

第 11 回 松代地震センター談話会発表記録

1. 日 時：昭和 43 年 10 月 30 日
2. 場 所：松代地震センター
3. 発表題目：牧内地区の地滑り調査
4. 発表者：農林省農業土木試験場 大平 成人

牧内地区を始め、桐久保から笠原、西平山までを含む地区が「牧内地区」として地滑り地区に指定され、その地区の調査を長野県耕地二課のお手伝いをして、42 年度を中心に実施しました。その概略の結果をご報告します。

この調査に当たり、県の耕地二課の方、長野地方事務所耕地課の方、長野市の方、それぞれ非常にご協力戴きました。また、地元の方にもいろいろな意味でお力添え戴きました。特に内山さんその他の方に観測の手伝いなどをして戴きました。この機会に厚く御礼申し上げたいと思います。

はじめに、経過と調査事項を申し上げます。調査結果のうち特に地下の浅い部分の地質構造について、主に弾性波探査で判ったことを申し上げます。もう一つの重要な調査事項である被圧水の問題は、後ほどその方面を主に担当した岸本室長から別に報告いたすことにします。最後に対策工事に関連する事項を申し上げて、私のお話を終わりたいと思います。

ここにお集まりの皆様方は、私共のやっていたことも、地滑りの状況、その後の経過も、いろいろご承知なので、改めて申し上げる必要もないと思いますが、松代群発地震は昭和 40 年の 8 月に始まり、その最も活発だった 41 年の秋に、3 ヶ所の地滑りが発生しました。41 年 9 月 17 日に牧内で 40 ha の突発的な地滑りが発生し、民家数戸が倒壊した事件が最も著しいものでした。同じく 9 月 25 日に桐久保という所で小さな地滑りが発生し、ここでも水田が数枚傷みました。10 月 9 日には、さっきも言った笠原、西平山で大きな崩落があり、一時立ち退き等の問題がありました。この 3 つが主な事件です。

その奥の山林中にも、数ヶ所の地滑り類似の現象がありました。これと並行して大きな事件として、9 月 11 日頃から瀬関と牧内との間の、私共が「瀬関南」と通常している地区から、例の塩分の高い水が湧出し、桑畑を洗掘し大きな被害を与えました。これらの地域を含む一帯をその年の 11 月に、137.5 ha を含めて「牧内地滑り地区」として指定になったわけです。

その後、42 年度に入ってから、私共が県のお手伝いをして調査しました。その調査した項目は、この牧内地区全般を対象とするわけですが、そのうち特に中央部の牧内(狭い意味での牧内プロパー)を中心にして調査しました。調査した項目は、地表の踏査、土質・地質を含めて、特に地滑りの亀裂の状態、被害の状況に重点を置きました。

2 番目に、表層付近の浅い部分の地下の状態が非常に問題となるということを考えたので、それを知るために、集水井戸を兼ねた試掘による地下の状況の観察、それからボーリングによる地下の地質調査をしました。

それから地下水の観測、ボーリング孔その他を利用して地下水の観測をしましたが、特にこの地区では、地下水の圧力が大きな問題になると予想されたので、地下水の水圧をいろいろ工夫して観測しました。この詳しいことは、後ほど岸本室長から申し上げます。

同じく、ボーリング孔を利用して地下の歪みの観測をしました。パイプ歪計を取り付けて行いました。

5 番目に、2 ヶ所に傾斜計を付けて、地盤の傾斜の観測をしました。それから、あとで詳しく申し上げ

げるように弾性波地下探査を行いました。それから、ここではいろいろな意味で地盤の弱線が問題になるので、それを探査する1つの間接的な方法ではありますが、自然放射能の分布を測りましたが、後に申し上げるように、あまりはっきりした高放射能の値は検出されませんでした。

以上のようなわけです。そのうち水圧観測の中間的な報告、それに関連する問題としての塩分の高い水を便宜上簡単な方法で判別を試みました。作物、特に水稲に害が有るか無いかのたいの目安を付けるために、電気水質計を利用して、電気伝導度を測ることによって判別を試みました。そのことは、昨年11月、第3回の談話会で発表させていただいたので、重複する部分は省略させて戴きます。

