

87 地山しらすの安定勾配の評価に関する検討

建設省土木研究所 ○笹原 克夫

海老原和重

門間 敬一

1. はじめに

平成5年夏の鹿児島災害では豪雨により多数の崩壊が発生し、しらすのり面・斜面の崩壊発生・非発生の判別の重要性が再認識されている。このために、既に地山しらすの切土勾配の設定¹⁾²⁾に用いられている山中式土壤硬度計を用いた指標硬度²⁾に着目し、しらすのり面・斜面の安定度評価への適用について検討するべく、今までに崩壊斜面のすべり面の指標硬度と勾配の関係³⁾⁴⁾、各種の指標硬度の地山しらすの不攪乱サンプルを用いた三軸圧縮試験結果の例⁵⁾について調査・研究を進めてきた。本研究では、山中式土壤硬度計による地山しらす計測の問題点に着いて検討し、次に各種の指標硬度の地山しらすの物理特性及び強度特性、そしてそれをもとにした地山しらすの安定勾配の評価について検討した。

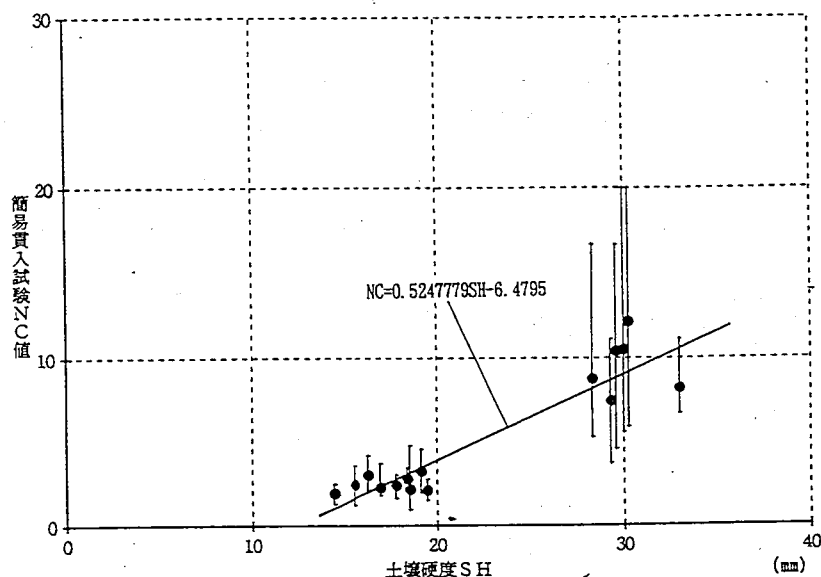


図-1

山中式土壤硬度計による指標硬度と斜面調査用簡易貫入試験器のNc値の関係

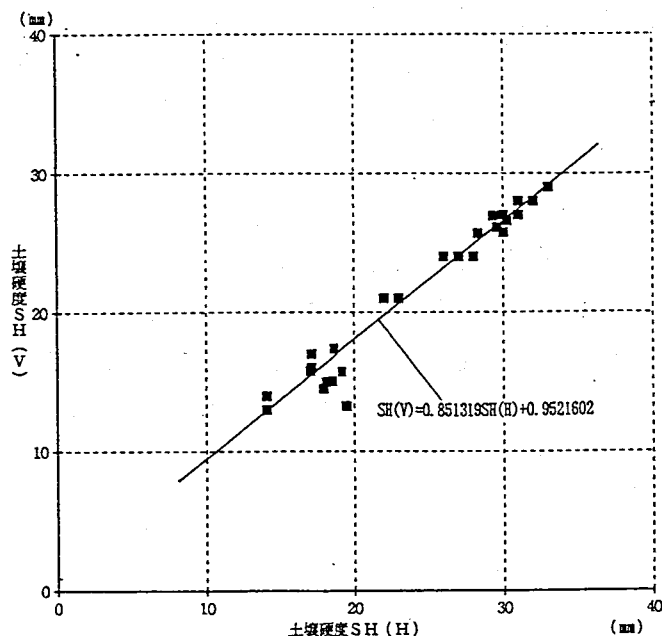


図-2 水平方向に計測した指標硬度値と鉛直方向に計測した指標硬度値の関係

2. 山中式土壤硬度計を用いた指標硬度計測について

斜面表層の調査によく用いられる指標として斜面調査用簡易貫入試験器によるNc値⁶⁾がある。これは主に斜面表層部の土層構造の推定⁷⁾に用いられるが、土の物理特性や強度特性の推定に利用しようという試み⁸⁾もある。ここではまず山中式土壤硬度計による指標硬度と斜面調査用簡易貫入試験機によるNc値との関係について検討する。

調査は鹿児島県鹿児島郡吉田町西佐多浦地先の崩壊斜面で行った。この斜面は表郷1地区という地区名で急傾斜地崩壊防止工事が行われている。このすべり面上で、山中式土壤硬度計を鉛直方向に圧入した時の指標硬度と、斜面調査用簡易貫入試験器のNc値とを比較した(図-1)。当図より以下の回帰式が得られた。

$$Nc = 0.5248 \cdot SH - 6.475 \quad \dots\dots (1)$$

しらす斜面の指標硬度は15~30mm程度であるから、(1)式よりNc値に換算すると1.4~9.3となる。この結果と図-1を見ると、特に指標硬度が20mm以下の場合にNc値の変化が非常に小さく、誤差の影響が大きくなってしまふことがわかる。つまり斜面表層部の風化したしらすの土質強度を表現するには、Nc値は不適ということになる。

