

細粒分を含む地盤の簡易な強度定数推定法に関する研究

A Study on Simplified Estimation Method of Shear Strength Parameters of Soils Consist Fine Fraction

加納 誠二	Seiji KANO	(広島大学大学院)
土田 孝	Takashi TSUCHIDA	(広島大学大学院)
川口 将季	Masaki KAWAGUCHI	(広島大学大学院)
小村 尚史	Takafumi OMURA	(広島大学大学院)

広島大学では簡易な地盤の強度定数推定法として、軽量動的コーン貫入試験機を用いた方法を提案している。既往の研究により高速道路盛土において、内部摩擦角については提案法の適用性が確かめられているが、粘着力については地盤条件によって異なる結果が得られている。

本研究では、粘着力に及ぼす細粒分含有率の影響について土石流危険渓流における現場試験と不飽和三軸圧縮試験、室内での模型試験及び一面せん断試験より検討し、その結果をもとに強度定数推定法の補正法について提案した。提案した補正法を適用した結果、補正前よりもある程度実験値に近い値とすることができた。

キーワード：細粒分含有率，粘着力，現場調査，

(IGC : C06, C08, D06)

1. はじめに

日本の国土の大部分は山地からなっているため、土砂災害危険箇所が数多く存在している。平成14年現在、広島県内には約32000箇所にも及ぶ土砂災害危険箇所が存在している。広島県内の傾斜地を含む地盤は、主にまさ土と呼ばれる花崗岩質岩石の風化物でできており、このまさ土は風化の程度によって岩石に近いものからシルト、粘土などの細粒土まで含む特殊土である¹⁾。また降雨の浸透により強度が低下するため、雨が多い時期には例年のように土砂災害が発生している。しかし、通常土砂災害危険箇所は地形条件等から評価されているが地盤条件は考慮されていない。全ての土砂災害危険箇所の対策を施すには時間的・金銭的に問題があるため、雨量情報と地盤データを組み合わせた評価を行い、効率的に対策が必要な箇所を絞り込む必要がある。

そこで、広島大学では地盤の強度定数の簡易な推定法として、軽量動的コーン貫入試験機を用いた方法を提案している²⁾。この推定法は、軽量動的コーン貫入試験より得られる貫入抵抗値から強度定数である内部摩擦角と粘着力を推定するものである。既往の研究により高速道路盛土において、提案されている強度定数推定法の適用性が検討され、その結果、内部摩擦角については適用性が確かめられているが、粘着力についてはケースによって異なる結果が得られている³⁾。

本研究では、細粒分含有率と軽量動的コーン貫入試験から推定される粘着力の関係を検討し、強度定数推定法の補正法を提案することを目的とする。

2. 室内試験

細粒分含有率と強度定数の関係を明らかにするため模型試験を行った。

2.1 土層模型の作成

土層模型の作成に用いた試料には、広島大学構内がら山より採取したまさ土を用いた。土層を作成する際には、採取したまさ土を炉乾燥を避けて自然乾燥させ、2mmのふるいを通過したものを使用した。自然乾燥させたまさ土はいくらかの水分を持つので、自然乾燥状態の試料の含水比を測定し間隙比、飽和度の調整した。設定した含水比になるように質量を量った自然乾燥試料と蒸留水を水分量が一樣になるまでよく混ぜる。水分量が一樣になったら設定した間隙比、飽和度になるように図-1に示した直径29cm、高さ20cmのアクリルカラムに試料を入れ、図-2のように締固め用円盤を用いて静的に締固めを行う。試料を入れる際には均質に入るようスコップを用いて入れ、締固めを行う前に水平にならした。層と層との噛み合わせをよくするために、次の層を締固める前に締固めた表面にカッターの刃で深さ1mm程度の傷をつけた。締固めを行う際の各層の高さは5cmになるように試料を量り入れていき、カラムを2つ積み重ね合計高さ40cmの土層を作成した。

細粒分を混ぜた土層を作成する場合は、各層に必要な試料を量り取った際に細粒分が均質に混ざり合うように十分に攪拌させた。細粒分には75 μ mのふるいを通過したまさ土を用いた。土層は表-1に示すように、細粒分含有率を変えて4パターンを作成した。

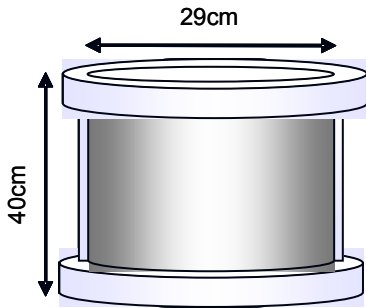


図 - 1 アクリルカラムの寸法



図 - 2 土層作成状況

既往の研究により、広島大学現地観測傾斜のあるがら山における不攪乱まき土の表層50~80cmにおける間隙比が $e=0.7\sim 1.1^2)$ 、であったことから表-1に示すように間隙比は0.9とした。

表 - 1 土層パターン(設定値)

