

高強度コンクリートの練混ぜ性能に関する検討

- その1 実験概要及びセメントの種類と練混ぜ性能 -

ものづくり大 ○中田善久 (株)内山アドバンス 女屋英明
ものづくり大 大塚秀三 山宗化学(株) 高野肇
山宗化学(株) 緑川雅之 前足利工業大 毛見虎雄

1. まえがき

JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」の 8.1.3 ミキサの項目中には、所定容量のコンクリートを所定時間練り混ぜて、JIS A 1119 によるコンクリート中のモルタルの単位容積質量及び単位粗骨材量の差がそれぞれ 0.8%及び 5%以下であれば、コンクリートを均質に練り混ぜる性能を有するミキサとされている。

また、土木学会「コンクリート標準示方書」¹⁾では、コンクリートの練混ぜ時間は試験によって定めることを原則とし、解説中では十分な練混ぜを行うために必要な時間は、ミキサの容量、コンクリートの調合（配合）混和材料の種類などにより相違するため、JIS A 1119 他による試験結果からこれを定めることが述べられている。

この練混ぜ性能に関する実験結果や報告は極めて少なく、さらに近年使用実績が急増している高強度・高流動コンクリートのような強度や流動性の大きいコンクリートは、その結果がどのように変化するか不明である。

そこで、本研究は、レディーミクストコンクリート工場の実機ミキサにより練り混ぜた水セメント比別セメントの種類別の高強度・高流動コンクリートについて、JIS A 1119 によるコンクリート中のモルタルの単位容積質量及び単位粗骨材量の差を調べ、さらに、JIS A 8603「コンクリートミキサ」における練混ぜ性能の規定値との関係について実験を行ったものである。

本報告は、既に報告している夏期及び標準期における高強度・高流動コンクリートの練混ぜ性能に関する実験結果²⁾に冬期における実験結果を追記し、その結果をもとにセメントの種類と練混ぜ性能との関係について検討した結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 使用材料

高強度・高流動コンクリートに用いた使用材料を表-1に示す。セメントの種類は、普通ポルトランドセメント(N)、低熱ポルトランドセメント(L)及び中熱ポルトランドセメント(M)の3種類のポルトランドセメントを使用した。細骨材は山砂を使用し、粗骨材は最大寸法 20mm の石灰碎石を使用した。

また、化学混和剤については、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を使用した。

2.2 コンクリートの調合

実機ミキサにより製造した高強度・高流動コンクリートの調合を表-2に示す。水セメント比は普通ポルトランドセメントは30%、37%、44%、低熱ポルトランドセメント及び中熱ポルトランドセメントでは25%、33%、42%とそれぞれ3種類を選定した。

また、水セメント比 25%～37%のコンクリートは目標スランプフローを60cm、42%及び44%のコンクリートについては目標スランプフローを40cm(スランプ21cm)とした。

高性能 AE 減水剤量については、室内における試し練りの結果を参考とし、目標とした流動性が得られるように各々定めた。

表 - 1 使用材料

種 類	産地・品質
セメント	普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm ³)
	低熱ポルトランドセメント(密度 3.22g/cm ³)
	中熱ポルトランドセメント(密度 3.21g/cm ³)
細骨材	君津産山砂 (密度 2.59g/cm ³ ,粗粒率 2.63)
粗骨材	鳥形山産石灰碎石(密度 2.71g/cm ³ ,粗粒率 6.68)
練混ぜ水	上水道水
混和剤	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤

Consideration in Mixing Efficiency of High-Strength Concrete

- Part 1 Outline of Experiment, Mixing Efficiency and Various Kinds of Cement -

Yoshihisa NAKATA, Hideaki ONAYA, Syuzo OTSUKA, Hajime TAKANO

Masayuki MIDORIKAWA and Torao KEMI

表 - 2 高強度・高流動コンクリートの調合

記号	セメントの種類	スランブフロー (スランブ) (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				高性能 AE 減水剤 (kg/m ³)
						セメント	水	細骨材	粗骨材	
25L	低熱	60	3.0	25.0	47.3	660	165	736	859	9.57
25M	中庸熱	60	3.0	25.0	47.2	680	170	720	843	10.54
30N	普通	60	3.0	30.0	49.9	567	170	803	843	10.21
33L	低熱	60	3.0	33.0	51.2	500	165	863	859	6.75
33M	中庸熱	60	3.0	33.0	51.4	516	170	853	843	8.00
37N	普通	60	3.0	37.0	51.1	460	170	868	868	7.36
42L	低熱	40 (21.0)	3.0	42.0	45.5	393	165	806	1,009	4.91
42M	中庸熱	40 (21.0)	3.0	42.0	45.7	405	170	798	992	5.06
44N	普通	40 (21.0)	3.0	44.0	46.0	387	170	808	992	4.45

