

コンクリート 2 次製品の製造へのダブルミキシングの適用

東海大学大学院 学生員 ○磯貝 寛幸
東海大学工学部 正会員 笠井 哲郎

1 はじめに

練混ぜ水を最適比率で分割し、セメントペーストを練り混ぜるとそのブリーディングは大幅に低減する。この練混ぜ方法は従来の練混ぜ方法(シングルミキシング(SM))に対し、ダブルミキシング(DM)と呼ばれている。既往の研究から、最適 W_1/C で製造したセメントペーストはブリーディングの低減だけでなく水和反応が促進され、SM で練り混ぜた場合より、凝結時間が短縮することが明らかになった¹⁾。本研究では、常圧蒸気養生するコンクリート製品の養生工程に短縮することを指向し、DM のコンクリート製品製造への有効性に関し、そのブリーディング特性および強度発現性等について検討を行った。

2 実験概要

コンクリートの配合を表-1に示す。水セメント比は 55%、混和剤添加率は 0.6(C%)と一定にした。セメントには普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm³)を使用した。細・粗骨材はそれぞれ 2 種類の岡山県産の砕砂(S1:密度 2.63g/cm³、S2:密度 2.66g/cm³)および碎石(G1:密度 2.65g/cm³、G2:密度 2.69g/cm³)を使用した。化学混和剤にはポリカルボン酸系高性能減水剤(Ad)、空気量調整剤として AE 助剤(AE)を使用した。なお、粗骨材の最大寸法は 20mm、目標スランプは 8cm、空気量 4.5%である。練混ぜ方法を図-1に示す。コンクリートの練混ぜ方法は、ホバード型モルタルミキサでセメントペーストを先行して練り混ぜ、その後、パン型強制練りコンクリートミキサに投入して、空練りを行った骨材と混合し、コンクリートを製造した。セメントペーストの練混ぜ方法は、一次水(W₁)に混和剤を添加した DM1、SM1、混和剤を W₁ と W₂ に同一濃度となるように添加した DM2、二次水(W₂)に添加した DM3、全量を後添加した DM4 である。コンクリートの養生は標準養生および蒸気養生にて行った。標準養生は水温 20±3℃の水中養生、常圧蒸気養生は前置時間を 0、0.5、1.0、1.5h(室温 20℃、湿度 65%)と変化させ、昇温速度を 20℃/h、最高温度を 65℃、最高温度保持時間を 3h(室温 65℃、湿度 98%)とした。常圧蒸気養生終了後の供試体は、所定の材齢まで室温 20±1℃、湿度 65%の条件で気中養生した。試験項目はスランプ試験、ブリーディング試験、乾燥収縮試験および圧縮試験を JIS 規定に準拠して行った。

コンクリートの配合を表-1に示す。水セメント比は 55%、混和剤添加率は 0.6(C%)と一定にした。セメントには普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm³)を使用した。細・粗骨材はそれぞれ 2 種類の岡山県産の砕砂(S1:密度 2.63g/cm³、S2:密度 2.66g/cm³)および碎石(G1:密度 2.65g/cm³、G2:密度 2.69g/cm³)を使用した。化学混和剤にはポリカルボン酸系高性能減水剤(Ad)、空気量調整剤として AE 助剤(AE)を使用した。なお、粗骨材の最大寸法は 20mm、目標スランプは 8cm、空気量 4.5%である。練混ぜ方法を図-1に示す。コンクリートの練混ぜ方法は、ホバード型モルタルミキサでセメントペーストを先行して練り混ぜ、その後、パン型強制練りコンクリートミキサに投入して、空練りを行った骨材と混合し、コンクリートを製造した。セメントペーストの練混ぜ方法は、一次水(W₁)に混和剤を添加した DM1、SM1、混和剤を W₁ と W₂ に同一濃度となるように添加した DM2、二次水(W₂)に添加した DM3、全量を後添加した DM4 である。コンクリートの養生は標準養生および蒸気養生にて行った。標準養生は水温 20±3℃の水中養生、常圧蒸気養生は前置時間を 0、0.5、1.0、1.5h(室温 20℃、湿度 65%)と変化させ、昇温速度を 20℃/h、最高温度を 65℃、最高温度保持時間を 3h(室温 65℃、湿度 98%)とした。常圧蒸気養生終了後の供試体は、所定の材齢まで室温 20±1℃、湿度 65%の条件で気中養生した。試験項目はスランプ試験、ブリーディング試験、乾燥収縮試験および圧縮試験を JIS 規定に準拠して行った。

