

高分子吸水剤で改良された建設発生土の力学的特性に及ぼす養生方法の違いによる影響

福岡大学工学部 学生員○大平 幸治
福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一、吉田 信夫、島岡 隆行、花嶋 正孝
(株) 素鶴園 長浜 武知 (株) 九州ソイルベスト 手島 佑幸

1.研究目的

高含水比の建設発生土に対してポリアクリルアミド系水溶性高分子(高分子吸水剤)と生石灰を用いて、粒径を変化させ砂質土に改良する工法(ソイルベスト法)が注目されている。著者ら¹⁾はこれまでに、この改良工法による改良土について様々な力学試験を行い、その土質材料としての有効性を明らかにしてきた。しかし、改良土が人工的な造粒物であるため、長期的な耐久性を調べることは必要不可欠であることが指摘されてきた。そこで本研究では、将来的に改良土が置かれる地盤環境を想定して4種類の養生方法にて、一定期間の養生された試料を用い、一面せん断試験を行った。さらに、改良土の品質について改良前・後の試料を用いて、修正 CBR を始めとする実験的な検討結果について報告する。

2.実験概要

2-1 実験に用いた試料: 実験は4種類の改良前・後の試料を用いた。これらの試料の粒度分布及び物理特性については図-1 及び表-1 に示す。改良土の耐久性の検討については、次の4種類の養生方法にて7日、14日、28日の期間にて養生した後、実験を行った。

- ①乾燥養生: 改良土を乾燥器を用いて十分に乾燥させた後、ビニール袋内に養生を行う。
- ②気中養生: 含水比を一定($w=15\%$)に保つため、含水比が変化しないようにビニール袋に詰め、室温20℃で養生を行う。
- ③水浸養生: 改良土をバケツ内に水浸させた状態で水温を20℃に保ち養生する。ただし、養生終了前日に試料を取り出し、試料の水分をさけるため24時間室内に放置した後、実験に使用した。
- ④暴露養生: 屋外に改良土を放置して養生する。ただし、水浸養生と同様に養生終了前日に試料を取り出し、室内に放置後実験に使用した。

表-2 に一面せん断試験前の各養生方法における試料の含水比を示している。暴露養生は、天候の影響を受けて含水比の変化が激しいことが分かる。また、水浸養生は日数の経過とともに試料の含水比が上昇している。また、同時に養生をまったく行わない試料についても検討を行っている。

2-2 力学試験概要 実験に①改良土の耐久性、②品質の安定性についてそれぞれ、①一面せん断試験及び②コーン試験、CBR 試験による材料試験を行った。

(a)一面せん断試験は、表-3 に示す条件に従い、直径 6cm、高さ 2cm のせん断箱内に、最大乾燥密度(ρ_{dmax})の 80%で、3 層に突固め、層が増すごとに突固め回数を増やし、各層の厚さが等しくなるように突固めて作成した。

(b)コーン貫入試験によりコーン指数を求めるため、原料土 B~D の試料を自然含水比で 10cm モールドに 3 層 25 回で突固めた後、試験を行った。

(c)CBR 試験は、試料 B~D を用いて、最適含水比に調整した試料を 15cm モールドで 3 層 17、42、92 で突固め、4 日水浸を行った後、貫入試験を行った。

3.実験結果及び考察

3-1 改良土の耐久性の検討 図-2、3 に養生 7 日、28 日の一面せん断試験結果を示す。せん断応力比 τ/σ_v を縦軸にせん断変位を横軸に示している。 $\sigma_v=49\text{kPa}$ 、7 日養生では、水浸養生以外はせん断開始直後に τ/σ_v にピーク値を示しほぼ同じ残留強度を示している。これに対し、28 日になると全ての養生で同じ挙動を示し、残留強度及びピークまでの変形特性はほぼ一致している。 $\sigma_v=196\text{kPa}$