2.3 試験項目及び試験方法

試験項目及び試験方法を表 - 3 に示す。試験項目は、2.4 に示すミキサ内の位置から、それぞれ採取したコンクリート試料中のモルタルの単位容積質量，単位粗骨材量，スランブ，スランブフロー，空気量及び圧縮強度とした。

2.4 ミキサの形式と試料の採取方法

実機ミキサは、汎用機として用いられているN社製のTSM-LC-3型公称容量3m³の二軸強制練り式ミキサであり、1バッチ当たりの練混ぜ量を2m³として連続2バッチ練混ぜて、練混ぜ性能に関する各試験は2バッチ目のコンクリートについて行った。

二軸強制練り式ミキサ内からのコンクリート試料の採取位置(平面図)を図-1に示す。コンクリート試料は、図中の二軸強制練り式ミキサ内の左下部(以下、前部という)と右上部(以下、後部という)の相対する位置から採取した。

モルタルの単位容積質量及び単位粗骨材量の試験は、前部及び後部から採取したコンクリート試料について各実験時期とも各々行った。また、スランブ、スランブフロー及び空気量の試験は、前部及び後部のコンクリート試料について各実験時期とも各々行い、圧縮強度については、標準期と冬期の実験時期についてのみ行った。

2.5 練混ぜ方法及び練混ぜ時間

表 - 3 試験項目及び試験方法

試験項目	試験方法
スランブ	JIS A 1101 による
スランブフロー	JIS A 1150 による
空気量	JIS A 1128 による
コンクリート中のM,G ¹	JIS A 1119 による
圧縮強度	JIS A 1108 による

1 M:モルタルの単位容積質量, G:単位粗骨材量

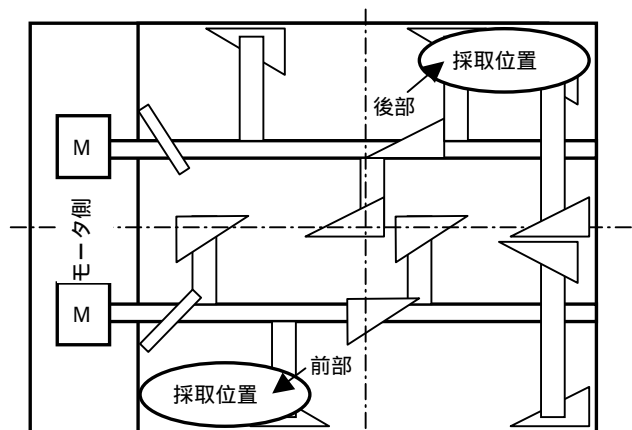


図 - 1 コンクリート試料の採取位置

コンクリートの種類と練混ぜ方法及び練混ぜ時間を表 - 4 に示す。練混ぜ性能に関する実験は、夏期、標準期及び冬期の3シーズンに分け実施し、実施時期は、夏期として2003年8月、標準期として2003年10月及び冬期としては、翌年の1月に実施した。

夏期の実験における高強度・高流動コンクリ

ートの練混ぜ時間については，レディーミクス
トコンクリート工場の実績から，コンクリ
ートの水セメント比別に，モルタル製造時と
粗骨材投入後の練混ぜ時間の合計として 150
秒，210 秒及び 270 秒と設定した。

一方，標準期及び冬期の実験における練混ぜ
時間は，夏期の実験結果を踏まえて，水セ
メント比 25%，30%，33% 及 37% のコンクリ
ートのモルタル製造時における練混ぜ時間は
夏期の実験の練混ぜ時間と同一とし，粗骨材
投入後の練混ぜ時間は 30～60 秒間短く設定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 モルタルの単位容積質量について

モルタルの単位容積質量の調査上における
算出値と測定値との関係を図 - 2 に示す。

なお，調査上のモルタルの単位容積質量は，
次式より，空気量の設計値を 0% として求めた。

調査上のモルタルの単位容積質量(kg/m³) =

$$\frac{(W + C + S)}{(W + \frac{C}{\rho_C} + \frac{S}{\rho_S})} \quad (1)$$

ここに，

W, C, S ; 単位水量，単位セメント量，
単位細骨材量(kg/m³)

ρ_C ; セメントの密度(g/cm³)

ρ_S ; 細骨材の密度(g/cm³)

モルタルの単位容積質量の測定値は，セメ
ントの種類に関わらず，調査上におけるモルタル
の単位容積質量の±2%の範囲内に入っており，
ばらつきが小さいことがわかる。また，全般的な
傾向として，調査上の算出値に比べて測定値の方
が大きい値となっている。

