

コンクリートの練り混ぜ方法に関する基礎的研究 (2)

— 強度とヤング率 —

Effect of Mixing Sequence on Properties of Concrete (2)

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

前報¹⁾では、コンクリートの練り混ぜ方法を変えた場合の単位水量とブリージングについて検討を行った。その結果、練り混ぜ方法を一括方式とするよりも、分割方式とする方が単位水量は若干増大するが、ブリージングは約1/2に減少すること、また細骨材の表面水が5%程度の場合にもブリージングは約1/2に減少することが明らかとなった。

そこで本文では、前報で報告した品質のコンクリートの圧縮強度、引張強度およびヤング率について報告する。

2. 実 験 概 要

実験は、前報¹⁾で報告したものの継続であるため、詳細については省略するが、実験計画法 (L_{16}) によって要因実験を行った。なお、実験で取り上げた要因と水準は表-1のとおりである。

コンクリート供試体は、 $\phi 10 \times 20$ cm (圧縮強度用) および $\phi 15 \times 20$ cm (引張強度用) の2種を用いた。養生方法は水中養生 (20℃) および空中養生 (初期水中養生後、材令7日で20℃、60% R.H. の恒温恒湿室で養生)

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%

* 東京大学生産技術研究所 第5部

とし、材令7日および28日で強度試験を行った。

供試体の個数は1条件に対してそれぞれ3体とし、分散分析では、これらの各供試体から得られたデータは3回の繰り返しと考えて解析した。

なお、ヤング率の測定は、圧縮強度試験時にコンプレッションメーターを用いて行った。

3. 圧 縮 強 度

材令7日および28日における圧縮強度の分散分析結果を表-2および図-1, 2に示す。空中養生を施した場合の圧縮強度は、水中養生した場合とほぼ同様な傾向を示したことから図は省略した。なお、図-1, 2には危険率1%で有意となった要因の影響のみを示す。

これらの結果より次のことが明らかである。

i) 最も寄与率の高い要因は水セメント比である。

ii) 練り混ぜ方法の影響も大きく、水セメント比に次ぐ寄与率を示す。一括練り混ぜ方式に比べ分割練り混ぜ方式はいずれの材令でも高い圧縮強度を示すが、その比率は材令7日で10%、材令28日で7%程度である。

iii) 材令7日では細骨材の種類による影響も大きく、川砂を使用した場合に比べ、海砂を使用すると圧縮強度は約10%大きい。しかし、材令28日では逆に川砂を用いた場合の方が高い圧縮強度となっていることから、海砂を用いた方が強度発現が早いことを示している。

iv) 交互作用で特徴的なことは、練り混ぜ方法と他の要因との交互作用で、いずれの要因の場合にも一括方式に比べ分割方式は強度の変動を制御する役割をはたしている。すなわち、一括方式ではスランプ、細骨材の表面水量、高性能減水剤の添加等により圧縮強度は増減するが、分割方式ではほぼ一定の強度となる。

以上のことから、練り混ぜ方法を従来一般に行われている一括方式から分割方式へ変えると、材令7日で10%、材令28日で7%圧縮強度が増大するとともに強度のパラッキが小さくなると言えよう。しかし、さらに詳細に調べると、分割方式で練り混ぜると全般的にブリージ

表-2 分散分析結果(寄与率)

要因	圧縮強度			引張強度	ヤング率		
	水中養生		空中養生	水中養生	水中養生		空中養生
	材令7日	材令28日	材令28日	材令28日	材令7日	材令28日	材令28日
A (練り混ぜ方法)	5.5**	3.2**	2.3**	—	0.7*	—	—
B (W/C)	79.7**	85.9**	87.0**	82.0**	40.4**	66.4**	49.8**
C (A _d 添加有無)	1.8**	1.2**	1.2**	—	—	2.3**	2.6*
D (砂処理有無)	—	—	—	—	—	—	—
E (細骨材の種類)	4.7**	0.5**	—	—	37.0**	17.3**	9.6**
F (スランプ)	1.1**	0.8**	0.9**	—	4.2**	—	—
G (表面水量)	—	—	0.4*	—	1.9**	—	—
A × B	0.4*	—	—	0.7*	1.8**	—	—
A × C	1.3**	0.9**	—	—	0.8*	—	—
A × D	0.2*	0.5**	0.4*	1.3**	1.3**	1.5**	—
A × E	—	—	—	1.3**	—	—	—
A × F	0.7**	2.5**	1.3**	—	—	—	—
A × G	0.8**	2.2**	2.1**	6.4**	1.9**	—	10.6**
B × C	0.7**	0.3**	—	—	—	—	—
D × E	0.2*	0.6**	—	—	—	—	—
e	2.9	1.4	4.4	8.3	10.0	12.5	27.4
T	100	100	100	100	100	100	100

