

土木学会第1回年次学術講演會講演

(橋梁及一般構造物之部 No. 12)

可動橋勝鬨橋の設計に就て

(On the Design of the Katidoki Bascule Bridge.)

會員 安宅 勝*

1. 概 説

本橋は隅田川河口に位置し、東京港修築事業の一部として計畫せられ、東京港の水陸連絡、月島其他港内埋立地の開發等の使命を帯ぶる重要橋梁である。從來築地と月島との連絡は専ら勝鬨、月島、佃の3渡船に依つて居たのであるが月島の發展に伴ひ渡船利用者は逐年増大し月島と築地方面とを連絡する架橋の必要が叫ばれてゐたのであるが上流には石川島造船所等がある上、橋の高い帆船が時々通過するため特殊橋梁を必要とする關係上仲々に實現を見なかつたのである。

本架橋は橋長 246m、有效幅員 23m で中央径間 44m はシカゴ型 2 葉跳開橋 (double-leaf trunnion bascule, Chicago type) 兩側径間各 86m は solid rib tied arch である (圖-2 参照)。

圖-1. 橋梁位置圖

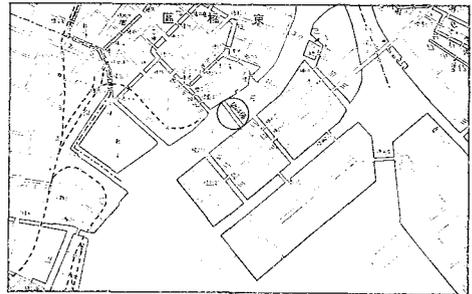
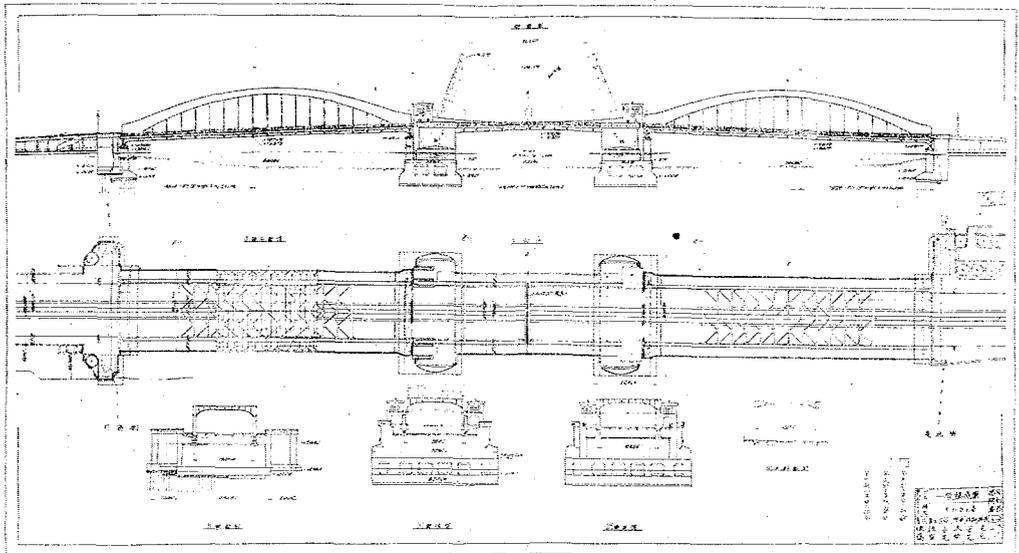


圖-2.