いま、調査図を刷っていただいているので、詳しくはそれを見ていただければ、各調査地点の位置関係はお分かりいただけると思います。特に弾性波地下探査の結果の要点だけを申し上げます。

その観測線の位置は、後ほど図にありますが、狭い意味の牧内地区から瀬関南にかけて、7つの測線、総延長2,000 mの弾性波探査を、県の方で調査の外注をして戴き、それと合わせて私共はソノテイマーという機械を使い、主な地層の露出地点の弾性波速度を測り、或いは簡単な部分について表層部の微細構造を見るために、打撃による表層だけの簡易弾性波探査を試みました。その全測線についていちいち結果を申し上げる時間もないと思いますので、そのうちで地区を縦断方向にとった4つの測線についての結果を申し上げたいと思います。

その一例として、地区の中央部にちょうど牧内と瀬関との中間に、遠方からみてもはっきり判る土石流 --- いろいろな名前では表現されていますが、地滑り的な現象 --- があり、上のお家から下の方まで舌端状に押し出した部分があります。現在、主に桑畑になっています。この部分に縦に引いた測線について行った弾性波探査の走時曲線から描いた速度層断面図がこれです。

大体解析可能な曲線になり、4層に区分できます。第1層は弾性波速度300～350 m/秒、第2層が900～1,000 m/秒、第3層が1,800～2,000 m/秒、第4層が3,700 m/秒、3,700という数字がほとんど各断面について出ていますが、これはこの部分にはボーリングがないけれども、これに並行した列のボーリングに似て、これは閃緑岩に相当すると推定されます。その3,700の部分、大体地表に並行し、地区の下端近くまで来て、傾斜が緩やかになるあたりから急に深くなっています。この境界の傾斜ははっきりしないけれども、この岩盤が斜面の片側で急に深く入っていくということが、この縦方向の4つの測線のいずれについても見られます。

いま配って戴いている図面のこういう線で表している「No.5」というのが ** (以下不明)。

No.1の測線とNo.5の測線とが交差する辺りからやや下寄りの辺りが、この境界と推定されます。それに相当するような場所をひろってみると、一番南寄りのNo.4という測線についても同じような点が見られます。ここのこれは弾性波速度がやや大きく、4,500 m/秒。ここで一挙に下がって、その半分以下の速度層と接しています。これもこの勾配は、これだけでは判りませんが、おそらく垂直に近く落ち込んでいるものと思われる。

以下、他の測線についても大同小異です。要するに、この地区では岩盤が斜面の下寄りです。急に深くなっています。その藤沢川寄りの側は、それよりもはるかに軟弱な、おそらく崩土の層 ** (以下不明)。違った解釈も成り立つかも知れませんが、表層近くの観察では、おそらく ** (以下不明)。或いはボーリング孔の観測では、岩片混じりのローム層のようなものだろうと推定されます。これが非常に深く、50～60 m以上の深さまで厚く堆積しているということです。地滑りの起こった近くが、ちょうどこの岩盤が非常に深くなる点のやや上あたりからこの点にかけた所だということです。

いろんな事情で、その地滑りそのものの中で測線がとれなかったけれども、その前後の測線からつないでいくと、そういう位置になります。

いま一つの結果は、この岩盤或いはその上の層の中に、著しい低速度帯がいくつか発見されたことです。不確実なものを除くと、図面の中にこういう記号で書かれたもので、これも弾性波探査というものの性質上、ご承知のとおりこれが垂直に落ち込んでいるか、どうなっているかという傾斜の状態は、これだけでは判明しないけれども、一応その低速度層のある位置を測線上にプロットすると、その左側の方の6番、7番或いは5番あたりの、こういう記号でつないである帯状に分布している可能性が非常に強い。これももちろん、幾通りもの解釈が可能で、厳密にこの分布を論ずる場合には、いくつかこの測線をもっと密に方眼状に組まなければならないわけですが、これも理想的な探査を実施することができなかったのも、非常に不完全な資料による大胆な推定になりますが、少なくともその2本の方向があることはほぼ確実です。

