

塩化物作用下のスケーリング促進試験における試験前養生と吸水の影響

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
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 正会員 島多 昭典

1. はじめに

近年、塩化物系凍結防止剤によるコンクリートのスケーリング劣化が顕在化しており、適切な対策が求められている。一方、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、塩化物作用下のスケーリング抵抗性の促進評価試験法として JIS A 1148 A 法（以下、JIS 法と記述）の適用性を検討し、試験前の養生において乾燥過程を加えることで既存海外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ている¹⁾。本研究では、JIS 法による促進評価試験方法の確立に向けて、試験前の養生や吸水条件がスケーリングの評価に与える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、普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³，比表面積 3,340cm²/g，以下、普通セメント（記号 N））と、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））について検討した。細骨材は苫小牧樽前産陸砂（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。コンクリートの配合を表-1 に示す。水セメント比は 55%の 1 水準として単位水量を統一した。目標空気量とスランブはそれぞれ 4.5±1.0%，8.0～12.0cm に設定し、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の複合体）を適宜用いて調整した。なお、スランブ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

塩化物作用下のスケーリング促進試験として JIS 法に準じた凍結融解試験を行い、凍結融解サイクルは、凍結融解 1 サイクル 3 時間以上 4 時間以内で-18℃～+5℃を繰返した。なお、塩化物作用下におけるスケーリング抵抗性を評価する観点から、試験水は 3%NaCl 水溶液としている。供試体は 100×100×400mm の角柱供試体を用い、スケーリング抵抗性評価の特性値として質量減少率を測定した。なお、内部劣化が著しい場合、ひび割れに試験水が浸入し質量減少率に影響する可能性があるため、内部劣化の程度の確認として相対動弾性係数も併せて測定した。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。また、質量減少率と実際のスケーリング量の関係を確認するため、測定の都度、剥離片を採取して質量測定も行った。

試験前の養生や吸水条件については、既報¹⁾において、試験前養生として 20℃水中養生 7 日後に 21 日間気中養生（20℃，相対湿度 60%）を行い、7 日間試験水（3%NaCl 水溶液）を吸水させてから凍結融解試験を行った結果、普通セメント配合において凍結融解試験初期に吸水して質量の増加が確認された。供試体の質量減少率で実際の剥離量を評価するには、吸水による質量変化の影響を排除する必要があることから、本研究では、表-2 に示すように、水中、気中養生日数と試験前吸水日数をパラメータとして適切な試験前養生条件について検討を行った。

4. JIS 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 JIS 法による質量減少率を示す。既報¹⁾と同様に、いずれの前養生条件においても高炉セメ

表-1 配合

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 (C×%)	AE 助剤 (C×%)	実測スランブ (cm)	実測空気量 (%)
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G				
N	55	4.5	45	155	282	851	1048	-	0.00700	9.0	4.8
B						847	1044	0.08	0.00775	11.6	4.8

表-2 試験前養生条件

記号	試験前養生条件
①7W21D-SW7d	水中養生7日→気中養生21日→塩水吸水7日
②7W21D-SW14d	水中養生7日→気中養生21日→塩水吸水14日
③14W14D-SW7d	水中養生14日→気中養生14日→塩水吸水7日

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 1-34 寒地土木研究所 耐寒材料チーム TEL：011-841-1719

ントの方が普通セメントよりも質量減少率は大きくなり、既存海外試験規格の ASTM C672 や RILEM CDF 試験法によるスケーリング量²⁾と同様の傾向で相対的に評価可能なことを確認した。また、前養生条件の違いでは、水中養生日数が短く塩水吸水日数が長い 7W21D-SW14d の条件で質量減少率が相対的に大きく、高炉セメントの凍結融解 125 サイクル以降 7W21D-SW7d と差はなくなるものの、水中養生日数が長い 14W14D-SW7d の条件で質量減少率は小さかった。なお、本研究では、いずれの条件においても凍結融解初期の質量増加は確認されなかった。

