

栗原地区緊急地すべり対策事業

(広島県尾道市栗原町大字竹屋)

平成 2 年 11 月



広島県土木建築部砂防課

目 次

1. 広島県の地形・地質概要	1
2. 栗原地すべりの概要	2
2.1 尾道市の概要	2
2.2 栗原地すべりの概要	2
2.3 アドバイザーの派遣要請	5
2.4 応急対策	5
3. 地すべり変動状況	7
3.1 伸縮計	7
3.2 孔内傾斜計	9
3.3 地下水位	9
3.4 排水ボーリングからの排水量	10
4. 地すべり発生機構	12
4.1 被災箇所付近の地形・地質特性	12
4.2 素因・誘因について	14
5. 対策工検討	16
5.1すべり面の強度	16
5.2 応急排土工	16
5.3 排土工	18
5.4 排水工	18
6. まとめ	20

1. 広島県の地形・地質概要

広島県は中国山地南斜面の中央部に位置し、東西約129km、南北約119kmで面積は8,462km²を占めて全国第11位となっている。県内はほとんど山地に満たされており、平野は主要河川である太田川、芦田川、沼田川の流域にわずかにみられるにすぎない。

中国地方には隆起準平原遺物と考えられる侵食平坦山地が三段に分かれて広く発達しているが、広島県においても顕著である。すなわち、中国山地の脊梁部は高度1000m～1300mの比較的定高性を保った山地で高位面、又は道後山面と呼ばれ、その南には高度300m～600mの平坦面があって中位面又は吉備高原面と呼ばれている。さらに南で瀬戸内海に面した付近には高度200mあるいはそれ以下の平坦面があり、低位面又は瀬戸内面と呼ばれている。

広島県の地形のもう1つの特徴は日本列島中最も密に並走している北東～南西系の直線状構造谷群の発達していることであり、これらは水系の発達を規制し、都市や集落の分布、産業・交通の発達に大きく影響を与えている。又、前記階段状山地の境界は比較的急傾斜となっており、斜面崩壊等、自然災害発生の密度が高い部分となっている。

次に地質について概観してみると、県下には古生代後期の石炭系から現世に至るまでの種々の岩種がみられる。しかし、中生代末白亜紀から新生代第二紀初頭にかけての酸性火成活動による流紋岩類、花崗岩類が全体の約75%の面積を占めて分布しているのが大きな特徴となっている。他の主なものとしては古生層が県の北東部、中央部、南部に独立的に分布し、第三紀の備北層群が三次・庄原盆地に分布している。又、第三紀末鮮新世又は第四紀洪積世の山砂利層が県中部から東部にかけて点在している。

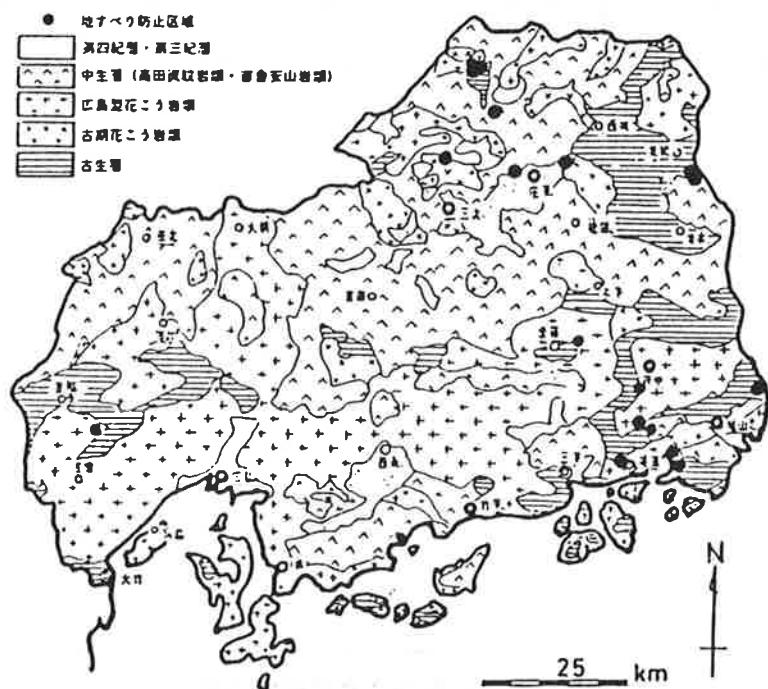


図1-1 広島県の地質の概略と地すべり防止区域（中国地方地学事典より）

このように県下に分布する地質は、基岩として白亜紀末の火成岩類（花崗岩・流紋岩等）がほとんどである。これらの基盤岩類が分布する地域においては地すべりを起こす地質的素因はほとんどない。しかし、堆積岩・変成岩類が分布する県北部・東部には、比較的小規模な地すべりが点存する。例えば福山地方の古生代の粘板岩に起因する崩壊性地すべり、尾道・東城地方の断層破碎帯地すべり、君田東城地方の第三紀層泥岩中の地すべり、安芸津地方の基岩が風化して泥質化した崖錐性地すべり等の地すべりがある。

2. 栗原地すべりの概要

2.1 尾道市の概要

被災地は尾道市の北西部に当る。尾道市は瀬戸内海のほぼ中央、広島県の東南部に位置しており、地形的には平地部は少なく、市街地は海岸線に沿って帶状に形成されている。近年新幹線新尾道駅開設に伴なう後背部の開発、あるいは海域部の埋め立てが進み、都市部の発展は著しい。

また、尾道は開港八百有余年を誇り、昔から文人墨客が訪れ、彼らの文学・詩歌や絵画にその美しさをたたえられてきている。

2.2 栗原地すべりの概要

栗原地すべりは尾道市街地の北西約3km、新幹線新尾道駅の北西約700mの山麓緩斜面で発生した。被災時の状況は以下のようである。

平成2年6月27日から7月2日に渡り、継続的に降り続いた降雨（連続雨量147mm）により、7月2日16時30分地元町内会の巡視で、人家裏の上部斜面（畠）に亀裂を発見し、警戒を続ける中[17]時頃更に亀裂が拡がり、危険を感じたため地元消防の判断で避難命令が出された。

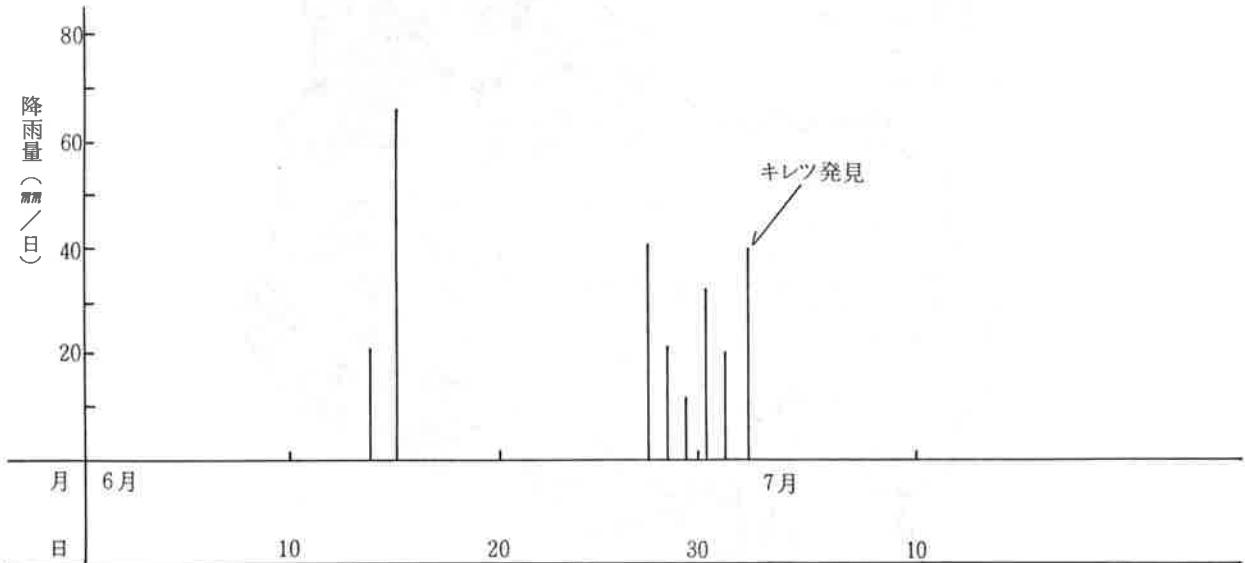


図2-1 地すべり発生前降雨状況

翌3日の現地調査では、地すべり頭部で水平移動量約1.7m、段差0.7mが認められ、斜面の下方では押し出しによる構造物の破壊が認められた。

地すべりの規模は、巾約40m、長さ約70m推定深度約7mと比較的小規模な地すべりではあるが、この土塊がすべり出すことにより、斜面下方の人家が続々と飲み込まれる恐れがあり、緊急を要する災害であった。



