

合成短繊維および収縮低減剤を用いた高品質軽量骨材コンクリートはりのせん断特性

東京工業大学大学院 学生員 ○大滝 晶生
 太平洋セメント(株) 正会員 河野 克哉
 東京工業大学大学院 フェロー 二羽淳一郎

1. はじめに

高品質軽量骨材は、内部に微細な独立空隙が形成されており、従来の膨張頁岩を原材料とする非造粒型軽量骨材に比べて吸水率が低く、骨材自体の強度も向上している。このため、高性能減水剤や微粉材料と組み合わせることで軽量かつ高強度なコンクリートの製造ができるようになった。しかし、このようなコンクリートは脆性的な破壊、自己収縮の増大などの問題がある。これまで、筆者らは短繊維を混入することで、高品質軽量骨材コンクリートの破壊力学特性を改善できることを明らかにした¹⁾。本研究は短繊維と収縮低減剤を併用することで高品質軽量骨材コンクリート RC はりのせん断特性の改善効果について検討したものである。

2. 試験方法

(1) 材料・配合：本研究では、粗骨材は中国黄河流域堆積粘土を主原料とした軽量骨材(絶乾密度 1.17kg/l, 24 時間吸水率 1.77%以下, NL)を絶対容積 300l/m³にて用い、細骨材は小櫃産陸砂とした。結合材は早強セメントおよびシリカフュームとし、すべての配合において単位水量 165kg/m³、水結合材比 22%、シリカフュームの結合材置換率(内割)を 10%で一定とした。短繊維はポリプロピレン繊維(波型、引張強度 465MPa、弾性係数 15GPa、以下、PP)を用い、コンクリートの体積に対して外割体積比率 1%で混入した。なお、自己収縮低減のために有機系収縮低減剤(以下、TG)を水量の一部に 6kg/m³内割置換し、TG を使用せず PP を 1%混入した配合(以下、TG0-PP1)と TG を使用して PP を 1%混入した配合(以下、TG6-PP1)の 2 水準を試験に供した。

(2) 試験方法：

a) 自己収縮：コンクリートの凝結始発直後からの自己収縮ひずみを、JCI 規格(案)JCI-SAS2-2²⁾に準じて測定した。

b) 破壊力学特性：図-1 に示す RILEM 推奨の切欠きはりの 3 点曲げ試験を行い、荷重-たわみ曲線下の面積 W_0 より、破壊エネルギー $G_F = (W_0 + mg\delta_0) / A_{lig}$ (m ：供試体質量、 δ_0 ：終局時の供試体変位、 A_{lig} ：リガメント部面積)を算出した。な

お、破壊エネルギーは、圧縮強度のばらつきを考慮して $G_{F0} = G_F / (f'_c / f'_{c0})^{0.7}$ (f'_c ：コンクリートの圧縮強度(MPa)、 f'_{c0} ：定数(10MPa))とし、補正された破壊エネルギー G_{F0} で評価した。また、荷重-たわみ曲線から、仮想ひび割れモデルを組み込んだ FEM を用いて引張軟化曲線を推定した³⁾。

c) RC はりのせん断特性：図-2 のようにいずれも $a/d=3.5$ 、有効高さ $d=200\text{mm}$ として斜めひび割れを生じるスパンを限定する目的で、片側のスパンにせん断補強筋を配置して RC はり供試体を作製した。また、実験により得られた RC はりのせん断耐力は、普通コンクリート RC はりにおけるせん断耐力算定式⁴⁾ $V_c = 0.2f'_c{}^{1/3}p_w{}^{1/3}(10^3/d)^{1/4}(0.75+1.4d/a)b_wd$ (p_w ：軸方向鉄筋比(%), a ：せん断スパン, d ：有効高さ(mm), b_w ：幅)により求めた値を比較する形で検討した。

3. 試験結果および考察

(1) 自己収縮：図-3 は各コンクリートに生じた自己収縮ひずみの経時変化を示したものである。TP0-PP1 では、初期の材齢から大きな収縮が起これ材齢 14 日で約 450×10^{-6} の自己収縮が生じた。一方、TG6-PP1 の材齢 14 日における自己収縮は約 290×10^{-6} となり、約 35%の収縮低減効果が認められた。これは収縮低減剤の添加によりコンクリートの毛細管空隙中に存在する水分の表面張力が低下し、自己乾燥が生じた際の収縮応力を低減したためと考えられる。

(2) 破壊力学特性：表-1 は各配合における破壊エネルギー G_F 、補正された破壊エネルギー G_{F0} 、圧縮強度および単位容積質量を示したものである。これより、自己収縮が大きい TG0-PP1 では G_{F0} が 490N/m であるのに対し、自己収縮が低減された TG6-PP1 では、 G_{F0} が約 800N/m と大幅に改善された。図-4 は各コンクリートの引張軟化曲線を示し

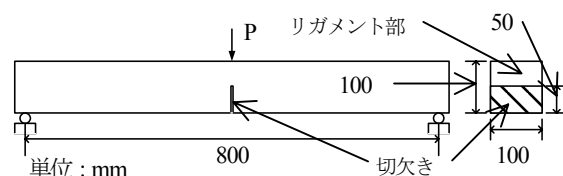


図-1 RILEM の 3 点曲げ試験概要図

キーワード：高品質軽量骨材、短繊維、収縮低減剤、破壊エネルギー、自己収縮、せん断耐力

連絡先：〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL03-5734-2584 FAX03-5734-3577

