

双葉跳開橋・勝鬨橋の現状と今後

The present conditions and the future of Kachidoki-bashi (bascule bridge)

高木 千太郎*

Sentaro TAKAGI

ABSTRACT The Kachidoki-bashi which Tokyo metropolitan government manages is the bascule bridge which central part opens and closes. This report explains a summary about a design of Kachidoki-bashi, execution and maintenance and explains deterioration degree about the present situation of machinery. In addition, this report comments on possibility to open and close again becoming a topic technically now.

KEYWAORD:跳開橋, 鋼構造, 維持管理, 調査, 腐食, 疲労, 再跳開

1. まえがき

勝鬨橋は、昭和 15 (1940) 年 6 月に東京の隅田川河口に都内では 3 番目の可動橋として架設されたが、橋の左右が蝶の羽根のように跳開する双葉跳開橋 (シカゴ型固定軸双葉跳開橋) としては国内で最初であった。写真 - 1 は、勝鬨橋開橋時の橋上風景。

1940 年 (昭和 15 年) 6 月 15 日の讀賣新聞には、「勝鬨橋 けふ 開通式」大東京の新名所、工業地帯月島と都心とを結ぶ東洋一の可動橋“勝鬨橋”が 14 日に……との記事が掲載されているように第二次世界大戦が激しくなる最中、東京における唯一の明るいニュースであったようである。このように架設当時から大きな観光資源として期待され集客能力も大きかった勝鬨橋も、自動車交通社会への転換と跳開橋とした目的でもある隅田川を航行する大型船舶が無くなった事が原因で跳開の停止が決定され、昭和 43 (1968) 年 3 月をもって開閉を休止することとなった。その後、東京都は、勝鬨橋の跳開設備の保守・点検も行っていたが跳開を定期的にする時代は終了したとの判断から開閉規則も廃止し、昭和 45 (1970) 年 11 月の試験跳開を最後に完全に停止することとなった。



写真 - 1 跳開した勝鬨橋の路面状況

その後、開閉を停止した勝鬨橋は、シアロックの固定軸と軸受け部が累積大型交通

* 東京都建設局道路管理部専門副参事 (橋梁構造) (〒163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1)

量によって磨耗し円形が楕円型に変形したことから、車両の通行時にはシアーロック周辺が異常振動し何らかの対策が必要な状況となった。更に、勝鬨橋特有の中央径間の T 字型の形鋼を逆向きにならべてその隙間にコンクリートを充填した T-グリッド床版も、間詰めコンクリート自体がひび割れ劣化し、主材の T 型鋼材自体も変形し、その後の供用に不安を感じる状況となった。

このように勝鬨橋の安全性が危惧される状況となったので、シアーロック構造の変更、床版の変更、床組みの補強などの工事を昭和 54 (1979) 年 12 月完了した結果、現在も十分な耐力と安全性を確保している。

平成年間になると、これまでの経済成長主体からアメニティ、都市空間への適合、歴史的感覚の尊重へと社会状況も大きく変化し、勝鬨橋の跳開設備も再び脚光を浴びることとなった。

本報告は、勝鬨橋の跳開設備を中心に現状と今後の取り組みなどについて概要を述べるものである。

2. 勝鬨橋架橋への道¹⁾

勝鬨橋は、明治 44 年から大正 4 年にかけて築地本願寺から隅田川の対岸月島を経て東京港埋立地をつなぐ 27m 道路として計画された隅田川を渡河する橋梁である。

岡部三郎氏が昭和 5 年 (1930) 2 月の土木建築工事画報第 6 巻第 2 号に掲載した記事によると、勝鬨橋架橋以前の築地と月島間には年間 1,000 万人以上の人々が利用している連絡渡船があり、東京市は渡船に年額 15 万円を投じていた。当時、築地から月島に行くには、前述の渡船によるか上流の

