

松代牧内地すべりの土質力学的考察

信州大学工学部 正真 川上 浩

1. まえがき 昭和40年8月から始まった松代群衆地震は41年9月にオリーブを迎え地震活動が活発になったが、9月17日に牧内において幅150m長さ250mにおよぶ大規模な地すべりを発生せしめるに至った。地震に伴う地殻の変動により、41年4月より牧内周辺地区で地割れが発生しはじめ牧内では8月末に地割れが生じている。¹⁾ また湧水も41年5月より発生しはじめ、その数を増えているが、8月になり湧水地点数は急増し、牧内周辺は9月からはじめから湧水しはじめている。²⁾

松代地区は現在活動している地すべり地帯には属していないし、また長野県内地すべりの大部分を占めるオウ紀層地すべり地(砂岩・泥岩・凝灰岩の互層)とも岩質を異にしている。松代周辺は陸化した頁岩とそれを貫く珪岩・石英閃緑岩および鮮新統・洪積統の火山岩類が分布するといわれる。³⁾

地すべりが発生した直接の原因は被圧地下水の発生であることは論をまたないが、地すべり地とえた土質試料の試験結果をもとに安定解析を試み、どの程度の水圧が作用したものを検討する。

2. 概況 図-1の平面図に示したように牧内周辺では+490~510の等高線沿いに湧水しているが、地すべりはこの少し上部に滑落崖をつくって滑動している。地元の人々によれば、すべりは図中A、Bの矢印で示したような順序で生じたとのことである。A線に沿う縦断面にボーリングの結果^{3,4)}を記入してみると図-2のようになる。すべりが生じた部分の平均傾斜は約20°、滑落崖下に内緑岩基盤が急峻斜で落ちこみその上に内緑岩風化礫を主とする粘土、礫混り礫層、礫混り粘土層が堆積している。地すべり地下方は礫混り粘土、粘土混り礫が互層をなして厚く堆積し、数多くの押し出しによる堆積であることを示している。

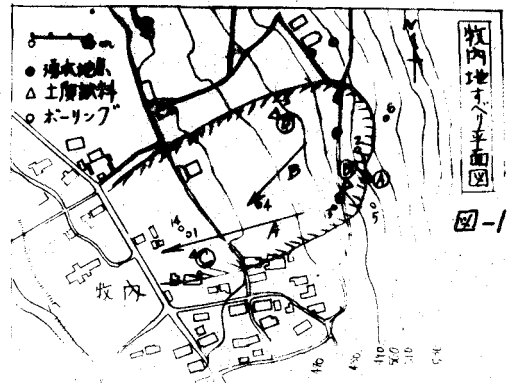
表-1

試料記号	(A)	(B)	(C)	(D)
土質	内緑岩風化粘土	内緑岩礫混り粘土	青色粘土	shell風化粘土
分類	粘土質ロ-4	礫質ロ-4	粘土	シルト質ロ-4
粒	粒分	1	25	0
	砂分	33	33	27
度	シルト分	43	26	37
	粘土分	23	16	36
細度	L.L.	42	32	39
	P.I.	20	7	17
	G _s	2.75	2.74	2.75

3. 土質試験結果 地すべり地内よりえた土質試料(A)~(D)の試験結果は表-1の通りである。試料(A)は滑落崖より礫が含まれていない所を選んだため粘質粘土であり、(B)は滑落崖直下の滑り面となったと思われる部分の試料である。(C)は押し出し土

の中に点在していたもので古いすべり時に生成されたと考えられるが、量的には僅少で分布も不明である。(D)は地すべり地比側に分布するshell風化粘土で古い押し出しの一部をなしている。

(B)、(C)、(D)は乱れた試料であるが、(A)のみは乱れない試料により三軸圧縮非排水試験を行ない、φ、cを決定した。図-3に60°斜面上の直応力、せん断応力の軌跡を示した。試料は不飽和のため、これを水中セットし、かつBack Pressureを2.5 kg/cm² 加えているが、完全飽和すること



