

高性能軽量コンクリートの圧縮軟化特性に関する一考察

東京工業大学大学院 学生会員 ○渡辺 健, フェロー会員 二羽 淳一郎
 港湾空港技術研究所 フェロー会員 横田 弘, 正会員 岩波 光保

1. はじめに

コンクリート用骨材として新しい高性能人工軽量粗骨材が開発されている¹⁾. 本研究では, 天然砕石を粗骨材として使用したコンクリート(普通コンクリート)を対象とした応力-ひずみモデル^{2), 3)}と比較することで, 高性能人工軽量粗骨材を用いたコンクリート(高性能軽量コンクリート)の圧縮軟化特性を検討した.

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

高性能軽量コンクリートの示方配合を表-1に示す. 水セメント比45%, 粗骨材には最大寸法15mmの高性能人工軽量骨材(絶乾密度: 1.18kg/l, 吸水率: 2.69%, 粗粒率: 6.44)を使用, 細骨材には山砂を使用した. 供試体は, φ100×200mmおよびφ100×400mmの円柱とし, それぞれの供試体名をL-2およびL-4とした.

(2) 載荷試験および測定項目

2000kN高剛性圧縮試験機を使用し, 最大荷重到達(ピーク)と同時に0kNまで除荷し, 再び載荷を行う一方向繰返し圧縮載荷(載荷速度: 0.002 mm/s)を行った. 供試体を試験機に設置する際には, 2枚のテフロンシートの間シリコングリスを挿入した減摩パッドを, 供試体と載荷板の間に設置した. 載荷中, 周囲4ヶ所に設置した変位計の値より供試体平均ひずみ ϵ_{ave} を測定した. 載荷は, ポストピーク域において最大荷重の10%まで耐力が低下した段階を終局状態とみなして, 終了した.

3. 実験結果

(1) 破壊形態

図-1に, 供試体L-2, L-4および普通コンクリート供試体²⁾の破壊形態, 供試体強度 σ_{max} , ピーク時ひずみ

表-1 示方配合

水セメント比	細骨材率	単位量(kg/m ³)						
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤		
W/C (%)	s/a (%)	W	C	S	G	AE 剤	高性能 AE 減水剤	
45	47.3	165	367	823	413	0.01835	5.138	

ϵ_{peak} および初期弾性係数 E_{ini} を示す. いずれの供試体においても, 破壊が供試体端部において局所的に生じた. また, ピーク以降, 数本のひび割れが破壊域より非破壊領域に急激に進展した. 目視観察の結果, 破壊域長さ L_p は約 100mm 程度であった.

(2) 応力-ひずみ関係の包絡線

図-2に, 供試体L-4における応力-平均ひずみ関係, および同一圧縮強度・形状における普通コンクリート供試体を対象とした既存の応力-ひずみモデル²⁾を合わせて示す. なお, このモデルには, 圧縮破壊の局所化に伴う応力-ひずみ関係の形状変化が忠実に反映されている. このモデルと比較して, 高性能軽量コンクリートの応力-ひずみ関係は, 応力上昇域において直線的形状を示し, ピーク時のひずみはやや増加した.

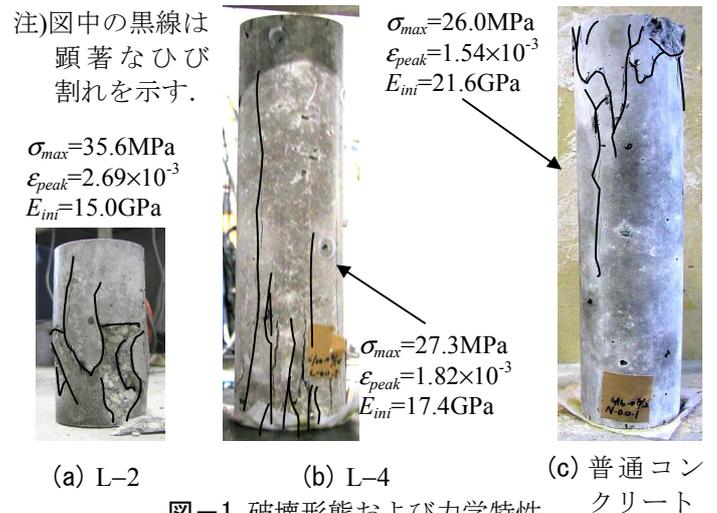
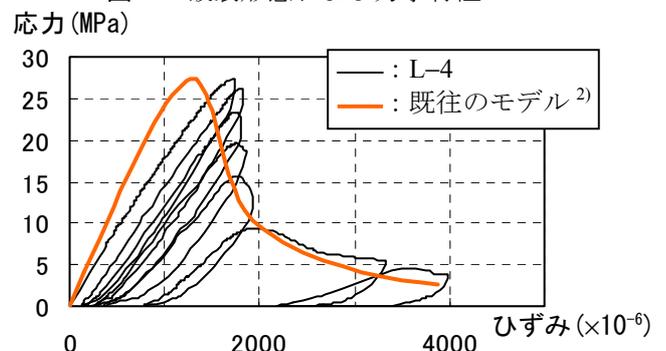


