

京都大学 学生会員 ○赤松 篤 正会員 山本 貴士
正会員 服部 篤史 フェロー 宮川 豊章

1. はじめに

本研究では、RC 部材の耐久性と力学的特性の回復あるいは向上を目指した断面修復 RC はり部材へのプレストレス導入による補強の適用性を明らかにすることを目的とし、断面修復部と既存部の打継面の付着状態および断面修復材の特性がプレストレスの導入とその経時変化、および耐荷性状に与える影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体

断面修復前の基準となる RC はりの形状・寸法は、幅×高さ(有効高さ)×全長(スパン長)=125×250(223.5)×1600(1400) mm で、引張主筋として 2-D13(SD295A)を、組立て筋として 2-D6(SD295A)を配置した。せん断補強筋には、D6(SD295A)スターラップを 80mm で配置した。断面修復した供試体の形状・寸法を図-1 に示す。断面修復のはつり深さは 53mm(引張主筋裏 20mm)とした。緊張材には、PC 鋼棒φ13mm(B 種 1 号)を有効高さ 223.5mm で配置した。供試体は、図-1 の下縁が打設面となるように打設した。断面修復を行う供試体では、既存部を 197mm の深さまで打設し、7 日間の散水湿布養生後、PC 鋼棒用のシースを配置して断面修復部を打設した。また、PC 鋼棒には降伏強度の 50%に相当する緊張力を導入し、定着後直ちにグラウトを注入した。

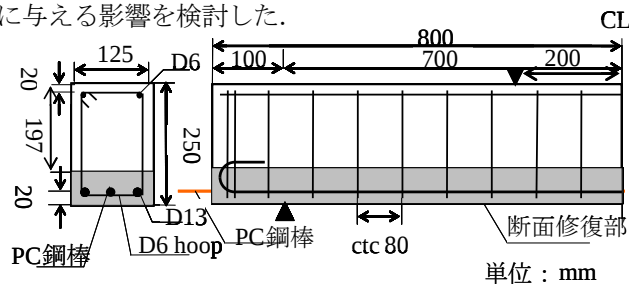


図-1 断面修復 PC 供試体の形状・寸法

図-1 に示す。断面修復のはつり深さは 53mm(引張主筋裏 20mm)とした。緊張材には、PC 鋼棒φ13mm(B 種 1 号)を有効高さ 223.5mm で配置した。供試体は、図-1 の下縁が打設面となるように打設した。断面修復を行う供試体では、既存部を 197mm の深さまで打設し、7 日間の散水湿布養生後、PC 鋼棒用のシースを配置して断面修復部を打設した。また、PC 鋼棒には降伏強度の 50%に相当する緊張力を導入し、定着後直ちにグラウトを注入した。

2.2 実験要因

断面修復部と既存部の打継面の付着について、既存部打設時に打継面に相当する打設面に凝結遅延剤を散布して目荒しし、断面修復部との付着を確保した付着有と、同じく打設面にビニルシートを敷設して断面修復部との付着を排除した付着無を比較検討した。また、断面修復材は、コンクリートとモルタルについて比較検討した。なお、断面修復材のコンクリートおよびモルタルの W/C は、既存部コンクリートの 60%より小さい 55%とした。さらに、断面修復を行わず基準 RC 供試体にプレストレスを導入したもの(以下、一体化 PC 供試体)を比較用に作製した。

2.3 測定項目および載荷方法

スパン中央において、供試体下縁からの高さ 33mm, 73mm, 125mm, 190mm の位置のコンクリートひずみ、引張鉄筋ひずみ、および PC 鋼棒ひずみをプレストレス導入時に測定した。また、プレストレス導入後から載荷直前において、これらのひずみを測定し、有効プレストレスの経時変化を算出した。載荷は、スパン長 1400mm に対して曲げスパン 400mm の対称 2 点載荷曲げ試験とした。

