

地域高規格道路・佐賀道路における完新統および更新統の深さ的性質

佐賀大学理工学部 ○学 今村俊貴

佐賀大学理工学部 正 日野剛徳 同大学院理工学研究科 学 SINDETE, Mathiro Jose

1. はじめに 佐賀県政下の地域高規格道路の建設事業は、有明海沿岸道路（佐賀福富道路）から佐賀道路へと拡大しつつある。佐賀道路では詳細設計のための地盤調査の段階に達し、データが充実してきている^{1),2)}。本研究では、佐賀道路において2019年7月末までに得られた地盤調査結果を用い、当該道路の軟弱地盤対策に資するための深さ的性質について検討を行った。

2. 堆積環境と地盤工学的性質 図-1に、佐賀道路の事業範囲と地盤調査位置を示す。図-1の右側から左側にかけて南部から北部の方角を示し、同方角において完新統（旧沖積層：a）の層厚が減じる地下構造にある。後述の深さ的検討において完新統と更新統（旧洪積層：d）のデータがある深さで並列的に表されるのは、上述の地下構造の変化を反映できないことによる。

図-2に、概略設計に供される定数群の深さ分布を示す。圧縮指数 C_c は図-3中に示した。図-2より、完新統（蓮池層上部（非海成粘性土、 aH_{uc} ）、有明粘土層（海成粘性土、 aA_c ）蓮池層下部（非海成粘性土、 aH_{lc} ））の湿潤密度 ρ_t は $1.3 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$ の値を示し、間隙比 e は2以上の値でプロットされ、軟弱な状態にある。他方、更新統（三田川層（ dM 、非海成粘性土部分を dM_c ）、中原層（ dN 、非海成粘性土部分を dN_c ））の ρ_t は 1.7 g/cm^3 以上を示し、 e も完新統の半分以下の値でプロットされ、完新統よりも土粒子の詰まり具合を増す。しかしながら、更新統の一部では完新統のように軟弱な状態にある地点が存在しており^{1),2)}、特に深さ10m、23m、35m付近で顕在化する。 dN における深さ23m付近と35m付近の粘性土は他の dN_c と異なり、 N 値が5未満の軟弱さを増すことから、今後高木瀬層（ dT_g ）の粘性土（ dT_{gc} ）として扱われる可能性がある。なお、佐賀道路の地盤調査では、 dT_g を特徴づける貝殻片の混入³⁾が認められなくても上述の N 値の観点から dT_g と定義され始めているところがあり、今後第四紀学との間で解決を図る必要がある。

3. 鋭敏性と圧縮性 図-2に示した完新統と更新統を同時に俯瞰すると、圧密降伏応力 p_c および非排水せん断強さ $c_u (=q_u/2)$ の深さ的性質は、一見教科書どおりの圧密による強度増加の傾向として捉えられる。図-3に、液性指数 I_L および C_c の深さ分布を示す。完新統の場合、 I_L は1を超えるものがほとんどであり、深さ10m以浅ほど鋭敏な粘性土が堆積していることを示している。 C_c も1を超えてプロットされることから、完新統全体として高鋭敏性・高圧縮性を有する。更新統の場合、 $I_L \cdot C_c$ ともに1以下でプロットされるが、中には I_L が1に近づくとともに、高い C_c を示すものがある。このような鋭敏性・圧縮性が卓越するメカニズムについて、

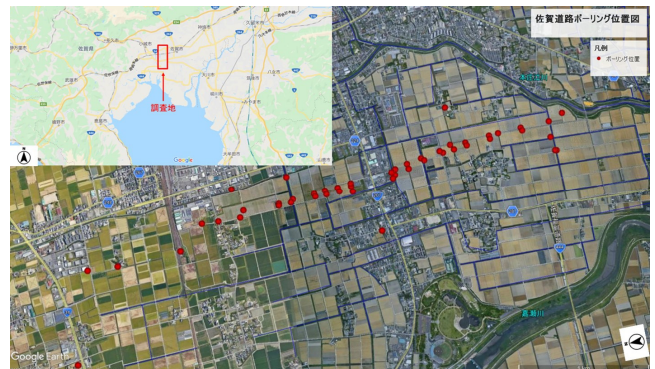


図-1 佐賀道路の地盤調査位置

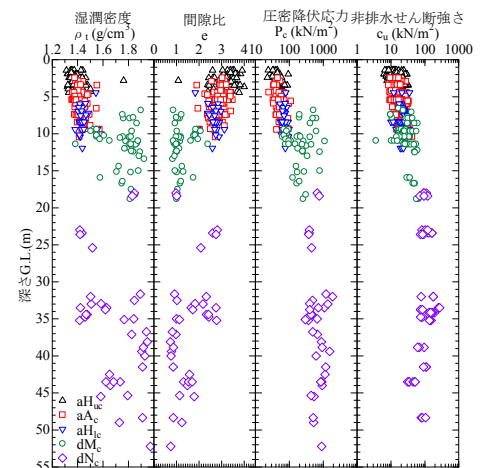


図-2 概略設計に供される定数群の深さ分布

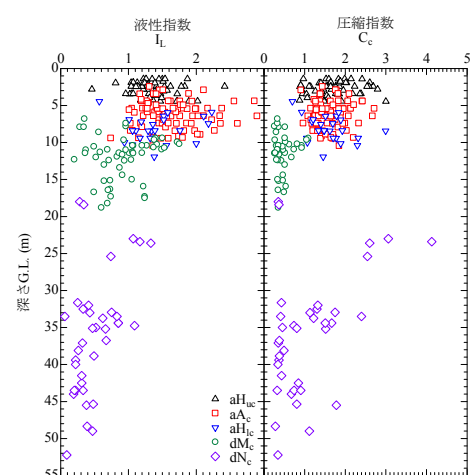


図-3 液性指数および圧縮指数の深さ分布

筆者らは塩分溶脱現象とセメンテーション、さらに土の間隙の再発達、との通説に反する仮説を設け、これらの結果からなる土構造の高位化を骨粗しょう症に例えることで説明を試みている⁴⁾。更新統はかつて支持層と考えられていたが、上述してきた性質に加え、高盛土下では沈下層であることもわかってきている⁵⁾。佐賀道路においてはこれらの性質に留意しながら軟弱地盤対策を進めていく必要がある。

