

(46) 泥流堆積物の調査と試験について

福岡県

幸田 隆

堤 晴夫

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○ 才田 進

宮崎精介

Investigation and Tests for The Mud Flow Deposits

Takashi KODA, Haruo TSUTSUMI, Fukuoka Pref.

Susumu SAITA, Seisuke MIYAZAKI, Yachiyo Eng. Co., Ltd.

Abstract

The study area is dominated by volcanic rocks and mud flow deposits, which were produced by the Volcanic activity of the Hohi Series, late Pliocene to Pleistocene age. The mud flow deposits are unconsolidated, characterized by abundant gravels, such as andesite and weathered granite, are composed of the muddy gravel beds(Mg) and the volcanic conglomerate(Vcg).

We carried out density test, mechanical analysis and hydrostatic pressure-Lugeon Test, improved usual Lugeon Test, and so on, compared the characteristics of permeability with the density, deformability from the in-situ loading test. The results of analysis are as follows;

- 1) Vcg has more stable properties than Mg about the aspects of density and permeability.
- 2) We should analyze the sample size distribution in the field, so as to identify the ground properties in the study area, on the representative, characteristics of grading, and so on.
- 3) Hydrostatic pressure-Lugeon Test is possible to be used as one of effective methods to evaluate the mud flow deposits as foundations.

1. はじめに

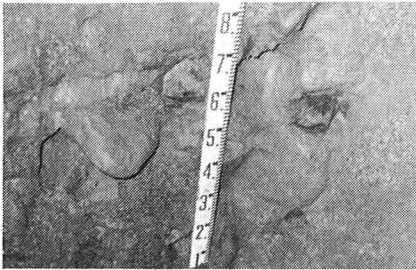
土木構造物の基礎として泥流堆積物を調査する場合、①未固結で巨礫を多含するため不攪乱試料の採取や原位置での供試体作成が困難である。②特に、力学試験は礫の影響を受け易く、試験精度に問題が多い。③泥流の成因や堆積構造により、場所的に地盤構成材料(地質)のばらつきが大きい。等の諸条件により試験を行う上で難しい面が多い。そこで筆者らは、種々の原位置試験を試みるとともに、試験規模および方法の改良を行い、泥流堆積物の基礎地盤としての工学特性調査を行ったので以下に報告する。

2. 泥流堆積物の概要と調査位置

調査地域は、筑後川中流部左岸の水縄山地の東部にあたり、第三紀鮮新世後期から第四紀にかけての豊肥火山活動の産物である火山噴出物や火山性の泥流堆積物が広く分布する。当該調査地点の泥流堆積物は、河床～右岸部に分布し、現況での堆積層厚は、最大80m程度である。

泥流堆積物は、未固結で安山岩、風化花崗岩、結晶片岩等の円礫を多含し、礫径は2mmの細礫から最大粒径数mの巨礫まで幅広い。泥流堆積物の中で基質の構成材料により、非火山性の泥質を多く含む層を泥質砂礫層(Mg)、凝灰質である場合を火山円礫層(Vcg)と呼称して区別している(横坑写真参照)。

図-1に横坑およびボーリング位置を示す。



Vcgの状況 (T-8 坑; 26~28m)

3. 密度試験

3.1 試験種類および大型水置換法の概要

密度試験は、試験規模の密度への影響を調べるため、横坑を利用してノギス法、砂置換法、パラフィン法（ブロックサンプリング）および大型水置換法により実施した。

大型水置換法は、図-2に示すように、試験孔掘削時に地下水の浸潤による孔壁のゆるみを極力押さえるため、本坑からステージ状に枝坑を新設して実施した。試験方法は、最初に①まで掘削した段階で注水し、所定の水面高さを決め、体積を測定する。次に、②の試験孔を掘削し、①の水面高さまで注水後、体積を測定して試験孔体積は $W = W_2 - W_1$ で求める方法とした。なお、試験孔規模は、枝坑の掘削可能規模を考慮して、対象とする試験孔試料中の礫の最大粒径を $D_{max} = 300 \sim 400\text{mm}$ と設定し、その3倍程度を目安とした。

