

高強度 SFRC で製作された中空床版の耐力評価

大成建設（株） 技術センター 正会員 ○山本 悠人，村田 裕志，吉田 昂平，畑 明仁

1. 目的

設計基準強度 80N/mm^2 程度の高強度の SFRC（鋼繊維補強コンクリート）を適用することで鉄筋量の低減や部材形状の簡略化が可能になり，経済的な設計ができることを期待し，著者ら¹⁾は材料試験・構造実験と再現解析から各材料特性・構造性能を確認してきた．この設計基準強度 80N/mm^2 級 SFRC を道路橋床版に用いることで軽量かつ剛性を保った床版を作ることができると考え開発を進めている．ここではこの SFRC を用いた床版（以下，本稿では SFRC 床版と呼ぶ）の曲げ・せん断破壊に対する安全性の検討を実施した結果を報告する．

2. SFRC 床版の概要

SFRC 床版は通常のプレキャスト PC 床版と同等の剛性を有するように床版厚を 220mm とし，上下フランジ厚は 45mm とし，ウェブ厚は 45mm と 60mm の I 形桁を 2 方向に交差配置するような形状とした．床版の概要を図-1 に示す．I 型桁で囲まれた空間は中空となり，一般的な中実断面と比較して断面積が 60% 程度に低減されている一方，高強度化によるヤング係数の増加で剛性はプレキャスト PC 床版と同等である．鉄筋は橋軸方向に D19ctc150 (SD345)，橋軸直角方向に D19ctc300 (SD490) とした．橋軸直角方向には材質 SD490 の鉄筋にプレテンションを与えるプレストレス構造とした．初期緊張力は 1 本あたり 126kN であり，これは T 活荷重²⁾作用時に引張応力は発生するが，ひび割れは生じない PPC 構造として設計されたものである．中空部分は EPS（発泡スチロール）を中空型枠として用いることとした．

3. 載荷試験

上記の床版において，1 点載荷試験を実施した．試験体の形状および載荷状況を図-2 に示す．載荷は試験体中央に橋軸方向 200mm 橋軸直角方向 500mm の載荷板を介して荷重を与え，荷重低下が生じるまで単調載荷を実施した．橋軸方向の 2 辺を支点とし，橋軸直角方向の支点間距離は 2500mm である．また支点付近において床版端部の浮き上がり対策等は講じていない．また端部 300mm の範囲には EPS を埋め込んでおらず中実断面となっている．これは想定される破壊モードが載荷板付近での曲げ破壊または押抜きせん断破壊であり，耐力への影響が僅かであると判断したためである．試験実施時のコンクリートの圧縮強度は 83.5N/mm^2 であった．これは床版と同様に蒸気養生後に 5 日間水中養生を行い，その後気中にて保管された供試体を用いて載荷日に実施された結果である．

荷重と床版の鉛直変位の関係を図-3 に，試験終了時の試験体の写真を図-4 に示す．約 180kN でひび割れが発生，約 420kN で載荷板直下の鉄筋の降伏を確認した．複数本に分散されたひび割れのうち，載荷板直下のひび割れ幅が増加し，上面のコンクリートの圧縮破壊により荷重低下が生じている様子が確認された．最大耐力は 501kN であり，上面コンクリートの圧縮破壊が

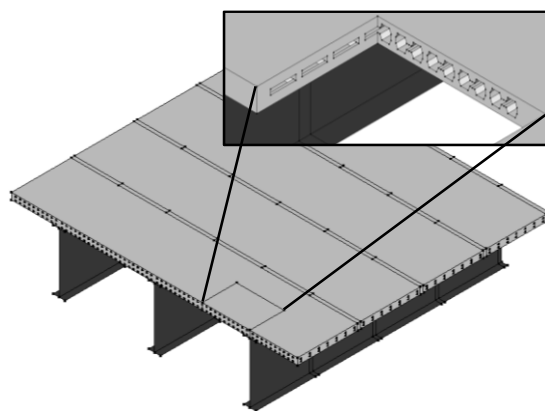


図-1. SFRC 床版の概要および断面図

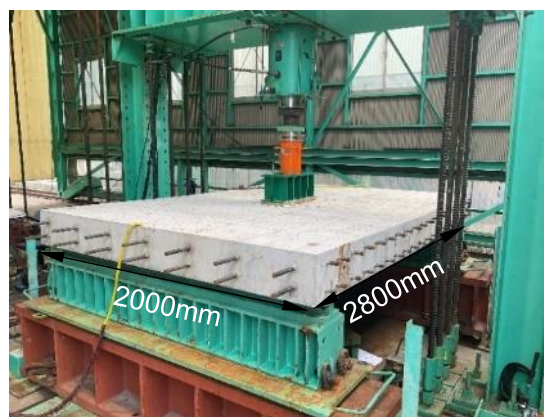


図-2. 載荷試験状況

キーワード 鋼繊維補強コンクリート 中空断面床版 平板曲げ試験 非線形有限要素法
連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株） 技術センター TEL045-814-7221

