

沖積層の堆積史と 土質工学的性質

青木 滋

1 はじめに

日本の海岸平野に分布する沖積層は 後氷期における海水面の上昇(いわゆる有楽町海進)にともなって堆積した地層である。沖積層の研究は 1923年の関東大地震後に行なわれた復興局の調査¹⁾から始まったが 低地の地下に分布するという調査手段の制約もあって 大規模な調査は ほとんど戦後のものが多い。とくに 戦後の復興や経済の高度成長にともなう各種建設工事の隆盛によって 地盤調査も数多く実施されるようになり ボーリングや土質試験の資料も 年々急激に増加している。

これらの資料は 主として構造物の基礎地盤の支持力や沈下の検討を目的としたものであるが 一方では 沖積層に関する貴重な情報を提供するものである。

ここでは 沖積層の層相(堆積史)と土質工学的性質(物理的特性)との相関を いくつかの資料をもとに検討してみたいと思う。

2 後氷期の海面変化と沖積層の層相

先にのべた復興局の調査で 沖積低地の地下に埋積谷の存在が明らかになったが この谷は 洪積世の最終氷期であるウルム氷期の海面低下期に形成されたと考えられている。そして この谷を埋めた地層を総称して「沖積層」とよんでいることが多い。とくに この地層は 標準貫入試験値(N値)の低い軟弱層からなっていると多いため、土木・建築の分野でも「チュウ積層」とよんでいる。

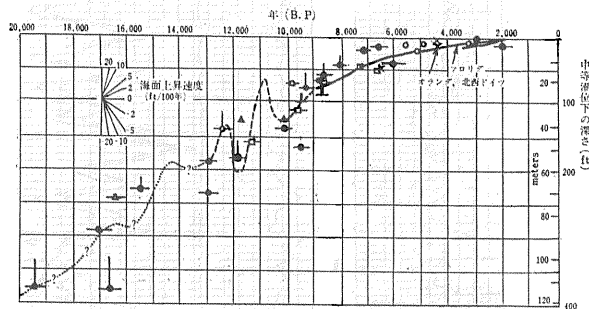


図1 後氷期における海面変化曲線 (Kenny 1964)

井関²⁾は これらの地層の層序を数多くの資料から検討して 下位より基底礫層 下部砂層 沖積シルト・粘土層 上部砂層 沖積陸成層の堆積輪廻をみとめた。また 池田³⁾は 東海道新幹線沿いの臨海沖積平野の地層を検討して 8タイプの層相をみとめ 沖積層の層序を 大きく三区に分している。一方 有明海研究グループは 九州の有明 不知火海域の地層を第四紀地質学的に検討し 「沖積層」を 下位の島原海湾層と上位の有明粘土層に区分し 地質学的意味の沖積層を有明粘土層に限定することを提唱している。これらの結果と 東京の下町の地層の分析から 青木・柴崎⁴⁾は 日本の海成「沖積層」の層相を2分することを提唱し ウルム氷期以降の海面上昇の過程で 約1万年前頃に一時的な海面低下があったという可能性を指摘している。

このような指摘は まだ一般的な定説にはなっていないが Fairbridge⁵⁾ や Kenny⁷⁾ による後氷期の海面変化曲線にも示されており(図-1) 約2万年前から生じた海水準の上昇は 一時的な低下期以後 ふたたび上昇を続け 約6000年前頃に 最も高い海水位になったと考えられている。そして約3000年前頃から再び低下し 現在の海水位に達したという地史が知られている。

このような海水準の変化を背景として 沖積層の層相変化の一例を示すと 図-2の柱状図である。最近刊行した東京都地盤地質図⁸⁾では この図のI層を有楽町層 II層を七号地層とよんでいるが 微化石分析結果や 図-3の断面図 に示した両層の関係からもわかるように 後氷期の海水準上昇にともなって 汽水性の七号地層が堆積し 一時的な海面低下による七号地層の浸食後に 海進が進み 内湾性の粘土層の堆積につづいて 浅海性の砂層が堆積したという堆積史がよみとれる。

