

室内試験にもとづく現場締固め礫質土のせん断強度定数推定法

大東憲二*・李 弘揆**・植下 協***

著者らは、現場での締固め礫質土のせん断強度定数 c_d , ϕ_d を推定するために、室内締固め供試体直接せん断試験機を用いて現場での密度条件と同様に締固めたせん(剪)頭粒度試料と礫粒度補正試料の直接せん断試験を行い、原位置大型直接せん断試験結果との関係調べた。その結果、最大粒径を2~3種類に変化させたせん頭粒度試料の室内試験結果を用いて現場でのせん断強度定数 c_d , ϕ_d を妥当に推定できることがわかった。

Key Words : box shear test, in situ shear test, shear resistance parameters, gravelly soils

1. ま え が き

丘陵地における住宅地などの造成工事において高い盛土斜面ができる場合、そこに施工される締固め土のせん断強度定数を用いて常時および地震時の斜面安定解析を行い安全性の確認を行うことが一般的である。

ところが、その締固め土が大きな礫を含む礫質土のような場合、そのせん断強度定数を求めるために締固め地盤から乱さない試料を室内せん断試験用に採取することは困難であり、原位置で大型のせん断試験を行うことも容易ではない。また、現場から乱した試料を採取して、室内で締固め供試体を作って現場のせん断強度定数を推定しようとする場合、現在の標準的寸法の土質試験機では礫質土の力学的性質を正しく求めることが難しい。そこで、大型三軸圧縮試験機(例えば直径300mm, 高さ600mm)などが用いられることもあるが、これには多大な労力と費用が必要であり、より簡便な現場せん断強度の推定法が望まれている。

礫質土の試験のためには室内のせん断試験機をある程度大型化しなければならないが、その大型化も室内試験に適した範囲での大型化にとどめた場合、用いる試料をその試験機に見合った粒度に調整して試験をしなければならないこととなる。

試験粒度の調整と試験方法をどのようにすればよいのか、室内試験から現場でのせん断特性をどうすれば推定できるのかについて、望月・中岡¹⁾が標準一面せん断試験機(直径60mm, 高さ30mm)を用いて現場の締固め土の力学的性質の推定を試みた報告はあるが、今回著者らが取組んだ礫質土に役立つ研究は見当たらないのが

現状である²⁾。

そこで著者らは、粒径60~75mm程度の礫粒子を含む現場の締固め礫質土に対して行った原位置直接せん断試験(せん断面が300mm×300mm程度の試験)から求めたせん断強度定数 c_d , ϕ_d を室内締固め供試体直接せん断試験機(JIS規格のCBR試験とほぼ同寸法の供試体で試験をする著者らの試作機)を用いて求めたせん断強度定数 c_d , ϕ_d から推定する方法について検討した。

2. 研究対象とした礫質土

本研究で対象とした礫質土は、岐阜県内における土地造成工事現場の盛土材料で、瀬戸層群土岐砂礫層と呼ばれているものである。この礫質土の物理的性質を表-1に示す。また、現場の締固め土の平均粒度分布と室内試験で用いたせん頭粒度試料と礫粒度補正試料の粒径加積曲線を図-1と図-2に示す。現場の締固め土は、日本統一土質分類法(JSF M 111-1990)³⁾の三角座標によれば、図-3に示される礫質土(GF)であり、細分類では粘土質礫(GC)である。材料に含まれている礫は、粒径2mm~75mmの亜円~円礫であるが、砂分やシルト・粘土分もかなり含まれていて赤褐色を示している。

3. 本研究で用いた現場直接せん断試験

現場直接せん断試験は、高橋⁴⁾が開発したものとほぼ同型式で、図-4と図-5にその概要を示す。試験土塊は縦横300mm, 高さ180mmに整形し、それにせん断箱をはめ込み、せん断箱の底面で直接一面せん断する試験である。この原位置試験では、せん断面に曲げ引張りを生じさせないように、せん断荷重を斜荷重で載荷するようにしている(図-4参照)。このため試験結果を整理するときのせん断荷重には次の修正水平荷重 P_H を用いる。

$$P_H = P \cdot \cos\theta - \mu \cdot P \cdot \sin\theta \dots \dots \dots (1)$$

* 正会員 工修 名古屋大学助手 工学部地圏環境工学教室 (〒464-01 名古屋市中千種区不老町)
 ** 正会員 理修 元名古屋大学大学院生
 *** 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部地圏環境工学教室

