

V-1 浄化汚泥のコンクリート固化

北海道工業大学

正員 犬塚 雅生

"

正員 堀口 敬

"

正員 原田 勝男

"

学生員 ○松浦 進

"

学生員 田中 隆幸

1 まえがき

現在、上水道の浄水過程に発生する、いわゆる上水汚泥の処理方法が問題となりつつある。川への放流、海岸埋立、天日乾燥、場外搬出など考えられているがいずれも現在の処理方法では問題点が多い。

本研究は、処理材として天然軽量骨材を利用することを試みたものである。即ちこの軽量骨材の良好な吸水性、経済性等の利点を利用することである。これにより、上水汚泥のコンクリート固化処理を行なうことに関して実験を重ねた。実験手順として、実験Ⅰ及び実験Ⅱのシリーズによって行なった。実験Ⅰは、混練りの作業性から水量を定め、実験Ⅱでは、フロー試験値を一定とする水量を求めることを主眼とした。

2 実験方法

実験に当っては、実験計画法に基づき完全直交表を使用した。三要因三水準とした。要因として取り上げたものは前処理時間（吸水量が吸水時間により、決まる可能性があると考えた。従って混合後放置した時間）、軽量骨材と汚泥との混合比、セメント量（単位体積当りの重量）とした。水準の決定に当っては、資料Ⅰの実験結果及び予備実験からそれぞれ次の水準とした。前処理時間（0^分、24^分、168^分）、セメント量（250^g、300^g、350^g）、軽量骨材と汚泥との混合比（1:2、1:1、2:1）とした。養生においても同様に20℃恒温養生とした。水の混入量は、実験Ⅰにおいては作業性から適当量を加減し、実験Ⅱではフロー試験値を一定にすることより混入量を決定した。

打ち込み方法は、直径10^{cm}、高さ20^{cm}の円筒状試体を用い三層に分けた。空気を防ぐため側面よりバイブレーターをあてた。強度は2週間強度を測定した。

使用材料は、普通ポルトランドセメント。汚泥は札幌白川浄水場より得たものである。この汚泥の含水状態は実験Ⅰにおいては含水比が約650%に、実験Ⅱにおいてはフロー試験値を一定とするため約500%に保った。比重はそれぞれ1.13、1.15であった。軽量骨材は苫小牧付近の地下1~2^m程度から採取した。その使用粒径は10~2.5^{mm}、その比重は2.39である。これらは絶乾状態において使用した。塩化カルシウム。

要因 No	時間	セメント量	汚泥: 骨材
1	0	250	1:2
2			1:1
3			2:1
4		300	1:2
5			1:1
6			2:1
7		350	1:2
8			1:1
9			2:1
10	24	350	1:2
11			1:1
12			2:1
13		250	1:2
14			1:1
15			2:1
16		300	1:2
17			1:1
18			2:1
19	168	350	1:2
20			1:1
21			2:1
22		300	1:2
23			1:1
24			2:1
25		250	1:2
26			1:1
27			2:1

表-1 割つけ表

3 実験結果 表-2 実験結果

No	実験 I	
	圧縮強度 (kg/cm^2)	水量 (cc)
1	44.09	750
2	35.69	250
3	27.58	0
4	55.05	900
5	44.85	300
6	39.65	0
7	71.50	1050
8	59.41	350
9	46.30	0
10	81.61	875
11	60.00	350
12	49.06	0
13	44.40	625
14	24.43	250
15	18.82	0
16	59.96	750
17	41.35	300
18	32.34	0
19	56.00	600
20	47.18	300
21	36.57	0
22	66.29	700
23	65.34	350
24	52.26	0
25	48.35	500
26	45.98	250
27	29.29	0

表-3 分散分析表 I - 圧縮強度

要因	S^2	ϕ	V	F	P	
A 時間	72	2	35.9	2.84	1	
B セメント量	3056	2	1528.9	121.12	56	**
C 汚泥:骨材	2123	2	1061.5	84.10	39	**
A×B 交互作用	181	4	45.3	3.59	2	
A×C 交互作用	137	4	12.6	2.72	1	
e 残差	151	12			1	

F分布の1%はF分布表より

$$F(2, 12: 0.01) = 6.93$$

F分布の5%はF分布表より

$$F(2, 12: 0.05) = 3.88$$

となりから、要因B(セメント量)、要因C(汚泥:骨材)が危険率1%で有意となる。他の要因は危険率1%でも有意とならない。

S^2 : 平方和
 ϕ : 自由度
V: 平均平方和
F: 分散比
P: 因子寄与率

表-4 分散分析表 I - 水量

要因	S^2	ϕ	V	F	P	
A 時間	45000	2	22500.0	185.83	2	**
B セメント量	60552	2	30272.0	250.05	2	**
C 汚泥:骨材	2565000	2	1282500.0	10592.17	93	**
A×B 交互作用	1531	4	382.8	3.16	0	
A×C 交互作用	90000	4	22500.0	185.83	2	**
B×C 交互作用	48198	4	12049.5	99.52	1	**
e 残差	969	8	121.1		0	

