

IV-2 直交配列を用いたダムコンクリートの品質の変動に関する実験

電源南榮 K.K.

正員

渡 部 雅

1. 実験の目的

バッチャープラントでダムコンクリートを練り混ぜる場合、種々の要因によって、コンクリートの品質の変動は極めて複雑なものとなる。これらの変動の原因となる諸要因について、どの要因をどの程度管理すればよいかという問題が十分解決されていなければ、現場におけるコンクリートの品質の管理は十分その成果を得られないであろう。

従来、これらの因子を一つ一つ実験して行く方法がとられる場合が多かった。すなわち、ある一つの因子の条件の影響を精密に知るために、他の因子の条件をすべて固定して特定の条件をいろいろ変化させて実験が行われた。しかるに、これらの因子のすべての条件について実験すれば、その回数が非常に増え、特にダムコンクリートを練り混ぜるバッチャープラントでは、工事を進めながら実験するので、その障害となり、また普遍性を求めにくくなる。実験回数を増さないで、十分な効果を求めるために、いわゆる統計学という実験計画法のうち、高次ラテンオ格、すなわち直交配列を利用して実験した。

ここでは、田子倉ダムの112切バッチャープラントで練り混ぜられたダムコンクリート(単位セメント量140%)を対象とし、各材料の計量誤差、(このバッチャープラントの計量精度は表-1の通り)練り混ぜ時間、ミキサ番号、ミキサ内の位置など11つの因子(それぞれ2水準とした。表-2参照)をとりあげ、直交配列表H₂₁₆にありつけて、実験し、分散分析を行って、これらの因子がコンクリートの品質(特性値は圧縮強度、スランプ、水セメント比)の変動におよぼす影響を検討した。

表-1 バッチャープラントの計量精度

計量器	標準偏差 (%)	信頼限界 (95%の計量誤差%)
セメント	8	±3.1
フライ灰	6	±9.6
水	3	±2.3
砂	25	±3.5
小砂利	12	±2.0
中砂利	14	±2.4
大砂利	19	±3.1
玉石	44	±5.2

2. 実験に用いた材料 (省 略)

3. 実験方法 (省 略)

4. データの解析と検討

砂の表面水が一定のときに、一連の実験を行わなければならないので、これと関連のある水の計量を水準変更の困難な因子としてとりあげ、砂の計量誤差を1次因子、水のそれを2次因子、残りの全部を3次因子とした。他の実験から各因子間の交互作用は、あっても極めて小さいと考えられるので、これを無視し、各因子の主効果だけが解析できるようにありつけた。各実験番号で4回ずつ繰り返し行い、

合計64回となる。主効果だけを問題にしているので、各因子の水準の実験値の合計を求めて分散分析を行った。分散分析表を表-3に示す。各要因の不偏分散を検討して明かに有意でないような要因は誤差変動に入れて分散比の検定を行った。空気量、単位容積重量、粗骨材含有百分率などの特性値は、繰り返し間の誤差が大きく、分散分析が行

表-2 因子と水準

因子	水準
A 計量精度	-3% +3%
B フライ灰	-5% +5%
C 水	-2% +2%
D 砂	-4% +4%
E 小砂利	-4% +4%
F 中砂利	-5% +5%
G 大砂利	-5% +5%
H 玉石	-5% +5%
I 練り混ぜ時間	1.5分 30分
J ミキサの位置	前部 後部
K ミキサ番号	No. X No. Y