表-1 研究対象とした礫質土の物理的性質

日本統一土質分類	粘土質礫 (GC)	
土粒子の密度	2.68 g/cm ³	63.5mm
粒度特性	最大粒径	54.9 %
	礫分	24.1 %
	砂分	21.0 %
コンシステンシー特性	液性限界	52.0 %
	塑性限界	19.8 %
	塑性指数	32.2

- 凡例
- : 原粒度および礫粒度補正試料
 - △: せん断粒度試料・最大粒径25.4mm
 - : せん断粒度試料・最大粒径19.1mm
 - : せん断粒度試料・最大粒径9.52mm
 - ▲: せん断粒度試料・最大粒径4.76mm
 - : せん断粒度試料・最大粒径2.00mm

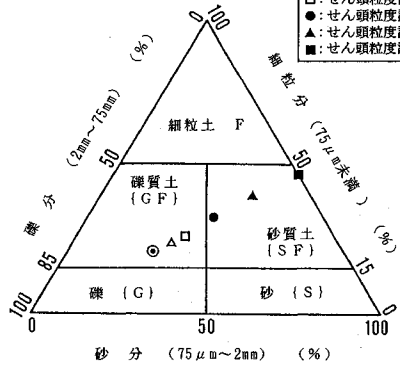


図-3 試験試料の三角座標表示

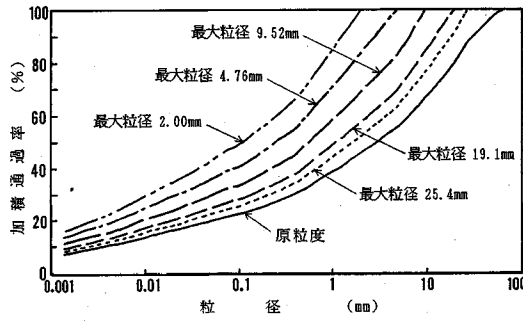


図-1 現場の原粒度と室内試験で用いたせん断粒度試料の粒径加積曲線

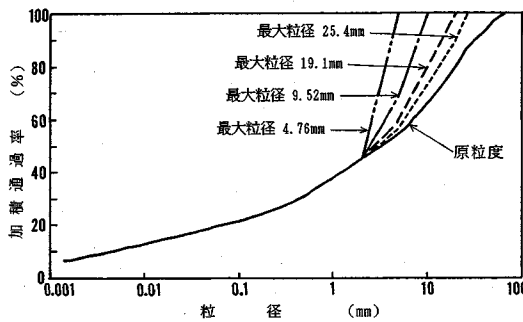


図-2 現場の原粒度と室内試験で用いた礫粒度補正試験の粒径加積曲線

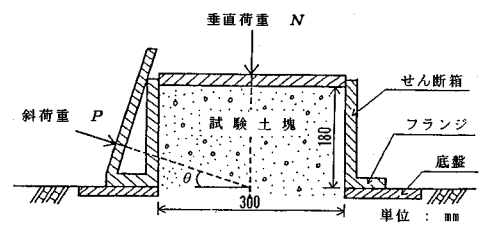


図-4 現場直接せん断試験で作用させる荷重

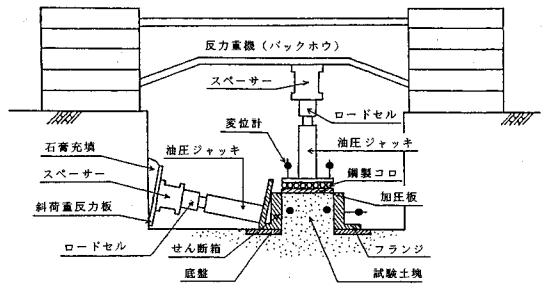


図-5 現場直接せん断試験装置

ここに、 P は斜荷重、 μ はせん断箱のフランジと底盤との間の摩擦係数、 θ は水平面と斜荷重のなす角度である。なお、 μ の値は、原位置試験と同じせん断箱と底板を用いて垂直荷重と水平荷重を測定した室内実験より 0.075 であった。

試験装置および各種計測器の設置状況を図-5 に示す。せん断箱は内寸法が縦横 300 mm、高さ 180 mm で、フランジを付けた鋼製ボックスである。試験条件は定圧せん断試験で、所定の垂直荷重を加えた状態で垂直変位が落ち着いたことを確認した後、1.0 mm/min の速度でせん断を行った。現場直接せん断試験におけるせん断変位とせん断応力の関係およびせん断変位と垂直変位の関係を図-6 に示す。締め固めた土は過圧的挙動をとり、一種の先行圧縮効果として締め固めを評価できると伊藤ら⁹⁾が指摘しているが、図-6 の垂直応力 1 kgf/cm² のデータは、この締め固めの先行圧縮効果によるせん断時の

