

PC床版の拡幅工法に関する研究 (その1) 構造計算による構造成立性の確認

首都高速道路(株) 正会員 工修 ○石原 陽介
 首都高速道路(株) 工修 岸田 政彦
 (株)富士ピー・エス 正会員 博(工) 左東 有次
 (株)富士ピー・エス 正会員 工修 西永 卓司

キーワード：床版拡幅・プレキャストリブ・PC合成床版・高強度コンクリート

1. はじめに

PC床版を拡幅するためには、既設床版に新しい床版を接続し、新旧床版を一体化する必要がある。しかし、横締めPC鋼材が配置されている床版では、新旧の床版を一体化するためには、横締めPC鋼材の接続が必要であるが、構造的、施工的にも困難である。そこで、横締めPC鋼材と接続せずに新旧床版を一体化する拡幅工法が必要となる。このような背景の中、設計基準強度が100N/mm²の高強度プレキャストコンクリートリブおよびPC合成床版を用い、図-1に示す1車線程度(拡幅長：2.5m)の拡幅を想定した床版拡幅工法を開発した。本稿では、図-2の研究フロー図に示すように、構造計算により拡幅構造が成立することの確認を行い、そのうち、2面せん断試験により新旧床版接合部に導入するプレストレス量の妥当性を、PC合成床版耐荷力試験によりPC合成床版構造の一体性を確認した結果を報告する。

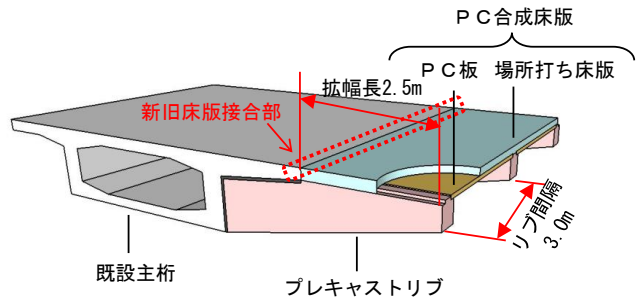


図-1 拡幅構造概要

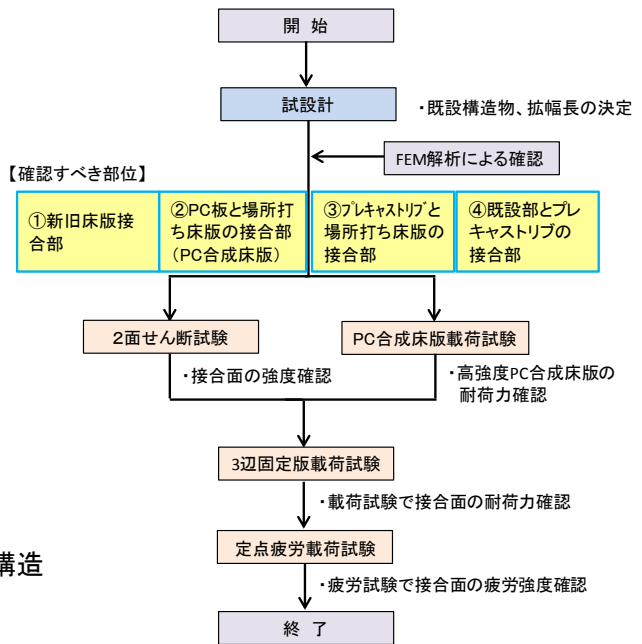


図-2 研究フロー図

2. 拡幅工法概要

プレキャストリブおよびPC合成床版を用いて拡幅する本工法の主な特徴を述べる。

2.1 高強度のプレキャストリブを接合した片持梁構造

工場製作の高強度コンクリート(設計基準強度：100N/mm²程度)を適用したプレキャストリブを、PC鋼材により既設主桁のウェブに一体化させる。また、プレキャストリブに高強度コンクリートを使用することで、部材寸法を縮小し、軽量化を図ることが可能となる。

