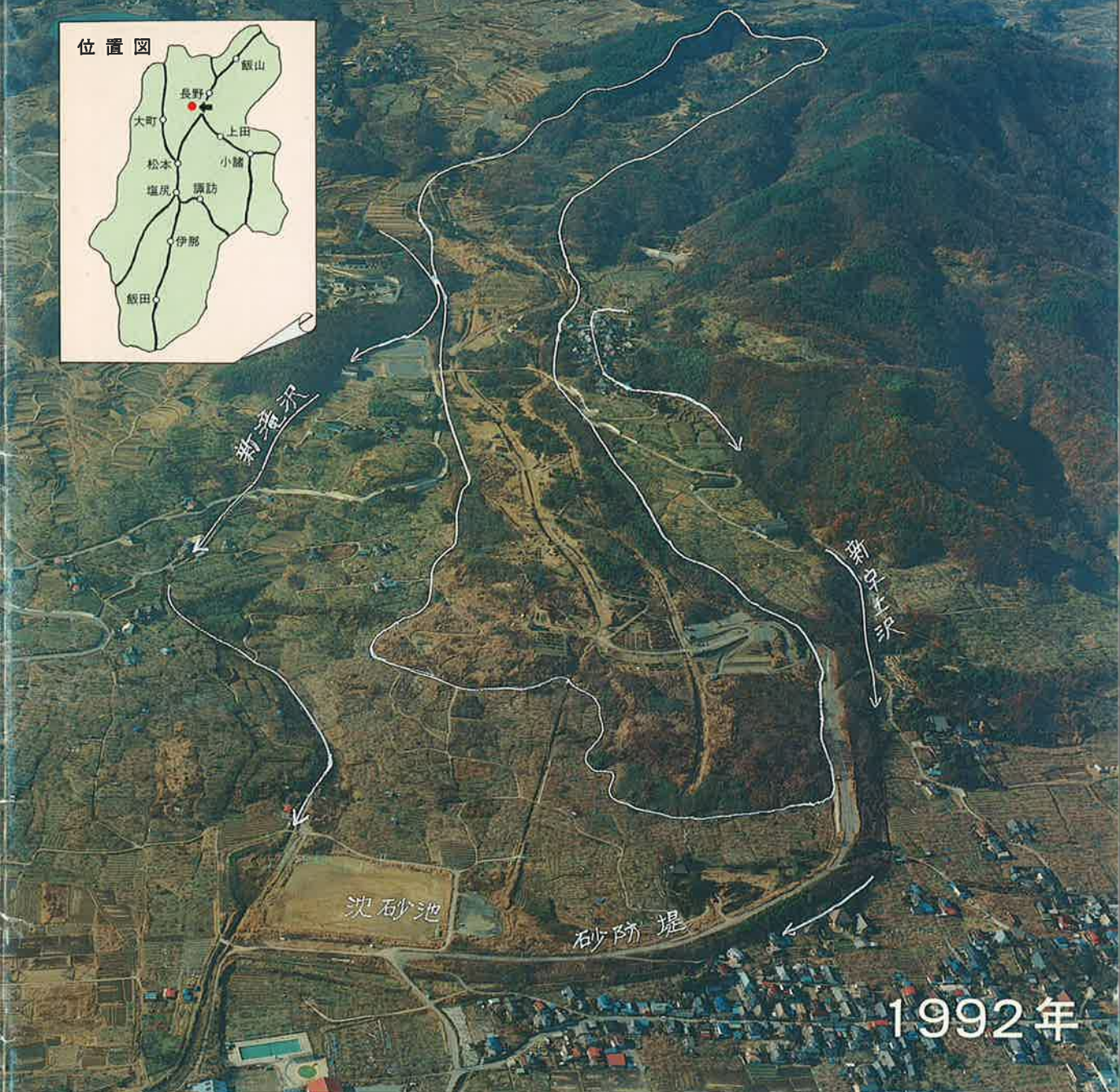
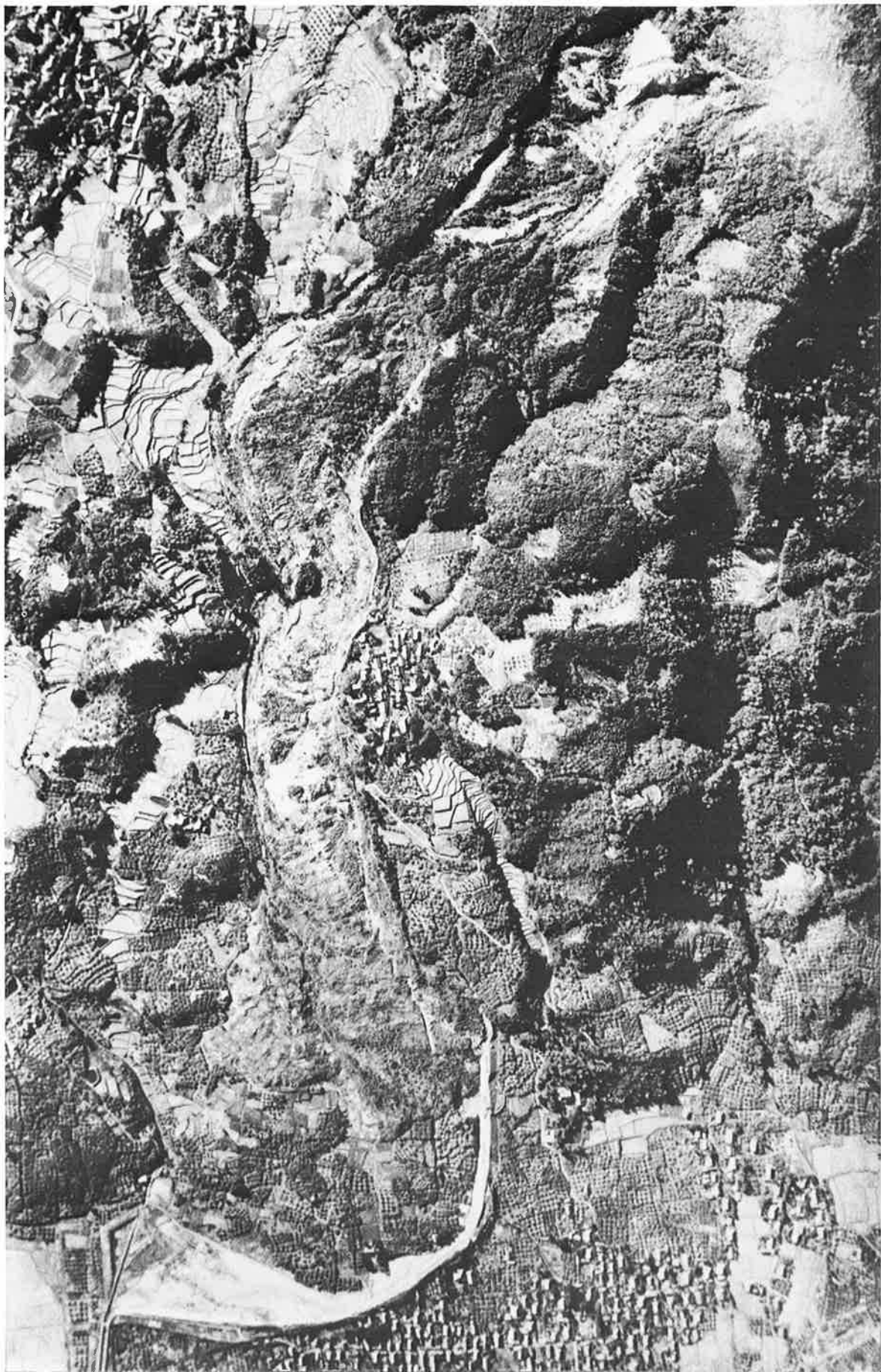


