

# 大山火山碎屑岩の工学的性質について

## Engineering Properties of Daisen Pyroclastic Rocks

新 任修 Tsugunobu ATARASHI (西谷技術コンサルタント(株))  
 坂口 雅範 Masanori SAKAGUCHI (日本舗道(株))  
 藤村 尚 Hisashi FUJIMURA (鳥取大学工学部)

大山を中心に広く分布する第四紀更新世の大山火山碎屑岩は、物性がほとんど研究されていないこと、今後、中山間地域の開発に大きく係ることなど、この地盤の物性を調べておくことは極めて重要である。本研究は、鳥取県中部地区で主に乱した試料による物理・力学的性質や安定処理および原位置試験による地盤の工学的性質を調べたものである。その結果、大山火山碎屑岩は原位置試験においては大きな強度を有しているが、繰返すと粒子が破碎されて細粒化するとともに、風化や含水比によって異なるがトラフィカビリティーを得ることが困難な土であることが明らかとなった。

キーワード：特殊土，トラフィカビリティー，内部摩擦角，固化材 (IGC：D00, D02, D06, D10)

### 1. はじめに

大山火山碎屑岩は、第四紀更新世初頭において大山から噴出あるいは流出した火山碎屑岩および火山碎屑物の総称で、地質学上、溝口凝灰角礫岩（一部では大山凝灰角礫岩や大山マサ）と称されている。溝口凝灰角礫岩の詳細な岩相は、礫径やマトリックスの違いから、凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩および軽石に細分され、それぞれは互層状に堆積している。また、風化の違いによって、土工上、土砂（粘性土・砂質土・礫質土・玉石まじり土）から軟岩まで、幅広い範囲で分類される。

溝口凝灰角礫岩の工学的性質についての報告は少なく（例えば、岩本・新・藤村<sup>1)</sup>）、構造物や切土・盛土などの設計にあたってはその設計定数の設定に苦慮しているのが現状である。本研究は、大山を中心に広く分布している溝口凝灰角礫岩（以下、凝灰角礫岩と呼ぶ）のうち、鳥取県中部地区において室内土質試験および原位置試験を行った結果をまとめ、凝灰角礫岩の地盤工学的性質について報告するものである。

### 2. 溝口凝灰角礫岩の特徴

大山火山が噴出した降下火山灰や火山碎屑岩・火山碎屑流をまとめたものを表-1に示す。このうち、代表的な火山碎屑岩・火山碎屑物は、溝口凝灰角礫岩と称される凝灰角礫岩である。凝灰角礫岩は人頭大～拳大の火山岩塊が火山礫および火山灰とともに凝結したもので全体として溶結度は弱い。火山礫は角閃石安山岩を主体としているが、なかには紫蘇輝石安山岩や両輝石安山岩なども含むことがある。色調は灰～紫灰～褐～黄褐色など変化に富む。崖面は数十mの直壁をなすこともあり、固結している。しかし、礫自体は未風化のものからくさり礫化

表-1 大山火山の活動編年<sup>2)</sup>

完新世		火山灰・軽石など	火砕流など	溶岩流など (N)正帯磁 (R)逆帯磁
更新世	後期	クロボク		弥山溶岩円頂丘(N) 鳥ヶ山溶岩円頂丘(N) 三鈴峰溶岩円頂丘(N)
		大山上部火山灰	弥山火砕流 菅ヶ平火砕流	
		大山中部火山灰	横原火砕流 堀火砕流	
	大期	大山下部火山灰	名和火砕流	
中期	大山最下部火山灰		孝霊山溶岩(N)	
	?			
	?			
前期			甲ヶ山溶岩(N) 船上山溶岩(N) 城山溶岩(N) 吉原溶岩(N)	
			大山滝溶岩(N)	
		溝口凝灰角礫岩	飯戸山溶岩(R) 船上山下部溶岩(R) 船返滝溶岩(R)	
世前期			鐔抜山溶岩(N)	
			?	

しているものまで混在している。

### 3. 物理的特性

#### 3.1 土粒子の密度

凝灰角礫岩の土粒子の密度  $\rho_s$  と自然含水比  $w_n$  の関係を図-1 に示す。図に示すように、 $\rho_s$  は  $2.5 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$  の範囲にばらつくが、 $w_n$  が上昇すると低くなる傾向が伺える。一般の砂は、 $\rho_s = 2.65 \sim 2.70 \text{ g/cm}^3$ 、ロームは  $2.70 \text{ g/cm}^3$  以上を示すが、凝灰角礫岩はこれらの値より低いことが多い。

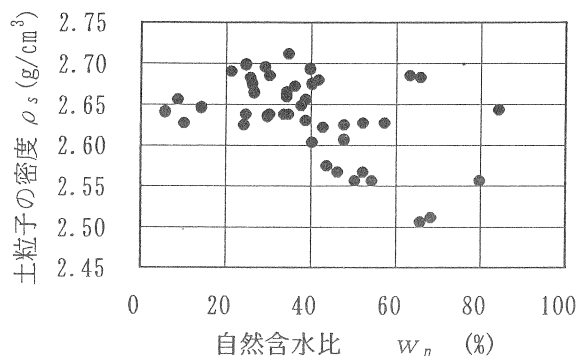


図-1 土粒子の密度と自然含水比の関係

#### 3.2 粒度組成

細粒分含有率FCと自然含水比  $w_n$  の関係を図-2 に示す。図に示すように、自然含水比が上昇すると細粒分も増加する傾向がある。

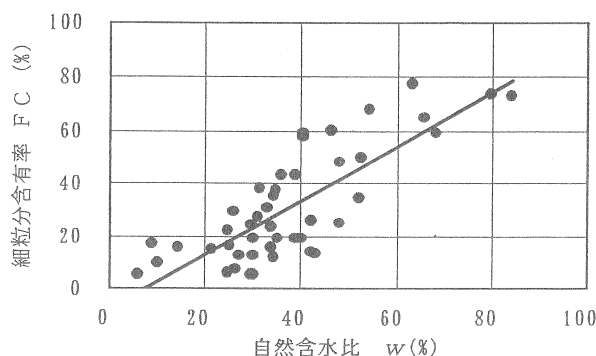


図-2 細粒分含有率と自然含水比の関係

凝灰角礫岩を構造物の盛土材料として有効利用する場合、例えば補強土壁工法<sup>3)</sup>など工法の種類によって細粒分の含有率を規定している。図-3 に示すように、凝灰角礫岩は粒子が破壊しやすく、かつ含水比が比較的高いので、締固めエネルギー  $E_c = 2500 \text{ kJ/m}^3$  の重量機械で転圧するような大きなエネルギーの場合は、細粒分が増加するために、盛土材料として再利用することができなくなる可能性がある。

