

プレキャスト PC 床版接合部の継手鉄筋が接合部材の力学特性に及ぼす効果に関する解析評価

早稲田大学大学院 学生会員 ○竹田 京子

早稲田大学 正会員 佐藤 靖彦

1. はじめに

プレキャスト PC 床版同士は一般に継手構造と間詰コンクリートを用いた RC 構造により接合しており、これまで、様々な構造の提案や評価検討が行われてきた。一方で、床版接合部が繰返し移動輪荷重を受ける場合の疲労耐久性に関する定量的評価法は確立していない。著者らは異なる継手構造を有する 6 体の床版供試体の輪荷重走行試験の実験結果と、過去に開発した道路橋床版一般部の疲労耐久性評価法に基づき、継手鉄筋を配筋として、接合部の橋軸方向の幅を梁状の幅として考慮した梁状の接合部材を考えることで、接合部の疲労耐久性評価を試みた¹⁾。その結果、ループ鉄筋や端部のヘッドといった鉄筋形状の効果により、継手鉄筋が接合部材のコンクリート内部に圧縮力を付与している可能性が示唆された。

本論文ではこの考察に基づき、接合部の疲労耐久性の定量的な評価の精度の向上を目的として、三次元非線形有限要素法による接合部材の力学特性の解析的検討を行う。具体的には、継手鉄筋を再現した継手部モデルを用いて、継手鉄筋が接合部材のコンクリート内部に与える影響について解析的検討を行う。

2. 継手部モデルの解析概要

解析的検討では、有限要素法による汎用構造解析システム DIANA を用いた。解析に用いた FE メッシュと XYZ 座標軸を図-1 に示す。継手構造から内部コンクリートに与える影響をみるために、交互に差し出される継手構造を 2 セット含むように接合部材の一部をモデル化した。継手鉄筋の形状は参考文献 2)3)を参考に、拡径部の直径 30mm, D16 鉄筋を想定した。拡径部のモデル化では、直径 30mm の円周辺に非常に細かい要素分割が局所的に発生することを避けるため、同等の面積を有する正方形拡径部のシェル要素により表現した。なお、図-1 のモデルでは継手鉄筋のみに着目するため、接合部材に存在する主鉄筋を導入していない。片側の 2

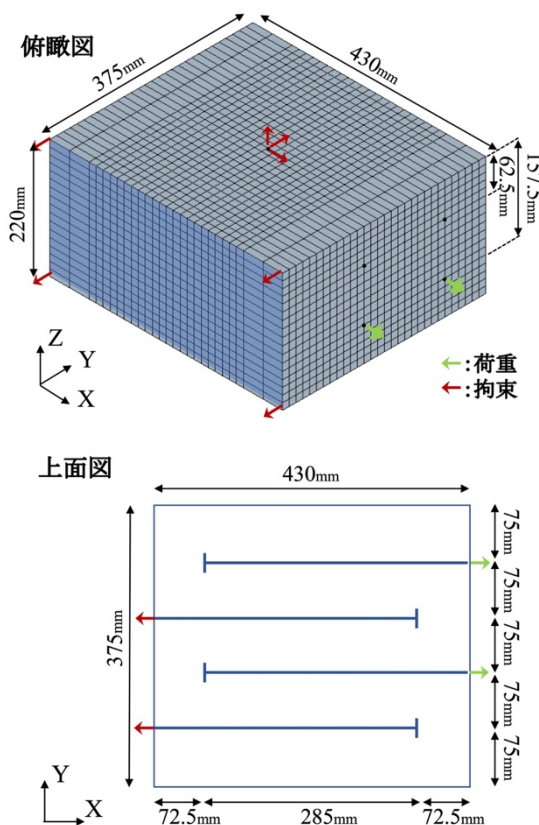


図-1 FE メッシュと継手鉄筋の配置

本の継手断面 2 点を X 方向に、コンクリートの Y 側面を Y 方向に、上面中央点を XYZ 方向に拘束した。拘束しない側の継手断面 2 点に対して X 方向の強制変位を与えた。コンクリート要素は弾性係数 28,000MPa, 圧縮強度 30MPa とした。コンクリートの引張および圧縮挙動のモデルは DIANA User's Manual⁴⁾を参考に、Hordijk 引張軟化曲線と Parabolic 圧縮曲線を用いた。継手鉄筋は弾性係数 200,000MPa, 降伏強度 350MPa として解析を行い、鉄筋降伏までの解析結果を検討に用いた。また継手鉄筋には、付着すべりのインターフェイス要素を導入した。付着すべりの構成則は、fib model code の付着すべりモデル⁵⁾にかぶり厚の影響を考慮に入れ、修正を行った飯塚らのモデル⁶⁾に基づき、かぶり厚 C と鉄筋径 D の比である C/D と圧縮強度の影響を用いて最大

キーワード 継手, 接合部, プレキャスト PC 床版, 疲労耐久性, FE 解析

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 51 号館 16 階 01 室 佐藤研究室 TEL 03-5286-3852

付着応力を 4.05MPa, その時のすべりを 0.182mm とした. なお, 本解析では鉄筋が降伏するまでに最大付着応力や圧縮強度に達する箇所はないことを確認している.