3.2 試験結果

密度試験結果を表-1に示す。乾燥密度と4.76 mm以上の礫の含有率との相関を調べた図-3によると、大型試験値（水置換法）は、小型試験値（ノギス法、砂置換法、パラフィン法）と比べて大きい。また、VcgはMgに比べて礫分の含有率が高く、密度も大きくなる傾向がある。

次に、締り度を見るために、現場密度試験値と現場試験箇所の材料を用いた室内締固め試験による最大乾燥密度（締固めエネルギー $1 E_c = 5.6\text{cm} \cdot \text{kgf}/\text{cm}^2$ ）とを対比した。この結果、図-4に示すように小型試験値では、Vcgの締り度がMgより高い。Vcgに着目すると、大型試験値は、小型試験値より大きく、 $\rho_d =$

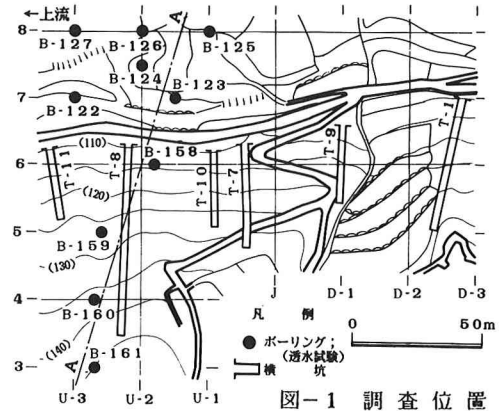


図-1 調査位置

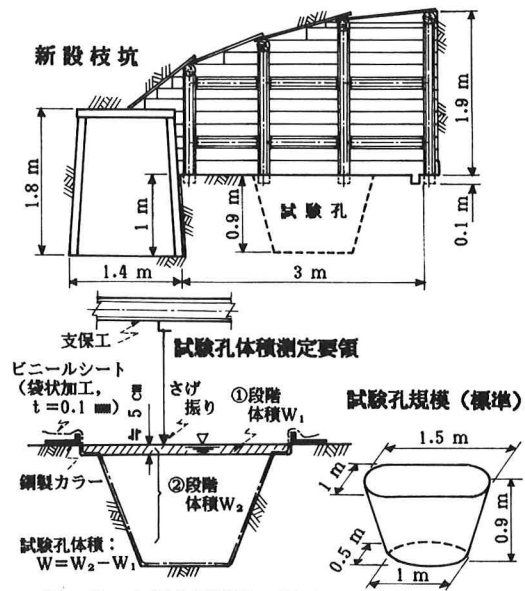


図-2 大型水置換法の概要

表-1 密度試験結果

試験方法	試験位置 横坑 坑口距離	地質	湿潤密度 $\rho_w (\text{g}/\text{cm}^3)$	乾燥密度 $\rho_d (\text{g}/\text{cm}^3)$	比重	含水比 $w(\%)$	間隙比 e	最大粒径 $D_{max}(\text{mm})$
【ノギス法】 供試体: $\phi = 3.5 \sim 5\text{cm}$ $H = 8.5 \sim 12.5\text{cm}$ 試料重量: 2kg	T-7	10 ■	Mg	2.06	2.709	22.4	0.61	
	"	10	Mg	2.04	2.686	22.2	0.61	
	"	17	Mg	1.88	2.653	34.4	0.90	
	"	17	Mg	2.08	2.717	13.3	0.48	
	"	40	Mg	1.92	2.484	35.3	0.75	
【砂置換法(JIS A 1214)】 試験孔: $\phi = 20 \sim 30\text{cm}$ $H = 20\text{cm}$ 試料重量: 2.4~6.9kg	T-1	39 ■	Mg	1.48	2.626	32.4	1.35	
	T-8	36~38.4	Vcg	2.17	2.616	17.2	0.41	55
	"	47~49.4	Vcg	2.21	2.628	16.2	0.38	80
	"	58~60.4	Vcg	2.11	2.640	21.8	0.52	88
【パラフィン法】 加圧重量: 2.1~27.6kg	T-8	13~14 ■	Vcg	1.92	2.782	23.5	0.79	160
	T-9	10~11	Mg	1.90	2.749	22.1	0.77	125
	T-10	25	Vcg	2.02	2.742	21.3	0.65	197
	T-11	25	Vcg	2.04	2.724	20.1	0.60	106
【大型水置換法】 試験孔: $V = 0.64 \sim 0.91\text{m}^3$ 試料重量: 1,400~2,200kg	T-8	26~28 ■	Vcg	2.31	2.698	14.5	0.34	500
	"	56.5~58.5	Vcg	2.33	2.692	11.6	0.29	400
	T-9	11.5~13.5	Mg	2.13	2.725	17.4	0.50	200
	T-10	16~18	Mg	2.24	2.668	19.5	0.42	400
	T-11	20~22	Vcg	2.38	2.690	16.8	0.32	500

