

波形鋼板ウェブ PCT 桁橋(コルティー工法)の開発 — 曾宇川橋の概要 —

(株) ピーエス三菱 正会員 ○藤岡篤史
石川 県 飯田 晋
石川 県 吉田直司
PSM Construction USA, Inc. 正会員 角田隆洋

1. はじめに

波形鋼板ウェブ PCT 桁橋(コルティー工法)は、PCT 桁橋のコンクリートウェブを波形鋼板に置き換えることで、主桁自重の軽減を図る新技術である。上部構造の軽量化により、基礎工および下部工を含む全体工費の削減、ならびに経済的な適用支間長の拡大を可能にするものである。

2005年1月には世界初のコルティー桁橋として、曾宇川橋が石川県加賀市に完成している(写真-1)。曾宇川橋では、コルティー工法の採用により、従来工法との比較において、上部工工費で約6%のコスト削減に成功している。また、この曾宇川橋



写真-1 曾宇川橋全景

の施工に際しては、構造の安全性および設計法の妥当性などを確認する目的で各種の性能確認試験を行っている。本稿ではコルティー工法の紹介とともに、これらの試験結果について報告する。

2. コルティー工法の特長

コルティー工法の主な特長は以下のとおりである。

- (1) 死荷重の軽減により適用支間長の拡大が図れ、従来のPC橋では鋼橋に対して重量過多で不利とされていた支間長 40 m~60 m クラスにも経済的な適用が可能となる。
- (2) ウェブ重量が減少するため、従来の PCT 桁に比較して運搬可能な構造寸法の拡大が図れる。これにより主桁本数の低減、支承数量の減少などが可能となり、工事費全体の削減が図れる。
- (3) 波形鋼板と上下床版コンクリートとの接合構造には、経済性で有利な埋込み方式を採用している。埋込み方式は、溶接部が少ないことから疲労耐久性にも優れた構造である¹⁾。

3. コルティー工法の適用範囲

コルティー工法は、主桁製作方法により、プレテンタイプとポステンタイプの2種類に分類できる。それぞれ、以下のような場合の適用が効果的であると考えられる。

● プレテンタイプ

- (1) 支間長 20 m~25 m 程度で、従来のプレテンション PCT 桁橋に比べ、主桁本数を6割以下にできる場合。
- (2) 地盤条件などにより、死荷重反力を軽減したい場合。
- (3) 多径間連結構造などでタイプB支承数の低減により、コスト削減効果が期待できる場合。

● ポステンタイプ

- (1) 従来のPC桁橋では鋼橋に対して重量過多で不利とされていた支間長 40 m~60 m クラスに適用する場合。
- (2) 地盤条件などにより、従来の PCT 桁橋に比べ上部構造の軽量化を図りたい場合。

4. 曾宇川橋の概要

曾宇川橋は、橋長 23.900 m, 支間長 23.100 m, 全幅員 15.124 m(A1)~13.964 m(A2) の 1 径間単純 PCT 桁橋である。図-1 に設計検討時における従来の PCT 桁とコルティー桁との断面比較を示す。コンクリートウェブを軽量の波形鋼板に置き換えることで、主桁重量を増加することなく、上フランジ幅を 800 mm から 1200 mm に拡張できている。これにより、主桁配置の比較では、14 本必要であった主桁本数を 9 本にまで低減できることを確認している (図-2)。この結果、全主桁重量で 35 % , 全死荷重についても 20 % の軽減が可能となった。

