

地すべりの変状と地表変位ベクトルによる三次元すべり曲面の推定

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 学生員 宮澤圭

○学生員 山本真

要旨 本研究は、地すべり地の地表変状の発生位置および地表の諸物体の三次元移動軌跡を用いて、地下すべり面の三次元曲面形状を推定するものである。この手法は主すべり面の形状を二次の曲面方程式で近似して推定することにより、地すべりを立体的にとらえることができる。よって、斜面の安定解析や詳細なボーリング調査の際の指針となり得るほか、地すべり影響領域の推定などの防災対策にも有効に利用できるものと考えられる。

解析理論 この解析は、“亀裂や段差で分断された個々の移動土塊は、地下に形成された連続的な主すべり面上を集团的に移動し、移動するブロックの変形量は移動量に比べて無視できる。”という仮定を基礎とする。本稿では主すべり面の曲面方程式を次式で表す。

$$H = aX^2 + bXY + cY^2 + dX + eY + f \quad (X, Y: \text{平面座標値}, H: \text{標高}, a, b, c, d, e, f: \text{パラメータ})$$

上式に、各変位追跡点(j)からすべり面までの深さを未知数: D_j として与えて得られる残差式と、上式が境界点を通るという条件から境界点の座標値を代入して得られる残差式を最小自乗法で処理して曲面式を導く。

解析対象地域と地表変位ベクトル 解析対象地域と変位追跡点の移動ベクトルを図-1に示す。移動ベクトルは2回の空中写真測量により写真上の各種の地物から検出したものである。

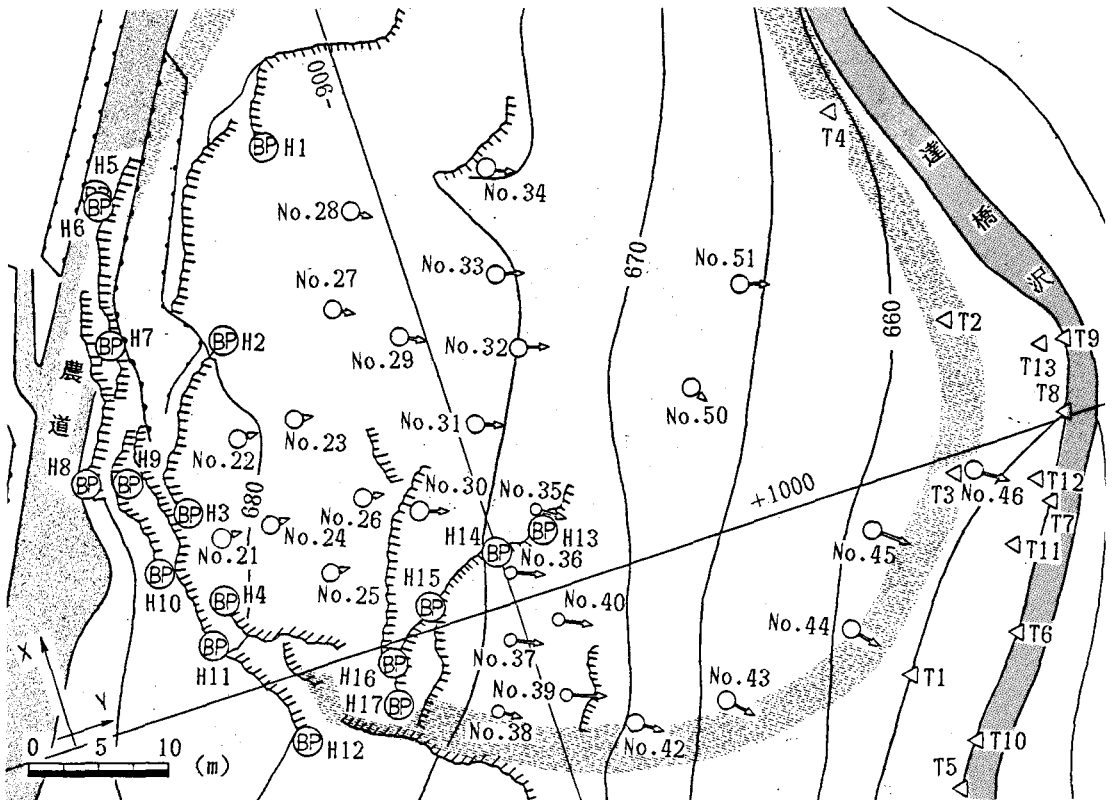


図-1 解析対象地域(長野市芋井広瀬地区)の平面図と変位追跡点の移動ベクトル

測量:1989年10月5日, 同年10月10日(空中写真測量, 2回)

解析No.9による推定地すべり境界

H1~H17:上部境界点

T1~T13:下部境界推定点

No.21~51:変位追跡点

解析手法および考察

亀裂や段差の近辺や、小規模のブロックに含まれる変位追跡点のベクトルには局所的な破壊の影響が入る。また、副次的に起こった地すべりによるベクトルは局部的にその他のベクトルと異なる動きを示す。この地すべりでは、測点No.36~46のベクトルにはH13~H17の境界点より下方の斜面で二次的に起こった地すべりの影響が大きく関与しているものと思われる。これらの考察の下に信頼性の高い変位追跡点:No.22,23,24,25,27,28,29,31,32,33を基本的なデータ点とし、これに他の変位追跡点:No.21,26,30,34,51のデータを表-1のように組み込んで解析した。また、上部の顕著な段差を重視し、境界条件として上部境界点:H1~H12の中から連続性の認められるものを組合せ、表に示すようなA,Bに分類し、解析に用いた。