ちやうすやま

茶臼山地すべり



長野県土木部 土尻川砂防事務所



写真一 ↑ 地すべり地全景 昭和31年(1956)撮影 航空写真

写真-2 ↓ 地すべり地最上部の状況、向かって右の高所が茶臼山北峰、中央が三角山
昭和41年(1966)4月撮影





写真-3 ↑ 滝沢川に施工した砂防ダム（長42.0m 高10.0m）が埋没しつつある状況
昭和24年（1949）12月撮影



写真-4 ↑ 滝沢川沿いに押し出した地すべり土塊により床止工がもち上げられた状況
昭和11年（1936）6月撮影



写真-5 ↑ 地すべり地上部（上沼）における
1号ケーソン工施工中の状況
昭和44年（1969）8月撮影

写真-6 ↓ 不動島上方に施工した
ライナープレート集水井
昭和55年度施工



写真-7 ↑ 地すべり地下部（Y-Y測線下方）水路工整備中の状況
昭和56年8月



写真-9 ↑ 恐竜公園として整備され
にぎわう地すべり地下部
の状況

(平成4年5月撮影)



写真-8 → 植物園として整備された
地すべり地内、展望台上
方の(C-C測線下方)
状況

茶臼山地すべり

§ 1 地すべり地の概要

(1) 所在地、規模、社会経済的概要

この地すべり地は長野市中心部から南西約10kmの長野市篠ノ井地区にあり、犀川と善光寺平の間にはさまれた山塊の一部がすべっているものである。形態は図-1に示すとおりであり、延長2000m、幅130~430m、面積は約46ha、滑動層の深さは平均20m、土塊量は約900万m³とみられている。地すべりははじめ上方部800mの間で発生し、その土塊がここにあった滝沢川の流路沿いに滑動して現在の形になった。

従って上方部800mを地すべり発生地帯、下方部1200mを二次的すべり地帯とよんでいる。地すべり地下方には篠ノ井地区岡田部落（戸数285戸）があり、地すべりがつつくとその大半に被害が及ぶ状態である。地すべり防止区域指定の概要は表-1のとおりである。

表-1 地すべり防止区域指定概要

地すべり防止区域の面積

74.6ha

指定年月日および番号

昭和34年4月17日

建設省告示台1014号

区 分	土 地 (ha)					家 居	
	田	畑	林 地	その他	計	住 宅	その他
地すべり地域	0.8	11.8	20.1	16.9	49.6	10 戸	20 棟
隣接する地域	2.9	15.4	11.4	5.3	25.0	4	1
計	3.7	27.2	21.5	22.2	74.6	14	21

(2) 地すべり地の特性（地形・地質・気象）

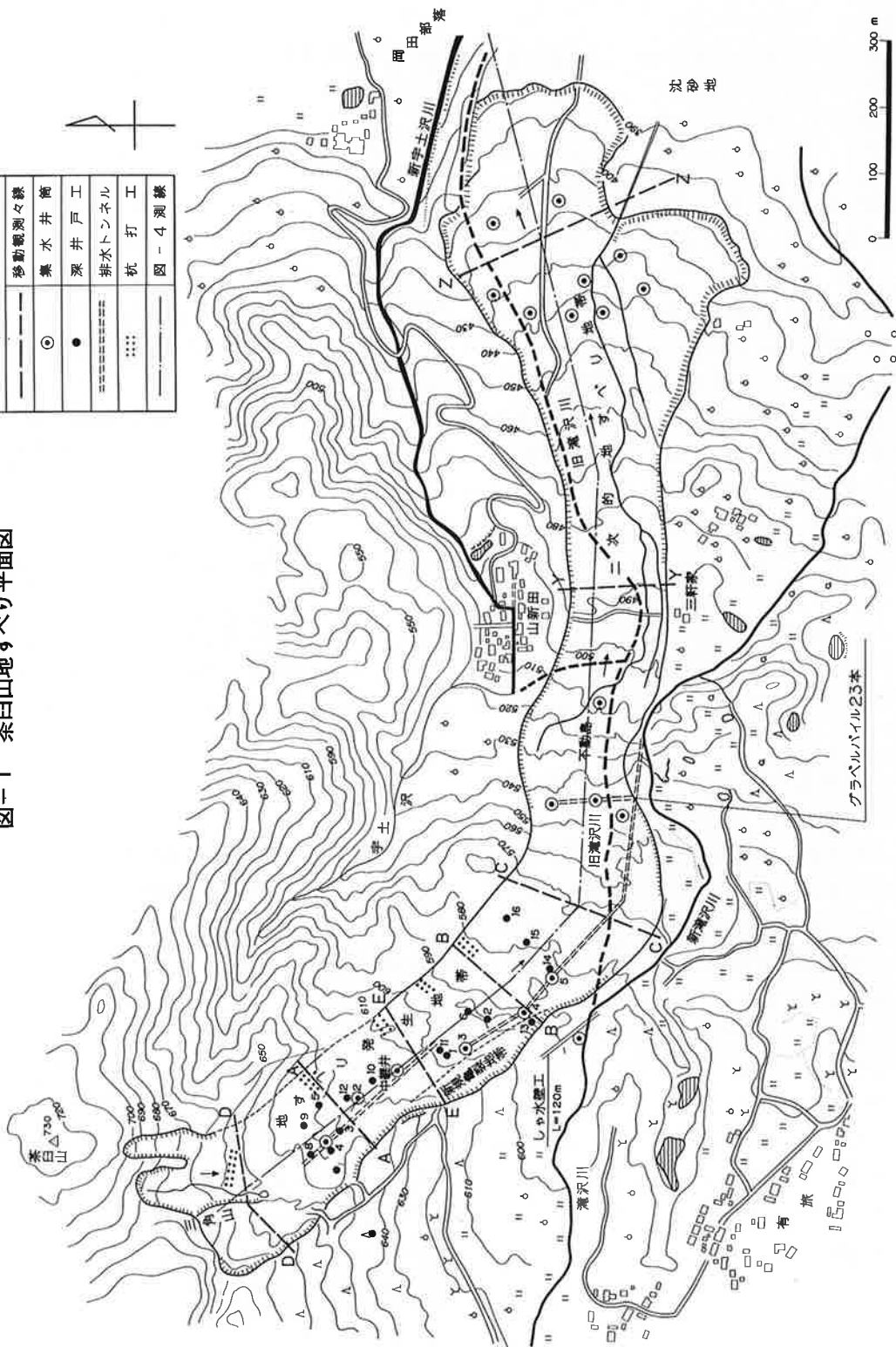
地すべり地の北方には現在標高730mの茶臼山北峰がある。昔はこの南に並んで標高720mの南峰があったが、その山体の東側が岩盤もろともに滑動し、南峰の峰も失われてしまったものである。南峰をとりまいて東側に宇土沢川、滝沢川があるが、その沿川には旧地すべり土塊が分布しており、扇状地状の押し出し地形が発達している。地すべり地の北方はけわしい壮年期状の地形となっており、禿山が各所に見られる。このようなちがいは南方と北方で地質に差があるためである。

地すべり地の地質は第三紀中新統の堆積岩から成る。地すべり発生地帯の北東側の山地は、中新世に海底噴出を行った流紋岩質凝灰岩（裾花凝灰岩）からなり、この上に整合に砂岩泥岩層（信里砂岩層）が重なっている。地すべり地とその南西側山地はこの砂岩、泥岩層から成り、これが主として滑動をおこしたものである。二次的すべり地帯では茶臼山の南方の有旅部落方面から滑落したとみられる古い地すべり土塊が分布していたが、その上に地すべり発生地帯からの土塊が押しかぶさっており、また旧地すべり土塊の一部も上方部からの土塊に押されて再滑動している。