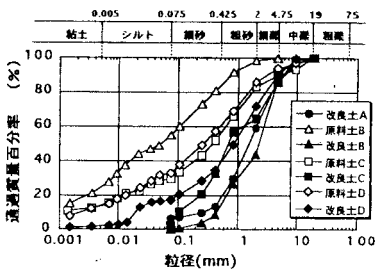


図-1 粒径加積曲線

表-1 試料の物理特性

	試料A		試料B		試料C		試料D	
	前	後	前	後	前	後	前	後
密度 $G_s(\text{g/cm}^3)$	2.647	2.612	2.604	2.660	2.615	2.670	2.659	2.659
細粒分含有率 F_c	6.3	54.9	0.1	29.8	2.57	32.8	17.3	
均等係数 U_c	8.4	-	6.09	-	11.51	212.6	65.38	
曲率係数 C_u	1.38	-	0.78	-	1.13	1.54	3.42	
平均粒径 D_{50}	1.60	0.05	2.40	0.38	0.70	0.28	0.87	

表-2 各養生後の平均的含水比(%)

	7日養生後	14日養生後	28日養生後
乾燥養生	0	0	0
気中養生	15.4	15.2	14.8
暴露養生	10.3	22.1	4.3
水浸養生	19.1	20.8	24.7
0日養生	18.8		

表-3 実験条件

	改良土A
$\rho_{dmax} \times 80\%(\text{g/cm}^3)$	1.357
養生日数(日)	0, 7, 14, 28
上載荷重(kPa)	49, 98, 196

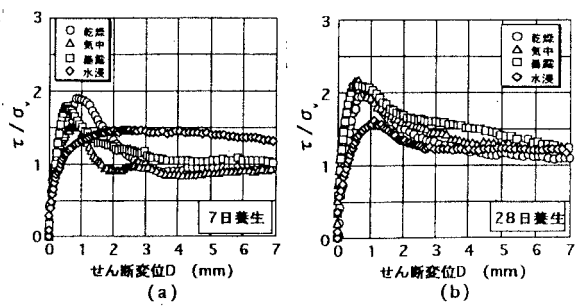


図-2 τ/σ_v とせん断変位の関係($\sigma_v=49\text{kPa}$)

における 7 日、28 日養生では τ/σ_v に大きな差は生じていない。これより、鉛直荷重 σ_v が大きくなると養生日数に伴う材料特性の変化が一面せん断特性に生じにくくなる傾向が明らかになった。

図-4 に $\sigma_v=49\text{kPa}$ のときの各養生の最大せん断応力 $\tau_{\max}$ の養生日数による変化を示す。この図より材料の固結力は水分を必要とし気中、水浸養生の $\tau_{\max}$ の養生に伴う強度変化が最も大きい事が分かる。これより気中、水浸養生は養生日数に大きく影響を受けることが示唆される。

図-5 に気中養生における $\tau_{\max}/\sigma_v$ の養生日数による変化を示す。図より鉛直荷重が最も小さい $\sigma_v=49\text{kPa}$ において、他の 2 つの鉛直荷重に対してせん断強度の増加が見られた。これは低荷重域において養生効果が現れる事を示している。

図-6 に一面せん断試験から求まる養生日数と内部摩擦角の関係を示す。この図から、養生方法の違いにより、内部摩擦角が大きく異なっている。特に、乾燥養生においては、14 日、28 日で内部摩擦角が 50° を超えて、養生の中でも最も大きい値を示している。また、養生日数の増加で内部摩擦角が増加していることより、いずれの養生方法においても強度が増加していることが分かる。

図-7 に粘着力と養生日数の関係を示す。粘着力は、水浸養生以外は、大きな変化は見られない。図-4 に示す水浸養生の強度増加は養生日数に伴い、粘着力増加に大きく依存している。また、この原因は表-2 に示す含水比に起因していると思われる。

