

実験計画法による安定処理土の検討について

福岡大学工学部 助教授 正会員 吉田 信夫

○学生会員 稲田 広文

学生会員 澤井 源市

§1 まえがき

本実験は 実験計画法⁽¹⁾を用いて土質試験法 締め固めて作る安定処理土の一軸圧縮試験 を行うものである。

これまでの実験は 関連する因子の中で1因子の水準を動かして特性値の最大値・最小値を求め今動かした変数とその最大値・最小値を出した値に固定し ついで別の因子と変数とみなして特性値の変化を見ると言う1変数実験である。ところがこれらの実験方法で求められた特性値は 因子の水準を固定しているため条件が少し変化するとすぐ再現性がなくなる。また因子間の交互作用の検出も不可能である

したがって本実験では これまでおこなわれてきたセメント量を $4 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 10\%$ に変化させて最適含水比を求め その最適含水比で供試体を作り所要の強度を満足する様なセメント量を決定するという事から離れて ここでは実験計画法の観点からマサ土・セメント・含水比・転炉滓 それらの交互作用のえいきょうを考察し合せて 添加剤としての転炉滓の効果について検討を加えたものである。

§2 試料

2-1 マサ土 マサ土は福岡の金山産を使用した。マサ土の物理的性質・粒径加積曲線は下記の表-1・図-1の通りである。

2-2 セメント セメントは ポルトランドセメントを使用した

2-3 転炉滓 比重 3.276 粒径加積曲線は図-2である。転炉滓は75 μ を通過したもののみを使用した。

§3 実験計画

実験計画法の3水準の直交配列を使用して割り

付ける 水準は マサ土 $4.50g \cdot 5.50g \cdot 6.50g$
セメント $1.5g \cdot 4.0g \cdot 6.5g$
転炉滓 $2.0g \cdot 5.0g \cdot 8.0g$
水(滞留水) $5.0g \cdot 8.5g \cdot 12.0g$

とする。マサ土・セメント・転炉滓 水の割りつけは表-2に示す。

以上の様な割りつけのもとで 実験を27回実施する。

表-1 60 μ 粒径 (mm) 350 2000 μ 以上土粒の比重 γ_s

マサ土の物理的性質	60 μ 粒径 (mm)	350	2000 μ 以上土粒の比重 γ_s
	10 μ 粒径 (mm)	48	液性限界 44%
	均等係数	2.75	塑性限界 35%

図-1 マサ土 粒径加積曲線

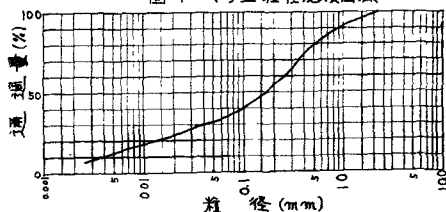
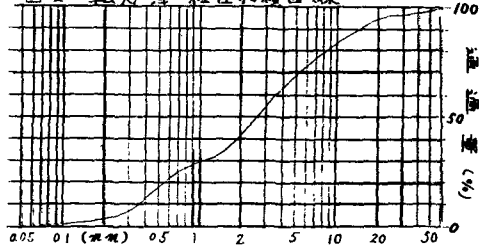


図-2 転炉滓 粒径加積曲線



§4 試験方法

土質試験法に準拠して締め固めて作る安定如理土の一軸圧縮試験をおこなった。

養生は7日とした。また供試体の被覆にはパラフィンワックスを使用し 恒温恒湿室(20℃±2℃・湿度90%以上)に養生

一軸圧縮試験における載荷速度は1分間に供試体の高さの1/200とした。供試体の大きさは 高さ10cm 直径5cm である。

§5 試験結果

5-1 一軸圧縮荷重は表-5に記す

5-2 含水比 供試体作製時のマサ土の含水比は表-3に、一軸圧縮後の供試体の含水比を表-4に記す。

§6 解析法

6-1 因子の主効果の平方和

$$S_{ix} = -(x_{i0}) + (x_{i2}) \text{-----}(1)$$

$$S_{iz} = (x_{i0}) - \{2(x_{i1}) + (x_{i2})\} \text{-----}(2)$$

(1),(2)により

$$S_i = 1/(N/3) \cdot \{(x_{i0})^2 + (x_{i1})^2 + (x_{i2})^2\} - \{(x_{i0}) + (x_{i1}) + (x_{i2})\}^2 / N \text{-----}(3)$$

