

ダブルミキシングにおける一次練混ぜ時間がセメントペーストのブリーディング特性に及ぼす影響

リブコンエンジニアリング株式会社 正会員 ○伊藤 祐二
 東海大学大学院 学生会員 城戸 亮大
 リブコンエンジニアリング株式会社 正会員 山本 光彦
 東海大学 正会員 笠井 哲郎

1. はじめに

ダブルミキシング(DM)工法は、水の一部をセメントと練り混ぜた後、残りの水を添加し練り混ぜることで製造される。この工法により従来の一括で練り混ぜる方法に比べ、ブリーディングの低減、セメントの初期水和の向上などの改善効果を示した¹⁾²⁾。DM 効果を発揮させるためには、最適の一次練混ぜ条件（最適一次水セメント比：最適 W_1/C ）で練り混ぜることが肝要であるが、その条件での練混ぜ時間の影響に関しては明確な検討がなされていない。そこで、本研究では DM における一次練混ぜ時間を変化させた場合のブリーディングの試験結果から、DM 効果に及ぼす一次練混ぜ時間の影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合条件

セメントは普通ポルトランドセメント：N セメント（密度： 3.16g/cm^3 ，比表面積： $3270\text{cm}^2/\text{g}$ ，T 社製）と試験用普通ポルトランドセメント：E セメント（密度： 3.16g/cm^3 ，比表面積： $3420\text{cm}^2/\text{g}$ ，セメント協会）の2種類を使用した。なお、試験用セメントには、少量混合成分は含まれていない。DM に関する試験は、プレーンのセメントペーストのみで行い、 W/C は全て 60%とした。また、少量混合成分の影響を検討するために、E セメントに高炉スラグ微粉末：BFS（密度： 2.89g/cm^3 ，比表面積： $4310\text{cm}^2/\text{g}$ ）を内割で 5%混合したものも用いた。

2.2 練混ぜ方法

図-1 に DM によるセメントペーストの練混ぜ方法を示す。

2.3 各種試験方法

(1)セメントペーストのブリーディング試験

セメントペーストのブリーディング率の測定は、土木学会基準「プレパックドコンクリートの注入モルタルのブリーディング率および膨張率試験方法」に準拠して行った。

(2)セメントの強熱減量試験

本試験は、DM における一次練混ぜ時のセメントの水和の程度を測定するために JIS R 5202「強熱減量の定量方法」に準拠して行った。

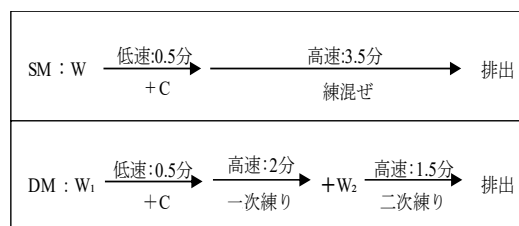
(3) 一次練混ぜ時のミキサからの蒸発水量の測定

図-1 の DM の練混ぜ方法において、一次練混ぜ時のミキサ内の一次セメントペーストからの練混ぜ水の蒸発量を、質量 0.1g の精度で計測した。

3. 実験結果および考察

3.1 各セメントの DM 効果

図-2 は、 W_1/C を変化させて DM で製造したセメントペーストの最大ブリーディング率を示したものである。図の $W_1/C=0\%$ と 60% は SM の結果である。図より、両セメントの場合とも最大ブリーディング率は W_1/C に伴い大幅に変化し、最適 W_1/C において最小値を示している。ここでブリーディングが最小となる点を最適条件、その時の W_1/C を最適 W_1/C およびブリーディングが最大となる点を最悪条件、その時の W_1/C を最悪 W_1/C 、SM より DM のブリーディングが減少することを正の



* $W=W_1+W_2$ ，DMの一次練混ぜ時間は0.5～15分と変化させた。

図-1 セメントペーストの練混ぜ方法

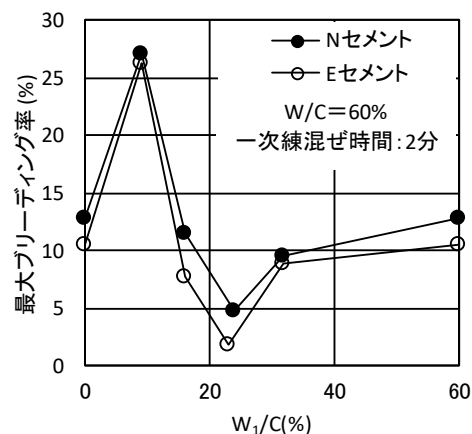


図-2 W_1/C と最大ブリーディング率の関係

キーワード ダブルミキシング，一次練混ぜ時間，ブリーディング，少量混合成分

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

DM 効メントの種類の影響としては、Eセメントの方がNセメントより SM および DM の場合で最大ブリーディング率は小さく、SM のブリーディング率に対する最適 W_1/C のブリーディング率 (SM/DM) を比較すると、Eセメントの方が正の DM 効果が顕著である。

