

# 地すべり防止技術の変遷と新潟県の地すべり対策

東京農工大学 名誉教授

中村 浩之

## 1. 地すべり調査技術

1958年3月に「地すべり等防止法」が制定されてから50年を迎えましたが現在に至るこの間の地すべり防止技術の発展は著しいものがあります。わが国で本格的な地すべり調査研究が実施され対策がなされるようになった推進役として「全国地すべり対策協議会」の設置された意義は大きいと思われる。1947年5月に新潟県能生谷の柵口地すべりが発生し200haの田畑と120戸に及ぶ民家が破壊されなどの甚大な被害が発生し、新潟県土木部はただちに復旧工事に着手した。また当時建設省砂防課の技官であった谷口敏雄博士も現地へ派遣され現地踏査したが地すべりの機構を解明するには地すべり調査が不可欠であることを痛感され新潟県の担当者と協議し地すべり調査を県費でもってすぐに実施することとなった。柵口地すべり調査が契機となってわが国の地すべり・研究が本格化し今日の地すべり研究の原点になったということによって非常に意義深い地すべりであると谷口<sup>1)</sup>は述べている。

一方建設省は柵口地すべり災害の重大さを鑑み地すべりが県内に多数分布する新潟県、長野県、富山県の北陸3県の地すべりを調査する目的で、大蔵省に予算要求しこれが認められた。これによってはじめて地すべりの組織的な調査がスタートし地すべり機構の解明や合理的な対策の計画・設計が可能となってきた。調査を開始した3県の中で新潟県は古くより地すべり多発地域として全国に知られていたが、地すべりの研究においても先進県であり、また柵口地すべり発生後直ちに単独県単費で調査に着手した地すべり調査の経験者でもあった。しかし地すべり調査といっても、その方法も確立しているわけではなかったため地すべり調査に着手した新潟、長野、富山の3県は調査の着手前後で協議会を開催し、調査内容や調査の成果について検討することになった。この協議会は建設省砂防課の指導もあったが「全国地すべり技術協議会」(現在の全国地すべりがけ崩れ協議会)と呼ばれ後に毎年1回開催されるようになった。当時の地すべり調査内容は地形、地質、地表変動、すべり面、地下水、土質の6項目と過去に実施された防止工法の効果についてであった。地すべり調査はその後石川、徳島、長崎の各県でも実施されるようになったが常に地すべり調査をリードしてきたのは全国地すべり対策協議会であった。そしてこの地すべり調査はさらに他府県に広まった。この協議会は1956年以降毎年協議会の開催後討議内容を取りまとめて「地すべり研究」を刊行し地すべり対策等に携わる現場技術者の技術の向上と情報交換を地道に行ない現在も継続している。

現在の地すべり調査の根幹は1948年ごろ既に出来上がっていたといっても過言ではない。渡<sup>2)</sup>によると建設省土木研究所の福岡正巳博士による茶臼山地すべりでの地表移動測量やインバーワイヤーを用いた伸縮計、地盤傾斜計の開発、すべり調査におけるボーリングの孔曲がり計測、地下水追跡、土質試験、降雨の浸透試験などが実施されている。また新潟県では後に建設省土木研究所新潟試験所長になられた高野秀夫博士を中心として調査が進められ、地質分類による新潟県内の地すべり分布と規模の調査、弾性波探査や電気探査による地下構造調査、観測孔の地下水位調査と地すべり移動量調査などが行われ、これらの調査は地すべり対策協議会の各県でも実施されるようになっていった。そして地すべり調査手法が系統的に用いられ調査研究が建設省土木研究所の渡正亮博士らによって石川県甚之助谷地すべりでなされ、1961年の由比地すべりや1962年の松之山地すべりでは効果的な調査法として実証されるなど、1960年ごろにはほぼ現在の地すべり調査法が確立したといえる。

その後京都大学防災研究所の山口真一博士による地中歪計、渡正亮博士による地下水検層法の実用化、米国からの孔内傾斜計の導入など調査手法や調査精度の向上、各種の調査計器の改

良がされ、また当時株式会社日さくにおられた寺川俊浩博士によるワイヤー式多層移動量計の開発がなされ地すべり変動の観測に威力を発揮している。さらに最近ではGPSを利用した移動測量やレーザープロファイラーによる地形解析精度の向上、高品質ボーリング技術の開発など地すべり調査も格段の進展がみられる。

