

報告

コッター床版の試験施工に関する報告

渡邊 輝康*, 佐溝 純一**, 杉本 浩**, 松井 隆行**, 中村 明治***, 福島 夏樹***

*株式会社 熊谷組土木事業本部 (〒162-8557 東京都新宿区津久戸町)

**西日本高速道路株式会社 関西支社 (〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町)

***オリエンタル白石株式会社 大阪支店 (〒550-0002大阪府大阪市西区江戸堀1丁目)

NEXCO西日本関西支社が管理する高速道路において、道路橋床版取替工事の一部に、急速施工が可能なコッター式継手を有する橋梁用プレキャストPC床版（コッター床版）の試験施工を行った。本稿では、コッター床版の概要、試験施工における設計・製作・施工、工事完了後の実際の使用環境下でのモニタリング状況について記述する。

キーワード：床版取替，コッター式継手，急速施工，省力化

1. はじめに

NEXCO西日本関西支社が管理する高速道路は、延長の約4割が開通後約30年を経過しており、経年劣化が進展している。更に、交通量の増加等厳しい使用環境にさらされていることにより、高速道路本体の変状が顕在化している。そこで、橋梁の耐久性向上を図り、高速道路ネットワーク機能を長期に渡って健全に保つことを目的に、高速道路リニューアルプロジェクトとして、大規模更新・大規模修繕に取り組み、計画的に橋梁コンクリート床版取替工事を実施している。

しかし、工事実施に当たっては、長期に渡る昼夜連続車線規制および昼夜連続対面通行規制が必要であり、社会的影響の軽減のため工期の短縮が求められている。特に、今後予定される都市近郊の重交通区間では、工程短縮により社会的影響の最小化を図る必要がある。

そこで、中国自動車道（福崎IC～佐用IC）における床版取替工事の一部で、急速施工が可能な「コッター式継手を有する橋梁用プレキャストPC床版（以下、コッター床版と略）」の試験施工を行い、施工性の確認を行った。また、供用後にモニタリングを行い、実際の使用環境下での力学的挙動、安全性を確認している。

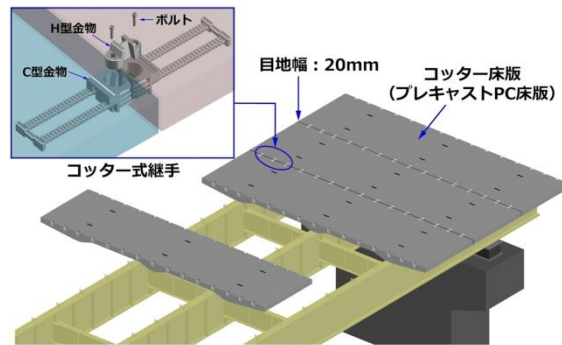
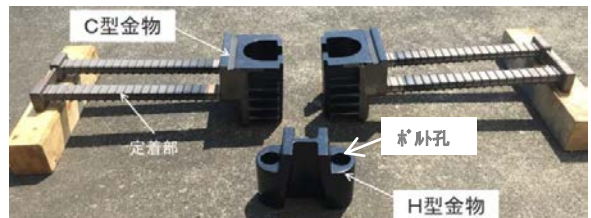
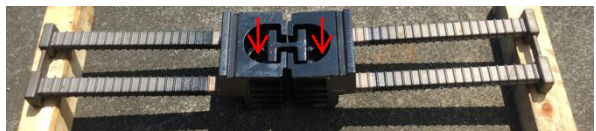


図-1 コッター床版概要



●H型設置前



●H型設置後

写真-1 コッター式継手（機械式継手）

2. コッター床版の概要

2.1 概要

コッター床版は、熊谷組、ガイアート、オリエンタル白石、ジオスターが共同開発した橋梁用プレキャストPC床版である。図-1、写真-1、2に示すように、本工法は、床版を20mmの間隔（目地）を設けて架設し、機械式継手であるコッター式継手で床版を連結した後、専用



