

## 戦-1 活断層周辺の地下構造探査手法および地盤モデル作成手法に関する調査（1）

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 15～平 20

担当チーム：材料地盤研究グループ（地質）

研究担当者：佐々木靖人、倉橋稔幸

### 【要旨】

活断層である国府津－松田断層帯における S 波起震機による反射法地震探査の波形記録について CMP 重合法による解析と回折トモグラフィ解析を行った。また、解析結果を周囲の地形判読結果や既存ボーリングデータ等と対比した。その結果、断層周辺における深度 500m までの地下地質構造と深度 100m までの S 波速度構造を求め、断層が CMP2030～CMP2070 の区間に位置し、断層の累積変位量が約 100m に達し、この区間では S 波速度が 0.3～0.5km/s に低下することを明らかにした。

キーワード：活断層、反射法地震探査、地質構造、S 波速度構造

### 1. はじめに

兵庫県南部地震や集集地震以降、土木構造物の設計において L2 地震動と断層変位に対処することが懸案となっている。現状では、L2 地震動の耐震性照査の指針（案）等<sup>1)</sup>ではその想定地震の地震動の大きさを予測するにあたり起震断層の位置・長さ・傾斜・幅等を仮定しなければならない。しかし、その詳細は文献調査等に頼るのが現状であり、実際には照査に不足する情報が少なくない。ゆえに、これらの不足した情報を補完するために、活断層の地下構造を適確に調査する技術の開発が求められている。

そこで平成 19 年度には、活断層である国府津－松田断層帯における反射地震探査の波形記録を解析し、地下地質構造と S 波速度構造を求め、周囲の地形判読結果と既存ボーリングデータ等と対比し地質解釈した。

### 2. 研究方法

#### 2.1 国府津－松田断層と地形判読

国府津－松田断層帯は丹沢山地南縁から相模湾岸に至る延長約 20km の断層帯と考えられている<sup>2)</sup>。この断層帯は南西側の足柄平野と北東側の大磯丘陵等との地形境界に位置し、南西側を沈降させ北東側を隆起させた逆断層である（図-1）。

そこで酒匂川から押切川にかけての範囲を地形判読し、変位基準面の区分と変動地形の地形要素を抽出した。

#### 2.2 反射法地震探査の解析

神奈川県小田原市の相模湾岸で実施した S 波起震機を震源とした反射法地震探査（図-2、表-1）<sup>4)</sup>の波形記録

を CMP 重合法により解析し地下地質構造を求めた。また、波形の初動を読み取り回折トモグラフィ解析することで、地下の S 波速度構造を求めた。



図-1 国府津－松田断層帯と地下構造探査の位置図  
中田・今泉（2002）<sup>2)</sup>に加筆

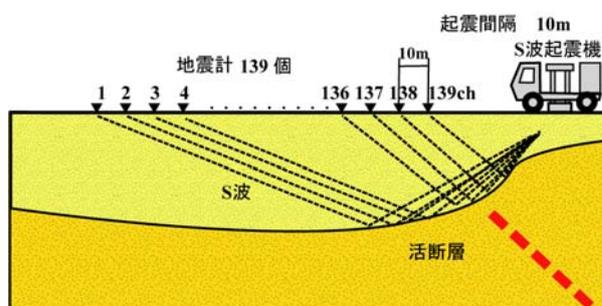


図-2 S 波起震機を用いた反射法地震探査の概念図

表-1 反射法地震探査の仕様一覧

項目	内容
起震間隔	10m
地震計設置間隔	10m
チャンネル数	48、96、139
サンプル間隔	2ms
レコード長	8s
周波数	10～40Hz

反射波の解析にはCMP重合法を用いた。まず、波形の異常値を削除し、測線上で5m間隔に番地としてCMPを割り当てそのCMPごとに波形を編集した。次にフィルター処理ではデコンボリューションやバンドパスフィルターなどの各種フィルターを適用し波形からノイズを除去した。さらに図-4の走時曲線の傾きから地表付近のS波速度を0.3km/sとして静補正をおこない、地形による影響を除去した。最後に、解析した波形を重合し、図-4の走時曲線の傾きから表層を0.3km/s、第2層を1km/sと仮定し深度断面に変換した。