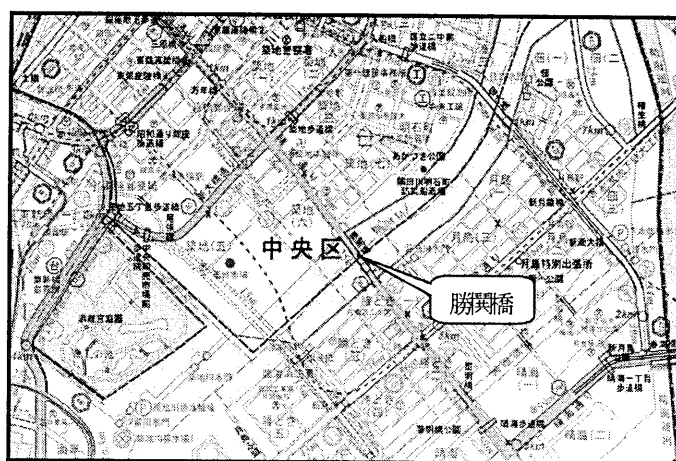


図-1 勝鬨橋位置図

永代橋を渡り相生橋を渡るルートしかなく陸路で行くと 30 分余を要することとなるが、勝鬨橋の架橋によって六分の一の 5~6 分程度と月島地区を利用する人々には大きなメリットとなる。また、架橋の費用対効果を算出すると、都心からの時間短縮効果で東京港埋立地約 200 万坪の地価は上昇することからその効果は絶大で、埋立地の地価が 10 円上がれば 2,000 万円、50 円上がれば 1 億円と資産価値が上昇し、勝鬨橋建設事業費 400 万円は十分に元を取れることとなる。更に、東京築港の前提である月島を工業用地として開発するためにも隅田川の支川に架かる相生橋のみに頼るのは、利便性、安全性などから架橋の必要性は十分であると判断し、着工に踏み切ったようである。勝鬨橋の架橋工事は、昭和 7 年 (1932) 11 月着工し、8 年後の昭和 15 年 6 月 4 日に開通式典を迎えることとなった。

3. 勝鬨橋の計画、設計、施工^{1), 2), 3)}

日々高いマストの大型船舶が 20 隻以上隅田川を航行することが理由で勝鬨橋の形式は、アーチ、単純桁などの一般的な橋梁とすることは右左岸の取り付け状況などから出来ず、中央流心部を船舶が自由走行で出来るような橋梁形式とすれば可動橋、地下を渡河するトンネル構造とする必要がある。しかし、トンネル案は、隅田川の水深と前後の取り付け勾配から高額な工事費と右・左岸の取り付け地域への利便上好ましくないことから橋梁案を選択することとした。採用する形式は、流心中央部の中央径間は可動橋、両側の側径間は、アーチ構造とし、全長が 246m、有効幅員 22m で計画されたが、最終の構造は、架橋地点の地盤が隅田川において最も良好で支持力 (支持層は、A P-4m の粘土混じり砂地盤)