3. 解析結果と考察

図-2 は, 本来主鉄筋が存在する高さの XY 平面のコンクリート要素のコンター図であり, 鉄筋降伏時の圧縮主応力を示す. また, 継手鉄筋の位置を黒色の破線で, 3 本の主鉄筋が本来存在する位置を白線で示している. 継手ヘッド部の内側や継手同士の間には圧縮応力が生じていることがわかる. コンター図中に(a)-(d)で示した位置のコンクリート要素の圧縮主応力と鉄筋引張応力の関係を, 鉄筋降伏時のステップまで図-3 に示す. 継手鉄筋に近い(b)(d)の位置では圧縮主応力が比較的大きい. 圧縮主応力は鉄筋の引張力の増加とともに大きくなり, その最大値は, (b)の要素で約 4MPa, (d)の要素で約 5MPa であった. PC 床版の接合部では, 継手鉄筋が連続的に配置されており, 継手鉄筋により内部のコンクリートには圧縮応力が生じることで接合部の主鉄筋に拘束力を与えている可能性がある. 金久保ら⁷⁾は実部材中で主鉄筋が横拘束を受ける場合の局所付着性状に着目し, 一定の横拘束を与えた引抜き試験を行っている. このうち今回の継手モデルと圧縮強度とかぶり厚の条件の近い供試体の実験結果について拘束応力と最大荷重時付着応力の関係を見ると, 与える拘束応力が大きいほど最大荷重時の付着応力も向上していることが確認できる. この参考文献 7)の拘束応力と最大荷重時付着応力の関係を線形補完した場合, 拘束が無い場合と比較して, 拘束応力がある場合は最大付着応力が 1.71 倍に向上する. こういった継手鉄筋による拘束力の有無を最大付着応力の値として考慮することで, 参考文献 1)で行った床版接合部の疲労耐久性の評価法に修正を行うことができる可能性がある.

4. まとめ

継手鉄筋を含む接合部のモデルを用いた三次元非線形有限要素解析を行い, 端部拡張部を有する継手鉄筋に引張力が作用することで内部コンクリートに圧縮応力が発生することを確認し, 継手鉄筋が主鉄筋に対して拘束力を与える可能性があることを示した.

参考文献

- 1) 竹田京子, 佐藤靖彦: 継手によるプレキャスト PC 床版接合部の疲労耐久性の定量的評価, 土木学会第 73 回年次学術講演会, V-501, pp.1001-1002

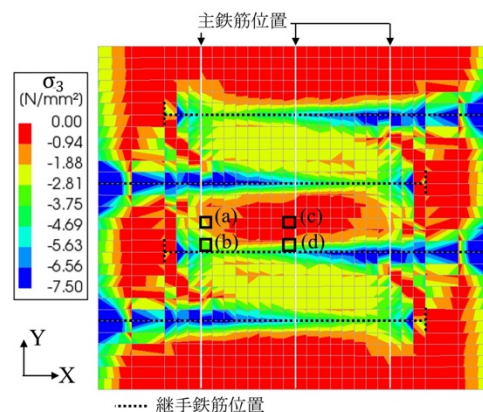


図-2 鉄筋降伏時の圧縮主応力

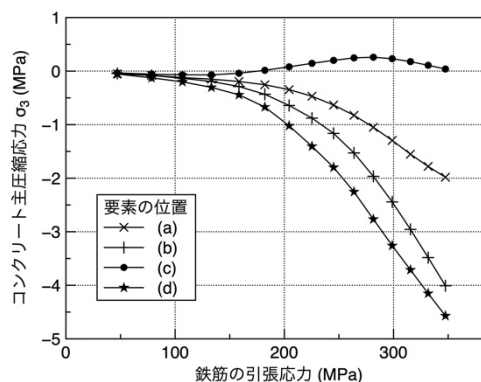


図-3 圧縮主応力と鉄筋引張応力の関係

- 2) 三加崇, 有川直貴, 鈴鹿良和, 中積健一: 端部拡張鉄筋を用いたプレキャスト PC 床版継手の開発, 第 26 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.199-204
- 3) 久徳貢大, 志道昭郎, 諸橋克敏: 新しい継手構造を適用したプレキャスト PC 床版の疲労耐久性確認試験, 第 27 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.375-378
- 4) DIANA 10.3 User's manual, 42.5.5-42.5.6, Chapter 42, <https://dianafea.com/manuals/d103/Diana.html> (2020 年 3 月 24 日閲覧)
- 5) CEB-FIP Model Code 2010 First draft Volume 1, International Federation for Structural Concrete
- 6) 飯塚敬一, 檜貝勇, 斎藤成彦, 高橋良輔: かぶり厚の影響を考慮した異形鉄筋の付着応力—すべり—ひずみ関係, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol. 67, No. 2, pp.280-296
- 7) 金久保利之, 酒井貴洋, 米丸啓介, 福山洋: 横拘束力が補強コンクリートの局所付着割裂性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 22, No. 3, pp.1201-1206