** 1%有意 * 5%有意

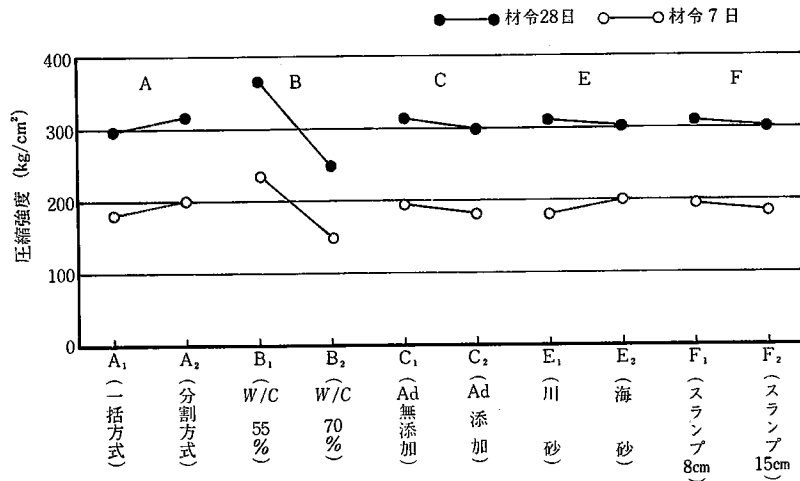


図-1 コンクリートの圧縮強度に及ぼす各種要因の影響(水中養生, 主効果)

グが減少することから、分割方式を採用した場合にバラツキが小さくなる原因は、ブリージングの減少によるものと推定される。すなわち、ブリージングを増大させるような材料や配合を用いる場合には、分割練り混ぜ方式が有効であることを意味している。

注目される点としては、細骨材の表面水量と練り混ぜ方法との交互作用であって、表乾状態の細骨材を用いた場合に比べ、表面水量5%の場合にはほとんど強度差が

なくなることである。すなわち、練り混ぜ方法を一括方式としても細骨材の表面水量を制御すれば、分割方式とほぼ同じ効果が得られており、ブリージング試験の結果とも良い一致を示している。

細骨材として海砂を用いた場合と、川砂を用いた場合とを比較すると、海砂を用いた方が強度発現は早いですが、これは海砂に含まれている塩分の影響によるものと推定される。なお、細骨材の機械的処理の有無は有意となら

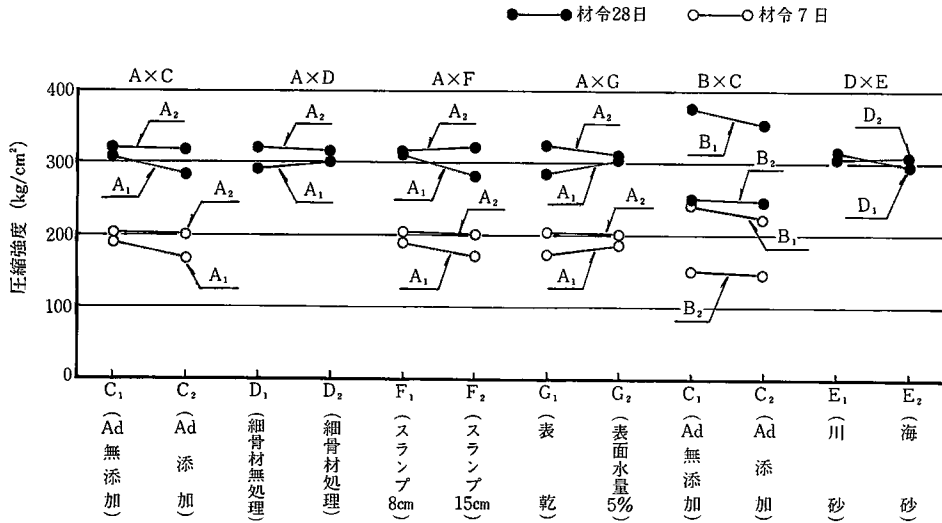


図-2 コンクリートの圧縮強度に及ぼす各種要因の影響 (水中養生, 交互作用)

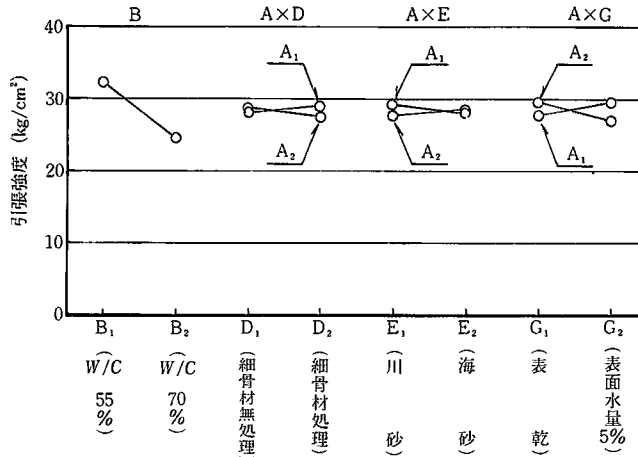


図-3 コンクリートの引張強度に及ぼす各種要因の影響 (水中養生)

