

AFRP シートで曲げ補強した鋼繊維補強無孔性コンクリート梁の耐衝撃性

室蘭工業大学大学院
太平洋セメント(株)
太平洋セメント(株)

学生会員 ○木内 洋介
正会員 河野 克哉
正会員 安田 瑛紀

室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介
室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人

1. はじめに

近年、300～400 MPa 程度の世界最高水準の圧縮強度を有する無孔性コンクリート (PFC) が開発されている。本研究では、アラミド繊維 (AFRP) シート補強した PFC 梁の耐衝撃挙動を検討することを目的に、鋼繊維混入率の異なる PFC 梁を対象に AFRP シート曲げ補強を施し、重錘落下実験を実施した。

2. 実験概要

表1には、PFCの配合を示している。表に示しているように結合材(B)には、低熱ポルトランドセメント(L)、石英微粉末(Q)およびシリカフューム(SF)を、細骨材には珪砂(S)を、混和剤には高性能減水剤(SP)ならびに消泡剤(DF)を用いた。また、鋼繊維(F)は外割で1もしくは2%混入した。表2には、本実験に用いたAFRPシートの力学的特性値を示している。

表3には、試験体の一覧を示している。試験体名の第1項目は、コンクリートの種類と鋼繊維混入率(%)の組み合わせを示している。また、第2項目のHに付随する数値は、重錘落下高さH(mm)である。図1には、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、100×25×500mmである。AFRPシートは、梁下面の幅方向に全域、軸方向には中央部から両支点側に220mmの範囲に接着し、シート上には検長10mmのひずみゲージを20もしくは30mm間隔で貼付した。

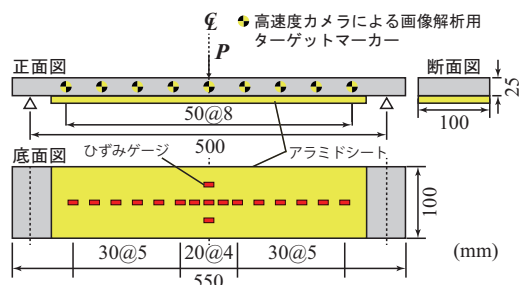


図1 試験体の形状寸法と補強概要

表2 AFRP シートの力学的特性値 (公称値)

繊維 目付量 (g/m ²)	保証 耐力 (kN/m)	厚さ (mm)	引張 強度 (GPa)	弾性 係数 (GPa)	破断 ひずみ (%)
280	392	0.193	2.06	118	1.75

表3 試験体の一覧

試験体名	鋼繊維 混入率 (%)	重錘落下 高さ H (mm)
PFC0-H150/300	0	150, 300
PFC1-H300/450/600	1	300, 450, 600
PFC2-H300/450/600	2	300, 450, 600

表4 計算耐力の一覧

試験体の 種類	曲げ耐力 P_u (kN) (1)	せん断耐力 V_u (kN) (2)	せん断余裕度 α (2)/(1)
PFC0	7.52	16.3	2.16
PFC1	8.45	35.1	4.15
PFC2	9.32	53.1	5.70

表4には、計算耐力の一覧を示している。PFCとAFRPシートは、計算終局時まで完全付着状態にあるものと仮定した。計算結果より、いずれの試験体も静載荷時には曲げ破壊で終局に至る設計となっていることが分かる。

衝撃載荷実験は、質量20kg、先端直径60mmの鋼製重錘を所定の落下高さからスパン中央部に一度だけ自由落下させる単一載荷法により行った。

3. 実験結果

図2には、各試験体の重錘衝撃力、支点反力および荷点変位に関する時刻歴応答波形を示している。

図より、重錘衝撃力波形は、PFC0-H300およびPFC1-H600試験体を除き、重錘衝突時に継続時間が極めて短く振幅の大きい波形が励起した後、継続時間が15ms程度で振幅が10kN程度の主波動が励起していることが分かる。なお、PFC0-H300およびPFC1-H600試験体は、経過時間10ms程度で重錘衝撃力が急激に低下した。これは、

表1 配合

名称	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)								フロー *2 (mm)	空気量 *3 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
		W	B				S	F	SP*1	DF*1		
PFC0	15	199	876	347	102	927	0	B × 2.2 %	B × 0.02 %	233	3.8	327
PFC1							78 (外割 1 %)	B × 2.5 %	B × 0.02 %	269	3.7	351
PFC2							157 (外割 2 %)	B × 2.5 %	B × 0.02 %	268	3.4	336

*1: Wの一部に内割置換, *2: 落下振動を与えないフロー試験による値 (JIS A 5201 準拠), *3: 空気室圧力法

キーワード：無孔性コンクリート、鋼繊維、AFRPシート、曲げ補強、耐衝撃性

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 くらし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX 0143-46-5228