はできなかったようであるが、土圧の発生は完全ではない。試料は滑落崖の上かぶり 2 m のところから採取したものであるが、過圧密されておらず、推察され、バウトルカーブの破壊点は一面所に集中する結果となり、明確な包絡線は決め得ない。忠実な包絡線を引けば $\phi=26^\circ$, $c=3.5 \text{ t/m}^2$ の値となる。通常の値に比し c が過大であるが、完全飽和されていないことおよび過圧密の影響が考えられる。④、⑤両試料の粒度の比較からみても④試料に礫が混入したものがすべり土の大部分を占めると考えられる。かかる礫の混入によりせん断定数が影響をうけることは当然であるが、礫混入が 25% 程度ならば ϕ にはどう大きな影響はないと考えてよい。⁵⁾ 特にこの場合の礫は風化が甚し、礫の一部が指圧により細粒化するほどであるからせん断抵抗としては細粒土のみの値を用いても差支ないものと判断される。

4. 安定解析結果 以上の結果より $\phi=26^\circ$, $c=3.5 \text{ t/m}^2$ とし Bishop の式により解析すると地すべり以前の状態では臨界すべり面の安全率は 1.46 となり、実際に崩壊した形よりも若干深くなる。さらにすべり面に土かぶり重量に比例した水圧を考慮すると、水圧が土かぶり重量の 1.6 倍の時滑動することになる。地すべり後 1 年以上経過した 4 年 11 月と 4 年 4 月における長水地方事務所の新井水圧の調査によれば、⁴⁾ 33 m 深さ $c=14 \text{ m}$, 20 m 深さ $c=12 \text{ m}$ の水圧が作用しており、地すべり発生時にはかなりの大きさのものと推察される。

したがって土かぶりの 1.6 倍程度の水圧では危ういと考えられる。そこで潜水点を中心とする長さ 30 m の区間にのみ三角形分布の水圧を設定すると、安全率を 1 にする水圧は潜水点からすべり面上 40 m の高さの三角形となり、潜水地点の標高分布から考えれば大体妥当な値ではないかと考える。牧内地すべりはこのような局所的な異常な過剰水圧による滑動であると推察できる。

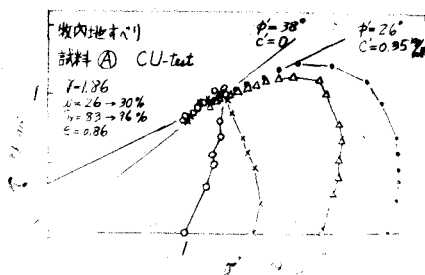


図-3

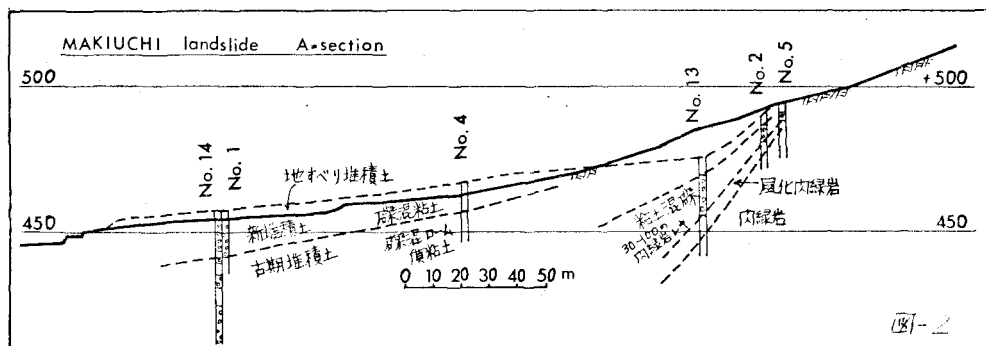


図-4

- 文献1) 東京管区気象台・長野気象台, "地震調査報告・木沢群発地震(木沢震)" 昭和42年3月 p.21-23
- 2) 杉山隆二・御原保典, "松本地すべりの地質学的考察" 松本地震と地すべりに関するシンポジウム報告書
- 3) 長水地方事務所, "昭和41年度長水地区災害復旧工事地質調査報告書" 日本建設
- 4) 長水地方事務所, "昭和41年度松本市地区地すべり土壌調査報告書" 44号・サークル・1
- 5) 川口三治, "礫混り飽和粘土に於ける過剰水圧" 土木学会第2回年次講演会概要 昭和42年5月