

蓮池層下部の粘性土を用いた室内・現場における促進養生法の適用

佐賀大学理工学部 ○学 小田宙 促進養生研究会 正 碓井博文
 佐賀大学理工学部 正 日野剛徳 大分工業高等専門学校 正 姫野季之
 促進養生研究会 正 真崎照吉 正 喜連川聰容

1. はじめに 筆者らの属する研究グループは、佐賀低平地の深層混合処理工法における促進養生法の適用を進めてきている¹⁾。同養生法は、改良土の強度発現の当否をわずか1日で見極めようとするものである。着底タイプからなる改良柱体の打設に際し、着底部分の改良柱体の品質不良に見舞われることが少なくない。着底層における三田川層の上面と改良対象層の下面における蓮池層下部の間には、黒ぼくの堆積が認められていることなどによる²⁾。本報では、蓮池層下部の粘性土（以後、蓮池粘土（下部）と呼ぶ）を対象に、室内と現場において促進養生法を適用した結果について述べる。

2. 蓮池粘土（下部）の基本的性質 表-1に、後述の各配合試験に用いた蓮池粘土（下部）の基本的性質を示す。それぞれの蓮池粘土（下部）の状態諸量について、ともに軟弱な様相を示している。液性指数 I_L の高低は鋭敏性の高低に比例すると推定しており、深層混合処理工法における攪拌混合の難易の程度を示す定数として注目している^{4),5)}。得られた結果は $I_L \leq 1$ であり、蓮池層上部や有明粘土層における粘性土の I_L ⁶⁾ に比べれば攪拌混合し難いものと考えられ、実施工上の固化材の増量、ダブルング（二往復攪拌混合）、等の追加措置を要することが示唆される。

3. 試験方法 室内配合試験は次のように行った。一般軟弱土用のセメント系固化材の添加量 $C=80, 110, 140\text{kg/m}^3$ とし、それぞれの C のもとで水セメント比 $W/C=1.0$ とし、12本の供試体を作製できる粘性土量を用いて攪拌混合した。JGS 0821-2020に従っているが、攪拌混合後の改良土を棒状にこねて内径50mm、高さ100mmのプラモールドに挿入し、気泡を抜きプラモールドにフィットさせるようタッピングを施している。プラモールドの高さ以上に達した改良土は、擦切って端面を成形する。プラモールド充填後の供試体の質量をモニタリングし、供試体間のバラつきを抑えている。養生日数 $t=1$ 日（促進養生法）と28日（通常養生）とした。促進養生法の適用に際しては、供試体を養生槽に浸けた際、供試体内に水が浸入しないよう改良土の高さを2~3cm分余盛した後、ラッピングを確実に施す。攪拌開始から3時間を前置養生、水温 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ からなる水槽に20.5時間静置する温水養生、約30分の室温による後置養生、後置養生の間に余盛分の改良土を擦切って後、一軸圧縮試験に供した。他方、現場配合試験の場合は次のようであった。蓮池粘土（下部）に適用された $C=150\text{kg/m}^3$, $W/C=1.0$ であり、打設直後の改良柱体より未固化の改良土を採取し⁶⁾、上述と同様の方法により現場において供試体を作製した。同供試体を打設開始から促進養生法に定められる3時間の前置養生の間に試験室に搬送し、

表-1 各配合実験における蓮池粘土（下部）の基本的性質（項目の順序は三笠³⁾に基づく）

	室内配合試験時	現場配合試験時
粒土組成	礫分(%)	0.0
	砂分(%)	0.8
	シルト分(%)	38.2
	粘土分(%)	61.0
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.662	2.673
自然含水比 w_n (%)	79.7	79.8
液性限界 w_L (%)	83.8	82.2
塑性限界 w_p (%)	38.3	31.9
塑性指数 I_p	45.5	50.3
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³) (JGS 0821 2020 ¹⁰⁾)	1.505	1.514
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.837	0.831
間隙比 e	2.179	2.220
飽和度 S_r (%)	97.4	99.3
液性指数 I_L	0.9	1.0

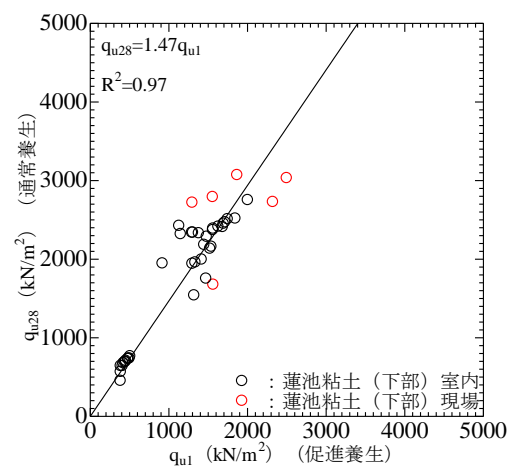


図-1 蓮池粘土（下部）における q_{u1} と q_{u28} の関係（室内配合試験と現場試験）

通常養生の条件と促進養生法の条件に従い、所定の養生期間を経させた。

4. 強度発現特性 図-1 に、蓮池粘土（下部）における促進養生法に基づく一軸圧縮強さ q_{u1} と通常養生に基づく同強さ q_{u28} に関する室内配合試験と現場配合試験の結果を示す。これらの単回帰分析を行った結果、一軸圧縮強さ比 $UCSR (=q_{u28}/q_{u1})$ $\phi=1.47$ 、決定係数 $R^2=0.97$ の値を得た。図-2 では、 q_{u1} と q_{u28} に関するこれまでの室内配合試験の結果に蓮池粘土（下部）の室内配合試験の結果を併記した。 $UCSR=1.54$ 、 $R^2=0.95$ であった。図-3 では、 q_{u1} と q_{u28} に関するこれまでの現場配合試験の結果に蓮池粘土（下部）の現場配合試験の結果を併記した。 $UCSR=1.58$ 、 $R^2=0.95$ であった。図-4 に、 q_{u1} と q_{u28} に関する全ての結果を併記した。 $UCSR=1.57$ 、 $R^2=0.95$ であった。