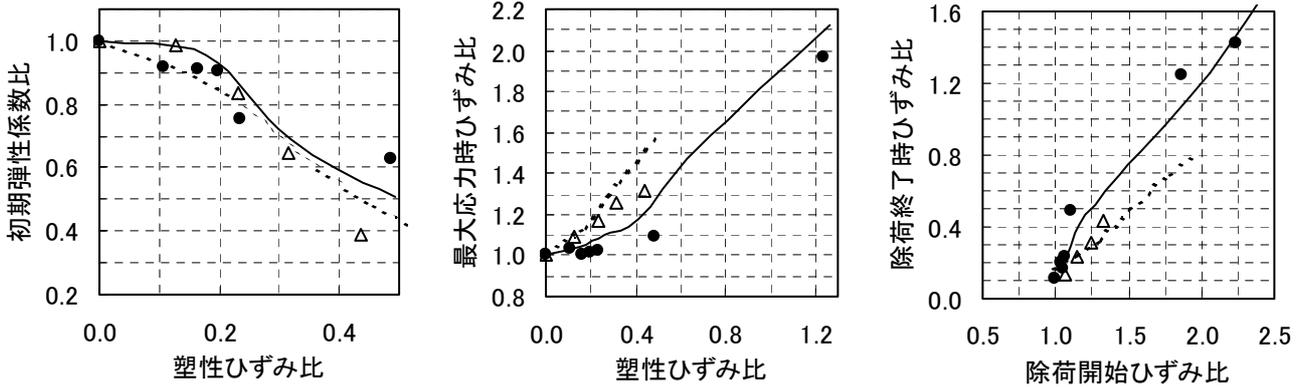
図-1 破壊形態および力学特性



キーワード: 高性能軽量粗骨材, 圧縮軟化, 破壊の局所化

連絡先: 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科 土木工学専攻 二羽研究室
 TEL: 03-5734-2584, E-mail: 96b31400@cv.titech.ac.jp

△ : L-2, ---- : 既存式($\sigma_{max}=35.6\text{MPa}$, $\phi 100\times 200\text{mm}$), ● : L-4, — : 既存式($\sigma_{max}=27.3\text{MPa}$, $\phi 100\times 400\text{mm}$)



(a) 塑性ひずみと再載荷曲線の剛性の関係 (b) 各再載荷曲線における塑性ひずみと最大応力時ひずみの関係 (c) 各除荷曲線における除荷開始ひずみと塑性ひずみの関係

図-3 再載荷・除荷特性に関する供試体 L-2, L-4 の実測値および既存式³⁾による算出値

一方、ピーク以降の軟化挙動は脆性的であったが、ひずみが 2.0×10^{-3} 以上の領域では、既存のモデルとほぼ類似の形状を示した。

(3) 除荷曲線および再載荷曲線

ピーク以降の除荷曲線ならびに再載荷曲線の特性について検討する。図-3 に、(a) 塑性ひずみと再載荷曲線の弾性係数の関係、(b) 各再載荷曲線における塑性ひずみと最大応力時ひずみの関係、および(c) 各除荷曲線における除荷開始ひずみと塑性ひずみの関係を示す。

ただし、(a)の弾性係数比は、各再載荷曲線の弾性係数を初期弾性係数で除した値であり、また、ひずみ比はそれぞれピーク時のひずみで除した値を使用している。図-2 に示したように、高性能軽量コンクリートおよび普通コンクリートの初期弾性係数は明らかに異なったが、塑性ひずみの増加に伴う再載荷曲線の弾性係数低下の傾向に、大きな差は見られなかった(図-3(a))。一方、塑性ひずみに対する包絡線上のひずみは小さくなる傾向があった(図-3(b))。これは、包絡線が脆性的になることに起因している。ただし、除荷曲線に関する2つのひずみの関係に顕著な差は見られなかった(図-3(c))。

そこで、図-4 において、応力およびひずみを、それぞれのピーク時の応力およびひずみで正規化した応力-ひずみ関係を比較する。なお、既往のモデル³⁾は目視観察の結果から、 $L_p=100\text{mm}$ と設定とすることで算出した。その結果、供試体 L-4 の応力-ひずみ関係は精度良く一致したが、L-2 の脆性的な軟化挙動は十分表現できなかった。これは、破壊域長さあるいは普通コンクリートを対象に定式化されたモデルを適用することに

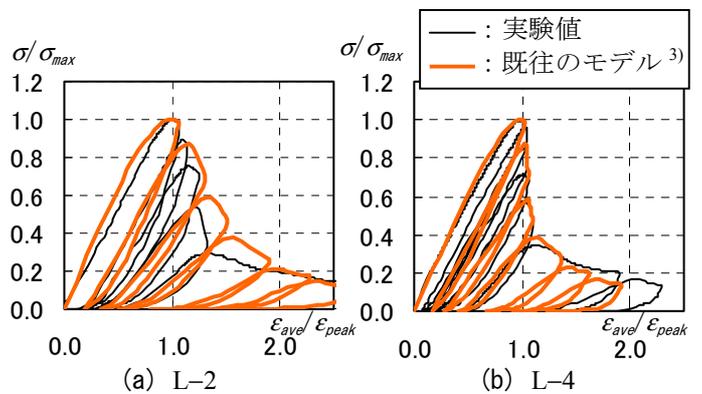


図-4 正規化された応力-ひずみ関係

関して、検討の余地があることを意味している。

4. まとめ

高性能軽量コンクリート供試体においても、圧縮破壊の局所化現象が観察された。応力-ひずみ関係において、必ずしもピーク時のひずみおよび脆性的な応力軟化挙動を表現することができなかったが、既存のモデルを改良することで表示可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 九々正武, 坂口 昇, 木村 薫: 中国産人工軽量骨材を使用したコンクリートの物性, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.2, pp.43-48, 2001.6.
- 2) 渡辺 健, 二羽淳一郎, 横田 弘, 岩波光保: 圧縮破壊の局所化を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係の定式化, 土木学会論文集, No.725/V-58, pp.197-211, 2003.2.
- 3) 渡辺 健, 二羽淳一郎, 横田 弘, 岩波光保: 繰返し圧縮載荷を受けるコンクリートの応力-ひずみ履歴モデルの定式化, 土木学会論文集, (2003年9月投稿, 査読中)