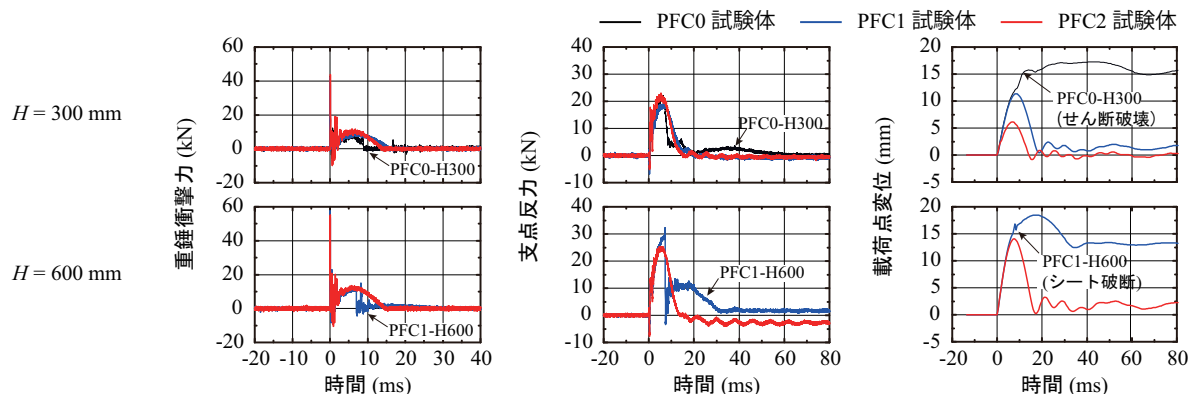
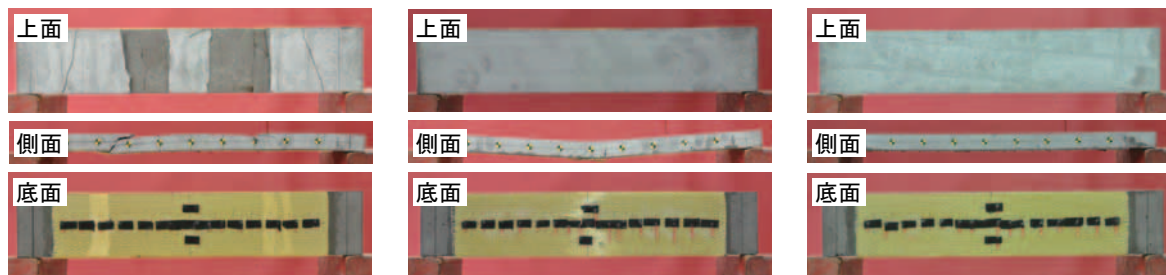


図2 時刻歴応答波形



(a) PFC0-H300 試験体(せん断破壊) (b) PFC1-H600 試験体(シート破断) (c) PFC2-H600 試験体(シート破断なし)

図3 実験終了後における各試験体の破壊性状

PFC 梁のせん断破壊や AFRP シートの破断により、梁の抵抗力が消失したことによるものと考えられる。

支点反力波形は、PFC0-H300 および PFC1-H600 試験体を除き、継続時間が 15 ms 程度で最大振幅が 20 ～ 30 kN の主波動が励起しており、その最大振幅は落下高さの増大に伴って大きくなる傾向を示している。PFC0-H300 および PFC1-H600 試験体の場合は、重錘衝撃力波形の場合と同様に経過時間 10 ms 程度で急激に低下している。

載荷点変位波形も、PFC0-H300 および PFC1-H600 試験体を除き、継続時間が 15 ～ 20 ms 程度の正弦半波が励起しており、その振幅は落下高さの増大に伴って大きくなる傾向にある。また、落下高さ $H = 300$ mm においては、PFC0-H300 試験体の変位が大きく残留しており、実験ではせん断破壊に至っていることを確認している。

落下高さ $H = 600$ mm においては、PFC1-H600 試験体の最大変位が PFC2-H600 試験体の場合よりも大きく、その後変位が 5 mm 程度復元するものの大きく残留している。これは、後述するように、AFRP シートが破断したことによるものである。

図3には、ひび割れやシート破断、および残留変形などの損傷が顕著に見られた、PFC0-H300、PFC1/2-H600 試験体に関する実験終了後の破壊性状を示している。

図より、PFC0-H300 試験体の場合には、左右のせん断スパンの中央部周辺に斜めひび割れが発生しており、上面では PFC が広範囲に渡って剥落していることが分かる。

PFC1-H600 試験体の場合には、左右対称の曲げ変形が残留しており、載荷点近傍においては梁側面にひび割れ

の開口、底面のシートには破断が見られる。このことから、シートの付着は破断時まで十分に確保されていたことが分かる。また、PFC0-H300 試験体に見られたひび割れや剥離は見られない。これは、鋼繊維の架橋効果が発揮されているためである。

また、PFC2-H600 試験体の場合には、PFC1-H600 試験体に見られた著しい残留変形やシートの破断は見られない。これは、鋼繊維混入率を大きくすることにより、PFC のひび割れ発生後における架橋効果が発揮されるため、ひび割れの開口が抑制されて、AFRP シートの引張応力負担が低減されたことによるものと考えられる。

これらのことから、PFC への鋼繊維混入により、負曲げによる曲げひび割れや、せん断ひび割れが抑制されることが明らかになった。また、鋼繊維混入率を大きくすることにより、AFRP シートの引張応力負担が低減されシートの破断が抑制されることが明らかになった。

なお、表4の計算結果では、いずれの試験体も静的設計上の破壊モードは曲げ破壊型となっている。これに対し、PFC0 試験体はせん断破壊に至っている。この破壊モードの相違には載荷方法の違いが影響を与えているものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 鋼繊維混入率を大きくすることにより、PFC のひび割れ発生後における架橋効果が発揮されるため、梁のせん断抵抗性が向上するとともに、AFRP シートの引張応力負担も低減される。
- 2) AFRP シートと無孔性コンクリートの付着性能は、シート破断に至るまで十分に確保されている。