

名四道路沿線の地質特性について

なか お 尾 浩 二*

1. ま え が き

名四（めいし）国道は、近年急激に交通量が増加した1級国道1号のうち、飽和状態に達している名古屋—四日市間のバイパスとして建設された道路である（図-1）。

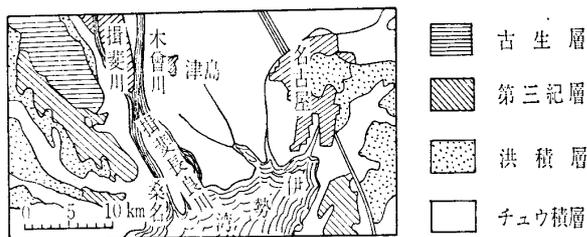


図-1 名四道路周辺地質図

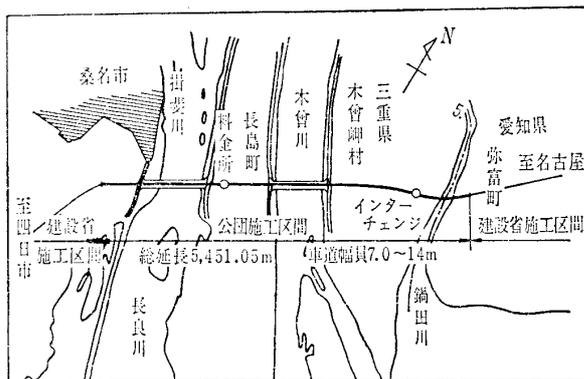


図-2 名四道距位置図

名四国道延長約 36 km のうち、木曾川、長良川（掛斐川）をはさむ 5451.05 m を道路公団で有料道路（名四道路）として施工し、その第一期工事は、さる 2 月 16 日開通式を迎えた（図-2）。名四国道沿線は地形地質上から次の 3 地区に分けられる。

- i) 日光川、庄内川河口から名古屋市に続く洪積台地の外線をなす海岸平野。
- ii) 木曾、掛斐、長良三大河川の河口にあたる濃尾平野の南端部。
- iii) 桑名市から南西側の養老、鈴鹿山脈につづく海岸平野。

このうち名四道路沿線は ii) の木曾、掛斐、長良三大河川の河口にあたる濃尾平野の南端部で本報告は長大橋盛土などの計画、施工法決定のために行なった数度にわたるボーリングおよび土質試験などの結果をまとめたものである。

* 日本道路公団名古屋支社、名四道路工事事務所

地質は伊勢湾北部の三大河川の流れにより流出した土砂の滞積地盤であり、粘土、シルト、砂レキから地層が構成されており、第 4 期層の現世統に属するチュウ積層で、きわめて軟弱な様相を呈している。このようにこの付近はチュウ積層が最も代表的に発達する地区で、地質の分布状況は大体次のとおりである。

チュウ積層	{	上部層—砂 層—層厚約 10 m
		中間層—粘土層—層厚約 30 m
洪積層	{	下部層 1—粘土・シルト・砂の互層。
		下部層 2—砂レキ層。

2. 地質調査とその概要

地質調査は大略次の三種に分けて行なった。

A—地区 全線陸上部（盛土区間）において、14 孔、D.L.-20 m まで標準貫入試験および乱した試料 119 個、乱さない試料 16 本について、物理試験全般、一軸圧縮強度、直接せん断および圧密試験を行ない、盛土に対する安定、支持力、圧密沈下量推定の資料とした。

B—地区 木曾川橋、長良（掛斐）川橋各下部工については、橋台井筒各 2 孔計 4 孔、橋脚井筒各 11, 13 孔計 24 孔、合計 28 孔について支持層と考えられる洪積層まで掘進して、その深度を調査した。

当初橋台井筒について 1 本おきにボーリングを行なったが、三大河川のしかも河口近くでは河心がたえず移動しながら今日に至ったものであるからチュウ積土各層に起伏があり、したがって支持層と考えられる砂レキ層も河幅全域にわたって水平とは考えられず、またその厚さも異なる。また砂レキ層の上部は厚いシルト粘土層からなっているが、部分的にさらに薄い砂レキ層が介在することも考えられる。この層がもし帯水層で伏流水を通している場合には井筒沈下掘削中に水が吹き出し、支障をきたすこともありうる。したがってこのようなことを正確に予知し、支持層の深度を確実に知るために他の橋脚井筒橋台井筒についても各 1 本ごとにボーリングを実施した。このさい支持層については大略の支持力を推定する資料として標準貫入試験を行ない、また参考にケーシング内の水位の変化を観察した。

C—地区 名四道路のうち鍋田川（河幅約 150 m）は、当初の計画では橋でわたる予定であったが計画変更によって河川から吹き上げた土砂で埋め立てることになり、本路線中でも最も軟弱な地点に加えて 10 m 以上の