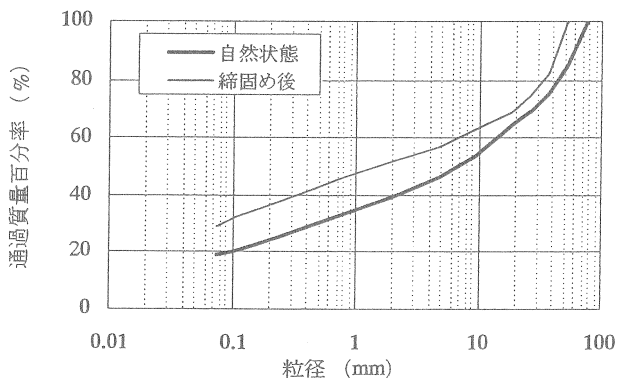


図-3 締固めエネルギーの大きさによる粒度組成の変化

#### 3.3 コンシステンシー

液性限界  $w_L$  と塑性指数  $I_P$  の関係を塑性図として図-4 に示す。大山からの噴出物のうち、軽石風化土は液性限界  $w_L = 120\% \sim 200\%$ 、塑性指数  $I_P = 60 \sim 130$ 、ロームは  $w_L = 60\% \sim 110\%$ 、 $I_P = 40 \sim 60$  の高塑性を示す。一方、凝灰角礫岩は、 $w_L = 60\% \sim 110\%$ 、 $I_P = \text{NP} \sim 60$  と幅が広い。凝灰角礫岩のうち礫質土～砂質土に判定されるグループは塑性指数が低い、細粒分が多く粘性土に分類されるほどしだいに液性限界や塑性指数が大きくなる。

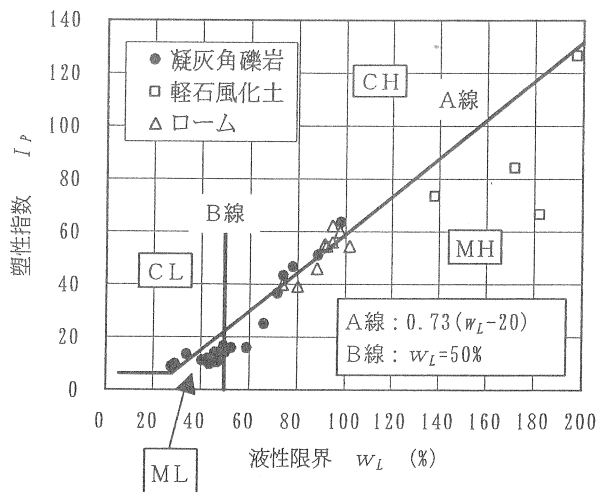


図-4 塑性図

諸戸は対象とする火山灰質土が土工に際して問題を引き起こすかどうかを自然含水比と液性指数で判定する方法<sup>4)</sup>を提案している（以下、諸戸チャートと呼ぶ）。諸戸チャートは自然含水比  $w_n = 70\%$ 、液性指数  $I_L = 0.8$  を境に4つのグループに分けている。

- ・ HH：高含水比でトラフィカビリティーも劣悪で、捨土か安定処理が必要
- ・ HL：高含水比であるがトラフィカビリティーは相対的に良好
- ・ LH：低含水比であるがトラフィカビリティーは極めて不良で安定処理が必要
- ・ LL：低含水比でトラフィカビリティーは良く、土工のトラブルが少ない

凝灰角礫岩と大山の代表的な噴出物であるロームおよび軽石について図-5 のように分類できる。凝灰角礫岩は「LL～LH」、ロームは「LL～HH」、軽石風化土は「HL～HH」に分類される。凝灰角礫岩はロームや軽石に比べて相対的に土工上の問題は少ない土であるといえるが、

粒子の細粒化による細粒分の増加や含水比の上昇などの施工条件が悪化すると、トラフィカビリティーを得ることが困難となる可能性がある。なお、諸戸チャートは東北地方の火山灰土をもとに研究された分類であるので、今後、鳥取県に分布する火山灰土や凝灰角礫岩などを区分するには見直しを行う必要があると思われる。

#### 4. 力学的特性

##### 4.1 締固め特性

凝灰角礫岩の締固め方法は JIS A 1210 に準拠し、粒子の大きさや現場の施工条件などの違いによって、非乾燥法あるいは乾燥法で実施した。最適含水比  $w_{opt}$  と最大乾燥密度  $\rho_{dmax}$  の関係を図-6 に示す。図に示すように、最適含水比と最大乾燥密度はモールド径や締固めエネルギーが変化しても

$$\rho_{dmax} = 4.66 w_{opt}^{-0.359} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (1)$$

(相関係数=0.90)

の良い相関を示す。最適含水比  $w_{opt}$  ならびに最大乾燥密度  $\rho_{dmax}$  と自然含水比  $w_n$  との関係を図-7~図-8 に示す。最適含水比および最大乾燥密度は自然含水比と次に示すような良い相関を示し、自然含水比の増加とともに最適含水比は増大し、最大乾燥密度は低下する。

$$w_{opt} = 0.864 w_n + 0.929 \quad (\%) \quad (2)$$

(相関係数=0.86)

$$\rho_{dmax} = -0.016 w_n + 1.97 \quad (\text{g/cm}^3) \quad (3)$$

(相関係数=0.84)

