

軟弱地盤上道路における浅層改良層の強度特性

高倉篤*・古賀義隆**・浜武章***・古賀浩史****

Strength properties of stabilized soil slab in road on soft ground

By

Atsushi TAKAKURA, Yoshitaka KOGO, Akira HAMATAKE and Hirofumi KOGA

Abstract: Recently new techniques have been developed for road construction on soft ground such as column-approach method and column-slab method. In order to establish a reasonable design of these techniques, it is necessary to investigate the relationships among compressive strength, bending strength and tensile strength of the stabilized clay used for slab. This paper describes the relationships among three strengths determined laboratory tests on two clays.

Key words: clay, road, slab, strength, stabilization

1. はじめに

軟弱地盤上に道路を建設するときの大きな問題の一つに、盛土部の沈下による橋梁やボックスカルバートとの間に生じる段差がある。この段差は、振動・騒音の発生と共に、走行の快適性を損なう。これに対処する沈下抑制工法の一つに、階段状の改良コラムに改良スラブを組み合わせたコラムアプローチ工法⁽¹⁾がある。コラムアプローチ工法に限らずコラムとスラブを組み合わせる工法、すなわちコラムスラブ工法⁽²⁾は、道路の軟弱地盤対策として有効である。この設計においては、スラブにおける引張り強度や変形係数が重要なファクターで、コラムとスラブの合理的でかつ経済的な設計をするにはこれら基礎データを収集し、また、一軸圧縮強度や割裂引張り強度との関係なども把握しておく必要がある。今回、実験室でセメント系固化材を使用した改良土の供試体を作製し、各種の強度を測定し、それらの関係を調べた。

2. 固化材による改良した有明粘土の強度特性

浅層改良層であるスラブの強度特性を把握するため佐賀平野の軟弱地盤を代表する有明粘土と、比較として一般的な粘土を用いて、セメント系固化材による改良土を作製し、一軸圧縮強度と変形係数、割裂引張り強度および曲げ強度を測定した。

2-1 対象粘土と使用固化材の特性

対象粘土の有明粘土は佐賀市巨勢町で採取し、比較の一般的な粘土は佐賀市兵庫町で採取した。それぞれの土質試験結果を Table. 1 に示す。

また、使用した固化材は発塵抑制型固化材（ユースタビラスーパー S 1，以下 USS1 と略称）である。この固化材は粉体をウエット加工し、散布・混合時の発塵を抑制するタイプである。その固化材の化学分析値を Table. 2 に示す。

Table.1 Soil tested

	w (%)	t (g/cm ³)	Texture (%)		
			Gravel	Sand	Fine
Ariake clay	89.7	1.455	0	1	99
Hyogo clay	48.8	1.625	0	1	99

Table.2 Ingredient of chemicals

Specific Gravity (g/cm ³)	Specific surface (cm ² /g)	Ingredient of chemicals (%)					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
3.04	3,920	19.19	4.74	2.43	60.39	1.14	7.46

平成 14 年 11 月 1 日受理

* 株式会社宇部三菱セメント研究所

** 株式会社東亜コンサルタント

*** 東京舗装工業株式会社

**** 工学系研究科博士後期課程

©佐賀大学理工学部

2 - 2 試験方法

(1) 一軸圧縮試験

地盤工学会基準 JGS 0821-2000 の「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法」⁽³⁾に従い、試料土に所定量 (100、150 および 200kg/m³) の固化材を添加し、ホバート型ミキサーにて約 10 分間混合した後、一軸圧縮試験用供試体 (直径 5cm、高さ 10cm) をタッピングにて作製した。タッピングは、モールドに安定処理土を 3 層程度に分けて入れ、各層ごとに気泡がほとんど発生しなくなるまで、台にモールドを打ちつけて行った。

供試体は、材齢 7 日まで 20 の恒温室で養生した後、JIS A 1216 に従い一軸圧縮試験を行った。

(2) 変形係数測定

供試体作製は、(1)と同様に地盤工学会基準 JGS 0821-2000 に従い、養生も(1)と同じく材齢 7 日まで 20 の恒温室で行った。変形係数は、JIS A 1216 の一軸圧縮試験方法に従い測定した。

(3) 割裂引張試験

供試体作製は、(1)と同様に地盤工学会基準 JGS 0821-2000 に従い、養生も(1)と同じく材齢 7 日まで 20 の恒温室で行った。割裂引張り試験は JIS A 1113 に従って行った。

