短繊維補強モルタルのせん断補強への適用に関する研究

大阪市立大学大学院　学生員　○齋藤　尚　（株）大林組　正会員　谷口　勝基
大阪市立大学大学院　正会員　角掛　久雄　大阪市立大学大学院　正会員　大内　一

1. はじめに

高靭性セメント複合材料（以下，FRCC）は，繊維の架橋効果によりひび割れ後も引張応力を分担できる材料[1)]であり，その結果微細なひび割れにとどまるため補修材やエネルギー吸収材として実構造物へ適用がなされている．FRCC は鉄筋コンクリートに比べコスト面で高くなるが，既存構造物の外殻に適切な厚さで巻立てあるいは貼り付けることにより，補修・補強を同時に実現できれば競合できる可能性がある．

本研究で扱う PVA 繊維を用いた補修・補強への適用研究はこれまで数例みることができるが，耐震補強を対象としたせん断補強に関するものは少ない．そこで，FRCC 巻立てによる，せん断補強効果を評価することを目的に，せん断実験及び解析を行った．

2. せん断実験及び解析

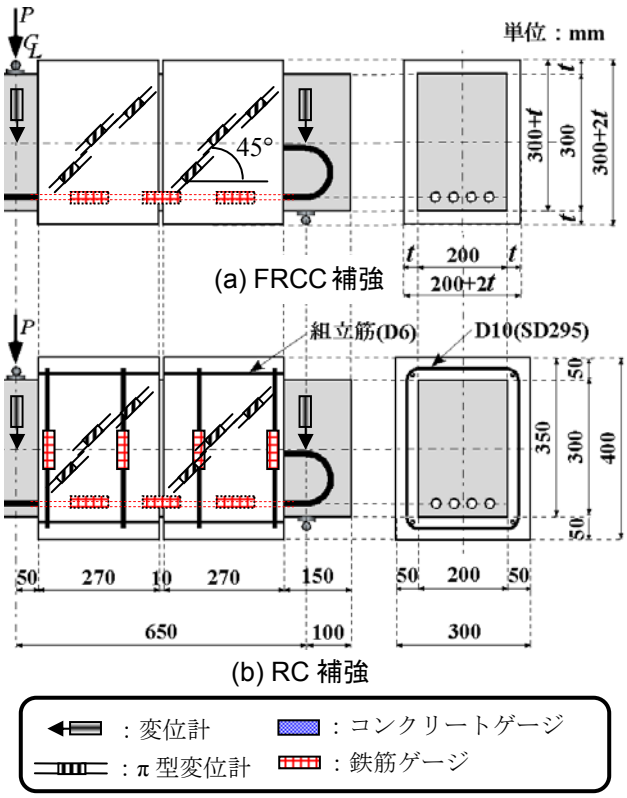
2.1 実験概要

供試体及び計測方法を**図－1** に示す．供試体のコアとなる RC 部はすべて同じ寸法であり，せん断破壊先行とするため主鉄筋に D22(SD295)を 4 本用い，コア部外周に FRCC または RC を巻立て補強している．なお，コア RC 部と巻立て補強部の境界は別途に行った要素合成試験結果[2)]をもとに特別な接着は施さず，打放しとした．FRCC による補強厚 t は 20,30mm の 2 種類である．比較用の RC 巻立て供試体（スターラップには D10(SD295)を用いた）は FRCC 補強厚 30mm の場合よりせん断耐力がやや高くなるよう設計した．**表－1** に実験に用いた供試体一覧及び設計せん断耐力を示す．なお，せん断耐力評価は次式に従った[1),3)]．

$$V_{cu} = V_{cc}^{3)} + V_{sc}^{3)} + V_{cf}^{1)} \quad (1)$$

$$V_{cf} = (f_{tyd} \cdot b_w) \cdot (d/1.15/\tan\beta_u) \quad (2)$$

ここに，f_{tyd} ：FRCC の引張強度（N/mm^2），β_u ：軸方向とひび割れ面のなす角度（実験では $\beta_u = 45°$ として評価），d ：コア部の有効高さ（mm），b_w ：FRCC 補強厚×2



