

促進養生法によるクリーク底泥および黒ボク土の強度発現特性

佐賀大学理工学部 ○学 原田菜々子 大学院 学 姫野季之 正 日野剛徳
促進養生研究会 F 三浦哲彦 正 碓井博文 正 喜連川聰容 法 真崎照吉

1. はじめに 筆者らは促進養生研究会に属し、セメント系固化材を用いた地盤改良における促進養生法¹⁾の適用に関する検討を進めてきている^{2)~4)}。同養生法は、地盤改良時の室内配合試験と品質・出来形管理における改良土の強度発現の可否をわずか 1 日で見極めようとするものである。本報では、クリーク底泥と黒ボク土を対象として、促進養生法による室内配合試験を行った。佐賀低平地では、クリーク底泥は改良柱体の上層、黒ボク土は下層（着底部）の品質・出来形不良をもたらす要因と考えられ始めていることによる⁵⁾。

2. 供試土の基本的性質 表-1 に、供試土の基本的性質を示す。佐賀県佐賀市川副町で採取されたクリーク底泥の場合、細粒分含有率 F_c が 98% の一次的性質から状態諸量が成り立ち⁶⁾、軟弱な性質である。強熱減量 L_i は 10.1% であった。熊本県上益城郡益城町で採取された黒ボク土の場合、 F_c が 22% の一次的性質から状態諸量が成り立ち、 L_i は 17.5% と高い有機物の含有を示唆した。

3. 実験方法 供試体の作製に際し、改良前の初期含水比はクリーク底泥において液性限界の 1.5 倍 (175%)、黒ボク土において自然含水比 (68.8%) とした。一般軟弱土用（固化材 A と呼ぶ）と高有機質土用（固化材 B と呼ぶ）のセメント系固化材をそれぞれ水セメント比 W/C が 1.0 と 1.5 の条件下で用いた。JGS 0821-2009⁷⁾に従い、クリーク底泥の配合量 C は 100kg/m³、150kg/m³ および 200kg/m³、黒ボク土の C は 200kg/m³、300kg/m³ および 400kg/m³ とした。養生日数は 1 日（促進養生法）、7 日および 28 日とし、各配合条件のもとで 3 本ずつ、計 216 本を作製した。所定の養生を経た後、一軸圧縮試験に供した。促進養生法を適用した供試体は、JGS 0821-2009⁷⁾における固化材の添加から約 3 時間の室温による前置養生後、約 20 時間の 55℃±2℃からなる温水養生、約 30 分の室温による後置養生^{2),3)}を経て後、一軸圧縮試験に供した。

4. クリーク底泥における強度発現特性 図-1・2 に、クリーク底泥における C と一軸圧縮強さ q_u の関係を示す。促進養生法による一軸圧縮強さ q_{u1} について、固化材 A の q_{u1} が固化材 B の q_{u1} より高い強度発現を示した。28 日養生による一軸圧縮強さ q_{u28} について、 C が 100kg/m³ と 150kg/m³ では固化材 A の q_{u28} がやや高い強度発現を示し、 C が 200kg/m³ では固化材 B の q_{u28} がやや高い強度発現を示した。両固化材における q_{u1} は、 W/C と C によらず q_{u28} より低かった。 C の増加に伴う q_{u1} の増加について、固化材 A の q_{u1} が固化材 B の q_{u1} に比べ高い値を示すが、 q_{u28} ではその傾向が転じた。

図-3 に、 q_{u1} と q_{u28} の関係を示す。あらかじめ、固化材 A の各 C における q_{u28}/q_{u1} は 2.2~2.4、 q_{u28}/q_{u7} は 1.4~1.6 の範囲でそれぞれ平衡にプロットされることを確認した。固化材 B の各 C

表-1 供試土の基本的性質

項目	クリーク底泥	黒ボク土
粒度		
礫分 (%)	0	17
砂分 (%)	2	61
組成		
シルト分 (%)	42	13
粘土分 (%)	56	9
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.58	2.89
酸化還元電位 (mV)	-22	105
pH (25℃)	6.60	8.52
電気伝導率 (mS/cm)	0.83	0.66
塩濃度 (g/L NaCl)	0.1	0.1
強熱減量 L_i (%)	10.1	17.5
液性限界 w_L (%)	117.2	80.5
塑性限界 w_P (%)	45.4	55.7
塑性指数 I_p	71.8	24.8
自然含水比 w_n (%)	115.2	68.8
湿潤密度 ρ_r (g/cm ³) (JGS 0821 2009 ⁷⁾)	1.379	1.353
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.641	0.802
間隙比 e	3.027	2.610

