

戦-2 活断層周辺の地下構造調査手法および地盤モデル作成手法に関する調査 (2)

研究予算：運営交付金（一般勘定）

研究期間：平 15-平 20

担当チーム：技術推進本部 特命事項担当

研究担当者：稲崎富士

【要旨】

道路や河川施設などの線形構造物が内陸活断層と交差して構築されている場合、地震の被害想定では地震動やそれに伴う液状化などの地盤被害に加えて、断層の変位そのものによる構造物の被害についても検討する必要がある。断層変位は主断層部だけでなく断層帯内の副断層にも分配される。しかし断層変位のすべてが地表に明瞭にあらわれるわけではなく、特に沖積低地や人工改変が進んだ市街地などでは変位地形を識別できないことが従来の変動地形調査や群列ボーリング調査の限界として指摘されていた。これに対しランドストリーマーを用いた高分解能反射法探査では、表層部 100m 程度までの浅部地盤の詳細な変形構造をイメージングすることができる。今回、新潟平野の西縁付近を南北に走る角田・弥彦断層の浅部断層変形構造を把握することを目的としてランドストリーマー反射法探査を実施した。本断層の近傍には高速道路や河川堤防、原子力発電所などの重要ラインが存在しており、断層変形帯の把握手法の開発はこれらの防災機能向上や維持管理に貢献が期待できる。現地探査の結果、新たに開発した P 波ランドストリーマー探査ツールで副断層である高角逆断層の位置を推定することができた。

キーワード：内陸活断層、ランドストリーマー、反射法地震探査。

1. はじめに

2007 年中越沖地震や 2008 年岩手宮城内陸地震では、最大震度 6 強、最大加速度で 2000gal を超える強震動が観測されたが、それに加えて大規模な地盤破壊が発生し建造物に甚大な被害を与えたことが特徴的であった。我が国では陸域だけでも 2,000 本以上の活断層が記載されているが、その活動によって地表にまで断層変位が達した場合、同様な地盤破壊が広域的に発生することが懸念される。高速道路や鉄道などの線状構造物は、本来の機能保持のために内陸活断層と交差することが余儀なくされるので、内陸活断層の活動による地盤破壊の影響を受ける確率が高いと想定される。実際、これまで記載されている内陸活断層との位置関係を調べたところ、高速道路等で 131 箇所、主要河川・堤防では 92 箇所、鉄道では 224 箇所で見交差していた。これらの構造物が損壊すると、直接的な被害だけでなく、二次災害の発生、あるいは災害復旧に不可欠なインフラ機能障害による間接的な影響も発生しうる。従来地震による被害想定では、強震動による構造物のひずみ破壊が想定されてきたが、活断層近傍では地盤破壊の影響も評価することが必要とされる。

近年、空中写真判読と群列ボーリング、トレンチ

調査を組み合わせることによって微細な断層変位地形を識別する手順が確立され、その成果は新たな活断層の発見やセグメントの詳細区分として提供されている。しかし断層変位のすべてが地表に明瞭に現われるわけではなく、特に沖積低地や人工改変が進んだ市街地などでは変位地形を識別できないことが変動地形学の限界として指摘されていた。

土木研究所では、社会基盤施設の防災・耐震機能向上に資することを目的として、内陸活断層周辺の浅部地盤構造調査手法の開発を進めている。その一環として、活動度が高く縦ずれ成分が卓越する逆断層を対象に、断層帯浅部の変形構造を把握することを目的として独自に開発したランドストリーマーツールを利用した高分解能浅層反射法探査の適用性を検討した。その結果、断層帯浅部の変形構造を詳細にイメージングできることがわかった。

2. 検討調査手法概要

手法検討の対象とした断層は新潟平野の西縁付近を南北に走る長岡平野西縁断層帯、角田・弥彦断層群である（図-1）。この断層については以前から各機関によって反射法地震探査（石油公団，1998；加野ほか，1999；稲崎・加野，1999 など）や、ボーリ