図2-2 地すべり発現状況

なお、当災害の経過は表2.1に災害経過表としてまとめた。

表2-1 栗原地区地すべり災害経過表

項目	平成2年 7月			8月			9月			10月		
	2	10	20	30	1	10	20	30	1	10	20	30
地すべりの状況 及び避難状況等	津波伸縮計2台目設置 災害発生個所調査 19世帯避難名(警報器付) 7/14 19世帯避難中 4世帯避難継続中											
応急排土工 (2,000 m³)					工事用道路(地元交渉含む)	500 m³排土 8/17	8/24					
"追加 (1,000 m³)						1500 m³排土		9/1	9/7			1000 m³排土完
横ボーリング工 (応急7孔)	7/5	7/6	7/14									
"追加 (応急6孔)			準備完了	7/19	8/1	完了						
調査		7/14					調査ボーリング等地すべり調査	9/1				

2.3 アドバイザーの派遣要請

地すべり発生翌日には、警報器付伸縮計を設置し、地元へ危険を知らせることとし、排水ボーリング（7本）等の応急対策に着手したが、避難を解除する時期については、県としても市としても判断に悩んだ。

このため、昭和60年度から制度化されているアドバイザーレジime制度を利用すべく、7月11日県砂防課長から建設省河川局防災課災害対策室長へアドバイザー派遣を要請した。

7月14日3名のアドバイザー（栃木広大教授・藤田砂防技術センター技術第3部長・吉松建設省土木研究室長）による現地調査が行われ、その日のうちに県・市に対してアドバイスがあり、アドバイスの概要について記者発表がなされた。

アドバイスの内容は

- ① 地すべりの現況と今後の動向
 - ② 応急対策工事
 - ③ 警戒避難についての指導であった。
- （巻末にアドバイス資料添付）

2.4 応急対策

応急対策は、亀裂発見と同時に地元消防団により、ビニールシートによる地表水浸透防止工事が施工され、以後の地すべり進行を抑制した。また、3日15:00頃には頭部引張り亀裂を挟んで警報器付伸縮計1基（4日午後に更に1基追加）を設置し、地すべり土塊の監視を行った。

又、地元同意の得られた3日後には、地すべり地域内の地下水を排除し、地すべり土塊の安定化をはかるため、排水ボーリング工2ヶ所7本（追加1ヶ所6本 計13本）に着手した。

更に地すべり頭部の荷重を減じ、地すべりの滑動力を減少させることを目的として、地すべり土塊の約1割に当る2000m³を除去（応急排土）することにし、応急工事として着手した。

なお、これらの応急工事と並行して調査ボーリングも進めていたが、調査ボーリングにより確認したすべり面で再計算すると、当初の応急排土による安全率はFs=1.03（目標1.05）となり、目標安全率を満足しないため、追加1000m³の二次応急排土工を施工し、目標の安全率を確保した。