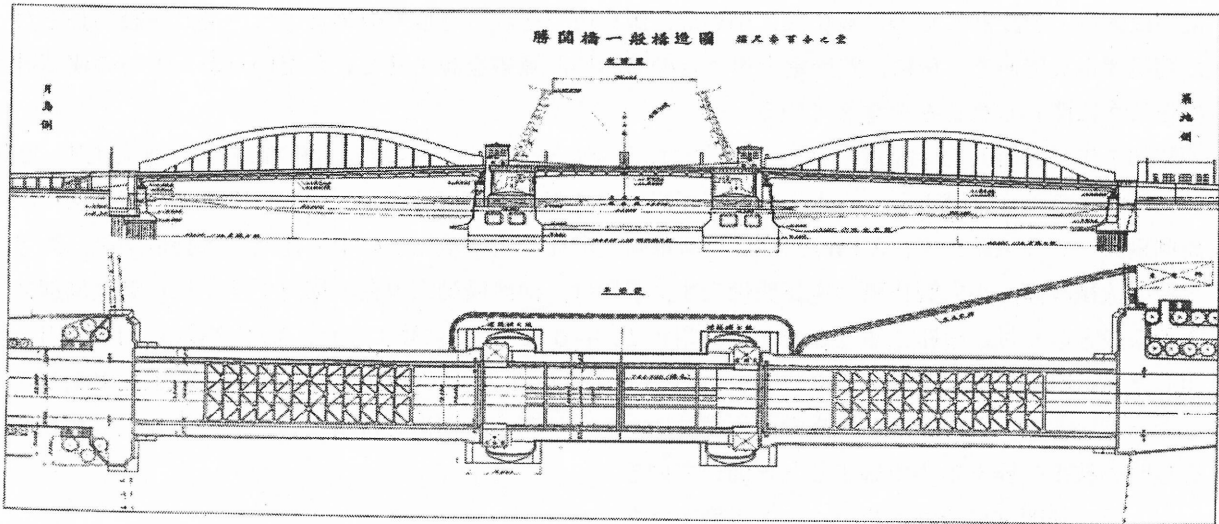


図 - 2 勝国橋構造一般図

が十分であることから中央径間は、45.6m のシカゴ型固定軸双葉跳開橋 (Bascule Bridge)、両側径間は 83.5m の 2 主構の鋼タイドアーチ橋とした。今話題となっている中央径間の可動構造は、固定軸両葉跳開橋で回転軸 (トラニオン軸) が橋脚の

全面から 3.8m、橋上を通過する都電、車両、通行人等の重量を支えるため別に回転軸の前方に活荷重沓を配置している。中央径間は、日本橋が中央から開くに等しい大きさで、桁重量約 900 トン、取り合いを持たせるカウンターウェイトが約 1,100 トン、可動橋全体で約 4,000 トンとなる。次に、勝国橋独自の細部構造であるが、可動部を閉橋した時に可動部を固定するために可動桁先端と後端に電氣的にピンを差し込める構造となっている。可動桁の先端には一般的に伸縮装置があるが勝国橋の場合は、橋梁が温度



写真 - 2 勝国橋の全景

などで伸縮しても空間が発生しないようにバネ構造によって両側から常時押さえる構造の採用や路面電車の軌道に移動軌条装置が採用されている。跳開設備は、機械設備、電力設備⁴⁾、制動設備などで構成されている。機械設備は、欧米の跳開橋と同様に可動桁の後端ラックに大歯車、それに噛み合うように小歯車と中歯車で 5 段に連結され最小の力 (1:2350) で 2,000 トンの可動桁を動かす設備となっている。運轉動力としては、電気、電動機の回轉速度を自由にスムーズに操作できる直流を採用、商用電力の交流を勝国橋変電室で直流に変換していた。勝国橋の可動桁を動かす力は、可動桁の死荷重、回轉軸周り、機械設備などの摩擦力、風荷重 (風速 22m/秒) などに対し、70 秒で 70 度まで開橋する力を想定した結果、片側で最大 250 馬力 (直流電動機 125 馬力が両側で 4 基) が必要となった。運轉用制動機は、電磁制動機、電動機を停止した場合や停電の時に作動させるスラスタ制動機、万一の場合を想定した手動制動機の 3 段階の安全性を十分考慮した制動設備となっている。

このように当時の技術の粋を集めて建設された勝鬨橋の設計者は、橋梁構造が安宅勝氏、跳開設備、電力設備などを設計したのは島田氏、小島氏、飯村氏でそれらを取り纏めたのは、後の建設局長となった瀧尾達也氏である。後に、路面電車申請時の勝鬨橋計算書を読ませていただいたが、当時の構造計算の正しさに関心したことを覚えている。⁶⁾

昭和7年(1932)11月に着工した工事⁵⁾は、4期に分けられ、1期は、東京市直営の橋台工事、2期は、鉄骨工事の宮地鐵工所、土木工事の錢高組の橋脚工事と石川島鉄工(現在の石川島播磨重工)の月島側鋼アーチの架設工事、3期は、神戸川崎車両(現在の川崎重工)の中央径間・可動桁架設、渡辺製工所の機械設備、小穴製作所の電気設備工事、4期は、横河橋梁(現在の横河ブリッジ)築地側鋼アーチの架設と取り付け道路工事などであり、昭和15年6月14日に竣工した。総工事費は、418万円、使用した主材料として、鋼材8,480トン、セメント126,500袋、石材761m³、延べ作業員数291,300人となっているが、当時の東京市直営の作業員は、かなり高度な技術を持っていたようで施工困難な箇所を当時の技術の粋を集めて施工したと聞いている。