$\rho_{d \max} + 0.4 \text{ g/cm}^3$ 程度で、締りが良い。

以上より、泥流堆積物は、礫の含有率が高くなるほど密度が大きくなる傾向がある。また、小型試験値は泥流堆積物の基質部の密度を表し、大型試験値は、より原地盤に近い密度を示していると考えられる。

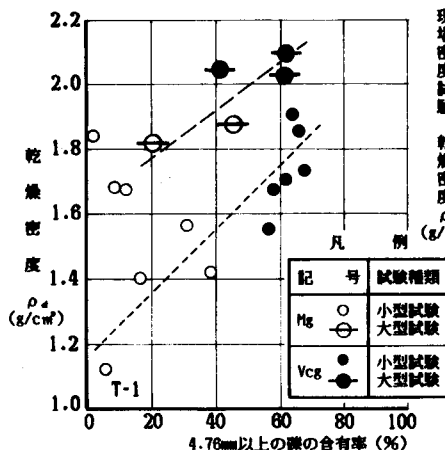


図-3 密度と4.75mm以上の礫の含有率との相関

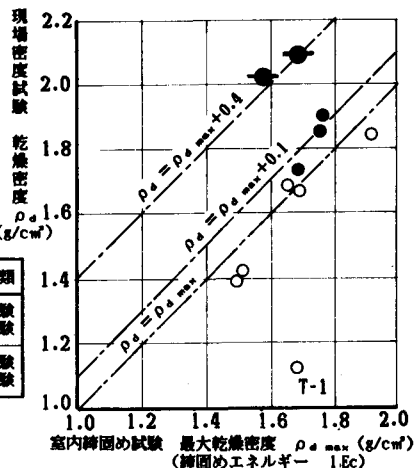


図-4 現場密度と室内締固め試験の最大乾燥密度との対比

4. 粒度試験

T-8坑のVcgを対象に行った粒度試験(JIS A 1204)で、試験試料規模による粒度曲線の比較を試料重量が約30~4,700kgのものについて行った。粒度曲線は、図-5に示すとおりで、試料重量が700kg程度以上になると粒度曲線に差は見られない。

因に、T-9坑で代表されるMgの粒度は、Vcgに比べて74μm以下の含有率が37%と高く、細粒である。

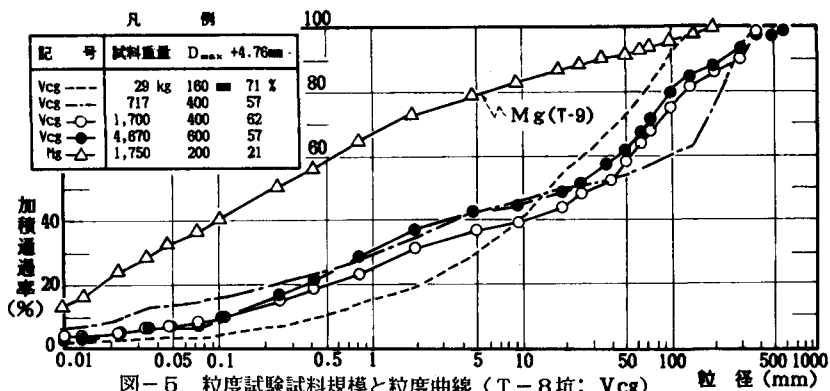


図-5 粒度試験試料規模と粒度曲線 (T-8坑; Vcg)

