

類似のコンクリート混和剤には品質差があるか

上 田 通 夫*

DOES ANY SIGNIFICANT DIFFERENCE OF EFFICACY EXIST AMONG VARIOUS KINDS OF CONCRETE ADMIXTURE ?

Michio UEDA

We have various kinds of concrete admixture for like or other purpose. Normal strength with available consistency is wanted in every case. The author projected 2 systems of experiment in orthogonal array; L_{31} (3^{40}), L_{32} (2^{31}), picking up 11 sorts of admixture for various uses, in order to test if clear difference of efficacy exist among them.

The conclusion is abbreviated as follows.

(1) 2 of the 11 made concrete which is a little short in strength, mixing their regular quantity. Both are concrete water proofing substance.

(2) Others do no harm to consistency and some of them increase strength. There is significant difference in efficacy.

(3) Of course, the agency of these admixtures does not concern only consistency and strength, so we cannot evaluate them simply by these data. Scientific scale, which is not found out yet, of fresh concrete is thought to be necessary.

(4) An additional remark; we can obtain almost proper mix for blended cement concrete by replacing the effective water quantity of the standard absolute volume mix for portland cement with that which is fit for the blended cement in the same w/c in weight. In short, lighter cement makes wetter fresh concrete.

目 的

例えば「セメント分散剤」にもいろいろの製品がある。大抵のカタログは、自家製品の優秀性や、その使用によるコンクリート強度増進の説明資料を載せている。実際の使用経験は、それほど取り立て、特徴があるのか、と若干の疑問をいだかせるのである。その資料が、あまり科学性を持たない、形ばかりのものであることも多い。

行なつたのは、多目的の計画実験であるが、上の疑問を解くことをも、一重要課題として含んでいた。本論文は、叙述をその範囲に限定する。

§ 1. 実験の概要

1.1. 実験の規模

主体となるのは L_{31} (3^{40}), L_{32} (2^{31}) の直交配列実験で、混和剤の適量、混合セメントコンクリートの調合等に関する、予備乃至参考試験が附随している。

1.2. 混和剤

AE 剤・分散剤・増強剤・防水剤・凝結遅延剤及びフライアッシュに亘る 11 製品である。うちフライアッシュは参考に加えたので、混入量はセメントの重量 1 割と

し、セメントを絶対容積で等量減じた。以上の諸製品は同一の使用目的を持たないが、共通にいうのは、主目的達成の外にコンクリートが弱くはならないことで、殆んど増強によるセメント節約を謳っている。この一点を捉え、かく異種の混和剤を懸け連らね比較する基盤とする。表題「類似」とは、この広い意味と、同じく分散剤にも製造者別がある、との狭義の解釈を併せ持たせている。

予備実験で求めた混和剤の適量は、7 種は各製品の指示標準量範囲に落ち、2 種のみそれを下廻つた。可否は後に明かになる。

1.3. コンクリート調合

著者提案の「鹿児島県コンクリート標準仕様書」に依り、粉状混和剤と凝結遅延剤の外は、AE 調合を適用した。液状混和剤の多くは、何程か表活剤的特性を付与せられて、生コンクリートの軟度が増すと主張しており、事実は参考試験で凡そ肯定せられたから。

フライアッシュも軟度を増すとされているので、AE 調合を適用する。此の時 (C+F) に対する水比は、比重の関係で原標準調合のほぼ 96% 以下¹⁾ になる。

混合セメントの調合は、有効水量のみをそのセメントの重量基準に置換える。

* 建築学教室

以上の方法に多少の欠点があつたとしても、直交性から他の要因には影響しないし、当該要因に就いては要すれば逆推訂正が可能である。

1.4. 要因・水準・割付

全体を通じ、セメント6、工場5、砂3、粗骨材3、水比3、スランプ3種で、骨材は本県普通のものである。基準にプレインコンクリートを必要とし、混和剤の水準13を、9、4で(プレインはつなぎでダブる)二つの実験に分ける。この割振りは、主に他の実験目的に支配されたのである。

