

砂質土地盤における試作現場せん断試験機の適用性

村上俊秀 (社会建設工学専攻)

鈴木素之 (社会建設工学科)

山本哲朗 (社会建設工学科)

葛城裕司 ((株) 岡本土木)

池溝友謙 (社会建設工学科)

An application of field shear test apparatus on sandy ground

Toshihide MURAKAMI (Graduate student, Department of civil engineering)

Motoyuki SUZUKI (Department of civil engineering)

Tetsuro YAMAMOTO (Department of civil engineering)

Yuji KATSURAGI (Okamotodoboku Co.,Ltd)

Tomonori IKEMIZO (Student, Department of civil engineering)

Natural slopes consisting of weathered granite rocks (Masado) have frequently failed during heavy rainfalls. In Yamaguchi prefecture, it is necessary to determine the strength of Masado using slope stability analysis. In order to obtain the in-situ strength parameters of undisturbed Masados, field shear tests using a field shear test apparatus were carried out at 9 sites in Yamaguchi and Hiroshima prefectures. The effect of the side friction and maximum grain size of the soils on the test results was investigated. Furthermore, constant volume shear tests were performed to remove the effect of the side friction.

Key words: Masado, Field shear test, Shear strength, Weathering, Box shear test, Skin friction, Dilatancy, Grain size, Constant pressure test, Constant volume test, Strength parameter

1. はじめに

山口県下では、豪雨時等を中心にして花崗岩からなる斜面の崩壊が多発しており、乱さないまさ土の強度特性を把握して斜面安定解析を実施することが大切である。しかし、まさ土は乱さない状態での試料採取が難しく、試料の性質のばらつきや不均一性などの問題もあり、原位置のせん断強度を求めることは容易でない。このような現状から本研究では、砂質土地盤のせん断強度を乱さない状態で直接測定できる簡易現場せん断試験機¹⁾を試作した。本文では、これまでに実施した風化の度合いが異なるまさ土地山の現場せん断試験結果について考察するとともに、砂質土に対する本試験機の性能を強度定数に影響を及ぼす周面摩擦力・試料の最大粒径の観点から把握するとともに、定体積試験の適用性についても検討

した。

2. 乱さないまさ土の現場せん断強度特性

(1) 試験機および試験手順

本試験機の詳細は文献 1) を参照されたい。Photo.1 に簡易現場せん断試験機を示す。試験手順を簡単に述べると、①地山を平坦にした後、試料を供試体寸法よりも大きく切り出す。②切り出した試料から供試体を整形する。③試験機の設置場所を水平に整え、供試体周辺に豊浦砂を敷く。④供試体に下部せん断箱を設置し、試験機を順に組み立てる。⑤所定の垂直応力下で 30 分間圧密を行う。⑥上下部せん断箱の隙間を 1.0mm 開け、せん断速度 1.0mm/min でせん断変位 15.0mm まで定圧せん断する。

Table 1 Physical properties and test results of soil samples

| Sites | ρ_s (g/cm ³) | w _L (%) | w _P (%) | I _p | F _{clay} (%) | F _c (%) | D ₅₀ (mm) | D _{max} (mm) | Soil Classification | Country rock | ϕ_{af}^{*1} (°) | c _{af} ^{*2} (kPa) |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------------------------|--|
| A | 2.625 | NP | NP | NP | 5.6 | 16.9 | 0.550 | 9.8 | SM | Granitic | 30.7 | 27.1 |
| B | 2.617 | 31.7 | 27.0 | 4.7 | 3.0 | 11.5 | 1.010 | 10.9 | S-M | Granitic | 31.9 | 41.9 |
| C ^{*3} | 2.654 | NP | NP | NP | 4.8 | 20.5 | 0.255 | 7.8 | SM | Granodiorite | 13.5 | 23.0 |
| D | 2.639 | NP | NP | NP | 4.0 | 20.4 | 0.280 | 6.4 | SM | Granodiorite | 29.2 | 33.3 |
| E | 2.644 | NP | NP | NP | 4.0 | 17.4 | 0.280 | 9.9 | SM | Granodiorite | 29.7 | 44.1 |
| F ^{*3} | 2.614 | 39.5 | 31.7 | 7.8 | 7.5 | 26.8 | 0.330 | 9.6 | SM | Granitic | 29.2 | 45.4 |
| G | 2.663 | 39.3 | 34.7 | 4.6 | 7.0 | 92.2 | 0.015 | 3.7 | ML | Granodiorite | 11.2 | 71.7 |
| H-1 | 2.614 | 40.3 | 35.5 | 4.8 | 7.5 | 34.0 | 0.270 | 5.1 | SM | Granite | 23.8 | 61.7 |
| H-2 ^{*4} | 2.614 | 40.3 | 35.5 | 4.8 | 7.5 | 34.0 | 0.270 | 5.1 | SM | Granite | 15.7 | 13.9 |

*1 ϕ_{af} : Internal friction angle obtained from in-situ test *3 Submerged naturally (eg. Rainfall)
 *2 c_{af} : Cohesion obtained from in-situ test *4 Submerged artificially

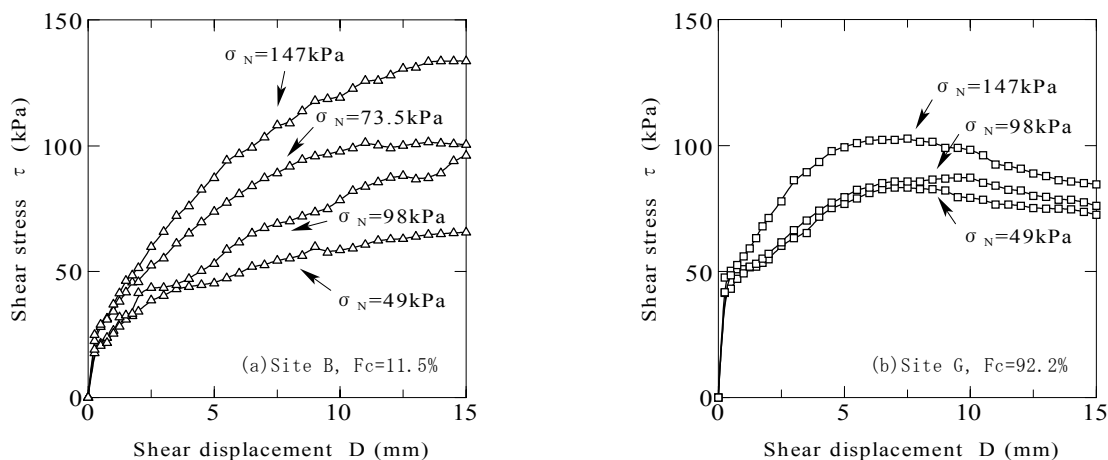


Fig. 1 Field shear behavior of intact sample

(2) 試験結果の一覧

Table 1 に現場せん断試験結果の一覧を示す。現場せん断試験は山口県内の7地点(地点A~E, H)および広島県内の2地点(地点F, G)の計9地点で実施した。各地点の物理的性質は試験実施箇所採取した試料から得たものである。また、現場せん断試験の結果の中には、降雨あるいは人為的に水浸させて実施したものがある。地点H-1, H-2は同地点でそれぞれ非水浸および水浸条件で試験を実施しており、水浸による強度低下がみられる。