膨張特性を示している。図-6 に示すように、今回の試験ではせん断応力にピークが出なかった場合もあるが、この場合には、供試体のせん断面積減少率 15% に当たるせん断変位 45.0 mm で打ち切り、そのときのせん断応力 τ (「土質試験の方法と解説」⁹⁾ に従い面積補正はしない) をせん断強さ τ_f とした。この試験から求めた垂直応力 σ とせん断強さ τ_f の関係を図-7 に示した。図中の試験 No.3 は、試験 No.2 に比べて垂直応力 σ が大きいにもかかわらず、せん断強さ τ_f の値が小さくなっている。これは、試験 No.3 の試験土塊の密度が他と比べて小さかったことが原因であったと推測できる。このため、クーロンの破壊線を求める際には、試験 No.3 を除いた他の 3 点を採用することにした。その結果、せん断抵抗角 ϕ_d は 43.1°、粘着力 c_d は 0.62 kgf/cm² を得た。なお、図-7 に示した密度は、せん断試験後にその土塊

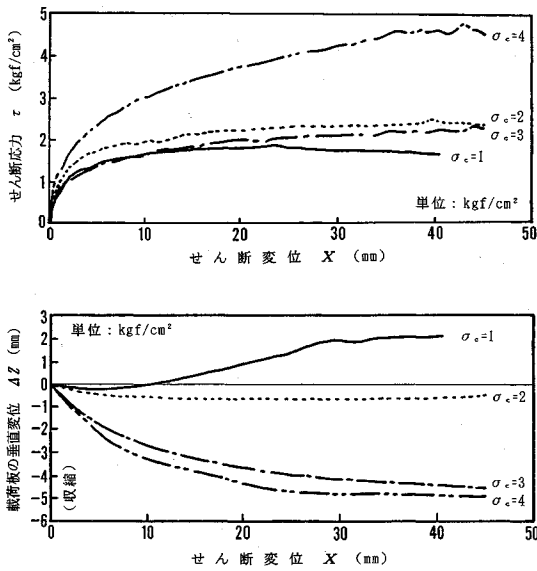


図-6 現場直接せん断試験におけるせん断変位とせん断応力及び垂直変位との関係

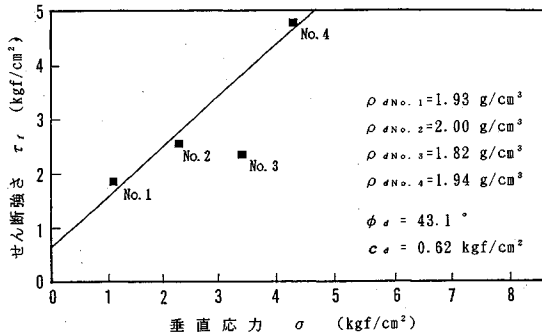


図-7 現場直接せん断試験から求めた σ - τ_r 図

を用いて求めた密度である。

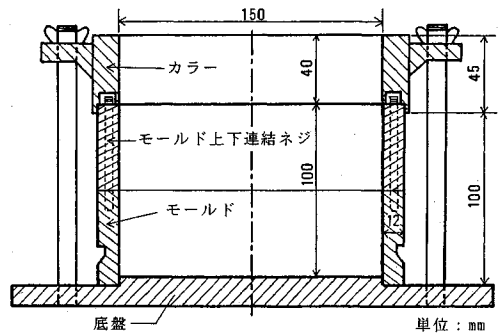
4. 本研究で用いた室内締固め供試体直接せん断試験機

今回試作した締固め供試体直接せん断試験機は、モールドで締固めた供試体そのまません断できるように設計したもので、締固め供試体作成用モールドの内径が150 mm、高さが100 mmと大きいいため比較的粒径の大きな礫質土まで試験が可能である。図-8 (a), (b), (c)に締固め供試体作成用のモールド、せん断箱に締固め供試体が入ったモールドを設置した状況、締固め供試体直接せん断試験機の機構を示す。

