

ダブルミキシングによるプレキャストコンクリートの耐凍害性向上に関する研究

東海大学 学生会員 ○金井 浩平

足利工業大学 正会員 松村 仁夫

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は生産性の向上を目的として通常、常圧蒸気養生を実施しており、さらなる生産性の向上やコスト削減の観点から、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、練混ぜ水を最適比率で分割して行う練混ぜ方法(ダブルミキシング:DM)の適応が養生工程、特に前置き時間の短縮および耐凍害性の向上に有効であることを報告した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過剰に振動機を使用しコンクリートの締固めを行っているため、空気量が減少し凍害性に大きく影響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、SM および DM で練混ぜたコンクリートを実工場と同程度の振動特性で室内実験を行い、過度な振動締固めが耐凍害性と細孔構造におよ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 $8\pm2.5\text{cm}$ 、目標空気量 $4.5\pm0.5\%$ とし、SP を $0.4\%(C\times\%)$ 、AE を $0.008\%(C\times\%)$ 添加した。練混ぜは図-1 の方法で行い、DM における一次水セメント比(W_1/C)は 24% とした。コンクリート供試体は JIS A 1132 の「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。「振動台式振動機を用いる場合」は、型枠をテーブル振動台(寸法: $450\times450\text{mm}$ 、出力: 750W 、電圧: 200V 、全負荷回転速度: 1420rpm (50Hz の場合)、全負荷電流: 3.9A (50Hz の場合))に固定し、30 秒間で連続してコンクリートを投入した後、更に 30 秒間振動を加えて締固めを行った。テーブル振動台の入力周波数は、実工場と同程度の振動特性(型枠の加速度)となる 30Hz とした。

コンクリートの養生条件は、標準養生($20\pm2^\circ\text{C}$ 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き時間を 0, 5h(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 $20\pm2^\circ\text{C}$ 、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、凍結融解試験(A 法)を JIS に準拠して行った。また、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、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条件で供試体を作製した。

表-1 使用材料

	種類	記号	物性または主成分
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	菊川支流産山砂	S	表乾密度: $2.59\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率: 2.18%
粗骨材	青梅産硬質砂岩砕石	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	ポリカルボン酸エーテル系化合物
	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 (%)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	単位量(kg/m^3)					
				W	C	S	G	SP	AE
55	42	8 ± 2.5	4.5 ± 0.5	175	318	739	1064	1.272	0.025

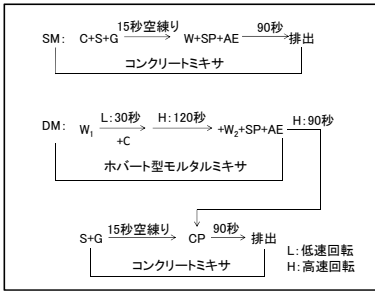


図-1 練混ぜ方法

キーワード ダブルミキシング、常圧蒸気養生、振動締固め、凍結融解抵抗性、気泡間隔係数

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学 TEL. 0463-58-1211 FAX : 0463-50-2045