	細粒分含有率 F_c (%)	飽和度 S_r (%)	間隙比 e
Case1	0	40	0.9
Case2	5	40	0.9
Case3	10	40	0.9
Case4	15	40	0.9

2.2 軽量動的コーン貫入試験

軽量動的コーン貫入試験機とは地盤の締め固め状況の確認や浅い地盤の層構造調査を行うコーン貫入試験機である。図-3に本研究で使用した軽量動的コーン貫入試験機を示す。

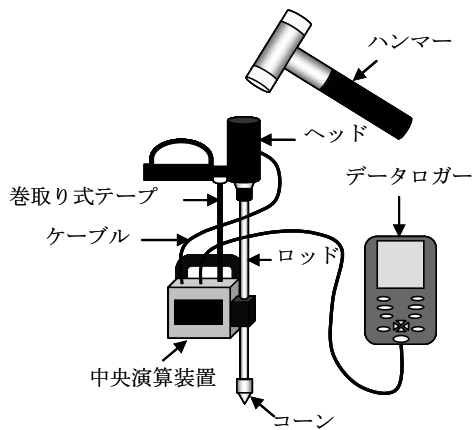


図 - 3 軽量動的コーン貫入試験機

また、試験の特徴として以下のことが挙げられる。

- ①ハンマーによる打撃で貫入抵抗と貫入深度をデータロガーに自動収録できる。
- ②器材総重量20kgと小型軽量であることから斜面や狭い作業現場での調査に適している。
- ③軽量動的コーン貫入試験は使用に慣れていない作業員でも一人で安全に作業を行うことができる。
- ④標準貫入試験と異なり、深度方向に連続的なデータが取れる。

作成した土層において軽量動的コーン貫入試験を行った。貫入試験は土層の中心部で一面せん断試験に用いる試料をサンプリングするため中心を避けて1回の模型実験につき3点行った。一面せん断試験の詳細は2.3で説明する。

2.2.1 貫入抵抗値を用いた強度定数の推定

上載圧の影響を排除するため下式²⁾を用いて軽量動的コーン貫入試験より得た貫入抵抗値 q_d に上載圧補正を行い、 q_{d5} を得た。

$$q_{d5} = q_d - \frac{d - 0.3}{10} \quad (\because d: \text{深度}) \quad (1)$$

上載圧補正を行った貫入抵抗値を用いて、室内試験より得た飽和度 S_r の時の強度定数を以下の式より推定した。 q_{d5} より間隙比 e を推定する式は、

$$e = -0.084 \ln(q_{d5}) + (-0.074 S_r + 1.19) \quad (2)$$

推定した e より内部摩擦角 ϕ と粘着力 c を求める式は、

$$\phi = -19.151e + 52.075 \quad (3)$$

$$c = (0.0971 S_r - 22.324)e + (-0.2116 S_r + 33.722) \quad (4)$$

となる。

2.2.2 試験結果

貫入抵抗値と深度の関係、上記した手法により推定した間隙比および強度定数と深度の関係の一例としてCase1の結果を図-4、図-5に示す。

図-4の貫入抵抗値と深度の関係を見ると貫入抵抗値の最大値と最小値の差が 3kN/m^2 程度と小さな値となっているため締め固め具合に大きな差はないと考えられる。しかし、深度の低い地点(深度0.06m付近)において急激に大きな値を示しているものがある。この値が生じた要因としては境界面の存在が考えられる。土層は5cm×8層で作成しており、次の層を締め固める前に下の層の表面にカッターで傷をつけることで境界面の影響を最小限に抑えてはいるが、完全には排除しきれなかったことが原因として考えられる。

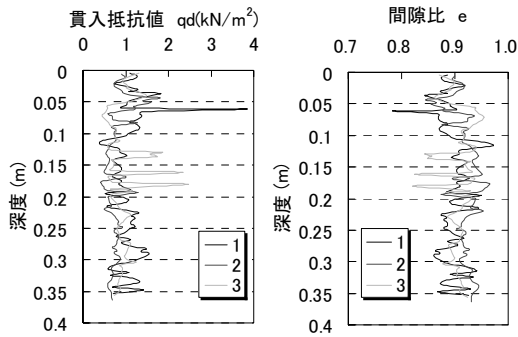


図 - 4 貫入抵抗値および推定した間隙比の一例

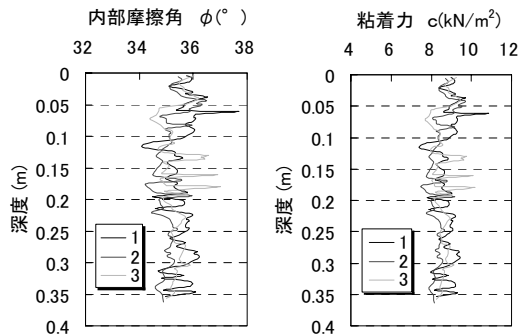


図 - 5 推定した内部摩擦角および粘着力の一例

表-2 に示した推定値は深度方向に平均値をとり、さらに1回の模型実験につき3回の軽量動的コーン貫入試験を行っているため3回の試験から得た値を平均したものである。2.3において説明する一面せん断試験より求める強度定数と比較を行うためにこのような手法をとっている。

