

BOĞAZIÇI ASMA KÖPRÜ TEMEL ETÜDLERİ

Galip OTKUN

Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara

GİRİŞ

İstanbul Boğazı üzerinde bir asma köprü inşası her devirde mühendisleri meşgul etmiş bir mevzudur. Fakat 1954 senesine kadar birçok ecnebi firmalar tarafından yapılan teklifler esaslı bir etüde dayanmıyordu. Bu tarihten sonra mevzu bir kere daha ele alındı ve preliminar études, Karayolları tarafından bir Amerikan firmasına (De Lew and Gather) ihale edildi. Bu firmanın tesbit ettiği güzergâh üzerinde bilâhara detay etüdlere geçildi, 1958 senesinde bütün études tamamlanarak nihai projeler Steinman Firması tarafından yapıldı»

Bu incelemelerin başından sonuna kadar etüd ve sondajlara bilfiil iştirak etmiş bir insan olarak elde edilen neticeleri derlemeyi ve bu mevzuda çalışacaklara faydalı olmayı düşündüm. Aşağıda çalışmalarımızın detayı verilecektir»

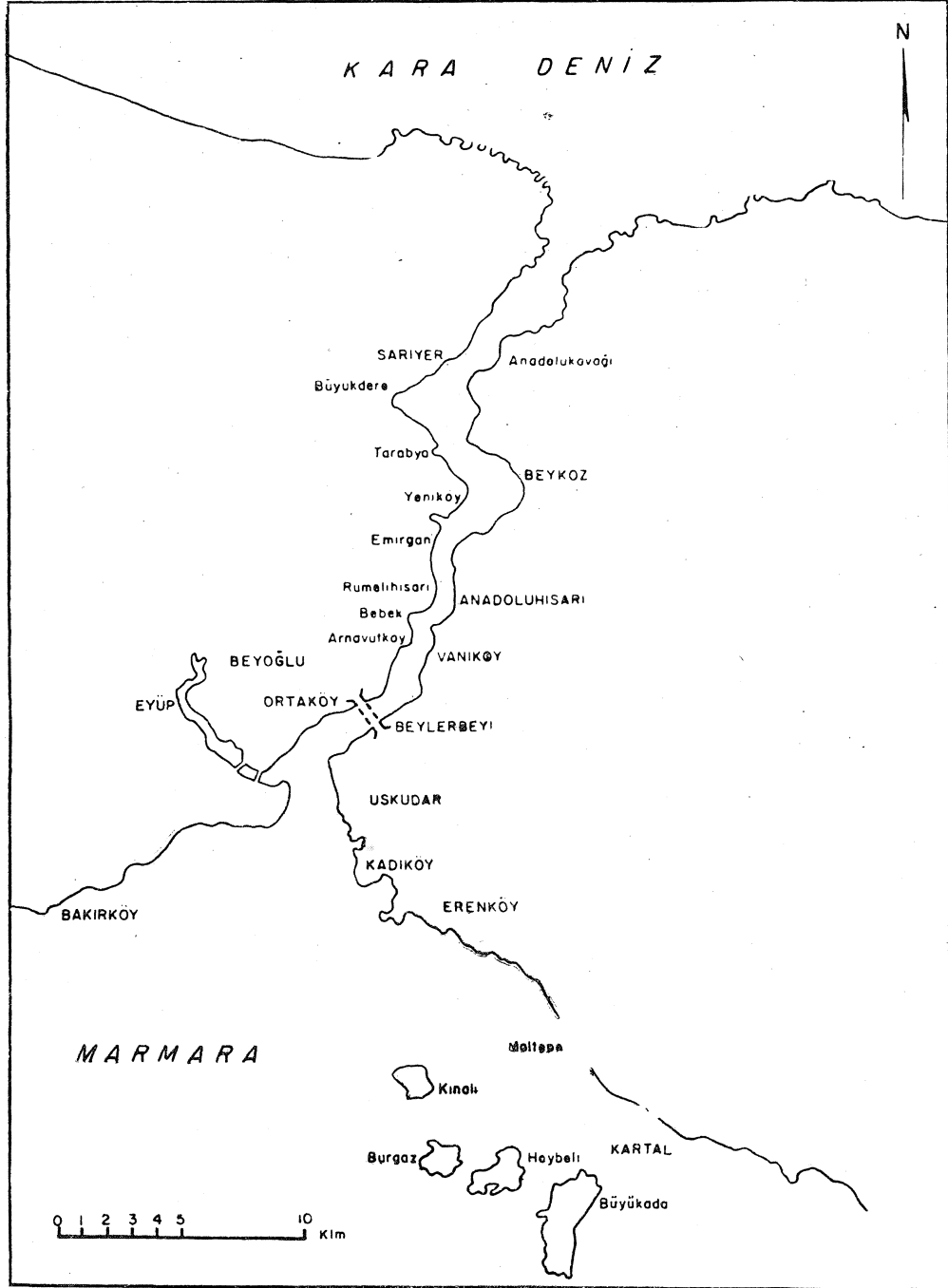
Asma köprü preliminar **etüdleri**

Asma köprü preliminar etüdleri yapılırken başlıca iki husus nazarı itibara alındı :

1. Asma köprü mevkiinin tesbiti,
2. Köprü bağlantı yollarının güzergâhı,

Ankara istikametinden gelen trafiğin kolayca Edirne istikametine aktarılabilmesi ve bu geçiş esnasında hiçbir sıkışıklığa meydan vermemesi icabediyordu. Durum böyle olunca asma köprüden başka takriben 22 km yol ile 13 tane üst geçit ve bir de Haliç üzerinde bir köprü inşası düşünülüyordu.