一方、回折トモグラフィー解析では、波形記録の初動を読み取り、走時曲線を作成した(図-4)。この走時曲線を基に、0.3～4.0km/sのS波速度層を15区間に分け、S波速度の分布を解析した。

反射法地震探査解析 回折トモグラフィー解析

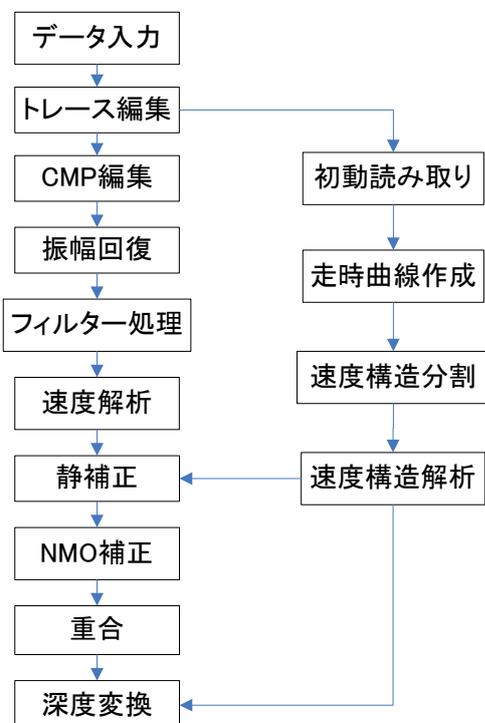


図-3 反射法地震探査のCMP重合法による解析と回折トモグラフィー解析の流れ

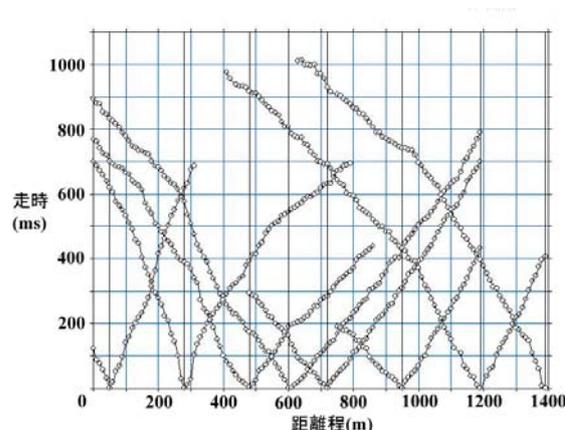


図-4 走時曲線

2.3 地質解釈

断層周辺の既存ボーリングデータをインターネットの「国土地盤情報検索サイト」<sup>5)</sup>および「かながわ地質情報マップ」<sup>6)</sup>から合計224本収集した。このうち反射法地震探査測線から300m以内の範囲に分布するボーリング柱状図18本から柱状図対比図を作成した。その柱状図対比図を反射法地震探査の解析結果と対比し、断層周辺の地下地質構造を推定した。

3. 研究結果

3.1 地形判読

地形判読した結果を図-5に示す。変位基準面として、新しいものから沖積低地、浜堤、段丘面V、段丘面IV、段丘面III、段丘面II、段丘面Iの流路跡、段丘面Iに区分した。このうち、段丘面Vは約2000年前の箱根火山泥流の堆積面で、足柄平野に広く分布する。また、段丘面IVは1万年以内の完新世の段丘であると考えられており、大磯丘陵南側の相模湾沿いに分布する<sup>7)</sup>。

一方、国府津-松田断層帯の位置については、中田・今泉(2002)<sup>2)</sup>を引用した。この断層帯は南西側の足柄平野と北東側の大磯丘陵などの地形境界に位置し、断層周辺では逆向き崖や風隙、変位基準面の傾斜等の変動地形が認められた。

