

平成19年（2007年）能登半島地震による地すべり災害と災害調査法

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 独立行政法人農業食品産業技術総合研究機構農村工学研究所 公開日: 2025-06-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中里, 裕臣, 井上, 敬資, 海野, 寿康 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002001319

平成 19 年 (2007 年) 能登半島地震による 地すべり災害と災害調査法

中里裕臣*・井上敬資*・海野寿康**

目 次

緒 言.....	33
調査行程.....	33
調査結果.....	33
1 農村振興局所管地すべり防止区域稻舟地区.....	33
2 農村振興局所管地すべり防止区域二又地区.....	35
3 農村振興局所管地すべり防止区域丸山地区.....	37
4 農村振興局所管地すべり防止区域大桂地区.....	37
5 小山集落周辺.....	38
6 農村振興局所管地すべり防止区域白米地区.....	38
7 馬渡集落周辺.....	39
8 農村振興局所管地すべり防止区域金蔵地区.....	39
斜面災害地区における 2 次元表面波探査法の 適用性.....	40
結 言.....	41
参考文献.....	41
Summary.....	42

緒 言

2007 年 3 月 25 日に発生した能登半島地震 (M6.9) では、2004 年に発生した新潟県中越地震同様、石川県奥能登地方の第三紀層地すべり地帯が強震地域に重なった。1993 年 2 月 7 日発生の能登半島沖地震 (M6.6) では旧柳田村で久田地すべり (長さ 130m, 幅 70m) が活動したこともあり、地震による地すべり等の斜面災害の多発が危惧された。幸いにも地震直後には中越地方で中越地震の際に見られたような地すべりの大規模な再活動は認められなかつたが、生活基盤の復旧に伴い、集落周辺の見回りや行政による点検調査が実施され、地震発生後 1 週間のうちに地震によると考えられる斜面変状が各所で確認された。これに対し、農林水産省農村振興局防災課からの派遣要請があつたため、変状の認められた農地地すべり斜面の安定性、観測体制および調査方針を検討することを目的として現地調査を行つた (Fig.1)。本報告ではその内容について述べるとともに、併せて行った災害時の緊急調査に有効と考えられる 2 次元表面波探査法による地すべり調査結果の概要を示す。

なお、現地調査に際し、関東農政局後藤災害査定官、北陸農政局椎名地質官、浅野地質官、美濃谷係長、石川

県農林水産部池田専門員、青木主任技師、奥能登農林総合事務所皆森所長、三橋部長、濱田課長、鶴見課長、石畠主幹、山本技師、輪島市上梶課長、丸山地区地すべり巡回員山方氏、(株)ホクコク地水向出氏には多大なご協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

調査行程

現地調査は、以下の行程で 2 次に渡り実施した。行政からの調査要請地区に加えて調査を行つた地区には(独自調査)と付した。

2007 年 4 月 5 日 (木)	輪島市 : 稲舟地区
2007 年 4 月 6 日 (金)	輪島市 : 小山地区, 二又地区, 馬渡地区 (独自調査), 金蔵地区 (独自調査)
2007 年 4 月 17 日 (火)	穴水町 : 丸山地区, 大桂地区, 輪島市 : 小山地区, 二又地区
2007 年 4 月 18 日 (水)	輪島市 : 稲舟地区, 白米地区
2007 年 4 月 19 日 (木)	輪島市 : 稲舟地区 (独自調査), 二又地区 (独自調査)

