

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：82115

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760431

研究課題名（和文） RC造建物の有開口非構造壁を構造壁として活用するための性能向上に関する研究

研究課題名（英文） Research on performance improvement to use non-structural wall as structural wall of RC building

研究代表者

諏訪田 晴彦（SUWADA HARUHIKO）

国土技術政策総合研究所・建築研究部・構造基準研究室・研究官

研究者番号：50356002

研究成果の概要（和文）：本研究は、ひずみ硬化型セメント複合材料（以下、SHCC と称す）を利用して損傷低減性の高い有開口壁を開発することを目的としたものである。本研究では、1/2.5 スケールの縮小模型試験体を用いた構造実験を行い、基本的な耐震性能を検討した。その結果、1/400rad 以上の変形角では SHCC を用いることによって極めて優れた損傷低減効果が得られることがわかった。

研究成果の概要（英文）：In this study, it aims to develop non-structural wall with opening that has a high damage decrease by using the strain hardening cement composite (hereinafter SHCC). A basic structural performance was examined by a structural experiment that used the specimens of 1/2.5 scales. As a result, it has been understood to achieve a very excellent effect of the damage reduction by using SHCC in story-drift-angle of over 1/400rad.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	1,000,000	0	1,000,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	660,000	3,860,000

研究分野：建築学

科研費の分科・細目：建築構造・材料

キーワード：鉄筋コンクリート構造、有開口壁、非構造壁、耐震性能、繊維補強セメント複合材料、ひずみ硬化、ひび割れ

## 1. 研究開始当初の背景

兵庫県南部地震や福岡県西方沖地震では、RC 造集合住宅における有開口非構造壁の被害が顕在化した。直ちに人命に係わる被害事例ではなかったため、この問題に焦点をあてた研究は少ない。しかし、地震後の建物の継続使用性や補修の容易さの観点から見れば、有開口非構造壁の性能向上に関する研究

は極めて重要である。また、建築物に対し、スクラップアンドビルド型からストック型への移行が望まれつつある近年の社会的要求に適切に応えるためには、建物の供用期間の長期化に伴う地震リスクの増大に対して、性能の低下が少ない新しい構造技術の開発が必要不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究は、ストック型社会に対応する損傷低減型 RC 造建築物の構築のために、極めて優れた引張特性を持つ SHCC を利用して損傷低減性の高い有開口壁を開発することを目指したものであり、その第一ステップとして、構造実験に基づき SHCC 造有開口壁の損傷低減性をはじめとする各種構造的な知見を得ることを主目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 試験体

試験体は上下に加力スタブを有する 1 層 1 スパンの平面架構試験体で、縮尺は実大の 1/2.5 程度を想定した。壁板の厚さ (40mm) および開口部の形状寸法は RC 試験体と SHCC 試験体で共通としたが、壁筋は RC 試験体では D4@100mm シングル (壁筋比=0.35%) とし、SHCC 試験体では D4@200mm シングル (壁筋比=0.18%) とした。また、RC 試験体は壁板部および柱梁架構部のコンクリートを一体で打設したが、SHCC 試験体は、壁板部の SHCC をプレキャストで打設し、硬化した後に周辺の柱梁架構のコンクリートを打設した。

### (2) 使用材料の特性

本実験で使用した SHCC は、公称長さ 12mm、公称径 0.037mm、公称引張強度 1620MPa の PVA 繊維を体積混入率で 2.0% 混入しており、比較的繊維混入率が高いものであるが、練り上がり時のフロー値は 230mm 程度確保されている。

図 1 に材料試験から得られた SHCC の引張応力-ひずみ関係を示す。なお、本実験の試験体作成時には容量 100 リットルのミキサーを用いて 3 バッチの練混ぜを行い打設しており、各バッチ 3 本の供試体を採取して材料特性試験を行った。図 1 より、平均的に見れば約 0.5% 程度のひずみまでひずみ硬化挙動を示していることがわかるが、バッチ間および同一バッチ内においてもばらつきがやや大きいことがわかる。

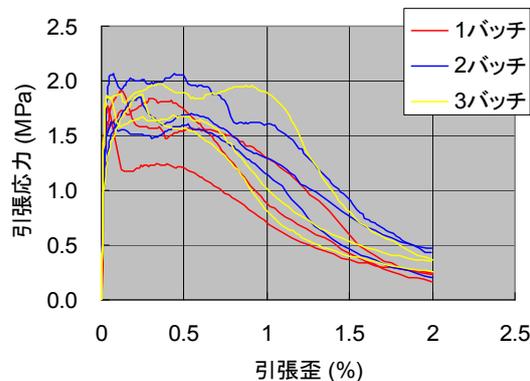


図 1 SHCC の引張応力-ひずみ関係

### (3) 実験方法

図 2 に加力装置図を示す。加力は柱部分に一定の鉛直力を作用させ、図 3 に示す載荷ルールに従って水平力を作用させた。なお、鉛直力は柱 1 本あたりの軸力比で 0.1 とし、水平力は試験体の左右に油圧ジャッキを設置して、それぞれのジャッキに試験体に作用させる水平力の 1/2 ずつを負担させるように制御した。