この地域の降水量は年平均1000mmであり、降雪量も少なく、積雪量は30~40cmである。

図-1 茶臼山地すべり平面図

凡	例
—	砂動観測々線
○	集水井筒
●	深井戸工
—	排水トンネル
⋯	杭打工
—	図-4 測線



(3) 対策工事の契機

地すべり発生の経過は後述するが、地すべり発生地帯の土塊が滝沢川沿いに押し出した時、山腹の山新田部落が危険になり、また土塊が泥流状になって押し出すと岡田部落に甚大な被害が及ぶとみられたため明治末期から対策工事が行われてきた。

§ 2 地すべりの記録

(1) 地すべり活動史

この地すべりは明治17年(1884)に南峰の頂上附近に亀裂が入ったことから始まっているが、その誘因になったものはさらにさかのぼった弘化4年(1847)発生の信濃越後地震(通称善光寺地震、マグニチュード7.4)ではないかとみられている。善光寺地震の際は長野市西方の山地におびただしい崩壊が発生したが、茶臼山南峰山腹にあった湧水にも変状がみられ、また山新田部落内にも亀裂が発生した。諸文献や古老の記憶から地すべりの歴史をまとめると次のとおりである。

第1期 弘化4年(1847)～明治16年(1883) 準備期

第2期 明治17年(1884)～昭和4年(1929) 地すべり発生地帯で変動がある。

第3期 昭和5年(1930)～昭和18年(1943) 第1回目の下流への押し出しがある。

第4期 昭和19年(1944)～昭和39年(1964) 第2回目の下流への押し出しがある。

第5期 昭和40年(1965)～現在 初期は活動がやや活発化したが、その後急激に安定化する。

第1期； 善光寺地震の際は茶臼山南峰周辺にあったが湧水に異状がみられたが、明瞭な地盤変動は出ていない。また山新田部落のすぐ北側の山腹の湧水が一時止まり、かわって滝沢川の河床に湧き出しており、また部落内にNW-S E方向の大きな亀裂ができた。

第2期； 茶臼山南峰の頂上にN-S方向の亀裂が発生し(1884年)その後亀裂の東側山腹が次第に沈下した。その後頂上から約800m南東に下った不動島上方の畑が隆起し(1898年発見)地すべりの規模がほぼ明らかになってきた。上部亀裂の拡大と共に山腹各所に亀裂が生じ、山腹土塊の攪乱が続いたが、大正元年(1911)頃から横への活動が目立ってきたと言われる。

第3期； 滝沢川沿い及び宇土沢の支流沿いに地すべり発生地帯の土塊が活動をはじめた。この動きは昭和5年(1930)梅雨期の長雨を契機にして急速に速度を増した。滝沢川沿いでは現在の不動島の両側の谷部に沿って土塊がすべり下ったが、この時上部からの土塊の圧力で附近にあった在来の土塊も共に動かされた。また当時滝沢川と宇土沢川の流水が地すべり地内へ入っていたため末端部はやや泥流状になり、その速度は次のように大きなものであった。

昭和7年(1932)8月～昭和10年(1935)3月 平均93m/year (25.4cm/day)

昭和10年(1935)3月～昭和12年(1937)11月平均60m/year (16.4cm/day)

このように末端部の速度は大きかったが地すべり発生地帯ではそれほど大きくなく、土塊は大きなブロック状で一体として活動し、樹木が整然と立ったまま動いていた。

なお昭和7年(1932)～昭和9年(1934)当時の観測では宇土沢川の支流方向への速度が滝沢川方向への速度よりも大きい時期がある。しかしこの活動はその後次第に安定化した。これ

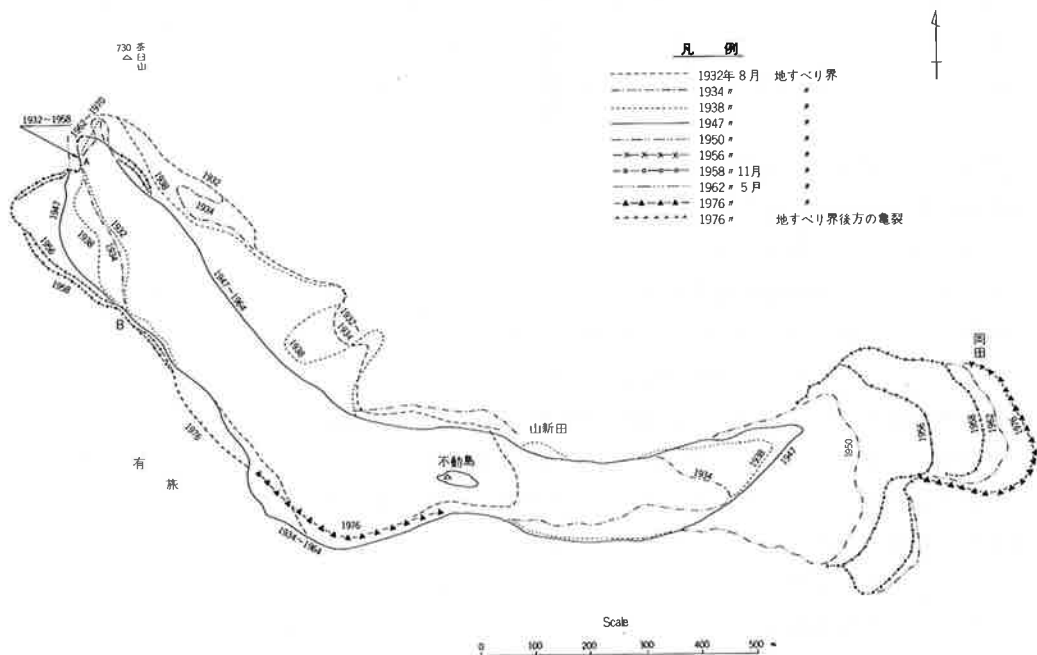
は上部にかぶさっていた土塊が滝沢川方向に引き落とされ、逐次減少してきたためである。

第3期の末(昭和15年(1940)~昭和18年(1943))には一時移動が緩慢になった。

第4期； 昭和19年(1944)頃から移動が再び活発になり、現在見られる形がほぼ形成された。この時期のはじめには宇土沢川への活動が若干認められたが昭和22年(1947)頃からほとんどなくなり、滝沢川沿いの流下が主体になった。二次的地すべり地帯の下方では従来は滝沢川の流路沿いに舌状に土塊が流下していたが昭和24年(1949)頃からは新たに南方にもあふれるように押し出し、全体として扇状にひろがるようになった。全体の移動速度は昭和35年(1960)頃まではかなり大きかったが、その後漸減し、自然安定の状態になるかと思われた。

第5期； 昭和39年(1964)までは消長をくり返しながらも全体としてスピードがと落ちていたが、昭和40年(1965)から再び速度が増加してきた。たまたま昭和40年(1965)8月3日から松代群発地震が始まったため、その影響によるのではないかとも見られて問題になった。しかしこの動きも昭和41年(1966)が最大でその後は急減して今日にいたっている。この時期は後述するように地すべり発生地帯において強力に排水工事が施工された時で、その効果があらわれたことも否定できない。