##### 4.2 せん断特性

凝灰角礫岩のせん断試験は、標準的な三軸圧縮試験機を用い、圧密条件と排水条件として、

- ① 圧密・非排水 (CU)
- ② 圧密・排水 (CD)
- ③ 非圧密・非排水 (UU)

で行い、その結果を図-9~図-12 に示す。なお、溝口凝灰角礫岩を総称して凝灰角礫岩で整理したが、本項以降では、地質学上で分類されている凝灰角礫岩 (Tb)、凝灰岩 (Tf) で細分して整理した。

排水条件の違いはあるが、内部摩擦角  $\phi_d$  および  $\phi'$  は、ほぼ同じ値が得られ、 $\phi_d$ 、 $\phi' = 35^\circ$  程度が期待できる。粘着力  $c_d$ 、 $c'$  は  $0 \sim 40 \text{ kN/m}^2$  の範囲にばらつくが、 $c = 10 \text{ kN/m}^2$  付近に集中することが多い。一方、非圧密・非排水条件下では  $\phi_u = 0 \sim 25^\circ$ 、 $c_u = 10 \sim 60 \text{ kN/m}^2$  の範囲にばらつく。なお、試験数が極めて少ないので一概には断定できないが、乱さない試料の強度は、乱した場合に比べて大きなせん断強さを示す。

##### 4.3 CBR特性

乱した試料を3層67回で締固めた設計 CBR 試験の結果を図-13 に示す。CBR 値は風化の進行程度で変化する含水比や岩質の違いによって異なり、乱した試料による

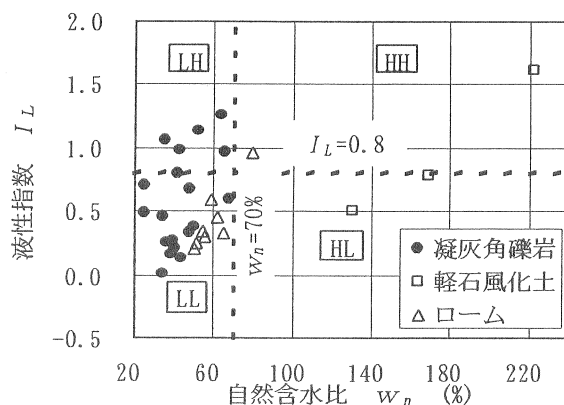


図-5 液性指数と自然含水比の関係

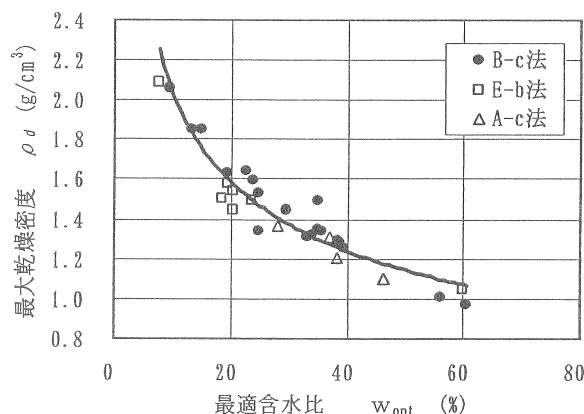


図-6 最大乾燥密度と最適含水比の関係

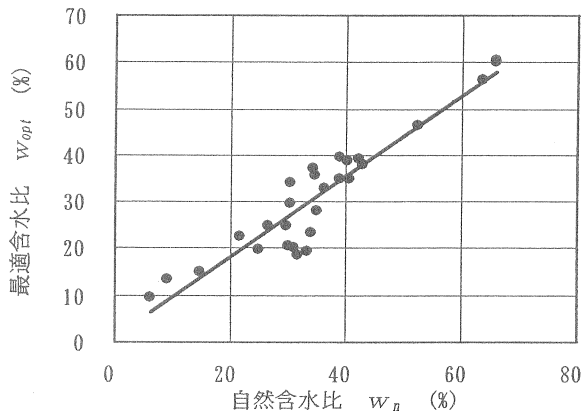


図-7 最適含水比と自然含水比の関係

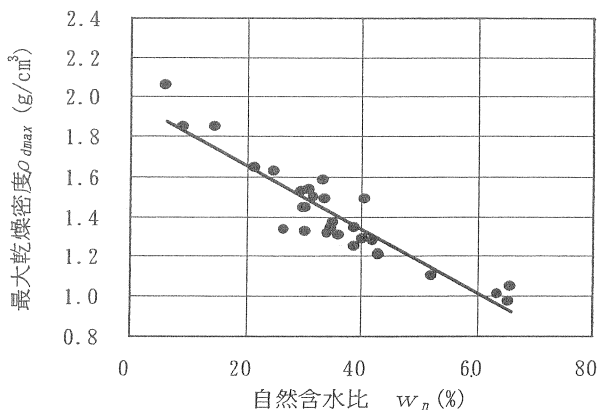


図-8 最大乾燥密度と自然含水比の関係

CBR=1~40%の広い範囲にばらつく。このうち、凝灰岩は凝灰角礫岩に比べて低い値を示すことが多く、CBR値が3%程度以下を示すので、良好な路床土とはいえない。なお、自然含水比  $w_n=30\%$ 程度以下であっても細粒分が多く混入する凝灰角礫岩は、路床土として利用することができないことが多い。

4.4 圧密特性

圧密試験方法はJIS A 1217に準拠して試験を実施した。圧密試験で得られる

- ・ 間隙比  $e$  と圧密圧力  $p$  ( $e \sim \log p$  曲線)
- ・ 体積圧縮係数  $m_v$  と平均圧密圧力  $\bar{p}$  ( $\log m_v \sim \log \bar{p}$  曲線)
- ・ 圧密係数  $c_v$  と平均圧密圧力  $\bar{p}$  ( $\log c_v \sim \log \bar{p}$  曲線)

の関係を図-14~図-16に示す。

これらの図から、体積圧縮係数や圧密係数は、岩相の違いよりは乱した試料か乱さない試料かで傾向が異なり、その差は5~10倍程度を示す。このうち、乱した試料の  $c_v$  は圧密応力が増加しても一定とみなすことが可能であるが、乱さない試料の  $c_v$  は圧密圧力の増加とともに減少する。  $m_v$  は乱した試料と乱さない試料の両者とも圧密圧力の増加とともに同じような勾配で減少する傾向がある。

