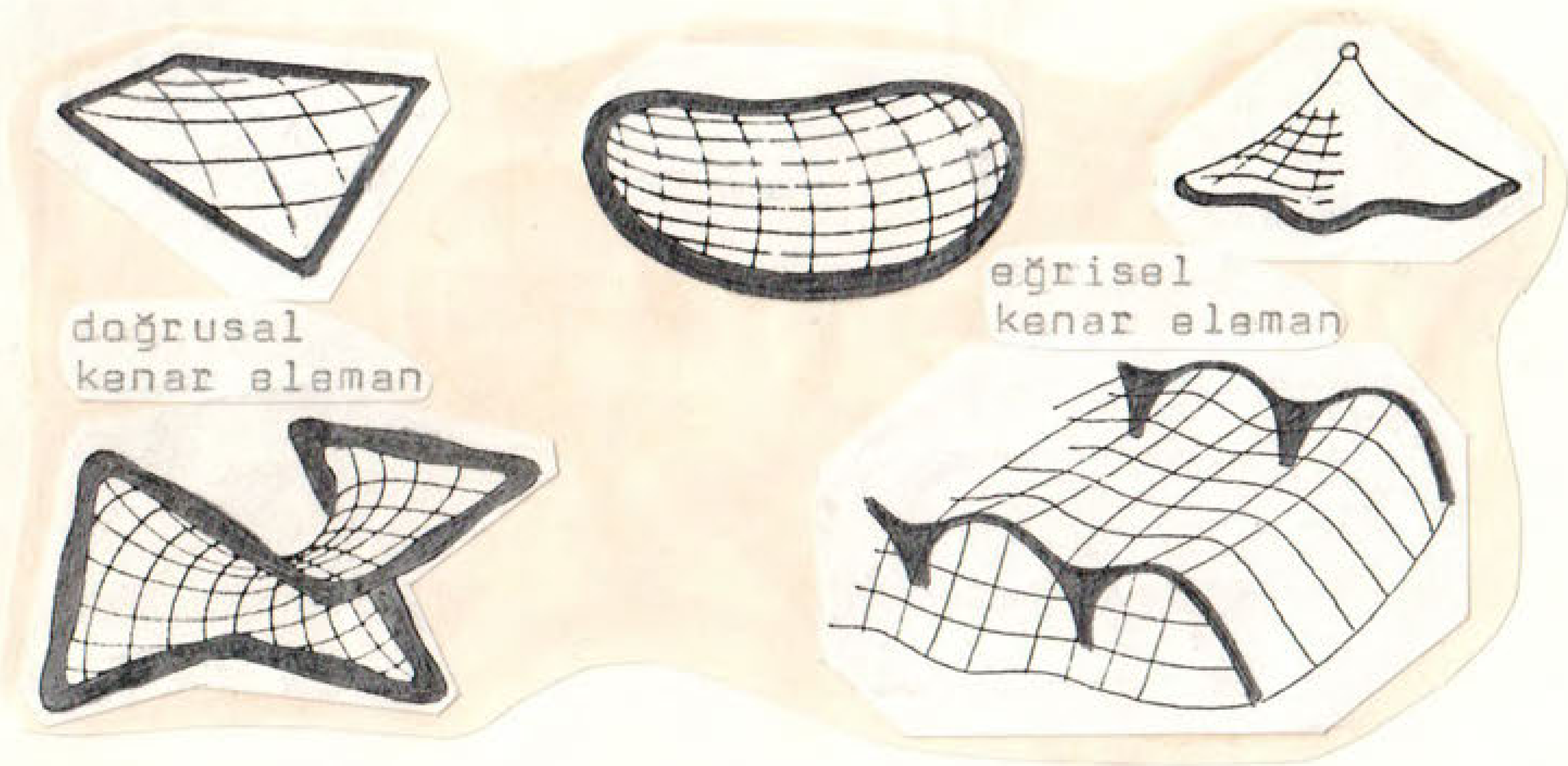
### 2.3.2. Rijit Taşıyıcılar

Kablo ağının kurulmasını ve düzenlenmesini sağlayan, betonarme veya çelik malzemesinden elde edilebilen rijit taşıyıcılar, çoğunlukla yükleri basınç kuvvetleri ile mesnet noktalarına aktarırlar. Bu elemanlar sistem içerisindeki görevleri ve konumları bakımından, "rijit kenar elemanlar" ile "destek ve askı elemanları" olarak iki grupta incelenebilirler.

(46) Bayülgen, s. 43, 44.

### A. Rijit kenar elemanlar:

Rijit kenar elemanlar, taşıma ve germe kablolarının gerilerek bağlandığı, sistemin geometrik formunu sınırlayan rijit elemanlardır. Bu elemanlar, kablo ağının eğriliğine bağımlı olarak doğrusal veya eğrisel geometrik formlarda oluşturulabilmektedirler (Şekil 44).



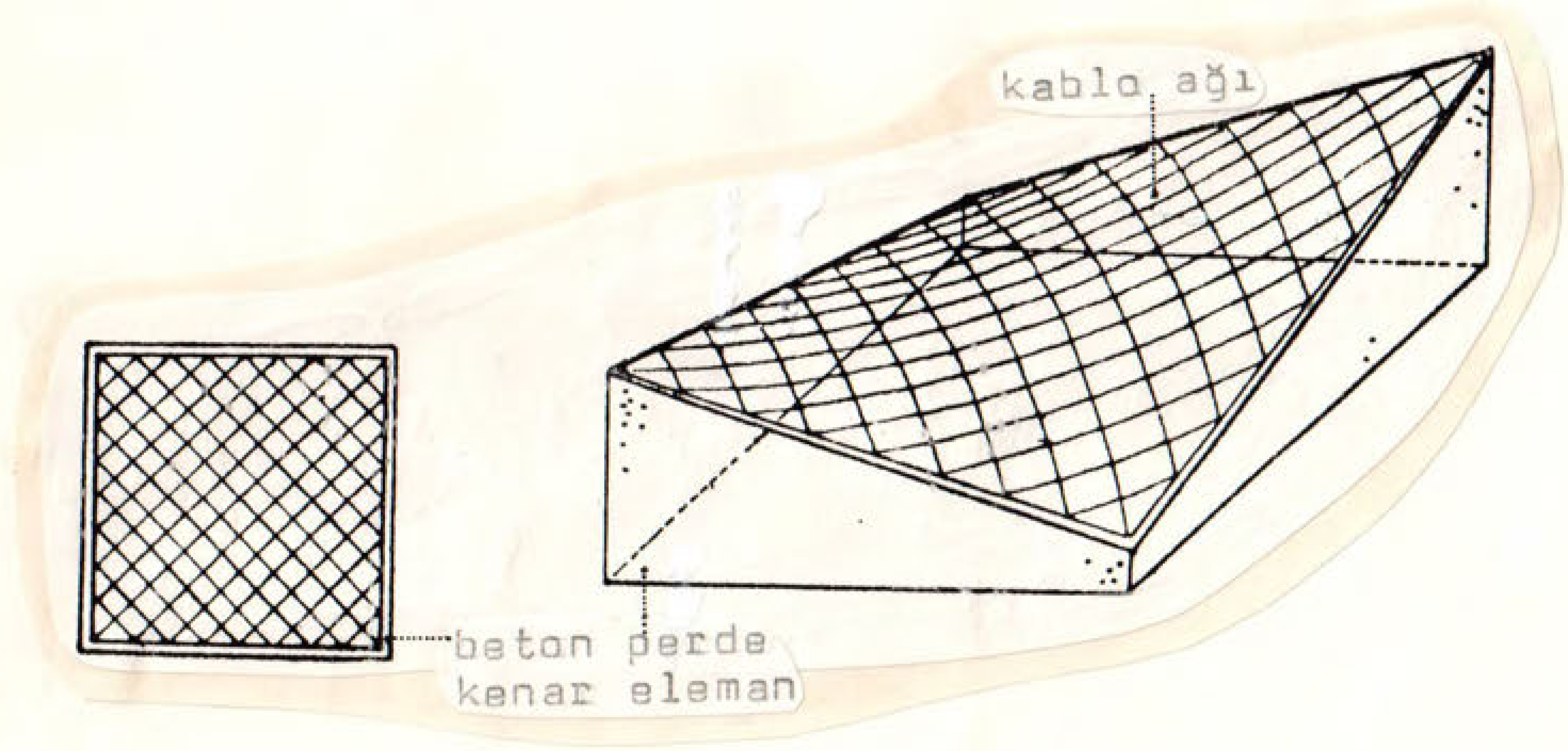
Şekil 44: Rijit kenar elemanların çeşitli örnekleri.

Teknikte rijit kenar elemanlar, masif kütleler üzerinde oluşturulabildiği gibi betonarme veya çelikten yapılmış kiriş ve kemerlerle de düzenlenebilmektedir<sup>(47)</sup>.

Eğik konumlarda yükseltelen beton perdeler, rijit kenar eleman olarak kullanılarak taşıma ve germe kabloları hiperbolik paraboloid yüzeyde bükülebilmektedir<sup>(48)</sup> (Şekil 45).

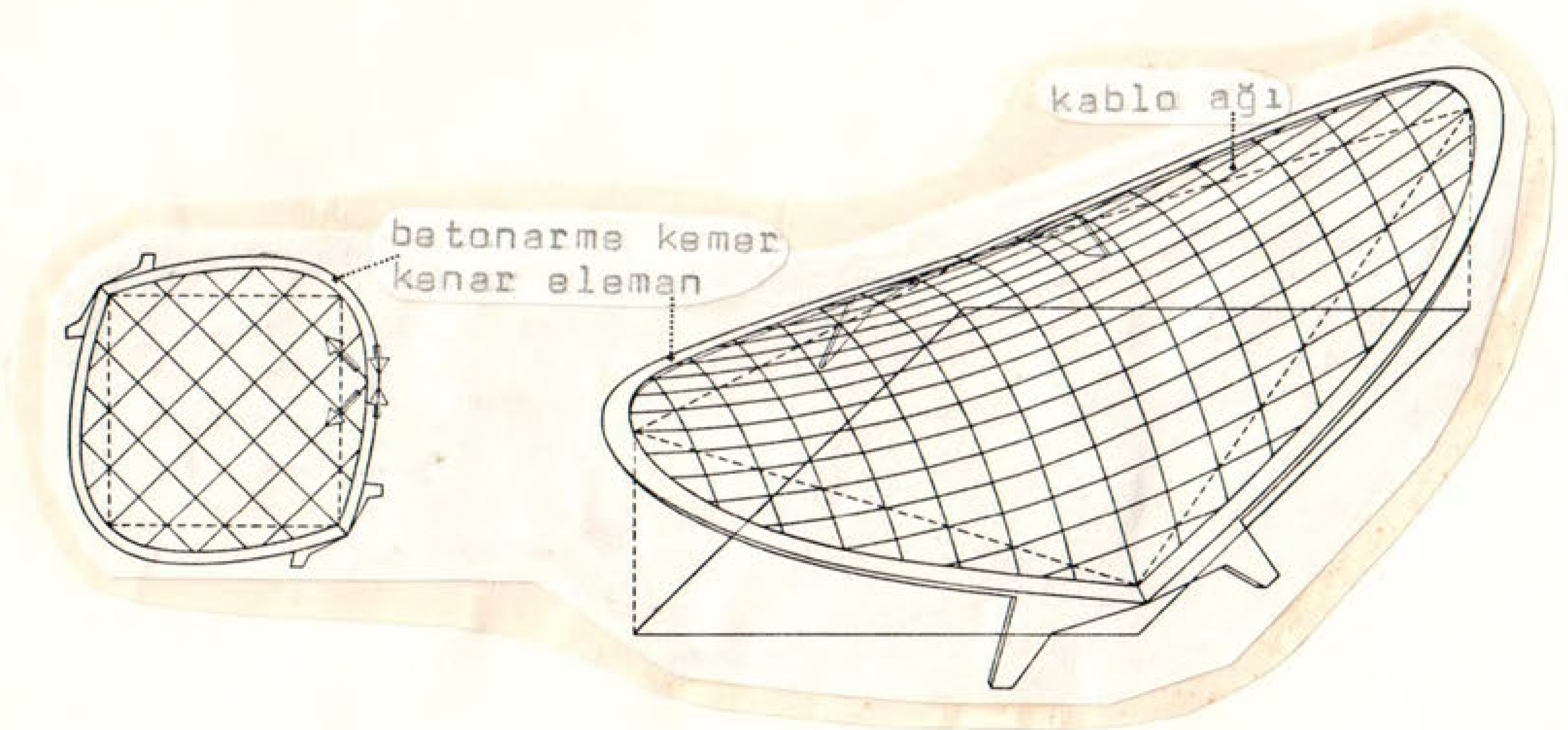
(47) Direction Frei Otto, IL-8, s. 20, 21, 24, 37.

(48) Bayülgen, s. 63.



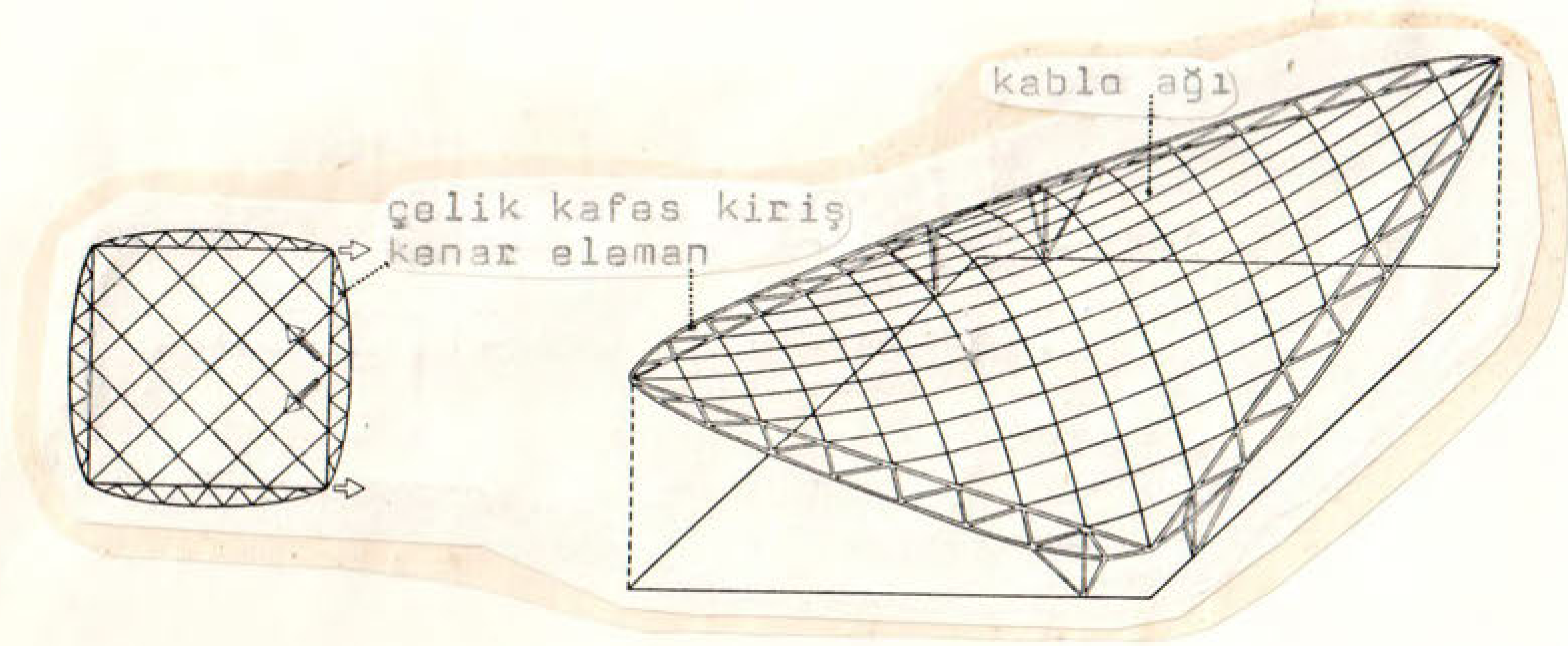
Şekil 45: Beton perde kenar elemanla zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktür oluşturulması.

Bir plan üzerinde eğik konumlarda kurulan betonarme kemerler, rijit kenar eleman amacıyla kullanılarak kablo ağı, hiperbolik paraboloid formda gerilebilmektedir (Şekil 46).



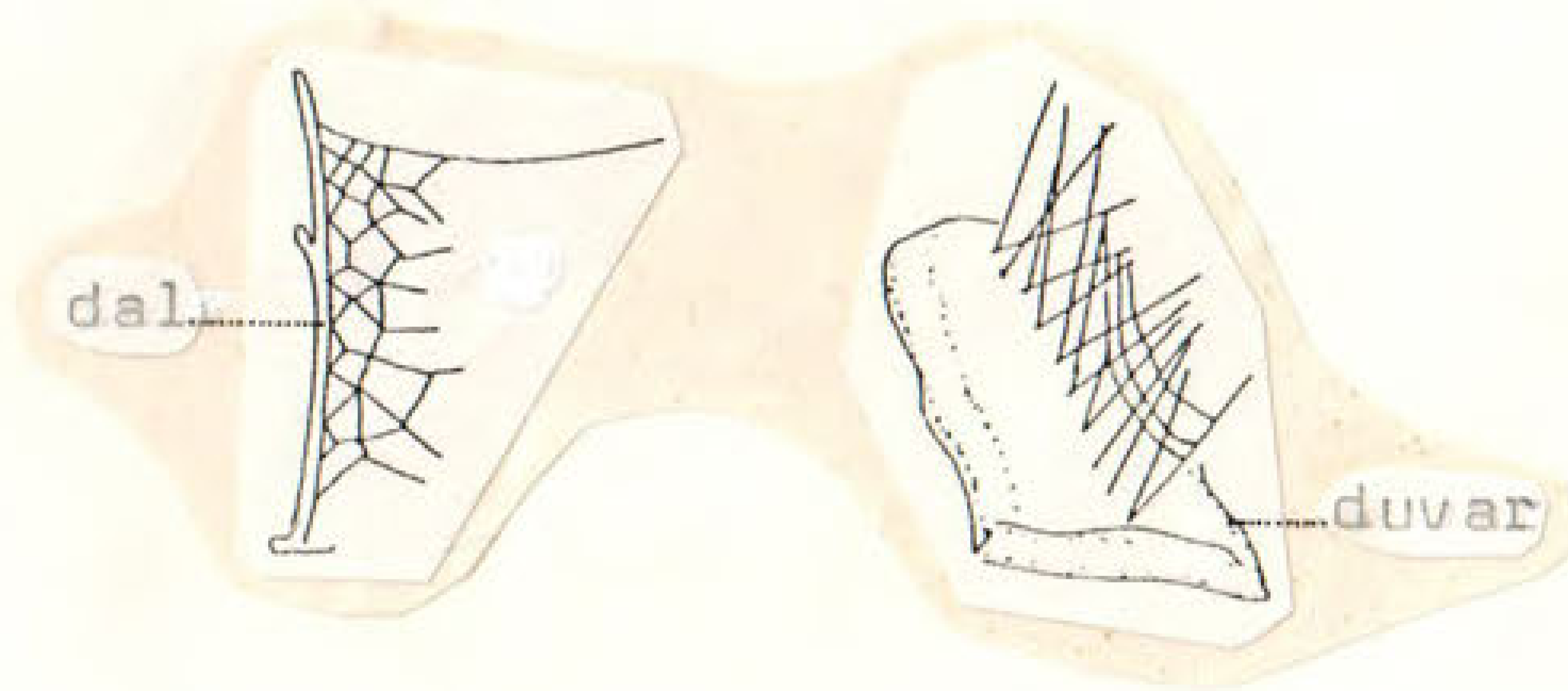
Şekil 46: Betonarme kemer kenar elemanla zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktür oluşturulması.

Çelikten yapılan ve eğik konumlarda düzenlenen kafes kirişlerle de rijit kenar elemanlar oluşturularak hiperbolik paraboloid formda bükülmüş kablo ağları elde edilmektedir<sup>(49)</sup> (Şekil 47).



Şekil 47: Çelik kafes kiriş kenar elemanla zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktür oluşturulması.

Sistemin doğadaki örneği örümcek ağlarında, salgılanan iplerin bağlandığı rijit kenar elemanlar olarak bitki dalları veya duvarlar kullanılmaktadır<sup>(50)</sup> (Şekil 48).



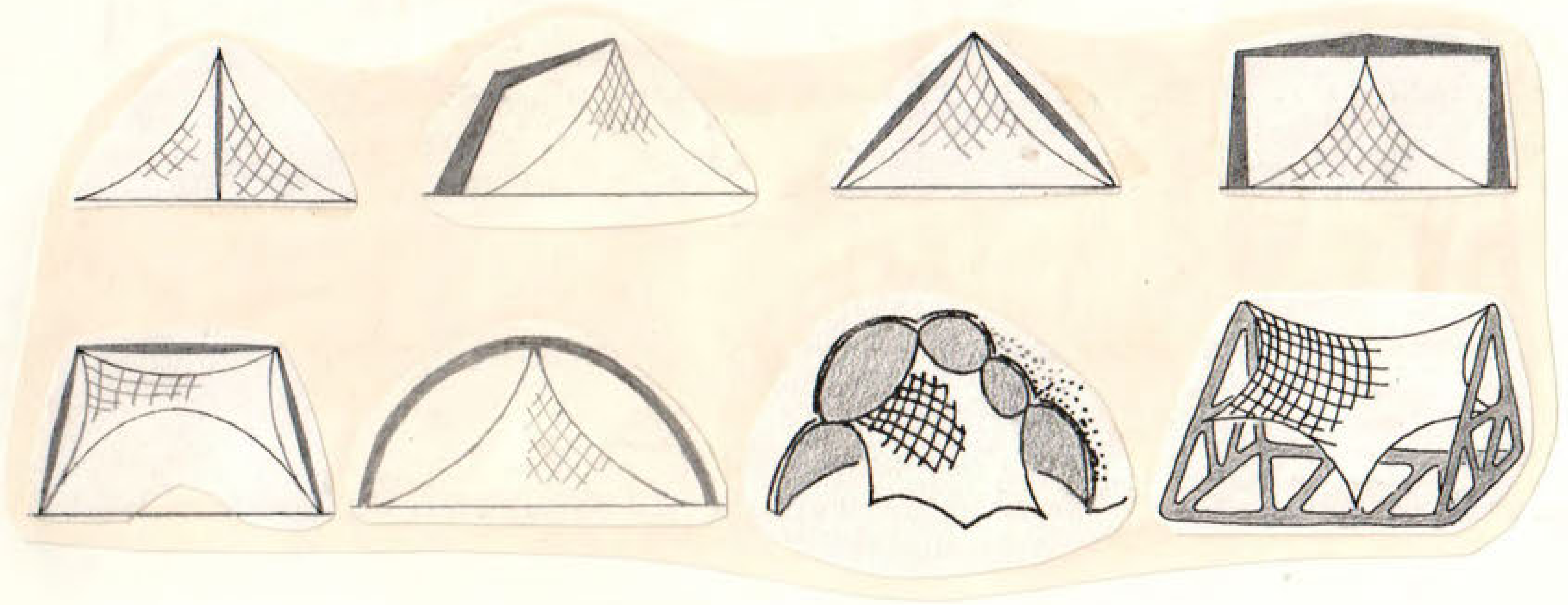
Şekil 48: Rijit kenar elemanın doğa örnekleri.

(49) Engel, s. 42.

(50) Direction Frei Otto, IL-8, s. 310.

B. Destek ve askı elemanları:

Destek ve askı elemanları, kablo ağı veya kenar elemanlardan aldıkları yükleri basınç kuvvetleri ile mesnet noktalarına aktararak sistemin ayakta durmasını sağlamaktadırlar. Dolayısıyla bu elemanlara basınç elemanları da denilmektedir. Destek ve askı elemanları, betonarme, çelik gibi malzemelerden elde edilen kolon, kiriş veya kemerlerle düzenlenebildiği gibi masif kütleler de bu amaçla kullanılabilir (Şekil 49).



Şekil 49: Çeşitli destek ve askı elemanları düzenlemeleri.

Destek ve askı elemanı olarak uygulamalarda genellikle basınca çalışan çelik boru pylonlar, çelik kafes dikmeler veya betonarme kolonlar kullanılmaktadır <sup>(51)</sup> (Şekil 50).

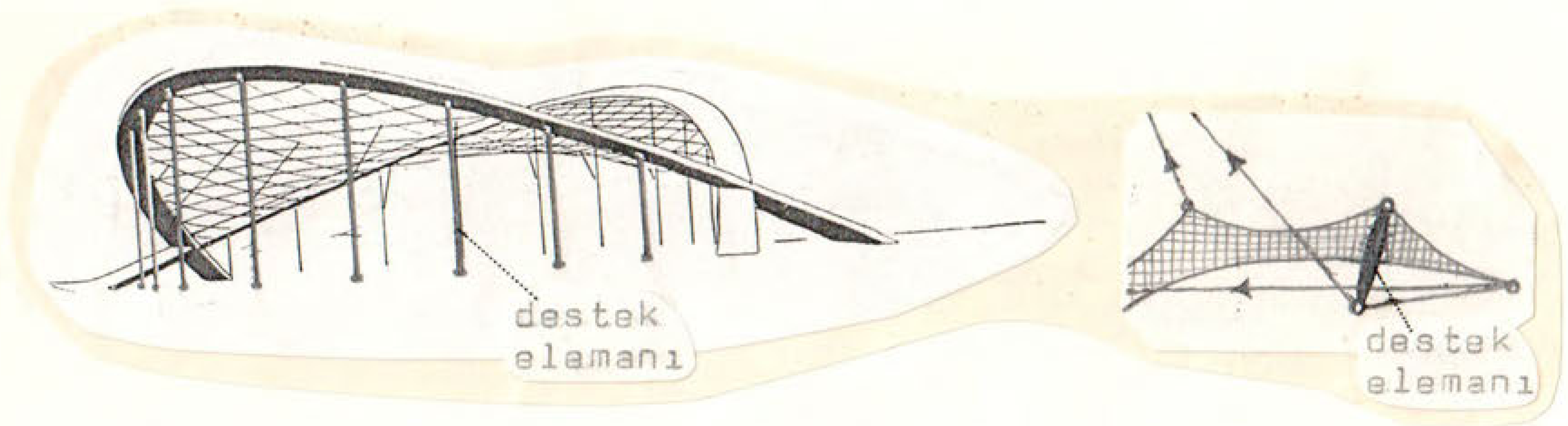
(51) İbid., s. 25, 32, 38.





Şekil 50: Uygulamalarda en çok kullanılan destek ve askı elemanları örnekleri.

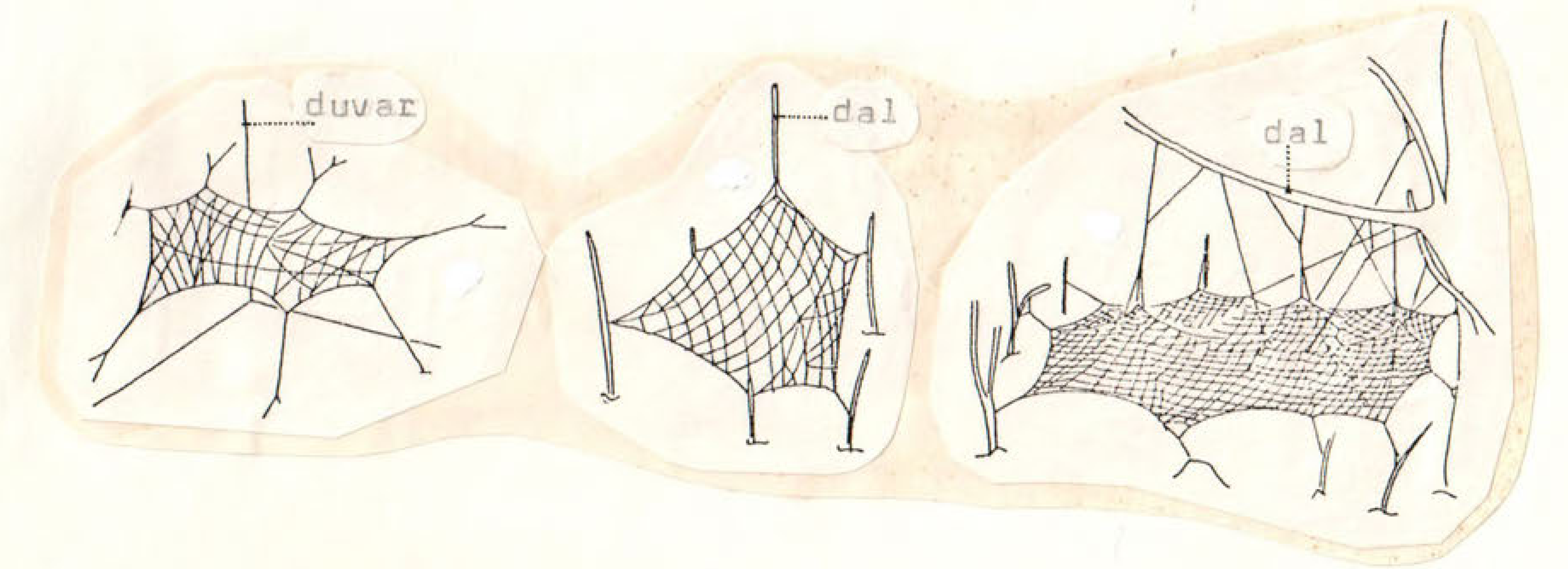
Destek elemanları, rijit kenar elemanların asimetric etkilere karşı stabilitesini sağlamak için kullanıldığı gibi, bazı zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerde, kablolar arasında basınca çalıştırılarak sistemi geren ve yüklerin aktarılmasını kolaylaştıran bir eleman olarak da görev almaktadır<sup>(52)</sup>. (Şekil 51).



Şekil 51: Farklı görevlerde destek elemanı örnekleri.

(52) Oskar Büttner ve Erhard Hampe, Bauwerk Tragwerk Tragstruktur, Berlin, 1985, s. 308.

Bu strüktürlerin doğadaki örneği örümcek ağlarının oluşturulması için ağların bağlandığı bitki dalları veya duvarlar, destek ve askı elemanı amacıyla kullanılmaktadır<sup>(53)</sup> (Şekil 52).



Şekil 52: Destek ve askı elemanlarının doğa örnekleri.

### 2.3.3. Yardımcı Elemanlar

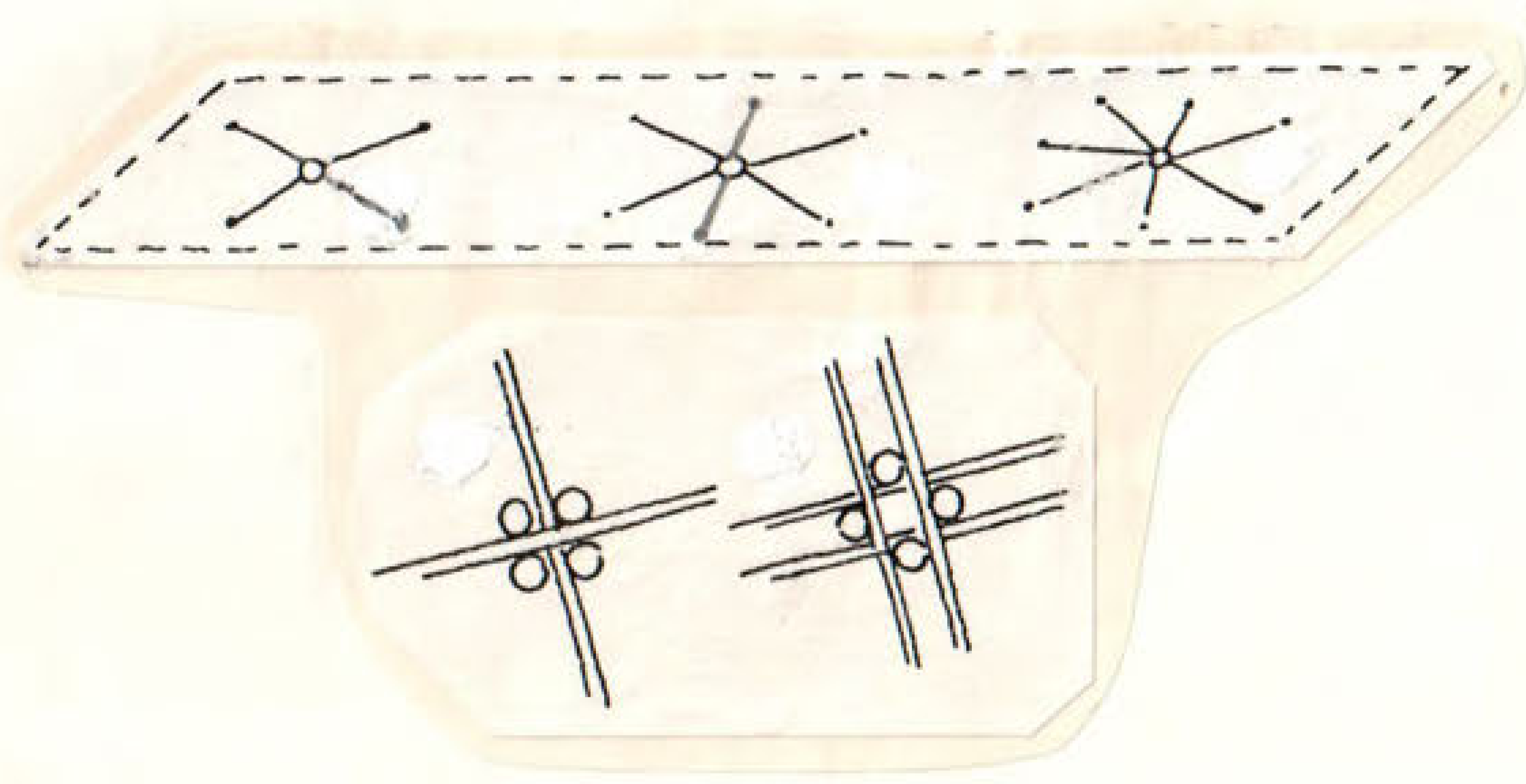
Bu elemanlar, zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerinin kuruluşunda ve stabilitesinin sağlanmasında "yardımcı elemanlar" olarak görev almaktadırlar. Yardımcı elemanlar, sistem içerisindeki konumları ve görevleri bakımından "düğüm elemanları", "asılma elemanları", "ankraj elemanları" olarak üç grupta incelenebilirler.

