

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

福岡大学大学院 学生員 ○市山 大輝 千葉工業大学 正会員 橋本 紳一郎 (株)富士ピー・エス 徳光 卓
(株)富士ピー・エス 正会員 杉江 匡紀 福岡大学大学院 学生員 石川 祥太

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ひとつの問題となっており、東北地方の凍害に関しては、いくつかのハザードマップも提案されている。ハザードマップの提案では、北海道の大雪山系付近や岩手県北上山地付近で凍害危険度5と定められている。これらの地域では凍害の対策として、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が、厳しい凍害環境では抑制効果は得られていない。これらに対して、亜硝酸塩とパラフィンエマルジョンを主成分とした混和材料(以下、特殊混和剤と称す)による凍結融解抵抗性の改善が提案されている。¹⁾しかし、特殊混和剤によるコンクリートの凍結融解抵抗性の改善効果やそのメカニズムの詳細については検討されていない。以上から本研究では、使用材料や配合条件、養生条件が異なるコンクリートに対する特殊混和剤の効果について検討を行った。

2. 実験概要

使用材料を表-1、配合条件を表-2に示す。凍結融解抵抗性の向上を目的とし、各配合に対して特殊混和剤の有無において検討を行った。コンクリートの配合は水セメント比：38,50,59,78%の4水準とした。目標スランブを18±2.5cm、目標空気量をAir≤2.0%(Non-AE)と設定し、スランブ試験(JIS A 1101:2005に準拠)と空気量試験(JIS A 1128:2005に準拠)により確認した。養生条件を図-1に示す。養生条件は、供試体作製後、①蒸気養生(1日)+気中養生(27日)、②水中養生(3日)+気中養生(25日)、③水中養生(28日)、④気中養生(28日)の計4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)を行った。

3. 試験結果

図-2に材齢28日における圧縮強度試験結果を示す。①の養生条件では、材齢28日における圧縮強度が全ての配合において低下傾向にあることが確認された。これは蒸気養生後により水中養生のコンクリートと比較して、コンクリートの細孔構造が大きくなるためであり、これらが強度の低下につながったと考えられる。また、特殊混和剤を混入したことによる圧縮強度への影響は見受けられなかった。

図-3に配合No.1と配合No.2の凍結融解試験結果を示す。特殊混和剤無添加(配合No.1-2,2-2)の場合、①の養生条件

表-1 使用材料

使用材料	記号	備考
水	W	地下水
早強ポルトランドセメント	C1	密度:3.14g/cm ³
普通ポルトランドセメント	C2	密度:3.16g/cm ³
海砂	S1	密度:2.60g/cm ³ , 吸水率:1.38%
砕砂	S2	密度:2.68g/cm ³ , 吸水率:1.54%
山砂	S3	密度:2.66g/cm ³ , 吸水率:2.25%
砕石	G1	密度:2.81g/cm ³ , 吸水率:1.25%
石灰石	G2	密度:2.70g/cm ³ , 吸水率:0.84%
高性能減水剤	Ad1	ポリカルボン酸エーテル系化合物
消泡剤	Ad2	変形性ロジン酸化合物陰イオン界面活性剤
耐久性向上混和剤	Ad3	亜硝酸系防錆剤
	Ad4	パラフィンエマルジョン

表-2 配合条件

配合No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (Kg/m ³)											
			W	C1	C2	S1	S2	S3	G1	G2	Ad1 (C×%)	Ad2 (C×%)	Ad3	Ad4
No. 1-1	38	43		433		378	390		1085		C×1.07			-
No. 1-2											C×0.95			4.5 3.8
No. 2-1	50	47	165	330	-	432	435	-	1062	-	C×1.10	-		-
No. 2-2											C×1.00			4.5 3.8
No. 3-1	59	49		280		463	477		1040		C×1.20			4.5 3.8
No. 4-1	78	44	172	-	222	-	853	-	1110		C×0.80	C×0.0010		-
No. 4-2											C×0.80	C×0.0015	4.5 3.8	