Köprü mevki seçilirken de bu mevkiin hem inşaat bakımından ve hem de kullanılış bakımından elverişli bir noktada bulunması lâzım geliyordu (Şek. 1).



Şek, 1 - Asma köprü meTkiini gösterir kroki

İşte preliminar etüdler esnasında bir takım sondajlar yapılarak, hem köprü mevkii tâyin edildi ve hem de köprü'nün keşif bedeli hazırlandı.

Denizaltı haritasının çıkarılması

Preliminar etüdler sonunda Ortaköy ile Beylerbeyi arası seçildikten sonra bu hat ve civarı denizaltı haritasının çıkarılması ya-

pildi. Bu iş için Donanma ile işbirliği yapıldı ve echo-sounding metodu kullanıldı. Çalışmalar sonunda eskiden yapılmış profile hiç benzemiyen bir şekil elde edildi (Şek. 2).

Akıntı süratlerinin ölçülmesi

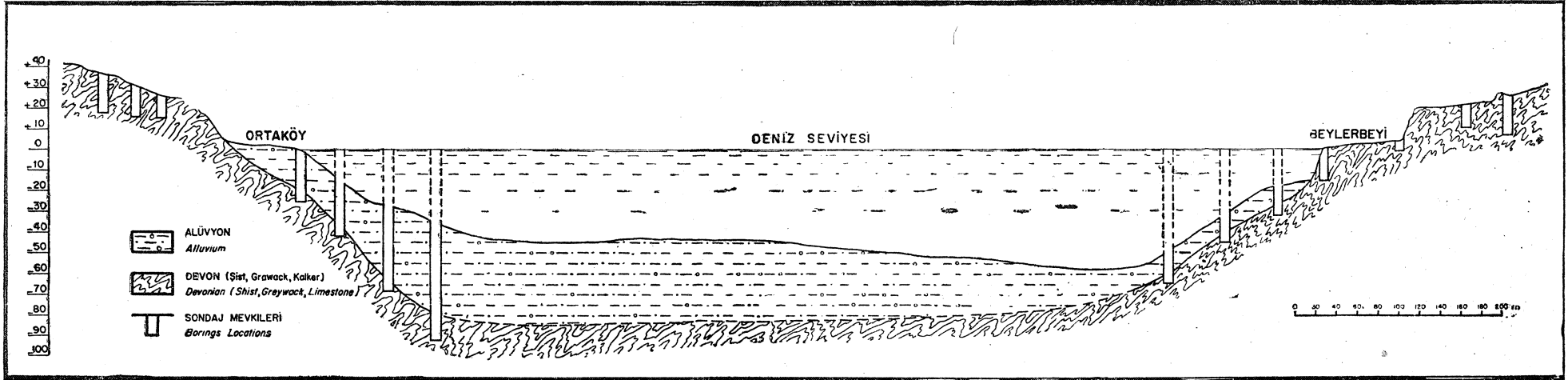
Sondaj metodunun tesbiti ve kullanılacak muhafaza borularının (casing) takviyesi bakımından Boğaz'daki akıntı süratlerinin bilinmesi gerekiyordu. Bunun için Beylerbeyi açıklığında muline ile ölçüler yapıldı. Deniz sathından 2 metre aşağıda sürat saatte 2 mil bulundu. Derinlere gidildikçe sürat azalıyor ve 34 metrede 0 mil oluyordu. Bu derinlikten sonra akıntı istikameti değişti; yani güneyden kuzeye bir akıntı tesbit edildi.