* 東京市技師 工学士 東京市土木局河川課勤務 (昭和 12 年 4 月 11 日講演)

本橋は都心に近接して居る故、架橋が完成し月島並に之に隣接する埋立地の發展を見るに及んでは橋上の交通量が激増することは想像に難くない。一体水陸交通の頻繁なる箇所に可動橋を架設するのは決して策の當を得たるものではない。かゝる場合は勿論河底隧道か高架橋となすべきである。而して經濟上の問題は別とするも地域的に見て本地點に長大なる approach を作ることは高架橋又は河底隧道のいづれを問はず困難なる事情にある。幸にして現時の狀態は本橋計畫當時に比して可動橋架設に對して頗る有利になつて居る。即ち本橋の定期的運轉を必要とした主要なる通過船舶たる東京灣汽船會社の所屬船は本年 3 月 16 日を以て其の發着所を全部芝浦に移轉したので本橋の上流地點にはその繫留所を残すのみとなり、此處に時々豫備船が停泊に来る程度になつた。上記東京灣汽船會社の所屬船以外にて本橋の開閉を必要とする船舶は石川島造船所の建造船及季節的に集合する帆船及小汽船である。これらの船舶は或特定の時期に限られてゐるから日々の定期的運轉には關係がない。

昭和 5 年 6 月 10 日より 6 月 15 日迄の調査によれば本架橋地點 1 日平均通過隻数は 1257 隻で、その内本橋の桁下高 A.P.+6.666 m に抵觸する船舶数は 121 隻であつた。併しこの 121 隻中の大部分は橋下通過に際し煙突を倒し得るか又は將來この装置を附し得る船であつた（當時東京灣汽船通過隻数は 1 日 16 隻）。

本橋計畫當時の豫定に於ては 1 日の開閉豫定回数は約 13 回であつたが東京灣汽船會社移轉濟の今日に於ては定期的運轉の所要回数はずつと少くてよいことになつた。

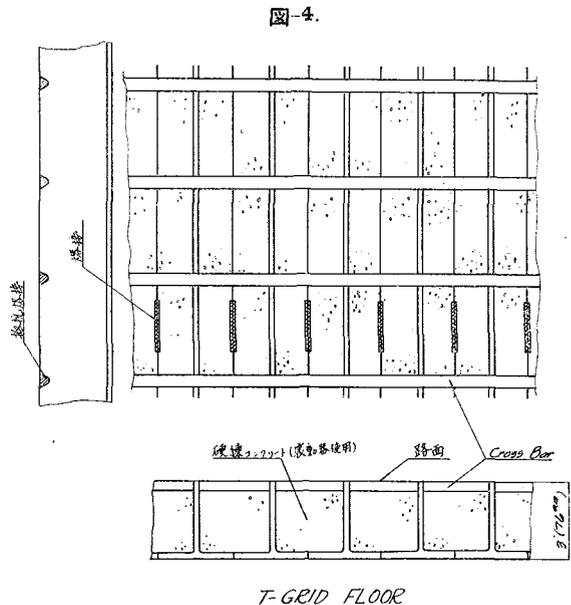
本橋の中央径間は 44 m あり、下部構造も將來の浚渫深度 A.P.-6m に備へてあるから單に通過幅員よりすれば 3000 噸級乃至はそれ以上大なる船舶の通過が可能の譯であるが上流石川島造船所の建造船並に本橋上流繫泊地の將來を考ふるも精々 2~3000 噸級船舶の通過を見るに過ぎぬと豫想される。

2. 本橋設計上の要點に就て

シカゴ型跳開橋の 1 葉のものは神戸高松橋に其の例があり本橋も之に倣つた點もある（本誌第 16 卷第 5 號参照）。されば本論に於ては設計の詳細に涉つて記載することを止め要點並に 2 葉跳開橋に特殊なる點のみを記載する。

(1) 主桁其他構造部分の概要 主桁は廻轉軸 (trunnion) より尖端迄 25.8 m、後方は半径 7.2 m の扇形をなし此處に運轉用の rack を取付けてある。主桁の心々距離は 18.8 m である。廻轉軸に作用する荷重は約 950 t である。trunnion は普通は trunnion girder と稱する桁の上に支持されるのであるが trunnion girder の撓度による trunnion 取付位置の修整等の手数を省くために本設計に於ては trunnion を橋脚と一体をなせる臺上に置いた（図-3）。

