

プレキャストコンクリートの耐凍害性向上へのダブルミキシングの有効性に関する研究

東海大学 学生会員 ○土井裕太郎
 東海大学 学生会員 金井 浩平
 東海大学大学院 学生会員 鈴木 翔太
 東海大学 正会員 笠井 哲郎

1. はじめに

コンクリート製品工場におけるプレキャスト部材の製造において生産性の向上やコスト削減のために、養生時間の短縮が求められている。著者らの一部は、セメントペーストの製造において、練混ぜ水を一括投入して行う従来の練混ぜ方法（シングルミキシング：SM）に対して、コンクリートの製造に練混ぜ水を最適比率で分割して練混ぜる方法（ダブルミキシング：DM）の適用が養生工程、特に前置き時間の短縮に有効であること、更に耐凍害性が向上することを報告した¹⁾。一方、コンクリート製品工場ではジャンカ等の不具合を防止するために振動機を過剰に使用し、コンクリートの締固めを行っているため耐凍害性に有用な空気量が減少し、凍害性が低下することが指摘されている²⁾。そこで、本研究ではDMの有効性を明確にすることを目的として、コンクリート供試体の締固めの程度が凍結融解抵抗性と細孔構造に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

使用材料を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。目標スランプ 8 ± 2.5 cm、目標空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ とし、SP を 0.5% (×%)、AE を 0.005% (C×%) 添加した。練混ぜは、図-2 の方法で行った。また DM における一次水セメント比 (W_1/C) は 24% とした。コンクリートの型枠への打込みは JIS A 1132 における「突き棒を用いる場合」と「振動台式振動機を用いる場合」で行った。供試体の締固めの程度を検討するため、「振動台式振動機を用いる場合」には、テーブル振動台 (450×450 mm - 750W - 200V - 1700rpm - 3.5A) を使用し、突き棒で突いた後、各層 15 秒間の振動締固めを行った。

コンクリートの養生条件は標準養生 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中養生) および常圧蒸気養生とした。常圧蒸気養生は恒温恒湿槽を用いて前置時間を 0, 3h (室温 20°C 湿度 65%) と変化させ、昇温速度を $20^\circ\text{C}/\text{h}$ 、最高温度を 65°C 、最高温度保持時間を 3h (室温 65°C 、湿度 98%) とし、常圧蒸気養生終了後の供試体は、所定の材齢まで室温 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 65% の条件で気中養生した。

試験項目はスランプ試験、空気量試験、圧縮強度試験および凍結融解試験 (A 法)、を JIS に準拠して行った。また、凍結融解試験用供試体は材齢 21 日まで気中養生した後、28 日まで水中養生 (水温 $20 \pm 2^\circ\text{C}$) し、試験に供した。気泡間隔係数の測定は、ASTM C 457 リニアトラバース法に準じて測定を行った。細孔径分布の測定は、水銀圧入法にて行った。両試験の供試体は、凍結融解試験と同一の製造、養生条件のものとした。

3. 実験結果

(1) 凍結融解試験

図 - 2, 3 は、突き棒で打ち込んだ場合 (SM3, DM3 : 振動なし) および振動台により打ち込んだ場合 (SM4, DM4 : 振動あり) における、コンクリートの凍結融解サイクルに伴う相対動弾性係数および質量減少率を示したものである。図 - 2 より SM, DM とともに相対動弾性係数の低下はほぼ見られず、振動機の有無による相対動弾性係数の差は現

表-1 使用材料

	種類	記号	物性および主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度: $3.16\text{g}/\text{cm}^3$ 比表面積: $3300\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	菊川支流産	S	表乾密度: $2.59\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率: 2.18%
粗骨材	青梅産	G	表乾密度: $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率: 0.62% 最大寸法: 20mm
混和剤	高性能減水剤	SP	ポリカルボキシル系化合物
	AE助剤	AE	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m^3)					
		W	C	S	G	SP	AE
40	42	170	425	708	1019	213	0.021

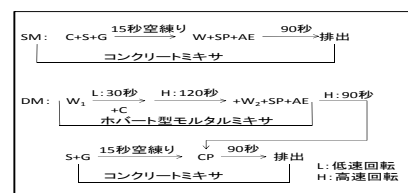


図-1 練混ぜ方法

れなかった。しかし、図-3では、SMよりDMの方が質量減少率が小さく現れている。振動機の有無による質量減少率を比較するとSM, DMともに(振動あり)の方が(振動なし)の場合より、質量減少率が大きくなっている。これは振動機による過度な締固めにより空気量が減少したことによるものと考えられる。

(2)細孔構造

図-4は、SMおよびDMの「振動あり」と「振動なし」の場合における気泡間隔係数を示したものである。SMとDMで比較すると、どの養生方法ともSMよりDMの方が気泡間隔係数は小さい値となった。また、振動機の有無を比較するとSM, DMともに「振動あり」の方が「振動なし」より気泡間隔係数が大きくなっているが、DMではその差は小さくなった。図-5は、コンクリートの細孔径分布の測定結果の一例として、SMとDMの前置時間3時間に関し、振動機の有無による場合を示したものである。図(a), (b)ともに、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の細孔量が多く「振動なし」に比べ「振動あり」の細孔量が多くなっている。

