地すべり地における降水量と移動量に関する二・三の考察

Some Considerations about the Volume of Rain and Displacement in Landslide Area

藤井	弘章*	(Hiroaki Fujii)
堀	俊男**	(Toshio Hori)
島田	清***	(Kiyoshi Shimada)
西村	伸一****	(Shinichi Nishimura)

ある地すべり地で得られたボーリング孔内水位、地すべり面変位、地表面変位(移動杭、伸縮計)、降水量等 の関係を検討し、地すべり運動機構の定量的な評価をしようとした。最初に観測結果の変動パターンを整理し、 次にデータ相互の関係を考察する。そして、それらを総括して地すべりの運動機構及び運動条件を明らかにした。 その結果以下のことが明らかとなった。(1)水位変動が観測日直前の7日間の累積降水量に最も影響される。(2) 地表面及びすべり面の移動量と累積降水量は全体としては線形関係にあるが、細かくみると変位に緩急があり7 日間降水量>10mmの降水頻度に影響をうけている。(3) 傾斜計の水平変位からすべり面上における変位ベクト ルを求め、ブロック全体にわたる変動状況が把握できた。(4)伸縮計と他の計測器相互の移動量を考察し、本来不 動点と考えている地点の移動状況が推定でき、キレツや頭部級みゾーンの発達過程が解明できた。 単に個々の 計器だけでは不規則な挙動も、計器相互間のデータを総合的に考察することにより地すべりの運動モデルが確立 できることを示した。

キーワード:降雨、地すべり、斜面安定、事例、すべり面 E6

1.まえがき

ある地すべり地において得られた孔内水位、孔内傾斜計、地盤伸縮計、移動杭の移動状況と降水量の関係につ いて考察を行ったので報告する。

地すべりは、わが国における代表的な自然災害であり、中国地方もその例は多い。その形態は千差万別であり、 それぞれの地域特性・地質特性に影響される。したがって、これら各地の地すべりの事例の集積が重要となる。 さらに、これらの地すべりを防止するためには、その挙動の的確な把握とその機構のモデルの確立が望まれる。 本研究は一地すべり地で観測された各種データをもとにその地すべり挙動を知ろうとした。

地すべりの実態を把握するために、一般に孔内傾斜計・地盤伸縮計・移動杭による変位あるいはひずみの測定、 及びボーリング孔内水位測定が行われる。その中で、地すべりの挙動を知るために孔内傾斜計ですべり面を探知 し、伸縮計と移動杭によって地表変動を測定する。例えば、斉藤(1966)¹⁾、福囿(1985)²⁾は地表変動計測のうち 伸縮計によって得られたデータを利用して地すべりの滑落時間の予想が可能であるとしている。また、地すべり のメカニズムを知るために孔内水位変動を把握することは重要である。例えば、森野(1985)³⁾、Ogawa,S. etal (1987)⁴⁾は、孔内水位変動と降水量、さらに、降水量及び地下水位と移動量との間には密接な関係があるとして いる。しかし、降水量と孔内水位変動量ならびに移動量との関係を定量的に扱っている例は少なく、さらに、移 動量についても複数の計測手段によって得られたデータを総合的に解析した事例は少ない。

これらのことより、本論文では降水量、特にある期間の累積降水量と地下水位の関係について定量的な考察を 行い、また、計測器相互間のデータを総合的に考察しようとした。そして、それらの解析手法を明らかにすると 共に、当地すべりの運動モデルを確立しようとした。

* 岡山大学農学部(農業造構学) 教授、
 *** 岡山大学農学部(農業造構学) 助教授、
 ***** 岡山大学農学部(農業造構学) 助教授、

2. 地すべり地の概要と計測内容

対象とする地すべり地(以後A地区と呼ぶことにする)の地質は古生代三郡変成岩類及び一部白亜紀火成岩類 より構成される。地すべりの移動ブロックは長さ2105%、幅1205%、最大層厚405%の規模で、すべり面は 平均的に25~30度の勾配を成す。すべりの方向を図-1中の矢印で示す。この地すべり区域内に、表-1及

