

## コンクリート柱部材の破壊性状に関する基礎的実験

九州産業大学工学部 正会員 宮川 邦彦  
同 正会員 佐藤 武夫

## 1. まえがき

兵庫県南部地震の被害状況を受けて、平成8年度にコンクリート標準示方書や道路橋示方書の耐震設計編が大幅に改訂された。しかし、柱部材のせん断耐力に関しては従来と同様、はり部材の実験結果に基づいた経験式が用いられており、その適合性にはまだ多くの問題点が残されていることも指摘されている。

そこで本研究では、柱部材のせん断破壊機構を解明するための一環として、特に構造物の崩壊原因に繋がる斜め引張破壊とその改善策を検討するため、中間部に帯鉄筋を有しないRC柱4体、PCおよびPRC柱各1体を作製し、それら部材の水平繰返し載荷時における変形挙動や破壊性状について比較検討を行った。

## 2. 実験概要

本実験に用いたコンクリートの配合および物性を表-1に、作製した柱部材の形状寸法を図-1に示す。軸方向鋼材には、SD295AのD10およびD13、SBPR785/930の $\phi 11$ を用いた。RCⅠおよびRCⅢ部材は、材齢7日から実験室内の大気中で中心軸圧縮力100kNを約110日間持続載荷した後に水平繰返し載荷を行った。RCⅡおよびRCⅣ部材は、破壊試験直前まで湿潤養生を行った後、PCおよびPRC部材は、材齢7日にポストテンション方式により初期プレストレス力200kNを導入し、約60日間大気中に静置した後、中心軸圧縮力100kNを破壊試験直前に載荷して水平繰返し載荷を行った。RC部材は40、50および60kN、PCおよびPRC部材は50、60および70kNの交番水平繰返しを各2回行った後、破壊するまで水平載荷した。

表-1 コンクリートの力学特性

|       | $f'_c$ (N/mm <sup>2</sup> ) |      | $E_c$ (kN/mm <sup>2</sup> ) |      | $f_t$                    | $f_b$ |
|-------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|--------------------------|-------|
|       | 7日                          | 試験時  | 7日                          | 試験時  | 試験時 (N/mm <sup>2</sup> ) |       |
| RC 湿潤 | 14.4                        | 22.4 | 21.6                        | 30.4 | 2.35                     | 4.25  |
| RC 空中 | —                           | 20.7 | —                           | 23.4 | 2.13                     | 3.94  |
| PC 空中 | 41.7                        | 54.1 | 30.0                        | 34.7 | 4.44                     | 5.35  |

注). RC配合:  $W=200$  kg/m<sup>3</sup>,  $C=300$  kg/m<sup>3</sup>,  $s/a=44\%$

PC配合:  $W=200$  kg/m<sup>3</sup>,  $C=420$  kg/m<sup>3</sup>,  $s/a=43\%$

## 3. 実験結果および考察

表-2に破壊試験結果の一覧を示す。曲げひび割れおよび斜めひび割れ荷重( $P_{mc}$ 、 $P_{vc}$ )の実測値は、部材に貼付したひずみゲージの値が急変するときの荷重範囲から求めた。曲げひび割れ荷重の計算値は、破壊試験以前の荷重履歴から推定したコンクリート断面の軸圧縮応力度( $\sigma'_c$ )を考慮して、水平載荷時の部材引張縁応力がコンクリートの曲げ強度に達するときの値から、斜めひび割れ荷重のそれは、同様に荷重履歴の影響を考慮してコンクリート標準示方書の算定式から求めた。同表のように曲げひび割れ荷重の実測値は計算値より若干大きくなっている。これはフーチングと柱との付け根部に10mm程度のハンチを設けたことやひずみゲージを柱の付け根部から50mm上方に貼付したことなどに起因すると考えられる。また、斜めひび割れ荷重の実測値も計算値の1.3倍程度になっているが、

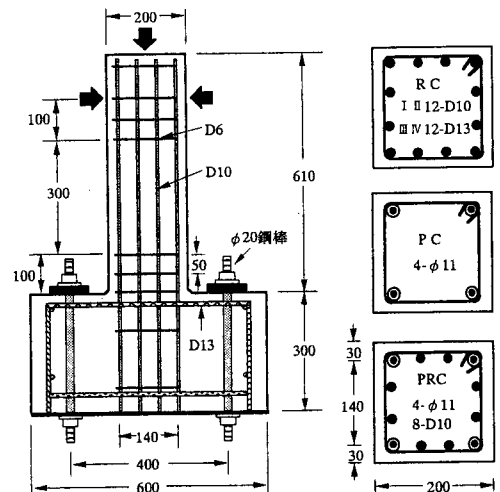


図-1 部材の形状寸法

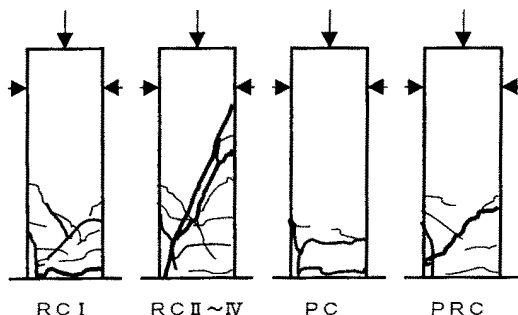
これはコン  
クリート標  
準示方書の  
算定式が破  
壊試験以前  
の荷重履歴  
の影響を無  
視している

