

塩化物作用下のコンクリートのスケーリング抵抗性の評価試験法に関する基礎的研究

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所

正会員 ○吉田 行

正会員 安中 新太郎

1. はじめに

積雪寒冷地では、塩化物系凍結防止剤等により凍害が促進されて生じるコンクリートのスケーリング劣化が顕在化しており、対策を講じるにはコンクリートのスケーリング抵抗性を適切に評価する必要がある。しかし、現状においては、スケーリング抵抗性を評価する標準的な試験法が日本では規定されていない。著者らは、試験機器の汎用性や試験期間短縮の観点から、スケーリング抵抗性の評価試験法として JIS A 1148 A 法（以下、JISA 法と記述）の適用性に関する検討を行っている。本研究では、JISA 法の質量減少率によるスケーリング抵抗性の評価の可能性について確認するとともに、試験法確立に向けて重要となる試験前養生条件の影響について検討した。

2. 使用材料および配合

セメントは、高炉セメント B 種（密度 3.05g/cm³，比表面積 3,910cm²/g，以下，高炉セメント（記号 B））を主として、試験条件の一部では普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³，比表面積 3,220cm²/g，以下，普通セメント（記号 N））を用いた。細骨材は苫小牧樽前産海砂（表乾密度 2.65g/cm³，吸水率 1.41%）を、粗骨材は小樽市見晴産砕石（表乾密度 2.68g/cm³，吸水率 1.77%，粗骨材最大寸法 20mm）を用いた。また、空気量とスランプを調整するために、AE 助剤（変性ロジン酸化合物系）と AE 減水剤（リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体）を適宜用いた。コンクリートの配合を表-1 に示す。目標空気量 4.5% を中心として、水セメント比は 45%、55%、65% の 3 水準、水セメント比 55% では空気量 3.0% と 6.0% についても検討した。また、比較のため、普通セメントの水セメント 55%、空気量 4.5% についても検討した。目標スランプは 12.0±2.5cm に設定し、単位水量を全配合で統一した。スランプと空気量の実測値は表-1 に併記した。

3. 試験概要と供試体

凍結融解サイクルは、JIS 1148 A 法に準じて、凍結融解 1 サイクル 3 時間以上 4 時間以内で -18℃～+5℃ を繰り返した。なお、塩化物作用下におけるスケーリング抵抗性の評価の適用性を検討する観点から、試験水は 3%NaCl 水溶液とした。供試体は 100×100×400mm の角柱供試体を用い、試験前養生の標準を材齢 28 日まで水中養生として、質量減少率と相対動弾性係数を測定した。測定は、凍結融解 7, 14, 28, 50 サイクルで行い、以降 25 サイクル毎に 150 サイクルまで実施した。併せて、空気量 4.5% のケースにおいては、質量減少率と実際に剥離した量を比較するために剥離片の質量測定も行った。

4. JISA 法によるコンクリートの質量減少率と剥離量

図-1 に塩水を用いた JISA 法による質量減少率を、図-2 に相対動弾性係数を示す。質量減少率は、空気量が多く、水セメント比が低いほど小さくなっており、配合の違いによるスケーリング抵抗性を ASTM C672 や RILEM CDF 試験法によるスケーリング量¹⁾と同様の傾向で相対的に評価することが可能なことを確認した。また、相対動弾性係数

表-1 配合

記号	セメントの種類	水セメント比 (%)	目標空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			AE 減水剤 (ml/Ckg)	AE 助剤 (%-Ckg)	実測スランプ (cm)	実測空気量 (%)	
					水 W	セメント C	細骨材 S					
B45A45	B	45	4.5	43	155	344	783	1048	2.6	0.004	11.5	4.4
B55A30			3.0			862	1064	3.4	-	13.7	2.9	
B55A45			4.5			844	1042	2.2	0.005	11.9	4.7	
B55A60		6.0	826	1020		1.2	0.00925	13.0	6.2			
B65A45		65	4.5	47		238	899	1024	3.1	0.0035	13.2	4.8
N55A45			N	55		4.5	45	155	282	848	1046	2.4

キーワード スケーリング，評価試験法，JIS A 1148 A 法，質量減少率，試験前養生

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-3-4 寒地土木研究所 耐寒材料チーム TEL: 011-841-1719

も同様の傾向であり、凍結融解 150 サイクル以下では相対動弾性係数が 80%以上と内部劣化は比較的小さかった。

図-3 に凍結融解 150 サイクルまでの質量減少率と実際の剥離量の関係を示す。なお、剥離量は、凍結融解試験の供試体容器内に残存した剥離片と、供試体表面を軽くこすり水洗いした際の剥離片を合わせてピーカーに採取し、105°C24 時間乾燥後の質量を供試体全表面積で除した値で示している。両者には極めて高い相関がある。JISA 法では、供試体の内部劣化が進行すると、ひび割れに水が浸入して質量が増加する場合があるため、質量減少率により剥離量を直接的に評価できないことが指摘されているが、相対動弾性係数 80%以上で内部ひび割れが少ないと考えられる条件下では、本試験結果のように質量減少率によるスケーリング量の把握は可能と考えられる。