Tatbik **edilen** sondaj **metodu**

Projeyi yapan müşavir firma tarafından, her ayakta dörderden sekiz adet sondaj isteniyordu. Bunlardan dördü «bedrock» m içine 15 metre girmesi gerekiyordu. Temeli teşkil eden bedrock içinde her hangi bir (kavite) olup olmadığı anlaşılacaktı. Echo-sounding ile yapılan tecrübeler göre deniz karı derinliğinin âzami 47 metre olan bir yerde sondaj yapılacaktı. Böyle bir çalışma oldukça güç olup, hususi bir durum arz ediyordu. Başka memleketlerde daha evvel yapılmış benzeri etüdlere tetkik edildi.

Amerika'da Maine eyaletinde (Corps of Engineers) tatbik edilen ve A.L. DOW tarafından «Foundation Exploration in Deep Water» isimli makaleden istifade edildi.

Sondaja 8" kutrunda ve ek yerleri takviye edilmiş muhafaza boruları ile başlandı. Sondaj personelinin çalışabilmesi için iki mavna yan yana getirilmek ve araları kalasla bağlanmak suretiyle bir plâtfon meydana getirildi. Mavnalar altı istikametten çaplarla tesbit edildi. 8" lik borular sondaj mevkiine çakıldı, Boru içine giren malzeme bailer ile temizlendi. Böylece percussion metodu ile bedrock⁵a kadar ilerleme yapıldı. Asma köprü ayakları toprak üzerine oturtulamıyacağından alüvyon içinde hiçbir tecrübe yapılmadı ve bozulmamış numune de alınmadı. Esasen alüvyon umumiyetle kum ve çakıldan müteşekkil olduğundan böyle bir numune de alınamazdı. Bedrock'a temas edildikten sonra sondaj metodu değiştirildi. Bu defa 8" sondaj borusu içine ikinci bir 5" lik boru indirildi. Bilâhara 8" lik boru üzerine Joy HS tipi bir sondaj makinesi monte edildi. Bu Joy HS kompresörle çalışan bir cihaz



Şek. 2 - İstanbul Boğaziçi jeolojik kesiti

olduğundan gayet hafiftir ve 8" lik boru tarafından kolayca taşınabilir. Joy HS i çalıştıran kompresör ise plâtförmün bir kenarına yerleştirilmiştir, Joy HS e bağlanan NX veya BX karotye ile kaya içinde kolayca sondaj yapılmış, karot numuneleri alınmıştır.

Sondaj neticeleri

Preliminer etüdlere esnasında ilk deniz sondajı, Ortaköy sahilinde ve sahilten birkaç metre uzakta yapılmıştı. Burada bulunan alüvyon kalınlığı 20 metre idi. Sonradan yapılan deniz sondajlarının bir diğere Ortaköy'de ve sahilten 130 metre açıkta başlandı. Sahil yakınında alüvyon kalınlığı 20 metre olunca, 130 metre uzakta, cereyanların daha kuvvetli olmasından, bu kalınlığın daha da az olacağını bekliyorduk. Fakat karşılaştığımız durum tamamiyle aksi oldu : 40 metreden fazla, umumiyetle kum ve çakıllı bir alüvyon bulduk. Bu noktada 37 metre olan deniz dibi derinliğini de ilâve edince kayadaki sondaja ancak 80 metreden sonra başlandı.

Yukarda izah ettiğimiz metod ile yapılan sondajlar sayesinde (Şekil 2) de görülen profil meydana geldi.

Beylerbeyinde karada yapılan sondajlarda Devonien kalkerleri hâkim bulunuyordu. Bazı kısımlarda kalker ve şistler tenavüp etmektedir. Sahilde ise tamamiyle kalkerler mevcuttur. Bu durumun devamı olarak Beylerbeyi açıklarında denizde yapılan sondajlarda daima kalkerlere tesadüf edilmiştir.