表 - 2 平均推定強度定数

	細粒分含有率 F_c (%)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)
Case 1	1.64	35.2	8.4
Case 2	5.60	36.6	9.7
Case 3	11.18	36.3	9.4
Case 4	15.50	36.4	9.5

2.3 一面せん断試験

貫入抵抗値を用いた推定法より推定した強度定数と比較・検討し、強度定数推定法の適用性を検討するため一面せん断試験を行った。

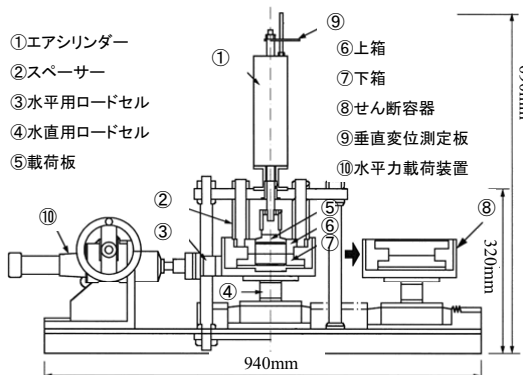


図 - 6 一面せん断試験機

本研究で使用した一面せん断試験機の概要を図-6に示す。この試験機では、垂直力はせん断容器下部に取り付けてあるロードセルで、水平力はせん断容器側面のロードセルでそれぞれ測定できる。また、垂直、水平変位はそれぞれ載荷板に連動して動くエアシリンダー上部の板、せん断容器側面に設置した変位計で計測した。

2.3.1 不攪乱試料の採取法

本試験では2章において説明した土層よりサンプリングした試料を用いて試験を行った。サンプリングにはカッターリングを使用し、10、20、30cmの深さで計3個の供試体採取した。

2.3.2 試験方法

試験は、地盤工学会により提案されている砂質土の土質試験法に従って行った。

①圧密過程

圧密開始から変位が十分落ち着くのを待ち、30分間垂直変位の記録をとった。

②せん断過程

せん断変位速度を0.25mm/minに設定し、せん断中は定圧条件を満たすために垂直力が一定になるように制御しながらせん断変位が供試体直径の15%になるまで行った。せん断中は垂直、水平変位と垂直、水平力を計測した。

供試体条件および試験条件をそれぞれ表-3、表-4に示す。供試体の条件は2.1で説明した土層と同じ条件になるため表-3に示すようになる。また、対象とする地盤が表層2~3mであるため表-4に示す低拘束圧とした。

表 - 3 供試体条件

間隙比 e	0.9
飽和度 S_r (%)	40

表 - 4 試験条件

拘束圧 (kN/m ²)	9.8	19.6	39.2
--------------------------	-----	------	------

2.3.4 一面せん断試験結果

表-5 物理特性

	Case 1			Case 2		
	細粒分含有率 F_c (%)	1.6			5.6	
垂直応力 σ_v (kN/m ²)	9.8	19.6	39.2	9.8	19.6	39.2
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.70					
含水比 ω_0 (%)	16.2	13.6	14.0	15.4	14.8	14.6
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.51	1.54	1.50	1.50	1.54	1.52
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.29	1.36	1.32	1.30	1.34	1.32
間隙比 e (圧密後)	0.87	0.80	0.72	0.90	0.78	0.72
飽和度 S_r (%)	42.2	39.0	37.6	40.2	41.6	39.8
	Case 3			Case 4		
細粒分含有率 F_c (%)	11.2			15.5		
垂直応力 σ_v (kN/m ²)	9.8	19.6	39.2	9.8	19.6	39.2
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.70					
含水比 ω_0 (%)	13.0	13.2	14.1	12.8	12.7	12.5
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.57	1.58	1.58	1.58	1.56	1.52
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.39	1.39	1.39	1.40	1.38	1.35
間隙比 e (圧密後)	0.85	0.82	0.75	0.82	0.84	0.87
飽和度 S_r (%)	39.2	39.9	42.3	39.5	37.8	35.4

表-5に各供試体の物理特性を示す。各パラメータは設定値と近い値を示しており大きな誤差は見られなかった。

Case3のせん断過程の試験結果を一例として図-7に示す。

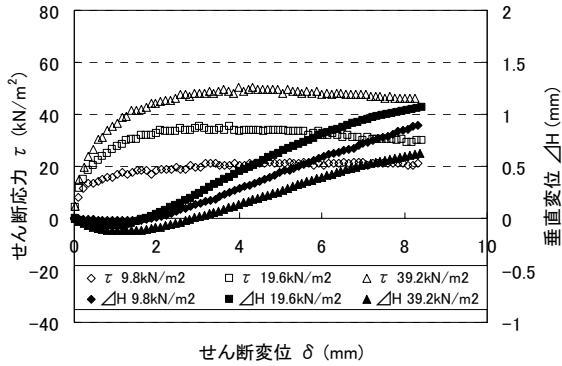


図-7 せん断変位-せん断応力, 垂直変位関係

各試験結果より破壊基準線を描き強度定数を求めた。Case3を一例として図-8に示す。また、軽量動的コーン貫入試験を行った土層において代表点からサンプリングした試料を用いているため、破壊基準線は単純に近似線で表すのではなく試料ごとの間隙比を考慮し描いた。