図-2 茶白山地すべり変せん図



(2) 被害の実態

以上の地すべりにより山腹にあった山林13ha、水田7ha、畑23haが荒地となったほか、山新田部落にあった人家4戸が移転しなければならなくなった。

§ 3 調査概要

(1) 調査の経緯

この地すべりは明治年間からはじまったため、明治33年(1900)滝沢川下流部一帯が砂防指定地に編入され、砂防ダムが築造されたのをはじめとして、その後長野県土木部により多くの対策工事が行われてきた。地すべり機構調査も工事と並行して行われたが、その概要は次のとおりである。昭和9年(1934)～昭和10年(1935)長野県土木部により、地すべり地周辺の地表調査およびボーリングによる地質調査が実施された。ついで昭和13年(1938)には東京大学地震研究所に委託して、周辺の地表・地質踏査を行うと共に弾性波探査による地下構造の推定、特に地すべり面深度の推定が行われた。昭和20年(1945)以後地すべり活動が活発してからは、建設省土木研究所が主体となって昭和21年(1946)～昭和27年(1952)に本格的な調査が行われた。土木研究所の小野寺透・芥川真知氏らは周辺山地の地形・地質踏査を行うと共に地すべり地内で電気探査を実施して地すべり面の深度推定を行った。福岡正己氏らは地すべり地内外の土質調査を精細に実施し、またボーリングによる地下構造調査を行った。さらに地表水・地下水の分布、水量測定を実施すると共にこれらの排除工法が検討された。一方土塊の移動状況の観測も組織的に行われ、ぜん動運動とよんだ特殊な活動現象が見られることなどが明らかになった。また有泉昌・牧隆正氏は地すべり地周辺の地表水・地下水の水質分析を行い、きわめて酸性がつよく、金属イオンを多含する特異な水の存在を明らかにした。

昭和29年(1954)以後は長野県土木部により調査が進められ、特に昭和32年以後7年間にわたり国庫委託費による調査(県直営)が実施された。ここでは地すべり地内におけるボーリング調査に重点がおかれ、ボーリング孔のくいちがい深度を調べて主要すべり面深度を推定した。

また地すべり地内にA～A、B～B、C～C、Y～Y、Z～Zの5横断側線を設け(図-1)各測線に6～10枚の移動板をおいて、これを地すべり地外から測定して地表面の土塊移動を観測した。この測定は10日毎に行われてきたが、現在まで継続されており、移動状況の推移が明らかにされた。

また地表水の化学分析とボーリングコアの附着水の分析の結果、地すべり地内の強酸性の特異な水は、地下水が地すべりの土塊、特に亜炭層や凝灰岩中の黄鉄鉱と作用して生じたものとわかった。地下水の貯留状況、連絡状況を推定するさめ電気探査を地すべり地内と共に周辺山地にも実施した。この結果地すべり発生地帯の中央部一帯の右岸側に地下水が多いことがわかり、昭和36年(1961)から地すべり地内の深部地下水の排水工事が計画、実施されるにいたった。つぎに昭和40年(1965)松代群発地震の発生と同時に地すべり滑動の活発化がみられたため、これに対処して改めて組織的な、また集中的な調査が実施された。ここでは戦後開発された地すべり調査技術を網羅した形で多方面から検討が加えられた。

ここでもボーリングによる地下構造調査が重点的に実施され、地すべり土塊の状況、基盤岩の状況が再調査されると共に保孔管に地中内部歪計を貼って地すべり土塊内部の変動状況が検討された。また弾性波探査、自然放射能探査、電気探査等の物理探査も地すべり地周辺山地を含めて実施された。地表面土塊の変動状況調査は引きつづいて行われたが、昭和47年(1972)以後は観測線としてD～Dを追加し6測線で実施している(図-1)。また地すべり地の周辺部

と新規亀裂地帯で伸縮計や傾斜計により山腹土塊の微細な変動状況調査をあわせて行った。地下水関係の調査ではボーリング孔内の流動層検討、トレーサーをつかった地下水道跡を行うと共に、対策工事で施工した深井戸（セミウェル）を利用して揚水試験を行い、地下水の貯留状況、連続状況、帯水層の透水係数等を調査した。一方ボーリング孔内の水位を継続的に測定して移動速度との相関性を検討した。土質関係の調査ではボーリングのコアーを試料として物理試験を実施し、また粘土のX線解析を行って土質面からみた特性を検討した。

(2) 主要調査と結果

① 地すべり面の位置、地質との関係

地すべり面の位置を知ることが対策工事の計画樹立に不可欠の事項であり、この地すべり地でもいろいろな方法で調査が行われてきた。

特に地中内部歪計による観測が多数のボーリング孔で精密に実施された。その結果から推定された地すべり面と地質との関係を見ると地すべり発生地帯の地すべり面は主として信里砂岩層の下部層中に形成されており、特定の地層面上だけに形成されるというものではない。そして多くの場合その最深の位置は裾花凝灰岩層の直上位に重なる亜炭層および炭質泥岩層付近になっており、茶褐色に変色した凝灰岩は不動基盤になっている。二次的地すべり地帯では旧地すべり土塊中にすべり面ができていますが下流部では在来土塊の上に地すべり土塊がおしかぶさってくるだけで、不在土塊の移動はあまり認められない。

② 地すべり発生地帯の地すべり断面

ボーリング孔で観測された地中内部歪計のデータから地すべり面を推定すると地すべり発生地帯では地すべり面は一枚だけでなく何枚も認められ、かつ歪累積部分にかなりの幅がある。地すべり形態は全体的にみて左岸側は比較的単純な層すべりを主体としているが中心部から右岸側になると層すべりに回転すべりの要素が付加されて複雑化している。また滑動中の個々の時点では多くのすべり面の複合からなる複雑な変位があるが全体的に見ると裾花凝灰岩層直上位の亜炭層、炭質泥岩層の構造に規制され、それより上部の土塊が不安定土塊となっており、地すべり断面は横断的には図-3のようになる。

また地すべり地の中心部をつらねた縦断形は図-4のようになる。

③ 地すべり土塊および基盤岩の土質特性

地すべり発生地帯の地すべり土塊と不動地区の岩盤の土質特性を比較すると次のようになる。

(イ) 信里砂岩層最下位の灰色および茶褐色泥岩層はいずれも粘土含量が高く、Heavy clayの性質を示す。X線解析でみると結晶度の低いモンモリン質で上位の層の粘土とは明確に異なる。

(ロ) 信里砂岩層中の砂岩は不規則な粒経組成を示し、粘土と粗砂が同時に多いものが多く、一般的にはめずらしい Sandy clay である。

(ハ) 透水係数は全体に小さく 10^{-5} ～ 10^{-7} のオーダーである。粘土含量が6.57%～35.5%で粗砂が多いにもかかわらず透水係数の小さい点が注目される。

(ニ) 地すべり地外の地層もX線解析からみると地すべり地内の地層と同じく非常に結晶度の高いモンモリンを含む砂岩および泥岩からなる。また地すべり面より下位の裾花凝灰岩層も高度モンモリン質である。粘土鉱物からは地すべり土塊と基盤岩、地すべり地内と地外の岩盤の区