以上が、勝鬨橋の計画、設計、工事の概要である。

4. 可動部の重心調整について²⁾

勝鬨橋跳開部(図-3参照)の特徴としては、設計当時から検討し、独自の案を提案している重心の調整が挙げられる。土木学会誌に投稿した設計者安宅勝氏の記述を読むと、可動橋体の重心を回転軸に一致させることについてかなり配慮していたことが伺える。当時の調整法であったX,Y軸における橋体重量のバランスを取る手法でなく、アメリカ合衆国のHoolによる「Long span and movable bridge」から調整法を①橋体の重心を完全に回転軸に一致させ、回転軸の摩擦抵抗を測定する。②重心に所要の偏心量を付与する。とし、設計時だけでなく施工時の材料、各部材の重量を可能な限り正確に測定し、重心位置を算出、正確に重心位置と回転軸の位置を合わせた後回転抵抗モーメントを測定するとしている。具体的な方法としては、デリッククレーンを架設時に設置し、可動桁を引き上げ、引き下ろしを行いその際の回転軸から2点の張力が一定となるようにカウンターウエイトを調整する方式によって実回転抵抗モーメントを測定している。次に、橋体の重心に偏心量を付与する方法である。偏心量を付与する理由は、回転動作の最終段階(閉橋直前)において自力で最終ポジションに座るためとしている。これには、先の文献とは異なった独自の見解を示しており、

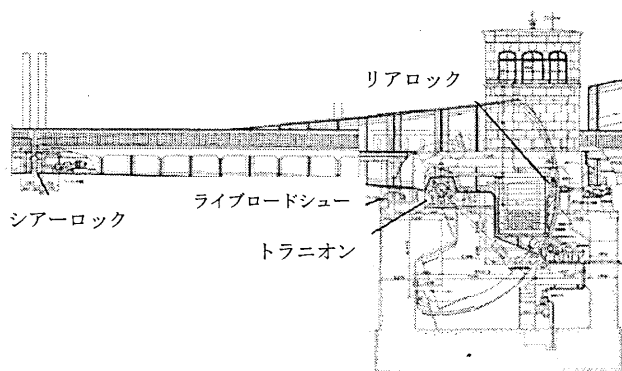


図-3 中央可動桁の断面図

$$Wex = W \cdot D / 2 \cdot f$$

W : 橋体総重量、D : 回転軸直径、f : 回転軸摩擦係数

において、 $ex > D/2 \cdot f$ と文献の $ex = D/2 \cdot f$ が誤りであるとしている。最終的には、活荷重支査の作用する支圧力を計測器で求めカウンターウエイトを調整し、支点とカウンターウエイト位置を動かして調整するとしている。これらについて詳細にその方法を知る必要性のある方は、「Long span and movable bridge」及び当時の安宅勝氏の投稿した当時の土木学会誌を参照するとよい。

跳開橋の重心位置などの調整について提案した安宅氏は、後の補修・補強時を想定し、本案を提案したようであり優秀な技術者の先見性に感心する次第である。

安宅氏の考えによって現地で測定した結果は、可動桁総重量（一葉）が計算上 978.152 トンであるが、実測値 981.575 トン、カウンターウエイトは、計算上 969.308 トンは、実測値 971.00 トンとなっていた。現地における重心調整は、桁組み立て用のクレーンを可動桁先端部分に設置し、可動桁を引き上げ、下げた時に測定し、位置に関係なく一定値となる重錘を決定している。張力及び支圧力測定には、引き上げ降ろし抵抗値の測定、支圧力測定に動力計、応力計を使用している。現地での重心位置調整においては、支圧が 0 値で引っ張り試験を実施したところスタート時の算定値が 2,500kg で開始抵抗値は 0.12、動作時引張力は 1,700kg で動作時抵抗値が 0.08 と計算上なった。ところが、実際に跳開部の稼動に必要な各種歯車類を全て連結し、電動機 1 基を連結するとスタート引っ張り力は、5,900～6,300kg を示す結果となった。