2.2 PC合成床版構造

リブ間の橋軸方向に高強度コンクリートを使用したPC板(設計基準強度：100N/mm²、厚さ70mm)を型枠代わりに設置し、PC板上に配筋後、現場打ちコンクリートを打設することでPC合成床版(場所打

ち床版部コンクリートの設計基準強度：40N/mm²)を構築する。拡幅部の場所打ち床版は橋軸直角方向のリブで支えることで、床版厚を薄くでき、軽量化が図れる。また、PC板は高強度コンクリートを使用することで板厚を薄くすることができ、更なる軽量化が図れる。

2.3 新旧床版接合部にプレストレスを導入する構造

本構造は1次ケーブルと2次ケーブルを用いてプレキャストリブおよび場所打ち床版 (PC合成床版)を構築する。1次ケーブルは、プレキャストリブ設置のための架設ケーブルであり、2次ケーブルは、PC合成床版施工後に緊張するケーブルである。図-3に示すようにプレキャストリブと場所打ち床版はU形ジベル筋で接合した合成構造とし、図-4のように2次ケーブルを緊張することで、ジベル筋を介して新旧床版接合部に圧縮応力を伝達する機構を構成する。

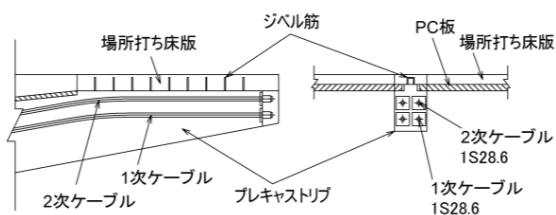


図-3 プレキャストリブ接合部

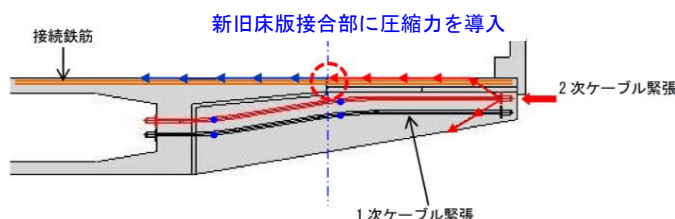


図-4 プレストレス導入概念図

3. 施工ステップ

施工ステップの概要を図-5に示す。まず、箱桁ウェブを削孔したのちに、プレキャストリブを設置する。プレキャストリブと既設箱桁の空隙部に飛出しシースを設置し、無収縮モルタルを充填する。そののち、1次ケーブルとしてPC鋼より線 (1S28.6) を箱桁ウェブからプレキャストリブまで設置・緊張し、一体化を図る。次にPC板を敷設し、配筋後に場所打ちコンクリートを打設し拡幅部合成床版を構築する。最後に、プレキャストリブ上面と既設箱桁床版下面の空隙部に無収縮モルタルを充填し、1次ケーブルと同様に2次ケーブルの設置・緊張を行う。

4. FEM 解析による構造成立性の確認

本拡幅構造では、拡幅長を2.5mとし、道路橋示方書Ⅲ6.6.7の解説に示されているプレストレスの分布 (33° 40') を考慮してリブ間隔3.0mを基本とした (図-6)。新旧床版接合部は、引張応力を許容するPC構造とし、既設床版と新設床版を鉄筋で接続するため、活荷重作用時 (設計荷重時) における引張応力度の制限値を-1.2N/mm² (道路橋示方書Ⅲ表-3.2.3の設計基準強度40N/mm²に対する曲げ引張応力度) とした。フレーム解析において、上記施工ステップを考慮した計算を実施して構造決定後、FEM