5. 静水圧による低圧部を管理したルジオンテスト

透水特性は、密度や粒度と同様に基礎地盤の評価指標として重要である。難透水性地盤に対する透水試験法としては、ダルシー則に基づく原位置透水試験があるが、深度ごとの透水特性を調べるには、ルジオンテストが有効である。しかし、ルジオンテストは、本来、硬質岩盤に対する試験法として開発されたものであるため、泥流堆積物に対しては、下記のような試験方法の改良を行って試験した。

5.1 試験方法

水圧荷荷方法は、ポンプの脈動による影響を除くため、ヘッドタンクによる静水圧荷荷とし、注水圧力は、

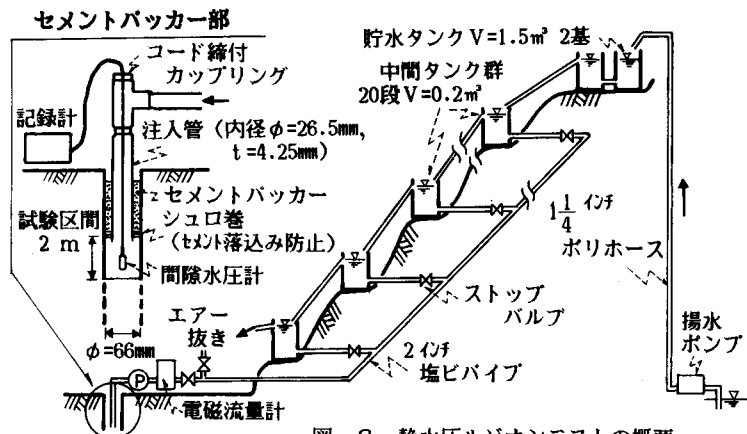


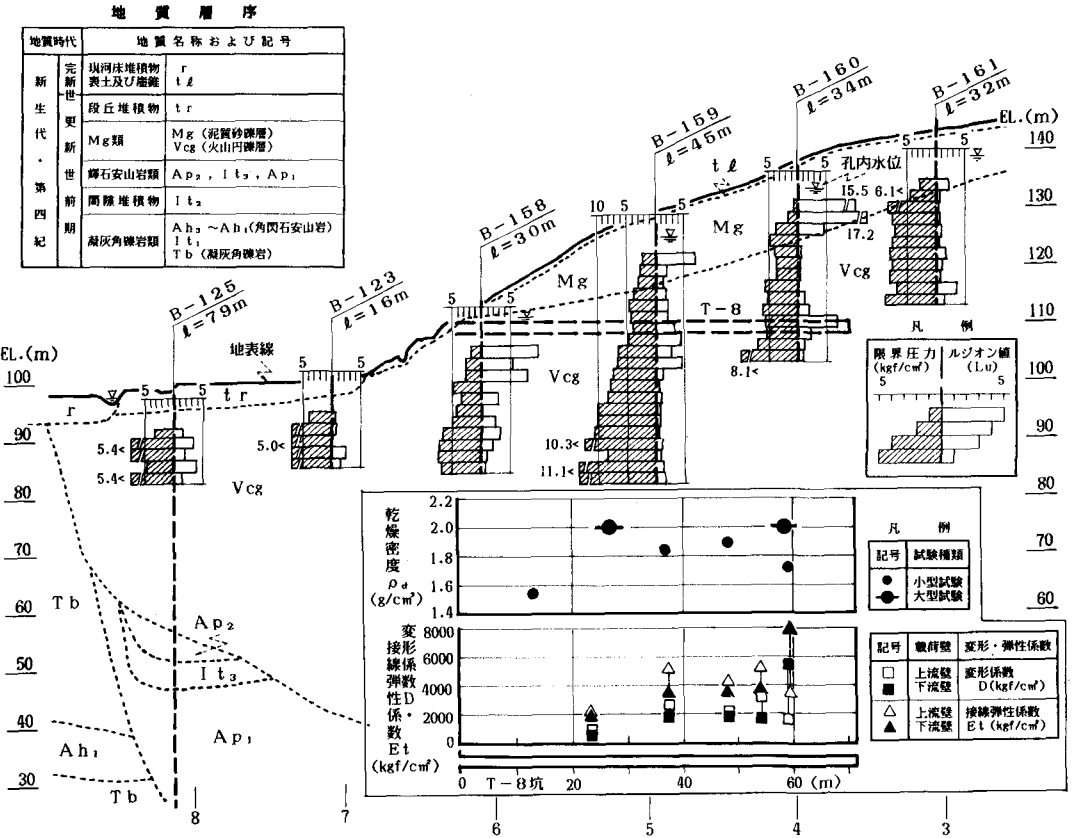
図-6 静水圧ルジオンテストの概要

間隙水圧計で直接測定した。未固結地盤や軟岩ではバッカー設置方法が最も重要となるが、今回の試験では注水管（内径 $\phi=26.5\text{mm}$ ， $t=4.25\text{mm}$ ）と孔壁との間をセメンテーションした（バッカー長 $=2\sim3\text{m}$ ，打設後12時間硬化待ち）。ステージ長は，孔壁の崩壊を防ぐため 2m とし，圧力上昇刻みは，低压部を慎重に管理することが試験精度向上の重要な要素となるため $\Delta P=0.5\text{kgf/cm}^2$ とした（図-6参照）。

5.2 試験結果

1) 深度ごとの透水特性

試験は，河床～右岸のB-122～127，158～161の計10箇所で行った（図-1参照）。A-A測線の右岸部断面に試験結果を図示したものを図-7に示す。B-159～161での深度ごとのルジオン値の変化点は，MgとVcgの境界とほぼ一致している。限界圧力は，深度とともに上昇する傾向がある。