●床版連結（ボルト締付）



●目地材注入

写真-2 コッター床版の現地作業

表-1 在来工法（ループ継手）とコッター床版の比較

	在来工法 (ループ継手)	コッター床版
継手原理	重ね継手	機械式継手
間詰め幅	300~400mm	20mm
プレキャスト部分	狭い	広い
鉄筋・型枠	必要	不要

目地材を注入して床版同士を接合する工法である。

なおコッター式継手は、C型金物とH型金物で構成される。C型金物は、床版製作工場で予め床版に埋め込まれ現地に搬入される。H型金物は現地でC型金物内に挿入し、ボルトで締付けて床版を連結する部材である。

2.2 特徴

在来工法（ループ継手）と比較しながらコッター床版の特徴を以下に記す(表-1, 図-2, 写真-3)。一般に、取替床版は、工期短縮に有利なプレキャスト製品が用いられるが、運搬時に道路交通法の制約を受け、製品幅が2.5m以内に制限される。ここで、ループ継手等の在来工法は、突出した鉄筋の重ね継手となるため、300~400mm程度の間詰め部分が製品の約20%を占め、その分プレキャスト部分が狭くなる。この間詰め部分は現場打ちであることや、プレストレスが導入されないことから、プレキャスト部分に比べ品質低下のリスクが懸念される。また、鉄筋組立、型枠設置・撤去、コンクリート打設の現場作業が必要であり、工程短縮の阻害要因となる。

一方、コッター床版は機械的に連結するため、端部に鉄筋が突出しない。このため、間詰め(目地)の幅は20mmで済み、その分プレキャスト部分を広くでき、品質の向上に寄与する。すなわち、図-3に示すように継手直上に輪荷重が載荷された際、在来工法(ループ継手)に比べて、コッター床版はプレストレスが導入された品質の高いプレキャスト部分が荷重の大半を受け持つ。このため、間詰め部分の荷重負担割合を低減でき、耐力や耐久性の面でも有利である。また、鉄筋組立・型枠作業が不要なため、工程短縮や省力化に効果がある。

加えて、コッター床版は鉄筋の突出が無いいため、写真-4に示すようにコンクリートカッターでH型金物を含めて目地部を切断することで、部分的な取替が可能であり、維持管理にも配慮している。

なお、本工法は急速施工に優れることに加え、写真-5に示すように、在来工法(ループ継手)の「移動載荷疲労試験¹⁾」と「設計要領²⁾」に準拠した輪荷重走行疲労試験を実施し、100年相当の耐久性を有すること、在来工法(ループ継手)と同等の力学的性能を有すること、ひび割れ抵抗性にも優れることを確認している。また、コッター式継手の材質は、铸造性に優れ、耐候性鋼と同

