

PC床版の拡幅工法に関する研究 (その2) 性能試験による構造成立性の確認

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

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床版の拡幅工法に関する実験的研究その1 (構造計算による構造成立性の確認)」(以下「その1」)では床版拡幅工法について、構造の成立性を解析的に検証し、実験により新旧床版接合部の導入プレストレス量の妥当性および高強度PC板(コンクリートの圧縮強度 100N/mm^2)を用いたPC合成床版構造の一体性を確認した。本稿はその構造に対し、構造上弱点となりやすい接合部(図-1)について、3辺固定版載荷試験により①、②の接合部の耐荷性能を確認し、定点疲労載荷試験により①~④の接合部の疲労耐久性を確認した結果について報告する。

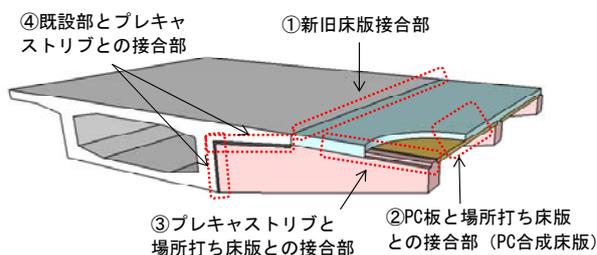


図-1 拡幅構造と4つの接合部

2. 実験概要

2.1 各接合部について

図-1に示す各接合部については、以下に示す方針で設計し、各試験体に反映させた。ただし、3辺固定版載荷試験については、以下の①~③を満足する設計とした。

① 新旧床版接合部

「その1」でも述べたように、新旧床版接合部に圧縮応力を与えるため2次ケーブルにより 1.0N/mm^2 のプレストレスを導入する。鉄筋は、既設部の鉄筋径と配置間隔を合わせるためD13ctc300で配置する。また、接合面での接続性を確保するため、鉄筋はエンクローズド溶接で接合する。

② PC板と場所打ち床版の接合部

PC板、PC合成床版の設計については、「道路橋PC合成床版工法 設計施工便覧」¹⁾、および「合成床版用プレキャスト板 設計・製造便覧」²⁾に準じた。PC板厚は、両便覧で示されている最小厚70mmとし、PC板の表面は両便覧に示される形状(図-2)とした。

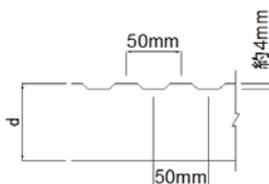


図-2 PC板表面の形状

③ プレキャストリブと場所打ち床版の接合部

プレキャストリブと場所打ち床版の接合部に発生する断面力に抵抗するためにU形ジベル筋を配置する。ジベル筋の算出方法は、「コンクリート橋の設計・施工の省力化に関する共同研究報告書(II)-PC合成げた橋(PC合成床版タイプ)に関する研究」³⁾に示されている規定に準拠する。接合面に作用する断面力は、2次ケーブル緊張時に発生する水平力、設計荷重用時のせん断力とする。

④ 既設部とプレキャストリブの接合部

既設部とプレキャストリブの接合部については、施工性を考え50mmの隙間を設けた。1次ケーブル

の緊張前に、側面部の隙間は無収縮モルタルで充填した。そののち、PC 合成床版完成後に既設床版下面とリブ上部部に無収縮モルタルを注入した。

2.2 3 辺固定版載荷試験

プレキャストリブを用いた本拡幅工法は、橋軸方向の床版は連続構造であり、直角方向は、プレキャストリブで支持された新旧床版で接続される構造である。したがって、新設床版部は3 辺で支持された状態となるため、3 辺固定版載荷試験を行い、軸荷重が作用した場合の新旧床版接合部の耐荷力を確認した。なお、PC 板と場所打ち床版および既設床版の構造を図-3 に示す。拡幅構造においては、