調査結果

1 農村振興局所管地すべり防止区域稻舟地区

a 稲舟集落北側斜面

本地点は、中新世東印内累層の泥岩を基盤とする海岸段丘であり、崖下の民家のある沖積面と段丘面との比高

* 農村総合研究部広域防災研究チーム

** 施設資源部特別研究員

平成 19 年 12 月 28 日受理

キーワード : 能登半島地震, 斜面災害, 地すべり, 緊急調査,

2 次元表面波探査法

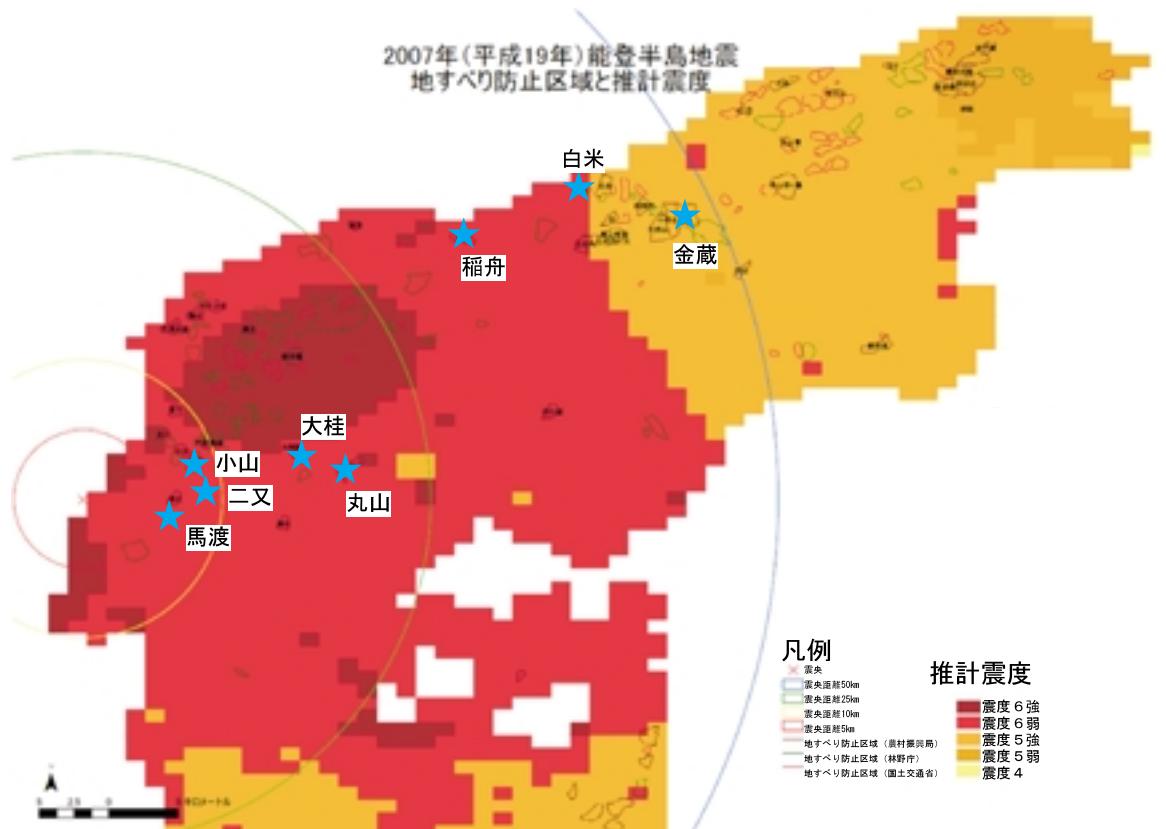


Fig.1 2007年能登半島地震推計震度分布図と調査地位置図

Estimated seismic intensity distribution map of the Noto Hanto Earthquake in 2007 and locations of surveyed sites

は35m程度である。この斜面の肩部に、延長134mにわたり最大70cmの段差で1-2条斜面に平行にクラックが生じているのが4月2日に発見された(Fig.2)。斜面上は畠地からなるが、斜面下には民家等9戸があり、調査時点では26名が自主避難態勢にあった。クラック発見直後から簡易伸縮計(丁張り)2箇所、警報器付き伸縮計3箇所と監視員による24時間態勢の監視が開始され、クラックには青シート被覆の応急対策がとられた(Fig.3)。

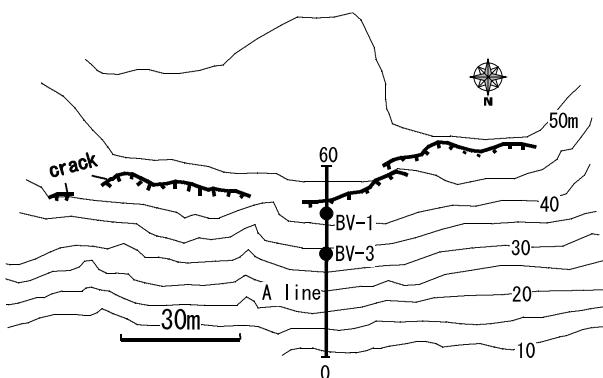


Fig.2 稲舟地区クラックおよび表面波探査測線位置図

Map of the Inafune area showing cracks developed during the earthquake and the location of the surface-wave exploration survey line

