

ハイブリッド型繊維補強セメント系複合材料を用いた部材の破壊性状に関する実験的研究

Experimental Study on Failure Behavior of Member Using HFRCC

石原誠一郎* 立松 和彦*

森 浩二*²

要 旨

筆者らは、ハイブリッド型繊維補強セメント系複合材料とX形配筋を併用し、さらにモーメント分布に応じて断面形状を変化させた部材を並列配置したエネルギー吸収部材の曲げせん断実験を行い、そのエネルギー吸収性能および破壊性状を確認した。さらに部材間にモルタルを充填した場合の挙動について調べた。その結果、ハイブリッド型繊維補強セメント系複合材料を用いたエネルギー吸収部材でも50/1000radを超える大変形時にはせん断破壊すること、および部材間に充填材を入れることで耐力は上昇するが、充填材の存在がハイブリッド型繊維補強セメント系複合材料を用いた部材のひび割れ分散を妨げる場合があることが分かった。

キーワード：高靱性セメント系複合材料／エネルギー吸収部材／靱性／繊維補強

1. はじめに

高靱性セメント系複合材料を、エネルギー吸収部材等の構造部材用途に適用するための研究が精力的に行われている¹⁾。しかしながら、既往の研究では、高靱性セメント系複合材料を用いた制震デバイスはスリップ形の履歴性状を示し、その高いエネルギー吸収能力は十分活用されているとは言えなかった。筆者らは、既報²⁾において、高靱性セメント系複合材料の一つであるハイブリッド型繊維補強セメント系複合材料（以下、HFRCCと記す。）とX形配筋を併用し、さらにモーメント分布に応じて断面形状を変化させることでエネルギー吸収性能に優れたエネルギー吸収部材が可能となることを示した。

本報では、HFRCCとX形配筋を併用し、さらにモーメント分布に応じて断面形状を変化させた部材を並列配置した部材の破壊性状を確認するため、部材形状、主筋の鉄筋比およびせん断スパン比を小さくした部材について実験を行った結果について述べる。さらに今回の実験では、既往文献³⁾を参考に、並列配置した部材間にモルタルを充填した場合の破壊性状についても報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体の形状および配筋を図-1に示す。試験体はHFRCCを用いたエネルギー吸収部材と高強度コンクリートを用いたスタブ部から構成されている。

試験体は実大でHFRCC-M0とHFRCC-M1の2体を製

作した。HFRCC-M0では、文献³⁾の実験結果を参考に、モーメント分布に応じて断面形状を変化させた部材を並列に配置した（図-1参照）。各部材には変化させた断面に沿うようにX形主筋D13を2対配した。部材のハンチ部にフープ筋D10を@60mmで配筋したが、中央部には配筋しなかった。さらに、ハンチ部には接合筋D10を配するとともに、エネルギー吸収部材とスタブの界面にコッターを設けた。

HFRCC-M1は、HFRCC-M0と同じ形状・配筋とし、並列配置した部材の中央部にHFRCCに比べ低強度のモルタルを充填した。モルタルには破壊による剥落防止のためビニロン繊維VFを1vol%添加した。