なかったことから、塩分量が0.033%~0.052%の範囲では強度に及ぼす影響に差がないものと考えられる。

4. 引張強度

材令28日における引張強度(水中養生)の分散分析結果を表-2および図-3に示す。

これらの結果から次のことが明らかである。

- i) 主効果で有意となったものは水セメント比だけである。
- ii) 交互作用で有意となったものは全て練り混ぜ方法との交互作用であるが、圧縮強度の場合と異なり、必ずしも分割方式が強度のパラツキを小さくするとは言えず、また強度が高いとは言えない。

以上のことから、引張強度に関しては練り混ぜ方法の影響は圧縮強度の場合ほど明確ではなく、特に分割方式を採用する利点は認められない。また、ブリージングの大きな場合ほど引張強度が小さいという傾向も認められず、圧縮強度の傾向と異なっている。このように、引張強度の場合にブリージングの影響が顕著に表れなかった原因としては、引張強度のパラツキが大きいことや、打込み方向と載荷方向が異なっていることなどが考えられるが、本実験の範囲だけでは明らかでない。しかし、練り混ぜ方法を一括方式から分割方式に変えることにより、コンクリートのブリージングが約1/2に減少したこと¹⁾と考えあわせると、この影響は引張強度の場合に、より顕著に表れるはずである。この点については今後試験方法

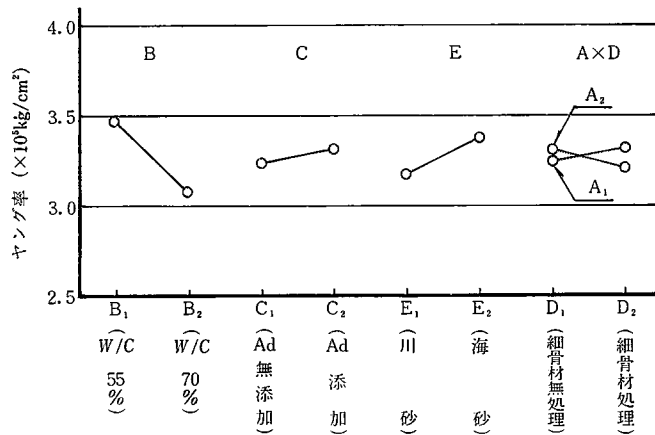


図-4 コンクリートのヤング率に及ぼす各種要因の影響 (水中養生, 材令 28 日)

等をも含めた検討を行う必要があろう。

5. ヤング率

材令 7 日および材令 28 日におけるヤング率の分散分析結果を表-2 および図-4 に示す。空中養生時および材令 7 日におけるヤング率は材令 28 日 (水中養生時) の場合とほぼ同様な傾向を示したため、図は省略する。

これらの結果から次のことが明らかである。

i) 主効果で有意となったものは水セメント比、細骨材の種類および高性能減水剤添加の有無で、練り混ぜ方法は材令 7 日の場合を除き有意とならなかった。

ii) 交互作用で有意となったのは練り混ぜ方法と細骨材の機械的処理の交互作用であるが、一括方式で練り混ぜた場合は処理を施すとヤング率が增大するにもかかわらず分割方式ではその傾向が逆になる。

以上の結果から明らかなように、コンクリートのヤング率に対しては練り混ぜ方法の影響はほとんどないと考えられる。

6. あとがき

本文では、前報に引続き練り混ぜ方法を変えた場合のコンクリート強度ならびにヤング率について報告したが、本文からも明らかなようにコンクリートの練り混ぜ方法を分割方式とすることは、特に圧縮強度のバラツキを少なくする上で有効である。すなわち、ブリージングが大きくなるようなスランプの大きな配合、表乾に近い細骨材の使用、高性能減水剤の後添加等を行う場合には圧縮強度の低下を防止することができる。しかし、練り混ぜ方法のみの効果は、圧縮強度の場合一括方式に比べ分割方式は約 7~10% の増加にとどまる。

なお、引張強度ならびにヤング率に関しては、練り混ぜ方法の違いによる効果があらわれなかった。

今後、さらにコンクリートの乾燥収縮について検討を加える予定である。(1981年7月6日受理)

参考文献

- 1) 魚本, 小林, 星野, 西村: 生産研究 Vol 33, No 8, 1981, 8,