(3) 乱さないまさ土のせん断挙動

Figs. 1 (a) および (b) にそれぞれ細粒分が比較的小さいもの(地点B, Fc=11.5%)と多いもの(地点G, Fc=92.2%)のせん断応力τとせん断変位Dの関係を示す。Fig. 1 (a)の場合、τがDの増加に伴い、単調増加しており、D=15mmでもτの最大値はみられない。Fig. 1 (b)の場合では、τはDの増加に伴い単調に増加し、D=7.5~9.5mmのあたりで最大値を示した後に減少している。



Photo. 1 Field shear test apparatus (1998)

(4) 乱さないまさ土の強度定数

Figs. 2 (a) および (b) にそれぞれ地点B (Fc=11.5%)と地点G (Fc=92.2%)のせん断強度τ_f~垂直応力σ_Nの関係を示す。τ_fとσ_Nの関係における実測値は一つの直線で近似できるが、見かけの粘着力が大きく得られている。この理由として、直接型せん断試験に特有のダイレイタンスに起因した周面摩擦力の影響²⁾が考えられるの

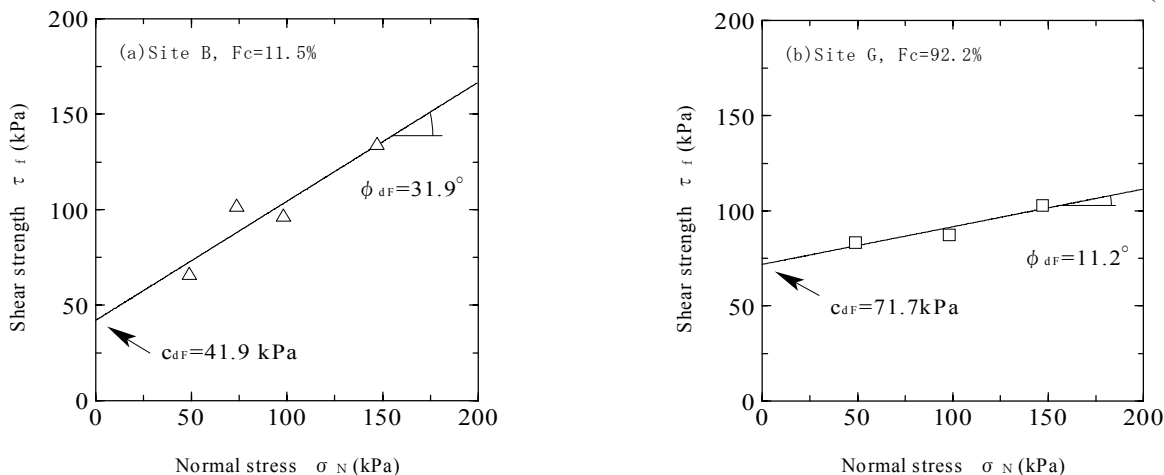


Fig. 2 Relationship between shear strength and normal stress

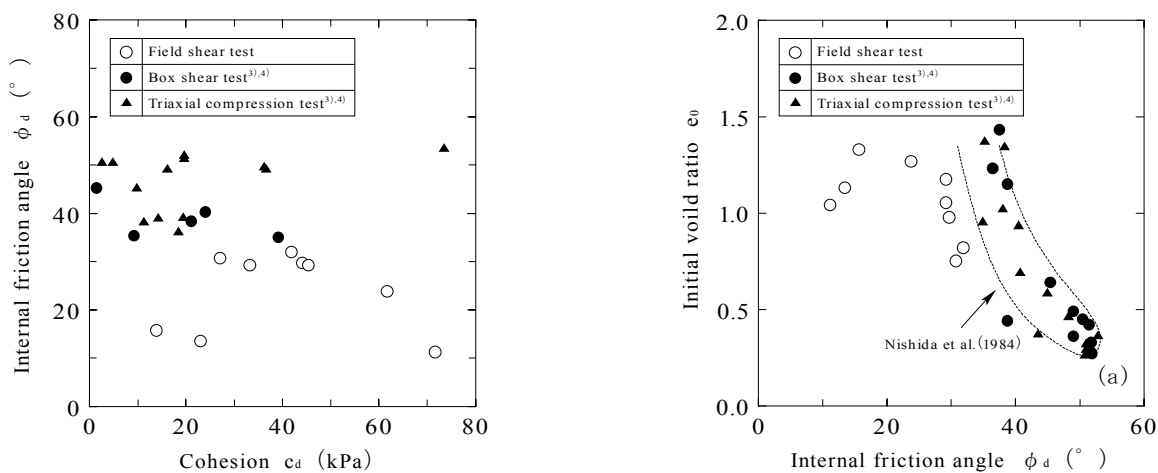


Fig. 3 Relationship between internal friction angle and cohesion

で、このことについて詳しく 3. (2) で述べる。

Fig. 3 は本研究に既往の研究結果^{3), 4)}を加えて乱さないまさ土の ϕ_d と c_d の関係を整理したものである。既往の研究結果から、一面せん断試験の場合には $\phi_d=35^\circ \sim 45^\circ$ 、 $c_d=1.0 \text{ kPa} \sim 39 \text{ kPa}$ 、三軸圧縮試験の場合には $\phi_d=36^\circ \sim 53^\circ$ 、 $c_d=1.5 \text{ kPa} \sim 73.5 \text{ kPa}$ が得られている。本研究からは、 $\phi_{dF}=11^\circ \sim 32^\circ$ 、 $c_{dF}=14 \text{ kPa} \sim 72 \text{ kPa}$ 程度が得られている。本試験は一面せん断試験や三軸圧縮試験と比べ、乱さないまさ土の内部摩擦角を小さく、粘着力を大きく与えているが、このことには供試体寸法やせん断機構など本試験機固有の因子が関係していると考えられる。

