

論説・報告

築地月島間可動橋の設計

東京市土木局技師 工學士 瀧 尾 達 也

本計畫實施現況

本誌第 4 卷第 7 號に於て築地月島間勝岡の渡の地點に可動橋を架設するに至つた経緯を述べ、種々比較研究の結果シカゴ型二葉跳開橋を採用するに至つた理由を記したが、本橋に於ては其設計に就て説述する。

本計畫は東京港修築事業に伴つて提案されたもので、前述せる如く東京港との海陸連絡、月島埋立地の開發、さらに現在に於ては、昭和 15 年月島に開かるべき萬國大博覽會への交通路となる等の橋梁である。

本工事は昭和 6 年度より 4 年繼續事業として計畫され、初年度は地質調査、流速調査、設計試案の作成等、専ら準備作業に費された。昭和 7 年度には第 1 期工事として橋臺 AP 上 +3.3m 迄と取付護岸との工事を起工し、第 2 期工事は昭和 9 年 10 月起工目下鋭意工事中である。第 2 期工事に包含さるる部分は橋脚 2 基（但し橋體運轉機械取付に支障なき部分のみ施工）及び月島側々徑間鐵桁架設工事とである。

第 3 期工事は本工事の主要部分で中央徑間可動桁、橋脚上半部橋脚塔電氣、機械設備製作等凡そ中央可動徑間の運轉裝作に關係する有ゆる工事を含んでゐる。第 3 期工事の一部は近く第 2 期工事と伴行して初められるが、かくて第 3 期工事終了し中央可動徑間が運轉可能となりたるのちこの航路を開放し、次に第 4 期工事として築地側々徑間の架設、前後道路工事等の順序で本工事は完成するのである。

構造概要

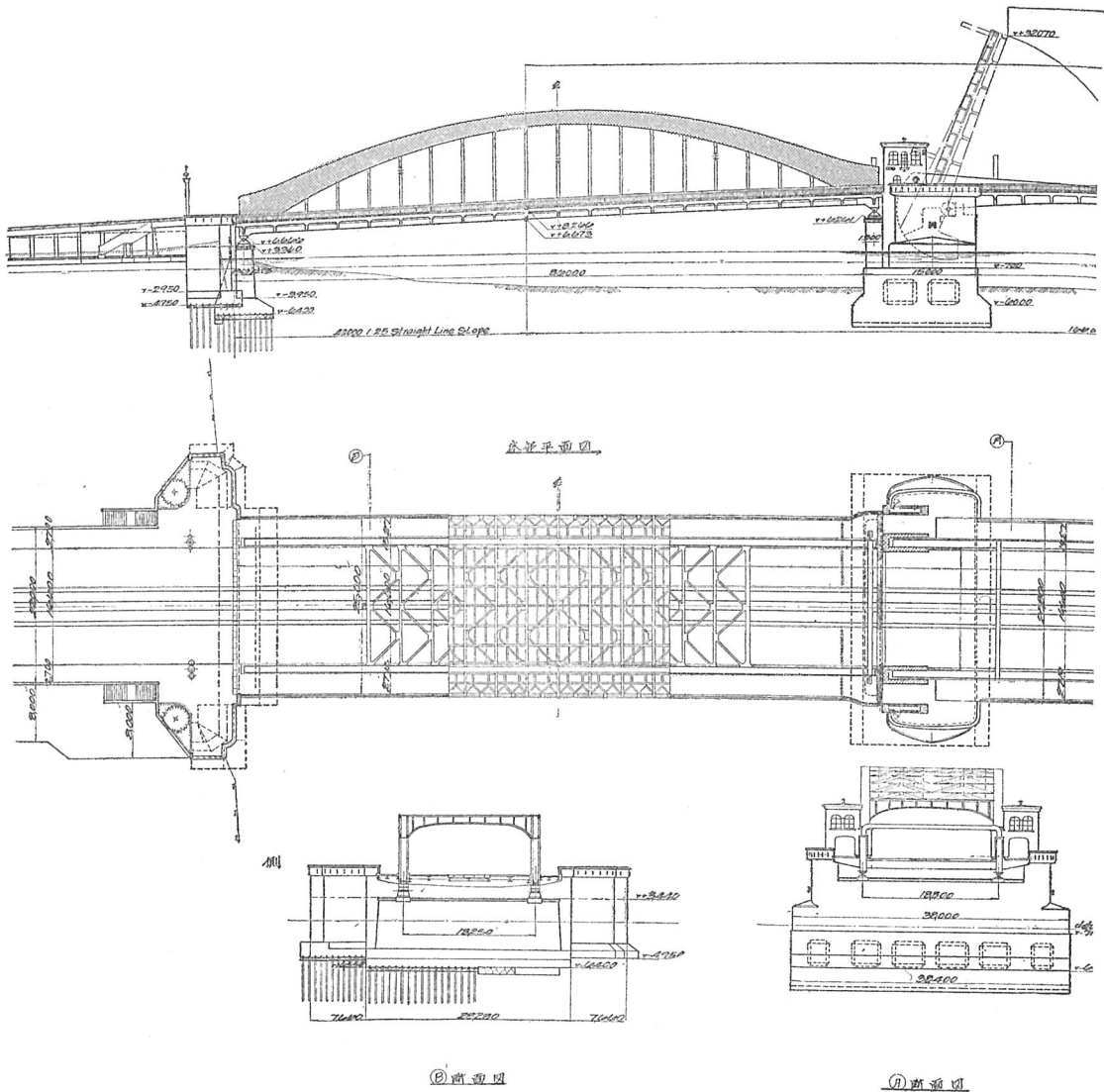
本橋は橋長 246 m、橋巾有效 22 m にて中央可動徑間は 44 m 側徑間各 86 m にて橋脚巾は 15 m である。可動徑間は廻轉軸 (trunnion axis) の廻