報 文—349

高盛土となるため、その地盤、地質および地耐力を調査するために D.L-20 m まで 2 孔、-40 m まで 2 孔について標準貫入試験および乱さない試料 18 本を採取して一連の物理試験、三軸圧縮および圧密試験を行なった。以上 A,B,C 地区について概略を述べる。

2.1. A—地区

(1) 上部砂層、地表から約 -10 m までは貝殻腐植物を含んだ細砂層で N 値は 10 前後、最小 2、場所により 30 以上を示す点もある。下部にシルト粘土層をはさむ。砂質土では、乱さない試料の採取はできなかったが、粒度試験結果から砂または砂質ロームに分類される。粒径加積曲線から、この層は次の三種に分けられる。

- ① 粒径均一でレキ、シルトを含まない中ないし細砂。
- ② シルト粘土含有量約 30% で砂質ローム。
- ③ レキを多く含み均一のレキ混り砂～砂質ローム。

このうち上部砂層の全試料の 2/3 が ① に属し、粒径加積曲線の分布範囲は 図-3 に示す。② は全体の約 1/4 で分布範囲は 図-4 に示す。③ に属するものは主として揖斐川右岸桑名市内でレキ含有量が多く前二者とは相当異なる。分布範囲は 図-5 に示す。

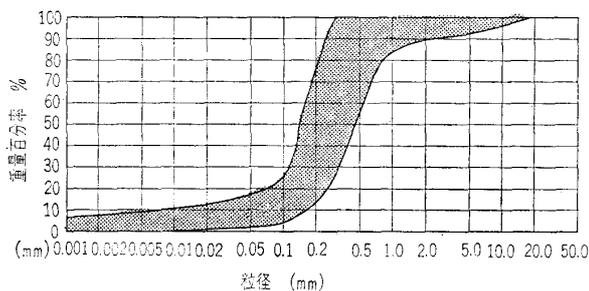


図-3

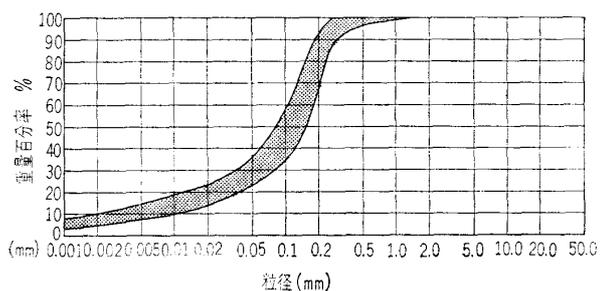


図-4

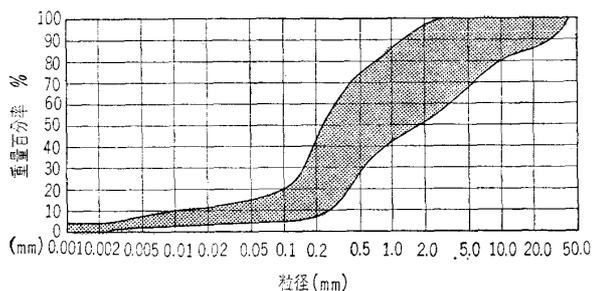


図-5

以上から D_{10} は砂分の多い土で 0.01~0.15 mm, シルト分の多い土で 0.002~0.01 mm である。 D_{10} から参考に透水係数を推定してみると前者で $k=2.3 \times 10^{-2} \sim 10^{-4}$ cm/sec, 後者で $k=10^{-4} \sim 4 \times 10^{-6}$ cm/sec 程度である。自然含水比は 30% 前後と砂質土としては比較的高く、透水性は一般に良くないと判断された。

(2) 粘土層、上部砂層の下に粘土層がほぼ水平に発達し貝殻腐植物を多量に含む。この層については乱さない試料について力学試験を行なった。この層には不規則に砂を含み、上部砂層との境界にこの傾向が大きい。採取した試料中にもポケット状またはパイプ状に砂を含む。上部では砂含有量が 40% に達し、力学的には砂質土と粘性土の中間的な性質を示す。直接せん断試験では内部摩擦角 $\phi=20^\circ$ を示すものもあるが、粘着力は小さい。深さが増すにしたがい、シルト、粘土分が増加し、内部摩擦角も小さくなる。一軸圧縮強度 $q_u=0.5 \sim 1.0$ kg/cm² である。鋭敏比は上部で 4~7、深さが増すにしたがい鋭敏比も大きくなり 10 を越し、一軸圧縮強度も 0.1~0.3 kg/cm² まで低下し、試験の時、試験器に試料を立てるのにも困難なほど柔らかいものも見受けられた。圧縮性については砂シルト分の比較的多い土で 0.3~0.4 の圧縮指数、深度が増すにしたがい圧縮指数も増加し 0.5~0.7 を示す。なお圧縮指数と液性限界の関係については後で述べる。

2.2. B—地区

木曾川については各孔とも地表から 6~10 m で砂層は終り、中間層としてシルト粘土層が 30 m 余りつづく。下部の支持層と考えられる洪積層は粘土、シルト、砂などの混入したレキ層で 30 m 以上の層厚と考えられる。上部砂層は陸上部と同じく貝殻腐植物混りの中砂層と、単純な中砂層からなり一般に軟質である。またシルト粘土層の中に砂が混入しているのも陸上部と同じである。