L_{81} (3⁴⁰) に9水準を導入すると3²。外に3因子交互作用を分離しなければならなかつたので3³。直交に盛れず二つが末端交絡したが、三者交互は無効でそのまゝ解析できた。

§2. 解析結果

特性値は、スランプ誤差・コンクリート強度・生コンクリート品質評点で、強度測定は繰返し3。

2.1. L_{81} (3⁴⁰)

資料の大様は発表済²⁾みで、後に補足実験により一部訂正せられた。新しい強度分散分析表³⁾は第1表である。E 要因混和剤の強度差はハッキリしている。

第1表 強度分散分析表

要因	S. S.	d. f.	M. S.	寄与率 (%)
A	3,962	2	1,981**	6.3
B	2,023	2	1,012**	3.5
e_1	4,074	4	1,019**	6.2
C	1,309	2	655**	1.9
D	35,093	2	17,546**	58.6
(一次)	(35,083)	(1)	(35,083**)	
(二次)	(11)	(1)	(11)	
A×D	155	4	39	
(A×D ₁)	(81)	(2)	(41)	
(残)	(74)	(2)	(37)	
E	5,558	8	695**	8.1
F	2,202	2	1,101**	3.4
G	481	2	240	—
e_2 (C×D)	4,907 (557)	55 (4)	89 (139)	12.0
T	59,609	79		100
e	2,765	161	17	

$E_1 \rightarrow E_9$ へ、

402 445 333 590 427 529 628 198 324
水準和は27コの合計、 $e_2=89$ より、水準間の10%⁴⁾有意限界 L_s は、

$$L_s = \sqrt{e_2 \times 27 \times 2} t_{0.10}(\nu) = 69.32 \times 1.673 = 116 \quad E_1$$

(プレイン)を基準に、2, 3, 5, 9をプール平均し、
14.3 (1, 2, 3, 5, 9) 21.8 (4) 19.6 (6) 23.2 (7)
7.3 (8)

有意限界 L_m を求めると、

$$L_m = \sqrt{e_2 \left(\frac{1}{135} + \frac{1}{27} \right)} t_{\alpha}(\nu)$$

$$= 1.99 \times \begin{cases} 2.668 \\ 2.004 \\ 1.673 \end{cases} = \begin{cases} 5.30 (\alpha=0.01) \\ 3.98 (\alpha=0.05) \\ 3.32 (\alpha=0.10) \end{cases}$$

E_4, E_6, E_7 は強く、 E_8 は弱い。

スランプ誤差は(実験値—設計値)で表示する。整数化すれば水準和は、

$$79 \quad -79 \quad 24 \quad -57 \quad 90 \quad 112 \quad 19 \quad 29 \quad -6$$

で、同様の検定によれば、 E_2, E_4 がその他よりスランプし難い。

2.2. L_{32} (2³¹)

これは強度の繰返し測定4、未発表だが資料は省略する。理路に於いて異なるところはない。強度の差は認められぬので、スランプ誤差分散分析表を第2表に示す。E'(混和剤) 要因の差は甚だ有意、 E_1' より順に、

$$16 \quad 4 \quad 17 \quad -116$$

で、第4水準のみかたいことが検出せられた。

第2表 スランプ誤差分散分析表

要因	S. S.	d. f.	M. S.
A'	78	3	26
C'	14	1	14
D'	226	1	226
E'	1,557	3	519**
F'	167	1	167
G'	0	1	0
e	2,336	21	111
T	4,378	31	
e_0	2,428	26	93

2.3. 総括的考察

問題になつた水準を取出すと、第3表のようである。 E_8 迄 L_{81}, E_4' が L_{32} で、実験系列は違う。スランプ誤差の比較基準は、両実験ともプレインコンクリートとそのプール群で。平均を求めると(+0.56)及び(+0.15)cm、実用上一つに見てよい。従つて E_2, E_4, E_4' を同列に軟度小としてよいが、その実値は同表の如く高々-1.5cm だから、実際問題とはならない。