りに回轉する一對の突桁函狀桁 (fox girder) よりなり約 70° の角度迄上昇する。突桁は心々間隔 18.8 m、回轉軸より突桁の尖端までは 25.8 m である。突桁の自重はこれに取付けた重錘約 980 噸によりて平衡を保ち、橋體を運轉する動力は専ら橋面に作用する風壓の抵抗を排除するために用ゐられる。(第 1 圖参照)

本設計に於ては每平方米 50 疋の風壓に對し 1 分—10 秒にて橋を開き又は閉ぢ每平方米 75 疋迄は橋體を如何なる位置にても安全に保ち得る構造とし、各橋脚内機械室に 125 馬力直流電動機 2 臺を置き、別に築地側橋々寄に變電所を設け發電機を廻して 3300 ヴォルト交流より 220 ヴォルトの直流を發電し、橋脚電動機に河底ケーブルによつて供給するのである。猶前述の運轉時間 1 分—10 秒といふのは單に橋が開き又は閉ぢる正味の時間を云ふのであつて、實際の所要時間は諸種の運轉準備、交通整理等の關係より定るのであるがこれは後に述べる。猶側徑間は solid rif tied arch である。以下設計の各部分に就て簡単に説明してみやう。

1) 桁下標高と通過船舶との關係 月島三渡船利用の人員は逐年増加の傾向を示し、例へば昭和 2 年度通過人員 8,660,000 人に對し昭和 5 年度は 13,400,000 人を示し近年は餘り増率は多くないが、昭和 9 年 11 月—昭和 10 年 10 月迄の合計は 13,660,000 人を示して居る。

