

高靱性セメント材料を使用した RC 柱の変形性能

九州工業大学 ○学生会員 尾崎奨太
(株)大日本コンサルタント 正会員 佐々木達生

九州工業大学 正会員 幸左賢二

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。この高靱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. 高靱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 は全断面に高靱性セメント（以下、ECC と記す）を使用し、No.4-4 供試体はより効率的に ECC 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靱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、高靱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、より靱性性能の高い配合 3 を No.2-4, 4-4 に使用した。

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) ではらみが出しが発生、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。

図-3 に No.4-4 を加えた各供試体の P- δ 包絡線を示す。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 程度増加する結果となった。ただし、No. 2-4 と No. 4-4 の差は殆どなく ECC 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、ECC 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

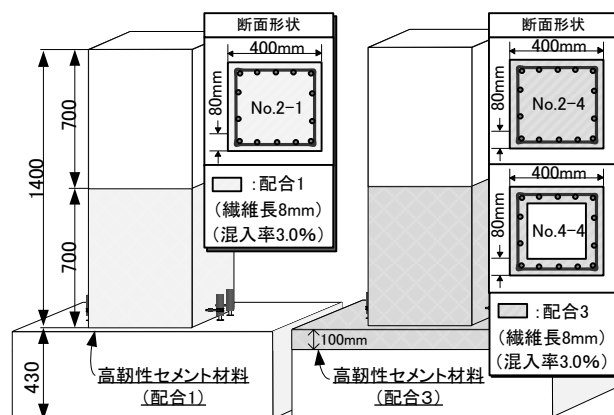


図-1 供試体断面および断面形状

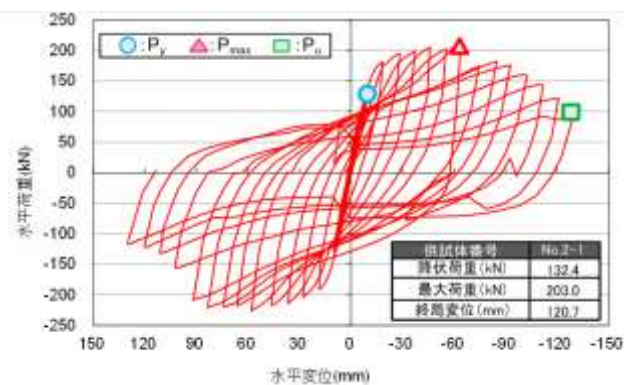


図-2 P- δ 履歴曲線 (No. 2-1 供試体)

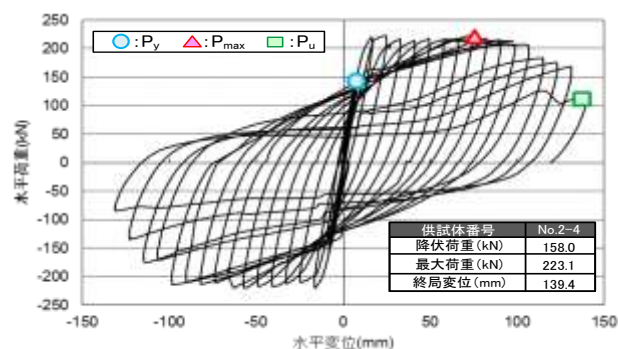


図-3 P- δ 履歴曲線 (No. 2-4 供試体)

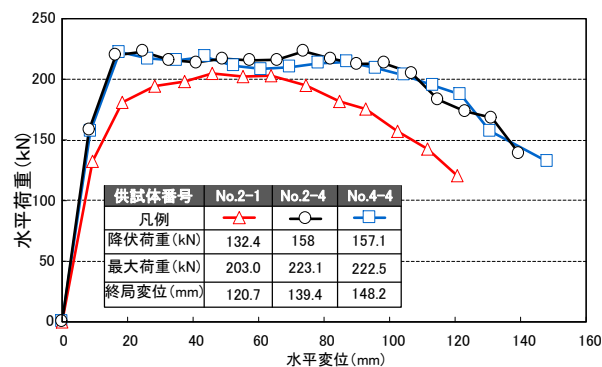


図-4 P- δ 包絡線

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-4 に No. 2-1, 2-4, 4-4 供試体の履歴吸収エネルギーの比較結果を示す。最大値は, No.2-1 で $30\text{kN}\cdot\text{m}$, No.2-4 で $42\text{kN}\cdot\text{m}$, No.4-4 で $44\text{kN}\cdot\text{m}$ となり, No.2-4, No.4-4 は No.2-1 に対して高いエネルギー吸収量を示す結果となった。このことから, 配合 3 を使用するとエネルギー吸収能力が大幅に向上することがわかる。

4. 一体性改善効果の確認

図-5 に $7\delta_y$ 載荷終了時における各供試体の柱基部周辺のひび割れ状況を示す。No.2-1 では, 柱基部とフーチング境界面が浮き上がっており, この浮上りを改善する目的で柱とフーチングを連続打設した No.2-4, 4-4 では柱の引張側基部でそれぞれのひび割れが 11mm , 10mm 程度開口していた。