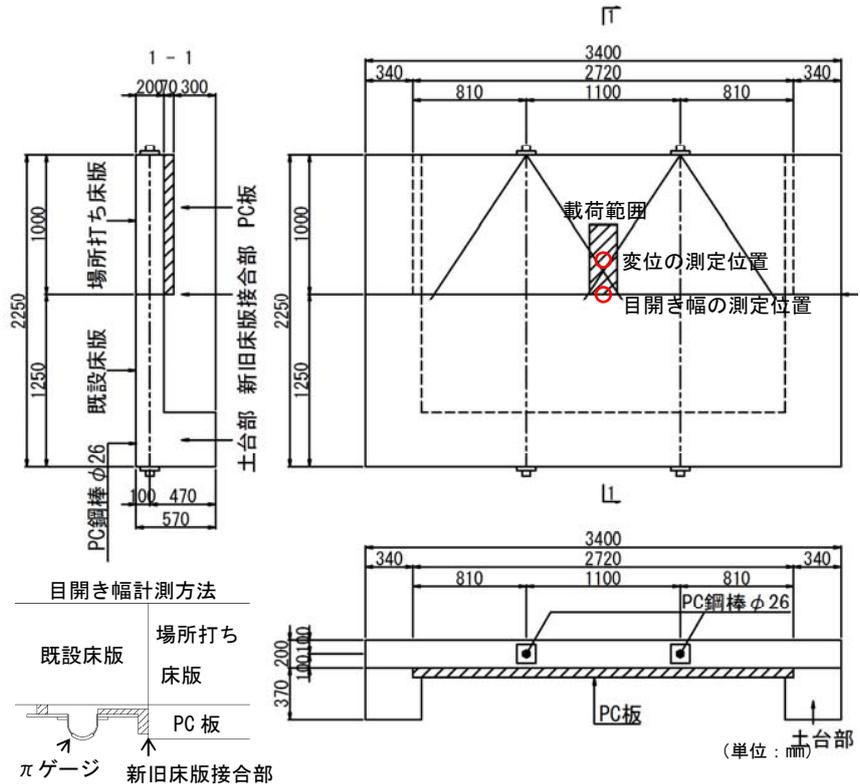


図-3 試験体概要 (3 辺固定版載荷試験)

「その 1」でも述べたように、新旧床版接合部に圧縮応力を与えるため 2 次ケーブルによりプレストレスを導入する。本試験では、「その 1」で報告した 2 面せん断試験により決定した新旧床版接合部に $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ の圧縮応力が生じるようプレストレスを導入した。載荷試験は、道路橋示方書で示されている活荷重の等分布荷重の載荷面 ($200\text{mm} \times 500\text{mm}$) とし、図-3 に示すように新旧床版接合部に漸増載荷した。衝撃を考慮した設計活荷重である 140kN 載荷時 (以下、設計荷重時とする) および設計終局荷重 350kN ($140\text{kN} \times 2.5$) 載荷時 (以下、終局荷重時とする) の、試験体の状態 (ひびわれの有無・新旧接合面の開きの有無) を確認し、最大荷重まで載荷を行った。プレストレスの導入には PC 鋼棒 (B 種 2 号 : 鋼材径 26mm) を使用し、新旧床版接合部でプレストレス分布が重なるように配置した。

2.3 定点疲労載荷試験

プレキャストリブ間隔 3.0m 、拡幅長 2.5m の実橋レベルの試験体 (図-4) を用いて試験を行った。試験体は、実施工と同様に、プレキャストリブ組立て (1 次ケーブル緊張)、PC 板設置、場所打ち床版打設 (2 次ケーブル緊張) の順番で組み立てた。疲労試験 (200 万回の定点載荷) は主に①新旧床版接合部に着目し、②~④の接合部についても疲労耐久性を確認した。疲労試験は設計活荷重 140kN を 3Hz ピッチの 200 万回繰り返し載荷とした。

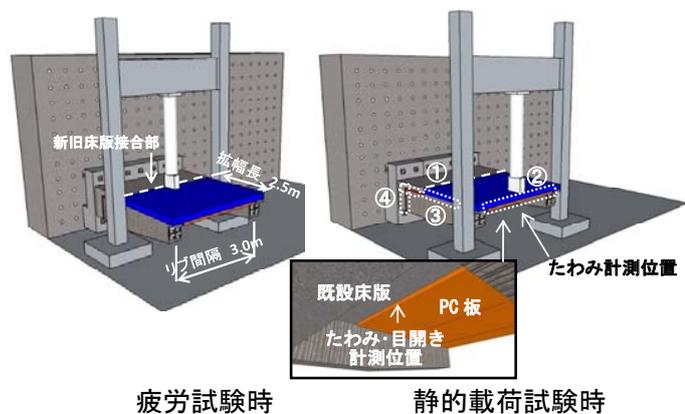


図-4 試験体概要 (定点疲労載荷試験)

活荷重の載荷は等分布荷重の載荷面 ($200\text{mm} \times 500\text{mm}$) とし、新旧床版接合部に載荷した。測定は静的載荷で、たわみ・目開き量を計測し、設計荷重時の試験体の状態 (ひびわれ発生の有無・新旧床版接合部の目開きの有無・プレキャストリブと無収縮モルタルの界面の目開きの有無) を目視で確認した。

