

# コンクリートの練り混ぜ方法に関する基礎的研究 (1)

## —単位水量とブリージング—

Effect of Mixing Sequence on Properties of Concrete (1)

魚本 健人\*・小林 一輔\*・星野 富夫\*・西村 次男\*

Taketo UOMOTO, Kazusuke KOBAYASHI, Tomio HOSHINO and Tsugio NISHIMURA

### 1. は し が き

現在、生コンプラントにおいてコンクリートを製造する場合には、セメント、砂、砂利および水などの素材をはほぼ同時にミキサ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A、BおよびCの1部をまず練り混ぜたのち、残りの材料を投入して練り混ぜるといった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1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。

本研究はこれらの練り混ぜ方法がコンクリートの品質に及ぼす影響について種々の観点から検討し、より望ましい練り混ぜ方法を提示することを目的として実施したものであって、今回は練り混ぜ方法を変えた場合のコンクリートの配合ならびにブリージングについて報告する。

### 2. 実 験 概 要

一般に、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そ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。

実験計画法で検討する場合、因子と水準の選定が重要となるが、ここではコンクリートの練り混ぜ方法に着目

して選定することとし、表-1に示す各因子ならびに水準を選定した。すなわち、使用材料の因子としては細骨材の種類、細骨材の表面水量ならびに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を取り上げ、コンクリートの配合に関しては水セメント比と高性能減水剤添加前のスランプを取り上げた。

練り混ぜ方法に関しては、練り混ぜ水を一次水と二次水とに分割して投入する方法（以下、分割方式と呼ぶ）と練り混ぜ水を一次水と二次水とには分割せずに一括して投入する方法（以下、一括方式と呼ぶ）を採用した。分割方式では、セメント量の24%を一次水とし、残りの練り混ぜ水を二次水とした。なお、近年実際の工事においても採用されつつある高性能減水剤の後添加も因子として採用した。これらの練り混ぜ方法をまとめて表-2に示す。

実験で取り上げた各因子は、 $L_{16}$ の直交表に従って割りつけ、乱数表を用いて実験順序を定めた。

実験に用いた細骨材は富士川産の川砂および岡山県日比産の海砂とし、遠心力を利用した機械的処理装置を用いて処理を行ったものと処理しないもの計4種類とした。これらの細骨材の物理的性質および海砂の塩分量を表-3にまとめて示す。

表-1 因子と水準

記号	因子	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%

\*東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

粗骨材は全て大井川産の川砂利(最大寸法25mm,比重2.67,吸収率0.66%,粗粒率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,添加量は添加前のコンクリートのスランブを6cm大きくするのに必要な量とし,実験的に求めた.なお,結果として高性能減水剤量はセメント量の0.04~0.047%となった.

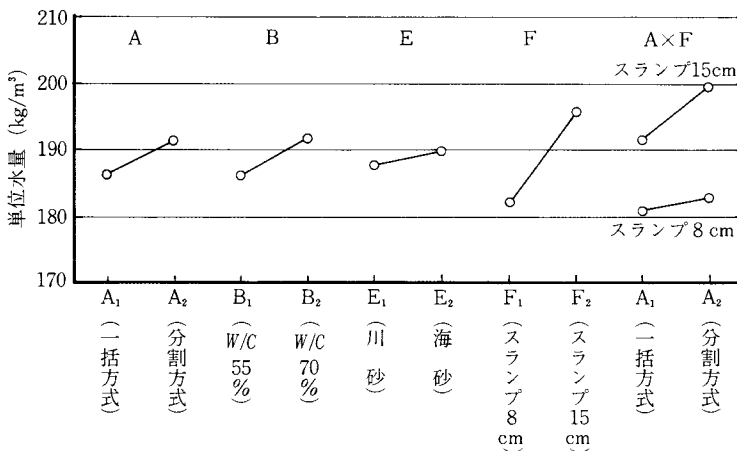
コンクリートの配合は全て試し練りを行って実験的に求め,スランブは8±1cmおよび15±1cmとした.

3. 単位水量

コンクリートの配合は,全て試し練りを行って定めたが,その単位水量に関して行った分散分析結果を表-4および図-1にまとめて示す.

これらの結果から明らかなように,有意となった主効果および交互作用のうち,寄与率の高い因子は,スランブ,水セメント比,練り混ぜ方法,砂の種類である.スランブおよび水セメント比に関しては,従来の実験結果ともよく一致している.また,海砂を使用した場合に川砂よりも単位水量が多くなることに関しては,砂の粗粒率の違いによるものと考えられる.

注目すべき点としては,練り混ぜ方法ならびにスランブと練り混ぜ方法の交互作用が有意となったばかりでなくその寄与率も大きいことである.すなわち,一括方式に比べ分割方式ではより多くの単位水量とすることが必要なばかりでなく,スランブ8cmの場合よりもスランブ15cmの場合の方がより多くの単位水量を必要とす



(注) 各点の95%信頼限界の幅は±0.2(主効果)および±0.3(交互作用)である.

