

III-277

ソイルモルタルの長期安定性調査の一事例

鹿島技術研究所 正員 ○深沢栄造

同上 正員 栗原宏武

同上 正員 八 鍛 昇

1. まえがき

ソイルモルタル（土＋固化材＋水の混合・固結物）は、軟弱土の表層・深層の安定処理、道路路盤、構造物基礎地盤、構造物周辺埋め戻し等への適用、さらには沖合人工島の築島材への利用等、近年益々応用範囲を広げて利用されてきている。これら実工事に適用したソイルモルタルの長期の安定性については、幾つかの研究機関で調査研究が行われている^{1)~4)}など、が、まだ、研究の数も少なく、不明の点が残されている。筆者らは、ソイルモルタルの長期安定性を明らかにすることを目標として実験的研究を進めている⁵⁾。研究は、ソイルモルタルの施工環境下における、長期安定性に影響を及ぼすと思われる外的、内的要因を洗い出し、室内試験及び現場実験を行い、その長期安定性について検討を行っている。今回、実際工事に施工された12年から14年経過したソイルモルタル材料について、現地においてコア・サンプリングを行い、強度、変形特性及び、水和反応生成物を調べ、長期の安定性について検討を行った。この検討結果について報告する。

2. 調査対象のソイルモルタル材料

調査対象のソイルモルタル材料は、1979年に、地中止水壁材料として施工した、“泥水固化止水壁材料”と、1977～81年に施工した“地下空洞充填材料”である。これら材料の配合及び、施工当時の物理・力学特性を表-1に示す。泥水固化止水壁材料は、壁厚60cm、深さ12mで、玉石混じりのレキ層地盤に施工したものである⁷⁾。目標物性は、一軸圧縮強さで5kg/cm²以上、透水係数で10⁻⁶cm/sec以下である。地下空洞充填材料は、産業副産物である粘土、砂（陶器工場の副産物）及び排煙脱硫石膏に、消石灰を添加混合しスラリー状にして、鉱山の廃坑にポンプ圧送・充填したものである⁸⁾。この材料の目標強さは、0.5kg/cm²以上である。調査・試験項目を、表-2に示す。

3. 調査結果及び結果の検討

各材料の物理・力学試験結果を表-3～4に、長期時間経過に伴う一軸圧縮強さ、変形係数及び、透水係数の変化を図-1に示す。また、泥水固化止水壁体の深さ方向の長期物性値の変化を図-2に、地下空洞充填材料のX線回折結果を図-3に示す。これらの結果から、次のようなことが言える。

①泥水固化止水壁材料は、施工後14年経過で、含水比及び湿潤密度は施工当時の値とほとんど変化はないが、一軸圧縮強さは、施工当時の値に比べて約4倍、変形係数は約6倍程度大きくなっている。また、透水係数は施工後28日経過で5×10⁻⁷cm/secの値が、8×10⁻⁸cm/secと小さくなっている（表-3、図-1.2）。

②地下空洞充填材料は、施工後12年経過で、含水比及び湿潤密度は、施工当時とほとんど変化はないが、一軸圧縮強さは、施工時の約5倍（7年経過調査時の約2.5倍）の値となっている。また、変形係数も約7倍

表-1 長期安定性検討ソイルモルタルの配合・物性

泥水 固化	泥水 1 m ³ 当たり, kg.				密度 $\frac{1}{m^3}$	77 ポ ン グ (秒)	プ ラ ン グ (%)	qu (kgf/cm ²) ^{***}		
	セ メ ン ト	固化材 [*]		水				28日	91日	5年
		64	165							
					1.14	40	3	6.0	8.9	17.7

空洞 充てん	充てん材 1 m ³ 当たり, kg.					密度 $\frac{1}{m^3}$	P o r t 7 0 - ポ ン グ (秒)	プ ラ ン グ (%)	qu (kgf/cm ²) ^{***}		
	粘 土	砂	石 膏 ^{**}	石 灰	水				56日	3年	7年
						1.36	13	15	0.9	1.3	1.8

* 高炉セメント系固化材。

** 排煙脱硫石膏。

*** 一軸圧縮強さ

文献7)～9)。

表-2 長期安定性調査時期・項目

調査対象ソイルモルタル	施工時期	調査年数(年)	調査・試験項目
泥水固化止水壁	1979年	5, 14	◆ 一軸圧縮試験 ◆ X線回折 ◆ 電顕観察 ◆ 化学分析
地下空洞充てん材	1981年	3, 7, 12	

(注) 3, 5, 7年の調査は実施済み、8)～9)に示す。

表-3 泥水固化止水壁材料の長期物性試験

項目	試験時期		1979	1984	1993
	経過時間		28日	5年	14年
土粒子の密度	G _s	—	2.69	—	2.72
自然含水比	W _n	%	193	183	180
粒度	砂分	—	22	—	16
	3/4分以下	—	78	—	84
湿潤密度	ρ _t	1/m ³	1.16	1.20	1.21
一軸圧縮強さ	qu	kg/cm ²	6.0	17.7	21.4
変形係数	E ₅₀	kg/cm ²	590	3,400	3,800
透水係数	k	cm/sec	5×10 ⁻⁷	—	8×10 ⁻⁸

