

端面摩擦が無孔性コンクリートの圧縮破壊挙動に及ぼす影響

東京工業大学
東京工業大学
東京工業大学

学生会員 ○林 佑希子
学生会員 柳田 龍平
正会員 中村 拓郎

太平洋セメント(株) 正会員 河野 克哉
東京工業大学 フェロー 二羽 淳一郎

1. はじめに

近年、超高強度コンクリートの技術は急速に発展し、圧縮強度が 400 N/mm²を超える無孔性コンクリート(以下、PFC)が開発された。この高い圧縮強度は、結合材の構成の工夫や脱型後の吸水処理、ならびに熱養生を施すことで実現した¹⁾。PFC を用いた新しいコンクリート構造物が期待できる一方で、PFC の圧縮破壊挙動は十分に明らかにされていない。

コンクリートの基本的な物性の 1 つが一軸圧縮強度である。JIS 規格に基づいた一軸圧縮強度試験では、供試体端面と試験機の間に摩擦が生じることから、得られる強度は一軸圧縮強度ではなく、供試体端面での拘束を伴う圧縮強度となる。上迫田ら²⁾は、普通コンクリートに関して、圧縮強度が高いほど端面摩擦の影響が大きいことを報告している。PFC は普通強度のコンクリートと比較して、約 20 倍の圧縮強度を有するため、圧縮強度試験において端面摩擦の影響を強く受けることが考えられる。

本研究では、PFC に対して厚さ 0.5 mm のテフロンシートとシリコングリースから成る減摩パッドを用いた載荷試験を行い、PFC の圧縮破壊挙動における端面摩擦の影響について実験的に検討した。

2. 実験概要

供試体種類、繊維混入率および減摩パッドの有無の 3 パラメータから成る 8 種類の供試体について、各種類 3 本ずつ圧縮強度試験を実施した。PFC の使用材料は低熱ポルトランドセメント(LC)、シリカフューム(SF-A)、

石英微粉末(Q)、珪砂(S)、高性能減水剤(SP-A)、消泡剤(DF)および鋼繊維(F)である。また、PFC の比較対象として、圧縮強度レベルが 180~250 N/mm²の高強度繊維補強モルタル(以下、HFM)を作製した。HFM の使用材料は中庸熱ポルトランドセメント(MC)、シリカフューム(SF-B)、珪砂、高性能減水剤(SP-B)および鋼繊維である。PFC はコンクリート体積に対して外割、HFM は内割の繊維混入率とし、それぞれ 2%, 1%のものを用いた。配合を表 1 に示す。供試体はφ50×100 mm の円柱供試体を使用した。図 1 に示すように供試体表面に検長 30 mm のひずみゲージを貼付し、圧縮強度試験を実施した。また、端面拘束の影響を軽減するシリーズでは、図 2 に示す減摩パッドを供試体両端面に設置した。

3. 実験結果

鋼繊維混入率が 2%の各供試体の応力 - ひずみ曲線の一例を図 3 に示す。応力 - ひずみ曲線は減摩パッドの有無に関係なく破壊の直前まで線形的に挙動し、全ての供試体で最大荷重の直後に急激に荷重が低下する脆性的な破壊となった。この傾向は鋼繊維混入率が 1%の供試体でも認められた。

図 4 に繊維混入率 2%の PFC 供試体の破壊後の様子の一例を示す。減摩パッドを使用しない場合、载荷軸に

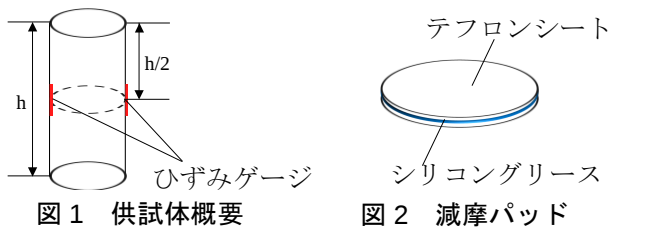


表 1 配合

供試体名	単位量 (kg/m ³)										
	W	結合材 (B)					S	F	SP-A	SP-B	DF
		LC	MC	Q	SF-A	SF-B					
PFC-1	199	876	—	347	102	—	927	78	B×2.8%	—	B×0.02 %
PFC-2	199	876	—	347	102	—	927	157			
HFM-1	182	—	1140	—	—	285	944	78	—	B×1.2%	—
HFM-2	180	—	1128	—	—	284	934	157			

