# 高強度鉄筋と高靭性セメント材料を組み合わせた橋脚柱の変形性能評価

九州工業大学	学生会員	○篠﨑正治
九州工業大学	正会員	幸左賢二
株式会社長大	正会員	佐藤 崇

## 1. 研究背景·目的

高靭性セメント材料(PVA 繊維)はひび割れ位置での繊維の 架橋効果により靭性の大幅な向上が,また,近年構造物の高層 化に伴い着目されている高強度鉄筋は最大荷重の向上が期待で きる材料である.本論文では高靭性セメント材料と高強度鉄筋 を使用した柱供試体を作成し,正負交番載荷実験を行い軸方向 鉄筋強度が変形性能に及ぼす影響について検討した.

#### 2. 実験概要

供試体の形状を図-1に示す.実験供試体は1辺400mmの正方 形断面, 高さ1600mmの柱供試体で柱基部から700mmの高さま で全断面高靱性セメント材料で打設している. これは終局時に おいて降伏曲げモーメント以上の断面力が 0.3~0.4H (載荷高さ H) 位置で働くためである. No.2-4 は軸方向鉄筋に SD345 を使 用し, No.2-6, 2-7 にはそれぞれ高強度鉄筋である SD390, SD490 を使用した.軸方向鉄筋の強度の増加に伴い水平荷重の増加が 予測されたのでせん断破壊を防ぐために No.2-4 に対して No.2-6, No.2-7 の帯鉄筋間隔を変更している.実験供試体のフーチング 上部 100mm を柱下部と同時に打設することで打ち継ぎ目を無 くし、柱とフーチングの付着切れの抑制を試みた.また、柱供 試体の断面内のひずみ分布を測定する目的でひずみゲージを貼 り付けたアクリルバーを柱基部 50mm の位置に設置している. アクリルバーは高靱性セメント材料と付着が十分取れるように それぞれの端部に溝を形成した.実験方法は柱供試体の上面よ り 1.0N/mm<sup>2</sup> 相当の一定軸力を載荷した正負交番載荷試験であ り、柱基部より高さ 1400mm を水平荷重載荷高さとした.実験 開始から降伏点までは荷重制御で載荷し、降伏後は変位制御で 降伏変位をδ,として整数倍で載荷実験を進めた.降伏点は試算 より算出し、終局は降伏荷重を下回った時を終局点と定義した.

3. 実験結果

図-2,3に代表例として No.2-6,2-7 の荷重変位履歴曲線を示し、 図-4 に全供試体の荷重変位包絡線を示す. No.2-4 では、約 158kN で主鉄筋が降伏ひずみを超え、9 $\delta_y$  (74mm) で最大荷重 223kN に達した.その後、13 $\delta_y$  (107mm) まで荷重を保持したまま変 位が進展したが、柱基部のはらみ出し、かぶり部の圧壊の発生 とともに荷重が低下し、132mm で Pyを下回った. No.2-6 の降伏 時における水平荷重は 184kN、6 $\delta_y$  (66mm) において最大荷重 (260kN) に達し、11 $\delta_y$  (121mm) まで荷重を保持したまま変 位が進展し、13 $\delta_y$ 以降は、No.2-4 同様に柱基部のはらみ出しが 進展することで荷重が低下し、163mm で終局を迎えた.なお、

キーワード 柱, 高靭性セメント材料, 高強度鉄筋





荷重変位包絡線比較

図-4

No.2-6 は±14 $\delta_y$ で負載荷側の載荷装置の測定限界に達し+15 $\delta_y$ は正載荷のみの載荷を行った. No.2-7 では、約217kN で主鉄筋 が降伏し、5 $\delta_y$ (65mm)で最大荷重 286kN に達した. その後、 8 $\delta_y$ (104mm)まで荷重を保持したが柱基部のはらみ出しととも に荷重が低下し、136mm で Pyを下回った.最大荷重は軸方向鉄 筋強度に比例して増加しており、終局変位は No.2-6 が最も優れて おり、高靭性セメント材料と高強度鉄筋を使用した橋脚柱の変形 性能は良好な結果が得られた.

図-5 に損傷状態に大きな違いが確認された水平変位約 110mm 時における柱基部圧縮側の損傷状態を示す. No.2-4 では急激には らみ出しが進展した.一方, No.2-7 では徐々にはらみ出しの開始 が確認された.この差は,はらみ出し範囲の拘束効果をもつ帯鉄 筋の本数の違いが原因と考えられる.また, No.2-6 では圧縮側の 損傷は確認されなかった.

#### 4. 軸方向鉄筋強度の影響

道路橋示方書V耐震設計編の試算に準拠した簡易解析を用い て軸方向鉄筋強度の影響を検討した.図-6に試算のフローを示す. 高靱性セメント材料の応力ひずみモデルは10体のシリンダー試 験の結果を直線で近似する事で作成し,応力が最大応力の25%ま で低下した時のひずみを終局ひずみと定義した.橋脚の終局条件 は最外縁軸方向鉄筋位置の高靱性セメント材料が終局ひずみに 達した時と定義した.

図-7 に No.2-6, 2-7 の試算結果と実験結果の荷重変位関係の比較を示す. 試算結果より軸方向鉄筋に SD490 を使用した No.2-7 の終局変位は,軸方向鉄筋に SD390 を使用した No.2-6 に対して 15%低下し,実験結果も同様の傾向が確認され,終局変位の低下量は 17%であった. 試算上で No.2-7 の終局変位が No.2-6 よりも小さくなる理由は, No.2-7 はより高強度な軸方向鉄筋を使用しているため引張側の断面力が大きくなり,圧縮側高靱性セメント材料の負担量が相対的に大きくなることにより,比較的早い段階で終局条件に達するためである.

図-8にNo.2-6, 2-7の実験値の最大荷重時近傍の水平変位 65mm 時点におけるアクリルバーによる柱断面ひずみ測定値と, 試算に よる断面ひずみ分布を示す. No.2-6 は実験値にややバラつきが生 じたが, 試算値は概ね実験値を再現できている. No.2-7 は No.2-6 に対してひずみゲージの欠損が認められるが, No.2-6 と同様に試 算値は概ね実験値を再現できている. 図-8 より実験値でも No.2-7 は No.2-6 に比べて圧縮域が広く, 圧縮ひずみ量も大きい事から, 圧縮側高靱性セメント材料の負担量は大きいと考えられる. よっ て, No.2-7 のはらみ出しが No.2-6 に比べて早く発生し終局変位 が小さくなった原因は, 試算の現象と同様で,より高強度な軸方 向鉄筋を使用しているため圧縮側高靱性セメント材料の負担量 が相対的に大きくなったことであると考えられる.



### 5. まとめ

- 1) 橋脚柱の正負交番載荷実験より,高靭性セメント材料と高強度鉄筋を組み合わせた No.2-6, 2-7 は,普通鉄筋 を用いた No.2-4 に対して変形性能を維持したまま最大耐力が向上する良好な結果が得られた.
- 2) 高靭性セメント材料を使用した橋脚柱の軸方向鉄筋強度が増加すると、圧縮側高靭性セメント材料の負担量が 相対的に大きくなり変形性能は低下するが、その低下量は試算により傾向を十分再現できる範囲であった.