

高靱性セメント材料と高強度鉄筋を使用した RC 橋脚の変形性能

九州工業大学 学生会員 溝上瑛亮
株式会社長大 正会員 佐藤崇

九州工業大学 正会員 幸左賢二

1. はじめに

著者らが過年度に行った正負交番載荷実験では、高靱性セメント材料を柱の塑性ヒンジ領域の全断面に使用した供試体(以下 No.2-4)は、無補強 RC 柱(以下 No.1)より変形性能の向上を確認している。今年度は変形性能の向上に効果的な高靱性セメント材料と、耐力の向上に有効的な高強度鉄筋の組み合わせに着目した供試体(以下 No.2-6)の正負交番載荷実験を行った。

2. 実験概要

図-1 に供試体の基本断面形状および配筋状況の比較を示す。供試体の高さは 1600mm、断面形状は 400mm×400mm の正方形断面である。水平荷重載荷点高さ H は 1400mm とした。No.1 の軸方向鉄筋には SD345 を使用し、帯鉄筋間隔は 150mm、全断面普通コンクリートを打設した。No.2-4、2-6 の施工範囲は、柱基部から高さ 700mm の全断面を高靱性セメント材料で打設し、それ以上の高さは普通コンクリートで打設している。No.2-4 の軸方向鉄筋には SD345 を使用し、帯鉄筋間隔は 100mm とした。一方、No.2-6 には SD390 を使用し、帯鉄筋間隔は軸方向鉄筋の高強度化に伴い 75mm としている。また No.2-6 は高靱性セメント材料の施工性を向上させるため、練り混ぜ装置を従来のドラム式ミキサーから水平強制 2 軸ミキサーに変更しワーカビリティを向上させた。水平載荷方法は実構造物の死荷重を再現するため、供試体柱上面より 1.0N/mm² 相当を載荷した一定軸力下で正負交番水平載荷を行った。試算で求めた降伏荷重までは荷重制御で載荷し、その時点での変位を δ_y と定義した。降伏以後は δ_y の整数倍を変位制御により載荷した。また、実験での終局の定義は降伏荷重を下回った時とし、降伏荷重より低下したループで載荷を終了した。

3. 実験結果

図-2, 3, 4 に No.1, 2-4, 2-6 の P- δ 履歴曲線を示す。No.1 では約 150kN(8.8mm)を δ_y と定義し、3 δ_y で最大荷重に到達した。その後、7 δ_y まで荷重を保持して変位が進展したが、柱基部のはらみ出しと、かぶり部の圧壊の発生とともに急速に荷重が低下し、8 δ_y 手前(70.9 mm)で P_y を下回り終局を迎えた。No.2-4 では約 158kN(8.2mm)を δ_y と定義し、9 δ_y で最大荷重に到達した。その後、13 δ_y まで荷重を保持したまま変位が進展したが、No.1 と同様の現象により荷重が低下し、17 δ_y 手前(132mm)で P_y を下回り終局を迎えた。No.2-6 では約 184kN(11mm)を δ_y と定義し、6 δ_y で最大荷重に到達した。その後、11 δ_y まで荷重を保持したまま変位が進展し、No.1 と同様の現象により荷重が低下し、15 δ_y 手

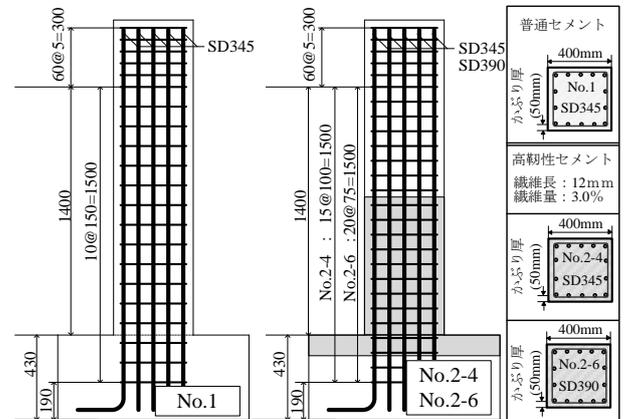


図-1 供試体形状及び断面形状

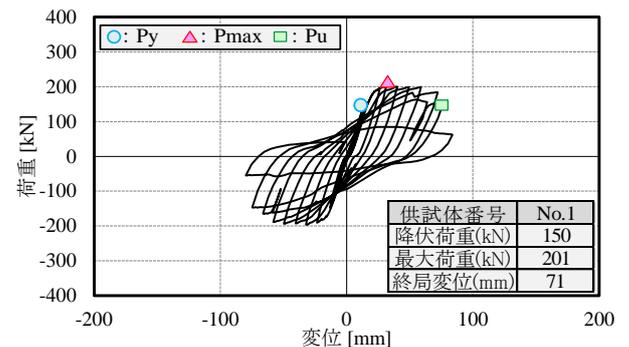


図-2 P- δ 履歴曲線 (No.1)

