

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

東海大学 学生会員 ○丸山 敏生 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、さらなる生産性の向上やコスト削減の観点から、養生時間を短縮することが求められている。一方、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、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および耐凍害性の向上に有効であることを報告した¹⁾。プレキャストコンクリート工場では、型枠の形状などに応じて振動台や内部振動機あるいは型枠振動機等の振動機を使用し、コンクリートの締め固めを行っている。しかし、ジャンカや表面気泡(あばた)等の不具合を防止するため振動機の過剰な使用により空気量が減少し、凍害性などに大きく影響することが指摘されている²⁾。そこで、本研究ではプレキャストコンクリートの実機製造ラインにおける鋼製型枠の振動加速度を計測し、SM および DM で練り混ぜたコンクリートを実機と同程度となる加速度で室内試験を行い、振動締め固め条件の相違による細孔構造等の変化を測定し、プレキャストコンクリートの耐凍害性の向上における、DM の有効性をより明確にすることを目的とした。

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。コンクリートの水セメント比は 40%、55%の 2 水準とし、粗骨材の最大寸法は 20mm、目標スランプ値は 10±2.5cm、空気量は 4.5±1.5%である。混和剤の添加率は、表の値を標準とし、練混ぜ水に内割りで添加した。なお、スランプに関しては、空気量への影響を検討するために、混和剤の添加量を調整してスランプ値 14cm 程度となるコンクリートも製造した。練混ぜは図-1 の方法で行った。DM における一次水セメント比(W₁/C)は 24%とした。

フレッシュコンクリート試験は、スランプ試験を JIS に準拠して行った。空気量試験に関しては、JIS の空気室圧力方法に準拠して行うが、容器へのコンクリート試料の詰め方は、同 JIS の突き棒を用いる方法と、テーブル振動機を用いる方法で行った。テーブル振動機を用いる場合は、容器を振動台(450×450mm-750W-200V-1700rpm-3.5A)に固定した。入力周波数に関しては、プレキャストコンクリートの実機製造ラインにおける鋼製型枠の振動加速度(30m/s²程度)と同程度となるように 30Hz とした。

試験供試体は、細孔構造の評価試験用(10×10×40cm)を作成した。供試体作成は JIS A 1132 に準拠し、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。振動締め固め条件は、空気量試験と同一とした。養生条件は、24 時間後脱型し、28 日の標準養生(20±1℃の水中養生)後、更に概ね 1 ヶ月間気中養生(室温 20±1℃、湿度 65%)した。

コンクリートの細孔構造の評価試験は、気泡間隔係数の測定を ASTM C 457 リニアトラバース法で、細孔径分布の測定は、水銀圧入法にて行った。

3. 実験結果

(1) コンクリートの空気量

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:3.16g/cm ³ 比表面積:3300cm ² /g
細骨材	菊川支流産山砂	S	表乾密度:2.59g/cm ³ 吸水率:2.18%
粗骨材	青梅産硬質砂岩砕石	G	表乾密度:2.70g/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

No	G _{max} (mm)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
						W	C	S	G	SP	AE
1	20	10±2.5	4.5±1.5	40	42	170	425	708	1019	2.13	0.02
2				55		175	318	739	1064	1.272	0.02

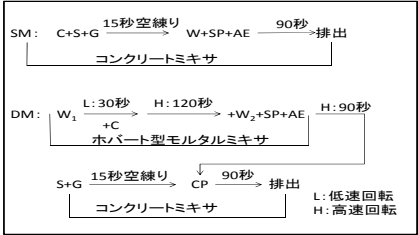


図-1 練混ぜ方法

図-2 は、突き棒を用いる方法でのフレッシュコンクリートの空気量とテーブル振動機により成形した硬化コンクリートの試料をリニアトラバース法で測定した空気量との相関を示したものである。図より、全て硬化コンクリートの空気量はフレッシュコンクリートより小さくなっているが、振動締め固めを行った方が-non の場合よりその傾向が顕著に現れている。これは、振動締め固めによるコンクリート中の気泡の脱泡が主要因であると考えられる。また、SM と DM を比較すると、硬化後のコンクリートの空気量の減少は、SM40-non を除いて DM の方が小さい傾向となっている。図-3 は SM および DM で練り混ぜた W/C55%のコンクリートに関して、空気量試験用容器へのコンクリート試料の詰め方を、突き棒を用いる場合とテーブル振動機を用いる場合で測定した空気量を示したものである。図より、振動締め固めにより SM および DM とも空気量が減少しているが、DM の方が空気量の減少が小さくなった。