次に山中式土壤硬度計をすべり面に鉛直に圧入した場合の指標硬度SH(V)と、土質工学会の基準に従って垂直な測定面をつくりそこに水平方向に圧入した場合の指標硬度SH(H)の関係を図-2に示す。地山しらすの構造異方性により土壤硬度計の圧入方向が異なると測定される指標硬度値も異なり、硬くなるほど水平方向の指標硬度値が垂直方向の指標硬度値より大きくなる傾向があることは先に報告した⁴⁾が、今回の結果からもそれは確認された。つまり特に硬い地山しらすの指標硬度の計測に当たっては、土壤硬度計の方向について注意する必要があることになる。

最後に地山しらすの含水比と測定される指標硬度値の関係についても検討する必要があるが、今後の課題である。

3. 地山しらすの強度特性

表-1に現場より採取した地山しらすの物理特性を示す。各ブロックは三軸圧縮試験のサンプルを切り出すために採取したもので、直径30cm及び高さ20cmの大きさを有する。またブロックの切り出し方向はその高さ方向が鉛直方向に等しくなるようにした。これらのブロックより切り出したサンプルを用いて側圧一定圧密排水三軸圧縮試験を行い、Mohr-Coulombの破壊規準に基づく強度定数Cd、 ϕd を求めた。試験方法は既に発表している方法⁵⁾に従った。

図-3にサンプルの指標硬度とCdの関係を、そして図-4に指標硬度と $\tan \phi d$ の関係を示す。これらの図より、地山しらすのCd及び $\tan \phi d$ と指標硬度の間には一義的な関係が認められる。

このようにして求めた地山しらすの飽和時のCd及び $\tan \phi d$ を用いて、地山しらすの指標硬度と安定勾配との関係を求めた。安定勾配については、無限遠斜面を想定し、基盤面上にある指標硬度の土質特性を有する地山しらすが存在すると仮定する。また地山しらすは地表面まで飽和していると仮定する。そしてすべり面上の水平幅bの地山しらすの土柱の釣り合い条件を考える。すると土柱に働く重力の斜面方向成分は

$$F = \gamma_s \cdot h \cdot b \cdot \sin \theta \quad \dots\dots (2)$$

γ_s : 飽和单位体積重量(kgf/cm²) h : すべり面深さ(m) b : 土柱幅(m) θ : すべり面勾配(°)

