

On voit par ce tableau qu'en fait, le sable a déjà subi une fragmentation dans les boîtes utilisées à Renory, malgré que la pression moyenne n'a guère dépassé 200 kilogs par cm^2 ; cependant le fonctionnement de ces boîtes a été parfait.

Certains cintres sont restés montés en plein hiver. — L'expérience indique qu'il n'y avait aucun intérêt à garnir le joint du piston d'un enduit quelconque.

9^o Conclusion

L'initiative de l'entrepreneur a été heureuse; l'expérience a démontré la possibilité d'étendre le procédé très économique des vérins à sable bien au delà des circonstances dans lesquelles ils avaient fait leur preuve jusqu'ici.

L'emploi des vérins à sable de 500 à 700 tonnes est de pleine sécurité avec un sable très fin, et la précision du réglage des cintres et de l'opération du décintrement est remarquablement assurée (¹).

Prof. ANKER ENGELUND, Brückeningenieur der dän. Staatsbahnen:

Eisenbahn- und Straßenbrücke über Alssund (Dänemark) mit besonderer Berücksichtigung der Herstellung der Pfeiler.

Die Dänische Staatsbahn baut z. Z. eine Straßen- und Eisenbahnbrücke über den Alsensund bei Sonderburg.

Indem ich mich auf eine kurze Übersicht über die Hauptanordnung der Brücke (Abb. 1) beschränken werde, will ich im übrigen hauptsächlich über Konstruktion und Ausführung der Stropf Pfeiler berichten. Zu beiden Seiten des Sundes befinden