<u></u> 表一1 A地区地	すべり地の概要と	と計測内容	
	移動ブロッ	クの概要	
長さ	幅	最大層厚	すべり面勾配
210m	1 2 0 m	4 0 m	20~30度
計測内容	記号	観測期間	備考
孔内水位、傾斜計			
I1, I2,	۲	83.3 ~91.3	
I 3	۲	83.3 ~87.6	87年 6月に測定不能
		87.12~91.3	近接する別孔に再設置
I4, I5	0	86.11~91.3	水位データのみ
伸縮計			
S1, S2	Q	86.11~91.3	自記記録による
S3, S4	0	87.12~91.3	連続測定
移動杭			(測定間隔)
V3, V4, V	5 🔺	86.3 ~91.3	1回/3~4ケ月
Н7, Н8		86.3 ~91.3	11

び図-1に示した計測器が設置されている。地すべりブ ロック内のやや北よりの山頂から谷部にかけての断面上 に3本のボーリング孔Bor.2, Bor.1, Bor. 3がある。この断面を主断面とし、その測線を主測線と 呼ぶことにする。また、中央部南側に2本のボーリング 孔 (Bor. 4, Bor. 5) がある。そして、これら のボーリング孔は地下水位及び傾斜計観測孔に利用され ており、それぞれ12,11,13,14,15と呼ぶ。 地表面の動態観測を目的として地すべり冠頭部から中央 部にかけてS1, S2, S3, S4の地盤伸縮計が設置 されている。また、地すべり末端部に V3, V4, V5, H7, H8の5地点の移動杭が設けられている。これら のうち、地盤伸縮計のみが自記記録による連続測定であ るが、孔内水位、傾斜計及び移動杭は定期的な手動計測 によっている。 表一1 に示す各種計測器の設置時期が異 なっているので、孔内水位、孔内傾斜計が8年間、伸縮 計が3年4ケ月~4年4ケ月間、移動杭が5年間の観測 値である。





3. 孔内水位と累積降水量の関係

ボーリング孔内の地下水位は明らかに降水に影響されるが、降水のパターンつまり何日前の、また、どの程度 の降水に影響されるか知ろうとした。

A地区のボーリング孔5地点の中でI1地点を除く4地点では降水に対する水位変動がほとんど観測されず、 したがって、孔内水位変動が比較的顕著なI1地点を例にとり、観測日直前より一定期間の累積降水量と孔内水 位の関係を調べた。一定期間として3日、5日、7日、及び15日間の4ケースを選び、図-2(a,b,c,d)



図-2 累積降水量とI1孔内水位上昇量の関係

に累積降水量とI1地点の孔内水位上昇量の関係を示す。ここで水位上昇量とは観測期間中の既往最低水位(全 孔ともすべり面以深のほぼ孔底)からの上昇量である。4ケースのうち、(a)3日間と(b)5日間について、降 水量Rが0mmの場合においても12~14mの水位上昇量を示しているものもある。しかし、降水がまったく 無いとき、I1の孔内水位はボーリング孔底にあることが観測結果から判っている。したがって、12~14m 水位が上昇するのは測定日を含め3~5日以前の降水の影響によるものといえる。また、(c)7日間の場合、降 水量が0mmで水位上昇しているのは1点でのみであり、7日以前の降水の影響はほとんど受けていないとして 良い。さらに、降水量が150mmを越えると水位上昇は14mで一定値になる。それに対し、(d)15日間累 積降水量の場合、降水量が0mmで水位が上昇するものはまったく無い。R≒200mmの降水量でも4~8m 程度の水位上昇にとどまっており、(c)のケースほど14m付近に収束していない。すなわち、(c)のケースに 示されるR≒200mmの降水で上昇した孔内水位が、降水後15日程度経てば水位低下しているものと推定で きる。ここで、R=150mm以上で水位上昇量がほぼ14m付近に一定になるのは、この高さに余水吐的な透 水性の非常に大きな地層があり、これ以上の貯留水を排水しているものと推定される。ここで、この3ケースに ついては図中〇印で示したR<150mmのデータに限り((d)については全データ)相関係数を求める。それ ぞれ1次回帰させた結果、表-2に示す相関係数が得られた。すなわち、7日間累積降水量の場合がr=0.6 60で最も大きい。このことから、I1地点の孔内水位が7日間程度の先行降水量に最も支配されて変動してい るとして良い。