4. 黒ボク土と強熱減量 深さ10m付近に堆積しているdMでは、火山灰層や火山ガラス（始良Tn火山灰：AT）が濃集する黒ボク土層が発達する場合がある³⁾⁶⁾。佐賀道路における一部の地盤調査において、同深さ付近で有機質土と判定された地層に対する理学分析がなされ、火山ガラスが検出されている⁷⁾。さらに、火山ガラスの一部には融解過程にあるものが認められている。火山ガラスの粘土化にはアロフェンへの変化が含まれ、アロフェンを多く含む土にあってはセメント系固化材による改良効果が得られにくくなる⁸⁾。物理化学的性質の深さ分布を図-4に示す。酸化還元電位（ORP）について、ほぼゼロからマイナスの値からなる還元状態（嫌気性の状態）にあることを示している。pHについて、aH_{uc}は表層の堆積物のため、地表からの風化の影響などによりpHが酸性に傾くが、aA_cで深の地層ほど深さを増し、弱アルカリ性が卓越するようになる。強熱減量 L_i について、全層において5%から10%の値を示しているが、一部のdM_cにおいて25%を上回るものが認められた。佐賀道路の地盤調査を進める過程で、dMにおける黒ボク土層が1.4mに及ぶ層厚で出現してきており、有明海沿岸道路（佐賀福富道路）と同様に慎重な対応を求められようとしている。図-5に、pHと L_i およびORPの関係を示す。図-4および上述のように、一部のユニークな値が認められたこと以外の L_i の深さ的性質に一見変化はない。ところが、図-5の視点に切り替えることで、有機物中に具体的に含まれるフミン酸、フルボ酸、腐植酸等のセメント系固化材による強度発現に影響を及ぼす成分の含有量が異なっていることが示唆される。軟弱地盤対策にセメント系固化材による技術が用いられる場合、以上の黒ボク土の存在や強熱減量の値に留意して対策を講じることが求められる。

5. おわりに 本研究において、得られた知見を要約すると次のとおりである：1) 更新統の一部では完新統のように軟弱な状態にある地点が存在している；2) 中原層における一部の粘性土の性質は今後高木瀬層のものとして扱われる可能性がある；3) 更新統における一部の粘性土の鋭敏性・圧縮性は高く、高盛土下では沈下層になると考えられる；4) 三田川層における黒ボク土層が1.4mに及ぶ層厚で出現してきている；5) 軟弱地盤対策にセメント系固化材による技術が用いられる場合、黒ボク土の存在や強熱減量の値に留意して対策を講じる必要がある。

謝辞：本研究に用いた全ての地盤調査結果は、佐賀県有明海沿岸道路整備事務所、地質調査業者および筆者らの研究グループからなる三者協働のもとで地質鑑定を進め、土質試験深さを定めることで得られてきたものである。このような機会をいただいた佐賀県有明海沿岸道路整備事務所に対し、深甚の謝意を表します。

参考文献：1) 中里ら：平成26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.315-316，2015。2) 田中ら：平成27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.457-458，2016。3) 下山ら：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。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) 伊賀屋ら：地盤工学会誌，地盤工学会，Vol.60，No.8，pp.18-21，2012。6) 小海ら：平成22年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM，pp.451-452，2011。7) 下山：ボーリングコアにおける火山灰抽出結果報告書，道改2B第0110208-023号 国道「208道路改良（国道）（2B）委託（地質調査）」，下山地質，2019。8) 日野ら：低平地研究，No.25，pp.27-32，2016。

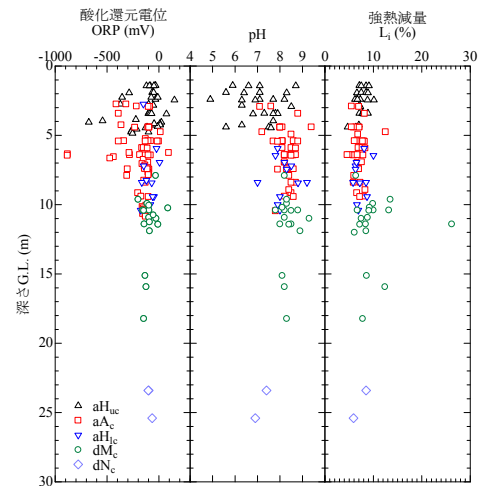


図-4 物理化学的性質の深さ分布

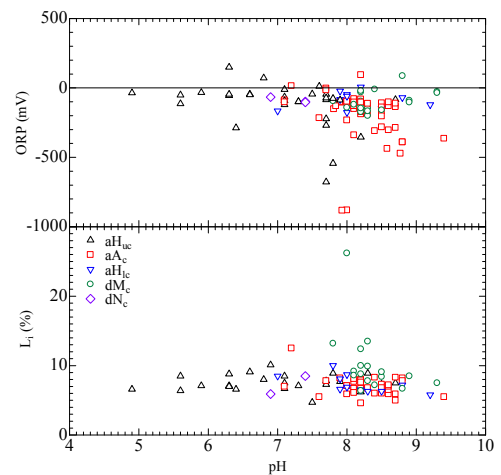


図-5 pH と L_i および ORP の関係