

V-143

セメントペーストのダブルミキシング効果と初期ブリージング速度

広島大学 学生員 笠井 哲郎

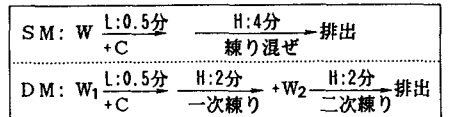
広島大学 正会員 田澤 栄一

1. まえがき

セメント-水系のダブルミキシング(DM)において、水の分割比率を変化させると、そのブリージングは従来法(SM)に比べ大幅に変化することが明らかにされている。(本報告ではDMによってブリージングが減少することを正のDM効果、増加することを負のDM効果と呼ぶ。)しかし著者らがすでに報告したように、練り混ぜ水をアルコールで置換すると、セメント-水系で生じた正のDM効果は現われず逆に負のDM効果を示すようになり、またこの場合のブリージング率-時間曲線もセメント-水系のものに比べて大幅に異なった性状を示すようになる。¹⁾一方、ある種の中庸熱ポルトランドセメントを用いると、DM効果がほとんど認められないか、負に現われることが判明した。そこで、本研究では、これら正および負のDM効果を示すセメントを用いたセメントペーストのブリージング率-時間曲線から得られる初期ブリージング速度と最終ブリージング率との関係から、セメント-水系におけるDM効果について検討を加えた。

2. 実験概要

セメントは比重3.16の普通ポルトランドセメント(NP)とそれぞれ化学成分の異なる3種類の中庸熱ポルトランドセメント(HP-A, B, C)(比重3.20)の合計4種類を使用した。混和剤として珪ふつ化物を主成分とする凝結遅延剤および塩化カルシウムを主成分とする硬化促進剤を用いた。セメント



C:セメント, W:水, W₁:一次水, W₂:二次水
L:低速, H:高速, $\longrightarrow$:ミキサーによる練り混ぜ

図-1 練り混ぜ方法

ペーストの製造は図-1に示すようにSMおよびDMにて行なった。練り混ぜには容量10ℓのホバート型モルタルミキサー(攪拌翼の回転数:低速100rpm, 高速200rpm)を使用した。セメントは図に示す低速運転30秒間にミキサーに連続投入した。混和剤の添加は練り混ぜ水(DMの場合は一次水)に溶かして行なった。セメントペーストのW/Cはすべて60%とし、DMにおける一次水セメント比(W₁/C)は9, 16, 22(24), 28%とした。ここでW₁/C=22, 24%はそれぞれMPセメントおよびNPセメントにおいて、一次練り混ぜ時の攪拌トルクが最大値を示す値である。以上で製造した試料について土木学会基準「プレパックドコンクリートの注入モルタルのブリージング率および膨張率試験方法」に準拠し、ブリージング率を測定した。図-2にNPセメントを用いた場合のブリージング率-時間曲線を示す。この曲線において測定初期の直線部の傾きを初期ブリージング速度(%/hr)として示し、この値と最大ブリージング率を用いて考察を加える。

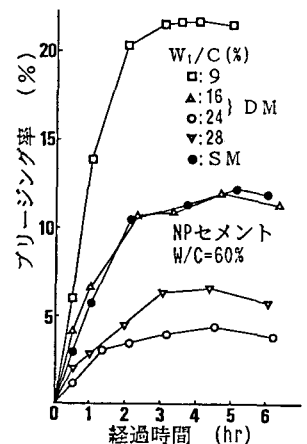


図-2 ブリージング率-時間曲線

3. 実験結果および考察

図-3に各種セメントについて、DMのW₁/Cを変化させた時の最大ブリージング率を示す。図において、NPおよびMP-Cセメントを用いたセメントペーストでは、最適W₁/Cにおいてブリージングは最小値を示し、正のDM効果が現われている。一方、HP-AセメントではW₁/Cを変化させてもブリージング率の特異点は見られずDM効果が現われていない。また、HP-BセメントではDMで製造することでSMに比べ大幅にブリージング率は増大し、負のDM効果を示している。このことは、DM効果がすべてのセメント粉体に対して普遍的に現われるものでないことを意味するものである。

ストークス沈降に関して、I. C. Powers²⁾は、 $Q = Q_0 e^{-k(1-e)}$ を与えたが、著者らはこの式から $t \rightarrow \infty$

の時の沈降量として最終ブリーディング (S_f) は $S_f = 2\rho r^2 Q_0 / 9\eta$ となって、最終ブリーディングは初速に比例することを示した。¹⁾ (ここに、 Q_0 : 初速、 ρ : 粒子の比重、 r : 粒子半径、 η : 粘性係数)

図-4は図-3に示したセメントペーストのブリーディング率-時間曲線から初期ブリーディング速度 (Q_0) 図-3 W_i/C とブリーディング率の関係

と最大 (最終) ブリーディング率 (S_f) の関係を示したものである。なお、図中にはエチルアルコールおよびメチルアルコールセメント系の値¹⁾ も同時に示した。図において正のDM効果を示すNP, HP-Cセメントの $S_f - Q_0$ 関係は、

