

地域高規格道路・佐賀道路の完新統における海岸線の変遷に基づく地盤工学的性質の検討

佐賀大学理工学部 ○学 福山真優奈 正 日野剛徳

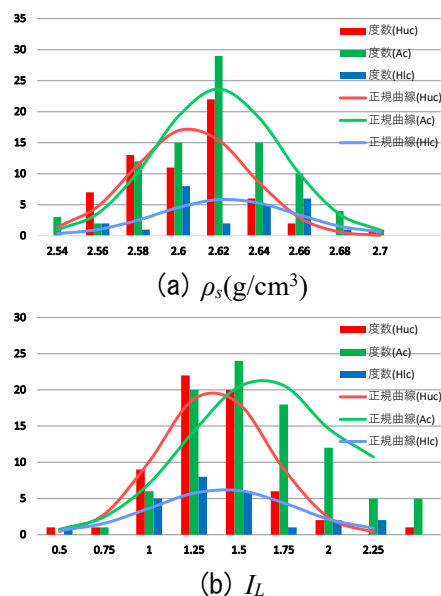
佐賀大学大学院理工学研究科 学 江本和生 学 SINDETE, Mathiro Jose

1. はじめに 前報では、地域高規格道路・佐賀道路において 2019 年 7 月末までに得られた第四系の地盤調査結果を用い、堆積環境と地盤工学的性質、鋭敏性と圧縮性、黒ボク土と強熱減量の各視点に基づいて検討を行い、深さ的性質に関するいくつかの知見を得た¹⁾。本報では、同道路に海岸線の変遷を反映させることによって得られる完新統の地盤工学的性質を把握し、軟弱地盤対策に資することを目的とする。

2. 佐賀道路における地盤工学的性質の平均値・標準偏差・変動係数 表-1 に、佐賀道路全域の蓮池層上部・下部 ($H_{uc} \cdot H_{lc}$) と有明粘土層 (A_c) における地盤工学的性質の平均値、標準偏差、変動係数を示す。図-1 (a), (b) に、変動係数の小さい土粒子の密度 ρ_s と変動係数の大きい液性指数 I_L のヒストグラムを抽出して示す。 H_{uc} , H_{lc} , A_c おける ρ_s はそれぞれ 2.61g/cm^3 , 2.62g/cm^3 , 2.62g/cm^3 の平均値として得られ、正規分布を示す。同様の視点で I_L の平均値を捉えると 1.36, 1.42, 1.63 とばらつき、非正規分布を示す。統計学の分野では、変動係数が 10%以上からなる平均値ほど信頼性に乏しくなるとされる。表-1 に示す各パラメータにおいて変動係数が 10%を下回るのは稀であり、技術者における判断の苦労が尽きないことを再認識させられる。

3. 海岸線の変遷に基づくゾーニング 変動係数の値を小さくできるゾーニング模索の端緒として、本検討では佐賀道路にクロスする海岸線の変遷²⁾に着目することにした。図-2 に、佐賀道路におけるボーリング調査位置と海岸線の変遷を併記した。同道路におけるボーリングの総地点数は 49 地点。この内、縄文時代と弥生時代の海岸線に挟まれるボーリング件数 56 件 (青○)、弥生時代と江戸時代の海岸線に挟まれるボーリング件数 36 件 (赤○) を抽出し、以後の検討に供した。なお、縄文時代以前の海岸線におけるボーリング件数は 2 件 (黄○) と少なかったため、検討から外した。

4. 海岸線の変遷に基づく変動係数の変化に関する考察 表-2 に、概略設計に供される 5 つのパラメータを抽出し、海岸線の変遷に基づく平均値と変動係数の変化をまとめた。同表には 3 つの状態諸量に関する

図-1 (a), (b) ρ_s と I_L のヒストグラム表-1 H_{uc} , H_{lc} , A_c における地盤工学的性質の平均値、標準偏差、変動係数