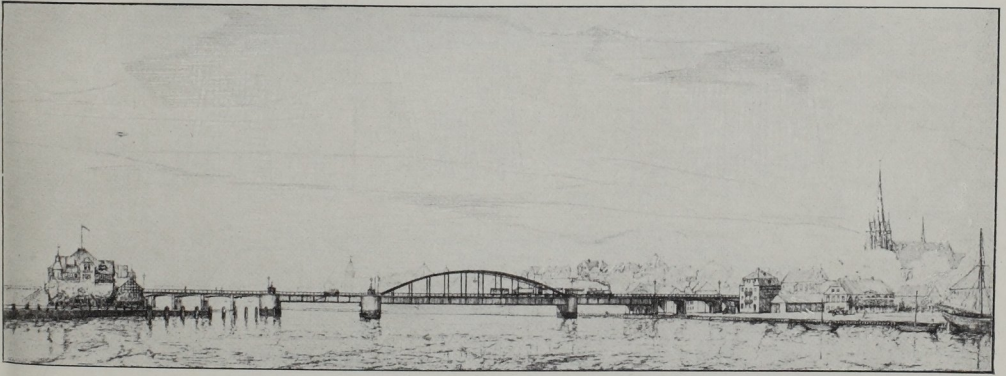


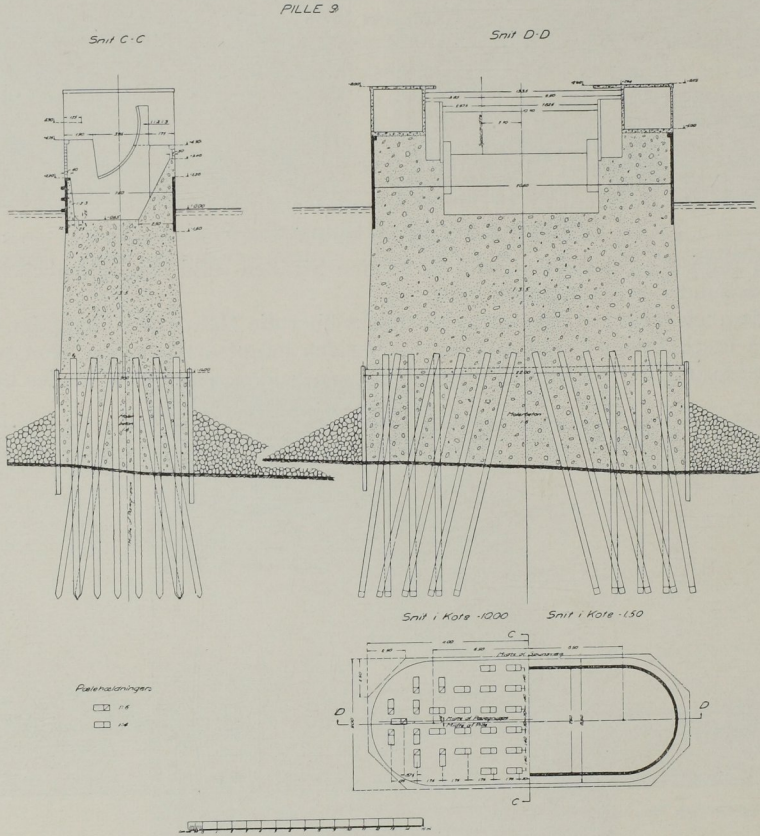
Abb. 1

sich eine Reihe Anschlußbrücken, teils für die Straße, teils für eine Hafenanlage, welche die Kaianlagen der Ostseite mit der Staatsbahnstation auf der Westseite verbinden soll. Diese Anschlußbrücken sind als Portalträger in Eisenbeton ausgeführt. Die Eisenbetonträger erstrecken sich durchgehend über je drei Felder,

(¹) La construction du viaduc de Renory a été entreprise par la Société d'Entreprise Générale de Travaux «Engetra» et Léon Monnoyer et Fils, de Bruxelles pour le compte de la Société des Chemins de fer belges. Je remercie vivement la firme Monnoyer de l'obligeance qu'elle a mise à me donner tous les éléments de l'étude des vérins à sable, à me permettre d'assister aux opérations de décintrement et à m'autoriser à publier la présente note. La construction du viaduc de Renory a comporté bien d'autres initiatives intéressantes, mais la présente note doit se limiter au problème du vérin à sable.

sind mit den Mittelpfeilern steif verbunden und haben bewegliche Lager an den Endpfeilern. Die Spannweiten betragen bis zu 13 m.

Die Hauptbrücke selbst besteht aus drei Brückenfeldern. Am westlichen Ende befindet sich eine Klappbrücke von 30 m freier Durchfahrt. Die Klappbrücke ist zweiflügelig, mit zwei als Blechträger ausgebildeten Hauptträgern, deren Gegengewichte in entsprechenden Aussparungen (Kellern) in den Pfeilern Platz finden. Demnächst folgt ein Überbau von 75 m Spannweite, dessen Hauptträger zwei durch Blechträger versteifte Stabbögen sind, und endlich kommt eine kleinere Öffnung,



welche mit zwei von einander unabhängigen Brücken-Überbauten überbrückt wird; der eine für die Straße und der andere für die Bahn. Die Spannweiten betragen etwa 33 m. Jeder der beiden Brücken-Überbauten hat zwei, als Blechträger ausgeführte Hauptträger. Der durchgehende Streifen der Blechträger ist 2,2 m hoch. Sowohl die Fahrstraße als auch das Gleis liegen etwa 8 m über dem Wasserspiegel. Die längs der Südseite gelegene Fahrstraße hat eine Breite von 5,6 m und darüber hinaus eine 2 m breite Auskragung für den Bürgersteig.

Die Wassertiefen im Alsensund sind ziemlich bedeutend und betragen in der Mitte des Sundes 20 m. Der Meeresboden hat als obere Lage Kies und darunter eine dicke Schicht Lehm, stark gemischt mit außerordentlich feinem Sande. Diese

Schicht wurde jedoch nicht als tragfähig für unmittelbare Gründung befunden. Die tieferliegenden Schichten weisen fetteren Lehm und gröberem Kies auf. Die Schichten sind überhaupt sehr unregelmäßig.

Außer den Bohrungen wurden als Grundlage für die Projektierung einige Probepfähle eingerammt; es zeigte sich dabei, daß man bei Pfahlgründung mit einem Einrammen der Pfähle bis zu 24 bis 26 m unter dem Wasserspiegel rechnen müsse.

