東北の巨大地すべり…成沢地すべり…*

宮本 隆一** 鈴木 孝***
Ryuichi MIYAMOTO Takashi SUZUKI

まえがき

平成7年度地すべり学会総会並びに第34回研究発表会が福島市で開催され、現地見学会として福島県いわき市にある成沢地すべりが見学コースの一つになっている。

ここでは、主に現地見学会で成沢地すべりを見学される方々を対象に、成沢地すべり地でこれまで行ってきた地すべり調査対策について紹介する。

成沢地すべりは昭和63年に発生し、民家・市道に被害を与えた大規模な地すべりであり、かつ動きが激しく、下部の国道、人家等の保全対象への甚大な被害が予想され、緊急に調査対策を行ってきた。近年、対策工の進展に伴いその活動も沈静化し、現在に至っている。地すべり発生機構として豪雨等による急激な間隔水圧の上昇等が考えられ、これに対応した地すべり自動観測を実施し、地すべりの監視及び安全管理を行っている。

1. 成沢地すべり地の概要

林野庁所管 ^{なるきわ}成沢地すべり防止区域
指定年月日 昭和62年12月22日
(平成元年9月25日追加指定)
地すべり防止区域面積 77.34 ha
(既指定 16.10 ha 含む)

1.1 位置及び地形

成沢地すべり防止区域は、JR常磐線いわき駅西南西約9.5 km、いわき市好間町大利字成沢地内にあり、東側に建設省所管大土地すべり防止区域が隣接している。

地すべりは、標高350～370 mを冠頭部とし、標高260～270 mを地すべりの末端とする平均傾斜5°の緩斜面に発生している。冠頭部から上部は平均傾斜35°の急斜面となっており、緩斜面との地形変換部（赤井断層）は西北西－東南東の方向性を持ち約5 kmにわたって連

写真-1 成沢地すべり全景

* 平成7年度地すべり学会現地見学会資料

** 福島県いわき林業事務所

*** 福島県森林土木課

图 1.1 位置图

続している。

地すべりの末端は、大利前沢、井田木沢に面する 30°～40°の急崖斜面中腹に位置しているため、大規模な崩壊地を形成している。

1.2 地質概要

本地区の基岩は古第三系の砂岩・泥岩・礫岩・石炭であり、堆積盆の基盤を構成しているのは花崗岩である。地すべり地の背後には赤井断層で境されて、ハンレイ岩が分布している。古第三紀層の地層の走向は N 65°E、傾斜は 10°で東傾斜である。したがって、斜面に対して流れ盤の関係にある。

地すべりの移動層は崖堆積物（ハンレイ岩、蛇紋岩の巨礫を含み、最大層厚 58.6 m）、湖成層（礫混じり砂質土、シルト、細砂で最大層厚 21 m）およびブロック状のハンレイ岩（最大層厚 29 m 以上）で構成されている。

1.3 地すべりブロック区分

(1) Aブロック

Aブロックは、B、C、Dブロックも含めた総称であり、頭部で幅 650 m、斜面長 500~750 m の活動範囲である。Aブロックは、A₁、A₂ブロックに二分される。

- ① A_1 ブロックは、最も激しい滑動（発生後 25 m 水平移動）を起こしたブロックであり、最大すべり面深度は 60 m。地すべりの幅は 360 m、斜面長は 500～750 m である。
- ② A_2 ブロックは、 A_1 ブロックに比べて移動量が小さく（1 m 以下）、頭部に大規模な崩壊性地すべりを有していることで区分される。地すべりの幅 290 m、斜面長 400 m、最大すべり面深度は 70 m。

(2) B₁ ブロック

昭和 61 年 8 月に発生した B₂ ブロック (幅 200 m, 斜面長 200 m, 最大すべり面深度 20 m) を含む。B₁ ブロックは、落差 5 m の明瞭な滑落崖を有し、昭和 63 年 8 月地すべり発生当初から、A₁ ブロックに包括されながらも単独ですべているブロック。幅 200 m, 斜面長 500 m, 最