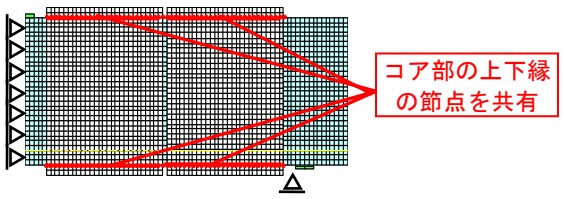
図－1　供試体寸法及び計測方法

表－1　供試体と設計せん断耐力

供試体名	実験変数	設計せん断耐力			
	補強厚 t (mm)	コアRC V_{cc} (kN)	スターラップ V_{cs} (kN)	FRCC V_{cf} (kN)	全せん断耐力 V_{cu} (kN)
C00	-	68.50		-	68.50
FRC20	20	70.26	-	28.27	98.53
FRC30	30	70.62		42.40	113.0
RC50	(50)	69.23	72.68	-	141.9

2.2 解析概要

図－2 に FEM 解析モデル（1/2 モデル）を示す．コア部と巻立て部は特別な付着処理を行っていないため，上下縁部分のみ節点共有させ，独立した要素集合体でモデル化している．



図－2　解析モデル（例：FRC20）

2.3 実験結果及び解析結果

(1) 実験結果

図－3 に FRC20 及び RC50 を例に最終ひび割れ図を示す．図中の黒線は巻立て部のひび割れを，赤線は内部コア RC 部のひび割れをそれぞれ表している．**図－4** に全供試体のせん断力－変位関係を示す．FRC20 はせん断ひび割れ発生後も

キーワード　短繊維補強モルタル，補修・補強，せん断補強
連絡先　〒558-8585　大阪市住吉区杉本 3-3-138　大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻　TEL / FAX：06-6605-2723

荷重が上昇し，巻立て部にはひび割れの分散が見られた．その後，ひび割れが局所化し始め最大荷重から荷重が 1 割程度落ちたところで，コア RC 部が破壊に至った．巻立て部のひび割れパターンは，コア RC 部と異なっていた．FRC30 はひび割れ図を示していないが，FRC20 と同様コア部と巻立て部でひび割れパターンの異なる挙動を示した．

RC50 はせん断ひび割れが発生し，スターラップ降伏後も荷重が上昇し，最大荷重に達した．その後，荷重が一旦低下するが，急激な低下のないまま荷重を保持し，巻立て部スターラップの破断により破壊が生じた．コア RC 部と巻立て部のひび割れパターンの相違に関しては，FRCC 供試体と同様のことが言え，巻立て部のひび割れ方向は総じて部材軸と平行に入る傾向にある．せん断ひび割れにより，コア部は鉛直方向に膨張するが，巻立て部とコア RC 部の付着は殆ど期待出来ない為，巻立て部は膨張にともなう鉛直方向の引張力を受けることになる．その結果，巻立て部には部材軸に平行なひび割れが発生すると考えられる．

(2) 実験結果と解析結果の比較

図－5（a）に FRC20 供試体を例にせん断力－変位関係の実験と解析結果の比較を示す．初期勾配に若干の相違が見られるものの，ほぼ一致する結果となった．**図－5（b）**に最大荷重時のコア部と巻立て部のひび割れ図を示す．解析は発生部位が異なるものの，巻立て部における部材軸に平行なひび割れの発生を再現できている．

(3) せん断耐力に関する巻立て部のせん断補強効果

図－6 に実験及び解析から得られた巻立て部補強耐力とせん断耐力の関係を示す．ここに，FRCC 巻立てによる補強耐力は式(2)により算定した．FRCC 供試体の補強耐力と等価な RC 巻立て供試体の数値実験を加え（せん断補強筋に D6 と D10 を使用したケース），その結果も併せて示す．図より，FRCC 巻立て供試体は，等価な RC 巻立て供試体と同様な耐力を示していることがわかる．