これは，モルタルの測定試料は，まだ固ま
らないコンクリートを 5mm の網ふるいを用い
て ウェットスクリーニングを行って採取
しているため，モルタル中に 5mm 以下の粗骨
材量（過少量）が含まれているためと考えら
れる。

また，モルタルの単位容積質量の前部試料と後
部試料における実験結果を図 - 3 に示す。前部及
び後部試料中のモルタルの単位容積質量は，
セメントの種類による明確な違いはみられず，
前述の結果と同様にいずれも±2%の範囲内
に入っている。

表 - 4 コンクリートの種類と練混ぜ方法・時間

記号	練混ぜ方法・練混ぜ時間(秒)		
	モルタル	粗骨材	合 計
25L	150	120 60	270 210
25M	150	120 60	270 210
30N	120	90 60	210 180
33L	120	90 60	210 180
33M	120	90 60	210 180
37N	120	90 60	210 180
42L	90	60	150
42M	90	60	150
44N	90	60	150

上段は夏期の実験，下段は標準期及び冬期の実験。
42L，42M 及び 44N は，各実験時期とも同一とした。

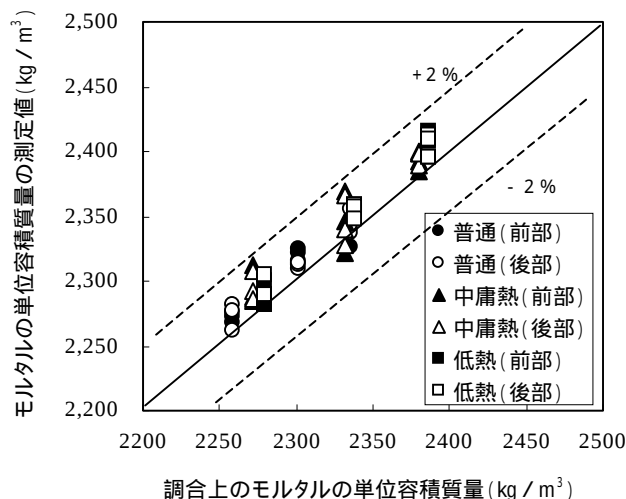


図 - 2 モルタルの単位容積質量の調査上における算出値と測定値との関係

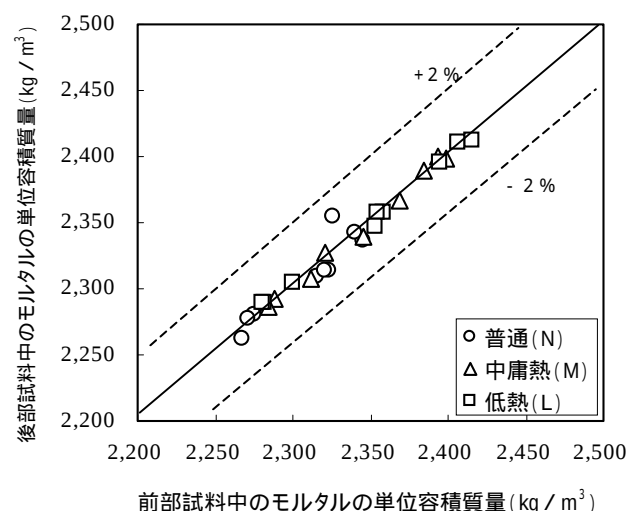


図 - 3 モルタルの単位容積質量の前部試料と後部試料における実験結果

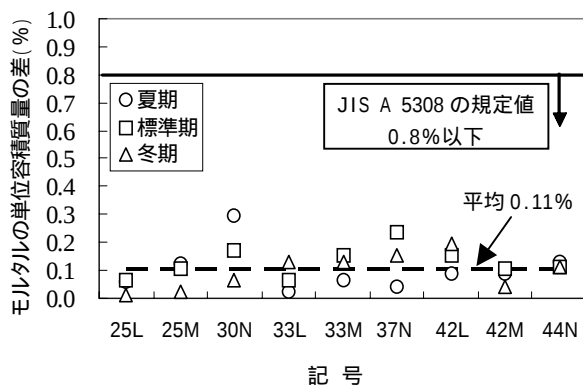


図 - 4 モルタルの単位容積質量の差に関する実験結果

モルタルの単位容積質量の差に関する実験結果を図 - 4 に示す。モルタルの単位容積質量の差は、平均で0.11%とかなり小さい値となり、セメントの種類に関わらず、いずれの高強度・高流動コンクリートともJIS A 5308の練混ぜ性能に関する規定値を十分満足している。