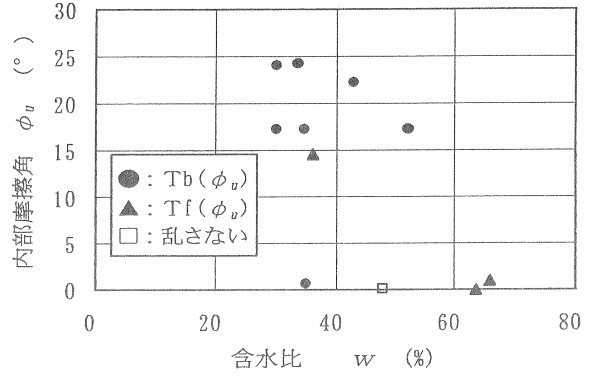


図-11 内部摩擦角  $\phi_v$  と含水比  $w$  の関係

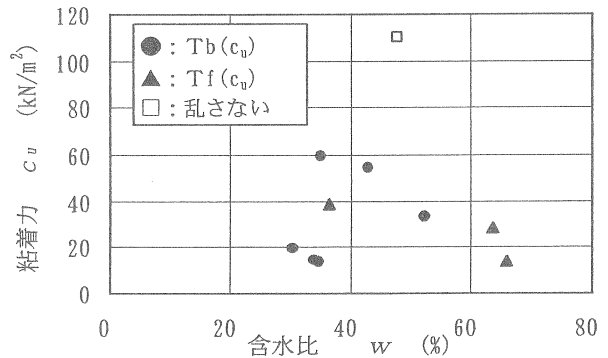


図-12 粘着力  $c_v$  と含水比  $w$  の関係

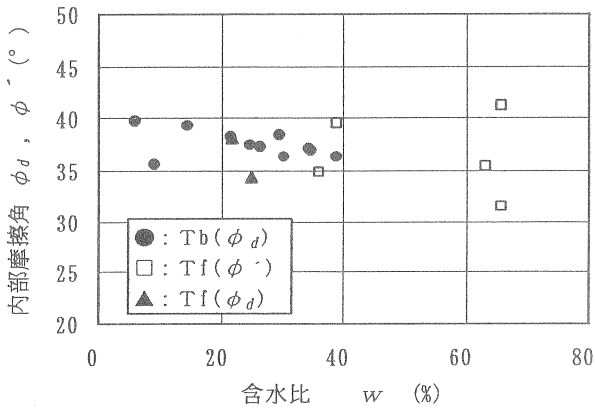


図-9 内部摩擦角  $\phi_d, \phi'$  と含水比  $w$  の関係

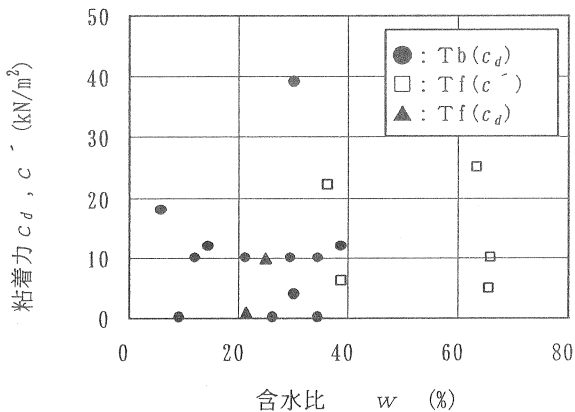


図-10 粘着力  $c_d, c'$  と含水比  $w$  の関係

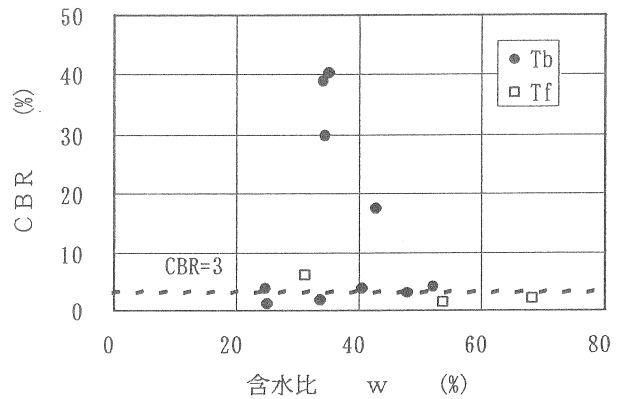


図-13 CBR と含水比の関係

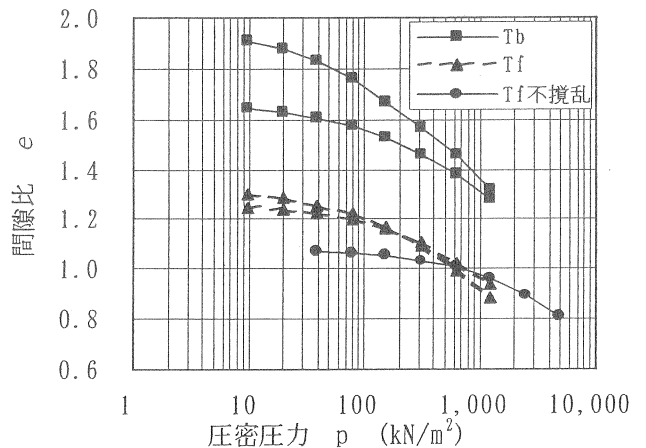


図-14 間隙比と圧密圧力の関係

### 5. 安定処理土の特性

建設機械の走行性を把握する指標として、締固め試験に用いた試料に対するコーンペネトロメーターによるコーン指数  $q_c$  と含水比  $w$  の関係の一例を図-17 に示す。なお、コーン貫入値は  $w=30\%$  以下では貫入不能、 $w=40\%$  以上では測定不能であった。

