

広島工業大学 鈴木 健夫  
 呉工業高等専門学校 小堀 慈久  
 株式会社 レールテック 沖井 善晴  
 株式会社 ケイ・エム調査設計 ○新宮 正也

1) はじめに

この研究は、瀬戸内海の砂採取跡の窪地に採取してきた浚渫土をリサイクルし、海水汚濁防止材、環境浄化材、構造用材として利用することが目的である。実験では、砂採取跡の窪地を修復する為の材料の適正を試験し、浸水実験用供試体の作成及び物理試験を行うものとする。

2) 実験方法

○三軸圧縮試験：供試体寸法は高さ H=10cm、直径 D=5cm、背圧  $u_b=100$  で固定し、セル圧  $\sigma_3=150, 200, 250$  で行い、軸ひずみ速度  $V_\epsilon=0.125\text{mm/min}$  で変位量が 15%に達すれば終了する。間隙水圧計、荷重計の値を測定する。飽和度  $S_r$  は 96%であった。

○液性限界試験：落下回数 25 回の時、溝の底部が長さ 1.5cm にわたり合流する時の含水比を求める。

○塑性限界試験：液性限界試験で用いた試料を使い、硝子板上で転がし、直径 3mm の時に切れぎれになる時の含水比を求める。

○モルタル強度試験：圧縮強度試験の予備試験であり、配合設計を決定するために、配合の違うモルタルを 4 種類作成し、アムスラー万能試験機により曲げ強度、圧縮強度を求めた。(寸法：4cm×4cm×15cm)

○圧縮強度試験：モルタル強度試験の結果より配合設計を決め、材齢 28 日程度、60 日程度、90 日程度で圧縮試験を行った。(寸法：高さ 20cm、直径 10cm)

3) 結果及び考察

液性限界試験での実験結果を見ると、高含水比で実験が行われていたことが分かる。今回使用した粘土は、水分をよく吸い含水率も高いものとなるのだが、水に溶解しにくく、水を大量に加えた場合、よく練り込まなければ部分的に粘土が玉となって残る可能性が高い。

塑性限界試験では、この粘土がひどく乾燥には弱い粘土だということが分かる。試料中の塩分は粘着力だけでなく、圧縮強度や流動性にも大きな影響を及ぼしているため、通常粘土より多く水分を含んでおり、塩分濃度が低下すれば脆くなることが推測できる。

モルタル強度試験では、セメント混入量 40g、60g、100g、200g

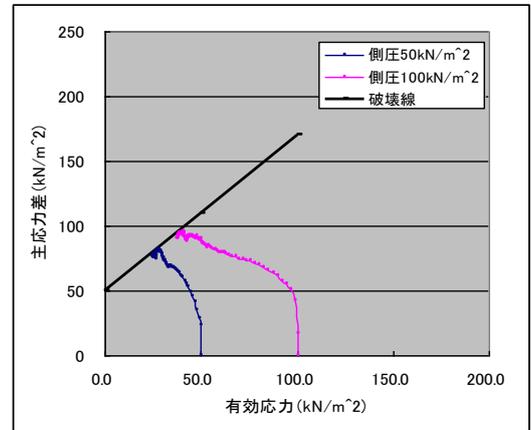


図-1 三軸圧縮試験：有効応力経路

表-1 三軸圧縮試験：強度定数計算結果

$f'_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	50.0
$m_o$ (-)	1.2
$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	16.9
$\phi'$ (°)	22.0

表-2 液性限界試験

シャーレ名	1	2	3	4	5
シャーレ質量 (g)	26.71	7.62	27.31	6.64	6.85
打撃回数 (回)	20	25	34	40	50
シャ+砂質量 (g)	35.52	12.53	36.05	12.03	14.61
シャ+砂 乾燥後質量 (g)	30.64	9.82	31.28	9.14	10.4
含水比 (%)	124.17	123.18	120.15	115.60	118.59
液性限界 (%)	122.40				

表-3 塑性限界試験

シャーレ名	1	2	3
シャーレ質量 (g)	7.48	7.04	7
シャ+砂質量 (g)	9.02	7.81	8.7
シャ+砂 乾燥後質量 (g)	8.44	7.54	8.06
含水比 (%)	60.42	54.00	60.38
塑性限界 (%)	58.26		

表-4 モルタル強度試験：配合設計

供試体名	セメント (g)	細骨材 (g)	粘土 (g)	水 (g)
セメントモルタル	520	1040		338
粘土モルタル①	40		1000	642
粘土モルタル②	60		1000	674
粘土モルタル③	100		1000	695
粘土モルタル④	200		1000	725

