

東京大学生産技術研究所 正会員 魚 本 健 人
 同 上 正会員 小 林 一 輔
 同 上 正会員 星 野 富 夫

1. は し が き

一般に、コンクリートを製造する場合には、セメント、砂、砂利及び水などの素材をほぼ同時に投入して練り混ぜるのが普通である。しかし、最近各素材を同時にミキサに投入するのではなく、素材の一部を先ず練り混ぜたのち、残りの材料を投入して練り混ぜるという分割方式の練り混ぜを行うことによって、コンクリートの性質を改善する方法が開発され、各方面で注目を集めている。その一例として、表面水量を適切に選定した砂とセメントを混練し、砂の表面にセメントの粒子を付着させて造粒し、水セメント比の小さい皮殻を形成させるような練り混ぜ方法をあげることができる。しかし、このような練り混ぜ方法がどの程度有効なものであるか、またどのような因子が大きな影響を及ぼすのかは必ずしも明らかにされていない。そこで本文では、コンクリートの練り混ぜ方法を変えた場合にコンクリートの品質がどのように変化するか、また練り混ぜ方法以外の要因による影響と比較してどの程度大きな影響を示すのかを明らかにすることを目的として検討を行った。

2. 実 験 概 要

コンクリートの品質は練り混ぜ方法以外にも、使用材料、配合、打設方法、養生条件等によっても大きな影響を受ける。この場合、特に練り混ぜ方法による影響がどの程度のものであるかを判断するためには、上記の他の因子による影響をも考慮することが必要である。しかし、そのためには膨大な数の実験が必要となることから、実験計画法による検討を行うこととした。

実験で取り上げた要因と水準は表-1の通りである。表中に示されている練り混ぜ方法は、練り混ぜ水を1次水（セメント量の24%）と2次水（残りの水）に分割して投入する方法を分割方式とし、練り混ぜ水を1次水と2次水とに分割せずに一括して投入する方法を一括方式と略称した。実験に用いた細骨材は富士川産の川砂及び岡山県日比産の海砂とし、表面水の調整と微粒分の除去にも効果があるといわれている遠心力を利用した機械的処理装置を用いて処理したものと処理しないものの計4種類とした。これらの細骨材の品質を表-2に示す。粗骨材は全て大井川産の川砂利（最大寸法25mm，比重2.67，吸水率0.66%，F.M.6.94）とし、セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。高性能減水剤はポリアルキルアリルスルホン酸塩を主成分としたもので、後添加とし、その添加量は添加前のコンクリートのスランプを7cm大きくするのに必要な量とした。なお、コンクリートの配合は全て試練りを行って実験的に求めた。

表-1 要因と水準

記 号	要 因	水 準	
		1	2
A	練り混ぜ方法	一括方式	分割方式
B	水セメント比	55 %	70 %
C	高性能減水剤の後添加	無	有
D	細骨材の機械的処理	無	有
E	細骨材の種類	川 砂	海 砂
F	スランプ	8 cm	15 cm
G	細骨材の表面水量	0 %	5 %

表-2 細骨材の品質

	無 処 理	処 理
海 砂	F. M. : 2.45 比 重 : 2.54 吸水率 : 2.32% 塩 分 : 0.052%	F. M. : 2.36 比 重 : 2.54 吸水率 : 2.18% 塩 分 : 0.033%
川 砂	F. M. : 2.93 比 重 : 2.60 吸水率 : 2.45%	F. M. : 2.99 比 重 : 2.60 吸水率 : 2.49%

3. 実験結果と考察

分散分析結果をまとめて表-3及び図-1に示す。

これらの結果から次のことが明らかである。

1) 単位水量は、一括練り混ぜ方式に比べ分割方式では3~4%多く必要とする。

2) ブリージングは、練り混ぜ方法による影響が大きく、分割方式を採用すれば約1/2に減少し、特に表乾に近い砂又は海砂を用いた場合にその効果は大きい。なお、表乾に近い砂を用いるよりも表面水5%程度の砂を用いた方がブリージングは著しく減少する点が注目される。