パラメータ	平均値			標準偏差			変動係数		
	H_{uc}	H_{lc}	A_c	H_{uc}	H_{lc}	A_c	H_{uc}	H_{lc}	A_c
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.61	2.62	2.62	0.03	0.03	0.03	1.1	1.3	1.2
強熱減量 $L_f(\%)$	7.56	7.36	7.02	1.14	1.24	1.29	15	16.8	18.4
pH	7.07	8.15	8.27	0.95	0.55	0.42	13.4	6.7	5.1
液性限界 $w_L(\%)$	103.07	81.86	81.79	18.17	11.4	11.71	17.6	13.9	14.3
塑性限界 $w_p(\%)$	41.52	37.81	37.8	6.48	6.01	6.4	15.6	15.9	16.9
塑性指数 I_p	61.67	44.05	44.77	14.69	9.46	9.47	23.8	21.5	21.1
活性度 A	1.62	1.21	1.28	0.4	0.37	0.34	24.5	49.7	30.2
自然含水比 $w_n(\%)$	124.5	98.15	108.05	15.37	13.89	12.15	14.7	14.2	11.2
湿潤密度 $\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.39	1.45	1.42	0.07	0.05	0.04	4.9	3.3	3.1
乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	0.64	0.74	0.69	0.1	0.08	0.07	16.5	11.5	9.6
間隙比 e	3.19	2.62	2.84	0.5	0.33	0.33	15.6	12.5	11.5
飽和度 $S_r(\%)$	99.27	98.89	99.28	0.56	1.95	0.64	0.6	2	3.7
液性指数 I_L	1.36	1.42	1.63	0.3	0.39	0.42	22.1	27.8	25.6
圧縮指数 C_c	1.71	1.61	1.61	0.51	0.49	0.37	29.7	30.3	22.7
圧密降伏応力 $p_c(\text{kN/m}^2)$	46.38	72.85	56.48	13.05	12.48	16.14	28.1	17.1	28.6
一軸圧縮強さ $q_u(\text{kN/m}^2)$	32	45.57	40.01	10.37	9.82	11.34	32.4	21.6	28.4

有明海

地表面を覆った地層であり、 H_{uc} は同海の高海面期から海退にかけて当時の地表面を覆った地層であって、前者は陸側から海側にかけて堆積年代が古くなり、後者はその逆をたどる。このような堆積年代の新旧が海岸線の変遷に符合して変動係数を小さくしたと推定される。他方、 A_c は海進海退を問わず急速に堆積した地層のため、海岸線の変遷に符合せず、変動係数の差として表れなかったと推定される。次に、 w_n 、 ρ_t 、間隙比 e の各変動係数について、 w_n と e の変動係数は大きい反面、 ρ_t の同値は小さいことが注目される。

w_n と ρ_t は、実測値からなる。 e は w_n と ρ_t からなる計算の末に得られるパラメータである。 e に認められる変動係数の大きさは、 w_n に起因すると考えられる。海岸線の変遷に基づくこれらの変動係数の変化について、前述と同様に $H_{uc} \cdot H_{lc}$ の各値は海岸線の変遷に基づき変動係数が小さくなるが、 A_c の各値に明瞭な変化は認められなかった。力学特性としての圧密降伏応力 p_c と非排水せん断強さ c_u ($=$ 一軸圧縮強さ $q_u/2$) について、海岸線の変遷に伴う変動係数の変化は前述までと同様の傾向が認められる。他方、ボーリング地点が陸側から海側に移るにつれて H_{uc} の各強さは低下、 H_{lc} の各強さは増加、 A_c の各強さは低下するとの海岸線の変遷に符合する結果を得た。過圧密比 OCR に関する検討は今後に控えるが、同値が不変、かつ状態諸量としての w_n 、 ρ_t 、 e に大きな違いが認められないにも関わらず各強さが前述の変化を示すとすれば、海岸線の変遷後に生じた堆積環境の2次的な変化に基づくセメンテーションの卓越の差が関与していることが示唆される³⁾。