#### A. Düğüm elemanları:

Düğüm elemanları, taşıma ve germe kablolarının kesiştikleri noktalarda birbirlerine bağlanmasını sağlayan elemanlardır. Düğüm elemanları ile, iki, üç veya daha fazla kablo, kesiş-

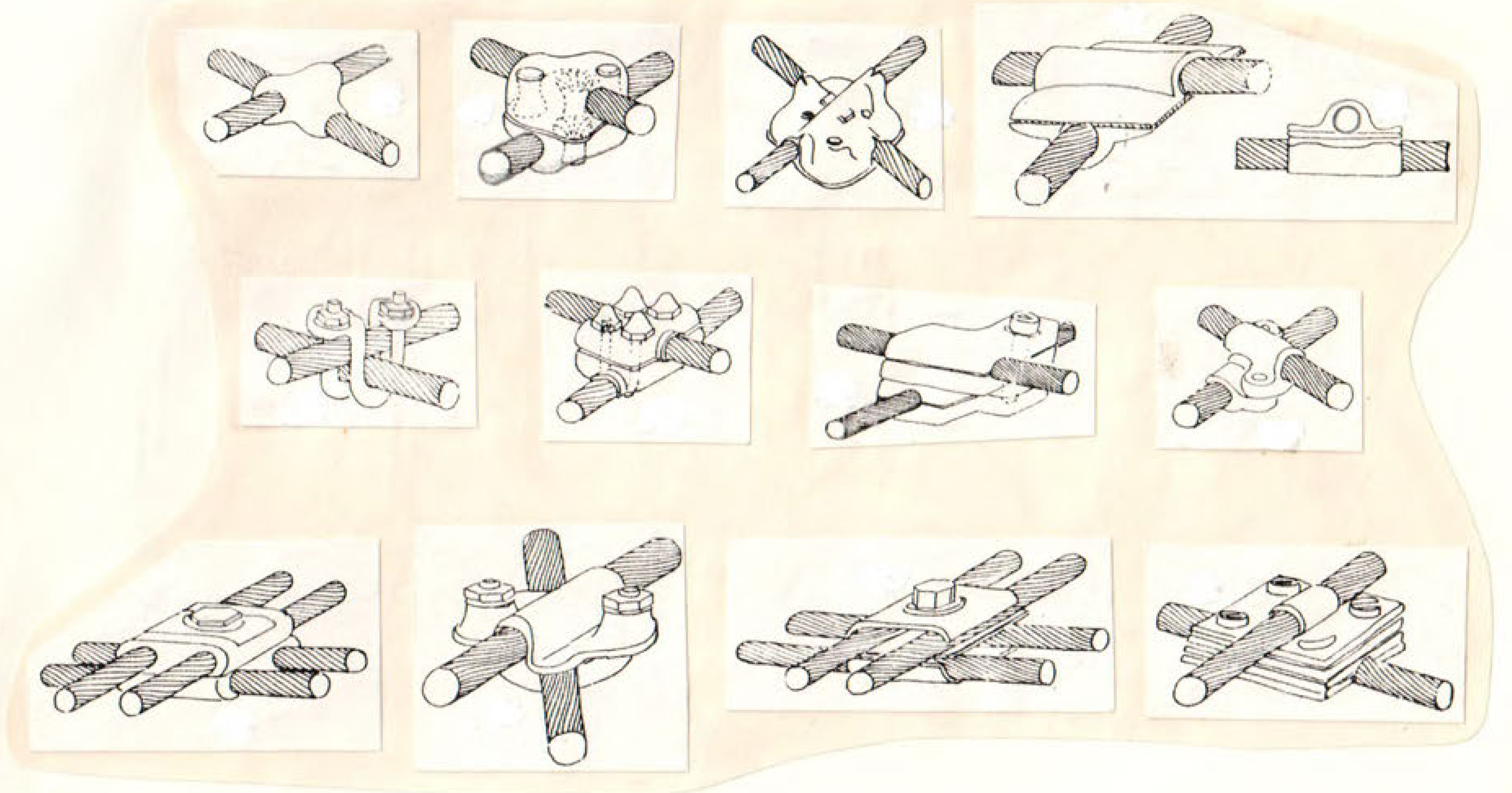
(53) Direction Frei Otto, IL-8, s. 311.

me noktalarında bir yüzey oluşturacak şekilde bağlanabilmektedir. Genellikle birbirlerine dik doğrultularda uzanan iki kablunun kesişme yerlerinde bağlanmalarını sağlayan düğüm elemanları kullanılmaktadır (Şekil 53).



Şekil 53: Kabloların düğüm elemanları ile bağlanması.

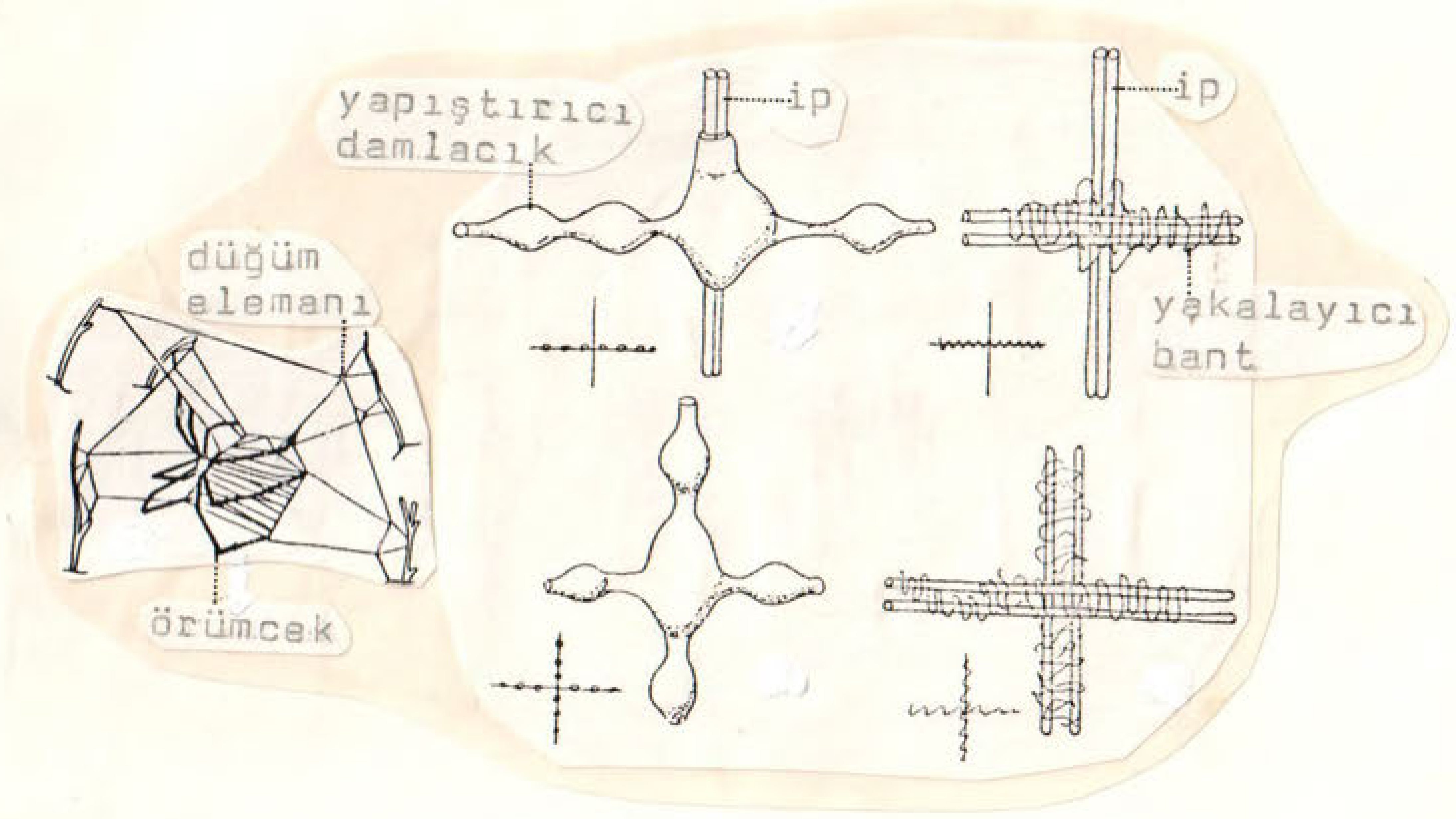
Çelik kabloların bir yüzey oluşturacak şekilde kesiştiği noktalarda dökme düğüm elemanları kullanılabilir. Dökme düğüm elemanlarında malzeme olarak, erime noktası düşük metaller (özel alaşımlar, çinko) veya çekmeye çalışan plastikler uygulanmaktadır. Bu tür düğüm elemanları olarak vida veya perçinle sıkıştırılan dökme parçalar da kullanılmaktadır. Ayrıca kaynakla birleştirilen metal düğüm elemanları da uygulanabilmektedir. Büyük açıklıkları geçebilen çelik kablo ağı düzenlerinde tercih edilen vidalı bağlantılarda ise düğüm elemanı olarak bulonlar ve kelepçeler kullanılmaktadır (Şekil 54).



Şekil 54: Çelik kabloların birbirlerine bağlanmasını sağlayan çeşitli düğüm elemanı örnekleri.

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerin düğüm elemanlarında doğa örneklerine benzer uygulamalar da yapılmaktadır. Bu sistemlerin doğadaki önemli esin kaynağı olan örümceklerin ağıları incelendiğinde, salgıladıkları ipleri birbirlerine düğümler oluşturarak bağladıkları görülmektedir. Bu bağlantıları ayrıca salgıladıkları yakalayıcı bantlarla veya noktasal bir şekilde salgıladıkları yapıştırıcı damlacıklarla gerçekleştirmektedirler<sup>(54)</sup> (Şekil 55).

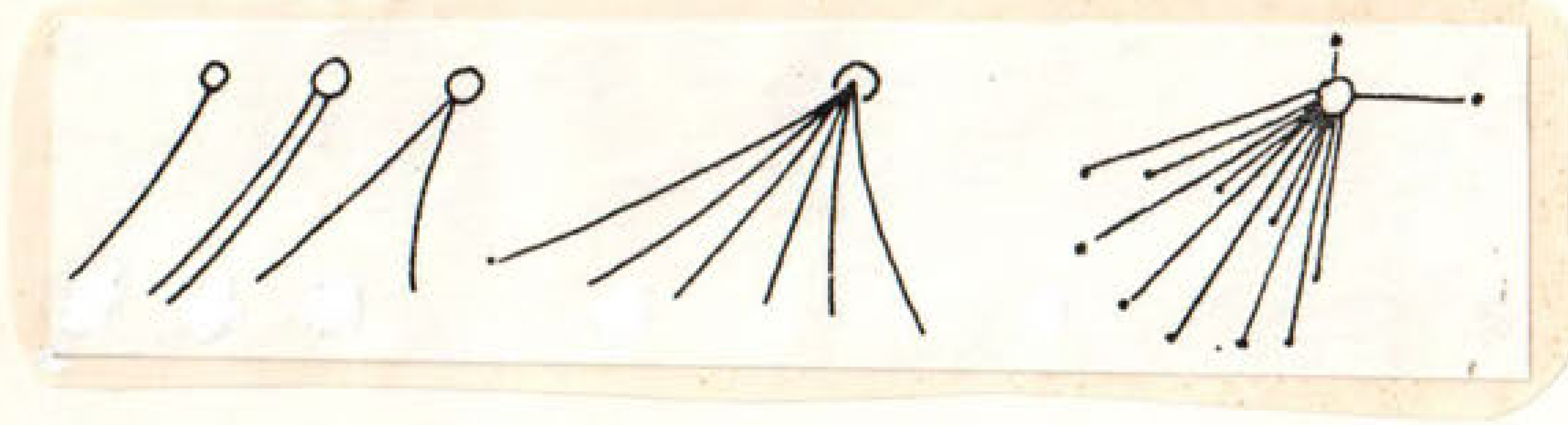
(54) İbid. s. 12, 13, 77, 78, 79, 82, 302.



Şekil 55: Düğüm elemanlarının doğa örnekleri.

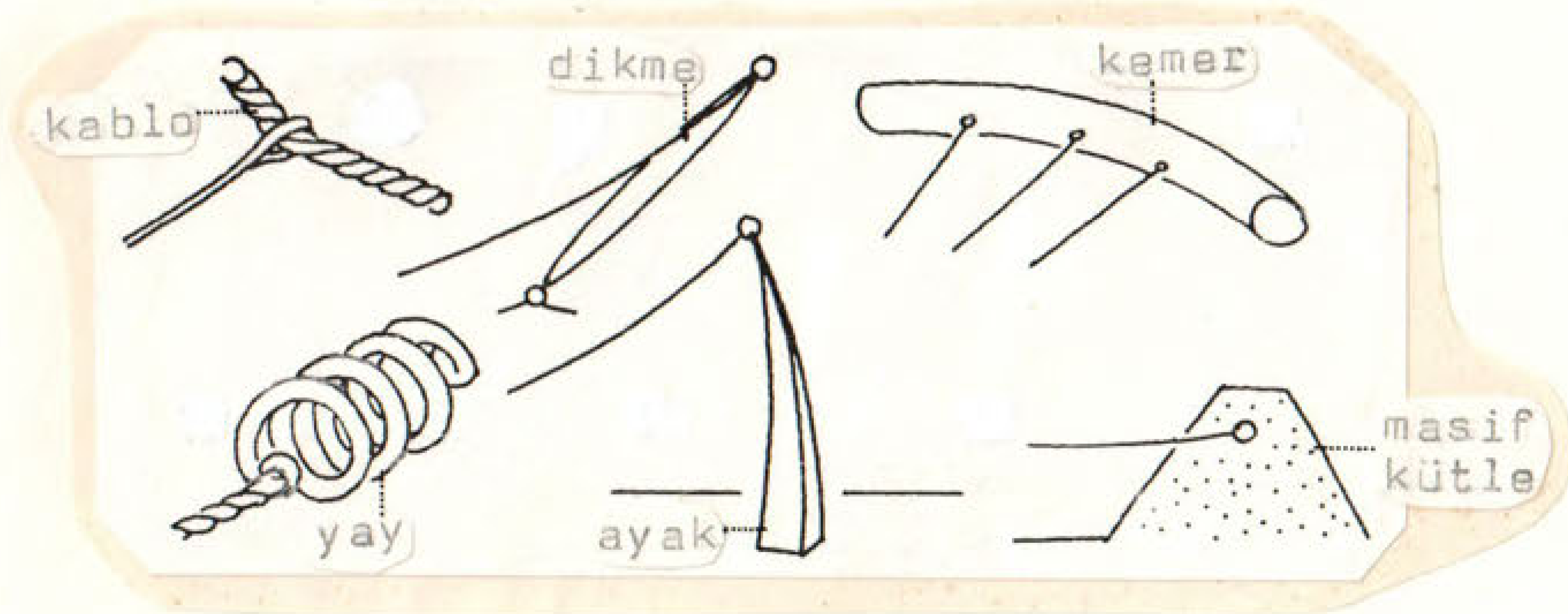
#### B. Asılma Elemanları:

Asılma elemanları, çelik kabloların birbirlerine bir ağ oluşturacak şekilde düğümlenmeleri sonucu elde edilen zıt yönde eğrilikli kablo düzeninde, taşıma ve germe kablolarını kenar elemanlara, ayrıca kablo kenar elemanları destek ve askı elemanları veya ankraj elemanlarına bağlayan elemanlardır. Kablolar yükleri bu elemanlara çekme kuvvetleri ile aktarmaktadır. Bir asılma elemanına tek kablo bağlanabildiği gibi gerektiğinde daha çok kablo da bağlanabilmektedir (Şekil 56).



Şekil 56: Asılma elemanına bir veya daha fazla kablonun bağlanması.

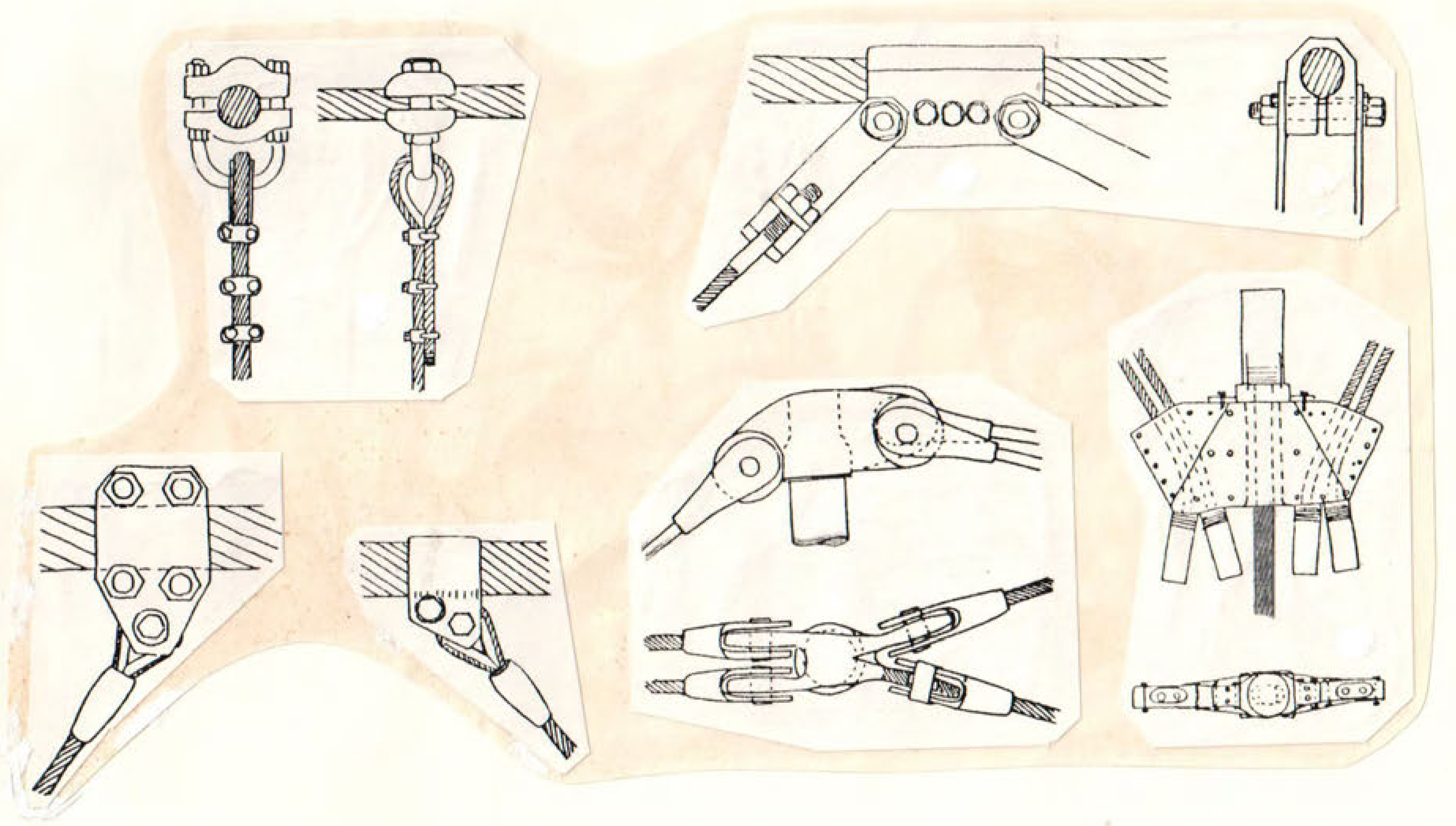
Asılma elemanları çeşitli strüktür elemanları üzerinde düzenlenebilmektedir. Çekmeye çalışan kablolar ve basınca çalışan dikmeler, kemerler bu amaçla kullanılabilir gibi, yaylar veya ayak şeklindeki masif kütleler üzerinde de aynı fonksiyon sağlanabilir (Şekil 57).



Şekil 57: Çeşitli elemanlar üzerinde asılma elemanı düzenlenmesi.

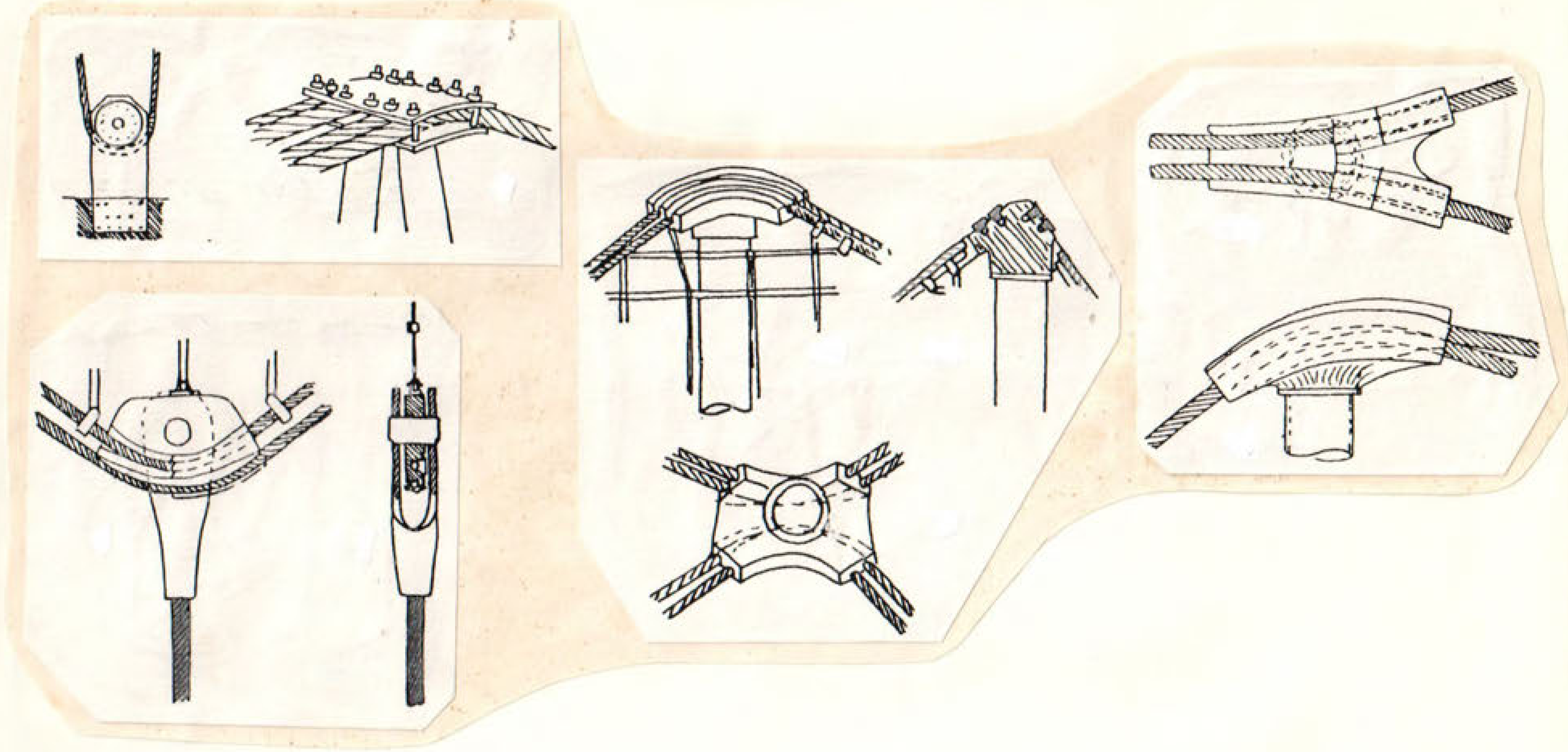
Uygulamalarda asılma elemanı olarak genellikle metal bağlantı parçaları ve çelik kablolar kullanılmaktadır. Bu elemanların oluşturulmasında çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Çoğunlukla, çelik kabloların uç kısımları bir halka oluşturu-

racak şekilde bükülerek veya metal bağlantı parçaları kullanılarak, vidalı kelepçelerle bağlanmasıyla elde edilmektedirler (Şekil 58).



Şekil 58: Çelik kabloların bağlandığı çeşitli asılma elemanı örnekleri.

Kabloların destek ve askı elemanları ile ankraj elemanlarına bağlandıkları bazı noktalarda asılma elemanı olarak, üç boyut içerisinde dağılabilmelerini ve yön değiştirebilmelerini sağlayan çeşitli bağlantı parçaları kullanılmaktadır (Şekil 59).

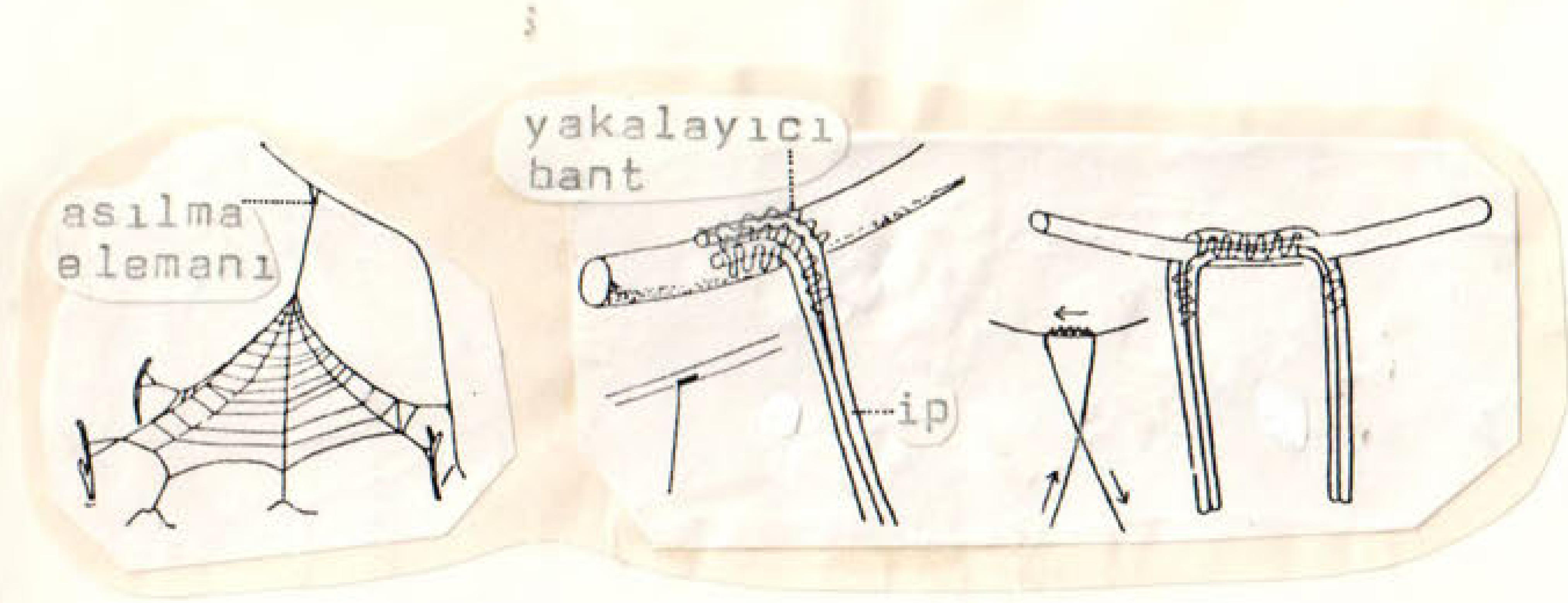


Şekil 59: Kabloların yön değiştirmelerini sağlayan çeşitli asılma elemanları.

Yaşayan doğada, örümceklerin ayrıca salgıladıkları bantlarla, ipleri bitki dalları gibi sabit noktalara bağlamaları, asılma elemanlarına belirgin örnek olarak verilebilir. Örümcek, iplerini sabit noktalara bağladıktan sonra bir düğüm noktasına kadar salgılamaya devam eder. Bazan da ipliklerini bağlantı noktasının biraz daha ötesinde keserek gevşek bitişler oluşturur<sup>(55)</sup> (Şekil 60).

(55) İbid, s. 12, 88, 89, 92, 93, 94, 95, 98, 306.



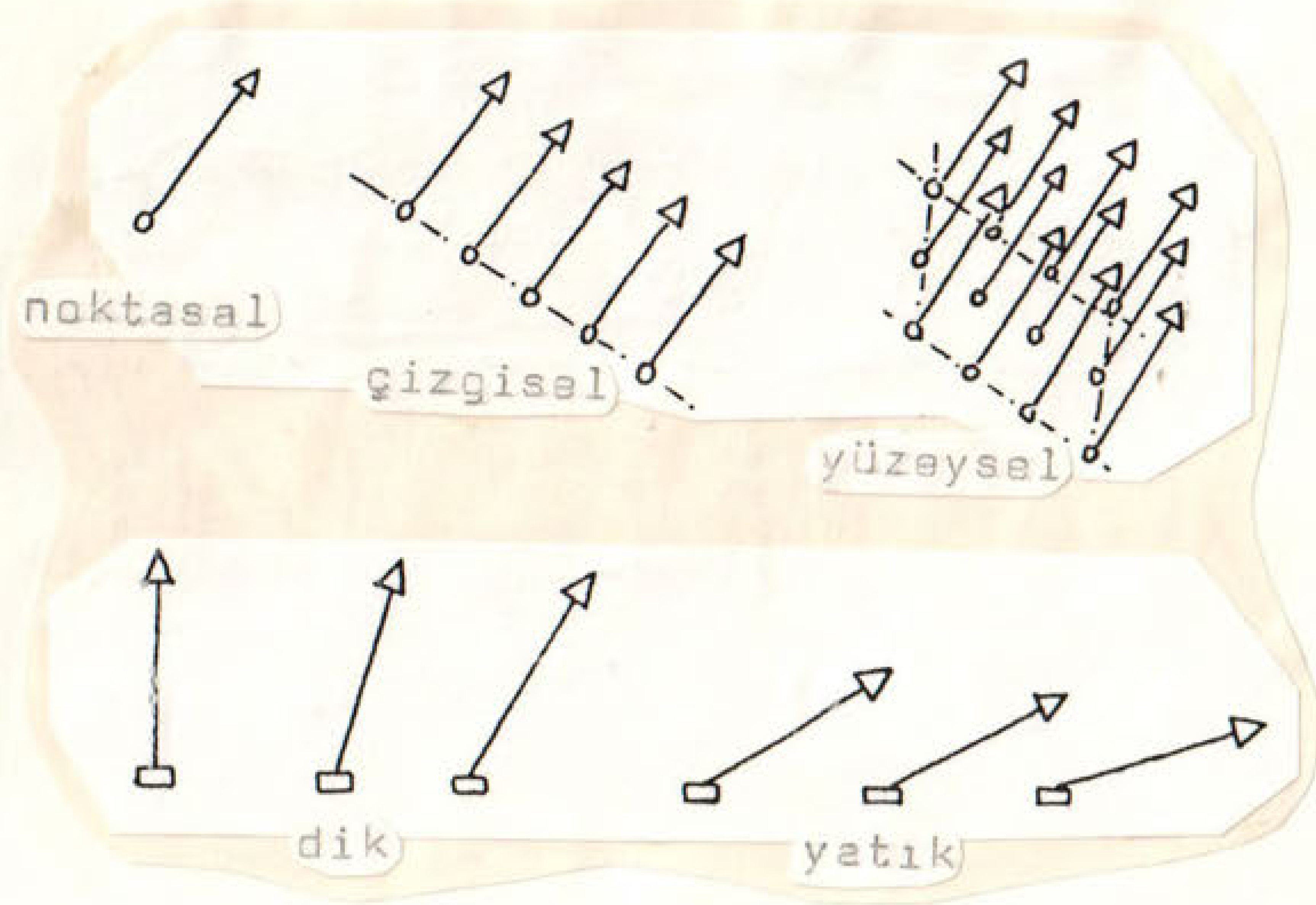


Şekil 60: Asılma elemanlarının doğa örnekleri.