特に反射法地震探査の測線が位置する大磯丘陵南側の相模湾岸では、浜堤および段丘面IVが分布し断層推定位置から森戸川にかけて西側へ傾斜し撓んでいた。

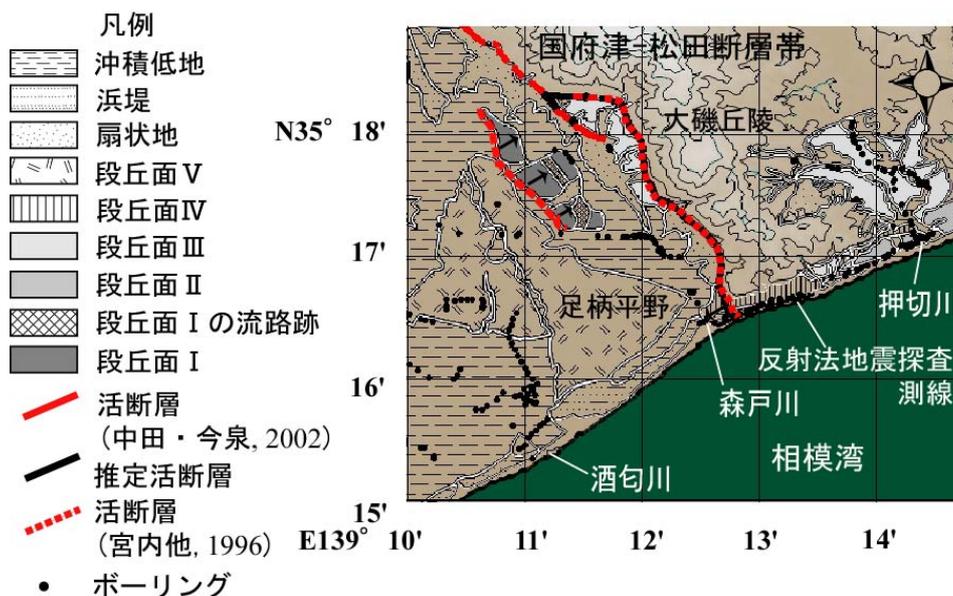


図-5 地形判読図

### 3.2 地下地質構造とS波速度構造

反射法地震探査の解析断面図を図-6(a)に示す。解析断面図では標高 0~300m にかけて明瞭な反射波が認められた。反射波の振幅の大きさからこれがこの地域における基盤岩に相当すると推定される。その反射波はCMP2070 付近でキック状に反射波が折れ曲がり、CMP2030 かけて下方へ傾動し不明瞭となる。CMP2070 では反射波から推定されるその鉛直変位は約 50m である。一方、CMP2030 の深度-20m 付近の先負でも反射波に比高 10m 程度の段差を生じている。反射波の振幅の大きさや変位量を考慮すると、基盤岩を覆う段丘面IV相当層が変位したと考えられる。この CMP2030 では地形判読から地表の浜堤や段丘面IVに西側傾斜が認められるほか、中田・今泉(2002)や宮内ほか(1996)<sup>3)</sup>が推定する断層位置とも一致することから、この CMP2030~CMP2070 の区間に国府津-松田断層帯の延長部が位置すると考えられる。ただし、CMP2030 の西側では反射波が不明瞭となることから基盤岩の正確な鉛直変位量は不明であるが、CMP2030~CMP2070 の区間における反射波の傾動からそれは約 50m であると推定される。ゆえに CMP2030~CMP2070 区間における約 200m の間での断層の累積鉛直変位量は反射波の折れ曲がりや傾動から約 100m に達すると推定される。

一方、回折トモグラフィ解析による S 波速度構造断面図を図-6(b)に示す。S 波速度( $V_s$ )は-100m 以浅で 0.3~1.0km/s を示す。CMP2000~2080 の区間と、CMP2180~2270 の区間で速度が 0.3~0.5km/s まで低くなっていることが分かる。この区間における速度低下の原因は、CMP2030 と CMP2070 付近における国府津-松田断層帯の

断層運動に伴う沈降で、沖積層が厚く堆積していることや基盤岩が軟化していることなどにあると考えられる。

### 3.3 解析結果の地質解釈

図-6(c)に a~r の 18 本のボーリングから作成した地質断面図を示す。柱状図に記載された層相および N 値をもとに地層の区分をおこなった。その結果、上位から崖錐層、砂礫層、砂層、良く締まった砂層、良く締まった泥層に区分できた。これらの地層の分布と地形判読結果とを対比すると、砂層は地形面区分では浜堤に相当する堆積物である。また、良く締まった砂層や泥層は N 値が 50 以上の値を示し、段丘面IVを構成する堆積物に相当する。

