

プレストレスの導入による RC 柱部材の高性能化

大阪工業大学大学院 学生員    ○田邊 睦

大阪工業大学大学院 学生員    小田部 貴憲

大阪工業大学工学部 正会員    井上 晋

大阪工業大学工学部 フェロー    小林 和夫

1. はじめに

現行の耐震設計においては、正負交番繰返しによるせん断耐力の低下を考慮した設計がなされている．しかしながら、軸方向圧縮力の地震時せん断耐力の低下の抑制効果については定量的評価が必ずしもなされていない．そこで本研究では、プレストレスを導入した RC 柱部材の正負交番載荷実験を行い、破壊性状、残留変形、せん断抵抗の抑制という観点から、プレストレス導入により RC 柱部材の高性能化が実現されるかどうかを検討した．

2. 実験概要

図-1 にプレストレスを導入した RC（以下 PRC）供試体、図-2 に比較に用いた RC 供試体の断面詳細を示す．コンクリートの圧縮強度はいずれも  $f_c=42.8\text{N/mm}^2$  であり、主鉄筋には D16 ( $f_{sy}=334\text{N/mm}^2$ ) および D13 ( $f_{sy}=335\text{N/mm}^2$ )、帯鉄筋には D6 ( $f_{sy}=382\text{N/mm}^2$ )、PC 鋼棒には  $\phi 9.2$  (C 種 1 号  $f_{py}=1078\text{N/mm}^2$ ) を用いた．実験要因は、帯鉄筋配置間隔 (80mm と 120mm の 2 種類) とした．RC 供試体では軸方向鉄筋に 16-D16、PRC 供試

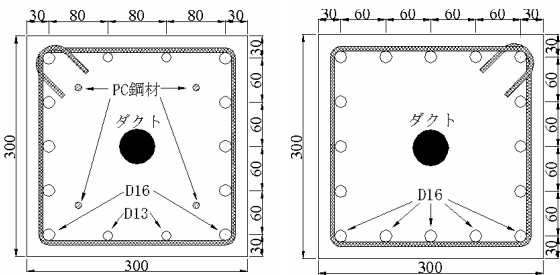


図-1 PRC 断面 (単位:mm)                      図-2 RC 断面 (単位:mm)

体においては R C 供試体と曲げ耐力を同程度とするために、軸方向鉄筋に D13 を圧縮側と引張側に各 2 本、その他には D16 を 10 本選定し、PC 鋼棒を 4 本用いてプレストレス ( $\sigma_{cp}=2.3 \text{ N/mm}^2$ ) を導入した．載荷位置は基部より 900mm ( $a/d=3.33$ ) とし、載荷中は断面中央部に設けたダクト内に配置したアンボンド PC 鋼材により、一定軸力 ( $1 \text{ N/mm}^2$ ) を作用させ正負交番載荷実験を行った．繰返し回数は降伏変位の整数倍の変位で各 3 回とした．

3. 実験結果および考察

(1) 破壊形式と荷重-水平変位関係

表-1 に各供試体の詳細と実験結果より得られた破壊形式を一括して示す．なお、せん断耐力ならびに曲げ耐力の計算値は部材係数をすべて 1.0 として、土木学会コンクリート標準示方書構造性能照査編より算出した．図-3 に荷重-水平変位包絡線を示す．計算上の破壊形式で曲げ破壊と判定された RC80 が実際の破壊形式では曲げ降伏後のせん断破壊と判定された．原因として、コンクリート標準示方書構造性能照査編で示されているせん断耐力式は、一方向荷重下では安全側の値を与えるものの、地震動のような正負交番繰返し荷重を受けることによって、コンクリートのせん断

表-1 供試体の詳細と実験結果

| 供試体名   | 帯鉄筋<br>間隔<br>(mm) | 軸力<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | プレストレ<br>ス導入量<br>( N/mm <sup>2</sup> ) | コンクリート標準示方書による計算値 |               |              |                | 最大荷重<br>実測値<br>(kN) | 実際の<br>破壊形式    |
|--------|-------------------|----------------------------|----------------------------------------|-------------------|---------------|--------------|----------------|---------------------|----------------|
|        |                   |                            |                                        | 曲げ耐力<br>(kN)      | せん断耐力<br>(kN) | 曲げせん断<br>耐力比 | 破壊形式           |                     |                |
| RC80   | 80                | 1                          | 0                                      | 157.4             | 162.3         | 1.03         | 曲げ破壊           | 154.7               | 曲げ降伏後<br>せん断破壊 |
| PRC80  | 80                | 1                          | 2.3                                    | 165.1             | 174.9         | 1.09         | 曲げ破壊           | 159.4               | 曲げ破壊           |
| RC120  | 120               | 1                          | 0                                      | 157.4             | 141.2         | 0.89         | 曲げ降伏後<br>せん断破壊 | 159.4               | 曲げ降伏後<br>せん断破壊 |
| PRC120 | 120               | 1                          | 2.3                                    | 165.1             | 153.8         | 0.93         | 曲げ降伏後<br>せん断破壊 | 167.4               | 曲げ降伏後<br>せん断破壊 |

キーワード    破壊性状、残留変形、せん断抵抗の抑制

連絡先    〒535-8585    大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号    大阪工業大学都市デザイン工学科    T E L   06-6954-4182