Für die drei Strompfeiler arbeitete die Staatsbahn drei verschiedene Vorschläge aus, auf welche bei einer im März 1927 stattgefundenen Lizitation Angebote ein-

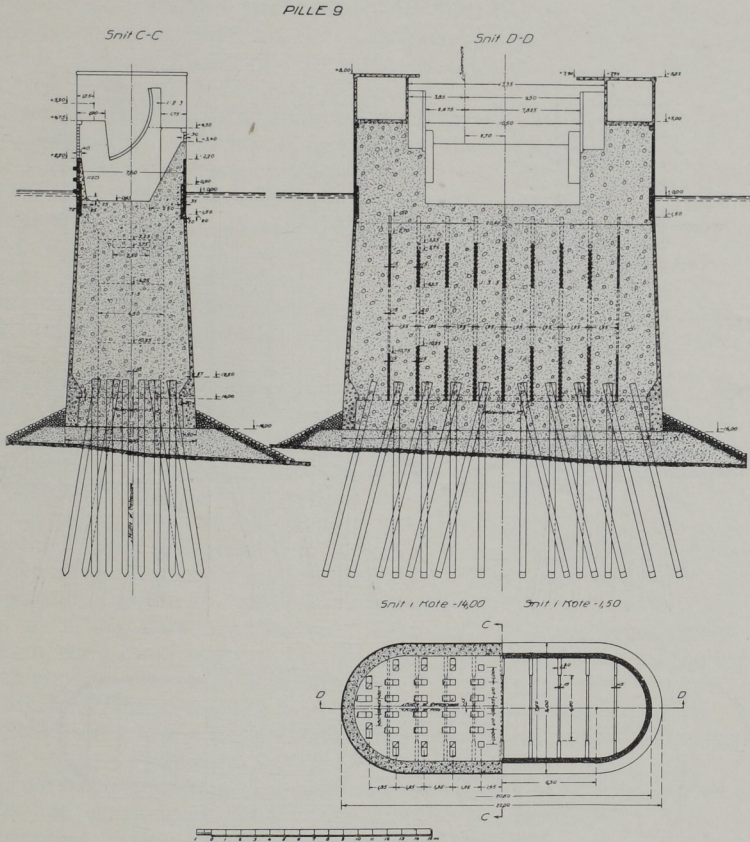


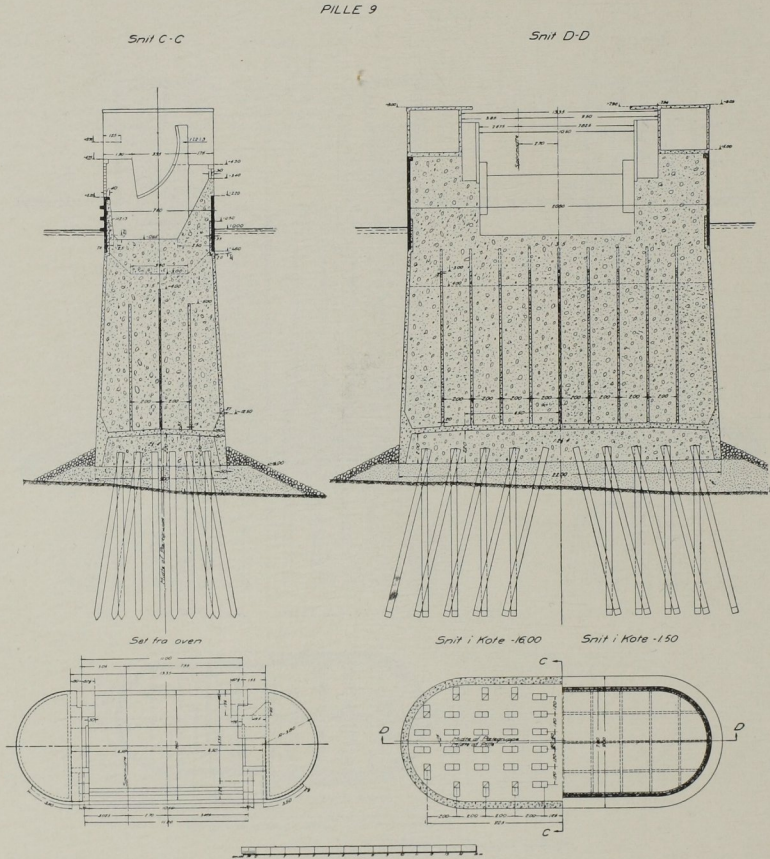
Abb. 3

geholt wurden, indem jedoch die bietenden Firmen ersucht worden waren, alternative Vorschläge vorzubringen. Bei allen von der Staatsbahn aufgestellten Vorschlägen war Gründung auf Eisenbetonpfählen vorgesehen.

