

梁曲げ破壊型のスラブ付プレストレスト鉄筋コンクリート骨組の耐震性能

(その2 実験結果の検討)

正会員	○島 哲也 1*
同	森口 佑紀 2*
同	野中 翔太 3*
同	北山 和宏 4*
同	遠藤 俊貴 5*

プレストレスト鉄筋コンクリート	スラブ	ひび割れ
等価粘性減衰定数	残留変形率	付着

1. はじめに

本稿では(その1)に続き、スラブおよび直交梁を有する試験体を含めた3体のPRC柱梁十字形部分架構試験体と、既往研究¹⁾より平面試験体RD-2を加えた計4体を用いて、ひび割れ状況、梁せん断力-梁部材角関係、梁主筋の柱梁接合部内の付着性状について比較検討を行った。

2. 梁の変形成分

各試験体の層間変位構成成分を求めたところ、最大層せん断力時の梁の変形成分は全体の70%以上となった。

3. ひび割れ状況

図-1に層間変形角4.0%時のスラブ上面と南面のひび割れ状況を示す。全試験体で変形の増大に伴い、梁の曲げひび割れが発生し、その後危険断面付近でコンクリートの圧壊・剥落が生じた。立体試験体SS-1と平面試験体SP-3を比べると、立体試験体SS-1の方がひび割れが危険断面付近に集中し、梁危険断面付近のコンクリートの圧壊・剥落も少なかった。立体試験体SS-2と平面試験体RD-2のひび割れ状況はほぼ同程度であった。

4. 梁せん断力-梁部材角関係

図-2に梁せん断力-梁部材角関係を示す。図中の水平の実線はSS-1およびSS-2の、点線は平面試験体SP-3およびRD-2の梁の終局曲げモーメント略算式²⁾より求めた最大梁せん断力である。立体試験体SS-1およびSS-2においては、全幅のスラブ筋を有効とした。最大梁せん断力の実験値は計算値を上回り、計算値の1.0~1.3倍の範囲にあった。ここで立体試験体SS-1およびSS-2において、上端主筋、スラブ筋および上端PC鋼材の降伏時の引張力の総和を上端引張時の鋼材耐力とし、下端主筋および下端PC鋼材の降伏時の引張力の総和を下端引張時の鋼材耐力と定義する。立体試験体SS-1およびSS-2は上端引張時と下端引張時の鋼材耐力に差があるため、履歴ループにピンチ効果が表れた。また上端引張時には残留変形が大きくなり、下端引張時には残留変形が小さい履歴を描いた。

4.1 梁部材の等価粘性減衰定数

図-3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。梁せん断力-梁部材角の関係における同一変形の繰り返し载荷の2回目の加力サイクル時の heq を用いた。立体試験体SS-1およびSS-2では1サイクルを上端引張時と下端引張時に分け、それぞれ半サイクルでの等価粘性減衰定数を求めた。PC鋼材に $\phi 11$ を使用した試験体

SS-1およびSP-3の最大層せん断力時の等価粘性減衰定数は、スラブの付く試験体SS-1の下端引張時で33.6%、SP-3で23.3%、SS-1の上端引張時で17.7%と順に小さくなった。一方、PC鋼材に $\phi 21$ を使用した試験体SS-2およびRD-2の最大層せん断力時の等価粘性減衰定数は、スラブの付く試験体SS-2の下端引張時で11.4%、RD-2で13.3%、SS-2の上端引張時で12.2%と同程度となった。

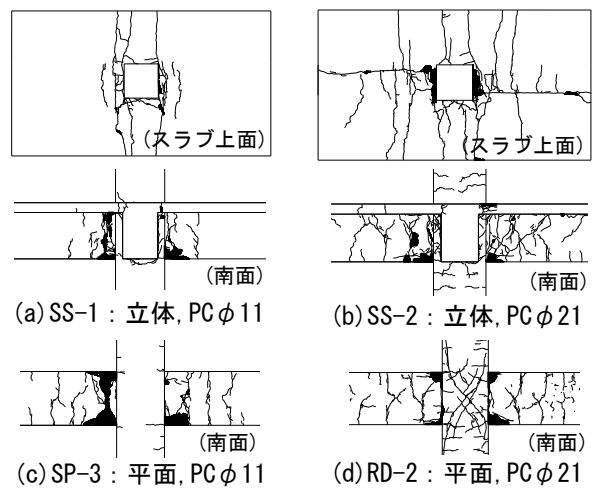


図-1 ひび割れ状況(層間変形角4.0%)