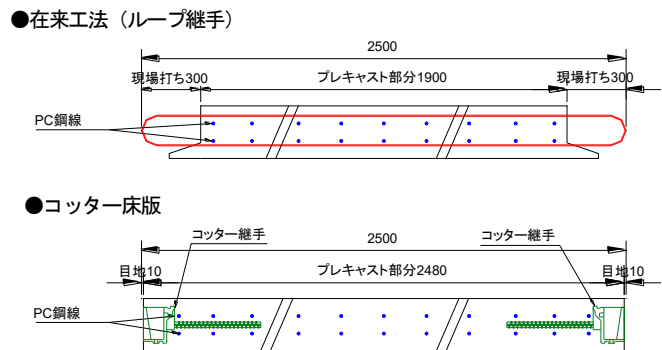


図-2 橋軸方向の床版寸法の比較

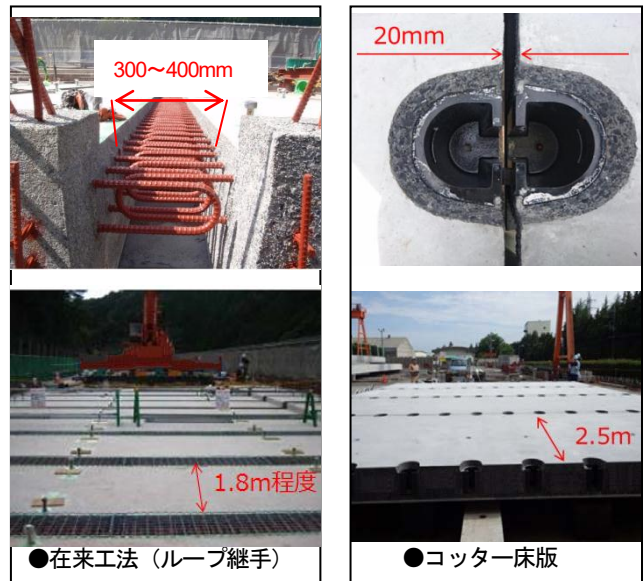


写真-3 現場打ち部分の比較

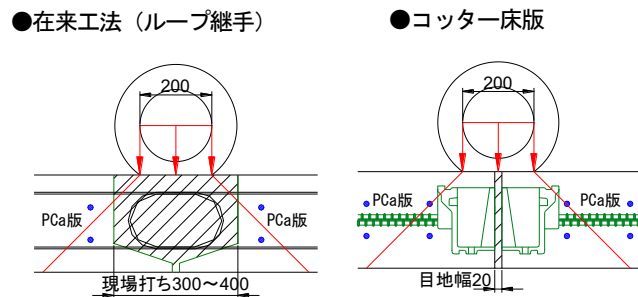


図-3 荷重分担の比較



写真-4 床版切断状況
(1分/m)



写真-5 輪荷重走行疲労
試験 (NEXCO 総研所有)