各層相の連続性は概ね良い。ボーリング f と g の間では、下位の良く締まった砂層との境界に約 1.5m 程度の比高が認められた。この位置は地形判読での段丘面IVや浜堤の西側傾斜とも一致することから、この砂層は拗曲していると考えられる。一方、ボーリング b と c の間には、砂礫層と良く締まった砂層との境界に 9m の比高が認められた。この比高は断層の鉛直変位による可能性も考えられるが、この位置には森戸川があり、河道の浸食が原因とも考えられる。今後、より詳細な層相の対比が必要である。

ただし、今回、地質解釈できたのは、ボーリング柱状図に記載されている深度 20m 程度までの範囲である。反射法地震探査の解析断面に見られる深度 500m までの地下構造を地質解釈するには十分ではない。今後、より深部のボーリングデータの追加や足柄平野や大磯丘陵にける他のボーリング情報や地表路頭と併せて地質解釈することが必要である。

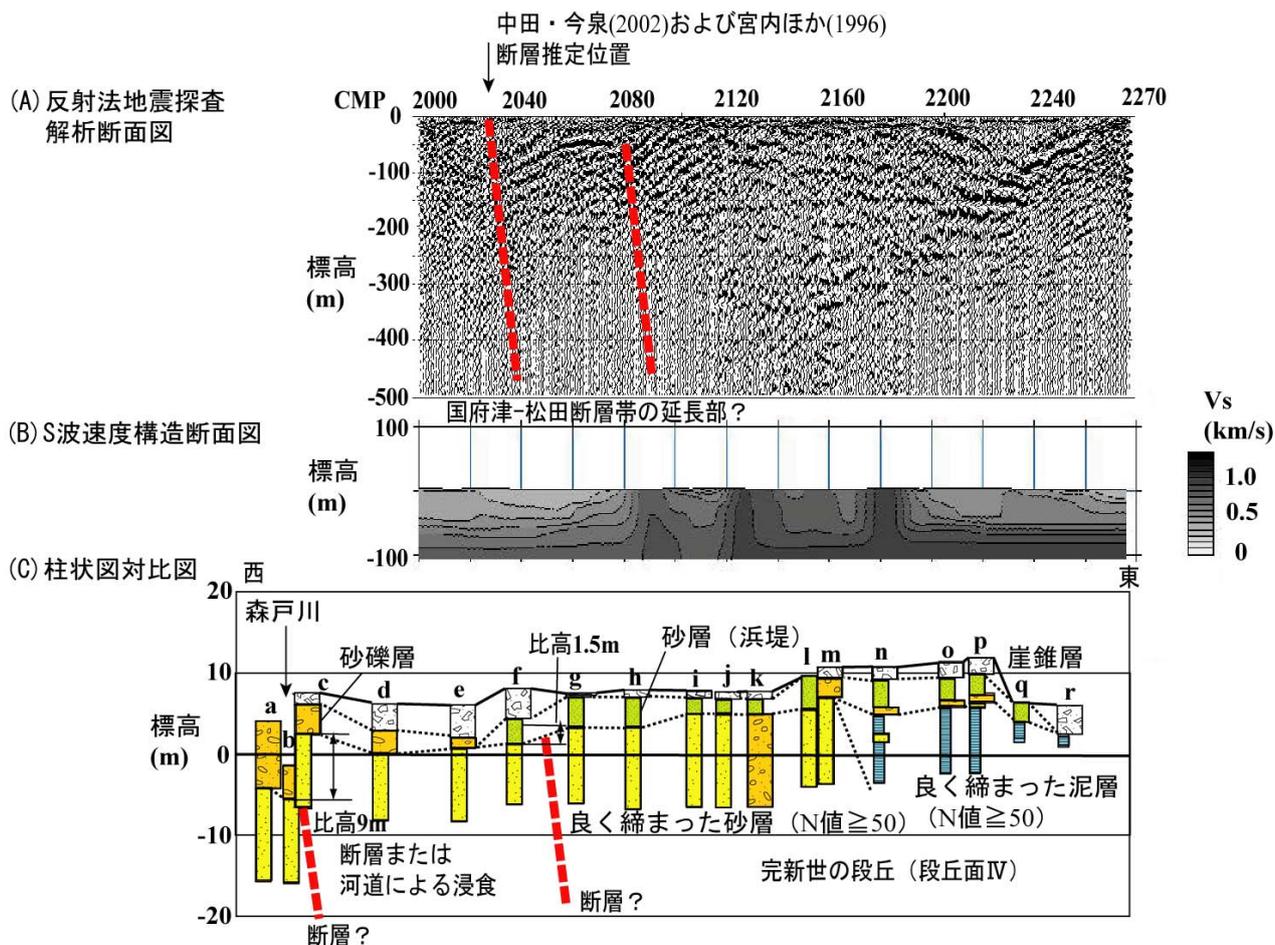


図-6 反射法地震探査の解析結果と地質との対比図

#### 4. まとめ

本研究の結果は以下のようにまとめられる。

- 1) CMP 重合法による反射法地震探査の解析結果から深度 500m までの範囲の地質構造を推定した。反射波の連続性や比高から、国府津-松田断層帯は CMP2030~CMP2070 の区間に位置し、約 200m 区間での鉛直変位量は約 100m に達すると推定される。
- 2) 回折トモグラフィー解析から深度 100m までの S 波速度構造を解析し、断層周辺で S 波速度が 0.3~0.5km/s に低下することを明らかにした。
- 3) 既存ボーリングや地形判読結果から断層周辺の浜堤の砂層に 1.5m 程度の鉛直変位を生じ撓曲していることを明らかにした。
- 4) 今後、地下に伏在する活断層の構造や S 波速度構造の詳細を明らかにするには、より深部におけるボーリング等の地盤情報収集や地表路頭等との対比等をおこなう必要がある。

- 1) 片岡正次郎、日下部毅明、村越 潤、田村敬一：想定地震に基づくレベル 2 地震動の設定手法に関する研究、国土技術政策総合研究所報告、No. 15、32p.、2003。
- 2) 中田 高・今泉俊文編：活断層詳細デジタルマップ、東京大学出版協会、60p.、2002。
- 3) 宮内崇裕・池田安隆・今泉俊文・佐藤比呂志・東郷正美：1:25,000 都市圏活断層図「小田原」、国土地理院技術資料、D.1-No.333、1996。
- 4) 倉橋稔幸：55. 活断層を対象とした S 波起震機による反射法地震探査、平成 19 年度研究発表会講演論文集、日本応用地質学会、pp.109-110、2007。
- 5) 国土交通省・独立行政法人土木研究所・独立行政法人港湾空港技術研究所：国土地盤情報検索サイト、<http://www.kunijiban.pwri.go.jp>、2008。