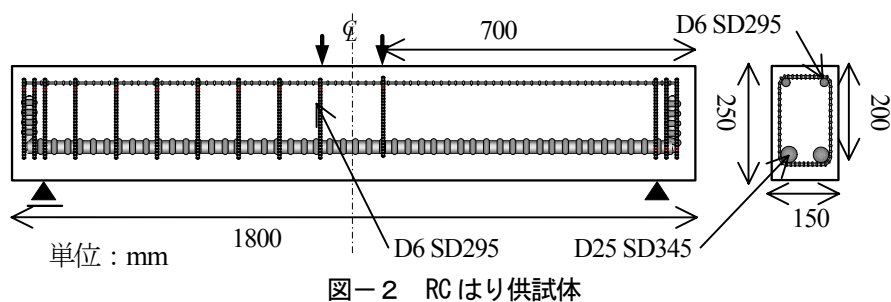


図-2 RCはり供試体

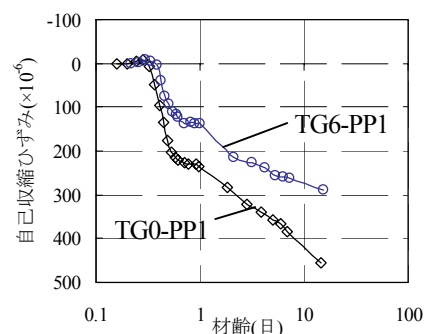


図-3 コンクリートの自己収縮

表-1 破壊エネルギー

	G_F (N/m)	G_{F0} (N/m)	f'_c (N/mm ²)	単位容積 質量(kg/m ³)
TG0-PP1	1861	490	67.2	1918
TG6-PP1	2905	805	62.6	1930

たものであり、いずれもひび割れ発生後に応力は一度低下するものの、その後に繊維の架橋効果により保持される応力は、TG0-PP1よりもTG6-PP1の方が高いことがわかる。これは自己収縮がPP繊維によって拘束されることで、母材マトリクスに発生する微視的応力が低減され、PP繊維と母材マトリクスの付着性状が改善し、ひび割れ面におけるPP繊維の応力伝達効果が向上したのではないかと推察される。

(3) RCはりのせん断特性：表-2に示すように、TG6-PP1を用いたRCはりのせん断耐力 P_u は、TG0-PP1を用いた場合に比べて約25%増大した。また、せん断耐力の実験値と計算値 P_{cal} の比は、TG0-PP1を用いた場合に0.85、TG6-PP1を用いた場合に1.09となり、TG6-PP1を用いたRCはりでは普通コンクリートの場合よりもせん断耐力が約10%増大した。これは、前述のように短繊維と収縮低減剤を併用することでコンクリート要素の破壊力学特性が改善され、RC部材のせん断特性にも影響を与えたものと考えられる。また、図-5の荷重-たわみ曲線から、どちらの配合も初期剛性にほとんど違いは見られないが、斜めひび割れ発生後はTG0-PP1で一度荷重低下が見られたものの、TG6-PP1ではその後も荷重は増加していき破壊にということが確認された。

4. 結論

(1) 短繊維とともに収縮低減剤を添加することで高品質軽量骨材コンクリートの自己収縮は低減され、ひび割れ面における伝達応力が増大し、破壊エネルギーが向上した。

(2) 短繊維補強した高品質軽量骨材コンクリートに収縮低減剤を添加することでRCはりのせん断耐力は約25%増加し、普通コンクリートを用いたRCはりと比較した場合でも約10%増加することがわかった。

参考文献：

- 1) 大滝晶生ほか：中国産高品質軽量骨材を用いたコンクリートにおける短繊維補強効果，土木学会第59回年次学術講演会概要集，V-478，pp.983-984，2004.9
- 2) 日本コンクリート工学協会：JCI規準集，pp.568-571，2004.4

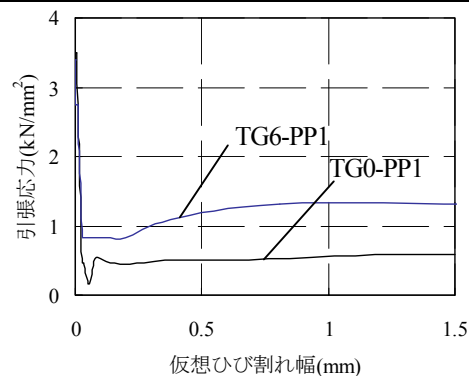


図-4 引張軟化曲線

表-2 RCはりのせん断耐力

	P_u (kN)	$P_{cal}=2 \times P_c$ (kN)	P_u/P_{cal}
TG0-PP1	106.8	126.2	0.85
TG6-PP1	134.3	123.2	1.09

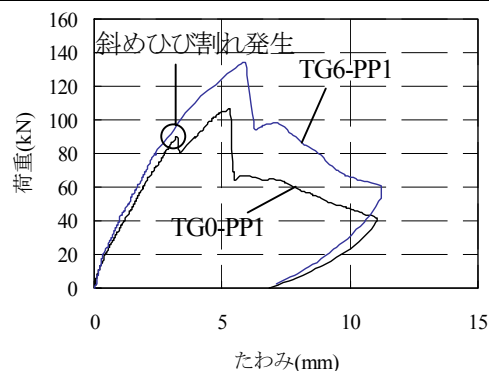


図-5 荷重たわみ曲線

- 3) 栗原哲彦ほか：多直線近似法による引張軟化曲線の推定と短繊維補強コンクリートの曲げ破壊性状，土木学会論文集，No.532/V-30，pp.119-129，1996.2
- 4) 二羽淳一郎ほか：せん断補強筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価，土木学会論文集，No.372/V-5，pp.167-176，1986.8