このことは面白い2つの問題を暗示しています。1つは、その方向がちょうどこの瀬関の湧水点の裏の山林内に発見された亀裂とほぼ平行、或いはつながっていることです。もう1つはこの図面にもありますが、前から問題になっているこの弱線の方向とは若干食い違って、こういう方向なんです、この瀬関及び牧内の湧水の列と平行する方向にもなっていることです。これは、この地区の一つの弱い線の方向を暗示するものではないかと思えます。

もっとも、低速度層といっても、ここの岩盤内の低速度層と、このおそらく岩片混じりローム層の中の低速度層とは意味が違うことは当然であり、これは岩盤の中の亀裂帯というようなものに相当するでしょうし、これはその中の、例えば旧河道の跡などのようなルーズな部分を示しているのではないかと。必ずしも地震その他の影響による割れ目に直接つなげることは無理だと思います。

今後、あとで触れるように、岩盤内からの深いすべりとか、或いは湧水の位置の移動ということがいようなことが問題になる場合に、参考になるような方向性を示すものではないかと思っています。

弾性波探査の要点は、いま申し上げた2つの点であり、まだ部分的には他の機関でおやりになった大規模な弾性波探査との対比とか、細かい部分的な解析上の問題とか、まだ残っているものがあり、何か他の手掛かりがあったら、次の機会に報告したいと思います。

放射能探査は、ほぼこの弾性波探査の測線に沿って4測線を選び、自然放射能の分布及びγ線スペクトルメトリーを行いました。残念ながら非常に微弱な**（以下不明）。高放射能帯といっても、非常に微弱、不確実なものしか得られませんでした。大部分は宇宙線のシャワーとか、この近くに多い石英閃緑岩の転石とかの影響であると思われる程度の、やや高いものがあっただけです。これは直接対策に役立てることはできませんでした。

地盤の傾斜観測について、その図面の2カ所に「傾斜計」と書いてある地点で、傾斜計を設けて、地盤の傾斜観測をしました。これはあとで申しますように、牧内地区の両翼(北側と南側)の下に人家が密集しており、地震が継続するとすれば、地滑りの危険性をはらんでいると思われる地区hs、この2地区が特に問題になるだろうということで、人心安定的な意味、警報的な意味もあって、この2地区に県の方で設置していただいたわけです。そのうち、北側の方、さっき申し上げた側線5に沿った土石流の真ん中に設けたものが、今年の1月16日に起こった地震あたりから傾斜が大きくなり、2月の中頃まで傾き続けたという観測があり、早速その周辺の雪解けの状態、クラックの有無を探査しましたが、クラックが1カ所発生していましたが、それ以後発展する気配を見せず、傾斜もそのまま平衡になったようです。幸い大事に至らなかった訳です。

それ以外は地盤の傾斜計も、パイプ歪計による地下歪みの観測も、特に目立った動きは得られませんでした。このことは、大体ああいう種類の地滑り**（以下不明）。普通の地滑り地帯であれば急性地滑りと言っており、1回大きく動いたそのままで、ほとんど安定する。地震によって発生したという特殊

事情があるこの地区では、必ずしもそういう見通しが立たないということで警戒していたわけですが、その1つの例外があったわけで、これも地滑りの再発までには至らずに終わった。これはやはり急性地滑り的な性格を持ったもの、それだけの現象であったというふうに思えるし、その後地震の発生も下火になり、おそらくこのままで大きな地滑りの発生はないのではないか、という考えに傾きます。

その他に、あとで申します地下水の水圧観測で非常に著しい被圧水が数ヵ所で検出されました。そういう結果を総合して、この地滑りの起こったメカニズムを一応考えてみると、次のようなこととなります。

地震の発生した当初に起こらずに、その2番目の大きな山の時に起こったこと、地滑りの発生の前と後を比べてみて、発生後に初めて認められた現象はなんであるかということ、牧内地区でいうと、やはりその崩落崖からの大量の湧水があったこと、こういうようなことから総合すると、やはりこの狭い意味での牧内の地滑りの主な原因は、その被圧水の影響だろう、ということが言えます。

