高靭性セメント材料を使用した橋脚柱の変形性能評価

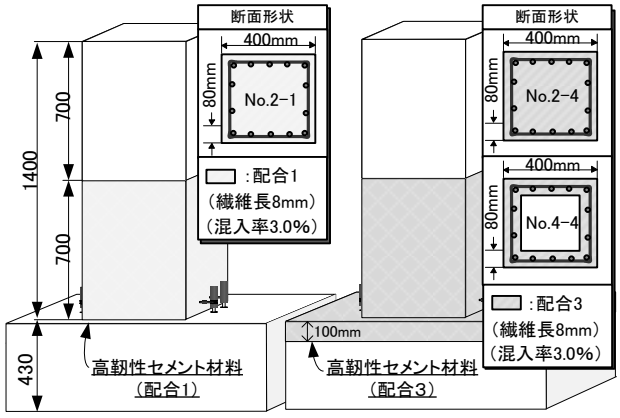
九州工業大学　○学生会員　篠﨑 正治　九州工業大学　正会員　幸左 賢二
長大（株）　正会員　佐藤 崇

1. はじめに

高靭性セメント材料は，繊維によるひび割れ間の応力架橋効果などから，圧縮・引張ともに非常に大きな靭性を有する材料である．この高靭性セメント材料を用いることで RC 柱の変形性能の向上が期待できると考えられ，その使用方法を提案した上で変形性能の向上効果を正負交番実験で確認した．

2. 高靭性セメント材料の使用方法

供試体の断面および形状を**図-1** に示す．No.2-1，2-4 は全断面に高靭性セメント材料を使用し，No.4-4 供試体はより効率的に高靭性セメント材料の使用方法を提案することを目的に，帯鉄筋を含む状態で柱外周面のみに高靭性セメント材料で補強した．また，補強高さに関しては，接合面での破壊を防ぐ目的で，柱基部から 700mm までとした．しかし，No.2-1 では柱基部で浮き上がりが生じたため、No.2-4，4-4 では柱からフーチングにかけて連続打設を行い，打ち継ぎ目をなくすことにより浮き上がりの改善を行った．このことに加え，No.2-1（配合 1）からさらに変形性能を向上させるため，高靭性セメント材料のビニロン繊維長を 12mm に，添加量を 3.0Vol%に施工可能な範囲で増加させ，より靭性性能の高い配合 3 を No.2-4，No.4-4 に使用した．



図－1　供試体断面および断面形状

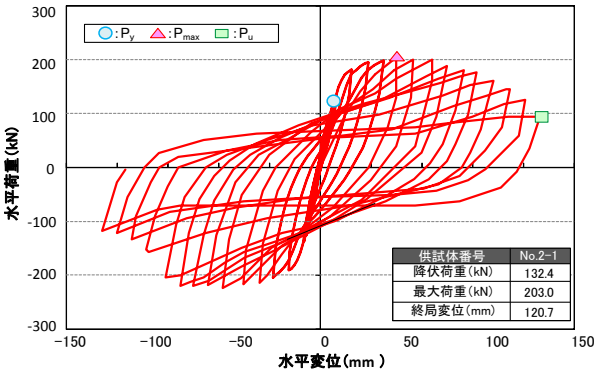


図-2　P－δ履歴曲線（No. 2-1 供試体）

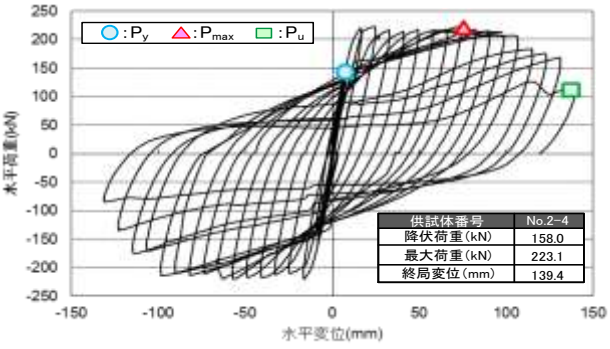
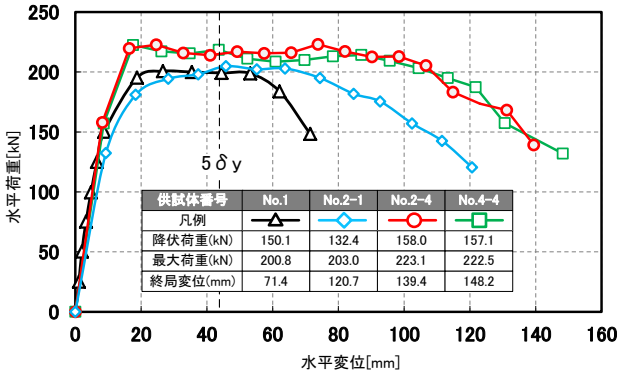