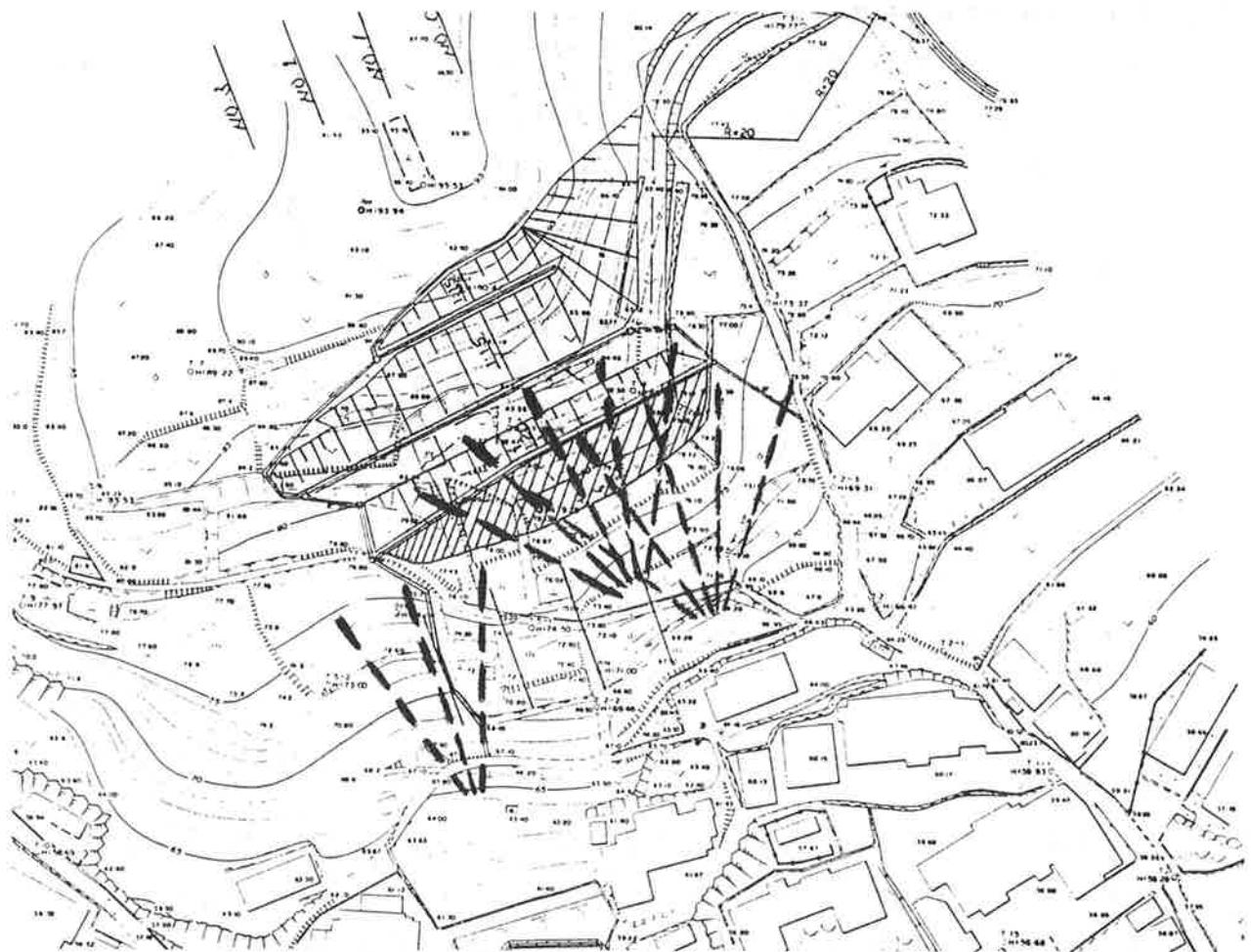


図 2-3 応急対策工事計画

3. 地すべり変動状況

当地すべりは、突発的な崩壊型地すべりであり、地すべり変位は地すべり発生後最も大きく、応急対策工の効果もあってか、現在のところ小康状態にある。

地すべり発生後は、地すべり変動の状況を知る目的で下記の計器を設置しており、各計器による測定結果は以下に述べるようである。

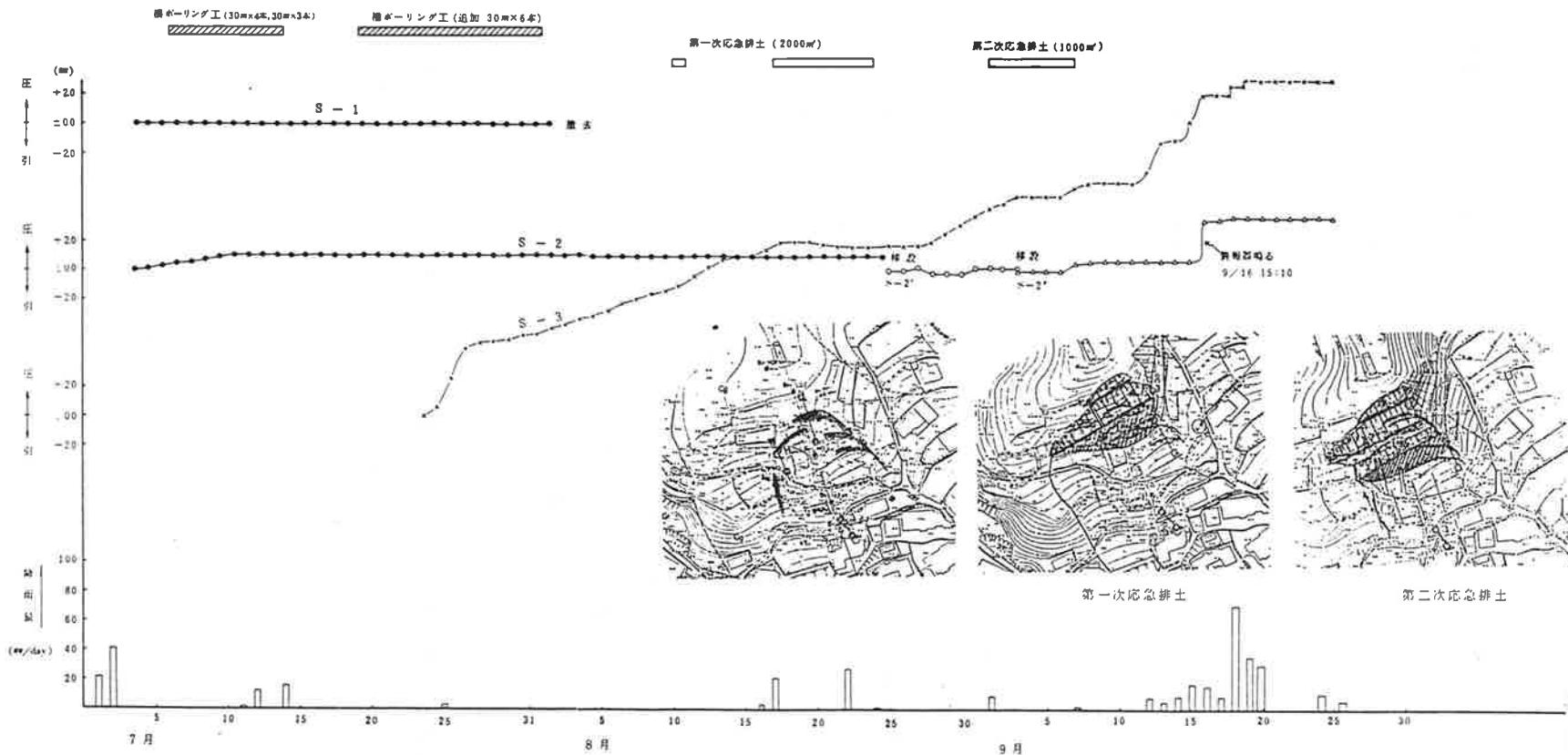
3.1 伸縮計

伸縮計は地すべり発生直後、頭部引張りキレツを挟んで2基、下方圧縮部へ1基設置して地すべり変動を監視している。設置してからの動きは図3-1に示すようである。S-1は主測線上に設置したものであるが、設置してからの動きはほとんど認められない（8月上旬応急排土のため撤去する）。S-2はS-1の補助的な目的で設置したものであるが、移設までの動きはほとんどない。この伸縮計は応急頭部排土のため2回移設している。9月中旬まで降雨量も少なかったため、変動はなかったが、台風19号の接近により降雨が増大し、9月18日の70mm/dayの雨で遂に警報器が鳴り（警報値2mm/h），住民は避難した。台風通過後のS-2の変動は認められない。S-3は地すべり土塊下方の圧縮部へ設置している。当計器の設置後からの動きは特異で、設置当初より降雨との対応はなく、常に圧縮側への動きが認められる。

しかし、追加排水ボーリング工（30m×6本），さらに第二次応急排土工を施工した時点で土塊は落ち着きかけていたが、9月中旬台風接近時の降雨で変動が始まっている。このようにS-3は地すべり土塊の安定性と比較的良く対応しているようであり、地すべり土塊がなおも極限安定状態であり、土塊のひずみが地すべり土塊の下方（圧縮部）へ相当集中していることがわかる。台風通過後のS-3の動きは幸いにしてほとんど認められない。

3.2 孔内傾斜計

孔内傾斜計は調査ボーリング孔6孔すべてに設置して、地中の地すべり変動を測定している。図3-2に設置してから9月20日までの測定結果を示すが、地中変位も特異な変動は認められず地すべり発生後、地すべり土塊はほぼ安定しており、現在のところ均衡を保っていることが窺われる。



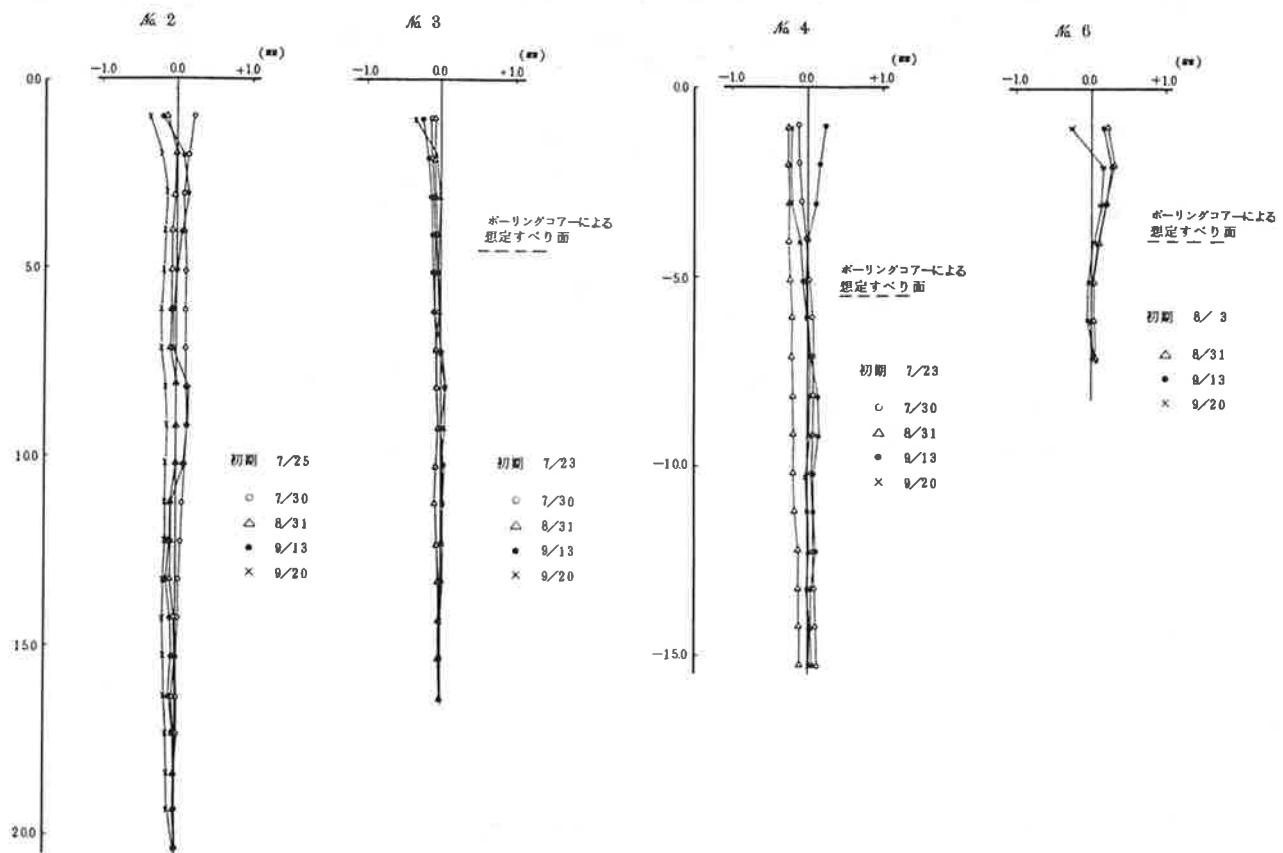


図 3-2 孔内傾斜計観測結果

3.3 地下水位

図 3-3 はボーリング孔内の地下水位変化を、降雨と対応させてプロットしたものである。

図中、No. 1. 2. 3 孔は花崗岩内の深層地下水位を示したものであり、地下水位は低く、降雨との対応はあまり認められない。

これに対し、No. 3. 6 は地すべり土塊内の浅層地下水位を示しており、降雨との対応がある。特に No. 6 は降雨によっては地下水位はほとんど地表面にまで達する。（図 3-5）

