

鋼材の付着性能に着目したプレストレスト鉄筋コンクリート十字形部分骨組における梁部材の耐震性能
(その2 実験結果)

正会員 村上 友梨 1*
同 北山 和宏 2**

プレストレストコンクリート 梁 付着性状
エネルギー吸収性能 付着強度 残留変形

1. はじめに

本稿では(その 1)に続き, PRC 十字形部分架構の変形成分, PRC 梁の等価粘性減衰定数, 梁主筋の付着強度, PRC 梁の残留変形について調査した。

2. 柱, 梁および柱梁接合部パネルの変形成分

図-1 に試験体 DD-1 および RD-2 の層間変位構成成分の推移を示す。他の 2 体は試験体 RD-2 と同様であった。梁の変形成分は梁たわみを梁スパンで除し, 柱階高(2830mm)を乗じて算出し, 柱の変形成分は上下の柱たわみの和とした。柱梁接合部の変形成分は接合部パネルの斜め変位よりせん断変形角を求めて算出した。横軸は変位計によって直接測定した層間変形角である。試験体 DD-1 は, 最大層せん断力までは梁の変形割合が大きかったが, それ以後柱梁接合部の割合が若干増加した。試験体 RD-2 では, 梁の変形成分が全変形のほとんどを占めた。

以上より全試験体とも梁曲げ破壊を生じたと判断した。

3. 梁部材の等価粘性減衰定数

図-2 に梁部材の等価粘性減衰定数 heq と梁部材角との関係を示す。同一変形での繰り返し载荷の第 2 サイクルの時の heq を用いた。梁主筋に付着性能が良い D13 を使用した試験体 DD-1, RD-2 および SD-3 の等価粘性減衰定数は PC 鋼材の付着性能の良否に関わらず同程度であり, 層間変形角 3%時の等価粘性減衰定数は 12~15%であった。一方, 梁主筋に付着性能が悪い $\phi 13$ を使用した試験体 DR-4 では, PC 鋼材には異形 PC 鋼棒を使用したものの, 層間変形角 3%時の等価粘性減衰定数は 8%となり, 他の 3 体の 60%程度であった。これは, 柱梁接合部パネル内での梁主筋のすべり量が増大したことで復元力特性が逆 S 字形の履歴ループとなったためである。

4. 梁主筋および PC 鋼材の付着性状

4.1 接合部内中央での梁主筋付着強度

図-3 に接合部中央 1/3 区間 (区間長 110mm) の梁主筋の付着強度を上端・下端筋ごとに示す。梁主筋の同区間両端に貼付した歪ゲージの出力を材料試験の結果に基づいて応力変換 (Ramberg-Osgood モデルを使用) し, それらの引張力の差分を付着力とした。付着強度は正負載荷時の平均とした。試験体 DD-1, RD-2 および SD-3 では, 梁主筋に共通の D13 を使用したにもかかわらず付着強度