4月5日はクラックの背後の波及と変状範囲の特定を目的に調査を行い、以下の点を指摘した。

- ・クラックの発生は地震動による斜面肩部の段丘堆積層～基盤の泥岩風化部の変形が主要因と考えられ、斜面を覆う表土～崖錐を含めた比較的浅い滑りへの発展が懸念される。
- ・4月3～5日の観測ではわずかにマイナス変位(収縮方向)が認められ、余震や降雨との関係が得られていない。監視員による24時間監視は、伸縮計をオンライン化することで省力化できるが、避難態勢については段差の移動傾向が確認できるまで現状維持が望ましい。
- ・雨との相関によっては気象情報(警報・注意報、短時間予測雨量等)に基づく避難指示が可能。
- ・調査については、予防的に段差発生部の山側にも伸縮計設置が望ましい。
- ・ボーリング調査は、少なくとも1孔は泥岩を含む滑りの伏在を確認するため斜面基底部までの十分な深度とする。
- ・孔内計測は、孔内傾斜計だけでなく連続観測が可能なパイプ歪み計も必要。
- ・変状範囲が広いので、弾性波探査等の物理探査、サウンディングも有効(農工研の技術支援が可能)。
- ・変状末端部が把握できないと対策工が設計できない。



Fig.3 (a) 稲舟地区クラック箇所応急対応状況
Emergency countermeasures at a crack site in the Inafune area



(b) 稲舟地区の急崖 (変状末端は未確認)
Steep cliff at a disaster site in the Inafune area

露頭調査では変状末端部が確認できなかったため、斜面上部を中心に反射板を設置し、降雨や余震前後の光波測量による変状把握が有効。

このほか、段丘礫層からは湧水があり、対策時には地下水対策も考慮が必要とされ、調査・設計には 1 ヶ月程度かかるが梅雨前の対策着手を目標とすることとされた。その後、伸縮計観測は山側に 1 基追加され、管理者向けにオンライン化された。また斜面傾斜方向に 3 測線の電気探査と 1 測線の弾性波探査が実施され、層厚 8m 程度の軟弱層（段丘堆積層、風化泥岩および崖錐）の分布が把握された。4 月 18 日の調査時にはボーリング 2 孔が掘削中で、ブロック東側からの水抜きボーリングが施工開始されていた。これらの調査結果をふまえて、以下の点が指摘された。

- ・物理探査から斜面における軟弱層の厚さが想定よりも大きくなることが予想されたため、中央測線の斜面中段で地質を確認することとし、その他の場所では適宜サウンディングで地質を確認することとする。
- ・伸縮計観測は設置以降大きな降雨が無く、観測値は依然として圧縮傾向で、今後も基準点側も含めた監視が必要。

・対策工としては水抜きボーリングとアンカー工があげられるが、施工範囲の確定にはさらに調査が必要。アンカー引き抜き試験も必要。

b 輪島実業高校グランド

4 月 5 日調査の際に変状が報告され、調査を行った。高さ 10m、長さ 50m、幅 50m 程度の範囲で地すべりが生じてあり、頭部のクラックはその両脇に延長 100m 程度にわたり連続していた (Fig.4(a))。末端は斜面下方の輪島市営球場の照明の柱で停止したと見られる (Fig.4(b))。ボーリングによりすべり面位置を特定後、頭部法面対策、水抜き等の対策が考えられるが、末端の隆起部はできるだけ残した整形がよく、照明柱への影響を確認し、暴風等による倒壊予防が必要とした。地すべり防止区域境界部に位置するが、学校敷地にかかるため、学校側が対策し、地すべり対策事業としては取り上げないこととなつた。



Fig.4 (a) 輪島実業高校地すべり頭部
Head area of a landslide at the Wajima Business High School