ング調査（渡辺ほか，2001 など）が実施されてきており，平野の西縁部から日本海にかけて，最表層の堆積物から深さ約2000m程度の第四系までを变形させる大規模な断層の存在が知られていた．角田・弥彦断層群は延長約25km，鳥越断層群，上富岡断層，片貝断層群とともに長岡平野西縁断層帯を形成する活断層で，西側上がりの逆断層と評価されている．角田・弥彦断層群の北方延長は日本海へ進展すると推定されていたが詳細は不明であった．しかし2007年中越沖地震以降，同断層が海域へ連続しているか，いくつかのセグメントに分かれているかを評価することが喫緊の課題となり，特に陸域と海域との境界付近での当該断層の構造・連続性を把握することが求められていた．そこで海陸境界部の新潟市西区四ツ郷屋地区において海岸線に並行に走る道路に約1kmの測線を設定し，P波による反射法探査を実施した．

探査には独自に開発した反射探査ツールであるランドストリーマー（稲崎，1992）を使用した．使用したランドストリーマーツールは，それにさらに改良を加えたもので，ステンレスワイヤを牽引部材として使用し，1m間隔で配置した96チャンネルの地震計ユニットからなる．ストリーマーツールと震源を移動して測定を繰り返し，反射法地震探査データセットを取得する（ただし観測時には停止させる）．地震計ユニットは金属製のベースプレートを紹介し地表と接しているが，スパイク等では固定されていない．したがって舗装路面上で容易に移動展開させることができる．

現地探査は2009年3月に実施した．P波の起振にはドロップヒッタを採用し，各起振点で4-16回の垂直重合を加えた．起振点間隔は2m，記録長は1秒とした．探査条件を表-1にまとめて示す．

3. 現地適用結果概要

取得したデータをWindows環境で動作する専用の反射法探査データ処理ソフトウェア解析ソフトを用いて処理した．

新潟市PW_NYG_1P測線に対する重合後時間断面を図-2に示す．図-2上のP波時間断面では，往復走時100ms付近に起伏する強い反射面が認められる．この反射面には測線距離5000mから5300m付近の間でバルジ状の高まり（プレッシャーリッジ：断層運動によって生じた凸状の小丘地形）を解釈することが可能である．バルジの両翼の反射面は著し



図-1 長岡平野西縁断層帯角田・弥彦断層群の分布と断層調査位置

表-1 測定条件および使用機器類

| 測線 | PW_NYG_1P |
|-------------|-----------|
| 測定条件 | |
| 測線長 | 1050 m |
| 発震間隔 | 2 m |
| 発震点数 | 498 |
| 震源 | ドロップヒッタ |
| 使用ツール | LS-100P |
| 受振間隔 | 1 m |
| チャンネル数 | 96 |
| 地震計 | 40Hz/V1 |
| 探鉱機 | DAS-1 |
| サンプル間隔 | 0.25 ms |
| 記録長 | 1000 ms |

く屈曲しており，断層面の存在を示唆する．ただし当該断層群の主断層であるか，後縁副断層（バックスラスト）であるかは測線長が短く不明である．既往調査では，主断層部は本探査測線の右端部に解釈されているので，本探査で解釈された断層は，逆断層上盤側に特徴的に発達するバックスラストである可能性が高い．表層部の重合速度（Vstk：1600～