表－２ 柱部材の破壊試験結果

| 部材<br>記号 | $\sigma'_c$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | P <sub>mc</sub> (kN) |      | P <sub>vc</sub> (kN) |      | P <sub>max</sub> (kN) |             | $\delta_{max}$<br>(mm) | 破壊形式  |
|----------|-------------------------------------|----------------------|------|----------------------|------|-----------------------|-------------|------------------------|-------|
|          |                                     | 実測                   | 計算   | 実測                   | 計算   | 実測                    | 計算          |                        |       |
| RC I     | 0.57                                | 15～20                | 13.9 | 35～40                | 29.1 | 69                    | 54.6 (71.1) | 13.8                   | 曲げ引張  |
| RC II    | 2.23                                | 20～25                | 19.6 | 40～45                | 35.0 | 62                    | 55.6 (77.0) | 8.9                    | 斜め引張  |
| RC III   | -0.19                               | 15～20                | 12.8 | 40～45                | 32.7 | 76                    | 83.0 (74.7) | 10.6                   | 斜め引張  |
| RC IV    | 2.06                                | 25～30                | 20.8 | 45～50                | 38.5 | 84                    | 84.4 (80.5) | 7.9                    | 斜め引張  |
| PC       | 6.55                                | 45～50                | 31.8 | ----                 | 47.4 | 91                    | 86.4 (89.4) | 19.7                   | 曲げ圧縮  |
| PRC      | 5.13                                | 35～40                | 32.0 | 60～65                | 49.1 | 118                   | 132 (91.1)  | 19.1                   | 斜めせん断 |

ためである。なお、P C部材には破壊に至るまで斜めひび割れは観られなかった。

表－２のように最大荷重(P<sub>max</sub>)の実測値は、コンクリートの圧縮強度や軸方向鋼材量の増加に伴って増大していることがわかる。同表に示す曲げおよびせん断耐力( $\sigma'_c$ の値)の計算値は、コンクリート標準示方書の算定式から求めた値であるが、せん断耐力に関しては、本実験の配筋状態を考慮してコンクリート断面の分担せん断耐力に帯鉄筋２本が分担するそれを加算して求めた。曲げ圧縮破壊したP C部材と曲げひび割れから伸展した45度方向の斜めひび



図－２ 破壊試験後のひび割れ状況

割れが徐々に拡大して曲げせん断破壊したP R C部材（図－２参照）の実測値は、コンクリート断面の分担せん断耐力が若干大きくなることを考慮すれば、それぞれの破壊形式に対する計算値とほぼ一致している。しかし、曲げ引張破壊したR C I部材の場合は、実測値と曲げ耐力の計算値とに大きな差異が、また、斜め引張破壊したR C II～IV部材の場合は、実測値とせん断耐力の計算値とに一定の関係が見られず、現行の算定式ではその耐力や破壊形式を適確に推定できないことがわかる。なお、R C II～IV部材は、破壊直前に水平載荷点と柱の付け根部との間に斜め引張ひび割れが急激に発生して軸方向鉄筋が座屈する、いわゆる、典型的な斜め引張破壊を生じた（図－２参照）。このように柱部材の終局耐力や破壊形式は複雑であり、それを適確に推定するためには更に多くの実験を行い、その破壊機構を十分に解明すべきであると考えられる。

各部材の交番水平繰返し載荷時における荷重－変位曲線は紙面の関係上割愛するが、P C部材は、R C I部材に比較して、荷重－変位曲線がほぼ線形であること、表－２のように最大荷重時の変位量( $\delta_{max}$ )が大きいことなどが確認できた。更にP C部材は、破壊後の復元性にも優れていること、中間部に帯鉄筋を有しない部材でも、R C部材に観られるような斜め引張破壊を生じないことなど多くの長所を有していることがわかった。なお、今回の実験では持続軸圧縮力の有無が部材の終局耐力や破壊性状に及ぼす影響を確認するまでには至らなかったが、これは持続載荷期間が短かったことや破壊試験以前の水平繰返し載荷で部材内部の応力状態が変化したことによるものと考えられる。

#### ４. まとめ

本研究では、R C、P CおよびP R C柱部材の水平繰返し載荷時における破壊性状を調べるための基礎的な実験を行ったが、以下にその結果を要約する。

- (1). 中間部に帯鉄筋を有しないR C柱部材はその破壊性状が複雑であり、現行の示方書等に規定されている算定式ではその耐力や破壊形式を適確に推定できないことがわかった。
- (2). P C柱部材は、R C柱部材に比較して、復元性や破壊性状の面で優れていることがわかった。
- (3). P R C柱部材は、終局耐力の面では優れているが、その破壊性状には若干問題があるように思われる。