3. まとめ

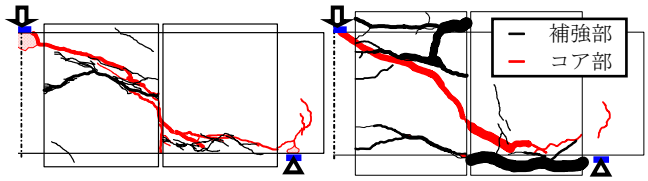
(1) 本実験供試体において，巻立て部はコア RC 部のせん断ひび割れとは独立して，部材軸に平行なひび割れが卓越した．

(2) FEM 解析により実験結果をほぼ再現できた．

(3) せん断耐力に関する FRCC のせん断補強効果は，式(1)のせん断補強筋項に FRCC の引張強度を考慮した土木学会式で評価できる．

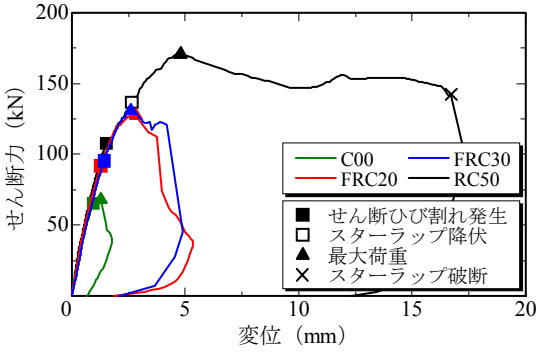
参考文献

1)土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント系材料設計・施工指針（案），2007.3　2)谷口勝基，齋藤尚，角掛久雄，大内一：高靭性モルタルのせん断補強への適用に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，印刷中　3)土木学会：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］，2002

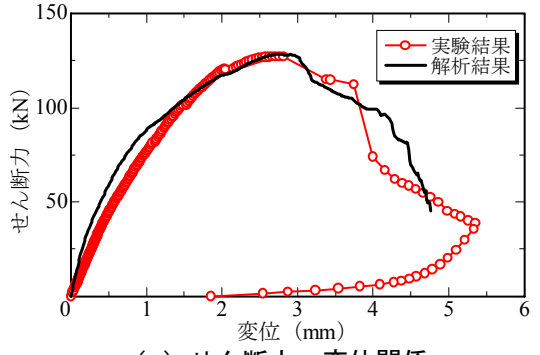


(a) FRC20　(b) RC50

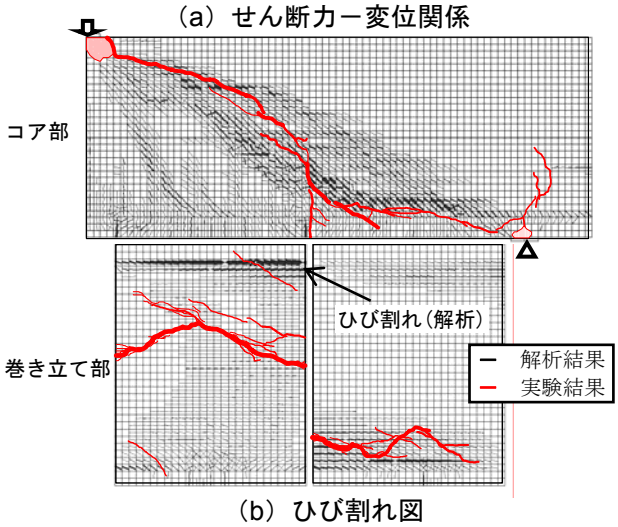
図－3　最終ひび割れ図



図－4　せん断力－変位関係

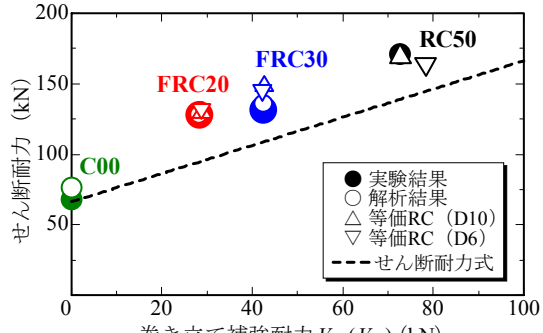


（a）せん断力－変位関係



（b）ひび割れ図

図－5　実験と解析の比較（例：FRC20）



図－6　巻き立て部のせん断補強とせん断耐力