(5) 風化度と強度定数の関係

Figs. 4(a) および (b) にそれぞれ乱さないまさ土の初期間隙比 e_0 と強度定数 ϕ_d および c_d の関係を示す。図には西田らの研究結果³⁾を加えて整理している。西田らは初期間隙比を風化度の指標の一つとして取り上げ、初期間隙比の増加にしたがって内部摩擦角 ϕ_d は減少し、粘着力 c_d が増加するという結果を得ている。本研究において

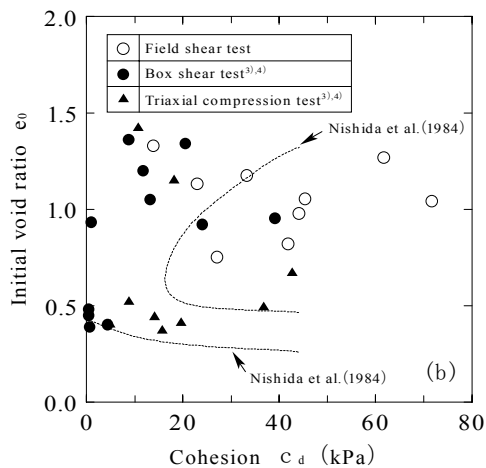


Fig. 4 Relationship between initial void ratio and strength parameter

も同様な整理をしたところ、西田らが示した図中のフィッティングラインの妥当性を支持する結果が得られた。一方、風化度の指標として細粒分含有率 F_c に着目して強度定数 ϕ_{dF} 、 c_{dF} の関係を整理したものが Figs. 5(a) および (b) である。 F_c が多くなるにしたがい Fig. 5(a) に示す ϕ_{dF} は小さく、Fig. 5(b) に示す c_{dF} は大きくなる傾向がある。

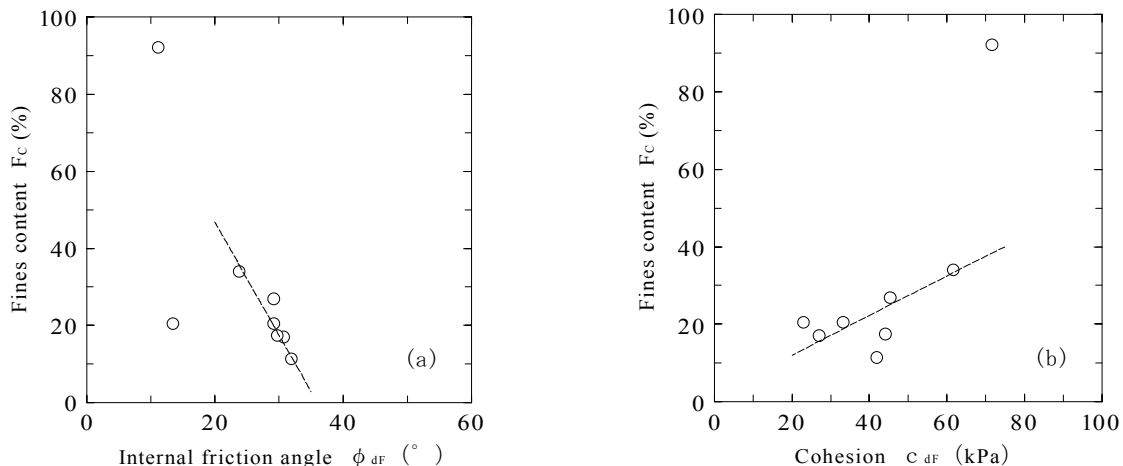


Fig. 5 Relationship between fines content and strength parameter

3. 簡易現場せん断試験機の性能検定

(1) 試験機および試験手順

Fig. 6 に模型地盤上に設置した本試験機を示す。模型地盤には加圧板側の反対側にロードセルを取りつけた反力板が埋め込まれており (Fig. 7 参照), 現場では測定不能な反力板側の垂直力を測定することができる。試験手順は以下のようなものである。①模型地盤を水平に設置し, せん断箱を設置する位置に撒き出し厚さ 3.0mm の豊浦砂を敷く。②下部せん断箱から順に試験機を組み立てる。③せん断箱に試料を締め固め法で詰める。④所定の垂直応力下で 30 分間圧密を行う。⑤上・下部せん断箱の隙間を 1.0 mm 開け, せん断速度 1.0 mm/min でせん断変位 15.0 mm までせん断する。

(2) 強度定数に及ぼす周面摩擦力の影響

周面摩擦力を考慮してせん断面に実際に作用する垂直応力を正確に把握するためには, 供試体がせん断箱に対して相対的な変位を生じさせない位置で垂直荷重を検出する必要がある。そこで, 反力板側に荷重計を埋めこんだ模型地盤を作製し, 豊浦標準砂 ($D_{max}=0.425$ mm, $D_{50}=0.183$ mm, $F_c=2.80$ %, $U_c=1.48$, $\rho_s=2.343$ g/cm³, $e_{max}=0.944$, $e_{min}=0.611$) に対して試験を行った。試験では実際の現場せん断試験を想定して, せん断中は加圧板側の垂直力を一定に保っている (簡易定圧試験)。供試体の初期相対密度 D_{r0} は 30% (初期間隙比 $e_0=0.84$) と 70% ($e_0=0.71$) の 2 通りとした。

供試体のダイレイタンスに伴う周面摩擦力の発生機構を Fig. 8 に模式的に示す。周面摩擦力は供試体が膨張する場合には鉛直下向きに, 収縮する場合には鉛直上向きに生じる。これより, 反力板側の垂直応力 $(\sigma_N)_{lower}$ は加圧板側の垂直応力 $(\sigma_N)_{upper}$ に比べ, 供試体が膨張する場合には大きく, 収縮する場合には小さく与えられる。また, 本試験機は二面せん断形式であるので, 上部

