

シリコマンガンスラグ骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性

香川高等専門学校 賛助会員 ○近藤 慎也
香川高等専門学校 正会員 林 和彦

1. はじめに

高度経済成長期においてコンクリート用骨材として過度に海や川の砂利・海砂を採取した結果、これら天然資源の枯渇、砂中の生物の減少等に大きな影響を与え、環境保全のために瀬戸内海沿岸部の海砂の採取が全面禁止になった。環境保全と持続可能な社会の2つの実現のために注目されているのが産業副産物である。本学においては、シリコマンガンスラグ(以下 MnS)を細骨材の代替として利用するための、コンクリートのフレッシュ性状や硬化性状について検討してきた。その結果、力学的性状は一般的な骨材と比較して遜色ないことが示されている¹⁾。

本研究では、MnS を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性を評価することを目的としている。

2. 実験概要

(1) コンクリートの配合

比較のために安山岩を用いて、細骨材および粗骨材に安山岩および MnS を用い、コンクリートまたはモルタルを合計 6 種類作製した。供試体名と骨材の組み合わせを表-1 に示し、配合を表-2 に示す。6 配合とも空気量 4.5%，W/C=55%を全て一定とし、モルタル除く 4 配合については s/a=45%とした。モルタルの 2 配合については、1m³ あたりのモルタル分の配合とした。使用する骨材はふるい分け試験を実施し、細骨材および粗骨材のそれぞれの岩種の粒度分布が同等になるように粒度調整を行った。

表-1 骨材の組み合わせ

区分	供試体名	細骨材	粗骨材
モルタル	A-0	And	-
	M-0	MnS	-
コンクリート	A-A	And	And
	M-A	MnS	And
	A-M	And	MnS
	M-M	MnS	MnS

And: 安山岩

表-2 試験に使用するコンクリートの配合

供試体名	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	骨材量(kg/m ³)						Gx (%)	
				W	C	MnS	S	G	MnSG	AE減水剤	AE剤
A-0	55	4.5	-	289	524	0	1223	0	0	0.3	0.003
M-0						1370	0	0			
A-A			42	175	318	0	741	1028			
M-A						821	0	0			
A-M						0	741	0			
M-M						821	0	0			

(2) 凍結融解試験

凍結融解抵抗性を検討するため、JIS A1148:2010 コンクリートの凍結融解試験方法の水中凍結融解試験方法(A 法)に則り凍結融解試験を実施した(写真-1)。供試体の数は 1 種類につき 3 体とした。装置容量の関係上、実施時期を 2 回に分けて行い、凍結融解試験を開始した材齢は 1 回目が 28 日、2 回目が 485 日であった。凍結融解試験では、サイクル毎に測定した質量と一次共鳴振動数から質量減少率と相対動弾性係数を導出した。

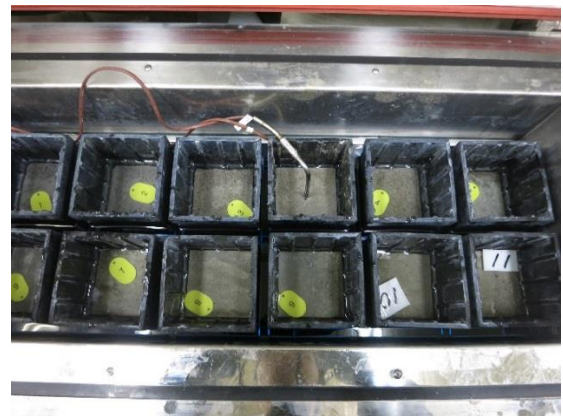


写真-1 凍結融解試験時の状況

3. 実験結果

(1) 相対動弾性係数

供試体 1 種類 3 体の測定において、試験開始材齢が 2 回で大きく異なるが、同一供試体 3 体の結果は全体の傾向として大きなばらつきは少なかったため、3 回の平均値で評価する。まず、相対動弾性係数の推移について供試体で平均した結果を図-1 に、300 サイクル終了時の平均、最大値および最小値を表-1 にそれぞれ示す。MnS の粗骨材を使用したコンクリート(A-M, M-M)の相対動弾性係数が 300 サイクル終了時に JIS 基準値の 60%を下回る結果となった。特に、サイクル初期 30 サイクル時で大幅な相対動弾性係数の減少が見られた。安山岩のみを用いた供試体(A-0, A-A)が一番減少が少なかった。MnS 粗骨材を使用し MnS 粗骨材