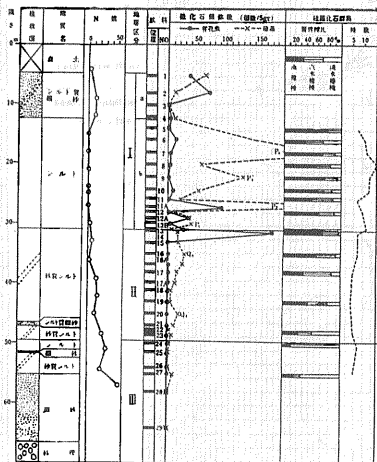


図2 東京低地の柱状図
と微化石分析結果

表1 土質工学的性質

土の土質力学的性質		試験法または測定値	
一次的性質	粒度組成 土粒子の比重	粒度分析 比重試験	
	コンシステンシー	液性限界 (LL) 塑性限界 (PL) 塑性指数 (PI) 収縮限界	
二次的性質	土の構成状態を示す性質	含水量 間隙量	含水比 (W) 飽和度 (Sr) 液性指数 (IL) 間隙比 (e_0)
		土の強度	直接せん断試験 三軸圧縮試験 一軸圧縮試験
	現位置試験		標準貫入試験 (N値), コーン貫入試験, ベーンせん断試験
	圧縮性	圧縮試験	圧縮指数 (Cc) 圧密降伏荷重 (P_0)

3 沖積層の土質工学的性質

ここでいう土質工学的性質とは 表-1 に示した内容のもので 通常 土質試験によって求められる。

東京における一例を表-2 に示したが 東京においては 上記七号地層の土質は 乱さない試料のサンプルの数が少ないため この表に示した値は ほとんど有楽町層の資料とみなすことができる。

図-4 には 土質工学的性質の垂直的变化の一例を示したが 有楽町層の粘土における含水比 (w) 間隙比 (e) コンシステンシー (w_L, w_P) 単位体積重量 (γ_t) は 粘土含有量の変化と対応して変化していることがみとめられる。とくに 粘土含有量の変化は 堆積環境の変遷と対応しており 上記の諸数値の変化は 沖積層においては 堆積史の反映とみなしてよいだろう。

粘性土の力学的性質では 一軸圧縮強度 (qu) は 有

表2

1 真比重 G_s (東京沖積層)
平均 2.68
はんい 2.61~2.74

2 単位体積重量 γ_t

土質	平均	はんい
砂質	1.81	1.70~1.92
シルト質	1.62	1.51~1.73
粘土質	1.50	1.40~1.60

3 間隙比 e

土質	平均	はんい
砂質	1.04	0.7~1.4
シルト質	1.74	1.2~2.3
粘土質	2.38	1.8~3.0

4 自然含水比 w 液性限界 w_L そ性限界 w_P そ性指数 I_P

土質	値
$w\%$	シルト質 44~92
	粘土質 63~110
$w_L\%$	シルト質 38~69
	粘土質 60~106
$w_P\%$	シルト質 22~38
	粘土質 28~52
I_P	シルト質 11~36
	粘土質 25~61

楽町層において深度とともに増加している。また 圧密降伏荷重 (P_0) も同様な傾向を示し 有楽町粘土層は 土盛り圧と比較して正規圧密粘土と考えられる。下位の七号地層については 資料が少ないのでまだ力学的特性がよくわかっていないが 桑原⁹⁾