耐力が減少した事によるものと思われる。このことは、耐震性能照査偏で表されているように、地震荷重下ではせん断耐力の部材係数を大きくする必要があることを裏付けている。これに対して、プレストレスを導入を行った PRC80 では、実際の破壊形式でも曲げ破壊と判定された。これは、プレストレスを導入することにより、繰返し荷重によるコンクリートのせん断耐力が減少され、最終的に曲げ破壊に至ったものと思われる。また、破壊領域についても、プレストレスを導入した PRC 供試体は RC 供試体よりもひび割れの発生範囲が狭く、より基部に近い位置での破壊が確認された。変形性能については図-3 より、RC80 と PRC80、RC120 と PRC120 の両比較とも降伏耐力や最大耐力に到達するまでに大差はないものの、耐力低下を生じる変位が PRC 供試体では RC 供試体よりも  $1\delta_y$  程度大きくっており、プレストレスの導入による変形性能の改善効果がうかがえる。

## (2) 変形の回復性能

図-4 に変形回復率（回復変位/最大変位）と変位の関係の一例を示す。プレストレスを導入した PRC80 と RC80 の回復率について比較を行うと、PRC80 がすべての変位において RC80 よりも、約 5~10% 程度上回る結果が得られた。これは、実

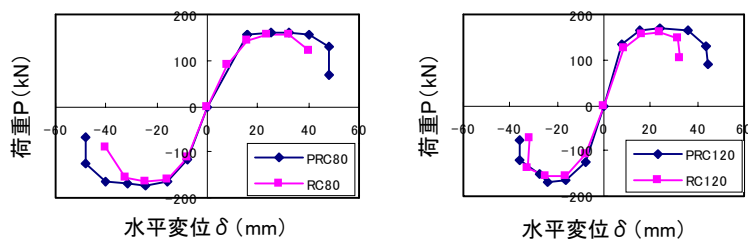


図-3 荷重-水平変位関係

際の破壊形式からも分かるように、RC80 では斜めひび割れの発生により一般的に非回復性であるせん断損傷が増大したのに対して、PRC80 ではプレストレスを導入することにより斜めひび割れの開口を抑制することや、プレストレスの効果によって復元力が生じ、この復元力が残留変位に対して有効に働いたものと思われる。また、PRC80 では降伏変位において 90% 以上の回復率が得られ、RC80 が終局に至った  $5\delta_y$  時でも 50% 程度の回復率が得られた。

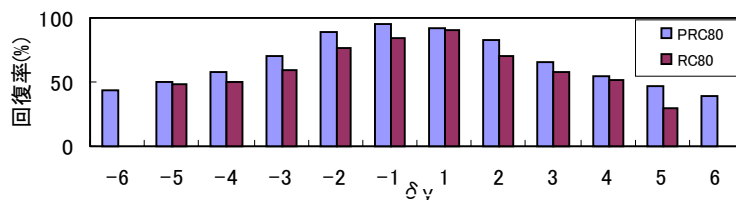


図-4 変形回復率と変位の関係

## (3) 帯鉄筋ひずみ

図-5 に帯鉄筋のひずみと変位の関係の一例を示す。このグラフは RC80 と PRC80 の基部より 320mm 位置の帯鉄筋のひずみと変位の関係を表し、帯鉄筋に用いた D6 鉄筋の降伏ひずみ ( $\epsilon_y=1948\mu$ ) も図中に併記した。RC80 では負方向の  $3\delta_y \sim 4\delta_y$  で降伏ひずみに達し、正方向でも  $4\delta_y$  において降伏ひずみに近い値まで達しているのに対して、PRC80 では終局時に至るまで  $1000\mu$  以下の値となっていることがわかる。RC80 において、ひずみに急激な変化が現れたときのひび

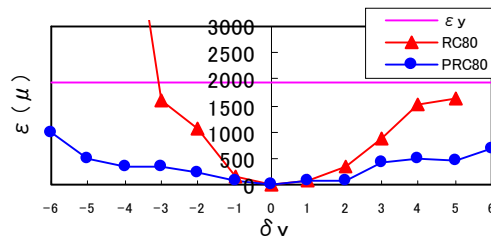


図-5 帯鉄筋ひずみと変位の関係

割れの状況から、RC80 と PRC80 では斜めひび割れの進展状況、ひび割れ幅の大きさの違いを確認することができる。これはつまり、RC80 ではコンクリートが負担するせん断力が斜めひび割れの発生により低下し、それに代わり帯鉄筋が受け持つせん断力が大きくなった為であると思われる。これに対し PRC80 では、プレストレスを導入することによりひび割れの発生、開口を抑制し、ひび割れ面でのせん断力の伝達が効果的に行われていると言える。

## 4. まとめ

今回得られた結果では、プレストレスを導入することにより、破壊性状、変形の回復性能、せん断抵抗の抑制において、RC 柱部材の高性能化の実現が達成されたといえる。しかしながら、今実験においては、プレストレス導入量を ( $\sigma_{cp}=2.3 \text{ N/mm}^2$ ) と比較的低い値を選定したが、プレストレス導入量の増加が、軸方向圧縮力を受ける RC 柱部材にとっては危険側に作用することも考えられる。今後の課題として、様々な帯鉄筋配置間隔や軸力を選定し実験を重ね、それらの条件に対して最も有効なプレストレスの導入量を明確にすること等があげられる。