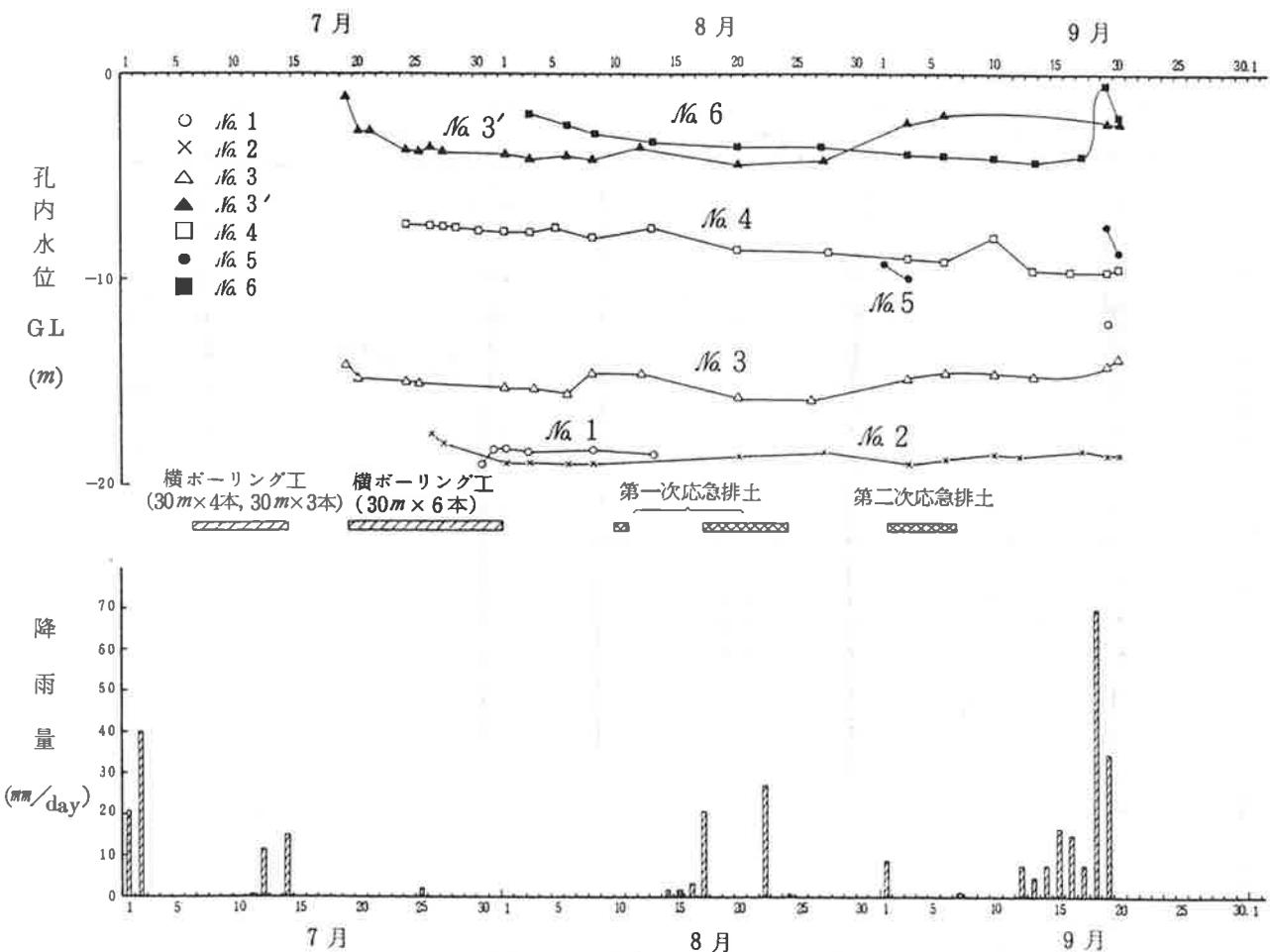


図 3-3 ポーリング孔内水位観測結果

3.4 排水ボーリング孔からの排水量

地すべり防止の応急対策工として施工した排水ボーリング（3ヶ所，30m×13本）については、ボーリング掘進中を含めてボーリング孔からの地下水排水量を測定した。

測定結果を降雨との対応でまとめたものが図3-4である。

No. 1 地点は地すべりブロック末端部の一番集水し易いポイントであり、地すべり活動のため地下水が被圧されていたためか、掘進中あるいは直後では 500～1000cc/min の排水量があったが、その後漸減し、記録的な干ばつのせいもあって、排水量はほとんど 0 となる。

No. 2 地点はブロック西側の湧水ポイントであるが、掘進中、後も湧水は認められなかった。

No. 3 地点は、No. 1 地点の上方で施工したものである。No. 1 排水ボーリング（4本）によってある程度地下水排除が進んでいたためか、測定期間中の排水量は少ない。

図3-5は台風接近による豪雨時の連続排水量・地下水位測定結果である。降雨強度のピークと排水量ピークとの遅れは約 5～10 時間であり、特に No. 1 地点における降雨と湧水量の関係は鋭敏である。

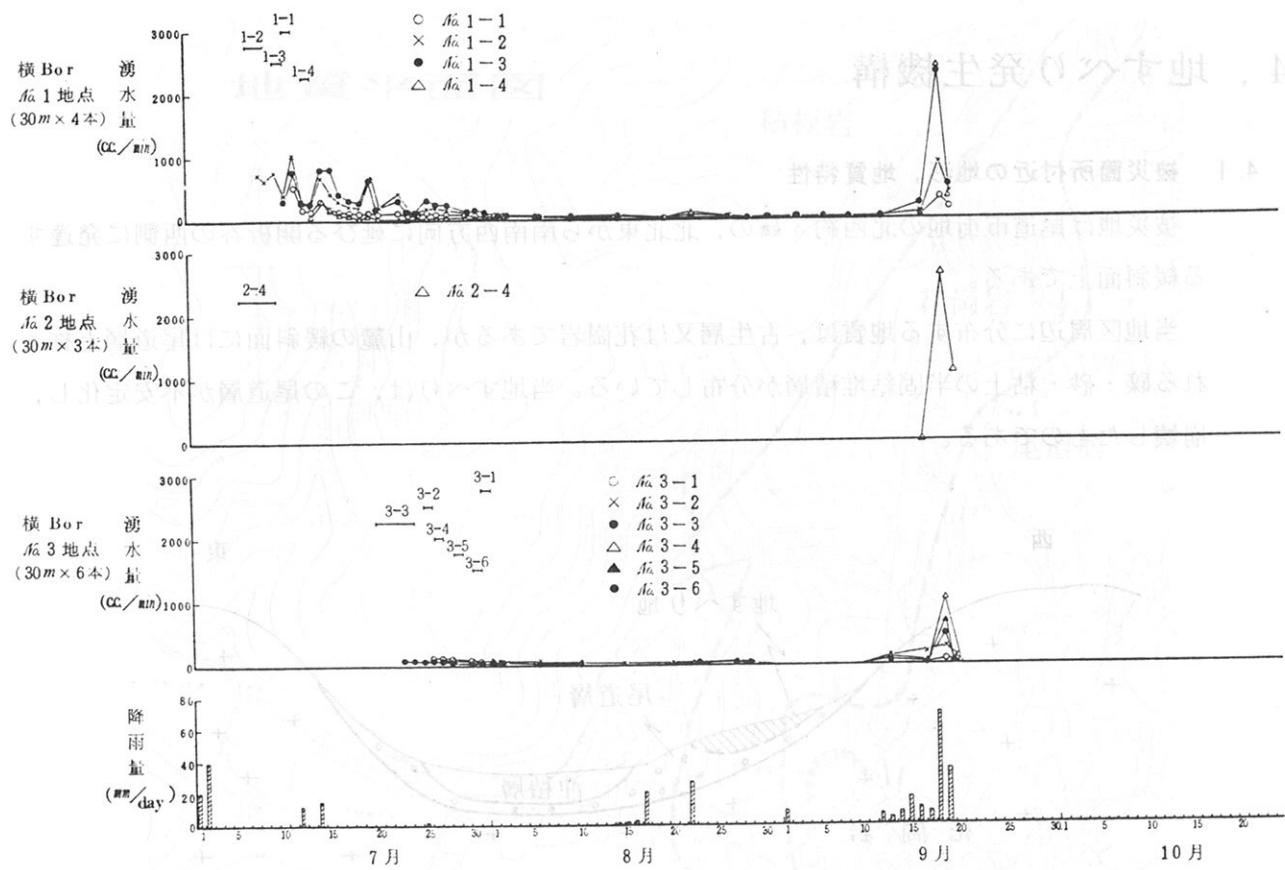


図 3-4 排水ボーリング湧水量測定結果

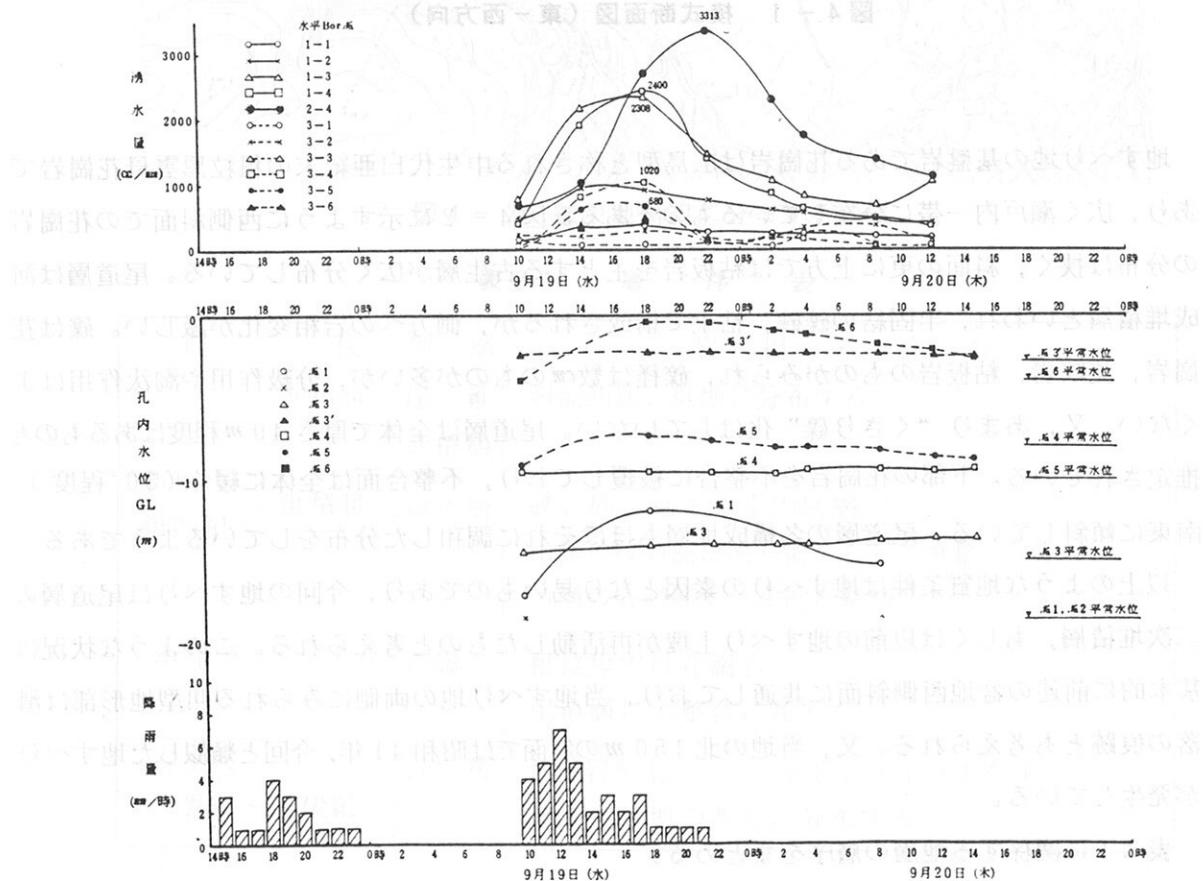


図 3-5 台風時湧水量・孔内水位観測結果

4. 地すべり発生機構

4.1 被災箇所付近の地形、地質特性

被災地は尾道市街地の北西約3kmの、北北東から南南西方向に延びる開析谷の西側に発達する緩斜面上である。

当地区周辺に分布する地質は、古生層又は花崗岩であるが、山麓の緩斜面には尾道層と称される礫・砂・粘土の半固結堆積層が分布している。当地すべりは、この尾道層が不安定化し、崩壊したものである。

