

橋梁の急速施工におけるプレキャストコンクリート床版と桁の新たな接続方法（前編） — Precast concrete deck-to-girder mechanical connection for accelerated bridge construction —

著：George Morcouc, Raed Tawadrous
訳：会誌編集委員会海外部会

橋梁の急速施工に採用可能で、従来の方法に比べてせん断抵抗性能が25%向上したプレキャストコンクリート床版（以下、PCa床版）とプレキャストプレストレストコンクリート桁（以下、PC桁）の新たな機械的接続方法を開発した。本稿では、新しい接合方法の設計概要、新たな接合方法と従来方法を比較した実験的研究、および新型ジベル孔における設計例について報告する。前編では、新しい接合方法の設計概要、新たな接合方法と従来方法を比較した実験的研究の概要を報告する。

キーワード：プレキャストコンクリート床版、ジベル孔、合成構造、急速施工

1. はじめに

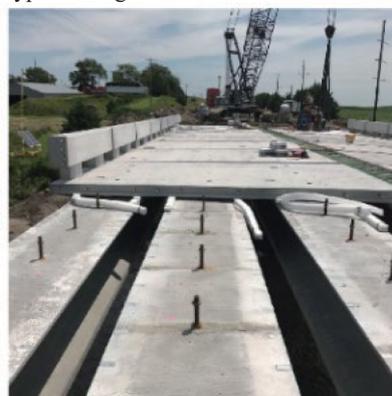
PCa床版は、その高品質、耐久性、および施工性のために、新設橋梁や劣化した現場打ちコンクリート床版の更新に採用されている。PCa床版は、1960年代に主桁と非合成構造として、1973年に合成構造として使用され始めた。PCa床版を用いた合成構造は、強度と維持管理性、経済性に優れる。非合成構造よりも断面形状のス

リム化が可能となる。PCa床版は通常、桁の上フランジから突出させたジベルなどをジベル孔または連続した橋軸方向の溝に埋め込み、主桁と合成される。

本稿では、コンクリート橋桁で単独配置されたジベル孔と集中配置されたジベル孔を使用する床版と主桁の接続方法に焦点を当てて報告する。図-1に、ネブラスカ州のカーニーイーストバイパス橋とベルデンローレル橋の建設で採用された二つの接続を示す。これらの接続



Kearney East Hypass Bridge



Belden-Laurel Bridge

図-1 (上) 円形HSSを用いたカーニーイーストバイパス橋
(下) 長方形HSSを用いたベルデン-ローレル橋

は、PC 桁に最大間隔 1.2 m でジベルが単独配置または集中配置で埋め込まれ、PC 桁と接続するために使用された。円形箱抜き（以下、HSS）を使用して、PCa 床版に各桁ライン上で同じ間隔でジベル孔を設けた。次に、グラウトまたは高流動コンクリートをグラウト孔より、ジベル孔とその周辺のハンチ部に充填し、図 - 2 に示すような合成断面で構成される。この合成断面を有したプレキャストコンクリートで HSS を使用することには 2 つの利点がある。まず、HSS は、ジベル孔の埋設型わくとして使用できる。これにより、第一に型わくの製作および解体が不要となる。第二に HSS は、ジベル孔内

のコンクリートの充填性を確保できる。これにより、集中配置されたジベル周囲に発生する応力集中によるコンクリートの割裂やひび割れを防止できる。この充填により、ジベル孔周辺の補強材の密集配置も最小限に抑えられ、ジベル孔の間隔を広げることができる。

HSS で形成されたジベルの構造性能と構成可能性を調査するために、いくつかの研究が実施された。これらの研究は優れた構造性能を示しているが、性能はグラウト材の品質と強度、およびジベルの埋込みに大きく依存する。グラウトの強度が不足し、グラウトの硬化が不十分、またはジベルの埋込みが不足している場合、早期に