- 6) 財団法人神奈川県都市整備技術センター：かながわ地質情報 MAP、<http://www.toshiseibi-boring.jp>、2007。
- 7) 大矢雅彦：アトラス水害地形分類図、早稲田大学出版部、126p.、1993。

#### 参考文献

## A STUDY ON EARTHQUAKE HAZARD MAPPING AND A SHEAR WAVE VIBRATORY EXPLORATION TECHNIQUE FOR AN ACTIVE FAULT (1)

**Abstract** : In FY2007 we conducted shear wave seismic data processing for Koze-Matsuda fault as an active fault. Besides, we compared processed seismic reflection profile and velocity distribution with either air-photo interpretation or borehole columns. It results that the active fault is located from CMP 2030 to CMP 2070 and shear wave velocities in the subsurface around the fault decreased from to 0.3 or 0.5 km/s.

**Key words** : seismic data processing, active fault, shear wave, velocity distribution

別紙様式

理事長	理事	研究調整監	企画部長	研究企画監	研究企画課長	評価・調整室長	受付担当者
<p>原稿承認 平成 年 月 日</p> <p style="text-align: center;"><del>重点プロジェクト研究</del>・戦略研究 報告書原稿承認伺</p> <p style="text-align: center;">(平成19年度)</p>							
1 <del>グループ</del> ・チーム名等		地質チーム					
2 重点プロジェクト研究 (総括) 課題名		—					
3 <del>重プロ個別課題名</del> 戦略研究課題名		戦-1 活断層周辺の地下構造探査手法および地盤モデル作成手法に関する調査					
4 原稿枚数		全 4 枚		4 原稿受理		平成 年 月 日	
<p>上記のとおり <del>重点プロジェクト研究</del>・戦略研究 報告書原稿の承認を伺います。</p> <p style="text-align: center;">平成20年 4月16日</p>							
土木研究所理事長 殿				<del>プロジェクト</del> <del>リーダー</del> グループ長		主席・上席研 究員等	