F分布の1%はF分布表より

$$F(2, 8: 0.01) = 8.65$$

F分布の5%はF分布表より

$$F(2, 8: 0.05) = 4.46$$

となりから、要因A×B(交互作用)が危険率5%で有意とならない。他の要因は危険率1%でも有意となる。

表-5 分散分析表 I - フロ-試験値

要因	S^2	ϕ	V	F	P	
A 時間	46	2	23.2	69.55	8	**
B セメント量	6	2	2.9	8.78	1	**
C 汚泥:骨材	520	2	260.2	779.99	87	**
A×B 交互作用	9	4	2.1	6.40	1	*
A×C 交互作用	29	4	7.2	21.46	1	**
B×C 交互作用	12	4	3.1	9.17	2	**
e 残差	3	8	0.3		1	

要因A×B(交互作用)が危険率1%で有意とならない。他の要因は危険率1%でも有意となる。

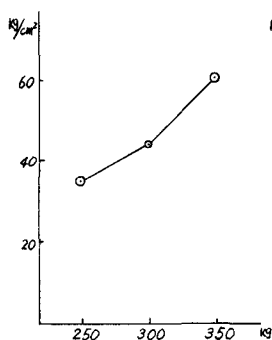


図 - 1

セメント量の主効果グラフ

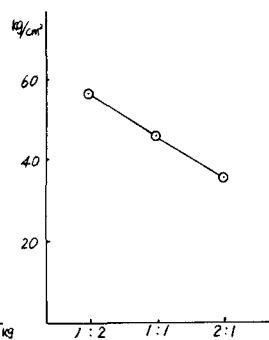


図 - 2

汚泥：骨材の主効果グラフ

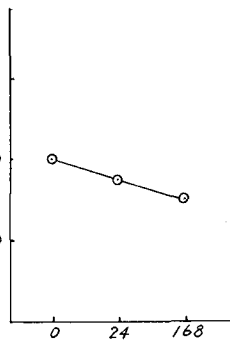


図 - 3

水と時間の主効果グラフ

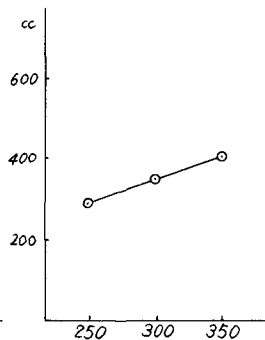


図 - 4

水とセメント量の主効果グラフ

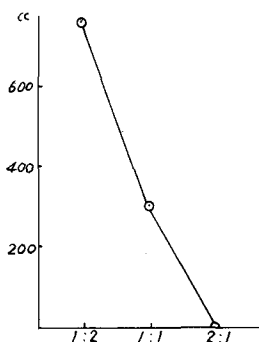


図 - 5

水と汚泥：骨材の主効果グラフ

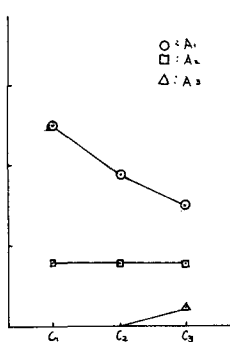


図 - 6

時間と汚泥：骨材との交互作用図

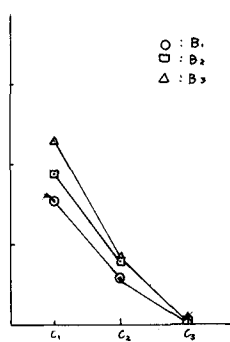


図 - 7

セメント量と汚泥：骨材との交互作用図

表 - 6 実験結果

No	実験 II	
	圧縮強度 (kg/cm²)	水量 (cc)
1	39.222	1000
2	37.84	375
3	34.23	0
4	55.98	1200
5	47.65	450
6	43.90	0
7	65.35	1400
8	60.40	525
9	49.70	0
10	77.33	1225
11	58.62	350
12	51.01	0
13	43.09	875
14	30.15	250
15	20.39	0
16	59.20	1050
17	50.15	300
18	35.85	0
19	54.72	900
20	48.74	450
21	40.60	150
22	72.46	1050
23	56.23	525
24	48.39	175
25	42.60	750
26	37.46	375
27	34.66	125

