

高靱性セメント材料を使用した柱部材の変形性能

九州工業大学 学生会員 尾崎奨太
大日本コンサルタント(株) 正会員 清水英樹

九州工業大学 正会員 幸左賢二
(株) クラレ 小川敦久

1. はじめに

高靱性セメント材料は、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靱性を有する材料である。そこで、変形性能の向上が期待できる高靱性セメント材料の使用方法を提案し、その効果を正負交番実験により確認した。

2. 高靱性セメント材料を使用した供試体の検討

供試体の断面および形状を図-1に示す。No.4-1 供試体では、帯鉄筋を含む状態で柱の4側面を覆うように高靱性セメント材料を補強した。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までを補強した。しかし、No.4-1では柱基部とフーチングの境界面が異種材料となるため付着強度が弱く浮き上がりが生じたため、No.4-4では柱からフーチングにかけ連続打設を行い、打ち継ぎ目をなくすことより浮き上がりの改善を行った。さらに変形性能を向上させるため、No.4-1に使用している高靱性セメント材料(配合1)から繊維長や添加量を増加させ、さらに靱性性能の高い配合(配合2)を検討しNo.4-4に使用した。

3. 実験結果

3. 1 材料試験結果

配合1は、繊維長8mmの繊維を分散性、施工性などの観点から2.0Vol%で混入させた。配合2では、繊維長の変更(8mm→12mm)に加え、打設可能な範囲で繊維混入率を最大限に増加させ繊維混入率を変更した(2.0Vol%→3.0Vol%)。この材料の圧縮試験結果を図-2に示す。本研究では、高靱性セメント材料が最大圧縮応力の25%相当まで断面力を受け持つと想定し、そのときのひずみを圧縮終局ひずみとした。圧縮終局ひずみを各配合で比較すると配合1が18000 μ 程度であったのに対し、配合2では40000 μ を超える結果となり、さらなる靱性の向上が確認された。

3. 2 正負交番載荷実験結果

図-3・4に各供試体のP- δ 履歴曲線を示す。No.4-1では約136kNで主鉄筋ひずみが降伏ひずみを超え、5 δ_y (44.5mm)で最大荷重(222kN)に達した。その後、荷重を保持したまま、13 δ_y (115.2mm)まで変位が進展したが、供試体基部のはらみ出しの発生とともに荷重が低下し、15 δ_y (134.9mm)で荷重が0.5Pmaxを下回った。No.4-4では約157kNで主鉄筋が降伏ひずみを超え、2 δ_y (17.6mm)で最大荷重(222kN)に達した。その後、14 δ_y (121.7mm)まで荷重を保持したまま変

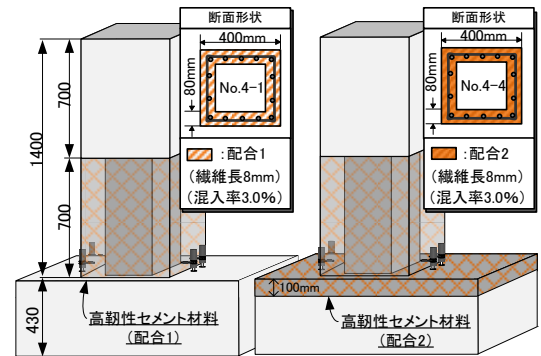


図-1 供試体断面および断面形状

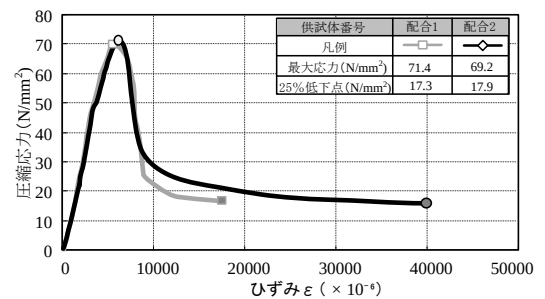


図-2 圧縮試験結果(配合1・2)

