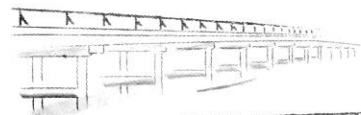


中之島S字橋



さかした やすゆき
坂下 泰幸*

はじめに

大阪は淀川・大和川の河口部に開けた都市で、江戸時代には「浪華八百八橋」と呼ばれるほど多くの橋がありました。近代に入っても、市電の敷設や都市計画事業が精力的に行われ、構造だけでなく意匠にも工夫を凝らした風格ある橋がいくつも架けられました。そのうち淀屋橋ほか4橋が、「大川・中之島の橋梁群」として平成12年度にいち早く土木学会選奨土木遺産に選定されたのを始め（このうち淀屋橋と大江橋は20年度に国の重要文化財になっています）、これまでに本町橋（21年度）、浜中津橋（24年度）、緑地西橋（25年度）、平野橋（令和元年度）が選奨されているところだ。

本稿では、大阪に蓄積された橋梁技術が、戦後の急激なモータリゼーションの中で大いに発揮された事例として、阪神高速道路の中之島S字橋を紹介する。

1. なぜS字橋が生まれたのか

戦後のわが国の復興は目覚ましいものでした。急速な経済活動の興隆は自動車交通の増加として現れ、都市での交通渋滞が深刻化な問題となりました。これを放置すれば都市機能の著しい減退を招くことは明らかでした。その早急な解決策として、立体交差を連続させた自動車専用道路網を整備することが案出

されたのです。東京において昭和34年に首都高速道路が計画されたのに続いて、37年に大阪・神戸地区において阪神高速道路が計画され、それらを専門に行う機関としてそれぞれ首都高速道路公団、阪神高速道路公団が設立されました。

大阪における阪神高速道路の特徴は、早期の建設を図るために、市内に張り巡らされた河川・水路の空間を可能な限り活用して、そこに高架道路を導入したことです。本稿で紹介する中之島S字橋もまさにそのようにして生まれたものでした。すなわち、本橋は大阪空港に伸びる11号池田線が西横堀川に建設される1号環状線から分かれ、西折して土佐堀川に入り、すぐに北折して朝日新聞社用地に向かうところにあります。件の朝日新聞社用地は、もともと水路であった所を埋め立てて大阪市の所有になっていたものを、同社が社屋を拡張するに際して、阪神高速道路を通すことを条件に市から購入したものでした。そして、同社用地をビルとの一体構造で抜けた阪神高速道路は堂島川で西折し次いで北折して梅田堀川に進んでいくのです（図-1）。

このような導入空間の制約から、本橋は橋長192.8m（60.4m+72.0m+60.4m）の中でR=84mの曲線が相反する線形となりました。これほどの厳しい線形は、当時のわが国はもとより世界にも例を見ない特殊なものでした。

*阪高プロジェクトサポート株式会社 代表取締役社長

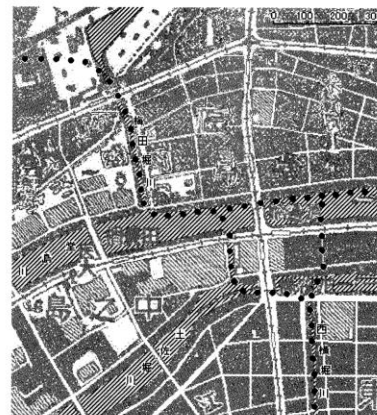


図-1 中之島付近の河川・水路と阪神高速道路(昭和7年部分修正測図の国土地理院旧版地図を使用、河川・水路(斜線部)と記名及び阪神高速道路の線形(●)は筆者作成)

2. S字橋の設計法の構築

できたばかりの公団では、技術的なよりどころを整備する必要がありました。そこで、技術的に重要な事項について学識経験者の指導を得るべく、「阪神高速道路公団技術審議会」(会長:小西一郎京都大学教授(当時))を設置したのですが、初期の審議会のかかなりの時間が本橋の設計・施工の検討に費やされたのでした。