等の腐食抵抗性を有する球状黒鉛鑄鉄(FCD)を採用し、塩害対策にも配慮している。

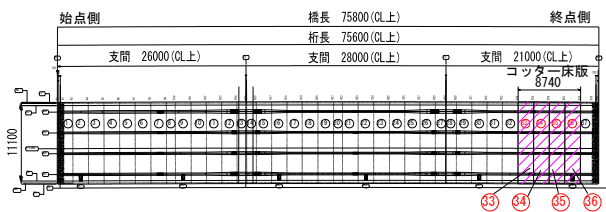


図-4 D1橋 床版取替割付け図

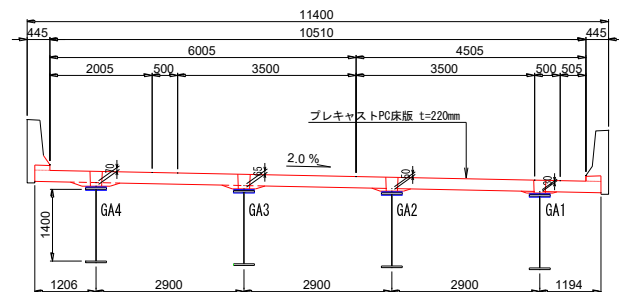


図-5 D1橋 標準断面図

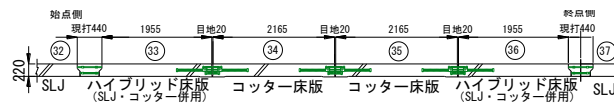


図-6 試験施工床版割付け図

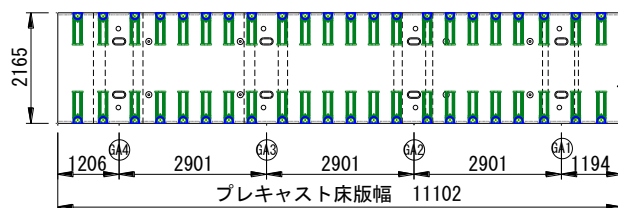


図-7 コッター床版平面図 ③④, ③⑤

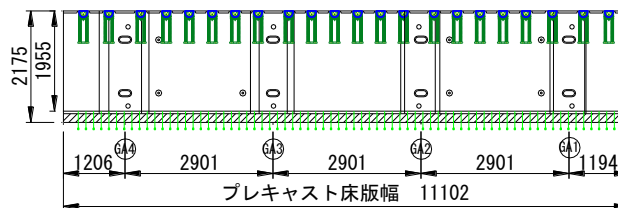


図-8 ハイブリッド床版平面図 ③③, ③⑥

3. 実橋における試験施工

3.1 概要

中国自動車道(福崎IC~佐用IC) D1橋において、コッター床版の試験施工を行った。本工事での取替用床版は、SLJ(エンドバンド継手工法)で設計されていた。調整の結果、コッター床版の試験施工では、③③~③⑥の計4枚を設置することとした(図-4, 5)。

- ・構造形式：鋼3径間連続非合成鋼桁橋
- ・SLJ(エンドバンド継手)：①~③②, ③⑦
- ・コッター床版：4枚(③③~③⑥, 8,740mm)

3.2 設計

試験施工の床版割付に際して、中間の③④, ③⑤をコッター床版とした(図-6, 7, 写真-6)。また、両端の③③, ③⑥はエンドバンド継手と接続するため、コッター式継手とエンドバンド継手を有するハイブリッド床版とした(図-6, 8, 写真-7)。ここで、コッター床版の目地部は、目地を圧縮材、H型金物を複数に分割された鉄筋としたRC部材とし、プレキャストPC床版の橋軸方向と同等の耐力を有するように設計した(図-9)。

3.3 製作

コッター式継手の製作フローを写真-8に示す。まず、マシニングセンターで上下の「型(金型, 樹脂型)」を削り出し、上下それぞれの「型」に鑄物砂を投入・プレスして「型」形状を転写した「砂型」を作る。その後、上下の「砂型」を一体化して注湯する。冷却後脱枠、仕上げ処理を経て完成する。ここで、出来形精度はJIS B 0403 鑄造公差等級 CT10 に従う他、高い組立て精度が要求される正面部は鏡面加工を施す。なお、製作した継手の内、C型金物は床版製作工場で床版内に埋め込まれる。



写真-6 コッター床版

写真-7 ハイブリッド床版

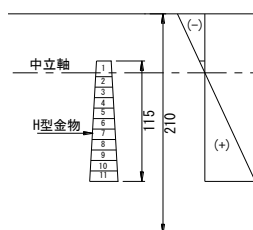


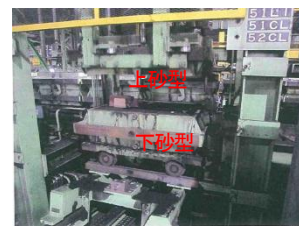
図-9 目地部の設計



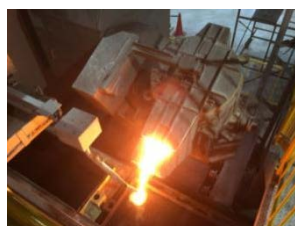
STEP1: 型製作



STEP2: 砂型製作



STEP3: 砂型一体化



STEP4: 砂型に注湯



STEP5: 脱枠,
エポキシ樹脂塗装

写真-8 コッター式継手製作フロー



STEP1: 吊上げ



STEP2: 位置決め



STEP3: 治具による引寄せ



STEP4: 架設完了



STEP5: 仮締め (電動レンチ)



STEP6: 本締め (トルクレンチ)



STEP7: 目地材練混ぜ



STEP8: 目地材充てん



STEP9: 均し



STEP10: 湿潤養生 (シート)

写真-9 コッター床版施工フロー

3.4 施工

(1) 施工フロー

コッター床版の施工フローを写真-9 に示す。設置に当たっては、目地幅 20mm を確保し、専用治具 (STEP3) で床版の引寄せを行う。架設完了後、H型金物で床版同士を連結する。締付は電動レンチ (仮締め) とトルクレンチ (本締め) を用い、予め床版に埋め込んだC型金物とH型金物を堅固に一体化させる (STEP5, 6)。その後、充てん性能に優れた専用目地材 (フロー23cm 程度) をハンドミキサーで現地練りして、目地部および開口部に充てんする (STEP7~10)。目地材は、15 分で硬化開始し、3 時間で 30N/mm^2 の強度を発揮する。本工法では鉄筋の組