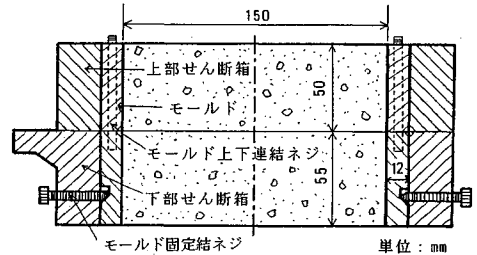
5. 室内試験で用いた試料と行った試験

(1) 試料

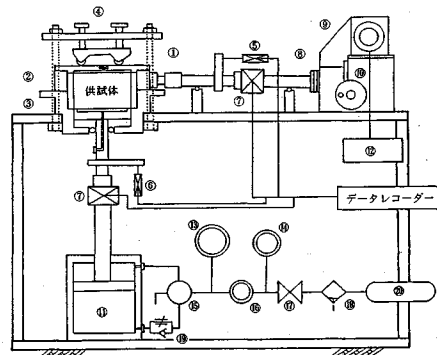
室内試験に用いた試料は、現場直接せん断試験を行っ



(a) 締固め供試体作成用モールドの断面図



(b) せん断箱に設置されたときの締固め供試体が入ったモールド



- | | |
|-----------|------------------|
| ① モールド | ① ペロフラムシリンダー |
| ② 上部せん断箱 | ② コントローラー (せん断側) |
| ③ 下部せん断箱 | ③ 作動圧力計 |
| ④ 反力枠 | ④ 蓄圧タンク圧力計 |
| ⑤ せん断変位計 | ⑤ 切替弁 |
| ⑥ 垂直変位計 | ⑥ 圧力調整弁 |
| ⑦ ロードセル | ⑦ 蓄圧供給弁 |
| ⑧ スクリューギヤ | ⑧ エアフィルター |
| ⑨ モーター | ⑨ 絞り弁 |
| ⑩ 手動ハンドル | ⑩ コンプレッサー |

(c) 締固め供試体直接せん断試験機の機構

図-8 直径150 mm高さ100 mmの締固め供試体が直接せん断できる試験装置

た現場から採取したものである。採取試料の粒度および室内試験用試料の粒度分布は前述の図-1, 2に示した。現場採取試料の最大粒径が63.5 mmであったものを最大粒径を25.4, 19.1, 9.52, 4.76, 2.0 mmとするせん頭粒度試料と、最大粒径を25.4, 19.1, 9.52, 4.76 mmとする礫粒度補正試料に調整して室内試験に用いた。せん頭粒度試料は各最大粒径以上の材料を除去した

表-2 試験供試体の初期条件

試料名	最大粒径 D_{max} (mm)	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (t/m^3)	乾燥密度 ρ_d (t/m^3)	締固め度 $\frac{\rho_d}{\rho_{dmax}}$ (%)	含水比 ω (%)	間隙比 e_s	飽和度 S_r (%)	
現場	No.1	63.5	2.02*	1.93	95.5	9.6	0.39	66.8
	No.2	76.2	2.02*	2.00	98.9	9.7	0.34	76.7
	No.3	50.8	2.02*	1.82	89.9	10.9	0.47	61.8
	No.4	63.5	2.02*	1.94	95.9	9.8	0.38	68.9
室内	せん頭 粒度	25.4	1.96	1.86	94.9	10.7	0.44	65.0
		19.1	1.93	1.82	94.4	11.6	0.47	65.7
		9.52	1.89	1.72	91.2	13.3	0.56	64.3
		4.76	1.84	1.62	88.5	15.3	0.65	63.1
	礫 度 補 正 試 料	2.00	1.78	1.53	86.4	16.9	0.75	60.7
		25.4	1.97	1.87	95.0	9.8	0.43	60.9
		19.1	1.95	1.85	95.0	10.1	0.45	60.0
		9.52	1.92	1.82	95.0	10.7	0.47	60.8
4.76	1.87	1.77	95.0	11.6	0.51	60.7		

