

特殊混和材料による凍結融解抵抗性の改善に関する基礎的研究

千葉工業大学 学生会員 ○大野 由美子 山田 大悟 正会員 橋本 紳一郎
富士ピー・エス 正会員 徳光 卓 杉江 匡紀
太平洋セメント 正会員 早川 隆之 小須田 和貴

1. はじめに

現在、我が国では寒冷地を中心に、凍害によるコンクリート構造物の劣化が問題となっており、対策として混和剤による良質なエントレインドエアの確保を行っている。しかし、厳しい凍害環境ではそれらの抑制効果が得られない場合もある。これらの地域では、通常のコンクリートよりも多くの空気量を確保することで対策を行っているが、空気量の増加に伴い強度低下とコンクリートの品質変動が懸念される。これらに対して、亜硝酸カルシウムとパラフィンの主成分とした特殊混和剤による凍結融解抵抗性の改善が提案されている¹⁾。これは、多くの空気量を確保する必要がなく、強度低下の抑制ができる。しかし、脱枠時など初期の強度が発現されていない状況で凍結融解を受けるもの他、呼び強度の影響などについては十分に検討されていない。以上から本研究では、呼び強度の異なる No-AE コンクリート及び若材齢コンクリートに対する特殊混和剤の効果について検討した。

2. 実験概要

使用材料を表-1、配合条件を表-2に示す。特殊混和剤は亜硝酸系防錆剤とパラフィンエマルジョンを使用し、その他の材料は全て同一のものを使用した。

コンクリートの設計基準強度は 15, 20, 30N/mm² (以下、Fc15, 20, 30 とする) の 3 水準とした。No.1~5 は No-AE コンクリート、No.6, 7 は AE コンクリートとした。目標スランプは 12.0±2.5cm とし、JIS A 1101:2005 に準拠して確認した。目標空気量は No.1~5 は air≤2.0%, No.6, 7 は 4.5%±1.5% とし、JIS A 1128:2005 に準拠して確認した。

養生条件は、No.1~5 では、供試体作成後に水中 (28 日)、気中 (28 日) の 2 水準で比較した。No.6, 7 は 7 日間の養生期間とし、その養生期間中で水中 (7 日)、気中 (7 日)、水中 (1 日) + 気中 (6 日) の 3 水準で比較検討した。以上の実験水準に対して、圧縮強度試験 (JIS A 1108 に準拠) と凍結融解試験 (JIS A 1148:2010 に準拠) で検討した。凍結融解試験は、No.1~5 は JIS に準拠して材齢 28 日で実

施し、No.6, 7 は既往の研究²⁾を参考に材齢 7 日で実施し、若材齢時の凍結融解試験の評価を行った。

3. 実験結果及び考察

図-1 に材齢 28 日における圧縮強度試験結果を示す。なお、No.1~5 の各空気量の測定結果は 1.9%, 2.0%, 1.9%, 2.0% である。特殊混和剤の添加による圧縮強度の低下は見られず、特殊混和剤は呼び強度の場合でも、コンクリートの圧縮強度に影響を与えないことが確認された。

図-2 に No.1~5 の凍結融解試験結果を示す。Fc15 の No.1, 2 では特殊混和剤の有無、養生条件に関わらず、50 サイクル時点で相対動弾性係数が大きく低下した。Fc20 の No.3 も No.1, 2 と同様に 50 サイクル時点で相対動弾性係数が大きく低下した。Fc30 の No.4, 5 の場合、養生条件に関わらず、特殊混和材を添加していない No.4 は、150 サイクルまでに相対動弾性係数が大きく低下したのに対して、特殊混和材を添加した No.5 は、300 サイクル時点で 60%以上の相対動弾性係数を確保できた。以上から、

表-1 使用材料

材料	記号	備考
普通ポルトランドセメント	C	密度: 3.16g/cm ³
山砂:S	S	密度: 2.61g/cm ³ 吸水率: 1.54%
石灰石:G	G	密度: 2.70g/cm ³ 吸水率: 1.38%
高性能減水剤	Ad1	密度: 1.03g/cm ³
AE 剤	Ad2	密度: 1.02g/cm ³
特殊混和剤 (亜硝酸系防錆剤)	Ad3	亜硝酸カルシウム 密度: 1.30 g/cm ³
特殊混和剤 (パラフィンエマルジョン)	Ad4	パラフィン 密度 0.98 g/cm ³

表-2 配合条件及び特殊混和材添加の有無

配合名	目標空気量 (%)	設計基準強度 (N/mm ²)	W/C (%)	特殊混和剤	養生条件	材齢
No.1	air≤2.0	15	78	有	水	28 日
1					気	
No.2				無	水	
2					気	
No.3	air=2.0	20	75	有	水	
3					水	
No.4				無	水	
4					気	
No.5	air≤2.0	30	59	有	水	7 日
5					水	
No.6				有	水	
6					水+気	
No.7	4.5±1.5	30	50	無	水	
7					水	
7					水+気	

キーワード 凍結融解抵抗性、特殊混和剤、相対動弾性係数、若材齢コンクリート、表面スケールリング

連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 TEL047-478-0445

本検討の配合において、No-AE コンクリートの圧縮強度が 20N/mm^2 程度 (Fc30 以下) では、特殊混和材による凍結融解抵抗性の改善効果が見られないと考えられる。これはセメントペースト・モルタル強度が影響していると考えられるが、凍結融解抵抗性の改善効果のメカニズムについては今後の課題として検討していく予定である。

図-3 に材齢 7 日における圧縮強度試験結果を示す。なお、No.6, 7 の各空気量の計測結果は 4.1%, 4.0% である。養生条件では、気中養生の圧縮強度が他より低い結果を示したが、全体的に材齢 7 日で高い圧縮強度を示した。