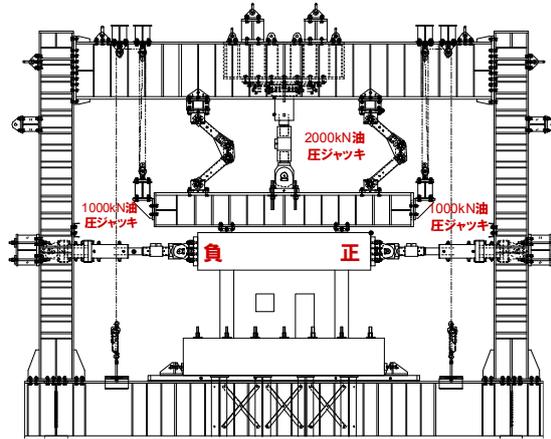


図 2 加力装置

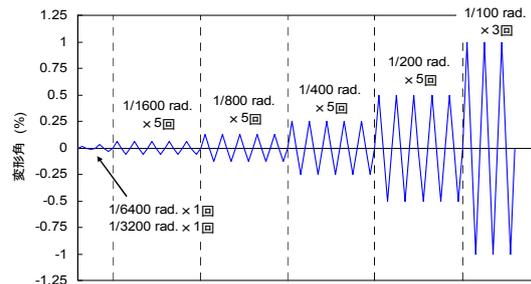


図 3 水平力の載荷ルール

## 4. 研究成果

本研究によって得られた主な成果は以下の (1)~(3) に要約され、(4) にこれらの成果の位置付けとインパクトおよび今後の展望について記す。

### (1) 水平力-層間変形角関係

図 4 に水平力-層間変形角関係を示す。この図より、SHCC 試験体は RC 試験体に比べ、初期剛性がかなり低いことがわかる。これは、SHCC のヤング係数がコンクリートの半分程度であることの影響が大きいと考えられる。また、最大耐力については、正側加力では RC 試験体を下回るが、負側加力では RC 試験体を上回り、最大耐力以降の挙動についても SHCC 試験体は RC 試験体に比べて耐力低下が緩やかである。

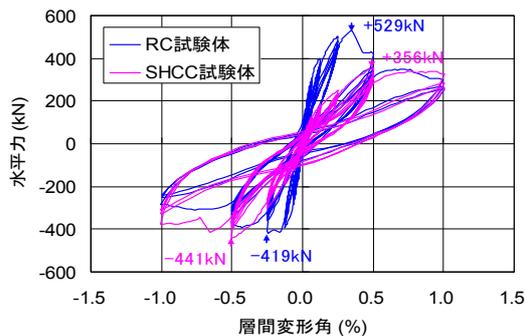


図4 水平力-層間変形角関係

(2) ひび割れ幅について

実験中、図3に示した各変形段階において、クラックスケールにより壁板のひび割れ幅を測定した。その結果、1/800rad.加力終了時では、RC試験体とSHCC試験体に大きな差は見られなかったが、1/400rad.加力終了時および1/200rad.加力終了時では、SHCC試験体はRC試験体に比べて最大残留ひび割れ幅がかなり小さくなった。結果の一例として、1/400rad.加力終了時の写真を図5に示す。また、RC試験体は同一変形角における繰り返し加力によってひび割れ幅が拡幅するがSHCC試験体ではあまり大きな変化はない。これらの比較検討の結果、有開口非構造壁にSHCCを用いることで、壁筋を半分にしても1/400rad. (0.125%) 以上の変形角では、かなりの損傷低減効果が得られることがわかった。

(3) 最終破壊性状について

図6は最終破壊状況(1/100rad.加力終了時)を示したものであるが、これを見るとRC試験体ではひび割れの拡幅、コンクリートの圧壊や剥落などの激しい破壊が壁板の広範囲に生じているのに対して、SHCC試験体では限定的なひび割れ(本実験では方立て壁のひび割れ)が拡幅する程度に抑えることができていることがわかる。ちなみにひび割れの本数については、RC試験体に比べSHCC試験体のほうが圧倒的に多いが、そのほとんどはSHCC特有の微細ひび割れの分散発生機構(マルチプルクラッキング)によるもので、ひび割れ幅は0.05~0.15mm程度であった。なお、鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・同解説では耐久性に関する許容ひび割れ幅の最小値を0.3mmとしており、SHCCのひび割れ幅に関する寸法効果(縮小模型試験体と実大試験体のひび割れ幅の差異の有無)が現時点では不明であるが、多くは補修不要となる可能性がある。

(4) 本研究の成果の位置付けと今後の展望について



図5 1/400rad.加力終了時の損傷状況



図6 最終破壊状況(1/100rad.加力終了時)

現在、RC造建築物における非構造壁の損傷や破壊を防止する方法としては、柱梁架構と非構造壁の境界部に完全スリットを設けることが一般的な方法として採用されている。しかし、この方法は、非構造壁の損傷や破壊を軽減するための有効な手段である一方、漏水対策や防火対策などの留意事項も多く、施工上の不具合が発生しやすくなる上、非構造壁自体の耐震的効果を建築物からそぎ落としているとの見方もあり、最善の方法であるかどうかについては、大いに議論の余地があった。こうした議論に対し、本研究成果は、SHCCという革新的な新材料を用いることにより、完全スリットを設けることなく有開口壁の損傷や破壊を抑制し、非構造壁としてではなく構造壁(耐力壁)として活用できる可能性を示したものであり、RC造建築物の耐震性能の向上に関する研究開発の今後の方向性を示す重要な提案の一つであると考えられる。なお、構造壁(耐力壁)として活用するためには、構造性能評価法(剛性評価、耐力評価、変形能評価等)の確立が不可欠であり、今後の重要な課題である。また、SHCCに混入される繊維の配向等に起因すると思われる引張特性のばらつきの問題、セメントリッチとなる調合因子に起因すると思われる収縮ひび割れの問題等についても、

今後の重要な検討課題である。

#### 5. 主な発表論文等

(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 1 件)

① 諏訪田晴彦，高靱性セメント系複合材料を用いた二次壁の耐震性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，第 34 巻，2012.7

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

諏訪田 晴彦 (SUWADA HARUHIKO)

国土技術政策総合研究所・建築研究部・構造基準研究室・研究官

研究者番号：50356002