

CS-113 近代の市街地における鉄製上路アーチ橋のヒンジ構造の変遷

首都高速道路公団 正会員 山内 貴宏

東京都立大学 正会員 前田 研一・中村 一史・秋山 哲男

東京都立大学大学院 学生員 岩名 信之 日本大学 正会員 伊東 孝

1. まえがき

鉄製上路アーチ橋の2ヒンジ・3ヒンジアーチ形式に用いられるヒンジ構造は、力学的な面だけでなく、意匠・構造デザインの面からも非常に重要な役割を果たしている。本研究は、近代にわが国の大都市の市街地に架設されたもののヒンジ構造を調査し、その構造形態の変遷を、歴史的背景とともに、力学的かつ構造デザイン的に分析することを目的としたもので、近代土木遺産としての本形式の評価^{1)・2)}の一環となるものである。

2. 関東大震災以前のヒンジ構造

震災(1923年)以前に多数の鉄製上路アーチ橋を架設した東京では、主に2種類のヒンジ構造がみられた。

まず、図-1は、鋼板と型钢をリベット接合で組立てた下沓と上沓の間にピンを挟んだタイプ(以後、組立ヒンジと呼ぶ)で、四谷見附橋や呉服橋、京橋で用いられた。これは、構造を比較的自由に決められ、いかにもヒンジという形態で、アーチリブのウェブと同一高にして連続性を保つこともできる。また、整然としたリベットの配置をみると、機能美も感じられる。しかし、その反面、製作・架設の際には複雑となり、維持管理においても雨水や埃が溜まりやすく腐食の原因となっていた。さらに、震災時に、横浜の大江橋では、ピンプレート外側に外観上取り付けられた部材が押し曲げられた被害が報告されており、この被害は、応力集中によってヒンジ構造に亀裂や過大な変形などを生じ、最悪の場合には落橋さえする危険性を示したものと見える。

他方、図-2は、上沓を省略し、増厚などで補強したアーチリブ端部に孔を設け、そこに直接ピンを貫通させるタイプ(以後、併用組立ヒンジと呼ぶ)であり、江戸橋や二之橋、万世橋で用いられた。下沓は鋳物製品のようなものであるが、補剛材とアンカーボルトが鉛直方向を向いているのは興味深い。また、アーチリブ側の補剛板の形状は、特徴的であり、ある意図が感じられた。そこで、図-3の江戸橋側面図をみると、橋台の脇からヒンジが顔をのぞかせているが、これは実際にはヒンジではなく、その補剛板であることが解る。すなわち、併用組立ヒンジの補剛板には、「見かけのヒンジ」としての役割が期待されていたと考えられる。

当時、ヒンジはその複雑な構造が見苦しいとされ、橋台の脇を延ばしてそれを隠すことがほとんどであったため、側面からみると、橋台から唐突にアーチリブが河川上へ延びているような印象を受ける。建築家・武田五一は、これは石橋を連想した時代のことと述べている³⁾。ヒンジ構造は、構造デザイン的には、橋梁が受け持つ様々な荷重とそれを支持する大地から受ける力との均衡をとって、緊張感ある様を人々に見せる格好の部材といえ、特にピンに向かって絞られる形状がそれを感じさせる。形状に工夫を凝らした「見かけのヒンジ」を置いたのも、そのような理由からと思われる。ヒンジ構造全体がみえるようになるのは大正以降であり、橋梁美という橋自体の構造の美しさを追求する近代的な考え方が浸透したことが大きく関係している。

なお、図-3に示した江戸橋は、3ヒンジアーチ形式であるが、地盤の不等沈下によって拱頂部の沈降を生じ、その後の2ヒンジ形式の隆盛や、地盤条件による架橋地点の制約などに大きな影響を及ぼしている。

3. 関東大震災以後のヒンジ構造

震災後に架設された鉄製上路アーチ橋のヒンジ構造は、その経験を生かして様々な改良が加えられた。帝都復興局が用いたヒンジには、図-4に示すような2種類のタイプがあった⁴⁾。タイプAは、併用組立ヒンジの改良版といえ、ピンの代わりに下沓の凸部にアーチリブを直接当てるようにしている。これにより、構造はかなり単純になり、ピン下側にもあった部材が不必要となって、応力的にも解放され構造の安全度が高められた。

キーワード：近代土木遺産、鉄製橋梁、上路アーチ橋、ヒンジ構造、構造デザイン、史的分析

連絡先*：〒192-03 八王子市南大沢1-1 TEL 0426-77-1111(Ext.4565) FAX 0426-77-2772

他方、タイプBは組立て部を完全に廃した新しい構造であり、上、下沓とピンに凹凸を設けて両者を噛み合わせ、ピン両端にワッシャーを取り付けて左右前後の移動を拘束して、地震時などのピンの脱落を防いでいる。