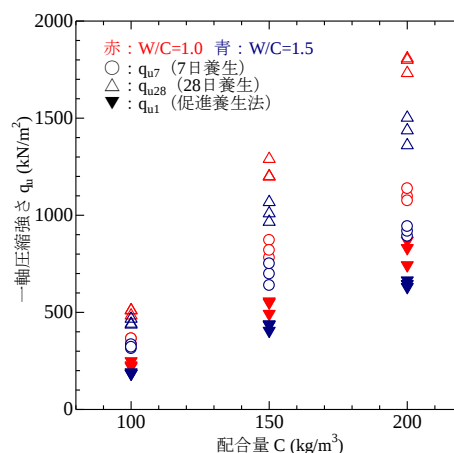


図-1 C と q_u の関係(固化材 A)

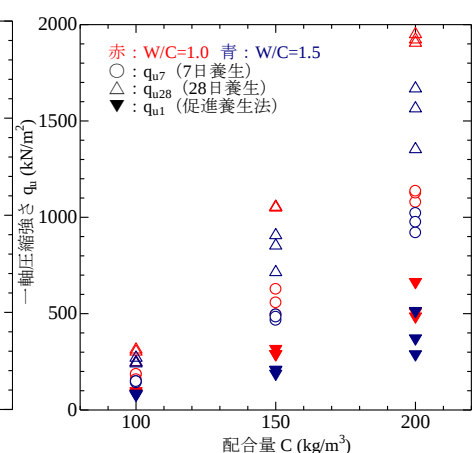


図-2 C と q_u の関係(固化材 B)

における q_{u28}/q_{u1} は 3.1~4.4 の範囲で増加の傾向を示したが, q_{u28}/q_{u7} は 1.6~1.9 の範囲で平衡にプロットされた. これらのような強度比のばらつきが認められたが, 各固化材の条件下で相関を求めた場合, W/C と C の違いによらず 0.99 以上の高相関のもとで固化材 A の $q_{u28}=2.2q_{u1}$, 固化材 B の $q_{u28}=3.9q_{u1}$ が得られた.

5. 黒ボク土における強度発現特性 図-4・5 に, 黒ボク土における C と q_u の関係を示す. q_{u1} について, 固化材 A の q_{u1} が固化材 B の q_{u1} より高い強度発現を示した. q_{u28} について, C の違いによらず固化材 A の q_{u28} が固化材 B の q_{u28} に比べ高い強度発現を示した. C の増加に伴う q_{u1} の増加について, 固化材 A では q_{u1} が q_{u28} と同程度の増加を示した. 固化材 B の q_{u1} の増加は固化材 A の場合に比べて低く, かつ q_{u28} における増加に比べても低かった.

図-6 に, q_{u1} と q_{u28} の関係を示す. 固化材 A の各 C における q_{u28}/q_{u1} は 1.3~2.8, q_{u28}/q_{u7} は 0.9~1.4 の範囲でそれぞれ平衡にプロットされ, 固化材 B の各 C における q_{u28}/q_{u1} は 3.2~4.8 の範囲で減少の傾向を示し, q_{u28}/q_{u7} は 1.0~1.6 の範囲で平衡にプロットされることを確認している. 黒ボク土の場合, クリーク底泥に比べ相関係数は 0.93 から 0.94

と下回るが, 固化材 A の $q_{u28}=1.5q_{u1}$, 固化材 B の $q_{u28}=3.7q_{u1}$ が得られた.

6. 考察 佐賀低平地において改良柱体の中層に相当する海成の有明粘土 ($L_i=7.9\%\sim 8.7\%$) の q_{u28}/q_{u1} は固化材 A で 1.5 から 3.4, 固化材 B で 2.6 から 4.0 の値が得られ始めている⁴⁾. 本検討で注目されたのは, クリーク底泥 ($L_i=10.1\%$) と黒ボク土 ($L_i=17.5\%$) とともに, q_{u28}/q_{u1} は土の種類, L_i , W/C および C によらず固化材の種類に依存すること, q_{u28}/q_{u7} は固化材の種類に依存せず, 1~2 倍程度の強度比に落ち着いていることであった. 固化材 A と固化材 B における成分の違いは石こう(セメントの化学成分の公称値における SO_3) の含有量であり, 後者ほどその値が高い. 同成分は温度との間で複雑な関係を有していることが, 上述してきた q_{u28}/q_{u1} の傾向をもたらしていると考えられる⁸⁾.