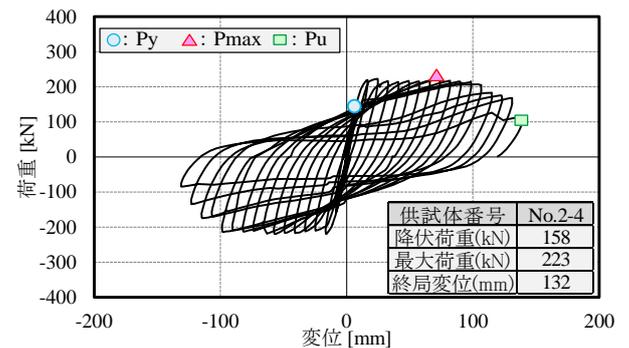


図-3 P- δ 履歴曲線 (No.2-4)

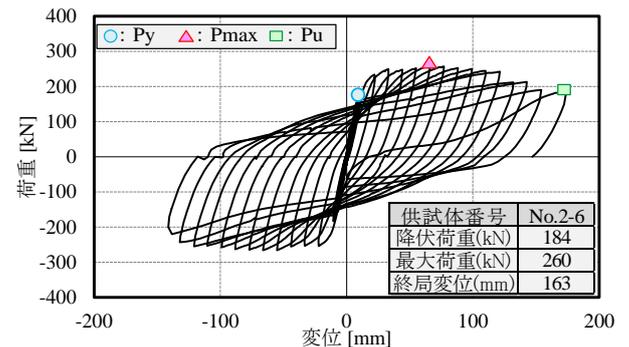


図-4 P- δ 履歴曲線 (No.2-6)

前(163mm)で P_y を下回った。

4. 実験結果の考察

ここでは、No.2-4, 2-6 について、No.2-4 の荷重低下が顕著に現れた水平変位 110mm 時の荷重および損傷状況を比較した。図-5, 6 に No.2-4, 2-6 の同一変位(110mm)時の柱基部損傷状況及び荷重履歴を示す。図-5 より、No.2-4 は水平変位 110mm(14 δy)時、柱基部が大きくはらみ出し、剥離したかぶりコンクリートが確認された。また荷重履歴より、13 δy 時と比較して荷重が急激に低下している。一方、図-6 より、No.2-6 は水平変位 110mm(10 δy)時には、柱基部に目立った損傷は確認されておらず、再載荷時の履歴も安定した紡錘形を保っていることがわかる。またひび割れ状況に着目すると、No.2-4 はコンクリートのはらみ出しにより、大きな幅のひび割れが入っているのに対し、No.2-6 は、ほぼ均一な幅のひび割れが無数に入っていることから、ひび割れ分散性が高く、高靱性セメント材料のワーカビリティが改善したことにより、繊維の応力架橋効果が向上したことが確認できる。

図-7 に No.1, 2-4 の試算および実験結果の荷重変位包絡線を示す。なお、試算は道路橋標準設計方書に準拠して行い、材料定数は材料強度試験の結果を用いた。また、帯鉄筋の拘束効果は Mander らの提案式を準用し、コアコンクリートの応力ひずみ関係を定義した。図-7 より、両供試体の実験結果における終局変位は、No.2-4 は No.1 に比べ約 61 mm 増加し、高靱性セメント材料を用いることで変形性能が大きく向上する。一方、実験結果と試算を比較すると、No.1 はほぼ同一の終局変位であるのに対して、No.2-4 は大きな差が生じており、試算で想定していた高靱性セメント材料の靱性性能が十分に発揮されていなかった可能性が考えられる。図-8 に No.2-4, 2-6 の試算および実験結果の荷重変位包絡線を示す。No.2-6 の実験結果と試算の終局変位を比較すると、上記で述べた No.2-4 に比べ、実験結果と試算の差は 16 mm と大きな違いは見られず、ワーカビリティを改善することにより、高強度鉄筋を用いても試算で想定していた高靱性セメント材料の靱性性能が得られると考えられる。