第3表 有意水準

水準	E ₂	E ₄	E ₆	E ₇	E ₈	E _{4'}
スランプ(cm)	-0.88	-0.63				-1.45
強度 (F/K) (%)		(+) .075 11.7	(+) .053 8.2	(+) .089 13.8	(-) .070 10.9	
強度 (F/K) 訂正值 (%)					(-) .053 8.2	

註：強度基準値 $F/K=0.643$

強度は L_{81} にのみ有意なものがある。E₂ は AE 剤で平均空気量 2.7%、一寸少ない目で軟度小の原因と言えるが、実害がない。E₄ の軟度も問題とならぬので、その強度増大は認めてよい。E₆、E₇ は正常軟度且つ強い。E₈ は水比が 1%⁵⁾ 程大なので訂正逆算して水準平均 7.3 は 9.0 となり、なお 5% 有意、1% なら不明となる。1.2 項で述べた、混和量が指定を下廻つた 2 種のうち、E_{4'} のみが第 3 表に挙がつた。指定量としてセメントの 5% とあるのを、予備試験から 3% に押えたが、これ以上の増量は軟度障害の恐れがある。

品質評点とは、目で見えた 10 点満点 0.5 刻みの採点である。この方法は、過去数回試みたが、今回ともども要因効果を検出するに不十分である、と結論される。

§3. 結 論

対象とした混和剤類の使用主目的は種々であるが、正常軟度を前提として強度効果を問題にしないものはないので、それを比較してみたのである。

(1) E_{4'} を除くと、指定標準使用量範囲で、適切な調合法に従えば所期の軟度を得、E₈ の外は強度が低下することはない。E₈ の低下度も軽微である。E_{4'} を指定量用いると軟度不足する、と判断せられる。そこへ加水すれば、若干弱くなる道理である。本実験の使用量では、無害範囲の軟度低下を見た、という結論になる。二者とも防水を主目的とするのは面白い。

(2) E₇ は増強剤といっているが、十分実がある。第 3 表に現われない凝結遅延剤は「強度無害」と称し、そのとおりであつた。たゞ、主目的上使用量が更に増大した場合のことは、保留する。

(3) スランプ誤差及び強度上有意に現われなくとも、コンクリート品質は複雑であつて、混和剤の評定がこれで済むものでは無論ない。眼前生コンクリートの品質には相当のちがひがあるのだが、その評価は成功しなかつた。このことは別論する。

(4) 主目的を軟度及び強度に置く物質でも、製品間に効果の差は存在し、カタログの丸呑みは出来ないことが明かである。まして、特殊目的の製品は、主目的に沿うて批判すべく、万能を期待しないがよい。

(5) 付随的一項を加えると、混合セメントの調査は、ポルトランドセメントの基準絶対容積調合の有効水量を、そのセメントの比重基準に置き換えると、ほゞそのまま妥当する。法則化すれば、

「軽いセメントのコンクリートはよくスランプする」

参考文献及び註

- 註. ポルトランドセメントの時 96%、セメント比重小ならばそれ以下。
- 文献 上田通夫外：セメント種別・砂級別毎のコンクリート水比勾配第二実験 付一混和剤効果（コンクリートの品質・強度に関する多要因総合実験—3）その 1、その 2 日本建築学会九州支部研究報告 第 12 号昭和 38 年 2 月。
- 註. 1 81 回を無作為化する実験は大変なので A×B により群化されている。e₁ は一次誤差で e₂ に基だ有意である。
2 No. 68 の強度特性値は全欠測で推定補足され、その級内変動は別の資料に基づき付与されている。T の自由度は 1 落ちる。他に測定欠測 1 で、e の自由度が 1 落ちる。
- D の変動成分は対比によつて算出されたが、合せて 1 違うのは計算誤差で、ミスプリントではない。
- 実験規模及び第 2 種の過誤を併せ考えて、
5) 指定量を使用すると液体増量 1%、それを大部分水と考えて。