

22 年間劣化促進環境下に曝したソイルモルタルの長期安定性

鹿島建設(株) 正会員 北本 幸義

鹿島建設(株) フェロー 五十嵐寛昌

元 鹿島建設(株) フェロー 深澤 榮造
(現 ㈱環境管理センター)

1 まえがき

土木・建築構造物基礎地盤の置換え材料に適用することを目的として、昭和 59 年に現地発生土利用のソイルモルタル材料を開発した¹⁾。これは、現地発生土にセメント系固化材²⁾を添加混合し、周辺地盤と同等の物性（強さ，変形係数）を安定して長期間変動なく保持する人工地盤構築用の材料である³⁾。この長期安定性については、室内の劣化促進環境下での安定性試験および現場における施工地盤の物理・力学試験を行い、平成 5，6 年に 8～10 年経過後の試験結果を報告している^{4～6)}。その後も室内における安定性試験を継続しており、今回 22 年経過後の試験データを得たので、これらを取りまとめた結果について報告する。

2 使用材料と供試体曝露条件

ソイルモルタルの材料構成は、泥岩を解こうした粘土スラリーと 2mm 以下の砂，さらにセメント系固化材²⁾と水である。表-1 に材料配合⁶⁾を示す。同表に示すとおり当該ソイルモルタルは、湿潤密度 ρ_t が 1.79g/cm^3 ，材令 3 ヶ月の一軸圧縮強さ q_u が $4\sim 5\text{MN/m}^2$ の物性を有する。供試体の曝露条件として、地下水水質および水・空気中の炭酸化を想定して、イオン交換水（セメント水和生成物の溶脱），硫酸ナトリウム 10% 水（硫酸塩耐久性），重炭酸ナトリウム飽和水（中性化促進）の溶液に浸漬させ（写真-1 参照）、 20°C 封緘養生も標準養生として行っている。



写真-1 供試体曝露状況

3 試験結果と考察

試験結果を表-2 に示す。22 年経過後の試験データは、 20°C 封緘養生をはじめイオン交換水，重炭酸ナトリウム水浸漬の 3 養生条件で、試験数は 3 供試体/条件である（硫酸ナトリウム 10% 水の試験データは材令 10 年で終了⁶⁾ しており、22 年経過後以外のデータは平均値を表示）。

表-1 ソイルモルタルの材料構成

材料構成（単位量： kg/m^3 ）				湿潤密度 ρ_t (t/m^3)	3 ヶ月後の 一軸圧縮強さ q_u (MN/m^2)
粘土	砂	固化材	水		
第三紀 泥岩	砂丘砂	高炉 セメント系	水道水		
190	870	180	549	1.79	4～5

表-2 ソイルモルタルの一軸圧縮試験結果（表中の*印はデータ不在を示す）

20°C 封緘養生について、経過時間 t と q_u の関係を図-1 に示す。 q_u は材令初期（1 年程度）でほぼ収束しており、10 年、22 年と経過してもごくわずかな増加にとどまっている。当該材料を自然に

養生（曝露）条件	経過時間	7日	28日	91日	1年	2年	3年	4年	6年	10年	22年		
20℃封緘 (標準養生)	ρ_t (g/cm^3)	1.79	1.79	1.79	1.78	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79	1.80	1.79	1.80
	q_u (MN/m^2)	2.56	4.05	5.07	5.75	6.2	6.35	6.3	6.36	6.42	7.00	7.42	6.75
	E_{50} (MN/m^2)	440	658	938	1125	1170	1200	1300	1310	1340	1250	979	944
イオン交換水 (水和生成物溶脱)	ρ_t (g/cm^3)	*	1.79	1.80	1.79	1.79	1.80	1.79	1.78	1.79	1.80	1.79	1.81
	q_u (MN/m^2)	*	5.62	5.85	5.62	5.97	6.25	6.3	6.37	6.35	6.52	6.95	6.24
	E_{50} (MN/m^2)	*	952	870	890	978	1005	1018	1170	1206	968	960	1110
硫酸ナトリウム10% (硫酸塩耐久性)	ρ_t (g/cm^3)	*	1.79	1.79	1.80	1.80	1.79	1.79	1.79	1.80	*	*	*
	q_u (MN/m^2)	*	4.66	5.42	5.75	6.03	6.14	6.16	5.97	6.28	*	*	*
	E_{50} (MN/m^2)	*	755	877	790	964	1105	944	967	1060	*	*	*
重炭酸ナトリウム (中性化促進)	ρ_t (g/cm^3)	*	1.79	1.79	1.79	1.78	1.79	1.79	1.80	1.79	1.75	1.78	1.75
	q_u (MN/m^2)	*	5.23	4.61	5.46	5.83	6.05	6.17	6.2	6.22	6.95	7.03	6.48
	E_{50} (MN/m^2)	*	837	784	786	1045	966	926	993	1008	1210	1190	1510

キーワード：地盤改良 ソイルモルタル 一軸圧縮試験 長期安定性 劣化促進 変形係数

連絡先：東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 0424-89-7180 FAX 0424-89-7034

盤内に置換える場合、力学的特性などは周辺地盤と同等で長期的に安定であることを前提とするが、これまで超長期データが不在の状況下では、材令3年程度の既得データに基づく外挿によって判断せざるをえなかった。栗原ら⁶⁾は、10年までの長期にわたる材令 t と一軸圧縮強さ q_u の関係について、温度一定条件のもと

$$q_u = t / (\alpha + \beta t) \quad (\alpha, \beta : \text{定数}) \quad \cdots (1)$$