次に、モーターを 2 基連結すると 9,000kg でも作動せず、結局試験を中止したとのことである。

5. 約 30 年供用した勝鬨橋の変状

供用開始後 28 年後の昭和 43 年 10 月から昭和 44 年 2 月に勝鬨橋の構造、設備関係の調査を行なった概要を紹介する。

橋梁本体の沈下量は、築地側橋台が上下流で +7～11 mm、月島側橋台で +17～18 mm、橋脚で -19～25 mm と大きな量ではない。次に、鋼桁の腐食であるが、側径間は、路面より上側のアーチ材、吊材、橋門構などは、雨水や塵埃の溜まりやすい箇所のリベット頭部の欠損や塗膜劣化は確認されるが、大きな損傷はない状況であった。しかし、路面より下側の横桁、縦桁などは、路面電車の軌道部分からの漏水で局部腐食の著しい箇所が確認されている。中央径間は、主桁が回転軸周囲が排水施設からの漏水で腐食が見られる他、側径間と同様に床組み関係の腐食が路面電車軌道部からの漏水で局部腐食が激しい状況が確認されている。跳開設備関係であるが、直流電動機は、絶縁抵抗値や運転状況を確認しているが、いずれも正常値を示し、機械設備を含め良好な維持管理体制によると判断されている。静的、動的載荷試験結果は、荷重車両（総重量 16 t）10 台によって実施し、側径間アーチ部材、可動桁の断面力に一部計算値を超える箇所は確認されたが、たわみや動的試験結果などから概ね十分な耐荷力は保持していると判断した。調査で問題となったのは、伸縮装置のスプリングバネを固定するボルトの抜け出し、橋面舗装のひび割れ、はく離、シアーロックのロックピンを受ける穴の磨耗による楕円形への変形とそれに伴う異常振動があげられ、対策が必要とされている。

6. 開閉を休止した勝鬨橋と本格的補修・補強工事の概要

架橋当時は、三桁の 400 回～700 回あった通船のための跳開も 30 数年後には二桁と激減した。これは、隅田川沿岸の工場や大規模倉庫などが撤退、移転したことや橋上の交通量の大幅な増加から跳開の是非を問われ、最終的には、昭和 43 年（1968）3 月 7 日を通船時に最後の跳開、昭和 45 年（1970）11 月 29 日の試験的に跳開を最後に開閉を休止することとなり、その後現在まで開閉を休止している。

勝鬨橋は、1993 年には都心部と豊洲地域を結ぶ主要幹線道路の晴海通りであることから増加する交通量が 48,000 台/日、大型車混入率約 20%、1999 年が 40,400 台/日、大型車混入率 21.9%であった。このような重交通量と経年によって勝鬨橋は、変状結果でも示したように突桁先端のシアーロックピンと軸受け部が磨耗、変形し、車両の通行時に異常振動が発生する状況となり、他に影響を与えることが予測される結果となった。また、剛性の高いと採用された T-グリッド床版も経年でコンクリートが劣化

ひび割れし、T-グリッド自体も大変形している状況であった。このようなことから、破損したT-グリッド床版の交換であるが、交換部材としては単位体積重量が軽く、跳開能力を妨げない重量に変更することとした。床構造は、一般的な交換型鋼床版タイプとしたが、横リブ高さに制限があることから横リブを密に配置、縦リブのスパンを短くし、デッキプレート厚を最小板厚の12mmを選定した。次に、シアロックであるが、左右の可動桁を連結し固定する考えもあったが当初構造を保持することと将来跳開が可能ないようにシアロック及びスライドロックで構成されるユニバーサル式シアロックへ変更することとした。主要な材料は、本体が高力黄銅鋳物で製作、滑部表面処理にクロムめっき処理し、固定潤滑剤と緩衝材としてゴムを使う形式とした。