そののち、載荷試験機を張出し先端部へと移動し、設計荷重時、終局荷重時の試験体の状態を確認し、最大荷重まで載荷を行った。PC板・プレキャストリブは $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の高強度コンクリートとするため、シリカフェームプレミックスセメントを使用し、④の接合部には無収縮モルタル（圧縮強度 $50\text{N}/\text{mm}^2$ ）を注入した。

3. 実験結果

3.1 3辺固定版載荷試験

図-5 に載荷面直下（図-3）での荷重 - 変位の実験値と解析値を示す。設計荷重時までの挙動において、傾きに変化が見られないことから、場所打ち部と PC 板の接合部は一体化して挙動していると考えられる。また、その挙動は、試験体をモデル化した 3 次元線形 FEM 解析結果と比較的よく一致した。図-6 に新旧床版接合部（図-3）の荷重 - 床版下面の目開き幅の関係を示す。目開きの計測方法については、PC 板と既設床版に段差が生じるため、図-3 に示す位置に、 π 型ゲージを取付け計測した。設計荷重時までの挙動において、新旧床版接合部で目開きしていないことが確認できた。終局荷重時でも荷重 - 変位および荷重 - 目開き幅の傾きに大きな変化は見られなかった。これは、新旧床版接合部に導入したプレストレスにより、新旧床版接合部下面の引張応力の発生を抑制した効果が表れたものと考えられる。そののちも載荷を続けると、 577kN 載荷時に既設床版下面の橋軸直角方向に微細なひび割れが観察され、変位・目開き幅が増加したが、場所打ち部および PC 板には変状がないことを確認した。最大荷重 800kN まで載荷したところ、新旧床版接合部の目開き幅は 0.23mm 程度となり、PC 板の縁端部の目地モルタルにひび割れが生じたものの、既設部の床版下面に発生したひびわれは特に進展せず、場所打ち床版と PC 板の接合部に変状は認められなかった。試験体は破壊しなかったが、載荷装置の能力により 800kN で載荷を終了した。

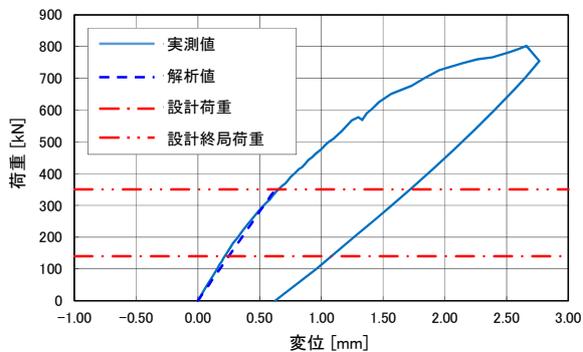


図-5 載荷直下での変位量

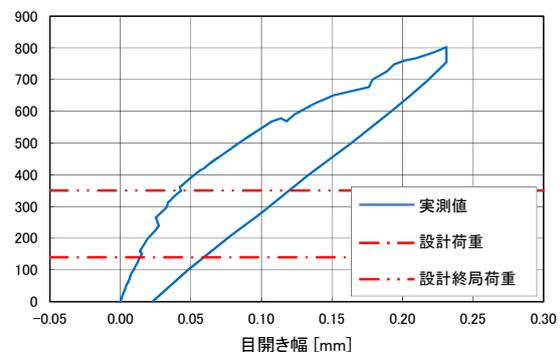


図-6 新旧床版接合部の目開き幅

3.2 定点疲労載荷試験

(1) プレストレス導入確認

プレキャストリブに配置した 2 次ケーブルを緊張し、新旧床版接合部近傍に発生したコンクリートの圧縮応力と緊張力の関係を図-7 に示す。新旧床版接合部近傍のコンクリートに発生した圧縮応力は FEM 解析値とほぼ同等であった。このことからプレキャストリブに導入した緊張力はジベル筋を介して、新旧床版接合部まで伝達し、想定した $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ の圧縮応力が導入されることが確認できた。なお、プレストレスの測定値はプレストレス導入直後のため、 $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ より少し大きくなっている。

(2) 疲労試験結果

疲労試験では、新旧床版接合部の目開きがないことを目視で確認した。PC 板・プレキャストリブ・場所打ち床版・既設部の各接合部（図-4 の②～④）についても同様であった。図-8 に図-4 に示す新旧床版接合部の目開き幅の計測結果を示す。200 万回の載荷後も新旧床版接合部下面に目開き幅に