而して可動橋の完成と共に洲崎江東方面都心を連る交通は、永代橋經由の迂回路を棄ててこの捷徑に依るは必

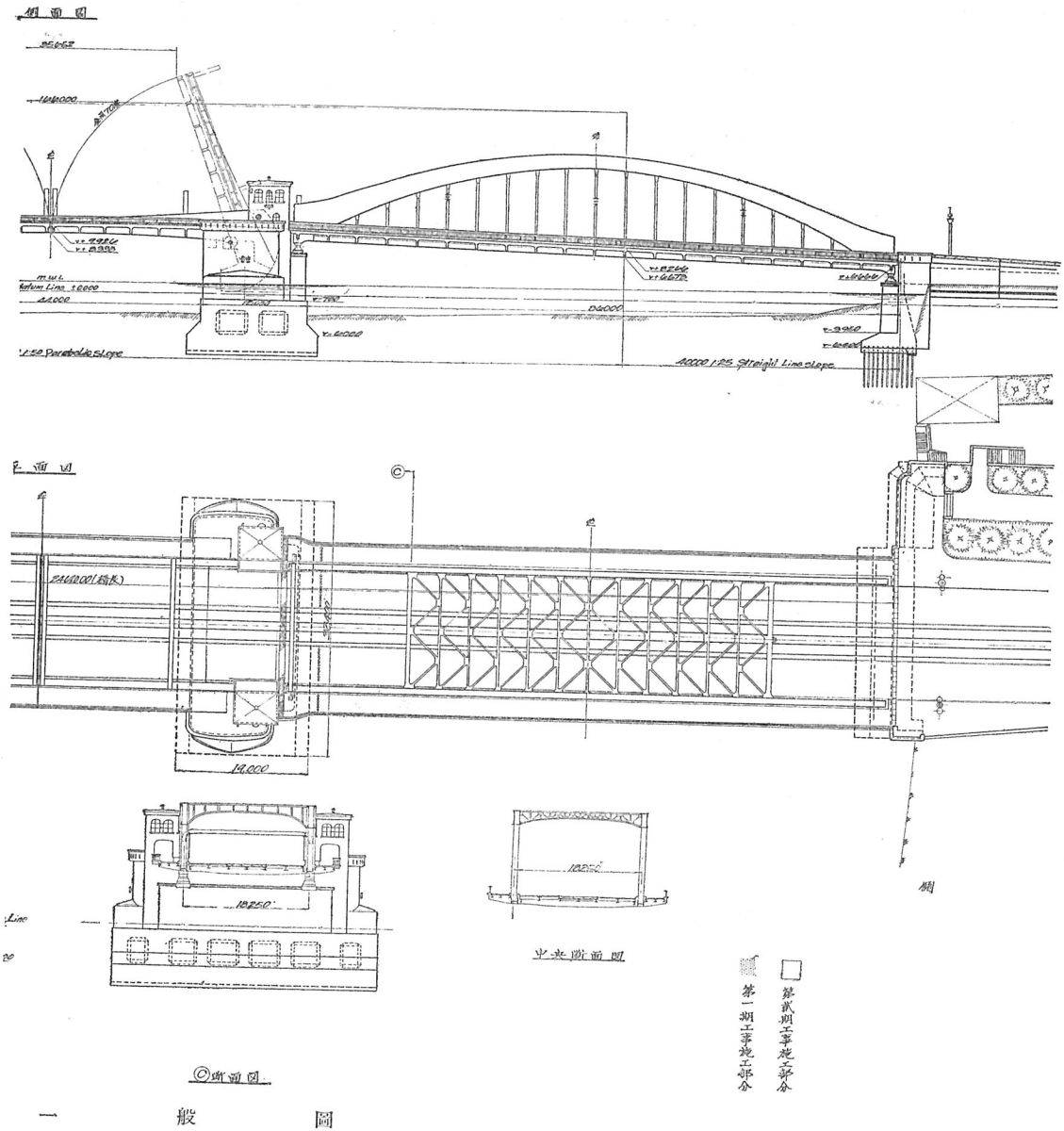


第 1 圖 可 動 橋

すべく猶且東京港の發展，月島の開發によりて橋上交通頻繁の度を加ふ可き事は想像に難くない。一方繰つて水上交通を見るに，稍記録の古い嫌はあるが設計調査時期に於ける昭和5年6月10日～同月15日に至る6日間午前4時～午後8時迄の調べによると，1日平均通過船舶数は1257隻である。而して其内満潮面(A.P.+2.1m)上4.5m以下の高さを有するもの1136隻(全数の約9割)満潮面上4.5m以上のもの121隻(全数の約1割)である。満潮面上4.5mとはA.P.+6.6mに相當し永代

橋の桁下高に當る。

前記121隻の中91隻は汽船又は曳船 残りの30隻は帆船其他である。汽船又は曳船は概して煙突を倒し得る装置を有し若くは將來かゝる装置を爲し得るものである。されば桁下高を約6.6mに保持すれば通過船舶に対して橋を開く場合はさして頻繁でないことが分る。即ち定期的に開橋を要する通過船舶は東京灣汽船會社所属船で其他は季節的に集合する帆船及上流石川島造船所の新造船等である。



一般 圖

東京湾汽船船會社の船（主として 90 噸～760 噸——最大 1500 噸）は主に早朝及夜 9 時～10 時頃發着し、その回数は夏期に多く 1 日約 8 回半に當る。

而して將來可動橋永代橋間に繫泊し得る船舶數共水面積護岸延長川幅水深等を考慮するに可動橋操作を要する通過隻數は、桁下高を 6.6 m 以上に保てば 1 日 15 回程度を越えない様に想像される。