(2) 床部に使用せる T-grid floor に就て（図-4）これは T 形鋼材を並列し flange を所々熔接して幅 4 呎宛の unit に作成したもので橋面を構成する部分には cross bar と稱する部材を取り付け T 形鋼材の web と cross bar にて grid 即ち格子型を作りこれに硬練りコンクリートを填充し vibrator を用



るて施工するのである。厚さは3吋(76mm)で1m²の重量は245kgである。勿論敷板張りよりは重量大であるが、目方も比較的軽い上に剛なる橋面を形成することが出来るのでこれを採用することにした。本品は米國製で鋼材はASTM規格の含銅鋼である。橋面に表る grid は skidding を防ぐ作用もある。唯高價なのが缺點である。

(3) 重錘 重錘所要豫定量は築地側可動葉に於ては969.3t、月島側可動葉に於ては932.9tに達した。重錘はパンチ屑コンクリート、普通コンクリート、銑鉄塊及取外しの出来る鉛塊(重心調整用)よりなり、之を重錘桁に取り付けた。コンクリートは骨材の性質及施工法並に使用水量によつて其の重量には相當の差違を生ずるから、重錘量を豫定する場合も重量は總て實驗値を基にして計算した。

重量實測は供試体6個の平均を取り、使用せる砂は江戸川産中目洗砂にて乾燥状態に於て重量1593kg/m³のもの、砂利は玉川産19mm~6.4mm、重量1731kgのものを使用し又パンチ屑は径24mm及22mmのものを重量比で7:3の割合に混合せるものを使用した。1m³當りの重量並に所要材料の重量は次の如くであつた。

普通コンクリート 2349kg/m ³	}	セメント	287kg	パンチ屑コンクリート 5477kg/m ³	}	セメント	361kg
		砂	591 "			砂	372 "
		砂利	1285 "			パンチ屑	4582 "
		水	186 "			水	162 "
		計	2349 "			計	5477 "

(4) 重心調整法に就ての考案 重心調整法に就ては本會誌第22巻第10號に詳細に記してあるから茲では其の大要を述べる。可動橋に於ては重心を廻轉軸に一致さすを便宜とする。但し運転の都合上多少の偏心量を附與する。従來は可動部分の重心は専ら計算のみによつてこれを定めてゐたのであるが、計算を如何に精確にしても肝腎の單位重量が假定であるから相當の差違を生ずる。

本設計に於ては先づ桁の總重量を其の部分互に一々計量しこれを記帳し、コンクリートの如きも骨材の産地、重量、使用水量等を指定しその單位重量も時々測定して、桁の總重量として實際に近きものを實測するのである。桁の總重量が判つたならば先づ重心を完全に廻轉軸に一致せしめ、その測定に伴つて廻轉軸の摩擦抵抗モーメントPLを測定し(圖-5,6)この値を基にして桁のI支點に於る支圧力R及其の支點を極く僅かYだけ上し支圧力変化dRを動力計により測定し次式

$$R = \frac{1}{a}(W_{ex} - PL) \quad \text{及} \quad dR = -\frac{W}{a} e_y \cdot \frac{Y}{a}$$

を満足する迄重錘に附加すべき調整用鉛塊を加減すればよい。本法によれば橋体の重量を知つて居れば將來補修改造等を行ふときも簡單なる測定により重心の調整を行ひ得る利便がある。

圖-5. 重心調整

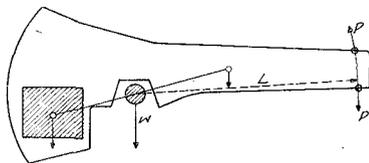
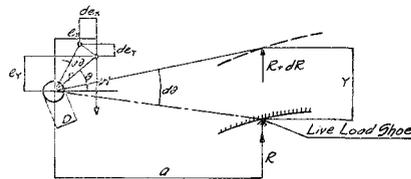


