

セメント配合したカオリンおよびベントナイトの促進養生試験

佐賀大学理工学部 ○学 山際遥己 学 上田将生

佐賀大学大学院工学系研究科 学 姫野季之

佐賀大学理工学部 正 日野剛徳 正 根上武仁

1. はじめに 有明海沿岸道路（佐賀福富道路）・

芦刈南インターチェンジの被災¹⁾を契機として、セメント系固化材などを用いた化学的地盤改良工法における調査・設計・施工の在り方が見直され、安全性と合理性が高められようとしている²⁾。筆者らの一部は地域で発足中の促進養生研究会（仮）（代表者：三浦哲彦佐賀大学名誉教授）に属し、促進養生試験に関する学術面からの知見を集積しようとしている。本報では、市販のカオリンおよびベントナイトを用い、セメント系固化材による改良後の促進養生試験について述べる。

2. 促進養生試験 化学的地盤改良工法における

促進養生試験は、村山らの研究に端緒を見出せる³⁾。図-1 に、養生温度の経時変化を示す。写真-1 に示す

温水養生槽（Yamato・Bath BZ 200）に自動温度調整・水温循環機能を備えたサーモスタット（MASUDA・THERMO MAC・MODEL MC-10）を装着させた。JGS 0821-2009 に基づく供試体の作製後（図-1：前置き養生）、 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ からなる 20～21 時間の温水養生（図-1：温水養生）を行い、養生槽から取り出した供試体の常温への低下確認後（図-1：後置き養生）に一軸圧縮試験に供した。図-2 に、前置き・温水・後置き⁴⁾の各養生過程における未改良の供試体中心部の温度変化を示す。同供試体中心部の温度が常温から温水養生の温度に上昇・収束するには 30 分程度の時間を要するのに対し、温水養生の温度から再び常温まで低下するには 80 分程度の時間を要することがわかった。図-1 における後置き養生 30 分からなる条件については、切のよい 90 分への改定が示唆される。本検討では後置き養生時間 90 分をもって、一軸圧縮試験に臨んでいる。

3. 供試体の諸元

本検討に用いた各粘土の基本的性質は表-1 に示すようである。各粘土ともに、粒径 $75\mu\text{m}$ 以下の土粒子で占められている。初期含水比 w_i の値は各粘土の液性限界状態時の含水量に定めた⁴⁾が、同含水量の調整に際しあらかじめ各粘土の水分保持容量を低減させ、後述の強度発現特性への影響は少ないと考えられる 20g/L の塩化ナトリウム（NaCl）水溶液を用いた。表-1 における各粘土の液性限界 w_L 、塑性限界 w_p の値も同 NaCl 水溶液による水分調

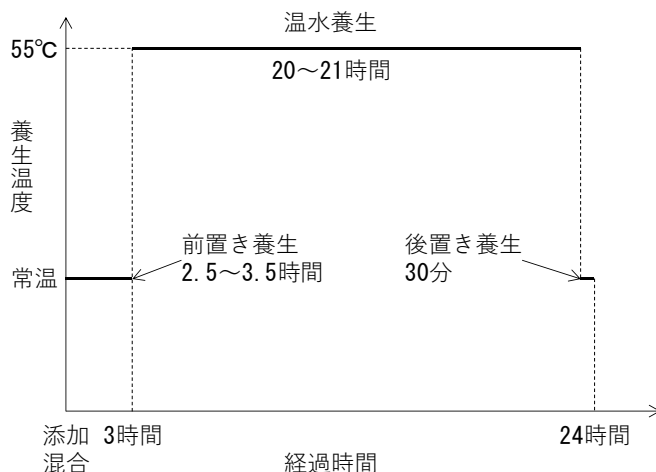


図-1 促進養生における温度の経時変化



写真-1 温水養生の様子

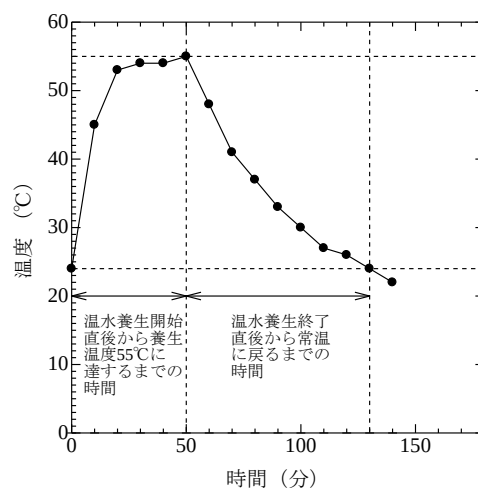


図-2 供試体中心部の温度変化

整のもとで求めている．一般軟弱土用のセメント系固化材を用い，配合量 $C=100, 150, 200\text{kg/m}^3$ ，水セメント比 $W/C=1.0$ の条件で供試体を作製した．表-2 に，促進養生の前後における各粘土の物理化学的性質の変化を示す，同検討より，促進養生の前後における各粘土の性質に顕著な変化は生じていないといえる．