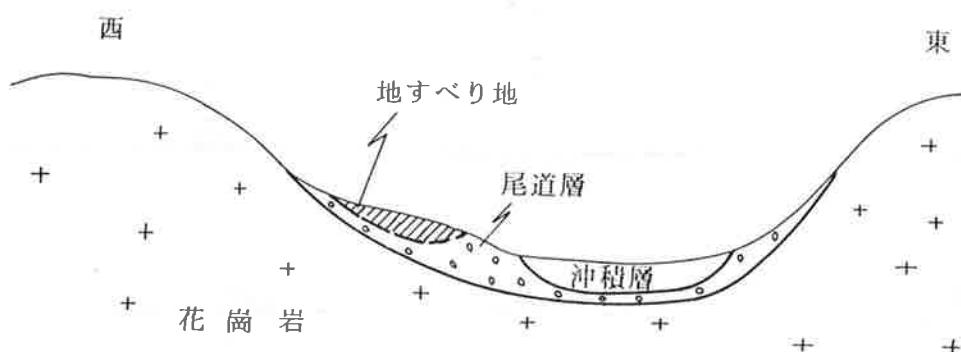


図4-1 模式断面図(東-西方向)

地すべり地の基盤岩である花崗岩は広島型と称される中生代白亜紀末の粗粒黒雲母花崗岩であり、広く瀬戸内一帯に分布しているものである。図4-2に示すように西側斜面での花崗岩の分布は挟く、斜面の更に上方では粘板岩を主とする古生層が広く分布している。尾道層は河成堆積層といわれ、半固結の礫砂、粘土で構成されるが、側方への岩相変化が激しい。礫は花崗岩、流紋岩、粘板岩のものがみられ、礫径は数cmのものが多いが、分級作用や淘汰作用はよくない。又、あまり“くさり礫”化はしていない。尾道層は全体で厚さ40m程度はあるものと推定されている。下部の花崗岩を不整合に被覆しており、不整合面は全体に緩く(30°程度)南東に傾斜している。尾道層の各構成地層もほぼそれに調和した分布をしているようである。

以上のような地質条件は地すべりの素因となり易いものであり、今回の地すべりは尾道層の二次堆積層、もしくは以前の地すべり土塊が再活動したものと考えられる。このような状況は基本的に前述の盆地西側斜面に共通しており、当地すべり地の両側にみられる凹型地形部は滑落の痕跡とも考えられる。又、当地の北150mの斜面では昭和41年、今回と類似した地すべりが発生している。

表2.1に関係する地層の層序をまとめる。

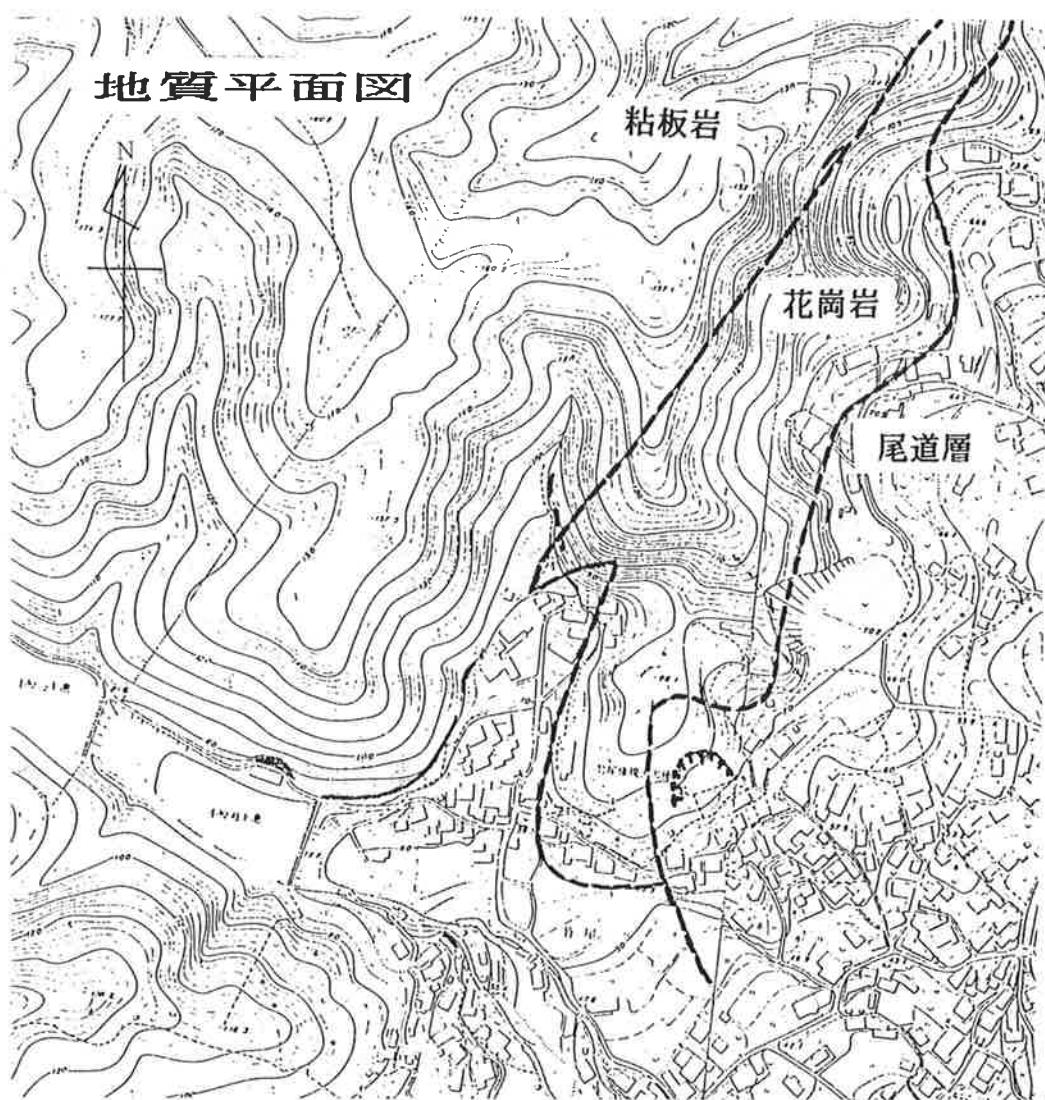


図 4-2 被災地周辺に分布する地質

表 2.1 層序表

時代		地層	岩相・分布
新生代 第四紀	沖積世	崖錐 沖積層	斜面凹部、低地に分布する。
	洪積世	尾道層	礫、砂、粘土の半固結層。 山麓の緩斜面に流れ盤をなして堆積している。 当層の表層部（二次的堆積物？）がすべてっている。
中生代 白亜紀	花崗岩		粗粒黒雲母花崗岩。 尾道層に不整合に覆われている。
古生代 二疊紀～石炭紀	古生層		粘板岩を主として、砂岩、チャートを挟む。 地すべり地の西方に分布する。

4.2 素因・誘因について

地すべり発生の素因は現地の地形・地質と深く結びついていることが多い。当地区の場合も、素因としては半固結状の尾道層の分布があげられる。なお、ボーリング結果による当地区の地質断面は図4-3に示す様な構成である。

