

PC 鋼材の付着が PC 柱部材の力学性能に与える影響に関する数値解析

名古屋工業大学 正会員 ○武田 健太
名古屋工業大学 学生会員 渡辺亜裕美
名古屋工業大学 フェロー 梅原 秀哲

1. はじめに

ポストテンション式の PC 構造物の場合、PC 鋼材とシース間の空隙にグラウトを注入する。しかし、グラウト注入作業は高度な技術を要することから、実 PC 橋においてはグラウトの充填不足が確認されているものもある。近年、アンボンド PC 鋼材を用いたアンボンド工法が採用されることもあるが、ひび割れ幅の増加や耐力の減少など、構造物の力学性能が完全にグラウトされている場合と異なることも事実である。そのため、PC 鋼材の付着状況が PC 部材の挙動に与える影響を把握する必要がある。高橋らは、PC 鋼材の付着状況が異なるポストテンション式 PC 柱部材に対して載荷試験を実施し、PC 鋼材の付着状況が PC 柱部材の力学性能に影響を及ぼすことを指摘している¹⁾。このような部材の力学性能を定量的に把握する手法として、有限要素解析などを用いた数値解析が挙げられる。そこで本研究では、上述の載荷試験結果を対象として、PC 鋼材の付着の影響を考慮した三次元有限要素解析による再現解析を試みた。

2. 解析対象部材の概要

表-1 に、PC 柱部材の諸元を示す。対象部材は、柱部とフーチング部より構成され、両者はプレストレスにより圧着接合されている。PC 鋼材の付着を全長にわたり付着あり(以下、全長ボンド)あるいは付着なし(以下、全長アンボンド)として、静的正負交番載荷試験を行っている。図-1 に、交番載荷試験による荷重-変位包絡線を示す。図中の変位は、載荷点付近で計測されたものであり、包絡線は、正方向の載荷により得られたものである。最大荷重に着目すると、全長アンボンドは全長ボンドに比べ約 40%低下しており、PC 鋼材の付着の有無が PC 柱部材の力学性能に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。

3. 有限要素解析による再現解析

3. 1 解析方法

解析プログラムには ATENA Ver.4.3.1 を用いた。図-2 に、解析上の PC 鋼材の配置図を示す。PC 鋼材の付着の有無を、全長ボンドでは離散鉄筋要素を用い、コンクリートと PC 鋼材は完全付着とした。一方、全長アンボンドでは、コンクリートの変形に追随しないという特徴を有する外ケーブル要素を用いた。