3 結果および考察

図-2 は各 DM で製造したコンクリートのスランプ値とブリーディング率の関係を示したものである。図より各 DM において SM1 よりブリーディング率は減少した。これ

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
		W	C	S1	S2	G1	G2	Ad	AE
55	42	165	300	387	380	689	379	1.60	1.85

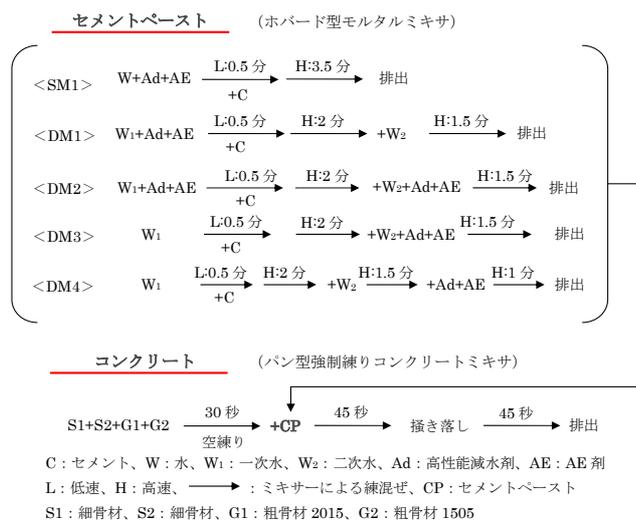


図-1 コンクリートの練混ぜ方法

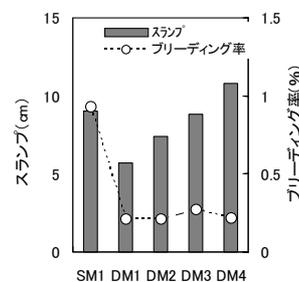


図-2 各種コンクリートのスランプ値とブリーディング率

は DM によりセメント粒子が保水性の高い凝集構造を形成し、間隙水を凝集構造内部に拘束したためと推察できる。既往の研究により DM1 で製造したコンクリートはスランプ値が小さくなるのが指摘されるが²⁾、本研究で行った DM3、DM4 で練り混ぜると SM1 と同等のスランプを示し、さらに大幅なブリーディング率の低減効果が発揮された。

図-3 はコンクリートの乾燥収縮による長さ変化率と経過時間の関係を練混ぜ方法ごとに示したものである。図より各 DM において SM で練混ぜた系より乾燥収縮が大きくなった。これは DM で製造した場合、ブリーディングが小さくなることによって、供試体の実質 W/C および単位水量が SM の場合より大きくなるため、供試体中の間隙水の乾燥量が多くなったためと推察できる。また、養生方法の影響に関しては、初期材齢では常圧蒸気養生したコンクリートの方が長さ変化は大きい、材齢日数の経過とともに、その差が小さくなり、長期材齢においては、常圧蒸気養生したコンクリートの乾燥収縮の方が小さい値を示した。

図-4 は前置時間 1.5h、昇温速度 20°C/h、最高温度保持時間 3.0h の条件下で蒸気養生したコンクリートの圧縮強度と標準養生のものを示したものである。各 DM とともに SM1 より初期材齢における圧縮強度が大きくなった。特に SM1 に比べ各 DM とともに脱型直後の圧縮強度が 10% 程度増加することが分かった。これは DM によりブリーディングが低減し、粗骨材下面の遷移体や空隙の形成が少なくなったこと、および水和が促進されたことによるものと推察できる。