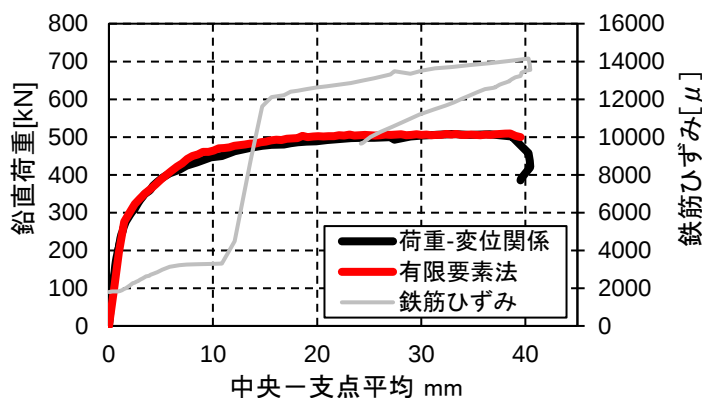


図-3. 荷重-鉛直変位関係

生じた後は荷重低下が確認されたため載荷を終了した。載荷時には四隅の浮き上がりは確認されず、床版の鉛直変位は中心の鉛直変位から四隅の鉛直変位の平均値を差し引いた値とした。押抜きせん断破壊は生じず、破壊モードは曲げ破壊となった。最大荷重は道路橋示方書における T 活荷重 100kN/箇所 の約 5 倍の値となっており、床版の十分な耐力が確認された。

4. 有限要素法による耐力算定

床版耐力の解析的評価を目的に、前章の載荷試験を対象に材料非線形を考慮した有限要素解法を実施した。モデル図を図-5 に示す。コンクリートモデルは圧縮強度を 83.5N/mm^2 、ヤング率・引張強度はコンクリート標準示方書²⁾にて圧縮強度から定まる諸元、各骨格曲線も同様にコンクリート標準示方書に基づく圧縮応力-ひずみ関係、せん断伝達関数を設定した。ただし既往研究^{1,3)}を参考に引張軟化曲線は切欠きはりの曲げ試験から逆解析により得られたものを 70%低減した曲線を、せん断伝達関数は軟化を考慮し係数を 0.4 とした。鉄筋はトラス要素の埋め込み鉄筋とし、降伏後に 1%の剛性を持つバイリニアモデルとした。また島らが提案する付着応力-鉄筋ひずみ-すべり関係

に、かぶりの影響を考慮し低減係数 0.1 を乗じたすべり関係を導入した。載荷方法は載荷板と支承を鋼材でモデル化し、支点の各拘束条件と載荷板中央への鉛直方向の強制変位により再現している。EPS の形状はコンクリート部の体積と剛性が同等となる制約にてハンチ部を簡略化し、モデル上は空洞とした。FEM 解析による荷重と鉛直変位の関係を図-3 の実験結果に併せて示す。SFRC の代表的な材料特性を用いることで、床版のひび割れ耐力と曲げ耐力を精度よく算出し、耐力の設計に対しては十分な精度で再現可能であることを確認した。また図-5 に示す通り上面の圧縮破壊により解析が発散し、実験同様の破壊モードを再現した。

5. まとめ

従来の床版と変わらない剛性で軽量化された SFRC 床版の曲げ耐力は T 活荷重に対して 5 倍程度の十分な曲げ耐力を有しており、T 活荷重に対する押し抜きせん断耐力はそれ以上であることが確認された。また非線形 FEM 解析でその耐力を十分な精度で再現できることが確認された。

参考文献: 1)吉田ら: 高強度高靱性 SFRC を用いた I 形梁の曲げ・せん断性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.2, 2022. 2)土木学会: コンクリート標準示方書 (設計編), 2017. 3)SURYANTO ら: Investigating Shear Transfer across Cracks in High performance Steel Fiber-Reinforced Concrete, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, 2010.



図-4. 荷重低下時の試験体上面

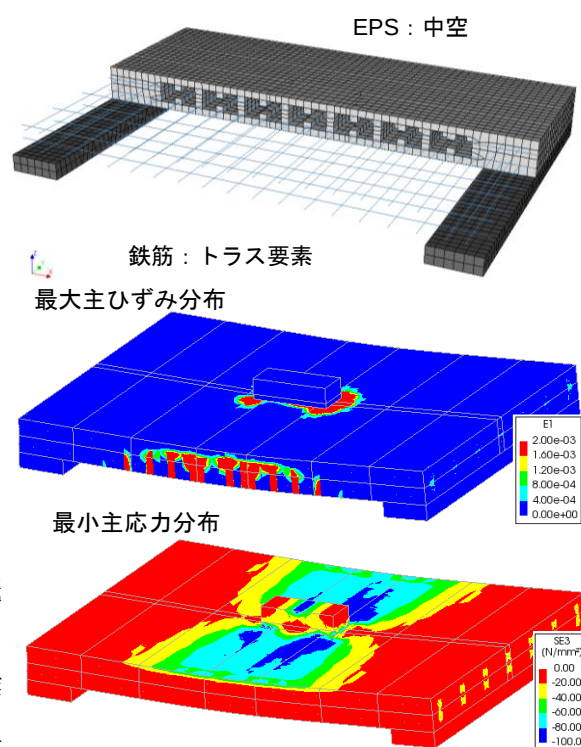


図-5. FEM (上段: モデル, 中下段: 結果)