(49) 波形鋼板手延べ桁を用いた押出し架設 ー北海道縦貫自動車道 鳥崎川橋-

新井 恵一1・持田 淳一・中村 和己2・武田 勇光3・大川 渉

¹正会員 東日本高速道路株式会社 北海道支社 (〒004-8512 北海道札幌市大谷地西5-12-30) E-mail:k.arai.aa@e-nexco.co.jp

²株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1) E-mail:k.nakamura.ad@ri-nexco.co.jp

3 東日本高速道路株式会社 北海道支社 函館工事事務所 (〒041-0808 北海道函館市桔梗3-36-26)

北海道縦貫自動車道 鳥崎川橋は、PC11径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋である.架設にあたっては、冬季施工へのチャレンジとコスト縮減を図ることを目的として、押出し架設を採用するとともに、押出し架設に用いた手延べ桁の一部を本体構造へ取り込むなど合理化・省力化に取り組んだ.手延べ桁へ本体構造の一部を採用するにあたって検討すべき課題として、手延べ桁ブロック継手の方法,超高強度繊維補強コンクリートと後打ち床版との打継ぎ目の処理方法、手延べ桁下弦材と波形鋼板ウェブとの接合に関する配慮があげられる.

本稿は、上記の課題を解決すべく行った試験並びに設計に関する内容をまとめることにより、設計並び に構造の妥当性を検証したものである.

Key Words :torizakigawa bridge, incremental launching erection, corrugated steel web girder

1. はじめに

北海道縦貫自動車道は、札幌から函館間の地域を結ぶ 路線であり、鳥崎川橋は、森IC(仮称)から落部IC(仮称)間に建設されたPC11径間連続波形鋼板ウェブ箱桁 橋である.図-1、2並びに表-1に本橋の概要を示す.

本橋においては、耐震性並びに車両走行性の向上を目 的として多径間の連続橋としたうえで、施工に関して、 積雪寒冷地特有の冬季施工における品質確保と高橋脚上 での施工の安全性について配慮する必要があったため、 押出し架設工法を採用した.また、波形鋼板ウェブPC 箱桁の主構造であるウェブ(波形鋼板)を押出し架設の 手延べ桁に使用することで、より一層のコスト縮減を実 現した.

押出し架設は、A2橋台からPI橋脚とAI橋台間の485.45 mの区間で行っており、A2橋台背面の製作ヤードで上 下床版を製作したうえで、完成形の主桁構造で押出して いる.

表-1 鳥崎川橋 橋梁諸元

工事名	北海道縦貫自動車道 鳥崎川橋(PC上部エ)エ事		
路線名	北海道縱貫自動車道 函館名寄線		
構造形式	PC11径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋		
道路規格	第1種2級B		
橋長	554m		
支間	51. 8+4@54. 5+56. 0+3@50. 0+40. 0+35. 8m		
幅員	有効幅員:10.270m		
	全幅員:11.300m		
桁高	3. 199∼4. 087m		
横断勾配	2.5% / ~ 🔪 2.5%		
縦断勾配	∖ 3. 500% ~ ∕3. 545%		
平面曲線	R=4000m ~ R=∞		
斜角	90°		



49 - 1



図-2 鳥崎川橋 断面図(単位:mm)



図-3 押出し架設現地状況

押出し架設の状況を図-3に、手延べ桁の構造の概要を 図-4に示す.本橋では、図-4に示すとおり、手延べ桁の ウェブには本構造で使用される波形鋼板を用い、下弦材 には超高強度繊維補強コンクリート(設計基準強度

108N/mm²、以下「UFC」という。)を用いたプレストレストンストコンクリート (PC鋼材7S15.2を下弦材1本あたり5本)を配置し、本体部との連結部付近においては、上弦材には上床版施工時には型わくに転用可能な鋼床版を用いた.

本稿は、この構造に関する技術的課題とその検討内容 について記すものである.

