

取替可能なプレキャスト部材の特性について (FEM 解析)

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○井口重信 パシフィックコンサルタンツ 正会員 渡邊武志
 東洋建設(株) 正会員 中嶋道雄 清水建設(株) 正会員 柳川正和
 丸栄コンクリート工業(株) 正会員 松下裕昭 前田工織(株) 正会員 中井裕司

1. はじめに

土木学会の「三次元モデルを活用した建設生産性向上研究小委員会」では、建設工事の生産性向上策として取替可能で汎用性のあるプレキャスト部材を考案してきた¹⁾。ここでは、考案したPCa部材の載荷実験のFEM解析による再現と、耐力向上のための補強対策を施した場合のシミュレーションを行ったので、以下で概説する。

2. FEM 解析モデル

FEM解析は載荷実験を行ったPca-C試験体の再現を目的にした「補強あり-1」と、補強をしなかった場合を想定した「補強なし-1」を基本に、表-1に示す4ケースを実施した。

FEM解析のモデル図を図-1に示す。試験体の詳細については、別稿の載荷実験の詳細を参照されたい。FEM解析はコンクリート材料の非線形特性等を提供しているATENAを用いて行った。SOLIDモデルで作成し、鉄筋はコンクリートとは別に離散鉄筋として配置した。補強繊維については、表層位置に2mm間隔で等断面積の鋼材が配置されているようにモデル化した。「補強あり-1」では補強繊維とコンクリートは完全付着としたが、「補強あり-2」ではCEB-FIB Model Code 1990の鉄筋とコンクリートの付着モデルを用い、付着性状が良くない「poor」を設定した。中央の接合部の界面には、圧縮方向に力が作用したときのみ作用力を伝達する接触要素を配置した。材料モデルを表-2に示す。鉄筋についてはミルシートの降伏荷重を設定したバイリニアで、コンクリートについては試験時の圧縮強度試験の値を用いてATENAで提供されるコンクリート用の非線形材料モデルを用いた。補強繊維については、カタログに示される引張強度および弾性係数を用いてバイリニアでモデル化した。

3. FEM 解析結果

図-2に、載荷実験と解析4ケースの荷重-変位関係を示す。「補強なし」、「補強あり」とともに、緩やかに剛性

表-1 解析ケース

解析(実験)ケース	概要
実験 Pca-C	載荷実験(別稿参照)
解析 補強あり-1	Pca-Cを再現。補強繊維はコンクリートと完全付着
補強あり-2	「補強あり-1」で補強繊維とコンクリートの付着力を低減
補強なし-1	Pca-Cで補強繊維がなかった場合を再現
補強なし-2	補強なし-1で接合部に鉄筋を追加

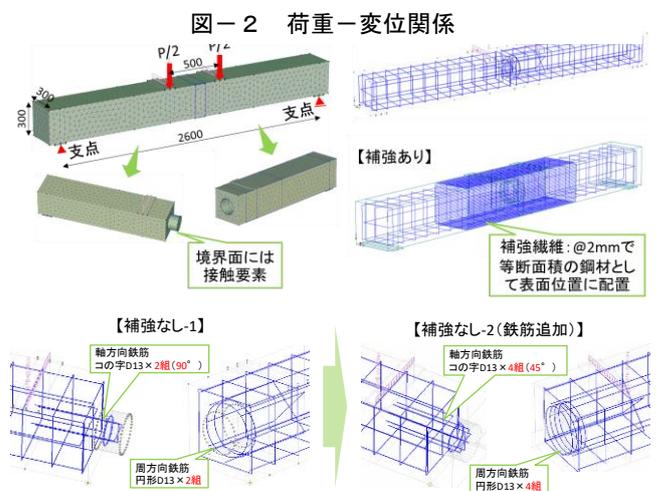


図-1 FEM 解析モデル

表-2 材料モデル

材料	モデル	数値等
鉄筋	バイリニア	帯鉄筋(D6) : $\sigma_{sy}=358\text{N/mm}^2$ (ミルシート値)
		主鉄筋(D13) : $\sigma_{sy}=398\text{N/mm}^2$ (ミルシート値)
コンクリート	非線形モデル (ATENA提供)	凸側 : $f'_c=45.4\text{N/mm}^2$ (圧縮強度試験値)
		凹側 : $f'_c=39.5\text{N/mm}^2$ (圧縮強度試験値)
補強繊維	バイリニア	$\sigma_{sy}=3400\text{N/mm}^2$, $E=245\text{kN/mm}^2$ (炭素繊維カタログ値)

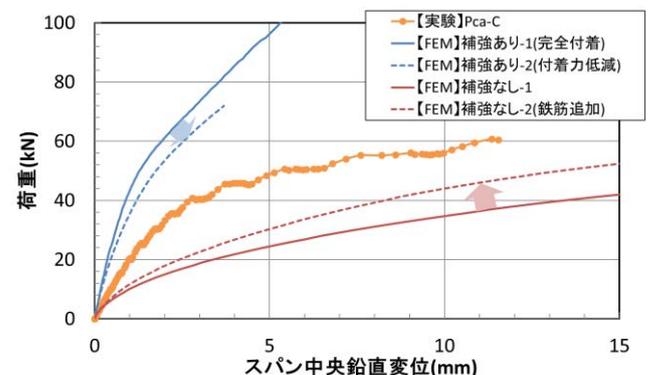


図-2 荷重-変位関係

キーワード プレキャスト, 接合構造, FEM

連絡先〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2 東日本旅客鉄道(株) 建設工事事部 技術戦略G TEL03-5334-1288