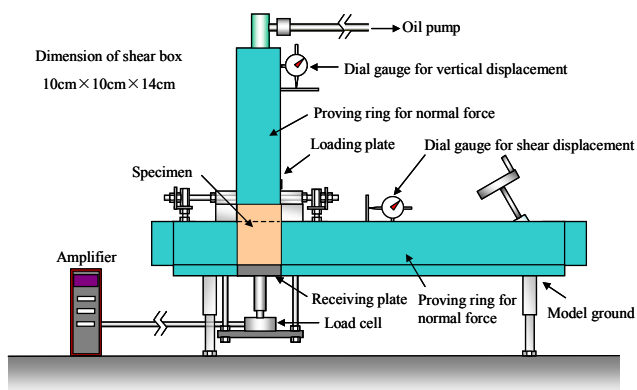


Fig. 6 Field shear test apparatus installed on a model ground (1998)

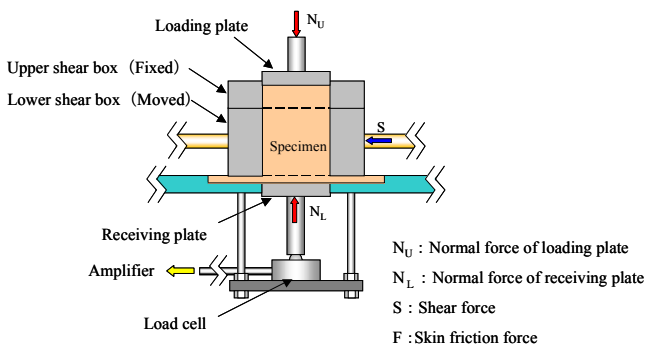


Fig. 7 Outline of shear boxes on model ground

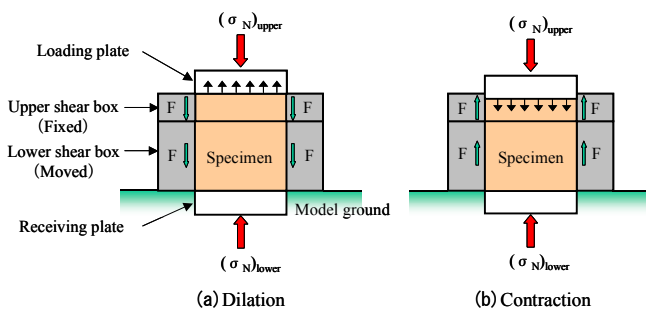


Fig. 8 Mechanism of skin friction force generated during dilatancy

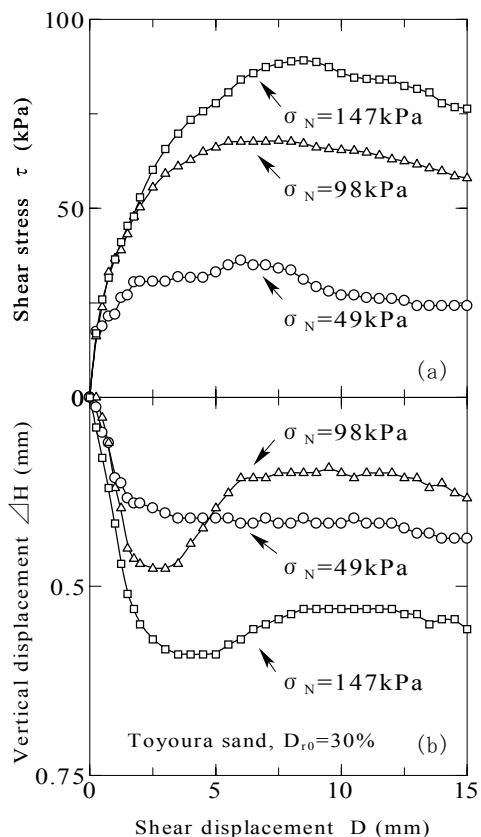


Fig. 9 Relationship between shear stress, vertical displacement and shear displacement for loose sand

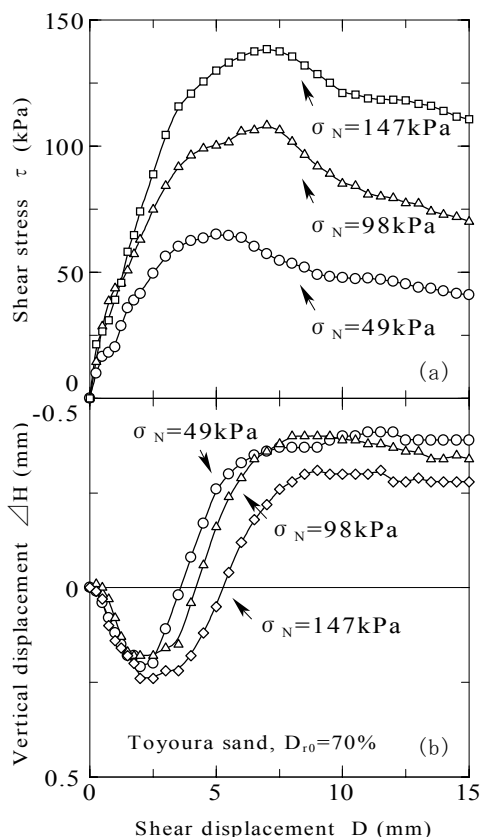


Fig. 10 Relationship between shear stress, vertical displacement and shear displacement for dense sand

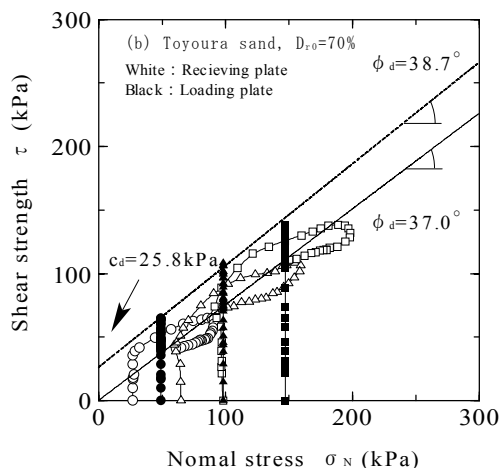
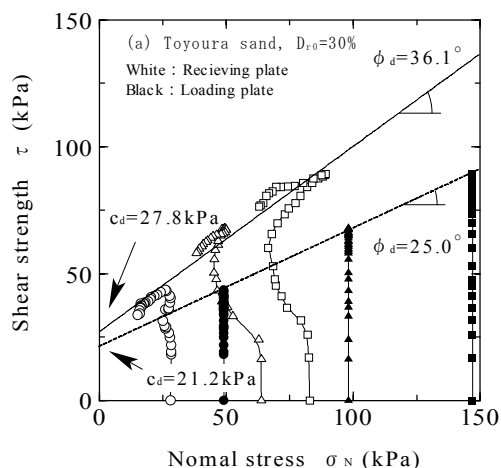