例えば、地震の影響によってあらかじめ岩盤内、或いは岩盤の風化層内に亀裂が生じ、或いはその亀裂の状況が変わってきて、水が通りやすくなった状態になった。この被圧地下水のオリジンがどこにあるか、ということは、水質の専門の方々が論じておられますが、はっきり分からない。とにかく石英閃緑岩の中のどこかからまわってくる。それが亀裂を伝わって、上の岩片混じりの土層の中に湧出した。それが、地滑りを発生する直接の原因になったのだろう、とほとんど確実に言えると思います。

これが、水圧で土層を突き破るといような作用を示したのか、或いは次第に流路を拡大して、パイピングのような現象で大きくなったのか。それは今となって、崩落崖の観察だけからは何ともいえませんが、いろいろな原因が積み重なって働いたのだと思います。ある時期にその安定を失った場所がすべったということでありましょう。

桐久保の地滑りも、やはり同じような****(以下不明)**。これは圧力が測れなかったけれども、5～6ヵ所に同じような湧水が突発し、その影響、その作用が大きなものだったろうと思われる。

笠原西平山の地滑りは、著しい湧水がその後続いて認められてはいないので、これははっきりわかりません。何日か前の豪雨の影響もあるかと思いますが、この場合は私どもはまだはっきりした結論を得ていません。

当初、私共が一番心配したのは、地区の上段から滝本部落のある台地に亀裂があり、あその亀裂からこの地区全体にわたる大規模な地滑りが起こり得るのではないか、ということでした。当然、その予知も問題になったけれども、幸い発生に至らず、亀裂もそれ以上発展せずに今日になりました。

その他、この地滑りが牧内から両側に広がる、或いはそれ以外の地域に再発する、というような危険性、それから地滑りの二次的現象、例えば豪雨による泥流化というようにすることも恐れられていたけれども、いずれも今日までそういう事態に至らずにすんでいます。

ただ、これをもって必ずしもこの地区の活動が終止したとは言えない。特にその最後の二次的な現象を考える場合、ちょっと気になることは、地滑り発生後2年間経過したけれども、特に著しい集中豪雨的な現象をこの地区が経験していないことです。あとで申します対策工事について県に相談を受けた時も、いつでも降雨時の排水というように問題をしなければならぬ、と申し上げています。その豪雨を経験していないので、今後著しい豪雨がここに集中的に起こった場合、過去の亀裂或いは潜在的な亀裂にこれが流入して、どういうことが起こるか、それから、少なくとも考えられることは、現在滑落崖が裸のまま、多少草は生えているけれども、垂直に近い状態で、残っていますが、それに雨が流れ込んだ場合どうなるか。当然泥流化してくるわけですが、そういうことを考慮に入れて、あの下に片法柵(かたのりわく)が組んであるわけです。あのこの場所で幸いに止まればいいけれども、もう少し

大規模に流れ出すようなことはないか、そういう可能性が皆無とはしない。特にこの地区は、今後の集中豪雨時の警戒が非常に必要になってくると思います。

以上のような調査結果に基づいて、対策工事について県のお手伝いをしたわけですが、この地区の地滑り関連の工事は、災害復旧工事と地滑り防止工事との2種類に分かれ、しかもそれが並行して行われたので、一般の地滑り防止地区とちょっと趣が違ったことがあります。その中で、特に緊急性を要するものから先にやって戴いた。特に41年度には、目標を人身災害の予防、人家や人畜の被害が起らないように予防的な面に重点を置き、そのために、さっきの傾斜計或いは警報器を備え付けてあったわけです。

同じく、農業上の緊急な理由から行われた工事が2つあり、1つは藤沢川の下流から水を採って、灌漑に用いている箇所が取入口だけで19ヵ所あったそうですが、これが全部瀬関南及び牧内の塩分の多い水が入り、田植えに使うことが不可能になったので、県や市の方々の非常なご努力で、翌年の春の田植えに間に合わせるように、用排水分離の工事が行われました。毒水の入る**（以下不明）。毒性を全部藤沢川に落とし、その流入する上の所で牧内の真下のあたりでそれを分水し、別の水路で下流の方、加賀井までの間の藤沢川の右岸側の水田の必要にかりうじて間に合わせた。かりうじて田植えに間に合ったわけです。