分けはできない。

④ 土塊の移動状況

地すべりの消長は前述したが、移動観測の結果から判明した特徴をあげると次のようになる(表-2、図-5)。

図-3 地すべり発生地帯横断面図

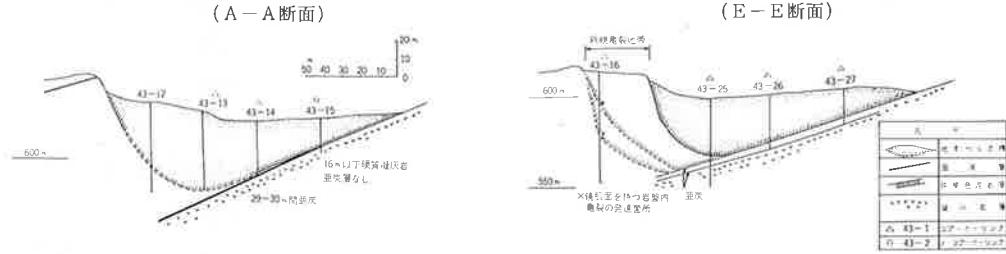


図-4 茶臼山地すべり縦断面図

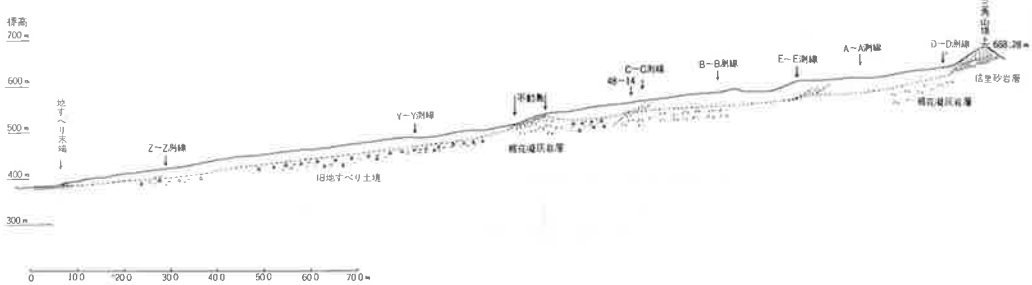


表-2 各測線年間平均移動量表

単位 移動量m
降水量mm

年度 測線	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
	昭和 34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
D-D														0.18	0.13	0.15	0.07
A-A	25.90	19.73	13.69	13.81	7.00	5.30	6.61	11.80	6.25	2.49	1.94	0.38	0.48	0.20	0.08	0.04	0.01
B-B	24.00	23.27	11.68	15.00	7.55	5.10	6.81	14.34	7.61	3.34	2.85	0.65	0.72	0.36	0.03	0.09	0.07
C-C			29.00	11.63	10.83	14.58		28.03	13.50	5.80	6.97	1.25	1.34	0.82	0.15	0.38	0.25
Y-Y	26.74	19.96	16.36	12.16	2.39	0.57	4.77	17.37	12.88	4.74	0.96	0.07	0.07	0.05	0.00	0.01	0.00
Z-Z	24.50	18.30	9.65	9.29	2.85	2.15	5.10	15.52	12.55	5.87	2.31	1.09	0.74	0.80	0.41	0.39	0.81
年雨量 (岡田)	1,086.9	852.4	1,091.6	727.4	873.1	1,050.7	1,067.9	952.1	813.3	763.0	1,085.5	1,002.0	1,073.4	1,006.4	1,051.6	1,122.4	1,008.0
年度 測線	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	平成 1	2	3	
D-D	0.05	0.02	0.01	0.01	0.03	0.09	0.01	0.05	0.03	0.07	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.08	
A-A	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	
B-B	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	
C-C	0.20	0.14	0.03	0.02	0.09	0.14	0.03	0.18	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	
Y-Y	0.03	0.02	0.01	0.02	0.04	0.11	0.01	0.06	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	
Z-Z	0.75	0.83	0.08	0.16	0.66	0.96	0.41	0.89	0.63	0.29	0.10	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	
年雨量 (岡田)	1,258.4	795.7	1,009.7	1,029.7	1,152.0	1,240.5	1,049.3	1,440.2	1,015.0	1,317.0	826.4	763.5	1,166.8	1,266.4	1,008.4	1,274.0	

注) 昭和45年の年雨量は長野地方気象台観測

図-5 (A) 年間移動量推移図 (各測線平均)

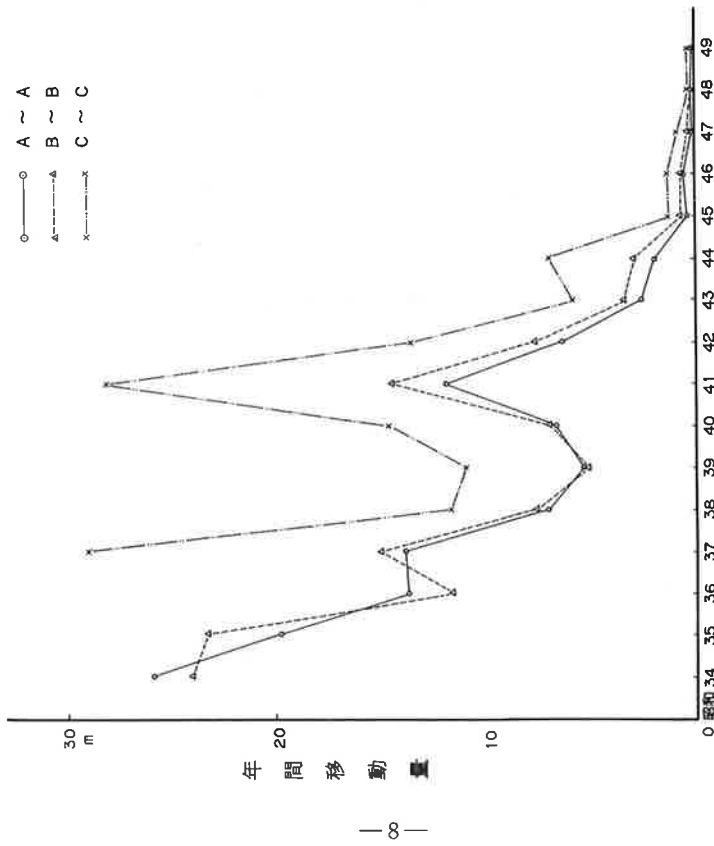
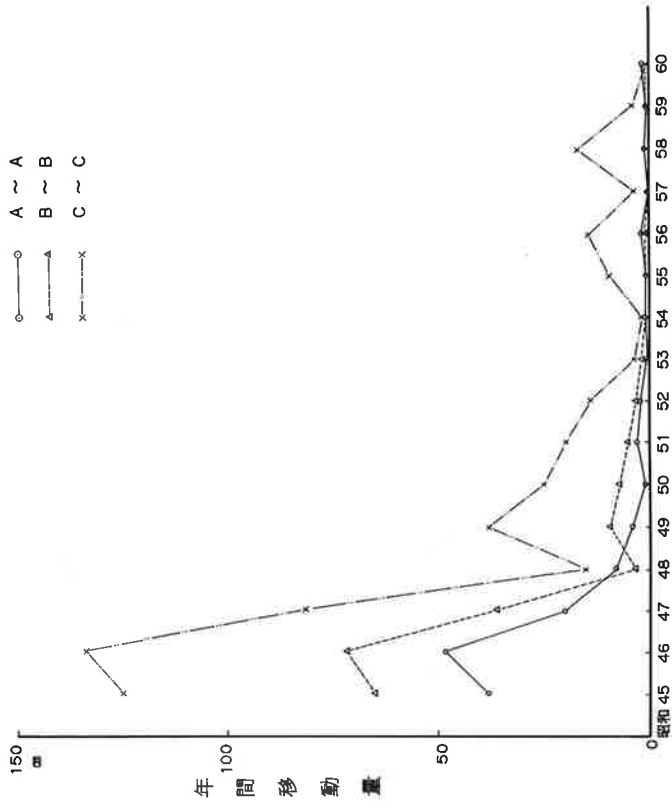


図-5 (B) 年間移動量推移図 (各測線平均)