* 最大粒径25.4mmのせん頭粒度試料の最大乾燥密度をもとにして Walker-Holtz の方法で補正した最大乾燥密度

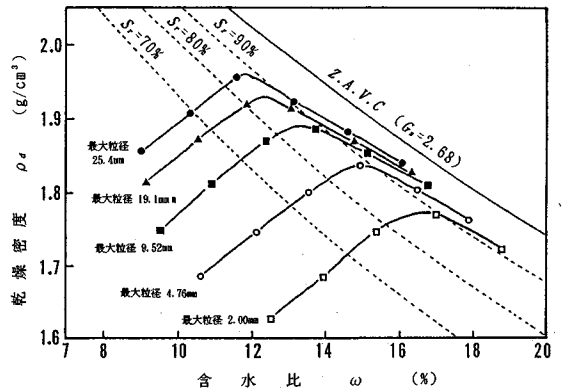


図-9 各せん頭粒度試料の締固め曲線

だけの試料であるのに対し、礫粒度補正試料は各最大粒径以上の礫分をその粒径から2.0mmまでの礫分で置き換えて調整した試料である。図-3にこれらの試料を日本統一土質分類法(JSF M 111-1990)の三角座標で示す。せん頭粒度試料の場合、最大粒径が小さくなると礫質土(GF)であったものが砂質土(SF)に分類されるようになる。一方、礫粒度補正試料の場合は最大粒径が変わっているが、三角座標上の位置は一定である。なお、今回行ったせん頭粒度試料の調整は礫分のみで粒度調整であるので、試料を乾燥させずに、礫分についての細粒分は手で十分にほぐしながらふるいを通して粒度調整を行った。

本研究では、現場の締固め土の状態を室内で再現し、せん断強度を推定することを目的としているので、せん頭粒度試料の場合は、せん頭粒度の調整に用いた最大粒径を超える粒径の土粒子を現場の締固め土から取り除いたと仮定して得られる密度を試験供試体の初期条件とした。また、礫粒度補正試料の場合は、粒径2.0mm以上の礫分含有率がせん断強度を支配すると仮定して、現場と同じ締固め度〔締固め乾燥密度/試料の最大乾燥密度〕でD値といわれる)となる密度を試験供試体の初期条件とした。現場の締固め土および各試験供試体の初期条件を表-2にまとめて示した。なお、各試験供試体の含水比は、供試体のマトリックス部の含水比が現場の締固め土のマトリックス部の含水比と等しくなるように調整した。

(2) 締固め試験

図-9, 10は、最大粒径が異なる表-2の各試験試料に対し突固めによる土の締固め試験(JSF T 711-1990)⁷⁾のB-c法の締固め試験を実施し、その結果をまとめて示したものである。室内で最大粒径25.4mmのせん頭粒度試料に対して行った締固め試験結果をもとに、Walker-Holtzの方法⁸⁾を用い、現場での最大粒径63.5

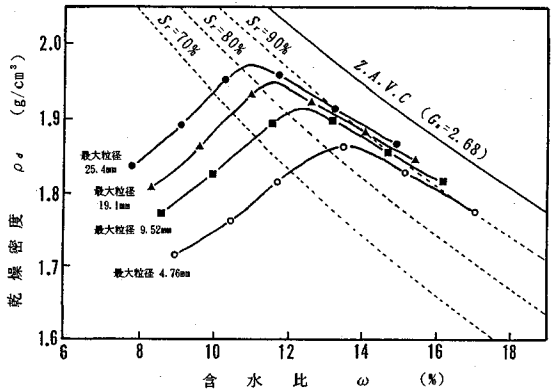


図-10 各礫粒度補正試料の締固め曲線

mmに対する密度補正を行ったとき最大乾燥密度 $\rho_{dmax} = 2.02 t/m^3$ が得られた。この値を用いて現場での締固め度 (ρ_d/ρ_{dmax}) を求めると、表-2に示したNo.1からNo.4までの平均値は95.1%であった。せん頭粒度試料の最大乾燥密度は、最大粒径が小さくなるほど表-2のように減少する傾向が見られる。礫粒度補正試料の場合にも、最大粒径が小さくなるほど最大乾燥密度は低くなる。これらの現象は、最大粒径が小さくなるほど粒子間の間隙の割合が多くなるからである。

(3) せん断試験

せん断試験は、一定垂直荷重の条件下で行った。それらの試験は同じ粒度と密度に調整した試料に対し垂直応力1.0, 2.0, 3.0, 4.0 kgf/cm²の場合について行い、それらの結果から粘着力 c_d とせん断抵抗角 ϕ_d を求めた。供試体の作成は、所定の粒度で、所定の密度になるだけの試料を用意し、1/3層ずつ図-8(a)のモールドに入れ、各層ごとに突き棒で突き固め、供試体を作成した。そして供試体を図-8(b), (c)のように試験機にセットし、各垂直応力で30分間圧縮した後、圧縮がほぼ終了したのを確認してから上・下部せん断容器をせん断面で0.2mm隔離し⁹⁾、その後せん断した。せん断速