(4) 曲げ試験

(1)と同じ方法で土に所定量 (100、150 および 200kg/m³) の固化材を添加し、ホバート型ミキサーに

て約 10 分間混合した後、セメントの物理試験方法 JIS R 5201 に準拠し、曲げ試験用供試体 (4 × 4 × 16 cm) を突固めて作製した。突固めは、突き棒 (質量 1 kg) を突いて一軸圧縮試験や割裂引張り試験の密度と同一となるように行った。

供試体は、材齢 7 日まで 20 の恒温室で養生した後、JIS R 5201 に準拠し曲げ試験を行った。

2 - 3 試験結果

固化材添加量と一軸圧縮強度、変形係数、割裂引張り強度および曲げ強度の関係をそれぞれ Figure 1, Figure 2, Figure 3 および Figure 4 に示す。同図より、いずれも固化材添加量に比例して強度や変形係数は高くなる傾向にある。また、曲げ強度はそれほど強度差がなかったが、他の強度や変形係数は、有明粘土の方が反応性良好的ため同一添加量では兵庫粘土より高くなる傾向を示した。また、一軸圧縮強度、変形係数、割裂引張り強度および曲げ強度各々の土の強度比を Table. 3 に示す。

(1) 曲げ強度と引張り強度との関係

コンクリートの場合には、曲げ強度は (割裂) 引張り強度のおよそ 1.5 ~ 2.0 倍である。これは曲げ試験の場合に引張側の塑性化の影響を受けて強度が高くなるといわれていることと関係していると考えられる⁽⁴⁾。今回の場合、有明粘土で 2.0 ~ 2.4 倍、一般粘土で 2.0 ~ 3.7 倍の値を示し、コンクリートの場合よりも強度比が高くなった。これは改良土がコンクリートに比べ、塑性化の影響がさらに大きいためと考えられる。