年 代				柱状	地 質
第四紀	完新世				崖錐堆積物：ハンレイ岩、蛇紋岩の巨礫を含み、礫混じり粘土状を示す堆積物もあるため、1回に堆積したものではなく、少なくとも3回（滑落崖に露出している部分）以上にわたって堆積したことは明らかである。最大層厚はBV-TC-8号孔で58.6mである。固結度は低いが、よく締まっているので本層の多くは更新統に堆積したものである。
	更新世				湖成層：古期地すべりの陥没凹地を埋めて堆積、ハンレイ岩の巨大ブロック状堆積岩体の上位に位置する。下部は礫混じり砂質土、中部はシルト、細砂の互層、上部は礫混り或いは腐植土混じりのシルト、砂となる。N値は13～30、平均23と高く良く締まっている。1万年以上前に堆積、更新統の堆積物と推定される。最大層厚はシルト、細砂で21m、1サイクルで25m、本層下部及び上部に含まれる礫は全てハンレイ岩及び蛇紋岩、円礫はない。シルト、砂はハンレイ岩起源の碎屑物。
					ブロック状ハンレイ岩：地すべり地背後のハンレイ岩体を起源、最大層厚は29m以上。古期地すべりの陥没凹地に背後のハンレイ岩体から転倒または落下、一部では圧砕蛇紋岩または角礫岩状に堆積。
古第三紀	始新世 漸新世	白水層群	石城狭炭層		砂岩礫岩（古生層起源のチャート、粘板岩ホルンフェルス）を主体にし、炭層（亜炭層）を少なくとも2枚挟在する。炭層の層厚は30cm程度。地層の一般的な走向傾斜はN65°E10°E。
中期 花崗岩	基盤岩類		花崗岩		「成沢」地すべりの末端を規制するように分布している。大利前沢から下流と成沢川下流、成沢鉱泉、倒壊した民家の南側に位置する作業道等で花崗岩が露出しているため、大きくは地すべり地の東西に延びる円底形の堆積盆を形成している。花崗岩はハンレイ岩形成後貫入されたものとして（1961「平・川前」地質図幅説明書、地質調査所）、ハンレイ岩体に熱変成作用を与え、一部角閃岩を形成している。
古生代 二疊紀			ハンレイ岩 一部蛇紋岩		地すべり地の西方にある沢で確認される。崖錐堆積層には本層を源岩とする膨大な量の角礫とブロック状の巨岩塊が含まれている。新鮮なハンレイ岩は滑落崖上部に掘削したボーリング孔で見られるため、滑落崖背後の急斜面はハンレイ岩体で構成されていることが明らかである。しかし、この地すべり背後の岩体は亀裂や粘土化部を含むため、断層による破碎を受けている。

図 1.2 模式柱状図

図 1.3 南北方向模式断面図 (I 測線)

大すべり面深度 30 m の規模を有する。

(3) Cブロック

A₁ ブロックの下部に位置し、引張キレツ群を頭部とする特異なブロックである。引張キレツ群が現れはじめ位置を C₁ ブロック、最大落差 4 m の滑落崖が約 120 m 連続しているブロックを C₂ ブロックと区分した。C₂ ブ

ロックは、幅 180 m、斜面長 140 m、最大すべり面深度 35 m。

(4) Dブロック

A₁、A₂ ブロックの末端に位置する崩壊ブロックである。D₁～D₃ ブロックに区分される。D₁ ブロックは C₂ ブロックの末端部に形成されている小ブロックで、D₂ は

図 1.4 ブロック区分図

C₁ ブロックの末端部に位置する。D₃ ブロックは、冠頭部に幅 50～70 m の陥没凹地が形成され、幅 180 m、斜面長 140 m、最大すべり面深度 50 m に達する大規模な崩壊性地すべりある。

(図 1.4 ブロック区分図)

