超高強度繊維補強コンクリートの圧縮破壊挙動に関する高速度画像計測

神戸大学	学生会員	○渡邉大基
神戸大学	正会員	三木朋広
太平洋セメント	正会員	河野克哉

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリートの急激に進展する圧 縮破壊現象を理解するためには、破壊に至る瞬間を計 測することが重要である.本研究は,高速度カメラと データロガーを用いて破壊する瞬間をとらえ、圧縮強 度と繊維補強の有無が破壊進展にどのような影響を及 ぼすか検討することを目的とする. 円柱供試体に対し て圧縮載荷試験を行い,実験より得られた画像を用い, いくつかの破壊基準を設けることで供試体によって異 なる破壊進展速度を比較した.

2. 実験概要

供試体は直径 50mm, 高さ 100mm の円柱であり, 2 種類の材料を用意した.1 つは市販のプレミックス紛 体を使用した超高強度繊維補強コンクリート(UFC) であり、もう1つは最密充填となる紛体構成とした超 高強度セメント硬化体¹⁾の試作供試体 (CPC) である. この供試体では脱気吸水処理を施していない.表1に 示す条件のもと、UFC に関しては2つの条件に対して それぞれ3体ずつ, CPC に関してはそれぞれの条件に 対して1体ずつ,合計13体の円柱供試体を,油圧式 2000kN 万能試験機を用いて圧縮載荷試験を行った.

本研究では、急激に進展する圧縮破壊挙動を計測す るために、高速度カメラ(8000fps)とデータロガー (20000fps)を用いた. 撮影時間は 3.488 秒, つまり

表1 供試体条件

供码件名称	越維促八平(%)	水稻合材比(%)	加烈処理
UFC14-NF	0	14	×
UFC14-2F	2	14	
CPC13-NF	0		
CPC13-1F	1	12	
CPC13-NFB	0	15	0
CPC13-1FB	1		
CPC17-NF	0	17	×
CPC17-2F	2	1/	
CPC20-2F	2	20	

27904 フレームの画像, 69760 個のデータを得た.また, 供試体を均等に明るく映すために LED 照明を 2 つ, 飛 び散る破片を防ぐためのプラスチックカバーを用いる など、撮影環境を工夫した.

3. 実験結果

圧縮強度において, UFC に関しては約 200~250MPa, CPC に関しては約 250~350MPa という結果となり、ど の供試体においても高い圧縮強度を示した.

次に高速度カメラにより得られた、超高強度繊維補 強コンクリートが破壊する瞬間の画像の1例を図1に 示す. 画像の下の数字は、はじめの画像を基準とした 経過時間(10⁶秒)を示している. すべての供試体に おいて,図1のように非常に脆性的な破壊挙動を示し たが、破壊に至る形状は供試体や条件の違いによって 異なるものであった. そこで, 破壊に至るまでのすべ ての供試体のひび割れ進展の違いを比較し、破壊の種 類を大まかに4つに分類した.図2に特徴が顕著な破 壊挙動を示した 4 つの供試体の画像を示す. 1 つは UFC14-NF のように、徐々に縦ひび割れが発生し進展



キーワード 超高強度繊維補強コンクリート,高速度画像計測,圧縮破壊,高速度カメラ 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL078-803-6094

連絡先

するような破壊挙動を示したもの、2つ目は、UFC14-2F のように破壊が一部に集中し、潰れるような破壊挙動 を示したもの、3つ目は CPC13-NF のように急激にあ らゆる方向にひび割れが進展する破壊挙動を示したも の、そして4つ目が、CPC13-1FB のように上部にひび 割れが網羅的に広がり、折れるような破壊挙動を示し たものである. どの供試体もおよそこの4つのうちの どれかに当てはまる破壊挙動を示したが、2 つ目のよ うな破壊挙動を示したのは UFC14-2F のみであった.

最後にデータロガーより得られた荷重データを図 3 に示す.すべての供試体多少違いはあるが図 3 のよう にある点から急激に荷重が落ちる挙動を示した.すべ ての供試体の中で UFC14-2F のみ徐々に荷重が落ちて から一気に変化するといった挙動を示した.これは, 繊維補強の影響で徐々にひび割れが発生したことが原 因であると考えられる.

4. 破壊進展速度に与える強度、繊維補強の影響

圧縮強度,繊維補強の有無の違いが圧縮破壊挙動に 与える影響について調べるため,載荷軸直行方向の横 ひずみが増大した時の画像を破壊基準し,それぞれの 供試体の破壊進展速度を比較する.

図4は画像時間と圧縮強度の関係を示したものであ る.画像時間は,脆性的な破壊に直結するひび割れ発 生直後の画像から,破壊基準の画像に至るまでの枚数 に、1フレームあたりの時間125µ秒を乗じたものであ る.図4より,圧縮強度が大きいとひび割れ進展が速 くなる傾向があることがわかる.強度が最も低い UFC-2FがUFC-NFよりもひび割れ進展が速いのは, 繊維補強の影響で部分的に潰れるような破壊挙動を示 すので,ひび割れが発生してから供試体が膨張するま での時間が短いことが原因であると考えられる.供試 体 CPC に関しては,繊維補強の有無に関係なく,強度 の高い供試体ほど画像時間が短くなるということがわ かった.

5. 結論

2 種類の超高強度繊維補強コンクリートの非常に脆性的な破壊現象を,撮影環境を工夫することで破壊に 至る瞬間の画像と荷重データを得ることができた.破壊に至る画像を用いて破壊進展速度を比較した結果, 強度が高い供試体の破壊進展が速く,供試体 UFC のみ 繊維補強の影響が大きいことがわかった.

参考文献

 中山莉沙,河野克哉,多田克彦: 圧縮強度 460MPa を発現する超高強度セメント硬化体の開発,土木 学会第 70 回年次学術講演会,V-303, pp.605-606, 2015.9.



UFC14-NF

UFC14-2F



図2 破壊の種類

CPC13-NF

CPC13-1FB