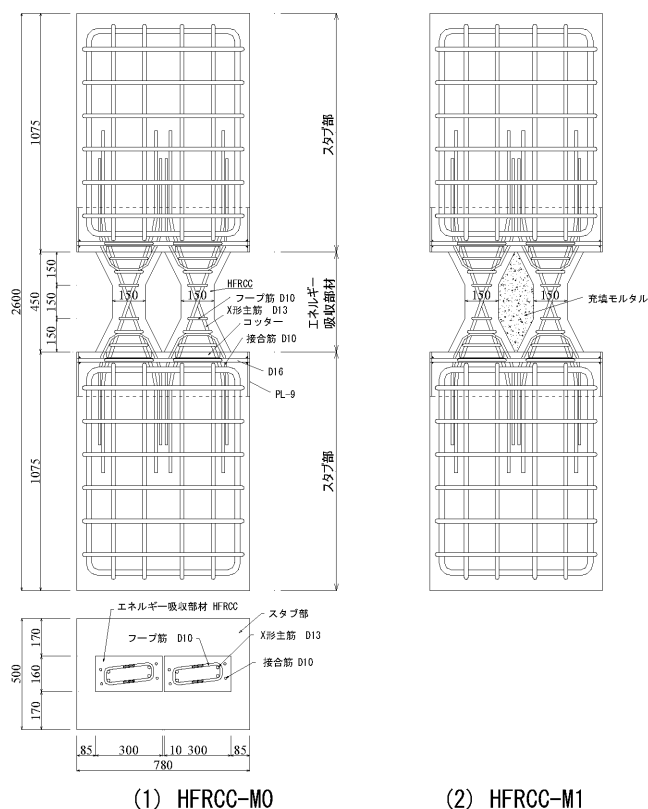
エネルギー吸収部材と充填モルタルにより、中小地震と風荷重には壁版として高い剛性を確保し、大地震には充填モルタルが大きな損傷を受け、壁版としての水平抵抗機構と剛性を失い、水平抵抗機構がエネルギー吸収部材に遷移する。その結果、HFRCC部材の持つ高靱性能が発揮され、建物の構造安全性能が確保される事を目指している。

HFRCCの調合を表-1に、使用繊維の性質を表-2に示す。HFRCCとコンクリートの材料特性を表-3に、鋼材の材料特性を表-4に示す。

2.2 実験方法

加力は建研式逆対称載荷装置により、正負交番繰り返し載荷を行った。載荷履歴を図-2に示す。

*建築研究グループ *²構造研究グループ



図－１ 試験体の形状および配筋

表－１ HFRCCの調合概要

水セメント比 (%)	砂セメント比 (%)	繊維混入率 (vol%)	
		SC	PE
45	40	1.0	1.0

注) シリカフェームセメント、珪砂 7 号を使用

SC：スチールコード、PE：ポリエチレン繊維

表－２ 使用繊維の性質

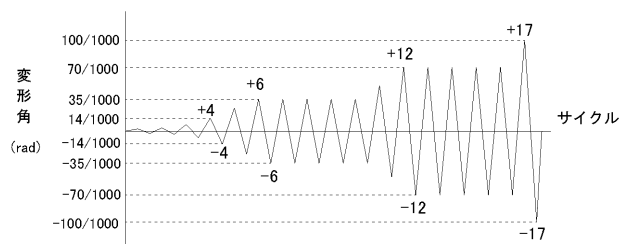
繊維種類	繊維長さ (mm)	繊維径 (μ m)	引張強度 (N/mm ²)
SC	32	415	2650
PE	6	12	2600
VF	12	200	910

表－３ HFRCCとコンクリートの材料特性

試験体記号	材料種類	圧縮強度 (N/mm ²)	割裂強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)
HFRCC-M0	HFRCC	62.7	10.6	20.0
	高強度CON	69.6	5.2	33.3
HFRCC-M1	HFRCC	67.9	—	20.6
	高強度CON	72.2	5.3	34.5
	モルタル	20.9	—	—

表－４ 鋼材の材料特性

鉄筋	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	破断伸び (%)
X形主筋D13	347	480	183	15.9
フープ筋D10	373	500	179	14.1



図－２ 载荷履歴

３．実験結果

3.1 破壊進行状況

試験体のひび割れ進展状況を図－３に示す。HFRCC-M0では、変形角（HFRCCを用いたエネルギー吸収部材の変位角を示す）1/1000radあたりからエネルギー吸収部材の屈曲部より少し下がった部分にひび割れが入り始め、変形角の増大に伴い、屈曲部近傍で広がった。7/1000radになると、エネルギー吸収部材の中央部にも斜めのひび割れが生じた。14/1000radあたりまでは、ひび割れがエネルギー吸収部材の全体に分散して広がった。その後、変形角の増大に伴い、特に屈曲部近傍にひび割れが局所化し、そのひび割れ幅が大きくなり、35/1000rad付近になると、屈曲部近傍の局所化したひび割れ幅が10mm程度に広がり左右のひび割れが繋がった。その後、70/1000radになると、中央部のせん断ひび割れが局所化し、繰り返し载荷によって中央部がせん断破壊し崩壊した。