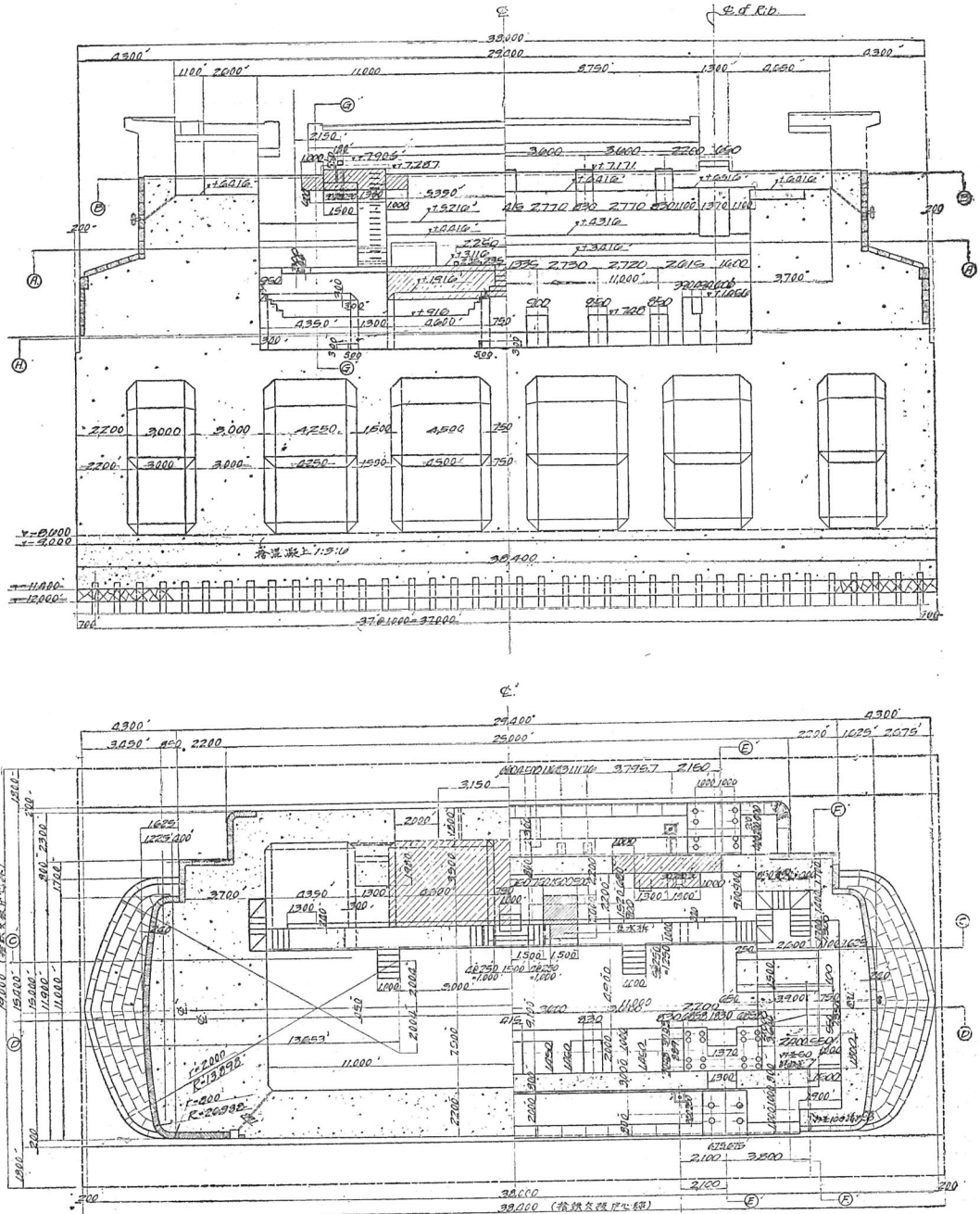
橋上交通の將來を考へると桁下標高を出来るだけ高くして、可動橋の操作回數を能ふる限り少くする事は望しいのである。この意味に於て取付道路の勾配を 1/25 とし、布敷石高を AP+6.666 m と定めた。これは最大約 3.3 m の盛土に相當する。橋長 246 m の内兩端の 40 m は 1/25 直線勾配として、之に接續して中央 166 m は 1/50 拋物線

勾配と定めた。かくて桁下標高は最高 +8.333 m, 桁下 +6.666 m 以上の部分 136 m を生じた。

中央径間は 44 m ある故潮流流速の小なる時には 100 噸以下の船舶ならば 2 隻併行して通過する

ことが出来る。1,000 噸級船舶は潮流の流速如何に係らず, 河川内に於て許さるゝ相當の速度を以て安全に通過することが出来る。

2) 下部構造 架橋地點の地質調査圖は 第3圖



第2圖 橋脚軀體構造

の如くである。本地點は隅田川中最も地盤の良好な箇所で -4 m 位から下は粘土交りの堅硬なる砂盤である。橋臺は基礎を -6.4 m とし月島側橋臺にのみ未口 24 cm, 長 5.4 m の杭を打ち築地側橋臺は上下流に稍地盤不均一なる故上流半部にのみ同上の杭打を施工した。