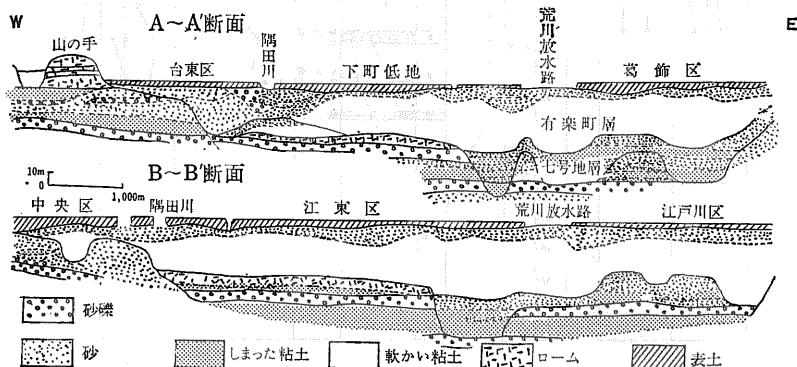
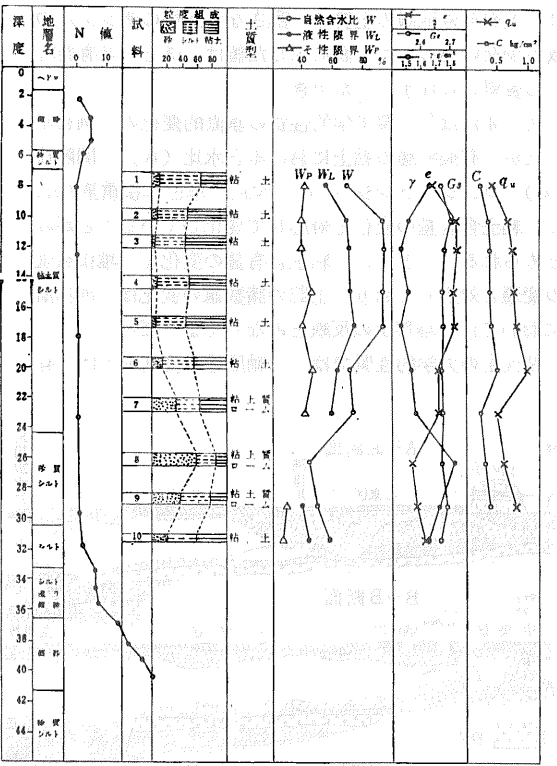
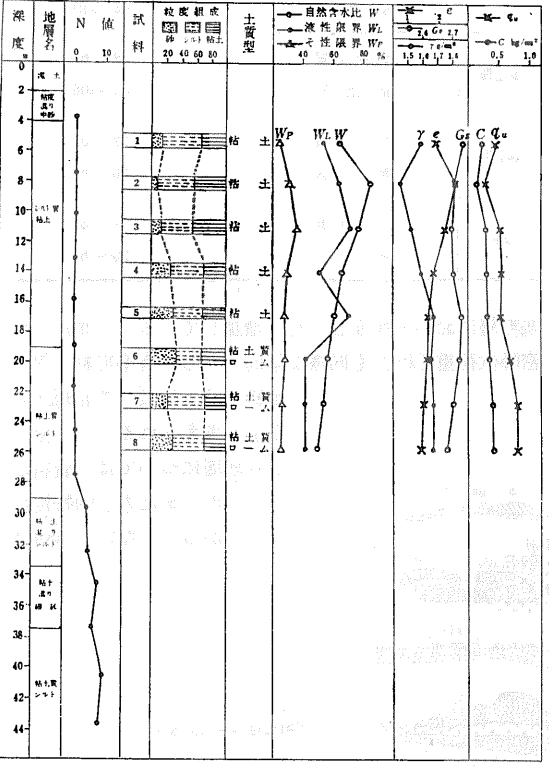
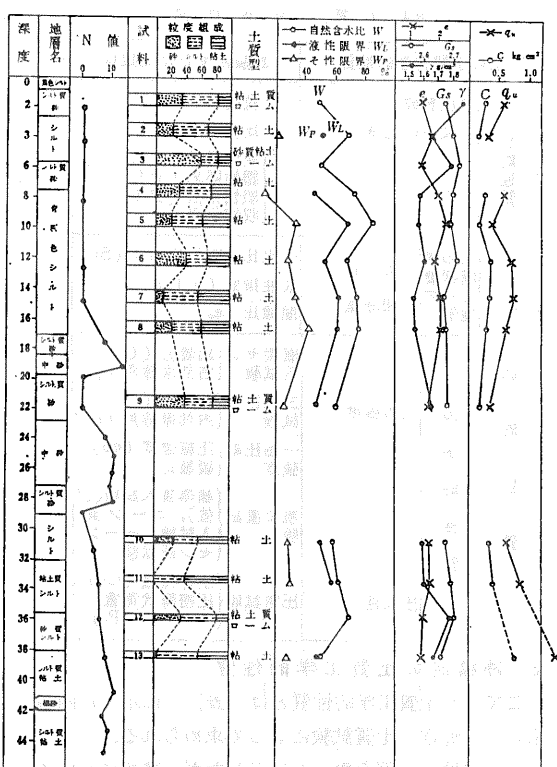
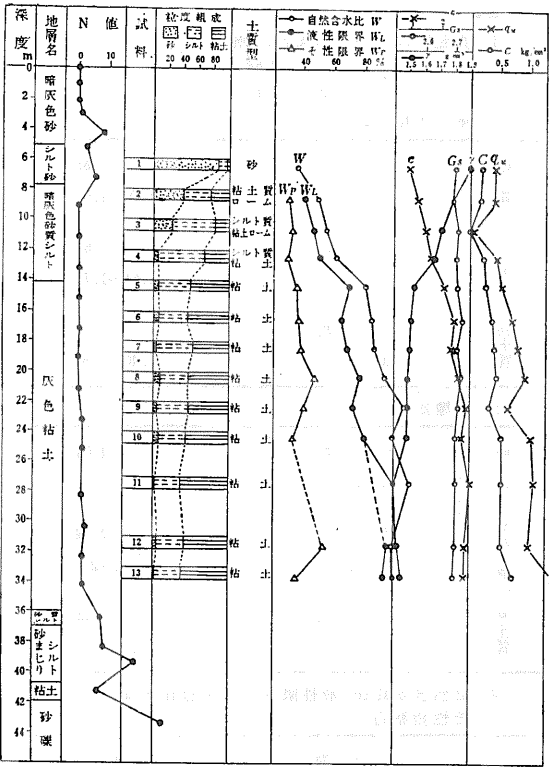