Ortaköy tarafında ve karada yapılan sondajlar da şist ve grauvaklar hâkim vaziyettedir. Halbuki sahilten uzaklaştıkça bu hâkimiyet azalmakta ve yerini kalkerlere bırakmaktadır. Ortaköy'de bilhassa sahile yakın yerlerde deniz sondajlarının bir hususiyeti de, bedrock ile alüvyon arasında bir bloklu tabakanın mevcudiyetidir. Her ne kadar bloklu bir tabaka ile bedrock'ı sondajlarda tefrik etmek zor ise de, burada aynı seviyede şist, kalker ve bazalt blokların bulunuşları şüpheye meydan vermemektedir»

Beylerbeyi açıklarında yapılan sondajlardaki alüvyon kalınlığı, Ortaköydekilere nispetle azdır (vasati olarak 20 m); Ortaköy açıklarında alüvyonun kalın olmasını şöyle izah ediyoruz : Asma köprü mevkiinin güneyinde Ortaköy deresi bulunmaktadır. Bu derenin sürüklediği sedimanların deniz dibinde bir delta meydana getirmiş olması çok muhtemeldir.

Neticelerin ayan-pr ojeye tesiri

Preliminer etüdler neticesinde köprü açıklığının 650 metre olması düşünülmüştü. Halbuki sondajlardan sonra, köprü ayaklarına tesadüf eden mevkilerde alüvyon kalınlığının beklenmedik bir kalınlıkta çıkması ayak irtifaların! çok artırmıştır. Eğer ilk proje tatbik edilecek olursa, deniz sathının altında takriben 85-90 metrelik bir ayak inşa etmek icabediyordu. Böyle bir inşaat hem çok güç ve hem de pahalı oluyordu. Buna mukabil orta ayaklar arasının açılması da maliyete tesiri yüksek olan mühim faktörlerden biri idi. Nihayet birçok mukayeseler yapıldıktan sonra köprü açıklığının 300 metre daha genişletilerek 950 metreye çıkarılması en muvafık çare olarak kabul edildi ve proje bu esaslar dahilinde hazırlandı.

NETİCE

Asma köprünün inşa edilmesinin lüzumlu olup olmadığı bizi ilgilendirmediğinden, bu mevzuun münakaşasını yapmıyacağız. Yalnız mühendislik jeolojisi ile iştigal eden bir şahıs olarak bu etüdün bize sağlamış olduğu faydalan hulâsa edeceğiz,

1. Bu makalede bahsedilmeyen bir takım detaylar göstermiştir ki, böyle yeraltım ilgilendiren mühendislik işlerinde, mühendisin jeologla işbirliği yapması muhakkak surette lüzumludur.

2. Boğazın enine kesiti (cross-section) evvelce bilinenden tamamiyle farklıdır. Beylerbeyi-Ortaköy arasında en derin nokta ortada değil, daha ziyade Beylerbeyine yakın bir mevkide bulunmaktadır.

3. Deniz dibi düşünülenin tamamiyle aksine kalın bir alüvyon tabakasıyla örtülüdür»

4. Alüvyon içinde çok az kile tesadüf edilmesi, alüvyon teresübatının ekseriya kaba kum ve çakıllardan ve bazan da bloklardan müteşekkil bulunması, boğazın teşekkülünden evvel vadiyi işgal eden akarsu rejiminin süratli olduğudur.

5. Jeoloji bakımından İstanbul Devonieni Trakya ve Anadolu serileri altında ikiye taksim edilmiştir. Bu mmtakada kalkerlerin hâkim vaziyette bulunuşu, bu serinin Anadolu serisine ait olduğunu gösterir,

6. Nihayet, 47 metre su kesimi, saatte 2-3 mil süratli bir akıntı ve trafik hacmi yüksek bir yerde sondaj yapabilmeyi memleketimizde başarmış bulunuyoruz;

INVESTIGATION OF THE FOUNDATIONS OF THE BOSPHORUS SUSPENSION BRIDGE

Galip OTKUN

Middle East Technical University, Ankara

INTRODUCTION

The construction of a suspension bridge over the Bosphorus has intrigued many engineers over several decades. Before 1954 proposals made by foreign firms for a suspension bridge over the Bosphorus were not based on thorough investigation of the existing conditions. Since then the matter was tackled once more and an American firm - De Lew and Cather - was appointed by the Turkish State Highway Department to proceed with the reconnaissance site surveys and investigations. Later, detailed survey and investigation were carried out over the selected area by the same firm. Site investigations were completed in 1958 and the Engineering Firm of the late D. B. Steinman was called for the design. As a technician who has taken part in these investigations I will try to give here a concise account of the procedure followed and the results obtained from the point of view of an engineering geologist.