図-3　P－δ履歴曲線（No. 2-4 供試体）

3. 実験結果の比較

図-2, 3 にそれぞれ No. 2-1, 2-4 の P－δ履歴曲線を示す. No.2-1 では，主鉄筋降伏時 P_y が約 132kN，$7\delta_y$（63.8mm）で最大荷重 210kN に達し，以降徐々に荷重が低下して $10\delta_y$（92.7mm）ではらみ出しが発生，その後はらみ出しが進展して $12\delta_y$ (11.6mm) で P_y を下回った. 一方, No.2-4 では, P_y が約 158kN, $9\delta_y$ (73.8mm) で最大荷重 223kN に達し，$14\delta_y$（121.7mm）まで荷重を保持して変位が進展したが，柱基部がはらみ出してかぶり部の圧壊の発生とともに荷重が低下し，$17\delta_y$ (139.4mm) で P_y を下回った.

次に，変形性能を比較するために同形状で全断面を普通 RC で打設した基準となる No.1 を加えた各供試体の P-δ包絡線を**図-4** 示す. 高靭性セメント材料を使用した No.2-1 は No.1 に対して終局変位は 49.3mm 増加したが，最大耐力には大きな違いは見られなかった. 配合 3 を使用した No. 2-4, No. 4-4 は No. 2-1 に対して，終局変位は No. 2-4, 4-4 でそれぞれ 18.7mm, 27.9mm 増加し，最大耐力は両供試体ともに，20kN 程度増加する結果



図－4　P-δ包絡線

キーワード　柱，高靭性セメント材料，靭性
連絡先　〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学　建設社会工学科　TEL093-884-3123

となった．ただし，No. 2-4 と No. 4-4 の差は殆どなく高靭性セメント材料の使用範囲の違いによる P-δ 曲線への影響は確認できなかった．この結果から，高靭性セメント材料を全断面使用せずとも，No.4-4 のように柱外周面のみの使用で全断面使用と同等の効果が得られることが確認できた．**図-5** に 7δy 載荷終了時の No.1，No.4-4 供試体のひび割れ状況の比較図を示す．塑性ヒンジ領域を 400mm と仮定すると，ひび割れ状況から塑性ヒンジ領域内のひび割れ密度は，No.1 は 30m/m^2 であり，No.4-4 は 37m/m^2 であった．この結果より，高靭性セメント材料特有のひび割れ分散効果を確認することができた．

4. 主鉄筋の抜け出し量

柱部の変形性能を適切に評価するためにも，フーチング内主鉄筋の抜け出し量を把握しておく必要がある．**図-6** に鉛直変位計と，主鉄筋ひずみから算出した水平変位に占める主鉄筋の抜け出しによる回転変位の寄与率を示す．鉛直変位計を用いた寄与率の算出方法は，計測区間内に発生したひび割れの開口幅を鉛直変位計の測定量から差し引くことで補正を行い，回転変位寄与率を算出した．一方，主鉄筋ひずみを用いた寄与率の算出方法は，フーチング内の主鉄筋ひずみを主鉄筋の下端位置まで補正し，回転変位寄与率を算出した．**図-6** より鉛直変位計と，主鉄筋ひずみから算出したそれぞれの回転変位寄与率は概ね一致しており，主鉄筋の伸び出しによる回転変位寄与率は，信頼のある値と考えられる．