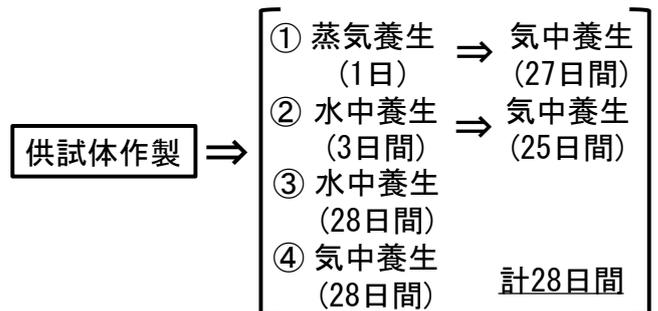


図-1 養生条件

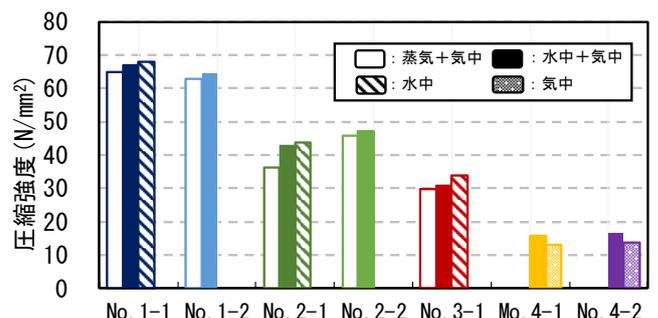


図-2 材齢28日における圧縮強度試験結果

キーワード：凍結融解抵抗性 特殊混和剤 Non-AE コンクリート 養生条件

連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 創造工学部 都市環境工学科 047-475-2111

では、100サイクル程度で、②の養生条件でも200サイクル程度で相対動弾性係数60%以下となり、配合No.1のような高強度コンクリートでもNon-AEコンクリートの場合での凍結融解抵抗性は低いことを確認した。これらに対して、特殊混和剤添加の場合(配合No.2-1,2-2), 300サイクル時の相対動弾性係数は、配合2-1の養生条件①でやや低下したが80%程度、その他は100%程度を保持しており、凍結融解抵抗性の改善を確認した。

図-4, 5に特殊混和剤添加の配合(No.1~No.3)の凍結融解試験結果および材齢28日の圧縮強度試験結果と耐久性指数の関係を示す。配合No.1~No.3の凍結融解試験結果について、300サイクル時の相対動弾性係数は60%以上を保持しており、全ての配合で凍結融解抵抗性の改善効果を確認した。その中でも水セメント比と養生条件で比較した場合、圧縮強度の低下に伴い、養生条件の影響により相対動弾性係数が低下する傾向を示した。圧縮強度の高い場合(No.1)は、養生条件による影響は見られなかったが、配合No.1より圧縮強度の低い場合(No.2,3)では、相対動弾性係数が70%程度まで低下する傾向が見られた。養生条件では、①と③の養生条件の場合、相対動弾性係数は低下傾向であった。これに対して、②の養生条件では全ての配合で相対動弾性係数は高い値を示し、凍結融解抵抗性の改善効果を確認した。これらの傾向は、材齢28日の圧縮強度試験結果と耐久性指数の関係でも同様の傾向を示しており、圧縮強度の高い場合(No.1)は高い耐久性指数を示した。各配合において圧縮強度の低下に伴い、耐久性指数は低下傾向にあり、①、③の養生条件の場合に耐久性指数は低下し、②の養生条件では高い耐久性指数を示した。今回設定した養生条件では、②の養生条件を設けることで特殊混和剤による高い凍結融解抵抗性の改善効果を確認した。

図-6に配合強度の低い場合(No.4)の凍結融解試験結果を示す。特殊混和剤無添加の場合、30サイクル時点で相対動弾性係数が60%以下となることが確認された。また、特殊混和剤添加の場合も同様の傾向を示し、配合No.4では凍結融解抵抗性の改善効果は見受けられなかった。よって、特殊混和剤により十分な凍結融解抵抗性の向上効果を発揮させるためには、コンクリートの呼び強度に留意する必要がある。以上から、特殊混和剤を使用するには、適切な養生条件またはコンクリートの呼び強度に留意することで十分な凍結融解抵抗性の向上効果を発揮させることができることを確認した。