建設機械の違いによって地盤のコーン指数  $q_c$  は、湿地ブルドーザでは  $q_c=300\text{kN/m}^2$  以上、15t 級普通ブルドーザでは  $q_c=500\text{kN/m}^2$  以上、ダンプトラックでは  $q_c=1200\text{kN/m}^2$  以上を確保する必要がある。図に示ように、自然含水比状態で締固めた土のコーン指数は、 $q_c=500\text{kN/m}^2$  以下を示し、15t 級普通ブルドーザの走行性をも確保できないことが判明した。

以上のように、凝灰角礫岩は若干の含水比変化ならびに練返し程度によって著しく変化する性質を有することから、高含水比の凝灰角礫岩は、トラフィカビリティーを得ることが困難となる可能性があるため、安定処理試験を行なって改良土の強度特性について調べる。

#### 5.1 試験条件

安定処理試験の試験条件は以下のようにして行い、一軸圧縮試験とUU三軸圧縮試験およびCBR試験で強度などを評価した。

- ・添加材の種類：生石灰と一般軟弱用セメント系固化材（以下固化材Aと呼ぶ）、六価クロム対策型セメント系固化材（以下固化材Bと呼ぶ）を用いた。なお、添加材はCBR試験では固化材B、それ以外では固化材Aを用いた。
- ・添加材の量：湿潤試料  $1\text{m}^3$  に対する  $20\sim 190\text{kg}$  の粉体質量で添加した。
- ・初期含水比：自然含水比状態で行なった。
- ・混合方法：ソイルミキサーによる機械混合で10分間とした。

#### 5.2 養生方法

一軸圧縮試験およびUU三軸圧縮試験用供試体の養生温度は、標準養生温度  $20\pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度  $95\%$  以上に設定した恒温恒湿槽内で施工性を考慮して1日と7日の空中養生とした。CBR試験用供試体の養生温度は、同条件の恒温恒湿槽内で空中3日、水温  $20\pm 3^\circ\text{C}$  に設定した恒温水循環装置内で水浸4日の計7日養生とした。

#### 5.3 試験結果と考察

##### 5.3.1 一軸圧縮強さと添加量

図-18は安定処理した凝灰角礫岩の添加量と養生日数1日および7日における一軸圧縮強さ ( $q_{u1}$ ,  $q_{u7}$ ) の関係を示したものである。一軸圧縮強さは添加量の増加とともに大きくなり、その増加傾向は生石灰の方が大きい。例えば、15t 級普通ブルドーザの走行性が確保できて、

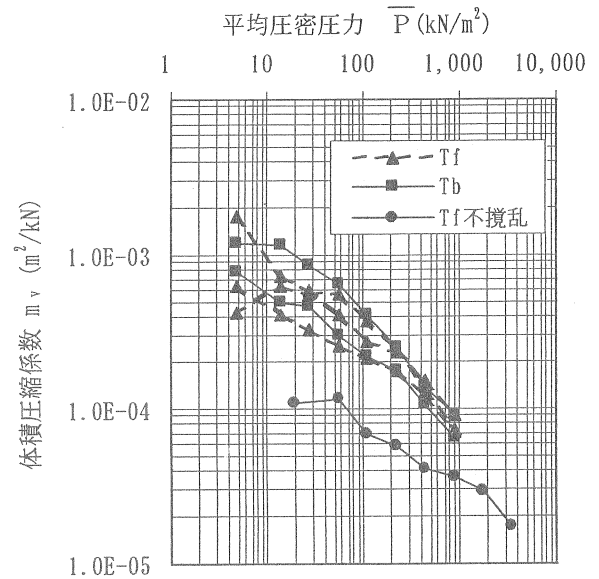


図-15 体積圧縮係数と平均圧密圧力の関係

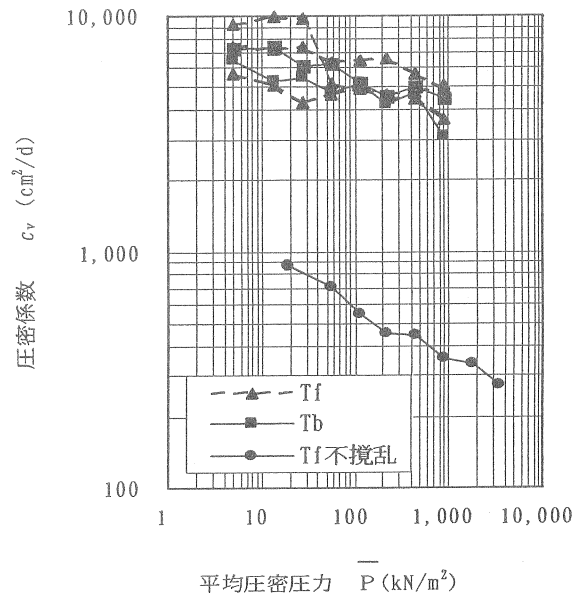


図-16 圧密係数と平均圧密圧力の関係

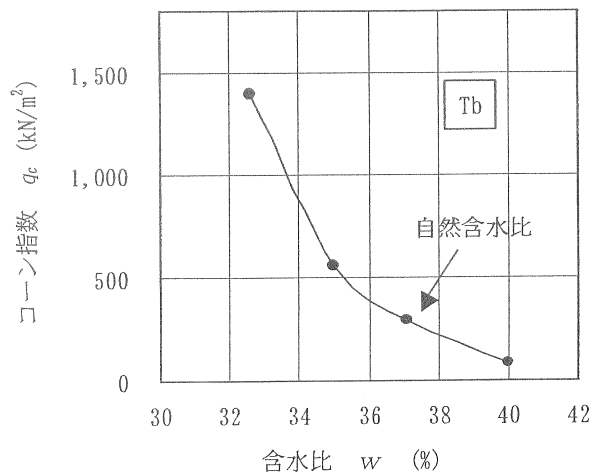


図-17 コーン指数と含水比の関係

(現場/室内)強度比を0.5とした一軸圧縮強さ  $q_{ur}=200$   $\text{kN/m}^2$  が得られる添加量は、生石灰で  $30\text{kg/m}^3$ 、固化材Aでは  $65\text{kg/m}^3$  と生石灰の方が少ない量で得られる。ただし、生石灰はある程度の量から添加量を増やしても強度の増加割合が鈍化する傾向がある。添加量  $60\text{kg/m}^3$  における生石灰の試験では養生1日と7日の一軸圧縮強さに大きな違いが見られる。これは生石灰あるいは凝灰角礫岩の特徴であるかは今後の課題としたい。一方、固化材Aは強度が発現する最低添加量が生石灰に比べて多いが、養生日数が異なっても強度が増加する傾向は同じである。