(b) 輪島実業高校地すべり末端隆起部
Upheaval in the toe area of the landslide at the Wajima Business High School

2 農村振興局所管地すべり防止区域二又地区

地区中央部の J ブロックおよび V ブロックにおいて 3 月 29 日に変状が確認されたもので、3 月 30 日には農村工

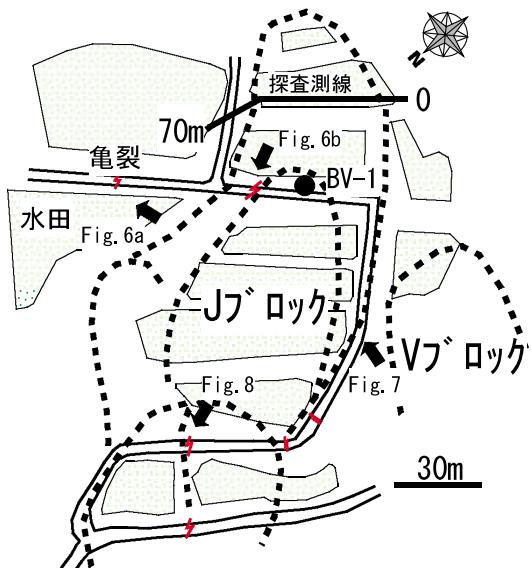


Fig.5 二又地区調査位置図
Index map of the Futamata area

学研究所の第1次派遣により調査が行われ、大きな地すべりに発展する可能性のある亀裂の連続が確認され、移動観測による移動方向の確認等が指摘された (Fig.5)。著者らが4月6日に北陸農政局担当官と調査した際にはその後の大きな変位は認められなかった。

4月17日の調査の際には以下の点が指摘された。

- ・Jプロック北側の農道では路面のクラックが認められたが、道路法面等周辺には大きな変状が認められず大きな地すべりへの発展の可能性は小さいが経過観察が必要である (Fig.6(a))。
- ・Jプロックでは頭部亀裂の道路部分には青シートが被覆されているが、水路や農地部分の亀裂についても浸透対策が必要 (Fig.6(a), (b))。
- ・地すべり兆候の見られる水田では休耕が必要
- ・予想される移動方向に沿った移動観測を行うとともに、上部で移動が認められた場合は下方の亀裂についても観測を行う。また既設地下水観測孔の孔口は埋め戻しを確実に行い、観測データを収集する。



Fig.6 (a) Jプロック北側の農道に発生したクラック
Crack in a farm road on the north side of the J landslide block



Fig.7 水路の目地の開き
Opened joint of a drainage canal



(b) Jプロック頭部のクラックと移動観測状況
Crack in the head area of the J landslide block and monitoring equipment

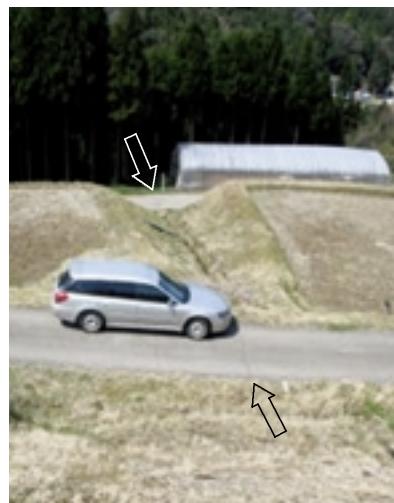


Fig.8 Jプロック右岸側クラック
Crack along the right side of the J landslide block

- ・地すべり対策は、ポーリング結果および安定解析結果により適切に行う。
- ・Vブロックでは畦畔と田面の境界に地震動によると思われる深い亀裂が連続。地下浸透を防ぐため、これらの亀裂については掘削後、よく締め固め、埋め戻す必要がある。
- ・目地の開いた水路では補修が必要（Fig.7）

3 農村振興局所管地すべり防止区域丸山地区

本地区では、地震後の巡視員の見回りにより、地震後の変状として既設の1号、3号集水井の排水管からの排水が認められなくなったことが報告された（Figs.9, 10）。これらの集水井では水抜きボーリングによる集水は継続しているが水位上昇は認められず、むしろ3号では地震後井内の水位は下がったとのことであった。排水停止の原因としては地震動もしくは地すべり活動による排水管の破損もしくは集水井底盤の破損が考えられる。いずれにしても集水井からの漏水による地すべりの安定性への悪影響が予想されるため、早急な対策が必要とさ