4. まとめ

特殊混和剤の使用による凍結融解抵抗性の改善効果は、圧縮強度が低い低強度コンクリートを除き、適切な養生条件を設けることで確認できる。また、圧縮強度の高い高強度コンクリートは、養生条件の影響を受けず、特殊混和剤の使用による凍結融解抵抗性による凍結融解抵抗性の改善効果を確認した。

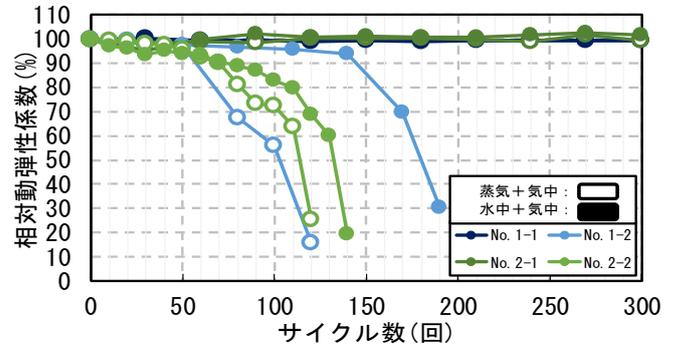


図-3 配合 No. 1, 2 における相対動弾性係数とサイクル数の関係

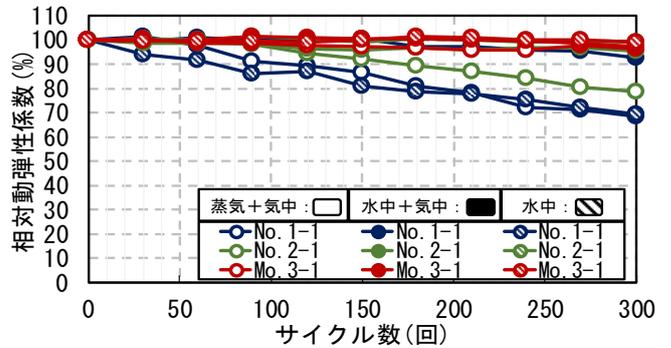


図-4 配合 No. 1-1~3-1 における相対動弾性係数とサイクル数の関係

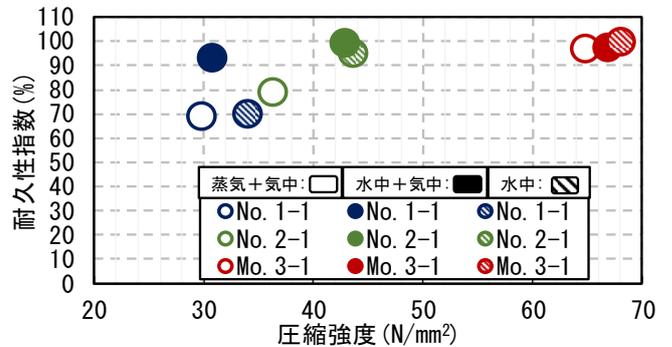


図-5 配合 No. 1-1~3-1 における圧縮強度と耐久性指数の関係

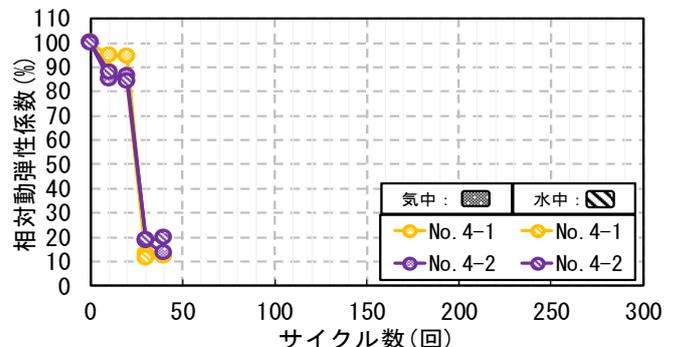


図-6 配合 No. 4 における相対動弾性係数とサイクル数の関係

【参考文献】

1)徳光ら：コンクリートの耐凍害性および塩害性を向上させる混和剤の開発，プレストレストコンクリート工学会第24回シンポジウム論文集，pp.291-296，2015.10