Bei dem ersten Vorschlag (Abb. 2) wird ein Pfahlfundament von 42×42 cm Eisenbetonpfählen hergestellt, und darnach um das Pfahlfundament herum eine eiserne Spundwand eingerammt, die über dem Wasserspiegel emporragt und unten mit einer Steinschüttung umgeben wird. Innerhalb dieser Spundwand wird nun das Betongießen vorgenommen, und zwar wird der Beton durch Trichter und in reichlicher Stärke gegossen, um einen sicheren Bodenfangdamm zu bilden. Die

Pfähle sind bei diesem Vorschlag so lang, daß sie den Bodenbeton noch überragen. Nach Erhärten des Bodenbetons wird die Baugrube trockengelegt und der Rest des Pfeilers in freier Luft innerhalb der Spundwände hochgeführt.

Beim zweiten Vorschlag (Abb. 3) wird eine Kiesbankette ausgeführt und mit einer Steinschüttung verkleidet, und auf diese abgerichtete Bankette wird ein Senkkasten aus Eisenbeton herabgesenkt. Dieser Kasten ist während des Schwimmens mit einem Holzboden versehen, der nach dem Versenken des Kastens entfernt wird. Die Unterkante des Kastens, mit der er auf der Bankette ruht, ist fußähnlich verbreitert. Jetzt werden durch den wassergefüllten Kasten ein System



Eisenbetonpfähle gerammt, deren obere Enden nach dem Rammen in den unteren Teil des Kastens hineinragen. Dieser untere Teil wird vermittels Trichter mit Beton ausgegossen. Nach Erhärtung des Bodenbetons entleert man den Kasten von Wasser und füllt ihn mit Beton aus.

Beim dritten Vorschlag (Abb. 4) war das Verfahren folgendes: Der Platz für die Pfeiler wird von den fleckenweise vorkommenden weichen Lagen gesäubert, und darnach wird eine von einer Steinschüttung geschützte Kiesbankette ausgelegt. Die Oberfläche der Bankette wird für die drei Pfeiler in bzw. 10,00 16,00 und 14,50 m unter dem Wasserspiegel abgerichtet.

Darauf wird ein System von schweren Eisenbetonpfählen von 42×42 cm Querschnitt eingerammt. Das Rammen der Pfähle sollte womöglich von unter Wasser arbeitenden Rammen bewerkstelligt werden, und die Länge der Pfähle sollte so abgepaßt sein, daß sie nach dem Rammen nur höchstens 2 m über die Bankette emporragen. Nach Beendigung des Pfählerammens und nachdem die Pfähle, falls erforderlich, so abgekappt werden, daß sie nicht zu hoch emporragen, wird ein Senkkasten aus Eisenbeton über den Pfeilerplatz geschleppt, und so versenkt, daß er mit seiner Unterkante auf der Bankette zu liegen kommt, während die Pfähle in eine unten im Senkkasten vorhandene „Arbeitskammer“ hineinragen. Wenn diese Arbeitskammer nach passender Ballastierung des Senkkastens durch Druckluft trockengelegt und mit Beton ausgegossen wird, erreicht man eine solide Verbindung zwischen Pfeiler und Pfählfundament. Die weitere Hochführung des Pfeilers ist von keinem besonderen Interesse.

Bei der im März 1927 stattgefundenen Lizitation kamen Angebote auf alle drei Ausführungsarten ein, jedoch vorzugsweise auf die Vorschläge 1 und 3.