Fig. 11 Stress path obtained from constant pressure test

せん断面と下部せん断面におけるせん断面上の垂直応力は、厳密には異なっていることに注意されたい。

Figs. 9(a), (b)に緩い砂のせん断応力 τ ~ 垂直変位 ΔH ~ せん断変位 D 関係を示す。せん断応力は単調に増加して最大値を示した後、若干減少している。また、垂直変位はせん断過程を通じて収縮側に変化している。Figs. 10(a), (b)に密な砂の τ ~ ΔH ~ D 関係を示す。緩い砂の場合とは異なり、せん断応力は最大値を示した後、

著しく減少している。また、垂直変位はせん断初期に収縮側に変化しているが、 $D=3\sim 5$ mm程度で膨張側への変化に転じている。本試験機においても緩い砂、密な砂の典型的な挙動が得られる。Figs. 11(a)および(b)にそれぞれ緩い砂および密な砂の簡易定圧試験における応力経路を加圧板側と反力板側の垂直応力の両方について示す。ここに、図中の $(\sigma_N)_{upper}$ および $(\sigma_N)_{lower}$ はそれぞれ加圧板側および反力板側の垂直応力である。両図ともせ

Table 2 Physical properties of soil samples

| Sites | ρ_s (g/cm ³) | w _L (%) | w _p (%) | I _p | F _{clay} (%) | F _c (%) | U _c | U _c ' | D ₅₀ (mm) | D _{max} (mm) | Soil Classification | Country rock |
|---------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|----------------|------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| Obayama A | 2.595 | NP | NP | NP | 3.0 | 13.96 | 14.33 | 1.86 | 0.64 | 12.4 | S-M | Granitic |
| | 2.573 | NP | NP | NP | 4.9 | 16.61 | 30.80 | 2.99 | 0.53 | 4.75 | SM | |
| | 2.576 | NP | NP | NP | 4.8 | 20.15 | 40.00 | 4.01 | 0.45 | 2.00 | SM | |
| | 2.569 | NP | NP | NP | 6.8 | 25.08 | 44.44 | 4.00 | 0.31 | 0.85 | SM | |
| Obayama B | 2.607 | NP | NP | NP | 2.8 | 8.02 | 15.83 | 1.69 | 1.30 | 15.0 | S-M | Granitic |
| | 2.601 | NP | NP | NP | 4.0 | 14.03 | 21.43 | 2.38 | 0.86 | 4.75 | SM | |
| | 2.613 | NP | NP | NP | 4.0 | 19.89 | 17.69 | 0.95 | 0.50 | 2.00 | SM | |
| | 2.596 | NP | NP | NP | 8.1 | 25.17 | 52.86 | 0.05 | 0.27 | 0.85 | SM | |
| Esakibarajyou | 2.604 | NP | NP | NP | 5.5 | 18.19 | 7.23 | 0.36 | 0.96 | 13.0 | SM | Granitic |
| | 2.601 | NP | NP | NP | 4.1 | 19.35 | 55.56 | 2.69 | 0.66 | 4.75 | SM | |
| | 2.604 | NP | NP | NP | 6.0 | 26.13 | 52.73 | 1.90 | 0.38 | 2.00 | SM | |
| | 2.597 | NP | NP | NP | 9.0 | 36.20 | 45.64 | 2.27 | 0.17 | 0.85 | SM | |

せん断開始時に $(\sigma_N)_{lower}$ が $(\sigma_N)_{upper}$ よりも小さいのは圧密時とせん断箱の隙間設定時に生じた周面摩擦力に起因したものである。Fig. 11(a)の緩い砂の場合、 $(\sigma_N)_{upper}$ で整理すると、内部摩擦角 $\phi_d=25.0^\circ$ および粘着力 $c_d=21.2\text{kPa}$ 、 $(\sigma_N)_{lower}$ で整理すると、 $\phi_d=36.1^\circ$ および $c_d=27.8\text{kPa}$ となる。Fig. 11(b)の密な砂の場合、 $(\sigma_N)_{upper}$ で整理すると、 $\phi_d=38.7^\circ$ および $c_d=25.8\text{kPa}$ 、 $(\sigma_N)_{lower}$ で整理すると、 $\phi_d=37.0^\circ$ および $c_d=0.0\text{kPa}$ となる。せん断の進行とともに、緩い砂の場合には負のダイレイタンスーを示すために、 $(\sigma_N)_{lower}$ は減少し、密な砂の場合には正のダイレイタンスーを示すために、 $(\sigma_N)_{lower}$ は増加する。その結果として、加圧板側の垂直応力で求めた強度定数は、反力板側の垂直応力から得られる値よりも、緩い砂の場合は、 ϕ_d, c_d ともに小さくなる。一方、密な砂の場合には ϕ_d, c_d ともに大きくなる。本試験機は二面せん断形式であるので、ダイレイタンスーもその分大きく、現場せん断試験で得られた強度定数は周面摩擦力の影響を多分に含まれていることを念頭に入れる必要がある。

(3) 許容粒径の検証

強度定数に及ぼす影響因子には、先の周面摩擦力の影響の他に、粒径の影響が考えられる。本試験機のように供試体が剛なせん断箱と加圧板、反力板で囲まれているため、供試体の変形に及ぼす拘束の度合いが強く、粗粒材を試料として用いればせん断強さが過大に評価される可能性がある。

Table 2およびFigs. 12(a)~(c)にそれぞれ用いた試料の物理的性質と粒径加積曲線を示す。各試料の最大粒径を0.85, 2.00, 4.75mmおよび原粒度の4種類にふるい分けした自然乾燥砂を対象に供試体密度を $D_{10}=30\%$ 、 70% の2通りとして簡易定圧試験を行った。Figs. 13(a), (b)

