

鋼繊維混入率を変化させた無孔性コンクリート梁の静荷重および衝撃荷重載荷実験

中央コンサルタンツ(株) 正会員 ○山越 壮之助 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人
 太平洋セメント(株) 正会員 河野 克也 室蘭工業大学大学院 名誉会員 岸 徳光
 太平洋セメント(株) 正会員 小亀 大佑

1. はじめに

本研究では、鋼繊維混入無孔性コンクリート(以後、単に SPFC) 梁の耐衝撃挙動に関する基礎データ収集を目的として、鋼繊維混入率を 1, 2, 3.5 % に変化させた SPFC 梁を対象に、静荷重および重錘落下衝撃荷重載荷実験を実施した。また、基準試験体として鋼繊維を混入していない普通コンクリート (RC) 梁についても同様に検討した。

2. PFC の概要

PFC の使用材料としては、結合材には、最大粒子の低熱ポルトランドセメントと最小粒子のシリカフェームに対して中間粒子となる粉体を加えて最密粒度としたプレミックス結合材を、細骨材には珪砂を、混和剤には高性能減水剤ならびに消泡剤を用いている。また、鋼繊維には引張強度 2,800 MPa の高強度鋼繊維を用い、体積比の外割で 1, 2, 3.5 % 混入した。なお、練混ぜや養生方法の詳細については文献 1) を参照されたい。

3. 実験概要

図 1 には、本研究で対象とした試験体の形状寸法を示している。試験体の形状寸法(幅×高さ×スパン長)は、150×200×1,800 mm である。補強筋は、上下端に各 2 本配置し、PFC の高圧縮強度特性に対応して可能な限り衝撃荷重載荷時の上縁圧壊を抑制するために高強度鉄筋を用いることとし、公称径が 9 mm の異形 PC 鋼棒を使用した。なお、PC 鋼棒の引張強さは 1,400 MPa 以上であり、普通鉄筋の 4 倍程度の引張強度を有している。

本研究では、PFC で鋼繊維混入率を 1, 2, 3.5 % に変化させた試験体 3 種類 (F1, 2, 3.5 試験体) および RC でせん断補強筋を配置せずかつ鋼繊維を混入していない試験体 1 種類 (RC 試験体) を対象に静荷重および衝撃荷重載荷実験を実施した。なお、材料試験の結果より、本研究で用いた PFC の圧縮強度 f'_c は 330 MPa 程度であり、RC の場合には 40 MPa 程度であった。

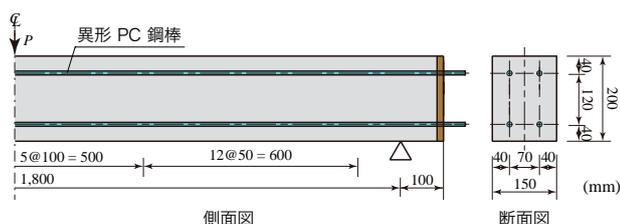


図 1 試験体の形状寸法および配筋

静荷重載荷実験には、梁幅 400 mm × 梁軸 100 mm の載荷板をスパン中央部に設置し、油圧ジャッキを用いて荷重を作用させている。また、衝撃荷重載荷実験は、質量 300 kg, 円柱部直径 200 mm で載荷点部を円形状に絞り込んで直径 150 mm とし、高さが 2 mm の球形状になっている鋼製重錘を、所定の落下高さ ($H = 1, 1.5, 2$ m) からスパン中央部に 1 度だけ自由落下させる形で行った。なお、RC 試験体の場合には $H = 0.5$ m に限定して実施した。試験体両端支点部に関しては、試験体の跳ね上がりを防止するために鋼製の矩形梁状治具を用いて締め付けている。また、支点部は回転を許容するピン支持に近い構造となっている。

4. 静荷重載荷実験結果および考察

図 2 には、本研究で実施した全 4 ケースにおける静荷重載荷実験の荷重-変位関係を比較して示している。図 2 より、SPFC 梁は降伏荷重、最大荷重ともに RC 梁に比較して大幅に増加しており、その割合はいずれの荷重に対しても F1 梁で 2 倍以上、F3.5 梁で 3 倍以上の値になっていることが分かる。また、SPFC 梁間で比較すると、降伏荷重、最大荷重、主筋降伏後の剛性勾配はいずれの場合も鋼繊維混入率に対応して増加の傾向を示している。