床版及びシアロックの補強工事は、昭和53年9月から昭和54年12月まで1年4ヶ月を要した。

7. 新たに実施した勝鬨橋調査⁷⁾

今回の構造、機械設備の詳細調査は、土木学会に委託した「勝鬨橋の再跳開技術に関する調査研究小委員会」に関連して実施した。以下にその概要を示す。

7.1 調査内容

勝鬨橋の再跳開技術を検討するにあたり、過去に行われた定期点検や詳細調査では現時点における正しい判断が出来ないとの理由から、橋体（中央径間の）構造、機械設備、電気設備、その他付属設備の現況を調査した。

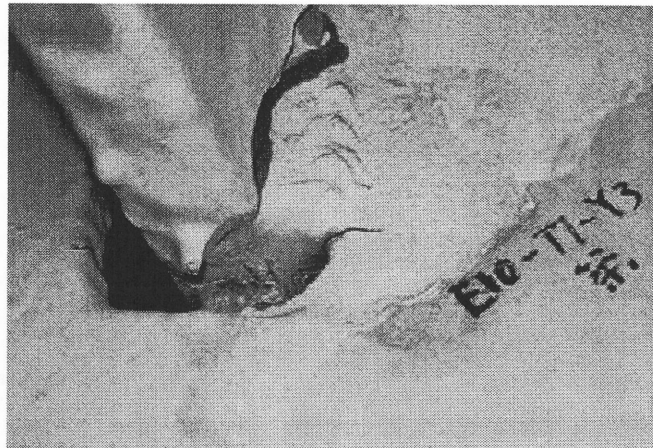


写真-3 鋼床版のスカラップ部分のき裂

7.1.1 構造の調査

今回行なった調査は、平成17(2005)年

2月27日～3月10日に橋梁構造、橋面舗装、機械設備及び載荷試験及び応力頻度測定などを行った。

橋梁構造の調査は、これまでに確認されている既設橋梁の疲労損傷事例等を参考にして、鋼床版縦リブ・横リブ交差部、縦桁と鋼床版横リブをつなぐ補強リブの溶接部、デッキプレート上面のカバープレート溶接部、シアロック周辺部を重点的に調査した。調査によって発見した写真-3のような塗膜割れのうち、これまでの経験から疲労き裂の疑いのある箇所については、塗膜を除去し、き裂の詳細調査として磁粉探傷試験を実施した。磁粉探傷試験の結果、目視点検により長さ13mm以上の塗膜割れが見つかった24箇所から抽出した箇所のうち5箇所に微細なき裂が検出された。き裂の長さは2, 3, 4mmがそれぞれ1箇所、8mmが2箇所いずれも微小なき裂である。発見された疲労き裂の例を写-3に示す。き裂発生箇所はすべて鋼床版の縦リブ・横リブ交差部のスカラップ部であり、縦リブと横リブウェブの溶接部下端を起点としてほぼ水平方向に進展し、いずれも上流側(月島方面)の第2走行車線輪荷重直下であった。今回の調査で発見した鋼床版縦リブ・横リブ交差部に疲労き裂は、急激に進展するとは考えにくい、今後も定期的なき裂の進展を観察する必要がある。

7.1.2 載荷試験、応力頻度測定による詳細調査

本橋中央径間部(跳開部)を対象として、主構造、床組及び鋼床版各部に発生する応力状態を把握することを目的として、72時間の応力頻度測定を実施した。また、応力頻度測定と合わせて、部材各部の応答性状を把握するための動的載荷試験を実施した。

疲労照査の方法としては、まず、応力範囲最大値と各疲労強度等級における一定振幅応力の打ち切り限界との比較により行った。応力範囲最大値が一定振幅応力に対する打ち切り限界を超える場合には、3日間の応力頻度分布より線形累積被害則を基に疲労寿命を概算（供用開始以降、測定結果と同じ応力履歴を受けると仮定し、余寿命を計算。変動振幅応力に対する打ち切り限界を考慮。）した。