図-4 に材齢 7 日における凍結融解試験結果を示す。特殊混和剤の有無や養生条件に関わらず、300 サイクル時点で 60% 以上を確保でき、No.7 は 90% 程度の相対動弾性係数を保った。本検討の若材齢の場合でも、AE コンクリートの空気量を十分に確保し、圧縮強度も比較的高い場合は相対動弾性係数の低下は見られない。

図-5 に、No.6, 7 の 0~300 サイクルの質量減少率を示す。全体的に質量減少率は小さい値を示したが、特殊混和材の添加有無で比較した場合、養生条件に関わらず、特殊混和材を添加した No.6 の質量減少率が低くなった。写真-1 に特殊混和材の有無による凍結融解試験 300 サイクル時の供試体表面の状態を示す。供試体表面の状態では、特殊混和材の有無の違いが表面スケーリングで確認でき、特に養生条件では気中養生の場合に特殊混和材の効果が大きいことを確認した。

以上から、本検討の若材齢の AE コンクリートにおいて、特殊混和材の添加有無による凍結融解抵抗性の改善効果は、質量減少率や表面スケーリングにその改善効果を確認することができた。

4. まとめ

本検討において Fc30 以下の No-AE コンクリートでは、特殊混和材による凍結融解抵抗性の改善効果は見られない。また、若材齢の Fc30 の AE コンクリートでは、特殊混和材の添加有無により、質量減少率や表面スケーリングにその改善効果を確認することができた。

参考文献

- 1) 市山大輝ほか：混和材料によるコンクリートの凍結融解抵抗性向上に関する検討，土木学会第 74 回年次学術講演会，V-250，2018.9
- 2) 山本泰彦，武田厚，長合友造：若材齢コンクリートの耐凍害性，土木学会論文集，No.704/V-55,187-199,2002.5

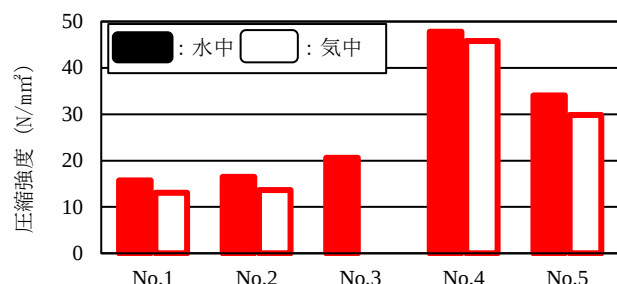


図-1 材齢 28 日の圧縮強度試験結果 (No. 1~5)

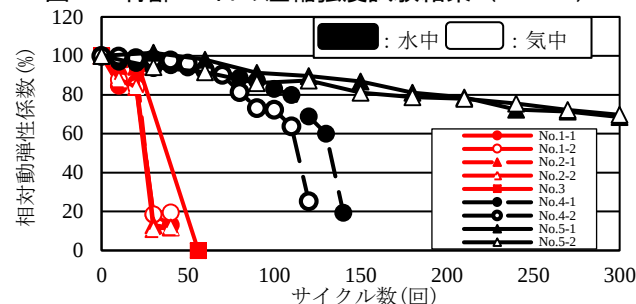


図-2 凍結融解試験結果 (No. 1~5)

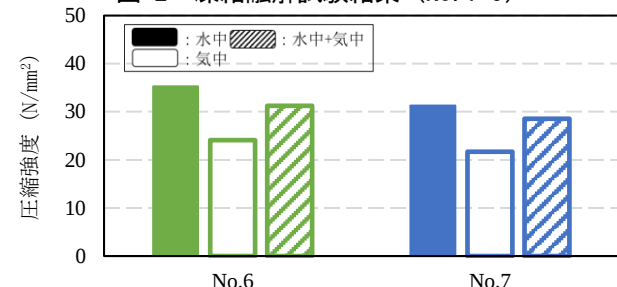


図-3 材齢 7 日の圧縮強度試験結果 (No. 6, 7)

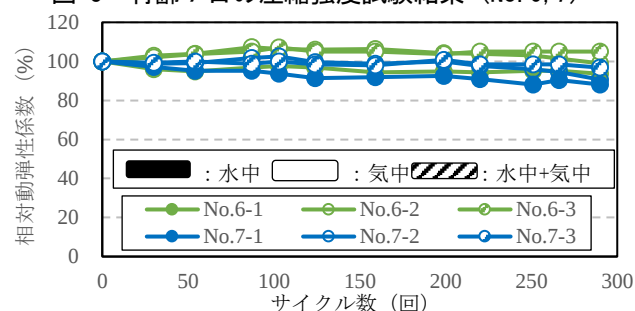


図-4 材齢 7 日の凍結融解試験結果 (No. 6, 7)

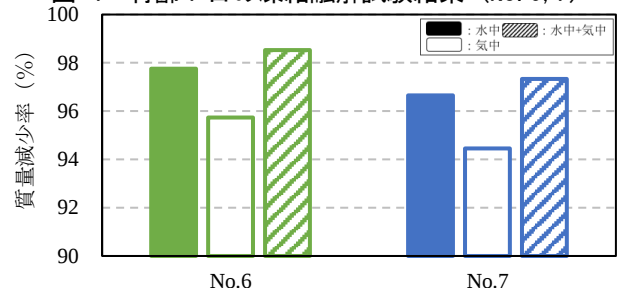


図-5 No. 6, 7 の 0~300 サイクルの質量減少率



写真-1 特殊混和材の有無による凍結融解試験 300 サイクル時の供試体表面の状態