それから、牧内地区内にも本来ならば地震が終息するまで、且つその地滑り跡の土壌が完全に安定するまで待ってから整地等を行った方がよかったのかと思っただけけれども、とにかく1年放置すると、それだけ生産が出来ないということだから、出来るだけ早く桑の植樹をしなければならないということで、応急の整地と土留めを行い、これも翌42年の春までに、現地でご覧になれるような桑の畑が再生したわけです。

42年から43年度にわたって、現在も継続中の工事の目標は、いま申し上げた3つの点に次ぐ緊急性のあるもの、ということに重点を置いた。すなわち、この地滑りの発生機構に直接関係する地下水の流路の変化、特に被圧水の流出、それから地滑りに伴う二次的現象である流土の防止のための枠工、つまり排水暗渠とかいうもの、それからその枠構や土留め、こういったものが重点的に行われました。その詳しいことは、県の方々が大勢おられるので、そちらからお話しして戴いた方が、詳しいことがうかがえるかと思えます。

牧内以外にも、瀬関南のあの毒水を全部暗渠で集め、湧水地点を細大もらさず県の方で調査し、それを全部この水を水路に落とすようになっていきます。これで第2段の緊急性を持つ工事が、だいたい今年度で完了するわけでございます。

今後の目標としては、私共は調査の結果をまとめて県の方に申し上げたことは、結局、地滑りの再発、特に豪雨などの時に再発しないような報告に**（以下不明）。人力で止めることは不可能かも知れないけれども、できる範囲で再発しない、或いは拡大しない方向に持って行くためには、やはりこの被圧地下水の排除を今後も継続して行わなければなりません。あとで岸本君から申し上げると思いますが、この被圧地下水は量は多少減っても、依然として湧出している所が多い。この被圧地下水の排除に重点を置かなければなりません。

いま一つは、今後ますます地滑り後の二次的な現象(崩落・流土・泥流化と言ったもの)の可能性がますます出てくるので、その予防ということで段々と目標がこの2点に移ってくると思います。

この被圧地下水の排除としては、横孔ボーリングや集水井戸よりも、大口径の縦ボーリングをいくつか試みる必要があるだろう、ということで、特に大量の被圧水の予想される地区について、1ヵ所は、今の牧内の崖の下に掘ったものですが、他に何ヵ所かそういう所を実施する必要があるんじゃないか。

もちろん重要性はさほど大きくないけれども、浅い水を何ヵ所にもわたって、全面的に排除する必要な場所、例えば人家付近とか、さっき申し上げた弱線と予想される瀬関南の湧水線の延長上（あそこにも人家が数戸あります）の付近とか、こういった所は横孔ボーリングも結構である。そういうことを、その泥流化ないし崩落の予防については、地表の排水路がかなり出来てはいるが、まだまだ不完全なので、十分な排水容量を持った排水路を、できるだけ密に設ける。例えば、牧内の地滑り跡の、今桑畑になった所の排水路、それから崩落崖の上側に降った雨が、あの崖を流れ下らないで、できるだけ上で捕まえるということで、1つ小さい水路が出来ていますが、もう少し強化しなければならない。それから、牧内の南北両翼の人家あたりの地表排水ももう少し強化しなければならない。そういったことで、地表排水路の強化を県にお願いしてあります。

特に、この地表排水路については、効果を発揮させるために維持管理が重要であり、これは県や市の方はもちろん、地元の方にもご協力をお願いしなければならない。せっきくの排水路が土砂や木の葉で詰まっていて、肝心の豪雨時に機能を発揮しないようでは、せっきくの対策工事も何にもならないから、その辺について特に地元の方のご協力をお願いしたいということでございます。だいたい地下水関係を除いて、私共の調査内容と、それに基づいた対策工事については、以上申し上げた通りです。