揖斐川(長良川)の上部砂層は 6.5~9.5 m 位の厚さで木曾川より若干薄くコウ配も小さい。中間のシルト層は 25~30 m 余りの厚さで木曾川と同じくシルト中砂の混入したもので一般に木曾川より薄い。下部層は木曾川に比べてレキは丸味を帯びているが角レキも所々見られ、角レキは石英岩、チャートなどやや硬質のものである。またレキの大きさは最大 50~60 mm 位の粒径である。

全体的に色調は黒灰色などの無彩色で暗色が支配し変化はなく、臭気強く、とくに貝殻腐植物の混入しているところは臭気も一そう悪臭となる。これらは河口付近一帯の特徴である。

次に地耐力は標準貫入試験値から推定すると木曾川の砂レキ層で 100~250 t/m² を有する。揖斐(長良)川で

は木曾川に比べていくぶん小さいが、深さが増せば地耐力も増加する。次に地盤全体の傾斜，下部工井筒に対する支持力を示すために各井筒の刃口深度，刃口付近の標準貫入試験値を表-1に示す。

表-1

木 曾 川			揖 斐 (長 良) 川		
井筒番号	刃口深度 (m)	N 値	井筒番号	刃口深度 (m)	N 値
A 1	-44.84	215	A 1	-40.00	165
P 1	-44.00	215	P 1	-39.50	183
P 2	-41.99	216	P 2	-39.50	189
P 3	-43.80	194	P 3	-39.50	171
P 4	-42.90	187	P 4	-39.50	106
P 5	-42.90	217	P 5	-40.50	96
P 6	-42.90	188	P 6	-41.00	102
P 7	-42.90	214	P 7	-40.50	125
P 8	-42.90	150	P 8	-40.50	103
P 9	-42.90	196	P 9	-40.00	108
P10	-42.60	195	P10	-39.00	115
P11	-41.00	183	P11	-40.00	115
A 2	-41.72	186	P12	-38.50	126
			P13	-38.00	112
			P14	-37.50	98

2.3. C一地区

鍋田川は左岸(名古屋側)が昭和34年秋伊勢湾台風により堤防が決壊し、またそれにつづく田地もきわめて軟弱で地盤高もほとんど0以下の池沼となっていた。ボーリングは池沼で-40mと-20mの各1孔、鍋田川内左岸寄りと同じく-40mと-20mの各1孔、計4孔について5mごとに標準貫入試験および乱さない試料による力学試験、物理試験を行なった。この付近は上部砂層を除いては比較的变化が少なく地層の走向もほとんど水平であるが、名古屋一四日市間で最も軟弱な地盤である。

河心では水深10m前後である。細砂60%を含み、土粒子の比重2.64、単位体積重量は1.88t/m³でよく締っている。この下のシルト粘土層は粘土含有量40%以上で-41mまでつづく。N値は1~3.5で平均2で非常にゆるい。含水比は-30mで最も大きく、73%液性限界81%と非常に危険な状態を呈している。また盛土に対する限界支持力以上の盛土荷重となることが予想されるので、盛土工法の資料として盛土荷重による圧密により支持力の増加を待ちながら盛土をつづけた。

左岸堤外地の池沼では上部に約7mの砂層があり、N値は15~17を有しかなり良く締っているので中小構造物はこの層に基礎を置いた。以下は他の地点と同じくN値3~4のシルト粘土層で-40m以下までつづく。圧縮指数C_cは0.6~0.8(平均0.7)で液性限界W_Lは60~90%程度であるから(平均75%)C_c=0.009(W_L-10)式から求める圧縮指数よりも大なる値となっている。盛土荷重による圧密沈下量を試算したところ、C_c=0.7、e₀=1.4、層厚H=40m、p₀=14t/m²、

4p=5.32t/m、盛土高7m、底幅40m、盛土単位重量1.8t/m³とすると、

$$S = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot H \cdot \log \frac{p_0}{p_0+4p}$$

から S≒165cm となる。

以上から考えると盛土高さは10m以上になる所もありC_cも最大0.8であり、p₀も後で述べるように、各点で上層厚の荷重をまともに受けておらず、相当大きな沈下が予想される。

しかしながら工期の関係で当地区は土工完了後引き続いて舗装工事を施工することになったので他の工区のような高級舗装を行わず、ある程度の沈下を終了させてから、改めて施工することにした。その他ノリ先の保護には、PC矢板打ち込み、ソダ沈床、押え盛土、構造物の縦方向の不同沈下に対しては施工目地などを用いた。

3. 各試験値間の相互関係

当地方では長良川河口ダム、大遊園地、空港、また名古屋四道路第二期工事など、他の土木工事も完了されているが沿線の地質特性を大略まとめ報告とし向後の資料として何かの役に立てば幸と思う。