図3 下町低地の東西断面図

図4 土質試験結果一覽図



による粘土含有量と間隙比の関係図(図-5)に東京の例を加えて示すと、七号地層の粘土は有楽町層にくらべて圧密が進行し過圧密粘土の可能性が大きいと推定できる。わが国では沖積層の土質工学的性質と堆積史との関係を検討した例が少ないが、北米や北欧などではこのような検討が盛んに行なわれているようである。たとえば Kenny⁷⁾ によるボストンにおける例を図-6に示したが、ここでは先行荷重の分布からボストン青色粘土の上部において浸食・風化の時期が存在したことを推定しており、この断面では地史と土質試験結果の解釈に大きくいづがいが無いとしている。なお両者が一致しないときにはむしろ土質試験結果の方法の限界をチェックすることができるとしており注目される。またルイジアナ沖の大陸棚の地質と土質工学的性質を調べた Fisk¹⁰⁾ は粘土層のせん断強度分布と堆積過程との関係を図-7のように分類し、両者の関係を実際の資料にもとずけて考察を進めている。

このように沖積層の土質工学的性質は堆積史を推定する有効な手段として利用できるだけでなく、逆に地層の堆積史は土質工学的性質を解釈し、現場の土の条件を予想するという実用的な価値も存在すると考えられる。

4 おわりに

紙数の関係で表題に関する多くの資料を割愛したがわが国では沖積層の層相解析の例が意外と少ないことが指摘できる。また沖積層の土質工学的性質を扱う場合に注意しなければならない問題の1つとして、沖積層の堆積史あるいは続成過程における人為的影響が存在することを指摘したい。たとえば地盤沈下にみられるように、人為的営力による沖積層の圧密変形などはその1例である。また最近の大規模な建設工事で

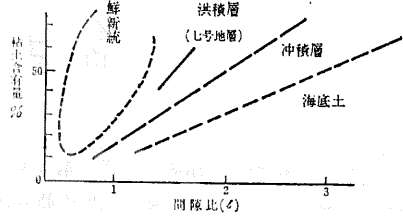


図5 粘土含有量と間隙比の関係

なされる地盤改良も、地層の性質に大きな変化を与えている。したがってこの種の問題を扱う場合には対象とする地域の過去における環境条件の検討も必要である。

(筆者は新潟大学理学部)

文 献

- 1) 復興局建築部(1929)：東京及横浜地質調査報告
- 2) 井関弘太郎(1962)：沖積平野研究の基礎的諸問題 名大文学部研究論集 26 51-74
- 3) 池田俊雄(1964)：東海道における沖積層の研究 東北大理 地質古生物邦文報告 60
- 4) 有明海研究グループ(1965)：有明・不知火海域の第四系地団研専報
- 5) 青木滋・柴崎達雄(1966)：海成沖積層の層相と細分問題について 第四紀研究 5 114-120
- 6) Fairbridge, R. W. (1960)：The changing level of the sea Sci Amer, 204 70-79
- 7) Kenny, T.C. (1964)：Sea level movements and the geologic histories of the post-glacial marine soils. at Boston, Nicolet, Ottawa and Oslo Geotechnique, 14 203-302
- 8) 東京都土木技術研究所(1969)：東京都(23区内)地盤地質図
- 9) 桑原 徹(1966)：沖積層の土質工学的性質とその意義 第四紀研究 5 121-138
- 10) Fisk, H. N. & B. Mc Clelland (1959)：Geology of continental shelf off Louisiana; its influence on off shore foundation design, Bull G.S.A, 70 1369-1394

土の記載	標高	含水比 %			先行荷重 (t/ft ²)														
		20	40	60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
地表	0																		
砂	10																		
有機質シルト・細砂	10																		
細い青色粘土	20																		
中位の青色粘土	30																		
軟かい青色粘土	40																		
ところどころ砂礫もはきむ	50																		
砂	60																		
しまつな連行粘土	70																		
基盤岩	110																		

図6 ボストンの Mystic station における土層断面と土質試験結果

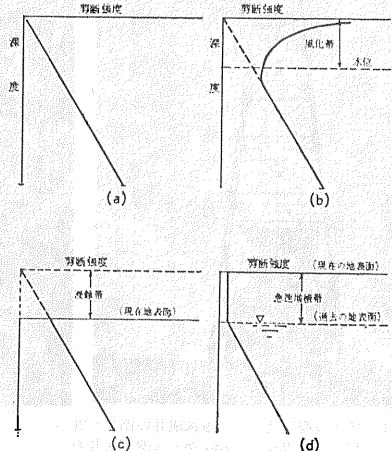


図7 粘土の強度分布のタイプ