

FRP 吹付けにより補強されたコンクリートの力学的特性

東京工業大学大学院	学生員	大寺一清
東京工業大学大学院	学生員	高浜達久
(株)富士ピー・エス	正会員	堤忠彦
東京工業大学大学院	フェロー会員	二羽淳一郎

1. はじめに

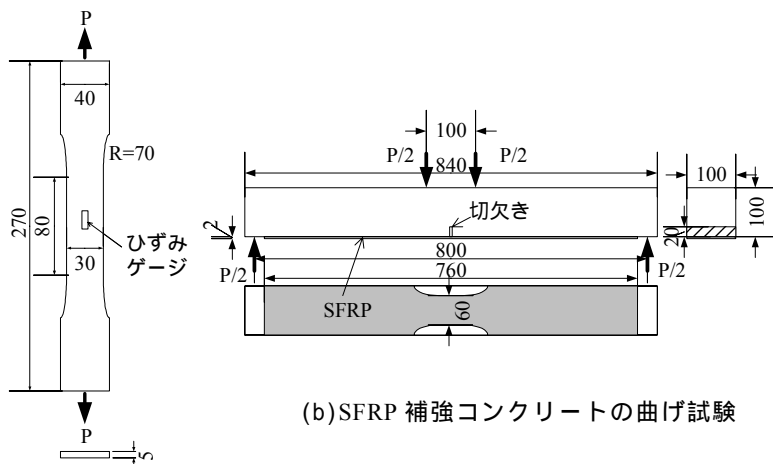
平成7年兵庫県南部地震以降、既設建造物の耐震安全性の問題が注目される中で、耐震基準の見直しや補修・補強の検討が行われている。近年、軽量、高強度、施工の容易さ等の利点から連続繊維シート接着補強法が多く採用されているが、問題点として材料物性の異方性が挙げられる。この問題点を解決する新手法として、FRP(繊維強化プラスチック)吹付け(SFRP: Sprayed Fiber Reinforced Plastic)による補強が Banthia [1] らによって提案された。短繊維と樹脂を吹付けるこの手法が、わが国で実建造物に適用された例はまだ無いが、近い将来の実用化に備えて、SFRP 補強されたコンクリートの力学的特性を明らかにしておく必要があると考えられる。本研究では SFRP 本体、及び SFRP 補強されたコンクリートの基礎的な力学的特性を各種実験により明らかにすると同時に、繊維長を変化させ、それによる力学的性状の変化を調べた。

2. 試験概要

SFRP は全て、グラスファイバー短繊維(引張強度 3500MPa)とビニルエステル樹脂を用い、繊維混入率は体積比率で約 20%とした。試験は(a)SFRP 本体の引張試験、SFRP 補強コンクリートの(b) 曲げ試験、(c) 付着試験、(d)付着せん断試験、(e)圧縮試験の 5 種類を行った。ここでは、(a)、(b)の 2 種類の試験について示す。各実験の供試体については図-1 に示す。

(a)SFRP 本体の引張試験 SFRP の材料強度(応力～ひずみ関係)の把握を目的とした。供試体は吹付け厚さ 5mm を目標に 15 本製作し、レーザー変位計によって厚さ分布を測定した。厚さのばらつきの小さいものを選択し、各繊維長に対して 8 本試験を行った。試験は JIS K 7054 に準じて行い、荷重速度は 0.3mm/min とした。パラメータは繊維長とし、単一の繊維長 13mm、26mm、52mm のものと、繊維長の異なるものを組合わせた 2 種類(A 52mm:26mm:13mm=1:1:2, B 52mm:13mm=1:4)の計 5 種類の試験を行った。供試体中央にひずみゲージを貼付し、荷重、ひずみを測定した。試験後、荷重を破断部断面積で除して応力～ひずみ関係を算出した。平行部分で破断したもののみを有効なデータとした。

(b)SFRP 補強コンクリートの曲げ試験 SFRP 補強の曲げに対する補強効果の把握を目的とした。SFRP を破断させて、各繊維長に対して強度を確認するために、FRP をダンベル型に吹付け、吹付け厚さを 2mm とした。試験は JIS A 1106 に準じて 4 点曲げ試験を行い、荷重速度は 0.1mm/min とした。破断部を限定するために、供試体中央部には深さ 20mm の切欠きを入れた。パラメータは繊維長(吹付け無し、13mm、26mm、52mm)とした。供試体数は各 3 体とし、荷重、変位を測定した。



(b)SFRP 補強コンクリートの曲げ試験

(a)SFRP 本体の引張試験

図-1 供試体概要(単位: mm)

キーワード: FRP, 吹付け, SFRP 補強, 繊維長, グラスファイバー短繊維

連絡先: 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL03-5734-3577 FAX03-5734-3577