3. 解析概要

解析モデルを図-2 に示す。対称性を考慮して片側のみをモデル化し、解析には汎用有限要素解析コード ABAQUS-Ver6.4 を用いた。コンクリートには二次元四辺形要素、鉄筋、PC 鋼棒には一次元トラス要素を用いた。各要素の構成則、応力-ひずみ関係には、既往研究¹⁾で用いたものを適用し、断面修復部と既存部の付着には、付着強度まで弾性挙動(付着剛性 100N/mm²)を示し、付着強度で破断する弾性-破断型の付着応力-すべりモデルを用いた。

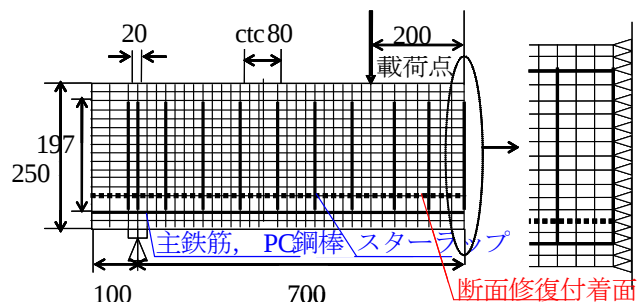


図-2 断面修復 PC 供試体解析モデル (単位: mm)

4. 結果および考察

4.1 プレストレスの導入および有効率

プレストレス導入時のスパン中央供試体高さ方向のコンクリートひずみ分布を図-3 に示す。一体化 PC、付着有に比べ

付着無の方が断面修復部ひずみが大きい。ただし、打継面上方高さ 73mm 位置にも一体化 PC、付着有と同程度以上のひずみが導入されている。打継面と交差するスターラップと主筋フック部によるずれ止め効果でひずみが伝達し、断面修復部のみにプレストレスが過渡に集中はしなかったと考えられる。

プレストレス導入後のスパン中央下縁ひずみの経時変化を図-4 に示す。ひずみは、プレストレス導入直後を 0 とした変化量を示した。コンクリートよりモルタルの方が、また付着有よりも付着無の方が材齢に伴うひずみの増加率が大きく、有効プレストレスの低下率が大きい。断面修復材としてコンクリートを用い、既存部との付着を確保することで有効プレストレスの低下を小さくすることができる。

4.2 荷重試験

荷重-たわみ曲線を FEM 解析による計算結果とともに図-5 に、また断面修復 PC 供試体の付着有と付着無の終局時のひび割れ状況を図-6 に示す。

実験結果では、付着有は一体化 PC と同様の耐荷挙動を示し、断面の一体性が確保されていることが確認できる。これに対し、付着無は、降伏前からせん断スパンの斜めひび割れと打継面が交差する部分から支点方向へのずれ変形が大きくなり荷重低下した。ただし、スターラップや主筋フック部のずれ止め効果により大きな荷重低下、破壊には至っていない。一方、モルタル供試体は、コンクリート供試体と最大荷重に差は見られないが、降伏までの剛性が小さくなっている。これは、有効プレストレスの低下による影響と見られ、使用性向上の観点からは、断面修復材としてコンクリートを用いる方が良いといえる。

解析結果では、既存部と断面修復部の付着強度を 4.0N/mm^2 としたとき、降伏あるいは最大荷重が実験結果と比較的一致した。この強度は、既往の研究²⁾の付着強度約 1.0N/mm^2 に比べて大きい。解析ではスターラップをトラス要素でモデル化しているため打継面のすべりに対するずれ止め効果が小さい。しかし、実験供試体では、打継面の付着以上にスターラップによるずれ止め効果が大きく作用していると考えられる。また、打継面付着無の(付着強度を極めて小さく設定した)解析結果では、打継面の付着要素の破壊によって耐荷力が小さくなっている。つまり、解析上の付着強度を大きく設定することで、このずれ止め効果を含めて表現していることになっているといえる。