2. 地すべり機構

2.1 発生要因

素因……地すべり発生区域の北東部にある断層（赤井断層）

また、泥岩、砂岩、礫岩の互層で、すべり面の発生しやすい地質的要因がある。

誘因……昭和 63 年 7、8 月の連続的な降雨、特に 8 月 11 日～12 日 (248 mm)、8 月 29 日～31 日 (168 mm) の豪雨が地下に浸透したため、急激な間隔水圧の上昇などが考えられる。

(1) 月別雨量

観測 地点	7 月			8 月			9 月		
	S 63 年	平 年	平年比%	S 63 年	平 年	平年比%	S 63 年	平 年	平年比%
水石山	289	145	199	539	171	315	324	178	182

※平年値……平観測所、福島県の気候(1941～1970)による

(2) 降水量の最大値 (63 年 8 月)

連 続 雨 量			最 大 日 雨 量			最 大 時 間 雨 量		
mm	月 日 時		mm	月 日 時		mm	月 日 時	
248	8 月 11 日 9 時～ 8 月 12 日 24 時	158	8 月 11 日 9 時～ 8 月 12 日 9 時	25	8 月 11 日 10 時～ 11 時			
168	8 月 29 日 20 時～ 8 月 31 日 3 時	150	8 月 29 日 21 時～ 8 月 30 日 21 時	46	8 月 30 日 3 時～ 4 時			

表-1 年最大日雨量

	年	月	日	雨量(mm)
1	平成	元	年 8 27	222.0
2	昭和	61	年 年 10 11	211.0
3	昭和	54	年 年 10 19	205.0
4	昭和	57	年 年 4 15	165.0
5	昭和	63	年 年 8 11	149.0
6	昭和	56	年 年 10 22	140.0
7	昭和	62	年 年 9 25	109.0
8	昭和	58	年 年 4 1	103.0
9	昭和	60	年 年 8 31	88.0
10	昭和	55	年 年 8 30	66.0
11	昭和	59	年 年 10 13	61.0
12	昭和	53	年 年 4 4	51.0

表-2 岩井法による確率日雨量

再現期間(年)	X I	X(mm)
2	0.0000	122.0
5	0.5951	176.7
10	0.9062	211.4
20	1.1630	243.8
30	1.2967	262.2
40	1.3860	275.0
50	1.4520	284.9
60	1.5047	293.0
80	1.5849	305.6
100	1.6450	315.4
150	1.7499	333.0
200	1.8251	346.2
250	1.8753	355.3

$$\text{LOG}(X+b)=\text{LOG}(X_0+b)+1/A*\varepsilon$$

$$B=62.377$$

$$X_0=122.04$$

$$1/a=0.189301$$

(3) 確率雨量の算出

水石山観測所の年最大日雨量のデータ (12 年分) を使用して確率日雨量を求めた。

平成元年8月6日の台風13号による日雨量209mm(平成元年第2位の最大日雨量)は、10年確率程度の雨量といえる。

2.2 地すべり機構

移動土塊の中には静穏な堆積環境を示す湖成層が含まれ、また、地すべり地の背後に分布するハンレイ岩体が転倒または崩壊して堆積したと思われる巨大なブロック状ハンレイ岩が含まれているため、初生の成沢地すべり(古期大規模地すべり)の発生年代は相当古いことが予測される。

古期大規模地すべりの素因としては、

- ① 地すべり冠頭部に位置し、分離面となった赤井断層の存在
- ② 滑材となりやすい凝灰質シルト岩の存在
- ③ 赤井断層により古第三紀層が断層付近で引きずり褶曲を受けており、この付近ですべり面となった凝灰質シルト岩の傾斜が20°前後のやや急な傾斜を示していること。

が考えられる。

地すべり発生の誘因は、赤井断層を分離面とする開口キレツに地下水が浸透し、水圧を加えていたこと、及び地すべり末端部の侵食による斜面の不安定化が考えられる。

中期及び新期地すべりは、これらに加えて、断層崖から滑落したハンレイ岩の崖錐が頭部荷重の増大となって

図 2.1 キレツ内水圧模式図
水圧 = $1/2 \gamma_w Z W^2$
 γ_w : 水の単位体積重量

図 2.2 すべり面に働く揚圧力分布模式図
→ 舌端部 = 0, 陥没帯下流側 = $\gamma_w Z W^2$ の三角形分布
陥没帯内の水圧と揚圧力が地すべりの大きな要因である。