図 3 には、静荷重載荷実験終了後における側面のひび割れ分布について F1/3.5, RC 梁で比較して示している。

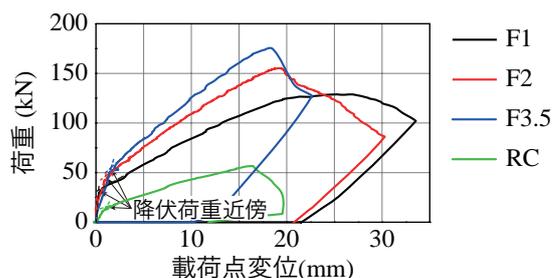


図 2 静荷重載荷実験の荷重-変位関係

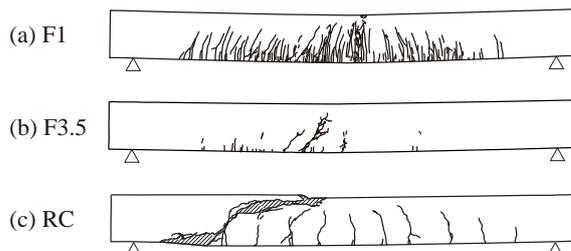


図 3 静荷重載荷実験終了後のひび割れ分布

キーワード：無孔性コンクリート、鋼繊維、耐衝撃性、重錘落下

連絡先：〒 050-8585 室蘭工業大学大学院 もの創造系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX 0143-46-5228

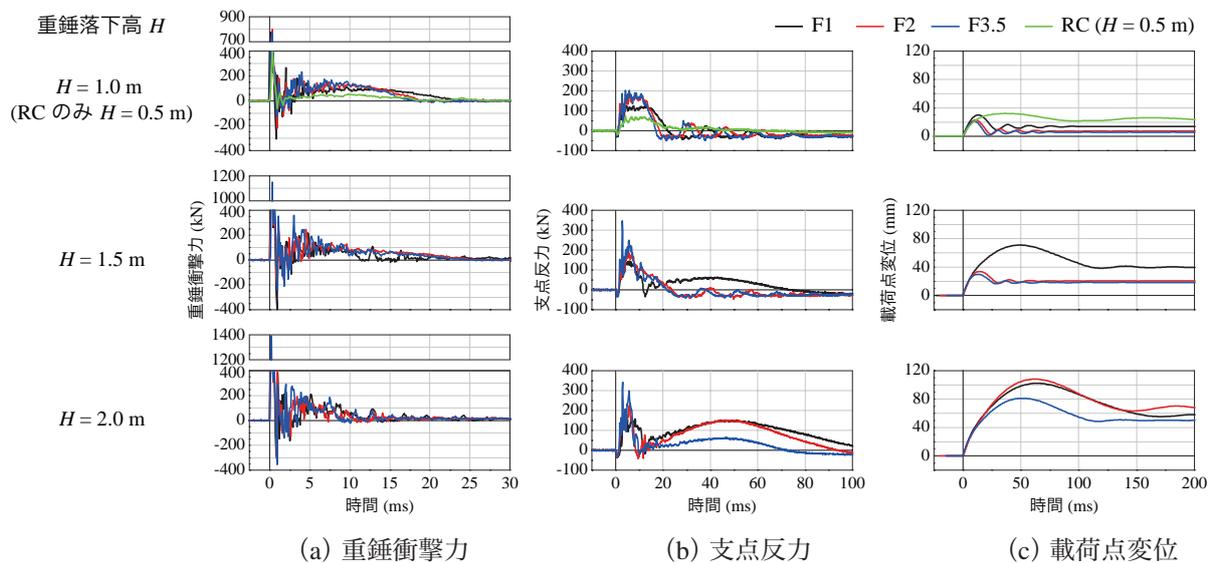


図4 衝撃荷重実験の各種時刻歴応答波形

(a), (b)図の SPFC 梁に関するひび割れ分布を見ると、いずれの梁においても梁下面から上方に向かう曲げひび割れが発生し、斜めひび割れは発生していない。また、鋼繊維混入率に対応して、ひび割れの本数とともに分布領域も減少傾向にあることが分かる。(c)図の RC 梁に着目すると、ほぼ等間隔に曲げひび割れが発生しているが、せん断補強鉄筋が配筋されていない場合における典型的な RC 梁のせん断破壊型のひび割れを呈して終局に至っている。