変化がないことを確認した。新旧床版接合部に導入したプレストレスが有効に作用したと考えられる。200万回載荷終了後に試験体を目視により確認したが、新旧床版接合部およびPC板・プレキャストリブ・場所打ち床版にひび割れなどの変状は認められなかった。

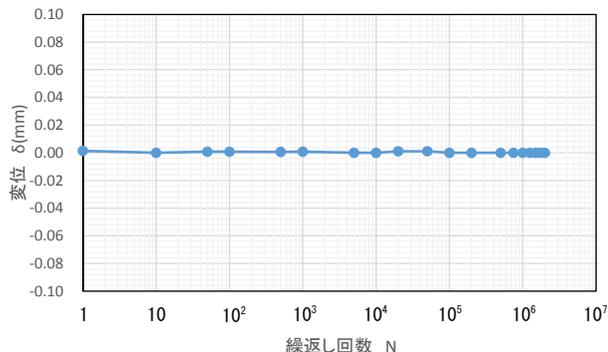
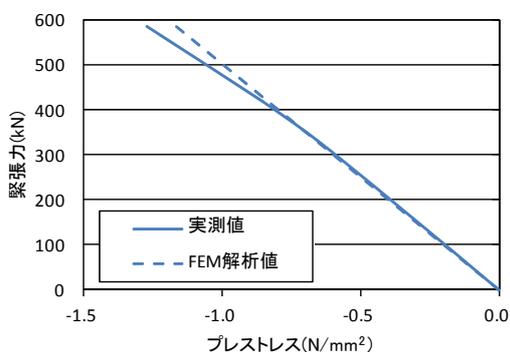


図-7 新旧床版接合部に発生した圧縮応力 図-8 目開き幅計測結果(新旧床版接合部下縁)

(3) 静的載荷試験結果

疲労試験の終了後に、載荷試験機を張出し先端部に移動して静的載荷試験を行った。床版のたわみの実測値と解析値を図-9に示す。載荷点直下の床版のたわみの測定結果からは、480kN 載荷時に傾きの変化が確認できる。この時に新旧床版接合部上縁にひび割れが目視で確認された。さらに、載荷を続けたところ、530kN 載荷時に載荷位置周辺の床版上面にひび割れが確認されたため、載荷を終了したが、終局荷重 350kN の 1.5 倍以上の耐荷力を有していることが確認できた。また、試験体をモデル化した線形 FEM 解析において線形範囲内の挙動は比較的良好に推定できた。

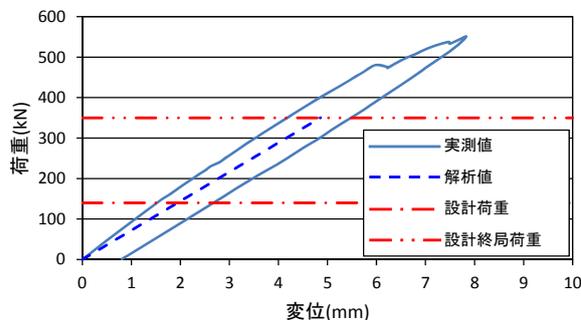


図-9 載荷点直下の床版のたわみ

また、試験体をモデル化した線形 FEM 解析において線形範囲内の挙動は比較的良好に推定できた。

4. まとめ

4.1 3 辺固定版載荷試験

- (1) 新旧床版接合部に 1.0N/mm² の圧縮応力を導入することで、設計荷重時の新旧床版接合部に目開きが発生しないことが確認できた。
- (2) 終局荷重時でも試験体は破壊することなく、場所打ち床版とPC板の接合部は健全であった。また、設計終局荷重の2倍以上 (800kN) の耐荷力が確保された。

4.2 定点疲労載荷試験

- (1) プレキャストリブに配置した 2 次ケーブルの緊張力が新旧床版接合部に設計値通り導入できた。
- (2) 活荷重 140kN の 200 万回載荷後においても、各接合部の疲労耐久性は問題なかった。
- (3) 張出し先端部の載荷では、拡幅構造は設計終局荷重350kN載荷時においても健全性を保っており、同荷重の1.5倍程度 (530kN) の耐荷力を有していた。

【参考文献】

- 1) 道路橋PC合成床版工法 設計施工便覧 平成18年度版, PC合成床版協会, 2006. 9.
- 2) 合成床版用プレキャスト板 設計・製造便覧, (社)プレストレストコンクリート建設業協会, 2004. 9.
- 3) コンクリート橋の設計・施工の省力化に関する共同研究報告書(Ⅱ) -PC合成げた橋(PC合成床版タイプ)に関する研究-, 建設省 土木研究所, 1998. 12