【質疑応答】

質問) 低速度層というのは、深さどの位？

答) 20 m 位から下です。こっちの方は、岩盤内の低速度層です。これは、はぎとりをやっても、たつてくる。こちらは岩盤ではなくその風化帯か或いは礫石 ** (以下不明)。

質問) 20 m、そんな薄い所 ** (以下不明)。表層の厚さが 20 m ** (以下不明)。

答) ** (不明) ** から下にあるということです。地表に暗渠などがあるけれども、そんなもの影響が出ないと思われる部分です。それから地表の表層部はこの左右と同じ程度の ** (以下不明)。下の方が特にここだけ厚くなっている。

質問) その場合に、こちらの石英閃緑岩の基盤の中に入っている場合と、こちらはかなりルーズなのでは、かなり性格が違うということですか。

答) ええ。

質問) ** (不明) ** じゃない方でも、かなり幅の狭いやつで、低速度の所があるわけですね。

答) そうなんです。幅 10 m 以下位ですね。あんまり細いのは、測点間隔(5 m)に関係するけれども、多少不確実なものもあります。

質問) 3,800 m 位の速度層は、地表から大体どのくらいの深さになりますか。

答) この例でいうと、30～40 m で、ずっと地表と並行しています。測線によって多少違うけれども、大体探査可能な深度が 50～60 m、それぐらいまでしかわかりません。当然その下まで続いているわけです。50～60 m 位までは確実だということです。

質問) この辺でも、例えば茶臼山とか割合地滑りの常習地帯があるけれども、地下構造的には大体似通ったものと想像してよろしいんですか。

答) 茶臼山はだいぶ違います。そういうことは高橋さんに説明して戴いた方が ** (以下不明)。

信濃川を境にして、この東側は地質的には従来ほとんど地滑りが無いと言われていた。ここも第三紀層が地滑り地帯に多いと言われて ** (以下不明)。第三紀層もあるにはあるけれども、この地域内では確実なものはない。少なくともいわゆる地下水によって膨軟化して、簡単に流出する、というようなああいう泥岩を持った第三紀層はこの付近には見られない。

一説によれば、この上に乗っているんじゃないか、と。この部分がそれじゃないか、という見方もあります。とにかく岩石自体としては、あまり地滑りしそうな地層です。茶臼山とはぜんぜん違います。

質問) 弾性波探査の ** (不明) ** 一番下の3、何キロという所がありますね。その ** (不明) ** も表層の所が地滑りしているというお話なんですけど、直接の地滑りは、被圧地下水が一番大きな原因だろうというお話なんですけど、その地滑りが直接の弾性波探査の現象の起きている所とは関係ないでしょうけれども、被圧地下水の変化が急になっている所と何か関係があるというようなことはないでしょうか。

答) 何かその辺がもう少し分かればと思うんですけども、残念ながら直接の証拠は得られませんでした。例えば、こういう所を流れてくる水ではなくて、岩盤間の亀裂から出てくるようです。というのは、もっと浅い部分ですが、1 m 位の部分で、石英閃緑岩まで井戸を掘ったり、ボーリングしたりしてみると、どうもその下からずうっと伝わってくるらしい、という例があります。ただ、直接滑っている部分は、** (不明) ** の上に乗った部分の中で、この位置ではないけれども、大体この下がっているところの少し上の部分がこれ位の深さで ** (以下不明) **。

質問) 測線1と測線3に低速度層がありますが、これもやっぱり上の低速度帯と大体並行しているとみていいですか。

答) それが1線しかないので、どう繋がるか ** (以下不明) **。3本位、これに並行したものがあれば、その連続性がわかるか、1線ではなんともいえない。実はその辺をもう少し確かめたいと思って、簡易弾性波計の何ヵ所かでやってみたけれども確認するに至っていません。大体そんな深さには届かない。

質問) ** (不明) **

答) ええ、或いは発破のあれをそのまま利用して同時に行いました。2～3 m の部分の、例えばその亀裂の両側、地滑り跡の両側、それから新鮮な岩盤の出ている所、そういう所でも速度を測ってみた、という程度の利用しか出来ませんでした。