勝鬨橋応力頻度測定の結果は、応力最大値に関して、可動主桁では 20 N/mm^2 程度で、B活荷重応力計算値 40 N/mm^2 の $1/2$ 程度の小さい値であった。また、横桁では $20 \sim 30 \text{ N/mm}^2$ 程度でB活荷重応力計算値 96 N/mm^2 に対して 26% 程度と小さい値であった。一方、疲労損傷の発生し易い鋼床版及び床組については、一部の測定位置では局部応力を対象としたが、応力範囲で $23 \sim 57 \text{ N/mm}^2$ と比較的小さい値であった。

7.1.3 機械・電気設備の調査

機械設備のうち、支持部については回転軸受面等を観察するため、写真-4、5に示すように現地調査の際に上流側の回転軸上蓋を開けて内部の腐食状況を確認した。また、一部のグリスを除去して、軸の腐食及び損傷状況を確認した。動力機構や制動機構についても一部蓋を開けて目視外観によって可能な限り確認した。

電気設備は、動力系、制御・管制系ともに外観上からの観察を行ったが、抵抗値や敗戦状況の詳細までは確認が出来なかった。

調査の結果、回転軸は外見上特に異常は見当たらず、強度的な問題はないと思われる。しかし、40年前に注入した潤滑面のグリスは相当劣化進行し、固化しているのが確認された。他の跳開動力設備においては、目視外観では異常が特に見当たらなかったが、軸受部は回転軸と同様にグリスの劣化が進行しているが、抵抗値は大きくなるものの軸受自体の機能に本質的なダメージを与えている状況ではないと判断した。6章で説明した交換されたシアーロック及びリアロックは、現在シアーロック自体が開錠・施錠が簡単には出来ない状態であり、可動桁の安全性を確認後にロックの内面が蓋を開けなければ確認できない状況である。また、十分な調査が出来なかったが、リアロックも外部に露出している部分もあるので相当程度錆が進行しているものと推測される。