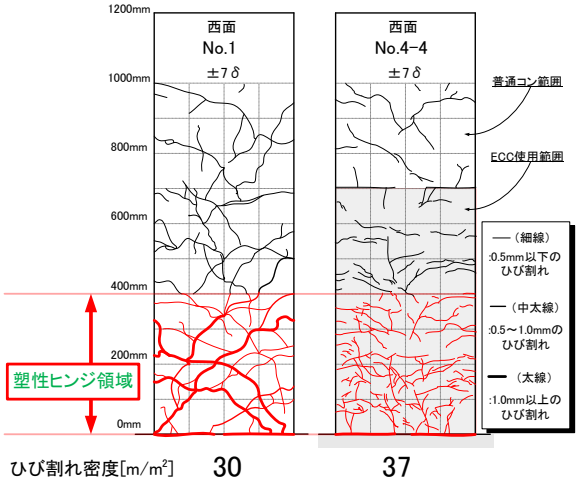
図-7 に主鉄筋のひずみ分布を示す．実際の主鉄筋の定着長の範囲に不動点（ひずみが 0）が存在せず，ひずみはやや大きい傾向を示す．柱基部及びフーチング上部の高靭性セメント材料の圧縮強度は 68.9N/mm^2 であり，フーチング下部の普通 RC の圧縮強度は 34.5N/mm^2 と 34.4N/mm^2 の強度差が存在する．このため強度の低いフーチングで付着切れが発生し，主鉄筋の抜け出し量が大きくなり，回転変位量が 30%とやや大きな値を示したと考えられる．また，**図-8** に示すように抜け出し量が大きくなったことにより，柱基部でのひび割れが更に進展していったと考えられる．

5. まとめ

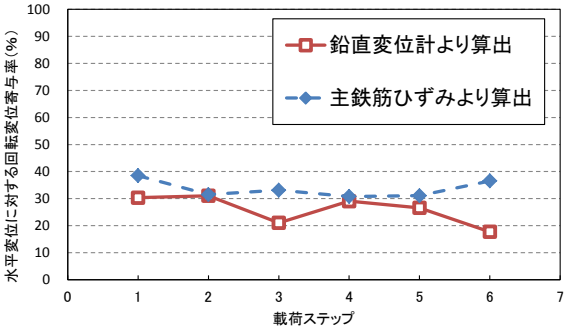
1）柱基部に高靭性セメント材料を使用することで，No.2-1 供試体の終局変位が No.1 に比べ 69%増加した．また，高靭性セメント材料を配合 1 から配合 3 へ高靭性化した結果，No. 2-4 供試体の終局変位は，No.2-1 に比べ 17%向上した．

2）柱基部の塑性ヒンジ領域で，高靭性セメント材料特有のひび割れの分散効果を確認することができた．

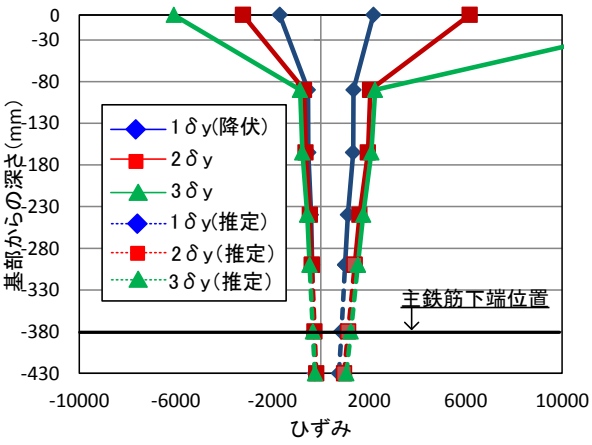
3）フーチングの付着切れの範囲がやや大きくなり，主鉄筋の伸びだしによる回転変位の寄与率が 30%と，通常の RC 構造物に比べてやや大きい値を示した．



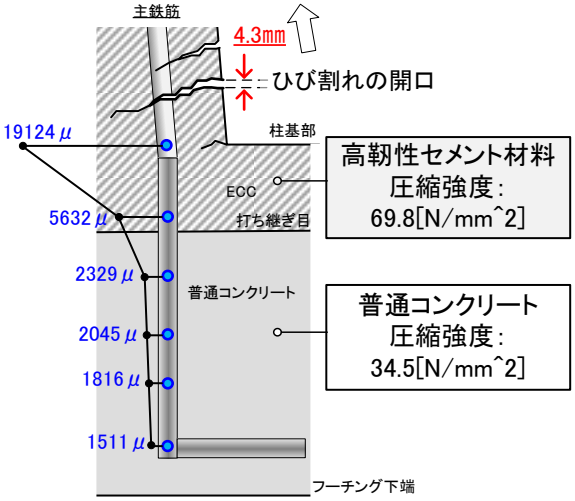
図－5 ひび割れ状況（±7δy）



図－6 回転変位の寄与率（No. 2-4）



図－7 フーチングの主鉄筋ひずみ分布（No. 2-4）



図－8 柱基部の損傷状況とフーチング内のひずみ分布（No. 2-4）