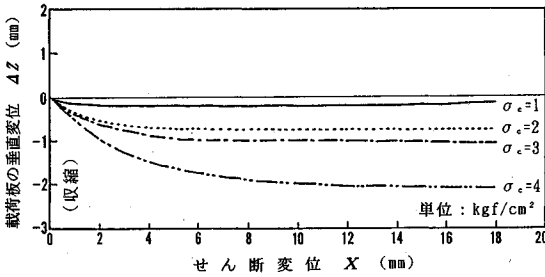
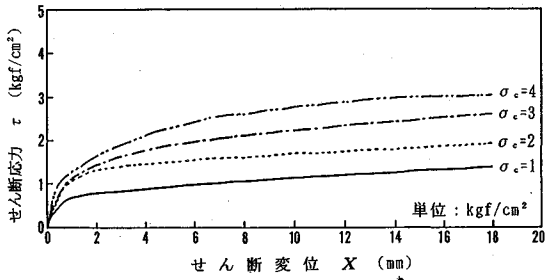


図-11 セン頭粒度試料におけるせん断変位とせん断応力及び垂直変位との関係 (最大粒径 $D_{max}=9.52$ mm の場合)

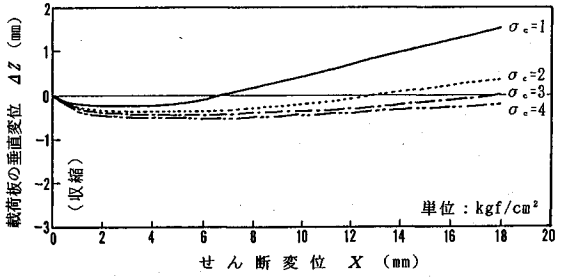
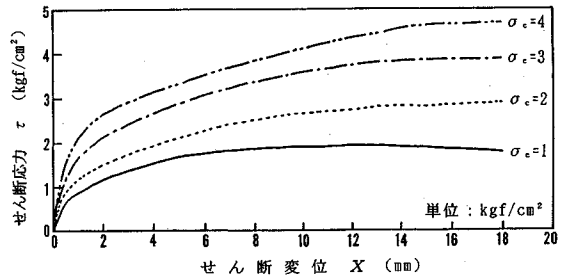
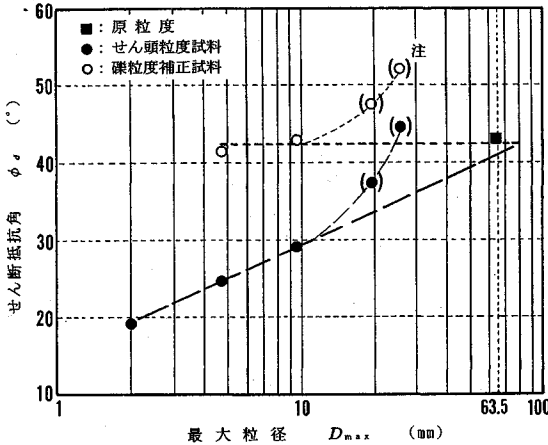
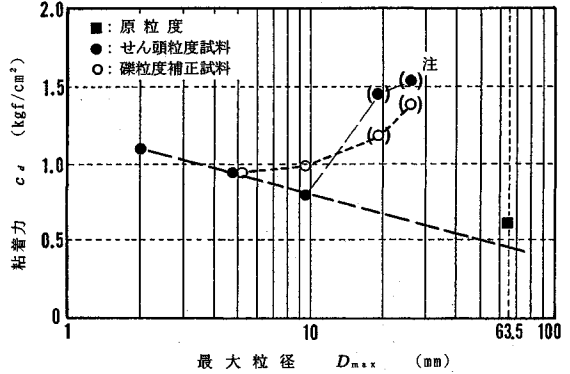


図-12 礫粒度補正試料におけるせん断変位とせん断応力及び垂直変位との関係 (最大粒径 $D_{max}=9.52$ mm の場合)



注()は試験装置の限界を超えたと考えられるデータ

図-13 室内と現場における最大粒径 D_{max} とせん断抵抗角 ϕ_d との関係



注()は試験装置の限界を超えたと考えられるデータ

図-14 室内と現場における最大粒径 D_{max} と粘着力 c_d との関係

度は現場直接せん断試験と同じひずみ速度となるように変位速度 0.50 mm/min で行った。

6. 室内締固め直接せん断試験と現場直接せん断試験との比較

今回の試験では、ほとんどの場合、せん断応力 τ にピークが出なかった。ピークが出なかった場合は、供試体のせん断面積減少率 15% に当たるせん断変位 18.0 mm で打切り、そのときのせん断応力 τ (「土質試験の方法と解説」⁶⁾ に従い面積補正はしない) をせん断強さ τ_r とした。せん頭粒度試料と礫粒度補正試料に対するせん断変