3.2 DM の一次練混ぜ時間の影響

図-3 は DM における最適 W_1/C の条件で一次練混ぜ時間を、また SM の練混ぜ時間を 0～15 分まで変化させたときの最大ブリーディング率を示したものである。なお、一次練混ぜ時間 0 分は SM の値である。SM では練混ぜ時間を長くしてもブリーディングの変化は僅かである。一方 DM では、両セメントの場合とも一次練混ぜ時間が 2～3 分まではブリーディングは大幅に減少するが、それより長くするとブリーディングが徐々に増加する結果となった。この主な原因として、一次練混ぜ時間の経過に伴い練混ぜ水が減少し、最適 W_1/C より小さい W_1/C で一次練りを行う期間が生じたためであると考えられる。しかし、どの一次練混ぜ時間の場合においても Eセメントの方がブリーディングは小さくなった。同図には Eセメントに少量混合成分を想定して BFS を混合した場合についても同時に示した。図より、少量混合成分により SM および DM の場合とも最大ブリーディング率が大きく、SM では Nセメントと同程度の値となった。一次練混ぜ時間 2 分の DM と SM に関し、少量混合成分により正の DM 効果が小さくなることがわかる。以上のことより、BFS をセメントの少量混合成分として混合した場合、セメントペーストのブリーディングが大きくなり DM 効果も小さくなる。

図-4 は、2.3 (2), (3) の測定より練混ぜ時間 5, 15 分における一次練混ぜ水の減少量から、実質の W_1/C を算出し、その W_1/C で DM の一次練混ぜ時間を 2 分としたセメントペーストのブリーディング試験の結果を図-2 上にプロット示したものである。図より、実質 W_1/C の DM で製造したセメントペーストの最大ブリーディング率は、 $W_1/C=16\sim24\%$ (または 23%) の線上とほぼ同程度または近い値となっている。以上のことより、一次練混ぜ時間が長すぎる場合にブリーディングが増加した原因は、最適 W_1/C よりも小さい W_1/C で一次練混ぜが行われたと同等の条件となったためと推察される。

4. まとめ

セメントペーストの DM における一次練混ぜ時間の影響に関し検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) Nセメントおよび少量混合成分の混合がない Eセメントの場合とも、DM で製造したセメントペーストのブリーディング率は W_1/C により変化し、ブリーディングが最大となる最悪 W_1/C と最小となる最適 W_1/C が存在する。
- (2) BFS をセメントの少量混合成分として混合した場合、SM および DM とともにセメントペーストのブリーディングが大きくなり、また、SM に対する最適 W_1/C のブリーディング率の比 (SM/DM) で評価する正の DM 効果は小さくなる。
- (3) 一次練混ぜ時間 2～3 分までは一次練混ぜ時間が長くなるほどブリーディングは単調に減少したが、一次練混ぜ時間をそれ以上長くするとブリーディングがわずかながら増加した。これは、一次練混ぜ時にセメントの結合水の増加とセメントペーストからの水の蒸発により、一時練混ぜ水が減少し、最適 W_1/C よりも小さい W_1/C で一次練混ぜが行われたことが主な原因であると推察した。

参考文献

- 1) 田澤榮一, 笠井哲郎: フレッシュセメントペーストのダブルミキシング効果, 土木学会論文集, 第 396 号/V-9, pp.135-142, 1988
- 2) 中川好正ほか: ダブルミキシングがセメントの初期水和反応に及ぼす影響, コンクリート工学年次講演会論文集, Vol.29, No.1, pp51-56, 2007

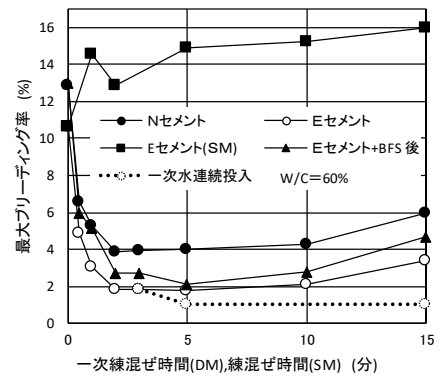


図-3 練混ぜ時間と最大ブリーディング率の関係

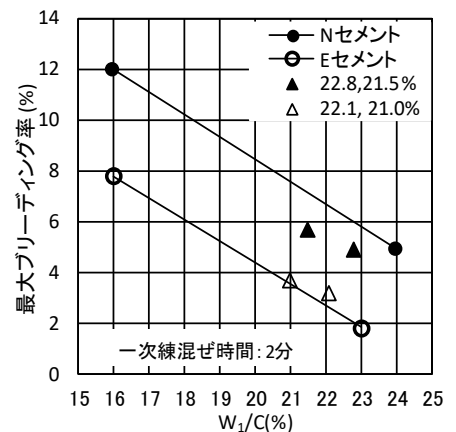


図-4 W_1/C と最大ブリーディング率の関係