橋脚一般構造圖は第2圖の如し。橋脚巾は 15 m といふ一寸橋梁としては類例のない大きなもので

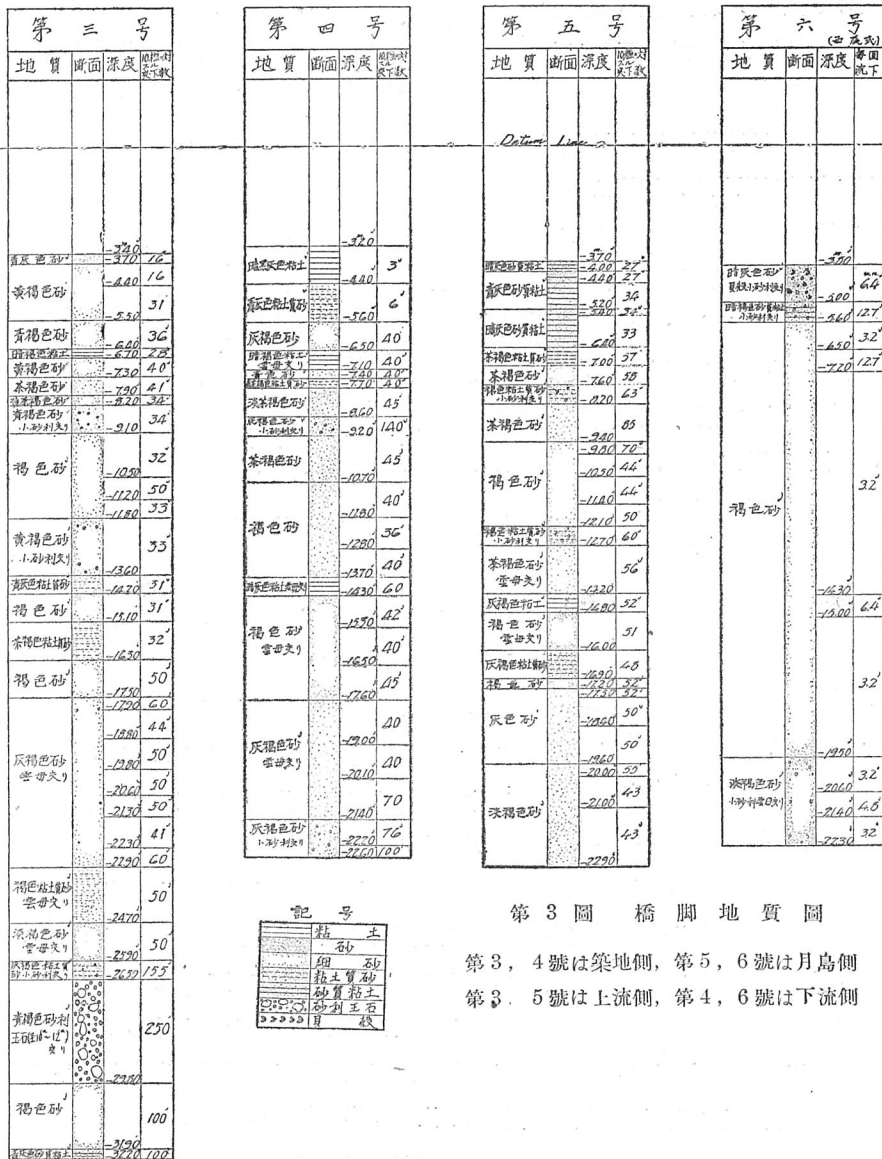
基底巾は實に 19m×38.4m となつた。橋脚の寸法の大となることはシカゴ型跳開橋の缺點と云へないこともない様に考へられる。これ以下の中では到底橋體の自重に釣合ふ重錘を附加することは困難となるのである。

橋脚内側徑間寄 +3 116 m の空所は橋體運轉用諸機械の据付位置である。

廻轉軸支承(trunnion bearing)は中央徑間寄り

の厚 2.2 m の壁體と一體として築造された +6.516 m の位置にある張り出しの棚の上に乗つてゐる。而して橋脚を cover する所のラーメン様の橋脚上床部は廻轉軸支承が壁體に傳へる力を一種の strut の作用をなしで緩和して居るのである。