表一2 I1水位上昇量一降水量相関係数

encode and the second	Annual state of the second state of the second state of the second state of the		Contraction of the second s	
累積日数	3 日	5 月	7 日	15日
相関係数(r)	0.365	0.407	0.660	0.439

4. すべり面の挙動

4.1 すべり面の推定

I2, I1, I3の観測日別の深さ方向の変位分布を図-3に示す。



孔内傾斜計からは2方向の水平変位が得られるが、ここで示しているのは主断面上の水平変位である。なお、 図中の8403は1984年3月の測定値を示す。I2, I1, I3はそれぞれGL-40m, -35m, -2 0mの深度で大きく移動しているが、その他の深度ではほとんど変化していない。これをさらに明確にするため に、1991年3月時点における深度別の総移動量を図-4に示した。すなわち、これらの深度がすべり面と判 定される。なお、I3については、図-3,4のいずれも1987年12月の再設置後の観測データを示したも のである。



図-4 孔内傾斜計深度別総移動量(1991年3月現在)

4.2 すべり面移動量に関する考察

1983年3月から1991年3月までの8年間のすべり面の水平移動量は、I2が27mm、I1が46m m、I3が60mmである。したがって、それぞれの年平均移動速度はそれぞれ3.4mm/年、 5.8mm/年、 7.5mm/年となる。すなわち、水平移動速度は地すべり冠頭部から斜面下方になるにしたがい順次大きくなり、 末端部のI3地点では冠頭部I2地点に比して約2.2倍の速度で変位している。このことから、当地区の地す べりが地すべり頭部に比べ末端部ほど活発な動きをしているように見える。しかし、地すべり頭部ほどすべり面 勾配が急である答であるから、冠頭部では変位の水平成分より鉛直成分の方が卓越しているといえる。これに基 づいてすべり面に沿った各地点の変位を算定する。いま、すべり面の形状は定かではないが主断面におけるすべ り面の位置から図-5に示すように平均勾配が算定できる。ただし、すべり面の始点は現地の地形から定めた。 これによってすべり面に沿った移動量、つまり、各点の変位を算定する。図-5中のI2, I1, I3地点にお けるすべり面勾配よりそのすべり面に沿った変位は、I2が36mm、I1が51mm、I3が65mmとなる。 これらの平均値は51mmであり、中間点のI1の移動量に等しい。すなわち、I1を中心に±15mmの範囲 にある。



図-5 すべり面変位ベクトル図

4.3 すべり面移動量と降水量の関係 図-6に移動量と表-1に示す観測期間中の 累積降水量との関係を示す。3地点ともに降水 に対して敏感に反応している。両者の一次回帰 を求めれば図中の直線のようになり、相関係数 はr=0.98~0.99でよい相関を示す。 すべり面変位は3地点ともに累積降水量3,0 00mm及び6,000mm付近で移動速度を 小さく階段状の形を呈している。これは、5. 2で後述するように、当地区の地すべり運動が 単に降水量のみでなく7日間降水量の出現パタ ーンに支配されているものと思われる。

これらのすべり面移動量、移動速度及び降水 量との関係を表-3に示す。



図-6 すべり面水平移動量と累積降水量の関係

表一3 すべり面水平移動速度及び移動量と降水量の関係(1983年3月~1991年3月)

	水平移動量(mm)	移動速度(mm	/年)	関係式		相関	係数	r
I 2	2 7	3.4	у = 0.	$0 \ 0 \ 2 \ x + 1 \ . \ 2$	20	0.	99	2
I 1	4 6	5.8	y = 0.	$0 \ 0 \ 5 \ x - 0$. 0	43	0.	98	7
Ι3	6 0	7.5	$ \times y = 0 . $	$0 \ 0 \ 6 \ x - 1$. 8	85	0.	99	3

ここに、y:水平変位(mm), x :降水量(mm)

