

各種粗骨材を用いた舗装コンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究

太平洋セメント(株) 正会員 ○石田 征男, 正会員 梶尾 聡
 (独) 土木研究所 正会員 森濱 和正, 正会員 勝畑 敏幸
 日本道路(株) 正会員 中原 大磯

1. はじめに

コンクリート舗装は、高い耐久性や環境負荷低減への効果などの特長が評価され、その活用が期待されている。コンクリート舗装の性能は、使用する骨材の影響を大きく受けるため、舗装コンクリートに使用する骨材は、所要の品質を有していなければならない。近年、コンクリート用骨材に関しては、石灰石骨材の利用拡大や、リサイクル骨材の実用化など、多様化が進んでいる。これらの骨材をコンクリート舗装に適用するには、各種骨材の品質が舗装コンクリートの性能に及ぼす影響を明らかにする必要がある。このような背景から、2012年度より、(独) 土木研究所、(学) 東京農業大学、(一社) セメント協会、太平洋セメント(株)、日本道路(株)において共同研究を開始した。本研究では、舗装コンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす粗骨材の品質の影響について検討を行った。

2. 試験概要

2.1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)を、細骨材は川砂(表乾密度 2.57g/cm³)をそれぞれ使用した。化学混和剤はAE減水剤標準形(I種、高機能タイプ)およびAE剤(I種)を使用した。

粗骨材の種類および物性値を表1に示す。粗骨材の最大寸法は20mmもしくは25mmとした。本検討では、種類および産地等が異なる12種類の粗骨材を使用し、各種砕石もしくは砂利を使用した場合をシリーズI、高炉スラグ粗骨材もしくは電気炉酸化スラグ粗骨材を使用した場合をシリーズIIとした。また、シリーズIIでは、シリーズIの試験結果と比較する目的で、砂岩砕石(記号:B)も試験に供した。

2.2 コンクリートの配合条件および基本性状

コンクリートの配合条件を表2に示す。単位

粗骨材かさ容積は、0.72m³/m³とした。単位水量は、スランプが5.0cm程度となるよう事前に定めた値とし、AE減水剤の添加率は、スランプが5.0cmに近づくように適宜調整した。水セメント比は、事前の検討において、コンクリートの材齢28日における曲げ強度が6.0N/mm²となるように選定した値とした。空気量は、骨材修正係数で補正した値が4.5±1.0%となるように、空気量調整剤により調整した。

コンクリートの練混ぜにおいて、シリーズIでは水平2軸形のミキサを、シリーズIIではパン形のミキサをそれぞれ使用した。練混ぜ手順は、セメント、細骨材および粗骨材を投入して15秒間練り混ぜた後に、水および化学混和剤を投入して120秒間練り混ぜた。

コンクリートの基本性状を表2中に示す。空気量は、すべての配合で目標値を満足した。曲げ強度は、水準間のばらつきが認められるが、概ね目標どおりであった。

表1 粗骨材の種類および物性値

粗骨材の種類	記号	最大寸法(mm)	表乾密度(g/cm ³)	絶乾密度(g/cm ³)	吸水率(%)	実積率(%)	粗粒率	損失質量分率(%)	すりへり減量(%)
砂岩砕石	A	20	2.68	2.67	0.42	60.4	6.62	0.10	12.9
	B	20	2.65	2.63	0.70	62.8	6.70	1.30	16.0
安山岩砕石	C	20	2.63	2.57	2.38	60.5	6.68	6.70	16.1
	G	25	2.64	2.61	1.32	61.2	6.83	4.90	14.6
石灰石砕石	LA	20	2.70	2.69	0.41	58.5	6.63	0.70	24.1
	LB	20	2.71	2.70	0.23	62.3	7.16	0.60	23.4
	LC	20	2.70	2.69	0.33	58.0	6.80	1.30	24.3
	LD	20	2.69	2.68	0.54	58.3	6.70	0.80	23.6
高炉スラグL	SA	20	2.54	2.42	4.76	57.7	6.88	2.70	26.4
高炉スラグN	SB	20	2.76	2.73	1.35	60.9	6.67	0.30	17.0
	SC	20	2.64	2.54	3.86	59.0	6.52	1.70	32.5
電気炉酸化スラグ	SD	20	3.74	3.70	1.00	57.2	6.86	1.30	14.7