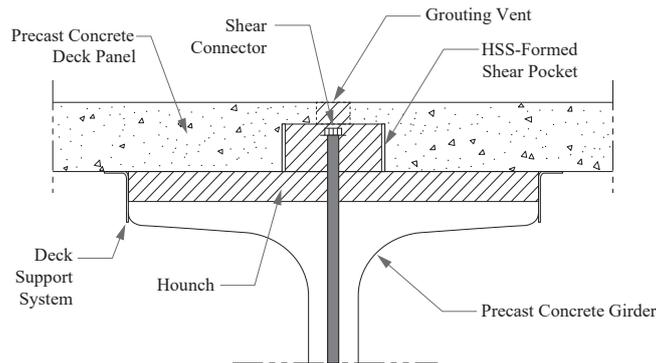
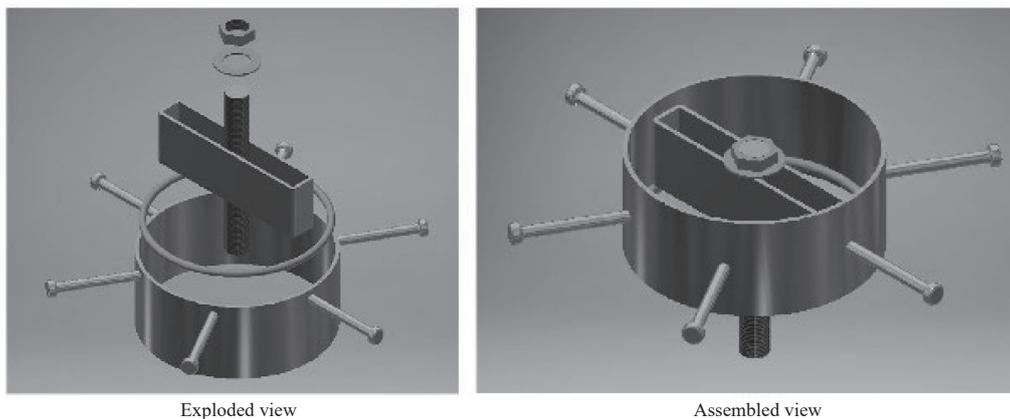
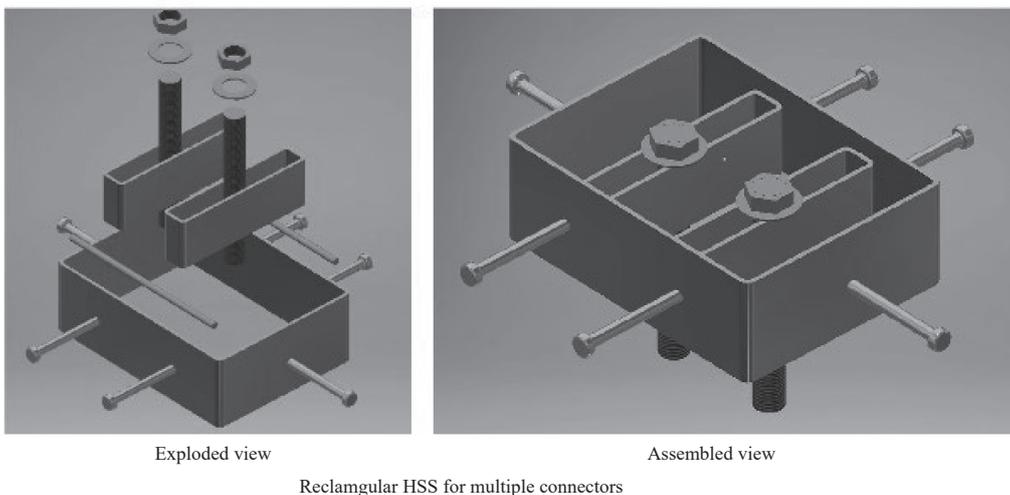


図 - 2 従来の円形 HSS を用いたジベル孔



Circular HSS for single connector



Reclamangular HSS for multiple connectors

図 - 3 円形 HSS および長方形 HSS の三次元概略図

コンクリート破壊が生じる可能性がある。あるいは、コンクリートの破壊を回避するために小さなジベル孔を使用すると、ジベル孔の寸法が不十分なため、架設中にジベル孔とジベルが干渉する可能性があり、施工性の問題が発生する可能性がある。

本稿では、従来のジベル接続における前述の問題を改善するために著者によって開発した新しい機械的接続方法（米国特許第 10,508,434 号）について報告する。新しい接続方法は、製作と架設の許容誤差に対応しながら、PCa 床版を PC 桁に機械的に接合する独自の方法である。この方法は、接続の施工性を向上させ、グラウト材の強度や品質への依存を排除できる。また、新たな接続方法と従来の円形 HSS を使用して大規模試験を実施した押し抜きせん断試験の結果を示し、構造性能と施工性能を比較する。

2. 新しい接合方法の設計概要

PCa 床版および PC 桁に新たな接合方法を用いる場合、標準規格の鋼製 HSS とジベルから形成される新型ジベル孔を用いる。一般的に、円形 HSS は単一コネクタ（接合部に 1 本のジベル）、長方形 HSS はマルチコネクタ（接合部に 2 本以上のジベル）が使用される。さらに、円形 HSS はフープ筋、長方形 HSS は鋼棒 2 本をそれぞれ内側に溶接し、下端に突出させる。それらはさらに HSS 内側に配置した長方形 HSS により、新型ジベル孔と接合部周辺を溶接している（図 - 3）。