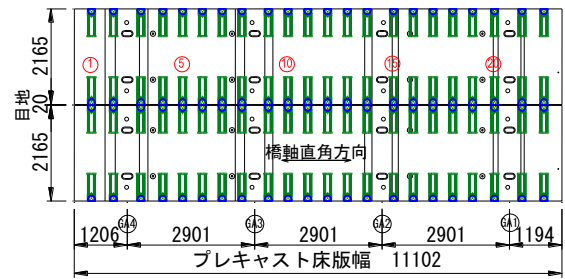
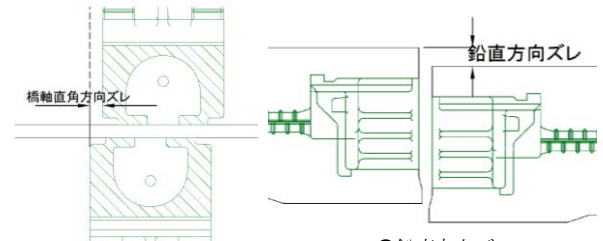
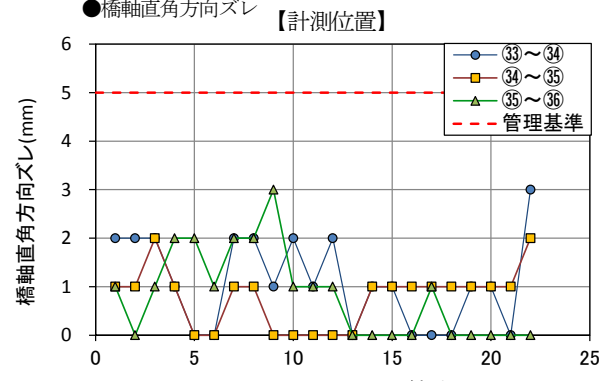


図-10 継手配置図

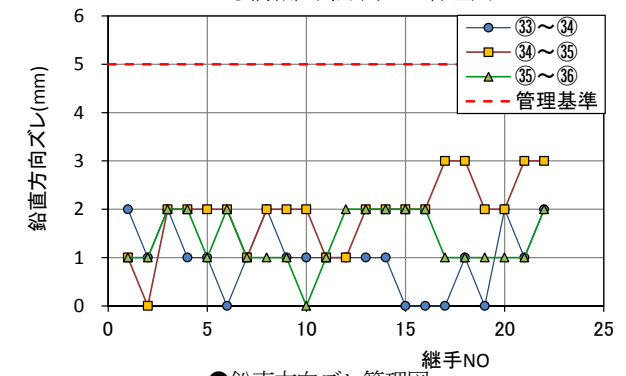


●橋軸直角方向ズレ

●鉛直方向ズレ



●橋軸直角方向ズレ管理図



●鉛直方向ズレ管理図

図-11 継手位置ズレ管理図

立ては不要である。また、目地材注入の際、下縁は養生テープ等を設置するだけで済み、型枠は不要である。

(2) 施工品質

図-10 に示す継手の橋軸直角方向、鉛直方向の位置ズレ管理図を図-11 に示す。ここで、各項目の管理基準値は、H型金物のボルト締付が可能な限界値として5mmとした。図より、いずれも管理基準値内に収まり、精度良く床版の施工ができることを確認した。また、目地材も流動性が良く、目視及び目地内部に配置した振動デバイスを用いた充てん検知システムにより、狭い目地幅 (20mm) に確実な充てんができることを確認した。

