

粗骨材の混入が HPFRCC はりのせん断挙動に及ぼす影響に関する実験的研究

関西大学環境都市工学部 学生会員 川本 敦司

関西大学大学院理工学研究科 学生会員 ○ 藤村 将治

関西大学環境都市工学部 正会員 上田 尚史

1. はじめに

複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (HPFRCC) は、これまで主に補修材として用いられてきたが、その優れた引張性能から構造部材としての利用が望まれている。一方、HPFRCC はモルタル材料であることから、コンクリートと比較して静弾性係数が低くひび割れ面でのせん断抵抗も小さい。HPFRCC に粗骨材を混入することでそれらの性能を高めることができれば、より広範な利用へつながると考えられる。

そこで本研究では、粗骨材の混入が HPFRCC はりのせん断挙動に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究ではプレミックス粉体を用いた HPFRCC に対して、最大寸法が 10mm および 20mm の粗骨材を混入した材料について検討した。また、比較用に繊維無しのケースの試験も行った。表-1 に検討ケースを、表-2 にプレミックス粉体の内訳を示す。HPFRCC は水結合剤比を 54% とし、補強用繊維として繊維長 12mm、直径 0.04mm の PVA 短繊維を単位体積あたり 2.0% 混入させた。粗骨材の混入率は、単位体積あたり 10% とした。

2.2 供試体概要

図-1 に供試体概要を示す。幅 150mm、高さ 200mm のせん断補強筋の無い RC はりを対象とした。主鉄筋には D22($f_y=380\text{N/mm}^2$)を用い、上縁から 165mm の位置に 2 本配置した。荷重はせん断スパン 500mm、等曲げ区間 200mm の二点荷重で行った。供試体は打設後翌日に脱型し、屋外において湿布養生を行い、材齢 28 日で荷重試験を行った。

3. 実験結果

3.1 材料の力学特性

粗骨材の混入による力学特性の変化を確認するため、HPFRCC、SGF および LGF に対して一軸圧縮試験と曲げ試験を行った。

一軸圧縮試験より得られた圧縮強度と静弾性係数の平均値は、HPFRCC では 24.3N/mm^2 、 10.8kN/mm^2 であり、SGF および LGF では 20.5N/mm^2 、 10.7kN/mm^2 および 22.3N/mm^2 、 11.1kN/mm^2 であった。粗骨材を混入することで、圧縮強度はわずかに低下したがヤング係数は大きく変わらなかった。

曲げ試験では、寸法 $400\times100\times100\text{mm}$ の角柱供試体を用いた 3 等分点荷重試験を行った。図-2 に曲げ応力-たわみ関係を示す。いずれの供試体も 3.0N/mm^2 前後において曲げひび割れが発生した。HPFRCC では、曲げひび割れ発生後に応力が上昇するたわみ硬化挙動が見られた。SGF、LGF では、HPFRCC と同様に曲げひび割れ発生後に応力は上昇したが、明確なたわみ硬化挙動は見られなかった。また HPFRCC では、ピーク時に等曲げ区間に複数本の

表-1 検討ケース

ケース名	繊維混入率 (%)	粗骨材混入率 (%)	単位水量 (kg/m^3)	プレミックス粉体 (kg/m^3)
	Vf	Vg	W	P
N	-	-	541	1328
SG	-	10	487	1195
LG	-	-	530	1302
HPFRCC	2.0	-	530	1302
SGF	2.0	10	476	1169
LGF	2.0	10	476	1169

表-2 プレミックス粉体内訳

S/B	SF/B	EX/B	L/B
0.12	0.18	0.03	0.20

B: 結合材(C+SF+EX)、C: 低熱セメント、S: 5号珪砂
SF: シリカフューム、EX: 膨張材、L: 石灰石微粉末

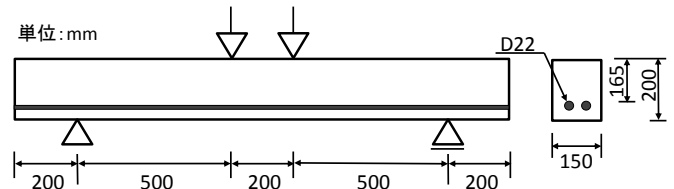


図-1 供試体概要

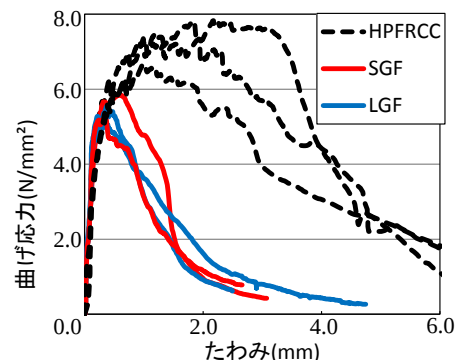


図-2 曲げ応力-たわみ関係

キーワード HPFRCC, 粗骨材混入, せん断挙動

連絡先 〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 関西大学 複合材料構造研究室 TEL: 06-6368-1653

微細なひび割れが生じていたが、SGF, LGF では、数本程度のひび割れが生じるにとどまった。以上の結果から、10%程度の粗骨材混入率であっても引張性能は大きく低下することが確認された。

3.2 はりのせん断挙動

図-3 にはりの荷重-たわみ関係を示す。

図-3(a)より、繊維無しの場合においては、Nでは30kN程度、SG, LGでは40kN程度で片側のせん断スパンに斜めひび割れが発生し、一時的に荷重が低下した。その後、再度荷重は上昇し、もう片側のスパンにも斜めひび割れが発生したが、最終的には先に入った斜めひび割れが開口し急激に荷重が低下した。10%程度の粗骨材混入率であってもせん断耐力が増加することが確認された。なお、斜めひび割れ発生後に荷重が増加した理由は、アーチ機構が形成されたためであると考えられる。