当時の曲線桁理論は、①曲線桁を、幅を持たない1本の棒のようなものとみなす単純なもの、②曲げねじり理論を応用して断面力を精緻に求めるもの、に大別されました。しかし、本橋のように厳しい線形を有する曲線桁に荷重が作用する場合、桁を外側に転倒させようとするねじりモーメントを正当に評価することが極めて重要であるとして、特別な研究チームが編成されました。その中心になったのが、審議会委員であった小松定夫大阪市立大学助教授(当時)でした。

小松助教授は、昭和35年の土木学会年次学術講演会で「曲線箱桁橋の立体的応力解析」を論ずるなど、曲げねじり理論の分野での新進気鋭の研究者として頭角を現してしま

た。しかし、この理論は、難解であるばかりか、きわめて複雑な計算を要するものでした(図-2)。当時の計算技術では、加減乗除には手回し式の計算機がありましたが、三角関数や指数・対数には数表や計算尺を用いるのが一般的であったので、曲線桁に作用する複雑な曲げやねじれの解析は多大な労力を要したのです。

そこで、本橋で採られた方法は次のようなものでした。まず、連続桁における断面力を円曲線の場合と直線の場合について、理論に基づいて公式化しておきます。次いで、本橋の主桁構造を両側径間は円曲線、中央径間は円曲線と直線から構成されるとすると、2つの中間支点(図-3の②、④)上の曲げモー



図-2 複雑な計算式が並ぶ小松助教授の論文

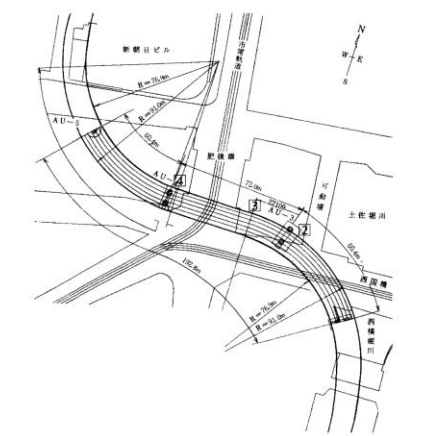


図-3 中之島S字橋の線形(四角数字は筆者補入)

メントと曲げねじりモーメント及び直線部分との接合点(③)の曲げモーメント、曲げねじりモーメント、鉛直変位量、回転変位量の合わせて8つの不静定量(力のつり合いだけでは定まらない量)が存在することに注目し、これらの関係を、先の公式を適用して8元連立方程式に表現するというのです。ユニークで賢明な方法でした。最後に、載荷位置を変えたときにそれぞれの断面の断面力や変形量がどうなるかを算出しました。さらに、支点が不等沈下した場合や桁に温度変化が加わった場合などについても検討を加えています。

小松先生は厳格にして几帳面な方で、当時の担当者は連日のように先生の研究室を訪問して長時間の指導を受けたと伝わっています。

3. 模型実験で設計を確認する

こうして上部工の設計が固まっていくのと並行して、支承と下部工の設計が進められました。一般に、上部工と下部工をつなぐ支承には固定支承と可動支承があり、前者は橋脚に固定されて上部工に働く水平方向の地震力を下部工に伝達し、後者は温度変化などによる上部工の伸縮を吸収して橋軸方向の水平力を下部工に伝えないことを主な役割としています。しかし、S字橋においては、可動支承でも橋軸直角方向の水平力が働きます。こういう時に支承が問題なく機能するかどうか、実物の1/2の模型を作って実験しました。またS字橋の特徴として、一部の支承に負反力(上方に引き上げる力)が働きますが、これに耐えられるような支承を設計しました。下部工の設計においては、地震時にS字橋の上部工に働く地震力がそれぞれの下部工にどのように分担されるかを正確に知ることが、当時は困難でした。そこで、いろいろな仮定を設け、一応の概略的な計算を行って、後日実験でそれを確認することにしました。