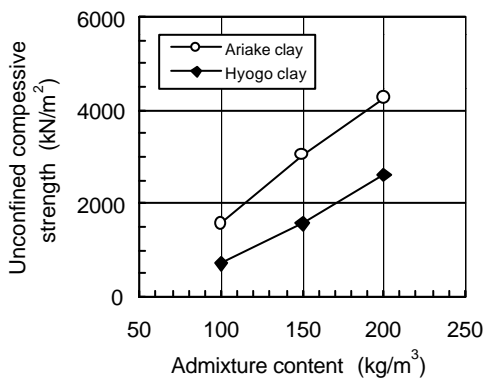


Fig.1 Development of unconfined compressive strength

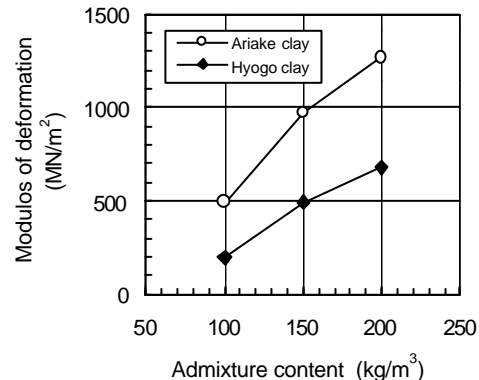


Fig.2 Development of modulus of deformation

軟弱地盤上道路における浅層改良層の強度特性

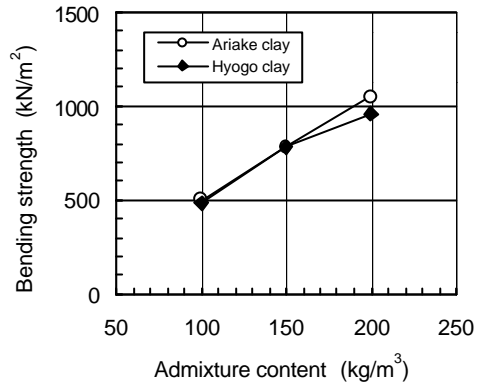


Fig.3 Development of bending strength

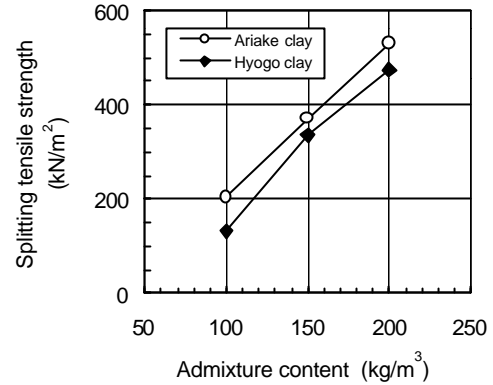


Fig.4 Development of splitting tensile strength

Table.3 Strength ratio

	Unconfined compressive strength q_u (kN/m ²)	Modulus of deformation E_{50} (MN/m ²)	Bending strength b (kN/m ²)	Splitting tensile strength t (kN/m ²)	Strength ratio E_{50} / q_u	Strength ratio b / t	Strength ratio b / q_u	Strength ratio t / q_u
Ariake clay	1597	508	482	195				
USS1	1544	493	485	199				
100kg/m ³	1555	478	536	221				
Average	1565	493	501	205	315	2.44	0.32	0.13
Ariake clay	2956	963	795	373				
USS1	3126	993	721	379				
150kg/m ³	3045	958	826	365				
Average	3042	971	781	372	319	2.10	0.26	0.12
Ariake clay	4336	1315	999	541				
USS1	4204	1178	1083	534				
200kg/m ³	4210	1321	1058	511				
Average	4250	1271	1047	529	299	1.98	0.25	0.12
Hyogo clay	629	130	447	130				
USS1	725	233	507	131				
100kg/m ³	770	219	496	135				
Average	708	194	483	132	274	3.66	0.68	0.19
Hyogo clay	1731	496	778	308				
USS1	1571	464	841	341				
150kg/m ³	1398	515	730	360				
Average	1567	492	783	336	314	2.33	0.50	0.21
Hyogo clay	2374	732	921	474				
USS1	2786	705	996	466				
200kg/m ³	2677	599	962	485				
Average	2612	679	960	475	260	2.02	0.37	0.18

(2)一軸圧縮強度と曲げ強度との関係

コンクリートの場合には曲げ強度は圧縮強度のおよそ $1/5 \sim 1/7$ ($0.20 \sim 0.14$) 倍とされている。今回の試験では、有明粘土で $0.25 \sim 0.32$ 倍、兵庫粘土で $0.37 \sim 0.68$ 倍の値を示し、コンクリートの場合よりも強度比が高くなった。これも(1)で述べたように、曲げ強度が高くなる傾向を示したため、強度比が高くなったものと考えられる。

(3)一軸圧縮強度と引張り強度との関係

コンクリートの場合には、引張り強度は圧縮強度のおよそ $1/10 \sim 1/13$ ($0.10 \sim 0.08$) 倍とされている。今回の試験においては、有明粘土で $0.12 \sim 0.13$ 倍、兵庫粘土で $0.18 \sim 0.21$ 倍の値を示し、コンクリートの場合よりも多少強度比が高くなった。

(4)一軸圧縮強度と変形係数との関係

改良土の場合には、変形係数が一軸圧縮強度のおよそ $100 \sim 250$ 倍とされている。今回の試験結果では、有明粘土で $299 \sim 319$ 倍、兵庫粘土で $260 \sim 314$ 倍の値を示し、強度比は一般的な値より多少高い傾向を示した。

3. まとめ

コラムスラブ工法のスラブに発生する応力は、従来、曲げ応力で検討されてきた。しかし、実際には単純な曲げ応力ではなく、引張り応力とすべきであると考えられる。今回有明粘土と兵庫粘土において引張り強度のみならず、圧縮強度、曲げ強度について配合量を変えて実験した。

その結果、コンクリートで知られている強度比よりも多少大きめの関係が得られた。その結果を簡単に比率で示すと次のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{引張り強度} : \text{曲げ強度} : \text{一軸圧縮強度} \\ & = 1 : 2 : 8 \end{aligned}$$

また、引張り強度は、有明粘土では 150 kg/m^3 の添加量で 372 kN/m^2 の強度が得られることが分かった。現在、コラムスラブ工法の設計に当たっては、引張り強度として 120 kN/m^2 を採用しているが、実務上妥当な強度であると判断される。

謝辞：本文をまとめるのに際して佐賀大学理工学部三浦哲彦教授および親和テクノ（株）藤川和之技師長のご指導を賜った。またコラムアプローチ協会の関係者の方々からご教示を賜った。記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1)三浦哲彦，沈水龍，藤川和之，元永優一：軟弱地盤上道路における段差緩和工法に関する現場施工と動態観測，地盤工学会誌，第50巻，第5号，2002
- (2)三浦哲彦，南嶋佳典，藤川和之，古賀浩史：軟弱地盤における低盛土道路設計とSDWの施工，第11回「軟弱地盤の改良」技術講習会，2002
- (3)社団法人地盤工学会：土質試験の方法と解説（第1回改訂版）
- (4)岡田清，六車熙：コンクリート工学ハンドブック，朝倉書店