

# セメント系固化材スラリーによる地盤改良における攪拌混合の難易に関する検討

佐賀大学理工学部 ○学 三瀬公博 佐賀大学共同研究員 正 碓井博文  
 佐賀大学理工学部 正 日野剛徳 佐賀大学大学院理工学研究科 学 SOME Donzala David

**1. はじめに** 佐賀低平地における軟弱地盤対策として、セメント系固化材スラリーによる地盤改良が主流を占めてきている。セメント系固化材は水硬性セメントであり、水セメント比による施工性の調整が可能ながその理由に挙げられる。上述の工法において、品質不良に見舞われる事例が多くなってきている<sup>1)</sup>。筆者らの属する研究グループは、その原因の一つに現地土とセメント系固化材スラリーとの間の攪拌混合の難易に注目し始めている<sup>2)</sup>。本報では、佐賀県政下の有明海沿岸道路（福富鹿島道路）における2021年12月末までに得られた地盤調査結果を用い、土の鋭敏性・圧縮性の観点から攪拌混合の難易判別について検討した。

**2. 土の鋭敏性と圧縮性** 攪拌混合の難易の判断基準として、福富鹿島道路における液性指数  $I_L$  と圧縮指数  $C_c$  に注目する。図-1に、塑性状態の領域を  $I_L$  で表したときのコンシステンシー変化を示す。同図は嘉門ら<sup>3)</sup>によって示されたものの再掲であり、コンシステンシーとせん断強さの関係が明示された稀有な図として注目し続けている。また、筆者らの一人は、粘性土が高い  $I_L$  の値を伴うのは塩分溶脱現象に代表される二次的な地盤環境の変化を強く受けた結果によること、高い  $I_L$  の値を伴う粘性土の構造ほど高位化の進展を暗示すること<sup>4)</sup>、高い  $I_L$  の値を伴う粘性土の  $e$ - $\log p$  曲線ほど逆S字の傾向も卓越すること<sup>5)</sup>、などのように、 $I_L$ 、 $C_c$  および両パラメータ間の相関について土の状態諸量の観点からシナリオ化しつつある。以上のことが、高い  $I_L$  かつ高い  $C_c$  の値を有する粘性土ほど攪拌混合し易い土、低い  $I_L$  かつ低い  $C_c$  の値を有する粘性土ほど攪拌混合し難い土と考える所以である。

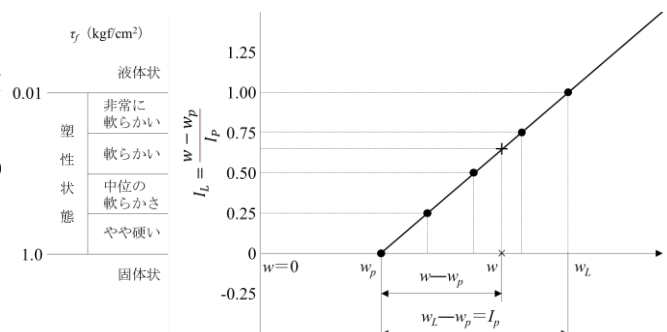


図-1 塑性状態の領域を  $I_L$  で表したときのコンシステンシー変化<sup>3)</sup>

**3. 調査位置** 図-2に、福富鹿島道路の位置を緑線で示す。同道路の区間は福富インターチェンジを始点とし、佐賀県杵島郡白石町深浦を終点とする。図-3では、図-2における同道路区間の拡大とともに、38件の地盤調査位置をプロットした。同道路は、赤い網掛けによって示された海進期侵食谷<sup>6)</sup>を跨ぐ。海進期侵食谷とは、有明海の海進期に有明海が陸域を侵食する際の主流域の痕跡をいい、旧河川と誤解されやすい。

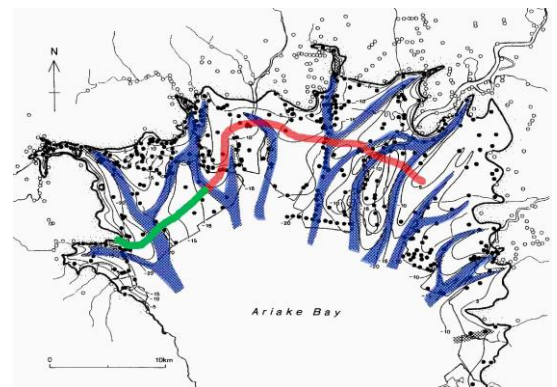


図-2 佐賀低平地における福富鹿島道路の位置

**4. 検討の方針** 図-3の地盤調査位置から、後述の図-4に示す福富鹿島道路における地下断面が明らかにされている<sup>7)</sup>。本報では、同道路について河川における右岸・左岸の区分の視点に基づき、さらに次の視点を加えることによってゾーニングした。エリア①は、蓮池層上部の堆積が認められることによる。エリア②は、蓮池層上部の堆積がほとんど認められないことによる。エリア③は、海進期侵食谷の以浅かつ蓮池層下部が大きく削られていることによる。エリア④は、東西方向に延伸する福富鹿島道路の残りの区間から

