

橋梁床版の急速取替と継手検査システムの開発

コッター床版工法

鬘 谷 亮 太・竹 下 嘉 人

コッター床版工法は、プレキャスト床版を機械式継手であるコッター式継手で接合するもので、急速施工、省人化、高品質化、取替性（メンテナンス性）の向上を目的に開発された工法である。

高速道路リニューアルプロジェクトに代表される公共インフラ大規模更新事業が本格化する中、東北自動車道においてコッター床版工法を適用した橋梁床版取替工事を完了した。本稿では、この施工状況を報告すると共に当該工事において試験的に導入した継手検査システムの概要について述べる。

キーワード：コッター式継手、床版取替、急速施工、出来形、継手検査システム

1. はじめに

我が国のインフラ施設は、高度成長期に集中して整備されたため、50年余りを経て一斉に更新時期を迎えている。橋梁分野では、全国約73万橋の道路橋のうち、建設後50年を経過する橋梁は、2023年に39%、さらに2033年には63%に達すると予測されている¹⁾。特に橋梁のRC床版は、通行車両の大型化、交通量の増加等による疲労、飛来塩分や凍結融解剤の散布等による塩害や、両者の複合劣化による損傷が著しいため、最新の技術で更新させることが急務となっている。

このような現状から、NEXCO 3社は2015年度より高速道路リニューアルプロジェクトを開始し、各所にて更新工事が鋭意進められている²⁾。その中の課題として、工事実施においては、長期にわた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、今後工事が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。

以上の背景、社会的ニーズを踏まえ、急速施工、省人化、高品質化、取替性（メンテナンス性）の向上を目的とし、コッター式継手を有する橋梁用プレキャスト床版（以下、コッター床版と称す）が開発された。

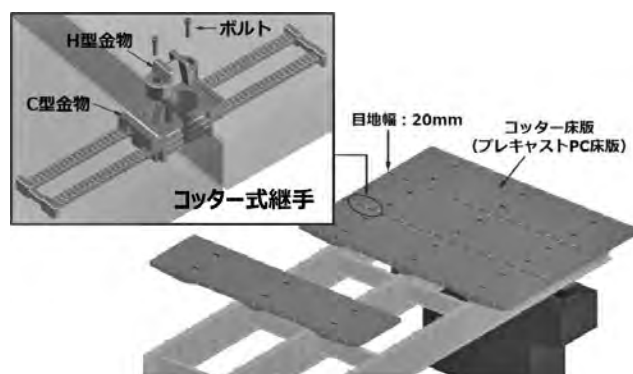
本稿では、まずコッター床版工法の概要について述べた後、東北自動車道の床版取替工事に適用した施工状況を報告する。さらに、当該工事において試験的に導入した継手検査システムの概要について述べる。

2. 工法概要

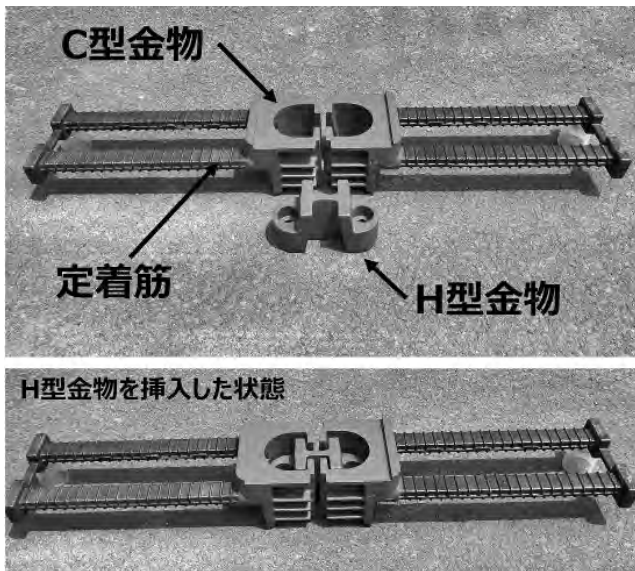
図一1にコッター床版工法の概要図を示す。コッター床版工法は、プレキャスト床版を架設した後、機械式継手であるコッター式継手で床版同士を連結し、専用目地材を充てんして床版同士を接合する工法である。