位とせん断応力との関係およびせん断変位と垂直変位との関係の一例を図-11, 12 に示す。現場試験では、垂直応力 1 kgf/cm² の場合にせん断時の膨張特性を示していたが、室内試験では、図-11 に示したせん頭粒度試料の場合には、すべてが収縮しながらのせん断であった。一方、図-12 に示した礫粒度補正試料の場合には、すべての場合、せん断による膨張特性を示している。現場試験で見られたせん断時の膨張特性は、締固めによる先行圧縮効果と考えられるが、礫粒度補正試料の場合には、締固めによる先行圧縮効果よりも、礫粒子のかみ合わせによるせん断時の膨張特性と考えられる。また、供試体の最大粒径 D_{max} とせん断抵抗角 ϕ_d の関係を図-13 に、

供試体の最大粒径 D_{\max} と粘着力 c_d の関係を図—14 に示した。これらの図より、せん頭粒度試料の場合は、供試体直径 (150 mm) の 1/15 以下の最大粒径 9.52 mm までは片対数紙上の最大粒径 D_{\max} とせん断抵抗角 ϕ_d との間に直線関係があり、その延長線上で原位置のせん断抵抗角を安全側でほぼ妥当に推定できることがわかった。また、片対数紙上の最大粒径 D_{\max} と粘着力 c_d との間にも、供試体直径 (150 mm) の 1/15 以下の最大粒径 9.52 mm まではほぼ直線関係があり、その延長線上で原位置の粘着力を安全側のほぼ妥当な値で推定できることがわかった。これは、最大粒径 D_{\max} の増大に伴い、粗粒分のかみ合わせが多くなって ϕ_d が増加し、細粒分の粘着的役割が減少して c_d が低下するためである。また、最大粒径が 9.52 mm を超える試料のせん断強度定数が上記の直線関係から外れるのは、今回の室内せん断試験の供試体直径 (150 mm) で適切な試験結果が得られるのは最大粒径が 9.52 mm までであり、これよりも大きな最大粒径の試料では、礫粒子に対する拘束効果が過大に現れるためであると考えられる。現場直接せん断試験ではせん断抵抗角 $\phi_d = 43.1^\circ$ 、粘着力 $c_d = 0.62 \text{ kgf/cm}^2$ であるのに対して、室内試験の結果から原位置での値を推定するとせん断抵抗角 $\phi_d = 40.5^\circ$ 、粘着力 $c_d = 0.45 \text{ kgf/cm}^2$ と推定されることとなる。

一方、礫粒度補正試料 (礫分含有量が同じ試料) の場合は、片対数紙上の最大粒径 D_{\max} とせん断抵抗角 ϕ_d との間に、供試体直径 (150 mm) の 1/15 以下の最大粒径 9.52 mm までは室内試験でのせん断抵抗角と原位置試験でのせん断抵抗角はほぼ同じ値が得られ、原位置でのせん断抵抗角が 43.1° であるのに対して、室内での最大粒径 9.52 mm 以下の平均せん断抵抗角は 42.5° であった。最大粒径が 9.52 mm を超えると室内試験の ϕ_d が原位置試験の ϕ_d よりも大きくなるのは、せん頭粒度試料の場合と同様に、この試験機による礫粒子の拘束効果が過大に現れて、過大なせん断強度を示すためであると考えられる。また、粘着力 c_d に関しては、最大粒径 9.52 mm 以下の室内試験の見かけの平均粘着力は 0.97 kgf/cm^2 となり、原位置試験での粘着力 0.62 kgf/cm^2 よりも大きい値を示すことになる。礫粒度補正試料によるせん断試験は、現地の ϕ_d をそのまま室内せん断試験で求めることに主眼をおいた試験法であり、 ϕ 材料試験であるとの見方で、安全サイドに $c_d = 0$ と見なさざるを得ない試験法であるといえることができる。

なお、室内試験から原位置でのせん断試験結果を適切に推定するためには、室内せん断試験供試体直径の 1/15 以下の最大粒径のものによらなければならないことがわかったので、この関係を現場でのせん断試験にも適用すると、今回用いたせん断面積 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ のせん断箱の場合は、最大粒径が 20 mm 以下でなけれ

ばならないこととなる。逆に言えば最大粒径 63.5 mm の原位置試料に対して約 1 m 以上の内径 (または辺長) の供試体で試験をするのが理想的であるのかも知れない。しかし、現場ではせん断面積 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ の直接せん断試験でもその垂直荷重の準備が容易ではないので、礫質土中での 20% 程度の粗礫 (19~75 mm) のせん断強度定数への影響は少ない⁵⁾と見なして、従来からよく用いられてきたこの試験機による値を原位置でのせん断強度定数 c_d 、 ϕ_d とみなした。以上のような事情から現場直接せん断試験の結果が若干大き目の値となっている可能性を考えると、今回のせん頭粒度試料の室内試験から推定した原位置の c_d 、 ϕ_d は安全側のほぼ妥当な推定値であると考えられる。