一方、図-3(b)に示すように、繊維有りのケースでは、いずれの供試体においても明確な斜めひび割れの発生挙動を捉えることができなかった。ただし、上記の繊維無しのケースにおける斜めひび割れ発生荷重時にはいずれの供試体も斜めひび割れは発生しておらず、HPFRCCでは30~45kN、SGFおよびLGFでは45~60kNにおいて微細な斜めひび割れの存在が確認された。図-4に試験終了時のひび割れ図を示すが、繊維有りのケースでは曲げひび割れが分散して生じたため、斜めひび割れ発生荷重が大きくなったものと考えられる。斜めひび割れ発生後は、荷重の増加に伴い斜めひび割れ近傍に複数のひび割れが分散して発生する挙動が確認された。ただし、図-4に示すように、SGF, LGFともに斜めひび割れの分散性はHPFRCCよりも劣るものであった。最終的には、微細な斜めひび割れの1つが進展し、大きく開口することで急激に荷重が低下した。最大荷重は、HPFRCCが114kNであるのに対して、SGFおよびLGFでは、それぞれ114kNおよび132kNであった。試験終了時にひび割れ面の状態を確認したところ、いずれの供試体でも繊維の引抜けが確認された。HPFRCCではモルタル分が繊維に絡みついており、必ずしも滑らかな形状ではなかった。一方、SGF, LGFではひび割れ面において粗骨材の露出が確認でき、明らかにHPFRCCよりも粗い形状であった。

前述のように、粗骨材を混入したSGF, LGFはHPFRCCと比較して引張性能は低く、はりのせん断挙動においてもひび割れの分散性は低下した。一方、ひび割れ面のずれ変形に対する抵抗性は、粗骨材の混入により向上すると考えられる。はりのせん断耐荷機構は、材料の引張性能とひび割れ面における骨材のかみ合わせ作用の組み合わせであるとする、粗骨材の混入により両者はトレードオフの関係となると考えられる。本研究では、骨材のかみ合わせ作用の方が、はりのせん断挙動に対してより大きな影響を有していたため、SGF, LGFのせん断耐力がHPFRCCと比較して同程度以上となったと考える。

前述のように、粗骨材を混入したSGF, LGFはHPFRCCと比較して引張性能は低く、はりのせん断挙動においてもひび割れの分散性は低下した。一方、ひび割れ面のずれ変形に対する抵抗性は、粗骨材の混入により向上すると考えられる。はりのせん断耐荷機構は、材料の引張性能とひび割れ面における骨材のかみ合わせ作用の組み合わせであるとする、粗骨材の混入により両者はトレードオフの関係となると考えられる。本研究では、骨材のかみ合わせ作用の方が、はりのせん断挙動に対してより大きな影響を有していたため、SGF, LGFのせん断耐力がHPFRCCと比較して同程度以上となったと考える。

4. まとめ

粗骨材の混入がHPFRCCはりのせん断挙動に及ぼす影響について検討した。限られた範囲内の結果ではあるものの、HPFRCCに粗骨材を混入することで引張性能は大きく低下するが、ひび割れ面における骨材のかみ合わせ作用の影響によりはりのせん断耐力は必ずしも低下せず、同程度以上となる場合もあることが確認された。

謝辞：本研究で使用したPVA短繊維は(株)クラレよりご提供頂きました。また本研究の一部は科学研究費助成事業若手研究(B)(課題番号：25820205)により実施しました。ここに記して謝意を表します。

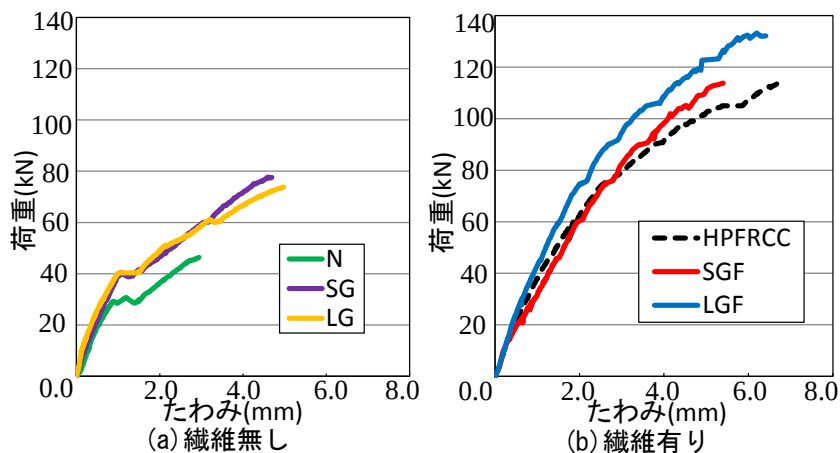


図-3 荷重-たわみ関係

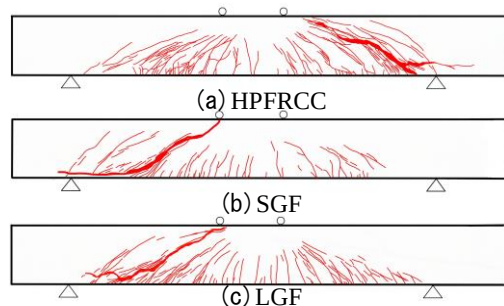


図-4 試験終了時のひび割れ図