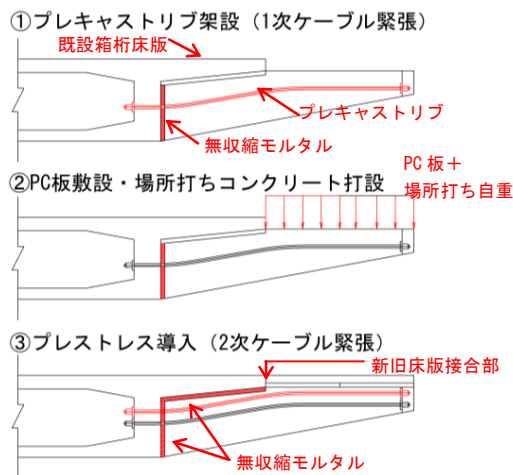


図-5 施工ステップ

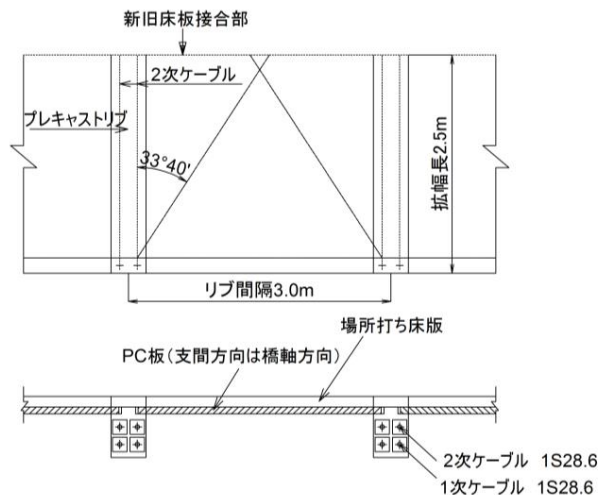


図-6 プレストレスの分布

解析を実施して活荷重作用時の応力状態の確認を行った。図-7 にリブ間に輪荷重 (140kN : 衝撃考慮) を載荷した場合の FEM 解析結果を示す。新旧床版接合部に発生する橋軸直角方向応力 (死荷重+プレストレス+活荷重) の最大値は -0.29N/mm^2 となり、活荷重作用時において本拡幅構造が成立することが確認できた。なお、死荷重時の新旧床版接合断面に導入する2次ケーブルのプレストレス導入量は 1.0N/mm^2 とした。

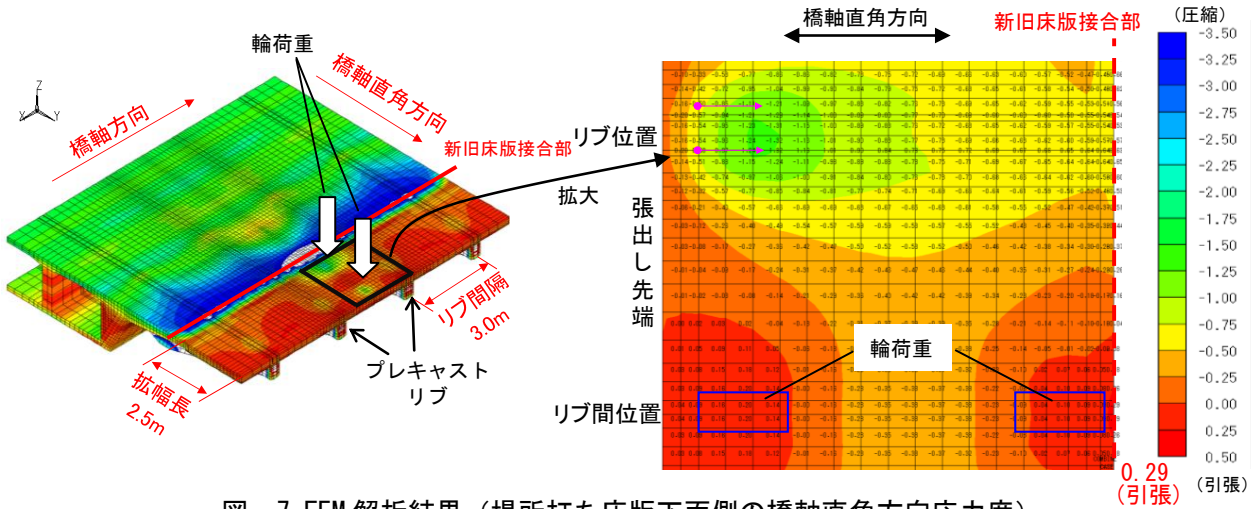


図-7 FEM 解析結果 (場所打ち床版下面側の橋軸直角方向応力度)