つぎに深度と試験値の関係、および各試験値間の相互関係について述べる。

3.1. 深度と各試験値の関係

(1) N 値 標準貫入試験値 N は図-6に示すように地表から-10mまでの、いわゆる上部砂層では2~30で、ほとんどが10前後に集中しており-10m以下、すなわちシルト粘土層に入ると急激に減少し、-15m以下では0~5で平均3位で下部洪積層との境界までつづく。資料の抽出の方法にもよるが桑名側では-30mを過ぎた地点、木曾岬方面では-40m付近で急激にN値は増す。これはそのまま各深度における土

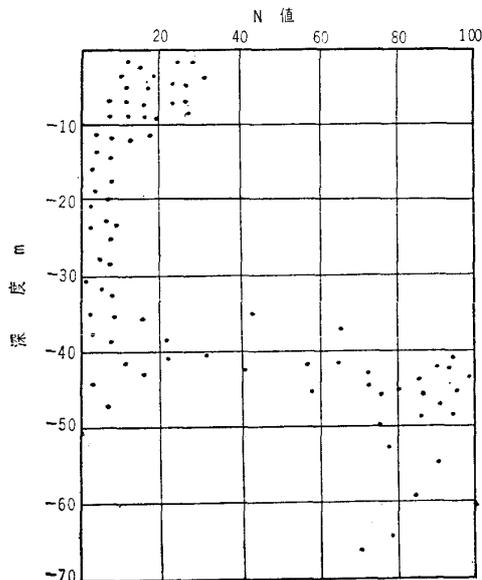


図-6

報 文—349

性・支持力の変化を示すものと考えられる。

(2) 土粒子の比重, 単位体積重量 図-7 および図-8 に示すが, 土粒子の比重は 2.6~2.7 の間に分布し -20 m までの砂層, および砂混りの粘性土は 2.66 以上を示し, -20 m 以下 -40 m までは 2.65 以下となり -40 m 付近で再び大きくなる傾向を示す。

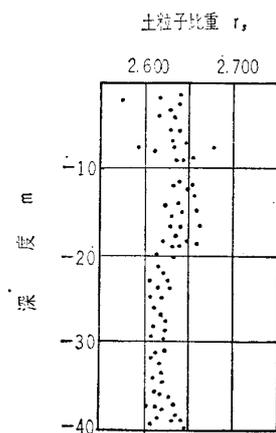


図-7

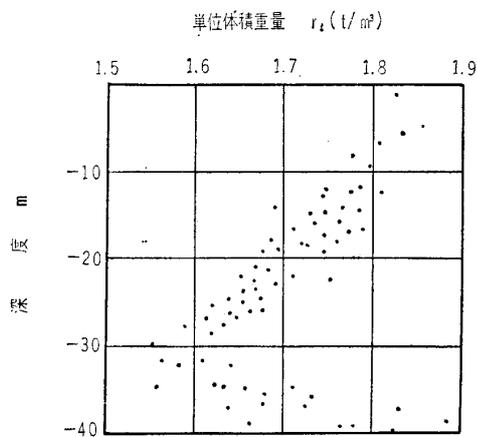


図-8

単位体積重量は間ゲキ比, 含水比との関係もあるがほぼ土粒子の比重に比例し -10 m 付近で 1.8 t/m³ -30 m 付近で最小の平均値 1.55 t/m³ 位を示し, 以下急激に大きくなる傾向を示している。これは下部砂レキ層に向っても圧密沈下現象による間ゲキ水の排水が行なわれるとともに -30 m 付近の圧密現象が最も遅れていると考えても良いと思う。

(3) 粒径分布 図-9 に示すが, 上部砂層 (-10 m 迄) のほとんどは砂で 80~90%, 場所によれば 90

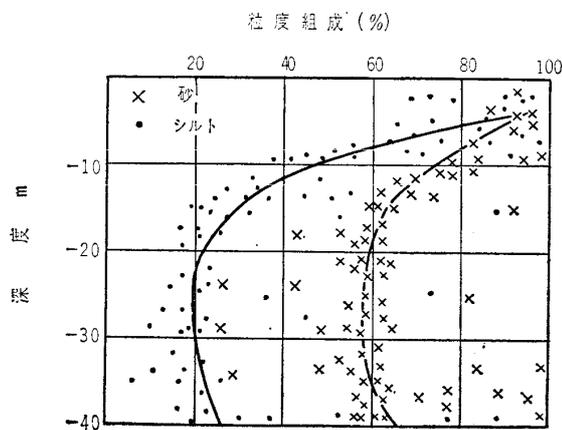


図-9

% 以上が砂である。以下急激に砂の含有率は減り, -30 m では 10% 以下 -30 m を過ぎるとまた急激に増し -40 m では 90% を示すものもある。シルト粘土は上部砂層中では 0~5% 位, -30 m 付近ではシルト 40~45%, 粘土も -30 m 付近で 40~45% で最大値を示し -40 m を過ぎると順次またシルト粘土の含有率は減る。なお上部砂層の均等係数は 2 できわめてまれな単位である。