### C. Ankraj elemanları:

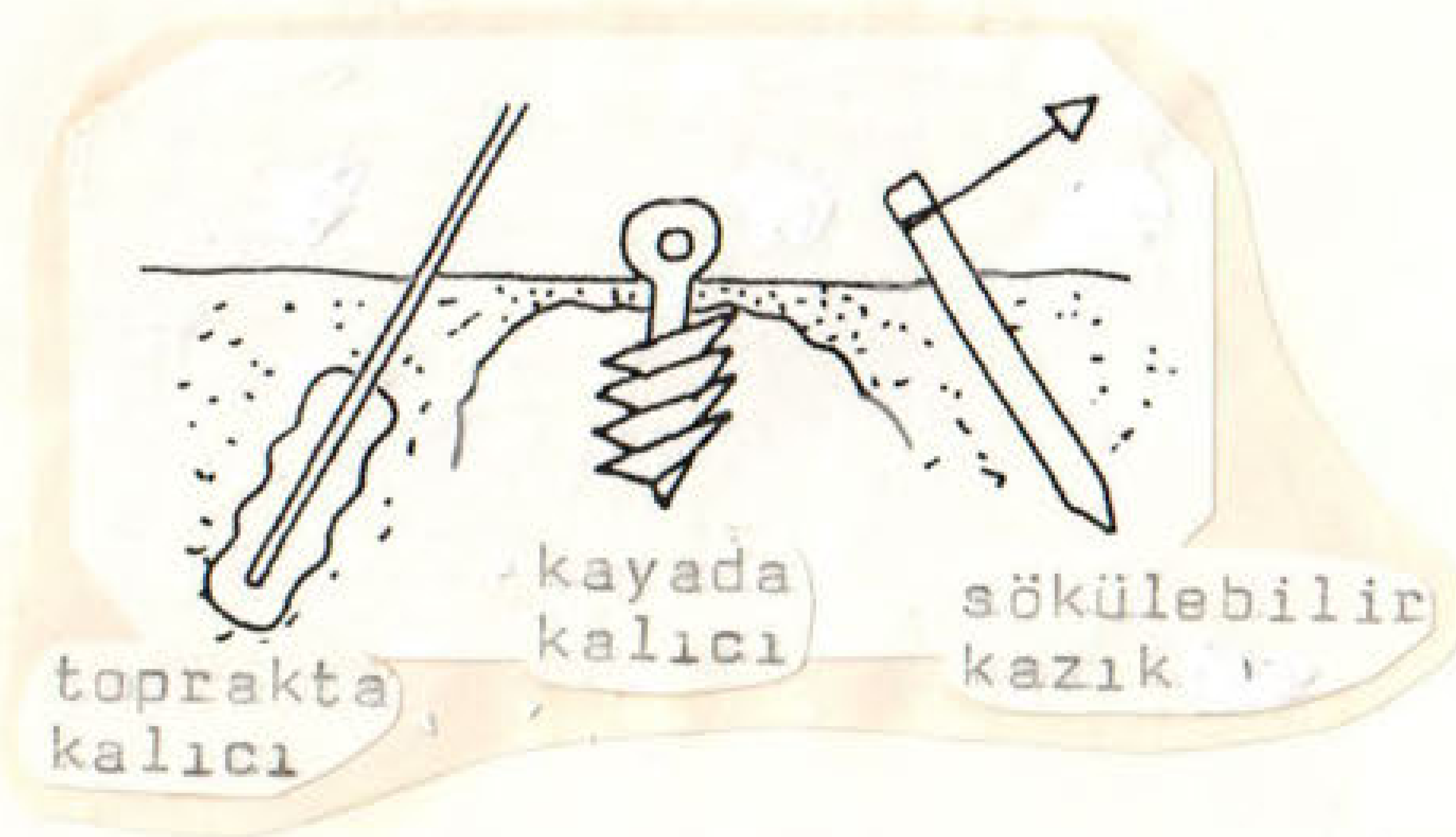
Ankraj elemanları, strüktürün formunu, devamlılığını ve dengesini koruyan, yüklerin zemine aktarıldığı sabit noktalar-  
dır. Strüktürün ankrajlara bağlanması asılma elemanları ile sağlanmaktadır.

Ankraj elemanlarında kuvvetler zemine noktasal, çizgisel ve yüzeysel olarak aktarılmaktadır. Ayrıca kuvvetlerin çıkış doğrultusuna göre de ankrajlar, dik ve yatık olarak düzenlenmektedir (Şekil 61).



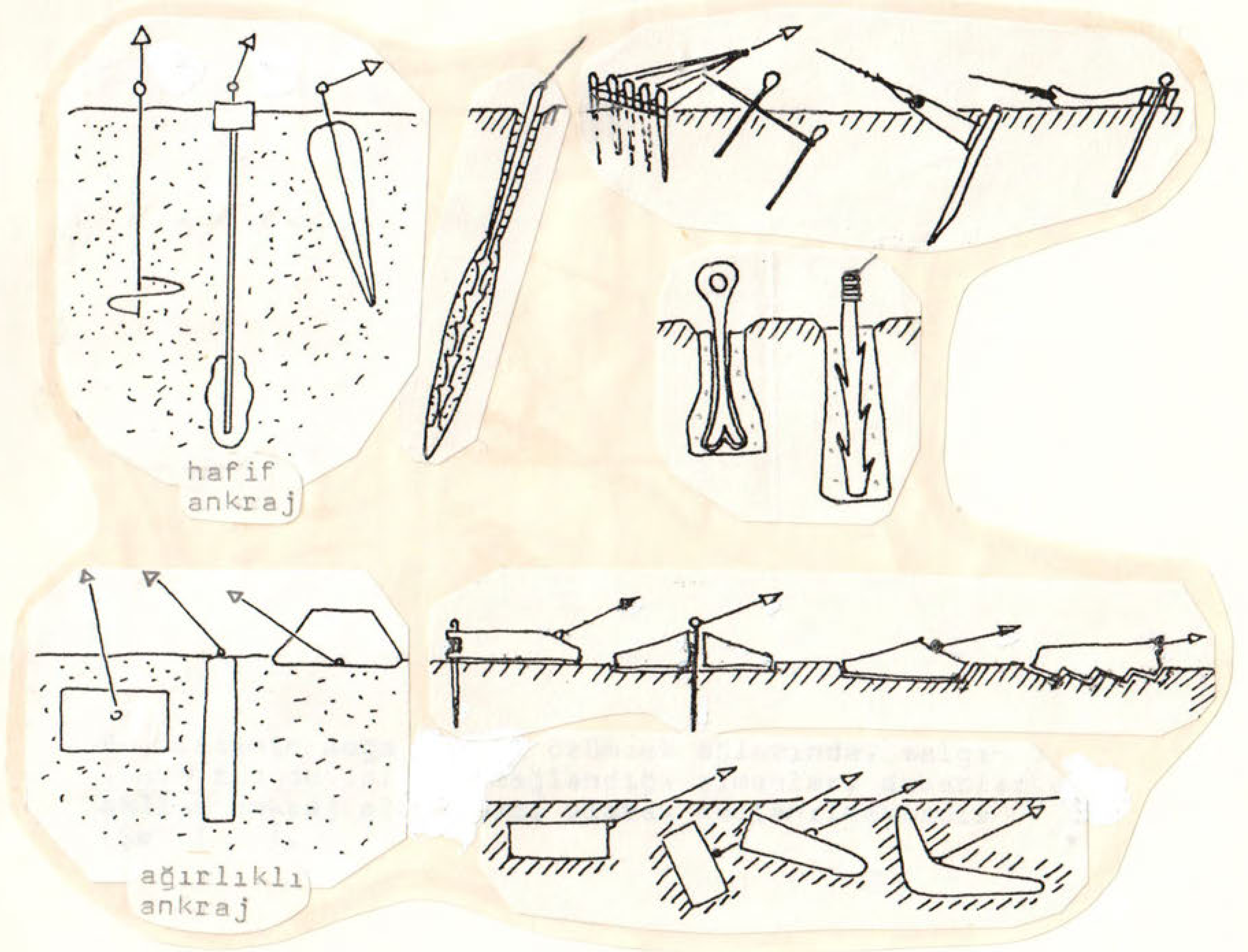
Şekil 61: Ankraj elemanlarında kuvvetlerin zemine aktarılma şekilleri.

Ankrajlar çeşitli zeminlerde oluşturulabilmektedir. Toprakta ve kayada kalıcı ankrajlar düzenlenebildiği gibi kazıklar şeklinde gerektiğinde sökülebilir ankrajlar da kullanılmaktadır (Şekil 62).



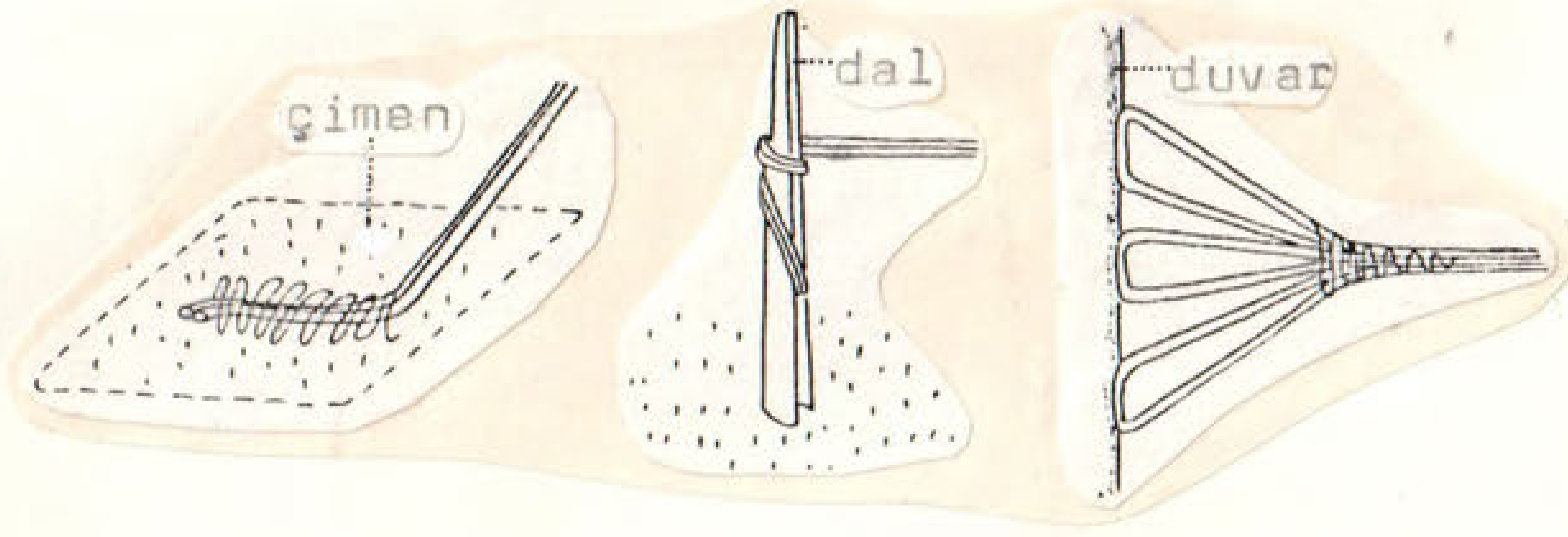
Şekil 62: Çeşitli zeminlerde oluşturulan ankraj elemanı türleri.

Ankraj elemanlarının elde edilmesinde, hafif ankraj veya ağırlıklı ankraj yöntemleri uygulanmaktadır. Hafif ankrajlar, vidalama, delerek betonlama ve kazık şeklinde düzenlenebilmektedir. Ağırlıklı ankraj olarak da zemin içinde veya zemin üstünde beton kütlesi oluşturularak ayrıca, kazılan ince derin temelleri betonlayarak uygulama yapılmaktadır (Şekil 63).



Şekil 63: Çeşitli ankraj elemanı örnekleri.

Bu sistemin doğa örneği örümcek ağlarında, salgılanan tutucu iplerin bağlandığı çimenler, dallar veya duvarlar ankraj elemanları olarak kullanılmaktadır<sup>(56)</sup> (Şekil 64).



Şekil 64: Ankraj elemanlarının doğa örnekleri.

(56) İbid, s. 26, 38, 311, 312.

## 2.4. FORM İMKANLARI

Üstün malzeme nitelikleri nedeniyle, "antiklastik", hiperbolik paraboloid yüzeyler şeklinde bükülebilen zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerin getirdiği form çeşitliliği, mekan örtüsü tasarımı olumlu yönde etkilemektedir. Kuruluş düzenleri ve temel ilkelerinin sağladığı form imkanları, değişik uygulama türleri ile eleman seçimine bağımlı olarak mimarinin gerektirdiği düzeyde geliştirilebilmektedir<sup>(57)</sup>.

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerin mekan örtüsü tasarımına sağladığı form imkanları, strüktürde kullanılan kenar elemanların nitelikleri ile ilgili olarak incelenebilirler. Kenar elemanların çalışma ilkeleri yönünden yapılacak bir sınıflandırmaya göre form imkanları;

- Rijit kenar elemanlı formlar,
- Fleksibl kenar elemanlı formlar,
- Karma kenar elemanlı formlar,

şeklinde gruplanabilir.

### 2.4.1. Rijit Kenar Elemanlı Formlar

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerde, değişik nitelikte rijit kenar elemanlar arasına gerilen kablo ağları ile çeşitli formlar elde edilebilmektedir. Rijit kenar elemanlı formları, kenar elemanların düzenleniş şekillerine göre, "basit formlar" ve "birleşik formlar" olmak üzere iki grupta toplamak imkanı vardır<sup>(58)</sup>.

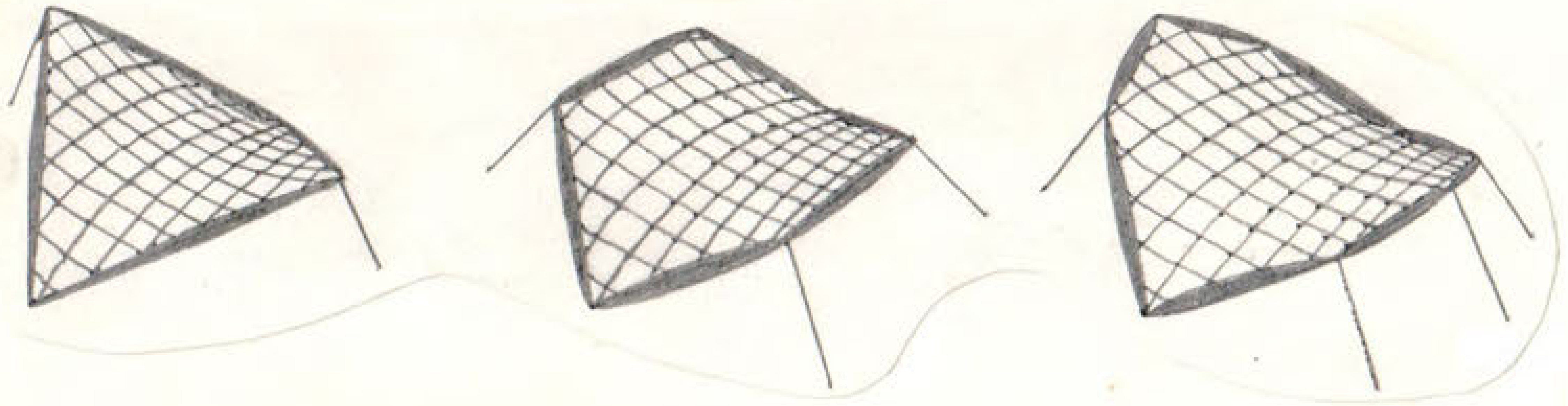
(57) Bayülgen, s. 71.

(58) Gökçe, Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 111.

A. Rijit kenar elemanlı "basit" formlar:

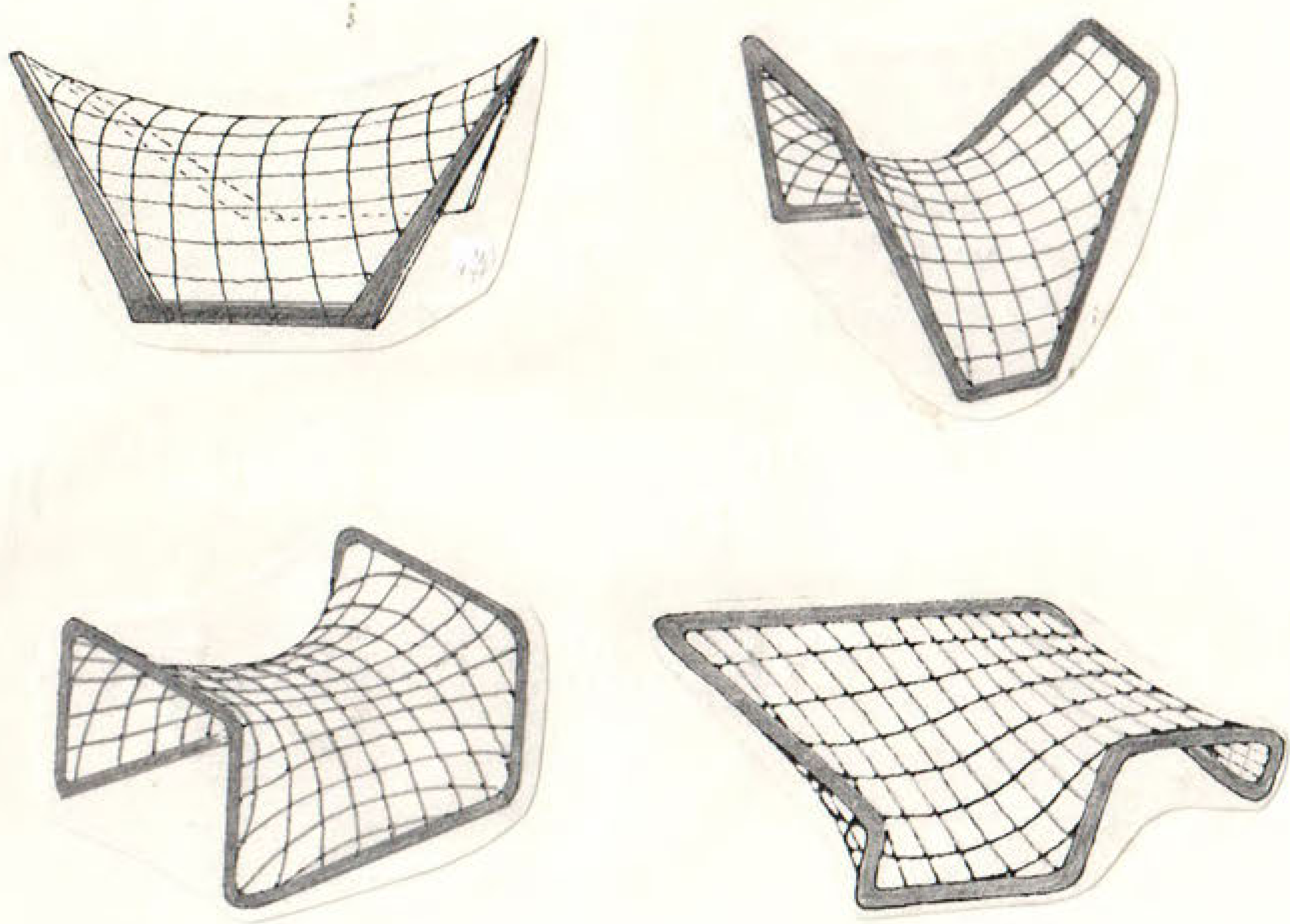
Taşıma ve germe kablolarının rijit kenar elemanlara "antiklastik", hiperbolik paraboloid yüzey şeklinde asılmaları ile düzenlenen "kapalı sistemler", rijit kenar elemanlı basit formları meydana getirmektedirler. Bu formlar, rijit kenar elemanların geometrisi ile ilgili olarak, "doğrusal", "eğrisel" ve "karma" rijit kenar elemanlı basit formlar şeklinde incelenebilirler.

Mesnetleri üzerinde eğik konumlarda düzenlenen doğrusal kenar elemanlar kullanılarak, antiklastik yüzey şeklinde bükülmüş, doğrusal rijit kenar elemanlı basit formlar elde edilmektedir. Doğrusal rijit kenar elemanlarda meydana gelen eğilme momentleri, bir çok kısa çubuğa dağıtma yolu ile azaltılabilir (Şekil 65).



Şekil 65: Doğrusal rijit kenar elemanların arttırılması ile elde edilen basit formdaki çeşitli örnekler.

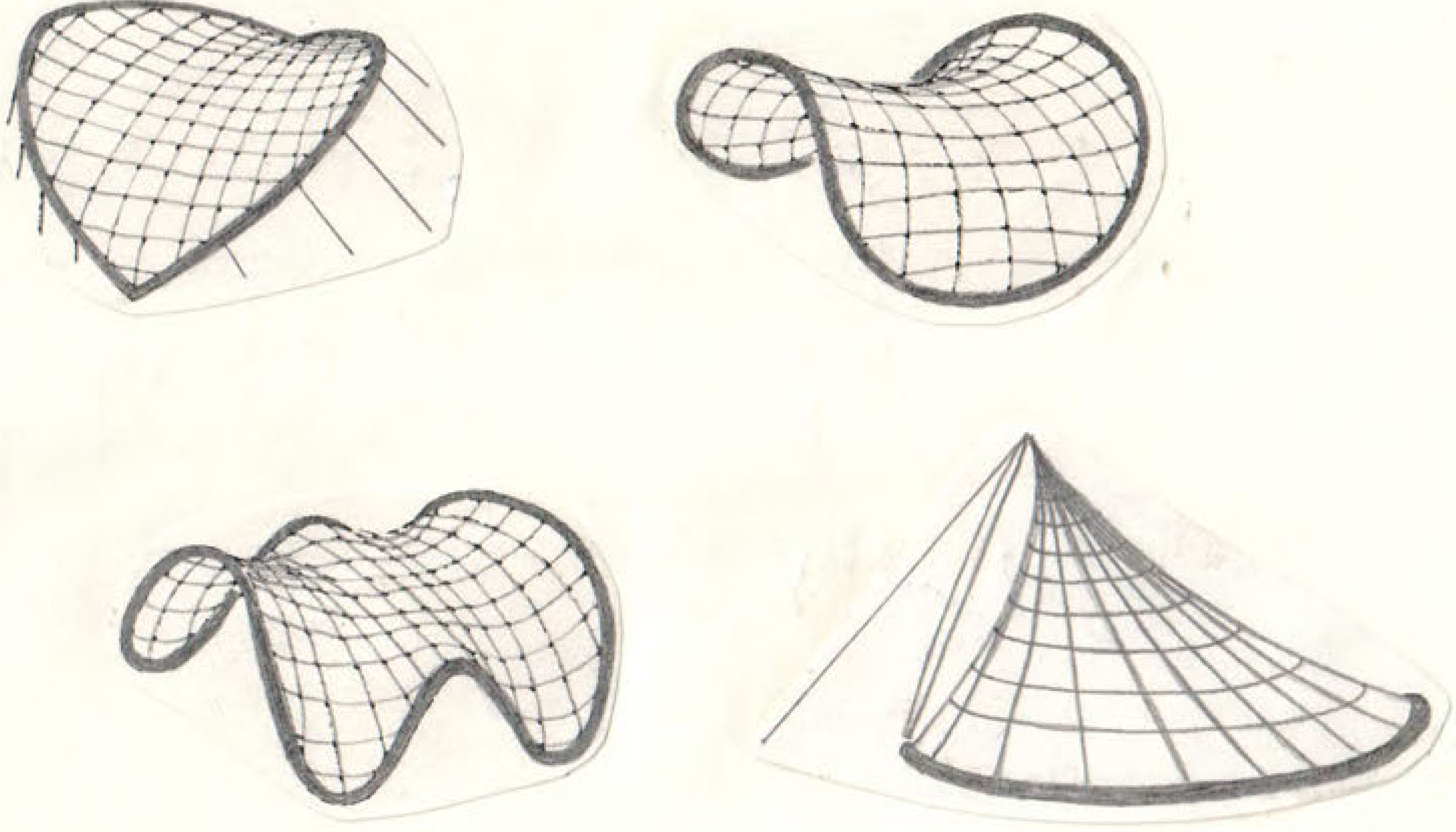
Ayrıca, dışarıdan desteklenmeyen kenar elemanlarda, keskin sınırlar yumuşatılarak sistemin rijitliği arttırılabilir (Şekil 66).



Şekil 66: Keskin sınırların yumuşatıldığı doğrusal rijit kenar elemanlı basit formdaki çeşitli örnekler.

Sistemin geometrik çerçevesi üzerinde eğik konumlarda oluşturulan eğrisel kenar elemanlar kullanılarak, antiklastik yüzeyde, eğrisel rijit kenar elemanlı basit formlar düzenlenebilmektedir. Sürekli ve daha çok basınca çalışan bu kenar elemanlar, sabit eğrilikli olabildiği gibi, yumuşak dalgalı formlarda da kurulabilirler. Ayrıca, bir noktadan radyal doğrultuda dağılan kabloların eğrisel rijit kenar elemanlara bağlanarak gerilmeleri ile yüksek noktalı basit formlar elde edilmektedir<sup>(59)</sup> (Şekil 67).

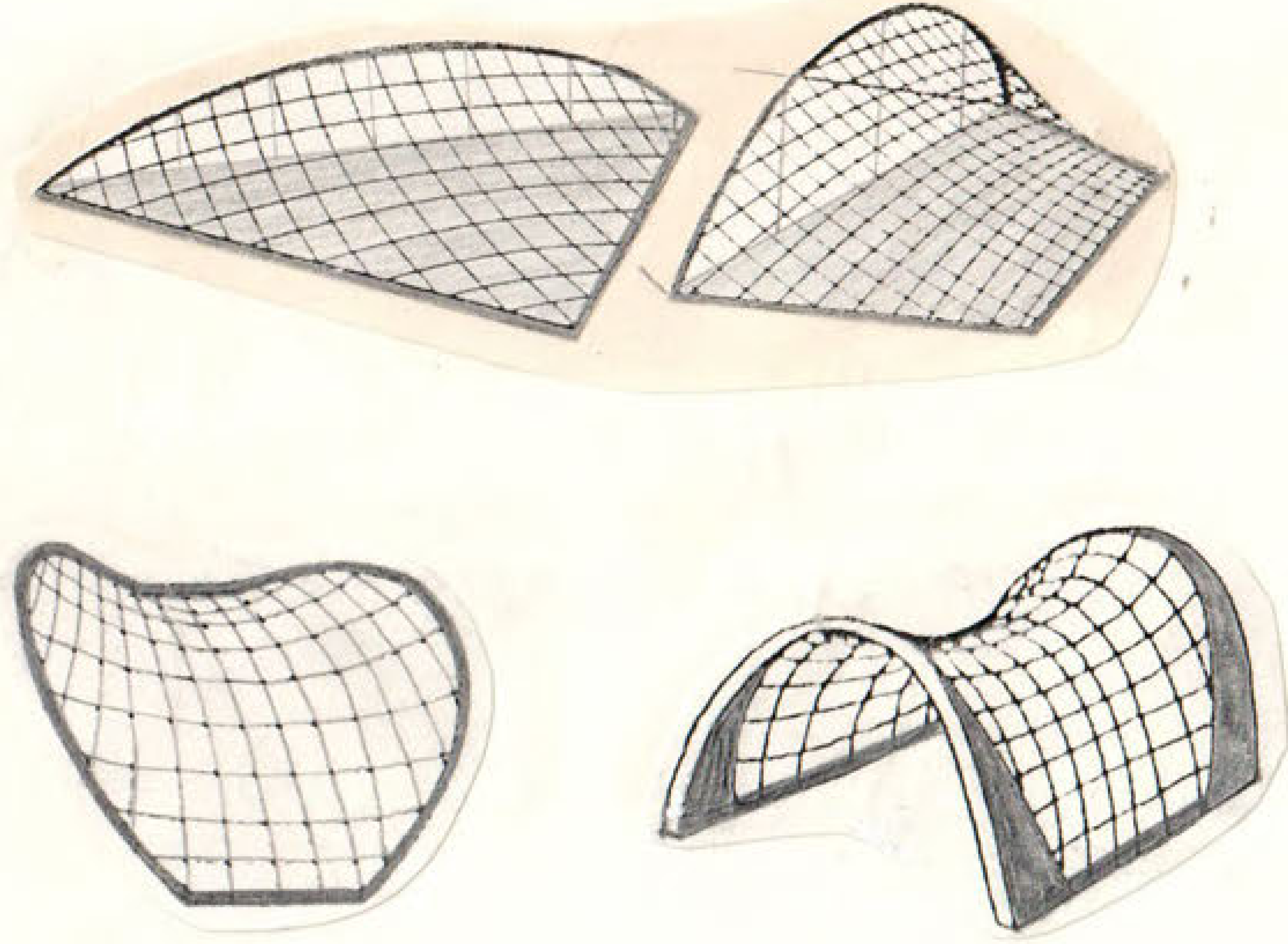
(59) Roland, s. 17, 63).



Şekil 67: Eğrisel rijit kenar elemanlı basit formdaki çeşitli düzenlenişler.

Karma rijit kenar elemanlı basit formlar, doğrusal ve eğrisel rijit kenar elemanların birlikte kullanılmaları sonucu elde edilmektedir. Bu tür strüktürlerde, doğrusal kenar elemanlar ile eğrisel kenar elemanlar ortak bir direnç göstermektedirler (Şekil 68).



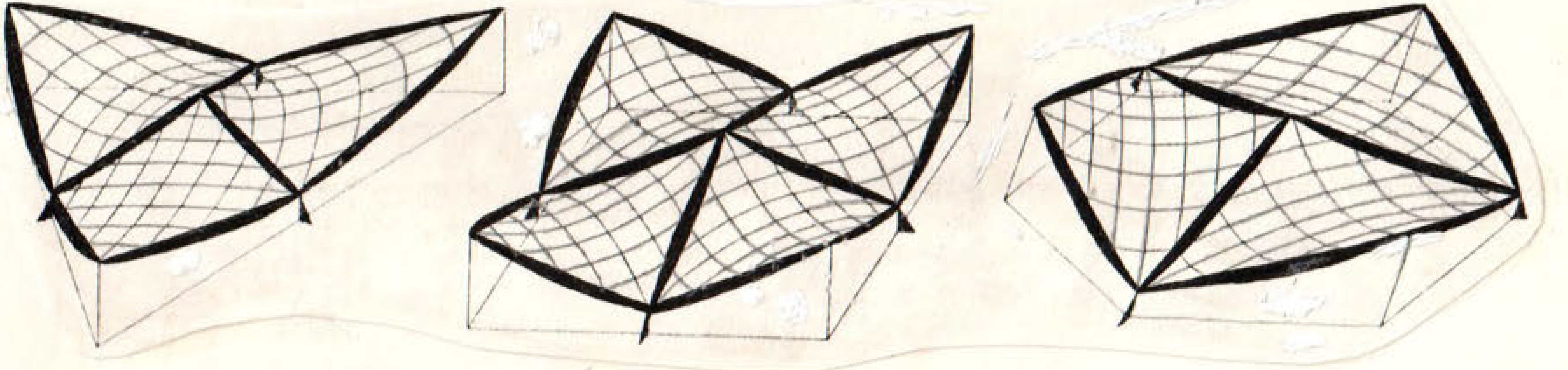


Şekil 68: Karma rijit kenar elemanlı basit formdaki çeşitli düzenle-  
nişler.