2. 押出し架設における課題

押出し架設を行うにあたって、手延べ桁の安全性を考 慮するうえで着目した事項は、①押出し時の桁の軸方向 曲げ応力の評価方法、②手延べ桁のブロック継手部構造、 ③手延べ桁が仮支承上を通過する際の局部応力への対処 である.これらに対して、縮小梁供試体を用いた曲げ載 荷試験、アングルジベルの面外曲げ載荷試験並びに下弦 材と後打床版との打継ぎ目の曲げ耐力確認試験を事前に 実施し、その結果を踏まえFEM並びに骨組モデルによる 解析を実施することで実橋へ反映させた.



(a) 手延べ桁構成図



3. 縮小梁供試体を用いた曲げ載荷試験

本試験は、特に手延べ桁のブロック継手部構造に関し て着目し、実構造で用いるフランジとウェブにおけるブ ロックの突合せ溶接と下弦材におけるUFCの打継ぎ目処 理方法に関する妥当性を確認するものである.実橋にお いては、現地への運搬上、約9mごとに1ヶ所存在する構 造である.

3.1 試験内容

図-5に本試験に用いた供試体の構造を示す.本構造は, 上弦材の片側における構造を単純化したものであり,実 橋の約2分の1の縮尺模型である.製作に関しては,実際 の施工手順に合わせて下弦材を製作した後に波形鋼板ウ ェブを溶接する手順としている.図-5におけるケース1 は継手がない構造であり,ケース2は継手がある構造で ある.

荷重の載荷ステップを図-6に示す.載荷は,実際の押 出し架設時の橋台,橋脚上を10回通過するという載荷状 態を考慮して,使用限界状態の荷重を正負交番荷重(上 向き荷重:800kN,下向き荷重:550kN)で10回載荷した後, を負曲げ状態としては上フランジ降伏(1500kN)まで, 正曲げ状態としては破壊まで載荷することとした.なお, この際の正負交番荷重における上向き荷重は実橋におい



図-5 曲げ載荷試験における縮小梁供試体(単位:mm)

て発生する下弦材の曲げ応力50N/mm²とせん断力400kNに相当する。

3.2 試験結果

図-7にケース1とケース2における荷重と変位の関係を 示す. 使用限界状態までの繰り返し載荷においては、両 ケースとも剛性の低下は見られず、継手の有無が実際の 使用に際してはまったく問題にならないことがわかった. また、終局状態を考慮した載荷状態においては、上向き 載荷 (グラフでは一側) では, 両ケースとも使用限界荷 重の約2倍の1600kN(フランジ降伏)まで剛性の低下は 見られなかった.下向き載荷(グラフでは+側)では, ケース1においては約1000kNで支間中央付近のUFC下弦 材にひびわれが発生し、ケース2においては約850kNで 支間中央とは逆側の下弦材継手部(ウェットジョイント 部)において目開きが発生した(図-8).この部分は、 波形鋼板ウェブの下フランジが連続していない部分では あるものの、下フランジの構造についてはケース1にお いても同様の構造になっていることを考慮すると、下弦 材に用いるUFCの打継ぎ目処理は終局状態を考慮した場 合重要であることがわかった.

3.3 設計方法に関する検討

使用限界状態における上下弦材の曲げ応力について、 実験値と2次元骨組解析によって求めた解析値をケース1 において比較したものを図-9に示す.本図におけるC1断 面は支間中央から1.01m, C2断面は図-5における上向き 荷重載荷端の位置(支間中央から375mm)での断面であ る.解析値と試験値における発生曲げ応力(N/mm²)は,





49 - 3

上向きに800kNを載荷したときのC2断面における下弦材 における発生状況を除けば、試験値と2次元骨組みによ り求めた解析値と概ね一致している.このことは、上向 き載荷時(押出し架設時における手延べ桁の仮支承通過 時)における仮支承付近の下弦材の応力評価については、 別に行う必要があることを示している.したがって、載 荷荷重を考慮した3次元弾性FEM解析を実施し、下弦材 に発生したひずみの再現性を確認することとした.ここ で、2次元骨組みにより求めた値は、単純梁として算出 した曲げモーメントを断面係数で除した、上向き荷重載 荷位置近傍に発生する局部応力を考慮しない計算値であ る.

