

損傷を有するコンクリート円柱供試体の圧縮疲労特性に関する基礎的研究

山梨大学大学院 学生会員 ○大垣 志穂
 山梨大学大学院 正会員 齊藤 成彦

1. はじめに

アルカリシリカ反応や凍害等を生じたコンクリートは、内部に多数発生した微細なひび割れにより、強度や弾性係数の低下が生じることが知られているが、損傷の量と力学特性との関係を定量化するには至っていない。著者ら¹⁾は、微細な不連続面を模擬したコンクリート円柱供試体の一軸圧縮破壊試験を実施するとともに、骨材粒レベルでモルタルの微細な損傷を考慮したメソスケール解析により、損傷が生じたコンクリートの圧縮破壊特性の解明を試みている。本研究では、微細な不連続面を模擬したコンクリート円柱供試体の圧縮疲労試験を実施し、微細な損傷が圧縮疲労特性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体諸元

本研究では、直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を用いて、一軸圧縮疲労試験を実施した。セメントには早強ポルトランドセメントを使用し、粗骨材には最大寸法 20mm の砕石を用いた。微細な不連続面は、コンクリートの打設時にラミネート片を混入することで模擬した。導入した損傷を定量化するため、既往の研究¹⁾の数値解析におけるコンクリート円柱供試体モデルのモルタル要素総面積を用いて損傷率を定義した。本研究では、解析モデルにおけるモルタル要素間バネの総面積(約 $5 \times 10^5 \text{mm}^2$)を基準に、損傷率 20%に相当する面積のラミネート片を 10mm 角に切断して混入した。

2.2 静的圧縮強度と損傷率の関係

既往の研究¹⁾において静的一軸圧縮試験の実験および解析より得られた強度比-損傷率関係を図-1 に示す。強度比は、損傷のない供試体の強度を用いて正規化したものである。損傷率の増加とともに静的圧縮強度は低下し、損傷率 20%では圧縮強度が約 70%~80%に低下することが確認できる。表-1 に示すように、本研究で使用した円柱供試体の損傷の有無による静的圧縮強度の比は約 70%であり、既往の研究とほぼ同様の傾向を示していることが分かる。

2.3 疲労試験概要

試験条件を表-1 に示す。疲労試験は、静的圧縮強度を基準に応力振幅 S の大きさを設定し、下限応力

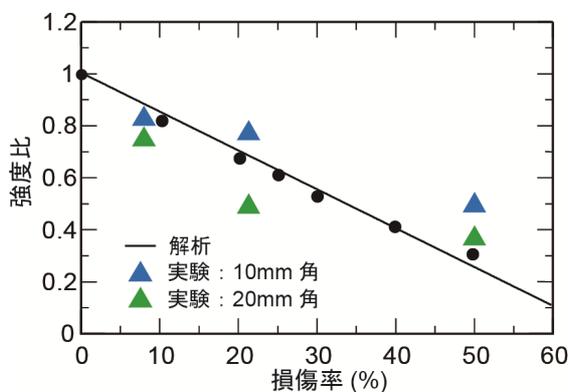


図-1 強度比-損傷率関係

表-1 供試体諸元

損傷率 (%)	供試体名	静的圧縮強度 (N/mm ²)	応力振幅 S (%)
0	N75	34.0	75
	N70	33.5	70
20%	L70	23.6	70
	L65	24.9	65

表-2 疲労試験結果

損傷率 (%)	供試体名	応力振幅 S (%)	疲労寿命 N	
			予測値	実験値
0	N75	75	17782	15837
	N70	70	125892	481820
20%	L70	70	125892	7627
	L65	65	891250	499007

キーワード 損傷, 不連続面, 圧縮破壊, 疲労強度

連絡先 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 山梨大学大学院総合研究部 TEL:055-220-8529

1.27N/mm²を一定として、上限応力を決定した。この時、損傷を導入した供試体の応力振幅の大きさは、損傷を導入した供試体の静的圧縮強度を基準として求めた。健全な供試体の応力振幅は75%と70%、損傷を有する供試体の応力振幅は70%と65%とした。なお、繰返し载荷速度はすべて2Hzとした。

3. 実験結果

表-2に、疲労試験の結果を示す。コンクリートの疲労寿命Nの予測値は、土木学会コンクリート標準示方書²⁾より安全係数を1.0として求めた。また、示方書より求めたS-N曲線と実験値を図-2に示す。