発生したものである。

2.3 地下水状況と地すべり変動状況

2.3.1 地下水状況

図 2.3 と図 2.4 に A₁ ブロック内の地下水検層解析図を示す。図 2.3 は II 測線の頭部陥没凹地内に掘削したボーリング孔である。すべり面は古第三紀層と崖錐堆積層との境界に位置する深度 25.9 m と判定されている。すべり面から上部にはやや被圧水の傾向を示しながらも全体としては層流状の非常に優勢な地下水流動が検出されている。

図 2.4 は A₁ ブロック内の IV 測線下部に掘削したボーリング孔である。この位置は、すべり面の凸部に位置し、地表には NW-SE 方向の引張キレツが多数発生しており、C ブロックとブロック区分されている。すべり面は GL-49.1 m と判定されており、BV-II-BC 同様古第三紀層と崖錐堆積層の境界に位置している。地すべり移動層は、キレツが多数発達している岩塊状のハンレイ岩体であるが、図 2.4 から明らかなように、すべり面上部には、厚さ 28 m に達する層流状の地下水流動が検出されている。しかも食塩投入後 60 分でバックグランドまで比抵抗値が回復していることから、地下水流動が非常に優勢であることがわかる。

2.3.2 変動状況

図 2.5 に A₁ ブロック頭部右側壁に設置した S-2 伸縮計の移動状況を昭和 63 年 10 月から平成 2 年 10 月までの 2 年間にわたって示す。なお作業道や掘削水路工の変位状況から、S-2 伸縮計観測開始以前に既に 14 m 程度の水平移動していたことが判明している。

昭和 63 年 10 月から平成元年 9 月までの 1 年間は、降雨ごとに移動していることが明らかであるが、対策が進んだ平成元年 10 月から平成 2 年 9 月までの 1 年間はほとんど変動していないことがわかる。また、いわき地方の特徴として、例年 11 月から 2 月にかけては乾期の気候を示し、春先(3 月から 4 月)には比較的降水量が多いことがあげられ、伸縮計の変動もこの降水パターンに従っていることが判明した。

なお、併せて図 2.5 には孔内水位の変動と地すべり活動の対比が明瞭に記録された BV-III-E 号孔(A₁ ブロック内)の地下水位変動図を示す。孔内水位と降雨との対応は明瞭であり、平成元年 8 月 6 日の台風 13 号による 292 mm の日雨量(現場に設置した雨量計)に対して観測以来の最高水位を記録している。また、この日から 10 日間に伸縮計は約 1.5 m の変位を記録している。

これらの記録から本ブロックの臨界水位を判定すると地すべり地内の設置したパイプ歪計に歪が現われ始めたのは平成元年 3 月 10 日頃であり、この時の水位が安全率 $F_c = 1.0$ を示す臨界水位である。地すべり移動直前の水

Ⅱ 測線断面図

図 2.3 BV-II-BC 地下水検層解析図

IV測線断面図

図 2.4 BV-IV-E' 地下水検層解析図

図 2.5 BV-III-E 号孔地下水位変動図及び S-2 伸縮計解析図

図 2.6.1 ヒズミ計解析図

【BV-V-D（ヒズミ累積深度52.0m）】

図 2.6.2 ヒズミ計解析図

位を捉えた貴重な水位データといえる。

平成元年10月1日から11月15日までは臨界水位を越えているが、対策工の伸展（排土工）により地すべり移動は観測されなくなった。

乾期に相当する11月16日から平成2年2月末までは水位が緩やかに低下している。平成2年1月の中旬からは急勾配で水位が低下している。これはA₁ブロック下部のE、F測線中間部に施工した集水井（特にC-15、16集水井）の施工効果が現われたものである。