表-1 PC 柱の諸元

鋼材径	断面幅 (mm)	断面高さ (mm)	柱長さ (mm)	せん断スパン (mm)
φ17	150	200	1200	1000

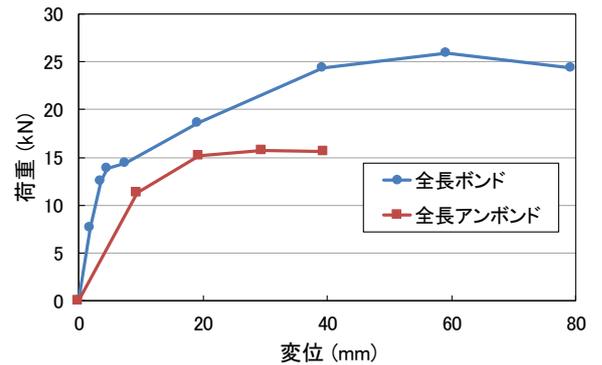


図-1 交番載荷試験による荷重-変位包絡線

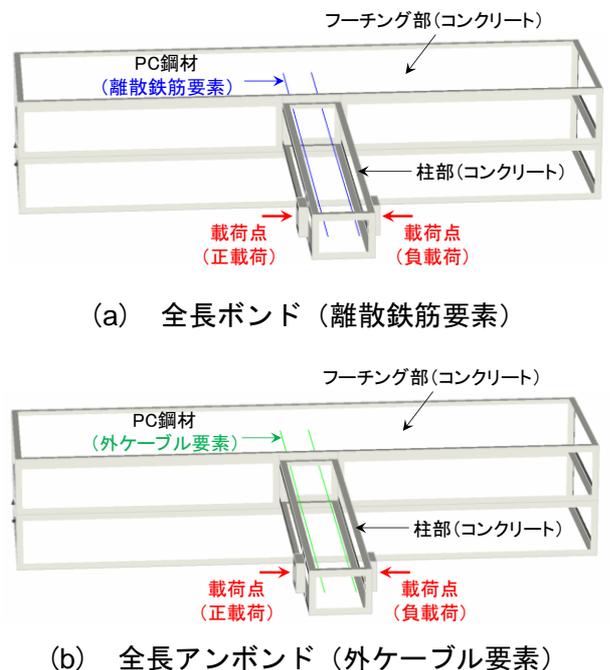


図-2 解析上の PC 鋼材の配置図

キーワード PC 鋼材の付着状況, 有限要素解析, 外ケーブル要素

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-7513

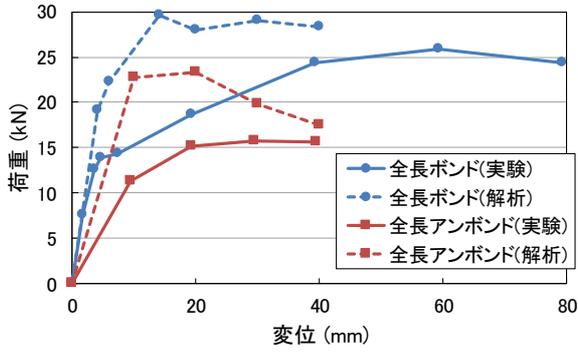


図-3 荷重-変位包絡線における実験値と解析値の比較

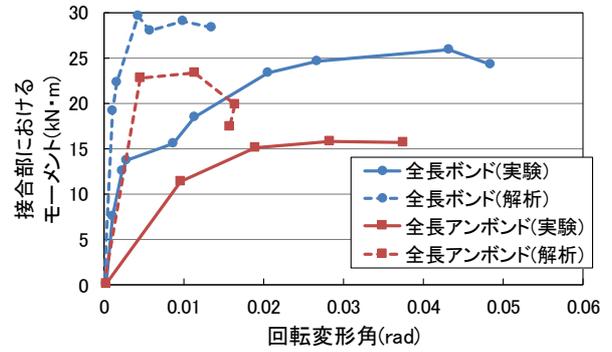


図-4 接合部におけるモーメント-回転変形角関係の実験値と解析値の比較

コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側の上昇曲線を2次関数とし、圧縮軟化は直線形状、引張軟化は指数関数とした。圧縮強度には実測値を用い、弾性係数、引張強度、破壊エネルギーはコンクリート標準示方書に準拠し、圧縮強度より求めた。PC鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とし、降伏強度は引張強度の8割とした。PC鋼材のプレストレスは、鋼材要素にひずみを導入することで、その影響を考慮した。柱部とフーチング部の接合部にはインターフェース要素を適用し、モール・クーロンの破壊規準にしたがうものとした。また、直応力方向の引張強度をゼロとすることで、柱部の回転変形を考慮した。

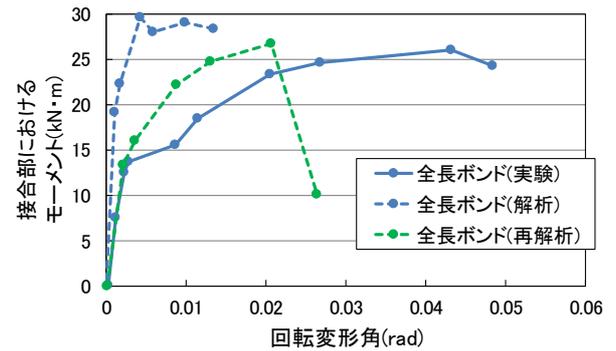


図-5 接合部におけるモーメント-回転変形角関係の実験値と再解析値の比較

3. 2 解析結果

図-3 に荷重-変位包絡線における実験値と解析値の比較、図-4 に接合部におけるモーメント-回転変形角関係の実験値と解析値の比較を示す。図-4 中の回転変形角とは、接合部付近で計測した軸方向の正・負側の変位差を、柱部の断面高さで除したものである。図-3, 4 より、実験における全長アンボンドの最大荷重が全長ボンドに比べて低下する傾向については、解析でも表現できていることから、PC鋼材の付着の有無を2種類の鋼材要素で表現することで、最大荷重の傾向は評価可能といえる。ただし、初期剛性や最大荷重の値に着目すると、PC鋼材の付着の有無によらず、解析値が実験値を過大評価する結果となった。これは、インターフェース要素の応力-変位関係における剛性が過大となっているためと考えられる。そこで、全長ボンドの部材を対象に、インターフェース要素の剛性を低下させて再解析を行った。図-5 に、接合部におけるモーメント-回転変形角の実験値と再解析値の比較を示す。図のように、最大荷重は解析値が実験値を過大評価しているものの、初期剛性は実験値と解析値で概ね整合した。このことから、インターフェース要素の剛性が解析値に大きな影響を与えることが示された。しかし、実験の耐荷性能を解析で再現するためには、材料モデルの見直しなど、更なる検討を進める必要がある。

4. まとめ

本研究では、PC鋼材の付着状況の異なるPC柱部材の静的正負交番載荷試験結果を対象とし、有限要素解析による再現解析を試みた。その結果、PC鋼材の付着の有無を2種類の鋼材要素を用いて表現することで、付着状況により異なる最大荷重の傾向をある程度の精度で評価可能なことが示された。また、解析評価の精度を向上させるためには、インターフェース要素の物性値を適切に設定する必要があることが明らかとなった。

参考文献

1) 高橋ら：プレキャスト部材の接合隅角部における力学的挙動に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 15, No. 2, pp. 823-828, 1993.