7. まとめ 本検討で得られた知見を要約すると, 次のとおりである: 1) クリーク底泥における q_{u1} は, W/C と C によらず q_{u28} より低い値を示した. 固化材 A の $q_{u28}=2.2q_{u1}$, 固化材 B の $q_{u28}=3.9q_{u1}$ の関係が得られた; 2) 黒ボク土における q_{u1} と q_{u28} の関係についてもクリーク底泥と同様であった. 固化材 A の $q_{u28}=1.5q_{u1}$, 固化材 B の $q_{u28}=3.7q_{u1}$ の関係が得られた; 3) q_{u28}/q_{u1} は土の種類, L_i , W/C および C によらず固化材の種類に依存し, q_{u28}/q_{u7} に比べ高い値を示した.

参考文献 1) 清田ら: 第 34 回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.851-852, 1999. ; 2) 山際ら: 平成 30 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, pp. 375-376, 2019. ; 3) 日野ら: 第 54 回地盤工学研究発表会講演概要集, CD-ROM, pp.729-730, 2019. ; 4) 喜連川ら: 第 74 回土木学会年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, III-238, 2019. ; 5) 三浦ら: 軟弱地盤, No.15, pp.83-102, 2018. ; 6) 三笠: 土と基礎, Vol.12, No.4, pp.17-24, 1964. ; 7) 地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説~二分冊の 1~, pp.426-434, 2009. ; 8) セメント協会: セメント系固化材による地盤改良マニュアル第 3 版, pp.23-26, 2003.

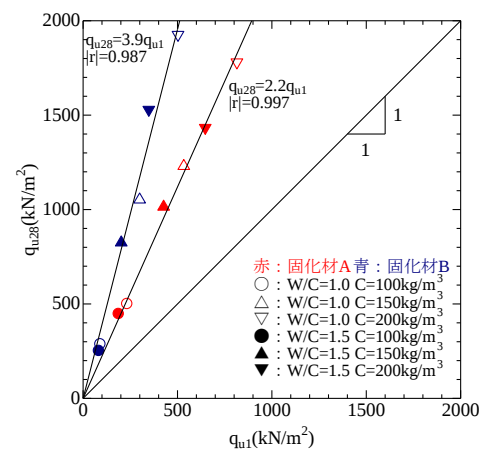


図-3 C と強度比の関係

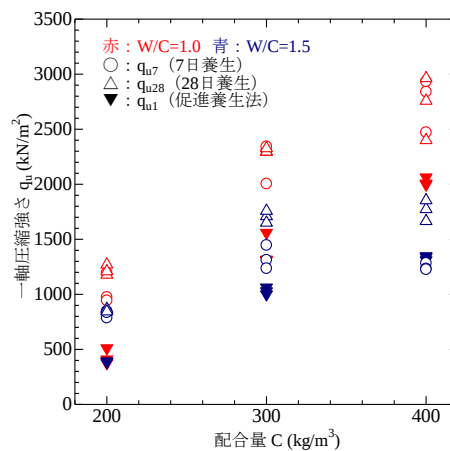


図-4 C と q_u の関係(固化材 A)

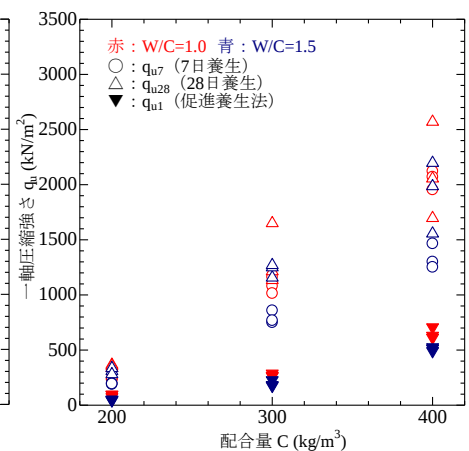


図-5 C と q_u の関係(固化材 B)

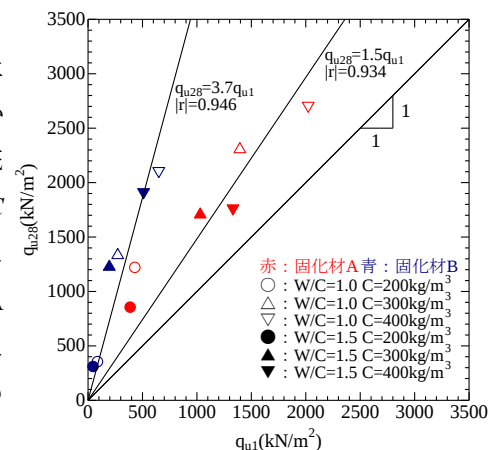


図-6 C と強度比の関係