写真一1にコッター式継手を示す。コッター式継手は、C型金物とH型金物から構成される。C型金物は、プレキャスト工場ですべて床版に埋め込まれる部材、H型金物は、C型金物同士を連結する部材である。現地では、向かい合ったC型金物内にH型金物を挿入し、ボルトで締付けて床版を連結する。ここで、コッター式継手の材質は铸造性に優れ、耐候性鋼と同等の腐食抵抗性を有する球状黒鉛鑄鉄（FCD600-3）である³⁾。

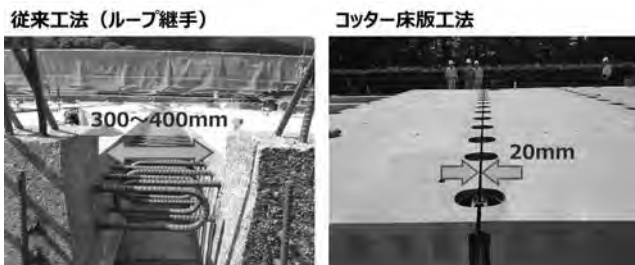
写真一2に従来工法（ループ式継手）とコッター床版工法の継手部の比較を示す。従来工法では、床版端部より突出させた鉄筋を重ね合わせて、継手部分にコンクリートを打設するため、通常300～400mm程



図一1 コッター床版工法概要



写真一 1 コッター式継手



写真一 2 継手部 (現場打ち部) の比較

度の現場打ち部が必要となる。これに対しコッター床版工法では、床版端部に鉄筋の突出がなく、現場打ち部 (目地部) の幅は 20 mm である。このため、現場打ちコンクリートの必要がなく、床版接合に伴う作業工程を大幅に削減できることが特長となっている。

3. 床版取替工事

(1) 施工手順

コッター床版を架設してから接合を完了するまでの手順は以下のとおりであり、この手順以外は一般的な床版取替工事と同様である。

1) コッター床版架設

目地幅 20 mm を確保し、所定の位置にコッター床版を架設する。コッター床版の架設は、位置決めを行った後、設置済み床版の C 型金物をガイドとして、専用治具により設置床版を引き寄せて完了する。床版架設後、高さ調整ボルトにより高さ調整を行う。写真一 3 にコッター床版の架設状況、写真一 4 に専用治具による引寄せ状況を示す。

2) H 型金物挿入

コッター床版を架設した後、向かい合った C 型金



写真一 3 コッター床版の架設状況



写真一 4 専用治具による引寄せ状況



写真一 5 H 型金物の挿入状況

物に H 型金物を挿入する。写真一 5 に H 型金物の挿入状況を示す。

3) 固定用ボルト締付け

H 型金物 1 個につき 2 本の固定用ボルトを締付けて床版同士を連結する。連結作業は、床版 1 枚を架設する毎に全個数を締付ける。ボルト締付けは、電動レン



写真一六 固定用ボルト締付け状況



写真一八 目地材充てん完了（接合完了）状況



写真一七 目地材の充てん状況



写真一九 工事全景写真

チによる仮締めとトルクレンチによる本締め（2回）を行い、2回目の本締め作業では、所定のトルクで締付けられていることを確認し記録する。写真一六に固定用ボルト締付け状況を示す。

4) 目地材充填

専用目地材を現地で練り混ぜ、目地部に充てんする。専用目地材は、コッター床版の接合用に新たに開発した充てん性に優れたもので、無収縮モルタルに7号砕石と短繊維を添加することで、耐久性を向上させている⁴⁾。

写真一七に目地材の充てん状況、写真一八に目地材充てん完了（接合完了）状況を示す。

コッター床版工法では、床版架設から目地材充てんまでの作業を1日サイクルで行うことを標準としているため、床版架設の翌日から翌々日には床版接合が完了することになる。

(2) 施工事例

コッター床版工法を用いた床版取替工事として、東北自動車道での事例を紹介する。対象橋梁は、橋長

284.3 m、有効幅員9.25 mの鋼3径間連続鋼桁橋であり、床版取替面積は約3,100 m²（プレキャスト床版115枚）である。床版取替時の全景写真を写真一九に示す。