5. 質量減少率に及ぼす試験前養生の影響

上述のように、質量減少率で配合の違いによるスケーリング抵抗性の評価が可能であることを確認した。一方、図-1 でセメントの違いに着目すると、水セメント比 55%の空気量 4.5%だけではあるが、質量減少率は普通セメントの方が高炉セメントより大きいのに対し、筆者らが行った ASTM C672 等の既存スケーリング試験法による評価では、高炉セメントの方がスケーリング量が多く結果が異なった。その原因として、既存スケーリング試験では試験前養生で乾燥工程が設定されていることから、JISA 法においても前養生で乾燥工程を設定した場合の影響について調べた。試験前養生は試験時の吸水の影響を考慮し、RILEM CDF 試験に準じて、20°C水中養生 7 日後、材齢 28 日まで温度 20°C、相対湿度 60%の室内で気中養生を行い、7 日間 3%NaCl 溶液を吸水させた後試験を開始した。

図-4 に前養生が異なる場合の質量減少率を示す。なお、供試体は新たに作製し、粗骨材最大寸法が 25mm になるなど産地は同じだが物性値が多少異なる骨材を使用したものの、配合に大きな違いは無かった。前養生として 20°C水中養生 28 日後に試験を開始した場合（末尾記号 W）、セメントの違いによる差は殆どなかったが、乾燥工程を入れた場合（末尾記号 D）、高炉セメントの方が質量減少率が大きく、既存スケーリング試験と同様の傾向を確認することができた。

6. まとめ

塩水を用いた JISA 法の質量減少率によるスケーリング抵抗性の評価が可能であり、試験前養生において乾燥工程を加えることで既存スケーリング試験と同様の傾向で評価できる可能性があることを確認した。試験法の確立に向けては、前養生方法を含めた適切な試験条件の設定と試験結果のばらつき等についてさらに検討する必要がある。

【参考文献】

1) 吉田行, 安中新太郎: 異なる試験方法によるコンクリートのスケーリング抵抗性の評価, 土木学会第 73 回年次学術講演会, V-322, pp.643-644, 2018.8

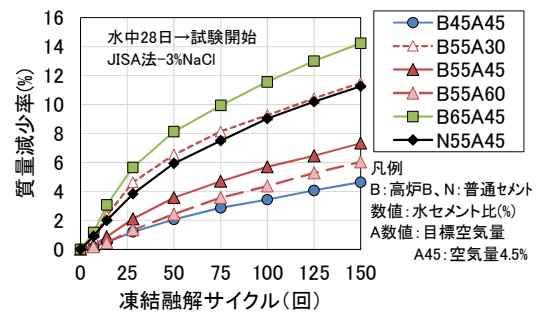


図-1 塩水を用いた JISA 法による質量減少率

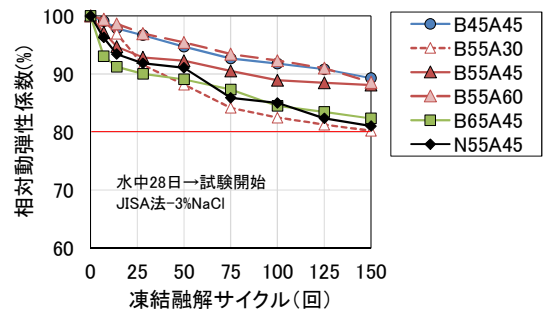


図-2 塩水を用いた JISA 法による相対動弾性係数

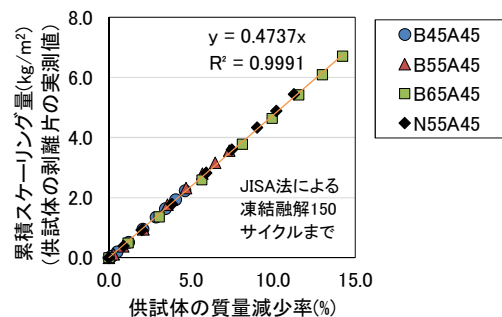


図-3 質量減少率と剥離量の関係

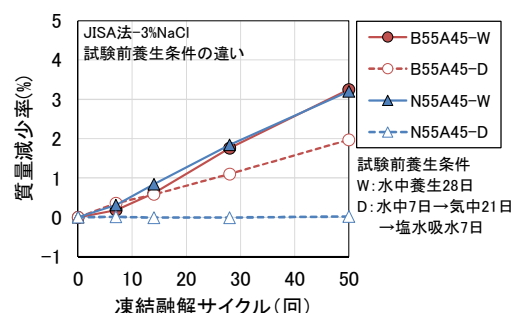


図-4 前養生条件が異なる場合の質量減少率