#### B. Rijit kenar elemanlı "birleşik" formlar:

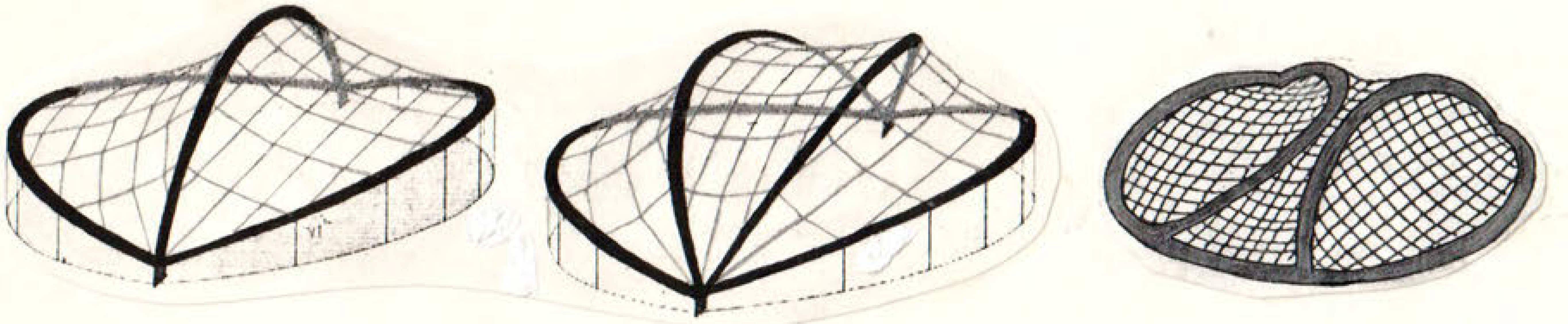
Rijit kenar elemanlı basit formdaki zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerin, sistemin geometrisine uygun şekilde çoğaltılarak bir arada düzenlenmeleri ile rijit kenar elemanlı birleşik formlar elde edilmektedir. Bu birleşik formları, rijit kenar elemanların geometrisi yönünden, doğrusal, eğrisel ve karma rijit kenar elemanlı birleşik formlar şeklinde inceleme imkanı vardır.

Doğrusal rijit kenar elemanlı basit formların bir arada kullanımı ile birleşik formlu tasarımlar sağlanabilir (Şekil 69).



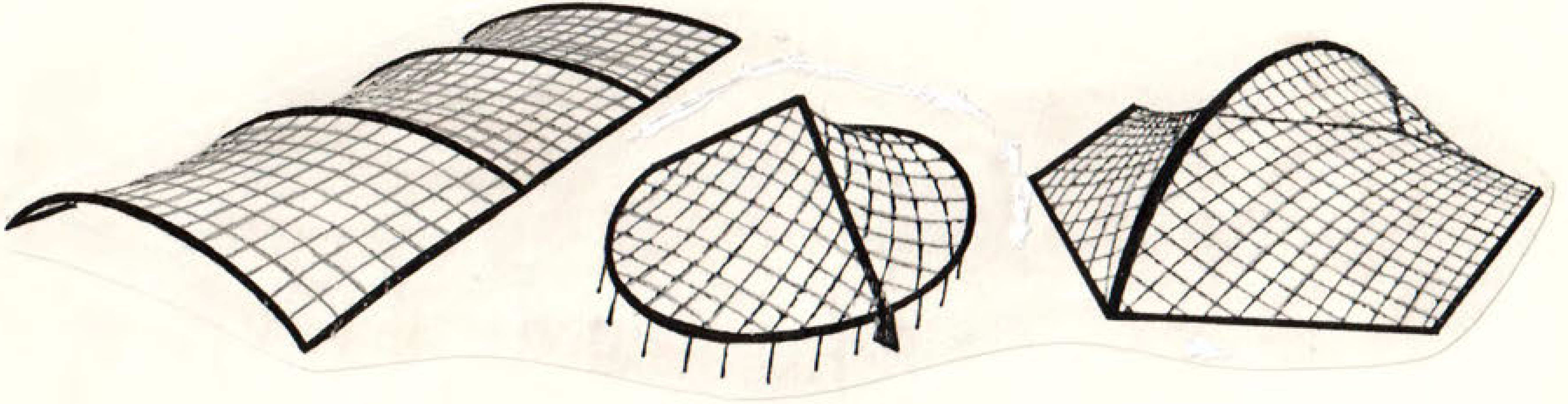
Şekil 69: Doğrusal rijit kenar elemanlı birleşik formdaki çeşitli düzenlenişler.

Eğrisel rijit kenar elemanlı basit formların bir arada düzenleniş şekillerine göre, değişik birleşik formlar kazanılmaktadır (Şekil 70).



Şekil 70: Eğrisel rijit kenar elemanlı birleşik formdaki çeşitli düzenlenişler.

Doğrusal ve eğrisel rijit kenar elemanlı basit formların birlikte kullanılmaları sonucu, karma birleşik formlar elde edilmektedir (Şekil 71).



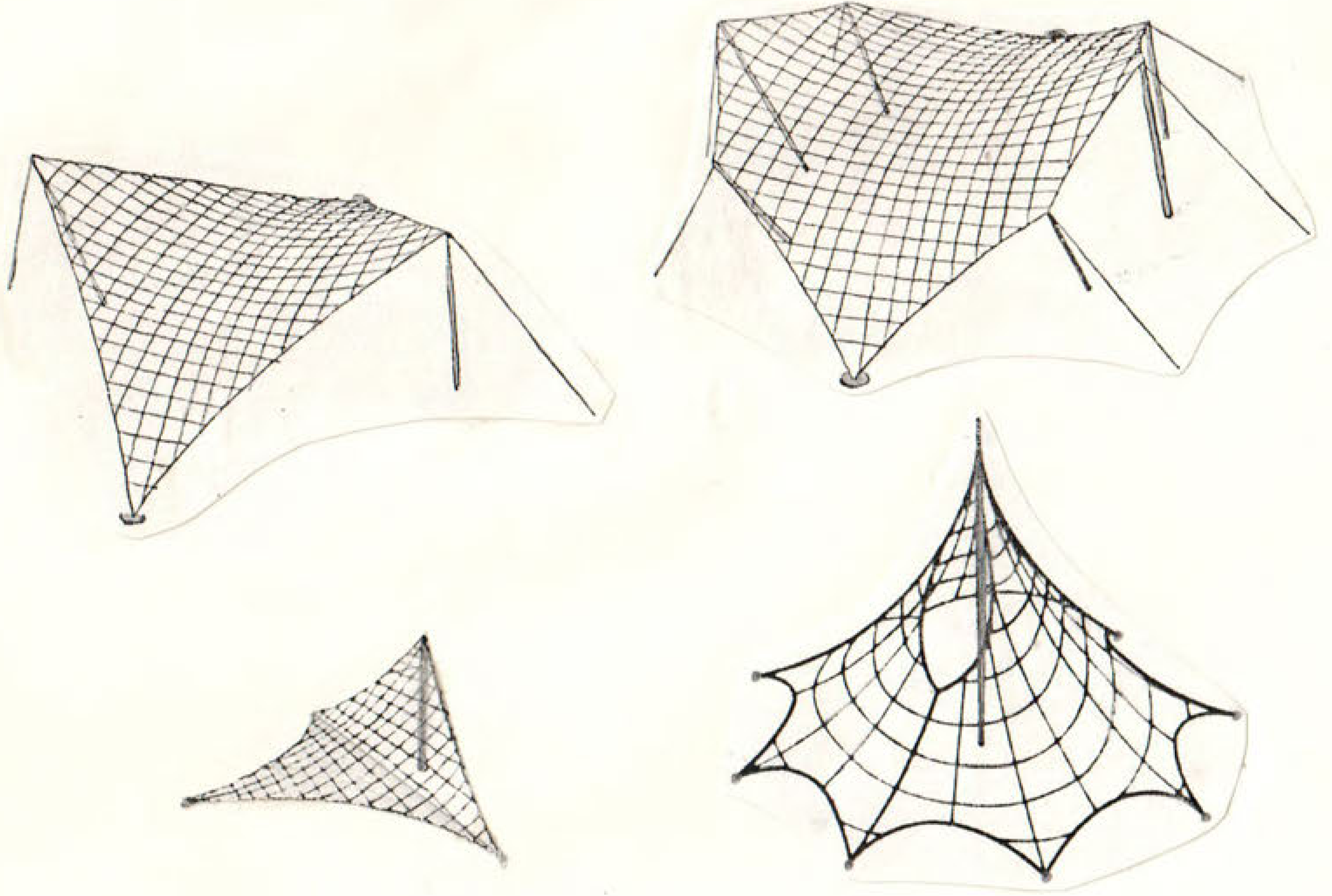
Şekil 71: Karma rijit kenar elemanlı birleşik formdaki çeşitli örnekler.

#### 2.4.2. Fleksibl Kenar Elemanlı Formlar

Değişik şekillerde düzenlenen fleksibl kenar elemanlar arasına gerilen kablo ağları, mekan örtüsü tasarımına çeşitli form imkanları kazandırmaktadır. Bu formları, fleksibl kenar elemanının kuruluş düzenlerine göre, "basit formlar" ve "birleşik formlar" olmak üzere iki grupta toplamak imkanı vardır.

##### A. Fleksibl kenar elemanlı "basit" formlar:

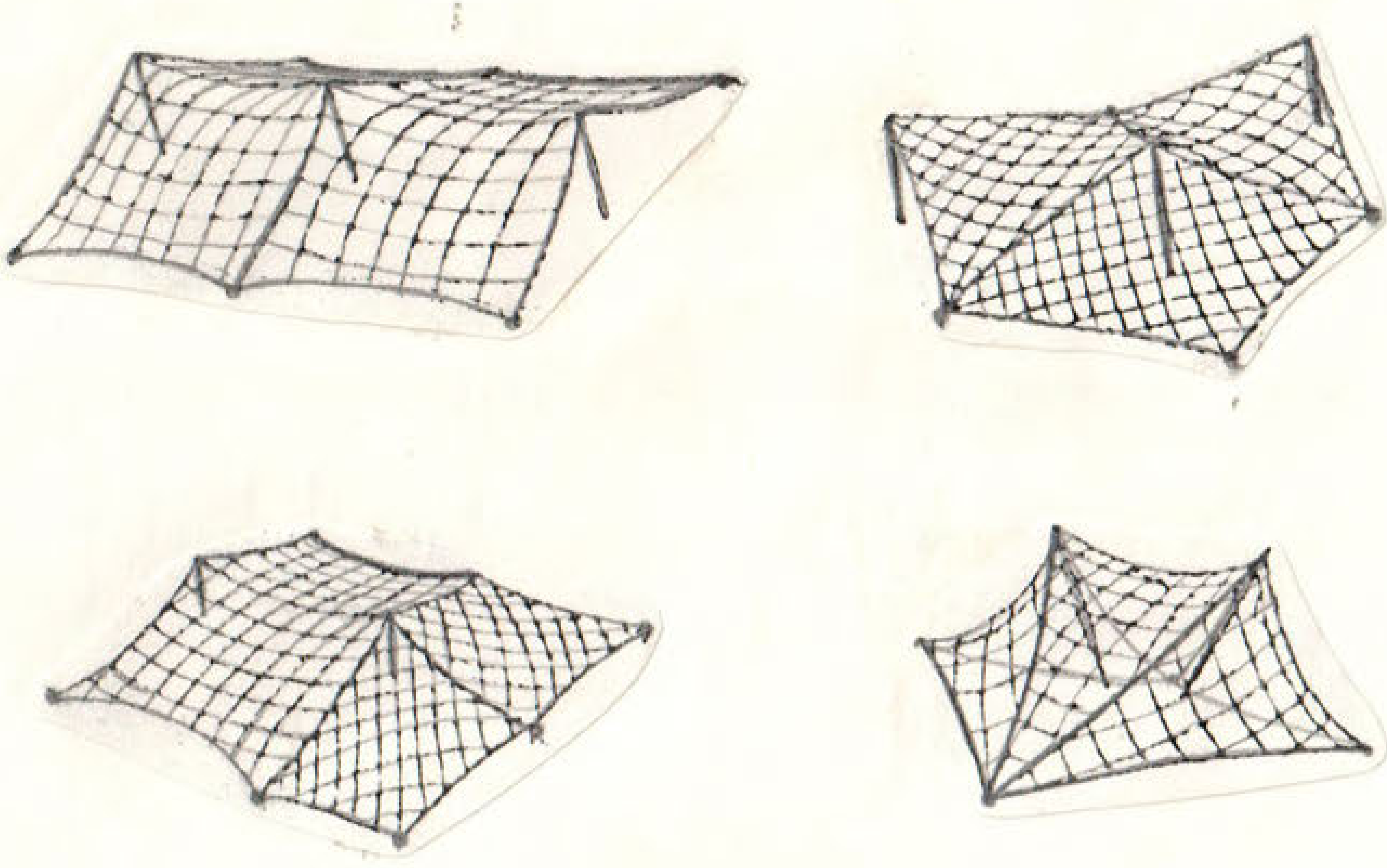
Zıt yönden eğrilikli kablo ağı strüktürlerde, taşıma ve germe kablolarının fleksibl kenar elemanlar arasında "antiklastik", hiperbolik paraboloid yüzey şeklinde gerilmeleri ile düzenlenen "kapalı sistemler", fleksibl kenar elemanlı basit formları meydana getirmektedirler. Bu formlar, fleksibl kenar elemanların destek, asılma ve gerilme noktalarının düzenine göre değişmektedir (Şekil 72).



Şekil 72: Fleksibl kenar elemanlı basit formdaki çeşitli örnekler.

B. Fleksibl kenar elemanlı "birleşik" formlar:

Fleksibl kenar elemanlı basit formdaki zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerin sistemin geometrisine uygun şekilde çoğaltılarak bir arada düzenlenmeleri ile fleksibl kenar elemanlı birleşik formlar elde edilmektedir. Bu birleşik formlar, fleksibl kenar elemanların destek, asılma, gerilme noktalarının düzenleri ve birbirleri ile olan ilişkilerine göre değişmektedir (Şekil 73).



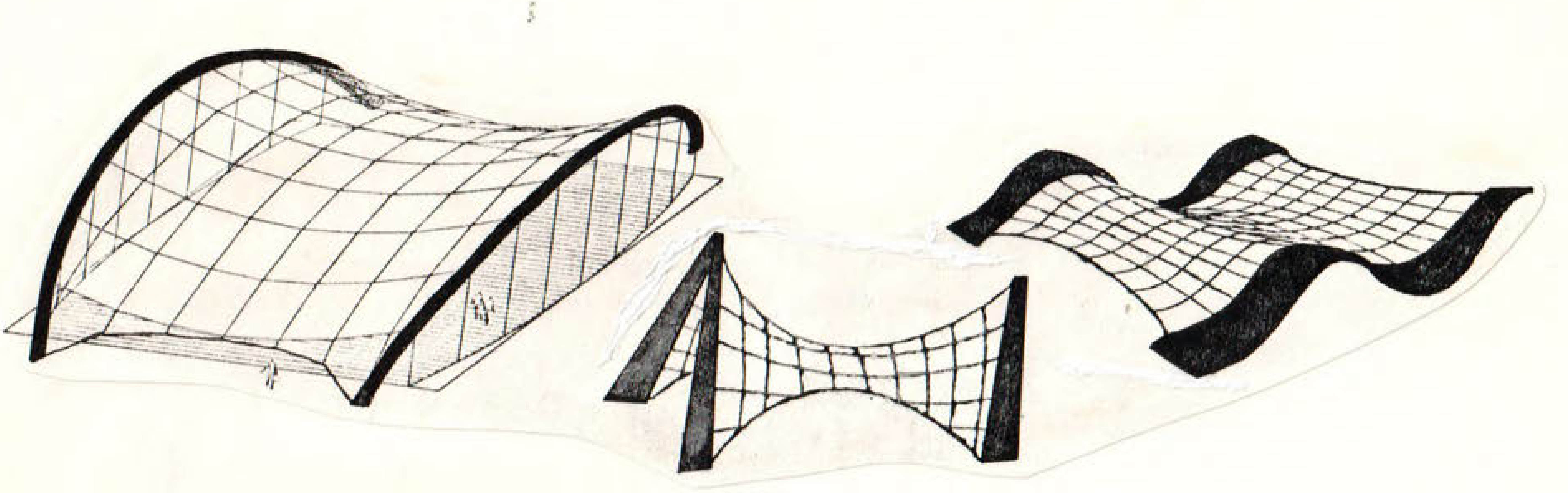
Şekil 73: Fleksibl kenar elemanlı birleşik formdaki çeşitli düzenlenişler.

#### 2.4.3. Karma Kenar Elemanlı Formlar

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerde, değişik şekillerde kullanılan rijit ve fleksibl kenar elemanlar arasına gerilen kablo ağları ile çeşitli formlar elde edilmektedir. Bu formları rijit ve fleksibl kenar elemanların kuruluş düzenlerine göre, "basit formlar" ve "birleşik formlar" olarak iki grupta toplamak imkanı vardır.

##### A. Karma kenar elemanlı "basit" formlar:

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerde, taşıma ve germe kablolarının rijit ve fleksibl kenar elemanlar arasında "antiklastik", hiperbolik paraboloid yüzey şeklinde gerilmeleri ile düzenlenen "kapalı sistemler", karma kenar elemanlı basit formları meydana getirmektedirler. Bu formlar, rijit kenar elemanının destek, asılma, gerilme noktalarının düzenine göre değişmektedir (Şekil 74).



Şekil 74: Karma kenar elemanlı basit formdaki çeşitli örnekler.

B. Karma kenar elemanlı "birleşik" formlar:

Karma kenar elemanlı basit formdaki zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerin, sistemin geometrisine uygun şekilde çoğaltılarak bir arada düzenlenmeleri ile karma kenar elemanlı birleşik formlar elde edilmektedir. Bu formlar, rijit ve fleksibl kenar elemanların düzenlerine, geometrilerine ve birbirleriyle olan ilişkilerine göre değişmektedir (Şekil 75).



Şekil 75: Karma kenar elemanlı birleşik formdaki çeşitli örnekler.

## 2.5. ÖRTÜ KAPLAMASI

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerde yapının dış etkilere karşı korunmasını örtü kaplaması sağlamaktadır. Örtü yüzeyleri "antiklastik", hiperbolik paraboloid formda ve bazan büyük eğimlerde olduğu için, örtü kaplamasının gerilen ağa rahatça ve uygun bir şekilde oturabilme imkanı bulunması gerekmektedir. Günümüzde örtü kaplaması olarak, bükülebilen, olumsuz atmosfer koşullarına dayanabilen, uzun ömürlü, yeterli ısı yalıtımına sahip, yangına dayanıklı, basit, ince, hafif ve ucuz malzemeler aranmaktadır<sup>(60)</sup>.

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürlerde örtü kaplaması olarak çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Kullanılan bazı yöntemler şunlardır;

- Beton kaplamalar,
- Ahşap elyafı levha kaplamalar,
- Işık geçiren kaplamalar.

### 2.5.1. Beton Kaplamalar

Beton kaplamalar, betonun uygulama şekline göre, yerinde dökme veya plak kaplamalar olarak incelenebilir.

#### A. Yerinde dökme beton kaplamalar:

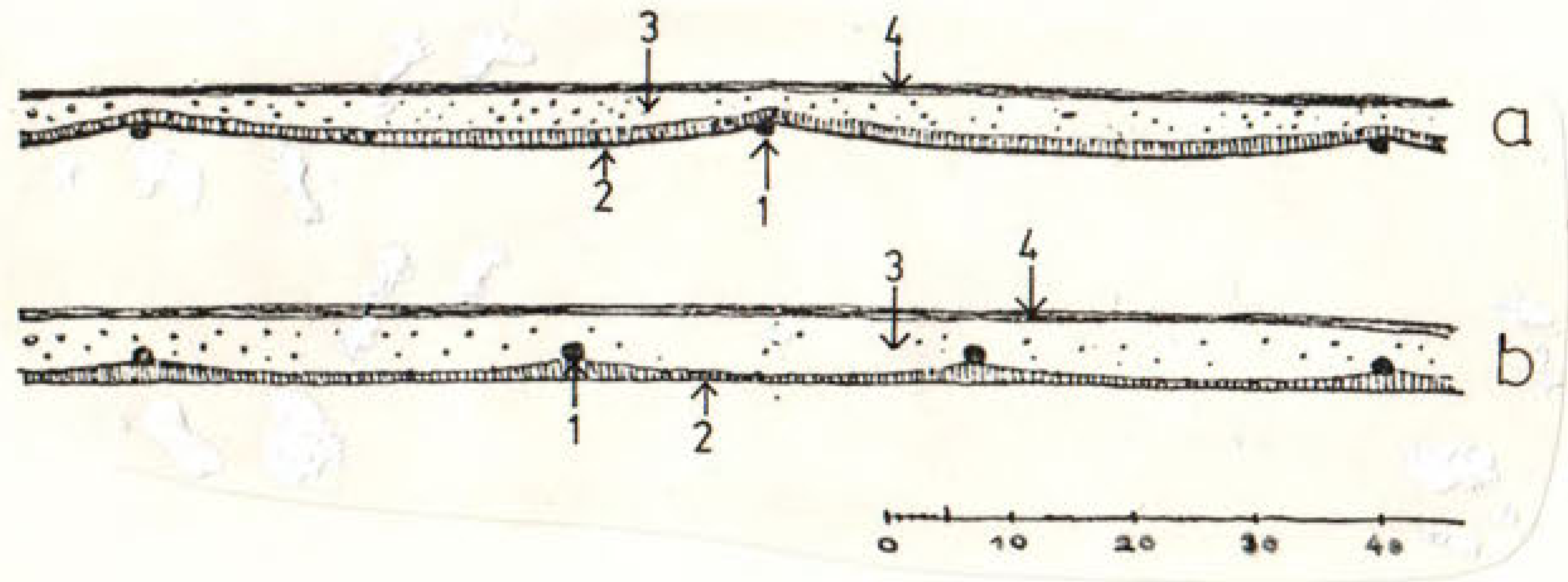
Bu tip örtü kaplaması, yerinde dökme hafif beton ile üzerine konacak yalıtım malzemelerinden elde edilen bir sistemdir. Örtü kaplamasını taşıtmak amacıyla taşıyıcı sistemin şu bölümlerden oluşması gerekmektedir;

- 50-35 cm. aralıklı, örtü kaplamasını taşıyacak olan ana taşıyıcı kablo ağı.

(60) Cemil Gerçek, Yapıda Taşıyıcı Sistemler, Ankara, Doğu Matbaacılık, 1979, s. 113.

- Beton içinde kalıp, betonun dökülmesini mümkün kılan, ayrıca betonla birlikte bir betonarme anlamında çalışacak olan ince aralıklı rabitz tel fonksiyonunda taşıyıcı kanaviçe ağı.
- Taşıyıcı kanaviçe ağı üzerine dökülen ve örtünün bütün eğimlerine uyabilen 1.5-2 cm. kalınlıklı bir beton zar.

İnce beton zar, örtünün eğriliğini kolayca izlemesi ve elastiki olması nedeniyle taşıyıcı ağın bütün hareketlerine uyması bakımından çok elverişlidir. Ancak bu tabakada kıl çatlaklarının önüne geçmek mümkün olmadığından, özellikle örtü dış tesirlerin etkisi altında ise, daima bir örtü malzemesi ile kaplamak gerekir. Bu ince beton tabakasına ana taşıyıcı ağın kabloları sığmayacağından, betonu tutacak kanaviçeyi ağın üstüne veya altına koymak gerekmektedir. İnce beton zar ağın üstünde olduğu durumda ağı alttan görünür. Bu nedenle taşıyıcı kablolar ve kanaviçe ağı korozyona karşı iyice korunmalıdır (Şekil 76).



Şekil 76: Yerinde dökme beton örtü kaplaması detayları.

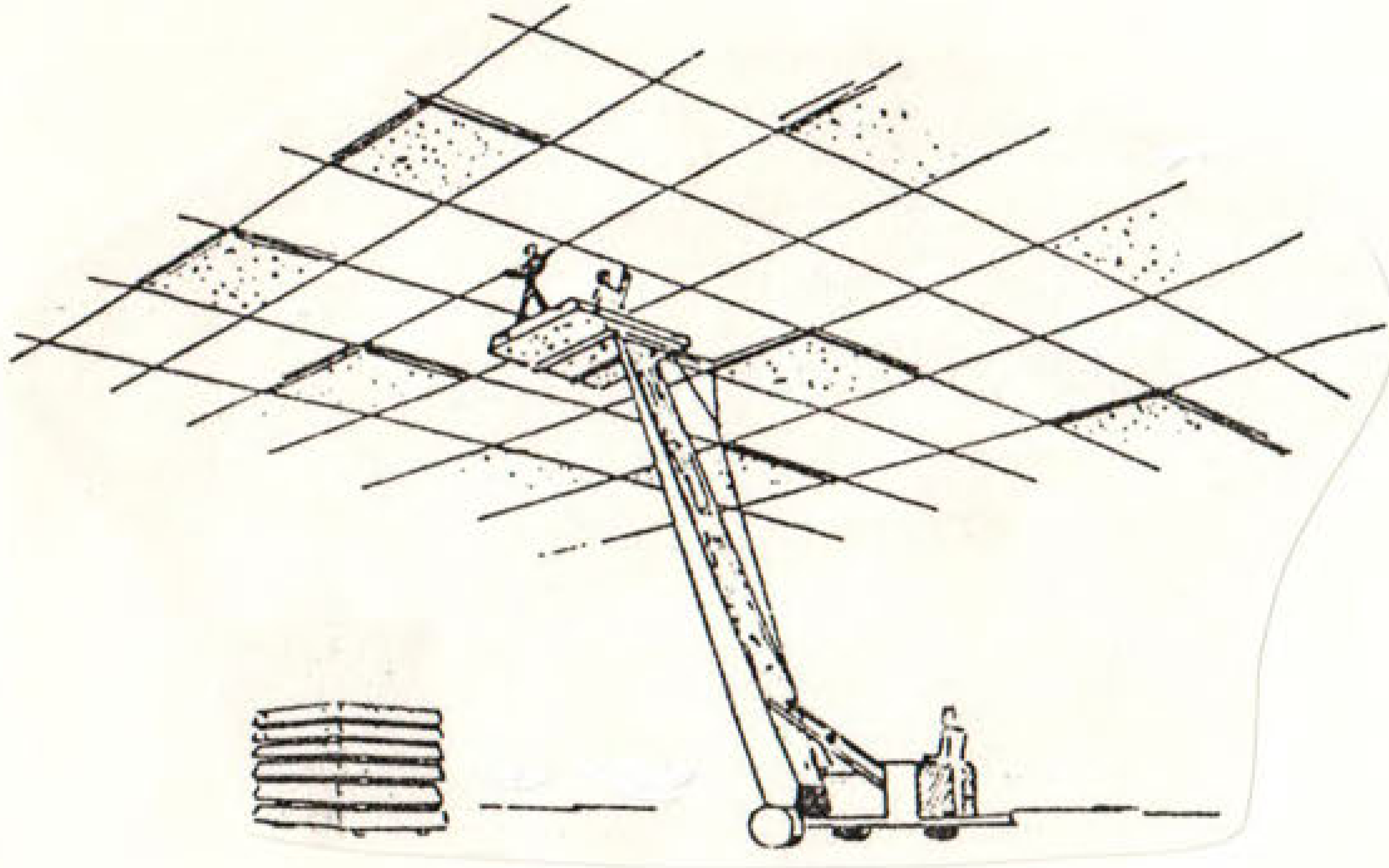
Şeklin açıklanması; a- Beton zar ağın üstünde. b- Beton zar ağın altında. 1- Taşıyıcı kablo ağı. 2- İnce beton zar. 3- Yerinde dökme hafif beton. 4- Örtü malzemesi.



Hafif beton olarak, köpük betonu veya bims betonu kullanılabilir. Örtü malzemesi ise saç, bitüm ve kanaviçeli bitümden yapılabilir. Bu tür örtü kaplaması, iyice gerilmiş ağlar için önerilir ve küçük örtülerde oldukça ekonomiktir<sup>(61)</sup>.

#### B. Beton plak kaplamalar:

Uygulama yerinde yapılan betonlama işleri pahalıya mal olduğu gibi betonun katılaşma sorunu ve döküm zorlukları da vardır. Bu nedenle örtü kaplaması olarak prefabrike elemanların kullanılması olumlu sonuçlar doğurur. Dolayısıyla yürüyen bir merdivenle hazır beton plakların kaplanması birçok durumda tercih edilmektedir (Şekil 77).



Şekil 77: Yürüyen merdivenle hazır beton plak kaplanması.

(61) Günsoy, Kendik ve Anıl, s. 34, 35, 36.

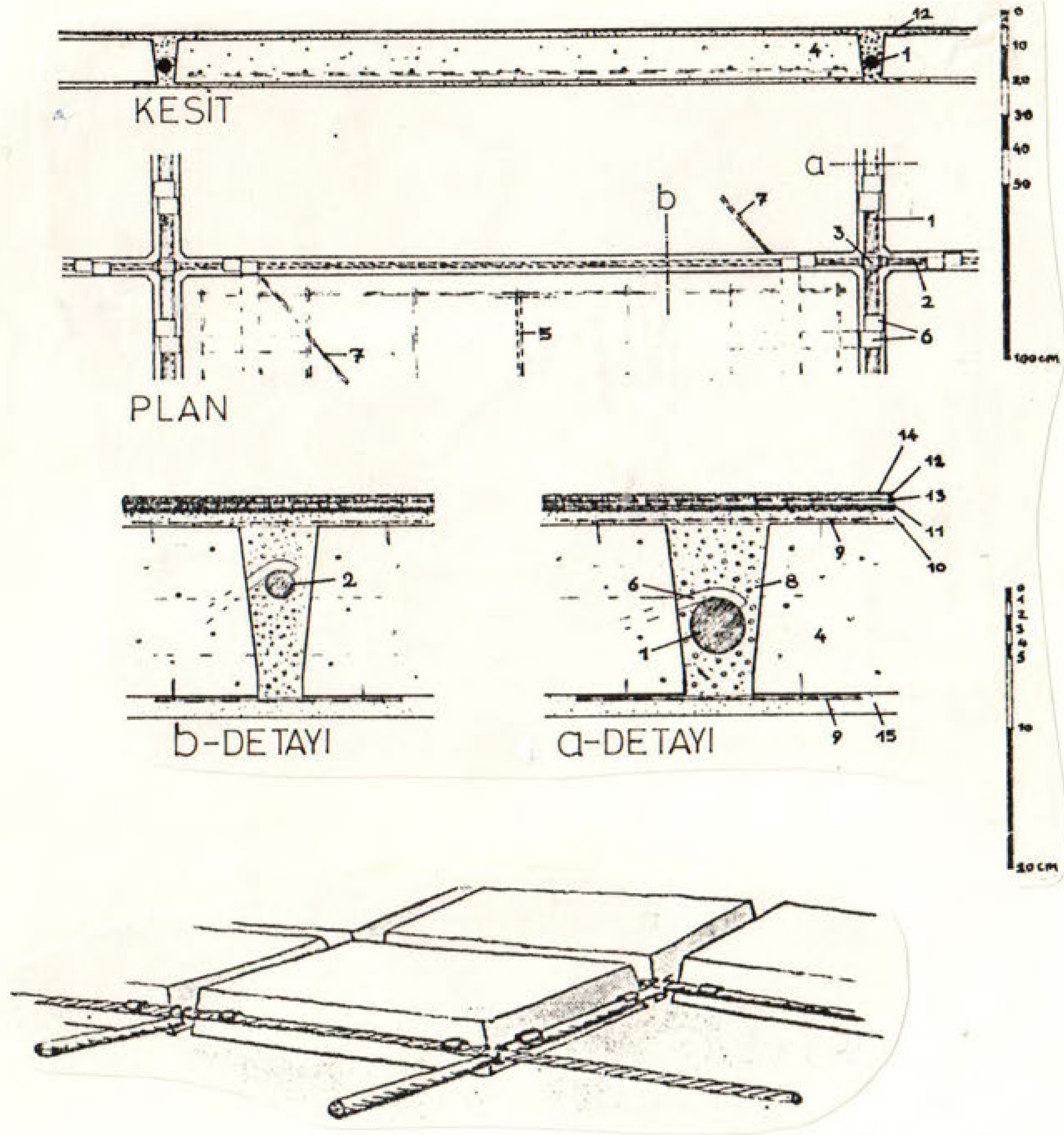
Beton plak kaplama olarak çeşitli uygulamalar yapılmaktadır;

Kenetlerle asılan boşluklu beton plak kaplamalar:

Bu tür örtü kaplamaları, boşluklu beton plakların kenarlarındaki çelik kenetlerle kablolarla asılması ve üzerine yalıtım malzemesi yerleştirilmesi ile elde edilmektedir.

Bütün kablo göz aralıkları plaklarla kapatıldıktan sonra derzler boşluklu asbest kireç harçla doldurulur. Beton plaklar, bir tel kafes gerilerek elyaflı harçla sıvanır. Örtü yüzeyinin eğriliği nedeniyle ağ gözünün dört köşesi aynı düzlemde olmayacağından, kenetlerin ayarlanması veya plaklara diyagonal derz yapılması gerekmektedir. Derz, plak daha katılaşmadan teşkil edilir ve plakayı iki büyük üçgene ayırır. Bu tip örtü kaplamalarında, taşıyıcı kabloların kesiştiği noktaların birbirine iyice bağlı olması çok önemlidir<sup>(62)</sup> (Şekil 78).

(62) İbid, s. 38, 39.



