

V-46 廃プラスチック製粗骨材を用いた軽量コンクリートの応力-ひずみ特性

東北工業大学大学院 学生会員 ○布田 秀一
東北工業大学工学部 正会員 小出 英夫
ドービー建設工業㈱ 正会員 佐々木 徹
東北工業大学工学部 正会員 外門 正直

1. はじめに

1995年に制定された「容器包装リサイクル法」によって、使用済みペット(PET)ボトル等の廃プラスチックの回収が広く行われ、年々その回収率は上昇している。しかし、再利用されるペットボトルは回収された量の6割程度にしかならず、残りは何らかの形で中間処理施設等にストックされている場合も多い。そこで、コンクリート用骨材の代替品開発及び廃プラスチックの有効利用という二つの観点から、廃プラスチック製骨材のコンクリート用軽量骨材としての適用¹⁾～³⁾を考えた。本研究では、廃プラスチック製粗骨材を用いた軽量コンクリートの実用性を評価する目的で、圧縮強度付近の荷重レベルに対するクリープ試験及び繰返し載荷試験を行い、その応力-ひずみ特性を明らかにした。

2. 廃プラスチック製骨材

本研究で用いた廃プラスチック製骨材(写真-1)は、原料となる廃プラスチック類が限定(使用済みペットボトルを主原料とし、PETが約80～90%)され、環境に対する問題点がなく、かつ、それらの混合割合が管理されているため成型物の物性がほぼ一定となる既存の廃プラスチック塊を中間材料として用いた。この廃プラスチック塊をクラッシャーで破碎後ふるいわけを行い、廃プラスチック製骨材を製造した。

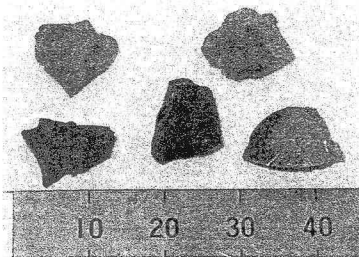


写真-1 廃プラスチック製骨材

3. クリープ試験及び繰返し載荷試験

実験に用いた軽量コンクリート及び、比較のため使用した同程度の圧縮強度の普通コンクリートの配合を表-1に示す。ともに、養生後、乾燥状態にあるφ10cm円柱供試体を用いて実験を行った。使用材料は普通ポルトランドセメント、細骨材は鶴巣太平産山砂、粗骨材は、軽量コンクリートにおいては廃プラスチック製骨材(密度1.20g/cm³、最大寸法10mm)、普通コンクリートにおいては高館産砕石(最大寸法20mm)を使用した。圧縮試験の結果、当該軽量コンクリートの圧縮強度 f_c は26.2N/mm²、普通コンクリートは30.6N/mm²、ヤング係数は、それぞれ約12,000N/mm²、24,000N/mm²であった。なお、普通コンクリートは、当該軽量コンクリートと同程度の圧縮強度となるよう、水中養生を材齢21日目で中止したものを用いた。

1) クリープ試験の概要及び結果

圧縮強度に近い持続荷重下での時間経過に伴うひずみ挙動を知る目的で、0.9 f_c (軽量コンクリート:23.6N/mm²、普通コンクリート:27.5N/mm²)に相当する荷重を載荷し続け、破壊に至るまでのひずみ変化を測定した。

試験結果を図-1、2に示す。なお、圧縮応力を静的に増加させていき、0.9 f_c に達した時点以降を載荷時間の初期値とし示している。普通コンクリートは約900秒(15分)、当該軽量コンクリートは約86,000秒(約24時間)で破壊に至った。破壊に至るまでの時間に大きな差が現れた要因としては、コンクリート内のモルタルの組織の緻密さの違い(W/Cの違い)であると考えられる。また、当該軽量コンクリートの破壊に至るまでのひずみの変化は、図-1に示すように、まずクリープ速度が時間とともに減少し、続いてクリープ速度がほぼ一定となり、最後に、急激に破壊に至るという、一般的に良く知られている普通コンクリートのクリープ性状と同じであった。

表-1 実験に用いた各コンクリートの配合

	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)	単位量(kg/m ³)				高性能 AE減水剤 G*(%)	AE剤 C*(%)	空気量 (実測値) (%)
			水	セメント	細骨材	粗骨材			
			W	G	S	G			
軽量コンクリート	35	43.0	160	457	696	445	0.9	0.004	6.4
普通コンクリート	55	38.0	175	318	679	1124	-	0.006	5.3

2) 繰り返し載荷試験の概要及び結果

繰り返し荷重に対する力学的耐久性を知る目的で、 $0.9f'c$ または $0.8f'c$ (軽量コンクリート: 21.0N/mm^2 、普通コンクリート: 24.5N/mm^2)の圧縮応力を静的に繰り返し載荷させ、破壊に至るまでの応力とひずみの関係を測定した。