当該工事では夏期混雑期および冬期休止期間中の施工を避けるため、令和2年8月25日から同年10月14日までの51日間で床版取替工事（橋面防水およびアスファルト舗装を除く）を完了する必要があることに加え、表一に示すような複雑な線形を有していることが工事の特徴として挙げられる。

このため、コッター床版工法による工程短縮の他に、現地近傍で事前に仮組をし、プレキャスト壁高欄を取り付けた壁高欄一体型コッター床版として施工することで、更なる工程短縮を図っている。写真一10に壁高欄一体型コッター床版の架設状況を示す。

施工は、2班体制で橋梁中央より両端部に向けて行った。今後の施工に資する様々なデータを取得するためにそれぞれで異なる施工方法を採用している。写真一11および写真一12にそれぞれの施工状況写真を示す。一般的な施工手順となる写真一11では、床

表一 線形の特徴

曲線	直線～R=500 m へのクロソイド曲線
縦断勾配	2%
横断勾配	2%～6%に変化
幅員変化	10.85 m～11.10 mに変化



写真一10 壁高欄一体型コッター床版の架設状況



写真一11 床版撤去・設置を1日サイクルで施工する場合



写真一12 床版撤去を先行する場合

版撤去から床版設置までを1日サイクルとし、プレキャスト床版6枚（橋長で約15m分）を1日の施工量とした。一方では、写真一12に示すように床版撤

去を先行して行い、すべての床版を撤去した後、プレキャスト床版を設置する方法を採用した。この場合、設置した床版上に架設用クレーンを移動させる必要があるが、コッター床版工法では、H型金物で床版同士を連結すれば必要な接合強度を得られることから、タイムロスなく連続した床版架設作業が可能であった。

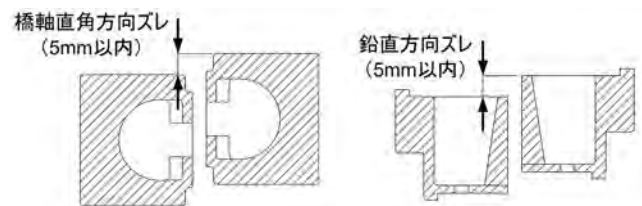
当該工事では、コッター床版工法による様々な施工方法を試みることで、複雑な線形でも問題なくコッター床版工法が適用できることを確認した。

(3) 施工管理

コッター床版の出来形管理は、床版の位置、高さ等の一般的な管理項目以外に、継手位置およびボルト締付けトルクに管理目標値を設定している。表一2に、コッター床版特有の管理目標値を示す。これらの管理目標値は、H型金物を確実に締付けられる限界値から設定されるもので、床版同士が確実に連結されていることを確認するためのものである。管理目標値を満たすことを確実に計測するため、後述の床版出来形検査システムを開発した。

表一2 コッター床版の管理目標値

管理項目		管理目標値
継手位置のズレ ※下図参照	橋軸直角方向	5 mm 以内
	鉛直方向	5 mm 以内
目地幅		19 ± 2 mm
ボルト締付けトルク		150 N・m



4. 床版出来形検査システム

(1) 目的

コッター床版の出来形検査は、コッター式継手のボルト締結作業時の締付けトルクの計測と継手の接合状態の出来形計測の2種類の計測がある。従来は、締付けトルクの計測時に計測機に表示される値を目視で確認・記録しているが、誤記や読み取りミスなどの人為的なミスを発生する恐れがあった。また出来形の検査では、手計測による検査を行っていたため、手間と時間がかかっていた。そこで、3次元カメラを用いた画像処理による自動計測と、締付けトルクの計測を同時に

実施することで、出来形検査の効率化および高精度化を可能とする床版出来形検査システムを開発した。

(2) システム概要

写真—13に示すコッター床版検査システムは、締付トルクの計測と出来形検査を同時に実施するシステムである。締付トルクを計測するトルクレンチは、通信規格 zigbee により検査システムと通信しており、規定の締付けトルク値を計測した時に検査システムにデータを送る。次に、出来形検査を行う検査システム本体には、3次元カメラが搭載されており、格子パターン投影法による3次元計測を行っている(図—2)。格子パターン投影法とは、プロジェクタにより測定対象の物体にパターン光を投影し、物体に照射されて変形したパターン光をプロジェクタと異なる軸からカメラで撮影することで対象の3次元形状を取得する方法である⁵⁾。