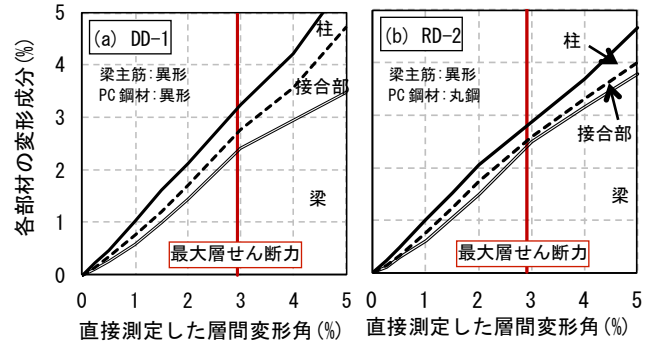


図-1 梁, 柱および接合部パネルの変形成分

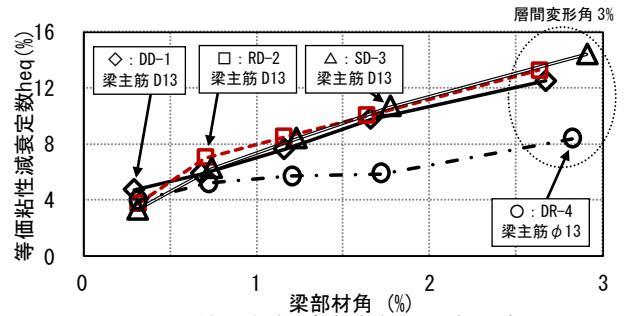


図-2 等価粘性減衰定数-梁部材角

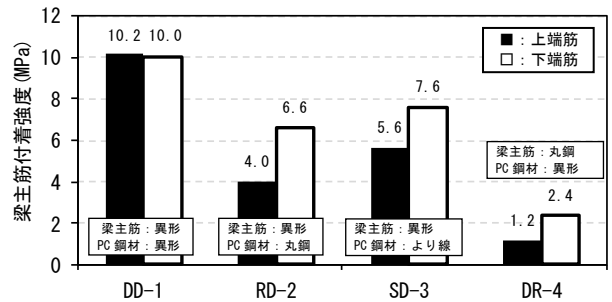


図-3 接合部内中央での梁主筋付着強度

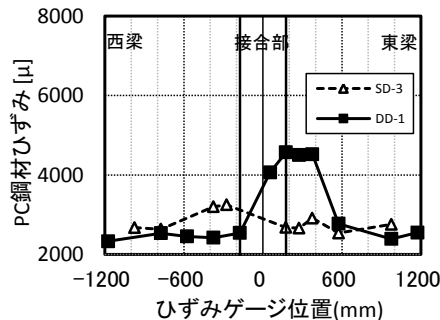


図-4 PC 鋼材のひずみ分布

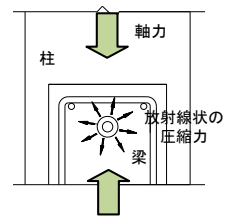


図-5 梁主筋に作用する圧縮力

に差が生じた。付着強度は、PC 鋼材に付着性能が良い異形 PC 鋼棒を用いた試験体 DD-1 で最も大きく 10MPa となり、次いで付着性能が悪かった（後述）19 本より線を用いた試験体 SD-3 では 5.6~7.6MPa、丸鋼棒を用いた RD-2 では 4.0~6.6MPa となった。梁主筋にφ13 を使用した試験体 DR-4 の付着強度は 1.2~2.4MPa であった。

4.2 PC 鋼材のひずみ分布

図-4 に試験体 DD-1 および SD-3 の層間変形角 1% 時の PC 鋼材ひずみ分布を示す。異形 PC 鋼棒を使用した試験体 DD-1 では引張側となる右柱面でのひずみが左柱面のそれよりも 2 倍程度大きく、柱梁接合部内で良好な付着を保持した。より線を使用した試験体 SD-3 では、左右の柱面での PC 鋼材のひずみはほぼ同程度であった。これは柱梁接合部内での付着劣化が生じたためである。

接合部内中央での梁主筋の付着性状は、梁主筋に D13 を使用した試験体 DD-1、RD-2 および SD-3 では、PC 鋼材の付着性能に支配された。試験体 DD-1 は PC 鋼材の付着性能が良いため PC 鋼材-グラウト-シース管が一体となって挙動し、シース管表面での付着作用によってシース管のフシからコンクリートへ作用する圧縮応力が発生したと考えられる。このようなシース管からコンクリートへと作用する圧縮力と柱軸力とが梁主筋周囲のコンクリートを拘束し、試験体 DD-1 の梁主筋の付着強度が大きくなったと考える(図-5 参照)。

一方、試験体 RD-2 および SD-3 は PC 鋼材の付着性能が悪かったため、PC 鋼材に沿った付着劣化が生じて PC 鋼材が周辺のグラウトに対して滑り、シース管からコンクリートへ圧縮力が伝達されず梁主筋の付着強度が小さくなった。ただし実験では PC 鋼材のすべり量を直接測定していないのでさらに詳細に検討すべきことを附言する。