4. 強度発現特性 図-3, 4 に，各粘土におけるセメント系固化材の配合量 C と一軸圧縮強さ q_u の関係を示す．両

図には，カオリンおよびベントナイトについてあらかじめ得ていた結果も併記した (Δ ・ $\circ$ 印)．カオリンの結果について，本検討におけるカオリンの w_i は事前の検討に比べ低く，調整水には NaCl も含んでいるが，養生日数 7 日目の q_u は事前検討の同値に達していない．促進養生による結果は事前検討における養生日数 7 日目の q_u と同等の値を得た．浪瀬らによる研究の内容⁵⁾が興味深い．浪瀬らは，カオリン改良土に及ぼす溶存シリカ量の影響について検討している．生石灰および高炉セメント B 種いずれの配合においても，カオリンの w_i 調整用としてのケイ酸ナトリウム (Na_2SiO_3) 水溶液の濃度が 100g/L までは濃度の増加とともに高い強度発現を示すが，同水溶液の濃度が 100g/L 以上になるにつれ低い強度発現を示すとし，溶存シリカ量の最適値が存在すると述べている．表-2 におけるカオリンの pH は酸性を示していること，電気伝導率 E_c も高い値を示していることから，本検討に用いたカオリンは酸性を伴う高い溶存シリカ量を有し，低い強度発現に至らしめたことなどが考えられる．促進養生の対象とする粘土によっては，特に珪藻遺骸や火山ガラス等の非晶質シリカをいたずらに含有するものほど，自ら強度発現特性に負の要因をもたらす可能性が示唆される．ベントナイトの結果について， w_i の観点からも予想どおりの強度発現特性を示す反面，促進養生結果が養生日数 28 日目の強度を代替する場合，事前検討の傾向に比べ強度伸び率は低いことが示唆される．同様の傾向はカオリンの場合でも認められる．

5. おわりに 本検討で得られた知見を要約すると，次のようである：1) 供試体中心部の温度が常温から温水養生の温度に上昇・収束するには 30 分程度の時間を要するのに対し，温水養生の温度から再び常温まで低下するには 80 分程度の時間を要することがわかった；2) カオリンの場合，促進養生による値は事前検討における養生日数 7 日目の q_u に相当した．ベントナイトの場合，養生日数 28 日目の q_u に相当した；3) 促進養生試験における強度発現の伸び率は低いことが示唆される．

参考文献：1) 三浦ら：軟弱地盤，No.15，軟弱地盤研究会，pp.83-102，2018．2) 日野：佐賀建設新聞，第 3592 号，建設新聞社，p. 12，2018．3) 村山ら：日本建築学会大会学術講演概要集，日本建築学会，pp.437-438，2003．4) 田代ら：地盤工学ジャーナル，地盤工学会，Vol.5，No.1，pp.81-87，2010．5) 浪瀬ら：平成 23 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM，第Ⅲ部門，pp.375-376，2012．

表-1 各粘土の基本的性質

項 目	カオリン	ベントナイト
$\rho_s (\text{g/cm}^3)$	2.654	2.604
$\rho_t (\text{g/cm}^3)$	1.605 (塩水)	1.341 (塩水)
$w_L (\%)$	51.1	266
	57.8 (塩水)	128.6 (塩水)
$w_p (\%)$	24.3	24.5
	28.3 (塩水)	31.4 (塩水)
$L_i (\%)$	11.6	6.1

表-2 促進養生の前後における各粘土の物理化学的性質の変化

項 目	カオリン		ベントナイト	
	前	後	前	後
ORP (mV)	262	245	393	350
pH (25℃)	4.74	4.90	9.17	8.94
$E_c (\text{mS/cm})$	19.2	18.0	25	24
NaCl (%)	4.0	2.6	3.6	4.7

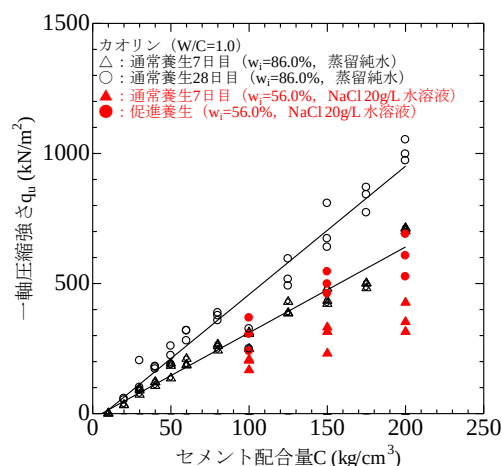


図-3 カオリンにおける C と q_u の関係

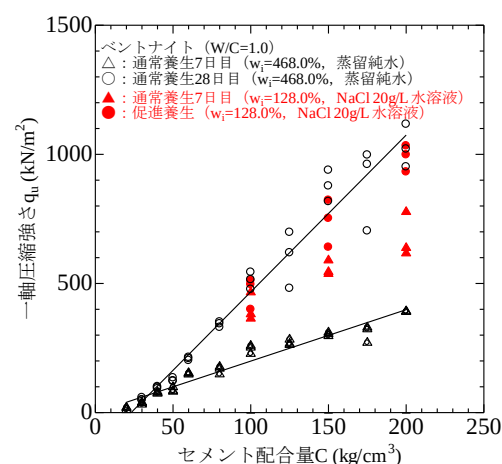


図-4 ベントナイトにおける C と q_u の関係