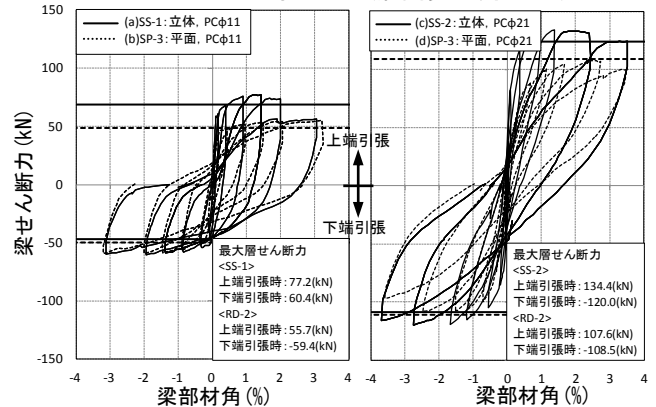


図-2 梁せん断力-梁部材角関係

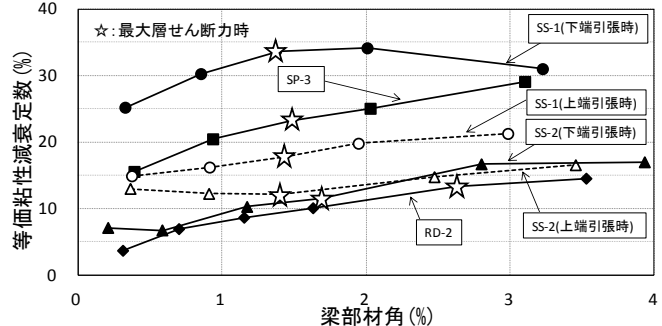


図-3 等価粘性減衰定数-梁部材角関係

4.2 梁部材の残留変形率

図—4に梁部材の残留変形率と梁部材角との関係を示す。残留変形率は立体試験体 SS-1 および SS-2 では上端引張時と下端引張時それぞれのピーク時梁部材角に対する残留梁部材角の比とし、平面試験体 SP-3 および RD-2 では正負のピーク時梁部材角の和に対する正負の残留梁部材角の和の比とした。PC 鋼材に $\phi 11$ を使用した試験体 SS-1 および SP-3 の最大層せん断力時の残留変形率は SS-1 下端引張時で 0.30, SP-3 で 0.61 と大きく異なった。一方、PC 鋼材に $\phi 21$ を使用した試験体 SS-2 および RD-2 の残留変形率は SS-2 下端引張時で 0.23, RD-2 で 0.21 と同程度となった。以上のことから、等価粘性減衰定数の結果と合わせて、スラブの付く T 形梁の下端引張時の等価粘性減衰定数および残留変形率は上端引張時と下端引張時の鋼材耐力の差に依存し、両者の値が近いほど平面試験体の性能と同程度になった。ここで、上端引張時の鋼材耐力を下端引張時の鋼材耐力で除した値を上端と下端の鋼材耐力比と定義すると、SS-1 および SS-2 の上端と下端の鋼材耐力比はそれぞれ 1.42 および 1.19 であった。

5. 梁主筋の接合部内の付着性状

図—5に接合部中央 1/3 区間 (区間長 110mm) での梁主筋の付着応力度と層間変形角関係を示す。梁主筋の各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、各区間の引張力の差分を付着力とした。主筋は全試験体で D13 を使用したが、各試験体の付着応力度—層間変形角関係には違いが見られた。PC 鋼材に $\phi 11$ を使用した試験体 SS-1 および SP-3 では紡錘形の履歴を描いたのに対し、PC 鋼材に $\phi 21$ を使用した試験体 SS-2 および RD-2 では逆 S 字の履歴を描いた。また試験体 SS-2 に関しては層間変形角が大きくなるに従い、逆 S 字から紡錘形の履歴を描きはじめた。試験体 SS-1, SS-2 および SP-3 では最大層せん断力以降も付着応力度が増加し、付着良好であった。それに対して試験体 RD-2 では最大層せん断力に達する前に付着応力度が低下したことから、付着劣化が生じたと判断した。また立体試験体 SS-1 および SS-2 ともに上端主筋と下端主筋の付着応力度—層間変形角関係は原点对称であった。付着が良好に保持された場合、上端主筋と下端主筋の接合部内の付着応力度—層間変形角関係にはスラブの影響は表れなかった。

参考文献

- 1) 村上友梨, 北山和宏: プレストレスト鉄筋コンクリート骨組における梁部材の耐震性能評価に関する研究, 日本コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.2, pp.451-456, 2012年7月.
- 2) 北山和宏, 溝口茂, 岸本一蔵, 河野進, 岸田慎司, 菅田昌宏: 3.部材性能評価法, 日本建築学会大会 PC 部門パネルディスカッション「プレストレストコンクリート建築物性能設計・施工指針(案)制定に向けて」資料, pp.24-40, 2011年8月.