(2) 細孔構造

図-4 に突き棒を用いる方法とテーブル振動機を用いる方法を比較した、気泡間隔係数の測定結果を示す。SM および DM の気泡間隔係数は全体に 200 μm 程度となった。振動締め固めの影響に着目すると、SM は気泡間隔係数が増加し、SM55 で最も変化が大きくなっている。また、DM では SM に比べ、どの水セメント比でも振動締め固めによる気泡間隔係数の増加が低減している。図-5 は SM, DM で練り混ぜたコンクリートの細孔径分布の測定結果を示したものである。SM, DM ともに細孔径 1 μm 以下の細孔量が多くなった。また、SM では振動締め固めを行うことで細孔径 1 μm 以下の細孔量が減少した。しかし、DM では振動締め固めによる細孔量への影響はほとんど認められなかった。

4. まとめ

DM で練り混ぜることで、振動締め固めを行った硬化コンクリートは、SM に比べ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。また、DM では振動締め固めによる細孔径への影響が小さかった。

以上のことから、ダブルミキシングはプレキャストコンクリートの製造において、過度の振動締め固めによる耐凍害性の低下を軽減するのに有効な練り混ぜ方法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) 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

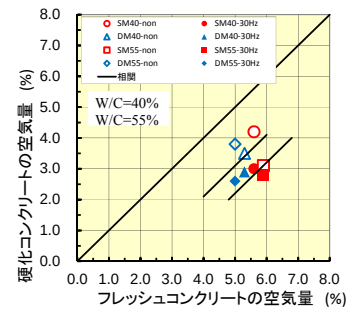


図-2 フレッシュおよび硬化後のコンクリートの空気量の相関

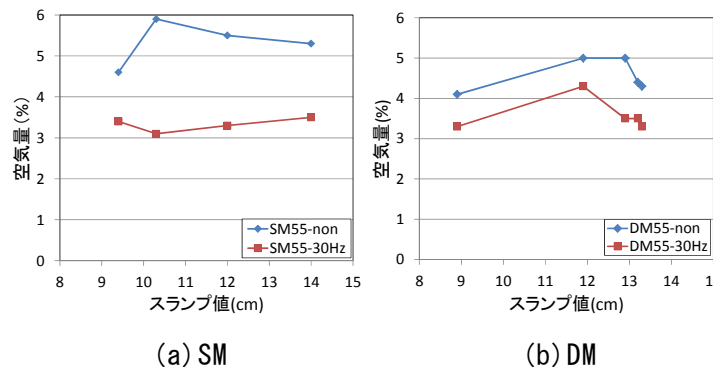


図-3 フレッシュコンクリートの試験結果

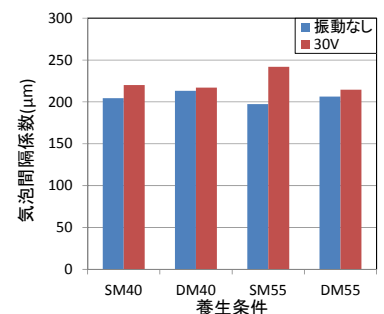


図-4 気泡間隔係数

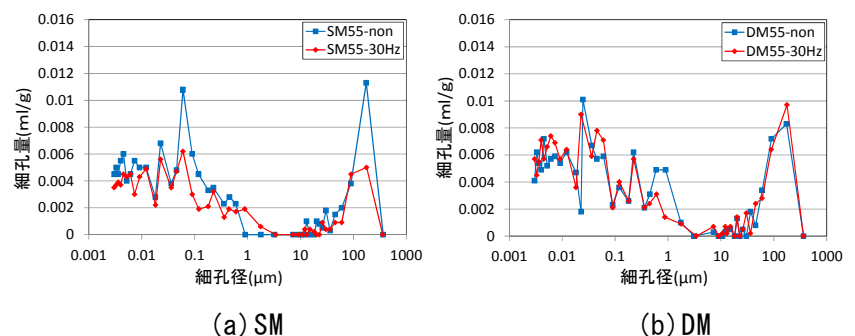


図-5 細孔径分布