図-2 に相対動弾性係数を示す。JIS 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、凍結融解 150 サイクル以下において相対動弾性係数は 85%以上と内部劣化は比較的小さいことから、内部劣化が質量減少率に与える影響は無視できると思われる。一方、水中養生日数が長い 14W14D-SW7d の条件では、いずれのセメントにおいても凍結融解初期に相対動弾性係数が 100%以上となった。凍結融解試験中の強度の増加が考えられるが、劣化促進試験の観点からは試験条件として不適と考えられる。なお、水中養生 7 日の条件の方が凍結融解試験中の強度増加の可能性は高まるが、図-1 のように、水中養生 7 日の条件では質量減少率が大きいことから、強度増加の影響よりも劣化促進の影響が大きいことが考えられる。

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ビーカーに採取し、105℃24 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。上述のように、内部劣化が大きい場合には質量減少率に影響があると考えられるが、本試験結果のように相対動弾性係数の低下が小さい場合は、質量減少率によるスケーリング量の把握は十分可能と考えられる。

以上から、適切な試験前養生条件として、促進試験中の吸水や相対動弾性係数の増加の可能性が小さい 7W21D-SW14d の試験条件を提案する。

5. まとめ

本研究では、塩水を用いた JIS 法の質量減少率によるスケーリング抵抗性の促進評価試験法の確立に向けて、適切な評価が可能となる前養生条件を提案した。これにより、汎用的な試験装置を用いて短期間でスケーリング抵抗性の評価が可能になると思われる。今後は、試験結果のばらつきや種々の配合条件への適用性について確認する。

【参考文献】

- 1) 吉田行, 安中新太郎: 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, 土木学会第 75 回年次学術講演会, V-556, 2020.9
- 2) 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

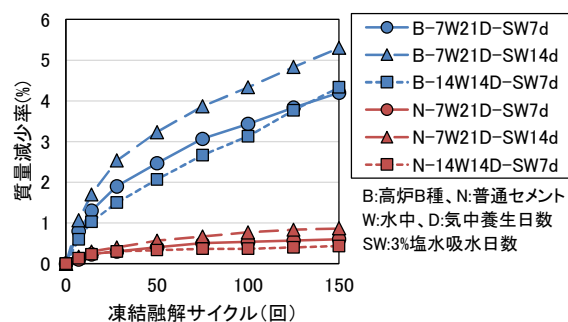


図-1 塩水を用いた JIS 法による質量減少率

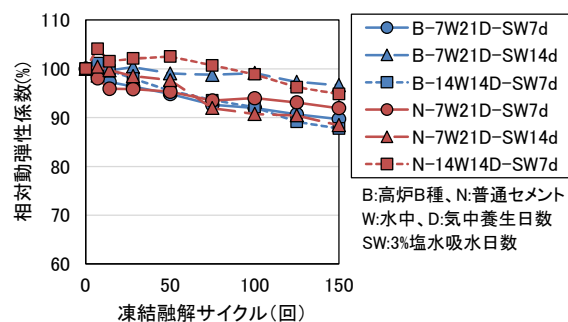


図-2 塩水を用いた JIS 法による相対動弾性係数

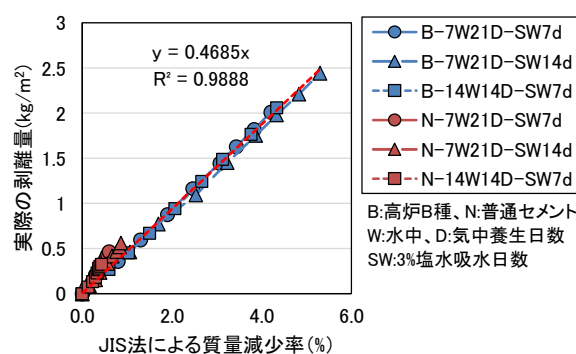


図-3 質量減少率と実際の剥離量の関係