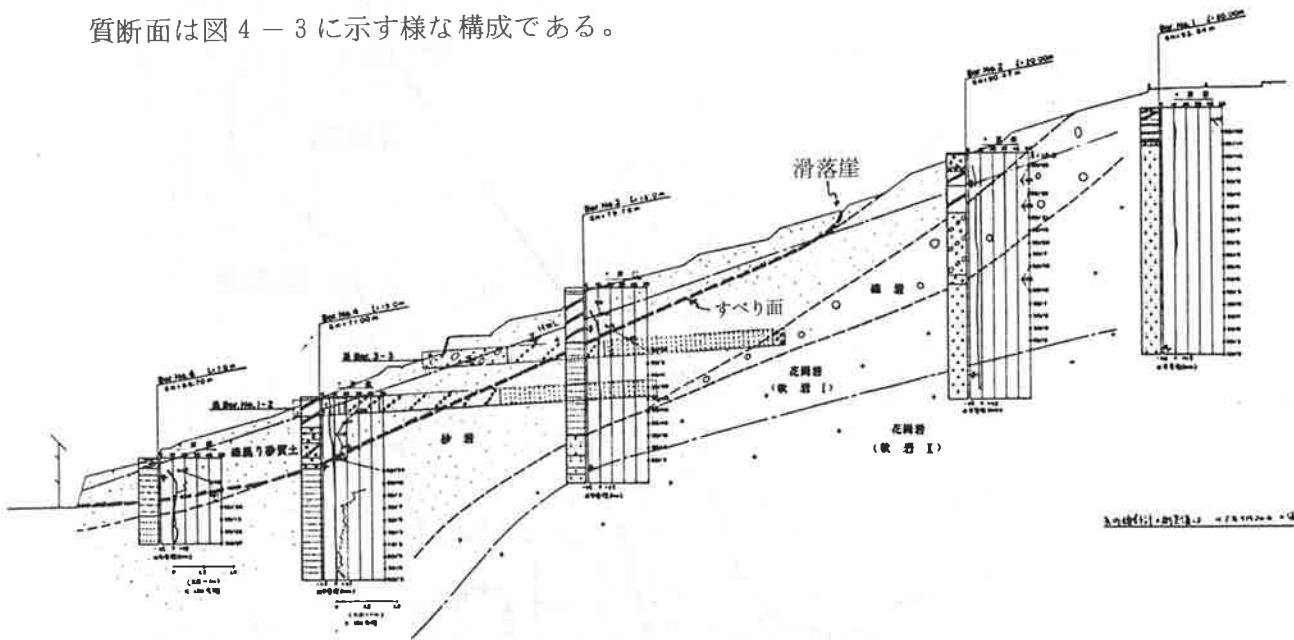


図4-3 地すべり地地質断面

尾道層は長年月に渡る風化侵食によって、現況地形はほぼ極限状態の平衡を保っていると考えられる。したがって何らかの要因によってこの平衡状態が崩れると、地すべりに発展することになる。今回発生した地すべりの場合は、地すべり層は過去の尾道層の崩壊した二次堆積層とも考えられ、図4-4に示すように移動層と不動層の間に土性の変化は認められず、含水比・強度（N値）に変化がみられる。また、応急工事の頭部排土時、未風化部との境界には簿い地すべり粘土層も確認された。

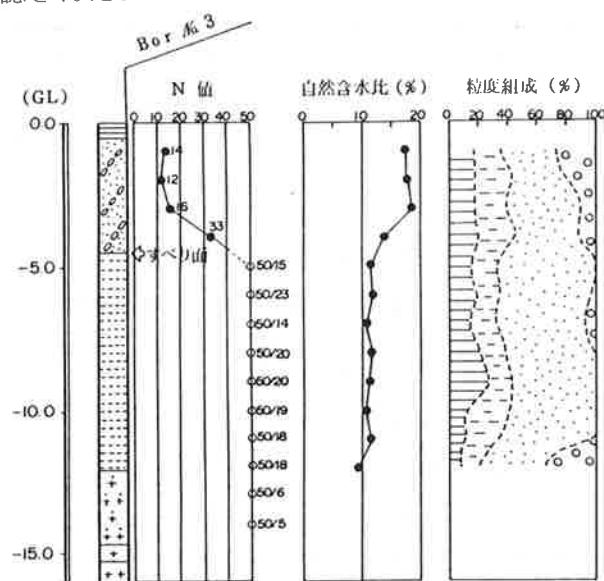


図4-4 地すべり土塊の土性

誘因としては、降雨による間げき水圧の上昇・地すべり土塊の重量増大が考えられるが、図4-5にも示したように、降雨時疊層から供給される被圧水頭も要因の一つになっていると考えられる。

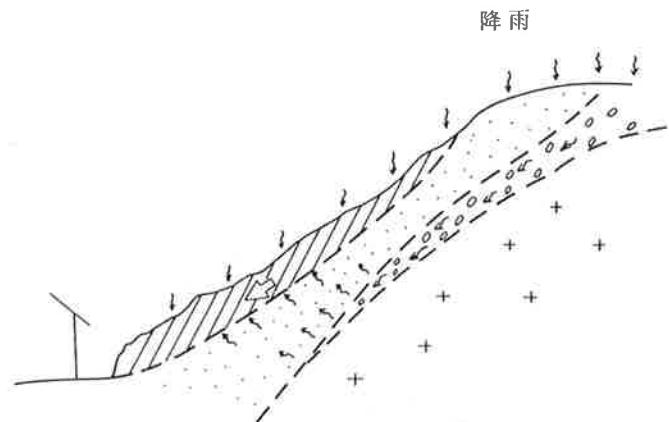


図4-5 地下水の地すべり土塊への供給（模式図）

5. 対策工検討

5.1 すべり面の強度

すべり面の強度は想定したすべり面(複合すべり)について、逆算法によって算定した。この場合地すべり発生時の安全率はアドバイザーの意見を取り入れ、 $F_s = 0.98$ とした。

