

参 考 資 料

土木學會誌 第十三卷第三號 昭和二年六月

オークランドに於ける水底隧道計畫及工事

(Novel Plan for Estuary Tunnel at Oakland, Calif.,
Engineering News-Record, Oct. 30, 1924. Novel Design
and Construction Features of Estuary Tunnel at Oak-
land, Engineering News-Record, Oct. 28, 1926.)

(1) 計畫大要 (Oct. 1924)

カルフォニア州オークランドとアラメダ間の水路下に人車隧道を設くるの計畫は最近決定せるが、其の長さ坑門間にて 3500 呎、アプローチを含みて 4500 呎あり、車道の幅は 25 呎にして複線電車軌道及兩側各 3 呎の歩道あり。

設計に 2 式あり、一はプレカスト鐵筋混凝土管にして他はデトロイト及ハーレム河底隧道同様鋼管及場所詰混凝土式にして兩式の中何れかを使用せしむる示方とす。

細部設計はプレカスト管式にて行ひ管の長さは 203 呎、其の兩端を仕切り現場へ曳き行き豫め水底に溝を掘鑿し其の内に設けたる混凝土ピア上に沈埋するものとす。沈下に際しては 4 隻以上の浮船よりケーブルにて管を繋ぎウインチにて巻き若し其の位置不正の場合には管を扛上し得る浮力を具ふるものとす。

沈下後管の接合部は水中混凝土 (Tremie) にて水密的に施行し尙管の下方にも厚さ 2 呎の混凝土スラブを同方法にて築造し後溝の埋戻しを行ふ。

水底部長の約 4/5 はタフクレ (tough clay) にして残 1/5 は深さ 100 呎の泥土なり。此の泥土の部分は深さ 20~25 呎、傾斜 1:3 に掘鑿し基礎は杭打とす。タフクレの部分は土質良好にて調査の結果水中にても殆んど垂直に掘鑿し得るを知りたり、然れども本計畫にては其の傾斜を 1:1 と爲したり、軟泥土質はアラメダ側にありて水邊より 500~600 呎も陸地に進ませり。

此の水路横断は久敷考究せられ居たる問題にして、此の附近にある低位の旋回橋 2 個 (一は人車及市街電車橋、他は南太平洋鐵道専用橋也) 撤去の運動は 1908 年より始まり居たり。其の理由は水路幅狭く且つ水面上の純高低き爲め航行船舶に對する危険及遅延にして、遂に 1916 年に至り軍務局より兩者の撤去命令を受けたり。

其の後上記兩橋の代りとして開閉橋 1 個を計畫し其の工事費 1 800 000 \$ を計上せり、然るに撤去命令は戰事中延期されたりしが戦後上記工事費は 3 000 000 \$ に増加せるを以て之

を廢棄し、1923 年始郡の技師 G. A. Posey 氏調査の結果橋梁よりも隧道施工の可能を決定せり。

當時の運輸狀況次の如し。

	1912 年	1923 年
橋梁通過自動車の平均數.....	67	1 005
(午後 5 時より午後 6 時までの混雑時)		
橋梁通過人員.....	220	201
(同上の時間)		
電車數 (1 日間).....	160	260
橋梁下通過船舶數 (1 年間).....	13 000	18 000

Posey 氏の調査に基きアラメダ郡に於ては 1923 年 5 月隧道建設の爲め 4 500 000 \$ の債券發行を決定し該工事を入札に附せり、入札決定せば直に工事に着手して 1926 年末には開通の豫定なり、本計畫には蒸汽鐵道に對する設計を含まず、尙 G. A. Posey 氏は主任技師にして W. H. Burr 氏、O. Singstad 氏及 C. Derleth 氏顧問たり。

(2) 工 事 大 要 (Oct. 1926)

1923 年 5 月起債決定後工事請負は 1926 年 3 月工費 3 882 958 \$ にてカルフォニア橋梁及隧道會社と契約を締結せり、設計は上述のもと大略同様なるも細部に稍變更を加へたり。混凝土圓管は現場より 7 哩距りたる乾ドックにて製作し之を曳航す。

大なるプレカスト混凝土管の曳航、沈下、相互の接合等は前例なきを以て注目を惹けり、管の厚さは 30 吋、外徑 37 呎にして紐育ホーランド隧道の 29 $\frac{1}{2}$ 呎より稍大なり。

工事の進捗に就て主任技師の本年 10 月までの報告に依れば 3 個の圓管を作り、此等は兩端に仕切を設けて現場に曳航し來り内一はアラメダ側坑門口に沈下し其の下部は全部砂を充満して基礎を作れり。

他の 2 個は目下水路に浮べ之に砂を載荷して沈下の準備を爲しつゝあり。

工事設計の大要は兩岸アプローチを開鑿式とし兩坑門口間を圓管沈下式構造とす。而して此等坑門口には通風裝置を設備す、隧道管はプレカスト混凝土管 12 個を接合して造るものにして此等各管は何れも乾ドックにて製作し兩端に一時的仕切を設けて浮力により現場に曳航す。最初の設計にては管の下半部に多數の突出縁 (ribs) を設けたるも (附圖第二) 之を除く様變更せり、斯くして一端に於けるカラーの外は全部平滑なる圓筒形表面となし防水工事施行を遙に簡略ならしめたり、尙圓管沈下に際し 4 隻の艇を用ゆる計畫なりしを變更して圓管浮力の制御をより正確にする爲め圓管内に其の浮力より稍大なる重量になる丈の砂及水を載荷するものとす。