表2 配合条件およびコンクリートの基本性状

区分	記号	W(kg/m ³)	W/C(%)	単位粗骨材かさ容積(m ³ /m ³)	s/a(%)	骨材修正係数(%)	空気量(%)	AE減水剤(C×%)	コンクリートの性状		
									空気量(%)	コンクリート温度(°C)	材齢28日曲げ強度(N/mm ²)
I	A	145	49.2	0.72	39.6	0.07	4.5±1.0	0.6	4.6	21.5	5.72
	B	145	52.9	0.72	37.9	0.12	4.5±1.0	0.7	4.9	21.6	5.50
	C	145	49.8	0.72	40.7	0.20	4.5±1.0	0.8	5.4	21.7	6.71
	G	145	43.9	0.72	38.3	0.13	4.5±1.0	0.6	4.6	21.9	6.39
	LA	145	49.6	0.72	41.5	0.15	4.5±1.0	0.7	5.0	21.6	6.77
	LB	135	49.1	0.72	39.0	0.03	4.5±1.0	1.0	4.8	21.4	5.84
	LC	145	51.2	0.72	42.1	0.09	4.5±1.0	0.8	4.8	21.5	5.18
	LD	145	50.9	0.72	42.0	0.09	4.5±1.0	0.8	4.8	21.5	6.16
II	BII	145	52.9	0.72	37.9	0.12	4.5±1.0	0.6	5.2	21.9	6.41
	SA	160	37.2	0.72	39.8	1.32	4.5±1.0	0.6	4.8	22.4	6.24
	SB	153	41.8	0.72	36.9	0.43	4.5±1.0	0.6	4.8	22.3	6.64
	SC	160	47.8	0.72	40.6	1.72	4.5±1.0	0.6	4.6	21.9	6.01
	SD	160	48.4	0.72	40.9	1.12	4.5±1.0	0.6	4.5	22.1	5.76

キーワード 舗装コンクリート, 凍結融解, 相対動弾性係数, 質量減少率, 粗骨材, 水セメント比

連絡先 〒186-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL043-498-3852

2.3 試験方法

コンクリートの凍結融解試験は、JIS A 1148 (A 法) に準拠して、相対動弾性係数および質量変化率により評価した。

3. 試験結果

3.1 相対動弾性係数

相対動弾性係数測定結果を図 1 および図 2 に示す。シリーズ I の 300 サイクルにおける相対動弾性係数は、G を用いた場合にわずかな低下が認められるものの、使用した粗骨材の種類に関わらず 85% 以上であった。

シリーズ II の各種スラグ粗骨材を使用したコンクリートの相対動弾性係数は、SA および SC を用いた場合に 70% 程度まで低下したものの、その他の水準ではいずれも 90% 以上であった。これまでも骨材の品質がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響について検討されており、絶乾密度、吸水率、安定性損失率、すりへり減量などを指標として評価されている¹⁾。SA および SC は、他の粗骨材よりも吸水率が高く、すりへり減量が多いことから、粗骨材の強度がやや低く、凍結融解抵抗性に影響を及ぼした可能性がある。

3.2 質量減少率

質量減少率を図 3 および図 4 に示す。シリーズ I の質量減少率は、相対動弾性係数がやや低くなった G を用いた場合に最も低く、その他の場合は 2~3% 程度であった。

シリーズ II の各種スラグ骨材を使用した場合の質量減少率は 2% 以下であり、中でも相対動弾性係数の低下が認められた SA の場合に最も低い値となった。

以上のように、本研究における質量減少率は、相対動弾性係数とは異なる傾向を示す水準があることを確認した。質量減少率は、凍結融解作用によるスケーリングに起因するものであり、その要因の一つとしてコンクリート表層部の強度が挙げられる。本研究では、所定の曲げ強度が得られるようにコンクリートの水セメント比を定めたため、水準ごとに水セメント比が異なっている。そこで、質量減少率に及ぼす水セメント比の影響を確認した。粗骨材 B 使用時に対する質量減少率比と水セメント比の関係を図 5 に示す。高炉スラグ粗骨材を使用した場合の質量減少率は、その他の場合よりもやや高く、い