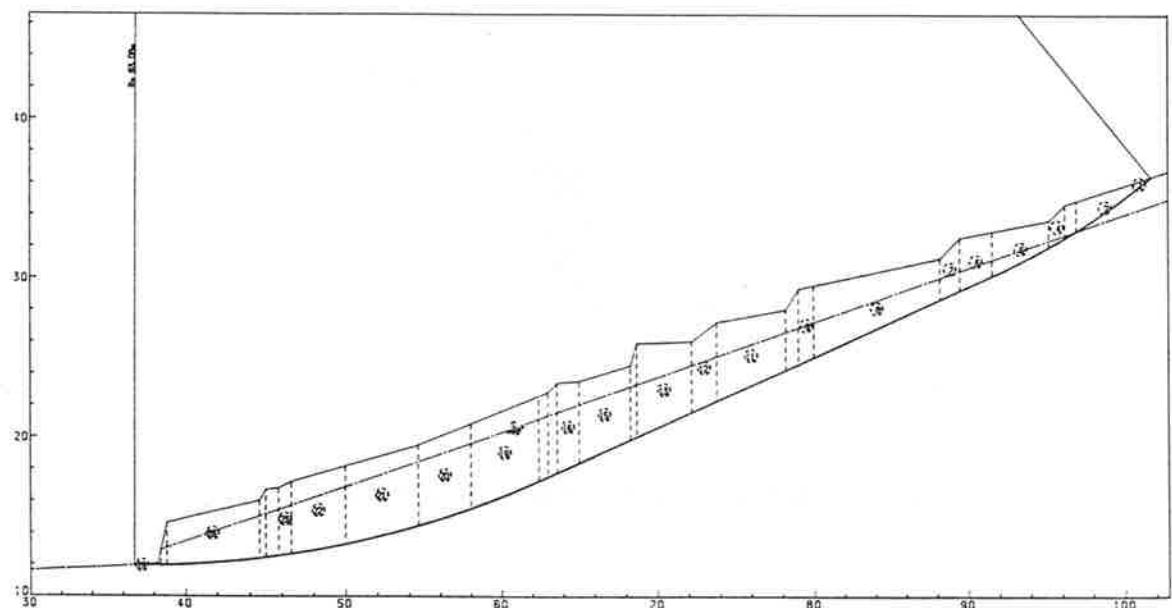


図 5-1 地すべり断面分割図

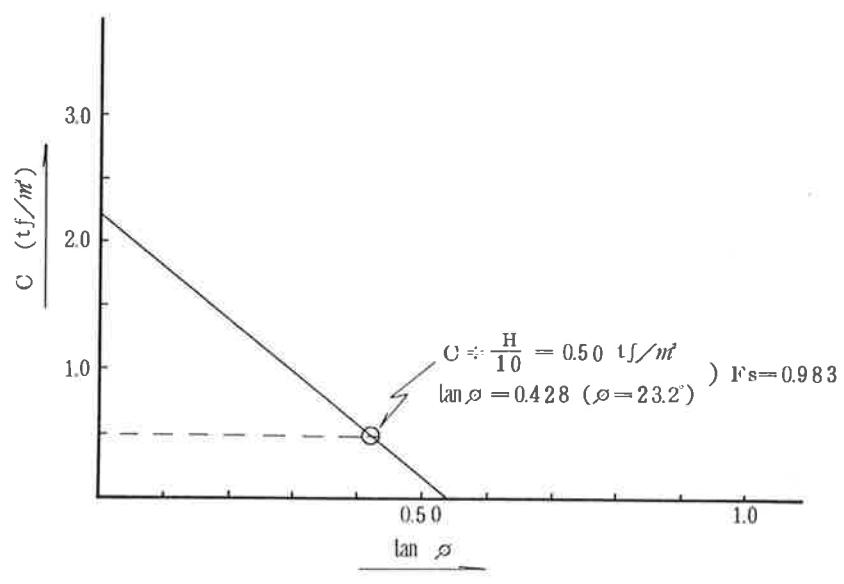


図 5-2 C～φ関係図

5.2 応急排土工

応急排土工は頭部排土により計画安全率 $F_p = 1.05$ を目標に計画した。

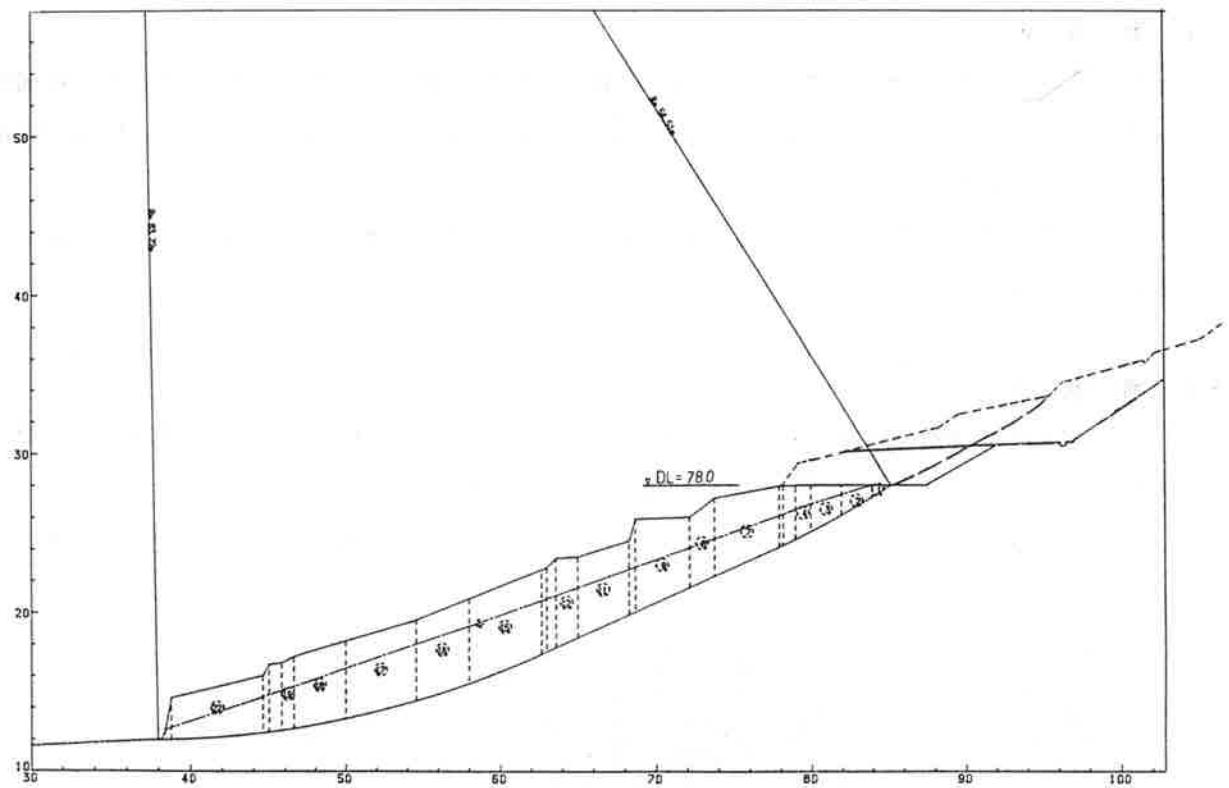


図 5-3 応急排土工安定計算図

第二次応急排土 ($+1000 m^3$) は、9月7日終了したが、その後の降雨でも、警報装置が作動するなど地すべり変動は続いた。これは図5-4に示すように残存地すべり土塊内にさらに複数のすべりが生じたためと考えられる。このため、本工事着工までは地すべり土塊全体をシートで覆う、監視をさらに厳しく続ける等の対策を立てた。

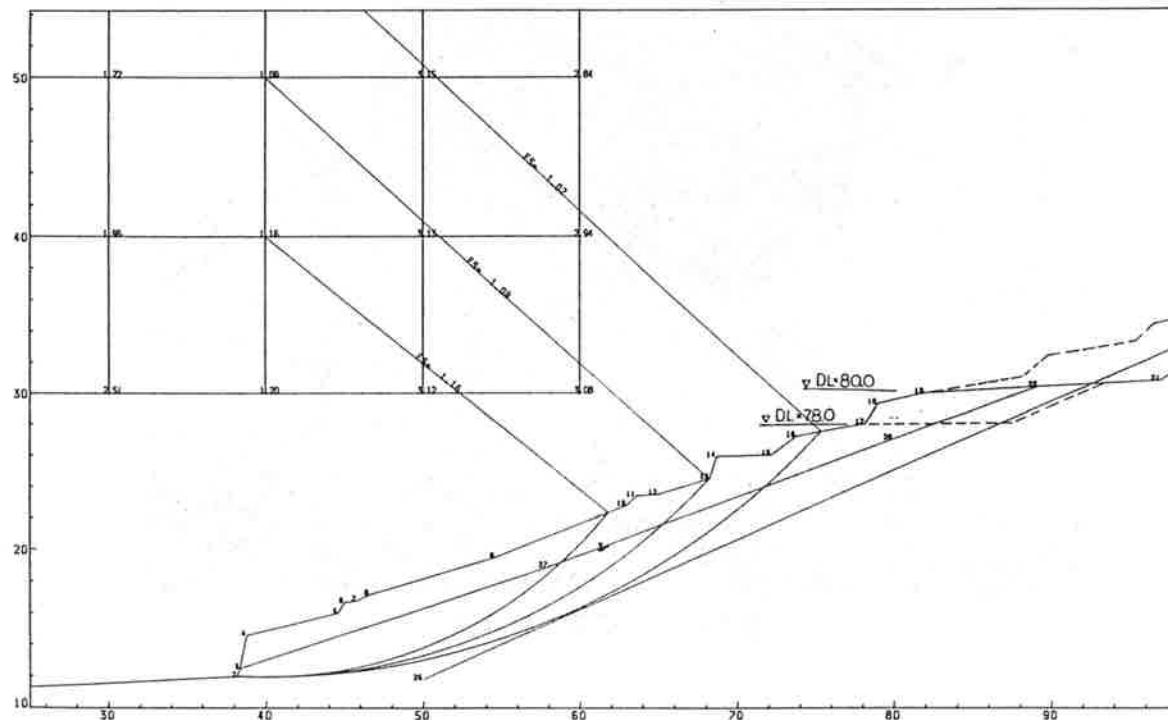


図 5-4 応急排土面以下に残在するすべり面

5.3 排土工

当地すべりは巾 50 m, 長さ 60 m, 厚さ 5 m と比較的小規模なものであり、特にすべり層厚が薄いことから、防止効果の確実度の高い排土工を防止工法として採用した。この場合、防止工による計画安全率は $F_P = 1.20$ とした。