圖-6. 重心調整



(5) 可動桁の先端を連結する shear lock に就て 2葉跳開橋に於ては片荷が掛ると桁の先端に喰ひ違ひを生ずるから桁の先端を shear lock と稱する装置により連結し shear に抵抗せしめる必要がある。其の構造は従來のものは圖-7の如く locking bar を挿し込むのであるが棒は桁の deflection によりて彎曲し(圖-8), locking bar 自体及其の取付に相當大なる影響を與へる。且つ其の剛性に基因し桁の先端は完全なる pin action をしな

いから live load shoe (trunnion 前方の桁支承) と主桁との接觸を確保し得ぬ缺點がある。shear lock の構造に就ては 図-9 に見ゆるが如く其の構造に重合部を設け 1 葉は他葉を拘束して live load shoe 其の他の接觸を確保する方法を取るべきか或は 1 葉は他葉に無關係に運動し得る形式を取るかは一応考慮すべき問題である。

2 葉跳開橋本來の性質を生かす意味に於て本橋は 2 葉の中 1 葉が故障になつても他の 1 葉は自由に運転し得る様構造的及動力的にも考慮した。locking bar を用ゐる shear lock は上述の缺陷を認めらるゝので本設計に於ては 図-10 の如きものを使用する様設計変更の豫定である。この locking 装置は橋と直角の方向に pin を挿し込むもので、温度変化等による主桁の伸縮に備えて鑄物の中に發條を備えて居る。

(6) 可動桁先端に於ける床切れ目 (floor break) 可動桁の先端に於

図-7. Shear lock

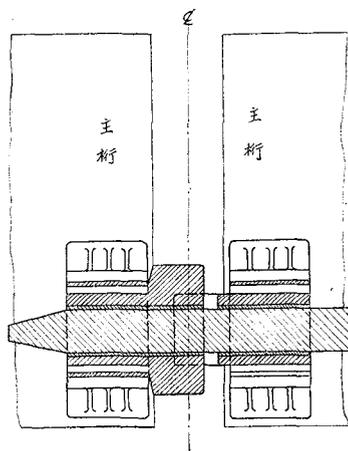


図-9.

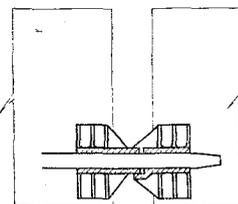


図-11.

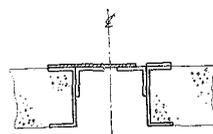


図-12.

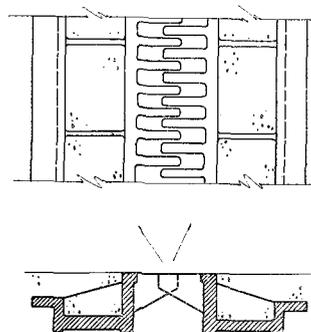


図-8.

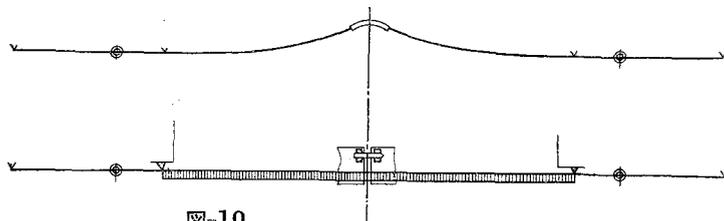
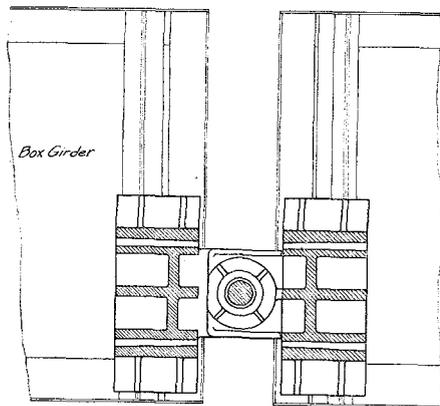
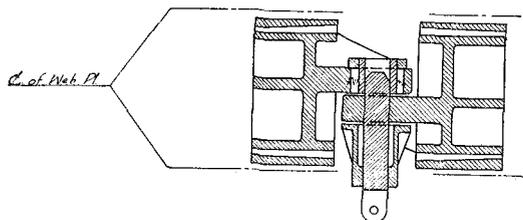