※ I-3の関係式は1987年12月~1991年3月間のデータについて解析

5. 降水と移動杭の関係

5.1 降水量と水平移動量

移動杭測定は地すべりプロック外の基準点を不動点 とし、1986年3月より原則として3ケ月に1回実 施されている。

図-7に主測線上の移動杭V5の水平移動量と累積 降水量との関係を示す。両者の一次回帰線は図中の実 線のように示され、相関係数rは0.993と大きい。 これと同様に、他の杭も相関性の良好な結果が得られ た。これらの回帰式と相関係数をまとめ、表-4に示 した。また、同表には1986年3月より5年間の総 水平移動量及び平均移動速度を記した。いずれの地点 も相関係数r=0.98~0.99で良好な相関性を 示している。すなわち、移動杭の移動量は降水に密接 に関係している。



図-7 V5水平方向移動量と累積降水量の関係

杭番号	移動量	平均移動速度	降水量との関係式	相関係数 r
V 3	56mm	11mm/年	y = 0.008 x - 1.95	0.989
V 4	77	1 6	y = 0. 0 1 2 $x + 0$. 3 2	0.989
V 5	6 1	1 2	y = 0. 0 0 9 $x + 1$. 3 9	0.993
Н 7	4 7	9	y = 0. 0 0 7 $x - 0$. 0 7	0.995
Н 8	3 0	6	y = 0. 0 0 4 $x - 1$. 3 9	0.986
	22K. v:1	多動杭水平変位 (*	mm) x:降水量 (mm)	

表一4 移動杭水平方向移動量と降水量の関係(1986年3月~1991年3月)

ここに、 y:移動机水平変位(mm), x:降水重(mm

5.2 移動量と降水パターン

前節の図-7にみられるように、移動杭水平移動量と降水量は良好な相関があるが、個々の点は大きく振動す るように増加している。これは、単に降水量だけでなく、降水形態に関係するものと推定される。そこで、孔内 水位変動の顕著なI1地点に近接する移動杭V5について、移動量と降雨強度との関係を求めた。図-8a,b は、それぞれ移動量と24時間あるいは7日間の連続降水量との関係を示している。なお、降水量と水位変動量 データは移動杭の観測間隔3ケ月の期間中の最大値を採用した。降雨強度との関係は図-a,bいずれの場合も 降水量100mm付近以下のデータにばらつきはあるが、正の相関を示す。

前述のように移動杭の測定間隔が3ケ月~4ケ月であるためその間の降水パターンは多種多様である。前節で 述べたように、孔内水位変動には測定日直前の7日間降水量(R(7d))の影響が大きかった。そこで、ここでも 7日間降水量(R(7d))と移動杭V5の移動量との関係に着目する。



a. 24時間連続降水量

b.7日間最大降水量



そこで、いくつかの降水量を指標とする。図-2(c) から判るように、R(7d)が100mm以上の降水は12 点のみであり、しかもそのうち10点はほぼ一定値に達 している。一方、100mmの1/2のR(7d)=50m m、また、その約1/2のR(7d)=30mm、さらに約 1/4のR(7d)=10mmでは多くの測定結果がある。 したがって、それらの7日間累積降水量を指標とし、そ の降水パターンの出現頻度と移動杭V5の水平移動量と の関係について図-9に示した。

3ケースともに正の相関性がある。図9ーa~cから 当然降水量が大きくなるほどその降水パターンの出現回 数は少なくなる。図から明らかなように3ケースともに、 相関係数r \doteq 0.7 ~ 0.8 とほぼ等しい値を示してい る。その中で、50mm以上の出現回数をパラメーター にした場合がr = 0.809と最も相関性が高い。すな わち、V5の水平移動量はR(7d)>10mmの降水の出 現顔度に影響を受け、降水量が大きければ大きいほど、 また、その出現回数が多ければ多いほど大きいといえる。









6. 伸縮計による移動量

6.1 各伸縮計移動量の関係

図-1の4地点の伸縮計の累積移動量と測定期間中の累積降水量の経時変化を図-10に示す。これらの伸縮 計の動きから表-5のように5期に分けられる。なお、同表には、各期の伸縮計の動きを整理し、各期の平均の 移動速度を示した。