2) 原位置変形試験および密度試験結果との対比

T-8坑（Vcg）におけるダイアフラム（ $\phi=80\text{cm}$ ，上下流方向载荷）による原位置変形試験結果および前記の密度試験結果との対比を図-7に示す。変形係数・接線弾性係数および密度は，坑口より 20m 付近まで，ゆるみの影響が見られるものの 35m 以深では，ほぼ一定の値（ $D\approx 2,000\text{kgf/cm}^2$ ， $E_t\approx 4,000\text{kgf/cm}^2$ ， $\rho_d\approx 1.8\sim 2.0\text{g/cm}^3$ ）を示している。これらより，地表面下 $15\sim 20\text{m}$ 以深のVcgは， 5Lu 以下の難透水性で，限界圧力 5kgf/cm^2 以上の安定した性状を有するものと推察される。

3) 従来のルジオンテストとの比較

深度ごとの透水特性について，「ルジオンテスト技術指針」¹⁾に基づく従来のルジオンテストの結果（○印）と比較すると図-8のとおりである。特に限界圧力（Pc）については，静水圧ルジオンテストの

方が従来のルジオンテストに比べて被り厚との相関が良く、 $P=0.2H$ ($\gamma_t=2tf/m^2$) 以上である。

4) 繰返し試験

限界圧力を確認した試験区間で、24時間経過後に繰返して静水圧ルジオンテストを実施した。この結果、図-9に示すように、ルジオン値は50%増、限界圧力は8%減となるが、復路に入っても往路に比べて注水量の大幅な増加は認められず、弾性的な挙動を示している。このような地盤(岩盤)の復元性は、マサ(風化花崗岩)