5. 結論

断面修復部にプレストレスを導入する補強工法では、本研究で適用した程度の既存部と断面修復部の付着が有れば、一体化 PC はりと同等な耐荷性能が得られることがわかった。また、断面修復材としてコンクリートを用い、既存部との付着を確保することにより有効プレストレスの低下を小さくすることができる。

参考文献 1) 山本貴士, 佐藤吉孝, 服部篤史, 宮川豊章: 鉄筋腐食 RC はりのせん断耐荷挙動に関する検討, コンクリート工学年次論文集, vol.27, No.1, pp.913-918, 2005.6 2) 石澤剛士, 野村倫一: 断面修復材の母材コンクリートに対する付着力等の評価, 土木学会第 58 回年次学術講演会, pp.509-510, 2003.9

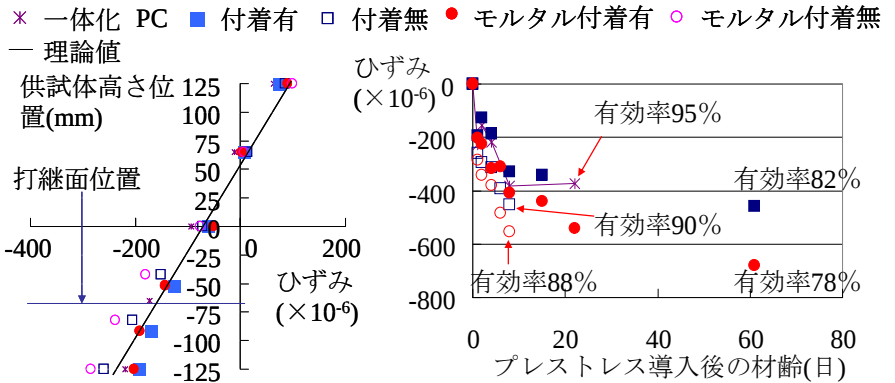


図-3 プレストレス導入時の供試体高さ方向ひずみ分布

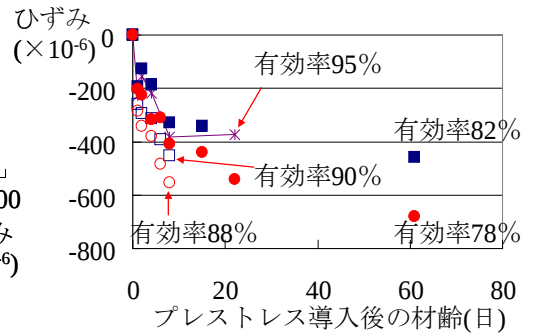


図-4 スパン中央下縁コンクリートのひずみ変化

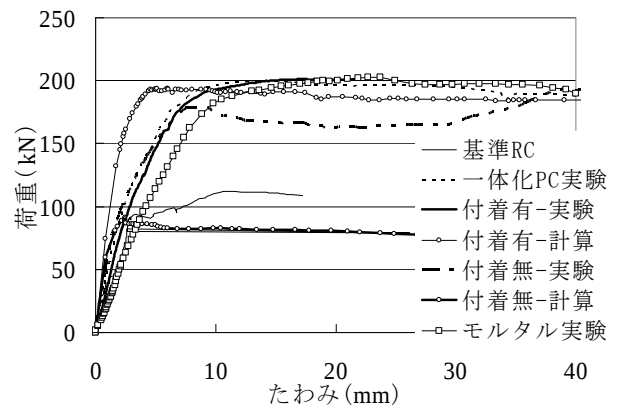


図-5 荷重-たわみ曲線

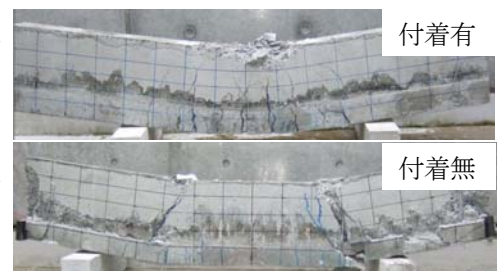


図-6 断面修復 PC 供試体のひび割れ