排土計画は図 5-5 に示す。なお、整地面は現況とほぼ同勾配の 1 : 5.0 とし、工事後の土地利用も考慮している。

5.4 排水工

排水工としては地表水排除を目的に地すべりブロック周辺、擁壁下部に U 字型側溝を計画し、浅層地下水排除としては擁壁に沿って暗渠（深さ 2.0 m）を配置した。

また、深層地下水排除を目的としては、排水ボーリング（20 m × 5 本 × 4 ケ所、30 m × 5 本 × 2 ケ所）を計画した。

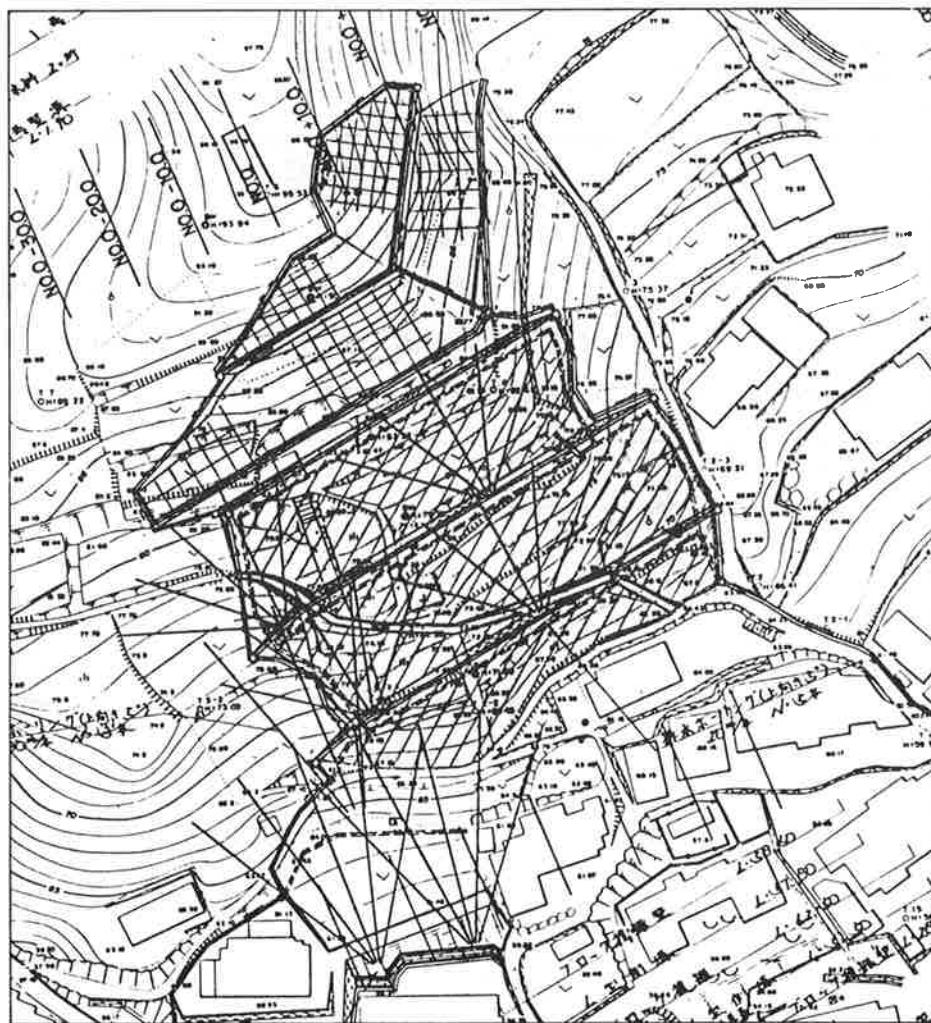


図 5-5 対策工計画図

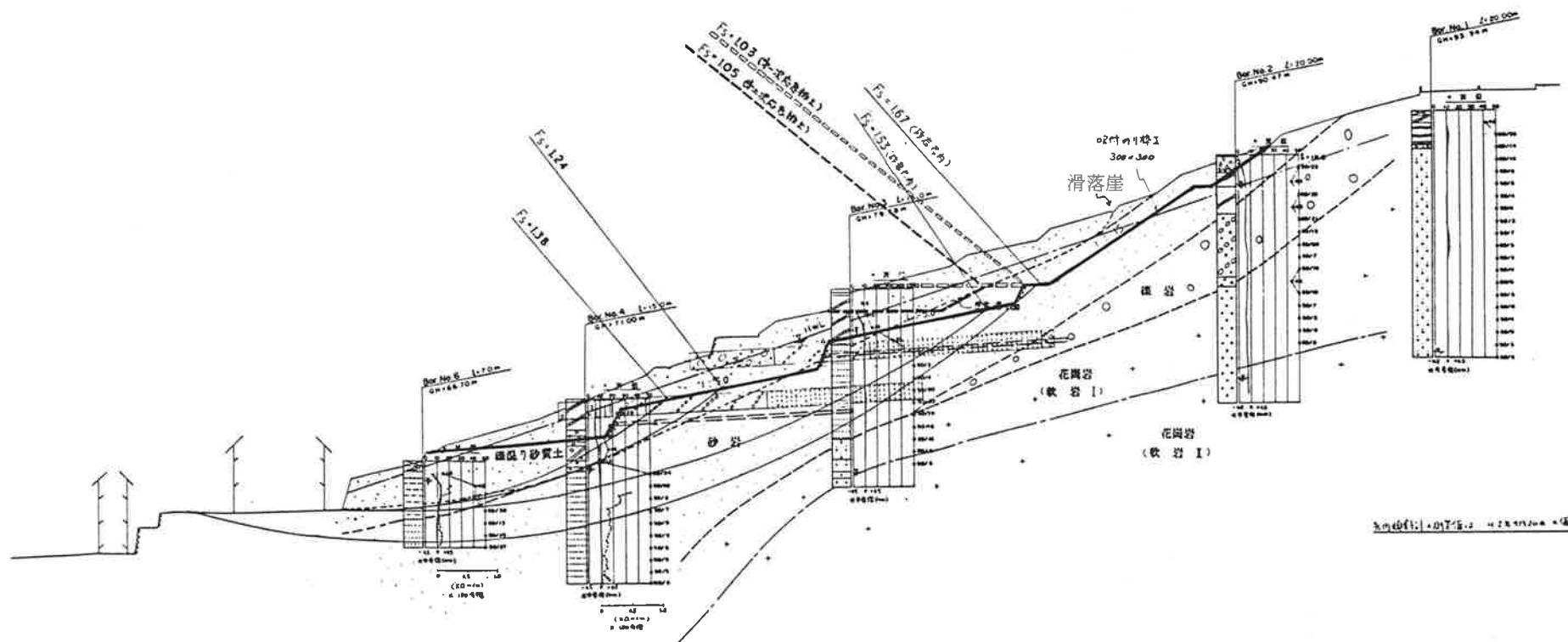


図 5-6 対策工検討断面図

6. まとめ

当地すべりは、平成2年7月上旬の連続降雨によって突発的に発生したものであるが、昭和41年度隣接地にも同様な地すべりが発生していることより、地すべりが発生し易い地形・地質的素因があったものと判断される。

地すべり発生時の動きは急激で、その後の動き如何では一気に崩壊に繋がりかねないところであったため、応急対策としてのシート張り工、住民避難は適切であったと考えられる。また、応急工事も含めてその後の対策について、アドバイザーの指導は有効であった。今後、災害時の緊急を要する判断あるいは地元対策等に問題がある場合、同制度は多いに活用すべきと考える。

(卷末資料)

広島県尾道市栗原地すべり竹屋地区に関するアドバイザー派遣について

1. 要請者 広島県知事 竹下虎之助

2. 派遣地 広島県尾道市栗原町大字竹屋

3. 現地調査日 平成2年7月14日

4. アドバイザー

代表アドバイザー 栢木省二 広島大学総合科学部教授

アドバイザー 藤田寿雄 (財)砂防・地すべり技術センター技術第三部長

アドバイザー 吉松弘行 建設省土木研究所地すべり研究室長

建設省同行者 石橋照浩 建設省河川局防災課係長

5. 要請の内容

地すべり崩壊による二次災害防止のため、現地の状況を調査し、地すべりの現況及び今後の動向、当面の応急対策工事及び警戒避難に関するアドバイス。

6. 要請の背景

平成2年6月27日から7月2日にわたる梅雨前線による降雨（連続雨量147mm）により7月2日16時30分頃地元町内会の巡視で人家上部の斜面内（畑）に亀裂が発生しているのを発見、更に亀裂が拡がった19時には被害想定区域内の19世帯63名が竹屋公民館に避難した。

なお、同日20時には地元及び消防で斜面全体をビニールシートによる被覆を行った。

尾道市は7月3日10時に災害対策本部を設置し、24時間警戒体制に入ったが、7月5日以降も夜間と降雨時には避難するよう指導を行うと共に警戒体制を続行している。

県においては、7月3日早朝から現地調査を開始し7月3日19時には現地に警報器付の伸縮計を設置すると共に、対策工法についても検討を行い、7月5日から応急工事として水平排水ボーリング工に着手した。更に地すべり上部の土塊を除去する応急排土工事の準備を進めているが、専門的知識を有するアドバイザーから今後の地すべりの動向と当面の応急対策工事及び避難解除に対する指導を得るために派遣要請に至ったものである。

7. 派遣までの経緯

7月11日夜、尾道市長からの派遣要請を受け、広島県土木建築部砂防課長より建設省河川局防災課災害対策調査室長（アドバイザー制度運営委員）に対してアドバイザー派遣の正式要請があり、安芸アドバイザー制度運営委員長と連絡をとり、上記3名のアドバイザーを決定し、藤田・吉松の両アドバイザーは7月13日18時頃広島県に到着し、栢木代表アドバイザーは7月14日朝、藤田・吉松の両アドバイザーと合流した。

8. アドバイスの概要

(1) 経緯

アドバイザーは広島県に到着後、広島県より災害の規模、応急対策工事の施工状況及び地元住民の避難状況について説明を受けた。その後、現地に赴き県及び尾道市の案内により地すべり状況を調査した。現地調査後、アドバイザー間においてアドバイス内容について意見をとりまとめ、栃木代表アドバイザーから広島県土木建築部砂防課長に対しアドバイスを行った。

(2) アドバイスの内容

1) 地すべりの現況及び今後の動向

① 現況

栗原地すべり竹屋地区は、標高約 8.2m を頭部とし、比高約 2.4m の斜面に、幅約 4.0m、長さ約 6.8m、推定深度約 1.0m の規模で発生している。

現在、頭部滑落崖で、水平移動量約 1.7m、段差約 0.7m の亀裂が発達している。

地質調査による推定では、当地すべりは第三紀層泥質岩の上面をすべり面とし、尾道疊層を主移動土塊とする地すべりと考えられる。

地すべり末端部の深度は、地表現象から推定すると斜面に向かって右側で浅く、左側では深い形態を有している。

② 今後の動向

7月3日夕刻、地すべり頭部に設置した伸縮針データ及び現地踏査によると、当地すべりは現在小康状態にあると推定される。

地すべりは現在小康状態にあると推定される。

地すべり頭部、側方部の亀裂が明瞭であるとともに末端部では土塊押し出しに伴う明瞭な圧縮亀裂が見られることにより、今後当地すべりは、降雨によって再活動の可能性がある。ただし水平排水ボーリング工が早急に実施された結果、日 1.2mm 程度の降雨では、地すべり移動は見られない。

2) 応急対策工事

当地すべり地での応急対策工は、浸透防止工（ビニールシート、既設）、水平排水ボーリング工（7本、L = 210m、既設）、応急排土工が必要である。

浸透防止工においては、既に施工されているが、シート上に降雨水が停留し、地下に浸透することのないよう管理を行うことが必要である。

水平排水ボーリング工は一部既に施工されているが、施工中の鉛直調査ボーリングの結果を見ながら地すべり中央部付近に 1 孔当たり長さ 3.0m 程度を基本とし、6 孔程度の水平排水ボーリング工の施工が必要である。

応急排土工は、目標安全率を 1.05 として実施する必要がある。

3) 警戒避難

当地すべりは、伸縮計のデータ、現地踏査より判断して小康状態にあるが、2箇所の警報器つき伸縮計により 2 mm/h 以上の伸縮量が計測された場合、厳重に警戒し、 4 mm/h 以上の場合警報を発することが望ましい。なお、斜面直下の人家4戸については、応急排土工が完了するまで避難しておくことが望ましい。



(B) 各貼付写真の下側に工種名及位置
(S E C T)等説明書をすること



完 成