表-1 変位追跡点および上部境界点の
各種組合せで得られる曲面要素

解析用の 上部境界点		A:H1,H2,H3,H4 B:H5,H7,H9,H10,H11,H12					図-2 投影断面図上における変位追跡点の移動ベクトル													
解析 No	基本変位追跡点:No.22,23,24,25,27,28,29,31,32,33					(脚部境界点標高) -(すべり面標高) (m)														
	追加使用変位追跡点					境界					H=aX ² +bXY+cY ² +dX+eY+f					T3 T2 T4 T1				
	21	26	30	34	51	a(X10 ⁻³)	b(X10 ⁻³)	c(X10 ⁻³)	d	e	f(X10 ⁰)	T3	T2	T4	T1					
①						A	27.5	-30.6	17.5	-83.5	61.9	70.7	-29.7	-9.4	13.7	-55.2				
②						B	9.2	0.5	12.5	-18.2	21.5	19.2	0.9	3.7	4.2	-5.0				
③	○					B	11.3	-1.9	16.0	-24.6	30.0	26.3	-1.5	2.6	5.8	-8.6				
④		○				B	9.3	0.4	12.6	-18.4	21.7	19.5	1.0	3.9	4.5	-4.9				
⑤			○			B	9.1	0.1	12.8	-18.4	22.4	19.7	-0.4	2.4	3.4	-6.2				
⑥				○		B	9.1	-0.4	11.4	-18.9	20.2	19.0	3.4	6.9	7.9	-3.7				
⑦					○	B	10.9	-2.1	17.3	-24.1	32.6	27.3	-6.7	-3.2	0.7	-12.6				
⑧		○	○			B	9.2	0.0	12.9	-18.7	22.6	20.0	-0.3	2.6	3.7	-6.2				
⑨		○	○	○		B	9.2	-0.9	11.7	-19.4	21.4	19.8	2.1	5.8	7.3	-5.0				
⑩				○	○	B	11.2	-3.9	16.8	-26.4	33.4	28.8	-5.0	-0.1	5.0	-12.5				
⑪		○	○		○	B	10.9	-2.3	17.4	-24.2	33.0	27.6	-7.2	-3.5	0.5	-13.0				
⑫		○	○	○	○	B	11.2	-4.1	16.8	-26.5	33.7	29.0	-5.6	-0.6	4.8	-13.1				

図-2(a)ではNo.44,45のベクトルがほぼ水平な動きを示すのに対し、No.46は下降している。これはこの点が地すべり末端部の河川に面した急斜面上に位置するためと考えられる。また上部境界は、解析No.①と②の比較の結果Bを用いる。また変位追跡点:No.26,30は解析に加えてもパラメータに顕著な変化が見られない。よってこれらの点の動きは全体の動きと一致するものと考えられる。解析No.⑨で得られた地すべり影響圏(すべり曲面と地表面の交線)を図-1に示す。推定地すべり境界はT3の直上にあられ末端部にNo.44,45を含む。この境界は図-2(a)のベクトルの全体的な傾向によって推測できる移動ブロックとよく対応する。No.46の挙動は上記のように、地すべり脚部下方の副次的な動きと考えられる。

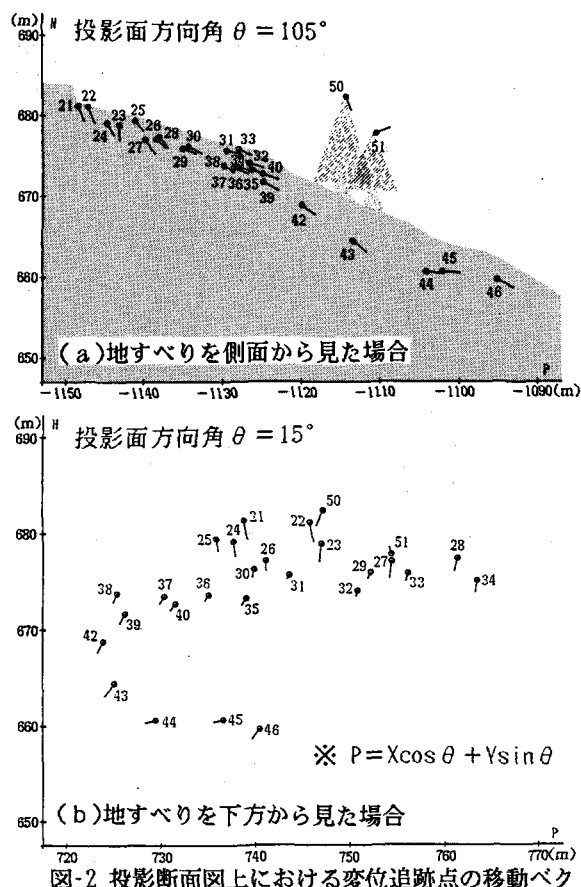


図-2 投影断面図上における変位追跡点の移動ベクトル