5.3.2 安定処理土の一軸圧縮強さと変形係数

図-19は安定処理した凝灰角礫岩の一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) と変形係数 ( $E_{50}$ ) の関係を示したものである。一軸圧縮強さと変形係数の関係は

$$E_{50} = 0.059 q_u^{1.21} \quad (\text{MN/m}^2) \quad (4)$$

(相関係数=0.92)

を示す。

5.3.3 養生日数の違いによる一軸圧縮強さ

図-20は固化材Aによって安定処理した凝灰角礫岩の養生日数の違いによる一軸圧縮強さについて、養生1日と7日の関係を示したのである。

養生1日の一軸圧縮強さ ( $q_{u1}$ ) に対する養生7日の一軸圧縮強さ ( $q_{u7}$ ) の関係は、次のような関係を示す。

$$\text{固化材A: } q_{u7} = 1.38 q_{u1} \quad (\text{kN/m}^2) \quad (5)$$

(相関係数=1.00)

なお、生石灰による養生1日の一軸圧縮強さは不安定でバラツキがあり、養生7日の一軸圧縮強さとの明確な相関は認められない。

5.3.4 一軸圧縮強さと粘着力

図-21は生石灰および固化材Aによって安定処理した凝灰角礫岩の一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) とUU三軸圧縮試験で求められた粘着力 ( $c_u$ ) の関係を示したものである。ただし、試験直前の試料の飽和度は95%以上である。

一般に飽和粘性土では、 $\phi_u=0^\circ$  で、 $c_u = q_u/2$  の関係を示すが、本研究では試験した数量が少ないので断言はできないが、 $\phi_u=0^\circ$  とすると

$$c_u = 0.434 q_u \quad (6)$$

(相関係数=0.98)

の関係が得られた。なお、試験で得られた内部摩擦角は、 $0^\circ < \phi_u < 10^\circ$  が得られている。このように、飽和粘性土以外の土、すなわち、安定処理土や硬質な粘性土は、一般的な一軸圧縮強さと粘着力の関係式を示すかどうかは今後の課題と思われる。

5.3.5 CBRと添加量

図-22は固化材Bによって安定処理した凝灰角礫岩および軽石の養生日数7日におけるCBRと添加量の関係

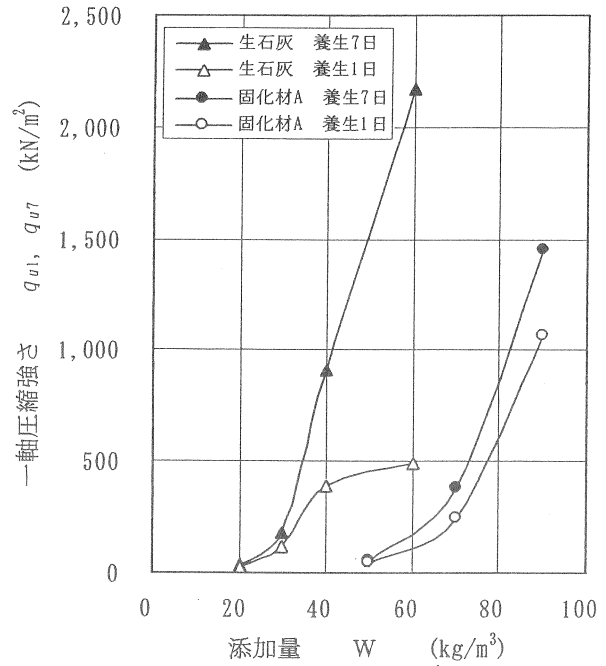


図-18 安定処理土の一軸圧縮強さと添加量の関係

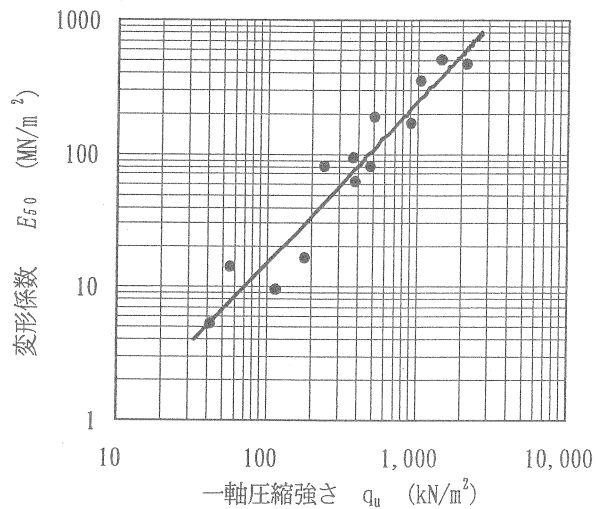


図-19 安定処理土の一軸圧縮強さと変形係数の関係

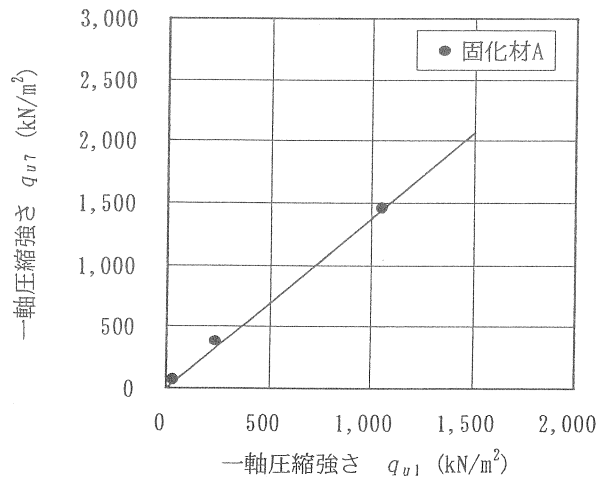


図-20 養生日数の違いによる一軸圧縮強さの関係

を示したものである。CBR20%が得られるのに必要な添加量は、凝灰角礫岩で70~90kg/m<sup>3</sup>、軽石で150~160kg/m<sup>3</sup>と凝灰角礫岩の方が半分程度で得られる。