Suspension bridge preliminary surveying

Two important points are taken into consideration when surveying work for the bridge is done :

1. The selection of the site.
2. The site of the over-pass and connection roads.

The construction of the suspension bridge across the Bosphorus was decided upon in order to have a direct route from Ankara to Edirne and thus reduce the traffic volume in Istanbul. This meant the additional construction of approximately 22 km. of highway, 13 over-passes and a bridge over the Golden Horn, besides the suspension bridge (Fig. 1).

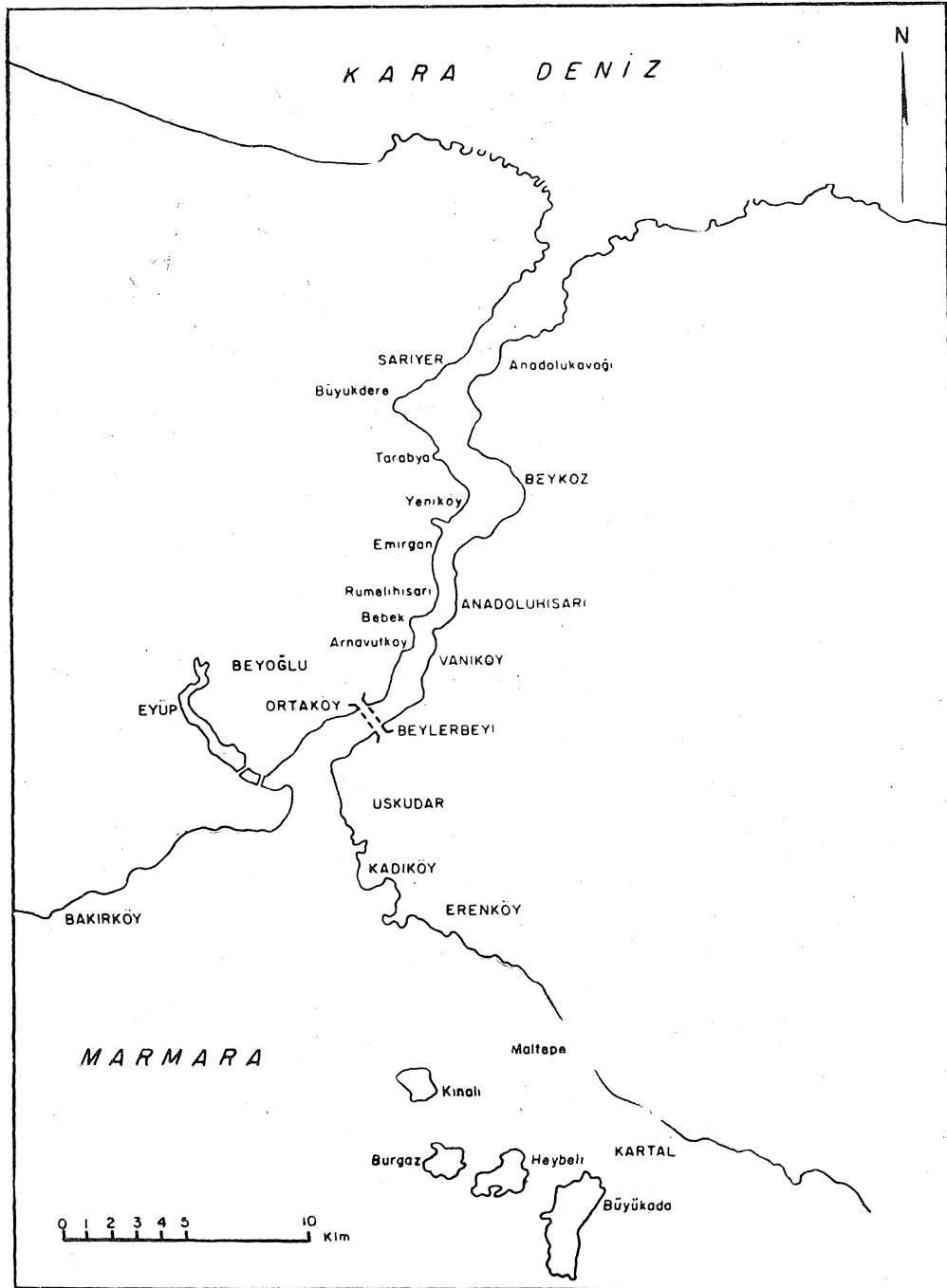


Fig. 1 - Map showing **suspension** bridge location

In the selection of the bridge site, the engineering and traffic problems had to be taken into consideration. After the completion of the preliminary surveying work, the bridge location was selected and the probable cost of construction was estimated.

The mapping of the sea-bottom

The area between Ortaköy and Beylerbeyi was selected as the most suitable site for the construction of the suspension bridge[^]

after the completion of the preliminary surveying. The second stage was the mapping of the sea-bottom in this area. For this purpose the help and cooperation of the Turkish Navy was sought and the mapping was completed using the echo-sounding method. The outcome of these efforts was a map which was totally different from the existing profile maps (Fig. 2).

The **measurement** of the current*speed

The calculation of the current-speed in the Bosphorus was essential in order to select the boring method and to calculate the reinforcement for the casings. For this purpose, experiments were carried out with current meters, off the shores of Beylerbeyi*. Two meters below the surface, the speed of the current was calculated at 2 mph.⁵ but at bigger depths the speed reduced,, till at a depth of 34 meters it was calculated as 0 mph. After that depth the direction of the current reversed., this time the flow of the current being south to north«