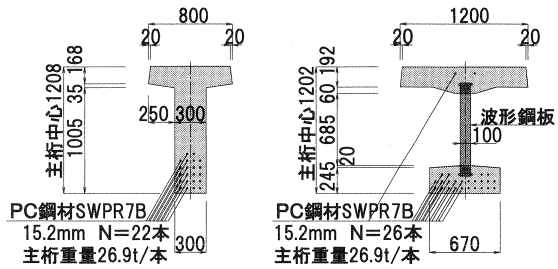


図-1 PCT 桁とコルティー桁の断面比較

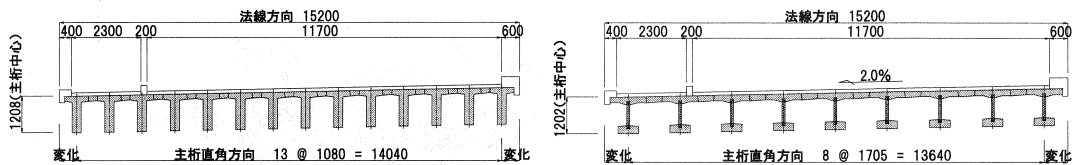


図-2 PCT 桁とコルティー桁の主桁配置比較

5. 性能確認試験

世界初となるコルティー工法の実施工に際しては、図-3 に示す各種の性能確認試験を実施している。

5. 1 せん断載荷試験

桁長が 23.8 m の実物大主桁供試体を用いてせん断載荷試験を行った。試験は供試体を支点位置で単純支持し、1 点集中載荷 (支点位置より 2250 mm) により行った。せん断検討位置 (桁高 1/2 点) でのせん断力が設計値に達する荷重 (P=370 kN) まで載荷を行った (写真-2)。370 kN 載荷時の波形鋼板せん断応力度分布の設計値、解析値および試験値の比較を図-4 に示す。図-4 に示すとおり、試験から得られたせん断応力度は最大で 37 N/mm² と、設計計算によるせん断応力度 61 N/mm² に比べて、かなり小さいものであった。これは、設計計算では、コンクリートに埋込まれる部分を除いた波形鋼板だけでせん断力に抵抗す

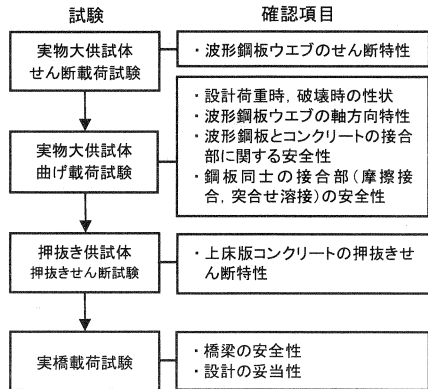


図-3 実施したコルティー桁橋の試験項目

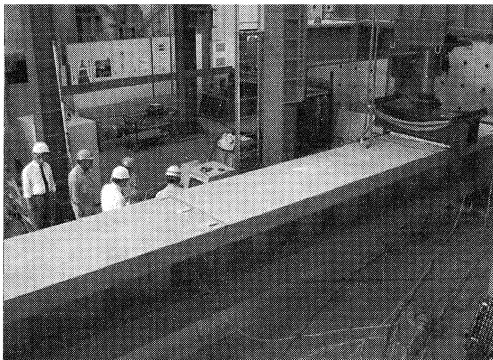


写真-2 せん断載荷試験状況

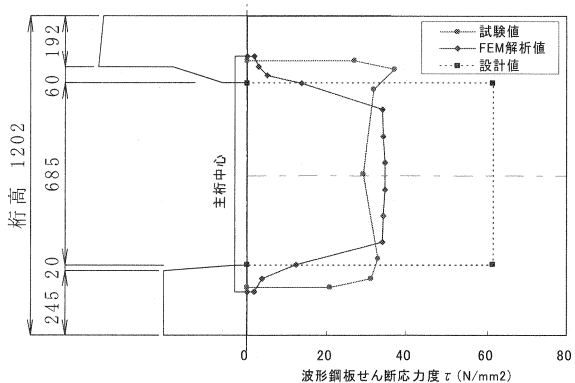


図-4 波形鋼板のせん断応力度分布 (桁高 1/2 点)

ると仮定しているのに対し、実構造においては、埋込み部の波形鋼板や上下コンクリートフランジによってもせん断力が分担されるためと考える。これらの結果から、コルティアー桁における波形鋼板ウェブのせん断に対しては安全側の設計となっていることが確認できた。