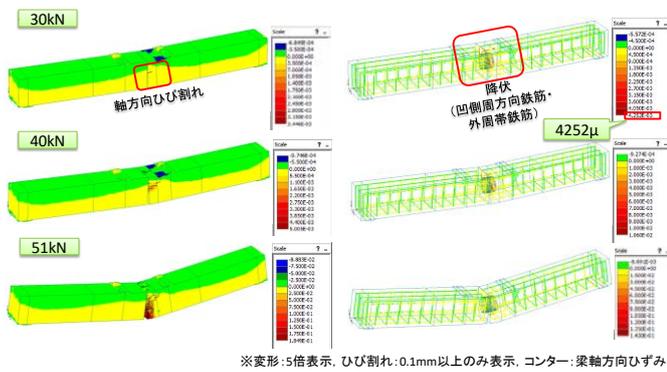


図-3 ひずみ・ひび割れ分布(補強なし-1)

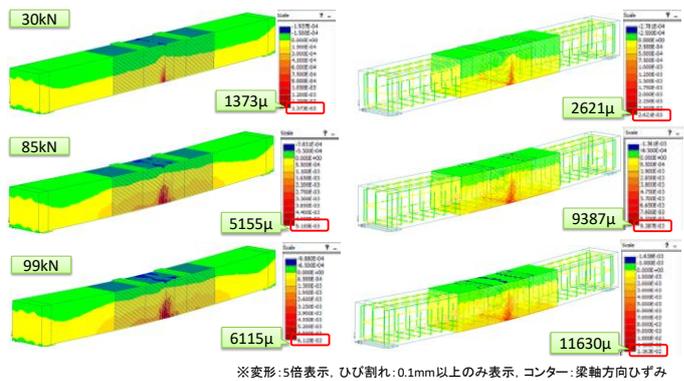


図-4 ひずみ・ひび割れ分布(補強あり-1)

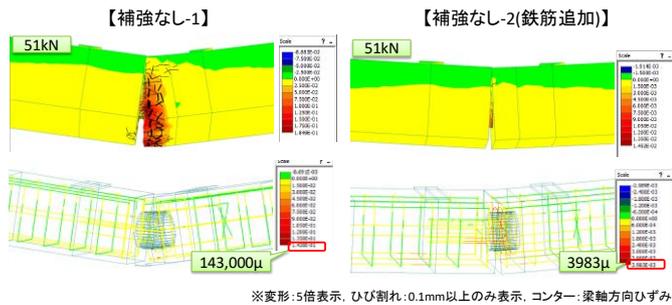


図-5 補強なし-1, 2の比較

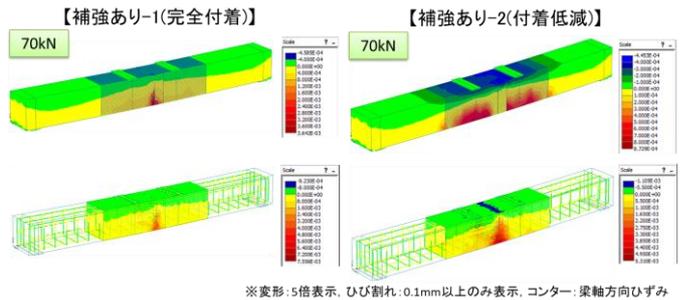


図-6 補強あり-1, 2の比較

低下をしながら変形が増大していった。実験結果は「補強あり」と「補強なし」の中間位置することから、傾向は再現されていると思われる。また、「補強あり-2」は実験結果に近づくことから、実際には補強繊維とコンクリートの付着力の限界値はもっと小さいものと考えられる。「補強なし-2」は「補強なし-1」に比べ上側へシフトすることから、接合部の配筋状況により本構造の耐荷性能が左右されることも分かった。

図-3, 4に「補強なし-1」, 「補強あり-1」のひずみとひび割れ分布を示す。「補強なし-1」では、30kNくらいから、接合部の凹側側面に軸方向のひび割れが入り、接合部の周方向鉄筋や外周の帯鉄筋が陥伏し、凸側が凹側を下側へ押し広げるようにして変形が進んでいった。「補強あり-1」では、補強繊維の軸方向ひずみが荷重の増大とともに増える他は、目だった変化はなく安定的に変形が進んでいった。Pca-Cの載荷実験では載荷終盤では補強繊維がコンクリート面から離れたため、最終的な損傷状況は「補強なし-1」に近いものとなっていた。図-5に「補強なし-1」に接合部の鉄筋を追加した「補強なし-2」との比較を示す。同じ51kN時で比較すると、「補強なし-1」では凹部周囲の損傷が著しく周囲の鉄筋ひずみも陥伏ひずみをはるかに上回っているのに対し、「補強なし-2」では損傷は凸部に集中しており凹部は周囲の鉄筋ひずみも陥伏ひずみを超えた程度で損傷が軽微である、鉄筋を追加した効果が現れている。図-6に「補強あり-1」でコンクリートと補強繊維の付着力を低減させた「補強あり-2」との比較を示す。損傷の進み方については両者に大きな差異は少ないが、「補強あり-1」ではスパン中央にひずみが集中するのに対し、「補強あり-2」ではひずみが分散する傾向がみられた、おそらく載荷実験も「補強あり-2」に近い状況だったと推測される。

4. まとめ

考案した取替可能なプレキャスト部材の載荷実験の再現を概ね可能となったと考えている。今後は精度を向上させるとともに、より合理的なプレキャスト部材の構造について検討していきたい。なお、本論文は、土木学会「三次元モデルを活用した建設生産性向上研究小委員会」によって研究された内容である。ご協力頂いた方々に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 中嶋道雄ら: 取替可能なプレキャスト部材の特性について(実験結果), 土木学会年次学術講演概要集, 2021