圓管の水中にての重量は上記設計にては 50 噸以下と爲し得る見込とす、故に 150 噸デリ

ツク解 2 隻を使用せば沈下の際必要なる調整を爲し得て尙充分の餘力あるべし。

基礎工の第一は水底に所要幅及深さの溝を掘るに在り、前述せる如く南岸附近の外は水路全幅に亘り硬質粘土にして切取傾斜は水中にて殆んど垂直と爲し得るも之を 1:1 とせり、南岸寄約 400 呎は軟泥にして抗打基礎とす、杭の横方向列の間隔は 4~8 呎にして其の間隙及側方に碎石を敷き固め圓管の基礎とす、碎石層は厚さ 2~6 呎とす、碎石の上に混凝土層 3 呎をトレミーにて填充す、上記混凝土層の上方に兩側切取傾斜に沿ひ更に混凝土スラブをトレミーにて施工す、此のスラブの留板として兩側杭の外側に鋼板を溝の縦方向に取付け其の縁端は角鐵を以て補強す(附圖第五)、該トレミー混凝土は水底の全長に亘り施工するを以て圓管下面の下方に深さ約 3 呎の混凝土溝を形成す、管沈下後此の部分に砂を填充して混凝土上のクツションとし支持力の分布を平滑ならしむるものとす。クツション砂を詰込むまでの一時的支持として直径 6 呎混凝土ピア 4 個(1 圓管に對し)を建造し圓管の位置を確定せしむるに使用す。上記ピア一對は各圓管端より 5 呎 9 吋の所に設け、其の建造は直径 7.5 呎の鋼圓筒を用ひ之を通じて混凝土を施工す。即ち鋼圓筒は地下充分の深さに打込み混凝土施工後は更に之を引抜きて再用す。ピアの高さは 8~12 呎とす。基礎ピアの上部に砂箱(附圖第七)を使用し圓管沈下後クツション砂を挿入したる後は之を撤去す、砂箱は上下二部より成り、上部の重量 2 噸にして内部の砂を排除すれば 6 吋丈上部箱が下部箱内に差し込み得る様設計す。圓管下のクツション砂は流水の洗掘を受けざる様四方を圍み、圓管を沈定して管内に水を充滿するも砂の沈下は極めて僅少となり居るを以て砂箱配置の目的は圓管の全重量をクツション砂上に平等に安定せしむるに在り。

砂箱内の砂排除を最有效ならしめんが爲め試験を行ひたるが、其の結果水のゼットにて砂を攪拌する必要を知り 1/2 吋管 2 本を箱内に 12 吋丈插入し之に 75 ポンド壓力の水を入れる。箱には 2 吋の送入及排除の各管を備へ、排除管には吸上ポンプを聯結す、吸上管内に砂が閉塞せざる様使用砂は其の質一様なるを要す、即ち使用砂の 8 割は 30 番及 50 番篩間の大きたるを定めとす。

最初の圓管は目下南岸に沈下中にて工事は北方に向ひ進行す、各圓管の北側端には 4 吋の柱を附し沈下後水面上に達する長さとし、其の頂端にターゲット(目標)を附す、此の目標の高さは製作ドックにて精確に測定して取付け沈下の際に定置の便に供す。

圓管沈下の順序は第一に圓管上部に設けたる穴より管内床版上に厚さ 4 呎の砂を容れ、管内の小管にて砂上に撒水して之を濕し圓管の重量を 50 噸増加せしむ、最後の載荷は圓管に取付けあるコックに依り管内床版下の空室に水を容るゝにあり、沈下中は一時此の水室(出來上り後は通風室)と連絡する導管其の他全部の通路を水密に閉塞し置き、水が他室に移動して圓管の水平を狂はずを防ぐ、室内に容るゝ水量は圓管が排除する水の全重量より稍重き

丈の分量とす、圓管の兩端には仕切を施し浮動せしむる際の總重量は 5000 噸にして製作を終れる 3 個の圓管實際の吃水は 26~27 呎也。

圓管 2 個若しくは以上を混凝土ピア上砂箱に載せ其の位置定まりたる場合に更に圓管内に水を容れ其の位置を確保するに充分の重量とし後クツション砂を圓管の周圍に詰込む。砂は舁にて現場に運送し 6 吋遠心力ポンプにて吹入れる。此の時潜水夫を使役して充分下方に砂を詰込み恰もトレミー混凝土施工の際と同様の注意を爲す、溝内に砂を填充し圓管の床版の高さまで達したるときはピア上の砂箱を低下し管内に水を充滿して其の最大重量に達せしむ。

圓管を沈下する前にピアの上部に設けたる細溝に高さ 3 呎の鋼板を入れ圓管の接合部にトレミー混凝土接合をなす爲め其の部分の雜物掃除に際しクツション砂の浸入するを防ぐ目的に使用す(附圖第八), 各圓管の一端にあるカラーの垂直縁端には鋼製シートパイルを突出しありて接合部混凝土の外壁に使用する鋼板製垂直半圓筒型の一縁端のガイドとなす(附圖第四及第八), 接合部の混凝土を施工する前に潜水夫を入れてクツション砂を詰込む際、此の部分に混入せる雜物を全部 6 吋ポンプにて吸上げしむ、相隣接せる圓管のカラー間 6 呎の間隙にトレミー混凝土を填充するに約 180 立方ヤード(23 立坪)を要す。