ここでは想定地すべり主測線冠頭部付近にあるS4及びその直下のS3を中心に考察する。図−10にみられ るように、全期間を通じ、S4は引っ張り、S3は圧縮傾向を示す。これらの移動量を△(S4), △(S3)で表





図-10 伸縮計移動量経年変化図(1986.11~1991.3)



期 間	S 1		S 2		S 3		S 4 ·	
	方向	移動速度	方向	移動速度	方向	移动速度	方向	移動速度
I 期 86.11~87.11	圧縮	3.96	引張り	0.79	未)	:設置)	(🤊	未設置)
Ⅱ期 87.12~88.7	圧縮	4.06	引張り	6.42	圧縮	6.90	引張り	5.14
Ⅲ期 88.8 ~89.3	圧縮	1.50	引張り	3.85	圧縮	2.74	静止	
Ⅳ期 89.4 ~90.6	圧縮	4.11	引張り	4,57	圧縮	4.56	引張り	1.71
V期 90.7 ~91.3	圧縮	7.24	引張り	1.90	引張り	3.61	引張り	3.42
全期間	圧縮	4.54	引張り	3.63		2.30	引張り	1.99
		移動速度:	m m/年	940-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-0				

表一5 伸縮計移動状況 経年変化総括表 (1986.11~1991.3)

す。ただし引っ張りを正とする。また伸縮計S4の山頂側及び山裾側の端点をS4u, S4dとし、また、S3 についても同様にS3u, S3dとする。そして、△(S4u)、△(S4d)、△(S3u)、△(S3d)をそれぞ れの端点の移動量とする。ただし、いずれも下方への移動を正とする。これら端点の位置関係を図-11に示し た。ここで、S4dとS3uは図-11に示すようにほぼ同一地点と考えられる。

伸縮計は2本の杭間の相対的移動量を表すものであるから、

$\Delta(S 4) = \Delta(S 4 d) - \Delta(S 4 u)$	* * * * * * * * * * * *	(1)
	• • • • • • • • • • • • •	(2)
となる。そして、S3uとS4dはほぼ同じ地点と考えられるから、		
		(3)
と仮定できよう。		

ここでS4、S3の各期の動きを概括する。

第1期:1986.11~1987.11

S1, S2のみが測定された時期である。

第Ⅱ期:1987.12~1988.7

S1, S2に加えてS4, S3の測定も開始された。S4が引っ張り(△(S4)>0)、S3が圧縮(△(S3)
 <0)であるが、その移動速度の絶対値はほぼ同じである。これらのことから(1)~(3)式より、

となる。すなわちS4d,S3u地点の移動が大きい。

第Ⅲ期:1988.8~1989.3

S4は見かけ上静止している (△(S4)=0) としてよい。一方S3は、移動速度の絶対値は第Ⅱ期に比較し て小さいが圧縮 (△(S3)<0) が進行している。しかし、(1)~(3) 式より、

(S 4 u) = (S 4 d) = ((S 3 u)) > ((S 3 d)) (5) でなければならない。すなわち、静止状態にみえるS 4 u 地点を含め、第 III 期はすべての杭が下方へ移動してい ることになる。

第Ⅳ期:1989.4~1990.6

S4は停止状態から再び引っ張り状態に転じ(△(S4)>0)、S3は圧縮(△(S3)<0)が進行している。 しかし、その移動速度の絶対値は△(S4)<△(S3)の関係にあり、特に、S4は静止に近い。式で示すと、 (4)式あるいは(5)式に近い。第Ⅲ期と同じように、第Ⅳ期についてもS4u地点を含めすべての杭が下方 へ移動している可能性が大きい。

第V期:1990.7~1991.3

S4は引っ張り(△(S4)>0)の移動速度が第Ⅳ期に比べて大きくなる。一方、S3は圧縮量が減少して引っ張りに転じる(△(S3)>0)。

したがって、(1)から(3)式より、

△(S4u)<△(S4d)≒△(S3u)<△(S3d)</p>
(6)
となり、見かけ上S4u地点以外すべて下方へ移動したことになる。

6.2 各端点の動き

ここで、前節までのことから各地点の動きについて考察する。

S 4 u 地点;