Fig.9 3号集水井排水管（地震後排水無し）

Drainage borehole for the No.3 collecting well (drainage of water stopped after the earthquake)



Fig.10 1号集水井排水管（地震後排水無し）

Drainage borehole for the No.1 collecting well (drainage of water stopped after the earthquake)

れた。排水管内部状況や破断箇所を検尺棒やCCDカメラ等により把握するとともに、地表踏査により、地すべり活動の有無を明らかにする必要性が指摘された。また、排水管再掘削まで、豪雨時等の集水井内の水位に注意し、必要に応じてポンプによる排水も検討することとした。

4 農村振興局所管地すべり防止区域大桂地区

本地区では、住宅上部の崖上部（比高15m程度）の肩部に30m程度にわたりクラックが発生し、青シートによる浸透防止が図られていた（Figs.11, 12）。崖斜面および末端の水路には変状は認められず、崖全体にすべりが及んでいる兆候は見られなかった。このため、今後簡易伸縮計により変位を確認しつつ、地震前後の変状範囲を確認し、クラックの対策については切土もしくは締め固め埋め戻しとするかを検討事項とした。この変状の西側では、畦畔法面に液状化を伴うと思われる地すべり性の崩壊が発生していた（Fig.13）。対策としてはふとん籠と水抜き等による湧水処理があげられた。



Fig.11 崖肩部のクラックへの応急対策

Emergency countermeasures for cracks at the crown area of the slope failure



Fig.12 クラック発生状況

Close-up of a crack



Fig.13 畦畔法面に生じた地すべり性崩壊
Landslide on a levee slope

5 小山集落周辺（国土交通省所管地すべり防止区域 坂尻地区）

溪流沿いの圃場整備による水田法面が幅 20m, 高さ 20m 程度の規模で崩壊し, 国土交通省の災害関連緊急地すべり防止工事で復旧予定とのことであった (Fig.14)。崩壊箇所北側の小山集落は地すべりによる段差が発生し, 住民の避難が報じられたところで, 石川県土木サイドによる調査ボーリングが掘削されていた (Fig.15)。



Fig.14 圃場の崩壊
Failure of paddy fields



Fig.15 小山集落内の地すべり変状
Landslide movement in Koyama village

6 農村振興局所管地すべり防止区域白米地区

国道 249 号線を挟んで輪島市の観光名所である「千枚田」の上部斜面に位置する B1 ブロック上部では, 従前より孔内傾斜計および民家周辺に変位の累積が認められたが, 地震後 BV12-2 孔内傾斜計が観測不能になり, 民家周辺に最大 20mm の沈下が認められた (Figs.16, 17)。B1 ブロック中部には昭和 49 年に杭工が施工されており, 杭工下流側のおよび頭部の孔内傾斜計 BV12-1, BV13-1 には変位が生じていないことから, 地すべり範囲は杭工から BV13-1 までの間と考えられた。調査ボーリングとともに BV12-2 や地すべり範囲にある集水井の変状を孔内カメラ等で確認しすべり面を把握し, 安定解析により対策工を検討することとした。また, 既設水抜きボーリングおよび集水井の洗浄等により地下水位低下を図り, 周辺水路の目地を修復し浸透防止を行うこととした (Fig.18)。