(イ) 滑動の活発な時期と緩慢な時期のちがい

滑動の活発な時期（昭和35年（1960）以前、年移動量15m以上）には二次的地すべり地帯の上部（不動島の上）で土砂が一たん蓄積され、不動島が土砂の中に埋没するような状態になり、その平衡が破れて活動が活発化すると漸次上方に速度が大きくなる（ぜん動運動）。この動きがあるため場所によって速度が増加する時期がずれ、季節的変動も一定しなかった。これに対し滑動が緩慢化した時期には全地域が融雪、降雨の影響を受けて一率に速度変化をおこすようになる。

(ロ) 地区による移動速度のちがい

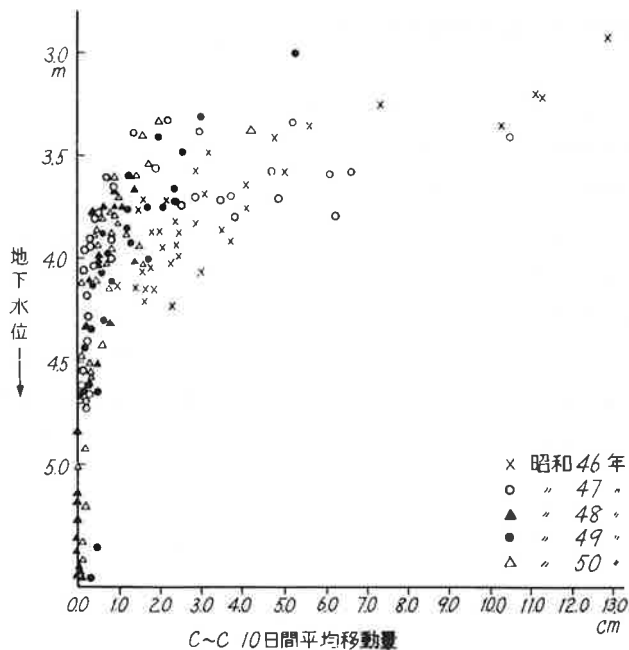
昭和34年（1959）以後の観測では移動速度はC～C測線下方でもっとも大きく、またC～C測線の移動量は地すべり発生地帯の2倍に達することが多かった。地すべり発生地帯では上部も中間部もほぼ同一の移動量を示し、大きなマスとして一体となって移動していた。

昭和40年（1965）頃からは地すべり発生地帯でもブロック化の傾向が見られるようになり、下部のスピードが上部より大きくなっている。

(ハ) 地下水位と移動量の関係

地下水位と移動量は密接な相関性を示している。地下水位は降雨、融雪の影響を受けて著しい変動を示す区域と変動幅の小さい地区に分かれ、面積的には後者が広域を占める。移動速度は後者の地域の水位とより高い相関性をもっている。しかし同一水位に対応する移動速度にはかなりの幅があり、また水位上昇期と下降期でもちがいがある。昭和46年（1971）以後は1号地下水井水位（B～B測線上方の井戸）が4.5m以下になると移動量はほとんど0になっている（図-6）。

図-6 1号地下水井水位～C～C移動量関連図



⑤ 地表水、地下水の性格

(イ) 地表水、地下水の流入経路

この地すべり地は上端が分水界に位置しているため地表水としての流入域は小さく、茶臼山北峰南山腹の約1.5haのみであり、地すべり地内に降った雨が主なものである。地下水は地すべり発生地帯上部で南方地すべり地外から流入があることが判明しているが、岩盤内裂こ水としての流入形態をとっており、その経路は明らかにできなかった。

一方B～B、C～C測線間の西南では滝沢川の旧流路沿いに浅層地下水が流入しており、これがC～C測線以下の土塊の泥ねい化を促進している。

(ロ) 地すべり地内の地下水賦存状況

地すべり地内の地下水は浅層部の砂層中に水槽状に貯留されていることが多く、これらが網目状の複雑な連絡をしながら流下している。地下水の流下状況は脈状をなすものが多いが一部に層流状の地区もみられる。しかし全体的に停滞性がつよく、その間に水質変化をおこし、強酸性になっている。

(3) 地すべり機構の解明

以上の諸調査から判明した地すべり機構をまとめると次のとおりである。

① 岩盤地すべりとしての性格

地すべり発生地帯は明らかに岩盤すべりとしての性格をもち、主すべり面は裾花凝灰岩層直上部の炭質泥岩層内に形成され、泥岩層の構造(走向、傾斜)に規制された地すべり断面ができ移動の主方向もこれによって規制されている。

② 発生当初からの深層すべりとしての性格

地すべりの規模は発生当初から、地すべり発生地帯においては現況に近い規模をもち、地すべり面深度は現況地盤面から最深部で40m(地すべり発生前斜面から80m)に達する深層すべりである。

③ 地すべり地上部の拡大と地すべり滑動の関連性

しかし地すべり発生地帯最上部では段階的にブロック状の地域拡大がみられ、これによって南峰頂上の南西側山腹の一部も滑落するにいたった。

下方への土塊移動には活発化する時期と次第に安定化する時期が交互にあらわれるが、活発化する時期はブロック状に拡大した上部岩塊が横移動をおこしてきた時期と一致する。

④ 山体異状と地震の関係

山体の異状は善光寺地震を契機にして発生しており、地すべり地右岸境界をなす崖(測面滑落崖)は地震時に形成されたとみられる内面的な亀裂に規制されている。地質構造的にはここが境界となる要素はない。信里砂岩層の軟質化は南峰南東山腹の地下水系の乱れがきっかけになっている。

§ 4 対策工事の記録

(1) 防止工法の検討

この地すべりは発生の歴史が古く、はやくから対策が問題になってきた。しかし地すべり対策の経験も浅く、工法の確立をみなかった時代に、また地すべり機構の解明も不十分な時代からスタートしていたためかなりの試行錯誤的取り組みをしていたことはいなめない。

また地すべり活動が激しかったため、理論的に施工すべき工法を検討する前に、状況改善のため少しでも実施可能な工法は何かという視点で対策が検討され、実施されてきたと言える。

各時代に対策工法としてどのような点が問題になり、また施工されたかを略記すると次のとおりである。

① 昭和初期までの対策

ここでは滝沢川沿いの土塊の押し出しにそなえて、まず砂防ダムで対処する事が考えられた規模の小さなダムを階段状に多数設置したが、これらはその後の地すべりによりほとんど破壊されてしまった（写真-4）。

また昭和7年（1932）～昭和8年（1933）には地すべり土塊中の地表水、浅層地下水を排除するため鉄線蛇籠の開・暗渠工が山新田部落南方から地すべり発生地帯中間部にかけて施工されたが、これもその後全面的に破壊された。

② 昭和10年代の対策

地すべり地内に踏み入って行なう工事は不可能とみられ、もっぱら地すべり地外の工事が検討された。とくに下流部の泥流状の押し出しが問題となり、地すべり地に流入していた滝沢川と宇土沢川のつけ替え工事に主力がおかれた。

③ 昭和20年代の対策

地すべり地内の工事はなお不可能とみられ、地すべり地外からの地下水流入阻止工事が検討された。特に地すべり発生地帯下部に南方から滝沢川沿いに流入する地下水をカットするため排水トンネルが計画施工された。

下流部では岡田部落にせまる土塊対策として、岡田部落上方に砂防ダムの設置、堤防の築造が行なわれた。これらの工事では全面的に土塊を止めようとするのではなく押し出しの流れを南方に向けようとする意図があった。

④ 昭和30年代の対策

30年代前半には地すべり地内の工事はなお不可能とみられ、もっぱら岡田部落上方における地すべり土塊の排除、堤防築造に主力がそそがれた。

後半には地下水調査の成果をふまえて、地すべり発生地帯の深部地下水排除を目的とし、鉄筋コンクリート集水井筒、深井戸工（セミウエル）を施工し、地下水のポンプアップを試みた。