## 2. 地すべり防止工の開発と変遷

柵口地すべり発生以降わが国では著名な地すべりが次々に発生し甚大な災害をもたらした。たとえば早雲山地すべり（1956、神奈川県）、少林山地すべり（1960、群馬県）寺尾地すべり（1961、静岡県）、松之山地すべり（1962、新潟県）、胡桃地すべり（1964、富山県）、亀ノ瀬地すべり（1967年、大阪府）、地附山地すべり（1985年、長野県）などのその原因が自然発生的なものが上げられる。また1960代ごろから経済成長と土地利用の高度化に伴い、全国的に道路、ダム、宅地造成などの公共事業に伴う人為的原因の地すべり防止対策の必要性も増加していった。1960年の愛媛県鹿野川ダム、1961年の埼玉県二瀬ダムの湛水地すべりや1972年の中央道岩殿山地すべり、また海外の事例になるが1963年イタリアのバイオントダムの地すべりなど開発に伴い多くの地すべりが発生し問題となった。これら人為的な地すべりに対してもそれまでの自然発生的地すべり対策の経験が十分に生かされることとなった。

そしてこれらの地すべり災害の発生に伴い地すべり防止対策技術も世界で屈指の技術を確立し、地すべり防止工の設計・施工など独自の技術が多く開発され進展してきた。

わが国での地すべり防止工事の歴史を遡ると古くは平安、鎌倉時代になるが新潟県や長野県などの地すべり災害に悩まされていた地域では既にその復旧工事が行われていた記録も残されており、また新潟県の柵口地すべりをはじめとする地すべり防止工事の中でいろいろな工法が開発・改良され、現在のような地すべり防止工事が体系化されたのは1958年「地すべり等防止法」が施工されて以降と考えてよい。

地下水排除工のなかで横ボーリング排水工は長野県茶臼山地すべりで調査に用いられていた垂直ボーリングが実用化されていたボーリング機械を新潟県の地すべりで水平方向に使用した際に豊富な地下水の湧出を見たことにヒントを得て高野秀夫博士が1949年この工法を提案し新工法の誕生の動機になったと谷口<sup>1)</sup>は述べている。横ボーリング工はボーリング機械の改良も重ねられ比較的安価で簡便に地下水を排除できることから全国に急速に普及していった。ボーリング孔の保孔管は当時竹管を使用していたが耐久性の観点から鉄管、合成樹脂管へと変化し、最近では集水効率を高める保孔管も見られるようになった。しかし排水機能を長期的に維持するためには目詰まりの問題があり、これを解決する方法として孔内洗浄法も開発されてはいるがさらに改良の余地が残されている。

地下水の位置が深く地表からの横ボーリングでは施工上排水が困難ところで集水井を用いて効果的に集水できる新工法が登場した。この集水井工法は新潟県で1955年ごろから大規模に用いられるようになった。新潟県の小見地すべり、栃ヶ原地すべりで外径4m、深さ20mの鉄筋コンクリート井筒を施工したのが始まり、その後松之山地すべりで用いられたがコンクリート井筒を上部に継ぎ足しながら自重で沈下させる方式のため井筒の僅かな傾きで沈下が難しいという施工上の難点があった。このため新潟県以外では長野県茶臼山地すべりなどの砂質の地すべりで施工された事例もあるが積極的に用いられなかった。しかし集水井内から横ボーリングを施工するという優れた工法が否定されたわけではない。その後1960年ライナープレートを利用した集水井が建設省土木研究所新潟試験所の試験地である猿供養寺地すべりで試験施工され、その実用性が認められ全国で利用されるようになり現在に至っている。一方新潟県ではコンクリートセグメントを用いた井筒集水井が開発され1970年に沖見地すべりなどで施工されるようになった。

さらに近年コンクリートセグメントを利用した集水井掘削方式として井筒の自重を反力に

したジャッキによるシールド推進掘削法が開発され施工実績も多くなっている。

排水トンネルによる地下水排除工も第二次世界大戦間もないころ（1947年）新潟県の大久保地すべりで地すべり防止工事として実施されたと谷口<sup>1)</sup>は述べている。同じころ長野県の茶臼山地すべりや新潟県の種芋原地すべりでも排水トンネルは用いられているが地すべり移動層の中を掘り進むことに関して地すべり地の地質が脆弱ということでの安全上の問題、工事費等もあり、あまり普及しなかった。しかし1960年地すべりのすべり面下の基岩部とか、地下水の流入の考えられる滑落崖上部の不動地域を迂回するように地下水を排除するような排水トンネルが群馬県の少林山地すべりで施工され、その後愛媛県の大地地すべりや大阪府の亀の瀬地すべりなど規模も大きな社会的に重要な地すべりでは次第に排水トンネルの実施され、その事例も増加している。集水井と組み合わせた地下水排除工も計画・施工され排水トンネル工の計画論も固まり、また施工例の増加に伴って地盤の悪い地すべり地域でのトンネル掘削技術も改良され向上していった。

