

VI-106

杭基礎を有する両端固定鋼製アーチ橋の計画及び設計

(株) 創建コンサルタント 正員 嶋崎藤茂

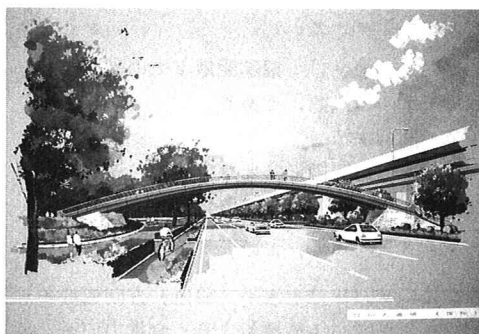
(株) 創建コンサルタント 正員 清本三郎

(株) 創建コンサルタント 正員 筒井信之

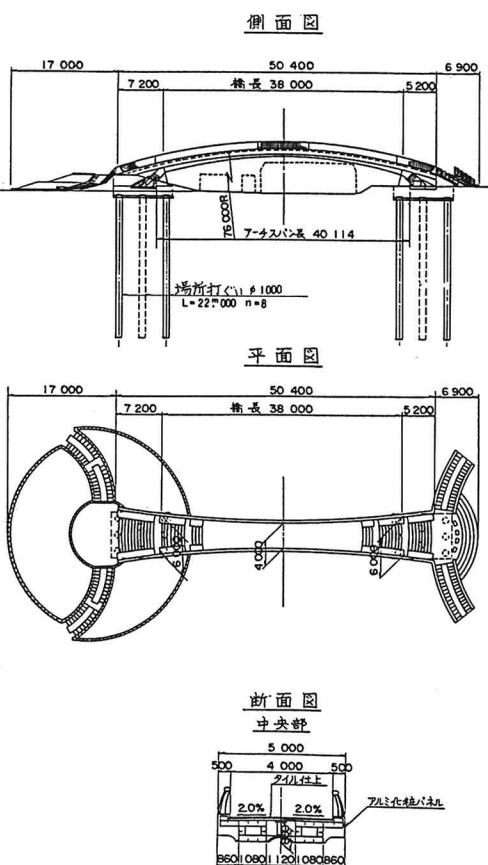
1. まえがき 近年景観を重視した歩道橋の計画が増し、本橋もまた周辺環境にマッチしたランドマークとしての機能を要求されたオーバブリッジとして計画する必要があった。架橋地点は 100M道路と呼ばれる街園道路であり、都市高速高架下でもある。本論においては単に視覚的景観を考慮した形状設計にとどまらず、歩行者に対する機能的配慮と伴に、構造的合理性を目指した上下部一体の歩道橋の設計について、その計画概要と構造解析を述べることにする。

2. 橋梁計画 橋梁形状を決定するに当たって、主に周辺環境での景観形成に着目した景観設計を行ない、更に機能面での評価も行なった。形状の立案においては当地のシティーゲートとしてのモニュメント的要素を秘めた空間づくりとして、透視図によりイメージ形成を行ない比較検討を行なった結果（図-1）の形状を抽出した。サイドビューはシンプルでスレンダーな単円形とし、橋面線形には機能面を重視し、従来の昇降型式からは逸脱した円弧をそう入した。また、橋梁型式については、支点変位を考慮した杭基礎を有する上下部構造一体の両端固定鋼製アーチ型式を採用した。本型式はアーチリブ上面を載荷面とし、たわみ・振動にも有利で、かつ桁高を押さえスレンダーな景観を呈することが出来る特徴がある。橋梁規模については（図-2）に示すとおりであり橋長 38.00m、アーチスパン長 41.114m、幅員 4.00m～6.00m、ライズ比 1/11、桁高 0.80m～1.30m である。

3. アーチ支点条件の設定 アーチ支点部では、上部構造の温度応力等による不静定力の発生が著しくそれにより基礎杭の弾性変位、即ち、支点変位を生じた。そこで、本橋梁では支点部における外力と変位の関係を基に一次回帰直線よりバネ定数を設定し、バネ支承として弾性解析を行なった。尚、アーチ基部の基本的な考え方は、上部工反力を円滑に基部に伝達するために、アーチリブを基部フーチングにうめ込み、アンカーフレームを介して基礎へ反力を分散させることとした。また、上部工からの曲げモーメントはアンカーボルトにより伝達し、せん断力はせん断伝達装置を設置することによって反力を