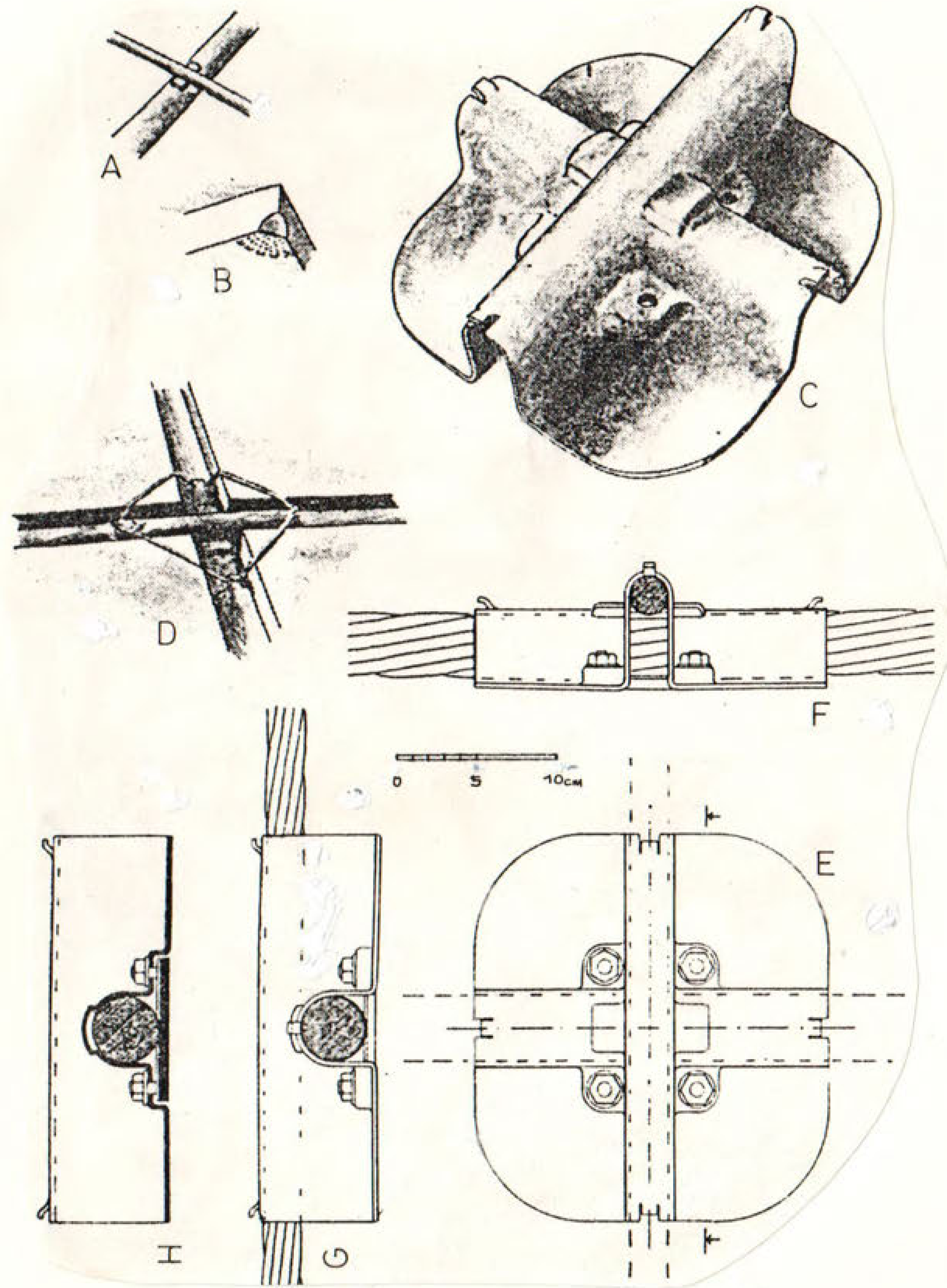
Şekil 78: Kenetlerle asılan boşluklu beton plak örtü kaplaması detayları.

Şeklin açıklaması; 1- Taşıma kablosu. 2- Germe kablosu. 3- Kabloların kesişme noktalarında bağlantı kelepçesi. 4- Boşluklu hafif beton plak. 5- Beton plak içindeki çelik döşeme hasır. 6- Çelik kenet. 7- Plakada yapılan diyagonal derz. 8- Boşluklu asbest kireç harcı. 9- Sıva için ince rabbitz tel. 10- Asbest kireç, çimento harcı. 11- İnce çelik telden keçe. 12- Bitüm, asbest lifleri karışımı. 13- Kanaviçe. 14- Örtü malzemesi. 15- Tavan sıvası.

Çelik levhalı düğüm noktalarına oturtulan beton plak kaplamalar:

Bu tür kaplama şekli, ince beton plakların diyagonal derzler yapıp çelik levhalarla meydana getirilen düğüm noktalarına oturtulması ve üzerinin yalıtım malzemeleri ile kaplanması sonucu elde edilmektedir.

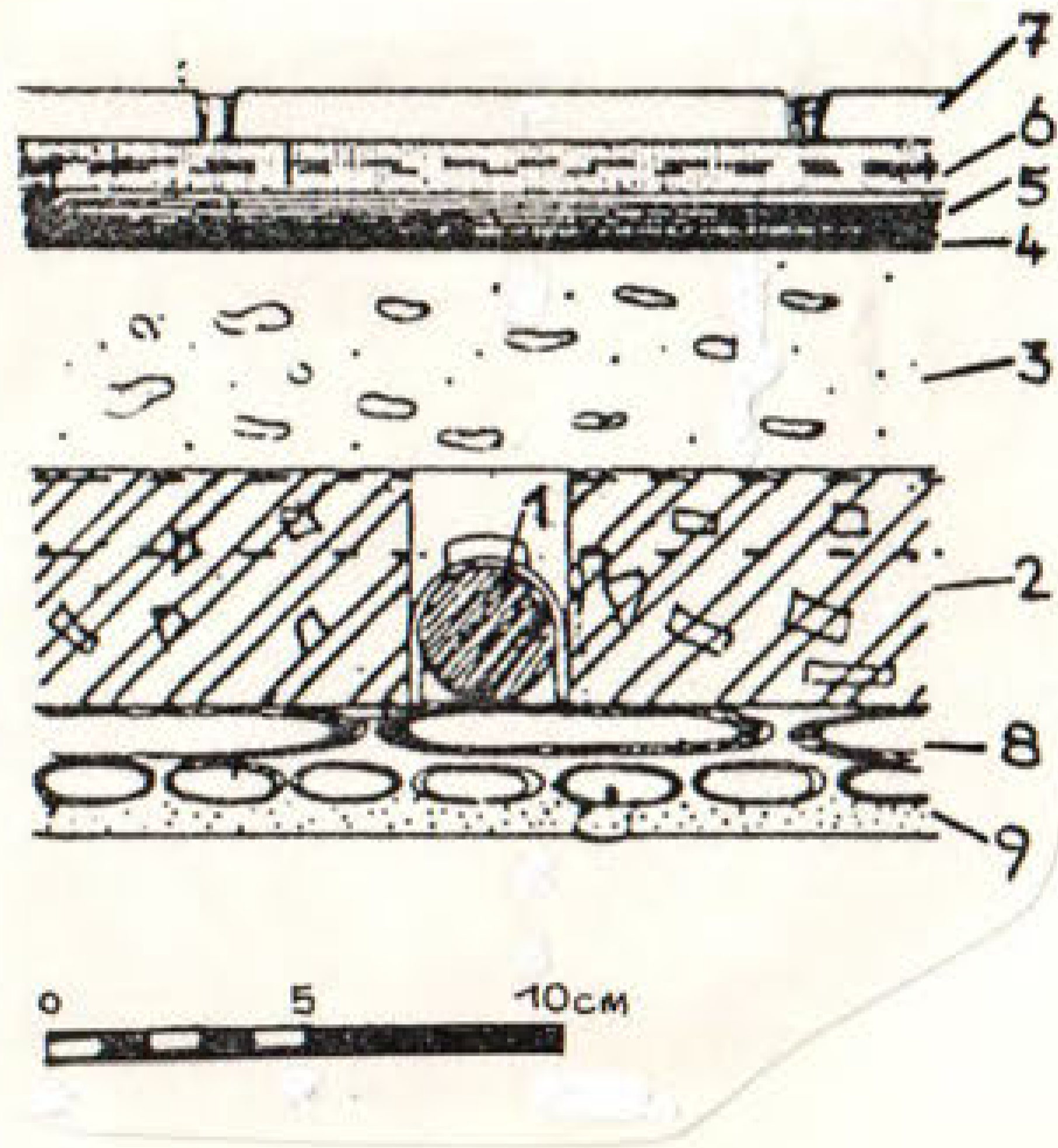
Beton plaklar yalnız köşelerden tutturuluyorsa diyagonal donatı koymak gerekmektedir. Kabloların düğüm noktaları beton plakların oturmasına imkan sağlayan, özel olarak yapılmış presli saç parçalarıyla bağlanır. Dört bulonla tesbit edilmiş çelik levha, kabloyu alttan sıkıştırır ve kaymasını önler (Şekil 79).



Şekil 79: Beton plak kaplama oturtulan çelik levhalı düğüm noktası detayları.

Şeklin açıklaması; A- Kuvvetlerin daha iyi taşınmasına yarayan alttan konmuş kurşun parçalı kablo kesişme noktası. B- Beton plakanın yerleştirilmeden önceki köşesi. C- Pres edilmiş düğüm noktası levhası. D- Saç levha ile birlikte, yukarı kalkmasına tellerle mani olunmuş beton plak. E- Düğüm noktası saç levhası planı. F-G- Yandan görünüş. H- Alttan konmuş sıkıştırma plakasından kesit.

Kablo ağı, alttan sıva üstten mantar tabakası ile yalıtılan ince beton plaklar arasındadır. Bu nedenle kablolar ısıdan az etkilenirler. Asbest elyaflı bitümün üzerine opak cam levhalar yapıştırıldığından, bunlar güneş ışınlarının az emilmesini sağlayarak yapıda ısı yükselmesine engel oldukları gibi güzel görünüşleri de vardır<sup>(63)</sup> (Şekil 80).



Şekil 80: Çelik levhalı düğüm noktalarına oturtulan beton plak örtü kaplaması detayı.

Şeklin açıklanması; 1- Taşıyıcı kablo. 2- Düğüm noktası levhalarına oturan beton plaklar. 3- Mantar yalıtım. 4- Bitümlü karton. 5- Cam yünü. 6- Asbest donatılı beton tabakası. 7- Küçük ebatla ve yapıştırılmış opak cam levhalar. 8- Sıva için rabitz. 9- Alt sıva.

### 2.5.2. Ahşap Elyafı Levha Kaplamalar

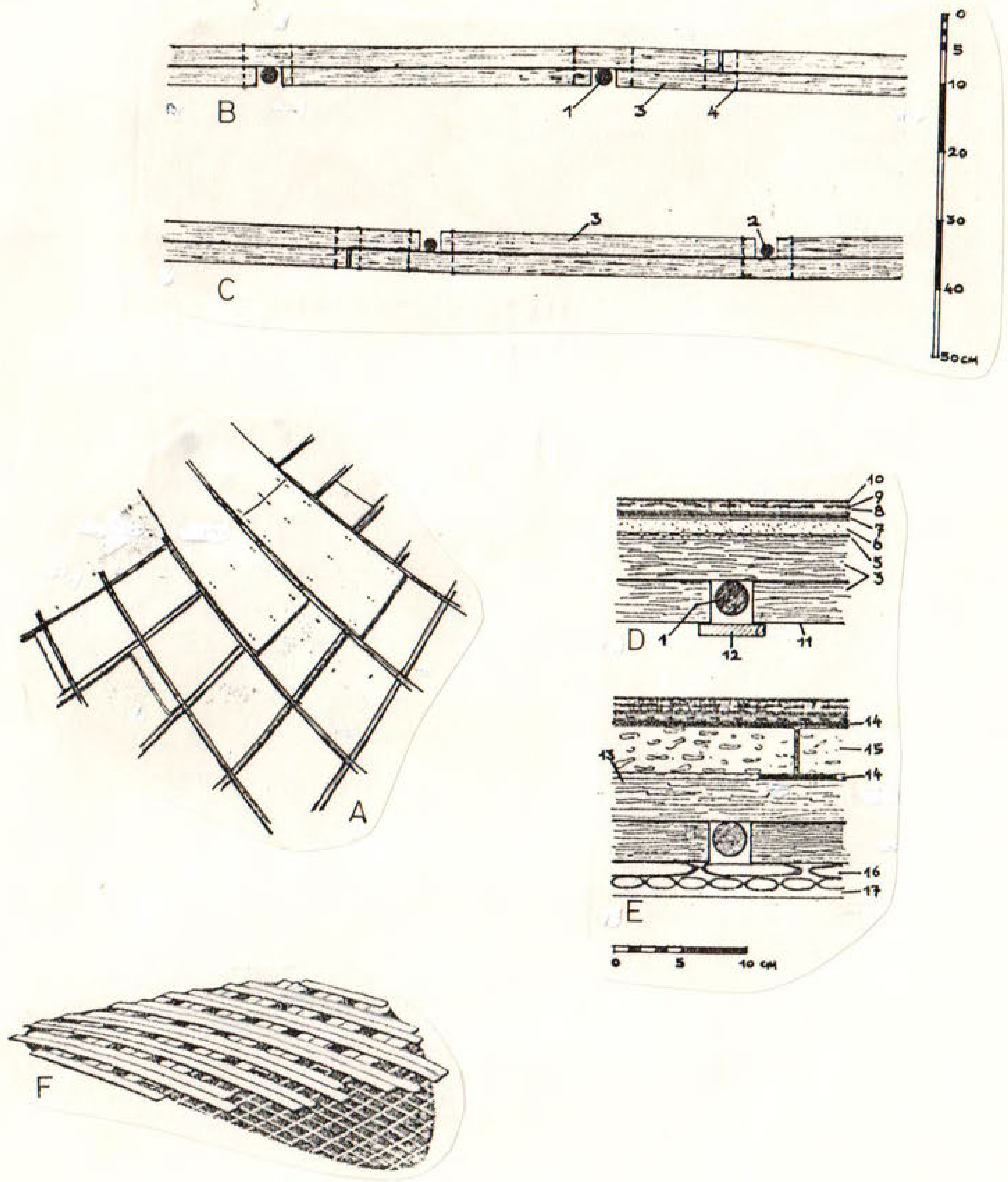
Bu tür örtü kaplamaları taşıyıcı kablo ağının ahşap elyaflı levhalarla kaplanması ve bunların üzerine yalıtım malzemelerinin yerleştirilmesi ile elde edilmektedir. Ahşap elyaflı levha kaplamalar genellikle büyük açıklıklı kablo ağlarda uygulanmaktadır.

(63) İbid, s. 40, 41, 42, 43.

Bu örtü kaplamasında taşıyıcı kablolar, ahşap elyafli levhaların derzleri arasında bulundurulabilir. Böylece levhalar birbirine ve ağı tel kenetlerle bağlanır. Kaplanan levha genişliğiyle kablo çapının toplamı, kablo ağı göz aralığına eşit olmalıdır<sup>(64)</sup> (Şekil 81).

---

(64) Ibid, s. 36, 38.

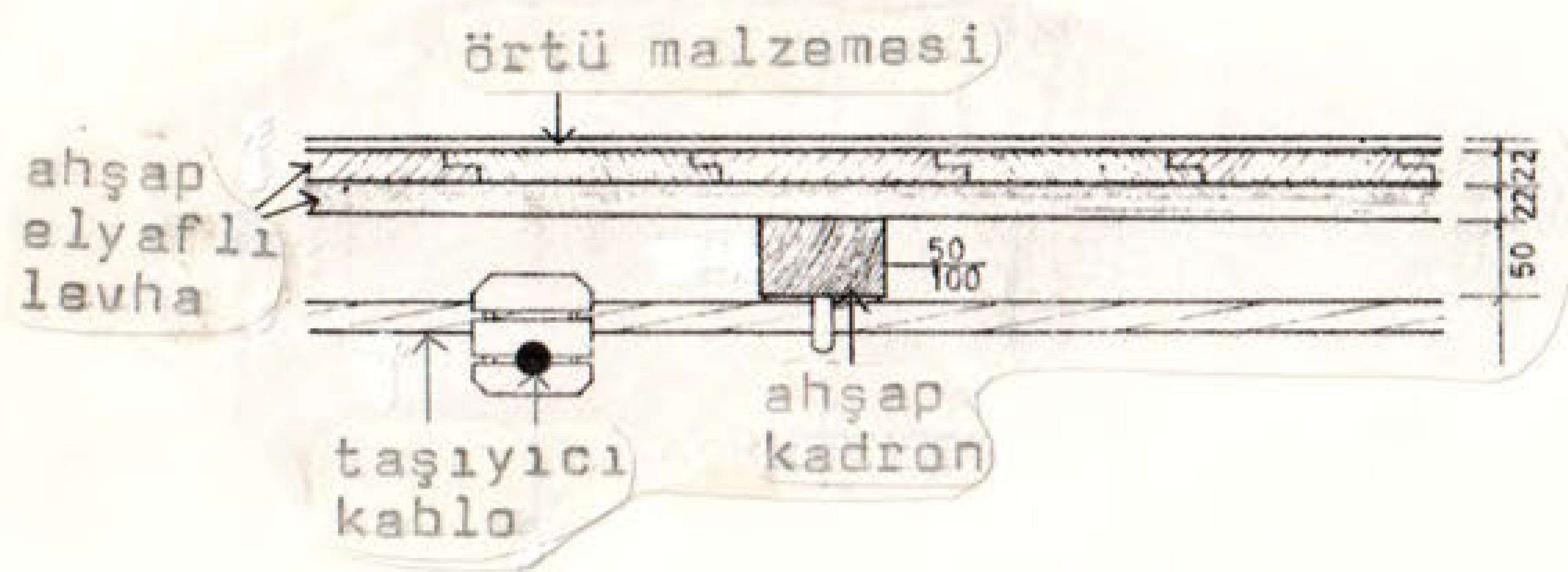


Şekil 81: Ahşap elyafli levha örtü kaplaması detayları.

Şeklin açıklaması; A- Konstrüksiyon şeması. B-C- Örtü kaplamasından kesitler. D- Örtü kaplamasından detay. E- Isı yalıtımlı örtü kaplaması detayı. F- Konstrüksiyon şekli. 1- Taşıma kablosu. 2- Germe kablosu. 3- Ahşap elyafli levha. 4- Ke-net. 5- Ahşap üzerine gerilen ince rabbitz tel. 6- Asbest har-cı. 7- Çelik elyafli kanaviçe. 8- Asbest lifli bitüm. 9- Jüt kanaviçe. 10- Örtü malzemesi. 11- Boya veya vernik. 12- Kab-loyu örten çıta. 13- Cam yünü. 14- Bitümlü muşamba. 15- Man-tar. 16- Ahşap üzerine tel kaplama. 17- Tavan sıvası.



Ahşap elyafli örtü kaplamaları, kablo ağının dışında da uygulanabilir. Bu durumda ahşap levhaların kablo ağına tesbiti, kablolarla bağlanan ahşap kadronlar ile sağlanabilir. Ahşap kadronların üzerine iki tabaka halinde kaplanan ahşap elyafli levhalar, örtü malzemesi ile yalıtılır<sup>(65)</sup> (Şekil 82).



Şekil 82: Kablo ağı üstünde ahşap elyafli levha örtü kaplaması detayı.

### 2.5.3. Işık Geçiren Kaplamalar

Mekan için gerekli olan ışığın niteliğine göre, dışarıdan ışık geçirebilen çeşitli örtülü kaplamaları vardır;

#### A. Çadır bezi:

Sergi pavyonu gibi geçici ve kar yükünün çok az olduğu durumlarda örtü kaplaması olarak ince çadır bezleri kullanılmaktadır. Su birikimlerini önlemek için kablo ağının göz aralıkları en fazla, 1-1.5 m. olmalıdır. Kullanılan örtü kaplaması, orlon lifinden yapılmış bir çeşit bezdir. Renksiz ve ışık geçiren bu bez, içerinin aydınlanmasını sağlar<sup>(66)</sup>.

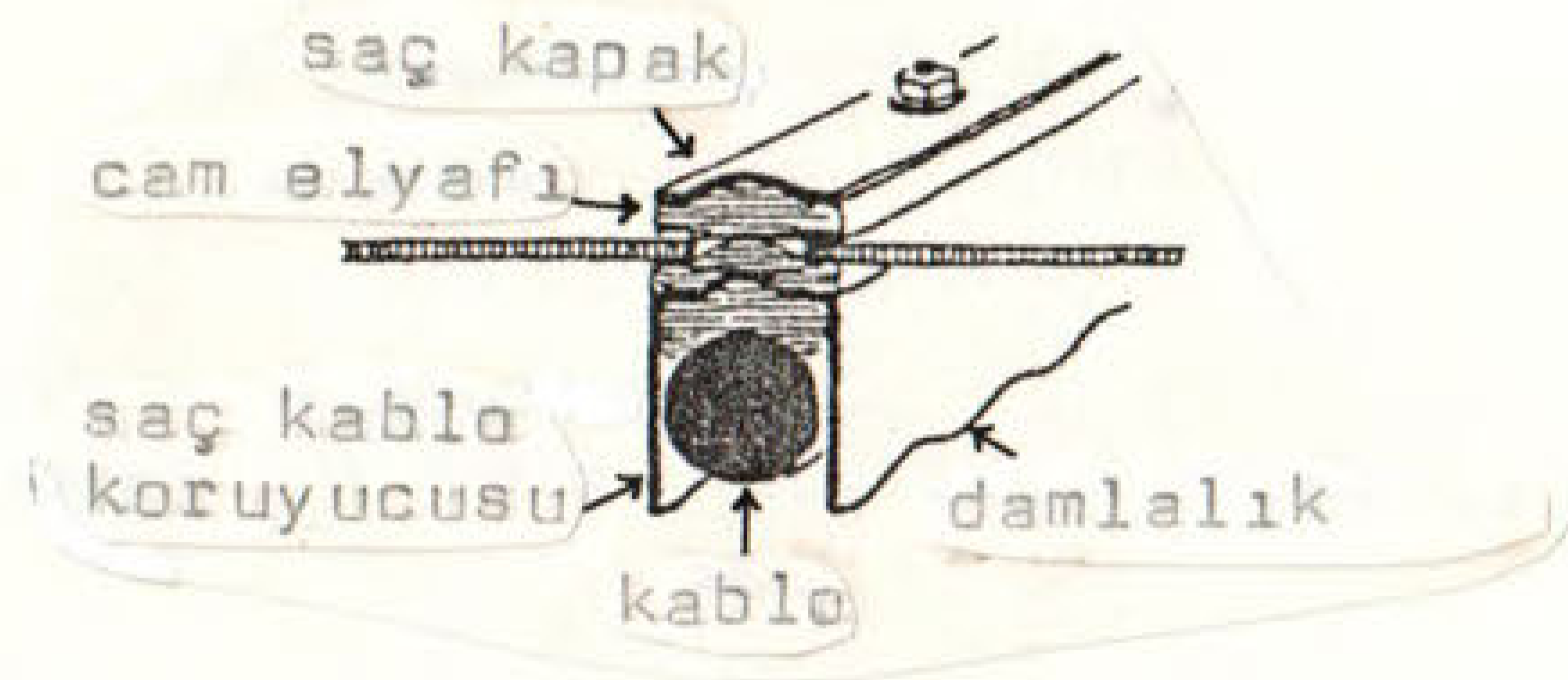
(65) Olympic Architecture München 1972 , architektur wettbewerb, Stuttgart, 1970, s. 10.

(66) Günsoy, Kendik ve Anıl, s. 45.

### B. Saydam örtü kaplamaları:

Saydam örtü kaplaması olarak ondüle pleksiglas levhalar kullanılabilir. Levhalar kablo ağına cıvata ile bağlanır. Ondüle pleksiglas levhalar kendini taşıyabilir ve elastik olduklarından ağın deformasyonunu izlerler. Kullanılabilirmeleri için az bir eğim yeterlidir. Ancak pleksiglas ısı etkisi ile yumuşayacağından, çok güneşli yerler için önerilmez. Devamlı yağmur ve rüzgar, şiddetli kar için de iyi bir malzeme sayılmaz.

Işık geçirme hassaslığı ondüle pleksiglas levhalardan daha az olan silikatlı camlar, seralar gibi ışığın kontrollü istendiği mekanlarda iyi sonuç vermektedirler. Kabloların üzerine geçirilen profillere cam, macunla yerleştirilir. Süzülen ve buharlaşan sular damlalıktan aşağıya akar. Korozyona karşı kabloların galvanize edilmesi gerekmektedir<sup>(67)</sup> (Şekil 83).

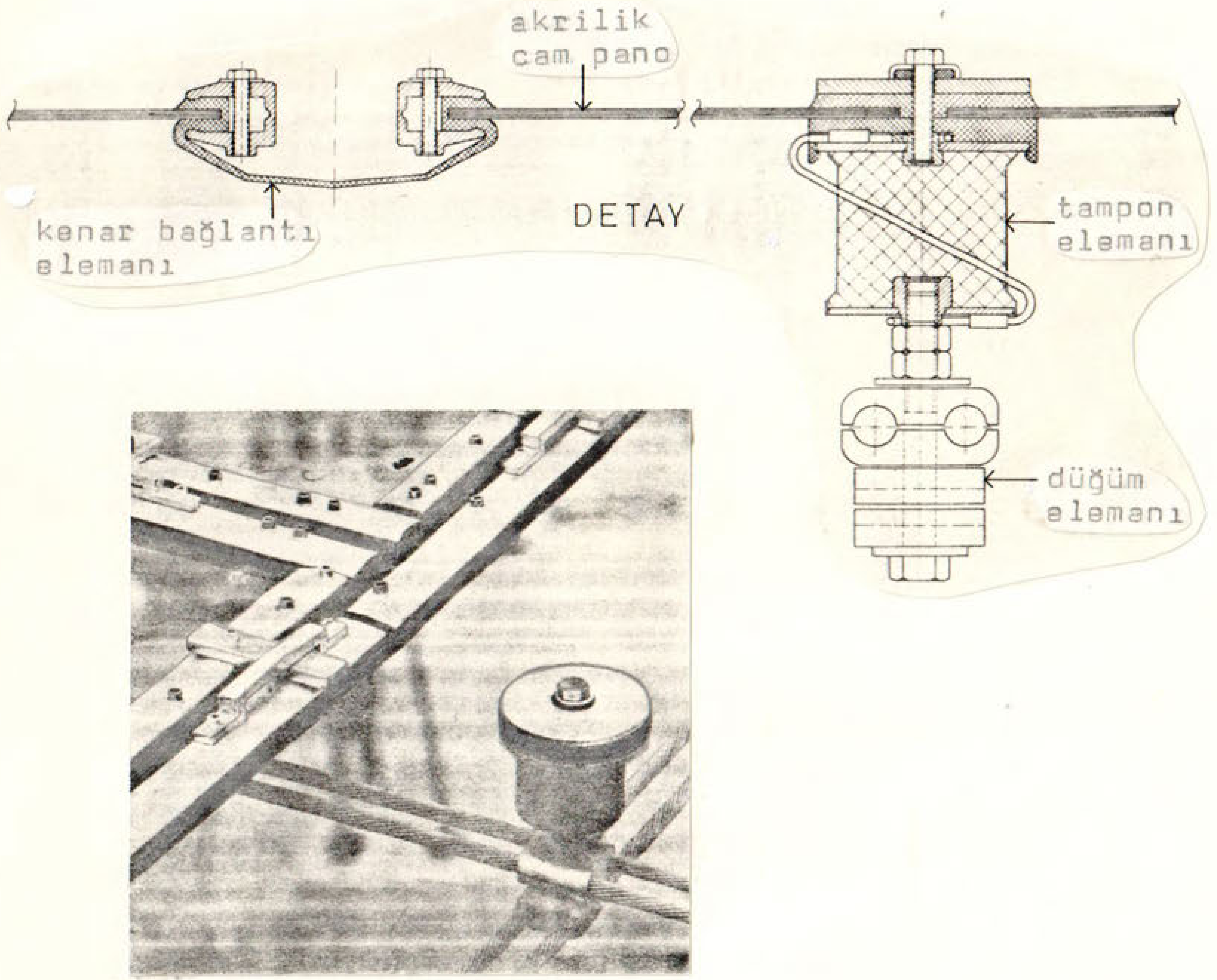


Şekil 83: Cam örtü kaplaması detayı.

Güneş ışınlarının içeride yapacakları gölgenin çok az olması amaçlanan bazı uygulamalarda da akrilik cam panolar tercih edilmektedir. Akrilik cam panolar, kablo ağının göz ara-

(67) Ibid, s. 46.

lığından daha büyük boyutlarda uygulanabilmektedir. Bu durumda, cam panoların kablo ağına tesbiti, kabloların dűđüm noktalarında kullanılan tampon elemanları ile sağlanabilir. Cam panolar, kenarları boyunca bağlantı elemanları ile yatılı olarak birleştirilirler<sup>(68)</sup> (şekil 84).



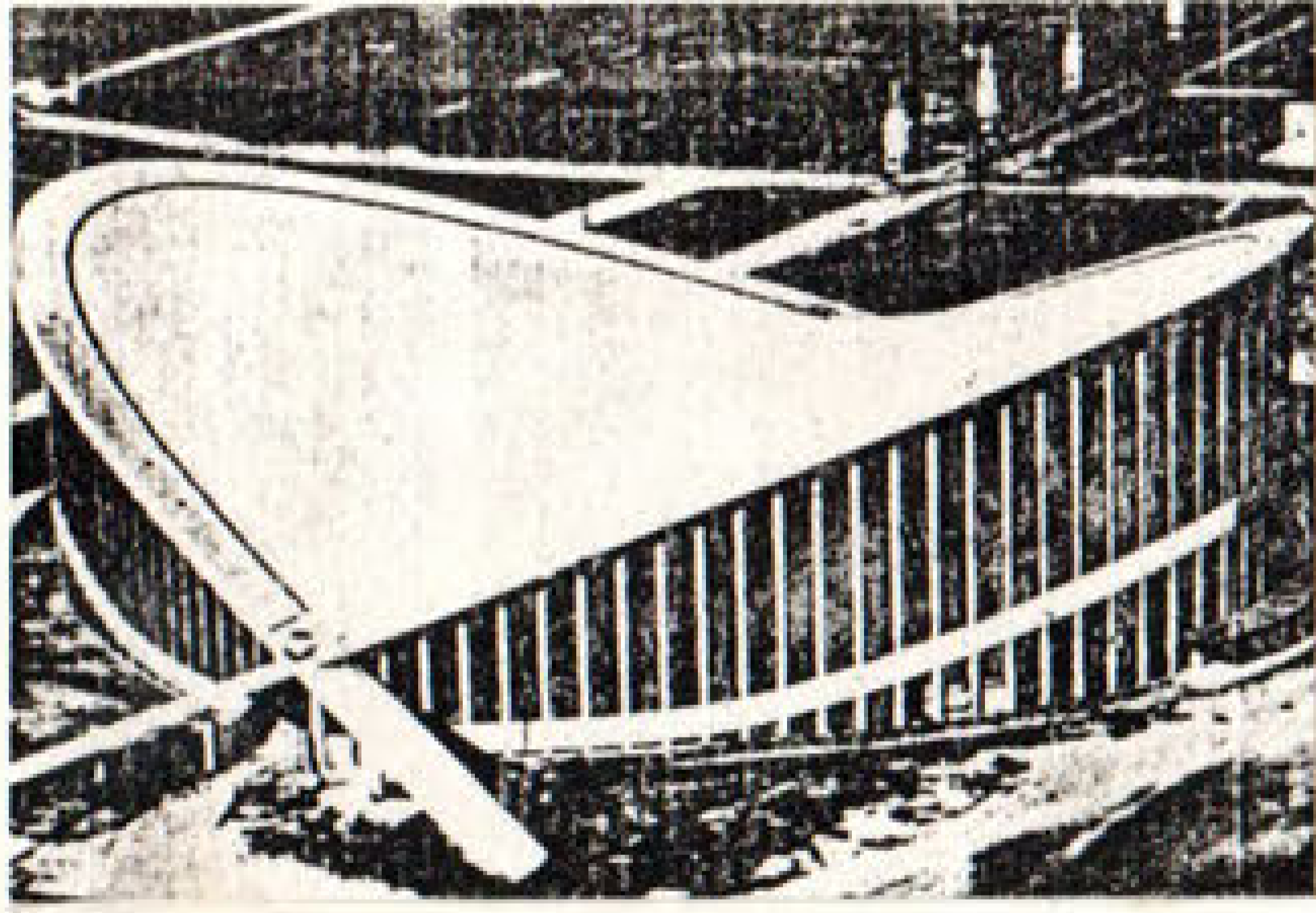
şekil 84: Akrilik cam pano örtü kaplaması detayları.

(68) Architektur Wettbewerbe, Stuttgart, 1970, s. 13.