5.2 曲げ載荷試験

せん断載荷試験に引続き、同供試体を用いて曲げ載荷試験を行った。支間中央での2点集中載荷(載荷点間距離 1500 mm)とし、主桁が破壊するまで載荷した。

曲げ載荷試験の荷重-変位関係を図-5に示す。図内の弾性計算は、コンクリートの実強度 ($\sigma_c = 72 \text{ N/mm}^2$)に基づき弾性係数 37.2 kN/mm^2 として算出したものである。「弾性計算(曲げ)」では、コンクリートの曲げ剛性だけを考慮した曲げ変形を、「弾性計算(曲げ+せん断)」では、これにせん断変形を加えた計算値を示している。弾性域での変位は「弾性計算(曲げ)」と「弾性計算(曲げ+せん断)」の間にあることがわかる。

図-5に示すとおり、曾宇川橋の設計荷重相当である載荷荷重 359 kN に対しては、主桁にひび割れなどの変状がないことを、終局荷重相当の載荷荷重 775 kN に対しては、主桁が破壊しないことを確認した。

ひび割れは、支間中央付近の下床版コンクリート下縁に発生した後、支点方向に均等に分散していった。破壊に至るまでに確認されたひび割れは、下床版コンクリートの曲げひび割れだけであり、その他の局所的なひび割れは確認されなかった。

供試体が破壊したのは、破壊抵抗曲げモーメントから算出した破壊荷重 1010 kN を上回る 1146 kN 載荷時であった。主桁は、PC 鋼材の降伏後に上縁コンクリートの圧壊で終局に至った。この時、PC 鋼材の破断は確認されなかった。

以上の結果から、コルティアー桁の曲げ挙動に対する設計法の妥当性ならびに曲げ破壊性状の確認ができた。

次に、支間中央断面での主桁軸方向ひずみの断面分布を図-6に示す。波形鋼板にはほとんど軸方向ひずみが発生せず、ほぼコンクリート断面だけで曲げに抵抗していることがわかる。これにより、アコーディオン効果が想定通り機能していることを検証できた。

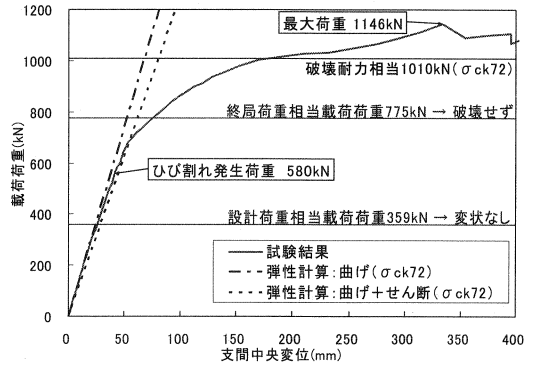


図-5 荷重-変位関係(支間中央)

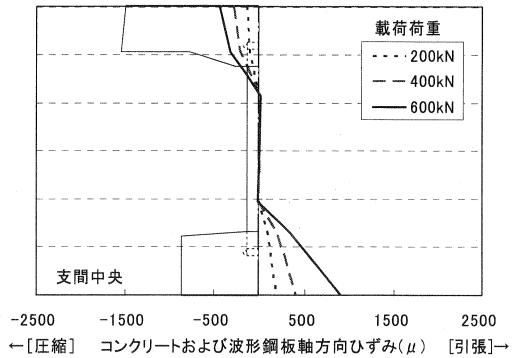


図-6 主桁軸方向ひずみの断面分布(支間中央)

5.3 押抜きせん断試験

コルティアー桁橋は、従来の波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋に比較して主桁サイズが小さく、波形鋼板上の床版コンクリートの厚さが実績より小さい。そのため、床版に作用する輪荷重に対して、波形鋼板上端で抵抗し、波形鋼板直上の床版コンクリートが押抜きせん断破壊することが懸念された(図-7)。これに対して、図-8に示す供試体を用いて輪荷重を想定した鉛直載荷試験を行った。写真-3に試験状況を示す。供試体は、載荷装置の限界であった 1800 kN (1 載荷面あたり 900 kN) の荷重載荷時においても破壊に至らなかった。設