接合部のトレミー混凝土を填充する直前に、潜水夫により兩圓管の支持端にある細溝内に 12 吋幅の厚きカンバス製ベルトを兩圓管に跨り圓周に沿ひて敷く、即ち其の半分は接合部の下部に在るを以て之を綱を以て圓管に沿ひ吊るし、上半分は圓管の上半分上に自重により定置す。

12 個の圓管製作の爲めに前記の如く請負人は現場より 7 哩にある桑港ハンクス・ポイントの乾ドツクの内、小形の方を 6 箇月間借入れ、借入期延期に對しては 1 日 1000\$ の遅延料を契約し工事の豫定期限確守を期せり。此のドツクの側面は曲線となり居り且其の床面積廣からざるを以て製作上困難を感じ、最初の圓管 3 個を製作せしは其の面積に制限せられたる爲めにして此等は何れも圓管其のものも曲線型となり居れり、第四の圓管は目下製作に着手し居り、之と合して圓管 5 個を第二段の製作とし最後に 4 個の圓管を製作する筈なり。

混凝土の材料は水運にてドツクに運送し來り、デリック・クレーンにて大箱に移し之よりベルト・コンベヤーにて混凝土混合設備に近接せる置場へ運ぶ、12 圓管に對して 30000 立方ヤード(3750 立坪)の混凝土を要し混合は 1 立方ヤード混合機 2 臺を使用す。混凝土は混合機より 2 軌軌道上のダンプカーに入れ、之より高さ 110 呎鐵塔(3 基あり)に運搬し、鐵塔よりシュートにより各部分に填充す。

混合割合は約 1:1½:3 にして示方書は 1 立方ヤードに就きセメント最少 8 袋なり。(1

立坪に付約 16 樽) 重量にてセメントの百分の一丈硅藻土を混入し、各混合機にはインデーターを設備す、但し其の作業所要時間は混凝土の製成を緩ならしめたるを以て其の後該機の使用を中止せり、使用せる砂の含水量は殆んど一定し居たるを以てインデーション方法に依らざる場合も好結果を得たり。

鋼製型枠其の他重量大なる材料にしてドツクに運搬すべきものは 60 噸ガントリークレーンにて取扱ひたり(寫眞第四)。乾ドツクは元來造船の目的に使用せるものにして其の中心線に沿ひ船のキール支持として床面下に大なる混凝土ピアあり、底部の其の他の部分は厚さ 18 吋の混凝土にして重量大なる混凝土圓管を支持するに不充分なり、故に型枠の基礎として 12吋×12吋 木材を床上に横へ此の上に半圓形鋼構を載す(寫眞第三)、曲圓管に對しては上記木材も亦曲型鋼構に適合する様配置す。半圓形鋼構は其の間隔 6 $\frac{1}{2}$ 呎にて混凝土全部及管の水平直徑以下の型枠の重量を支持す。此等構の内面に釘打の利く木造部を取付け、之に 2×12 吋の挾板を軽く釘付す、此の挾板の内側に長 1 呎に付 90 ポンドの張力ある様布片を重ねたる三層防水層を取付く、此の防水層は布片を加熱アスファルトにて塗付け互に抱合せたるものにしてアスファルトは四層を使用す、斯くして型枠の外側設備を終る。

次で圓管の下半即インバートの鋼型枠を設け内部鋼型枠として其の定位置にジャツキにて扛上したる後約圓管床面までの圓筒混凝土を連続填充す(約 700 立方ヤード)、硬化せしむる爲め約 3 日を経て床面スラブを施工す。床面施工には長さ約 100 呎の移動型枠を圓管の全長 203 呎に對して 2 個使用す、中央の支持以外混凝土は其の填充後硬化の爲め 2 日を置きて何れも型枠を取外す、床面スラブ硬化充分にして載荷し得るに至らば長さ 100 呎の木造トラベラーを床上に移動して上半部アーチの鐵筋を組立つ。

上半部アーチの外側型枠は下半部の場合と同様にして唯半圓形の方向相反せるのみなり。上部型枠構の下面には 2 吋板張りを施して混凝土接觸面となす、混凝土施工は板張中に設けたる開孔より行ふ、混凝土硬化後型枠及板張を取外し而して防水層をアーチ上に敷き木造挾板にて之を抑へ且其の防護とす。

上記の如く 1 圓管の混凝土は下半部、床面スラブ及上半部の 3 段の填充にて施工す、通風の爲め天井に一室を區劃する壁及歩道の壁等は圓管を沈下し接合を終りたる後第四段の施工として最後に行ふ。

混凝土の施工は鐵筋の分量多きと型枠内の場所狹隘なる爲め非常に困難にして就中下半部に於て特に甚し、上半部の如き 4 段の高さに開孔を設けて注入せるも相當困難を伴ひたり。然るに其の後注入にグース・ネック・フワンネル (goose-neck-funnel) なる注入器を使用してシュートよりの混凝土を受け之を開孔に挿入し鐵筋の間を下方に挿入して流し込み好成績を得たり。此の方法にては混凝土材が鐵筋に引掛かることなく従つてセメント分離の惧なし。