（7年経過調査時の約4倍）と大きな値となっている（表-4、図-1）。

③地下空洞充填材料の水和生成物の生成状況は、X線回折結果から、エトリンガイトが大量に生成されていることが確認された（図-3）。このエトリンガイトの生成状況は、3年経過試料の回折結果と比べると、12年経過試料の回折で回折線強度がさらに伸びている。このことは、表-4、図-1の強度の伸びを見ても、3年から12年の間に強度の伸びが大きく出ており、エトリンガイトの生成が長期に亘って行われたものと思われる。このように、エトリンガイトの生成が長期に亘って行われた理由は、この工事では、エトリンガイトの生成源であるアルミナ源に粘土材料を用いているために、エトリンガイトを積極的に生成させるセメント系固化材に比べて、水和反応に対する活性が低く、ゆっくりとした水和反応が行われたものと推定される。

今回の調査の結果から、調査対象のソイルモルタルは、長期に亘って強度発現していることが確認された。また、水和反応生成物の生成も長期に亘って行われていることが確認され、十分、健全であることが分かった。一軸圧縮強さが、施工時に比べて、3～5倍と大きな値が得られたが、このような強度発現傾向は、既に発表されている研究結果^{1)~3)}でも報告されており、土の中に固化材を添加・混合した土質安定処理土の強度発現は、長期に亘って伸びていく傾向を示すようである。

4. あとがき

以上、12～14年経過したソイルモルタルの長期安定性について、現地ボーリング調査を行い採取試料の強度、水和生成物等について調べた。その結果、ソイルモルタルは十分に強度発現を示し健全であることが分かった。今後も、この種の調査を継続実施して、ソイルモルタルの長期安定性について確認・評価できるデータを収集していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 吉田・久野・片岡：浅層改良地盤の15年後の追跡調査、第27回土質工学会発表会、1992.2
- 2) 寺師・北詰：締め固めを伴わない石灰安定処理土の耐久性調査の一事例、第27回土質工学会発表会、1992.3
- 3) 恒松・石谷・窪木：セメント系固化材を用いた改良地盤における長期耐久性について、第45回セメント技術大会講演集、1991.4
- 4) 下田・山本・中村・岡田：生石灰表層処理安定処理土の長期耐久性、第25回土質工学会発表会、1990.5
- 5) 深沢・栗原・戸田：ソイルモルタルの長期安定性に関する室内試験例、第22回土質工学会発表会、1987.6
- 6) 岸・西岡・野尻・栗原・深沢：人工軟弱材料の開発、土木学会論文集、第421号、IV-13、1990.7
- 7) 栗原・深沢：安定凝固体の諸特性について、基礎工、1984.8
- 8) 栗原：セメントパチルス生成を利用した坑内充填、全国資源開発学協会、合同秋季大会、1978.9
- 9) 鹿島建設機：セメントパチルス固化材のチェックボーリング調査結果報告書、昭和59年5月。

表-4 地下空洞充てん材料の長期物性試験結果

項目		試験時期 経過時間	1981	1984	1988	1993	
		56日	3年	7年	12年		
土粒子の密度		Gs	—	2.73	—	2.70	
自然含水比		Wn	%	90	92	87	94
粒度	砂分	—	%	38	—	—	32
	200μm以下	—	%	62	—	—	68
湿潤密度		Pt	1/m ³	1.48	1.50	1.51	1.50
一軸圧縮強さ		qu	kg/cm ²	0.9	1.3	1.8	5.0
変形係数		Eso	kg/cm ²	90	96	170	680
透水係数		k	cm/sec	3×10 ⁻⁶	2×10 ⁻⁶	4×10 ⁻⁶	—

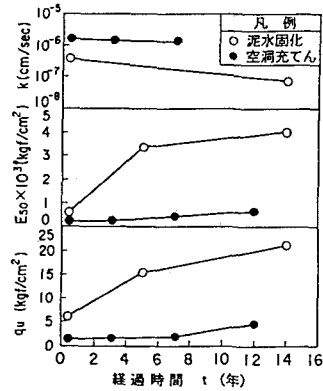


図-1 長期時間経過のqu, Eso, k

凡例	○印 28日、●印 5年、×印 14年
GL (m)	100 200 300
Wn (%)	1.1 1.2 1.3
Pt (t/m ³)	0 10 20 30
qu (kg/cm ²)	0 10 20 30
Eso (kg/cm ²)	0 2000 4000
k (cm/sec)	10 ⁻⁶ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁴
止水壁深さ=11.7m	
平均	28日 ○ 193 ● 183 × 180
5年	○ 1.16 ● 1.20 × 1.22
14年	○ 6.0 ● 17.7 × 21.4
	○ 590 ● 3400 × 3500
	○ 5×10 ⁻⁴ ● 8×10 ⁻⁴ × 8×10 ⁻⁴

図-2 泥水固化止水壁のボーリング調査結果

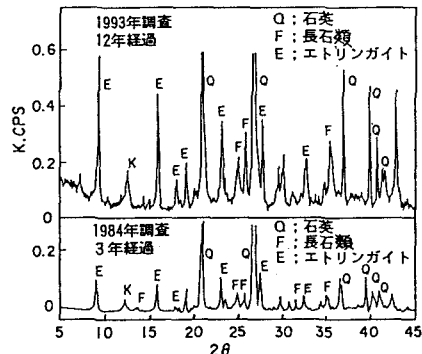


図-3 地下空洞充てん材料のX線回折結果