5. 2面せん断試験による検証

新旧床版接合部はプレストレスにより一体化を図る構造としている。そこで、プレストレス量を 0.25N/mm^2 , 0.5N/mm^2 , 1.0N/mm^2 , 2.0N/mm^2 と変化させた図-8 に示す試験体を用いて2面せん断試験を行い、必要プレストレス量を確認した。

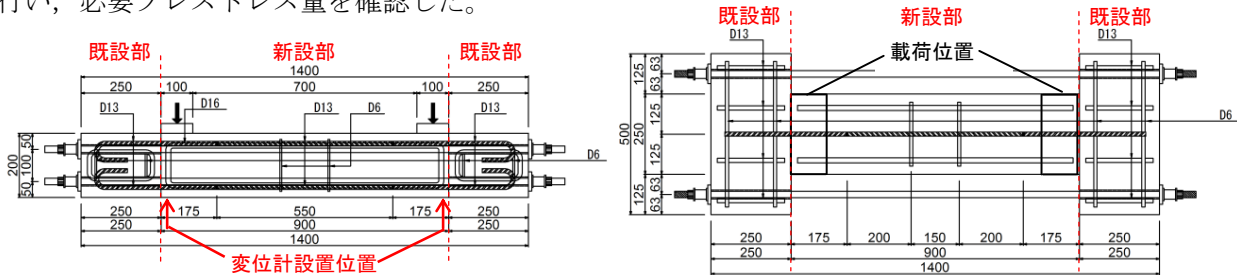


図-8 2面せん断試験体概要

載荷による荷重-変位の関係を図-9 に示す。終局荷重 (最大荷重) までは変位とプレストレス量との相関は認められなかったが、プレストレス量が大きくなるにつれて、終局荷重が大きくなる傾向が確認できた。次に、プレストレスとひび割れ発生荷重および終局荷重の関係を図-10 に示す。ひび割れ発生荷重および終局荷重の増加率はプレストレスが 0.5N/mm^2 から 1.0N/mm^2 時が最大となっている

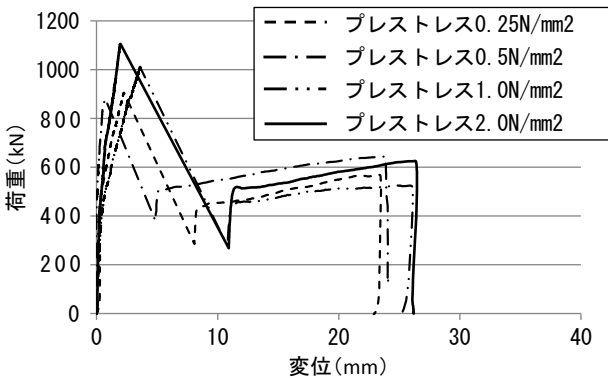


図-9 荷重-変位の関係

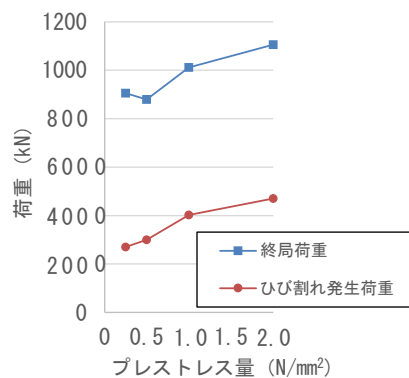


図-10 プレストレスと荷重の関係

傾向が認められるため、設計で想定した 1.0N/mm^2 のプレストレスを導入することが効果的であることがわかった。

6. PC 合成床版試験

本拡幅工法では、PC 板厚を 70mm と薄くするため PC 板のコンクリートの設計基準強度を従来の 50N/mm^2 より高強度の 100N/mm^2 とした。そのため、PC 合成床版の耐荷力が増加し、PC 板と場所打ち床版 (版厚 200mm) のコンクリートの界面に作用する水平せん断力が大きくなることが予想された。そこで、場所打ち部のコンクリートの設計基準強度を 40N/mm^2 とした PC 合成床版試験体 (長さ 2720mm , 幅 1000mm , 版厚 270mm) による静的載荷試験 (図-11, 写真-1) を行い、PC 板と場所打ち床版との接合部の一体性と PC 合成床版の耐荷力を確認した。荷重-たわみの関係を図-12 に、設計ひびわれ発生荷重 (360kN) 載荷時における側面のひずみ分布を図-13 に示す。