橋脚附近の地質は概して良好であるが深さにより硬軟の變化がある。(第3圖参照) 且築地側と月島側橋脚



第 3 圖 橋 脚 地 質 圖

第 3, 4 號は築地側, 第 5, 6 號は月島側
第 3, 5 號は上流側, 第 4, 6 號は下流側

とは同一程度の地質の深度に差があり、この地層は或傾斜をなしてゐることが想像される。兩橋脚に於て殆んど地質の一致する深度を -18 m と豫想し、又將來の河底浚渫深度を -6 m と定め橋脚底の標高を -12 m とし 7.2 m の杭打をなして -18 m の點まで到達せしめ、橋脚位置の確保を期した。單に地盤の支持力といふ點のみを考へれば、地質調査の結果より推察するも杭打の必要はないのであるが、橋脚底に於ける僅かの傾斜移動も可動桁の尖端に於ては大なる喰ひ違ひを生ずる恐れがあるので慎重を期したのである。

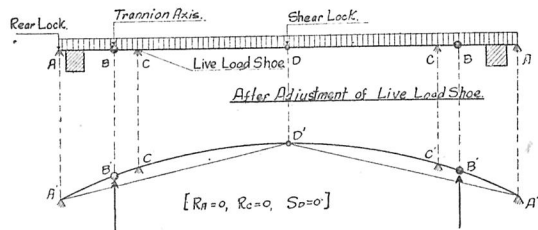
然るに第2期工事に於て月島側橋脚の掘鑿を開始したる處、地盤が豫想外に堅硬で、掘鑿はエアツール (air tool) に依つた程であつた。そこで -6 m 程度で一時掘鑿を中止し試験杭打を行つたが、木杭は折損して到底打ち込めない。又地質調査に取り残された鐵管内よりは盛に湧水して、これ以下の地底の締切による施工困難を想像せしめたので、特殊杭打の方法も考究したが、地盤の載荷試験をも行つて、設計變更を行ひ月島側橋脚は杭打を廢し、且基礎高を -9 m 迄揚げた。築地側橋脚は現在未着手である。

橋脚の設計に當つては潜函による工法も考へたのであるが、潜函は 20 m × 40 m といふ尠大な物となり、進水場所に困難し、且最初の豫定深度を -12 m とせば河底高が現在約 -4 m であるから俄か 8 m を沈めるに過ぎず、設備に金を喰はれて費用倒れとなる恐れがあるので締切工法に依つたのである。

橋脚塔には運轉室補助運轉室宿直室等を置き橋上及河上の見張り船舶への通報其他の仕事司るのである。

3) 上部構造 一般構造圖 (第1圖参照)。側徑間は solid rib tied arch 支間各 84 m である。中央徑間は廻轉軸より桁の尖端まで 25.8 m、その後端は廻轉軸より 7.2 m 半径の缺圓形をなし、これに主齒車 (main pinion) と嚙み合ふ齒形 (rack) 金物を取り付けてある。

中央徑間可動桁の上突縁の曲線は側徑間の拱の曲線と可及的にマッチさすやうに撰定した。廻轉に伴ひ可動桁後方の缺圓部は塔の側壁の間を通過して橋脚内に落ち込み、廻轉の終局に於て橋脚壁に支承される。又衝撃を緩和するために空氣緩衝器 (air buffer) が橋脚路面の床部裏面と橋脚壁體とに取付けてある。可動桁の力學的的關係は圖の如くである。(第4圖)