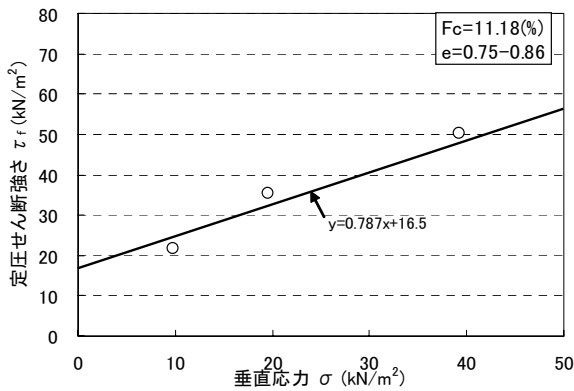


図-8 破壊基準線

各試験結果より描いた破壊基準線から求めた強度定数の値を表-6に示す。

表-6 細粒分含有率ごとの強度定数

	細粒分含有率 Fc (%)	内部摩擦角 φ (°)	粘着力 c (kN/m²)
Case 1	1.64	38.7	10.0
Case 2	5.60	38.2	15.0
Case 3	11.18	38.2	16.5
Case 4	15.50	39.4	16.8

2.4 試験結果の比較・考察

模型実験において行った軽量動的コーン貫入試験より得た貫入抵抗値より推定した強度定数と、軽量動的コーン貫入試験を行った土層よりサンプリングした試料を用いて行った一面せん断試験より得た強度定数の比較を行った。図-9に各細粒分含有率における内部摩擦角の比較結果を、図-10に各細粒分含有率における粘着力の比較結果を示す。

図-9を見ると、どの細粒分含有率においても推定値より一面せん断試験より求めた値のほうが大きな値を示している。また、その差は1~3°と小さかった。この結果より細粒分含有率の値にかかわらず、小村らの報告どおり推定式が内部摩擦角については適応性があるものと考えられる³⁾。図には一面せん断試験より求めた値、推定値のそれぞれに近似線を引いている。これを見ると、2本の近似線はほぼ平行になっていることが分かる。

図-10を見ると、内部摩擦角と同様に推定値よりも一面せん断試験より求めた値のほうが大きな値を示している。推定値には細粒分含有率の増加に伴う変化が見られないが、実験値は細粒分含有率が小さなきは増加量が大きく増加するにつれて増加量が小さくなっていることが読み取れる。

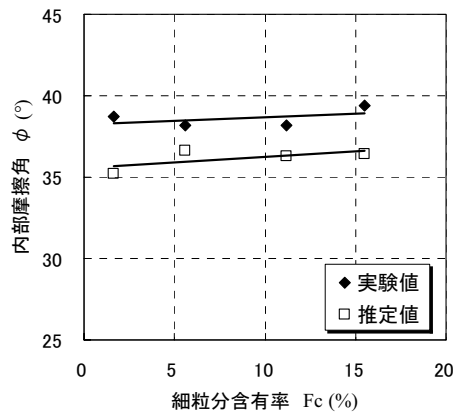


図-9 細粒分含有率-内部摩擦角関係

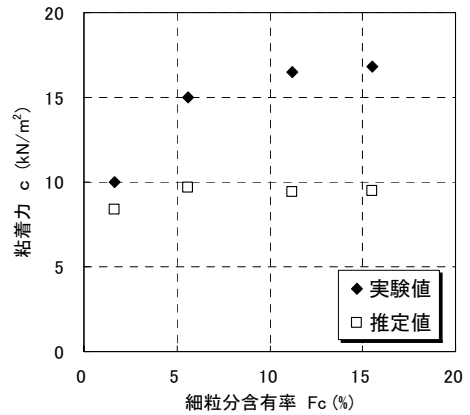


図-10 細粒分含有率-粘着力関係

3. 現場調査

実地盤の状況を調べ、室内試験結果と比較。検討をするため現場調査を行った。

3.1 試験場所の選定

風化の程度により地盤の細粒分含有率は異なるため試験場所として、ある程度離れた距離にある向原、三宅川、荒谷川、安浦の4箇所を選定し、現地踏査を行った。選定

した試験実施箇所を図-11に示す。

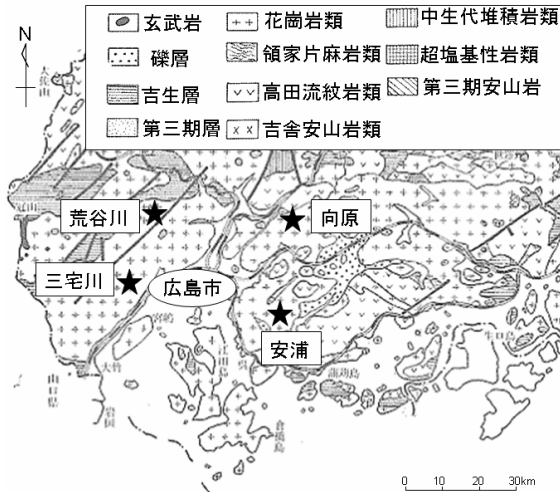


図 - 11 試験実施箇所⁴⁾

現地踏査を行う際には以下の点に注意した。

- ① 樹木の近くは木の根があり貫入試験を行うことが困難なため木の近くは避ける。
- ② 軽量動的コーン貫入試験は比較的弱い地盤を対象とした試験であるため、礫や岩の多い場所は避ける。