PCa 床版および PC 桁は、内側の長方形 HSS の上端に標準規格のワッシャーと六角ナットを用いて締結したのち、鋼製 HSS 上部より新型ジベル孔周辺および版下を流動性のあるグラウトまたはコンクリートで充填させる。この設計では、グラウトの強度や定着長に関係なく、内側の HSS と溶接鉄筋による接合によって鋼製 HSS 内とボルトが完全に一体化すると考えている。HSS の外側はスタッド溶接としており、ボルトの締付け力を床版に伝達している。図 - 3 に、円形 HSS および長方形 HSS の三次元概略図を示す。この接合方法は、鋼製 HSS 内の新型ジベル孔の位置に依存せず機能し、床版と桁の製作および架設における規定を十分に満たしてい

る。

3. 実験的研究（前編）

新しい接合方法の性能を評価するため、4 体の試験体を用いて実験を行った。新たな接合方法を用いた鋼製 HSS (MCSP) を MCSP-1, MCSP-2, 従来の HSS (CSP) を用いた試験体を CSP-1, CSP-2 とする。試験体は、実物大の桁と接合部を再現し 1.8 m × 0.76 m × 1.02 m (4 ft × 4 ft × 7.5 in.) および 1.2 m × 1.2 m × 109.5 mm (6 ft × 2 ft 6 in. × 3 ft 4 in.) のコンクリート床版を製作する。

新型ジベル孔は、ワッシャーと六角ナットを備えた直径 38 mm (1.5 in.)、長さ 0.9 m (3 ft) のジベルを使用した。ジベルは ASTM A193 Gr.B7 に準拠し、断面積 909.68 mm² (1.41 in.²)、降伏強度 724 MPa (105 ksi)、終局強度 862 MPa (125 ksi) としている。円形 HSS の寸法は、外径 323.85 mm (12.75 in.)、板厚 6.35 mm (0.25 in.) とし、試験体すべてに長さ 139.7 mm (5.5 in.) の鋼製 HSS を設置した。円形 HSS は、ASTM A500 Gr.B に準拠し、降伏強度 290 MPa (42 ksi)、終局強度 400 MPa (58 ksi) としている。図 - 4 に示すように、直径 19 mm (0.75 in.)、長さ 152.4 mm (6 in.) のスタッドを計 5 本、円形 HSS の外面に溶接し、コンクリート床版に定着させた。

新たな接合方法を有する 2 体の試験体には、下端から 12.7 mm (1/2 in.) にある円形 HSS の内面で溶接された 13 mm (#4) のフープ筋を配置し、直径 95.25 mm (3 3/4 in.) の円形 HSS と同じグレードである 304.8 mm × 50.8 mm × 6.35 mm (12 in. × 2 in. × 0.25 in.) の長方形 HSS を支持している。図 - 4 に、ジベル孔の新たな接続部におけるさまざまな構成部品を示す。

図 - 5 に、PC 桁における 4 種類の模擬試験を行うための試験体の寸法と補強の詳細図を示す。AASHTO または PCI におけるバルブ T 桁の上フランジ幅に合わせるために、試験体の寸法を 1.8 m × 1.02 m (6 ft. × 3 ft. 4 in.) とした。試験体には、ずれ止め用のジベルを埋め込み、試験体天端から 212.725 mm (8 3/8 in.) 突出させた。コンクリート打込み時におけるジベルの支持と荷重載荷時におけるジベル付近のコンクリートのひび割れの制御を行うために、ジベルを埋め込んだコンクリート表面付