（図2.5 BV-III-E号孔地下水位変動図及びS-2伸縮計解析図参照）

2.4 すべり面

すべり面は、第三紀層上面に形成されている。すべり面より上位は転石混じり土からなり、今回の地すべり活動は旧地すべりの再活動である。これらのすべり面位置は、いずれもヒズミ計、あるいは測桿で確認されている。すべり面の深度は最大60m以上に及ぶ大規模な地すべりである。図2.6にヒズミ測定結果の代表例を示す。

すべり面は古第三紀層と崖堆積層の層界に形成されているので、すべり面等高線は古第三紀層上面等高線とも言える。

すべり面は冠頭部滑落崖に近づくにつれて傾斜が大きくなっている。これは、すべり面と接している古第三紀層が、赤井断層による引きずり褶曲を受けているためと解釈される。すべり面はD測線付近に谷が形成され、E

図 2.7 基岩面(第三紀層上面)等高線図

図 2.8 模式断面図

から下方の測線にかけては尾根が形成されている。このため、D測線付近は圧縮部となり、地表に現われるキレツは少ない。これに反してE～F測線付近は地すべり土塊が基盤の尾根を乗り越えて滑動するため、地表には引張キレツが多数発生している。キレツの方向は、NW

～SE 方向に延びる尾根に規制されて、尾根と同じ方向に発達している。

3. 地すべり対策

3.1 安定解析

(1) 三次元安定解析

安定解析は Lambe-Whitman による近似三次元解析を行った。

(2) c' , ϕ' の決定

① A_1 ブロック

臨界水位を平成元年の3月に据えているので、この時の安全率を $F_s=1.0$ とし、三次元解析によるくり返し計算で c' , ϕ' を決定した。ただし、地すべりはすでに最大 20 m も滑動しているため、 c' は残留強度対応の $c'=0$ を採用し、 ϕ' を逆算した。

$$\begin{aligned} c' &= 0 \\ \phi' &= 10.16^\circ \end{aligned}$$

② A_2 ブロック

地すべり滑動中にボーリングを掘削し、その後対策工が施工されはじめたので臨界水位は据えられていない。しかし、平成元年8月23～24日の水位は伸縮計の移動量が 1.5～2.5 mm/日と小さい値であったため、この時の安全率を $F_s=0.95$ とし、 c' , ϕ' を逆算した。すべり面の土質は A_1 ブロックと同様であるため、 A_1 ブロックと同じ $\phi' (=10.16^\circ)$ を採用し、 c' を逆算した。

A_2 ブロックは、これまでの移動量が 1 m に満たないので、すべり面全長に対する歪量は、 $1/420=0.0024$ (0.24%) と小さく、いまだ残留強度に達していないと考えられる。

逆算した結果は、

$$\begin{aligned} c' &= 5.967 \\ \phi' &= 10.16^\circ \end{aligned}$$

である。

③ B_1 ブロック

B_1 ブロックは A_1 ブロックと一体となって滑動し、かつ単独ですべっていたため、臨界水位の決定には困難が伴う。そこで B_1 ブロック内のボーリング孔に歪の現われた時期の水位を臨界水位とした。粘着力 c' は A_1 ブロック同様移動量が大きかったことと土質試験結果から残留強度に低下していると考え、 $c'=0$ とした。 $F_s=1.0$ の条件で ϕ' を逆算した結果は、

$$\begin{aligned} c' &= 0 \text{ t/m}^2 \\ \phi' &= 8.11^\circ \end{aligned}$$

となった。

④ C_2 ブロック

C_2 ブロックは B_1 ブロック同様 A_1 ブロックと一体となって滑動していたが、歪の現われた時期の水位を臨界水位と判定し、 $c'=0$, $F_s=1.0$ 条件で ϕ' を逆算した。計算結果は、

$$\begin{aligned} c' &= 0 \text{ t/m}^2 \\ \phi' &= 13.21^\circ \end{aligned}$$

であった。

(3) 初期安全率の考え方

観測された最高水位に対する各ブロックの安全率を表 3.1 に示す。

対策工の検討を行う上で出発点となる最小安全率 F_o を、最高水位のときの安全率と考えるわけにはいかない。最高水位は平成元年度の観測期間に得られたものであり、年度が異なれば最高水位も変わることは、各地の地すべり観測ではよくみられることである。したがって、確率雨量と同じ考えに立ち、確率水位を求め、この確率水位における安全率を初期安全率とした。