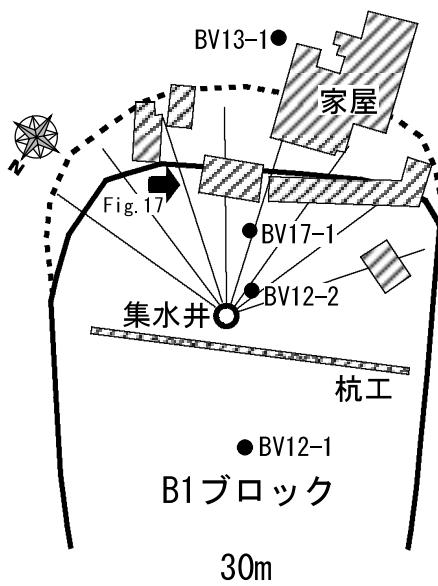


Fig.16 白米地区調査位置図
Index map of the Shirayone area



Fig.17 B1 ブロック主部の倉庫の変形
Movement of a warehouse in the B1 block



Fig.19 擁壁崩壊による農地災害
Disastrous failure of farmland by failure of retaining walls



Fig.18 既設集水井排水状況
Drainage in the existing collection well



Fig.20 擁壁の崩壊
Close-up of retaining wall failure

7 馬渡集落周辺（国土交通省所管地すべり防止区域 馬渡地区）

調査地区としては最も震央に近い場所である。南東向きの法面でブロック擁壁の崩壊と田面の崩壊が生じており、地震動の方向性との関連が示唆される（Figs.19, 20）。

8 農村振興局所管地すべり防止区域金蔵地区

北陸農政局では昭和63年度から平成4年度まで特殊地すべり対策調査が実施され、面積が50haを超える大規模地すべりの実態把握と機構解析が行われた。奥能登地すべり地帯にも42箇所の大規模地すべり地形が認められており、金蔵地区はその一つである（Fig.21）。今回大規模地すべり地形の冠頭部を通過する道路沿いでは変状を確認することができなかったが、大規模地すべりでは気候誘因以外に地震動の寄与が大きいと考えられており、今後も引き続き調査を進める予定である。



Fig.21 奥能登地すべり地帯特殊地すべり分布図
Distribution map of large-scale landslides in the Oku-noto landslide region

斜面災害地区における2次元表面波探査法の適用性

2次元表面波探査法(林ほか, 2001)では, 平坦地に探査測線を設定し, 人力による起振により観測された表面波データを逆解析し, 2次元断面図上におけるS波速度およびN値分布を推定することができる。受信器を2m間隔で設置する場合, 深度15-20mまでの地盤強度情報を, 1測線46mあたりについて2~3名で1時間程度で取得できるため, 災害時の緊急地盤調査手法として有効と考えている。今回の調査では, 稲舟地区の段丘崖急斜面と二又地区の地すべりブロック頭部の圃場に適用を試みた。

Fig.22は, 稲舟地区において急崖の斜面方向に設置した測線(Fig.2)の解析結果(S波速度断面図および推定N値分布図)である。S波速度からN値への換算は以下の式(今井・吉村, 1972)によっている。

$$N = \left(\frac{V_S}{97} \right)^{-0.314}$$

本図では地形を表現しているが, 地形に沿った斜距離で測線を設置しているため, 標高は正確だが横軸の距離の60mが水平距離の50mに相当する。また, 斜距離に沿った平坦地形として解析しているため, 斜面上部の段差地形部では解析精度が低下していると考えられる。そこで, 解析結果から, 斜面部分に限って軟弱層の分布を概観すると, 標高25m付近を境に例えればN値50未満の部分の層厚が上部では厚く, 下部では薄くなっている。このような情報は, 調査位置選定, 軟弱層の変形および対策工施工範囲の検討に有用であると考えられる。

探査後に実施されたボーリングによるN値プロファイルと探査による推定N値プロファイルとを比較すると, 両者の相関性は認められるものの, 深部ほど探査による推定N値のほうが大きな値を示した(Fig.23)。本探査の

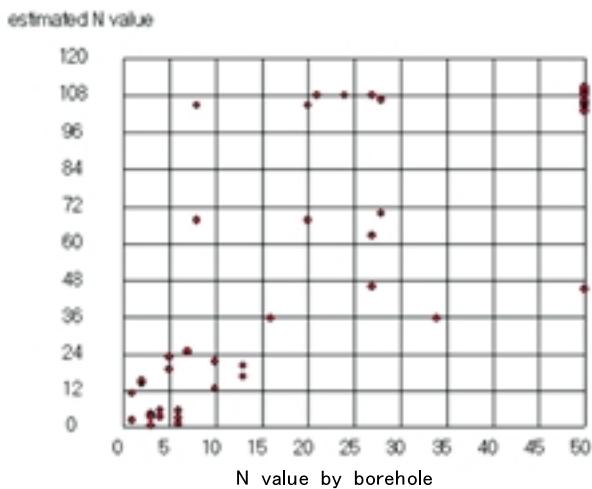


Fig.23 ボーリングによるN値と探査による推定N値の比較
(稲舟測線)