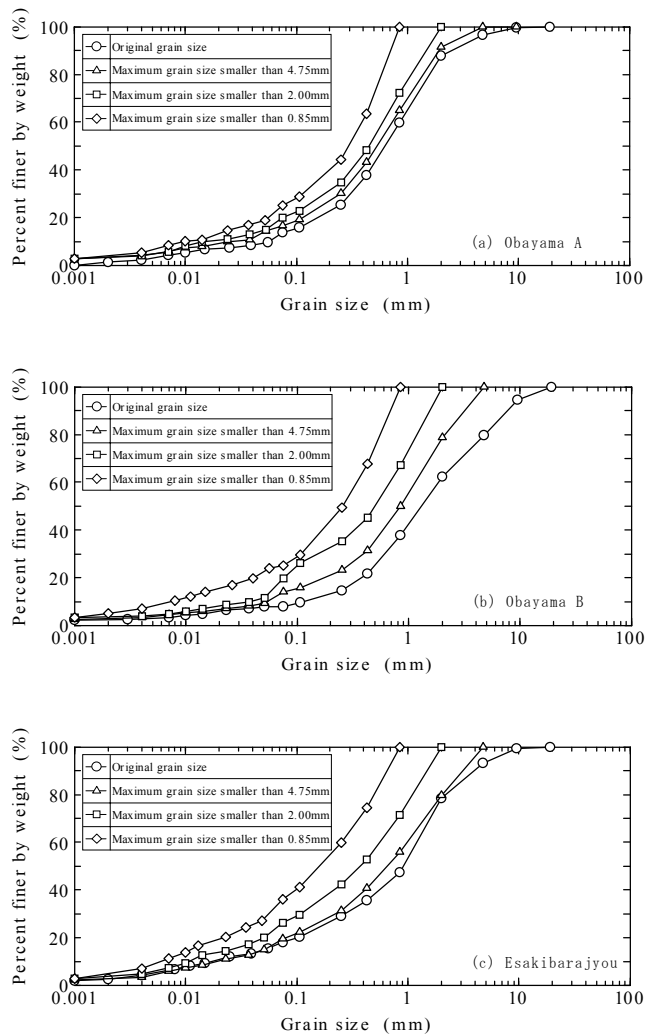


Fig. 12 Grain size distribution curves of soil samples

にそれぞれ緩い砂、密な砂の内部摩擦角 ϕ_d と最大粒径 D_{max} の関係を示す。ここで用いられている ϕ_d は $(\sigma_N)_{lower}$ で整理した値(せん断面上の垂直応力)であ

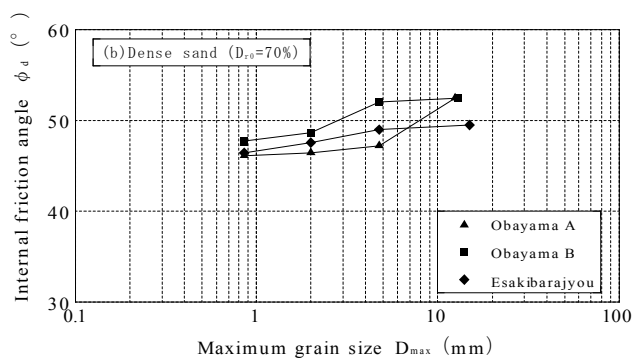
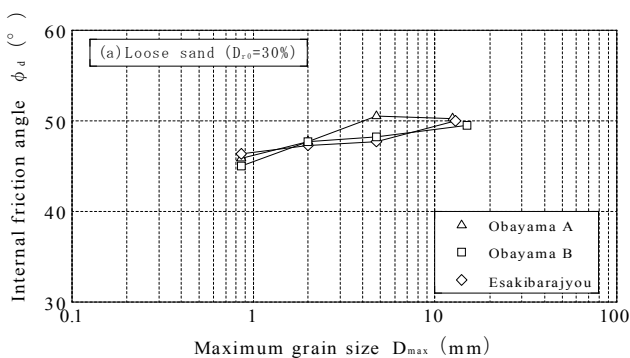


Fig. 13 Relationship between internal friction angle and maximum grain size



Photo. 2 Reversal box shear test apparatus
(After Nakamori et al. 1996)

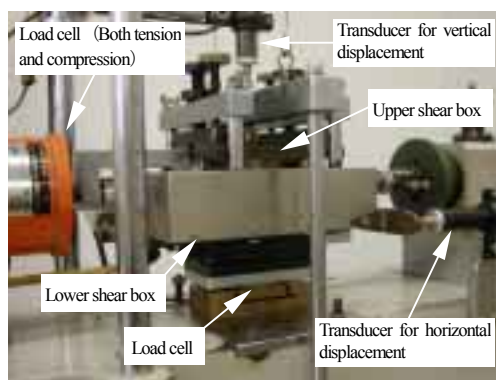


Photo. 3 Outline of shear box

る。両図とも最大粒径が大きい試料ほどφ_dは大きい傾向にある。Fig. 13(b)の小羽山 A の場合のみ、原粒度の試料において過大なφ_dが得られている。緩い砂、密な砂ともに4.75mm以下の最大粒径によるφ_dの顕著な差はみられず、本試験機においては粒径の影響は小さいものと考えられる。

(4) 一面せん断試験結果との比較

本試験機の現場せん断試験としての妥当性を検証するために、直径6cm、高さ2cmの供試体に対して一面せん断試験を実施した。今回使用した一面せん断試験機は、本来繰返し一面せん断試験⁹⁾として用いられており、新たに反力板側にロードセルを設置することにより簡易定圧試験を可能とした。Photo. 2 および Photo. 3 にそれぞれ繰返し一面せん断試験機とせん断箱の概要を示す。試料には Table 2 で示した最大粒径 D_{max}=0.85mm 以下の試料を用い、締固め法により詰めた。試験条件は、所定の垂直応力下で30分間圧密させ、上・下部せん断箱の隙間を1.0mm程度開けたのち、せん断速度0.20mm/minでせん断変位7.0mmまでせん断させた。

Fig. 14 は簡易定圧試験により本試験機および一面せん断試験機から得られたφ_dとの比較を示している。本試験機から得られたφ_dは一面せん断試験から得られたφ_dの