3.2 単位粗骨材量について

単位粗骨材量の調合上における算出値と測定値との関係を図 - 5 に示す。単位粗骨材量の測定値は、モルタルの単位容積質量の測定値に比べてばらつきが大きく、調合上の粗骨材量のほぼ±15%の範囲内となっている。

また、単位粗骨材量の前部試料と後部試料の実験結果を図 - 6 に、単位粗骨材量の差に関する実験結果を図 - 7 に示す。前部及び後部試料中の単位粗骨材量の測定値は±10%の範囲内にあり、モルタルの単位容積質量に比べれば、両者の差は大きい結果となっている。しかしながら、単位粗骨材量の差は平均で1.41%となり、セメントの種類に関わらずいずれの高強度・高流動コンクリートとも、JIS A 5308 の練混ぜ性能に関する規定値を満足している。

4. まとめ

本実験の練混ぜ時間については、水セメント比の小さい高強度・高流動コンクリートの製造面から、全般的に幾分長く設定したこともあるが、コンクリート中のモルタルの単位容積質量及び単位粗骨材量の差に関する実験値は、セメントの種類及び実験時期に関わらず練混ぜ性能の規定値を満足し、このことはいずれの高強度・高流動コンクリートとも均質なコンクリートが製造されたことを示唆しているものと考えられる。

「参考文献」

1) (社)土木学会 コンクリート標準示方書 [施工編] 耐久性照査型 PP.72～73, 平成 11 年版

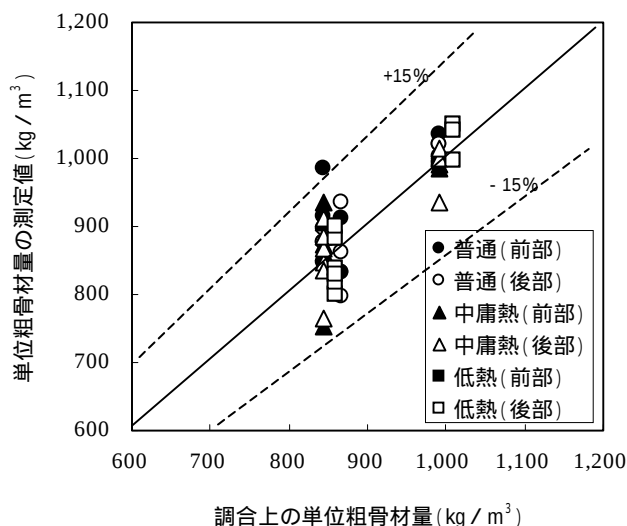


図 - 5 単位粗骨材量の調合上における算出値と測定値との関係

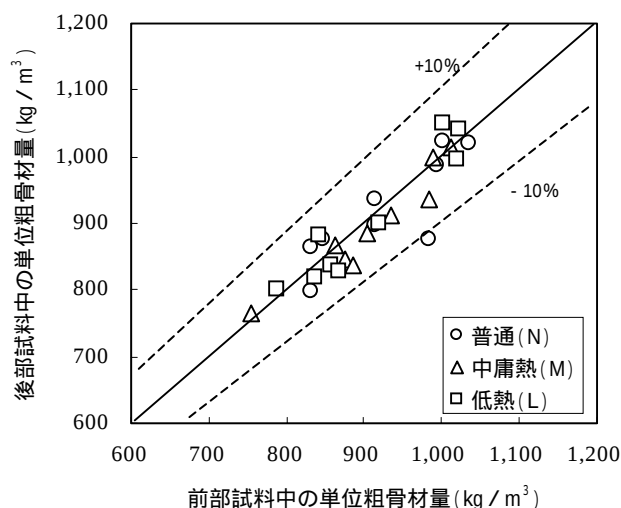


図 - 6 単位粗骨材量の前部試料と後部試料の実験結果

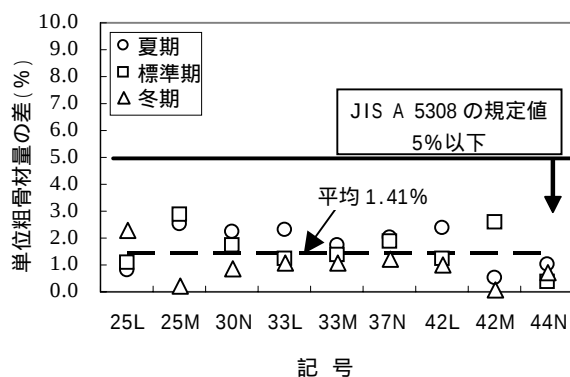


図 - 7 単位粗骨材量の差に関する実験結果

2) 中田善久・女屋英明・高野肇・毛見虎雄：高強度コンクリート中のモルタル及び粗骨材量の差に関する一考察，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.26，No.1，pp.1323-1328，2004.7