上半部型枠鋼は内外共長さ 21 呎にして移動に便ならしむる爲め頂部をヒンヂとす、内部型枠は圓管内 24 呎軌道上を移動し、外部型枠はガントリークレーンにて移動す。

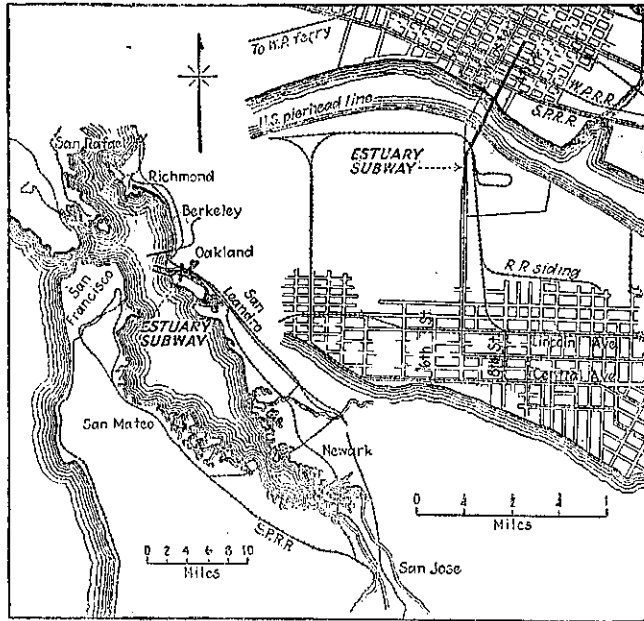
曲線圓管は其の半徑 1.273 呎にして管の内部にては之を 21 呎の直線弦の連続として製作す、即ち内部型枠は直線を用ひ其の曲線に相當する角度丈方向を變じつゝ之を定置す。

圓管の仕切板は木造にして水深大なる部分に對しては 12×24 吋角材を用ひ且 23 吋 I 桁を垂直に混凝土内に埋込みたる鋼板に取付く、角材は I 桁にボルト締とす、木材は交互に組合せ其の最少厚さ 24 吋の壁を作る、此の木造仕切壁にもアスファルトにて塗付たる三層の防水設備を施す、尙曳航に際し此の防水層の防護用として仕切壁端に大なる木材の組格を固締す。

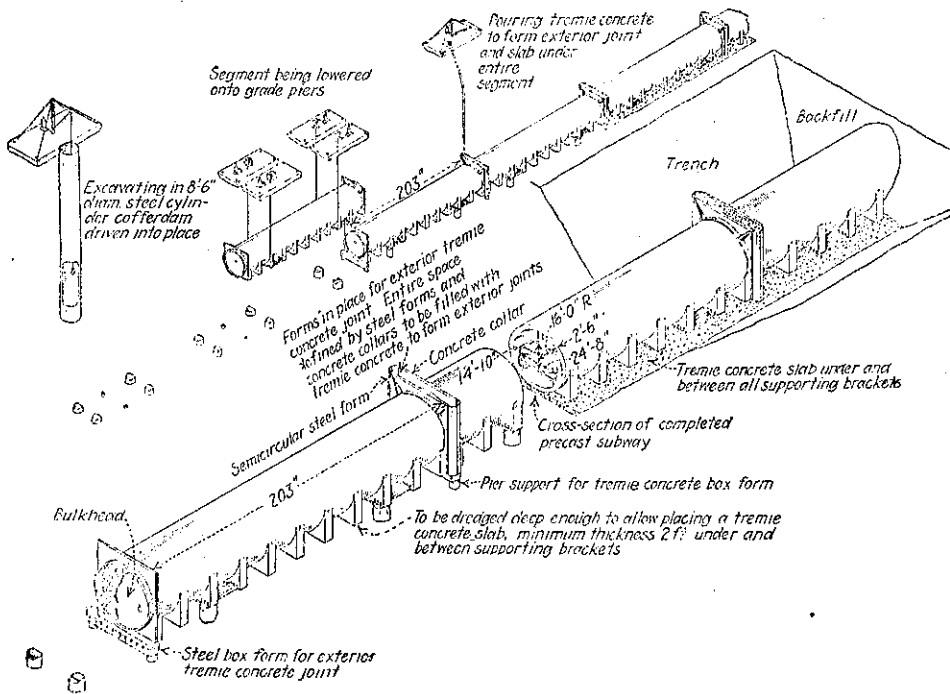
混凝土施工を終りて型枠を取外し且つ防水設備を施したる後は圓管の周圍に鋼鍔を廻して恰も箍鐵の如く堅固に締付け而して曳航するものとす（寫眞第八）。