平成元年5月～9月の降雨期における地下水位のデータを使用して、確率水位を求め、各ボーリング孔の最高水位高（すべり面からの高さ）に対する比を求めたのが表 3.2 である。

この結果により、初期安全率は F_o 対応の水位としては、BV-1-E 号孔のデータを採用し、各ボーリング孔の最高水位の 1.1 倍とした。

確率水位によって計算された初期安全率 F_o は以下のようなになる。

なお 100 週確率水位は、概算で年に換算すれば、約 3.3 年となる¹⁾。ただし年確率を求めるには、観測データが 10 年は必要である。

表 3.1 最高水位時の安全率

ブロック名	安全率	c' t/m ²	ϕ' 度
A_1	$F_s=0.845$	0	10.16
A_2	$F_s=0.926$	5.97	10.16
B_1	$F_s=0.892$	0	8.11
C_2	$F_s=0.834$	0	13.21

表 3.2 100 週確率水位と最高水位の比

倍率	孔番 BV-1-E	I-F	II-D	III-D	V-D
100週確率水位	1.10	1.03	1.05	1.07	1.03
最 高 水 位					

$$1) 5 \times 100 / (31 \times 3 + 3 \times 2) \approx 3.3$$

表 3.3 100 週確率水位(HWL×1.1)対応の初期安全率

ブロック名	安全率	c' t/m ²	φ' 度
A ₁	0.777	0	10.16
A ₂	0.889	5.97	10.16
B ₁	0.817	0	8.11
C ₂	0.803	0	13.21

(ただし観測データの都合上1週を5日としている)

3.2 地すべり対策工

成沢地すべりは大規模、かつ滑动中であるため、抑止工の導入は初年度には不可能であった。そこで、最初に

抑制工を導入し、少なくとも斜面の安全率を1.05にした上で抑止工を施工し、計画安全率 $F_s=1.20$ を達成するという基本方針により対策を進めている。

防止工法は抑制工として地すべり頭部における大規模排土工、頭部陥没凹地の地下水排除工として立体排水工(トンネル暗渠工+集水井工)また、ブロック末端部における土砂の流出防止のため治山ダム工の施工。抑止工としてシャフト杭工および地すべり末端と排土工法面でアンカー工を施工している。

昭和63年度から平成6年度までの実施工種と数量は表3.1の様に施工されている。

図 3.1 対策工平面図

表 3.1 成沢地区地すべり対策工事年度別数量表

	昭和63年	平成元年	平成2年	平成3年	平成4年	平成5年	平成6年
ずい道工	635.2m	331.2m	511.2m				
集水井工	3.0基 58.5m	11.0基 237.0m	6.0基 161.5m	3.0基 144.0m	2.0基 46.0m	1.0基 31.0m	
*トンネル暗渠工	50.0孔 1,562.5m	394.0孔 22,067.7m	325.0孔 11,494.0m	158.0孔 4,038.3m	150.0孔 6,027.5m	62.0孔 2,080.0m	
排土工	281,993.8m ²	249,397.0m ²	50,507.0m ²	14,404.0m ²	31,692.8m ²	102,070.9m ²	46,450.0m ²
土留工	126.4t	(大型7トン籠) 534.0m		(大型7トン籠) 145.3m			
水路工	4,441.0m	2,613.1m				326.9m	
谷止工 コクリート	1.0基 468.0m ²				203.1m ²		
鋼製		49,558.0t			26,474.0t		
法枠工	25,108.0m ²	11,958.9m ²	1,943.7m ²	1,354.9m ²	7,385.9m ²	2,439.7m ²	724.5m ²
アンカー工	407.0本 (569.8m)		76.0本 57.0m				240.0本 480.0m
シャフト工		19.0基 360.0m	根継 36.5m				
実播工		48,754.0m ²	24,904.3m ²				7,053.8m ²
植栽工				1.92ha		1.60ha	