以上が今回調査した概要である。

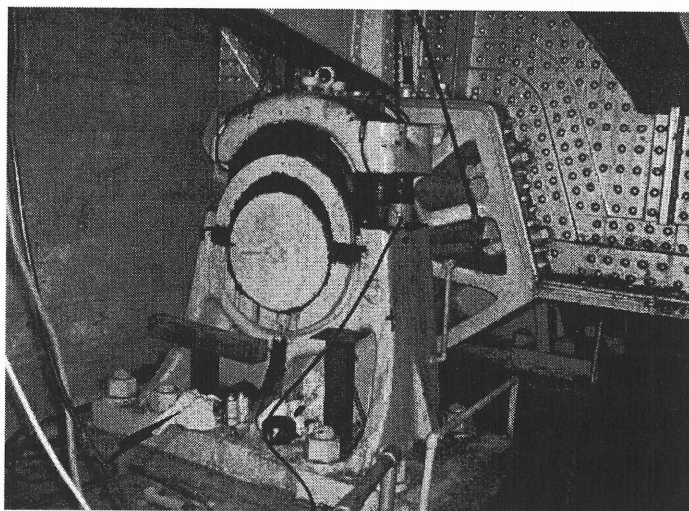


写真-4 上蓋を開けた回転軸（トラニオン）

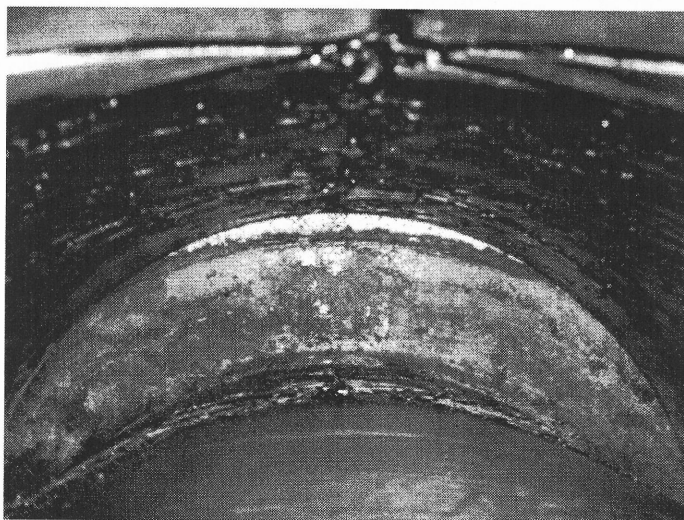


写真-5 回転軸（トラニオン）の現況

今回の調査で概ね判ったことは、当初設計・施工がかなりの精度を持って着実に行われたことから、通常の橋梁より劣化損傷度は少なく、早期に設備関係を含めてメンテナンスや補強を実施することで一部部材などの交換は避けられないが当初の機能を確保することは不可能ではないと判断される。

8. 勝鬨橋の再跳開と今後

勝鬨橋は、ニューヨーク・イーストリバー河口に架かるブルックリンブリッジと対比する東京都を代表するランドマークである。不便な「勝鬨の渡し」、臨海部の開発、新たな観光資源として熱望した当初の架橋計画から何度か挫折しつつも地元の熱意と橋梁技術者の頭脳を結集した結果、戦時の厳しい状況下においても日本の置かれた重苦しい社会状況を空けるため、多くの難問を処理しつつ最新の技術を結集して完成にこぎつけた東洋一を誇る双葉跳開橋である。勝鬨橋は、東京港埋立地で開催する万国博覧会を記念してそのメインゲートとなる華やかな一面を飾るはずが国民の多くの期待した万国博覧会が中止となっても月島やその先の埋立地の利便性を確保するために架設され、首都東京の一大観光資源として、また、交通拠点として現在の臨海部の繁栄を生み出す重要な起点となっている。

現在の勝鬨橋は、開閉を停止ではなく休止し、メインの跳開設備の劣化は日々進んでいると思われるが、何らかの機会と多くの都民や利用者の要望があれば、休止した開閉を再開し、再びその雄姿を隅田川河口に現すことも夢ではないと感ずる今日この頃である。しかし、その夢は、果たして幻となるのか正夢となるのかは勝鬨橋再跳開への多くの人々の熱望と都民が納得する理由が必要である。しかし、勝鬨橋が再び跳開橋として世に脚光を浴びようが、跳開が出来なくても昭和中期の著名橋・勝鬨橋が次世代まで多くの人々に愛され長期間にわたって供用することを願っている筆者である。

橋は、都市空間の一つのシーンを創り出すランドマークであり、著名橋は歴史感覚の尊重、コミュニティとの融和をかもし出す優れた都市基盤施設である。今後は、勝鬨橋を如何に生かし、後世に貴重な遺産として残すかが私に与えられた使命と考え、その目標に向かって頑張る所存である。

最後に、今回の報告にあたり、多くの関連する文献、写真、資料を私なりに誤り無く記述、紹介したつもりであるが、万が一誤りがあっても筆者の責任であり、ご容赦願いたい。また、勝鬨橋の技術的検討として委託した土木学会の「勝鬨橋の再跳開技術に関する調査研究小委員会」において、御指導を受けた藤野教授、横山教授、館石教授ほか多くの委員の方々には紙面をお借りして感謝の意を表して本報告を終わりとす。

【参考文献】

- 1) 岡部三郎：土木建築画法，第6巻第2号，昭和5年（1930）2月
- 2) 安宅 勝：土木学会誌，第22巻第10号，昭和11年（1936）10月
- 3) 徳善義光：土木建築画法，第15巻第7号，昭和14年（1939）7月
- 4) 飯村三六：電気雑誌，第26巻第3号
- 5) 伊東 孝：築地・新富・明石町・月島・銀座エリアマガジン築地物語「勝鬨橋物語①～⑬」
平成3年（1991）11月
- 6) 鈴木俊男：勝鬨橋検算書、昭和28年（1953）
- 7) 藤野陽三ほか：「勝鬨橋の再跳開技術に関する調査研究報告書」，社団法人土木学会
平成18年（2006）3月