

中央構造線系の活断層を横切る新設道路の調査

Geological Feature of the Active Fault along the Median Tectonic Line under a New Road

加 集 一 夫 (かしゅう かずお)
徳島県鳴門土木事務所工務課 係長

渡 辺 俊 樹 (わたなべ としき)
㈱阪神コンサルタンツ 技術開発部 課長

1. はじめに

平成10年4月5日明石海峡大橋の開通を迎え、徳島は京阪神から四国への玄関口となった。徳島県では明石海峡大橋と直結する「四国横断道」とすでに供用中の「徳島自動車道」の両インター間を連絡する全長3.3 kmの県道バイパスを建設している。その連絡道路は中央構造線に直交するように計画されている。

平成7年1月17日、阪神・淡路大震災が発生した。板野インターから10 km 余り離れた鳴門市内でも屋根が壊れる被害が発生した。平成7年、道路構造を決めるため、深さ10~30 mの地質調査ボーリングを行った。

山地部にはすぐに和泉層群に特有の強風化黒色片岩が現れ、平地部は砂、シルトの堆積層が現れ、中央構造線南側の三波川帯上の沖積層と判断した。しかし、その境は判然とせず、一般の地質調査ボーリングに限界を感じ、連続して地層構造を探ることのできる「S波反射法地震探査」を実施した。

2. S波探査と伏在断層の存在

2.1 探査測線の決定

平成8年、通産省工業技術院地質調査所が、当地から約4 km 東方で中央構造線をP波を用いた反射法地震探査により調査していた。それに、和歌山県内で行われ

ていた資料を参考にして、地表にあって中央構造線を形成する断層面は山裾から斜めに阿讃山脈の下方に潜り込んでいるものと想定し、山裾を中心に測線を設定した。

調査の目的が道路構造物の設計にあるため、探査深度にかかわらず、地表付近の精度良い測定結果が得られることからS波を用いた反射法地震探査により調査を行うものとした。

現地の地形的な状況から、ボーリング点との対応がつき、山裾を含むような1本の測線は引けず、図-2に示すような2測線で調査するものとした。No.2測線の方は山の谷間に突っ込んでいる道の路肩を利用した。各々の測線は、交通量の多い県道を横断し、JR線の手前まで延びているので、交通振動の混入を避けるために一部の作業は夜間に行った。

2.2 調査方法の概要

反射法地震探査はやや特殊な調査かと思われるので、調査方法について簡単に説明しておく。反射法地震探査は地下の地層境界で反射してくる弾性波を用いて地下構造を推定する地盤調査法である。現地作業は写真-1に示すように、測線に沿って設置された多数の地震計(本調査では2 m 間隔で最大48 ch)により、測線上を順次移動する震源からの振動波形を記録して行く。震源点・受震点の組合わせて図-3のような共通の反射点を通して来るCMPアンサンブルと呼ばれる反射記録の集まりが得られる。このアンサンブルのそれぞれの記録に含まれる反射波は反射面までの弾性波速度に応じた形で並ぶ