### III. ZIT YÖNDE EĞRİLİKLİ KABLO AĞI STRÜKTÜRLERİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

#### 3.1. ABD KUZHEY CAROLINA EYALETİNDE RALEIGH ARENASI

1953 yılında Raleigh N.C.'de tamamlanan bu yapı, zıt yönde eğrilikli kablo ağı sistemlerin öncüsüdür. 1950 yılında bir uçak kazasında ölen Matthev Nowicki, arkadaşı William Henley Dietrick ile birlikte Kuzey Carolina'da bir stadyum tasarlamış, 1950 yılı başlarında binanın ana ilkelerini ortaya koymuştu. Bu ilkelere göre yapıda, örtü kaplamasını taşıyan kablolar iki adet eğri kemer kenar elemana bağlanmaktadır. İki doğrultuda düzenlenen kablolarla elde edilen kablo ağı, hiperbolik paraboloid bir yüzey meydana getirmektedir. Daha sonra W.H. Dietrick tarafından 1952 yılında binanın yapımına başlanmıştır (Şekil 85).



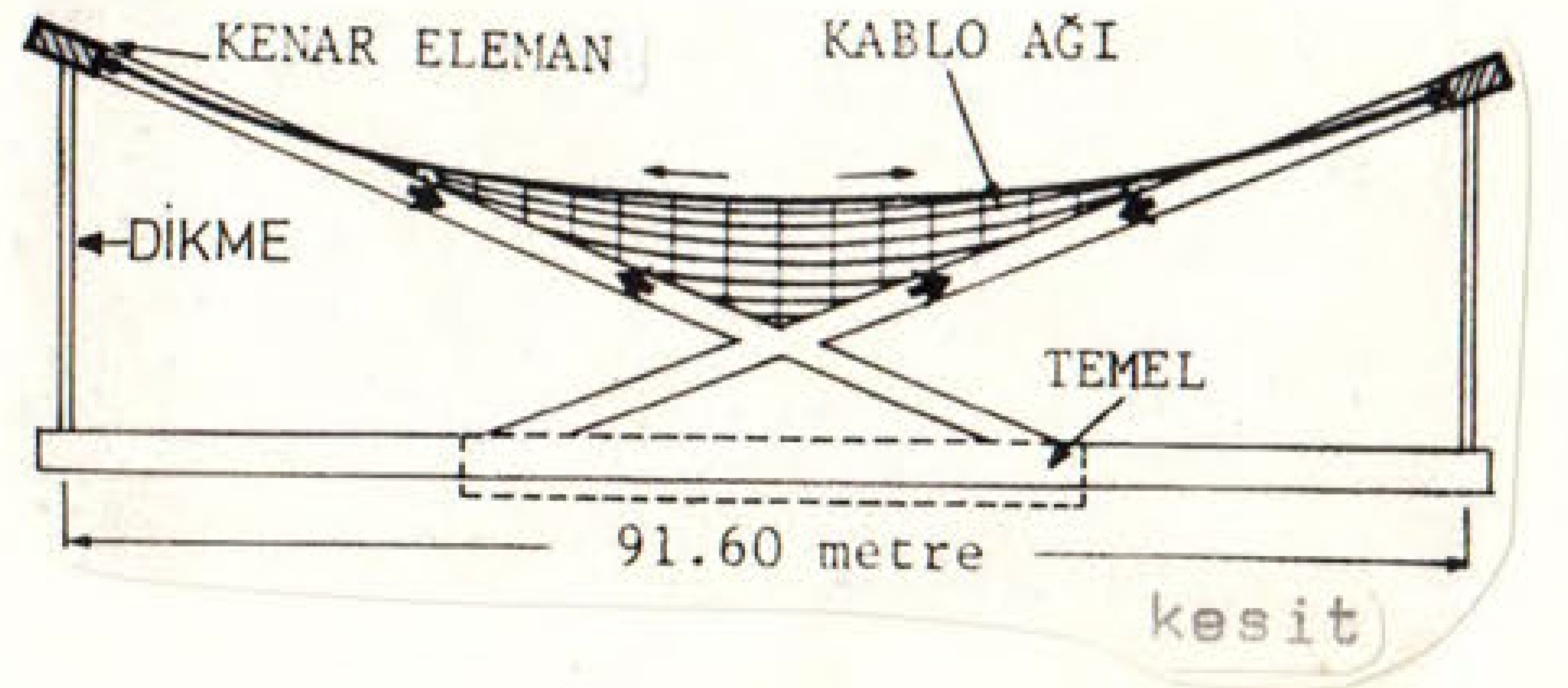
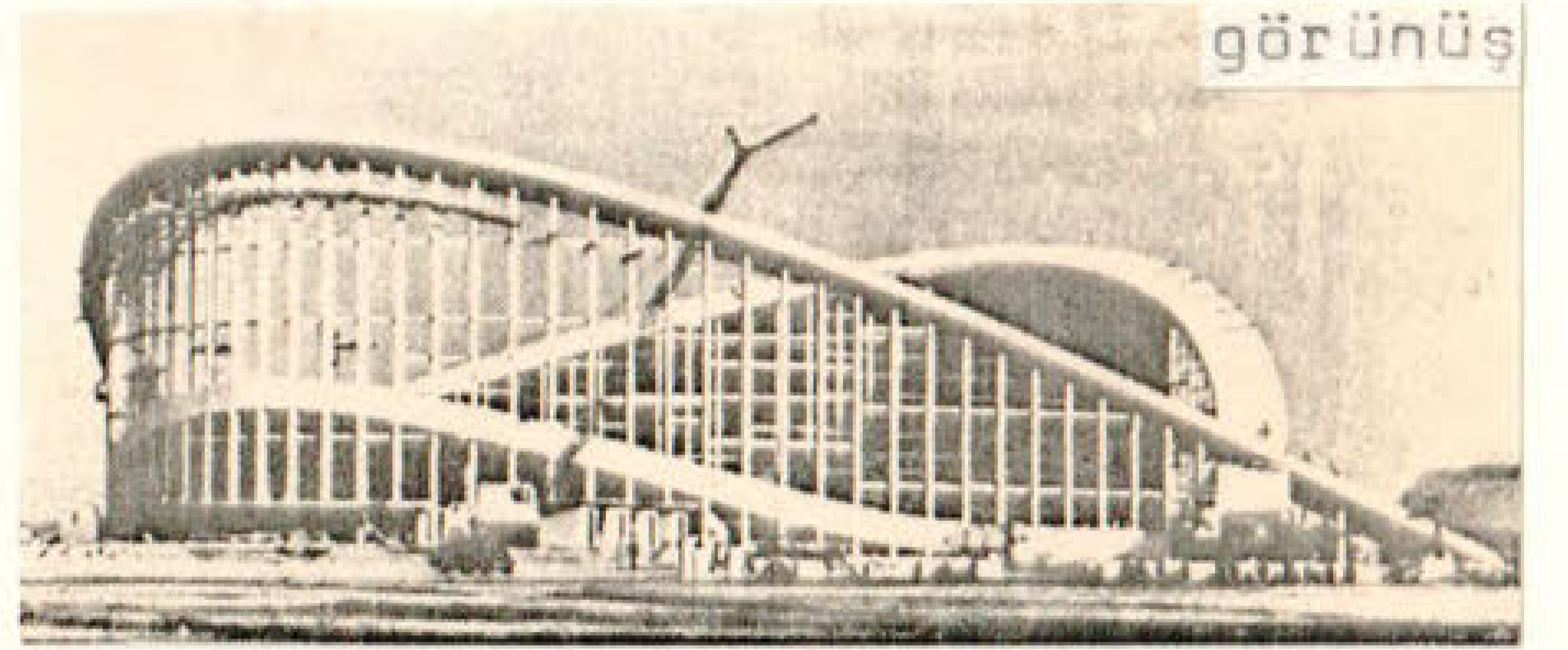
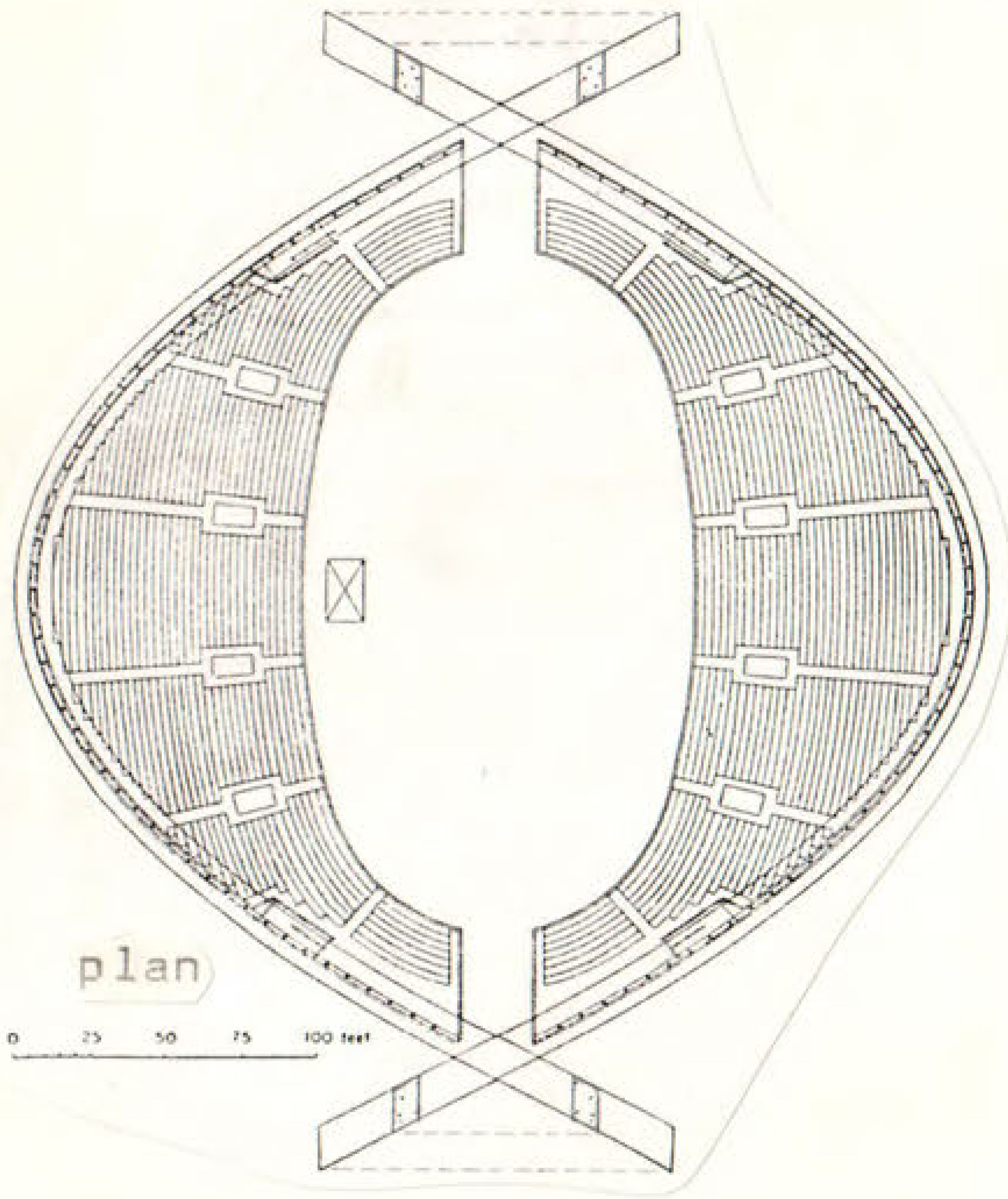
Uygulanan yapı



Nowicki'nin eskizi

Şekil 85: M. Nowicki'nin tasarladığı eskiz ve uygulanan Raleigh arenası.

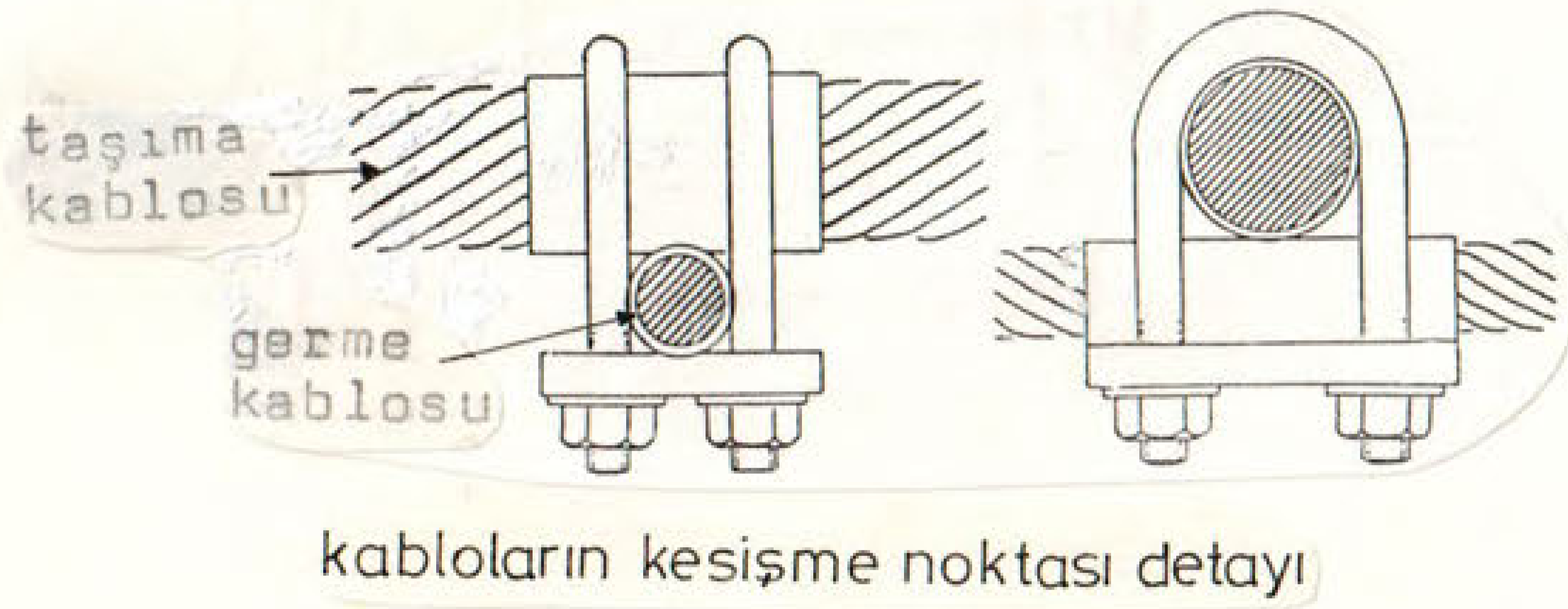
Kabloların bağlandığı betonarme kemer kenar elemanlar, suya karşı betonla kaplı olan, yükseklikleri 27 metreye kadar varan çelik direklere çevresi boyunca oturmaktadır. Nowicki'nin eskizinde tasarladıklarından daha sık koyulan bu dikmeler, camla kaplı yan duvarların oluşmasını sağlamaktadır. Betonarme kemer kenar elemanlar, iki uçtaki temellerde öngerilmeli betonarme kirişlerle birbirlerine bağlanmış ve oynamaları önlenmiştir. Böylece kablolardan gelen yatay kuvvetlerin zemine aktarılması sağlanmıştır (Şekil 86).



Şekil 86: Strüktürün kuruluşu.

Hiperbolik paraboloid yüzey formundaki kablo ağında, iç bükey kablolar taşıma kablolarını, dış bükey kablolar ise germe kablolarını oluşturmaktadır. Germe kabloları çatının dengesini sağladığı için, rüzgarın emme etkisine karşı çatının

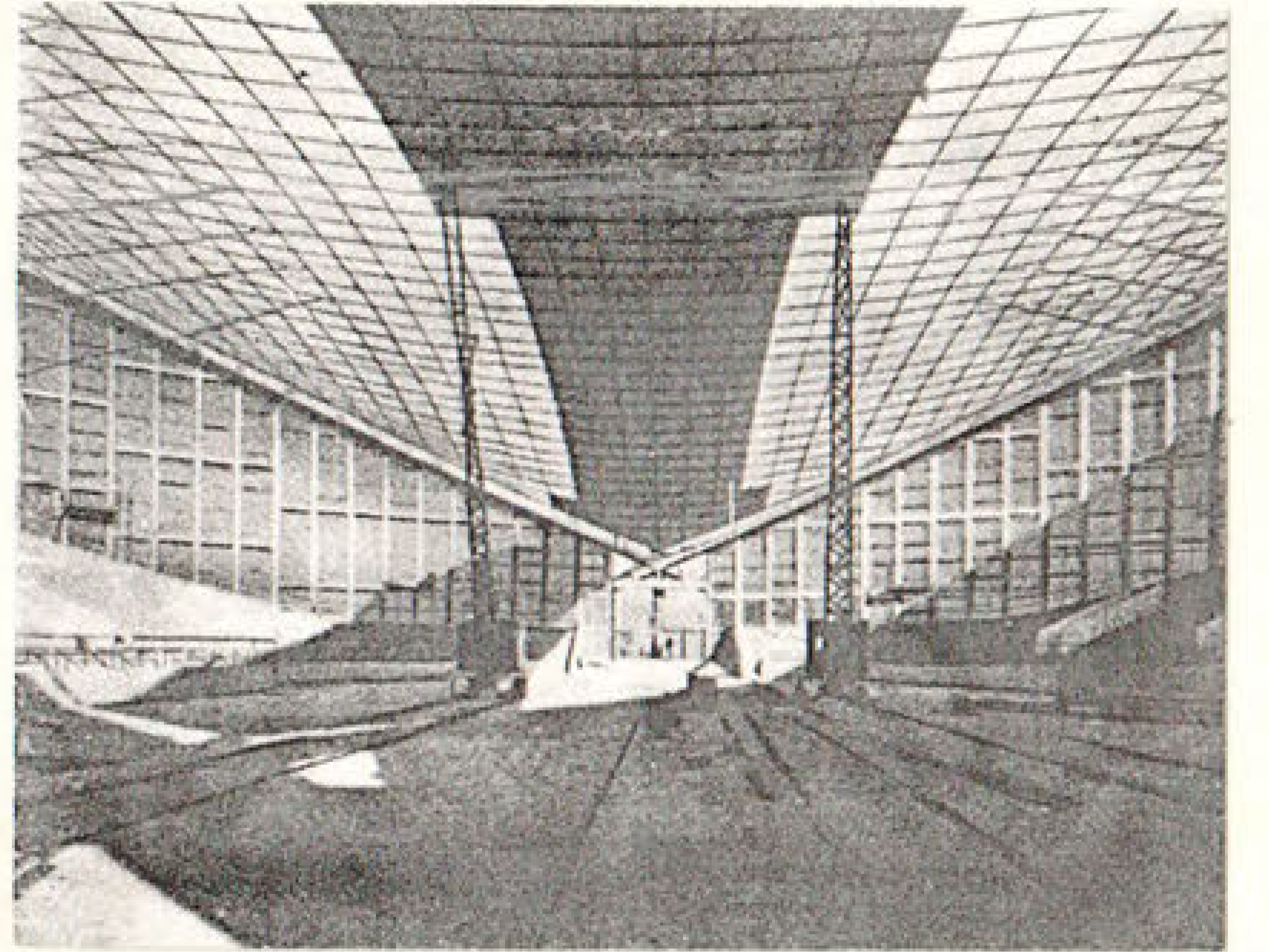
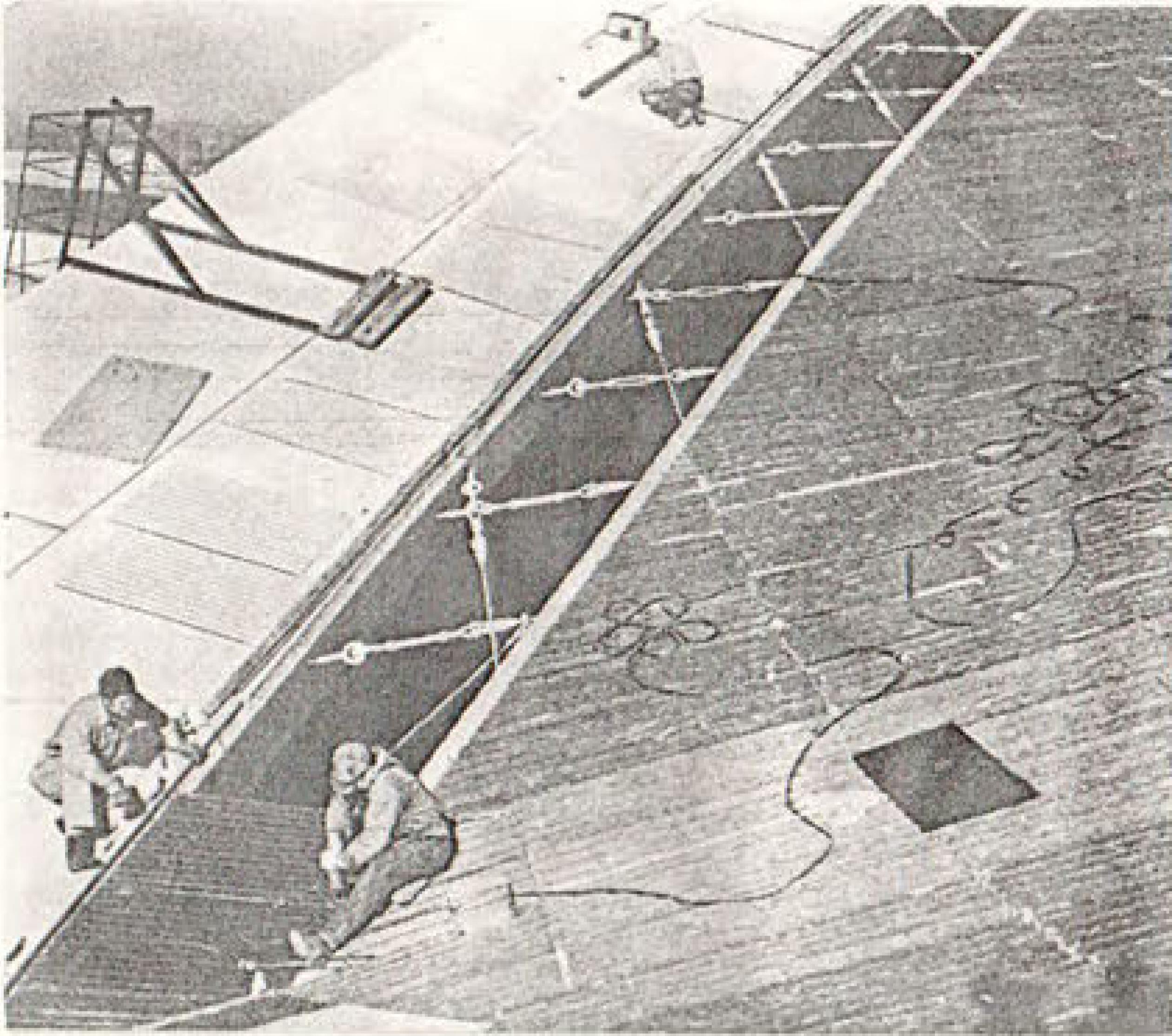
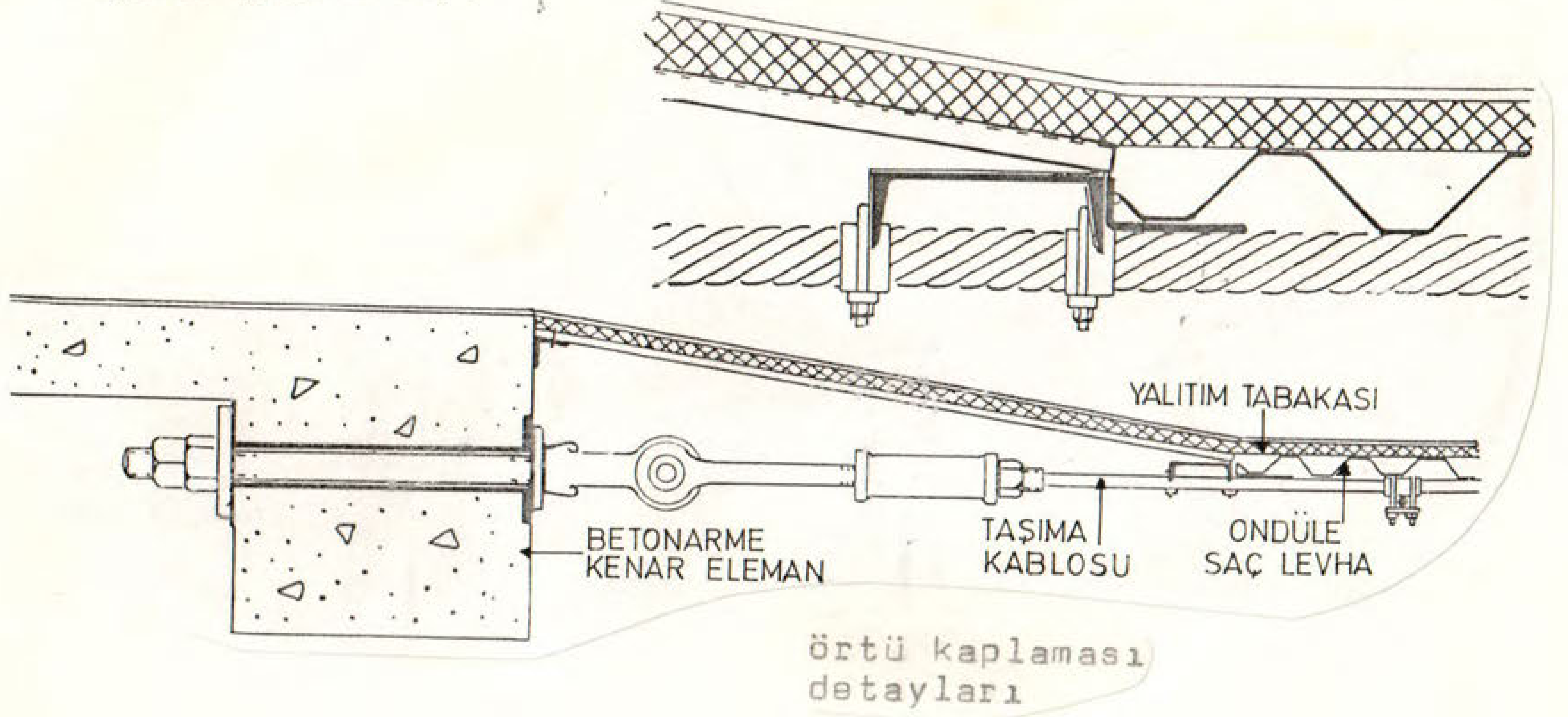
kendi ağırlığını arttırmaya gerek kalmamaktadır. Kablolar galvanize olup, taşıma kablolarının çapları 19-32 mm. ve germe kablolarının çapları 13-19 mm. arasında değişmektedir. Kablo ağı ortalama 1.83 m. aralıklı gözlerle elde edilmiştir. Uygulamada, önce taşıma kabloları gerilmiş, sonra germe kabloları alttan bu kablolarla kelepçelenerek bağlanmıştır. Ayrıca, bazı kablolar yanlardan rüzgar kabloları ile takviye edilmiştir (Şekil 87).



Şekil 87: Sistemin kablo ağı düzenlenişi.

Tasarımda kabloların üzerinde, kauçuk kaplı tellerle taşıma kablolarına tesbit edilen, alüminyum boyası ile boyanmış orlon örtü kaplaması düşünülmüştü. Daha sonra uygulamada örtü kaplaması olarak ondüle saç levhalar kullanılmış, bu

levhalar yalıtım malzemeleri ile dış etkilere karşı korunmuştur (Şekil 88).



örtü kaplamasının uygulanışı

Şekil 88: Strüktürün örtü kaplaması.

Yağmur suları, örtü yüzeyinin eğimi dolayısıyla kemerlerin kesişme noktalarına aktarılmakta, buradan da büyük oluklarla bahçe sulamada kullanılan havuza gönderilmektedir.

Yapı, oldukça düşük bir maliyetle elde edilmiştir<sup>(69)</sup>.

(69) Freí Otto, Das Hangende Dach, Berlin, Im Bauwelt Verlag, 1954, s. 88, 89, 91, 93.