(4) 自然含水比, 液性限界, 塑性指数 図-10, 図-11, 図-12 に示す。自物含水比は上部砂層でも 25~30% 以下直線的に増加し -30 m で 70~80%, 再び減少して -40 m 以下では上部砂層と同程度となるが, 砂レキ層中での含水比ははっきりしない。土粒子の比重, 単位体積重量および粒度分布と対照的な分布をしている。液性限界は大体自然含水比と平行であるが場所によっては液性限界を超える自然含水比を示すものも 2,3 あり, 乱すことは避けねばならない。

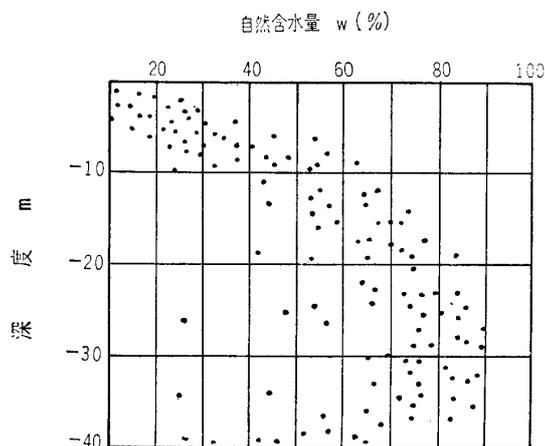


図-10

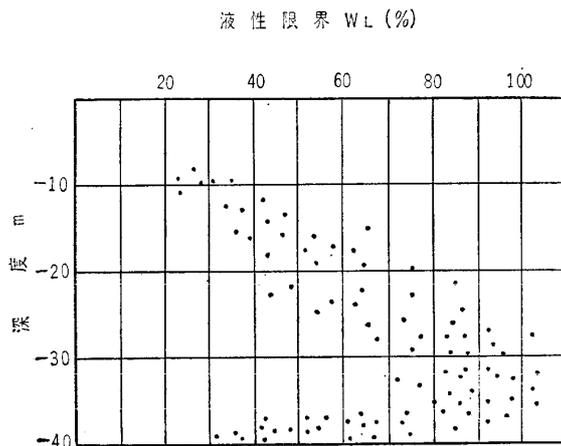


図-11

塑性指数の分布状況は液性限界, 自然含水比と類似しており, また前二者と同じく名古屋側で大きく四日市に向って順次小さくなっているのは粒度の分布状況と一応合致するものである。

すなわち代表的な例を挙げると名古屋のシルト粘土層

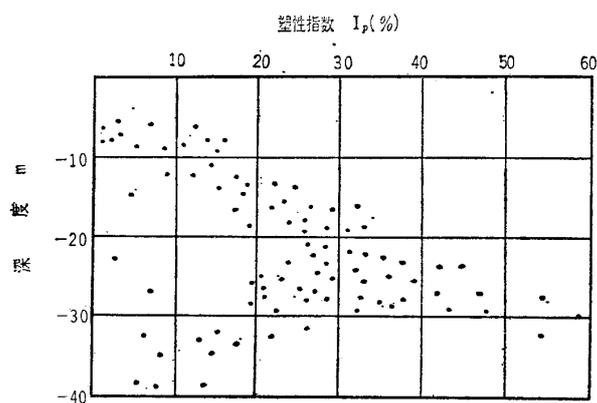


図-12

中での最小の有効径 $D_{10} > 0.001 \text{ mm}$ に対し桑名側も同じく $D_{10} > 0.001 \text{ mm}$ であるが D_{60} は名古屋側で $D_{60} = 0.014 \text{ mm}$ に対し桑名側で $D_{60} = 0.035$ を示している。

(5) 一軸圧縮強度破壊時歪量 ϵ , 先行荷重 p_0 , 圧密係数 C_v , 体積変化率 m_v , 圧縮指数 C_c . ϵ は 5% 前後であるが桑名側では一般に大きく 10% を超えるものもあり、名古屋寄りでは桑名方面に比べて小さく -30 m 付近では 5% より小さなものもかなりある。

p_0 は図-14 のとおりである。点線は単位体積重量 1.8 t/m^3 とするとき、実線は地下水位と地盤高がほぼ一致するので水の浮力を考慮した場合の先行荷重である。大半は両者の中間に分布するが -20 m 以下では実線で示すより小さい値となっている。これは地盤生成以後まだ時間経過が短かく圧密過程にあり不安定な状況にあるためと考えられる。-10 m 付近で点線で示す値より大きいものもあるがこれ