Die Preise waren wenig verschieden von einander. Alternative Vorschläge setzten ebenfalls Pfahlgründung voraus. Angebote auf massive, durch Druckluft gegründete Pfeiler kamen dagegen nicht ein. Die Staatsbahn hat jedoch untersucht, wie sich die Preise für massive Pfeiler stellen, und es zeigte sich, daß diese mindestens 30 v. H. höher waren.

Hierauf wurde beschlossen, das Angebot der Firma Monberg & Thorsen auf Ausführung der Brückenpfeiler nach Vorschlag 3 der Staatsbahn anzunehmen.

Die Vorteile dieses Vorschlages im Vergleich zu den Vorschlägen 2 und 1 sind, daß dabei vermieden wird, Beton unter Wasser gießen zu müssen, und daß man im Gegensatz zu Vorschlag 1 die Pfähle in der günstigsten Weise anbringen kann, während man bei Vorschlag 1, bei dem die Pfähle erst nach Placierung des Senkkastens eingerammt werden, wegen der unvermeidlichen Längs- und Querwände im Senkkasten verhindert wird, die günstigste Pfahlanordnung zu erhalten.

Vorschlag 3 hat außerdem den Vorzug, daß der Beton in der Arbeitskammer fest auf den Boden gestampft werden kann. Der Pfeiler wird auf diese Weise sowohl am Untergrund als auch an den Pfählen unterstützt. Bei der statischen Berechnung kommen natürlich nur die Pfähle in Betracht. Der Pfahlquerschnitt beträgt 42×42 cm, die Längsarmierung besteht aus 8 \emptyset 25, die Querarmierung aus einem doppelten Satz geschlossener Augenbügel.

Sämtliche Pfahlspannungen sind für drei Belastungsfälle berechnet.

1. Senkrechte Belastung (ruhende und bewegliche) allein; zulässige Druckspannung in allen Pfählen 50 kg/cm^2 .

2. Senkrechte Belastung (ruhende und bewegliche) plus Winddruck 150 kg/m^2 sowie Eis und Stromdruck entsprechend $2,5 \text{ t/m}$ der Brückenöffnungen; zulässige Druckspannung in den Pfählen 60 kg/cm^2 .

3. Senkrechte Belastung (ruhende) plus Winddruck 250 kg/m^2 sowie Eis und Stromdruck entsprechend 10 t/m der Brückenöffnungen, zulässige Druckspannung in den Pfählen 80 kg/cm^2 . Die Würfel Festigkeit des Betons durfte nicht geringer als 250 kg/cm^2 sein. Die Proben ergaben etwa 300 kg/cm^2 .

Bei keinem der genannten Belastungsfälle treten nennenswerte Zugspannungen in den Pfählen auf. Der Pfeiler erhält eine ganz bedeutende Sicherheit gegen Kippen, da er durch die Pfähle im Boden verankert ist. Da die Pfähle nicht in fließendem Wasser stehen, so wird die Strömung keinerlei mechanischen Verschleiß derselben hervorbringen können.

Die Arbeit begann mit der Herstellung des niedrigsten Strompfeilers (westlicher Klapp-Pfeiler). Die Bankette liegt bei diesem Pfeiler 10 m unter dem täglichen

Wasserspiegel und besteht, wie erwähnt, aus einem Kieskern innerhalb eines schweren Steinwalles.

Die Pfähle wurden von einem zu diesem Zwecke hergestellten Eisenbeton-Prahm eingerammt. Auf diesem Prahm befand sich ein Rammbockstativ aus Eisen, welches einen 23 m langen verschiebbaren Mäkler trägt. Am Kopfe dieses Mäklers ist eine Rillenscheibe nebst Seil zum Heben der Pfähle angebracht, deren Länge bis zu 16 m beträgt. Auf dem Mäkler, und von demselben gesteuert, gleitet ein amerikanischer Pfahlhammer Bauart MAC KIERNAN TERRY Nr. 10 B₂. Dieser Hammer ist innen als Dampfzylinder ausgebildet, in welchem ein als Kolben tätiger Rammklotz sich auf und ab bewegt. Der Hammer kann auch unter Wasser arbeiten. Das Gewicht des bewegten Teiles beträgt 1100 kg, die Fallhöhe 50 cm. Der Hammer wird durch Heißdampf von 8 Atm. getrieben, der von einem auf dem Prahm stehenden Kessel dem Zylinder durch biegsame Metallröhren zugeführt wird. Mit dem Hammer können bis zu 115 Schläge in der Minute ausgeführt werden. Die Ramme wirkt nicht nur durch Gewicht und Fallhöhe, sondern auch durch die Geschwindigkeit, welche der Dampfdruck dem Rammklotz erteilt.