N: 全測定値の数

x: 測定値 i: 列

6-2 全平方和

$$S_t = \sum S_i = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2 - (x_1 + x_2 + \dots + x_N)^2 / N = \sum_{i=1}^N x_i - \frac{1}{N} \left\{ \sum_{i=1}^N x_i \right\}^2 \text{-----}(4)$$

6-3 交互作用の平方和

交互作用の平方和を S_r とすれば もし因子 A と B に交互作用が存在するならば次式で現わせる。

$$S_r = (S_A) + (S_B) \text{-----}(5)$$

6-4 誤差の平方和

$$S_e = S_t - (\sum S_i + \sum S_r) \text{-----}(6)$$

6-5 誤差分散の推定値

$$s^2 = S_e / dfe \text{-----}(7) \quad (dfe) \text{ 誤差の自由度}$$

6-6 F検定

$$F_i = \{ S_i / dfi \} / s^2 \text{-----}(8) \quad dfi = \text{水準数} - 1$$

因子 I の主効果の検定についてすれば 因子 I の3水準 I_0, I_1, I_2 の間で特性値に及ぼすえいさうに差があるの否かを検定する。

表-2

表-3

表-4

表-5

試 験 順 号	マサ土 単位	水 (1) %	モント (2) %	軽油 (3) %	マサ土の含水比 (4) %	軽油の含水比 (5) %	荷 重 (6) kg
1	450	50	15	20	13.66	10.21	464
2	"	"	40	50	"	9.52	682
3	"	"	65	80	"	9.08	538
4	"	85	15	50	21.35	16.60	363
5	"	"	40	80	"	14.76	977
6	"	"	65	20	"	15.35	1100
7	"	120	15	80	28.93	21.84	133
8	"	"	40	20	"	22.78	520
9	550	"	65	50	"	19.39	655
10	"	50	15	50	11.93	9.56	191
11	"	"	40	80	"	8.84	306
12	"	"	65	20	"	9.33	463
13	"	85	15	80	18.06	14.10	494
14	"	"	40	20	"	14.24	1121
15	"	"	65	50	"	13.16	1034
16	"	120	15	20	23.84	20.90	149
17	"	"	40	50	"	18.85	584
18	"	"	65	80	"	18.51	1161
19	650	50	15	80	10.17	7.75	118
20	"	"	40	20	"	7.15	273
21	"	"	65	50	"	7.96	334
22	"	85	15	20	15.58	13.04	433
23	"	"	40	50	"	12.34	663
24	"	"	65	80	"	11.41	667
25	"	120	15	50	21.07	17.49	185
26	"	"	40	80	"	16.38	649
27	"	"	65	20	"	16.51	1101

6-7 寄与率

$$P = \{ [S_i - (df_i) \times S_e / dfe] / S_T \} \times 100 \quad \text{--- (9)}$$

全体の変動の中でI因子の変動が何%を占めているかを表わす。

6-8 信頼限界

$$R = \pm \sqrt{F_i \times S_e / dfe} / N \quad \text{--- (10)} \quad N: \text{くり返し回数}$$

実験によってプロットされた点の信頼区間

§7 要因分析結果

要因分析結果は表-6に示す。

表-6より、検定の※印は危険率5%で有意である。

寄与率から強度に対して大きい要因はセメント・水・水とセメントの交互作用、マサ土と水の交互作用の順である。

§8 解析結果について

8-1 水の主効果

図-3は水の主効果を示す。

水の主効果は、本実験の他の因子の水準内で

85cc(13~17%)が

広い意味での最適含水比と考えられる。

これは、内田・松本 鬼塚 著のセメント量2~10%の実験における最適含水比と同じ傾向にある。

8-2

セメントの主効果

セメントの主効果につ

いては図-4に示してい

る通りである。

図-4によれば、実験に用いた3水準ではセメント量の増加にしたがい強度は増加する。×強度の増加率はセメント量の増加にしたがってゆるやかになってゆく傾向がみられる。

これは、内田・松本 鬼塚 著と同じ傾向である。

8-3 マサ土と水の交互作用

マサ土と水の交互作用については図-5に示す。

図-5より、含水比の変化を見れば $A_2B_0, A_1B_0, A_0B_0, A_2B_1, A_1B_1, A_0B_1, A_2B_2, A_1B_2, A_0B_2$ の順に含水比は