3) 圧縮強度に最も大きな影響を及ぼす要因は水セメント比であるが、練り混ぜ方法も有意で、一括方式から分割方式とすると7~10%の強度増加が認められる。特に、スランプの大きな配合又は表乾に近い砂を用いた場合にその効果は大きい。

4) 引張強度に関しては、練り混ぜ方法による効果は殆んど認められず、交互作用を考慮しても分割方式の採用は有利とならない。

5) 乾燥収縮(気中4週まで)に最も大きな影響を及ぼす要因は砂の種類となったが、これは海砂に含まれる塩分の影響であると推定される。練り混ぜ方法も有意となったが分割方式とすると一括方式に比べ乾燥収縮は小さくなり、その割合は約10%である。

以上の結果より、練り混ぜ方法を分割方式とすることはブリージングの減少並びに圧縮強度のバラツキの低減に対しては効果的であるが、単位水量の増大及び乾燥収縮の増加をもたらす点に注意が必要である。なお、本実験では砂の機械的処理による効果はほとんど認められなかった。

表-3 分散分析結果 (寄与率)

要因	単位水量	ブリージング率	圧縮強度 (材令28日)	引張強度 (材令28日)	乾燥収縮 (気中28日)
A	9.4**	27.2**	3.2**	---	10.8**
B	12.5**	4.7**	85.9**	82.2**	7.4**
C	---	7.7**	1.3**	---	---
D	---	---	---	---	---
E	1.4**	17.2**	0.5**	---	39.0**
F	73.3**	1.4*	0.8**	---	---
G	---	17.7**	---	---	---
A x B	---	---	---	0.8*	---
A x C	---	6.8**	0.9**	---	---
A x D	---	---	0.5**	1.5**	4.8*
A x E	0.05*	7.1**	---	1.5**	---
A x F	3.3**	---	2.5**	---	5.0*
A x G	---	9.4**	2.2**	6.5**	---
B x C	---	---	0.3**	---	---
D x E	---	---	0.6**	---	---
e	0.05	0.8	1.3	7.5	33.0
T	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

** 1%有意

* 5%有意

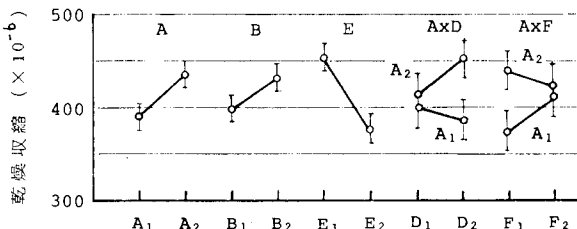
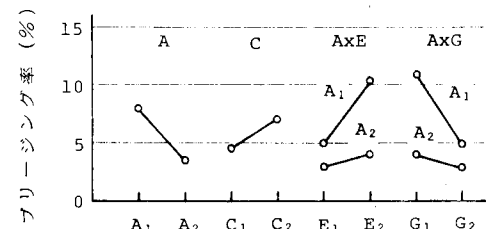
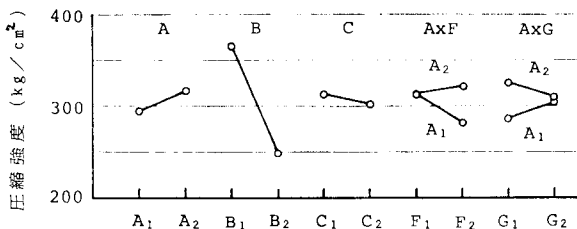
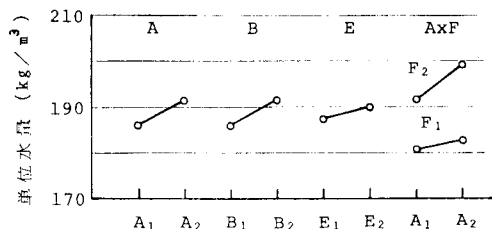


図-1 各種要因がコンクリート品質に及ぼす影響