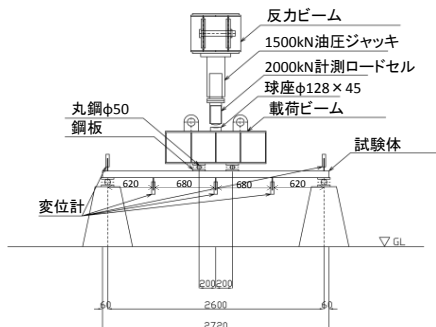


図-11 載荷試験概要

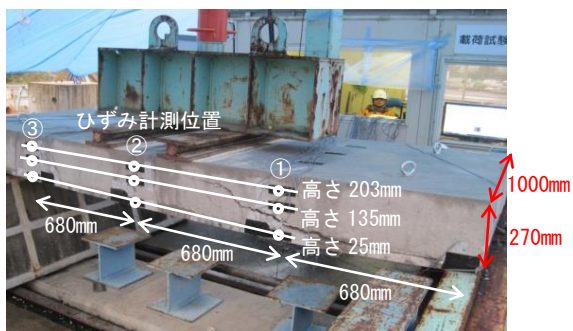


写真-1 載荷試験終了後

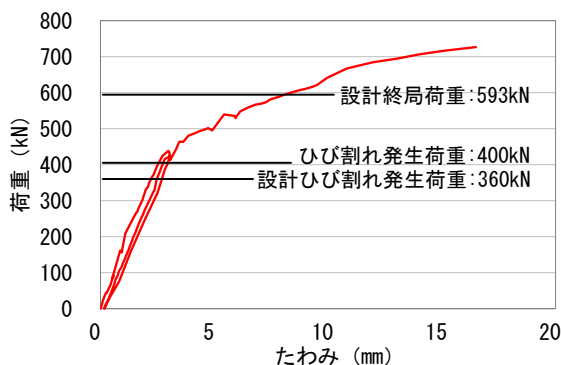


図-12 荷重-たわみの関係 (支間中央)

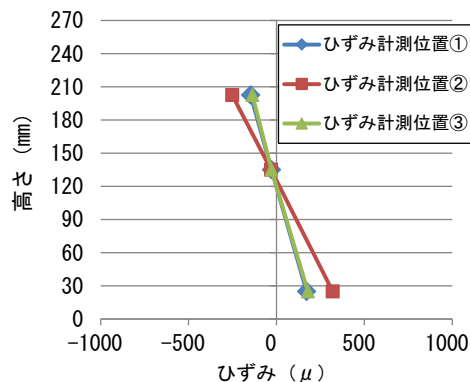


図-13 側面のひずみ分布

図-12 より設計ひびわれ発生荷重 (360kN) 載荷時の支間中央でのたわみは設計値 2.26mm に対し、実測値は 2.28mm とほぼ同程度であった。また、図-13 に示す設計ひびわれ発生荷重 (360kN) 載荷時の側面ひずみの分布は直線であり、PC 合成床版の一体性は確保されていた。破壊荷重は 736kN で終局荷重の設計値 (593kN) より十分大きな耐荷力を示した。

7. まとめ

以上の結果より、本拡幅構造は基本条件 (リブ間隔 3.0m , 拡幅長 2.5m) で構造計算により構造成立性を確認した。また、2面せん断試験ではプレストレス導入量 1.0N/mm^2 の妥当性を、PC合成床版試験では設計終局荷重までPC合成床版構造は一体性を確保していることを確認した。