3.4 ブロック別対策エフローチャート

A1ブロック対策工フローチャート

A2ブロック対策工フローチャート

B1ブロック対策工フローチャート

図4.1 連絡系統図

4. 地すべりの監視と自動観測

4.1 地すべり自動観測

自動観測の主な目的は、自動化することで変動時のデータを安全な場所において瞬時に手に入れることができ、高密度かつ高精度のデータを入手利用して、地すべり活動の特徴を的確かつ敏速に判断し、それに基づいて“地すべり地やその周辺の安全管理”を行うことである。また、地すべりの発生・停止の条件（極限平衡条件）を確認し、地すべり安定解析の向上を図ることも目的としている。

地すべり自動観測の項目は次の通りである。

- ① すべり面および地表亀裂の変位量観測……地中変位計・地表伸縮計
- ② すべり面での地下水圧の観測……地下水位計（地下水位専用孔における）
- ③ 降雨量の観測……雨量計
- ④ 大利前沢泥流の移動監視……断線センサー

成沢地区に設置した各観測器からの情報はすべて現場

内にある観測舎（データ収録装置）に10分単位で一旦保存される。データ監視装置はいわき市消防本部に設置されており24時間体制で監視できる体制を整えている。このデータ収録装置と監視装置はNTTの専用回線を利用したパソコン通信システムであり、パソコンの対話方式によって、予め定められたプログラムに従い自動的に進行している。

地すべりの発生は、現場にある測定器からデータ収録装置を経由していわき市消防本部内にあるデータ監視装置に警報を伝達する。

データ監視装置に警戒基準による地すべり発生の警報が現われた時は、予め定めてある連絡系統図に従って監視職員が連絡する体制となっている。（図-4.1）

2) 断線センサーは、土石流を発生し、センサーが断線したときはリアルタイムで自動的に観測局に通報する。監視局への通報は、観測局から電話回線を利用して直接画面表示され、かつ、コンピュータ本体のブザー音とプリントアウトによって伝達される。

表 4.1 警戒基準値一覧表

警戒段階	枠の色	観測項目	管理データの形式	管理基準	管理基準の概要
警戒レベル0 平常段階 送信間隔60分	緑 色	変位計 (地中・地表)	変位速度 (mm/hr)	変位量<5.0	臨界水位を下回っている状態であり、地すべり活動は極限平衡状態から停止状態
		水位計	水位高さ (mm/hr)	箇所別に設定	
警戒レベル1 注意段階 送信間隔60分	黄 色	変位計 (地中・地表)	変位速度 (mm/hr)	5.0≤変位量	臨界水位を上回った時に注意段階とする。
		水位計	水位高さ (mm/hr)	箇所別に設定	
警戒レベル2 警戒段階 送信間隔60分	黄 色 点 滅	変位計 (地中・地表)	変位速度 (mm/hr)	10.0≤変位量	各計測機器に地すべり移動が確実に検出される水位を上回った時。
		水位計	水位高さ (mm/hr)	箇所別に設定	
警戒レベル3 嚴重警戒段階 送信間隔20分	赤 色	変位計 (地中・地表)	変位速度 (mm/hr)	14.0≤変位量	これまでに記録された最高水位を上回った時。
		水位計	水位高さ (mm/hr)	箇所別に設定	
警戒レベル4 崩壊切迫段階 送信間隔10分	赤 色 点 滅	変位計 (地中・地表)	変位速度 (mm/hr)	100.0≤変位量	100週超過確率水位を上回った時。
		水位計	水位高さ (mm/hr)	箇所別に設定	
直接警報 送信間隔即時		泥流センサー		泥流センサーが断線状態	土石流が発生し、泥流センサーが断線した時は自動的に観測局に通報する。

4.2 警戒基準値の設定

表 4.1 の警戒基準値一覧表は、これまでの調査結果を基に作成されたものである。したがって、自動観測を継

続しながらデータを蓄積し、再検討後警戒基準を変更することもある。