7. 結 論

著者らは、大きな粒径 (礫粒子の上限の 60~75 mm 程度) を含む現場での締固め礫質土 (礫分: 約 55%, 砂分: 約 25%, 細粒分: 約 20%) の現場直接せん断試験機 (せん断面積 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$) で求まるせん断強度定数 c_d 、 ϕ_d を室内試験から妥当に推定する方法について実験的に研究した。

今回の研究目的で試作した室内締固め供試体直接せん断試験機を用いて、現場採取試料にもとづく礫粒度補正試料とせん頭粒度試料による多数の実験を行い、原位置試験から求めたせん断強度定数 c_d 、 ϕ_d との対応を調べた。その結果、室内直接せん断試験機の供試体直径 (150 mm) の 1/15 以下の最大粒径とした礫粒度補正試料を現場と同じ締固め度 (D 値) として室内試験をすれば、せん断抵抗角 ϕ_d はほぼ妥当に推定できるが、粘着力 c_d については妥当に推定できない (過大推定となる) ことがわかった。この方法は、 ϕ 材料に対して、 $c=0$ と仮定して、 ϕ のみを推定するときには意味のある方法であるといえる。それに対し、室内直接せん断試験機の供試体直径 (150 mm) の 1/15 以下で最大粒径を 2~3 種類に変化させたせん頭粒度試料を現場と同条件で締固めて行ったせん断試験の結果を用いれば、原位置のせん断強度定数 c_d 、 ϕ_d を妥当に推定できることがわかった。従来、礫粒度補正試料を用いて原位置での力学的性質の推定をすることの方がより一般的であったと思われるが、せん頭粒度試料による方がよりよい推定結果を得られることは、室内での試料調整もより容易であることと考えあわせれば、工学的に都合のよい室内試験にもとづく現場締固め礫質土のせん断強度定数推定法を見出し得たと考えている。

参 考 文 献

- 1) 望月秋利・中岡時春: 粗粒分を含む締固め土のせん断特性, 第 24 回土質工学研究発表会発表講演集, pp. 547~548, 1989.

- 2) 土質工学会編：N値および c ・ ϕ —考え方と利用法一，p. 182, 1992.
- 3) 土質工学会編：土質試験の方法と解説，pp. 186～200, 1990.
- 4) 高橋久司・巽 勝弘・松岡利安：原位置せん断試験方法について，第11回土質工学研究発表会発表講演集，pp. 57～60, 1976.
- 5) 伊藤雅夫・太田秀樹・石黒 健・米谷 敏：礫分を混入する締固め土の先行圧縮応力と強度の推定，土木学会論文集，No. 439/Ⅲ-17, pp. 27～36, 1991.
- 6) 土質工学会編：土質試験の方法と解説，p. 464, 1990.
- 7) 土質工学会編：土質試験の方法と解説，pp. 201～214, 1990.
- 8) Walker, F. C. and Holtz, W. G. : Control of Embankment Material by Laboratory Testing, Proc. ASCE, No. 180, 1951.
- 9) 土質工学会編：土質試験の方法と解説，p. 460, 1990. (1993. 3. 17 受付)

ESTIMATING METHOD OF SHEARING RESISTANCE PARAMETERS OF COMPACTED GRAVELLY SOILS IN FIELD BY LABORATORY TESTS

Kenji DAITO, Hong-Gyu LEE and Kano UESHITA

It is not easy to know shearing resistance parameters c_d and ϕ_d of compacted gravelly soils in field because of difficulty in getting the undisturbed samples for the laboratory test and also in performing the in situ shear test. In order to estimate shearing resistance parameters c_d and ϕ_d of compacted gravelly soils in field from shear test of compacted soils in laboratory, the authors carried out shear tests ($\phi=150$ mm, $h=100$ mm) with change of the gradation and the maximum grain size of compacted soils, and compared with the results of direct shear test in field using the 300 mm \times 300 mm \times 180 mm shear box. From a series of laboratory tests using Samples I (cut off larger particles simply) and Samples II (replaced larger gravel-particles with smaller gravel-particles of the same weight), it is known that in situ strength parameters c_d and ϕ_d of gravelly soils can be estimated reasonably by laboratory tests with a few kinds of samples I.