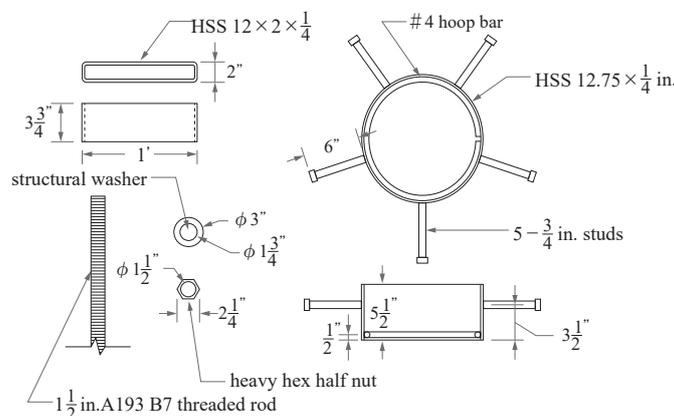


図 - 4 新型ジベル孔における構成部品

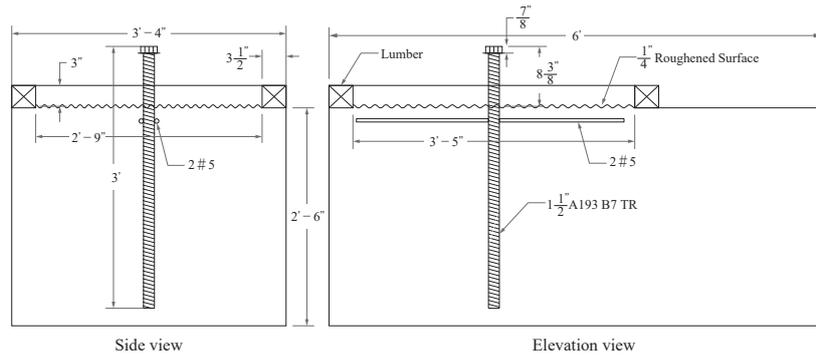


図 - 5 PC 桁における模擬試験を行うための試験体の寸法と補強の詳細図（側面図，断面図）

近に 16 mm (#5) の補強筋を配置した。4 種類の試験体には、41.4 MPa (6 ksi) の自己充填コンクリートを使用した。試験体天端は、PC 桁製作時と同様な方法により金属レーキを使用して、あらかじめ 6.35 mm (0.25 in.) で目荒らしを行った。コンクリート床版を支持するために、目荒らしを行った範囲の両脇に角材 50.8 mm × 101.6 mm (2 in. × 4 in.) を使用した。

図 - 6 に、PCa 床版パネルの模擬試験を行うための MCSP 試験体の寸法と補強の詳細図を示す。試験体の寸法は 1.2 m × 1.2 m × 109.5 mm (4 ft × 4 ft × 7.5 in.) とし、本試験体においても PC 桁用の試験体と同様のコ

ンクリートを使用し、製作を行った。すべての試験体で、上下面に補強を行い、HSS のジベル孔を各試験体の中心に配置した。ジベル孔の高さは 139.7 mm (5.5 in.) で、残りの 50.8 mm (2 in.) については発泡材を型わくとして使用した。同様に、CSP 試験体が製作された。しかしながら、HSS のジベル孔上部には、直径 101.6 mm (4 in.) のグラウト注入口が設けられた。また、従来の接続部では、HSS の内側にフープ筋を溶接しなかった。

※ 2号へと続く

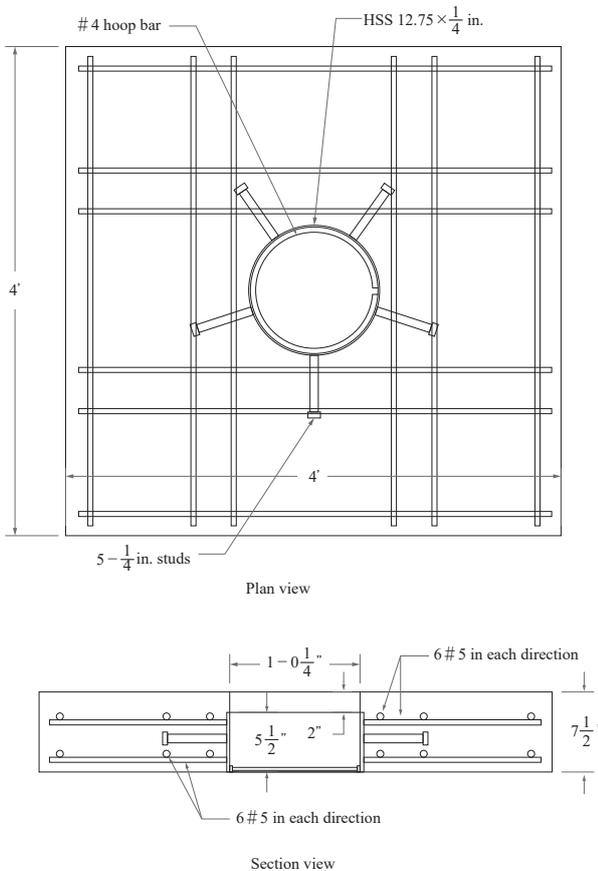


図 - 6 床版パネルの模擬試験を行うための MCSP 試験体の寸法と補強の詳細図（平面図，断面図）

*This article was first issued in PCI Journal (Precast Concrete Institute Journal), 2020, May-June, page 37-52
<https://doi.org/10.15554/pci65.3-01>*

- * : 会誌編集委員会海外部会委員
- 堀内 祐樹 (首都高速道路 (株))
- 渡邊 秀知 (㈱ ビーエス三菱)
- 佐藤 千鶴 (㈱ 銭高組)
- 田中 慎也 (㈱ IHI インフラ建設)
- 森田 遼 (鹿島建設 (株))

【2020年12月7日受付】