古くはトンネルの支保工は木製であったが、その後ライナープレートが多く用いられるとともに道路トンネルなどで用いられているナトム工法の適用やコンクリートによるライニングもなされ、掘削技術の機械化も進んでいった。山形県の平根地すべりや静岡県のお坂本地すべりなど各地の地すべりで排水トンネルは効果的に地下水を排除し地すべり防止対策に貢献している。

杭工による地すべり対策は地すべり地に木杭を打つなど新潟県や長野県では昔より行われた記録があるが本格的に地すべり対策に導入されたのは埼玉県の大瀬ダム貯水池内の麻生地すべりである。1963年に大瀬ダムで施工された鋼管杭は曲げを考慮して設計され対策に成功した。これ以前に鋼管杭の施工事例もあるがせん断杭として設計され、施工された杭が破壊されてしまう事例もあった。時おりしも1963年はイタリアのバイオントダムでの未曾有の大災害が発生し時期でもあり高度経済成長期に向かい、全国で水資源開発が進み貯水池周辺の地すべり対策が必要となったが、地下水排除工などの地すべり対策工の計画が困難な場合が多く鋼管杭工などの抑止工に頼らざるを得ない状況下で鋼管杭工が各地の貯水池地すべりで施工されるようになった。また通常の地すべり対策として鋼管杭が施工される事例も増加していった。しかし杭工の施工実績が増加してもその設計法が確立したとは言い難い状況にあった。実際に活動している地すべり地内での杭の挙動が明確ではなかったが新潟県の福本安生博士による精力的な現場測定にもとづいた地すべり地内に打設された杭の挙動の研究結果などで地すべり抑止杭の設計方法も現在では確立したと考えてよい。また杭材についてもいくつかの開発がなされた。厚肉鋼管の開発やこれに伴う溶接継ぎ手からネジ継ぎ手などの機械継ぎ手の開発や鋼強度の鋼材の利用など、削孔技術の向上とあいまって地すべり抑止力の大きな杭の計画・設計も可能になってきた。

規模の大きな地すべりの抑止のためにシャフト工（深礎工）も用いられているが本工法は静岡県の金谷バイパスの番生寺地すべりといわれている。最初は鉄筋コンクリートの井筒を沈めるものであったが、支保工をライナープレートとし、内部を人力掘削し鉄筋コンクリートの柱体を作る工法に変わっていった。そして1963年新潟県猿供養寺地すべり地でライナープレートを用いたシャフト杭に作用する土圧測定も行われるなど試験施工の段階から実用化されていった。1973年日本道路公団の中央道岩殿山地すべり直径2mと3mのシャフトで地すべりが抑止された。その後中央道での切土斜面对策としてシャフト工が多用された。また大阪府の亀の瀬地すべりでは直径5mのシャフトが施工された。大口径シャフトで機械掘削が可能となり1985年の長野県地附山地すべりや高速道路長野自動車道の建設に伴う地すべり対策など全国で施工されるようになった。アンカー工はヨーロッパ諸国で開発・発展した工法であるがわが国地すべり斜面安定対策として用いられたのは1989年奈良県の大迫ダムといわれている。現在では地すべり防止対策工の主要工法のひとつになり、いろいろなタイプのアンカーが開発さ

れ今に至っている。

その他の工法として排土工があるが1949年新潟県の大沢地すべりで実施されたのが最初ではないかといわれている<sup>1)</sup>。その後静岡県由比地すべり、大阪府の亀の瀬地すべりなど大規模な排土から規模の小さい法面の安定に排土工は広く用いられている。また新潟県では地下水排除工として地下水遮断工や寺川俊浩博士によるグラベルパイルが開発された。

### 3. 新潟の地すべりの役割

わが国の地すべり技術の変遷を概観してみると地すべりの調査や地すべり対策工の発展に関しいかに新潟県の地すべりや技術者、研究者が深くかかわってきたことを伺うことができる。また2004年の中越地震で改めて地震地すべり対策という大きな課題が提起され、新潟県の地すべりが先駆的役割を果たすことになった。今後も地すべり技術の発展に新潟県の地すべりからの技術や知識は不可欠であり、また期待されるところである。

#### 参考文献

- 谷口敏雄：地すべりの道を拓く、(社)地すべり対策技術協会、全国地すべりがけ崩れ協議会、日本工営株式会社、(1989)
- 渡 正亮：地すべり対策事業の歴史と課題、河川、1999、3月号