5. おわりに 本報で得られた知見を要約すると、次のとおりである：

(1) 全域を対象とした完新統の各パラメータと海岸線の変遷に基づく各パラメータの間で平均値と変動係数の間に差が生じたものと生じなかったものがあった；(2) 蓮池層上部・下部 ($H_{uc} \cdot H_{lc}$) の場合、海岸線の変遷に基づくゾーニングによって変動係数の値を減じると考えられる；(3) 有明粘土層 (A_c) の場合、海岸線の変遷に基づくゾーニングによる変動係数の値の増減は認められなかった。

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) 今村ら：令和元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.419-420，2020。；2) 下山ら：佐賀地域地質研究報告 5 万分の1 地質図幅福岡 (14) 第71号 NI-52-11-9，97p，2010。；3) 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。

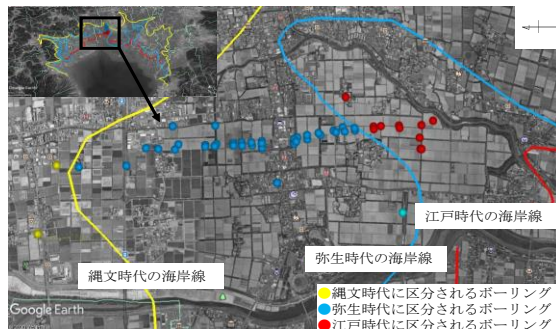
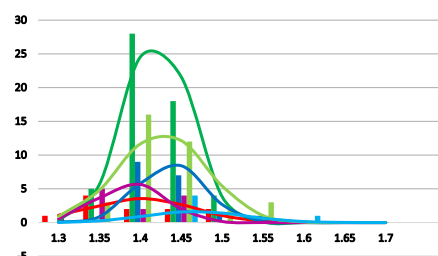


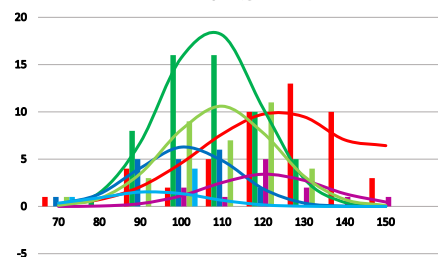
図-2 縄文・弥生・江戸時代の海岸線²⁾とボーリング位置

表-2 海岸線の変遷に基づく概略設計に供される定数群の平均値と変動係数

パラメータ	地層区分	全域		縄文～弥生		弥生～江戸	
		平均値	変動係数	平均値	変動係数	平均値	変動係数
w_n (%)	H_{uc}	124.5	14.70	124.0	14.70	120.9	11.20
	H_{lc}	98.2	14.20	101.3	11.50	93.2	13.26
	A_c	108.1	11.20	107.0	15.32	109.7	11.34
ρ_t (g/cm ³)	H_{uc}	1.39	4.90	1.39	5.35	1.39	2.77
	H_{lc}	1.45	3.30	1.44	2.63	1.47	4.02
	A_c	1.42	3.10	1.42	2.59	1.43	3.66
e	H_{uc}	3.19	15.60	3.19	16.51	3.17	11.34
	H_{lc}	2.62	12.50	2.68	9.82	2.53	13.52
	A_c	2.84	11.50	2.84	10.35	2.84	13.04
p_c (kN/m ²)	H_{uc}	46.4	28.10	48.5	27.24	37.1	21.68
	H_{lc}	72.9	17.10	70.7	18.28	79.7	11.00
	A_c	56.5	26.80	59.5	26.33	51.7	30.43
c_u (kN/m ²)	H_{uc}	16.0	32.40	17.0	30.20	11.8	23.39
	H_{lc}	22.8	21.50	23.9	18.71	19.2	26.42
	A_c	20.0	28.40	21.5	24.88	17.7	30.51



(a) ρ_t (g/cm³)



(b) w_n (%)



図-3(a),(b) ρ_t と w_n のヒストグラム