(3) 検査手順

開発した検査システムを用いた検査は、以下に示す

2段階の手順で実施する。

① ボルト締結

コッター式継手1個に対し2本のボルトを同時にトルクレンチにより締め付ける。規定のトルクまで締め付けた時、検査システムに計測トルクを保存する。

② 出来形検査

検査システムをコッター式継手の上部に移動させ、コッター床版管理目標値(表—2参照)に従った項目を1度に計測する。

(4) 現場試行

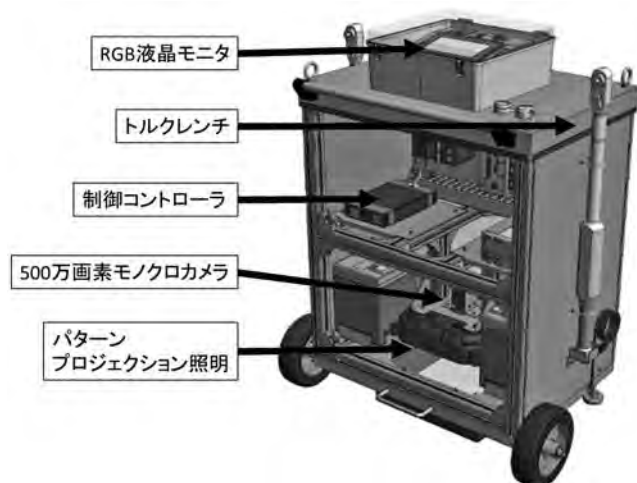
前述の東北自動車道での床版取替工事において現場試行実験を実施し、検査システムの有効性を確認した。従来通り手計測で計測を実施した時、1継手あたり1分40秒程度かかることが分かった(写真—14)。これに対し、開発した検査システムによる計測は40秒程度であり、1継手あたりの計測時間を60%短縮することができた(写真—15)。



写真—13 コッター床版出来形検査システム



写真—14 検査状況(手計測)



図—2 機器構成



写真—15 検査状況(出来形検査システム)



図-3 品質管理情報の管理イメージ図

(5) 展望

3次元カメラを用いた画像処理による自動計測と、締付けトルクの計測を同時に実施する床版出来形検査システムを開発し、効率的に出来形検査ができることを確認した。得られた品質管理情報の活用方法として、図-3に品質管理情報の管理イメージ図を示す。

コッター床版による床版取替工事では、コッター式継手を製造する「継手工場（鋳物工場）」、コッター床版を製作する「床版工場（PC工場）」および「施工現場」の各々において独立した品質管理を行っているが、これをクラウド上で一元管理することで、発注者ならびに施工者が適時情報を収集できる状態にするとともに、将来の維持管理に資する情報として活用していく予定である。

5. おわりに

コッター床版工法は、工程短縮や省人化以外に様々なメリットがあるが、機械式継手を用いることで床版接合作業を単純化していることに特長がある。このため従来工法のように鉄筋工、型枠工等の熟練工を必要とせず、建設業が直面している担い手不足問題に対し、その解決の一助となれば幸いである。

また、継手製造から現場施工まで一貫して品質管理情報を管理することで、施工後の維持管理にも役立てていきたいと考えている。

JICMA

【参考文献】

- 1) 国土交通省社会資本の老朽化対策情報ポータルサイト インフラメンテナンス情報
- 2) NEXCO 東日本企業情報サイト 高速道路リニューアルプロジェクト <https://www.e-nexco.co.jp/renewal/>
- 3) 鬘谷亮太、渡邊輝康:コッター式継手を用いた橋梁用プレキャストPC床版の開発, 建設機械施工 Vol.70 No.9, pp.47~53, 2018.9.
- 4) 河村彰男ほか:コッター床版接合用目地材の開発, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, CS8-03, 2019.9.
- 5) 大谷幸利, 3次元計測技術, 日本画像学会誌 第53巻 第2号 p.131, 2014.3.

【筆者紹介】



鬘谷 亮太 (かづらや りょうた)
 (株)熊谷組
 土木事業本部 橋梁イノベーション事業部
 事業部長



竹下 嘉人 (たけした よしと)
 (株)熊谷組
 土木事業本部 ICT推進室