浮き上がりの改善効果を確認するために回転変位を算出し, それぞれを比較することで効果を確認した。回転変位は, 図-1 に示したように柱に設置した鉛直変位計から算出可能であるが, この場合は計測区間内に発生した基部周辺の曲げ変形量も回転変位として算出される。そこで, フーチング内の主鉄筋ひずみから, 鉄筋の伸び出し量を算出し回転変位の割合を算出した。その結果を図-7 に示す。図より, 一体性の改善を行った No. 2-4, 4-4 は回転変位の割合が 20%以下となっており, No. 2-1 と比べ明らかに回転変位を抑制している。

図-8 に $5\delta_y$ に着目した損傷状況の比較図を示した。No. 2-1 は 5.9mm 浮き上がり, 基部の引張主鉄筋ひずみは 18743μ , No. 2-4 は 4.3mm ひび割れが開口し, 開口位置の引張主鉄筋ひずみは 11220μ , No. 4-4 は 4.3mm のひび割れが開口し, 開口位置の引張主鉄筋ひずみは 13245μ であった。この損傷から分かるように, No. 2-1 はフーチングと柱の打継ぎ面で付着切れが発生し, 浮き上がることで主鉄筋が伸びだし回転変位が増大した。これに対し, No. 2-4, 4-4 では図-6 で示したように擬似的な回転変位が発生したが, 現象としては曲げ変形による柱基部の損傷である。よって, 柱がエネルギーを吸収できていると考えられ, 一体性の改善効果が確認でき, 本研究での ECC 使用法は妥当であることが確認できた。

5. まとめ

- 1) 柱基部に使用する ECC を配合 1 からさらに高靱性化した配合 3 に改善した結果, 2-4 供試体 (配合 3) の終局変位は, No.2-1 に比べ 17%向上し, 良好な結果を得られた。
- 2) 柱主鉄筋の拔出しに伴う柱の回転変形を抑制するために一体成型した No. 2-4, 4-4 供試体では, フーチング内の主鉄筋伸びだしによる回転変位の割合は水平変位の 20%以下に抑えられていた。以上より, No. 2-4, 4-4 とともに一体性の改善効果が認められた。

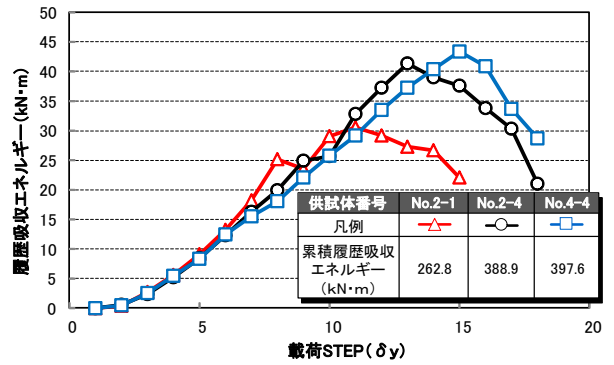


図-5 履歴吸収エネルギー

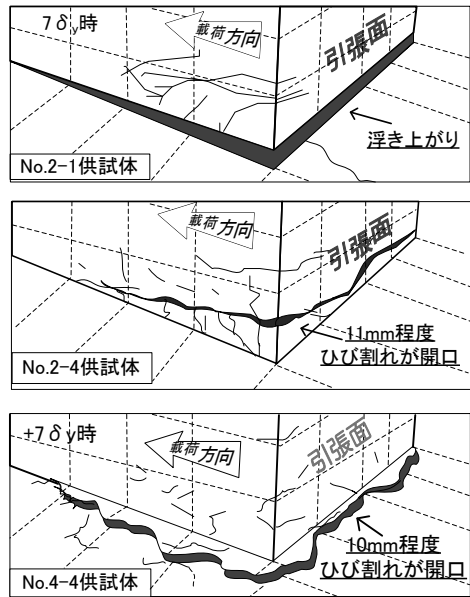


図-6 $7\delta_y$ 時柱基部ひび割れ状況 (比較)

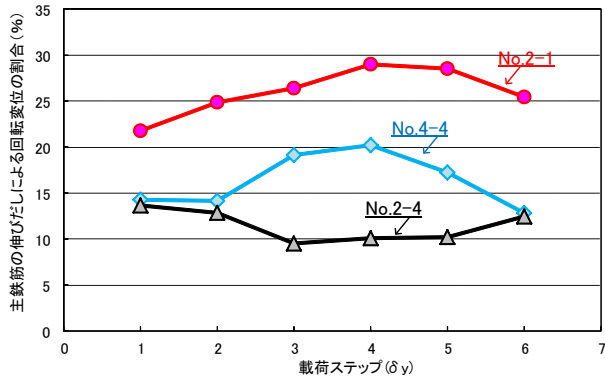


図-7 主鉄筋ひずみによる回転変位の割合

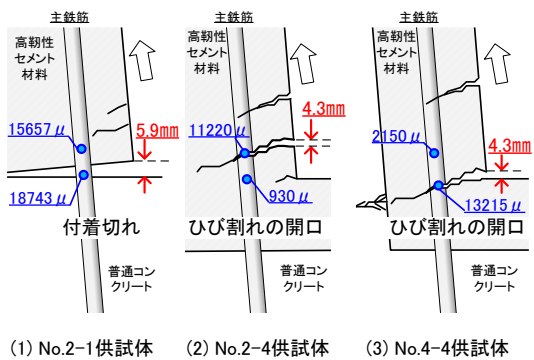


図-8 $5\delta_y$ 時の損傷状況