HFRCC-M1では、2.5/1000radで屈曲部近傍にひび割れが入り始めた。3.5/1000radで充填モルタルに斜めひび割れが発生した。変形角が14/1000radを超えるあたりから、次第にひび割れが局所化し、屈曲部近傍および充填モルタルのひび割れ幅が大きく拡大した。HFRCC-M0に比べ、ひび割れ分散の程度が小さかった。その後、35/1000rad付近になると、充填モルタルの破壊が進展し、屈曲部近傍のひび割れ幅も5mm程度に拡大した。70/1000radになると、屈曲部近傍および充填モルタルのひび割れ幅が10mmを超え、崩壊した。

なお、既報²⁾の実験では、エネルギー吸収部材とスタブとの界面に損傷が集中し、目開きが大きくなったが、本実験では両試験体とも、接合筋を配したことで界面に損傷が集中せず、目開きも小さかった。各試験体の最終破壊状況を写真－１に示す。

3.2 荷重－変形角関係

各試験体の荷重とエネルギー吸収部材の変形角との関係を図－４に示す。HFRCC-M0では、25/1000radまで耐力の低下は見られなかった。35/1000radに僅かな耐力低下が見られたが、70/1000radまでその耐力を維持した。

(1) HFRCC-M0

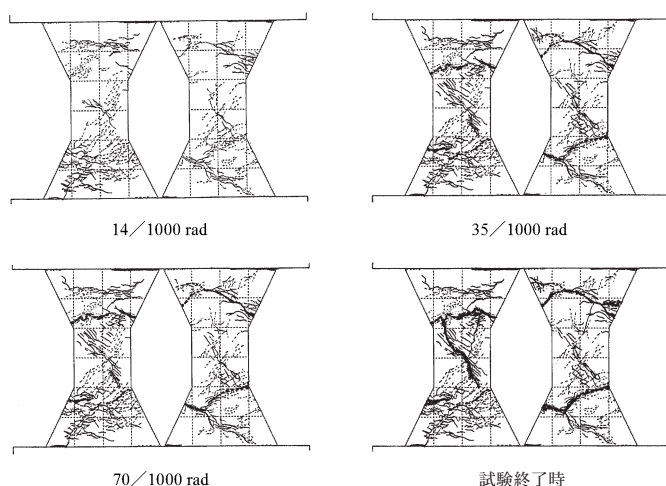


図-3 ひび割れ進展状況

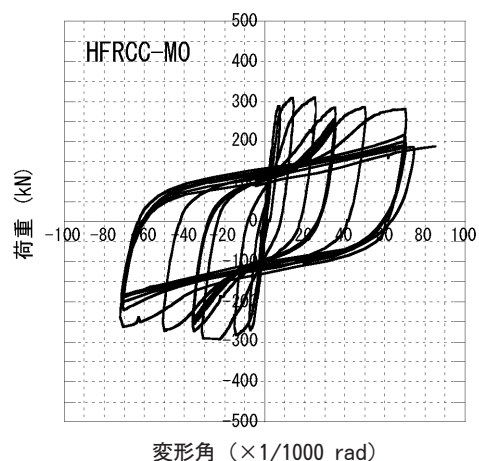
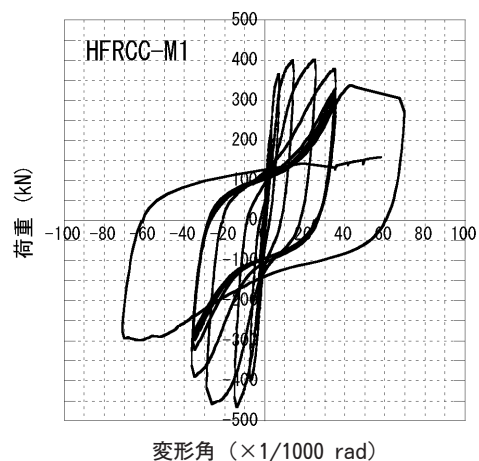
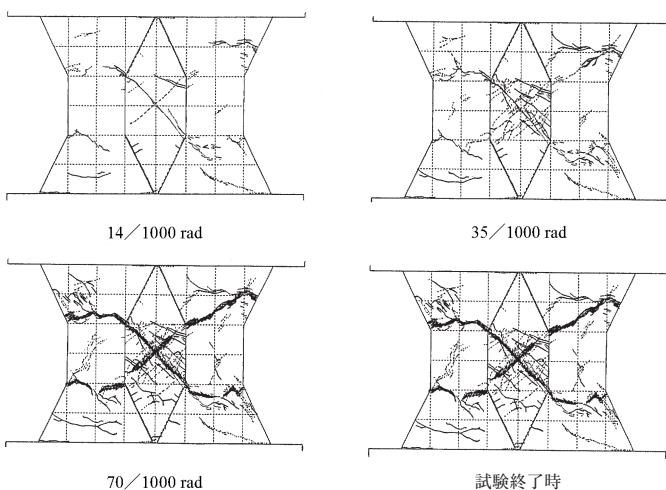
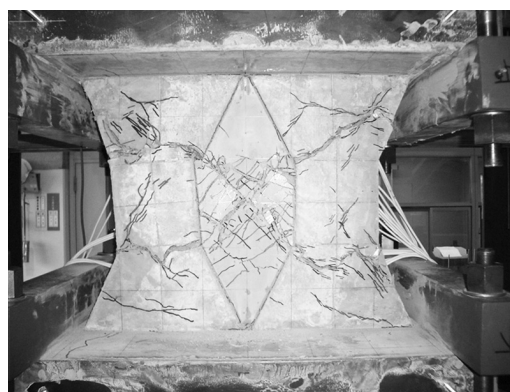