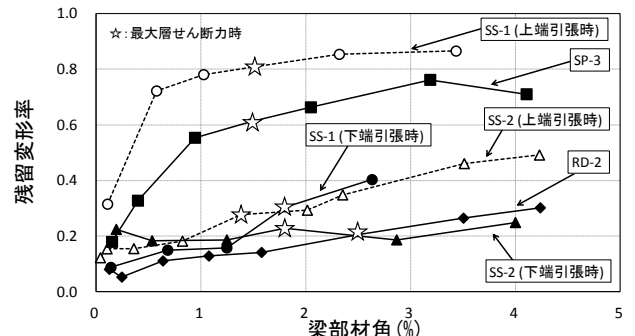
謝辞

本研究は JSPS 科学研究費補助金・基盤研究 C により行った。また田島祐之博士 (アンス株式会社) に試験体の設計・製作, 実験のご指導・ご協力を頂いた。

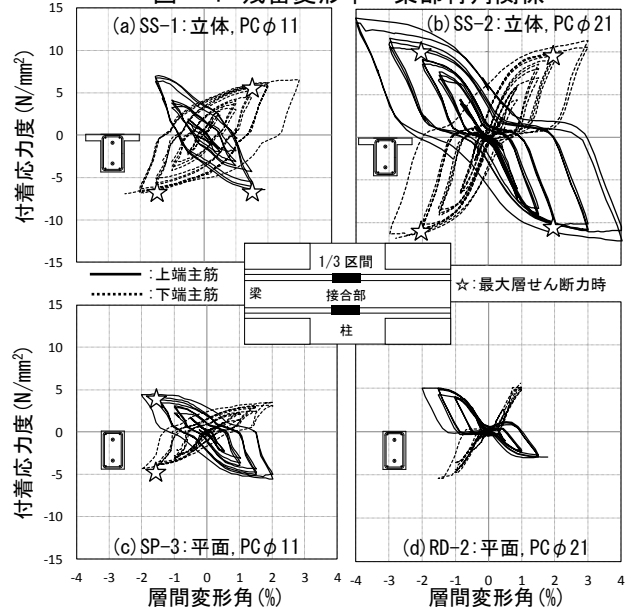
6. まとめ

スラブの有無と PC 鋼材の径の組み合わせを変数とした PRC 柱梁十字形部分架構の静的載荷実験を実施し、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) 上端引張時と下端引張時の鋼材耐力が異なる立体試験体 SS-1 および SS-2 の梁せん断力—梁部材角関係にはピンチ効果が表れた。上端引張時には残留変形が大きく、下端引張時には残留変形が小さい履歴を描いた。
- (2) スラブの付く T 形梁の下端引張時の等価粘性減衰定数および残留変形率は、上端と下端の鋼材耐力比に依存し、この値が 1 に近いほど平面試験体の性能と同程度となる。上端と下端の鋼材耐力比が 1.42 である SS-1 の下端引張時および SP-3 の等価粘性減衰定数は 33.6% および 23.3% となり、残留変形率は 0.30 および 0.61 と異なった。上端と下端の鋼材耐力比が 1.19 である SS-2 の下端引張時および RD-2 の等価粘性減衰定数は 11.4% および 13.3% となり、残留変形率は 0.23 および 0.21 と同程度になった。
- (3) 付着が良好に保持された場合、上端・下端主筋の接合部内の付着応力度—層間変形角関係にはスラブの影響は見られなかった。



図—4 残留変形率—梁部材角関係



図—5 梁主筋の接合部内付着応力度—層間変形角関係

*1 首都大学東京 大学院生

*2 東京工業大学 大学院生

*3 東京大学 大学院生

*4 首都大学東京 都市環境科学研究科建築学域 教授 工博

*5 首都大学東京 都市環境科学研究科建築学域 助教 博士(工学)

*1 Graduate Student, Tokyo Metropolitan University.

*2 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology.

*3 Graduate Student, The University of Tokyo.

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

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