

(VI-15) V字谷に架かる曲線アーチ（ラーメン）橋の計画及び設計

富士技研センター株式会社 正会員 ○吉田 孝志
富士技研センター株式会社 正会員 古屋 美伸

1. はじめに

本文で紹介する鋼アーチ橋は様々な厳しい制約条件下で計画した橋梁であり、方杖橋（ラーメン構造）でありながら脚を曲線にすることによりアーチの力学特性を活かした擬似アーチ橋である。

図-1に示すように当該橋は道路平面線形が円曲線($R=300m$)〜クロソイド曲線であり、道路縦断と河川HWLとの差が小さいため、従来のアーチ橋の考え方では難しい側面がある。そこで本稿ではいろいろな構造的工夫により制約条件下の中で当該計画を可能としたものであり、ここに報告するものである。

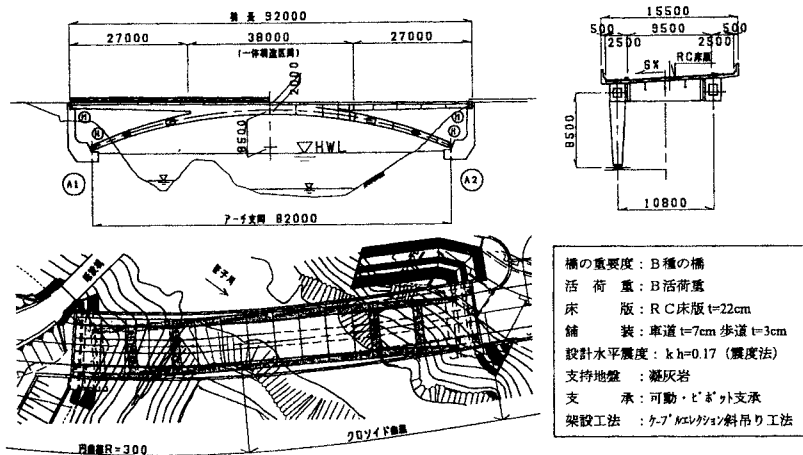


図-1 一般図

2. 構造的な工夫及び特徴

図-2に示すように、①高さ制約よりクラウン部を桁・アーチ一体構造とし出来るだけアーチライズを確保している。アーチライズ $f=8.5m$ 「ライズ比 1/9.6 (標準 1/6.5)」、②面外方向にアーチリブを曲線にすると2次応力が大きくなり製作も難しいためアーチリブは直線とし分離構造部の補剛桁のみ道路線形に合わせ曲線とし、③分離構造部の補剛桁（曲線）とアーチリブ（直線）は平面的に一致していないため無鉛直材とし補剛桁の剛性を上げて対処している。④桁橋台とアーチアバットを一体構造にすることにより岩盤の掘削量を極力減らした計画としている。

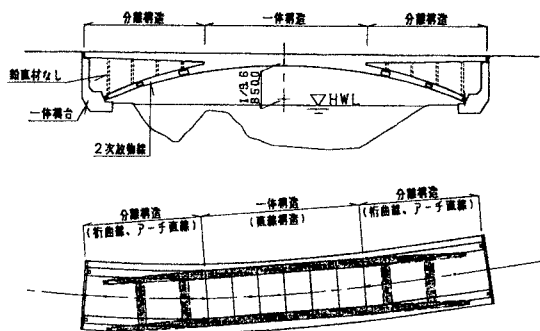


図-2 構造概要図

3. 構造解析

構造解析は曲線アーチ橋であるため図-3に示す立体構造モデルにて行うものとした。その際、重要となる直角方向の曲げ剛性については、図-4の検討の結果に示すように CASE-4 の単独剛性を除いて大きな差異はないため現実的な CASE-2 の一体剛性（床版による拘束）を採用するものとした。またこの結果より主構間隔が広く補剛桁の剛性がアーチ剛性に比べ高いため支点の水平反力は補剛桁がほとんどを占めている。

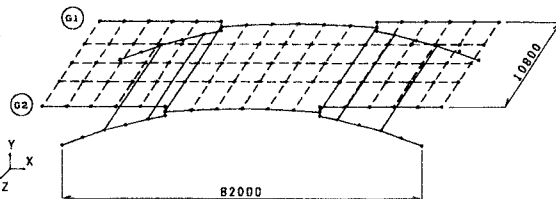


図-3 立体構造モデル

1. 曲線アーチ橋 2. 小ライズアーチ 3. クラウン部一体構造 4. 無鉛直材 5. 立体応力解析 6. 隅角部二次応力
〒150-0011 東京都渋谷区東1-22-11 渋谷三信ビル6階 富士技研センター株式会社
TEL 03-3409-7058 FAX 03-3409-7105