第Ⅲ期は移動していると言え、また第Ⅳ期についても移動しているものと考えられる。第Ⅱ, V期は見かけ上 不動である。しかし、第Ⅲ, Ⅳ期の挙動からみて他期も動いている可能性が高い。すなわち、この地点のさらに 上方に亀裂のあることが推定できる。そして、表-5の第Ⅲ~Ⅳ期におけるS4, S3の平均移動速度を用いる と、式(5)を参考に、5.3mm(= {2.7×0.67} + {(4.5-1.7)×1.25})以上となる。 S4d地点(≒S3u地点);

全期間下方へ移動していることになる。そして、(4)~(6)式から第V期を除き、他の端点に比べて最も 大きく移動している。したがって、S4u地点とS4d地点の間にはかなり大きな亀裂が発生していることが判 る。また第V期には、第IV期の(5)式の関係から(6)式の関係に変わっている。すなわち、この期間にS4 u地点とS4d地点の間及びS3u地点とS3d地点の間に新たな亀裂の発生、あるいは、亀裂の拡幅が考えら れる。第Ⅱ~V期の移動量は、S4u地点を不動点とすると、表-5を参考に、

第Ⅱ期 …… 3.4mm (=5.1(mm/年)×0.67年)

第Ⅲ期 ···· – (停止状態)

第Ⅳ期 ···· 2.1mm (=1.7(mm/年)×1.25年)

第V期 ···· 2.5mm (=3.4(mm/年)×0.75年)

で、計8.0mmとなる。S4u地点は前述のように実際は5.3mm以上移動していることから、合計13. 3mm以上、すなわち、少なくとも13.3mmは移動していることになる。 S 3 d 地点;

第 V 期のみ他のいずれの地点より大きく移動している。それ以外では、伸縮計S3が相対的に圧縮(⊿(S3)<0)し、またその絶対値はS4より小さい。このことから、S3d地点の第 II ~ IV 期における"移動"、"不動"の状況は不明である。ここでは表-5を参考に、S3u地点を不動点として移動量を算定すると、

で、計-9.3mmとなる。この値に上記のS3u地点の移動量13.3mmを加えると少なくとも4.0mm 以上は移動していたことになる。

7.移動量相互の関係

前項までにおいて各計測器による観測結果を別個にみてきたが、ここでは、これら各計器間の相互の関係について考察する。ただし、計測器は図-1に示すように地すべりブロック全体に分布している。そこで、主すべり面上の傾斜計I2, I1, I3とその比較的近傍の各種計器の測定結果を比較する。



図-12 傾斜計I2と伸縮計S3, S4の移動量

I 2 とS 3, S 4 (図 - 12)、I 1 とV 5 (図 - 13)、 I 3 と H 7, 8 (図 - 14)の関係を示す。いずれの場合 もほぼ線形関係にあり、特に、極く近傍にある I 1 とV 5 の関係は r = 0.993 と最も相関が大きく、I 3 と H 7 (r = 0.992)、I 3 と H 8 (r = 0.980)も大 きい。しかし、個々の測定値をみると、すべり面の変位に 対し地表面変位は動きが停滞し、再び移動するという不連 続的な動きをしている。

図-13のI1~V5においては地すべり面より地表面 の方が約70%大きく、I1地点では地表が地すべり面に 対して下方へ回転するような動きをしている。図-14の I3とH7の移動量はほぼ一致しており、地すべり面の動 きは地表面の動きにほぼ等しいとしてよい。一方、やや北 より、H8はI3より小さく、地すべり面の動きは地表面









の動きより小さい。すなわち、H8地点の移動量はH7地点より小さく、H8地点は主断面からはずれていると 思われる。図-12のI2とS3,S4の関係で相関係数が0.955,0.914と他に比べて低い。これは、 前章で述べたように、伸縮計が相対的な変位を表しており、絶対値ではないことによるものと思われる。