表-2 所要日数, 延日数比較表

		在来工法 (ループ継手) ①	コッター床版 ②	比率 ③=②/①	削減効果 ④=1-③
日数/100m	架設、調整工(日)	15.8	6.4	0.41	0.59
	接合工、合成工(日)	33.5	20.3	0.61	0.39
	合計(日)	49.3	26.7	0.54	0.46
延人員/10m	架設、調整工(人)	10.2	2.5	0.25	0.75
	接合工、合成工(人)	12.5	6.6	0.53	0.47
	合計(人)	22.7	9.1	0.40	0.60

(3) 工程, 歩掛調査

試験施工では施工枚数が少ないため, 全体工程の短縮効果を把握することが難しい. このため, 架設・調整工, および接合・合成工の所要時間, 歩掛りに着目して調査した. 試験施工での調査結果と在来工法(ループ継手)との比較を表-2に示す. ここで, 在来工法(ループ継手)の諸値は, 「橋梁架設工事の積算」³⁾に従い算出した. 表より, コッター床版は, 在来工法(ループ継手)に比べ, 概ね施工日数50%, 人員50%の低減効果がある.

4. モニタリング

4.1 概要

供用開始後, 実際の使用環境下でのコッター床版の力学的挙動, 安全性を確認するため, モニタリングを実施中である. 測定はコッター床版(③④間目地)の他, 比較のために, 多くの実績があり安全が確認されているSLJ(②③間現打ち部)でも実施している. 両者の測定値を比較して, コッター床版の性能を相対的に評価することとした(図-12). なお, モニタリングは, 輪荷重走行疲労試験と同一の性能評価項目(変位量, 水平変位量, 鋼材ひずみ, ひびわれ)について実施した.

4.2 供用開始後動的計測

供用後定期的にモニタリングを行っているが, 直近(平成30年2月)の測定結果を以降に記す.

(1) 変位量

図-13に示すフレームを組み, 床版の変位量を測定した. その際, 支点をピン, ローラーとして鋼桁の変形による影響を低減し, 筋交の配置等により剛性を上げ, 横梁の振動(ノイズ)を抑制することとした. 変位量の測定結果を図-14に示す(D-1:コッター床版, D-4:SLJ). また同一車両に関する両者の相関を図-15に示す. 図より, コッター床版の変位はSLJと同程度である.

(2) 現場打ち部(目地部)水平変位量(ひび割れ)

同一車両に関するπ型変位計を用いた水平変位量の比較を図-16に示す(P-1:コッター床版, P-3:SLJ). 図より, コッター床版はSLJと同様に, 水平変位の値が僅かである. なお近接目視でも, 両者の現場打ち部にひび割れは生じていないことを確認している.

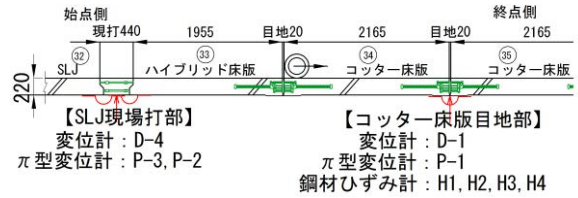


図-12 測定概要

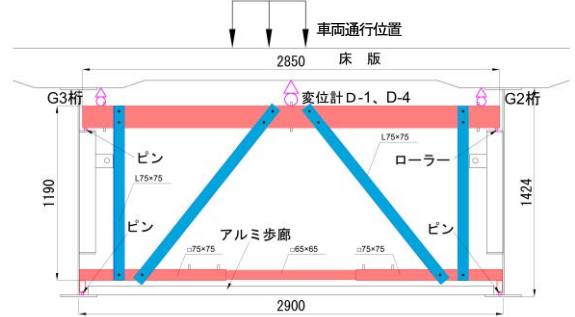


図-13 変位量測定概要

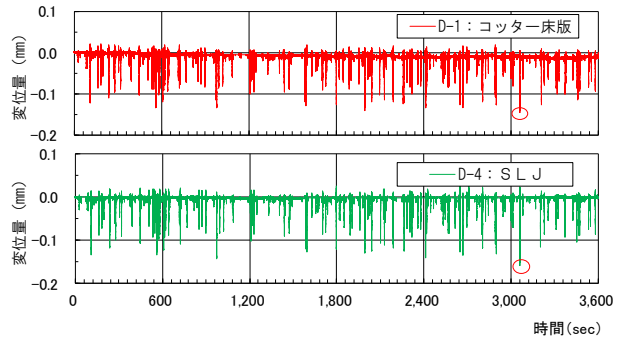


図-14 変位量動的測定 (17:00~18:00)