えないので、圧縮強度、水セメント比、スランプについて検討すれば次の通りである。

(1) 圧縮強度 5%以下の危険率で、どの要因も有意差が認められない。しかし、平均離心率の全範囲について、また H₂16 の直交配列のように反復数が多い場合、主効果に対して 10% 程度の危険率が妥当である。F 分布表で、 $F_{4(0.10)} = 3.76$, $F_{7(0.10)} = 3.59$ であるからセメント、水の計量誤差のみに 10% の危険率で有意差が認められる。すなわち、水セメント比が圧縮強度に大きな影響があり、ミキサ内の位置や練り混ぜ時間には差がないといえる。64 回の実験値について、材令 91 日の圧縮強度の変動係数は 15% であり、圧縮強度の変動を小さくするには、セメント、水の計量誤差を本実験の水準以下にすることが必要である。この実験の範囲で、コンクリートの圧縮強度の変動係数を 15% 以下にするには、セメントおよび水の計量誤差を 95% の信頼限界で、それぞれ $\pm 1.5\%$, $\pm 1\%$ 程度にすることが望ましく、バッチャープラントの計量機構を改良すべきであり、一例として電子管式計量装置を取付けるのがよいと思う。

(2) 水セメント比 危険率 5% で、セメント、水の計量誤差に有意差があり、(1) と同様のことがいえる。

(3) スランプ 水の計量誤差が高度に有意であり、 $\pm 2\%$ の計量誤差では不十分であることがわかる。またミキサの番号によっても差が認められ、ミキサの方が大きくなる傾向がある。練り混ぜ時間の水準差が影響しているのではないかと思われ、やはりミキサ番号と練り混ぜ時間の交互作用が見出されるようにおりにすべきであった。このようにスランプは、ミキサの配置によって異なるようであるから、バッチャープラントが設備されたとき、このような実験を行って、材料の投入順序、練り混ぜ時間を決定すべきである。

5. あとがき

数台のミキサが配置されるバッチャープラントでは、このように直交配列を利用し、コンクリートの品質の変動におよぼす諸因子を組合せ、配置して、これらの因子の品質の変動に対する寄与率を検討し、使用するべきバッチャープラントの性能を十分把握して、コンクリートの品質管理にあたることを望ましいと思う。

表-3 分散分析表

要 因	材令 28 日 圧 縮 強 度				材令 91 日 圧 縮 強 度				水 セ メ ン ト 比				ス ラ ン プ			
	平方和	自由度	不偏分散	分散比	平方和	自由度	不偏分散	分散比	平方和	自由度	不偏分散	分散比	平方和	自由度	不偏分散	分散比
A セメント	1,801	1	1,801	7.11	4,332	1	4,332	3.68	11,781	1	11,781	6.41*	(128)	1		
B スランプ	776	1	776	3.06	(752)	1			(603)	1			(233)	1		
C 水	1,704	1	1,704	6.74	2,961	1	2,961	2.52	16,335	1	16,335	8.90*	20,276	1	20,276	23.50**
D 砂	(105)	1			(147)	1			(2,888)	1			(785)	1		
E 水砂比	(192)	1			1,989	1	1,989	1.70	6,077	1	6,077	3.31	2,766	1	2,766	3.21
F 中砂利	893	1	893	3.53	(1,553)	1			(66)	1			(815)	1		
G 大砂利	(68)	1			(29)	1			(1,212)	1			(930)	1		
H 玉石	901	1	901	3.56	(1,170)	1			(1,906)	1			(885)	1		
I 練り混ぜ時間	347	1	347	1.37	2,700	1	2,700	2.30	(144)	1			(689)	1		
J の位置	752	1	752	2.97	2,465	1	2,465	2.10	(1)	1			(707)	1		
K の位置	450	1	450	1.78	2,228	1	2,228	1.90	(1,212)	1			5,063	1	5,063	5.85
e	1,406	4			6,908	4			13,999	4			5,200	4		
e'	1,771	7	253		10,559	9	1,173		22,031	12	1,836		11,372	12	864	
T	9,395				27,234				56,224				38,477			

備考 D、圧縮強度は材令 28 日(実験値-50)、材令 91 日(実験値-100)mm、スランプは(実験値)10cm、水セメント比は(実験値)10% で計算した。

2) 各要因の平方和のうち () 内は明かに有意でない要因として誤差変動に入れ、e' とし、分散比を求め、検定した。