表-6 要因分析表

要因	S_i	S_i'	df	F	$P_{0.05} \pm R$
1 マサ土	81233	81233	2	4.03	2.2 ±82
2 水	674021	674021	2	33.47*	23.3 "
5 セメント	1208471	1208471	2	60.00*	42.3 "
9 実験誤差	49557	49557	2	2.46	1.0 "
3 マサ土・水	31685	309818	4	7.69*	9.6 ±142
4	278133				
6 水・セメント	1478	79511	4	1.97	1.4 "
12	78033				
8 水・セメント	52782	349276	4	8.67*	11.0 "
11	296494				
7	41745				
10 e	10737	60420	6		9.2
13	7943				

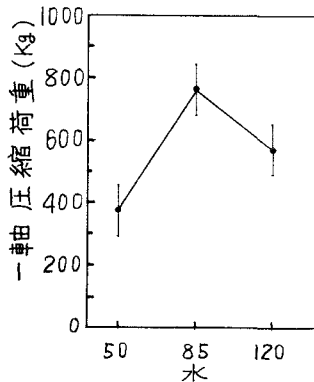


図-3 水の主効果

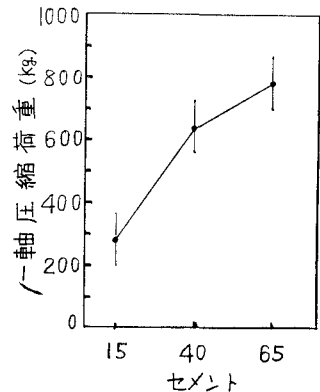


図-4 セメントの主効果

増加する。

したがって マサ土
と水の交互作用におけ
る最適含水量なるもの
は A_1B_1 である。

8-4

セメントと水の交互
作用

セメントと水の交互
作用は図-6に示す。

セメントと水との割
合は 本実験の水準内

にありては B_1 の水量が適当である。しかしセメント量 $65g$ にありては水の水準を B_2 より増せば
 C_2 にありても最大値が見られるであろう。

§9 結論

本実験の安定処理土の 強度に大きい違いを与えるのは割合率の高い セメントノ水とセメ
ントノ水ノマサ土と水である。

またマサ土の主効果が有意でないのは 本実験のマサ土の水準の差が小さかったのか マサ土の本
質的な性質のいづれかであるか現段階では明らかでない。

解析に用いた測定値の値は8個の供試体を作りその平均を取った値であるが 次回はこの8個の
測定値を考慮した解析結果について報告する。

謝意 本実験に当っては 松田有弘・井久保均 両氏に種々御協力を戴き 深く謝意を表します。

参考文献

- (1) 田中玄一 実験計画法 (以下)
- (2) 内田・松本鬼塚 オート国土質工學研究発表会…福岡市周辺のマサ土について
- (3) 土質学会 土質試験法

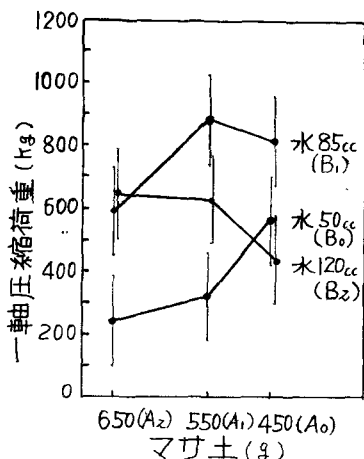


図-5 マサ土・水の交互作用

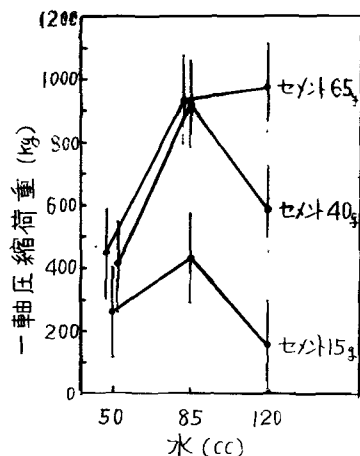


図-6 水・セメントの交互作用