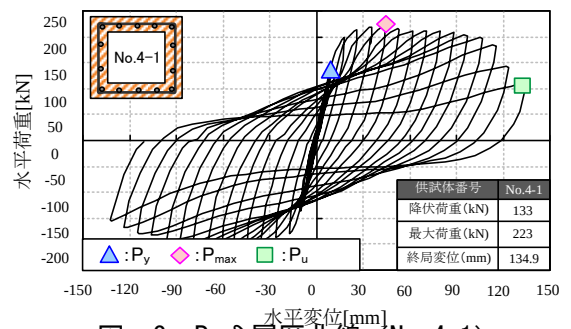


図-3 P- δ 履歴曲線(No. 4-1)

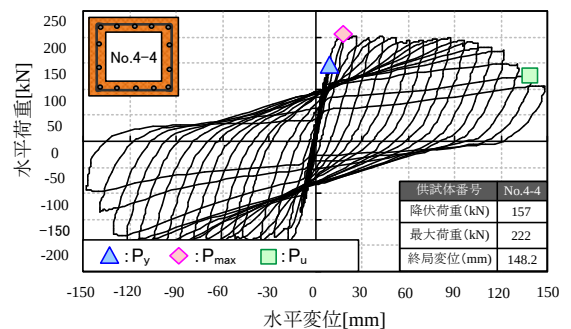


図-4 P- δ 履歴曲線(No. 4-4)

位が進展したが、かぶり部の圧壊の発生とともに荷重が低下し、 $16\delta_y(148.2\text{mm})$ で P_y を下回った。終局変位は No.4-1 から 13mm 伸び変形性能は向上する結果となった。

4. 実験結果の考察

4. 1 主鉄筋に対する拘束効果

柱外周面への高靱性セメント材料の使用が主鉄筋のはらみ出しを抑制する拘束効果について確認するため、柱部材の圧縮側に着目した。図-5 に示す $-12\delta_y$ 時の損傷状況を確認すると No.4-1 では圧縮側かぶりコンクリートの剥離が生じていたが、No.4-4 の同一サイクルでは剥離が確認されなかった。そこで、圧縮側主鉄筋ひずみ分布を整理した(図-6)。図より、No.4-1 では $-5\delta_y$ からひずみが進展し、 $-12\delta_y$ 時で座屈に相当するひずみが発生したのに対し、No.4-4 の同段階では座屈に相当するひずみは発生していなかった。さらに、塑性域におけるひずみの絶対量を見ても、No.4-4 の方が比較的小さな値を示している。次に、 $-12\delta_y$ 時点における損傷メカニズムについて図-7 に示す。No.4-1 では、 $-12\delta_y$ 時で圧縮側のかぶりコンクリートが剥離したことで、高靱性セメント材料による主鉄筋の拘束効果が低下したことから、主鉄筋のはらみ出しが生じ主鉄筋が座屈したと考えられる。これに対して No.4-4 では、 $-12\delta_y$ 時の $60\text{mm} \cdot 210\text{mm}$ における帯鉄筋ひずみが $226\mu \cdot 759\mu$ と小さいことから、かぶりコンクリートは剥離しておらず、拘束効果が機能することで曲げ圧縮力に対する十分な抵抗力を有していたと考えられる。

4. 2 フーチングと柱部材の一体性改善効果

フーチング部と柱部材を一体成型することによる境界部分の改善について引張側主鉄筋のひずみ分布(図-8)から考察する。柱基部に着目し No.4-1 と No.4-4 の引張りひずみを比較すると、 $1\delta_y$ 時には差が見られないものの、 $3\delta_y$ 時には両者とも 18000μ 程度のひずみ量が計測されていた。フーチングと柱接合部の損傷状況を確認しても $3\delta_y$ 時には基部でのひび割れが開口し浮き上がりが確認された。フーチングと柱部材との境界面における一体性の改善が期待された No.4-4 供試体であったが、大変形時には十分な効果を確認できなかった。