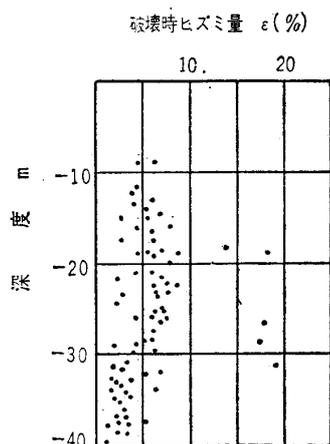


図-13

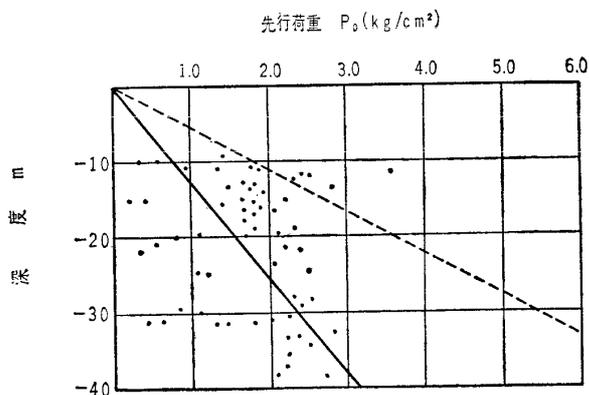


図-14

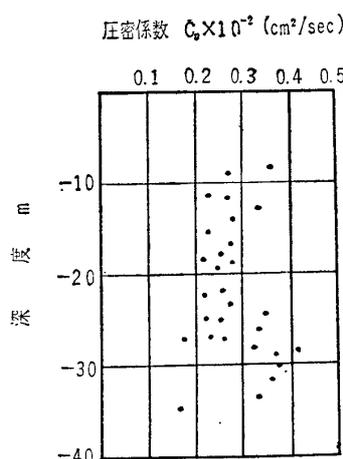


図-15

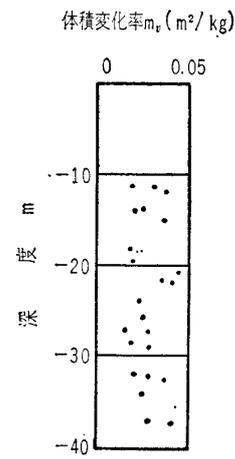


図-16

は地盤生成過程において滞積流失が繰り返行なわれたことを示しているのが当然のことと考えられる。

圧密係数 C_v は図-15 に示すが $0.2 \sim 0.3 \times 10^{-2}$, -30 m 付近で 0.4×10^{-2} を超えるものもあるが、いずれにしてもきわめて小さなもので、自然土被圧および盛土荷重による圧密沈下に非常に長時間要することが予想される。体積変化率 m_v は図-16 に示すが、深さによる差異は明確には現われない。

圧縮指数 C_c は図-17 に示すがシルト粘土含有量、自然含水比などの分布状況に非常に似た分布を示す。以上からもっと多くの資料を今後整理して行けば自然含水比 w , 液性限界 W_L , 圧縮指数 C_c , 塑性指数 I_p , 単位体積重量 γ , および標準貫入試験値 N , 粒度組成図などの相互間に何らかの地質特性の関係が得られると思う。なお図-18 に一軸圧縮強度 q の分布図を示す。

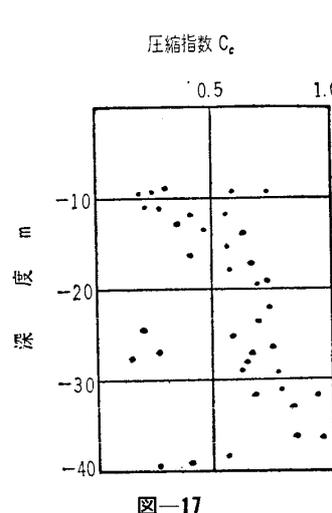


図-17

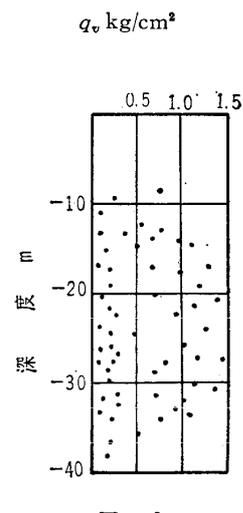


図-18

3.2. 各試験値間の相互関係

今まで種々の報告により圧縮指数 C_c と液性限界 W_L の関係、粘土含有量と塑性限界 W_P の関係などについて述べられているが各地方の地盤生成過程、粘性土の種類母岩などにより独自の関係があると思われる。そこで

報 文-349

当地区で求めた資料をもとにある程度関係が得られたものについて述べる。

(1) 圧縮指数 C_c と液性限界 W_L の関係

一般に $C_c=0.009(W_L-10)$, 大阪粘土で $C_c=0.011(W_L-12)$ といわれているが当地方においては 図-19 に示すように液性限界の小さいもの, すなわち粘土含有量の少ないものは大阪粘土に似ており液性限界が大きくなると一般にいられている $C_c=0.009(W_L-10)$ に似るが, 大半は両者の間に分布しており液性限界試験をていねいに行なえば圧縮指数を推定することができよう。