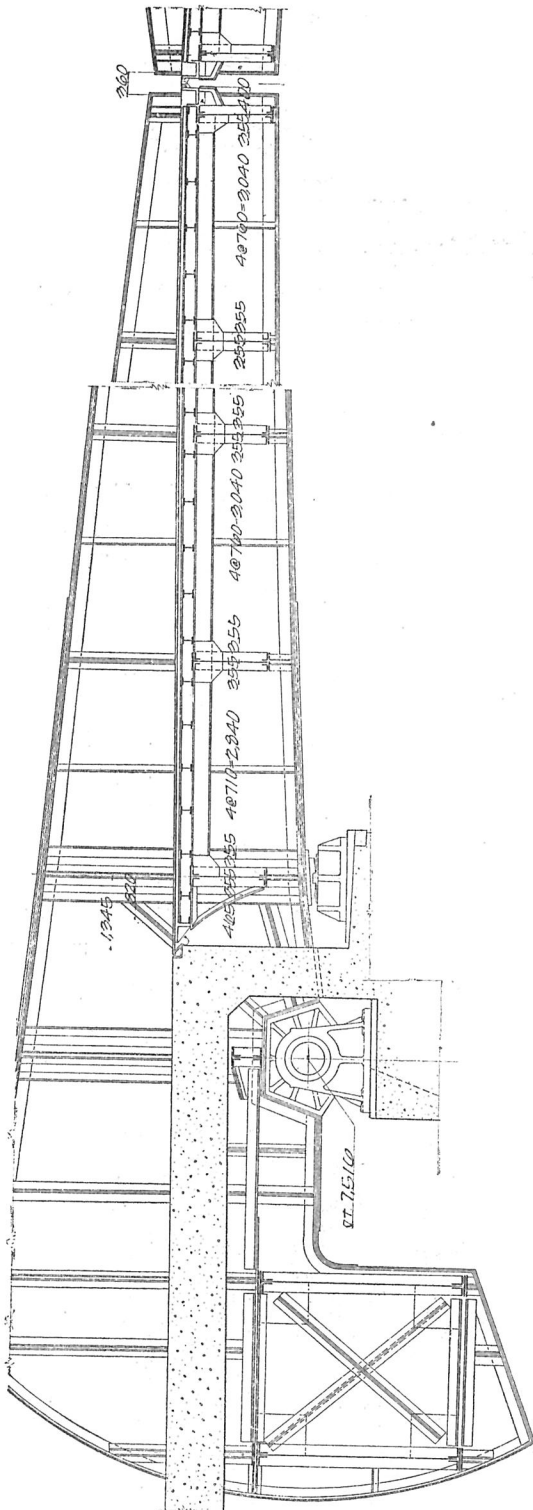
第4圖 可動徑間支承關係

可動桁の尖端は shear lock と稱する鉚材によりて連絡され、荷重の不平均に基因する左右可動桁尖端の撓度の差よりして路面に喰ひ違ひの生ずるのを防ぎ、併せて非對稱荷重に對しては尖端の撓度を減少せしめる。shear lock は橋體の運轉に伴つて自働的に抜き差しされる。

桁の後端は活荷重の通過により重錘の震動するのを防ぐために、上記 shear lock と類似の rear lock を備へて居る。

橋體の重心が完全に廻轉軸の中央に合致して居る時には、前方の live load shoe 及び rear lock に作用する力はその位置の整正により零となすことが出来る。されば橋が閉ぢて居る際に lock 及び live load shoe 等に作用する力は専ら活荷重のみに依る譯である。前述の live load shoe なる言葉もこれから出發して居るのである。

然し實際に於ては重心を多少外して置き、上昇及下降の兩極點に於ては橋體は自重を利用してその終局の位置に落ち着き得るやうになつて居る。これは又橋が閉ぢた際に live load shoe と桁との接



面
側
面
徑
動
可
圖
第 5

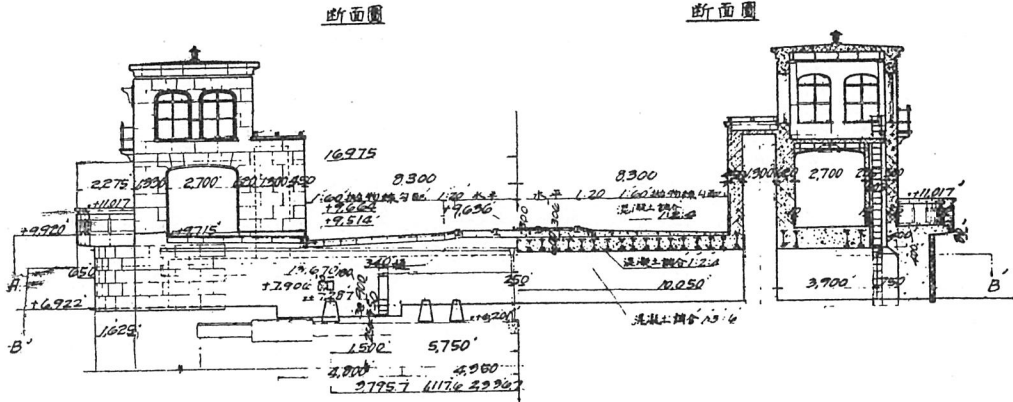
觸を確保するためにも必要である。活荷重により廻轉軸には大なる負反力 (negative reaction) が起るが、これはこの點に集中した自重と相殺されて大した張力となつて現れないのは好都合な點である。