### 3.2. İZMİR FUARI ARÇELİK FİRMASI PAVYONU

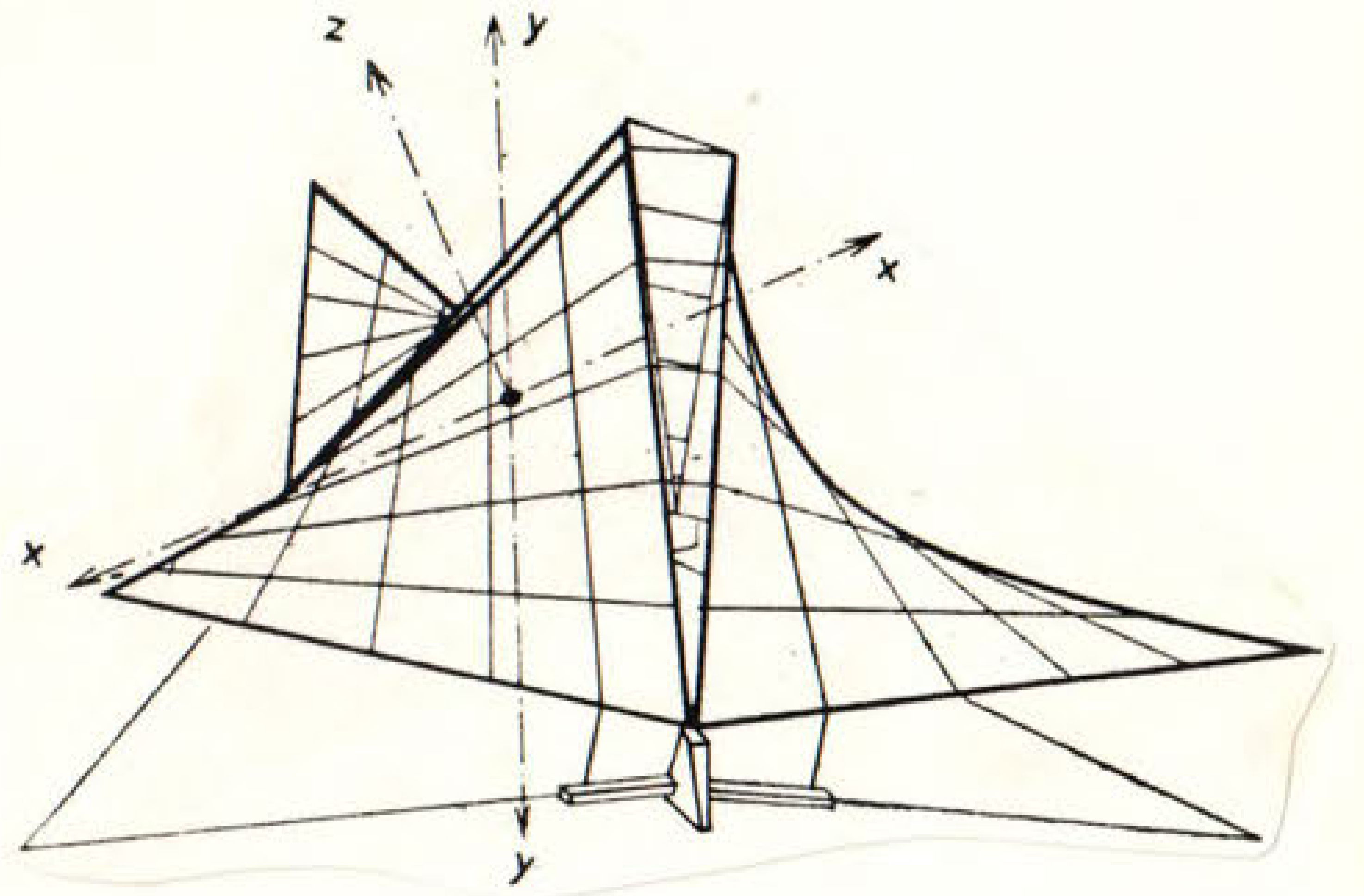
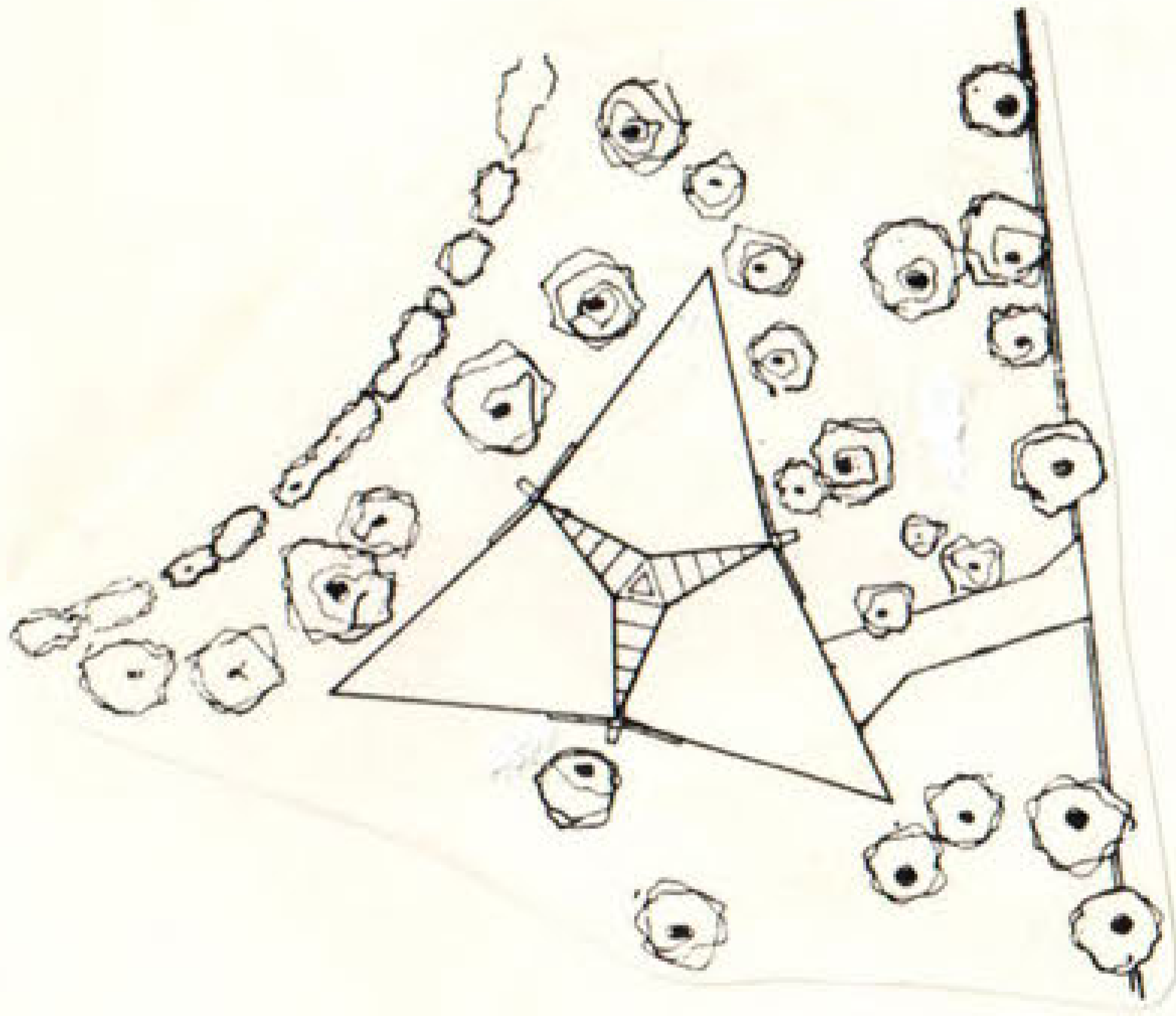
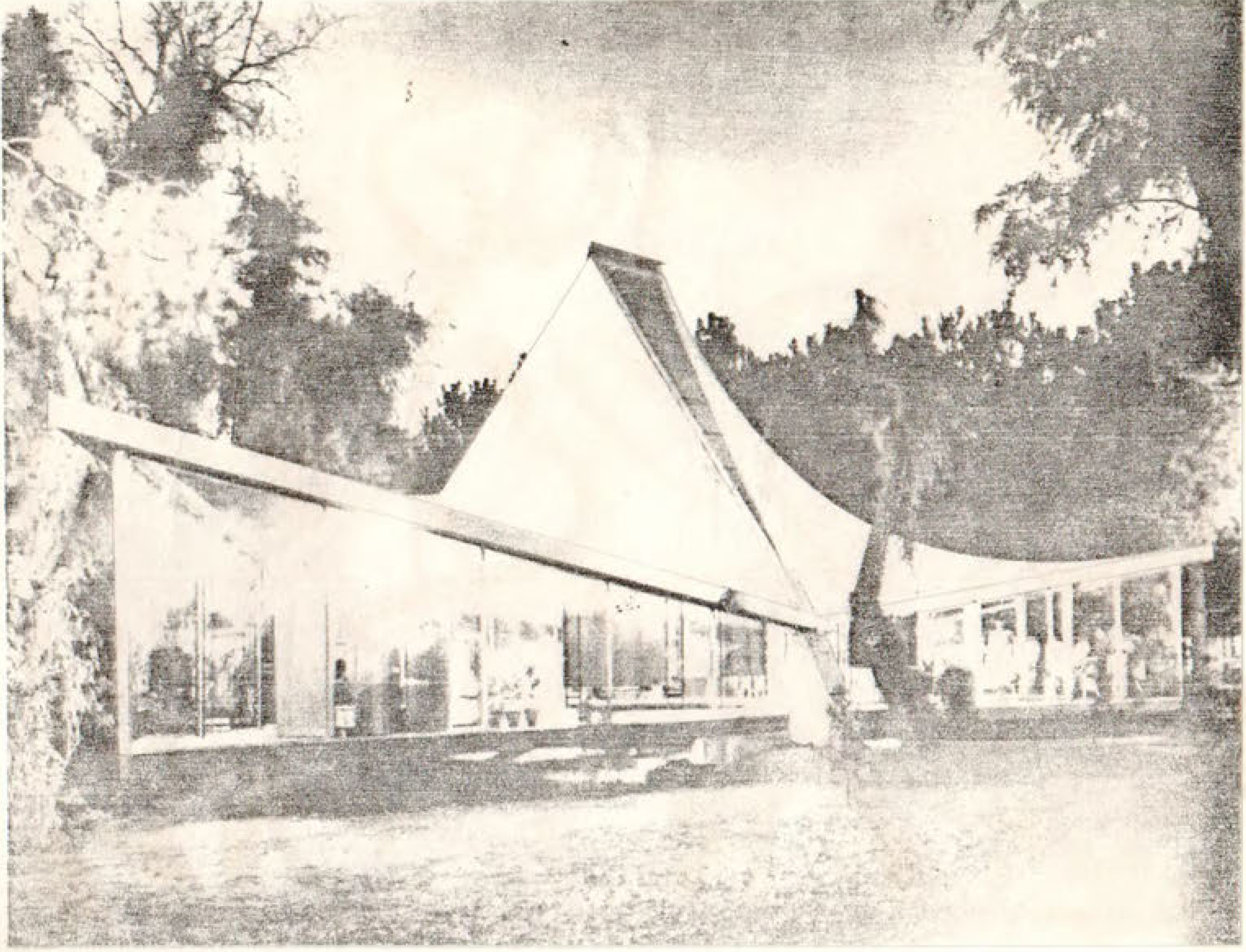
Aydın Boysan, Ertem Ertunga, İsmet Aka tarafından projesi gerçekleştirilen ve ağustos 1964'de inşa edilen bu yapı, çelik kablolarla taşınan asma sistemlerin Türkiye'deki ilk uygulaması durumundadır. Sistem, hiperbolik paraboloid formundaki üç adet doğrusal rijit kenar elemanlı kablo ağı strüktürden meydana gelmektedir. Doğurayları ile sınırlandırılmış ve birbirlerinin aynı olan hiperbolik paraboloidler, alçak köşelerinde ikişer ikişer, aralıklı olarak birleşerek üç adet betonarme ayağa oturmaktadırlar. Hiperbolik paraboloid formundaki bu kablo ağı strüktürlerin birleştirildikleri kenarlarda bırakılan aralıktan aydınlatma için yararlanılmıştır (Şekil 89).

Kablo ağını meydana getiren çelik kablolarla öngerilme verilme suretiyle, her iki doğrultudaki kabloların çekmeye çalışmaları sağlanmış ve hiperbolik paraboloid formundaki yüzeyin stabilitesi arttırılmıştır. Kablolarla verilen öngerilme sonucu kabloların bağlandığı rijit kenar elemanlarda eğilme momentleri olduğundan, çelik profillerle teşkil edilen kenar elemanlar bir yandan düşey yüklerden ileri gelen basınç kuvvetlerine, diğer yandan öngerilmeden ileri gelen eğilme momentine göre boyutlandırılmışlardır (Şekil 90).

Çelik kablolarla inşaat sırasında verilen öngerilmeyi korumak için, ayaklardan yaklaşık iki metre uzaklıkta, ayaklardan çıkan betonarme konsollarla çelik profilli kenar elemanlar arasında düşey gergiler düzenlenmiştir (Şekil 91).

Hiperbolik paraboloid formundaki kablo ağı strüktürlerin iç kısımdaki kenar elemanları, üç ayak üzerinde rijit bir uzaysal sistem oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmışlardır. Aynı zamanda tepedeki ışıklığın kayıtları olarak kullanılan bu bağlantılar, rijit kenar elemanlardaki eğilme momentlerinin azalmasını sağlamaktadırlar. İç kısımdaki ke-

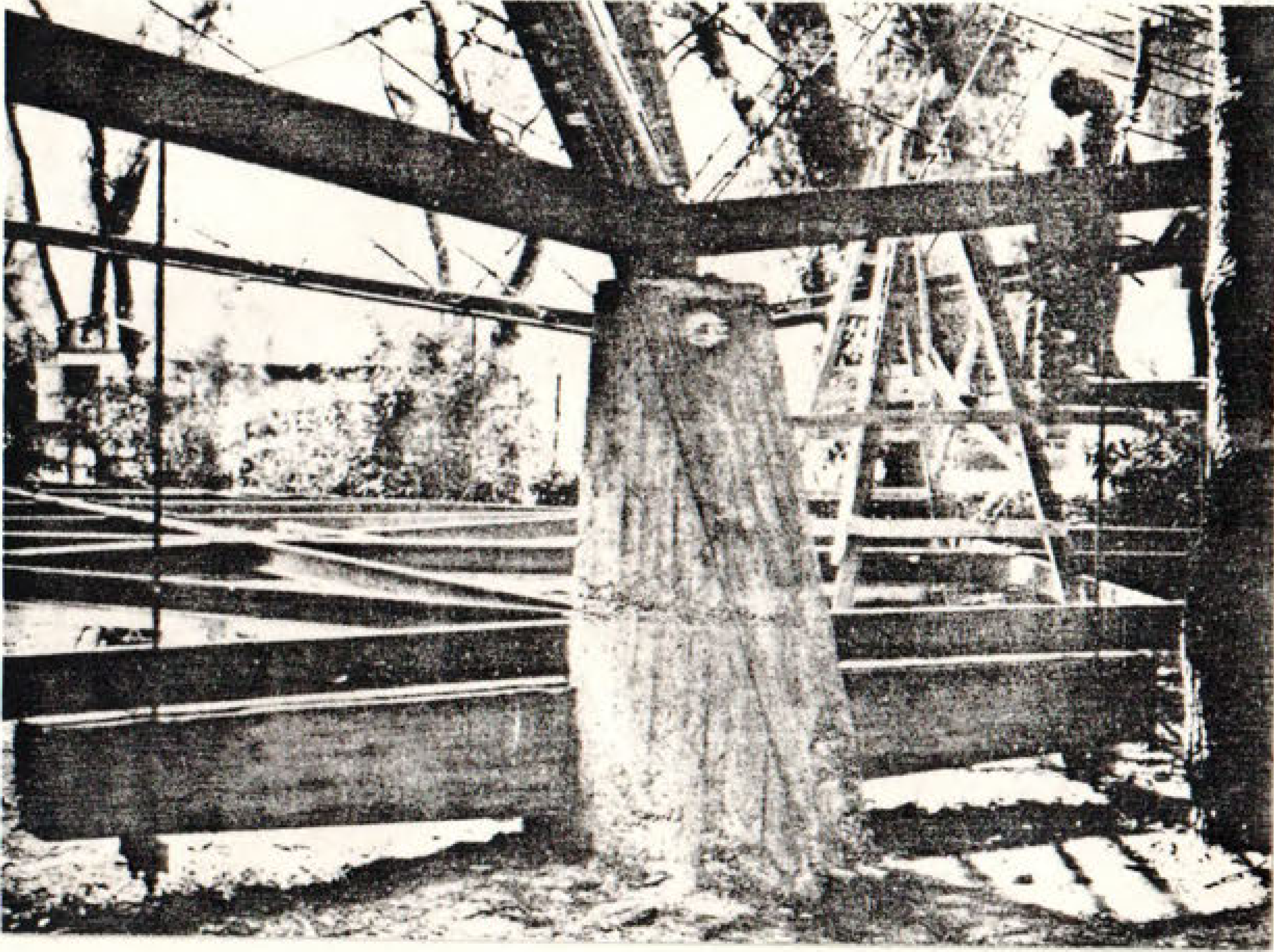




Şekil 89: Uygulanan pavyon ve tasarımı.

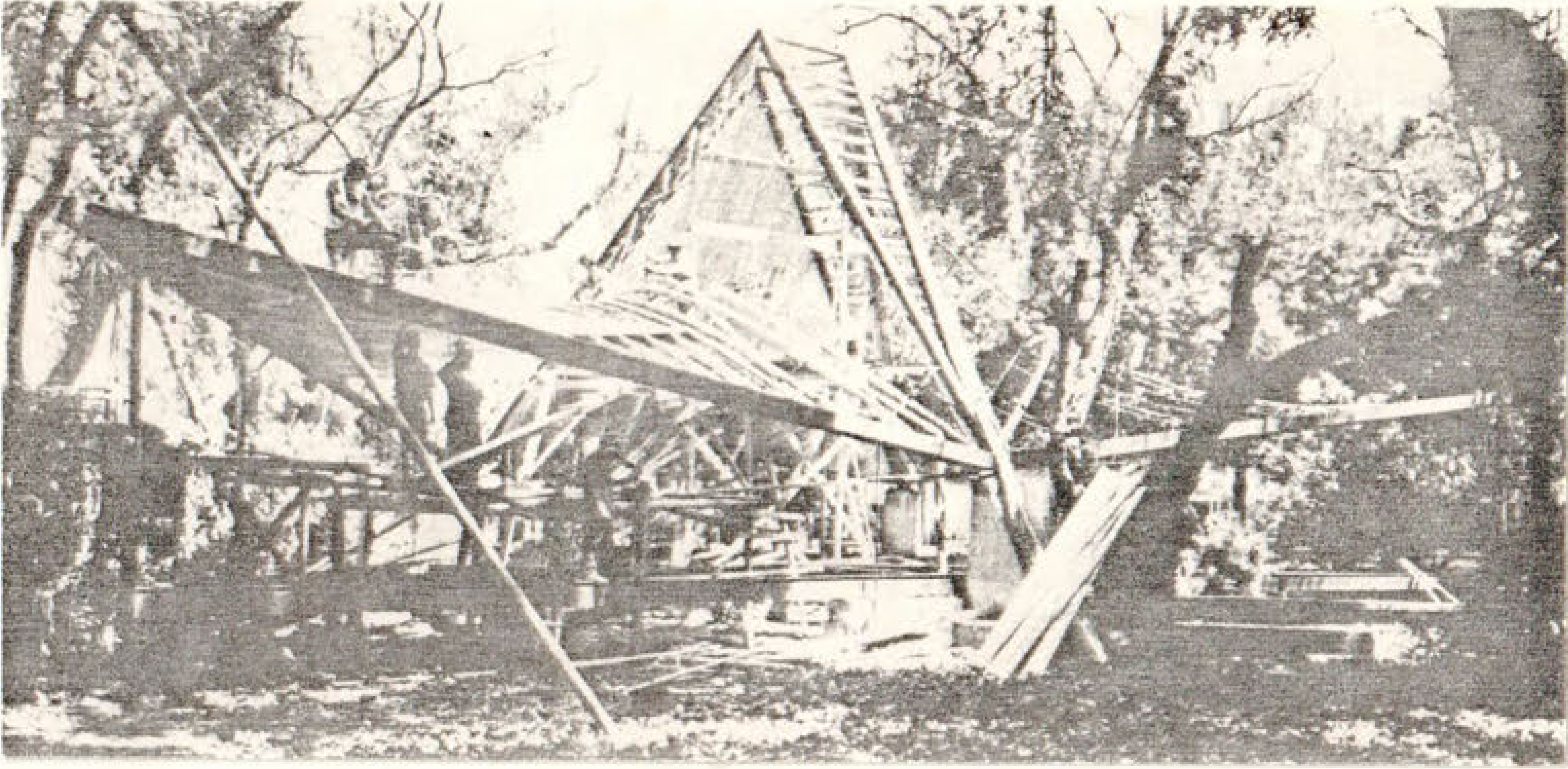


Şekil 90: Sistemin kablo ağı düzenlenişi.



Şekil 91: Düşey gergilerin düzenlenişi.

nar elemanlarla bunların bağlantılarından meydana gelen bu uzaysal sistem ve diğer kenar elemanların ayaklardaki konsollara gergeri ile bağlanması gerekli stabiliteyi sağladığından, doğrama dikmelerinin taşıyıcı olarak kullanılmasına ihtiyaç kalmamıştır. Bununla beraber rüzgardan ve simetrik olmayan diğer etkilerden ileri gelecek sehimleri azaltmak için kablo ağı strüktürlerin uçlarındaki doğrama dikmeleri takviye edilerek döşemeye ve çatıya kaynaklanmıştır (Şekil 92).

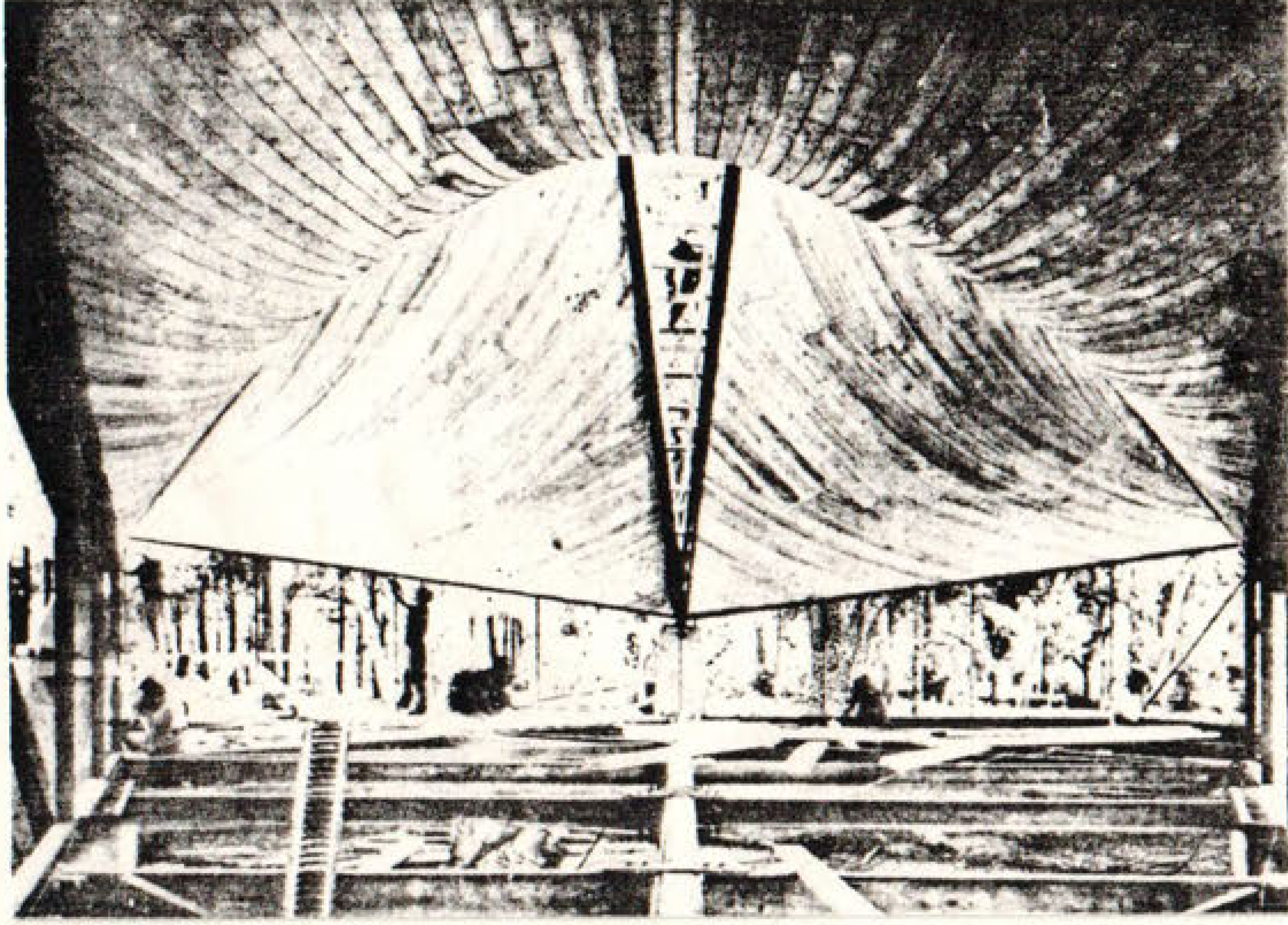


Şekil 92: Strüktürün kuruluşu.

Hiperbolik paraboloid kablo ağı strüktürlerin mesnetlendiği üç adet betonarme ayak, 90 cm. yükseklikteki döşemenin altında yer alan ve merkezde birleşen betonarme kirişlerle birbirlerine bağlanmışlardır. Ağaçların kesilmemesi ve incinmemesi için temel kitlelerinden biri parçalı olarak, yakınındaki ağacın köküne zarar vermeyecek şekilde düzenlenmiştir.

Kenar elemanların U profili olan üst parçaları aynı zamanda birer oluk olarak kullanılmıştır. Çatı suları bu oluklarla betonarme ayakların üstünde toplandıktan sonra, ayakların içine gömülmüş galvanizli borularla zemine aktarılmıştır.

Örtü kaplaması, germe kabloları boyunca üstte ve altta yerleştirilen kadronlara çakılan tahtalarla, ahşap olarak teşkil edilmiştir. Çatının su yalıtımı, bu tahtalar üzerine döşenen iki kat rüberoit ile sağlanmış, bunun da üstüne bitüm emülsiyonu ve yağlıboya sürülmüştür (Şekil 93).



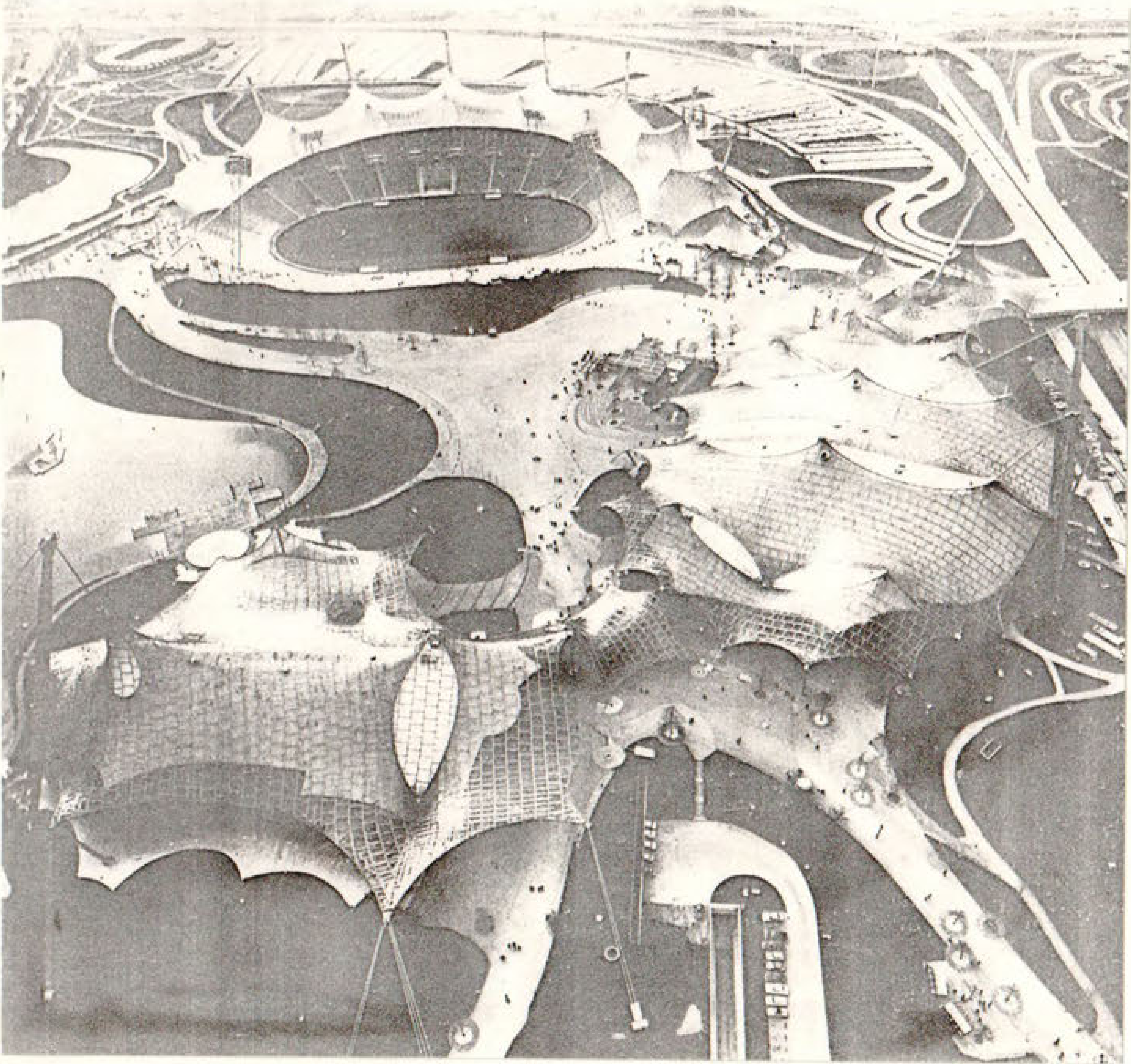
Şekil 93: Ahşap örtü kaplamasının düzenlenişi.

Konstrüksiyonda kullanılan çelik elemanlar İstanbul'da atelyede hazırlandıktan sonra, yerinde betonlanan ayaklar üzerine monte edilmişlerdir. İnşaat süresi sadece otuz gündür<sup>(70)</sup>.

(70) Karataş, s. 109, 111, 113.

### 3.3. MÜNİH OLİMPİYAT OYUNLARI SİTESİ ASMA-GERME YAPILARI

Günter Behnisch ve arkadaşlarının Frei Otto ile birlikte yaptıkları 1972 Münih Olimpiyat Oyunları sitesindeki stadyum, jimnazyum, yüzme sporları arenası ve ara kısımlarla bazı bağlantı yollarını örten asma-germe sistemler, zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktür uygulamalarının en geniş örneği durumundadır (Şekil 94).

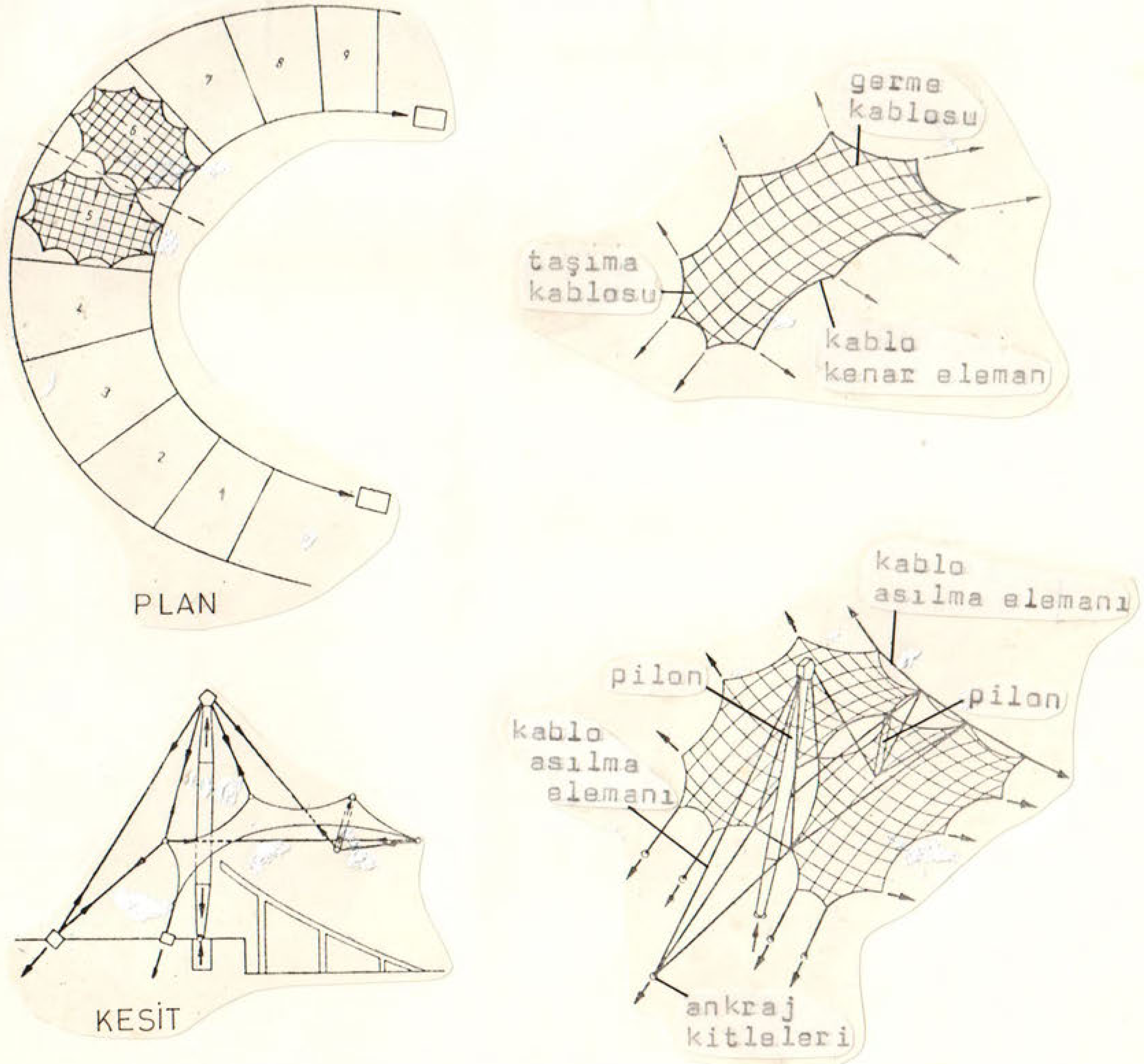


Şekil 94: Asma-germe yapıların genel görünümü.