（山田 隆二）

附圖第一 位置圖

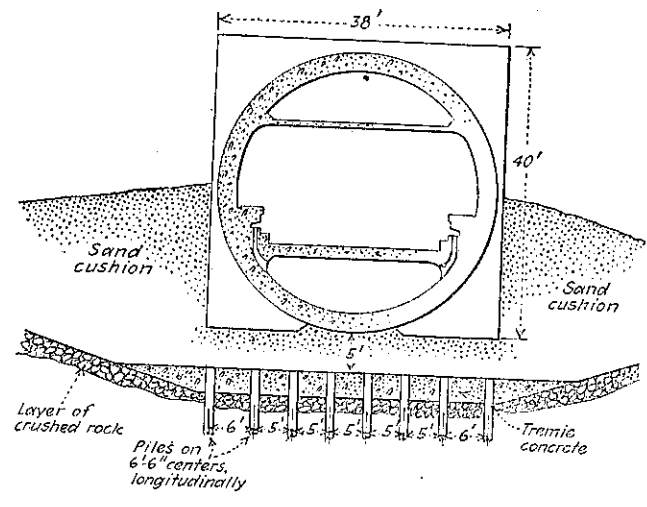


附圖第二 最初の設計圖(後幾分變更せり)

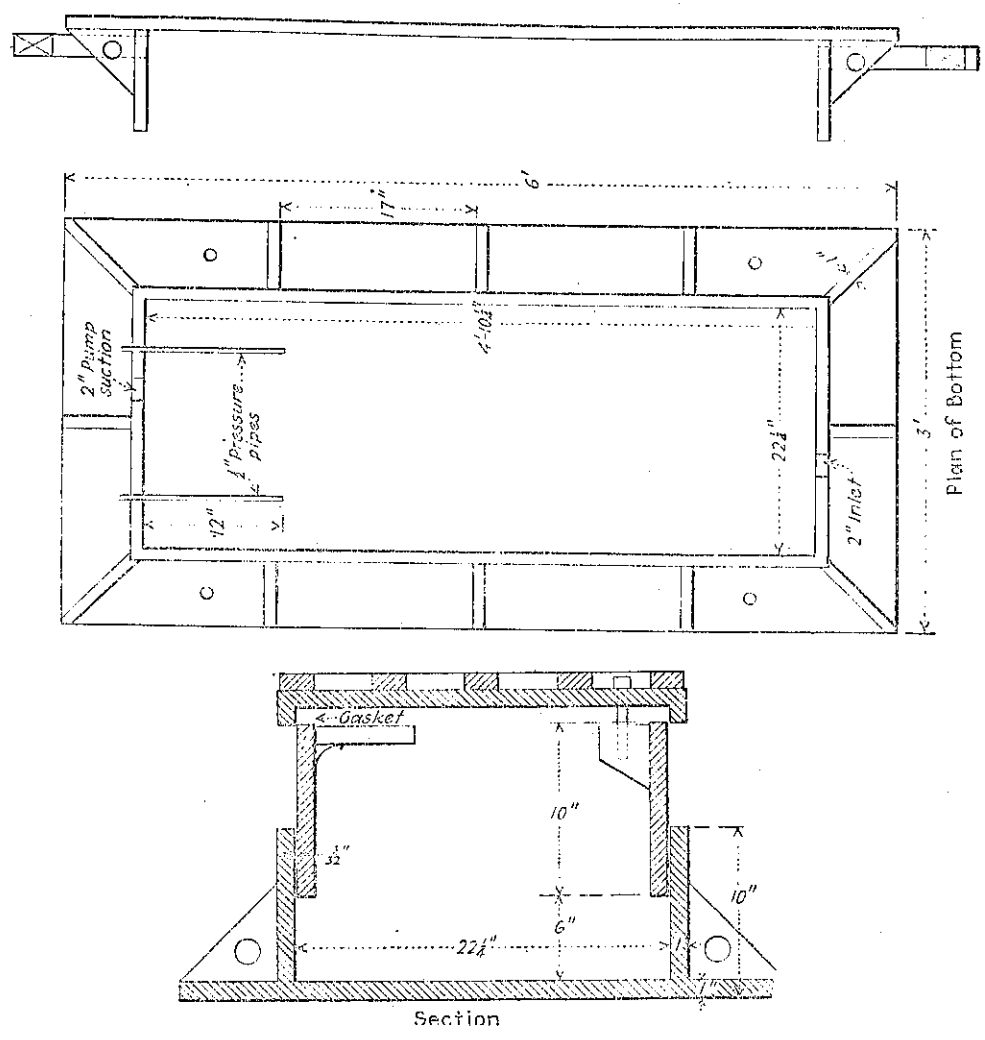


(土木學會誌第十三卷第三號附圖)

附圖第六 南岸杭打基礎圖 (管端カラーの部分)