実際には、上向き荷重載荷付近においては、前後の手 延べ桁の自重による影響を受けやすいことから、発生す る応力は載荷板幅内において一様ではなく、載荷板エッ ジ付近で大きくなることが推定できる.また、下弦材の 不陸やなじみなどを考慮した場合、載荷板エッジ付近に おける応力の発生状況は簡単には再現できないことから, 解析にあたっては、図-10に示すとおり載荷荷重を変化 させて試験により求めた下弦材に発生したひずみと比較 することとした. 図-11にひずみ計測位置を示す. ケー ス1並びにケース2において、下弦材の上下の側面にひ ずみゲージを貼付し,使用限界までの繰り返し載荷状 況における各点のひずみの発生を計測した. 解析値に ついては、事前にパターン1~4について算出したとこ ろ、パターン4が上縁側、下縁側ともに、発生するひず みを安全側に算出していた. 図-12にパターン3におけ る解析結果と測定値を示す.本図をみると、パターン3 のように下弦材へ一様な強制変位を与える方法が、試 験値におけるひずみを安全側かつ適当な評価を与える ことがわかった.

4. UFC下弦材と後打ち床版における打継ぎ目の 曲げ耐力確認試験

本試験は、押出し架設完了後に施工される、手延べ 桁のUFC下弦材と下床版との打継ぎ目付近に作用する 面外方向曲げモーメントに対し、手延べ桁下弦材と下 床版との打継ぎ目部がもつ耐力を確認し、手延べ桁に 用いた波形鋼板ウェブとUFCを用いたプレストレスト コンクリートがそのまま本体構造へ転用可能かどうか を確認するものである.図-13に鳥崎川橋における手延 べ桁下弦材と下床版との打継ぎ目部における構造概要 を示す.本図に示すように衝突荷重と活荷重の偏載荷 により発生する面外方向曲げモーメントに対して打継 ぎ目部が必要な耐力を確保しているかを確認する必要 がある.



図-10 局部応力を考慮した載荷荷重のパターン





49 - 4

4.1 試験内容

図-14に鳥崎川橋における手延べ桁下弦材本試験に用 いた供試体の構造を示す.供試体は、高さが実際の下床 版打継ぎ目部と同じ600mm、幅400mmの矩形断面をもつ 単純ばりとし、支間中央にUFCによる手延べ桁下弦材と 早強コンクリート(設計基準強度40N/mm²)の下床版に よる打継ぎ目を再現したものとした.また、打継ぎ目に 直交する鉄筋の量や配置は実橋の諸元と同じとした.

供試体は、ケース1として打継ぎ目無処理を考慮した もの、ケース2として打継ぎ目にエポキシ系接着剤を UFC面に塗布し直後に3号珪砂を塗布したもの、ケース3 として打継ぎ目のない早強コンクリートによる供試体の 3ケースを考慮した.そのうちケース2においては、文献 1)に示されているとおり実績のある日米レジン製アル プロンD12LTを0.8~1.0kg/㎡塗布し、3号珪砂(粒径:約 2mm)を1.5kg/㎡散布する処理を行っている.

載荷荷重は,最も不利な載荷条件になる活荷重+衝突 荷重(設計荷重時)における曲げモーメントに相当する 荷重を3回繰り返し載荷し,その後破壊まで漸増させる こととした.表-2に鳥崎川橋における打継ぎ目部の設計 曲げモーメントと試験載荷荷重を示す.