を使用していない供試体(M-0, M-A)は安山岩のみを用いた場合(A-0, A-A)より少し劣るが、基準値の60%を下回ることにはなかった。

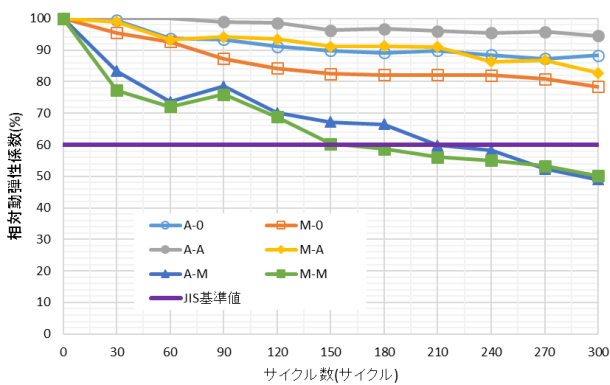


図-1 相対動弾性係数の推移

表-3 300 サイクル終了時の相対動弾性係数 (%)

	A-0	M-0	A-A	M-A	A-M	M-M	JIS基準値
300サイクル時平均	88	78	95	83	49	50	60
300サイクル時最大値	92	100	99	99	62	58	
300サイクル時最小値	86	67	91	72	37	46	

(2) 質量減少率

質量減少率の推移について供試体で平均した結果を図-2に、質量減少率の300 サイクル終了時の平均、最大値および最小値を表-4にそれぞれ示す。全体として、サイクル数の増加と共に質量減少率は増加していくが、300 サイクルにおいて特にMnS 粗骨材を使用したコンクリート(A-M, M-M)の減少率が大きく、普通コンクリートと比較して約2.0 倍となった。

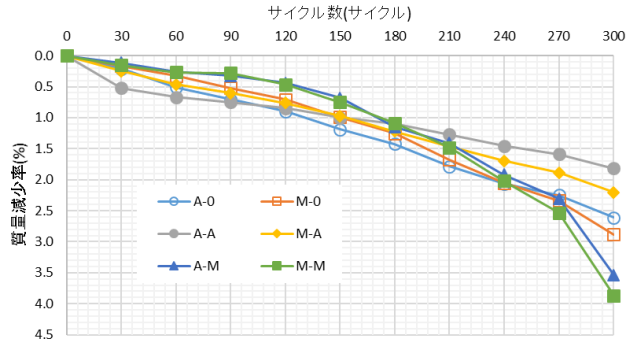


図-4 質量減少率の推移

表-4 300 サイクル終了時の質量減少率 (%)

	A-0	M-0	A-A	M-A	A-M	M-M
300サイクル時平均	2.6	2.9	1.8	2.2	3.5	3.9
300サイクル時最大値	3.9	3.1	2.3	2.9	4.4	4.7
300サイクル時最小値	1.9	2.8	1.5	1.5	2.6	3.3

(3) 材齢の違いによる影響

凍結融解試験を2回に分けて行ったため、コンクリートの材齢に差が生じている。表-5、表-6に1回目(材齢1ヶ月)と2回目(材齢16ヶ月)の凍結融解試験の300 サイクル時の相対動弾性係数、質量減少率をそれぞれ示す。供試体数はそれぞれ1体または2体と少ないため、ばらつきが大きな結果となり確定的な傾向は見られないものの、相対動弾性係数は材齢が大きい方が高い値を示している傾向がある。質量減少量の傾向は見られない。

表-5 材齢の違いによる相対動弾性係数の比較

	1回目(%)		2回目(%)		差分
A-0	86	86	-	92	↑ 6
M-0	69	67	-	100	↑ 33
A-A	91	-	94	99	↑ 5
M-A	72	77	-	99	↑ 24
A-M	62	48	-	37	↓ -18
M-M	46	47	-	58	↑ 12

表-6 材齢の違いによる質量減少率の比較

	1回目(%)		2回目(%)		差分
A-0	2.0	1.9	-	3.9	↑ 1.9
M-0	2.8	2.8	-	3.1	↑ 0.3
A-A	1.5	-	2.3	1.6	↑ 0.5
M-A	2.9	2.3	-	1.5	↓ -1.1
A-M	2.6	3.6	-	4.4	↑ 1.3
M-M	4.7	3.3	-	3.6	↓ -0.3

4. まとめ

相対動弾性係数および質量減少率から MnS の粗骨材を含んでいるコンクリートは比較して用いる安山岩と比べて凍結融解抵抗性が低く、相対動弾性係数の基準値60%を下回る結果となった。MnS を細骨材としてのみ使用した場合には、安山岩のみを用いた場合と比べ若干下回るが同程度であった。

今後、凍結融解抵抗性が異なるメカニズム、材齢の影響について明らかにする必要がある。

参考文献

1) 川崎巧貴, 林和彦, 水越睦視: シリコマンガンスラグのコンクリート用細骨材への適用に関する実験, 土木学会四国支部第22回技術研究発表会講演概要集, 2016年5月