⑤ 昭和40年代以後の対策

以上の経過を経た後、昭和40年代以後の対策工事にかかるが、ここでは機構調査の成果をふまえて次の諸工事が計画、実施された。

(イ) 深井戸工、ケーソン工

対策の第1段階として、年間数mにおよぶ移動量を少なくとも年間1m以下におさえること

が必要であった。移動速度と地下水位は密接な相関性をもつため（図-6）地下水位低下を目標にし、かつ施工可能な工法として深井戸工がまず計画、実施された。従来の施工経験をふまえここではパーカッション式の削井機を使用して掘削を行ない、内径500mm、管厚12.7mmの有孔鋼管をケーシングとして挿入した。また揚水には圧縮空気を使用した。しかし自然流入による井戸方式では地下水位が10m程度低下後は（地すべり発生地帯上部、右岸側）集水効率がわるくなるため、その後施工の安全性を考慮しつつ地下水位の低下を見た地区から逐次鉄筋コンクリート井筒工（ケーソン工）にきり替えた。

井筒の沈下にあたってはニューマチックケーソン工法を採用し、圧縮空気地下水と土砂の流入をおさえた。施工にあたっては主すべり面より上層の地すべり土塊中にこれを埋設することとし、地すべり面における剪断力は考慮しなかったが、不規則な偏圧を考慮して井筒壁を厚くした（図-7、

写真-5）。井筒沈下後は底盤コンクリートを打設し、井戸内から集水ボーリングを施工している。

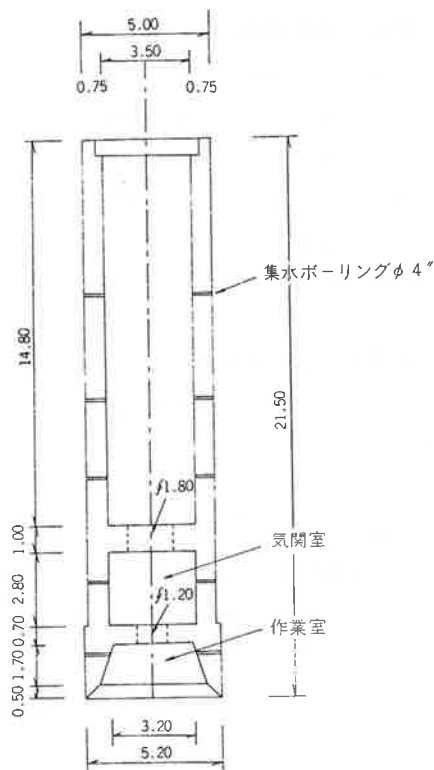
(ロ) 排水トンネル工

ケーソン工に集水した水は当初ポンプ揚水を行ったが、ポンプの故障が多いため自然排水が要望された。しかし地すべり発生地帯では縦断勾配がゆるいためケーソン工をたがいに連結し地形的に可能な所で地表に導くことを考え、はじめ排水横ボーリングによる連結を計画した。しかしボーリングの孔曲りがあり、施工がきわめて難しいためトンネルによってケーソン工をつなぐ方式にかえた。従って地すべり土塊内にトンネルを掘削したわけである（1号トンネル262m）。

掘削にあたっては地すべり土塊中の作業であり危険性が大きいことを考慮して簡易シールド工法を採用した。これは径2.15m、厚9mm、長3.0mの鉄製の筒をジャッキで押しながら、先端の土砂を掘削して行く方法である。支保工にはライナープレートを使用しその組立てはシールド内で行なうものである。

また地すべり発生地帯下部の集水井Ⅰ（ケーソン工3基RCセグメント集水井1基ライナープレート集水井2基）の排水のため2号トンネル工（572.5m+枝線118mを昭和51年（1976）～54年（1979）および昭和57年（1982）～58年（1983）に施工したがこれは地すべり地外から

図-7 集水井ケーソン一般図



基盤岩内に堀削した。

(イ) 鋼管杭挿入工

地すべり発生地帯の左岸側および茶臼山北峰南山腹の地すべり面の浅い地域では鋼管杭挿入工を計画した。

(ニ) 地下水遮断工

地すべり発生地帯下部では滝沢川の流路沿いの浅層地下水流入が確認されたためB～B測線の西南の地すべり地外で地下水遮断工(L=120m)を計画した。岩盤内の亀裂閉塞を考慮して深度15～25mのボーリングを行ない、薬液(水ガラス、リグニン系サングラウト、アクリルアマイド日東SS)を注入した。遮水壁の上方(外部)にはライナープレート集水井を設置し、地下水の集排水を行っている。

(ホ) グラベルパイル工

不動島の上方では地すべり断面全体に地下水があるとみられたため、中央と左岸側にも集水井を設置した。そして、2号トンネルに地すべり地を横断する形で枝トンネルを施工し、集水井の水をここに落した。またトンネル上にグラベルパイルを施工して立体的な遮水を画った。

(ヘ) その他の工事

昭和55年頃から二次的すべり地帯の末端のZ～Z測線上方では独自の滑動が復活する傾向がみられた。このため周辺に9基の集水井を設け、集水ボーリングを行って地下水位の低下を画った。この結果昭和61年以降は急速に安定化している。

上記の諸工事の他地表排水工を地すべり地内全域に計画施工している。

また、地表部の荒廃の著しい地区には段階的に法面工、排水工を施工し、その保全整備を行っている。

(2) 全体計画

前述のとおりこの地すべり地では滑動状況を見ながら施工可能な工法を検討しつつ諸種の対策工事を逐次積み上げて、地すべりの安定化をはかるという方式を採ってきた。したがって当初の調査に基いて全体計画を樹立し、これを計画的に実施するという方式を採っていない。

この地区の地下水は酸性がつよく水酸化鉄の析出が著しいためボーリング孔などの目づまりが激しく、排水機能の低下、喪失の現象がおこっている。この機能維持をいかにはかって行くかという問題が課題として残されている。従来施工した諸工事の実施箇所の概要は図-1に示した。

(3) 工事経過

防止工法の検討の項でも工事の経過概要を記したが、詳しく年度別の工事内容(工種、数量、事業費)をまとめると表-3のとおりである。

(4) 工事効果

対策工事の効果、特に地すべり発生地帯における排水工事の効果は地すべり土塊の移動量低下としてかなり明瞭にあらわれている(表-2、図-5)。昭和50年(1975)以後は地すべり

発生地帯の安定化が著しく、その跡地の管理が問題になってきた。幸い長野市でこの地域を自然植物園および動物園（地すべり地外）として利用することになり、昭和52年（1977）から工事が進められた（写真－8、9）。

この跡地整備事業は長野市制80周年の記念事業の一つとして計画されたものであり、地すべり地内を主として植物園として整備し、市民の運動と憩いの場とするとともに、あわせて南方の地すべり地外を動物園として利用しようとするものである。水を使う施設は地すべり地外に配置し、水を使わない施設を地すべり地内において地すべり再発を防止しようとして配慮している。地すべり滑動は現在小康状態に入っているが、土地の管理には細心の注意が必要であり、今後も長野県と長野市が一体となって土地を有効に使いながら、あわせて厳密な管理を実施して行く方針である。

