

前田建設工業株式会社技術研究所 永山晃 正〇熊谷浩二 正 大野茂

1. まえがき 薬液注入において大規模な工事あるいは設計に当って不確定要素が多い場合には、現場注入試験の実施が通例になっている。このときに効果判定法は不可欠なものであり、各種の方法が用いられている¹⁾が、サウンディングを除いて施工例は多くない。そしてこれらの判定法の精度やその適応性についての検討も充分ではない。筆者らは別報²⁾において各種の判定法(標準貫入試験、PS検層、電気検層、孔径検層)を試み、効果判定とこれらのうちのひとつに絞ることは現段階では不適当であるが、これらを組み合わせることによって、より精度の高い結果が得られたことを述べた。また前報³⁾において注入率の差がこれら各判定法の結果に明確に示されることを報告した。本報では注入による固結土をサンプリングして土質試験を行い、これら各判定法の結果との比較検討を試みた。

2. 実施例その1 (1)注入概要 表-1に示す。注入圧力は1.3~1.7 kg/cm^2 で溶液型と懸濁型薬液との差はほとんどなかったが、終期圧と初期圧との差は懸濁型5~6 kg/cm^2 、溶液型2~3 kg/cm^2 であった。(2)判定結果 注入前後においてN値は注入範囲の全体で上昇し最大3倍になっており、動弾性係数は $1.3 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ が $2.6 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ と増加し、てん充率は80~100%という判定である。また無注入での掘削箇所では“対象地盤は自立性に乏しく流砂状に崩落する”という知見を得た。(3)土質試験概要 対象地盤はレキ層でコアボーリングが不可能であり、注入前においては標準貫入試験の採取試料によって粒度試験を行った。注入後においては掘削時にブロックサンプリングと、それを用いて試験した。なお通常の方法で円柱供試体を成形することが困難であり、岩石カッターで角柱供試体(45 $\times$ 45 $\times$ 10 cm 程度)をつくり「コンクリートはりの切片による圧縮強度試験法JIS-A1114」によって実施した。(4)土質試験結果と考察 ブロックサンプリング試料による土質試験結果を表-1に示す。粒度分布はほぼ同一であるが、供試体に含まれるレキの粒径が異なるため軸圧縮強度は1.3~4.4 kg/cm^2 とバラツいている。また薬液ゲルが膨状になっている部分は少なく、ほぼ完全な浸透注入になっているため透水係数は非常に低下している。

3. 実施例その2 (1)注入概要 表-2に示す。注入率4.5%のAブロックにおける注入圧は2.5~3.0 kg/cm^2 で注入順序に従い高くなる傾向が顕著にみられ、終期圧と初期圧の差は7~10 kg/cm^2 である。また注入率3.5%のBブロックにおける注入圧は2.0 kg/cm^2 程度で注入順序に従い高くなる傾向はほとんどなく、終期圧と初期圧との差は5 kg/cm^2 以下であった。(2)判定結果 Aブロックは注入前後においてN値は注入範囲全体で上昇し最大2倍になっており、動弾性係数は $1.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ が $2.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ と増加し、てん充率は平均80%である。またBブロックはN値が3割の増加にとどまり、動弾性係数は $1.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ が $1.3 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ となり、てん充率は平均43%という判定である。(3)土質試験概要 対象は砂地盤でありコア

表-1. 実施例その1 試験結果表

注 入 概 率	対象地盤	砂礫(深度20~25m)		
	工 法	単純二重管ロッド工法		
	使用薬液	溶液型:懸濁型=4:6		
	注入諸元	注入率3.5% ゲルタイム40秒,吐出量20 cm^3/min		
試 験 項 目	試験項目	注入前	注入後	
	粒 度 特 性			
	U g 分 %	63.0	69.4	76.0
	砂 分 %	36.0	30.2	23.6
	シルト分 %	1.0	0.4	0.4
	粘土分 %	0.0	0.0	0.0
	均等係数	20.9	50.8	40.0
	比重 G_s	2.83	2.69	2.68
	自 然 状 態			
	ω %	8.5	5.2	6.2
一 軸 圧 縮 試 験	σ_c kg/cm^2	-	2.33	2.33
	e	-	0.21	0.22
	σ_r %	-	66.6	75.5
	σ_{cu} kg/cm^2	-	1.3	4.3
一 軸 圧 縮 試 験	E_{50} kg/cm^2	-	3.8	4.4
	E_{50} kg/cm^2	-	-	-
備 考	透水係数 $C_{v, \text{水}}$	-	浸水位	浸水位
		-	4.0×10^{-3}	1.1×10^{-6}
備 考	N値試料			