	完成後設計荷重時		
	活荷重時	衝突荷重時	
発生面外曲げモ			
ーメント	10.0	30.1	
(kNm/m)			
試験時の載荷荷	16	48	
重(kN)	(下縁応力:	(下縁応力:	
(試験体幅 0.4m)	0.17N/mm ²)	0.50N/mm^2)	

表-2 考慮した曲げモーメント

(試験時の載荷荷重は2点の合計)

4.2 試験結果

図-15に各ケースにおける荷重-変位曲線を示す.ここ で、変位は、図-14に示すように支間中央から40mmずれ た位置におけるものである.打継ぎ目部における設計荷 重(活荷重+衝突荷重)時に発生する変位は、0.1mm以 下であり極小であった.しかしながら、打継ぎ目処理を していないケース1においては、載荷直後から目開きが 発生し、設計荷重時においては0.03mmの幅となった. 打継ぎ目に処理を施したケース2においては、目開きは 102kN(全断面有効応力に換算すると1.1N/mm²)におい て発生している.打継ぎ目のないケース3においては、 400kN程度まで荷重に対して変位が比例して発生する結 果となった.

打継ぎ目処理を行ったケース2においては、目開きの 拡大により曲げ剛性が低下した190kNまで、打継ぎ目の ないケース3と同等の剛性があった.しかしながら、そ の後においては、ケース1とほぼ同様な荷重と変位の関



図-13 鳥崎川橋における手延べ桁と下床版との 打継ぎ目部



図-14 打継ぎ目部供試体(単位:mm)





係を示した.

設計荷重レベルでは特に打継ぎ目処理をしていなくて も問題は発生しないものの、長期的な構造の健全性の観 点からは、打継ぎ目処理をしていれば何ら問題にならな いことが示された.

5. まとめ

本稿においては、鳥崎川橋の押出し架設に先だって行った手延べ桁に関する試験について述べた. 試験につい ては、このほかにもUFC下弦材と波形鋼板のアングルジ ベル接合部の面外曲げ載荷試験を実施し、設計荷重時に 発生する最大の面外曲げモーメントに対しても十分にア ングルジベル構造が耐力を有すること、破壊はUFCのひ び割れが進行することによるものであり、波形ウェブや 溶接部には損傷がないことを確認している²⁰。

また、本橋には、押出し架設時に用いたPC鋼材を完成時の外ケーブルに転用する³⁾など、新たな試みを行った.その結果、冬季における施工を実施し、施工工程を短縮したとともに、通常の仮設鋼製手延べ桁を用いた押出し架設費に対し架設工事費を約15%縮減することができた⁴⁾.

謝辞:現地における施工は、今回得られた知見等を踏ま えて、2006年12月に無事完了した. 鳥崎川橋の設計・施 工におきましては、「波形鋼板ウェブPC箱桁橋の押出 し架設に関する技術検討委員会」の委員の方々をはじめ とする数多くの方々にご指導いただきました. ここに深 甚の謝意を表します.

参考文献

- 谷中慎,小西俊之,三浦芳雄,諸橋克敏,西出靖:複合構 造における接合面処理,土木学会第54回年次学術講演会, pp.272-273,1999.9
- 2) 東田典雅,吉田敦,安里敏則,白谷宏司,稲原英彦,大島 邦裕:北海道縦貫自動車道鳥崎川橋の計画と設計-波形鋼板 手延べ桁による押出し架設-,橋梁と基礎, Vol.39, pp.13-20, 2005.11
- 3) 持田淳一, 武田勇光, 大川渉, 堀口政一, 塚本敦之, 神田 隆司:北海道縦貫自動車道鳥崎川橋上部工の施工-波型鋼板 手延べ桁を用いた押出し架設-, 橋梁と基礎, Vol.40, pp.5-12, 2006.6
- 4) 中村和己,新井恵一,武田勇光:波形鋼板ウェブと超高強 度繊維補強コンクリートを用いた押出し架設工法の開発-北 海道縦貫自動車道鳥崎川橋-,日本道路会議,2007.11

INCREMENTAL LAUNCHING ERECTION USING CORRUGATED STEEL WEB GIRDER -CONSTRUCTION OF TORIZAKIGAWA BRIDGE IN HOKKAIDO JUKAN LINE-

Keiichi ARAI, Junichi MOCHIDA, Kazumi NAKAMURA, Yuko TAKEDA and Wataru OKAWA

Torizakigawa Bridge was constructed by incremental launching erection using corrugated steel web girder. Some tests preceded construction, and it was carried out. This paper presents the test results of launching nose for the bridge.