また、 $1\mu\text{m}$ 付近においてSMでは振動の有無による細孔量の差が大きくなっているが、DMではその差が小さくなっている。DMで練混ぜることによって振動締固めの影響を受けにくいものと考えられる。

4. まとめ

プレキャストコンクリートの製造において、DMは過度な振動締固めが行われても耐凍害性の低下を低減でき、さらに耐凍害に有用な気泡の減少を軽減することができる。

以上のことから、ダブルミキシングは過度な振動締固めによる耐凍害性の低減に有効であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 鈴木翔太ほか：ダブルミキシングで製造したプレキャストコンクリートの耐凍害性と細孔構造に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.2，pp.355-360，2014
- 2) 笠井英志、清水正弘、牛島栄、坂之上宏：コンクリート製品の空気量および凍結融解抵抗性に及ぼす影響その1 振動機の締固め時間とフレッシュ時の空気量，土木学会第58回学術講演会，pp.411-412，2003

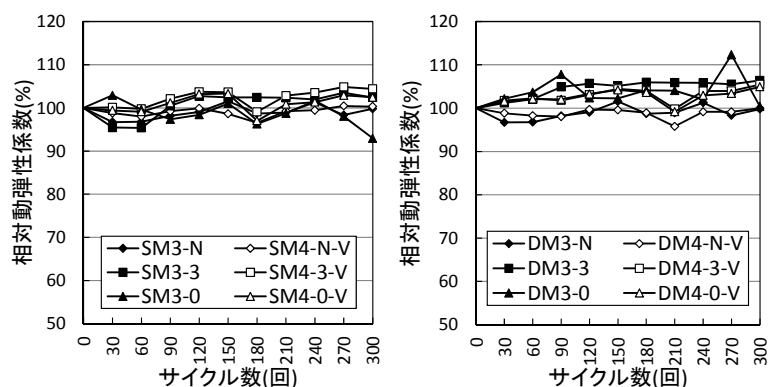


図-2 凍結融解サイクルに伴う相対動弾性係数

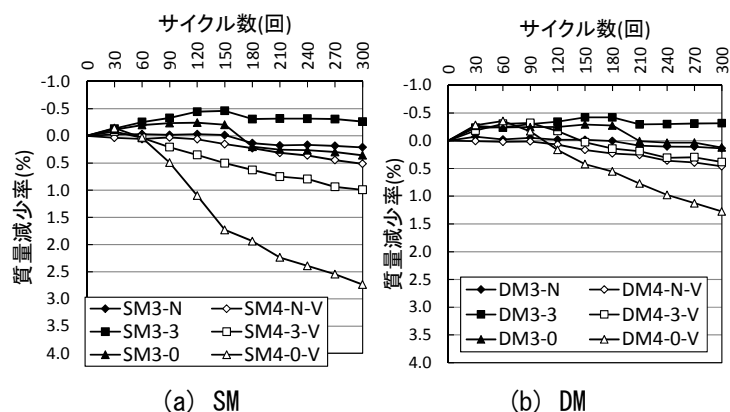


図-3 凍結融解サイクルに伴う質量減少率

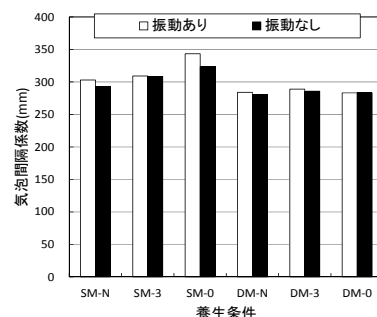


図-4 気泡間隔係数

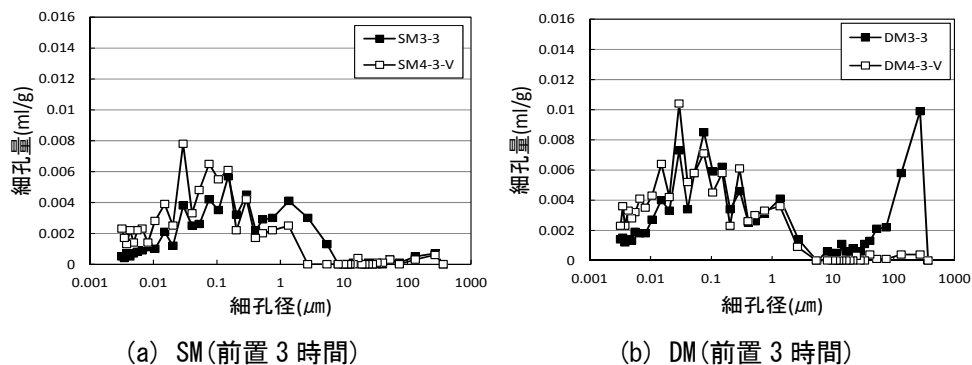


図-5 細孔径分布