

平成 27 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	土木工学専攻
研究者 (ふりがな)	中村 拓郎 (なかむら たくろう)
タイトル	最高強度を誇る新たなセメント系材料の力学特性の解明
助 成 名	新任助教研究助成
採択金額	700,000 円

研究の背景

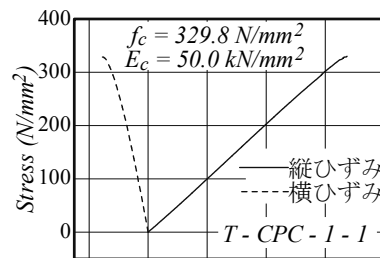
平成 27 年 6 月、通常のコンクリート成型法によって作製したセメント系材料では世界最高記録となる圧縮強度  $464\text{N/mm}^2$  の達成が報じられた。この新たなセメント系材料の誕生は、鉄筋コンクリート構造物の新しい用途や構造形式が考案される好機となることから、国内外において多くの関心が寄せられている。

本研究の目的は、この新たなセメント系材料の実用化に向けて、その力学特性を明らかにするとともに、実構造物へ適用するための技術的知見を蓄積することである。

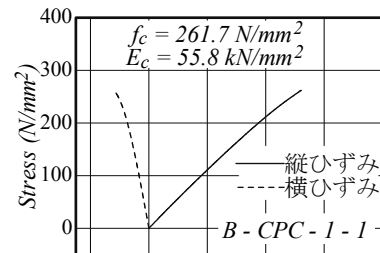
結果と考察

通常の流し込み成型が可能なセメント系硬化体としては世界最高強度となるこのセメント系材料は、理論的に最密充填構造となるように配合された最密充填セメント複合材料である。製造の過程において脱型後の吸水処理と  $200^\circ\text{C}$  未満の熱養生が必要とされるものの、いずれもコンクリート製品工場の既存設備で対応可能であることから実用化への期待も大きい。一方、この新たなセメント系材料では、高い圧縮強度を有するコンクリートに特有の脆性破壊が生じることが危惧される。そこで、本研究では、この新たなセメント系材料の力学特性の解明に向けた取組みの一環として、マトリクスを鋼繊維で補強した場合の力学特性の検証を行った。結合材の構成を 3 成分系および 2 成分系とした 2 種類のマトリクスを対象に、鋼繊維の混入率をパラメータとした計 4 種類の供試体を作製し、圧縮強度試験、割裂引張強度試験および切欠きはりの 3 点曲げ試験を実施した。それぞれの項目の試験結果の概要と考察を以下に列挙する。

- (1) 圧縮強度試験より、3 成分系の結合材で構成された供試体の圧縮強度は、繊維混入率 1vol.% で  $332.0\text{N/mm}^2$ 、2vol.% で  $340.3\text{N/mm}^2$  となり、結合材を 2 成分系とした供試体では 1vol.% で  $255.0\text{N/mm}^2$ 、2vol.% で  $247.2\text{N/mm}^2$  であった。3 成分系で構成された供試体の繊維未混入時のマトリクス強度は  $411\text{N/mm}^2$  であることから、鋼繊維の混入によって圧縮強度は低下するものの、この新たなセメント系材料は鋼繊維を混入した場合でも従来の超高強度コンクリート (約  $200\text{N/mm}^2$ ) よりもさらに高い圧縮強度を有することが確認された。
- (2) 結合材を 3 成分系とした供試体、2 成分系とした供試体ともに  $50\text{kN/mm}^2$  以上の高い静弾性係数を有していることが確認され、ポアソン比は 0.18 程度となった。
- (3) この新たなセメント系材料の応力-ひずみ曲線では普通コンクリートのような非線形性は認められず、圧縮破壊に至るまで概ね弾性的に挙動した (図 1)。最密充填構造となるように均質性を極限まで高めた材料であるため、ある圧縮応力レベルに



(a) 3 成分系, 繊維混入率 1%

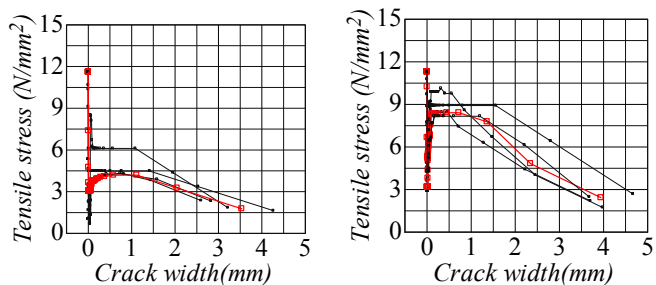


(b) 2 成分系, 繊維混入率 1%

図 1 応力-ひずみ曲線の一例



図2 圧縮破壊後の供試体の一例



(a) 3成分系, 繊維混入率 1% (b) 3成分系, 繊維混入率 2%

図3 引張軟化曲線の一例

達した時点で急激にエネルギーが解放されたことで急激な破壊(図2)が生じると考えられる。

- (4) 割裂引張強度および破壊エネルギーは、3成分系、2成分系の供試体ともに繊維混入率が大きくなると増大した。ただし、ひび割れ発生強度は繊維混入率によって大きな違いは認められなかった。
- (5) 多直線近似法により推定した引張軟化曲線は、ひび割れ発生後に一度低下した引張応力が再度増加して一定応力を保持した後、ひび割れ開口変位の増加に伴って徐々に引張応力が低下する傾向を示した(図3)。また、このひび割れ発生後の一定応力は、3成分系、2成分系の供試体ともにともに繊維混入率が大きくなると増大した。

以上のように、結合材の構成を3成分系および2成分系とした2種類のマトリクスを対象に、鋼繊維の混入率をパラメータとした供試体の各材料試験によって、この新たなセメント系材料の各種強度や静弾性係数、破壊エネルギーなどの材料特性値を明らかにした。

結論と今後の課題

本研究では、結合材を3成分系、2成分系とした最密充填セメント複合材料を鋼繊維で補強した場合の圧縮・引張特性を明らかにした。鋼繊維の混入によって引張特性が改善されるとともに、結合材を3成分系とした場合に、優れた圧縮特性を有することが確認された。今後は、この新たなセメント系材料の破壊メカニズムの検討を継続するとともに、実構造物への適用に向けて、構造設計への各材料特性値の適用方法、実用的な力学モデルの提案を目指す予定である。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品1	高感度変位計(6台)	324,453
備品2	温湿度ロガー(2台)	70,416
消耗品	ひずみゲージ、書籍他	250,626
旅費	共同研究打合せ	27,505
その他	講習会参加費	27,000
合計		700,000

記入上の注意:

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。