Method of boring

The consultant firm requested four borings on each pier making a total of eight. Four of these had to be drilled 15 meters in bedrock^ in order to find out whether any cavities were present. The experiments carried out with the echo-sounding method necessitated boring at a depth of 47 meters» This created quite a few difficult problems, which necessitated examinations and studies on similar surveys conducted in other countries. Among these an article written by A. L. DOW called «Foundation Exploration in Deep Water» and a survey made by the Corps of Engineers in the State of Maine in U.S.A. proved to be very helpful

8" diameter casings with reinforced attachment points were used for the drilling operations. A platform for the use of the personnel employed for the job of boring was made by bringing two barges together and connecting them with beams, the barges being kept in place by six anchors. 8" diameter casings were driven in the boring site. The material which entered the casing was cleaned by bailer. Thus the percussion drilling progressed until •the bedrock was reached. As the piers of the suspension bridge are not going to be placed on soil⁵, no tests were carried out on the alluvium and no undisturbed samples were taken. In effect,

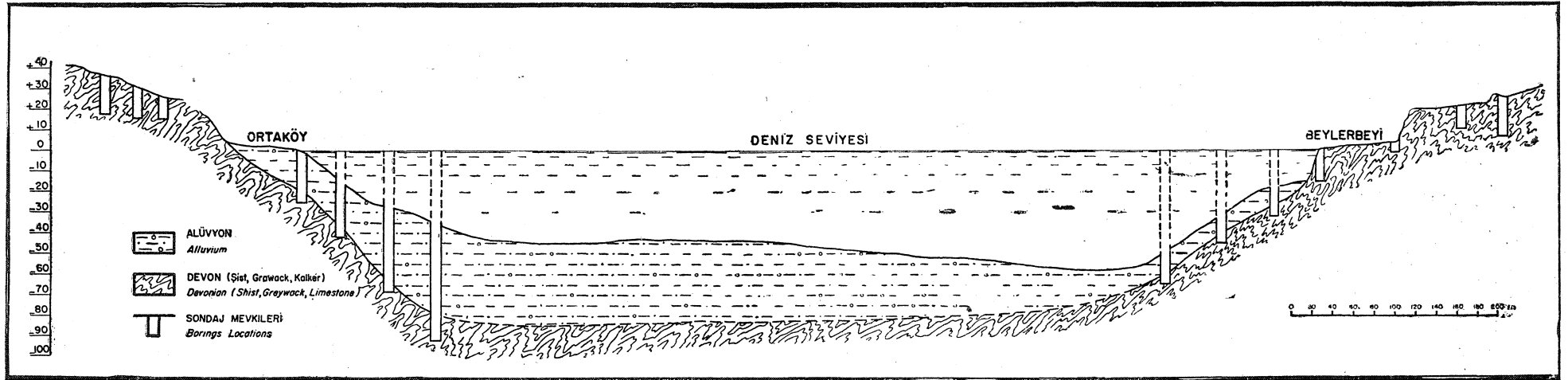


Fig. 2 - Geological cross-sections of Bosphorus

since the alluvium was composed mainly of sand and gravel, it was not even possible to take such samples. After contact with the bedrock, the method of boring was changed. This time a Joy HS type boring machine was mounted on an 8" diameter casing, because it works with a compressor, and being very light, it can easily be carried by an 8" casing. The compressor was placed on the platform.