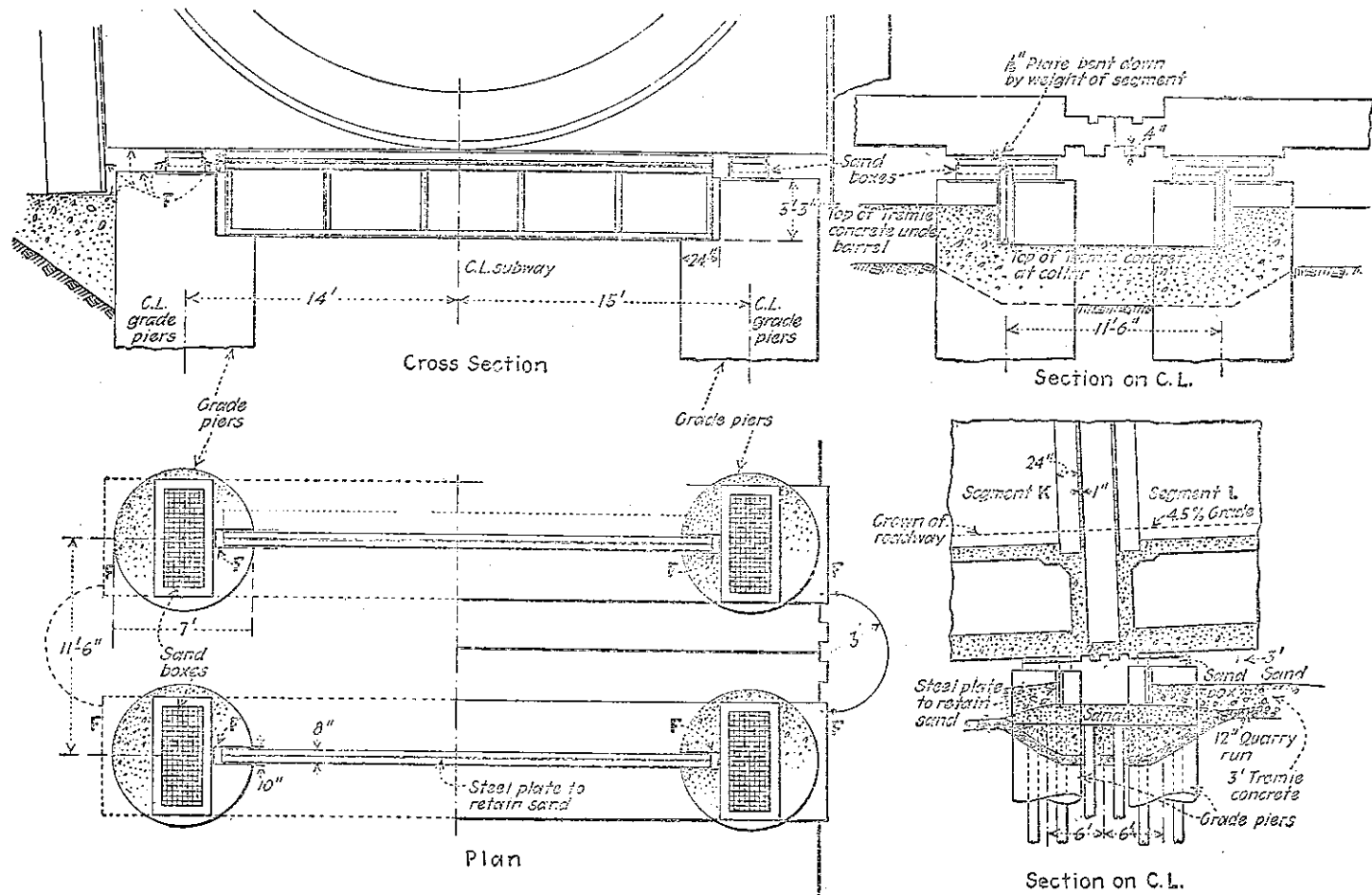


附圖第七 砂箱設計圖



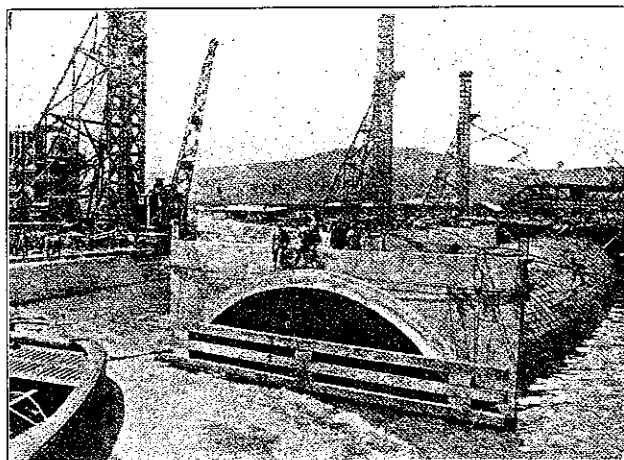
土木學會誌第十三卷第三號附圖

附圖第八 接合部設計圖

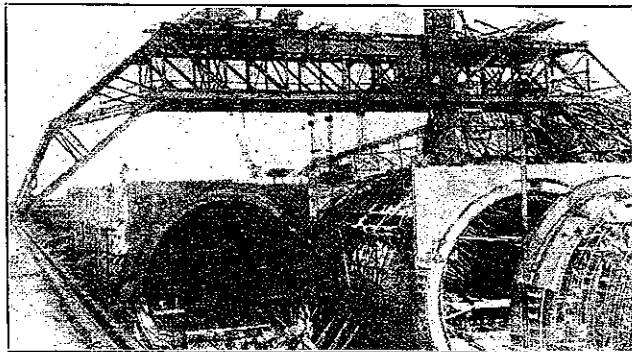