で作成した。曲げ強度は一般的なセメントモルタルに比べ 1/5 程度しかない。圧縮強度では、セメント混入量 40g が 1/4 程度の強度だったのを除けば、残りの供試体は 1/2 以上の強度が出ている。破断面は供試体中央付近が湿り気を帯びており、乾燥すると表層部がひび割れを起こし始める。セメント混入量 100g 未満の供試体、つまり粘土とセメントの割合が 100:1 以下では、室温での保存・構造物へのほぼ不可能であると考えられる。以上のことより、圧縮強度試験に用いる配合は、セメント混入量 100g 以上を基準に配合設計を行い、より硬化を促進するために複数の混和材や凝集剤を用い、最適セメント量を検討するものとする。

圧縮強度試験用に作成した供試体でのセメントの割合は、2～3%程度と微小なもので水中養生による強度増加はあまり望めない。事実、強度的にはあまり改善はされていない。供試体によっては供試体表面が溶解し始めた。また、供試体表面の溶解及び強度低下はみられないものでも、ほとんどの供試体において膨張が確認された。供試体を大気中に放置した場合、急激な乾燥に伴い供試体表面の異常なほどの乾燥ひび割れ、供試体の収縮量が激しいためか、せん断破壊のようなひび割れが生じていた。粘土が主成分のためセメント量を多くしたとしても、数週間間で形状を保つことが難しくなることが実験により確認された。

#### 4) まとめ

○材料特性：粘土中の塩分が粘着力の増加、圧縮強度の増加、流動性の低下、含水比の上昇等に幅広く影響していると考えられる。

○配合計算による特性：混和材や凝集剤の混入による圧縮強度変化はあまり感じられないが、強度が低くても供試体表面上の硬化の促進は確認できた。

○土質としての特性：水中養生では、供試体の膨張、セメント混入量が低い場合は水中養生中に表面が溶解し始めることが確認された。大気中での維持は非常に困難であるため、屋外での構造物には利用しがたいが、道路の路床板としてや止水壁として土中で利用ができる可能性はあるため、更なる検討の必要がある。

#### 参考文献

- ・ 社団法人 地盤工学会：「土質試験 基本と手引き」
- ・ 坂上 越朗・川上 行雄 共著：「灰から生まれる宝物のはなし」
- ・ 土木材料実験教育研究会 編：「新示方書による土木材料実験法」
- ・ 呉地域海洋環境プロジェクト創出研究会：「実験施設使用申込書」

表－5 モルタル強度試験：最大曲げ強度

供試体名	最大曲げ強度(N)			
	1本目	2本目	3本目	平均
セメントモルタル	1400	1920	1760	1693
粘土モルタル①	280	280	280	280
粘土モルタル②	280	280	280	280
粘土モルタル③	300	300	300	300
粘土モルタル④	300	300	300	300

表－6 モルタル強度試験：最大圧縮強度

供試体名	最大圧縮強度(N)			
	1本目	2本目	3本目	平均
セメントモルタル	2020	1800	1980	1933
粘土モルタル①	560	580	540	560
粘土モルタル②	1080	1000	1040	1040
粘土モルタル③	1540	1500	1540	1527
粘土モルタル④	1700	1500	1500	1567

表－7 圧縮強度試験：配合設計(07年11月)

供試体番号	粘土(g)	水(ml)	セメント(g)	ゼオライト(g)	本数
①	6600	1700	600	30(Fe)	6
②	6600	1700	300	30(Ca)	6
③	6600	1700	150	30(Na)	6
供試体番号	粘土(g)	水(ml)	セメント(g)	フライアッシュ(g)	本数
④	6600	1700	100	50	3
⑤	6600	1700	100	100	3
⑥	6600	1700	200	100	3
⑦	6600	1700	200	150	3
⑧	6600	1700	300	300	3
⑨	6600	1700	300	400	3

表－8 圧縮強度試験：配合設計(07年12月)

供試体番号	粘土(g)	水(ml)	セメント(g)	CO <sub>2</sub> (g)	1分間のCO <sub>2</sub> 流入量(L/min)	本数
<1>	6600	1700	400	20	11	3
<2>	6600	1700	400	20	11	3
<3>	6600	1700	600	30	17	3
<4>	6600	1700	600	30	17	3
<5>	6600	1700	200	10	5	3
<6>	6600	1700	200	10	5	3
供試体番号	粘土(g)	水(ml)	セメント(g)	凝集剤(g)		本数
<7>	6600	1700	400	30		3
<8>	6600	1700	400	15		3
<9>	6600	1700	400	5		3

表－9 圧縮強度試験：最大強度(07年11月)

供試体番号	材齢約60日		材齢90日	
	最大荷重(kN)		最大荷重(kN)	
①	16.75		15.40	
②	4.82		5.51	
③	1.50		1.72	
④	2.03		1.52	
⑤	4.58		4.68	
⑥	4.38		3.50	

表－10 圧縮強度試験：最大強度(07年12月)

供試体番号	最大荷重(kN)
<1>	4.92
<3>	9.14
<5>	1.05
<7>	5.04
<8>	4.54
<9>	5.18