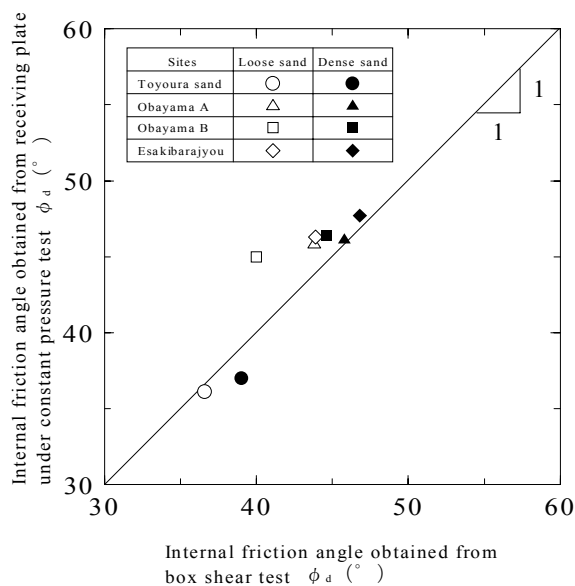


Fig. 14 Comparison of internal friction angle obtained from field shear test and box shear test

値とよく対応しており、供試体寸法、せん断速度およびせん断機構が異なる試験であることを考慮すると、概ね妥当な結果が得られている。

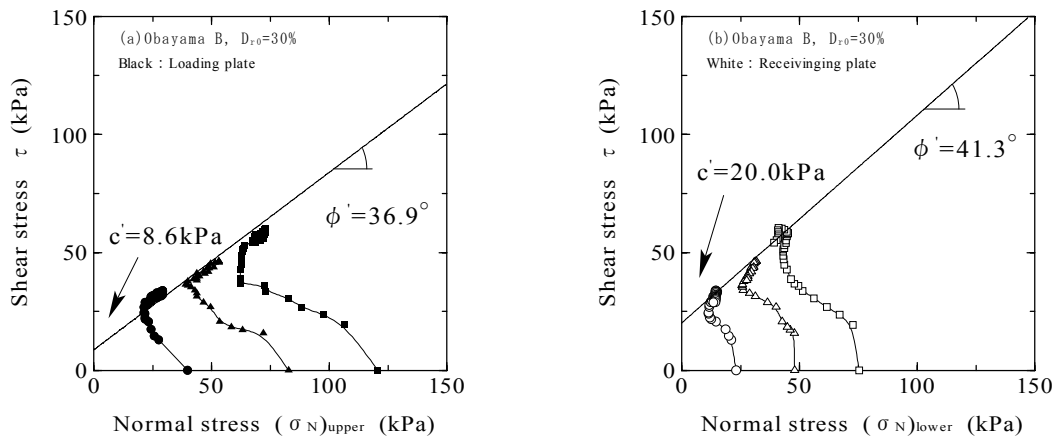


Fig. 15 Stress path under constant volume test on loose sand

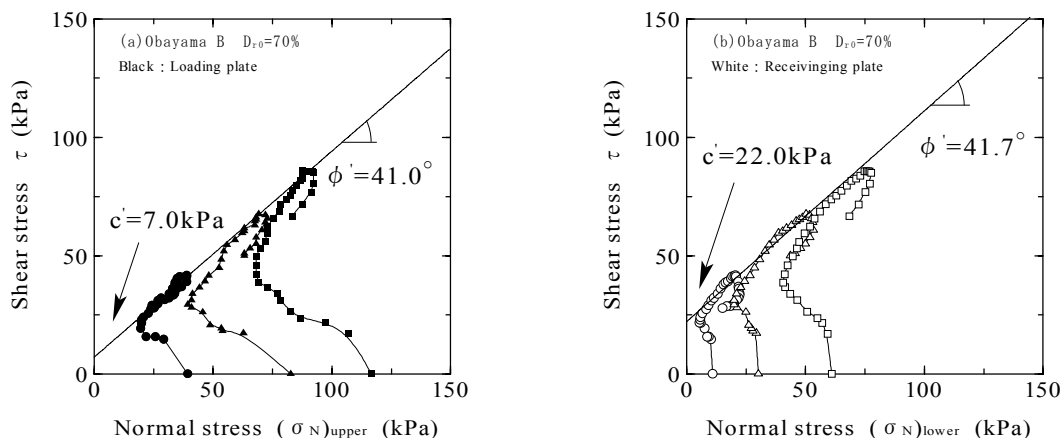


Fig. 16 Stress path under constant volume test on dense sand

4. 簡易現場せん断試験機による定体積試験の適用性

(1) 試験手順および試験方法

3. (2) でも述べたように、砂質土では供試体とせん断箱との周面摩擦力が大きいため、本試験機を用いて定圧試験を行う場合には、反力板側の垂直応力で整理されることが望ましい。しかし、現場せん断試験では地山と供試体底面との間でせん断するため、反力板側の垂直応力を測定することは不可能である。このような理由からせん断時に周面摩擦力を生じさせず、加圧板側の垂直応力で整理できる定体積試験について検討した。

試験手順および試験方法は定圧試験の試験条件と同様であるが、せん断過程において体積を一定にするために、垂直変位の変動幅が±0.01mm 以下になるように油圧ポンプで制御している。試料には豊浦標準砂および Table 2 で示した最大粒径 $D_{max}=0.85\text{mm}$ 以下の試料を用いた。

(2) 試験結果と考察

定体積試験結果の一例として、小羽山 B による試験結果を Fig. 15 および Fig. 16 に示す。それぞれ緩い砂および密な砂の定体積試験における応力径路を加圧板側と反

力板側の垂直応力の両方について示す。Fig. 15 の緩い砂の場合、 $(\sigma_N)_{upper}$ で整理すると、内部摩擦角 $\phi' = 36.9^\circ$ および粘着力 $c' = 8.6 \text{ kPa}$ 、 $(\sigma_N)_{lower}$ で整理すると、 $\phi' = 41.3^\circ$ および $c' = 20.0 \text{ kPa}$ となる。Fig. 16 の密な砂の場合、 $(\sigma_N)_{upper}$ で整理すると、 $\phi' = 41.0^\circ$ および $c' = 7.0 \text{ kPa}$ 、 $(\sigma_N)_{lower}$ で整理すると、 $\phi' = 41.7^\circ$ および $c' = 22.0 \text{ kPa}$ となる。両図ともせん断開始時に $(\sigma_N)_{lower}$ が $(\sigma_N)_{upper}$ よりも小さいのは圧密時とせん断箱の隙間設定時に生じた周面摩擦力に起因したものである。圧密応力の低減は緩い砂で 38%、密な砂では 48% 程度である。 $(\sigma_N)_{upper}$ で整理した内部摩擦角は $(\sigma_N)_{lower}$ で整理したものよりも $1^\circ \sim 4^\circ$ 程度小さくなっている。