Boring was done easily in bedrock with the use of NX or BX core barrel, which was attached to Joy HS, core samples were taken at the same time.

Boring results

The first sea-boring was done, during the preliminary investigations, a couple of meters off the shores of Ortaköy*. The thickness of the alluvium layer present at that location was 20 meters. The first one of the sea-borings performed later on was done again at 130 meters beyond the shores of Ortaköy. Since the thickness of alluvium layer near the shore was 20 meters, it was expected that a thinner layer of alluvium would be found at 130 meters off the shore, due to the increase in the speed of the currents, but results proved that the assumption was wrong. The layer of alluvium measured was more than 40 meters thick. The drilling of the bedrock at this point started after 80 meters, 37 meters being the depth of the sea.

After conducting borings with the above-explained methods we obtained a profile, which is illustrated on Fig. 2.

In the Beylerbeyi boring operations, which took place on land, Devonian limestone was the dominant formation. In certain sections limestone and schists alternated. At the shore it was all limestone, and sea-bottom borings off the shores of Beylerbeyi also revealed the presence of limestone, whereas the borings on land in the vicinity of Ortaköy revealed the dominance of schists and graywackes. This dominance decreased towards the other shore and schists and graywackes were replaced by limestone. Another characteristic of the sea boring at this area, especially near the shore, was the presence of a layer of boulder bed in between the bedrock and the alluvium. Although it is difficult to distinguish between the boulder and bedrock while boring, the presence of

schist, limestone and basalt at the same layer does not leave any room for doubt.

The thickness of alluvium layer off the shores of Beylerbeyi, 20 meters at an average, is thinner than the alluvium layer present in Ortaköy. The comparative thickness of the alluvium layer in Ortaköy could be due to the presence of a stream delta to the south of the suspension bridge site, which could form a sedimentary layer on the sea-bottom.

Effect of the resells on the preliminary surveying

According to the results of the preliminary surveys, the span of the bridge was decided to be 650 meters. But the presence of an unexpected thick layer of alluvium at the proposed bridge pier locations, which was revealed by borings,, increased the span of the bridge. Under these circumstances the modification of the original design, necessitated the construction of bridge piers, approximately 85 to 90 meters in height. A construction of this kind would be a very difficult and expensive task. On the other hand, the increase of the span of the bridge was one of the prime factors which influenced the cost of construction. After considering all of these above-mentioned factors the bridge span was increased by 300 meters, making a total of 950 meters, and the final drawings were completed according to this solution.

CONCLUSION

Whether the construction of the Bosphorus suspension bridge is necessary or not, is beyond the scope of this paper. Therefore, benefits resulting from this survey :

1. Many details, not mentioned in this paper, showed that the cooperation of an engineer with a geologist is essential in constructions where some knowledge of sub-surface is required.

2. This sub-surface survey also proved that the cross section of the Bosphorus was completely different from that shown by previous surveys. The lowest part of the sea-bottom between Beylerbeyi and Ortaköy is not in the middle of the channel as claimed previously, but it is at a location nearer to Beylerbeyi.

3, The sea-bottom is covered with a thick layer of alluvium, which is in complete contradiction to prior opinions.

4, The presence of small quantities of clay and the composition of alluvium mainly of coarse sand and gravel and sometimes of boulder, show that the regime of the river, which occupied the valley before the formation of the Bosphorus, was very fast»

5. Istanbul Devonian is categorized into two series as Thrace and Anatolia, from the geological point of view. The dominance of limestone in this area shows that this belongs to Anatolian series.

6. Borings at a location where the sea depth is 47 meters with a current speed of 2 to 3 mph. and a high traffic volume have never been conducted before in this country, but the above survey provided an opportunity.