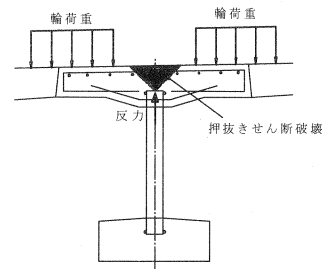


図-7 押抜きせん断破壊イメージ

定された設計状態と試験結果を表-1に示す。

供試体は1主桁分を再現したものであるが、実際は場所打ち床版および横桁で結合された格子構造に輪荷重が載荷されるため、荷重分配効果から、輪荷重によって実構造に作用する応力は、同じ荷重によって供試体に作用する応力と比較して小さくなる。これらより、当初想定したような、輪荷重に対する波形鋼板直上の押抜きせん断破壊に対しては、十分な安全性が確保できていることを確認した。

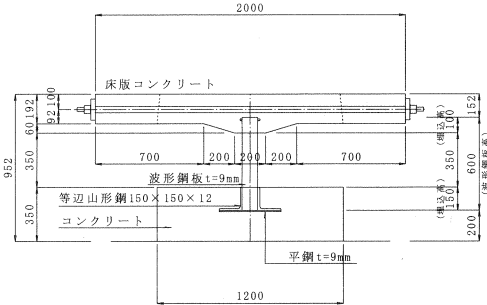


図-8 供試体構造図

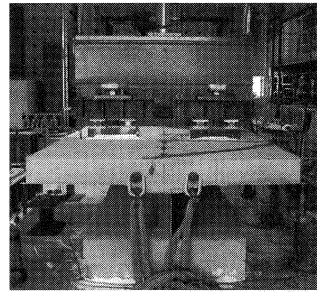


写真-3 押抜きせん断試験状況

表-1 設計状態と試験結果

載荷荷重	設計状態	試験結果
197kN	設計押抜きせん断力相当 (輪荷重作用時相当)	変状なし
460kN	—	ひび割れ発生確認 (曲げひび割れ)
650kN	設計押抜きせん断耐力	破壊せず
1800kN	—	破壊せず

5. 4 実橋載荷試験

コルティール桁の主桁の安全性および設計法の妥当性については、前述した各種の試験結果により検証できた。

実橋載荷試験は、完成後の橋梁にトラックを載荷し、橋梁が設計で想定している所要の性能を有し、橋梁全体として安全であるか確認することを目的に行った。試験には荷重を200kNに調整したトラックを使用し、橋面上に静的に載荷させた(写真-4)。載荷時の主桁下縁の軸方向ひずみ、および変位の測定値と解析値の比較から、完成後の橋梁が設計で想定している荷重分配傾向を示していることを確認できた。



写真-4 実橋載荷試験状況

6. 今後の展開

コルティール橋の安全性および設計法の妥当性に関しては、実施した各種試験により検証することができた。さらに、コルティール工法プレテンタイプによる実橋の完成も2005年1月に終えている。今後は、経済性のさらなる向上とともに、従来、PC橋が鋼橋に対して、重量過多で不利とされていた支間長40m~60mクラスの橋梁への経済的な適用をめざし、コルティール工法ポステンタイプの実現に向けた取組みを継続していく予定である。

謝辞

世界で初めての試みとなったコルティール工法による曾宇川橋の完成に至るまでには、独立行政法人土木研究所、(株)ハルテックをはじめとする様々な方々から貴重なご意見を頂いた。これら関係各位に、心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 鈴木永之, 紫桃孝一郎, 桜田道博, 立神久雄: 波形鋼板ウェブ橋におけるコンクリート床版接合部の横方向性状, コンクリート工学論文集第15巻第1号, 2004.1
- 2) 波形鋼板ウェブ合成構造研究会: 波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル(案), 1998.1