

ボックスカルバートへの適用を想定した複合ハーフプレキャスト部材の設計的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○坂本 守 岩本拓也 曾我部直樹

1. はじめに

RC 躯体における頂版の施工の合理化を目的として、PCa 版と鋼材ユニットから構成される鋼コンクリート複合ハーフプレキャスト (HPCa) 部材の開発を進めている。本稿では、実構造物への複合 HPCa 部材の適用を想定し、既往の検討結果¹⁾³⁾に基づいて複合 HPCa 部材の鋼材諸元を設定した事例を報告する。

2. 設計の方針と対象構造物

複合 HPCa 部材における鋼材ユニットは、主鉄筋を代替する主鋼材とせん断補強筋およびブレースから構成されており、コンクリート打込み時に支保工を省略可能な曲げ性能を部材に付与する機能と、コンクリート硬化後における補強材としての機能を有する。コスト面での合理化を図るためには、材料費や製作費の観点より鋼材ユニットの鋼材量を最小とすることが好ましいことから、本事例では、コンクリート打込み時に必要となる鋼材量を設定した後にコンクリート硬化後の耐力計算を行い、設計上必要な耐力を確保するために主鉄筋やせん断補強筋を適宜追加することとした。

適用の対象とした構造物は、都市内の大型開削トンネルにおける 2 連ボックスカルバートの頂版 (図-1) である。ここでは、頂版施工時にその直下を施工スペースとして活用することを想定して、6.5m 程度の無支保区間 (図-2) を確保できるように、以下の手順によって鋼材諸元を設定した。

- 1) コンクリート打込み時の PCa 版のたわみが 3.0mm 以下⁴⁾、かつ PCa 版に発生する曲げ応力度が PCa 版コンクリートの曲げひび割れ強度⁵⁾以下となる鋼材諸元を FEM 解析により設定
- 2) 複合 HPCa 部材による頂版 (SRC 頂版) の曲げ耐力が適用対象とする RC 頂版を上回るよう、必要に応じて主鉄筋を追加

本事例では、かぶりや運搬性を考慮して PCa 版厚さは 150mm、PCa 版コンクリートの圧縮強度は 60N/mm² とし、主鋼材の部材幅方向の配置間隔は 500mm とした。SRC 頂版の部材寸法は RC 頂版と同様とし、頂版の厚さは 1200mm、ハンチの高さは 500mm とした。せん断補強筋や接合部補強筋は RC 頂版と同様に配筋することとし^{1),2)}、本稿ではその詳細は割愛する。

3. コンクリート打込み時の PCa 版のたわみと曲げ応力度の検証

図-3 に複合 HPCa 部材の概要を示す。主鋼材には板厚 32mm、幅 150mm の平鋼 (SM490Y FB32x150)、ブレースには SS400 FB19x90 を使用し、主鋼材とブレースの交差部には鉄筋 SD345 D19 を鉛直方向に設置する。主鋼材と PCa 版との接合部には直径 4 インチの鋼管と直径 16mm の頭付きスタッドを設置し、鋼管内にモルタルを充填することで PCa 版と鋼材ユニットを一体化させる。

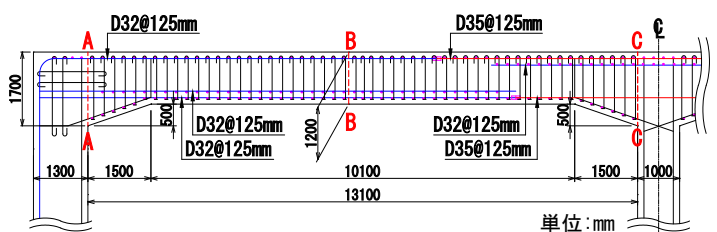


図-1 適用対象の頂版 (RC 頂版)

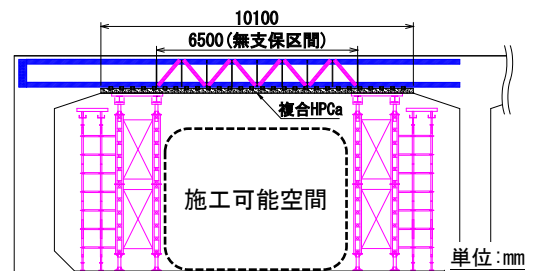


図-2 複合 HPCa 部材の適用イメージ

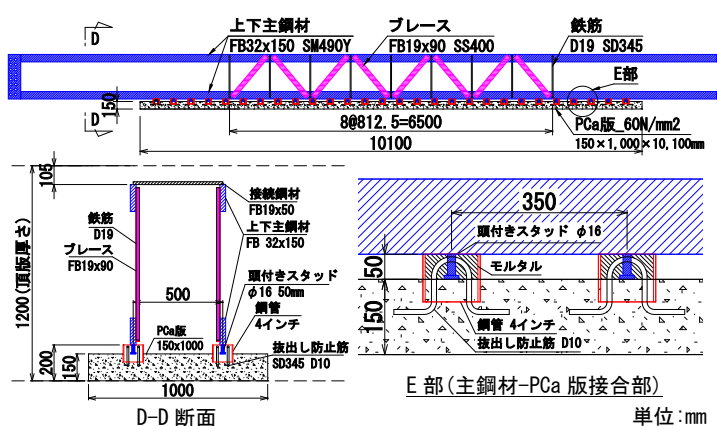


図-3 複合 HPCa 部材の概要

キーワード ハーフプレキャスト, 複合構造, FEM 解析, 生産性向上

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

上記の複合 HPCa 部材のスパン中央 7.0m×部材幅 1.0m を対象として、DIANA10.5 を用いた FEM 解析によりコンクリート打込み時の曲げ挙動を検証した。解析モデル (図-4) は 1/4 モデルとし、材料特性や各種鋼材とコンクリートおよびモルタルとの境界部に配置する境界要素は、既往の検討事例³⁾を基に設定した。境界条件はピン・ローラー支持とし、PCa 版上面にコンクリート打込み時に作用する荷重として、複合 HPCa 部材の自重とコンクリートの重量 (24.5kN/m³) および作業荷重 (2.5kN/m²) を等分布荷重として作用させた。