表-1 採取した地山しらすの物理特性

試料番号	SH14-1	SH14-2	SH17-1	SH17-2	SH22-1	SH22-2	SH26-1	SH26-2	SH30-1	SH30-2
土壌硬度	14	14	17	17	22	23	28	27	30	31
土粒子の密度 ρ_s	2.435	2.435	2.437	2.437	2.441	2.447	2.434	2.421	2.429	2.429
含水比 (%)	21.8	21.5	24.4	23.4	25.8	26.1	19.2	20.1	24.1	24.0
湿潤単位体積重量(gf/cm ³)	1.141	1.148	1.160	1.159	1.178	1.161	1.374	1.400	1.511	1.536
乾燥単位体積重量(gf/cm ³)	0.937	0.943	0.933	0.939	0.937	0.921	1.154	1.166	1.222	1.239
間隙比 e	1.602	1.583	1.613	1.595	1.609	1.655	1.110	1.076	0.989	0.961

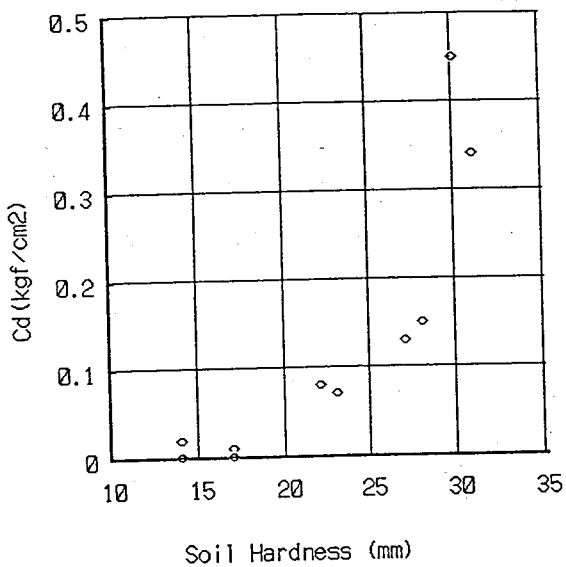


図-3 地山しらすの指標硬度とCdの関係

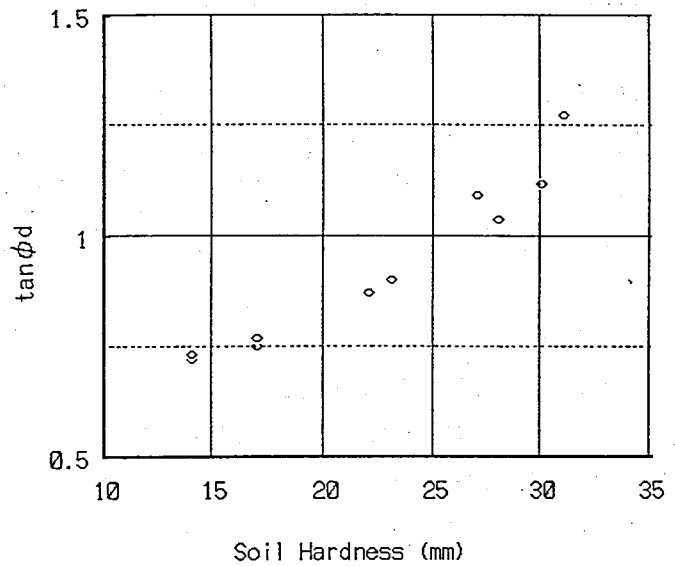


図-4 地山しらすの指標硬度とtan φdの関係

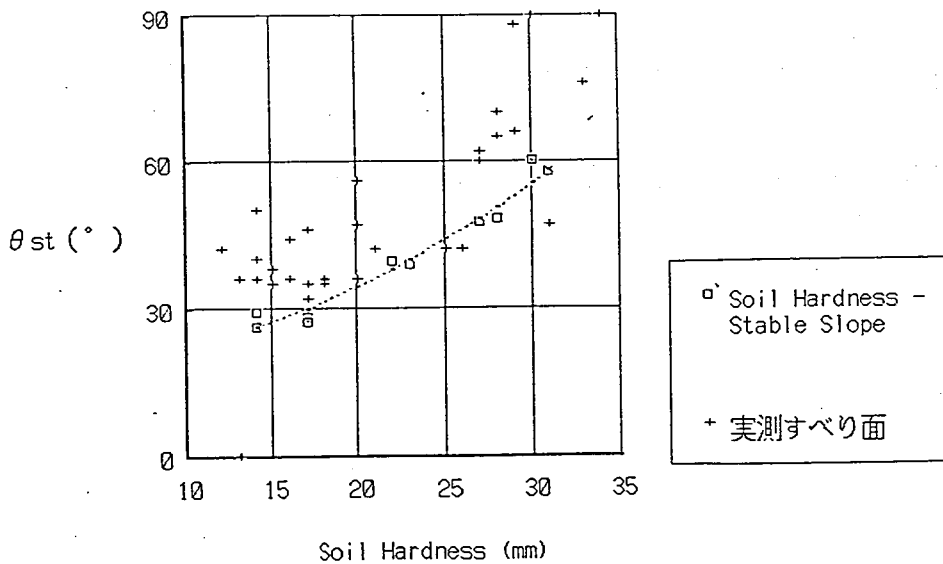


図-5 地山しらすの強度定数より求めた安定勾配
と、崩壊斜面で実測したすべり面勾配

またすべり面上に働くすべり抵抗力は

$$R = Cd \cdot b / \cos \theta + (\gamma_s - 1) \cdot h \cdot b \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi_d \cdots (3)$$

Cd : 地山しらすの排水条件での粘着力(kgf/ cm²) ϕ_d : 地山しらすの排水条件での内部摩擦角