3.2 軽量動的コーン貫入試験

選定した試験地点で軽量動的コーン貫入試験を実施した。軽量動的コーン貫入試験機は模型試験で用いたものと同じものを使用した。

3.2.1 貫入試験結果

軽量動的コーン貫入試験結果を縦軸に深度、横軸に貫入抵抗値 q_d をとり各試験地点のグラフを作成した。そのグラフを図-12に示す。

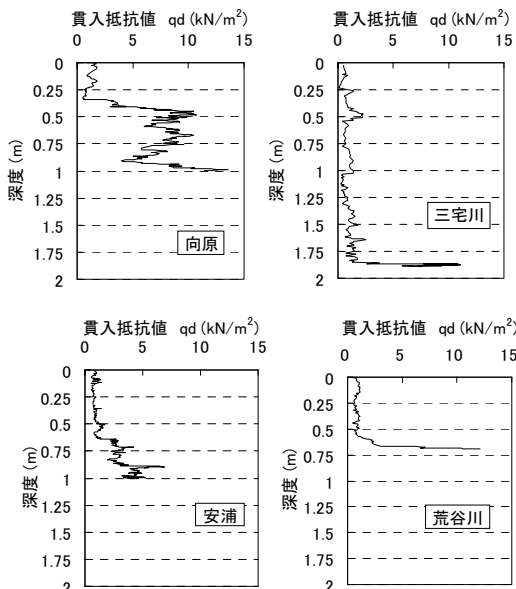


図 - 12 軽量動的コーン貫入試験結果

図を見ると、試験箇所によって貫入抵抗値の値と深度の関係は大きく異なっていることが分かる。このことより自然斜面は場所によって基盤までの深度が大きく異なっていると考えられる。

3.2.2 貫入抵抗値を用いた強度定数の推定結果

2.2.1と同様に貫入抵抗値から強度定数を推定した。各試験箇所の細粒分含有率と平均強度定数をまとめたものを表-7に示す。平均強度定数は2.2.1と同様の手法で求めている。

表-7 試験箇所ごとの平均推定強度定数

	細粒分含有率 F_c (%)	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)
向原	5.56	40.32	9.6
三宅川	3.94	33.79	8.1
荒谷川	9.55	33.59	8.4
安浦	18.13	36.30	8.5

3.3 不飽和三軸圧縮試験

本研究では不攪乱試料を用いて不飽和状態で試験を行った。これは、提案されている推定法より求めた強度定数と三軸圧縮試験よりもとめた強度定数を比較し、提案されている推定法の適用性を検討するためである。そこで、試験状況が等しくなるように、軽量動的コーン貫入試験を行った試験位置において同日に不攪乱試料を採取し、排気不飽和の三軸圧縮試験を行った。

今回の試験で使用した三軸圧縮試験機では、軸方向応力、軸方向変位、間隙水圧、拘束圧、体積変化を測定した。従来の試験機に加え、内セルを設置しその内側の水位変化を測定することで試料の体積変化を測定できるという点がこの実験装置の特徴として挙げられる。また、排水経路を通して供試体中の間隙空気が排気されないようにセラミックディスク付きペDESTALを使用した。なお、排水経路を開放することで間隙水圧計は大気圧に開放されるようになっている。ロードセルには容量5 kN/m²のものを、変位計は最大30.0mmまで計測できるものを使用し、間隙空気圧計は容量20kN/m²のものを使用した。体積変化は微量の体積変化にも対応できるように電圧式差圧計を用いて計測しており、その容量は0.1kN/m²となっている。

3.3.1 不攪乱試料の採取法

試料は軽量動的コーン貫入試験を行った各地点において採取した。採取法にはネイルサンプリング法を採用した。この手法は、試料を採取する前に微小な拘束圧を与えることで試料への影響を限りなく小さくできるという特徴がある。