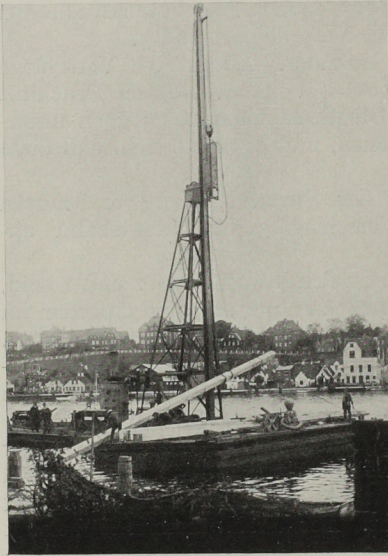


Abb. 5

Nachdem der Mäkler gehoben und der Pfahlhammer am oberen Ende desselben angebracht ist (Abb. 5), kann der Pfahl, dessen Gewicht etwa 7 Tonnen beträgt, so gehoben werden, daß er längs des Mäklers zu liegen kommt. Darnach werden Pfahl und Mäkler so gesenkt, daß zuerst der Pfahl und dann der Mäkler den Boden berühren. Der Mäkler kann mit Hilfe von Schraubenspindeln am Rammbockstativ so eingestellt werden, daß die Pfähle die richtige Neigung erhalten. Die größte Neigung beträgt 1 : 4,8. Wenn der Pfahl sich dem Boden nähert, richtet man dessen Lage genau ein und hilft eventuell durch die Verankerungen des Prahms nach. Hat der Pfahl den Boden erreicht, so wird seine Stellung nochmals überprüft. Nun wird der Pfahlhammer (Gewicht etwa 5 t) am Mäkler herabgelassen, so daß er auf dem Pfahlkopf anliegt. Der Pfahlhammer wird nicht am Pfahlkopf festgespannt, sondern umgreift denselben mit vier Hörnern. Als Zwischenlage zwischen Pfahlhammer und Pfahlkopf, wird eine doppelte Lage, mit Bandeisen umwickelter Bretter aus Eschenholz benutzt.

Die Pfähle wurden recht schnell eingerammt, es zeigte sich aber bald, daß die Betonpfähle nicht so tief, wie angenommen, eingerammt werden konnten. An dem westlichen Strompfeiler ging man deshalb dazu über, das Rammen durch Spülung zu fordern, wodurch die Betonpfähle ungefähr in die gewünschte Tiefe kamen. Man beobachtete jedoch gleichzeitig, daß es möglich war, Holzpfähle ohne Spülung bis zu derselben Tiefe und noch größerer Tiefe einzurammen.

Bei den beiden anderen Strompfeilern war es beinahe, auf Grund stärkeren Lehmgehalt des Bodens, unmöglich, Spülung anzuwenden. Hier mußte man deshalb entweder mit einer etwa 2,5 m geringeren Gründungstiefe vorlieb nehmen, oder Holzpfähle benutzen. Ein Versuch mit dünneren Betonpfählen, von denen man hoffte, daß sie wegen der geringeren Masse tiefer eindringen würden, schlug fehl.

Betonpfähle, welche dieselbe Konizität wie die Holzpfähle hatten, ließen sich auch nicht tiefer rammen als die ursprünglichen Betonpfähle. Es wurde nunmehr ein Vorschlag betreffend Verwendung von Holzpfählen ausgearbeitet, dem Bahnchef vorgelegt und von ihm genehmigt. Es kamen bis zu 18 m lange Stämme aus dänischem Fichtenholz von im Mittel 45 cm \emptyset zur Verwendung. Das Rammen verlief darnach anstandslos. Das Abschneiden der Pfähle wurde von einem Taucher besorgt.