式中の γ_s 、 Cd 、 ϕ_d については各指標硬度を有する地山しらすの値を与え、 $h=b=1.0(m)$ と仮定した。そして $F=R$ としてすべり面勾配 θ を求めた。すべり面深さ h については実績がほとんど $1.0(m)$ 以内であることと、 $0.5 \sim 2.0(m)$ まで変化させてもほとんど結果は等しいことより定めた。その結果を図-5に示す。同時にこの図には災害直後に調査した崩壊しらす斜面のすべり面の指標硬度とすべり面勾配の関係をも示す。これを見ると、今回地山しらすの不攪乱試料を用いた三軸圧縮試験で求めた Cd 、 ϕ_d より算出した安定勾配は、各指標硬度において、ほぼ崩壊したしらす斜面のすべり面勾配の下限値を与える。この関係を用いて、指標硬度よりしらす斜面の安定勾配を求めることが可能になると考えられる。

4. おわりに

以上の検討により、山中式土壤硬度計を用いた指標硬度の、しらす斜面の安定度評価への適用可能性を確認した。最後に、現地での試料採取等に便宜を図って頂いた鹿児島県砂防課と鹿児島土木事務所、及び簡易貫入試験と指標硬度の測定に御協力頂いた土木研究所急傾斜地崩壊研究室の皆様に感謝いたします。

- 1) 鹿児島県しらす対策委員会：しらす地帯における土工設計施工指針、1975
- 2) 土質工学会：硬さによる地山しらすの判別分類法針、土と基礎、29-4、pp.45～48、1981
- 3) 矢澤昭夫他：平成5年7～9月の鹿児島災害調査速報、土木技術資料、36-2、p.26、1994.2
- 4) 笹原克夫・海老原和重・綱木亮介：しらすのり面・斜面の安定性に関する検討、平成6年度砂防学会研究発表会概要集、pp.95～98、1994.5
- 5) 大浦二郎他：地山しらすのせん断変形・強度特性に関する検討—その1—、第33回地すべり学会研究発表会講演集、pp.325～328、1994.8
- 6) 建設省河川局砂防部：斜面崩壊防止工事の設計と実例—急傾斜地崩壊防止工事技術指針—、社団法人全国治水砂防協会、p.23、1982.7
- 7) 小嶋伸一・笹原克夫：土研式簡易貫入試験測定間隔の検討について、平成7年度砂防学会研究発表会（投稿中）
- 8) 小川紀一郎他：山腹斜面の土質構造と斜面安定度評価、平成6年度砂防学会研究発表会概要集、pp.105～106、1994.5