5. まとめ

- 1) 高靱性セメント材料に使用する繊維長や繊維混入量を増加させ、高靱性セメント材料自体の靱性性能を高めることで、変形性能の向上が確認できた。
- 2) フーチング部と柱部材を一体成型することによる境界部分を一体成型し改善した場合、基部でのひび割れが開口し浮き上がりが確認され十分な改善が認められなかった。

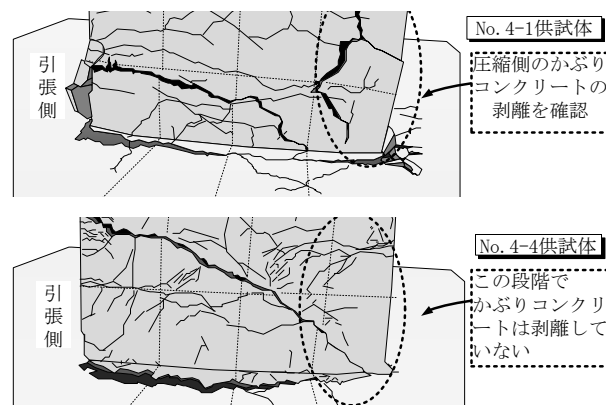


図-5 $-12\delta_y$ 時損傷状況

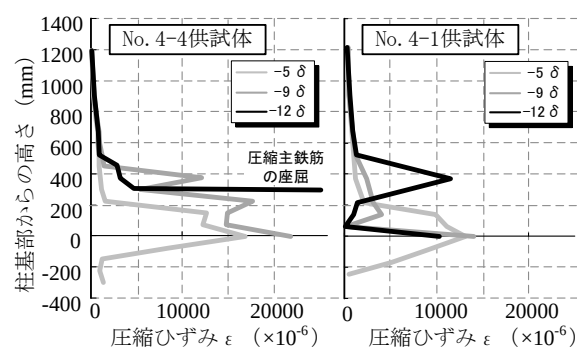


図-6 圧縮側主鉄筋ひずみ

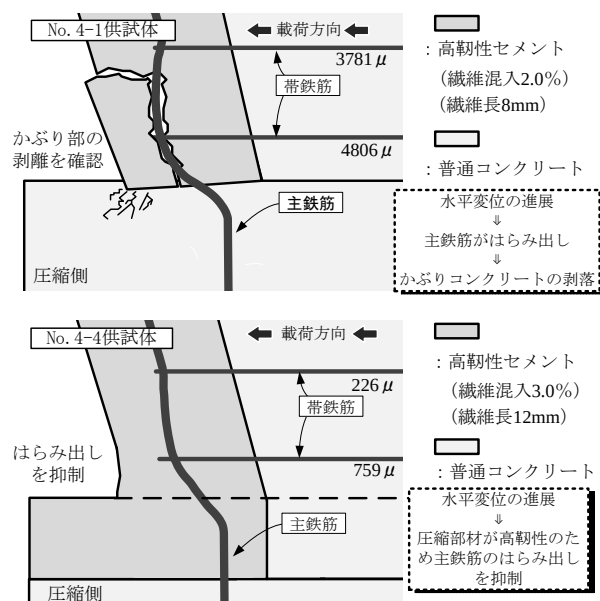


図-7 -12δ 時損傷メカニズム

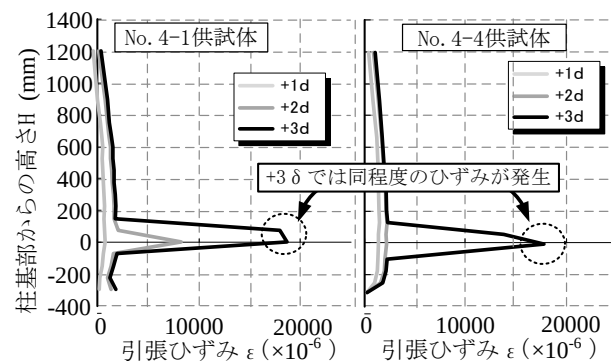


図-8 引張側主鉄筋ひずみ