Beim mittleren Strompfeiler wurden anstatt 56 Stk. 42×42 cm Betonpfähle 114 Stück Holzpfähle von durchschnittlich 42 cm \emptyset verwendet. Beim östlichen Strompfeiler waren die entsprechenden Zahlen 40 Stück bzw. 95 Stück.

Die Eisenbetonsenkkästen (Abb. 6) wurden, einer nach dem anderen, auf einer zu diesem Zwecke errichteten Helling in der Nähe der Brücke gegossen. Das Gewicht eines Senkkastens beträgt etwa 800 Tonnen. Die Helling, die doppelt war, führte mit einer Neigung von 1:10 am Bauplatz des Kastens durch einen schwach gekrümmten Kreisbogen (Halbmesser 630 m) bis zu einer Tiefe von 1,7 m unter der Wasseroberfläche im Wasser hinaus. Vor dem Ablauf wurde der Kasten oben mit einem Bohlendeck abgedeckt. Die verschiedenen Stellungen während des Ablaufes waren im voraus berechnet worden, und die Berechnungen entsprachen den späteren Beobachtungen, die u. a. aus einer kinematographischen Aufnahme bestanden. Der Senkkasten für den westlichsten (niedrigsten) Strompfeiler konnte sofort mit der richtigen Höhe von 10,5 m gebaut werden, während den beiden anderen Senkkästen erst im Wasser die vorgeschriebenen Höhen gegeben werden konnten.

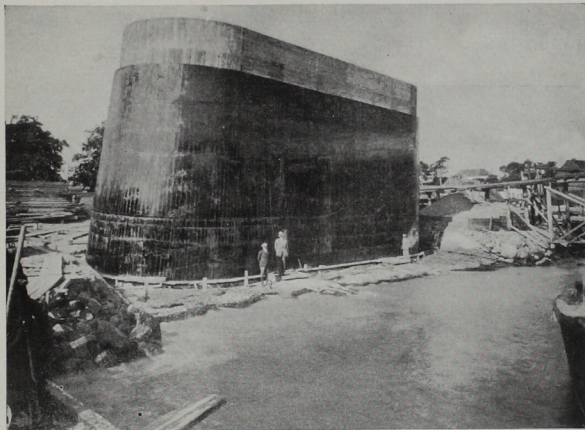


Abb. 6

Das Absenken der Kästen an die Pfahlfundamente ging ohne Schwierigkeiten von statten, hauptsächlich durch Einpumpen von Wasser in die Zellen der Kästen. Jeder Kasten ruhte nach dem Absenken auf vier genau abgeschnittenen senkrechten Holzpfählen. Vor dem Absenken wurden die kombinierte Person- und Materialschleuse und das Schleusenrohr so angebracht, daß man, nachdem die genaue Stellung des Kastens festgestellt und genehmigt war, mit der Trockenlegung der Arbeitskammer durch Einpumpen von Druckluft beginnen konnte. Von den Wänden der Arbeitskammer ragten starke Rundisen in die Kammer herein, wodurch eine innige Verbindung zwischen Wand und Beton in der Arbeitskammer erzielt wurde. Die Eisenbetonpfähle waren so abgekappt, daß sie 1,5 m in die Arbeitskammer hinaufreichten. In einem Abstände von 1 m von oben waren die Pfahleisen entblößt. Das Kappen geschah sofort nach der Beendigung des Rammens, und zwar dadurch, daß eine Dynamitladung um den Eisenbetonpfahl herum gelegt wurde; eine einzige Sprengung genügte. Eine Arbeitskammer hat einen Rauminhalt von etwa 300 m³ und wird im Laufe von fünf bis sechs Tagen (der Tag zu 16 Arbeitsstunden) ausgegossen.

Nach dem Ausgießen der Arbeitskammer werden die Zellen über derselben mit Beton gefüllt, indem sie eine nach der anderen von Wasser entleert werden.