損傷のない供試体の疲労寿命は、予測値とほぼ同等かそれ以上の寿命となった。一方、ラミネート片により損傷を導入した供試体の疲労寿命は、予測値よりも若干小さくなる傾向を示した。不連続面の導入に使用したポリエステル製ラミネートは、モルタルと同等の弾性係数を有する厚さ0.15mmの薄片であるが、表面は滑らかであり、不連続面におけるせん断伝達力の低下を引き起こす。疲労寿命の低下は、モルタルにひび割れの起点となる損傷が導入されていること、および微細ひび割れ面でのせん断伝達力の低下が起因しているものと考えられる。

図-3に、疲労試験より得られた応力-ひずみ関係を示す。応力は供試体下部に設置したロードセルから、ひずみは供試体側面に貼付したひずみゲージより求めたものである。損傷を導入した振幅65%の結果では、ひずみが1000μを過ぎたあたりから振幅が大きくなったように見えるが、これは動ひずみ計に混入したノイズの影響であり、試験機の制御装置では問題がないことを確認している。図中の曲線は、履歴を間引きして示している。疲労試験当初は、繰返しに伴うひずみの増加が比較的大きく、繰返し回数の増加に伴って、ひずみの増加幅が小さくなっている。また、繰返し回数の増加に伴って、除荷・再载荷経路の傾きが小さくなっていくことが確認できる。最終的に、最大のひずみが2000~2500μを越えたところで破壊に至っている。

4. まとめ

本研究では、得られた知見は以下の通りである。

- (1) ラミネート片を用いて微細な損傷を導入した供試体の疲労寿命は、損傷のない場合に比べて小さくなる傾向を示した。
- (2) 実験より得られた応力-ひずみ関係より、繰返し回数の増加に伴い、除荷・再载荷経路の傾きが小さくなる傾向を示し、ひずみが2000~2500μに達すると破壊に至ることが確認できた。

参考文献

- (1) 大垣志穂, 斉藤成彦, 渡辺忠朋: 微細な不連続面を有するコンクリート円柱供試体の圧縮破壊特性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.2, pp.85-90, 2017
- (2) 土木学会: コンクリート標準示方書 [設計編], 2018

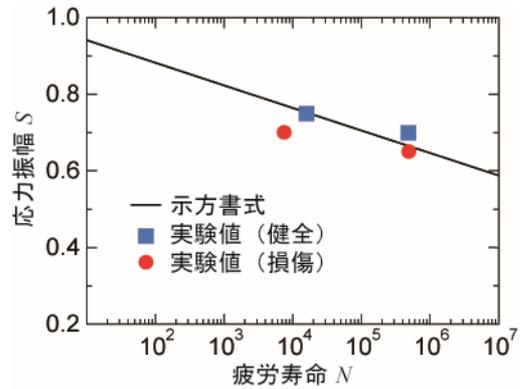


図-2 応力振幅-疲労寿命関係

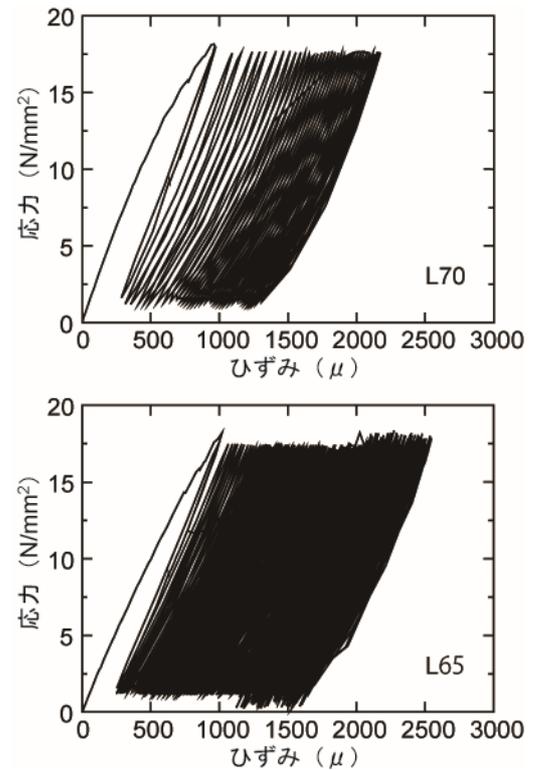


図-3 応力-ひずみ関係