図-5, 6 にたわみと最大主応力のコンター図を示す。たわみの最大値は 2.2mm であり、制限値の 3.0mm を下回った。PCa 版下面の最大主応力の最大値は 2.6N/mm² であり、PCa 版の曲げひび割れ強度である 3.5N/mm² 以下であった。以上より、設定した複合 HPCa 部材が、6.5m の無支保区間を設ける上で必要となる曲げ性能を有していることを確認した。

4. コンクリート打込み後の曲げ耐力の検証

3. で設定された主鋼材に対して、SRC 頂版の曲げ耐力が RC 頂版を上回るように鋼材の諸元を設定した。なお、曲げ耐力は、最外縁に位置する鉄筋または鋼材の端部が降伏ひずみに到達した時点の曲げモーメントとして定義した。照査する断面は、図-1 に示す側壁側のハンチ端部 (A-A 断面) とスパン中央 (B-B 断面)、中壁側のハンチ端部 (C-C 断面) の 3 断面とし、各種安全係数は 1.0 とした。コンクリートの圧縮強度は、RC 頂版、SRC 頂版 (後打ちコンクリート) とともに 30N/mm² とし、軸力は考慮せずに計算を行った。

表-1 に各断面における RC 頂版と SRC 頂版の曲げ耐力の計算結果を示す。主鋼材のみを有する SRC 頂版では、RC 断面よりも曲げ耐力が小さい断面があった。そこで、A-A 断面および B-B 断面ではボックスカルバートの内空側に D32 を 4 本、C-C 断面では外側に D32 を 4 本追加したところ、全ての断面において SRC 頂版の曲げ耐力が RC 頂版を上回ることを確認した。

5. まとめ

本稿では、複合 HPCa 部材を 2 連の大型ボックスカルバートの頂版に実適用することを想定し、既往の検討結果に基づいて鋼材諸元を設定した事例について報告した。今後、本部材の実適用を目的として、実大モックアップ試験体を用いた施工性、およびコンクリート打込み時の挙動の検証などを行う予定である。

参考文献

- 1) 十川ら：構造的性を有する複合プレハブ部材の曲げ特性に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.42, No.2, pp.997-1002, 2021.
- 2) 岩本ら：SRC 頂版と RC 壁の L 形接合構造の基礎的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.43, No.2, pp.133-138, 2021.
- 3) 細尾ら：複合ハーフプレキャスト部材における鋼材と PCa 版の接合部に関する解析的検討，土木学会第 77 回年次学術講演会(投稿中)，2022.
- 4) (社)土木学会：2010 年改訂版架設構造物の計画と施工，2010.
- 5) (社)土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書【設計編】，2017.

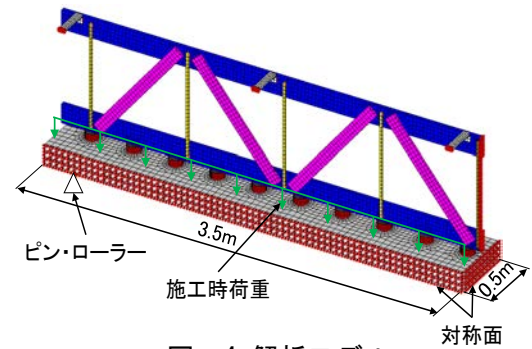


図-4 解析モデル

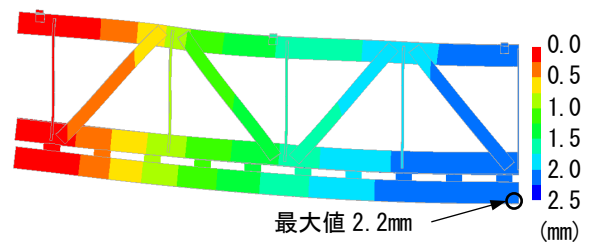


図-5 たわみコンター図

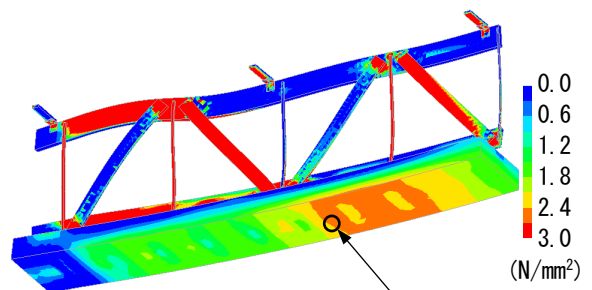


図-6 最大主応力コンター図

表-1 曲げ耐力の比較

曲げ方向	構造	曲げ耐力(×10 ³ kN・m)		
		A-A	B-B	C-C
正	RC	3.36	3.36	2.48
	SRC_主鋼材のみ	2.47	2.47	2.48
	SRC_内側に D32×4	3.36	3.36	2.49
負	RC	3.75	2.09	6.07
	SRC_主鋼材のみ	4.87	2.76	4.87
	SRC_外側に D32×4	4.96	2.76	6.24

赤字:SRC 頂版<RC 頂版
青字:SRC 頂版≥RC 頂版