

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2006～2009

課題番号：18206058

研究課題名 (和文) ひび割れ幅制御型新材料によるコンクリート構造物の長寿命化

研究課題名 (英文) Elongation of Life Time of Concrete Structures by Controlling Crack Width with New Materials

研究代表者

三橋 博三 (MIHASHI HIROZO)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90091751

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：ひび割れ, 繊維補強, セメント複合材, 耐久性, 損傷度

1. 研究計画の概要

(1) 高強度でありながら高い靱性を確保するために幅の小さな多数のひび割れ, 即ちマルチプルクラッキングを生起させることのできる材料の設計が課題であり, 施工性も配慮する必要がある。そのためにこれまでの知見を参考に適切な材料の組み合わせを選び, パラメトリックスタディを行う。また, 一軸引張挙動を実験によって確かめるための試験法の検討を行う。

(2) 柱と壁に対して地震入力レベルと損傷度の関係を定量化すると共に, 損傷度への影響因子の感度を解析するための基礎データを得る目的で, 鉄筋の補強条件や軸力レベル, 及び使用材料の調合の違いが, 水平繰返し加力を受ける柱や壁の損傷度に及ぼす影響について実験により検討する。

(3) 引張応力下でマルチプルクラッキングを起す高靱性材料の解析を可能にするモデルを開発すると共に, 部材の非線形挙動のパラメトリック解析を行う。

(4) コンクリート構造物の耐久性向上に及ぼす高靱性材料の特性の影響を定量的に評価するために, 高靱性材料に埋設された鉄筋の腐食速度に及ぼすひび割れ性状の影響に関する実験的検討を行う。まず, 高靱性材料で, 作製した板状試験体の透水試験を行い, ひび割れ性状の違いが透水性にどのような影響を及ぼすかを明らかにする。更に, 鉄筋を埋設した梁試験体に曲げひび割れを生じさせ, そのひび割れ性状や使用材料と鉄筋の腐食速度の関係について検討する。

(5) 高強度を得るために低い水セメント比とすることによって, 硬化後も水和反応しないままに残っている未水和セメント粒子を

含む試験体に微細なひび割れを与え, 水分を供給することによって再び水和反応を発生させ, 自己修復するための調合及びひび割れ幅の限界条件を明らかにする。

2. 研究の進捗状況

(1) より一層高い性能を得られる材料の組み合わせを求め, 力学性能のみならず施工性も考慮して混和材料や調合の微調整により実用化を目指して調合の改良を重ねた。具体的には, 従来のシリカフュームに代ってフライアッシュを混和材として用い, セメントの約30%分置換すると共に, 水-結合材比を従来の0.45から0.33に下げた調合による施工性と水和熱の発生状況, 自己収縮ひずみ特性ならびに力学特性の変化について, 実験により確認した。

(2) パラメータの幅を広げて水平加力実験を重ね, 使用材料の靱性, 柱のせん断補強筋量と変動軸力, 並びに壁の鉄筋量と配筋方向など, 水平加力と損傷度の関係を把握すると共に, より有効な構造設計法を確立するためのデータを蓄積した。具体的には, 普通コンクリートと高靱性材料を用いた RC 柱と架構付 RC 耐震壁の水平加力実験を行い, 以下の結果を得た。高靱性材料を用いた部材は, 材料自体に引張変形に対する靱性があるために, 材料の引張強度を用いて部材の変形能力を評価すると安全測の推定結果となること, せん断ひび割れや縦ひび割れを抑制し, かぶりコンクリートの剥落を防止するなどの損傷低減効果を確認できた。

(3) 高靱性材料の一軸圧縮および引張応力下での力学挙動を, ポストピークも含めて表現可能なモデル化に取り組んだ。具体的には,

アンカーボルトの引抜け挙動の解析を通して、非線形解析モデルの改良につとめ、より実験現象に近いひび割れ挙動をシミュレートできるようになった。

(4) 曲げひび割れの無い試験体を例にとると、強制腐食試験開始 25 週目を過ぎた段階で、普通モルタルを用いた試験体では鉄筋に沿う方向にかぶり部分のひび割れが生じ、急激にそのひび割れが進展すると共に腐食電流の増大が認められた。一方の高靱性材料では、50 週目を過ぎてもゆっくりとした腐食電流の増大傾向は保持されたことから、鉄筋の腐食抑制に対して高靱性材料の有効性が確認された。

(5) 高靱性セメント系複合材のひび割れの自己修復は、未水和セメント粒子の再水和によるというよりはむしろ水中に溶け込んだ二酸化炭素と反応してできる炭酸カルシウムの結晶によること、ひび割れを架橋する極細い合成繊維の密度、即ち単位体積当りの繊維混入本数が最も大きな影響を及ぼすこと、スチールコードを含むハイブリッド型高靱性セメント系複合材は、ひび割れの自己修復が単に遮水性能の向上につながるのみならず力学的特性の回復にも一定程度つながることを明らかにした。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

研究計画の概要に述べた 5 つの項目の中、(4)と(5)については、当初の計画以上に進展している。また、(1)と(2)については、ほぼ順調に進展しており、(3)については、やや遅れている状況にある。従って、これら 5 つの項目全体について言うならば、おおむね順調に進展していると言える。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 材料性能の向上に関しては、より高強度でかつ高靱性材料の開発に取り組む。

(2) 柱および壁の水平繰返し加力実験に関しては、これまでの実験で足りなかった実験パラメータの組み合わせ条件に的を絞って更に検討を重ねる。

(3) 前年度までの研究で開発された高靱性材料用非線形解析モデルを更に改良して、柱のせん断スパン比、フープ間隔、軸力レベル及び使用材料特性の部材挙動やひび割れ性状に及ぼす影響に関するパラメトリック解析を行う。壁についても、壁周囲の柱の拘束効果が壁部材挙動に及ぼす影響について解析を行う。

(4) 高靱性セメント複合材の中に埋設された鉄筋の腐食速度に関する実験的検討については、使用材料の条件を更に変化させてみるなど、犠牲防食効果についても検討する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① A. Kobayakawa, D. Homma, H. Mihashi and K. Shimozawa, Corrosion Durability of Fiber Reinforced Cementitious Composites, Concrete Durability and Service Life Planning, No.2, RILEM, 印刷中, 2009, 査読有
- ② 菊田貴恒, 三橋博三, D. Choi, 石川直哉, 高靱性セメント複合材料に埋設されたアンカーボルトの引き抜け挙動に関する研究, 日本コンクリート工学年次論文集, 30 巻, 37-40, 2008, 査読有り
- ③ 田邊裕介, 中村匠, 前田匡樹, 三橋博三, ハイブリッド型繊維補強セメント系複合材を用いた柱及び耐震壁の構造性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次, 30 巻, 1411-1416, 2008, 査読有り
- ④ 本間大輔, 三橋博三, 西脇智哉, 水上卓也, 繊維補強セメント系複合材料のひび割れ自己修復機能に関する実験的研究, セメント・コンクリート論文集, 61 巻, 442-449, 2007, 査読有り

[学会発表] (計 2 2 件)

- ① H. Mihashi and Y. Kohno, Toughening Mechanism of Hybrid Fiber Reinforced Cement Composites, FRAMCOS-6, 2007.6.18, Catania, Italy