表 - 7 分散分析表 II - 圧縮強度

要因	S²	φ	V	F	p	
B セメント量	2267	2	1333.6	143.36	65	**
C 汚泥：骨材	1288	2	644.0	69.22	31	**
AxB 交互作用	103	4	25.7	2.75	1	
AxC 交互作用	117	4	29.3	3.15	1	
BxC 交互作用	82	4	20.6	2.21	1	
e 残差	93	10	9.3		1	

F分布の1%はF分布表より

$$F(2, 10 : 0.01) = 7.56$$

F分布の5%はF分布表より

$$F(2, 10 : 0.05) = 4.10$$

となるから、要因 AxB, AxC, BxC (交互作用) は有意とならない。

表 - 8 分散分析表 II - 水量

要因	S²	φ	V	F	p	
A 時間	45000	2	22500.0	64.83	1	**
B セメント量	124990	2	62495.0	180.08	3	**
C 汚泥：骨材	4635000	2	2317500.0	6677.85	93	**
AxC 交互作用	180000	4	45000.0	129.67	2	**
BxC 交互作用	85846	4	21461.4	61.84	1	**
e 残差	4165	12	347.0		0	

F分布の1%はF分布表より

$$F(2.12:0.01) = 6.93$$

F分布の5%はF分布表より

$$F(2.12:0.05) = 3.89$$

となるから、要因AB(交互作用)は、1%、5%で有意とならない。他の要因は1%でも有意となる。

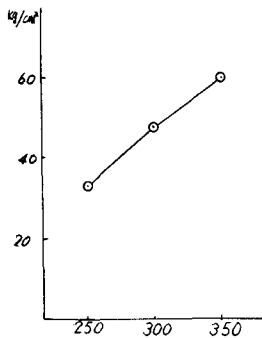


図 - 8

セメント量の主効果グラフ

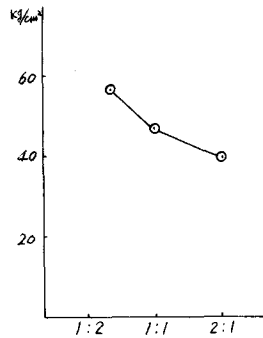


図 - 9

汚泥:骨材の主効果グラフ

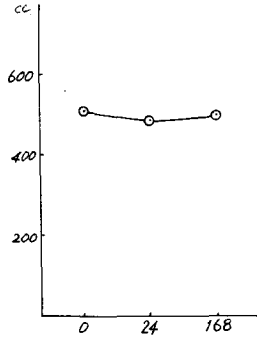


図 - 10

水と時間の主効果グラフ

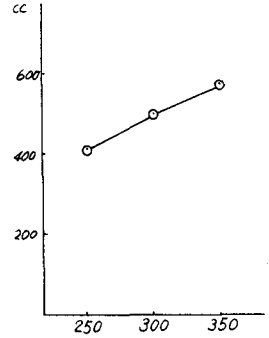


図 - 11

水とセメント量の主効果グラフ

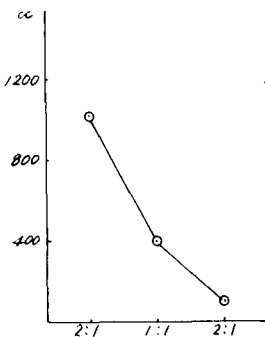


図 - 12

水と汚泥:骨材の主効果グラフ

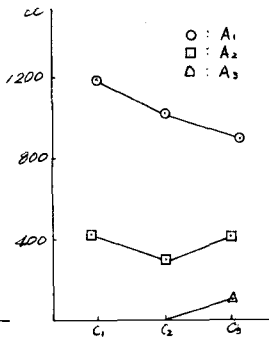


図 - 13

時間と汚泥:骨材の交互作用図

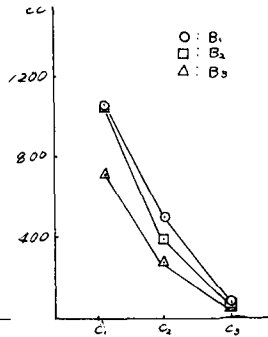


図 - 14

セメント量と汚泥:骨材の交互作用図

4 まとめ

以上の2シリーズの実験の結果により、ここで取り上げた水準範囲では汚泥と軽量骨材との前処理時間は強度への影響が認められなかった。セメント量については、固化の下限は本実験の枠内で約250 kg/m^3 程度と考えられる。固化が行なわれるための汚泥最大混入量は、セメント重量を基準としたとき約340%程度である。これ以上混入すると固化しないか、固化しても著しく強度が低下すると考えられる。

作業の目安となる混合物のフロー試験値は、汚泥と軽量骨材との前処理時間の影響をあまり受けない。

汚泥の固化による最大処理量は、全体の74%(体積比)程度である。

5 参考資料

大塚雅生、堀口 敬他 土木学会北海道支部 論文報告集 昭和52年度 第34号P129