Bu, zıt yönde eğrilikli kablo ağı sistemi meydana getiren başlıca strüktür elemanları şöyle sıralanabilir:

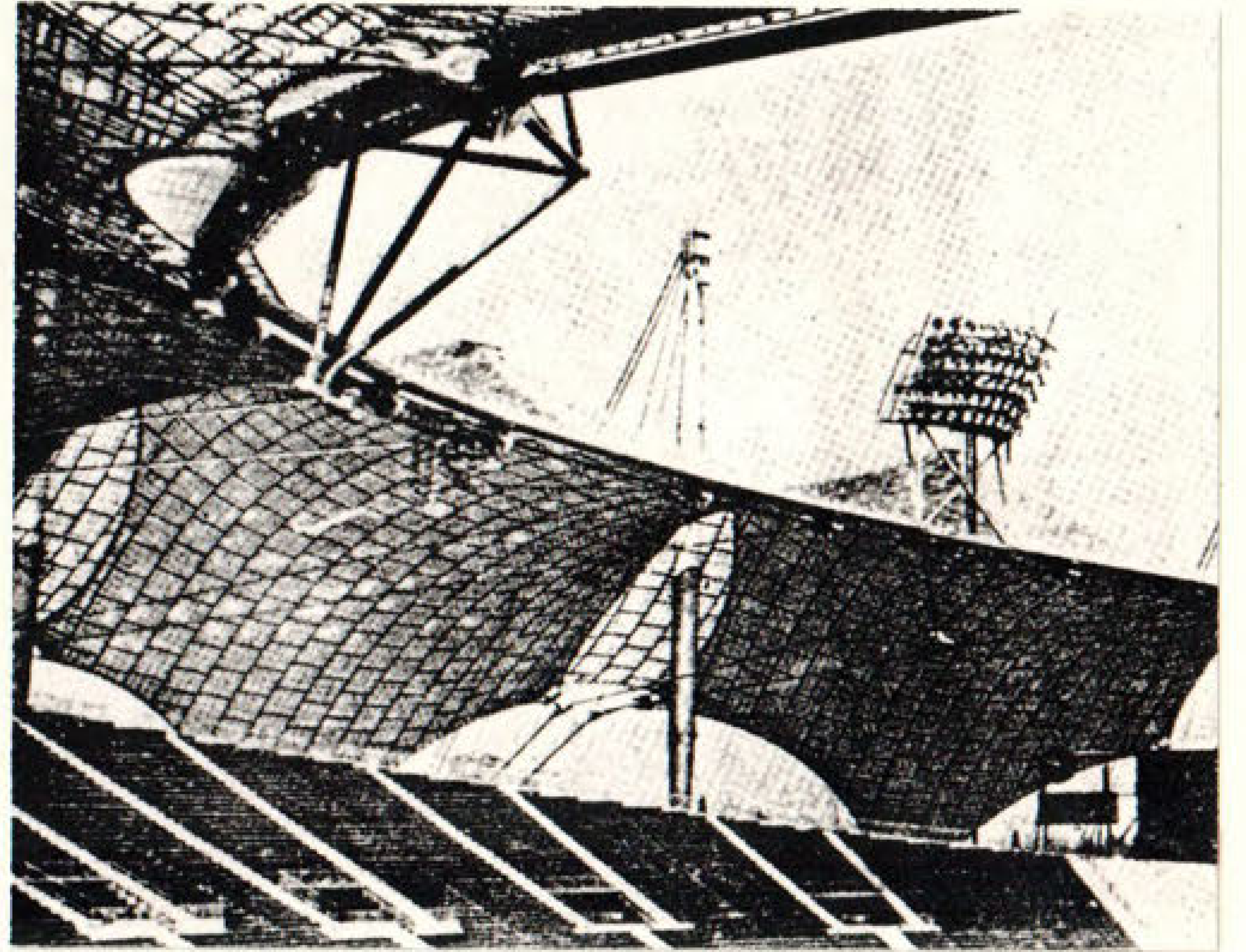
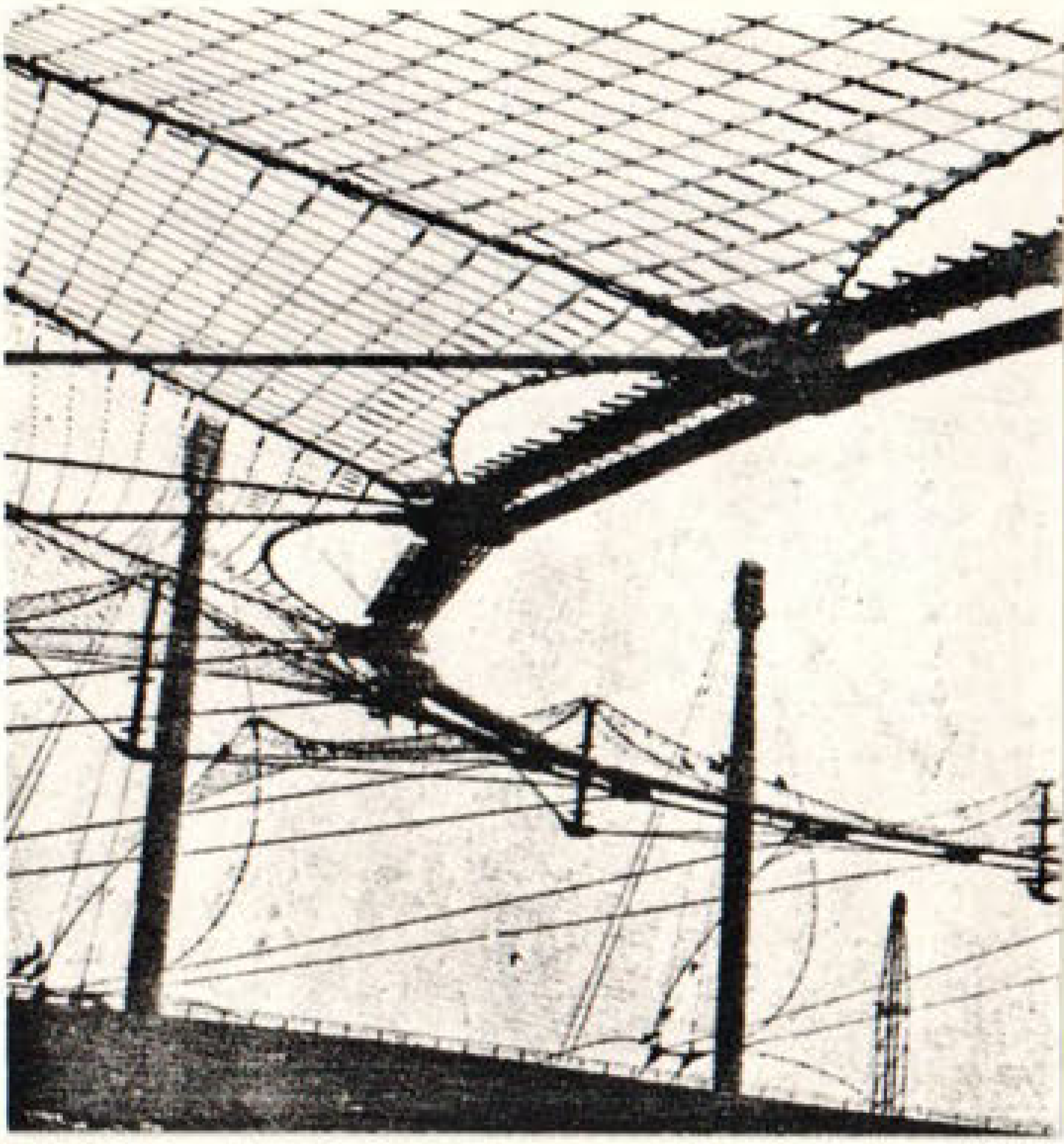
- Taşıma ve germe kabloları,
- Kablo kenar elemanlar,
- Kablo asılma elemanları,
- Pilonlar ve direkler,
- Ankraj kitleleri ve temeller.

Sisteme etki eden yükler, taşıma ve germe kablolarından kablo kenar elemanlara, kablo kenar elemanlardan kablo asılma elemanlarına, bu elemanlardan da pilon ve ankraj kitleleri ile zemine taşınmaktadır (Şekil 95).



Şekil 95: Strüktürün kuruluşu ve çalışması.

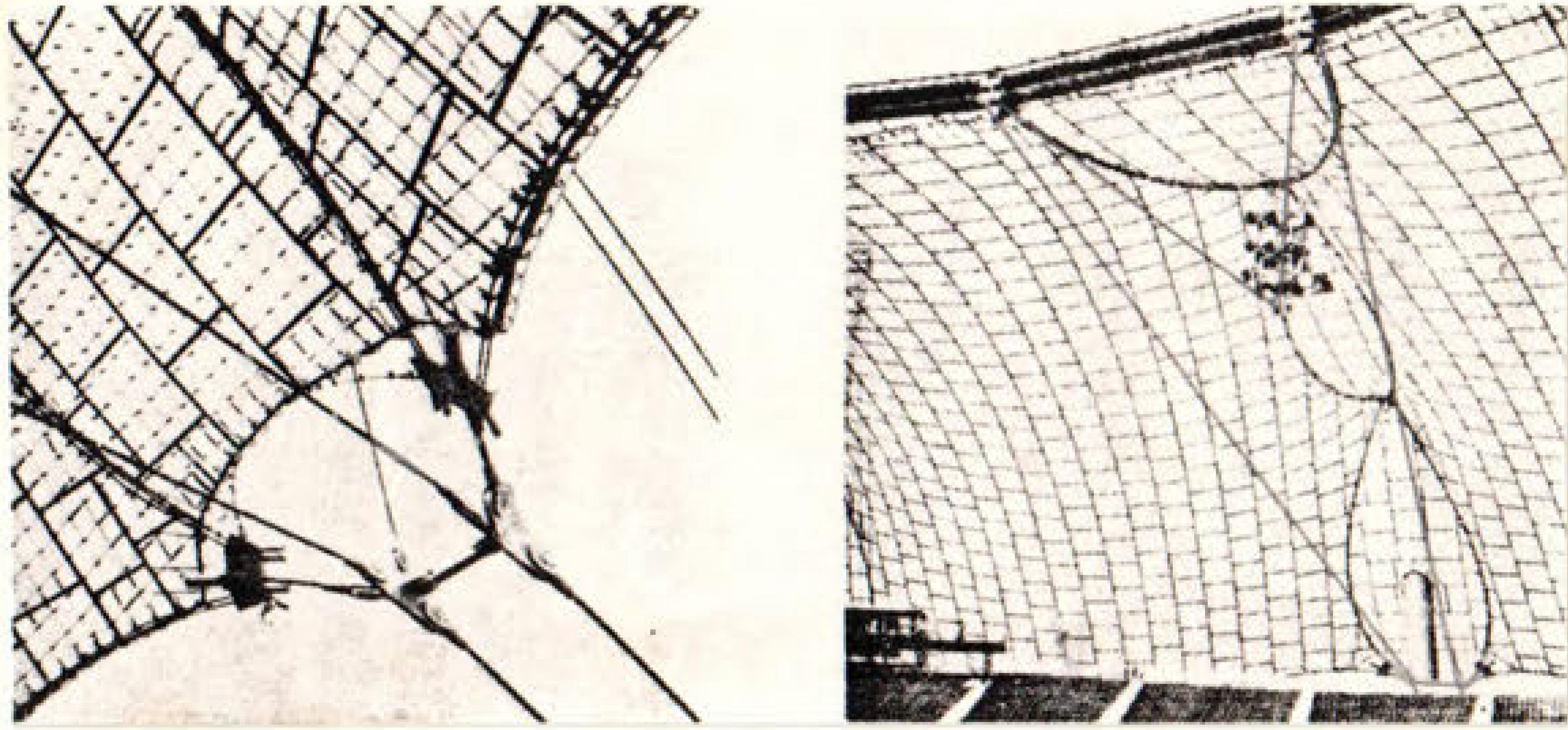
Kablo ağının elde edilmesinde kullanılan taşıma ve germe kablolarının seçiminde, kabloların bir yandan kolay bükülebilmesini sağlamak için ince olmaları, diğer yandan korozyona karşı korunmaları için mümkün olduğu kadar kalın olmaları ilkesi göz önünde tutulmuştur. Taşıma ve germe kabloları, 12 mm'lik veya 16 mm'lik kablolar halinde ikişer ikişer kullanılmışlardır. Kablo ağının göz aralıkları, iki doğrultuda 75 cm. olarak saptanmıştır. Taşıma ve germe kabloları kablo kenar elemanlara kısaçalarla bağlanmıştır. Çapları 81 mm. olan bu kenar elemanların kesişme noktalarında ise manşonlar kullanılmıştır (Şekil 96).



Şekil 96: Sistemin kablo ağı düzenlenişi.

Kablo asılma elemanları, öncelikle, rüzgar ve kar yükü gibi asimetric etkilerden ileri gelen çatı deformasyonları için düzenlenmişlerdir. Büyük çekme kuvvetlerinin oluşması nedeniyle bu kablolar, mukavemet düşmesine neden olmayan paralel tel grubu olarak yapılmışlardır. Kablo asılma elemanlarının uç bağlantıları yeni bir buluşla, kablo kesitinin sağladığı

mukavemetin üstünde mukavemet sağlayan bir bağlantı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 97).



Şekil 97: Kablo asılma elemanlarının düzenlenişi.

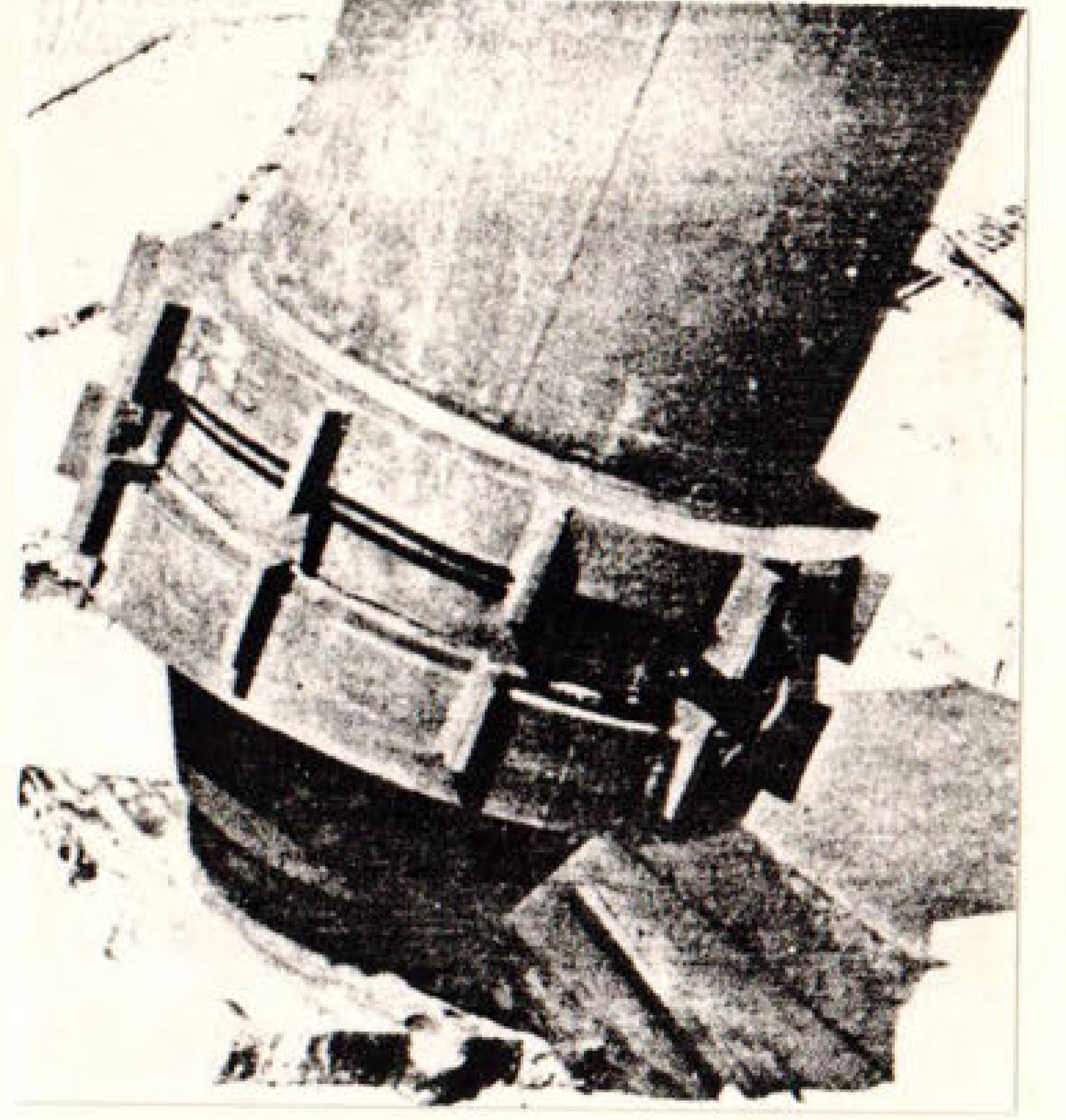
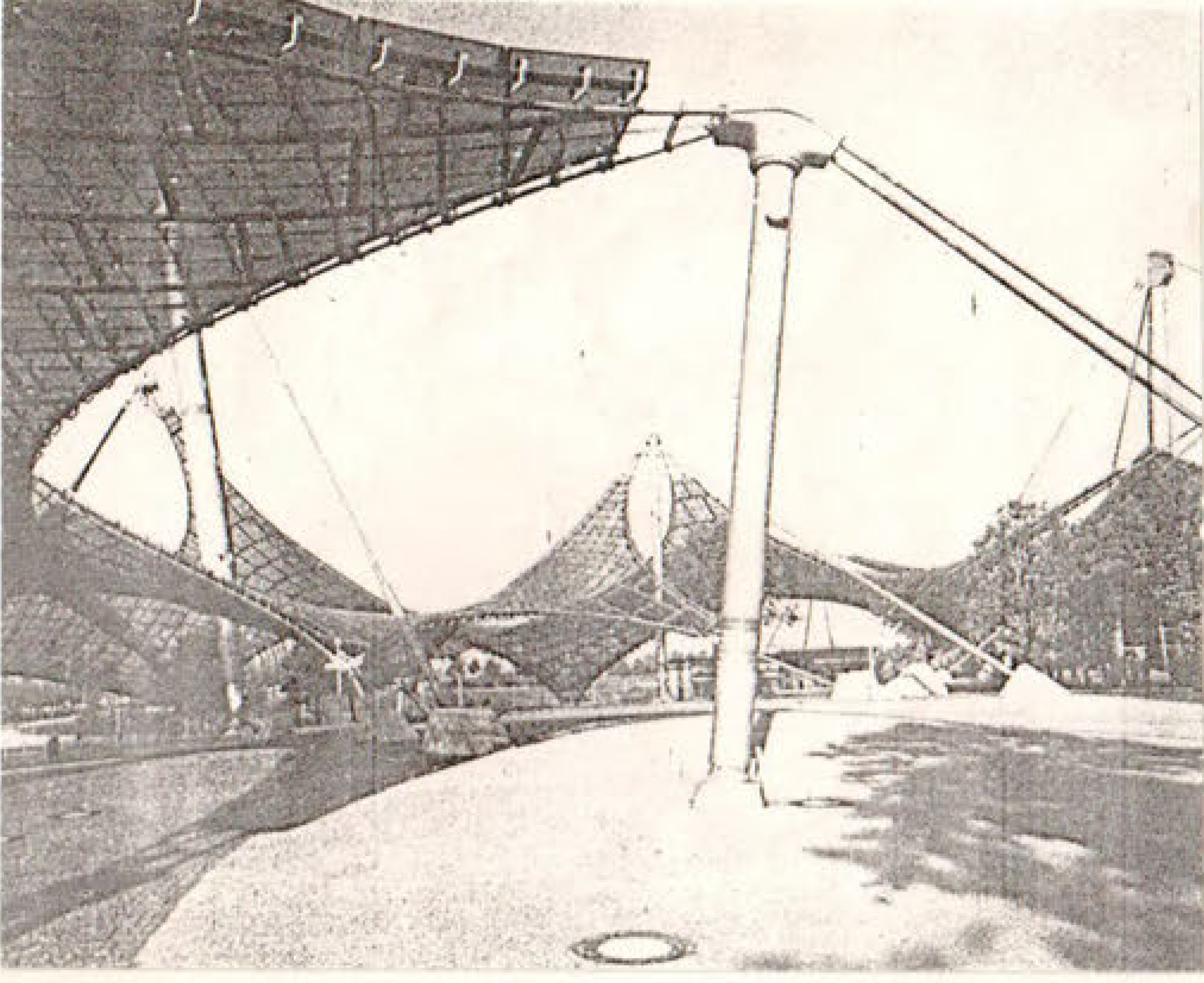
Strüktürün basınç elemanları olarak çalışan çelik direk ve pylonların yükseklikleri, 7 m. ile 80 m. arasında değişmektedir. Değişken kesitli olarak teşkil edilen bu çelik elemanları oluşturan parçalar, bulonlarla şantiyede birleştirilmiştir. Tabanlarından küresel mafsallarla mesnetlendirilmiş olan pylon ve direklerin eğik konumları, kablo asılma elemanlarının montajı ile birlikte oluşmuştur (Şekil 98).

Zemin koşullarına bağlı olarak üç tür ankraj sistemi uygulanmıştır. Şantiyede verilmiş olan öngerilme işlemleri tamamlandıktan sonra tüm betonarme temeller örtülmüştür (Şekil 99).

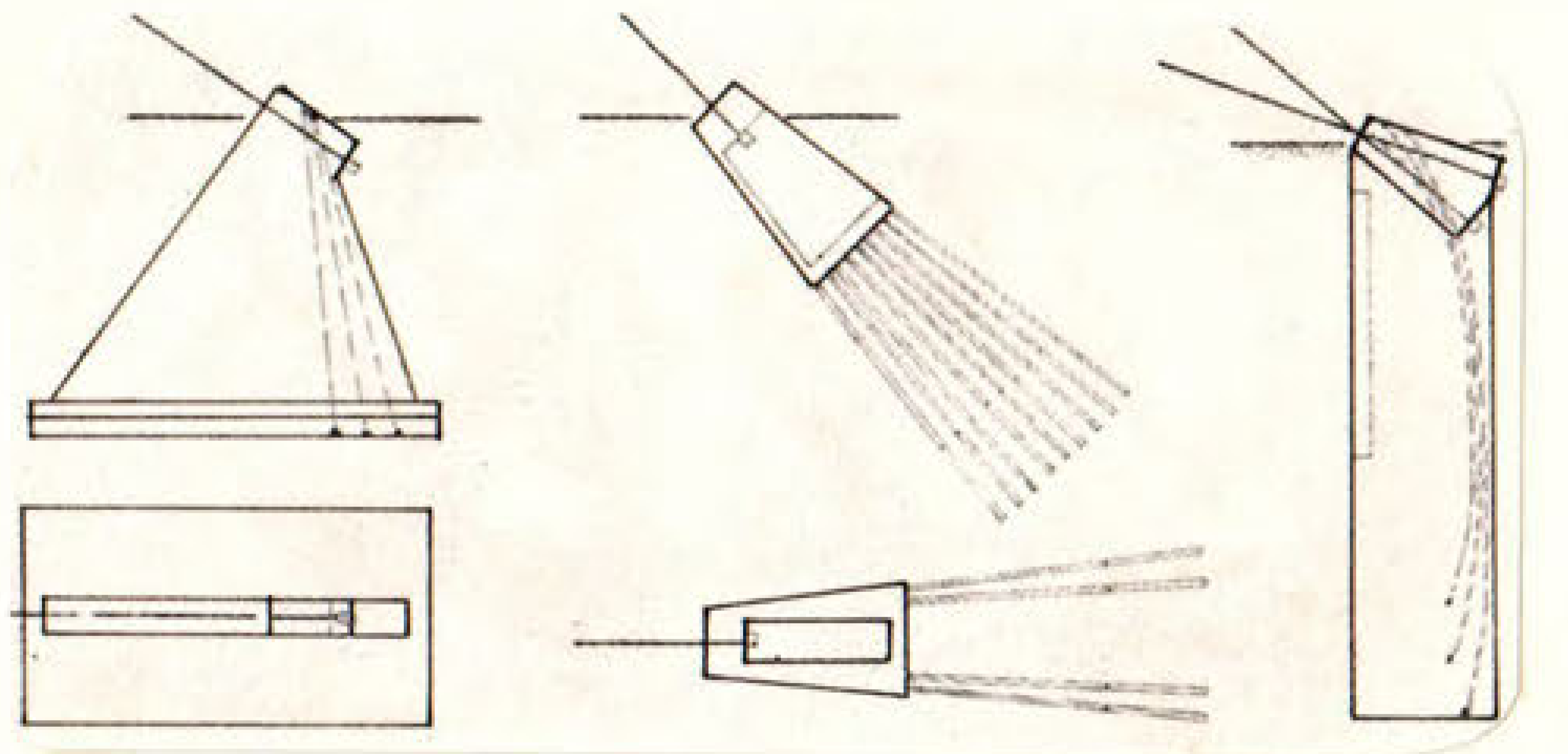
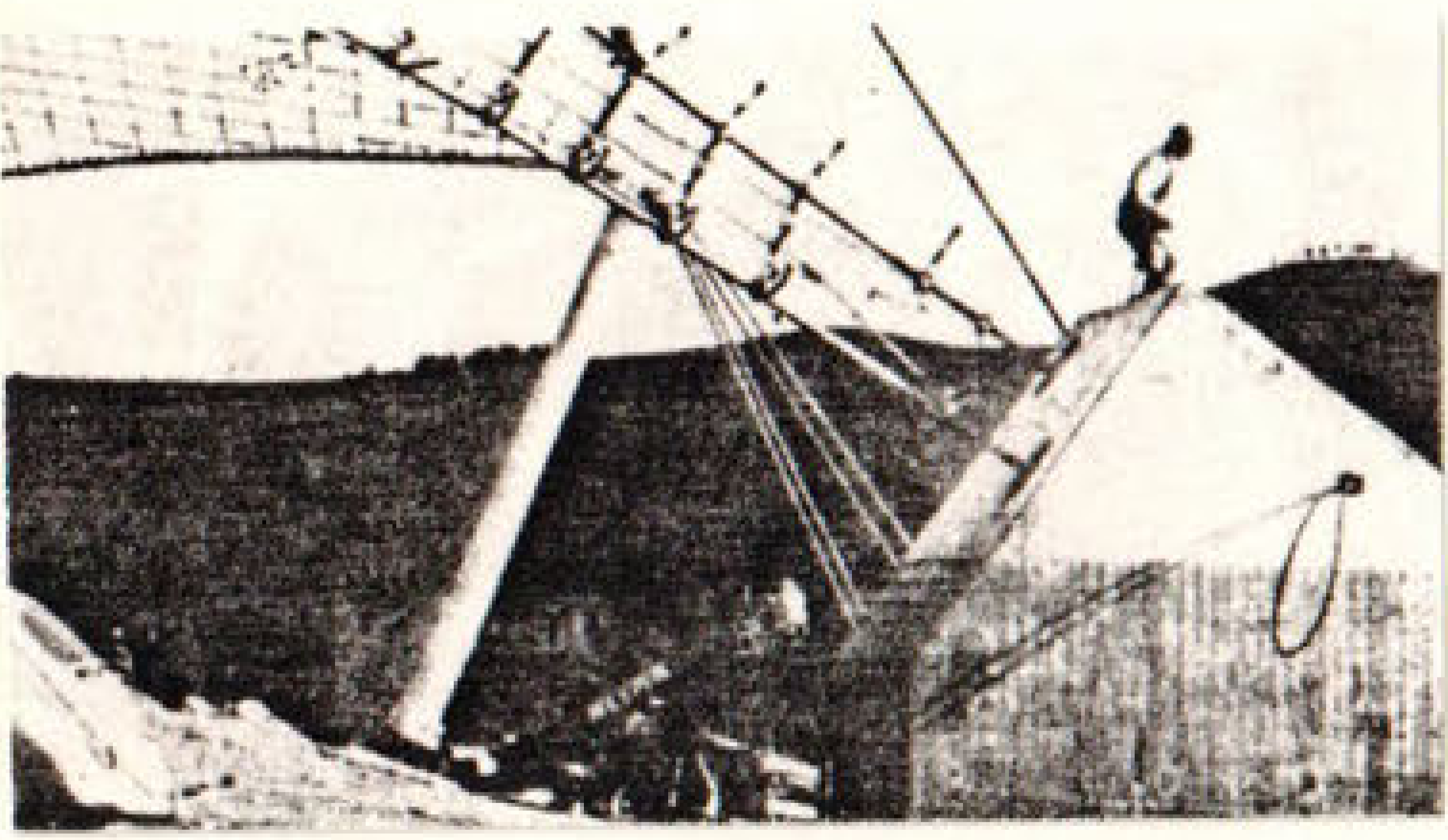
Örtü kaplaması olarak akrilik cam panolar kullanılmıştır. Böyle bir örtü kaplamasının seçilmesinde, ışık geçiren bu levhaların yapacakları gölgenin minimum olması ve renkli televizyon yayınları için renklerin kalitesini bozmamaları önemli etkenler olmuştur <sup>(71)</sup>.

(71) Karataş, s. 124, 125, 126, 128.





Şekil 98: Pilon ve direklerin düzenlenişi.



Şekil 99: Ankraj elemanlarının düzenlenişi.

## SONUÇ

5

Zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürler, malzemelerinin taşıyıcılık üstünlükleri nedeni ile, büyük mekanların aramesnetsiz olarak örtülmesinde amaçlanan işlevsellik, dayanıklılık ve ekonominin sağlanmasında en uygun çözümler getirmektedirler.

Kuruluş düzenlerinin ve temel ilkelerinin sağladığı form imkanları, ayrıca, tüm geometrik, serbest planlara uyabilmeleri ile bu strüktürler, planlama ve form anlayışlarındaki yeni gelişmelere ayak uydurabilecek çözümler getirebilmektedirler.

Hafif malzeme nitelikleri ve sökülüp tekrar kurulabilmeleri, plastik, özgür, devingen bir mimari ortaya koymaktadır.

Çalışmada saptanan bu sonuçlarla, mimari, strüktürel, ekonomik imkanları, asma-germe strüktürlerin bir türü olan "zıt yönde eğrilikli kablo ağı strüktürler" in çağdaş mimarlıktaki üstünlüklerini ortaya koymaktadır.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. ASCE Committee Report, Kablolarla Asılı Çatı Yapımının Bugünkü Durumu, çev. Müfit Yorulmaz. İ.T.Ü. Mim. Fak. Baskı Atelyesi, 1972.
2. Bayülgen, Cengiz, "Mekan Örtüsü Tasarımında Asma-Germe Taşıyıcı Sistemler Üzerine Bir İnceleme" (basılmamış doçentlik tezi, Mimarlık Fakültesi, İ.D.M.M.A.).
3. Büttner, Oskar ve Hampe, Erhard, Bauwerk Tragwerk Tragstruktur, Berlin, 1985.
4. Drew, Philip, Frei Otto: Form and Structure, London, 1978.
5. Engel, Heinrich, Tragsysteme Structure Systems, 4. B., Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart, 1977.
6. Gerçek, Cemil, Yapıda Taşıyıcı Sistemler, Ankara, Doğu Matbaacılık, 1979.
7. Gökçe, Gündüz, "Çağdaş Mimaride Strüktür", Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 93-115.
8. Günsoy, O., Kendik, M. ve Anıl, K., Asma Sistemler, İ.D.G.S.A. Matbaası, 1979.
9. Gürel, Sedat, Uzay Organizasyonlarında Yeni Gelişimler, İ.T.Ü. Mim. Fak. Baskı Atelyesi, 1968.
10. Karataş, Hasan, Asma Sistemler, İ.T.Ü. Matbaası, 1979.
11. Olympic Architecture Munich 1972, architektur wettbewerb, Stuttgart, 1970.

12. Otto, Frei, Das Hangende Dach, Berlin, Im Bauwelt Verlag, 1954.
13. Roland, Conrad, Frei Otto: Structures, London, 1970.
14. Salvadori, Mario ve Heller, Robert, Mimarlıkta Taşıyıcı Sistem, çev. Hasan Karataş ve Bisülay Utku, İki. B., İ.T.Ü. Matbaası, 1982.
15. University of Stuttgart, direction Frei Otto, "Nets in Nature and Technics", IL-8, Printed in Germany, 1975.
16. Ülgüray, Metin, "Prefabrike (Önüretimli) Plastik Yapılar", Yapı Endüstri Merkezi Dergisi, İstanbul, Sayı 61, 1986, s. 60-63.

## ŞEKİL KAYNAKLARI

1. ASCE Committee Raport, Kablolarla Asılı Çatı Yapımının Bugünkü Durumu, çev. Müfit Yorulmaz, İ.T.Ü. Mim. Fak. Baskı Atelyesi, 1972. (Şekil: 87).
2. Bayülgen, Cengiz, "Mekan Örtüsü Tasarımında Asma-Germe Taşıyıcı Sistemler Üzerine Bir İnceleme" (basılmamış doçentlik tezi, Mimarlık Fakültesi, İ.D.M.M.A.). (Şekil: 18, 31, 32, 33, 42, 43, 45, 50).
3. Büttner, Oskar ve Hampe, Erhard, Bauwerk Tragwerk Tragstruktur, Berlin, 1985. (Şekil: 23, 44, 72).
4. Drew, Philip, Frei Otto: Form and Structure, London, 1976. (Şekil:85).
5. Engel, Heinrich, Tragsysteme Structure Systems, 4.B., Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart, 1977. (Şekil: 1, 2, 3, 4, 5, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 37, 40, 46, 47, 69, 70, 74).
6. Gökçe, Gündüz, "Çağdaş Mimaride Strüktür", Akademi Dergisi, Sayı 9, s. 93-115. (Şekil: 8, 10).
7. Karataş, Hasan, Asma sistemler, İ.T.Ü. Matbaası, 1979. (Şekil: 6, 7, 15, 38, 51, 86, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99).
8. Olympic Architecture Munich 1972, architektur wettbewerb, Stuttgart, 1970. (Şekil: 82, 84).
9. Otto, Frei, Das Hangende Dach, Berlin, Im Bauwelt Verlag, 1954. (Şekil: 16, 17, 23, 34, 44, 51, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 86, 87, 88).

10. Otto, Frei ve Schleyer, F-Karl, Zugbeanspruchte Konstruktionen, Band 2, Berlin, Ullstein Fachverlag, 1966. (Şekil: 9, 12, 14, 44, 49, 66, 68, 71, 74, 75).
11. Roland, Conrad, Frei Otto: Structures, London, 1970. (Şekil: 13, 25, 26, 27, 28, 50, 65, 66, 67, 68, 71, 75).
12. Siegel, Curt, Structure and form in Modern Architecture, New York, 1963. (Şekil: 18, 24, 38).
13. University of Stuttgart, Direction Frei Otto, "Nets in Nature and Technics", IL-8, Printed in Germany, 1975. (Şekil: 11, 29, 30, 35, 36, 37, 39, 41, 44, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 70, 94, 98).