ボーリングを実施し、その試料により土質試験法に基づいて試験した。なお透水係数はボーリング孔利用の現場透水試験(回復法)によって求めた。(4)土質試験結果および考察 サンプリングコアによる土質試験結果を表-2に示す。粒度分布からみて注入前の深度31 mの試料を除けばほぼ同一とみなせる。一軸圧縮強度 q_u と変形係数の関係を図-1に示す。データ数が少ないので断定はできないが、Aブロックでは圧縮強度の増加率より変形係数の増加率のほうが大きくなるという注入による固結土の一般的な傾向がでている。また透水係数の改良程度においてもAブロックの方が良好であり、Bブロックでは固結土の連続性が不完全であると考えられる。なお一面せん断試験については、供試体に薬液ゲルが凝状に入っていたり、部分的に極端に硬いものを含んでいるなどで有意の測定値にならないものがあった。

4. あとがき 薬液注入効果の定量的な判定法の検討のひとつとして、土質試験や各種の間接的判定法を試みた。この結果をみると供試体寸法が小さい試験ほどその測定値のバラツキが大きくなり、注入地盤全体の値の設定がより困難である。このため土質試験のみでの効果判定は不適当であり、地盤をマクロ的に表わせる試験の併用がより有効と考えられる。すなわちN値は30 cm、PS検査は50~100 cmの地盤の平均値を表わすということができ、注入による固結土の性質をより適確にとらえることができる。また土質試験等と比較すると、電気検査によって算出される(注入)てんれ率も充分注入地盤の性質を示していると考えられる。したがって、これらN値や物理検査結果を土質定数と直接関連づけることによって、より有用な判定法となり得るとともに、注入範囲等の設計精度を高めていくことができる。今後とも土質試験や各種の判定法のデータを集積していく予定である。

表-2. 実施例その2試験結果表

注 入 概 率	対象地盤	砂質土(深度30~36 m)					
	工 法	二重管ロッド工法					
	使用薬液	溶液型水ガラス系薬液					
	注入諸元	ゲルタイム3秒, 吐出量 ¹² g/min.					
試験項目		注入前		Aブロック(45%)		Bブロック(35%)	
採取深度m		31.0	33.0	31.0	33.0	31.0	33.0
粒 度 特 性	レキ分%	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	砂 分%	51.0	90.0	96.5	86.0	93.0	94.0
	シルト分%	9.0	10.0	3.5	14.0	7.0	6.0
	粘土分%	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	均等係数	29.2	2.2	1.7	2.7	2.5	1.9
比重Gs		2.67	2.73	2.75	2.68	2.67	2.77
自 然 状 態	w %	13.5	36.4	32.1	30.1	32.3	31.6
	d _r %	-	1.84	1.85	1.90	1.87	1.87
	e	-	1.03	0.97	0.84	0.89	0.95
	S _r %	-	96.8	91.6	96.4	97.3	92.0
一 軸 圧 縮 試 験	q _u kg/cm ²	-	0.3 0.5 0.5	10.6 11.9	2.5 12.1	0.44	5.7 5.7 7.1
	E ₅₀ kg/cm ²	-	26 31 48	1325 2483	317 1009	10.3	710/149/228
一 面 せん 断 試 験	試験の条件	-	UU	UU	-	UU	-
	粘着力 kg/cm ²	-	0.40	0.42	-	0.25	-
	せん断抵抗	-	35.0	31.5	-	30.0	-
透水係数 cm/sec		(32.0m) 2.1×10 ⁻²	(34.0m) 1.6×10 ⁻⁴	(32.0m) 3.5×10 ⁻⁶	(34.0m) 2.4×10 ⁻⁵	(32.0m) 3.6×10 ⁻⁵	(34.0m) 1.1×10 ⁻³
備 考							

【参考文献】 1)たとえば日本材料学会土質安定材料委員会: 薬液注入工法—指針と解説, 鹿島出版会. 2)神橋, 熊谷: 各種試験による薬液注入効果の測定例, 第5回土木学会関東支部研究発表会, S.63.1. 3)永山, 熊谷, 大野: 薬液注入効果の判定について, 第6回土木学会関東支部研究発表会, S.54.1.

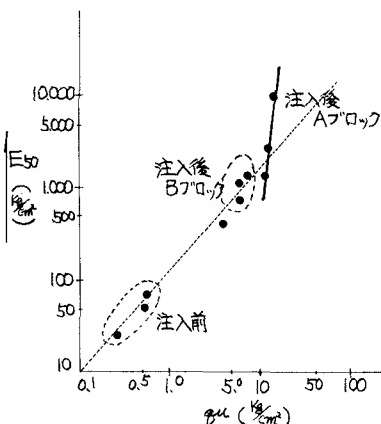


図-1. 一軸圧縮強度 q_u と変形係数 E_{50}