### 6. N値と変形係数

一般に、橋梁設計において杭基礎工法を採用する場合、杭の水平抵抗の変形特性を得るために、ボーリング孔を利用して孔内水平載荷試験が実施される。変形係数 $E_b$ はN値との相関が良く、N値から変形係数を求める場合、日本道路公団の設計要領<sup>6)</sup>や日本道路協会の杭基礎設計便覧<sup>7)</sup>に記載されている式(7)~式(8)が良く適用され、前者は風化岩盤、後者は堆積地盤で用いられることが多い。

日本道路公団： $E_b = 2.66 N^{0.69}$  (MN/m<sup>2</sup>) (7)

日本道路協会： $E_b = 0.678 N^{0.9985}$  (MN/m<sup>2</sup>) (8)

本研究は凝灰角礫岩の地盤で行なった標準貫入試験によるN値と孔内水平載荷試験から得られる変形係数 $E_b$ の関係を図-23に示す。なお、換算N値は式(9)で求めたN値と定義する。

換算N値 = 50回 \* 0.3m / 50回打撃時の貫入量(m) (9)

変形係数はN値が大きくなるにしたがい増加し、  
 $E_b = 1.065 N^{1.006}$  (MN/m<sup>2</sup>) (10)  
 (相関係数=0.83)

の関係が得られる。

N値から換算する場合の凝灰角礫岩の変形係数は、日本道路公団に記載されている式は $N < 20$ では実験式に比べて高く、 $N > 20$ では低い値が換算される。一方、日本道路協会の杭基礎設計便覧に記載されている式は、実測の凝灰角礫岩の関係式と同じような傾きを示すが、変形係数は実測値の平均値から得られる値の約65%に相当する。

### 7. 平板載荷試験結果

平板載荷試験の結果として、大口径深礎杭の掘削底面で実施した一例を図-24に示す。測定した地盤は、更新世の凝灰角礫岩と同時代ではあるがそれより新しい扇状地性堆積物(以下、砂礫層と称する)の2箇所で行なった。凝灰角礫岩は荷重強さが8840kN/m<sup>2</sup>、砂礫層は2570kN/m<sup>2</sup>で沈下量が急激に増大して50mmを超えて、荷重を保持することができなくなるとともに、載荷板の周辺地盤の表面にクラックが生じた。

極限支持力は荷重強さが保持できた7730kN/m<sup>2</sup>と2060kN/m<sup>2</sup>とする。測定数が少ないので断言できないが、凝灰角礫岩は砂礫層に比べて地盤の強度が大きい。