3. 試験結果

SFRP 本体の引張試験から得られた応力～ひずみ関係を繊維長ごとに近似した(図-2)．単一の繊維長の場合，弾性係数は 7000MPa 程度であまり変化が見られないが，繊維長を長くすると，破断時の応力，ひずみはともに大きくなる傾向が見られた．SFRP は樹脂にひび割れが生じた後，繊維を介して応力が伝達される．繊維長が長くなると，十分な定着長を持つ繊維が増え，破断部で繊維が抜けることなく繊維自体の引張強度まで耐える繊維が増えるため，破断時における応力，ひずみがともに大きくなると考えられる．また，繊維長を組合わせた SFRP は単一の繊維長の SFRP と比べて変形性能が向上する傾向が見られた．写真-1 は試験後の供試体のひび割れ状況を示している．繊維長を組合わせた SFRP は単一の繊維長の SFRP と比べて，供試体全体にひび割れが分散していることが確認でき，このために変形性能が向上したと考えられる．長さの違う繊維が混在すると，短い繊維が抜け始めても長い繊維が応力を伝達することで，すぐに供試体の破断には至らず，また別の部分にひび割れが生じる．これを繰り返すことで供試体全体にひび割れが分散し，変形性能が向上したと考えられる．

図-3 に曲げ試験における荷重～変位関係を示した．繊維長が長くなるにつれて最大荷重，最大変位，エネルギー吸収が大きくなる傾向が見られる．供試体はダンベル部に若干の剥離を生じたが，全て SFRP の破断によって破壊した．破壊形態は，コンクリート切欠き部分にひび割れが生じた瞬間に荷重が大きく落ち，ダンベル部分の SFRP の剥離が始まり，剥離が終わると，引張荷重を SFRP のみで支えながら荷重が上がっていき，SFRP の破断とともに供試体が破壊した．繊維長によって荷重～変位曲線に差が表れたのはダンベル部の剥離が終わった後であったので，この差は SFRP の引張特性から決まっていると考えられる．また，平面保持を仮定し，引張試験結果と釣合式から曲げ耐荷力を計算し実験値と比較した(表-1)．繊維長 26，52mm に関してはかなりの精度で一致している．繊維長 13mm に関しては若干のずれが生じたが，SFRP が破断する際の曲げ耐荷力を概ね妥当に評価できている．

結論

(1)SFRP 本体に関して，繊維長の変化は弾性係数にはそれほど影響を与えないが，繊維長が長くなるにつれて強度，変形性能が向上するので，要求される性能に応じて使い分けることができる．また，繊維長を組合わせることで SFRP の変形性能を大きくすることができる．

(2)SFRP 補強したコンクリートは曲げに対して大きな補強効果があり，繊維長を長くするにつれ，これらの性能は次第に向上する．また，平面保持を仮定することで SFRP 破断時の曲げ耐荷力は概ね妥当に評価できる．

今後，実構造物への適用を考慮し，大型試験体での試験を行うとともに，異なる樹脂と繊維を用いた場合の SFRP の性状変化を検討する予定である．

参考文献

[1] Bantia, N. and Boyd, A.J., Sprayed Fiber Reinforced Plastics for Repairs, *Canadian J. of Civil Engineering*, 2000

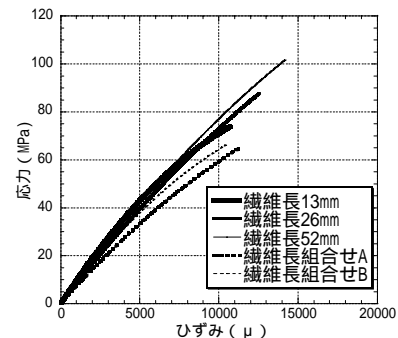
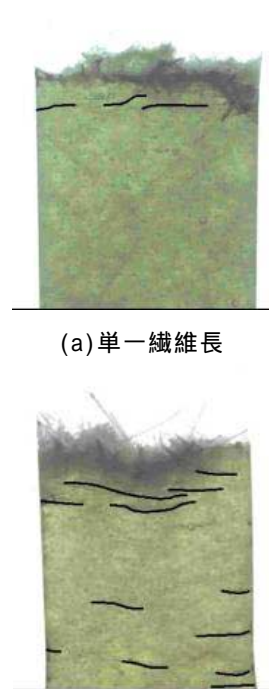


図-2 SFRP の応力～ひずみ関係



(a)単一繊維長

(b)繊維長組合せ

写真-1 ひび割れ状況

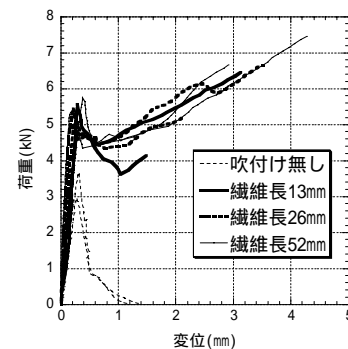


図-3 荷重～変位関係

表-1 曲げ耐荷力

	P _{exp} (kN)	P _{cal} (kN)
繊維長 13mm	6.01	5.10
繊維長 26mm	6.02	5.94
繊維長 52mm	6.89	6.72