についても認められると言われている²⁾、グラウチングを実施する際、基礎処理方針や注入圧力管理方針を立案する上で示唆を与える。

6. 結論

泥流堆積物に対する種々の調査・試験を試みた結果、以下のようなことが言える。

- ① 地表面下15~20m以深のVcgは、表層部のMgに比べて締りが良く、密度、粒度および透水性の面でより安定した性状を示す。
- ② 泥流堆積物の性状に影響を及ぼす主要な要因の一つは、礫の含有率であり、試験を実施する際には、原地盤の代表性、粒度特性(最大粒径等)等を十分考慮した試験規模の設定が重要である。
- ③ 土木構造物基礎としての性状を評価(基礎掘削深度の検討等)する上で、静水圧による低圧部を慎重に管理したルジオンテストが、密度試験や粒度試験を適宜併用することで有効な手段の一つとなり得る。

7. おわりに

基礎の設計に際しては、基礎地盤の強度の評価が必要であるが、泥流堆積物が巨礫を多含するゆえに、力学試験を困難なものとしている。基質部に着目して、不攪乱試料を用いた室内三軸圧縮試験を試みたが、この結果を用いて原地盤の強度を推定するには問題が多い。このため、礫を含めた原地盤の強度を把握するための力学試験方法および強度の評価手法の開発が、今後の研究課題である。最後に、現地調査ならびに各種の現場試験に御協力して頂いた関係者各位に厚くお礼を申し上げます。

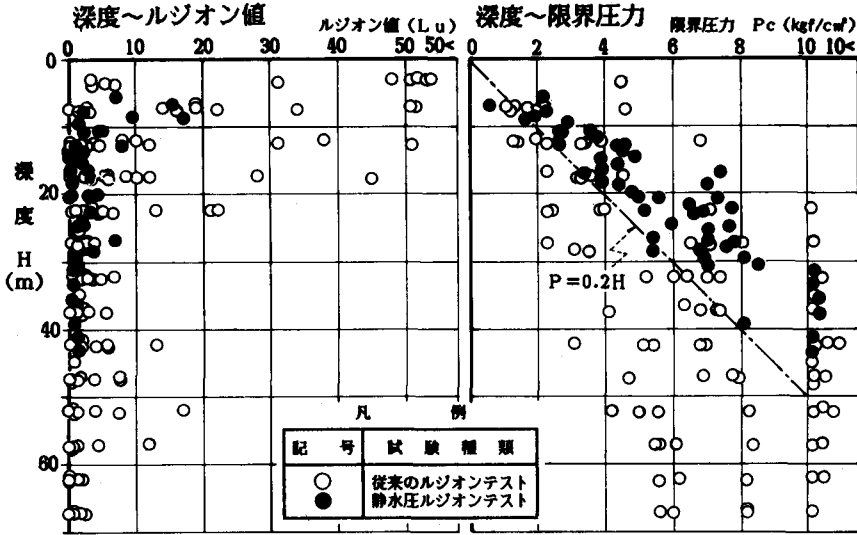


図-8 深度〜ルジオン値, 限界圧力の相関(右岸部)

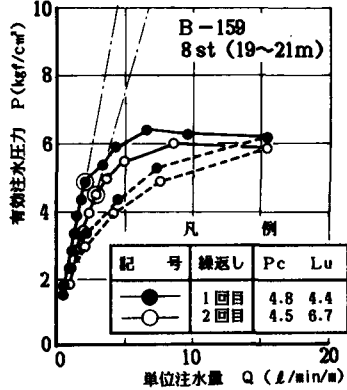


図-9 繰返し試験結果

[参考文献]

- 1) 建設省河川局開発課: ルジオンテスト技術指針・同解説, 1984年6月
- 2) 斎藤孝三・永山功・村岡基晴: 軟岩のルジオンテストに関する一考察, 土木技術資料29-1(1987)