

学校林における表層崩壊のリスク評価

安全性向上に向けて

宮城県仙台第三高等学校 理数科

仙台三高が所有している学校林である時習の森は不明な点が多い。その中でも私たちは時習の森内で発見された表層崩壊を地質的な観点で調査しようと試みた。1つ目は地質図を用いたもの、2つ目は土壌粒子密度に関する仮説を立てた。結果として、1つ目の仮説は実験により棄却されたが、2つ目の仮説に基づいた実験から学校林の土壌はすべて有機質土壌であるとわかった。これは表層崩壊において粒子密度は関係がないことを示している。2つの仮説が棄却されたため、新たにせん断応力の観点から実験を行い、時習の森において危険であると判断できる地点を発見した。これらをハザードマップにプロットして、時習の森の安全性向上に貢献した。

1【はじめに】

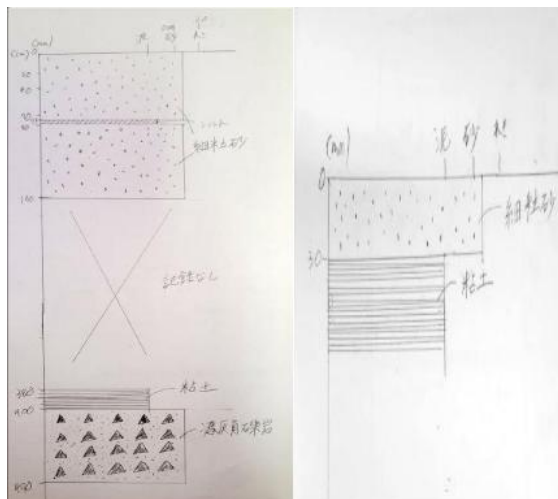
表層崩壊とは斜面表層(0.5~2.0m)が斜面下方に向かって崩落することである。また、先行研究より、表層崩壊は多量の雨水の堆積や斜度 60 度以上の急斜面によって引き起こされることが多く、なだらかでない膨らんだ地形は通常の斜面よりも表層崩壊が起こりやすいということがわかっている。仙台第三高校が保有している学校林である時習の森には表層崩壊跡や急斜面などの危険箇所が多数存在しており、学校が行っているフィールドワークの妨げになっている。そのため私達は時習の森における表層崩壊の発生要因を解明し、時習の森内の危険箇所の詳細を調べることで、今後表層崩壊が起こりそうな箇所の予想や時習の森の安全性向上に役立てることを目的として本研究を行った。また、時習の森には瓦窯（のぼり窯）跡がいくつか存在しており、瓦窯による瓦づくりには粘土が用いられるため、時習の森には粘土質の土壌が多く含まれていることが考えられ、時習の森の表層崩壊発生においてその粘土層が優位的にはたらく可能性がある。また、表層崩壊の危険性を観測するうえで、与えられた斜面で将来発生する崩壊を予知しようとする場合には、あらかじめすべり面を仮定しなければならない

い。このため、与えられた斜面内の危険すべり面(最小安全率を示すすべり面)を見出すためには、想定され得るすべてのすべり面を家仮定し、それらの安全率を計算しなければならないが、現実には考え得るすべてのすべり面を想定することは不可能であるため、与えられた斜面の危険すべり面を求めることは容易ではない。だが、与えられた斜面の何らかの条件、たとえば地質または土質的な条件が得られ、この結果が仮定すべり面を設定するときに活用されるなら仮定すべきすべり面の数は非常に減少することになる。このため、我々はすべり面を 1m であると仮定し、その条件下における危険性を判定した。

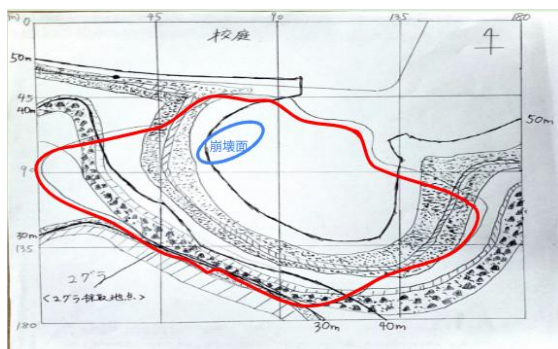
2【時習の森内における粘土層分布調査】

我々は瓦窯跡あったという事実から時習の森に存在している粘土層が表層崩壊発生の要因になっているのではないかと考え、柱状図と地質図を作図した。まず、柱状図解析において、我々は仙台三高裏門横と仙台三高第2グラウンド横の露頭地点から分布を観測した。その結果、仙台三高裏門横の露頭地点においては 380cm~400cm、仙台三高第2グラウンド横の露頭地点においては 0~30cm の地点に粘土層が分布している

ことがわかった（下部柱状図参照）。



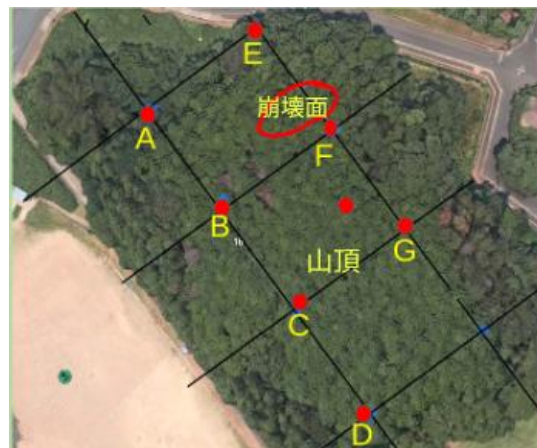
これらの情報をもとに地質図を作成したところ、粘土層の分布は表層崩壊の発生日点から約 10m 下方であることがわかったため、現在発生している表層崩壊では、滑り面として粘土層がはたらく可能性は限りなく低いことが分かった。