表－3 茶臼山地すべり対策工事一覧表

年 度	工 種	規 格	数 量	工 事 費	備 考
明 治 大 正 昭和4	堰 堤 工	石積	16基	千円	滝沢川に築造
昭和5 ～24	堰 堤 工	石積、コンクリート	12基		
7～8 32	開 削 工	鉄線蛇籠			表流水、浅層地下水排除
7～34	河 川 付 替 え 工		2,500m		滝沢川、宇土沢付替え
23	排 水 ト ン ネ ル	2.0×2.0木枠玉石詰	167m		
27～40	堤 防 築 造				地すべり舌端部
13～33	調 査				土研、県
36	集 水 井 筒 工	H=13.0	1基		深部地下水排除
37～39	深 井 戸 工	H=30～35, 300	3基	9,192	深部地下水排除
40	排 水 ポ ー リ ン グ	65～101mm	365m	3,522	深部地下水排除
41	深 井 戸 工 諸 調 査 計	長35.0m, 径1.0m	3 1	4,628 4,941 11,477	4, 5, 6号、深井戸 地質調査ボーリング他
42	深 井 戸 工 水 路 工 諸 調 査 計	長25.0m, 径1.0m 開削工	3 259m 1	4,628 1,276 13,187 19,091	7, 8, 9号、深井戸 地質調査ボーリング、 弾性波探査、電気探査
43	深 井 戸 工 水 路 工 諸 調 査 計	長30.0m, 径1.0m 開削工	4 540m 1	6,160 1,704 1,723 9,587	10, 11, 13, 13号, 深井戸
44	集 水 井 筒 工 水 路 工 鋼 管 杭 挿 入 工 諸 調 査 計	H=21.5, 3.5 U型板柵水路 H=42.0, 318.5	1 306.7 30本 1	16,870 4,956 22,186 3,899 47,911	1号ケーソン工 調査ボーリング地下水調査

年 度	工 種	規 格	数 量	工 事 費	備 考
45	集水井筒工 しゅ水工 集水井 集水ボーリング 水路工 諸調査	H=21.5, 3.5 グラウト H=15.0 コルゲート水路	2基 120m 1基 1式 2,340m 1式	27,026 31,927 6,409 4,638 70,000	2号ケーソン 中継井 ケミカルグラウト
46	鋼管杭挿入工 深井戸工 集水ボーリング 水路工 諸調査	H=30m H=20.0 コルゲート水路	60本 3本 900m 2,340m 1式	21,933 7,187 4,991 14,897 7,644 56,652	
47	鋼管杭挿入工 集水井筒工 排水トンネル 集水ボーリング 山腹工 水路工 諸調査	H=30.0m, 20本 H=25.5, 3.5m 内径2.0m 86mm コンクリート板 U型, 板柵水路	3箇所60本 1基 212m 1,200m 1,500m 360m 1	7,242 21,438 48,871 7,300 2,399 6,621 10,093 103,964	3号ケーソン工 ライナープレート巻立て 3号ケーソン工内
48	排水トンネル工 水路工 諸調査	内径2.0 開削工	50m 1,210m 1式	16,150 11,595 14,492 42,237	1号トンネル工
49	集水井筒工 諸調査	H=25.5, 15.0	2基 1式	45,202 2,130 47,332	4, 5号ケーソン工
50	開渠工 集水ボーリング工 諸調査	ベンチフリューム	238m 1,500m 1式	9,614 19,324 1,928 30,866	ケーソン内集水ボーリング
51	排水トンネル工 諸調査	内径2.0m	125.0m 1式	37,805 1,932 39,737	2号トンネル工
52	排水トンネル工 集水ボーリング 諸調査	内径2.0m	154.5m 1,100m 一式	50,023 12,220 4,130 66,373	2号トンネル工 1, 2号ケーソン内

年 度	工 種	規 格	数 量	工 事 費	備 考
53	排水トンネル工 ボーリング孔洗浄 諸 調 査 計	内径2.0m	163.0 680m 1式	62,104 1,220 3,110 66,430	2号トンネル工
54	排水トンネル工 ボーリング孔洗浄 諸 調 査 計	内径2.0m 下部機構調査	130m 700m	54,910 1,304 15,776 72,000	2号トンネル工
55	水 路 工 集 水 井 集水井ボーリング ボーリング孔洗浄 諸 調 査 計	U型溝(二階建) 内径3.5m H=10.5 下部機構調査等	265m 2基 2,500m 600m	18,111 29,915 29,915 1,250 18,926 68,202	集水井内集水ボーリング
56	水 路 工 集水ボーリング 諸 調 査 計	U型溝(二階建) 現場打水路	476.5m 40.0m 756m 1式	37,442 3,950 11,272 3,634 56,298	横ボーリング、ポンプ設備
57	排水トンネル工 集 水 井 集水ボーリング 水 路 工 諸 調 査 計	内径2.0m 内径3.5m H=15.3m RCセグメント U型溝	88m 1基 680m 418m 1式	60,300 20,600 19,800 2,870 103,570	集水井内
58	排水トンネル工 グラベルパイプ 水 路 工 諸 調 査 計	内径2.0m 径35cm I=25.8~31.1m U型溝 測量, 観測	30m 23本 547m 1式	18,690 21,390 26,860 7,460 74,400	
59	集 水 井 集水ボーリング 排水ボーリング 水 路 工 諸 調 査 計	内径3.5m H=11.0 U型溝	2基 1,800m 111m 334.2m 1式	36,420 16,280 4,300 57,000	

年 度	工 種	規 格	数 量	工 事 費	備 考
60	集 水 井 集水ボーリング 排水ボーリング 水路工 横ボーリング 諸 調 査 計	内径3.5m H=11.0 (大型暗渠工) U型溝	2 基 1,800m 129m 57.5m 170.5m 200m 1 式	44,690 3,940 5,670 3,000 57,300	
61	集 水 井 集水ボーリング 排水ボーリング 水路工 保 全 整 備 諸 調 査 計	内径3.5m H=11.0m	2 基 2,414.5m 141m 90m 7,124㎡ 1 式	48,820 5,790 14,840 2,850 72,300	
62	集 水 路 集水井ボーリング 排水ボーリング 水路工 保 全 整 備 諸 調 査 計	内径3.5m H=11.0m	2 基 2,400m 163m 463m 11,400㎡ 1 式	51,770 21,290 11,340 3,400 87,800	
63	集 水 井 集水ボーリング 排水ボーリング 水路工 保 全 整 備 自 動 観 測 装 置 諸 調 査 計	内径3.5m H=11.0m	1 基 1,450m 51m 722m 7,710㎡ 1 式 1 式	76,100	
平成 1	ボーリング孔洗浄 水路工 保 全 整 備 諸 調 査 計		1,100m 1,440m 9,340㎡ 1 式	63,770	
2	集 水 井 集水ボーリング 排水ボーリング 水路工 ボーリング孔洗浄 保 全 整 備 諸 調 査 計	内径3.5m H=7.5m	1 基 800m 35m 734m 3,000m 9,570㎡ 1 式	61,400	

年 度	工 種	規 格	数 量	工 事 費	備 考
3	集水ボーリング 横ボーリング 開渠工 明暗渠工 保全整備 諸調査		291m 223m 553.9m 244.7m 12,010㎡ 1式	千円 53,300	
合 計	集水井 〃 集水井筒戸 深井戸 グラベルパイ 排水トンネル 集水ボーリング 鋼管杭 遮水壁 水路工 開削工 河川付替 山腹工 保全整備 堤防築造 砂防堰堤 諸調査 昭和41～平成3年度	ライナープレート RCセグメント ケーソン径3.5m 径30～50cm 径35cm	13基 1基 5基 16基 23本 1,119.5m 20,180m 150本 120m 24,765.6m 449m 2,500m 1,500㎡ 52,154㎡ 1式 28基 1式	 1,515,097	この他に中継井1基



地すべり地上部の状況 昭和44年(1969)10月撮影