橋體の自重に平衡すべき重錘は約 970 噸で、これは重錘桁の間に填充されてある。重錘には混凝土、パンチ屑混凝土、鉄塊、鉛塊等を用いた。鉛塊は重錘桁の外側に自由に取り外し出来るやうに取付け重心の整正用とする。鉄塊は 20 cm×18cm×30cm 1 個の重量 77.7 kg、鉛塊は約 15 cm 角重量 135.9 kg と假定した。混凝土、パンチ屑混凝土は嚴密なる試験によりその重量を計量したが、混凝土 1 立米平均 2,350 kg、パンチ屑混凝土 1 立米平均 5,480 kg を得た。

車道床部は T グリッドと稱する特殊鋼材を使用した。これは高さ 3 時の T 型鋼を併列してこれを銲接で連ね、別に三角形斷面を有する横棒を T 型鋼の web に直角に取り付け格子 (grid) 狀の路面を形成し、この内部に堅軟り混凝土を填充し、震動器其の他適當の装作によつて完全に鋼材と密着せしめる。

鋼材は含銅鋼で上面に現れた格子が混凝土の摩擦を防ぎ又通行車馬の足掛りともなるのである。これは米國の特許品で値の稍高いのが缺點である。T-grid floor 1 平米の重量は 330 kg で、これを敷板張り木塊鋪裝等の構造に比すれば重いは重いが大差はないのである。かくて桁の剛度 (特に水平方向の) を増大し維持修繕の手数を略き得るのである。而し歩道は敷板張りとなした。

4) 運轉操作方法其他に就て 前述の如く電源は 3300 ヴオルトの交流電力を購入し、これを築地側橋臺地内に設けた變電所にて交流電動機を廻し、これに直結した直流發電機によつて直流に變電し、河底ケーブルにより各橋脚



第 6 圖 橋 脚 上 部 構 造

内にある125馬力電動機2臺を運轉するのである。

運轉装作はワードレオナード法(Ward-Leonard System)により運轉速度其他の調整は主として變電所の發電機を control して行ふ。運轉室は築地側橋脚下流塔内に置き remote control (遠隔管制)により運轉室内より變電所の control をするのである。可動桁一方側の橋脚内に於ける機械設備としては

- 主電動機 125 馬力シヤントモーター 2 臺 1 組
- マグネットブレーキ 125 馬力用 2 臺
- 非常用スラスタブレーキ 250 馬力用 1 臺
- ハンドブレーキ 250 馬力用 1 臺
- クラッチ各モーターに 1 組・2 組

である。主電動機は全員荷常速運轉時に於て毎分 500 廻轉全密閉型にて 5 分間 200% の過負荷に堪え得るものである。

マグネットブレーキは電流が切れると自働的に作用するものである。然しこれはモーター線と連絡してゐると操作が急激になるからモーター線と切り放し或る時機に自働的に作用せしめる。スラスタブレーキは運轉中任意の時期に運轉室内の押釦により操作する。

クラッチはモーターを 2 臺使用する必要のないとき 1 臺を切り放つやうにした装置である。運轉は總て押釦式にて自働的に一定の順序を経て操作される。

5) 運轉操作時間其他に就て 前述せる橋體の開放又は閉鎖には 1 分—10 秒を要するのみであるが。橋上及び水上の交通整理及準備操作等のために可成りの時間を要するのである。1000 噸級の船を標準とし船長を 63m

とする。先づ船の最少停船距離を 5 船長と假定し橋の上下点に停止線を設ける。船は橋より約 10 船長以上離れた距離より開放要求の信號を發し諾の應答ありたときはそのまま進行を續け、應答が否なるとき又は橋の運轉上の事故其他により橋より「停止」の信號ありた時は直に停船操作に移り停止線にて停船せねばならぬ。

橋の運轉上の安全を考ふれば船が停止線を通過するときには橋は既に開いて居なければならぬ。されば橋の運轉操作時間とは陸上交通整理、橋の開放、船の通航、橋の閉鎖の所要時間を加へたものとなる。船の速度を毎時 3 哩とすれば所要時間は總計 8 分—40 秒となる。然しこれは單に豫定時間であつて實際に供用を開始する前關係各方面と協議の上で定まる値であつてこれより短い時間も勿論實際には想像し得るし、船舶の輻輳度によりては上記以上の時間も想像し得るのである。(完)



水 郷 大 橋

千葉縣佐原町方面より本橋中の大徑間懸吊式拱架橋門構を望む。