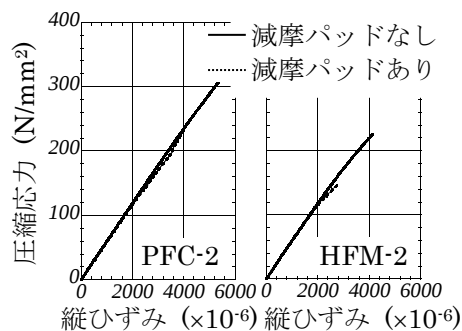
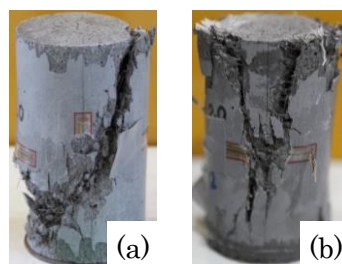
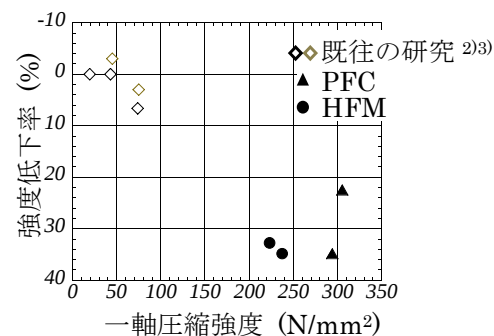
キーワード 無孔性コンクリート(PFC), 繊維補強, 端面摩擦, 圧縮強度, 強度低下率

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-17 TEL 03-5734-2584

表 2 実験結果 (平均値)

供試体名	PFC-1-st*	PFC-1-tf**	PFC-2-st*	PFC-2-tf**	HFM-1-st*	HFM-1-tf**	HFM-2-st*	HFM-2-tf**
圧縮強度 (N/mm ²)	298	191	305	237	241	156	227	145
ヤング係数 (kN/mm ²)	58.9	58.0	59.4	59.7	58.2	58.8	59.8	58.7
最大応力時の ひずみ (×10 ⁻⁶)	5079	3103	5290	4099	4583	2767	4125	2854
強度低下率 (%)	35.8		22.5		34.4		36.4	

*:「st」減摩パッドなし, **:「tf」減摩パッドあり

図 3 繊維混入率 2%の供試体の
応力 - ひずみ曲線図 4 繊維混入率 2%の PFC
供試体の破壊後の様子図 5 一軸圧縮強度と減摩による強度
低下率の関係

対して斜めのひび割れが供試体を貫通する形で破壊した。一方で、減摩パッドを使用した場合には、上部の円錐状のひび割れが下部に食い込み、供試体表面に直線状のひび割れが発生することで破壊した。この結果は既往の知見³⁾と一致する。

表 2 に実験結果をまとめる。ヤング係数は減摩パッドの有無に関係なく 59 kN/mm²前後となっており、端面摩擦の有無の影響は認められなかった。一方で、端面摩擦が減少すると圧縮強度が低下する傾向となった。また、減摩パッドを用いた場合は、最大応力時のひずみが大きく減少した。この傾向は PFC, HFM ともに確認され、2000×10⁻⁶程度も減少した供試体もあった。減摩による圧縮強度の減少は端面摩擦により端部の横方向への変形が抑えられ、それによってひび割れの進展が抑制されたためであると考えられる³⁾。既往の研究²⁾において、75 N/mm²の圧縮強度を持つモルタルの場合、減摩パッドの使用による強度の低下は 0~7%程度であったことが確認されている。図 5 に一軸圧縮強度と減摩による強度低下率の関係を示す。PFC および HFM では強度低下率が大きくなっていることから、圧縮強度の高い供試体ほど端面摩擦の影響を大きく受けることが明らかとなった。また、強度低下率に関して、HFM では繊維混入率による有意差は無いが、PFC では 13%程度の差があった。

4. 結論

- 1) 減摩パッドの有無に関わらず、PFC の応力 - ひずみ曲線は破壊に至るまで線形関係であった。
- 2) 供試体のひび割れ性状は端面摩擦の影響を受けて変化し、減摩パッドが無い場合に斜めに形成されたひび割れが、減摩パッドがある場合には載荷軸方向に直線状に形成される傾向となった。
- 3) 減摩パッドを用いた端面摩擦の低減によって、減摩がない場合と比較して PFC, HFM ともに圧縮強度が 1/4~1/3 程度低下した。ヤング係数に関しては端面拘束による影響は認められなかった。

参考文献

- 1) 柳田龍平, 中村拓郎, 河野克哉, 二羽淳一郎: 圧縮強度 400 N/mm² の最密充填マトリクスを有する繊維補強コンクリートの力学特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.279-284, 2016
- 2) 上迫田和人, 前川宏一, 岡村甫: コンクリートの一軸圧縮強度, コンクリート工学年次講演会講演論文集, pp.177-180, 1982
- 3) 陶佳宏, 松下博通, 鶴田浩章, 川原基嗣: 載荷面摩擦が一軸圧縮強度試験に与える影響, 土木学会年次学術講演会講演論文集, pp.872-873, 1999