CASE-1: 一体剛性+床版剛性
CASE-2: 一体剛性 (床版による拘束)
CASE-3: CASE-2 と CASE-4 の平均剛性
CASE-4: 単独剛性 (桁剛性のみ)

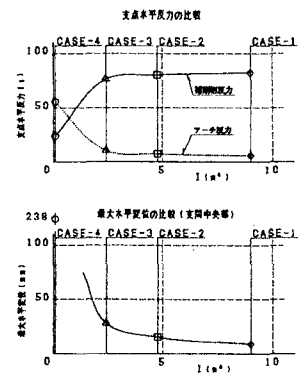
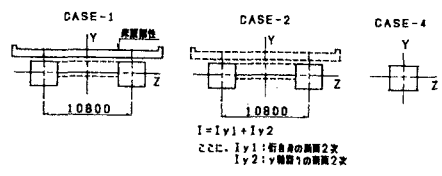


図-4 直角方向の曲げ剛性比較

部材構成は、隅角部でフランジ、ウェブ共に $t=36\text{mm}$ の板厚、クラウン部で $t=22\text{mm}$ の板厚となり標準的な板厚構成で満足した。また当該橋は主構間隔が広いいため平面曲線による影響 (桁のねじりや左右桁の断面力差) は小さくほぼ均等に発生している。直角方向の地震による水平力は上述でも述べたように補剛桁がほとんど (80%程度) を分担するため補剛桁全長に通して横構を設けて全体剛性を確保した。

アーチの全体座屈については主構間隔が広く、クラウン部を桁・アーチ一体構造としているため十分な剛性を有しているため、面内、面外ともに十分な安全性が確保されている。

4. 耐震性及び隅角部 FEM 解析

表-1 の固有値解析結果に示すように橋軸方向は 1 次、7 次、15 次モード等分散して卓越モードがあり、直角方向は 2 次モードが卓越し、鉛直方向は 4、6 次モードが卓越している。これより応答に寄与するモードは他次にわたるため動的解析により構造物の安全性を確認している。その際平成 8 年道耐震編の主旨に従い塑性ヒンジ点を隅角部のアーチリブ、桁にそれぞれ設けた非線形モデルとした。なお動的解析の詳細については別途の機会に報告しここでは省略する。

アーチライズが低く無鉛直材としているため隅角部に大きな応力集中が発生する可能性があるため FEM 解析により照査を行った。解析モデルは図-5 に示す部分モデルにて行った。結果、隅角部に $\sigma=3122\text{kgf/cm}^2$ の圧縮応力集中が発生し、許容応力 $\sigma_a=2100\text{kgf/cm}^2$ を超過している。そのためフランジ $t=34\text{mm}$ を隅角部の円に沿って巻きつけて応力分散を図っている。

表-1 固有値解析結果

次数	固有周期 (sec)	有効重量比 (%)		
		橋軸 (X)	直角 (Z)	鉛直 (Y)
1	0.837	9.9	0.0	0.0
2	0.535	0.0	83.6	0.1
4	0.612	0.0	0.1	42.2
6	0.416	0.0	0.0	46.5
7	0.351	10.6	0.0	0.0
13	0.149	13.1	0.0	0.0
15	0.125	37.2	0.0	0.0
19	0.104	14.5	0.0	0.0

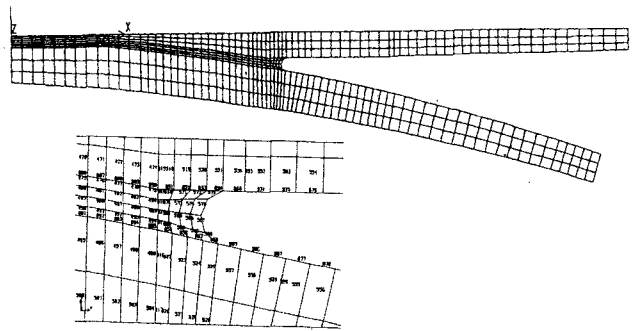


図-5 FEM 解析モデル

5. おわりに

- ①主構間隔を広く安定性が高い場合には道路線形が曲線でもアーチ橋として十分可能である。
- ②補剛桁の剛性を向上させたラーメン・アーチ効果の力学特性により鉛直材の省略を可能にし、それによる隅角部応力は FEM 解析で照査し補強対策を行った。
- ③クラウン部の桁・アーチ一体構造による剛性向上により、小ライズ構造、標準的な断面構成 (板厚) を可能にした。
- ④直角方向の曲げ剛性は図-4 に示すように、CASE-1~CASE-3 でどれを採用しても大きな差異はないといえる。

最後に当該橋は近年のコスト縮減の動向以前に計画した橋であるため、今後さらに P C 床版あるいは合成床版を用いた無縦桁構造や合成構造等も研究課題として挙げられる。

当該報告が今後この種の橋梁計画に参考になれば幸いである。