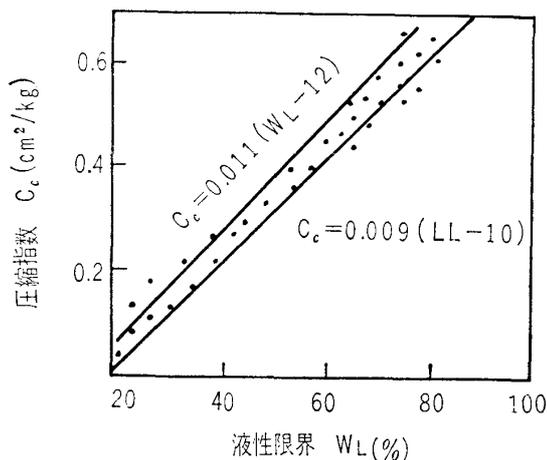


図-19

(2) 粘土含有量と液性限界, 塑性指数の関係

図-20 および 21 に示すように粘土含有量 C と液性限界, 塑性指数の間には大体直線的な関係が認められた。

$C=8/9(W_L-195/8)$, $C=9/10 I_P$ なる直線の付近に分布している。また

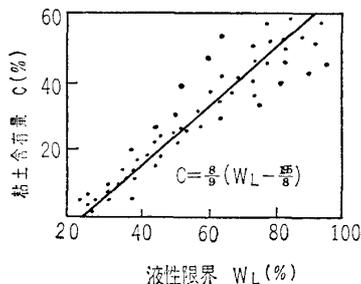


図-20

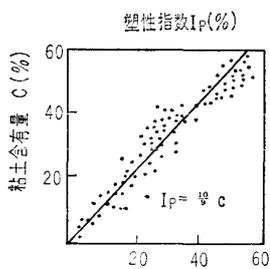


図-21

0.002 mm 以下の土と液性限界の関係は 図-22 に示すが幾分趣きを異にし, 0.002 mm 以下の土が多くなれば液性限界も大きくなるが, 30% 付近でコウ配が異なる。すなわち 0.002 mm 以下の土が 30% より小さければ $C=\frac{3}{2}(W_L-25)$, 30% より大きくなれば $C=1/3(W_L-25)$ とそのコウ配は 1/2 となる。これは粘土粒子の液性限界におよぼす影響はその粒径により異なるとともに粘土の本質的性質とも関係があり, 今後興味深い課題だと思ふ。次に 0.002 mm 以下の土と 塑性限界 W_P との関係について $A=$

0.002 mm 以下の土と 塑性限界 W_P との関係について $A=$

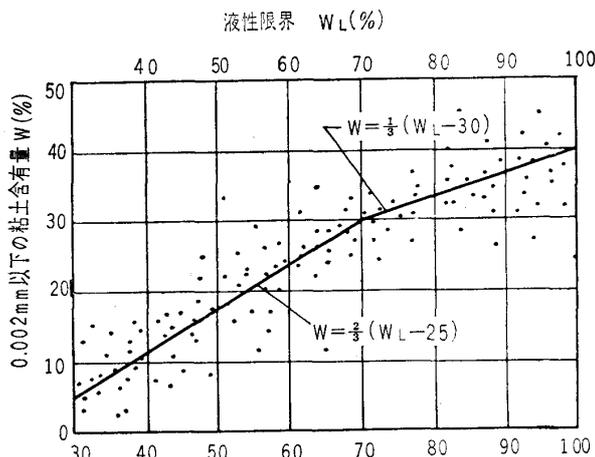


図-22

W_P/C とすると一般に次のようにいられている。① $A < 0.75$ の時不活性土。② $0.75 < A < 1.25$ の時普通土。③ $A > 1.25$ の時活性土。以上の関係を 図-23 に示すがこれによれば活性土および活性土に近い普通土に示すがこれによれば活性土および活性土に近い普通土がほとんどを占める。またこれにより当地方の粒度はモンモリナイト系の鉱物からなる粘土が大半を占め, 多少イライト系を含み, 水を大量に吸着し含水比の広範囲にわたって塑性状態にあることを示す。また透水性は小さく粘着性は大である。なお粘土はすべて活性にせよ不活性にせよ液性限界は粘土含有量に比例することに違はない。