図-10.

ELEVATION



PLAN



ては床切れ目即ち伸縮装置を設けねばならぬ。これは2葉跳開橋の特長、即ち2葉の中1葉を獨立に運転せしむるためには特殊の考慮を要する。図-11は跳開橋の床切れ目によく用ゐられる構造であるが重合部あるため桁の一方に故障あるときは他の桁も開かなくなる缺點がある。図-12はほゞこの目的を達して居る。この構造は米國に於ては廣く用ゐられて一般普通のものであるが、我國に於ては特許で制限されて居ることを、これと同一なるものを設計せる後に至つて知つた。猶 図-13, 14 の如きものも考へ得る。図-13は桁の伸縮に伴ひ踏板を支ふる撥形部材がバネの作用にて回轉し橋端の間隙を除去するのである。図-12は閉橋時はバネの作用によりて密着し橋体運転に際しては先端を引き離すやうになつて居る。図-10の形式を採用するには種々困難なる事情があるので 図-12のものに変更するかもしれない。

図-13.

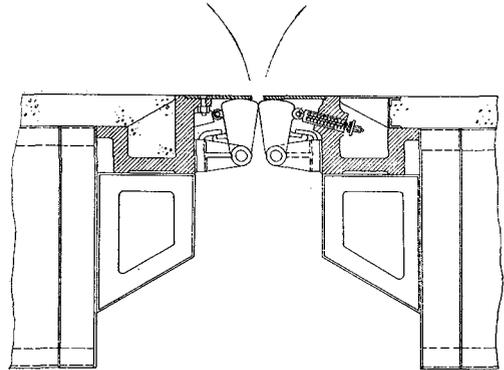
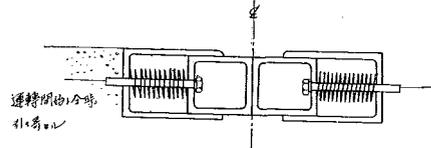


図-14.



(7) 橋体運転設備に就て 運転設備も本橋設計に於ける重要眼目であるからこれに就て略述する (図-3 参照)。各葉は 50 kg/m^2 の風力に抗して $1'-10''$ にて 70° の角度まで開き又は閉するに 250 馬力を要する。

運転動力として假に電力以外のものは除外するとしても交流電動機を使用すべきか直流電動機を使用すべきかは相當に頭を悩す問題である。交流機械を使用すれば設備も簡単に済むし費用も低廉であるが、速度の調整が細かく行かない。直流電動機は速度の調整には好都合であるが直流電源のないときは発電機を置かねばならぬから設備に費用が掛る。

本橋に於ては直流電動機を使用し後述のワードレオナード式制禦法を採用した。

本橋運転設備の特色としては信號燈の明滅より橋体の開閉、shear lock の挿入等自動的に一定の順序で操作することである。

ワードレオナード式制禦法は設備に費用が掛るが速度制禦に電力を消耗すること少く、速度調整、方向変換等が自由に出来て安全且有利なるものである。

ワードレオナード氏法とは直流電動機制禦法の最も優秀なるもの一つである。其の原理は直流發電機を運転しその發電力を直流電動機に傳へ、電動機は速度調整は發電機の勵磁電流を加減し發電機を變化せしめ速度の調整起動等円滑且つ安全に行ふことが出来、直流電動機を直接に制禦するよりも廣範圍の速度調整が出来且つ制禦のための電力消耗量が少ないのである。動力設備としては各橋脚内に