(図-1) 白川人道橋（仮称）全景パース



(図-2) 橋梁一般図

伝達し、上下部一体構造を現実化した。

4. 本橋の解析結果について

〔基部構造及び上部構造〕 アーチ支点部の変位を考慮し、バネ定数を設定し解析した結果、基部構造として基礎杭が場所打ち杭 $\phi 1000$, $\ell = 22\text{m}$, $n = 8$ 本/基, 基部フーチングが軸方向 9.5m , 軸直角方向 7.0m の規模であり、上部構造としてアーチリブ起拱点では、 $B \times H = 1.8\text{m} \times 1.3\text{m}$, 板厚がデッキ、ウェブ、下フランジ共に $t = 16\text{mm}$ のボックスであり、アーチクラウンでは $B \times H = 1.1\text{m} \times 0.8\text{m}$, 板厚がすべて $t = 10\text{mm}$ 程度であった。尚、解析は立体骨組でおこない、支点が剛結時、及び、基部の変位を考慮したバネ支点時の2ケースについて計算し、部材の設計は大きな断面力を使用するものとした。

〔たわみ及び振動性状〕 アーチクラウンでの鉛直方向たわみは、(表-1)の如くであり、バネ支点の活荷重満載時において約 1cm であり、許容値 6.3cm に対しわずかであった。また、振動性状についても面内振動解析の結果は、(表-2)の如くであり、活荷重満載時の1次振動数が

3.3Hz と本橋の剛性は歩行者の歩調に共振しない範囲のものであった。

〔全体座屈安定性の照査〕 本橋はライズ比の小さい偏平アーチであるため大きな軸力が作用する。軸力に対する許容応力度算出時の面内有効座屈長については、 $DIN4114$ より、 $\ell_{E0} = \beta S = 0.72 \times \ell / 2 = 0.36L$ と仮定した。従って、面内構造としての弾性座屈固有値解析を行ないアーチ面内の有効座屈長の妥当性を検討する必要がある。即ち、固有値解析により求めた座屈荷重を用いて道路橋示方書(道示)の耐荷力曲線を使用し、有効座屈長を計算するものとした。計算結果によれば、仮定の有効座屈長(ℓ_{E0})より長い ℓ_E がアーチ起拱点付近に発生した。しかし、アーチ起拱点付近においては、面外の細長比により許容応力度が決定されているため、結果的にはアーチ部材断面の変更の必要はなかった。

〔変位の影響に対する照査〕 荷重載荷によって生ずるアーチ骨組線の変位の影響を考慮し設計をする必要があるかどうか、道示に従って照査したが、活荷重載荷による骨組線の変位は無視し得ることが判明した。しかし、本橋のように温度変化により主要断面が支配される場合については、その影響についても検討する必要があると考えられた。温度変化($\pm 30^\circ\text{C}$)によるアーチクラウンの変位は $\delta_t = 3.9\text{cm}$ であり、活荷重満載時における $\delta_L = 0.3\text{cm}$ の約13倍程であった。そこで、温度応力による変位の影響を考慮するものとし大変形(有限変位)解析をおこなった。その解析結果によれば、微小変形解析による応力度と大変形解析による応力度の比率は(表-3)の如くであり、応力度の増加量は最大 $+5\%$ 程であり、道示で 10% 程度の増加を許容していることを考慮すれば、アーチ部材断面の変更の必要はないと考えられた。

〔架設と構造系及び架設時温度〕 架設と構造系については、アーチ部材架設後もベントを残し、基部躯体施工終了後架設ベントを撤去し、鋼桁死荷重分についてもアーチ作用を期待するものとした。更に、架設時温度についても、当初常温 20°C (温度変化 $\pm 30^\circ\text{C}$)とし設計を進めたが、施工時期等を考慮し、 $5^\circ\text{C} \sim 20^\circ\text{C}$ での架設温度を想定し、所定の温度変化に対応できるよう各部材の検証をおこなった。

6. おわりに 本橋梁は、地盤条件より基礎杭を必要としたが、支点変位を考慮した上下部構造一体の固定アーチ構造として設計を進めたことにより、基本コンセプトに基づいた機能的に配慮され、景観的にシンプルでスレンダーな歩道橋を現実的で、かつ合理的な橋梁規模で可能にすることができたと考えられる。

(表-1) スパン中央の鉛直たわみ(単位: cm)

	活荷重半載時	活荷重満載時	許容たわみ量
剛 結	0.26	0.34	$L/600$
バネ支点	0.54	0.96	$= 6.30$

(表-2) 振動解析結果(単位: Hz)

	1次振動数	2次振動数	好ましくない範囲
死 荷 重 時	4.0	10.5	1.5~2.3
活荷重満載時	3.3	8.8	
活荷重半載時	3.9	9.6	

(表-3) 変位の影響による応力度の増加率

	大変形解析結果の応力度 微小変形解析結果の応力度	= 比 率
曲げモーメント	0.98~1.05	
軸 力	1.01~1.02	
セ ン 断 力	0.84~1.02	