Comparison of N-value derived from boreholes with estimated N-value from surface-wave exploration on the Inafune survey line

斜面への適用では, 相対的な地盤強度の分布情報は得られるものの, N値への換算については課題が残された。今後さらに事例を蓄積し, 探査・解析法を改良し斜面への適用性を向上させる必要がある。

Fig.24は二又地区のJ地すべりブロック頭部の圃場において斜面に直交する方向に設置した探査測線(Fig.5)の解析結果であり, 本測線は距離程50m以降が上り斜面になる以外は平坦である。始点側では畦畔に基岩と思われる砂岩が露頭しており, 始点側から深度を下げるN=50ラインは基岩上面に相当すると考えられ, 地すべり崩積土(もしくは盛土)は距離程35-40m付近を最深部として盆地状に分布していると考えられる。距離程35m付近に投影される近傍のボーリングでは崩積土は深度9mまでで, N値は深度8.45mで50以上となっており, 平坦地に設置した二又地区測線では探査結果の妥当性が確認できた。なお, 測線起点側の砂岩露頭では磁性鉱物の量

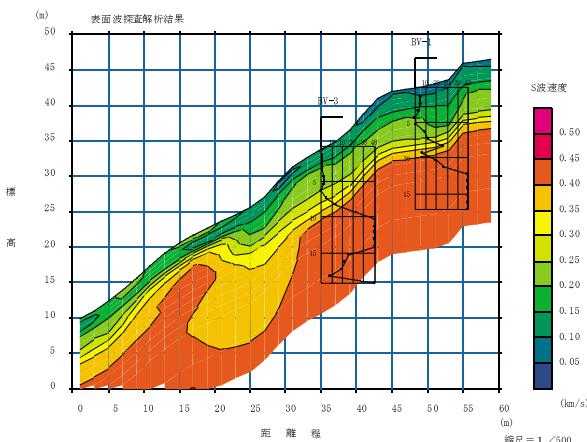
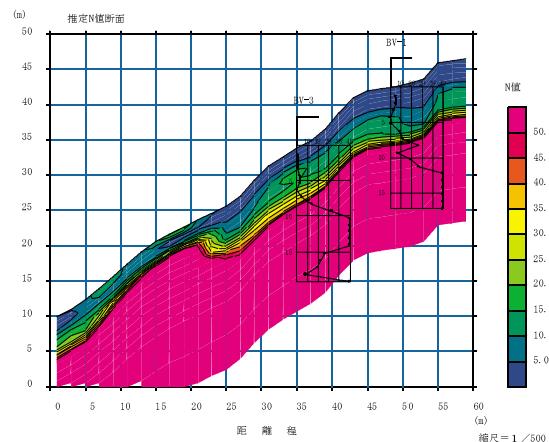


Fig.22 稲舟地区表面波探査結果(左:S波速度分布図, 右:推定N値分布図)

Result of surface-wave exploration in the Inafune area

Left panel: distribution map of Vs. Right panel: distribution map of estimated N-value)