試料を乱さないように土塊の状態を持ち帰りサンプリング用サミットモールドを用いて供試体を整形した。

表-8に室内試験とサンプリングにより得られた三軸圧縮試験に用いた試料の物理特性を示す。また、サンプリン

グによる間隙比の算出方として、三軸試験を行う前の供試体の寸法と質量を量り、試験後に供試体を炉乾燥させて乾燥質量を量ることで間隙比を求める手法を用いている。

表-8 試験箇所ごとの物理特性

試験箇所	向原	三宅川	荒谷川	安浦
含水比 ω (%)	25.5	11.2	13.6	21.2
飽和度 S_r (%)	65.3	30.8	26.8	47.2
間隙比 e	1.03	0.97	1.36	1.11
土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	2.68	2.68	2.68	2.68
湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	1.64	1.51	1.27	1.57
乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	1.32	1.36	1.14	1.28
最大密度 ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.24	1.58	1.54	1.20
最小密度 ρ_{dmin} (g/cm^3)	0.97	1.21	1.18	0.89
最大間隙比 e_{max}	1.76	1.22	1.26	1.90
最小間隙比 e_{min}	1.15	0.69	0.73	1.16
相対密度 D_r (%)	1.20	46.30	-17.00	106.20
60%粒径 D_{60} (mm)	0.95	0.97	0.85	0.56
50%粒径 D_{50} (mm)	0.78	0.78	0.62	0.43
30%粒径 D_{30} (mm)	0.49	0.48	0.32	0.16
10%粒径 D_{10} (mm)	0.14	0.18	0.076	0.003
均等係数 U_c	6.79	5.39	11.18	186.67
曲率係数 U_c'	1.81	1.32	1.59	15.24

3.3.2 不攪乱試料の不飽和三軸圧縮試験方法

不攪乱試料を設置するにあたり、砂質土は粘着力が小さく自立させることが難しい。そこで、本実験では凍結させた試料を設置することとした。

冷凍供試体を設置後、三軸セル室を組み立て12時間以上かけて解冻を行った。この際、解冻後も供試体が自立するように設置三軸セル室に低い拘束圧を与えている。

①圧密過程

実地盤に条件を近づけるため排水コックを閉じ非排水状態とし、間隙空気を排気状態として圧密を30分間行った。

②せん断過程

非排水条件下でせん断速度 0.15mm/min で行い、せん断変位が供試体高さの 15%に達した時点でせん断破壊を起こしたものとみなし、せん断を終了した。軽量動的コーン貫入試験が比較的軟弱な地盤を対象とした試験であり、本研究でも比較的深度の浅い部分で試験を行っていることと、三軸試験で用いた試料をサンプリングした深度が30~40cm程度であることからセル圧は 9.8kN/m², 19.6 kN/m², 39.2 kN/m², の比較的小さな値の3パターンで行っている。

3.3.3 不飽和三軸圧縮試験結果

不飽和三軸圧縮試験より求めた応力-ひずみ曲線の一例を図-13に示す。

また、軸差応力は次式より求めた。

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{Ac} \times \frac{1 - \frac{\epsilon_a}{100}}{1 - \frac{\epsilon_v}{100}} \times 10 \quad (5)$$

ここで、 σ_1 は軸方向応力(kN/m²)、 σ_3 は側方応力(kN/m²)、 P は軸圧縮力(N)、 Ac は圧密後の断面積、 ϵ_a は軸ひずみ(%), ϵ_v は体積ひずみ(%)を表す。また、図には間隙水圧-軸ひずみ曲線も描き間隙水圧の変化も同時に示している。

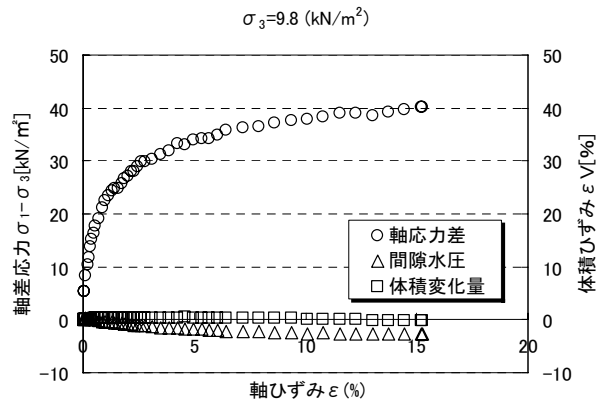


図 - 13 応力-ひずみ曲線 (三宅川)

図より、せん断開始直後より軸応力差は上昇していることが分かる。軸ひずみが3%程度までは急激に上昇しその後は緩やかに上昇していった。供試体は軸応力差の増大により破壊に至るため圧密圧力が大きくなるほど非排水せん断強さ $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ が大きくなっている。また、間隙水圧については大きなところでも5%弱とほとんど変化しなかったことが分かる。これは供試体の飽和度が低く、保持している水分量が少なかったためと考えられる。体積ひずみは、どの結果も圧密応力が増大するほど増大していることが分かる。また、軸応力差ほど顕著ではないが、体積ひずみの変化量も軸ひずみが増加するにつれて落ち着いてきているようにも見える。

本実験では $(\sigma_1 - \sigma_3)/2 - (\sigma_1' + \sigma_3')/2$ の関係から強度定数を求めている。その一例を図-14に示す。なお、不攪乱試料の強度定数を求める場合、試料の間隙比がばらつくことが避けられないため図中の直線は供試体の間隙比の相違を考慮して描いている。