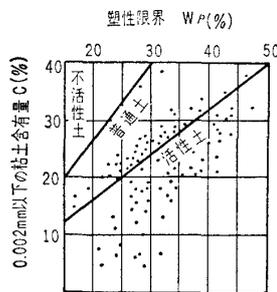


図-23

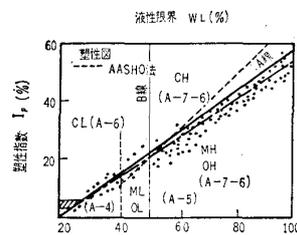


図-24

以上から粘土とアッターベルク限界の間には粒土粒子の粒径, 粘土の構成鉱物などにより異なった関係を示すことがわかったので今後引き続き研究したい。

(3) 塑性図表

図-24 のように改訂PR法によれば A-5,6 および 7 に属し, 塑性的な土で大きな容積変化を示し弾性の強いことを示している。キャサグランド

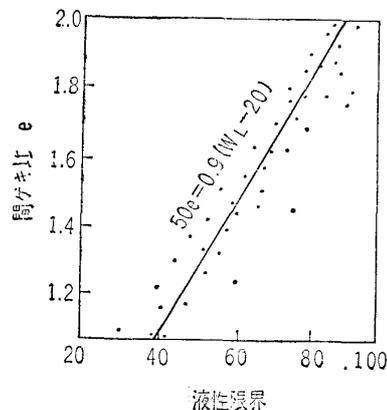


図-25

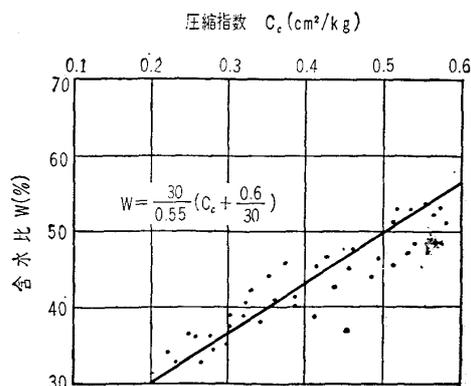


図-26

の分類によればやはり高圧縮性のシルトを有機質粘土からなることを示している。

(4) その他一般に粘土分が多くなると間ゲキ比 e も大きくなり液性限界も高い値を示すことから間ゲキサ比と液性限界の関係を調べたところ、図-25 に示すように

$50e=0.9(W_L+20)$ の付近に集中している。同じように含水比と圧縮指数 C_c との関係について図-26 のように $w=30/0.55(C_c+0.6/30)$ なる直線で示される。

4. む す び

以上で得られた結果は不備な点もあるが高価な機械でむずかしい試験も必要ではあるがそれ以前に簡単な物理試験を正確に行なえばかなり信頼するに足るデータが得られるとともに、現在の土質工学ではそれだけで十分なのではなかろうかと思う。なお調査はその他、盛土基礎地盛に沈下量測定板とあわせて間ゲキ水圧計を設置し、また木曾川橋下部工井筒に地震計、土圧計、水圧計を設置し継続測定中であり結果をまとめて報告したいと思う。

最後に終始ご指導いただいた三沢所長に感謝します。

(原稿受付 1963.4.25)

九州支部だより

7月18日福岡市天神ビルで基本土質力学講習会を開催し、これにつづき19、20日の2日間にわたって九州大学工学部土木実験室において12班に分かれて各種土質実験を行なった。受講者は講義のみの者300名、講義と実験の者139名で本支部創設以来の盛況であった。

なお講師および題目は次のとおりであった。

1. 土の指数的性質

宮崎大学工学部助教授

藤 本 広

2. 土の浸透

佐賀大学工学部助教授 渡 辺 潔 一

3. 土の圧密

農林省農業土木試験場佐賀支場第一室長

宮 原 吉 秋

4. 土の強さ

九州大学農学部助教授 藤 川 武 信

5. 土 圧

熊本大学工学部助教授 梶 原 光 久

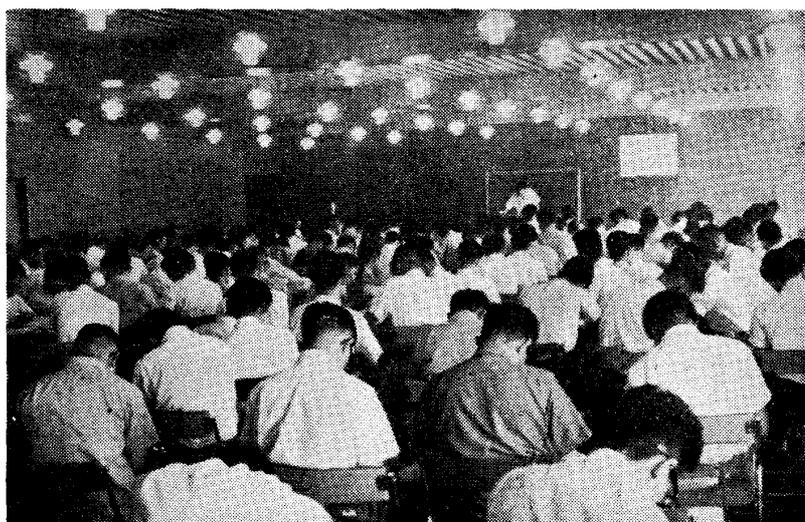
6. 斜面の安定

九州大学工学部講師 徳 光 善 治

7. 基礎地盤の力学

九州大学工学部助教授 山 内 豊 聡

講習会の実施報告



8. 土質調査

建設省九州地方建設局福岡国道事務所係長

座 親 勝 喜

また実験種目は次のとおりであった。

1. 平板載荷試験

7. CBR 試験

2. 突固め試験

8. 液性・塑性限界

3. 透水試験

9. 標準貫入試験

4. 直接せん断試験

10. 比重試験

5. 一軸圧縮試験

11. 圧密試験

6. 試料調整、粒度試験

12. 三軸圧縮試験