5. まとめ

- 1) 高強度鉄筋と高靱性セメント材料を用いた供試体は、普通コンクリートと標準的な強度の鉄筋を使用した供試体に対して終局変位が 92mm 増加し、また高靱性セメント材料と標準的な強度の鉄筋を用いた供試体に対して終局変位から 31mm 増加し、概ね良好な結果を得ることができた。
- 2) 高強度鉄筋と高靱性セメント材料を組み合わせた供試体は、高靱性セメント材料のワーカビリティを向上させることで高強度鉄筋を用いても試算で想定した靱性性能を発揮し、橋脚の変形性能の向上に有効であることが確認された。

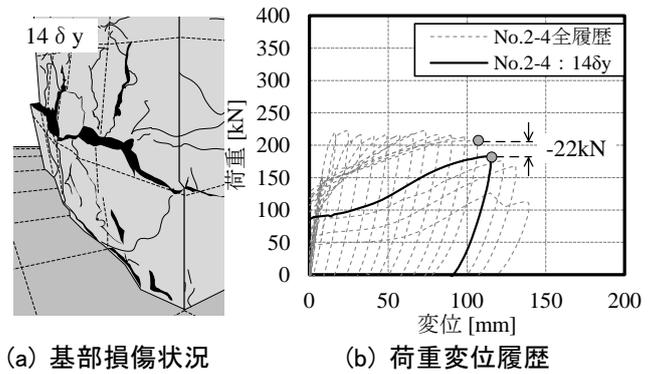


図-5 110mm 載荷時損傷状況 (No.2-4)

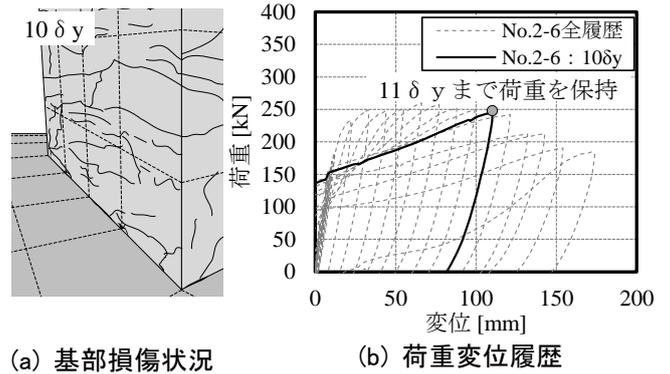


図-6 110mm 載荷時損傷状況 (No.2-6)

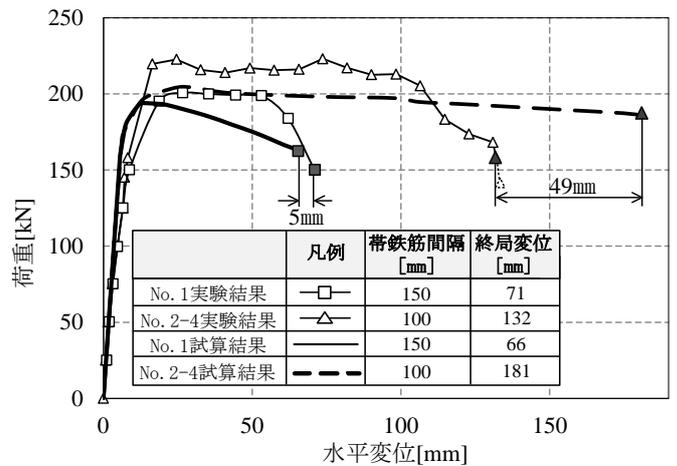


図-7 No.1, 2-4 の比較

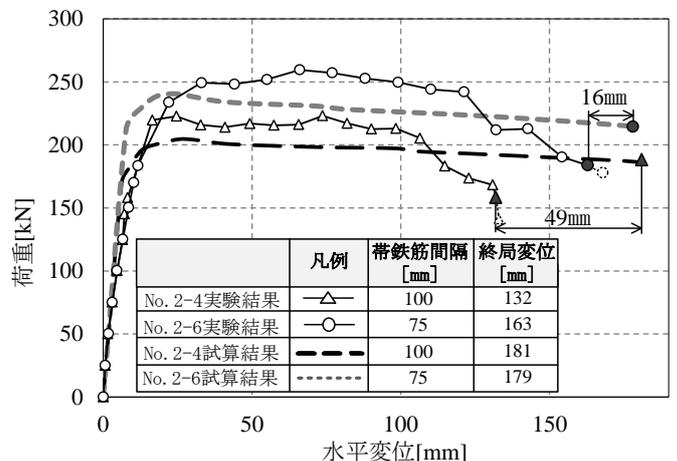


図-8 No.2-4, No.2-6 の比較