

V-236

超軽量骨材の凍結融解抵抗性

日本セメント(株) 中央研究所 正会員 ○森 寛晃 正会員 河野 克哉
正会員 柴田 辰正 正会員 石川 雄康 正会員 岡本 享久

1.はじめに

真珠岩を原料とする造粒型人工軽量骨材(超軽量骨材)は、骨材の内部組織が微細な独立気孔で形成されており、低吸水性を有している¹⁾。このため使用状態に応じた骨材の含水状態の変化は、市販の軽量骨材と比べて非常に小さく、軽量コンクリートの施工性および凍結融解抵抗性の両方を改善できる可能性がある。本研究は、超軽量骨材単体の凍結融解試験を行い、凍害による骨材の劣化挙動を把握するとともに、コンクリートの凍結融解抵抗性に与える骨材含水率の影響を実験的に検討したものである。

2.実験概要

2.1 軽量骨材単体の凍結融解試験：表—1

表—1 人工軽量骨材の物理的性質

骨材種類	原料および製造方法	絶対比重	表乾比重 ^{*1}	吸水率(wt%)	
				24hr 吸水	煮沸吸水 ^{*2}
HAL1	真珠岩, 造粒型	0.76	0.79	4.4	11.3
HAL2		1.22	1.27	3.9	8.6
AL	膨張頁岩, 非造粒型	1.29	1.58	22.5	27.9

*1: 静水中で24hr吸水させた後の骨材比重 *2: 煮沸水中で約2hr吸水させた状態

に示す3種類の人工軽量骨材(粒径10～15mm)を完全に浸水した状態で-20℃の凍結および5℃の融解を3～4時間で200サイクルまで繰り返した。骨材の劣化度を評価するため、以下の試験を実施した。なお、(a)、(b)は50サイクル、(c)は100サイクルごとに実施した。
(a)含水量ならびに損失質量の測定: 骨材の表面水を乾布にて拭拭し、見かけ上表乾状態とした骨材の含水量を測定した。さらに絶乾状態とした試料のうち5mmふるい通過分を損失量とした。
(b)骨材破砕試験: BS812骨材の破砕値試験を準用した。骨材を絶乾状態とした後、10mmふるいに残留する骨材をφ75×125mmのシリンダー中に詰め、ほぼ一定の荷重速度(毎分0.4～0.5N/mm²)で荷重30kNまで荷荷した。測定項目は荷重およびプランジャー下方変位とした。荷重を終えた骨材のうち5mmふるい通過分を破砕損失量とし、これを全試料質量で除して破砕損失率とした。
(c)細孔径分布測定: 5mmふるいを通過し、2.5mmふるいに残留する細粒分を用いて水銀圧入式ポロシメータにより測定を行った。

表—2 軽量コンクリートの配合条件および諸性状

2.2 軽量コンクリートの凍結融解試験：上記2種類の軽量骨材を対象として、これを粗骨材に用いた軽量コンクリートの凍結融解試験(ASTM C666 A法「急速水中凍結融解試験方法」に準拠)を実施

配合名	使用した粗骨材		水結合材比 ^{*1} W/B(%)	細骨材率 s/a(%)	空気量 ^{*2} Air(%)	単位容積質量 (kg/ℓ)	圧縮強度 (N/mm ²)
	種類	含水状態					
HAL1-w0-30	HAL1	絶乾 w0	30 (20.0)	43.3	4.1	1.67	46.2
HAL1-w1-30		気乾 w1			4.6	1.67	45.9
HAL1-w2-30		表乾 w2			5.1	1.67	44.5
HAL2-w2-30	HAL2	表乾 w2	30	43.3	5.4	1.80	69.0
HAL2-w3-30		煮沸吸水 w3			5.3	1.82	66.9
HAL2-w2-40		表乾 w2	40	45.2	4.6	1.78	50.5
HAL2-w3-40		煮沸吸水 w3			4.1	1.81	57.9

*1: 括弧内の数値はスラグ置換率(v%) *2: 重量法による

した。配合は表—2に示す通り、骨材の含水状態を4水準に、水結合材比を2水準に変化させ、供試体は各要因につき2ないし3体作製した。なお、空気量は混和剤添加量を変えることにより5.0±1.0%に調整した。測定項目はたわみ振動数および供試体の質量とした。

3.実験結果および考察

3.1 軽量骨材単体の凍結融解抵抗性: 含水率および質量損失率の変化を図—1に示す。HAL1は50サイクル付近から含水率が増加し、サイクル終了時には57.4%に達した。100サイクル付近からは質量損失も増加し

キーワード: 超軽量骨材, 気孔組織, 含水状態, 軽量コンクリート, 凍結融解抵抗性

〒135-0024 東京都江東区清澄 1-2-23

TEL 03-3642-7171 FAX 03-3643-2047

た。HAL2 の含水率変化は HAL1 ほど顕著ではないが、質量損失率は 9.2% に達した。超軽量骨材では骨材表面が粉碎して生じた微粒分が多く認められ、骨材表面から劣化が進行したことがうかがえる。一方、原料および製造方法の異なる AL は、骨材に割れが生じ、数 mm の破片が認められたものの、今回損失と見なした 5mm 以下の細粒分はサイクル終了時で 3.6% となり、含水率は 24hr 吸水率程度にとどまった。