125 馬力直流電動機 2 基 (全密閉式防滴型、他勵磁分捲式、電圧 440 V、廻轉數毎分 500)

magnet brake (250 馬力の能力のもの) 2 基 thruster brake (375 馬力の能力のもの) 1 基

を備えて居る。發電設備としては築地側橋臺地に変電所を設け 50 cycle, 3 300 V 3 相式を以て 2 系統より受電し一方が故障のときは自動的に他方に切り換える様になつて居る。受電地點の最大出力は 400 KW, 平時 280 KW である。

変電所内には電動發電機 2 基と可動葉速度調整用發電機 1 基を備えてゐる。電動發電機は各別に 1 葉宛の運

転に充當されてゐるが場合に依りて 2 葉を同時に又 1 葉のみにも自由に運転し得るやうになつてゐる。運転の諸装作はすべて橋脚塔（築地側橋脚上下流寄）の運転室に於て押釦によつてなされる。

変電所で發電された直流電力は水底ケーブルにより兩橋脚に傳達される。配電線を側径間上に添架しなかつた理由は工事の便宜上月島側々径間より施工するを好都合なりと認めたと月島側には変電所敷地なく且つ電力供給にも不便な爲である。即ち工事の順序として月島側々径間の架設を先にしたため築地側径間の架設に掛る前に中央径間を運転可能の状態となす必要を生じたためである。

可動葉の運転中 2 葉の傾角をほぼ一定ならしめるために特殊の考案がなされてある。其の原理は 図-13 の如くである。勵磁電流の回路に抵抗を入れその接觸點 A, B はそれぞれ左右兩葉の回転角に応じ抵抗への接觸點が異つて来る。

AB 點の位置が同じなら回路 ACB には電流は流れない。2 葉の傾角が異るとこの回路に電流が通じその結果速度調整用發電機の磁界は勵磁され發電された電流は主電動發電機の勵磁電流を変化せしめ一方は減速、一方は加速されるのである。

変電所内に於ける主要電機器の性能は次の如くである。

主電動發電機 2 基及可動葉速度調整用電動發電機 1 基。

・主電動發電機は次の 3 機を共通臺上に直結して居る。

{	直流發電機	他勵磁分捲式	250 KW 以上	電圧	470 V	廻轉數	950
	直流勵磁機	自動複捲式	25 KW 以上	電圧	230 V	„	„
	高圧 3 相交流誘導電動機	開放捲線廻轉子型	400 馬力	電圧	3 300 V	„	„

速度調整用電動發電機は次の 2 機よりなつてゐる。

{	3 相誘動電動機、開放 2 重籠型廻轉子型、	7.5 馬力以上、電圧 200 V、周波數 50 サイクル
	直流發電機、開放分捲他勵磁式、	5 KW 以上電圧 230 V.

(8) 工事概況 工事を 4 期に分ち總工費は未だ未着手の部分もあるので正確には判明しないが約 3 570 000 円の豫定である。

各期の工事種別及経過は次の如くである。

- 第 1 期工事 地質調査其他準備作業及橋臺、護岸を現在地盤迄施工（着手昭 7-2-11, 竣工昭 9-12-30）
- 第 2 期工事 兩橋脚（塔を除く）築造、月島側々径間架設
前後道路一部施工（着手昭 9-10-11, 竣工豫定 12-5-31）
- 第 3 期工事 中央径間架設、橋脚の完成、運転設備一式（着手昭 11-9-1, 竣工豫定昭 13-9-30）
- 第 4 期工事 築地側々径間架設、橋臺、前後道路等の完成（着手豫定昭 12-7-1, 竣工豫定昭 14-6-30）

図-15.