5. 衝撃荷重実験結果および考察

図4には、本研究で実施した全10ケースにおける各種時刻歴応答波形を示している。(a)図より、重錘衝撃力波形に着目すると、SPFC 梁の場合には鋼繊維混入率の大きさに拘わらず重錘落下高さ毎に類似の分布性状を示していることが分かる。また、落下高さに対応して最大衝撃力は増加傾向を示している。基準となる RC 梁の場合には、重錘落下高さが $H = 0.5 \text{ m}$ であることや、コンクリートの圧縮強度が $f'_c = 40 \text{ N/mm}^2$ 程度であることにより、最大重錘衝撃力も 400 kN 程度と $H = 1 \text{ m}$ 落下時における SPFC 梁の 1/2 程度の値を示している。

(b)図より、支点反力波形に着目すると、落下高さが $H = 1 \text{ m}$ の SPFC 梁の場合には、最大支点反力は鋼繊維混入率の大きさに対応して大きくなっており、主波動継続時間は逆に小さくなる傾向を示している。また、重錘落下高さが $H = 1.5 \text{ m}$ の場合には、F1 梁のみ、 $H = 2 \text{ m}$ の場合にはいずれの試験体においても主鋼材が破断に至ったことにより、継続時間が大きく延びる傾向が示されている。

(c)図の載荷点変位波形に着目すると、落下高さによらず、いずれの試験体も最大値到達後、減衰自由振動状態に以降している様子が確認できる。RC 梁の場合には、変位が大きく残留しており、明らかに終局に至っていること

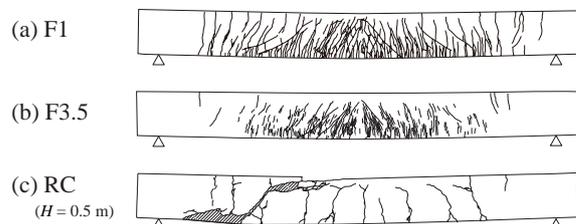


図5 衝撃荷重実験終了後 ($H = 1 \text{ m}$) のひび割れ分布

を示している。また、F1/2/3.5 梁に着目すると主鋼材が破断した場合には最大変位が著しく大きくなっていく傾向も確認できる。なお、落下高 $H = 2 \text{ m}$ の場合には、いずれの SPFC 梁においても主鋼材が破断に至っているものの、F3.5 梁については鋼繊維の架橋効果がより大きいため梁の角折れや最大変位が抑制され、F1/2 梁よりも変位量が小さく示されたものと推察される。

図5には、落下高さが $H = 1.0 \text{ m}$ (RC 試験体: $H = 0.5 \text{ m}$) の場合における実験終了後の F1/3.5, RC 梁の側面のひび割れ分布を比較して示している。図より、SPFC 梁の場合には、静荷重載荷時と同様に曲げひび割れが発生しており、ひび割れの本数および発生領域は鋼繊維混入率の増加とともに減少および狭くなる傾向にあることが分かる。また、梁上縁から下縁に向かって進展する負曲げの発生に起因するひび割れや斜めひび割れも確認できる。一方、RC 梁の場合には、静荷重載荷時と同様にせん断破壊型のモードで終局に至っていることが分かる。

以上より、鋼繊維混入率が 3.5% の SPFC 梁の場合が、最も耐衝撃性に優れていることが明らかになった。

参考文献 1) 柳田龍平, 中村拓郎, 河野克哉, 二羽淳一郎: 鋼繊維で補強した無孔性コンクリートの圧縮・引張に対する力学モデル, 土木学会論文集 E2, Vol. 74, No. 1, pp. 10-20, 2018.