I 2 と S 3, S 4 では、前節で設定した 1 9 8 7 年 1 2 月~1991年3月における移動量について以下の推論ができる。これを図ー15を参考に説明する。一般に地すべりの地表面変動は、すべり面におけるセン断現象等による変位が見られてから地すべり地塊の引っ張りや圧縮現象を通して地表面に出現する⁵⁾とされている。この考えに基づけば、傾斜計I 2 地点のすべり面変位は最も近い S 3 d 地点の地表面の移動量に相当する (Δ I 2 $= \Delta$ (S 3 d); 図中⑤,⑥)。したがって、S 3 u 地点の実移動量は伸縮計 S 3 の相対的な移動量(Δ S 3; 図中④)に(Δ (S 3 d); 図中⑤)、つまり傾斜計 I 2 の移動量(Δ I 2; 図中⑦)を加えた、9.3+11.8=21mm(; 図中③)あったものと考えられる。つまり、冠頭部S 4 u 地点では上記 2 1 mmからS 4 d 地点の移動量 1 3.3 mmを減じた 8 mm相当移動(図中①)していることになる。

これらのことから、地すべり冠頭部の伸縮計S4において本来不動点と考えられていた山頂側の杭S4uが移動し、同時に地すべり頭部付近ではS3u地点の実移動量が他の地点に比べて最も大きいことが明らかになった。 すなわち、地すべり発生後、当初の冠頭部クラックが山頂側に進展し、また、S3地点付近に2次クラックが新たに発生している可能性が大きいものといえる。



図-15 地すべり頭部(S4,S3,I2)変位状況説明図(1987.12~1991.3)

8. 結論

ある地すべり地で得られたボーリング孔内水位、地すべり面変位、地表面変位(移動杭、伸縮計)、降水量等の関係を検討し、以下のことが明らかとなった。

(1)当地すべり地の水位変動は観測日直前の7日間の累積降水量に最も影響される。

- (2) 地表面及びすべり面の移動量と累積降水量は、全体としては線形関係にある。しかし、細かくみると変位に 緩急があり、これは7日間降水量>10mmの降水頻度に影響をうけている。
- (3) 孔内傾斜計で計測される水平変位からすべり面上における変位ベクトルを求めることによって、ブロック全体にわたる変動状況が把握できた。
- (4)伸縮計と他の計測器相互の移動量を考察することによって、本来不動点と考えている地点の移動状況を推定 できた。

(5)地すべり冠頭部の伸縮計移動量を解析することにより、キレツや頭部緩みゾーンの発達過程が解明できた。

以上、一事例ではあるが、ある地すべり地で得られた計測データを検討することにより地すべり運動機構の定 量的な評価ができた。単に個々の計器だけでは不規則な挙動も、計器相互間のデータを総合的に考察することに より地すべりの運動モデルが確立できることを示した。また、降水量だけでなく、降水パターンの総合的考察に よって地すべり機構を解明することができた。このような事例を積み重ねることにより、異なった地すべりタイ プの運動モデルの確立に努めることが、地すべり斜面の挙動を予知・予測する上で貴重なアプローチとなろう。 そのためには、現地の計測を出来得る限り密にかつ長期間にわたって実施することが重要と思える。今後は、こ こで述べられたモデルをもとに数値解析を行って斜面の安定度を評価し、また、問題点を明らかにしたいと考え る。

最後に、本研究を遂行するにあたって、地すべりのデータを快く使わせて頂いたA地区の関係各位に深甚の謝 意を表す。

- 9. 参考文献
 - 1)斎藤迪孝,上沢弘(1966):斜面崩壊時刻の予知,「地すべり」,Vol.2, No.2, pp.7-12
 - 2) 福囿輝旗(1985): 表面移動速度の逆数を用いた降雨による斜面崩壊発生時刻の予測法,「地すべり」, Vol.22, No.2, pp.8-13
 - 3) 森野亮宏,草野国重,山崎和彦(1985):地下水位測定による地すべりの予知,「地すべり」,Vol.22, No.3, pp.19-27
 - 4) Ogawa, S., Ikeda, T., Kamei, T. and Wada, T. (1987) : "Field Investigations on Seasonal Variations of the Groundwater Level and Pore Water Pressuure in Landslide Areas," Soils & Foundations, Vo 1.27, No.1, pp.50-60
 - 5) 吉松弘行(1991):地すべり調査技術全般,「平成3年版地すべり防止技術研修テキスト」,上巻, pp.31