5. 考察 筆者らの属する研究グループは、これまでに $UCSR=1.5$ を提案してきている。既往の研究では、 $UCSR$ を K と表現することもあった。 $UCSR$ は $q_{u28}=UCSR \times q_{u1}$ の関係からなるが、切片 0 に基づく単回帰直線の都合上、同式によって推定される q_{u28} は実測値に比べ低い場合もあり得る。特に、低い設計基準強度が多用される土木における品質管理への適用ほど、そのリスクは高まるといえる。ここで、図-1 から図-4 の縦軸・横軸ともに $1,000\text{kN/m}^2$ 以下の領域に注目した場合、 q_{u28} の実測値は $UCSR=1.5$ を上回る傾向が認められる。 $UCSR=1.5$ との提案の現状は、品質管理上の適用の安全性を担保しているといえる。他方、高い設計基準強度が多用される建築では、低い q_{u28} の実測値を担保できていないことから、 $UCSR$ の引下げ、折線によるフィッティング、曲線によるフィッティング、などに関する議論の余地が残る。肝要なのは技術者における理解の受入の難易であり、引き続きデータを蓄積して策定に臨む。

6. まとめ 本報で得られた知見を要約すると、次のとおりである：1) 蓮池粘土（下部）における室内配合試験と現場配合試験のデータに基づく一軸圧縮強さ比 $UCSR=1.47$ 、決定係数 $R^2=0.97$ の値を得た：2) 佐賀低平地の粘性土に対し、土木の条件下として、かつ切片 0 に基づく単回帰直線としての $q_{u28}=UCSR (=既往では K) \times q_{u1}$ の式とともに、 $UCSR=1.5$ との値の提案を続ける。

謝辞：本報の検討に際し、佐賀県有明海沿岸道路整備事務所ならびに佐賀県佐賀土木事務所には原位置における検討の機会をいただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献：1) 姫野ら：第 56 回地盤工学会研究発表会，地盤工学会，pp.13-4-3-07，2021.；2) 山崎ら：令和 3 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.393-394，2022.；3) 三笠：土と基礎，Vol.12，No.4，pp.17-24，1964.；4) 嘉門ら：16 土の力学（I）～土の分類・物理化学的性質～，新体系土工学（土木学会編），技報堂出版，pp.87-97，1988.；5) 日野ら：地盤工学会誌，地盤工学会，Vol.67，No.4，Ser.No.735，pp.12-15，2019.；6) 副島ら：令和 3 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.349-350，2022.

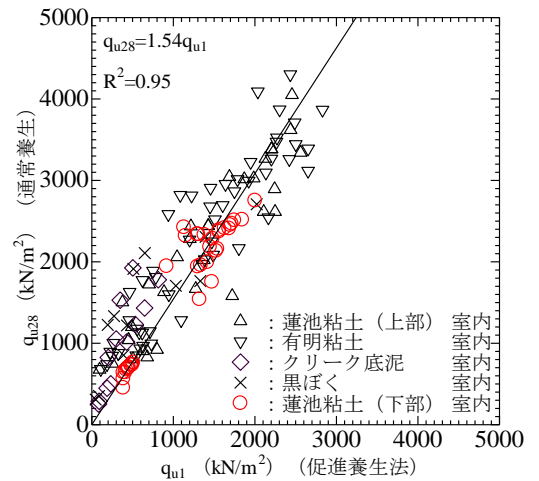


図-2 全ての室内配合試験における q_{u1} と q_{u28} の関係

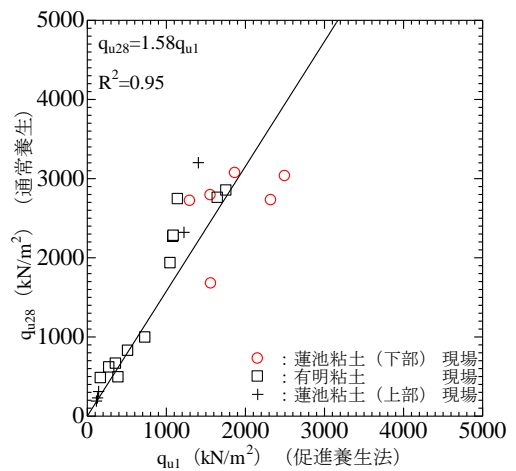


図-3 q_{u1} と q_{u28} の関係 (全ての現場試験)

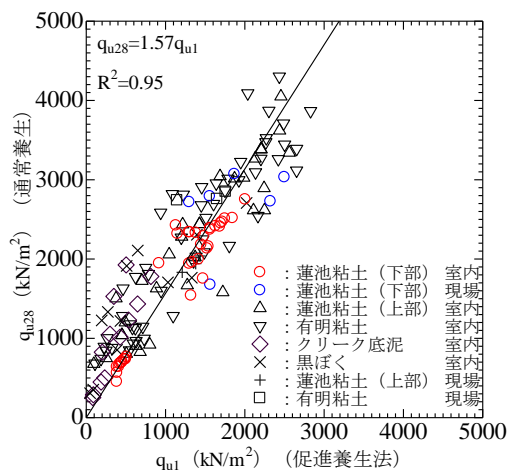


図-4 q_{u1} と q_{u28} の関係 (全ての結果)