土木程會誌第十三卷第三號附圖

寫眞第一 第一圓管を乾ドックより進水せる圖

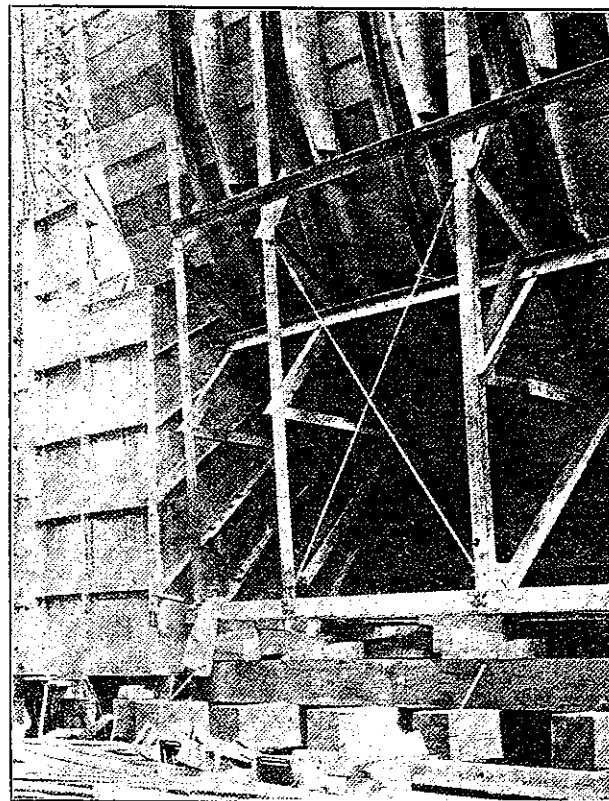


寫眞第二 圓管製作圖

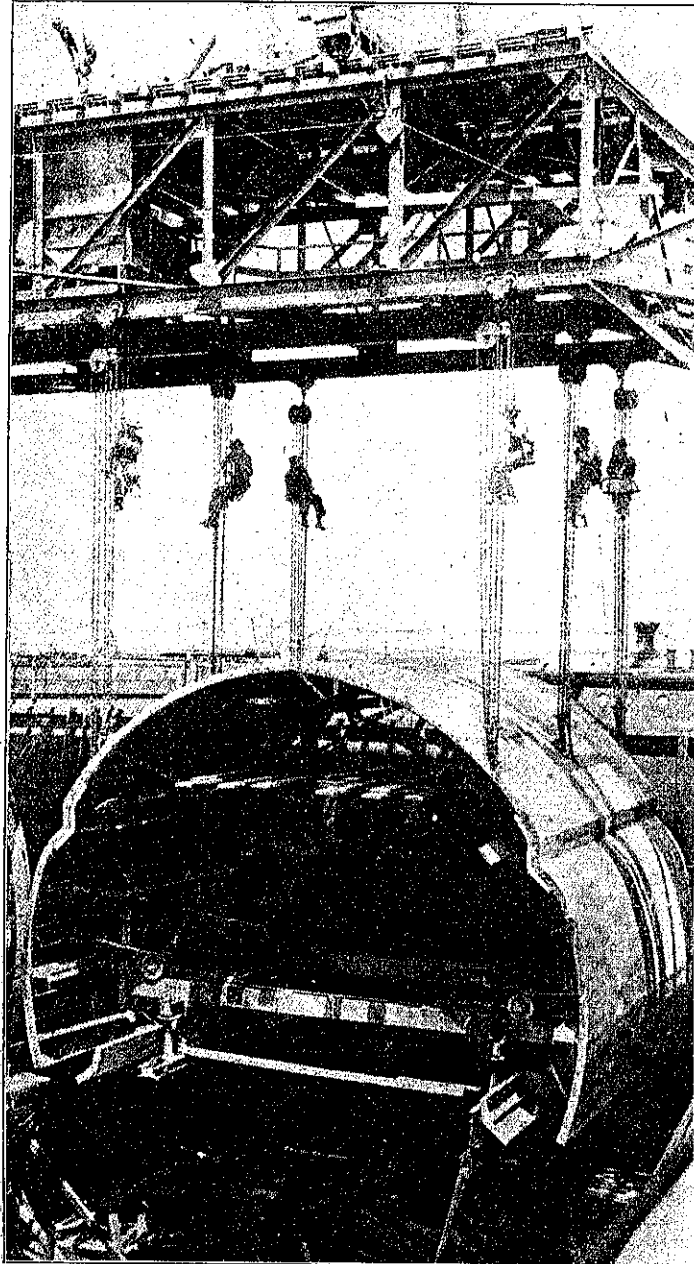


(土木學會雜誌第十三卷第三號附圖)