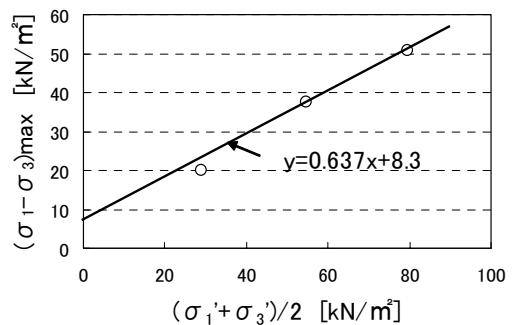


図 - 14 $(\sigma_1 - \sigma_3)/2 - (\sigma_1' + \sigma_3')/2$ の関係 (三宅川)

図より求めた各試験箇所の強度定数を表-9に示す。

表-9 試験箇所ごとの強度定数

試験箇所	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)
向原	30.3	10.0
三宅川	32.5	8.3
荒谷川	30.1	12.4
安浦	34.0	13.5

3.4 試験結果の比較・考察

提案されている強度定数推定法の信頼性を確かめるために、軽量動的コーン貫入試験より得た貫入抵抗値 q_d より推定した強度定数と不飽和三軸圧縮試験より得た強度定数の比較を行った。図-15に各細粒分含有率における内部摩擦角 ϕ の比較結果を示す。図-16に各細粒分含有率における粘着力の比較結果を示す。

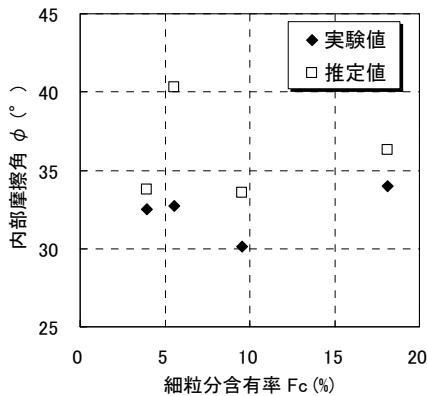


図-15 細粒分含有率-内部摩擦角関係

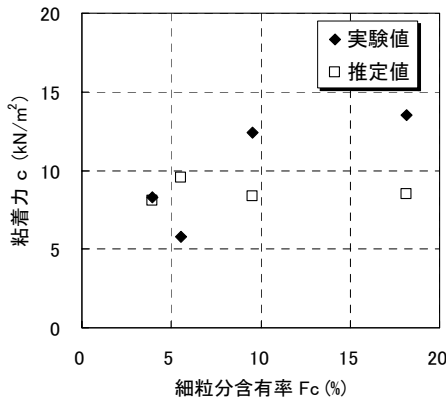


図-16 細粒分含有率-粘着力関係

図-15より、内部摩擦角については室内試験と同様に推定値と実験値の差は1~3°程度であったが、一箇所だけ大きくずれる結果となった。

図-16より、粘着力については細粒分含有率が5%以下の範囲では実験値と推定値がほぼ同じ値を示しているのに対し、細粒分含有率が大きな値の試験箇所では実験値のほうが大きな値を示しており、差の出かたに一様性が見られなかった。

4. 強度定数の補正の検討

室内試験および現地調査の試験結果をふまえて、推定法より求めた強度定数の細粒分含有率を考慮した補正方法について検討を行った。

4.1 補正法の提案

内部摩擦角について縦軸に実験値と推定値の倍率(実測値/推定値)をとり、横軸に細粒分含有率をとった図を図-17に、粘着力についても同様にとったものを図-18に示す。

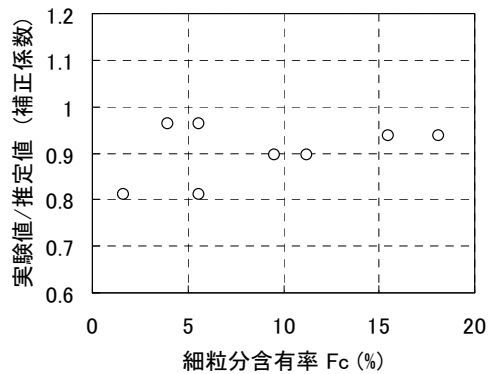


図-17 実験値/測定値-細粒分含有率関係 (内部摩擦角)

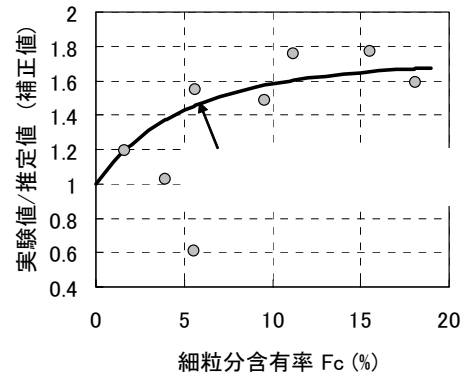


図-18 実験値/測定値-細粒分含有率関係 (粘着力)