$W_i/C = 9\%$ の場合を除いて原点を通る直線関係にあり、 S_f と Q_0 の間には比例関係が存在している。一方、DM効果のないHP-Aセメントでは直線関係が見られるものの、NP, HP-Cセメントの場合に比べ直線の傾きは小さく、原点を通らない。また、負のDM効果を示すHP-Bセメントでは、 S_f は Q_0 に関係なく変化し、負のDM効果を示したエチルアルコールセメント系に類似し、NP, HP-Cセメントの場合と大幅に異った $S_f - Q_0$ 関係となっている。図-5, 6はセメントの初期水和速度がDM効果に及ぼす影響に着目し、HP-Aセメントに硬化促進剤を添加した場合およびNPセメントに凝結遅延剤を添加した場合のセメントペーストの W_i/C の変化と最大ブリーディングの関係を示したものである。DM効果を示さないHP-Aセメントに硬化促進剤を添加すると正のDM効果を示すようになり、セメントの初期水和速度がDM効果に影響を及ぼすことが考えられる。しかし、NPセメントに凝結遅延剤を添加した場合は、全体としてブリーディングが増加するのみで添加量によらず正のDM効果を示し、この場合DM効果は水和速度の影響を受けず、遅延力の更に強い凝結遅延剤を用いた検討が必要であると思われる。また、図-7, 8は前図のセメントペーストの $S_f - Q_0$ の関係を示したものであるが、正のDM効果を示すセメントペーストの $S_f - Q_0$ 関係はすべて原点を通る直線関係となっている。

以上よりセメントペーストのDM効果は $S_f - Q_0$ の関係を調べることから推定でき、原点を通る直線関係となるとき正のDM効果を示す。

<参考文献> 1) 田澤他: ダブルミキシング機構に関する実験的研究, 第7回コンクリート工学年次講演会論文集, 1985. 2) T.C. Powers: The Properties of Fresh Concrete, Jhon Wiley & Sons, 1968.

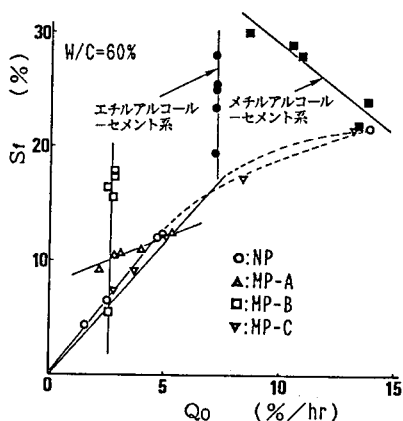
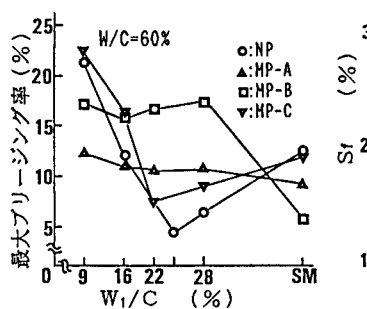


図-4 Q_0 と S_f の関係

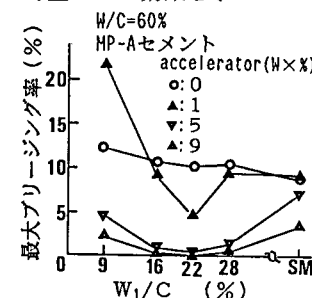


図-5 W_i/C とブリーディングの関係 (HP-Aセメント+accelerator)

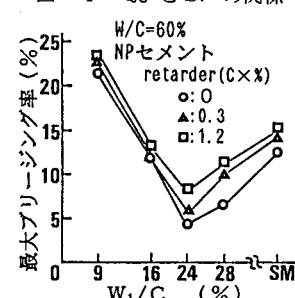


図-6 W_i/C とブリーディングの関係 (NPセメント+retarder)

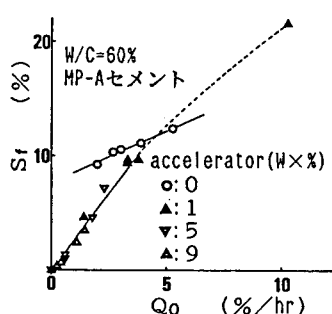


図-7 Q_0 と S_f の関係 (HP-Aセメント+accelerator)

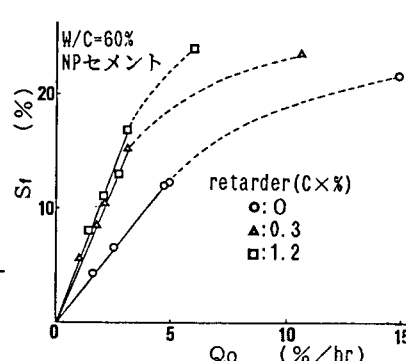


図-8 Q_0 と S_f の関係 (NPセメント+retarder)

トに硬化促進剤を添加すると正のDM効果を示すようになり、セメントの初期水和速度がDM効果に影響を及ぼすことが考えられる。しかし、NPセメントに凝結遅延剤を添加した場合は、全体としてブリーディングが増加するのみで添加量によらず正のDM効果を示し、この場合DM効果は水和速度の影響を受けず、遅延力の更に強い凝結遅延剤を用いた検討が必要であると思われる。また、図-7, 8は前図のセメントペーストの $S_f - Q_0$ の関係を示したものであるが、正のDM効果を示すセメントペーストの $S_f - Q_0$ 関係はすべて原点を通る直線関係となっている。

以上よりセメントペーストのDM効果は $S_f - Q_0$ の関係を調べることから推定でき、原点を通る直線関係となるとき正のDM効果を示す。

<参考文献> 1) 田澤他: ダブルミキシング機構に関する実験的研究, 第7回コンクリート工学年次講演会論文集, 1985. 2) T.C. Powers: The Properties of Fresh Concrete, Jhon Wiley & Sons, 1968.