図-5 は昇温速度 20°C/h、最高温度 65°C、最高温度保持時間 3.0h の条件下で前置時間を 0、0.5、1.0、1.5h と変化させ常圧蒸気養生を行ったコンクリートの圧縮強度を示したものである。脱型直後の圧縮強度では各 DM とともに、どの前置時間においても SM1 より圧縮強度は高い値を示している。また、前置時間の影響に関し、SM1 では前置時間が短いほど圧縮強度が低下する結果となっている。この低下は前置時間が短い場合、コンクリート中の空気や練混ぜ水が昇温に伴い熱膨張し、蒸気養生の初期段階で硬化体内部に微細ひび割れ等の欠陥が生じているためであると考えられる。一方、DM の脱型直後の圧縮強度には前置時間の影響が殆ど現れていない。これは DM の方が SM より凝結が速いため、前述のような内部欠陥が生じにくいためであると推察される。しかし、材齢 7 日および 28 日の圧縮強度では、DM の場合でも SM より小さいものの、前置時間の変化による影響が現れ、前置時間が短いほど圧縮強度が低下している。これはコンクリートの強度が高い場合ほど蒸気養生初期にコンクリート内部に生じた欠陥の影響がより顕著になるためであると考えられる。

4 まとめ

各 DM における最適 W_I/C の条件で練り混ぜることで、SM よりブリーディング率は減少する。また、常圧蒸気養生での前置時間を変化させても、初期材齢における圧縮強度が高くなった。

参考文献

1) 田澤榮一ほか：ダブルミキシングで作成したセメントペーストの諸物性について、コンクリート工学年次講演会論文集、pp.125-128(1982) 2) 田澤榮一ほか：ダブルミキシングで製造したコンクリートの圧縮強度、土木学会論文集 408/V-11.pp139-146(1989)

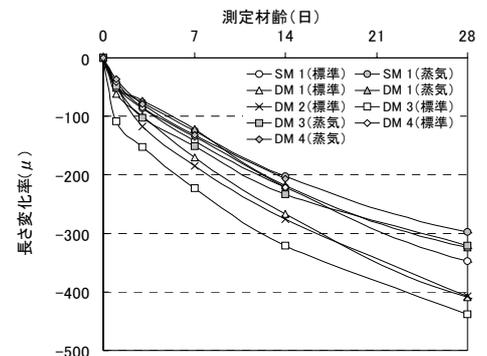


図-3 各種コンクリートの長さ変化率

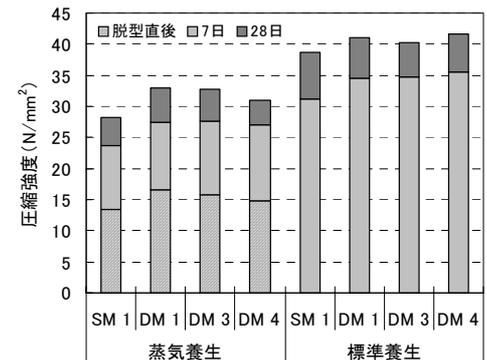


図-4 各種コンクリートの圧縮強度

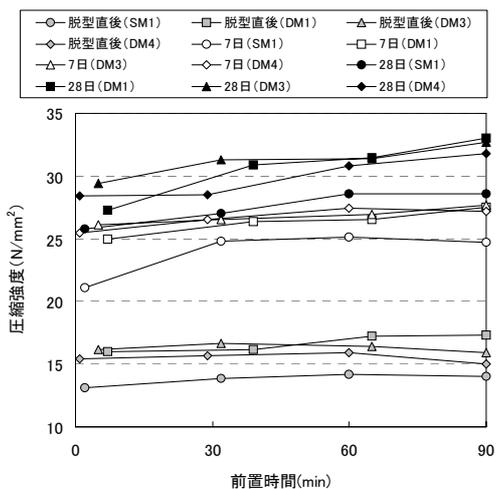


図-5 圧縮強度と前置養生時間の関係