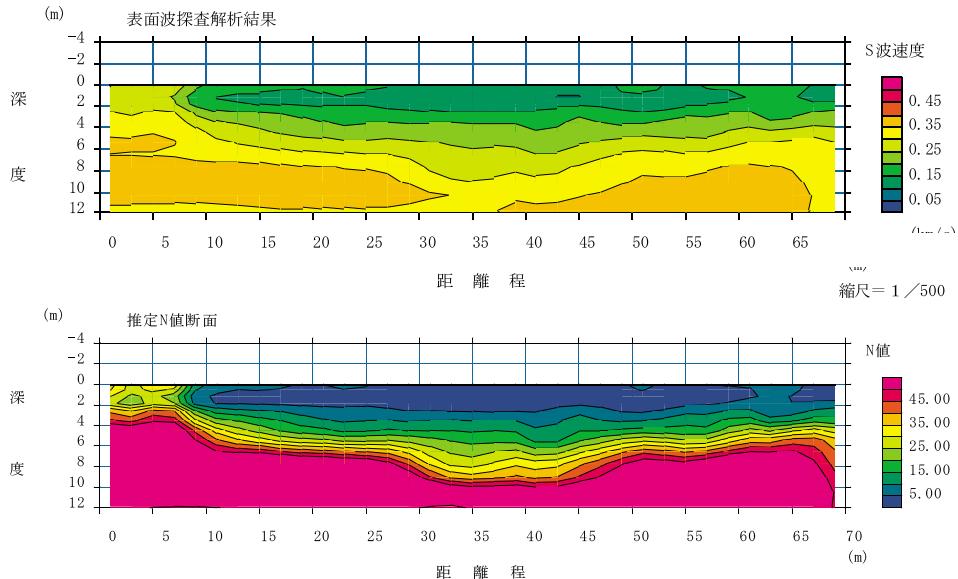


Fig.24 二又地区表面波探査結果（上：S 波速度分布図，下：推定 N 値分布図）

Results of surface-wave exploration in the Futamata area

Upper panel: distribution map of Vs. Lower panel: distribution map of estimated N-value

比を示す帶磁率が $10^{-4} \sim 10^{-5}$ (SI) と小さいのに対し、耕作土では $10^3 \sim 10^4$ (SI) と大きな値を示した。耕作土の母材である地すべり崩積土は基岩よりも多くの磁性鉱物を含み、それらはより高標高部に分布した火山岩類に由来することが推定された。

結 言

2007 年能登半島地震による農地地すべり地域の斜面災害現場について、現地調査を行い、斜面の安定性および調査・対策の方針について検討を行った。今回の変状が報告された地区は Fig.1 の推計震度分布図では震度 6 弱の地域に含まれるが、震度 6 強に相当する部分では輪島市門前町安代原などで亀裂による耕作不能が報じられる一方で大きな地すべり活動による被害は確認されなかつた。調査を行った住宅背後斜面や中山間地の農地の地すべり、斜面災害についてはその後の適切な対策により大きな災害には至らなかつた。変状の早期発見や調査・対

策に御尽力された方々に心より敬意を表するとともに、改めて被災された方々にお見舞いを申し上げたい。

一方、広域地盤災害時の緊急的な調査法として、2 次元表面波探査法の適用性を検討した。この探査ではポータブルな装置と数人のチームにより機動的に深度 15 ~ 20m までの地盤の強度情報を得ることができる。傾斜地への適用性には推定 N 値が過大評価される点で課題が残るが、探査結果は地すべり崩積土や軟弱部の相対的な分布を示し、ボーリング箇所の選定や対策範囲の概定に有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 林 宏一・鈴木晴彦・斎藤秀樹 (2001): 人工振源を用いた表面波探査の開発とその土木地質調査への適用, 応用地質技術年報, 21, p.9-39.
- 2) 今井常雄・吉村正義 (1972): 地盤の弾性波速度と力学的性質, 物理探鉱, 25, p.283-292.

Landslides caused by the Noto Hanto Earthquake in 2007 and urgent investigation method

NAKAZATO Hiroomi, INOUE Keisuke and UNNO Toshiyasu

Summary

The large-scale landslide caused by the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004 was not reactivated to any major extent by the Noto Hanto Earthquake in 2007. However, there were small-scale landslides and slope failures on the slopes backing areas of housing and in the farmlands of mountainous regions. We surveyed the affected areas at the request of the Administration Bureau, and advised on investigation methods and implementation of countermeasures. The effect of the earthquake was not catastrophic in these districts because appropriate measures were taken.

We examined the effectiveness of 2-D surface-wave exploration as an urgent investigation method over the widespread disaster area. Using this method, we were able to determine the strength of ground to a depth of 15-20m by employing several engineers using portable devices. The survey results showed the distribution of the landslide colluvium and identified areas of structural weakness. We concluded that this method is effective for the selection of investigatory borehole sites and for examination of the range of countermeasure.

Keywords : the Noto Hanto Earthquake in 2007, slope disaster, landslide, urgent investigation, 2-D surface-wave exploration method