Die Pfeiler sind von 1,5 m unter Wasser bis 2,3 m über Wasser mit Granitparement in Läuerschichten verkleidet. Die Höhe und Dicke der Steine betragen 20 cm, die Länge wechselt zwischen 40 und 60 cm.

Die Pfeiler sind nun fertig gestellt, und die Lagersteine angebracht. Die Montierung des Überbaues wird vermutlich innerhalb einiger Monate beginnen, und die Brücke im Laufe des nächsten Jahres vollendet werden.

Ing. PAUL TANTÓ, Baurat im königl. ung. Handelsministerium in Budapest:

Über die Wiederherstellung der gesprengten Eisenbetonbrücke bei Böcs.

Der Eisenbeton als Konstruktionsmaterial besitzt viele Vorteile, aber auch gewisse Nachteile gegenüber anderen Baustoffen. So z. B. bilden im allgemeinen bei Stein-, Holz- oder Eisenkonstruktionen der Ersatz beschädigter Teile, die Verstärkung für größere Belastungen oder nachträgliche Erweiterungen keine nennenswerten Hindernisse, hingegen widerspricht bei Eisenbetonbauten jede nachträgliche Arbeit der Grundnatur dieses Baustoffes.

Um zu zeigen, daß im Notfall tragende Elemente der Eisenbetonkonstruktionen ersetzt, oder im Falle der Beschädigung wiederhergestellt werden können,

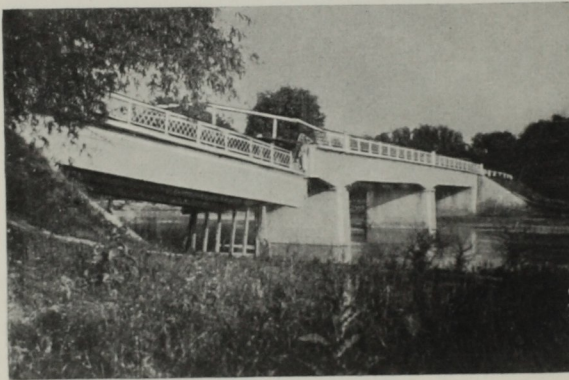


Abb. 1

beehre ich mich, im folgenden die Wiederherstellung einer gesprengten Eisenbetonbrücke vorzuführen.

Die betreffende Brücke liegt in Ungarn, im Borsoder Komitat auf der Kommunalstraße Sajólád-Hernádnémeti und überbrückt den Hernádfuß.

Die vier Hauptträger der Brücke sind durchlaufende Balkenträger auf vier Stützen, mit 25 + 23 + 23 m freien Öffnungen. Die Brücke ist 6,0 m breit.

Die Hauptträger ruhen mittels eisernen Gleitblechen auf den aus Beton gebauten Brückenköpfen und Pfeilern auf.

Die Brücke wurde im Jahre 1911 gebaut und entsprach ihrem Zweck anstandslos bis zum 19. Mai 1919, als die rechte, 25 m lange Öffnung durch rumänische Truppen gesprengt wurde.

Infolge der Sprengung entstand eine durch den vollen Querschnitt hindurchgehende, 1,7 bis 1,9 m breite Lücke; die Sprengung riß aber nur den Beton heraus, die Längsbewehrungsseisen blieben unbeschädigt.

Infolge der Lücke verlor der beiläufig 20 m lange, gegenüber dem rechten Brückenkopf liegende Teil seine Stabilität und kam in Bewegung.

Die Bahn dieser Bewegung war dadurch gegeben, daß der sich bewegende Teil an dem einen Ende mit dem übrigen Teil der Brücke durch die biegsamen Bewehrungsseisen in Verbindung blieb, am anderen Ende hingegen auf dem Brückenkopf verschiebbar gelagert war. Infolgedessen entstand bei der Sprengungslücke eine abwärts gerichtete Kreisbewegung und bei dem Brückenkopf eine wagerechte Verschiebung. Durch die wagerechte Bewegung entstanden bei dem Auflager derart große Reibungskräfte, daß der Brückenkopf entzweibrach.