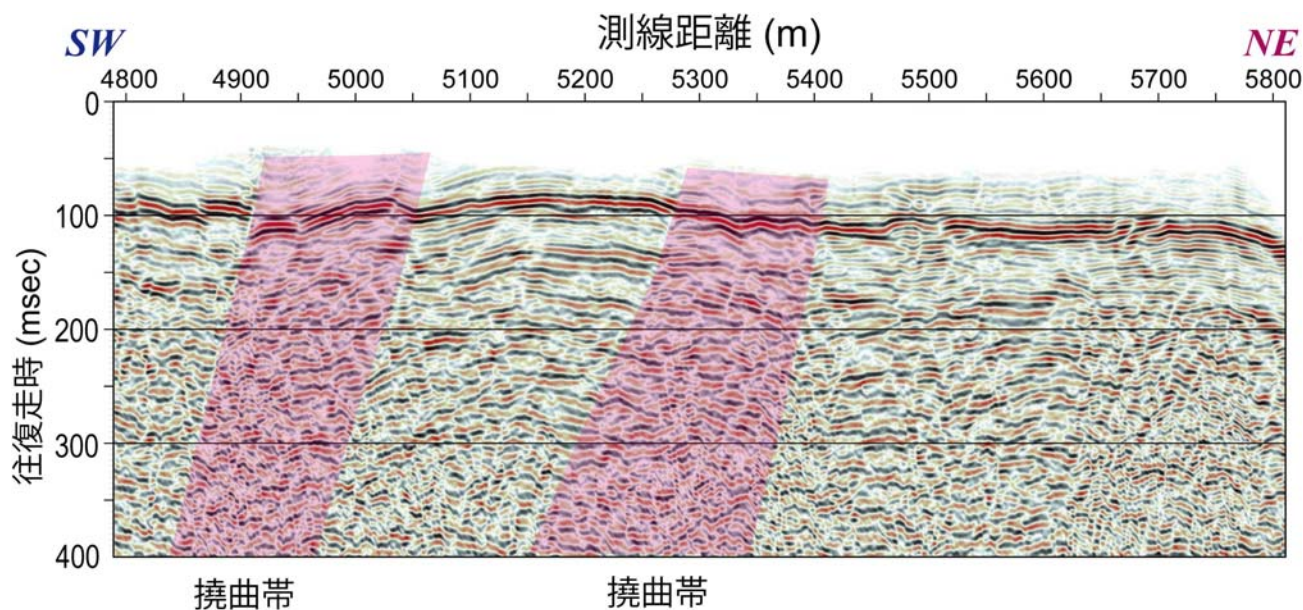


図-2 新潟市四ツ郷屋地区 PW_NYG_1P 測線 P 波時間断面

1800m/s) から推定されるこの反射面の深度は 80m 前後と見積もられ、周辺のボーリングデータを参考にすると沖積層基底礫層 (G1 層) に比定される。

長岡平野西縁断層帯は、今後 30 年の間に地震を発生させる可能性が、国内の陸域主要活断層のなかではやや高いグループに属しており、各断層群が個別に活動するか、あるいは一体的に活動する可能性があるかを評価することが求められている。表層部の変形構造を、近傍で実施された他の探査断面と比較することで断層の連続性を評価することが可能となると考えられる。

4. まとめ

活断層周辺地盤の浅部断層変形構造を把握することが可能な調査手法として、ランドストリーマーツールを利用した高分解能反射法探査の有効性を、実際の活断層に適用して検証した。20 年度は 2 箇所での現地調査実験を実施した。その結果、同手法によって伏在活断層の位置と、断層周辺の擾乱構造を詳細にイメージングすることができた。また反射断面の変形構造を詳細に解析することで、対象断層の活動史を解明するとともに地震動確率予測の精度向上に貢献することが可能である。

参考文献

稲崎富士(1992):地盤調査技術の開発, 地下空間の利用技術の開発報告書, 第3分冊, 2-26, 建設省
 稲崎富士・加野直己 (1999) : 高分解能 S 波反射法及

びサイスミックコーン貫入試験による角田・弥彦断層群の浅部構造調査, 地質調査所速報, No. EQ/99/3 (平成 10 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 59-68.

加野直己・山口和雄・栗田泰夫 (1999) : 角田・弥彦断層群の P 波反射法地震探査, 地質調査所速報, No. EQ/99/3 (平成 10 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 47-58.

石油公団(1998):平成 10 年度国内石油・天然ガス基礎調査 陸上基礎物理探査「西山・中央油帯」調査報告書, 61p.

渡辺満久・太田陽子・栗田泰夫 (2001) : 鳥越断層群の群列ボーリング調査. 活断層・古地震研究報告, No.1 (2001 年), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 87-96.

RESEARCH ON DETAILED IMAGING AND MODELING OF ACTIVE FAULTING STRUCTURE

Abstract : Active faults which have the potential to cause disastrous earthquake in the near future are widely distributed in Japan. As well known, faulting structure recorded in the near surface layer is the key to reveal the behavioral pattern of each fault and evaluate the potential activity. High resolution seismic reflection method using Land Streamer developed by PWRI was successfully applied to image detailed structure of Kakuda-yahiko fault, Niigata Prefecture. A 1 km-long seismic line was deployed to obtain P-wave seismic profiles across the fault. A newly developed P-wave type Land Streamer having 96 active channels were used for the field measurement. CMP stacked time sections profiled a high angle reverse faulting and related bulge structure at the hanging wall side in the near surface down to 200 m in depth. As a result, high-resolution shallow seismic reflection surveying using Land Streamer is helpful to provide valuable information regarding seismic zoning near an active fault for earthquake disaster prevention of infrastructures.

Key words : active fault, Land Streamer, seismic reflection surveying, near-surface faulting structure.