### 8. 土工上の特徴

これまで室内土質試験や原位置試験の結果について述

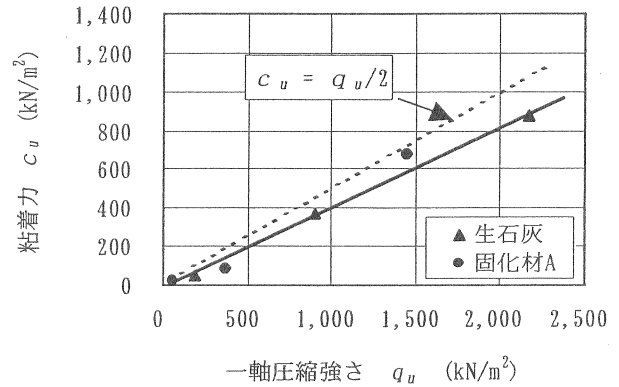


図-21 安定処理土の一軸圧縮強さと粘着力の関係

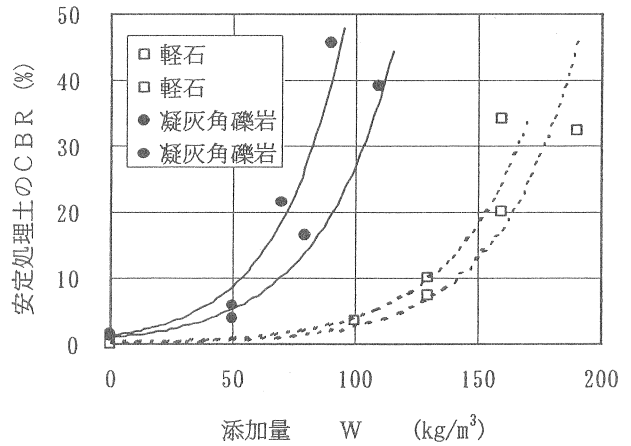


図-22 固化材の添加量と安定処理土のCBRの関係

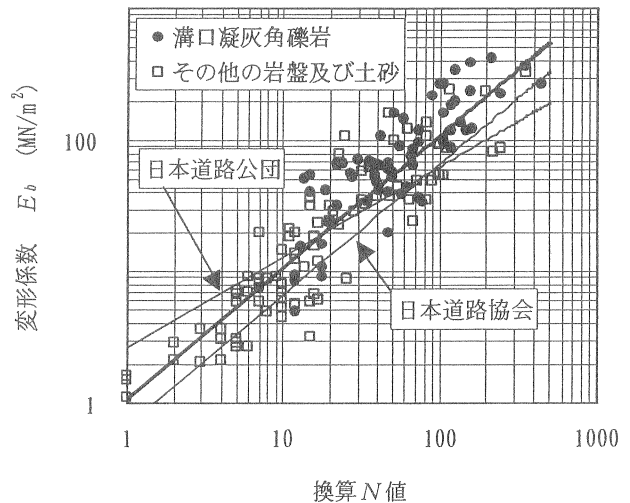


図-23 凝灰角礫岩において孔内水平載荷試験による変形係数とN値の関係

べてきたが、凝灰角礫岩はそのほかに以下のような特徴を有する。

1. 岩相は強風化して粘土状のものから未風化で軟岩状に固結しているものまであり、それらが互層状で分布する。また、礫は腐り礫化したものと岩石ハンマ

で金属音を発するような硬質なものが混在することが多く、その礫の直径も発生源の大山に近づくにつれて大きくなる。

2. 一般に未風化の凝灰角礫岩は、 $N$ 値が50以上、弾性波速度  $V_p = 0.9 \sim 1.3 \text{ km/sec}$  の軟岩として分布し、地山にあっては数十mもの安定した崖面を呈することもあるが、一度乱すと強度低下が大きく、トラフィカビリティーを得ることが困難となることが多い。
3. 凝灰角礫岩は地山自体の含水比が  $w = 40 \sim 60\%$  と高く、掘削すると地下水が湧出することが多い。地下水が湧出した箇所付近は泥土状となり、崩壊に至る可能性が高い。また、掘削による応力解放が著しく、層理面に関係なく崩壊する可能性もある。

### 9. まとめ

- 1) 溝口凝灰角礫岩は、大山周辺に分布した更新世の火山砕屑岩・火山砕屑物で、地山自体の含水比が高く、練返すと粒子破碎が生じ、建設機械のトラフィカビリティーを得ることが困難となりやすい土、いわゆる特殊土に相当する。
- 2) 凝灰角礫岩のコンシステンシーは、塑性指数  $I_p = NP \sim 60$  の広い範囲にばらつき、礫質土～砂質土に分類されるグループは塑性指数が低い、粘性土に分類されるグループでは液性限界および塑性指数とも大きくなる。凝灰角礫岩はロームや軽石に比べて相対的に土工上の問題は少ないが、粒子の細粒化による細粒分の増加や含水比の上昇などの施工条件が悪化するとトラフィカビリティーを得ることが困難となる可能性がある。
- 3) 最大乾燥密度と最適含水比の関係は、モールド径や締固めエネルギーが変化しても良い相関を示す。細粒分の増加と自然含水比の上昇とともに、最大乾燥密度は減少し、最適含水比は増大する。
- 4) 圧密非排水 ( $\bar{C}U$ )・圧密排水 ( $CD$ ) 条件下における内部摩擦角  $\phi'$ 、 $\phi_u$  は、ほぼ  $35^\circ$  と同様な値が得られる。粘着力  $c'$ 、 $c_u$  は、 $10 \text{ kN/m}^2$  に集中することが多い。非圧密・非排水 ( $UU$ ) 条件下の内部摩擦角  $\phi_u$  は  $25^\circ$  および粘着力  $c_u$  は  $60 \text{ kN/m}^2$  以下の範囲でばらついている。なお、乱さない試料の粘着力は乱した場合に比べて大きい。
- 5)  $CBR$  値は、凝灰岩に比べて凝灰角礫岩の方が相対的に高い値を示すことが多い。凝灰岩は含水比の増加や風化の進行によって脆弱化する可能性があるため、路床土として使用する場合は改良する必要も生じる。
- 6) 圧密特性は岩相の違いより、乱さない土と乱した土で圧密定数が異なり、その差は  $5 \sim 10$  倍程度を示す。乱した試料の  $c_v$  は圧密応力が増加しても一定とみなすことが可能であるが、乱さない試料の  $c_v$  は圧密圧力の増加とともに減少する。 $m_v$  は乱した試料と乱さない試料の両者とも圧密圧力の増加とともに同じような勾配で減少する傾向がある。

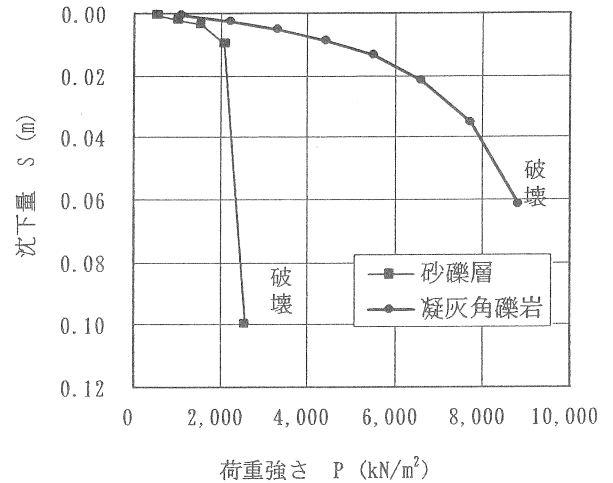


図-24 荷重強さと沈下量の関係

- 7) 安定処理した凝灰角礫岩の一軸圧縮強さは、固化材 A より生石灰の方が少ない添加量で強度を発揮することが可能である。それは養生期間が異なっても同じ傾向を示す。ただし、生石灰は養生効果による強度増加の明確な相関は認められない。安定処理土の一軸圧縮強さと粘着力の関係が、 $c_u = q_u/2$  の関係を示すかどうかはさらに検討する必要がある。
- 8) 原位置試験における凝灰角礫岩の変形係数は、式(10)に示すように  $N$  値と良い相関を示す。
- 9) 凝灰角礫岩は、同じ時代の砂礫層に比べて地盤の強度が大きい。

### 参考文献

- 1) 岩本志信・新任修・藤村尚：大山ロームならびに各種風化土の工学的性質、地盤と建設、Vol.6, No.1, pp.11-19, 1988.
- 2) 日本地学教育学会第49回全国大会実行委員会：野外研修案内書「大山テフラと蒜山原」、p.4, 1995.
- 3) 例えば、(財)土木研究センター：補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル 第2回改訂版、pp.52-56, 1999.
- 4) Moroto, N: Basic Properties of Loam Soils in Aomori Prefecture, Japan, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.33, No.2, pp.35-46, JSSMFE, 1993.
- 5) (社)日本道路協会：道路土工 一施工指針一, p.47, 1985.
- 6) 日本道路公団：設計要領 第二集橋梁建設編, p.4-12, 2000.
- 7) (社)日本道路協会：杭基礎設計便覧, p.144, 1998.