図-1 単位水量に及ぼす各種要因の影響

表-2 練り混ぜ方法一覧

	高性能減水剤の後添加	練り混ぜ手順	練り混ぜ所要時間
一括方式	無	(S)G(C)W 2分	2分
	有	(S)G(C)W Ad 2分 1分	3分
分割方式	無	(S)G(W) C (W) 1分 1分 2分	4分
	有	(S)G(W) C (W) Ad 1分 1分 2分 1分	5分

(注) (C):セメント (S):細骨材 (G):粗骨材 (W):水  
(Ad):高性能減水剤 // 練り混ぜ

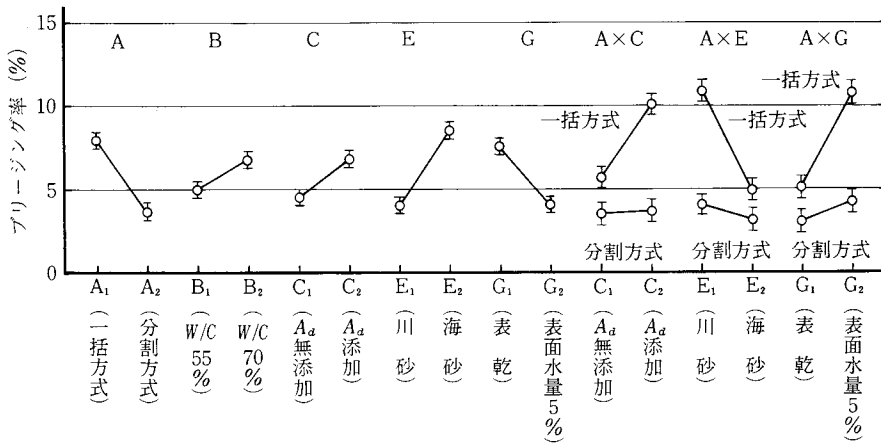
表-3 細骨材の品質

	無処理	処理
海砂	F.M. : 2.45	F.M. : 2.36
	比重: 2.54	比重: 2.54
	吸水率: 2.32%	吸水率: 2.18%
	塩分: 0.052%	塩分: 0.033%
川砂	F.M. : 2.93	F.M. : 2.99
	比重: 2.60	比重: 2.60
	吸水率: 2.45%	吸水率: 2.49%

表-4 分散分析結果(寄与率)

要因	単位水量	ブリージング率
A	9.4**	27.1**
B	12.5**	4.5**
C	—	7.6**
D	—	—
E	1.4**	17.1**
F	73.3**	1.3*
G	—	17.6**
A×B	—	—
A×C	—	6.7**
A×D	—	—
A×E	0.05*	7.0**
A×F	3.3**	—
A×G	—	9.3**
B×C	—	—
D×E	—	—
e	0.05	1.8
T	100.0	100.0

\*\* 1%有意 \* 5%有意



(注) 各点の幅は95%の信頼限界の幅を示す。

図-2 ブリージング率に及ぼす各種要因の影響

る。このことは、分割方式でコンクリートを練り混ぜた場合、同じ水セメント比であればより多くのセメント量が必要とすることを意味しており、その割合は本実験の範囲では2.7～4.0%程度と推定される。

#### 4. ブリージング

コンクリートのブリージングに関してはその指標として、ブリージング量、ブリージング率、単位時間当たりブリージング率等があるが、本文ではブリージング率を取り上げ、その分散分析結果を表-4および図-2に示す。

これらの結果より、有意となった主効果および交互作用のうち、寄与率の高い因子は練り混ぜ方法、細骨材の表面水量、砂の種類、高性能減水剤の添加の有無、水セメント比で、特に前者3因子の影響が大きい。

これらの結果で注目されるのは、練り混ぜ方法および細骨材の表面水量の影響である。すなわち、一括方式より分割方式の方が、また、表乾状態より表面水5%の方がブリージングを約1/2に減少させること、また、分割方式とすると細骨材の表面水量、砂の種類ならびに高性能減水剤の添加の有無による影響を低減させることができることである。このことは、コンクリートの練り混ぜを一括方式とするよりも分割方式とする方がブリージングを低減させるためには望ましい方法であること、また、細骨材は表乾状態で使用するよりもある程度表面水量のあるものを用いた方が良いことを示している。しか

し、実際のプラント等で用いられる細骨材はかなりの表面水量を含んでいることが通例であるから、分割方式でコンクリートを練り混ぜてブリージングを減少させる方法は、本実験で使用したような海砂を用い高性能減水剤を後添加する場合に有効であると考えられる。

なお、遠心力を利用した機械的処理そのものは有意ではなかった。このことは、何らかの方法で細骨材の表面水量を制御すれば良いことを意味している。

#### 5. あとがき

本文では、練り混ぜ方法を変えた場合のコンクリートの単位水量ならびにブリージングについて報告したが、本文でも明らかなように練り混ぜを分割方式で行うことはブリージングの低減に有効である。しかし、特に有効な使用法は、細骨材に海砂を使用する場合や高性能減水剤を後添加する場合である。なお、分割方式を採用した場合には、単位水量を増大させる必要があるので注意が必要である。

今後、さらにコンクリートの強度、ヤング率、乾燥収縮に関する検討を行う予定である。

(1981年4月24日受理)

#### 参考文献

- 1) 伊藤, 辻, 加賀, 山本; セメント・コンクリート No 410, 1981. 4