圧縮応力 $0.9f'c$ を繰り返し載荷させた場合の両コンクリートに対する結果を図-3～6に示す。軽量コンクリートは約50サイクル目で破壊し、普通コンクリートは12サイクル目で破壊に至った。図-3と図-4で示した縦ひずみを比較すると、軽量コンクリートは、サイクル数の増加に伴う除荷時の残留ひずみの増加が小さく、破壊に至る直前での残留ひずみも約 300μ 程度であった。それに対し、普通コンクリートは1サイクル目が終了した時点で既に残留ひずみ約 300μ を記録し、その後も破壊に至るまで1サイクルごと残留ひずみの増加があり、破壊に至る直前では約 $1,000\mu$ の残留ひずみがあった。横ひずみにおいては、残留ひずみの大きさは縦ひずみよりも大きくなったが、サイクル数の増加に伴うひずみ挙動は、両コンクリートとも、それぞれ縦ひずみと同様であった。また、圧縮応力 $0.8f'c$ を繰り返し載荷した場合でも、圧縮応力 $0.9f'c$ を繰り返し載荷した時の結果とほぼ同様のひずみ挙動を示したが、軽量コンクリートでは、1000サイクルに至っても破壊に至らず、普通コンクリートは約300サイクルで破壊に至った。

以上の結果は、クリープ試験の結果と同様に、両コンクリート内のモルタルの組織の緻密さの違い(W/Cの違い)に起因していると考えられ、モルタルとの付着があまり良くない廃プラスチック製粗骨材の使用による、当該軽量コンクリートの力学的耐久性への悪影響は予想していたよりも小さかった。

4. まとめ

- ① 最大圧縮応力 $0.9f'c$ を載荷し続けた場合でも、当該軽量コンクリートは、一般的に良く知られている普通コンクリートのクリープ性状と同様の挙動を示すとともに、同程度の圧縮強度の普通コンクリートよりも耐久性能を有する。
- ② $0.9f'c$ または $0.8f'c$ の載荷と除荷を静的に繰り返した場合、当該軽量コンクリートは1サイクルごとの残留ひずみの増加が小さく、破壊に至るまでのサイクル数の比較においても、同程度の圧縮強度の普通コンクリートよりも耐久性能を有する。

参考文献

- 1) 小出英夫他: 廃プラスチック製骨材を使用した軽量コンクリートの諸特性 コンクリート工学年次論文集Vol. 22, No. 2, 2000
- 2) 小出英夫他: 廃プラスチック製骨材を使用した軽量コンクリートに関する研究 コンクリート工学年次論文集Vol. 23, No. 1, 2001
- 3) 小出英夫他: 廃プラスチック製粗骨材の吸水特性とコンクリート強度への影響 コンクリート工学年次論文集Vol. 25, No. 1, 2003

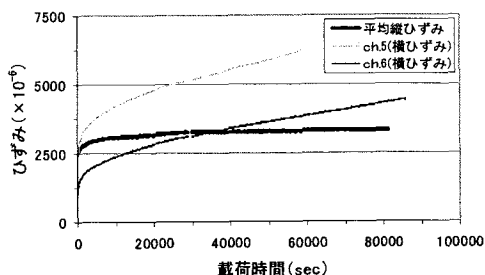


図-1 軽量コンクリートのクリープ試験結果

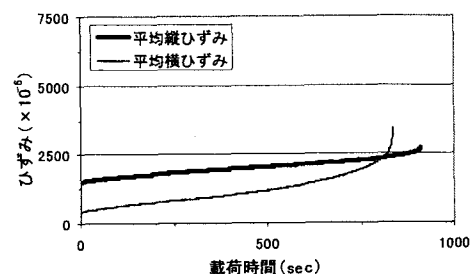


図-2 普通コンクリートのクリープ試験結果

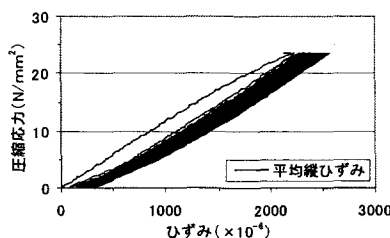


図-3 軽量コンクリート繰り返し載荷結果(縦ひずみ)

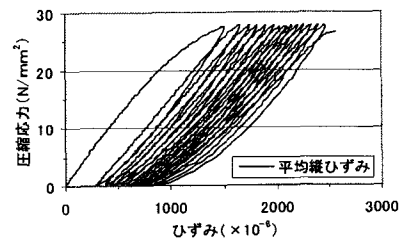


図-4 普通コンクリート繰り返し載荷結果(縦ひずみ)

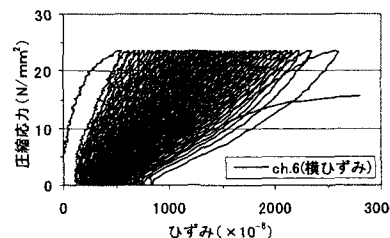


図-5 軽量コンクリート繰り返し載荷結果(横ひずみ)

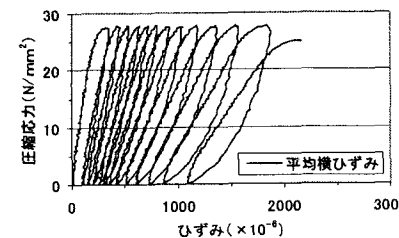


図-6 普通コンクリート繰り返し載荷結果(横ひずみ)