表—3 は凍結融解を受けた骨材の破砕試験結果である。HAL1 は健全な骨材と比べて P- δ 曲線勾配が小さく、破砕損失率が大きくなり、骨材強度の低下を裏付ける結果が得られた。図—2 は細孔径分布測定結果を骨材ごとに示したものであるが、凍結融解を受けた HAL1 の細孔径分布は健全なものとは分布形状が異なっており、骨材内部の空隙構造が変化したと考えられる。なお HAL2 と AL では破砕試験結果および細孔径分布からは骨材組織の損傷は検出されなかった。

超軽量骨材は、凍結融解作用により骨材表面から劣化が進行し、HAL1 のように骨材内部の総空隙量が多くなると、最終的に骨材強度も低下することとなった。市販の軽量骨材は、いずれの評価試験によっても骨材が割れて劣化する現象を数値的に表現できなかったが、これは骨材の劣化形態が超軽量骨材と異なるためと考えられる。

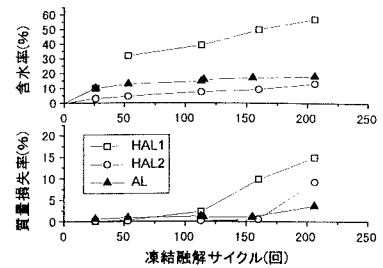
3.2 軽量コンクリートの凍結融解抵抗性

供試体の相対動弾性係数の変化を図—3 に、また算出される耐久性指数を表—4 に示す。HAL1 を用いたコンクリートは、骨材の含水状態に関わらず耐久性指数 60 以上となり、HAL2 を煮沸吸水状態(含水率 8.6wt.%)で使ったコンクリートにおいても、耐久性指数 90 以上を示した。独立気孔を有する軽量骨材を対象とした既往の研究²⁾によれば、骨材単体およびコンクリートの凍結融解作用による劣化は、骨材の空隙率が大きく、絶乾比重が小さい場合に顕著であると報告されている。骨材単体の検討では HAL1 の劣化が検出されたものの、これを使用したコンクリートは、低水結合材比としてモルタル部を緻密化することにより、十分な凍結融解抵抗性が得られることが分かった。なお、骨材の含水率が大きいものほど、打設面を中心としてコンクリート表面のスケーリングや骨材のポップアウト現象が認められた。

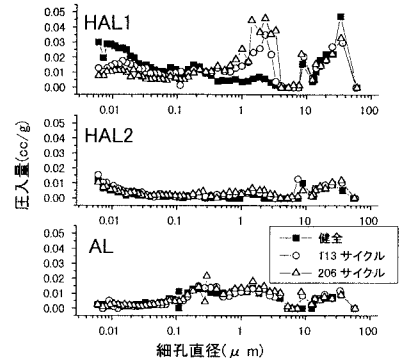
4. まとめ

- ①超軽量骨材の凍結融解による劣化は、表層から内部へと進行し、骨材内部の総細孔量が多くなると骨材強度が低下する場合がある。
- ②超軽量骨材を用いたコンクリートでは、粗骨材の含水率が凍結融解抵抗性に与える影響は、高吸水性の軽量骨材を使用した軽量コンクリートと比べて小さい。

〔参考文献〕1)岡本享久ほか：超軽量コンクリート，コンクリート工学，Vol.36，No.1，pp.48-52，1998.1 2)橘大介ほか：高強度軽量コンクリートの耐凍害性改善方法について，土木学会論文集，No.496/V-24，pp.51-60，1994.8



図—1 含水率および質量損失率の変化

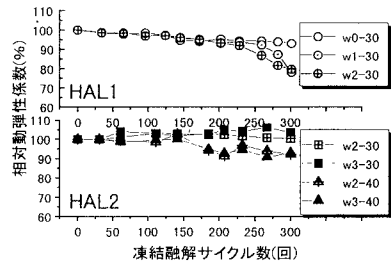


図—2 各サイクルでの骨材の細孔径分布

表—3 骨材破砕試験結果(サイクル終了時)

骨材種類	P- δ 曲線勾配 ¹⁾ (kN/mm)/健全に対する比	破砕損失率 (%)/健全に対する比
HAL1	1.04/0.58	16.4/1.52
HAL2	2.82/1.32	9.72/0.79
AL	1.77/1.03	10.4/0.64

*1: 荷重—プランジャー下方変位曲線(P- δ 曲線)の $\delta=10\text{mm}$ までを直線で帰するときの勾配



図—3 相対動弾性係数の変化

表—4 耐久性指数 (DF)

配合名	使用した粗骨材 種類	含水率(%)	耐久性指数
HAL1-w0-30	HAL1	0	91.7
HAL1-w1-30		2.0	78.1
HAL1-w2-30		4.4	73.4
HAL2-w2-30	HAL2	3.9	100.3
HAL2-w3-30		8.6	103.5
HAL2-w2-40		3.9	92.1
HAL2-w3-40		8.6	92.9