なる双曲線関係を見出し、20℃の場合、 $t = \infty$ より終局強さ q_{uf} を $1/\beta = 1/0.155 = 6.45 \text{ MN/m}^2$ (図中破線)と評価したが、今回 $t = 22$ 年の新規データを包含して q_{uf} を評価しても $q_{uf} = 7 \text{ MN/m}^2$ (同実線)であり、3年程度のデータから q_{uf} を精度よく表現できることが再確認された。

図-2は、20℃封緘養生供試体と各溶液に浸漬させた曝露供試体の q_u 値を比較したものである。横軸 t を対数目盛りにとって初期(材令7~28日)から材令22年経過までの q_u 値をプロットしているが、22年経過後の q_u は $6.2 \sim 7.4 \text{ MN/m}^2$ であり、曝露条件の違いによる q_u の差異はほとんどなく、劣化促進環境下でも標準養生との差異が認められないことから、22年よりさらなる年数が経過しても、安定性が維持されるものと評価できる。一方、図-3は変形係数 E_{50} と q_u の関係を示したものである。材令10年までのデータに22年データを加えプロットしているが、両者の関係はほぼ $E_{50} = 170 q_u$ で表すことができる。

以上の結果から、22年間劣化促進環境下に曝した当該ソイルモルタルの物理・力学特性は、ほとんど変動することなく安定していることが確認でき、超長期に及ぶ貴重なデータを取得できたといえる。

4 あとがき

周辺地盤と同等の地盤物性を長期間変動なく安定して保持するソイルモルタル材料について、22年経過後の長期安定性試験結果から、ほぼ四半世紀経過した状態でも当初目標の物性値を保持していることが検証できた。当該試験は今後も継続実施していく予定である。

参考文献

- 1) 鹿島建設技術研究所：マンメイドロック工法の開発,技術要報(社内報),第133号,1986.
- 2) 栗原,深澤,戸田：人工岩用固化材ロックメイドの開発と実用,セメント工業, No.207, pp.1-14, 1988.
- 3) 深澤,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回土質工学研究発表会, pp.1941-1944, 1987.
- 4) 深澤,栗原,八鍬：ソイルモルタルの長期安定性調査の一事例,土木学会第48回年次学術講演会Ⅲ, pp.608-609, 1993.
- 5) 栗原,深澤,八鍬,田中：ソイルモルタルの長期安定性に関する研究,鹿島建設技術研究所年報, Vol.41, 1993.
- 6) 栗原,菊地,深澤：人工軟岩の長期安定性に関する実験的研究,土木学会論文集, No.486/VI-22, pp.85-94, 1994.

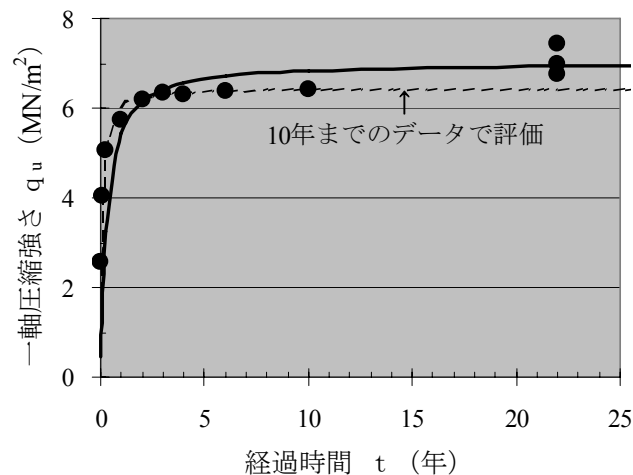


図-1 一軸圧縮強さの経時変化

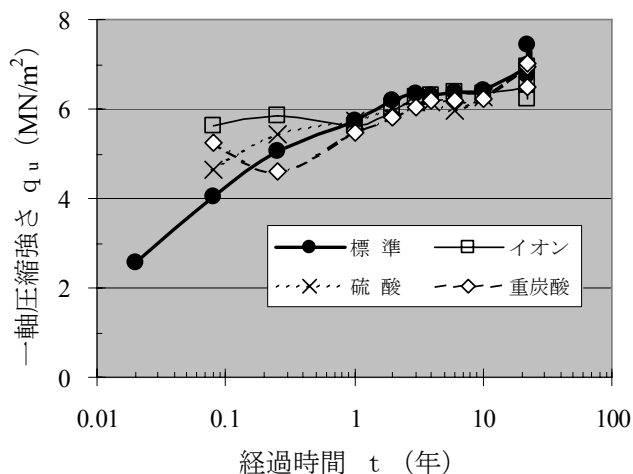


図-2 各曝露条件結果の比較

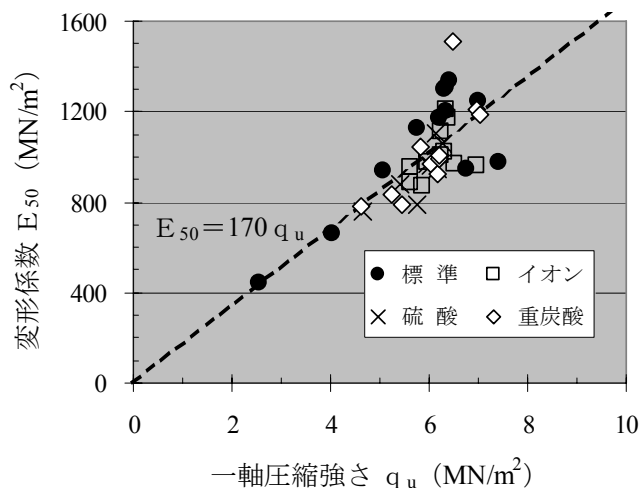


図-3 一軸圧縮強さと変形係数の関係