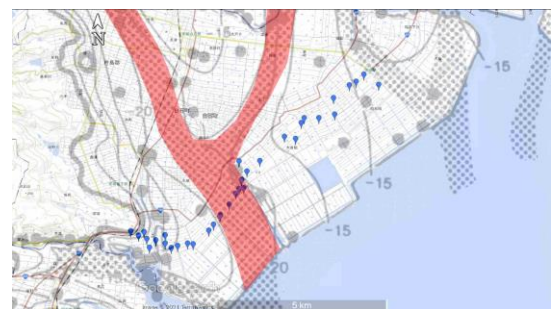


図-3 海進期侵食谷を跨ぐ福富鹿島道路

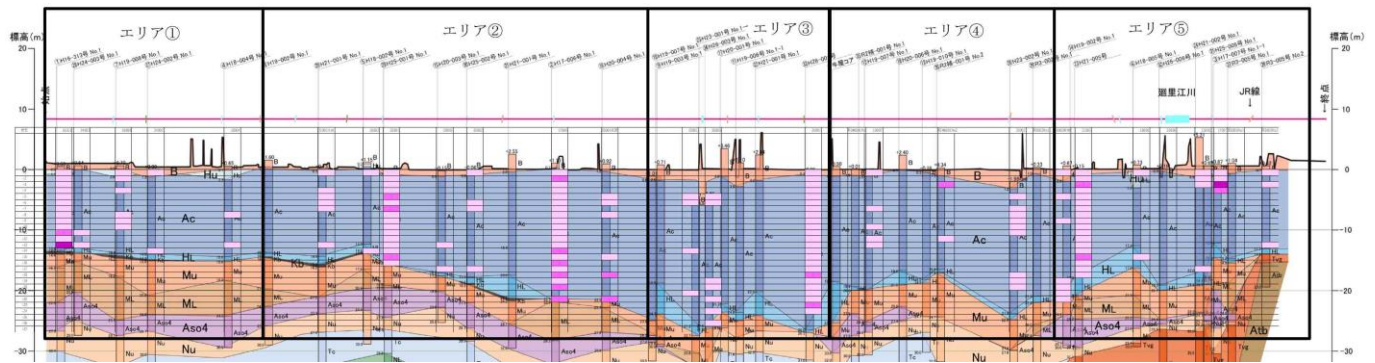


図-4 土の鋭敏性・圧縮性の視点に基づく攪拌混合の難易判別

なる。エリア⑤は、同道路が南北方向かつ終点に向かう区間からなる。なお、盛土等の既設構造物下で調査されたと考えられる 8 件の地盤調査結果を始め、緯度・経度を伴わない 2 件の地盤調査結果について除外し、計 28 件の地盤調査結果を用いて今後の検討に臨んだ。

表-1 図-4 における警戒色の意味

項目	判定		
$I_L < 1$ (低鋭敏性)	該当なし	無色	
$C_c < 1$ (低圧縮性)	1つ該当	警戒色 1	
有機物の多寡	2つ該当	警戒色 2	
	3つ該当	警戒色 3	

5. 土の鋭敏性・圧縮性の視点に基づく攪拌混合の難易判別

図-4 に、福富鹿島道路における土の鋭敏性・圧縮性の視点に基づく攪拌混合の難易判別の結果を示す。表-1 には、図-4 における警戒色の意味を示した。図-4 の警戒色が濃くなるほど、現地の土とセメント系固化材スラリーとの間の攪拌混合が難しくなる様子を表した。エリア①について、一部の地点で警戒色 3 が認められたが、全体的な警戒色は無色から警戒色 1 にとどまっている。当該範囲で警戒色 1 を示す原因は、そのほとんどが有機物の混入によるものである。エリア②について、攪拌し難いと考えられる地点が最も多く現れた。有明粘土層が厚くなるにつれて、警戒色のレベルが増している。エリア③について、警戒色の項目を占めたのは低い圧縮指数  $C_c$  であった。エリア③は海進期侵食谷によって浸食されたことによるためか、他のエリアに比べて蓮池層下部が厚く堆積している。他のエリアにおける粘性土との間の堆積環境の違いがユニークな圧縮性の違いをもたらしていると考えられる。エリア④について、警戒色が現れる頻度は他のエリアに比べて最も低いといえる。エリア⑤について、警戒色の示す意味はエリア①と同様に、そのほとんどが有機物の混入によるものであった。また、エリア⑤では、他のエリアに比べて標高の高い部分で低圧縮性を示した。エリア⑤の断面は海域から山岳に向かうもののため、土質定数の変化が顕著になっていると考えられる。他方、液性指数  $I_L$  について、低鋭敏性を示す部分は各エリアに平均的かつ同程度の深さに分布していることが認められたが、特筆すべき傾向は認められなかった。以上のことから、土の鋭敏性と圧縮性の視点に基づく現地の土とセメント系固化材スラリーとの間の攪拌混合の難易は、エリア②とエリア③で警戒すべきといえる。

6. 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) 本検討で警戒色の濃色を占めたのは、有機物の混入と低圧縮性によるものであった；2) 液性指数の視点に基づく低鋭敏性を示す部分は各エリアに平均的かつ同程度の深さに分布していることが認められたが、特筆すべき傾向は認められなかった；3) エリア⑤の断面は海域から山岳に向かうもののため、土質定数の変化が顕著になっていると考えられる；4) 土の鋭敏性と圧縮性の視点に基づく現地の土とセメント系固化材スラリーとの間の攪拌混合の難易について、エリア②とエリア③で警戒すべきである。

謝辞：本検討の実施に際し、佐賀県有明海沿岸道路整備事務所より地盤調査結果一式を提供していただいた。また、佐賀大学教育学部の黒田圭介准教授には、Microsoft Excel を用いた攪拌混合の難易判別の検討の簡便化に関する道筋を与えていただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 三浦ら：軟弱地盤，No.15，pp.83-102，2018.；2) 川添ら：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.345-346，2022.；3) 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.；4) 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.；5) 赤峰ら：第 31 回地盤工学研究発表会平成 8 年度発表講演集，2 分冊の 1，pp.595-596，1996.；6) 下山ら：地域地質研究報告，5 万分の 1 地質図幅，福岡（14）第 71 号，NI-52-11-9，（独）産業技術総合研究所地質調査総合センター，97p，2010.；7) 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.；