その実験は昭和38年8月19日に一般に公開して実施されました(写真-1)。1/20の

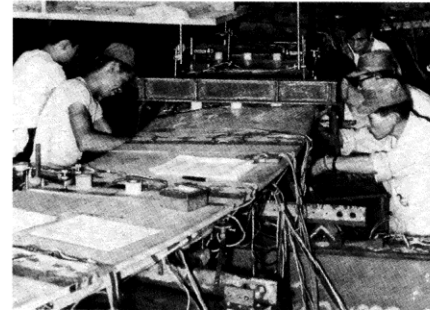


写真-1 公開で行われた模型実験の光景

大型模型を製作し、抵抗線ひずみ計・ダイヤルゲージなどの計測機器を取り付けて測定が行われました。静荷重試験として、弾性限度内載荷試験・支点不等沈下試験・破壊試験の3種類の試験を行い、設計理論の妥当性を検証するとともに、橋梁の変形や崩壊の様相を観察し、安全性を確認しました。動的試験では、鉛直振動試験・水平振動試験を行いました。前者は、正弦的に変化する加振力を垂直方向に加え、共振震度数・振動モード・減衰率などを測定するもので、後者は模型全体を盤の上に置いて加振し、共振震度数などと併せて橋脚支承部に作用する水平力を測定するものでした。これらの結果、実験値は理論値とはほぼ一致し、地震時の安全性が検証できたのでした。

4. 黎明期ならではの技術者の努力

本橋が設計された当時、鋼道路橋に係る設計基準については、『鋼道路橋設計示方書・鋼道路橋製作示方書 解説』(昭和31年)が発行されていましたが、全編でA5判226ページの冊子であって、現在の『道路橋示方書・同解説』の「I共通編」、「II鋼橋・鋼部材編」が518ページ、「V耐震設計編」が405ページであるのと比べてはるかに乏しい内容でした。そのような中で特殊な橋梁を設計しようとすれば、担当技術者が自ら理論を実用化し、実験によってそれを検証していく必要があっ

たのです。特に、橋梁が破壊するまでの様子を実験により確認する入念さは特筆すべきと言えましょう。技術審議会の先生方も熱心で、本橋の設計の最盛期に当たる昭和38年度は、年間の審議会の開催は5回、分科会は19回を数えました。

本橋が架設される位置は、河川には船が通り、道路には市電が走っていました。また、本橋と同時に地下鉄の工事も進んでいました。従って、本橋の建設には、設計だけでなく製作や架設にも特段の工夫が必要でした。

これらの尽力により、昭和37年10月の起工からわずか2年余りでの開通が実現したのでした(写真-2)。この仕事をやり遂げたことは、公団技術陣の大きな自信になったばかりでなく、その後のわが国の曲線鋼桁橋の進化に向けた礎となりました。



写真-2 供用された間もない中之島S字橋。当初は南行きの方通行でした

おわりに

本橋は、線形を工夫することにより両翼の曲線が同一の半径を持つ対称形にしたほか、「景観設計」という言葉がなかった当時にして橋脚の太さをそろえたり、隣接橋と桁高を擦り合わせたりと、細かい配慮を見せています。今、中之島の河畔に立つと、本橋を含む阪神高速道路の優美な曲線橋群が望めます



写真-3 上空から見た中之島S字橋。ビルの谷間を縫って大胆な曲線を描きます



写真-4 肥後橋を横断して土佐堀川と交差する中之島S字橋

(写真-3・4)。河川上の空間を流れるように走るその姿は、躍動する水都大阪を象徴するように思えます。

冒頭に述べたように、中之島にはS字橋のほかにも、大阪を代表する橋がいくつも架かっています。お出掛けになった際には、これらの橋に目を向けていただければ幸いです。

【謝辞】

図-2、写真1-3は阪神高速道路株式会社から提供を受けました。また、当時に回顧していただいた江見晋氏にお礼申し上げます。

参考文献
岩本幸二ほか「連続S字曲線鋼桁橋の設計と施工」(『橋梁』1965年3月号所収)