3-2 改良土の品質について 今回、本方法による改良土の改良効果について主に①粒度分布、②コーン貫入試験、③修正 CBR 試験からの検討を行った。粒度分布については、図-1、表-1 に示す通り、改良前後において細粒分域改良が著しく粒径変化しており、それに伴う均等係数等も変化している事が分かる。次にコーン貫入試験により原料土の土質区分判定²⁾を行ったところ、表-4 に示すように、原料土はいずれの試料とも第 3 種発生土以下であり、これらは何らかの処理、改良を行わなければならない試料である。図-8 に改良前後の試料の修正 CBR 試験の結果を示す。この図より、改良を行うことで CBR (95) が大きく変化し、改良効果が得られた事が分かる。特に、改良土 B、D は改良効果が大きいことが分かる。改良後の試料は、福岡市の路床基準である、20%以上を十分に満たしている。すべての改良土では CBR (95) が 50%を超えており、品質として良い土質材料に改良されていることが分かる。

4.まとめ

①一面せん断試験結果より改良土は使用される環境によって、強度が大きく変化し、養生日数の増加に伴い、強度が増加することが分かった。②すべての養生において、内部摩擦角が 40° を超えており、28 日までの短期間であるが、改良土の耐久性を見た場合、十分な強度を有していると言える。③改良土のせん断特性に及ぼす養生方法の影響は、小さい応力域で顕著にあらわれる事が分かった。④また、修正 CBR 試験の結果から、改良効果が十分に見られ、しかも改良土は CBR (95) が 50%以上あり、十分な強度を有しており、良い品質を有していると言える。

参考文献：1) 塚田謙司他、「高分子吸収剤により改良された建設発生土の土質特性及び有効利用」、第 3 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集、pp.27~32、1999、2) 土木技術センター：建設発生土利用技術マニュアル、pp.26~34

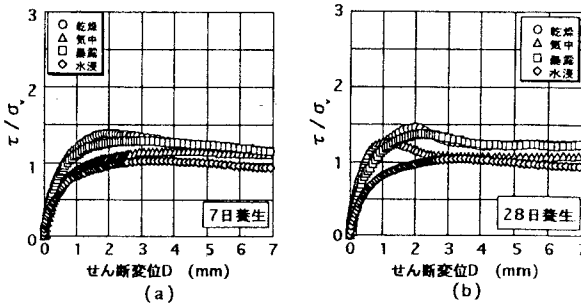


図-3 τ/σ_v とせん断変位の関係 ($\sigma_v=196\text{kPa}$)

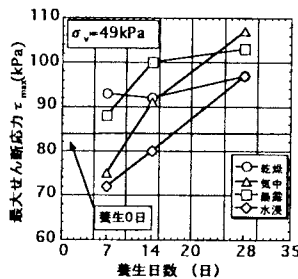


図-4 最大せん断応力 $\tau_{\max}$ と養生日数の関係

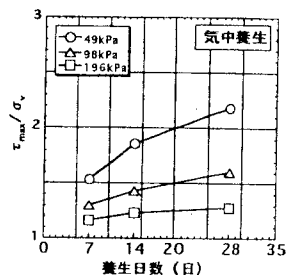


図-5 最大せん断応力比 $\tau_{\max}/\sigma_v$ と養生日数の関係

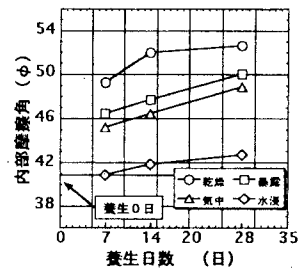


図-6 内部摩擦角と養生日数の関係

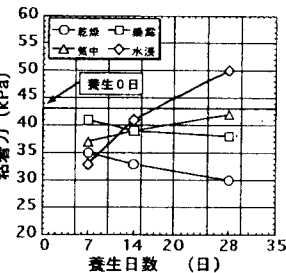


図-7 粘着力と養生日数の関係

表-4 コーン指数と発生土区分

	コーン指数 (kN/m^2)	発生土区分
原料土B	4.2	泥土
原料土C	62.9	第3種発生土
原料土D	24.3	第4種発生土

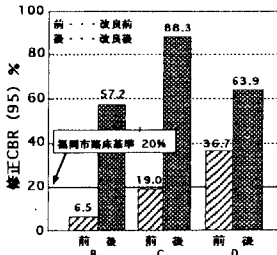


図-8 修正 CBR の変化