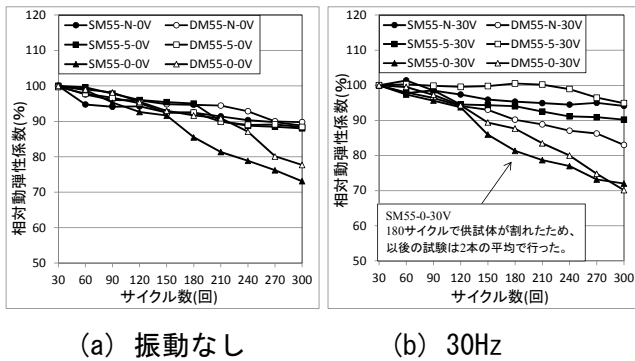


図-2 凍結融解サイクルに伴う相対動弾性

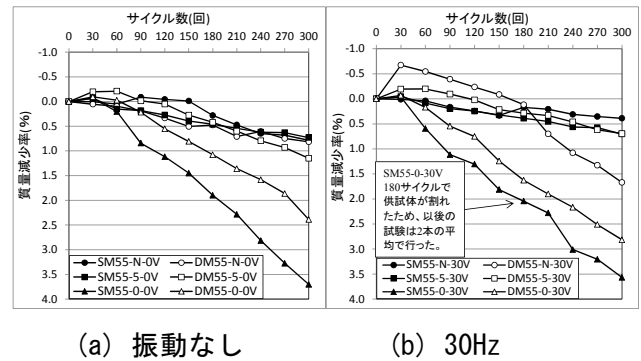


図-3 凍結融解サイクルに伴う質量減少率

3. 実験結果

(1) 凍結融解試験

図-2, 3 は、「突き棒を用いる場合」および「振動台式振動機を用いる場合」について、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す。図-2 より、常圧蒸気養生において SM より DM の相対動弾性係数の低下が小さくなり、振動締固めによる相対動弾性係数の低下は DM の方が小さくなった。図-3 より、質量減少率は、常圧蒸気養生において SM より DM の方が小さく現れており、振動締固めによる質量減少率は、DM の方が小さくなった。

(2) 細孔構造

図-4 は、SM および DM の「突き棒を用いる場合」と「振動台式振動機を用いる場合」における気泡間隔係数を示す。図-4 より、振動締固めの影響に着目すると、SM, DM とも振動により気泡間隔係数が増加したが、DM ではその変化が小さくなった。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 の前置き 5 時間に関し、「突き棒を用いる場合」と「振動台式振動機を用いる場合」を示す。図-5 より、図(a) (b) ともに $0.1\mu\text{m}$ 以下の細孔量が多くなる傾向となった。また、 $1\mu\text{m}$ 付近の細孔量は DM の方が多くなった。

4. まとめ

DM で練混ぜることで、SM より相対動弾性係数の低下が小さくなり、質量減少率が小さくなった。また、実工場と同程度の振動締固めが行われても凍結融解抵抗性に寄与する気泡間隔係数の増加が低減した。

以上ことから、常圧蒸気養生するプレキャストコンクリートの製造に DM を適用することで、過度な振動締固めによる耐凍害性の低減に有効な練混ぜ方法であることが確認できた。

参考文献

- 1) 鈴木翔太ほか：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，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.2，pp.443-438，2015
- 2) 金井浩平ほか：プレキャストコンクリートの細孔構造に及ぼすダブルミキシングの影響，コンクリート工学年次論文集，Vol38，No2，pp571-576，2016

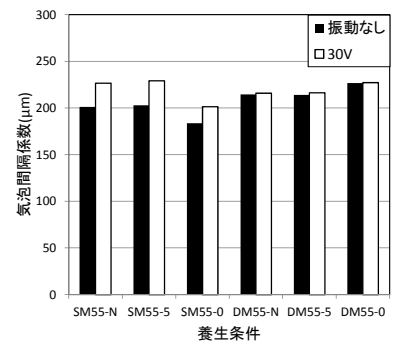
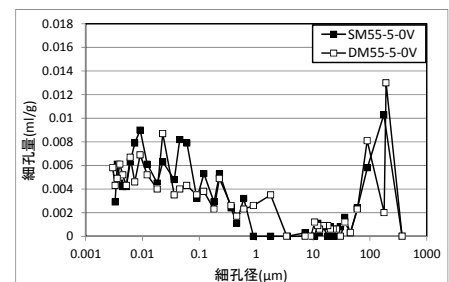
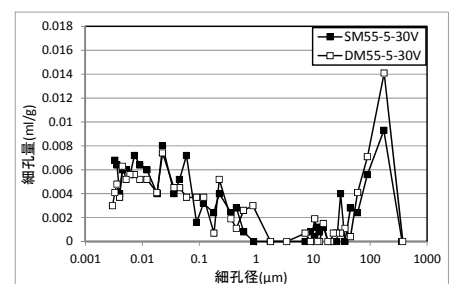


図-4 気泡間隔係数



(a) 振動なし



(b) 30Hz

図-5 細孔径分布