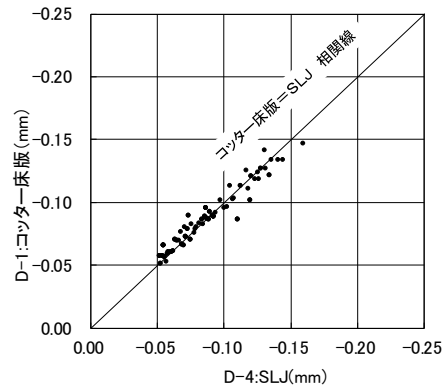


図-15 コッター床版とSLJとの変位量比較

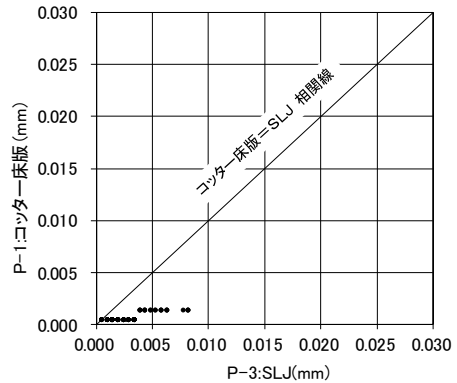


図-16 コッター床版とSLJとの目地水平変位量比較

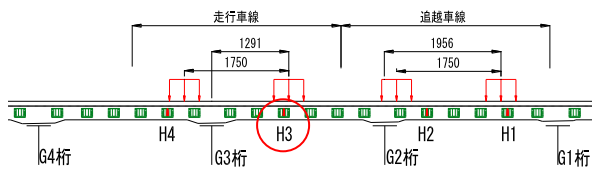


図-17 鋼材ひずみ測定位置(H1～H4)

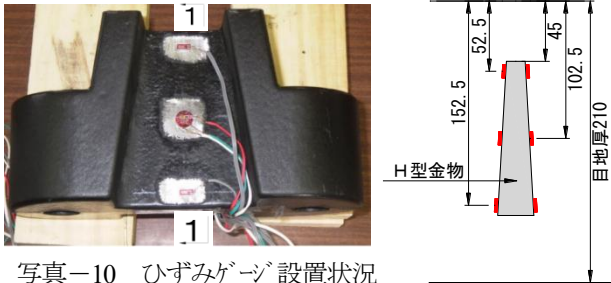


写真-10 ひずみゲージ設置状況

図-18 ゲージ位置図

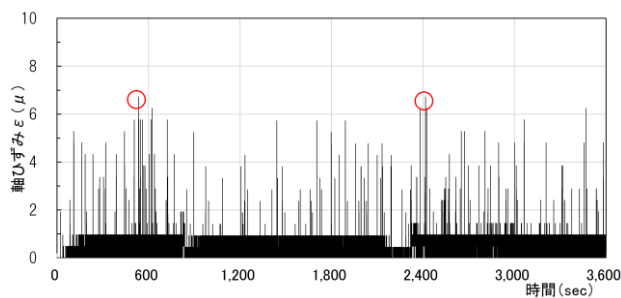


図-19 鋼材下縁軸ひずみ測定結果(1hr)