図-4 荷重-変形角関係

(2) HFRCC-M1



(1) HFRCC-M0



(2) HFRCC-M1

写真-1 試験体の最終破壊状況

しかし、70/1000radの繰り返し载荷により3割以上耐力が低下した。その後、変形角が85/1000radを超えた時に崩壊した。

HFRCC-M1は、部材間の充填モルタルによりHFRCC-M0に比べ耐力が上昇した。25/1000radまで耐力の低下は見

られなかったが、35/1000radに僅かな耐力低下が見られ、さらに繰り返し载荷によって少し耐力が低下した。その後、所定変形角50/1000radに向う途中、40/1000radを超えた時、充填モルタルが急にせん断破壊し耐力が低下したため、载荷制御が追いつかず70/1000radまで载荷した。

その後、載荷を続けたが、60/1000radあたりで鉄筋が破断して崩壊した。

4. まとめ

HFRCCとX形配筋を併用し、さらにモーメント分布に応じて断面形状を変化させた部材の曲げせん断実験を行い、以下の事が明らかになった。

- (1) 十分なせん断補強がされず、せん断スパン比が小さいと、HFRCCを用いたエネルギー吸収部材でも50/1000radを超える大変形時にはせん断破壊する。
- (2) 本実験でエネルギー吸収部材は変形角で14/1000radを超えるあたりから、ひび割れの局所化が大きく進んだ。
- (3) 接合筋を配することで、エネルギー吸収部材とスタブとの界面の損傷集中が防げ、損傷をエネルギー吸収部材に分散できる。
- (4) 部材間に充填材を入れることで耐力は上昇したが、充填材の存在がHFRCCを用いた部材のひび割れ分散を妨げる。今後の検討が必要である。

[謝辞]

本研究に際し、御指導いただいた東北大学大学院工学研究科教授三橋博三博士および東北大学大学院工学研究科助教授金子佳生博士に謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 日本コンクリート工学協会：高靱性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会報告書(Ⅱ)、2004.5
- 2) 石原誠一郎、三橋博三、金子佳生、和地正彦、立松和彦、森 浩二：ハイブリッド型繊維補強セメント系複合材料を用いたエネルギー吸収部材の構造実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-2、構造Ⅳ、pp.587-588、2003.9
- 3) 下川博之、金子佳生、三橋博三、石田裕：繊維補強セメント系複合材料を用いたエネルギー吸収壁の開発－多段階破壊機構について－、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-2、構造Ⅳ、pp.589-590、2003.9