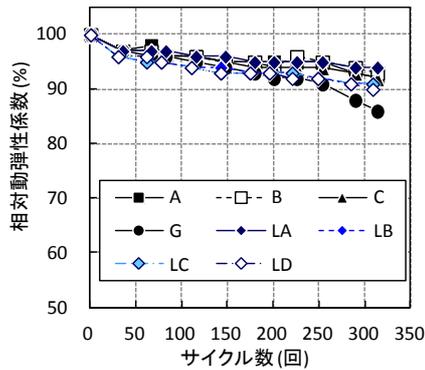


図 1 シリーズ I の相対動弾性係数

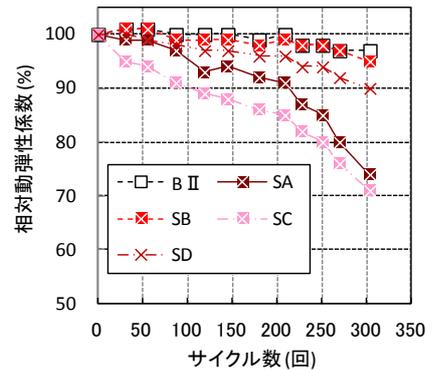


図 2 シリーズ II の相対動弾性係数

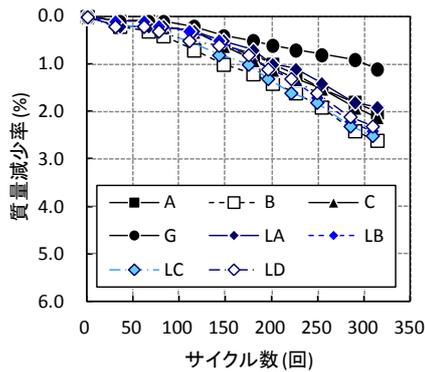


図 3 シリーズ I の質量減少率

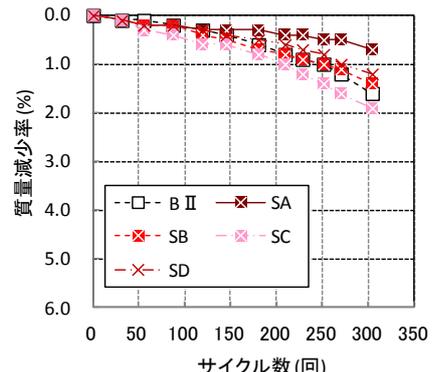


図 4 シリーズ II の質量減少率

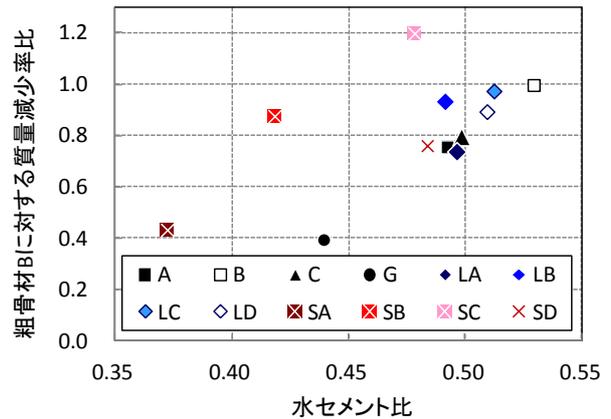


図 5 質量減少率比と水セメント比の関係

ずれも水セメント比が高いほど質量減少率が高くなった。以上より、凍結融解作用による質量減少率を低減するには、良質な粗骨材を使用することに加え、モルタル部の強度を高めることが必要と考える。

4. まとめ

本研究により、コンクリートの相対動弾性係数は、粗骨材品質の影響を受け、良質な粗骨材を使用することで向上することを示した。また、質量減少率は、良質な粗骨材の使用に加え、モルタル強度を高めることで低減できることを明らかにした。

【参考文献】

1) (社)日本コンクリート工学協会：骨材の品質と有効利用に関する研究委員会 報告書, pp.148-158, 2007