タイプAの下沓、タイプBの上、下沓は、鋳鋼を用いて全体を一体成型とし、形状も単純にして、応力集中を防ぐとともに、水抜き孔を設けて排水を容易にするなど、耐久性をより高める工夫がなされている。

このようにヒンジの材料として鋳鋼を用いるのが主流となった理由は、当時の製鋼技術の発展と社会経済の状況にも大きく関係している。明治の頃は、技術が非常に未熟で、温度調整と脱酸の難しさから、製品内部に亀裂や蜂巣を生じるなど品質に信頼性がなかったが、大正の頃から導入が始まった電気炉は、その問題を解決し、しかも流動性や熱処理にも適していたことから、優良な製品を大量に供給できる態勢を可能にした。このため各製鋼メーカーは競って電気炉を導入したが、折悪く世界的な不況が業界を襲っている。このような状況の下、不況対策も兼ねて、復興局は電気炉を所有しているメーカーのみに支承等の製作を発注している。

なお、東京市も、復興局に準じた設計を行っているが、震災直前に着工された橋梁などでは、以前のタイプが一部に使用されている。その後、大阪市都市計画事業でも、同時期に多数の橋梁が架設され、人材の交流を含め震災の経験も十分に考慮したようであるが、鉄製上路アーチ橋には以前と変わらぬ組立ヒンジが数多く用いられたりしており、東京・横浜で育まれた新技術が完全に他都市へ一気に広まったわけではないようである。

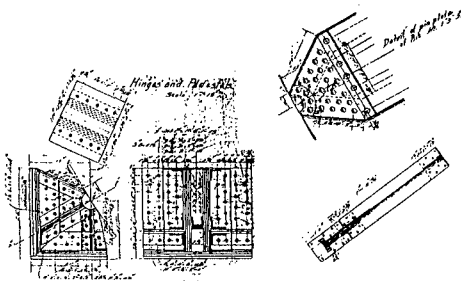


図-1 京橋（拡幅部）のヒンジ構造

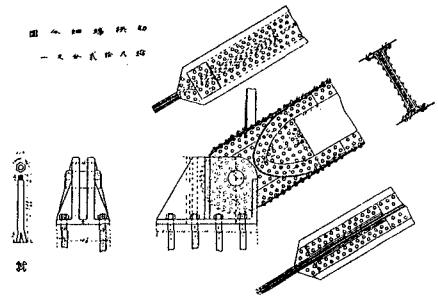


図-2 万世橋のヒンジ構造

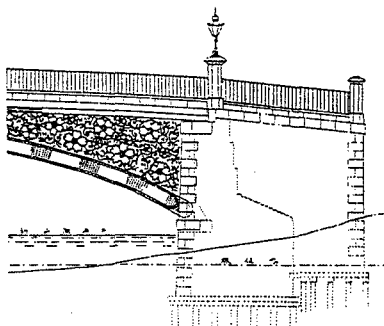


図-3 江戸橋の橋台部側面図

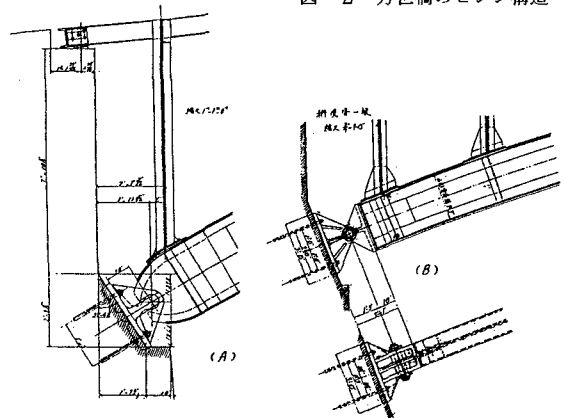


図-4 復興局における主要なヒンジ構造

4. 結 論

以上、鉄製上路アーチ橋のヒンジ構造は、力学的にも、構造デザイン的にも様々な特徴があり、その変遷には、それぞれの時代の背景や、史実を経た経験などが大きく係わっていることが解った。未だ、調査すべき点は多く残されているが、本形式の近代土木遺産としての保存や、新規建設の促進等に役立つことを願いたい。

【参考文献】 1)前田・中村・秋山・山内・伊東：市街地における鉄製上路アーチ橋の構造デザインの変遷，第50回年次学術講演会講演概要集(Ⅰ)，1996。2)山内・前田・中村・秋山・伊東：旧東京市域における鉄製上路アーチ橋の史的解析，第50回年次学術講演会講演概要集(Ⅳ)，1996。3)武田五一：橋梁の外観，土木学会誌，第15巻5号，昭和4年5月。4)復興事務局：帝都復興事業史—土木篇 上巻，昭和6年3月。