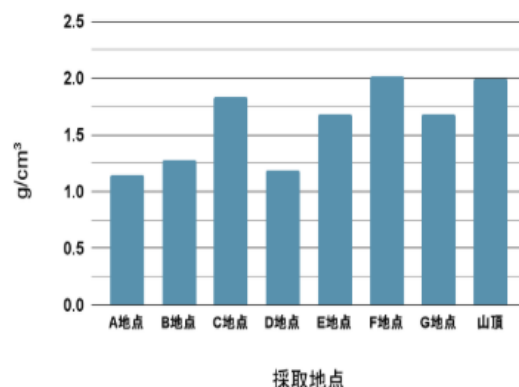
3 【土壌粒子密度の調査】

続いて我々は土壌の成分という観点から土壌の粒子密度によってその土壌が何の物質を多く含みどのような成分の土壌であるかを調べようと考えた。そこで我々は土壌粒子密度の高く、粘性の高い成分の土壌によって崩壊が引き起こされやすくなるのではないかと仮説を立て、表層崩壊が起こった地点とその他の地点の土壌粒子密度を比較することで今後表層崩壊が引き起こされる可能性の高い地点を発見するために土壌粒子密度計測実験を行い、それぞれの粒子密度を比較し、表層崩壊発生日点の土壌粒子密度に対してどの程度の優位性が見られるかを計測した。まず地理院地図を用いて、時習の森内を 7 つの地点 A～G と山頂と表層崩壊が起こった地点とに分け、（下

部画像参照）



それぞれの地点で土壌を採取し、採取した土 25g に純水 50g を加え加熱し、土中の空気を抜いた後、全体の体積が 100ml になるまで純水を加え質量を計測し、土壌粒子密度を算出した。その結果各地点ごとに土壌粒子密度の差が見られた。（下部グラフ参照）

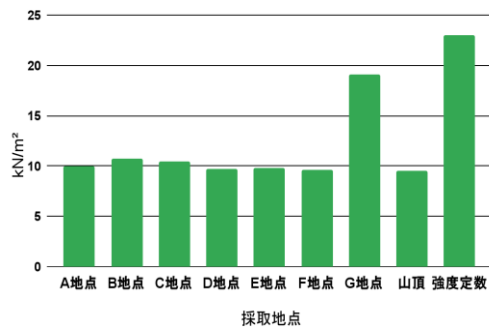


しかし、すべての地点の密度が 2.3g/cm^3 を下回っており、時習の森内の土壌はすべて有機質を多く含む土壌であると判断でき、粘性がなく土の成分による表層崩壊発生の優位性はないのではないかと考察している。

4 【せん断強さの調査】

我々が立てた 2 つの仮説がどちらも棄却されてしまったため、我々は新たにせん断強さという観点から表層崩壊発生の危険性を調査した。せん断強さとは、単位面積当たりの土の荷重によってはたらく斜面下向きの力である。我々は表層崩壊地点でのせん断強さを土の荷重に耐え得る限界の値である強度定数として定め、各地点でのせん断

強さと比較することで最も表層崩壊が起りやすい地点を発見しようと考えた。前述の実験で各地の土壌粒子密度を求めている計測しそれを内部摩擦角として用いて想定滑り面を1 mとしてせん断強さを求めた。その結果（下部グラフ参照）



G 地点以外は 10kN/m²程度に収まっていたのに対し、G 地点は 19.6kN/m²となっており強度定数の最も近い値になっていることがわかった。これらの結果から我々は G 地点が現状最も表層崩壊が起りやすく時習の森において最も危険な地点であるといえる。また地質図によると、この G 地点というのが粘土質と非常に近くなっており、もしこの G 地点で崩壊が起こった際には粘土層が滑り面として連動して崩壊することが考えられるためその崩壊の危険性は時習の森だけでなく近隣住宅（下部画像矢印方向）にも及ぶ可能性が非常に高くなると考察している。



5 【結論】

今回の我々の活動から時習の森において危険であると考えられる地点は G 地点であるとわかった。この危険性が近隣住宅にも及ぶことからハザードマップを時習の森内だけでなく視野を広げて地域全体として安全

ためそれらの情報を持ちいて各地点の単位面積あたりの土壌の重さを求めた後破壊面に対する垂直応力を求め、各地点の傾斜を

性を高めていきたいと思う。

参考文献

地質の解説(N,d):https://www.web-gis.jp/GS_Topics/Doshasaigai/Doshasaigai2.html.

神戸大学、豪雨による自然斜面の表層崩壊メカニズムおよび対策に関する研究
:<https://da.lib.kobe-u.ac.jp/da/kernel/D1006432/D1006432.pdf>.

アグロカネショウ(N,d):<https://www.agrokanesho.co.jp/>.

土壌圏、グローブ日本事務局編、Globe Teacher's Guide(Protocols).

近畿高校土木会、「解いてわかる！土質力学」、オーム社、2012.

仙台市 HP 「仙台防災ハザードマップ」 .
<https://www.city.sendai.jp/anzensuishin/kurashi/anzen/saigaitaisaku/hazardmap.html>

渡邊 恭伸 (2006). 「古代東北窯業生産の成立と変遷」 .<https://tohoku.repo.nii.ac.jp/record/76019/files/L1H180217.pdf>