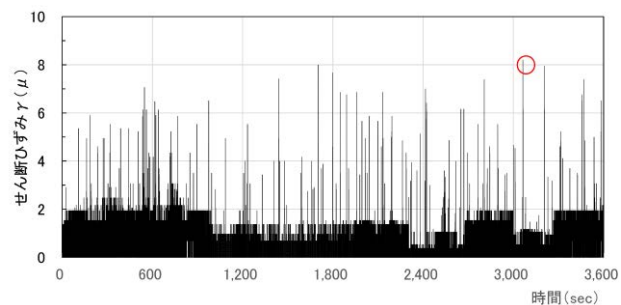


図-20 鋼材中央せん断ひずみ測定結果(1hr)

(3) 目地部継手鋼材 (H型金物) ひずみ

図-17に示す輪荷重走行位置近傍にある4箇所の継手(H型金物: H1～H4)において、軸ひずみ、せん断ひずみを測定した(写真-10, 図-18)。データ中、最も大きな値を示すH3(走行車線追越し側)の下縁軸ひずみ、中央せん断ひずみの経時変化を図-19, 20に示す。軸ひずみは $\epsilon = 7\mu$ (許容値 700μ)、せん断ひずみは $\gamma = 8\mu$ (許容値 $1,040\mu$)と低い値に留まる。これは、目地部にひび割れが無く全断面有効となるため、鋼材のひずみが低く抑えられたものであり、継手金物の安全性が確認できた。

(4) ひびわれ、漏水

供用開始後6ヶ月が経過したが、コッター床版、SLJともに、ひび割れや漏水は生じていないことを確認している。

5. まとめ

実橋レベルでのコッター床版の施工性確認と、実際の使用環境下での力学的挙動、安全性を確認するため試験施工を行った。得られた知見を以下に記す。

- 1) 継手金物の締付は、トルクレンチ等を用いた簡便な作業であり、短時間かつ少人数での施工が可能である。
- 2) コッター床版は、在来工法(ループ継手)に必要な鉄筋の挿入、横引き、組立作業が不要である。このため、施工時間の短縮と人員の削減が可能である。
- 3) 在来工法では床版下での型枠設置、撤去等苦渋作業が必要であるが、コッター床版は目地部に養生テープを貼るだけの簡便な処置で済むため、型枠作業の省略による工程短縮、省力化に効果がある。
- 4) この他、作業内容が簡便なため、熟練工不足でも一定の品質を確保できる。また、作業工程が減ることにより安全性の向上や、資材運搬も少なく済むため周辺環境への影響の低減にも寄与する。
- 5) 床版設置に際して、継手の橋軸直角方向、鉛直方向のズレは管理基準値内に収まり、精度良く施工できることを確認した。また、専用目地材も流動性が良く、目視、及び充てん検知システムにより、狭い目地幅(20mm)に確実に充てんできることを確認した。
- 6) 試験施工を通じて、架設・調整工、及び接合・合成工の所要日数、歩掛りに関して、従来工法に比べ施工日数50%、延人員50%の低減が可能であり、i-Constructionの目指す生産性の向上に寄与する。特に、施工条件の制約を受けたり、重交通区間での夜間施工・日々開放する等の厳しい条件下では、工程短縮効果が期待できる。
- 7) 今後もモニタリングを計画しているが、現時点では、コッター床版はSLJと同程度の力学的性能を有すること、目地部の継手金物の安全性を確認している。

今後の課題を以下に記す。

- ・連続桁橋における負曲げ区間への対応
- ・曲線橋や縦横断勾配の変化への対応等、継手の改良や施工実績の蓄積。
- ・壁高欄の急速施工による更なる工程の短縮。
- ・重交通区間に対応すべく、橋軸直角方向継手の開発。

参考文献

- 1) 第二東海自動車道東海大府高架橋(鋼上部工)工事実物大プレキャストPC床版移動載荷疲労試験報告書
- 2) 高速道路総合技術研究所発行:「設計要領 第二集 橋梁保全編」
- 3) 一般社団法人日本建設機械施工協会「橋梁架設工事の積算」
- 4) 宮川, 渡邊, 松本:コッター式継手を有する橋梁用床版(コッター床版)の性能確認試験(その2)

(2018年7月20日受付)