定体積試験から求まる ϕ' は定圧試験の ϕ_d の代用となることを考慮し、Fig. 17 は定体積試験において $(\sigma_N)_{lower}$ で整理した ϕ' と簡易定圧試験において $(\sigma_N)_{lower}$ で整理した ϕ_d との比較を示している。せん断面上の垂直応力で整理しているため、定体積試験の $(\sigma_N)_{lower}$ で整理した ϕ' と簡易定圧試験の $(\sigma_N)_{lower}$ で整理した ϕ_d は概ね一致している。

Fig. 18 には定体積試験における $(\sigma_N)_{upper}$ と $(\sigma_N)_{lower}$ で整理した ϕ' との比較を示している。 $(\sigma_N)_{upper}$ で整理

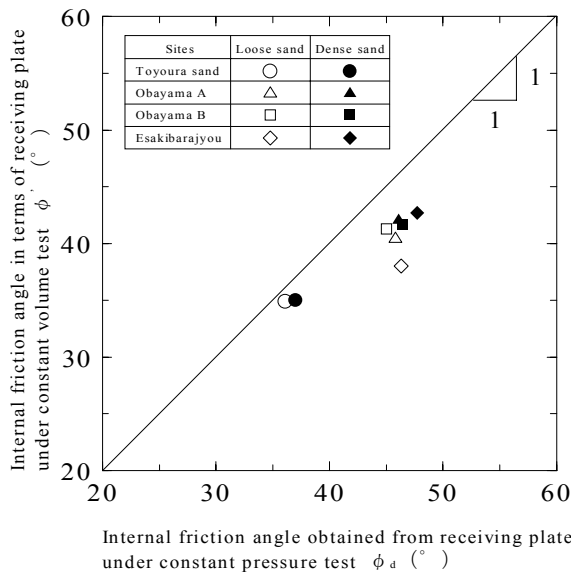


Fig. 17 Comparisons between internal friction angle in terms of receiving plate under constant volume test and internal friction angle in terms of receiving plate under constant pressure test

した ϕ' は $(\sigma_N)_{lower}$ で整理された ϕ' と $1^\circ \sim 6^\circ$ 程度の差がある。このように、直接型せん断試験における定体積試験では圧密時に供試体の1次元圧縮に伴う周面摩擦力によりせん断面上の圧密応力が低減するため、せん断時にもその影響が残したまま評価される。しかし、この程度の内部摩擦角の差は現場におけるその他の要因による誤差を考慮すれば許容できる範囲と考える。現状では、 ϕ_d と関連づけた ϕ' を決定できる現場定体積試験の有用性は十分あるものと考えられる。

5. 結論

本研究で得られた結論は以下のとおりである。

- (1) 本現場せん断試験においても乱さないまさ土から得られた強度定数は、内部摩擦角は初期間隙比および細粒分含有率の増加に伴って小さく、粘着力は初期間隙比の増加に伴い大きくなる傾向を示している。
- (2) 本現場せん断試験機における試料の最大粒径が内部摩擦角に及ぼす影響は大きくない。最大粒径 $D_{max}=4.75\text{mm}$ 以下の試料では、緩い砂と密な砂ともに強度定数はほぼ一定であるので、砂質土地盤における適用性は十分にある。
- (3) 本現場せん断試験機において周面摩擦力を考慮すれば、簡易定圧試験より得られた ϕ_d は一面せん断試験から得られた ϕ_d の値と概ね対応しており、強度試験としての妥当性を有している。
- (4) 定体積試験の反力板側での垂直応力で整理した ϕ' と簡易定圧試験の反力板側での垂直応力で整理した ϕ_d は概ね一致している。

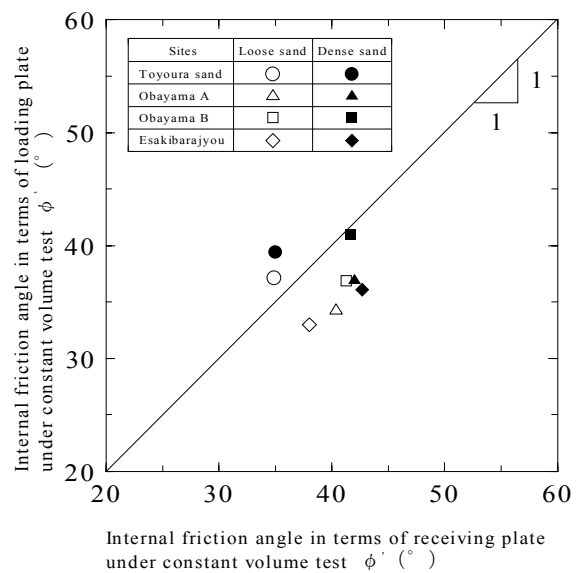


Fig. 18 Comparisons between internal friction angle in terms of loading plate under constant volume test and internal friction angle in terms of receiving plate under constant volume test

- (5) 定体積試験結果において加圧板側と反力板側のどちらの垂直応力で整理しても ϕ' は $1^\circ \sim 6^\circ$ 程度の差であり、実際には加圧板側の垂直応力で整理する現場定体積試験としての有用性は十分ある。

謝辞

現場せん断試験機の製作でお世話頂いた(有)中原鉄工所 中原 信氏、繰返し一面せん断試験機は(株)復建調査設計所 有のものをお借りした。試験の実施でご助力を頂いた当研究室卒業生の兵頭英樹氏(現(株)大林組)および当研究室学生諸氏に深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 山本哲朗, 鈴木素之, 村上俊秀, 三浦壹章, 芋岡敏彦: 試作現場せん断試験機による斜面土のせん断強度測定, 地盤と建設, Vol.17, No.1, pp.27~33, 1999.
- 2) 村上俊秀, 山本哲朗, 鈴木素之, 三浦壹章, 芋岡敏彦: 試作現場せん断試験機の性能検定—周面摩擦の影響—, 土木学会第55年次学術講演会, III-A31, 2000.
- 3) 西田一彦, 青山千彰: 物理強度特性からみた乱さないまさ土の分類, 土木学会論文集, No.352/III-2, pp.159~168, 1984.
- 4) 地盤工学会編: 風化花崗岩とまさ土の工学的性質とその応用, 土質基礎工学ライブラリー16, 地盤工学会, pp.40, 1993.
- 5) 中森克己: 第三紀層地すべり粘土のせん断強度特性および地すべり機構に関する実証的研究, 大阪市立大学学位請求論文, 1996.

(平成12年12月27日受理)