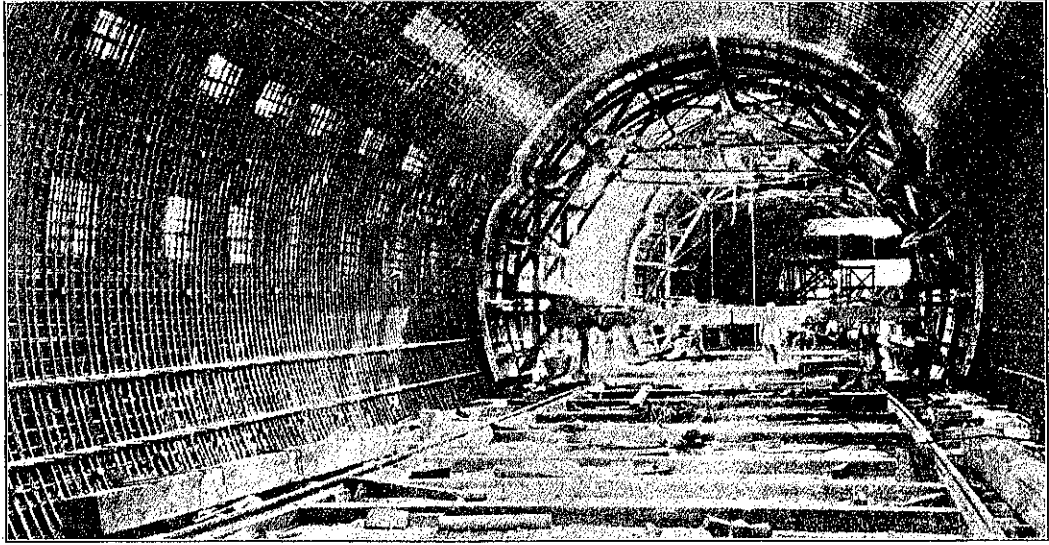
寫眞第三 下半部の鋼構型枠



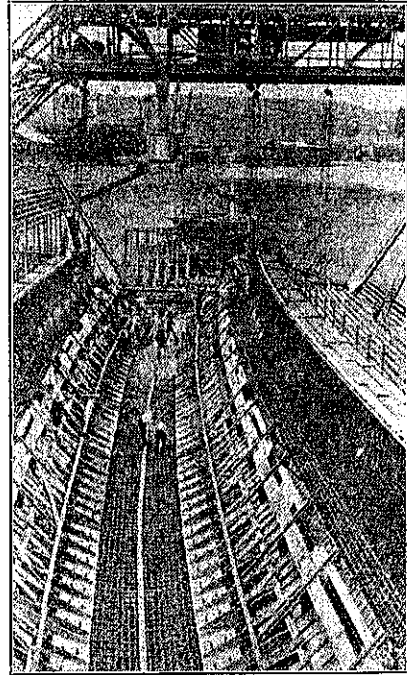
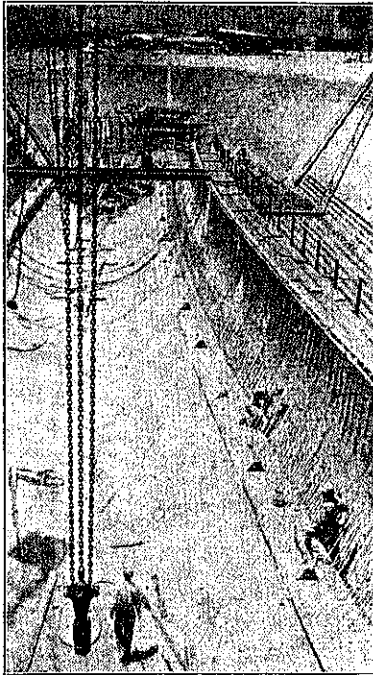
寫眞第四 上半部アーチの型枠移動圖



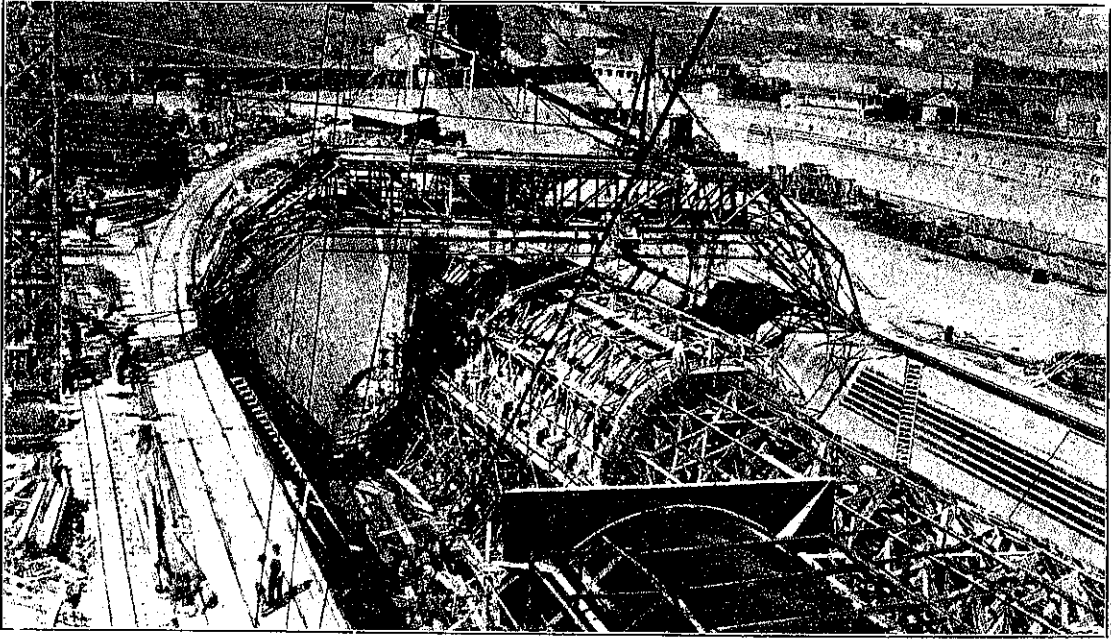
寫眞第五 管内部アーチ型枠圖及混凝土注入圖



寫眞第六 インバート混凝土填充及其の終了後床面施工前の圖



寫眞第七 乾ドックにて二圓管の完成に近ける圖



寫眞第八 曲形圓管の曳航