5. 梁部材の残留変形率

図-6 に PRC 梁の残留変形率と梁部材角との関係を示す。残留変形率は正負の載荷ピーク時部材角の和に対する正負の残留部材角の和の比とした。梁主筋に丸鋼を使用した試験体 DR-4 では、梁主筋の降伏以降に梁部材角の増加とともに残留変形率は増加した。一方、梁主筋に異形鉄筋を用いた試験体 DD-1 および RD-2 では、PC 鋼材の降伏以降に梁部材角の増加とともに残留変形率は増加した。梁部材角 1%以降、PC 鋼材に付着が良い異形 PC 鋼棒を用いた試験体 DD-1 および DR-4 の残留変形率はほぼ同じように増加し、最大梁部材角時に残留変形率は 0.5 となった。一方、PC 鋼材に付着が悪い丸鋼棒と 19 本より線を用いた試験体 RD-2 および SD-3 の残留変形率は、PC 鋼材に異形 PC 鋼棒を用いた試験体よりも小さく、大変形時にも 0.3 未満であった。

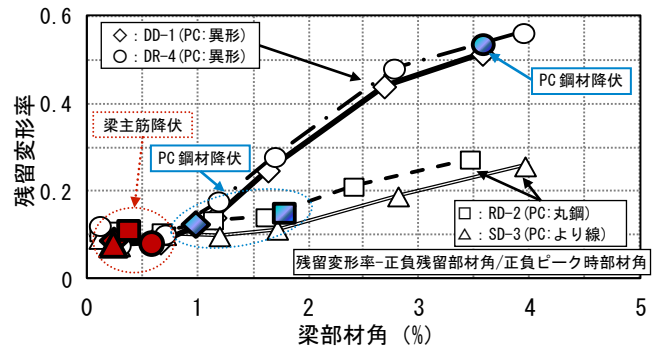


図-6 残留変形率-梁部材角

残留変形は PC 鋼材の付着性能によって支配され、付着性能が良いと大きくなり、付着性能が悪いと小さくなった。梁部材のプレストレス率 λ は 0.8 であり、純 PC 造に近い構造であったことから、梁主筋の付着性能に関係なく PC 鋼材の付着性能によって残留変形率の大小が決定された。PC 鋼材の付着劣化によって復元力の原点指向性が高まったことにより、残留変形は小さくなった。

6. まとめ

付着性能の異なる梁主筋と PC 鋼材の組合せを変数として PRC 柱梁十字形部分架構の静的実験を実施し、曲げ破壊する梁部材の耐震性能について以下の知見を得た。

- (1) プレストレス率が 0.8 と純 PC 構造に近かったにもかかわらず、復元力履歴ループの形状は梁主筋の付着性能によって支配された。PC 鋼材の種別とは関係なく、梁主筋の付着が良いと紡錘形の履歴となったが、梁主筋の付着劣化が生じると逆 S 字形のやせた履歴となった。梁主筋の座屈・破断は PC 鋼材の付着性能に依存し、PC 鋼材の付着が良い場合、これらは生じなかったが、付着が悪い場合には座屈・破断が見られた。
- (2) 異形鉄筋を使用した梁主筋の柱梁接合部中央での付着強度は、PC 鋼材の付着性能の影響を大きく受けた。PC 鋼棒および PC 鋼より線を用いて付着性能が悪かった場合には梁主筋の付着強度は低下し、異形 PC 鋼棒を用いた場合の 40~75% であった。
- (3) 梁の残留変形は PC 鋼材の付着性能に支配され、PC 鋼材の付着が良いほど大きくなった。

謝辞

本研究は JSPS 科学研究費補助金・基盤研究 C (研究代表者：北山和宏) により行った。本研究の実施にあたり、東京鐵鋼(株)から鉄筋の提供、住友電工スチールワイヤー(株)の鷹野邦治氏に PC 鋼より線の提供と PC 緊張作業のご協力を頂いた。また見波進先生(前首都大学東京)にご指導・ご協力を頂いた。ここに記し謝意を表す。

*1 (株)内藤建築事務所 修士 (工学)

**2 首都大学東京 都市環境科学研究科建築学域 教授 工博

* Naito Architects, M.Eng.

** Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.