図-17 から、各細粒分含有率における実験値/推定値(補正係数)の値を読み取り、推定式より求めた粘着力を補正係数にかけることで推定値を補正できると考えられる。しかし、図-17を見ると細粒分含有率が増加してもその傾向に変化が見られないため内部摩擦角と細粒分含有率に関係性はないものと考えられ、内部摩擦角については既往の研究通り適用性があると判断した。

図-18には細粒分含有率が0%の時に補正係数が1になるように曲線が描いてある。内部摩擦角の場合と同様に、各細粒分含有率における実験値/推定値(補正係数)の値を読み取り、推定式より求めた粘着力を補正係数に

かけることで推定値を補正できると考えられる。

この補正法を活用するには細粒分含有率を得る必要がある。しかし、従来の推定式を用いる場合でもサンプリングを行い、飽和度を求める必要性があったため、サンプリングの際に持ち帰った試料をふるいわけ試験にも使用することで細粒分含有率を求めることができる。

4.2 補正結果の検討

図-18から各細粒分含有率における補正係数を読み取り推定値の補正を行った。その図を図-19に示す

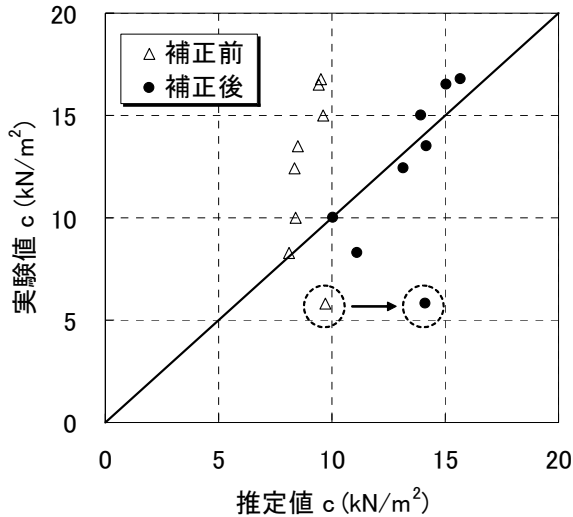


図 - 19 補正結果

三角で示したものが補正前の関係で、円で示したものが補正後の関係である。補正した推定値と実験値の関係が図中に示した実験値＝推定値の線に近いほど誤差を小さくできたと考えられる。点線の円で囲んだ値以外は線に沿った形に補正できたものと考えられる。細粒分含有率が0%の時に推定値と実験値が等しくなると仮定して補正法を提案しているためにこのような結果となったと考えられる。また、今回使用した実験値は室内試験においては三軸試験用の供試体のサンプリングが困難だったため一面せん断試験の結果を、現地調査においては不飽和三軸圧縮試験の結果をそれぞれ使用している。厳密に言えば、せん断面を固定して行っている一面せん断試験の方が強度定数が大きく出ているとも考えられるため、今後は強度定数を求める試験方法もどちらか一方にそろえる必要があると考えられる。また、本論文では飽和度が40%程度の試料であったこともあり、高飽和度の地盤への適用性についてはまだ検討できていない。

今回提案した補正法をより正確なものとするために、模型試験のパターンを増やすとともにさらに多くの現地調査を行いより多くのデータを考慮する必要があると考えられる。

5. 結論

本研究は粘着力に影響を与える細粒分含有率と軽量動的コーン貫入試験より得られる粘着力の関係を検討し、強度定数推定法の補正を行うことを目的とし、模型試験と現地試験を行った。本研究の結論は以下のようにまとめられる。

1. 模型試験の結果より内部摩擦角については細粒分含有率による影響は小さく、提案されている強度定数推定法は自然斜面においても適用性があると考えられる。
2. 模型試験の結果より粘着力と細粒分含有率の関係を検討した結果、推定値の方が実験値よりも小さな値を示した。また、推定値の増加率は細粒分含有率が増加するにつれて小さくなっていることが明らかになった。
3. それとともに、推定式に新たなパラメータとして細粒分含有率を考慮することで推定式の補正法を提案した。
4. 自然斜面において軽量動的コーン貫入試験を行い、推定式より求めた粘着力と不飽和三軸圧縮試験より求めた粘着力、模型試験より提案した補正法により補正した推定値の比較を行った。その結果、補正前よりも実験値に近い値を得ることができた。しかし、中には補正を行うことにより実験値から遠ざかってしまうものもあった。

参考文献

- 1) 西田一彦；風化残積土の工学的性質，鹿島出版会，pp.1-20, pp.38-41, 1986.
- 2) 管和暁・Athapaththu Rasika・土田孝・佐藤崇史；軽量動的コーン貫入試験による自然まき土斜面の強度定数の評価，降雨時の斜面モニタリング技術とリアルタイム崩壊予測に関するシンポジウム発表論文，pp.51-57, 2006.
- 3) 小村尚史；高速道路の盛土斜面における強度定数推定法についての検討，土木学会中国支部研究発表会発表概要集，No.3012(CDROM), 2008.
- 4) 日曜の地学-7「広島の地質をめぐって」増補版，鷹村灌，築地書館

(2009年6月29日 受付)