図-1 計画位置図

○の範囲が今回の調査位置で、県発行の道路図を基図とした。

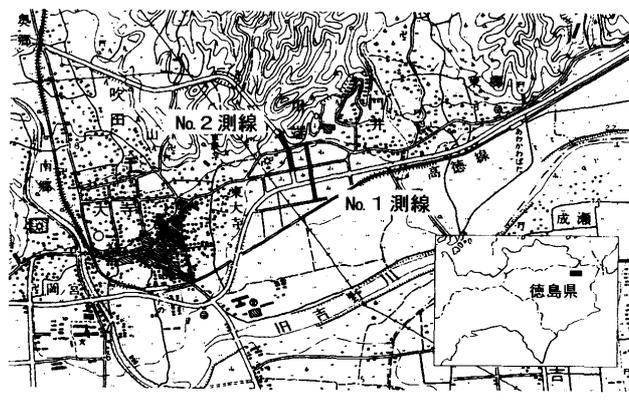


図-2 S波反射法地震探査測線位置図

国土地理院25 000分の1地形図を基図とした。

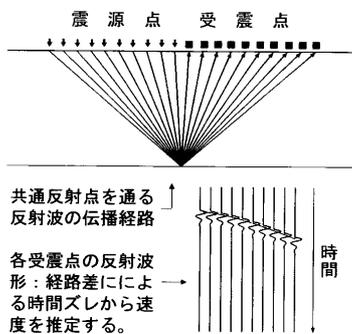
事例報告



写真一 1 反射法地震探査の作業状況：メジャーテープに沿って地震計が等間隔に展開されている。



写真一 2 S波用震源の前面：板叩き法を油圧を利用して機械化したもの



図一 3 CMP アンサンブル：等間隔の地震計に対して、地震計と同じ間隔で震源を移動させることにより共通の地中の点から反射してくる記録の組み合わせが得られる。

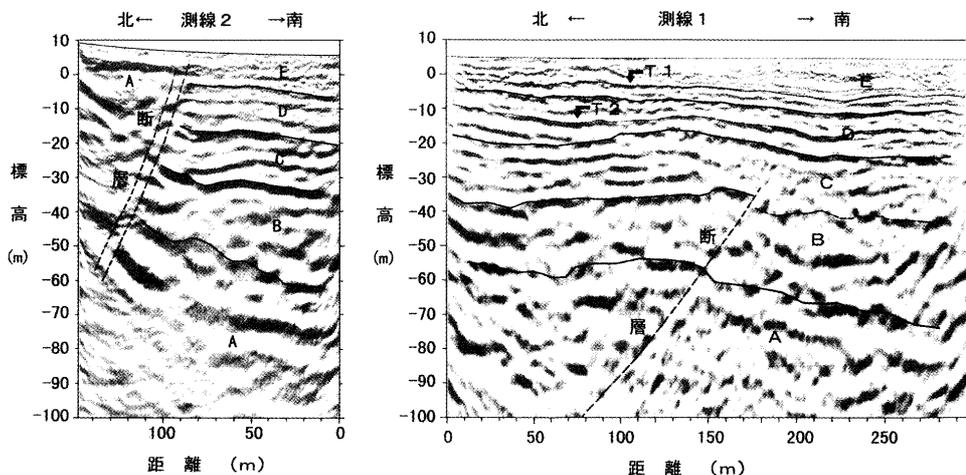
に見られる反射波の時刻は波が地表から真下に出て反射面から戻って来るまでに要する時間になる。波の進む速度は推定できているので、時間を深度に変換でき、1点分の反射面の深度分布が得られる。これらを並べることにより反射断面を描くことができる。また、各々の反射面（地層境界）までの弾性波速度から、それぞれの地層の弾性波速度もわかる。

P波、S波の探査の測定作業上の違いはPS検層と同様、打撃または起震の方向と受震成分の方向である。今回は写真一2のように、油圧を用いて板叩き法を機械化したS震源を用いてS波を発生させた。

2.3 測定結果とその解析

反射法地震探査の概略は以上のとおりであるが、実際にはこのほかに幾つかの波形処理を加えて断面の精度を向上させる。こうして得られた反射断面に、弾性波速度や反射波の傾向およびボーリング柱状図との比較等によって地質学的な解釈を加えて、図一4のような断面図が

ので、適切な弾性波速度を仮定すれば地表の1点で発震・受信した形の波形記録に戻すことができる。逆に各々の記録の反射波を同一時刻に戻せるような速度を求め、妥当な弾性波速度を推定できる。この記録上



A：和泉層群，B：土柱層（更新統前期～鮮新統），C：土柱層（中～高位段丘堆積層），D：低位段丘堆積層，E：沖積層，T1，T2：ボーリングコアで認められた火山灰相当の反射面。T1はアカホヤ火山灰，T2は始良火山灰と推定される。

図一 4 S波反射法地震探査結果による解釈断面

完成した。

これより、和泉層群の山地と平野部とは沖積層に変位を与える活動的な断層を境としていることが分かった。和泉層群はこの北傾斜で南落ちの逆断層により、沖積平野の下に伏在している。沖積層と和泉層群の間はボーリングで確認された火山灰から低位段丘堆積層と考えられる地層と、本調査地周辺では広く土柱層と呼ばれる中位段丘層～更新統前期の堆積層で構成されるものと見られる。土柱の名は固結度の高いこの地層の浸食を受けた露頭が、あたかも土の柱のように見えることに由来する。

今回の調査では和泉層群の先端をとらえることはできず、測線よりも南に中央構造線が伏在している可能性が出てきた。

2.4 広域地盤モデルの作成とその応答解析

調査結果から、計画路線に対して直下型の地震を想定する必要があるものと判断された。また、平野端部に明りょうな断層構造があることで神戸市域との地質構造的な類似性が考えられ、阪神・淡路大震災の“震災の帯”のような現象も懸念された。そこで、直下型地震を想定した地震応答解析を二次元断面に対して行うことにした。この場合地震の入射基盤をどこにするかが問題となるが、幸い大深度の情報に関しては地質調査所の成果が存在していたので、三波川変成岩類を基盤とするような大きな地質構造をモデル化できた。これにより、兵庫県南部地震の岩盤上の記録である神戸大学における本震記録波形を同一の条件でモデルに入力することができる。応答計算はシェードスペクトラル法という計算手法を用いて行った。

道路構造物の設計用という観点からは、地表面の地震動が欲しいところだが、深さ1 kmを越える広域地盤モデルに厚さ十数 m までの沖積層をモデル化して付けるのは計算容量、精度の点から難があるという理由から、洪積層（段丘堆積層）の上面および和泉層群の上面の地震動を求めるものとした。

2.5 解析結果の検討

計算結果は、道路橋示方書との比較を念頭に加速度応答スペクトルの形でまとめた。和泉層群上および洪積層上各点の出力波形から求めた応答スペクトルは図-5に示すとおりであった。図-5には道路橋示方書の第1種地盤に対するタイプIIの基準スペクトルを併せて示している。

洪積層上の1.1～1.7秒の周期を除き、道路橋示方書の基準を大きく上回ることはない。基準を上回る周期帯は、伏在する和泉層群上の段丘堆積層の厚さに応じた波長の波に対応する。

先に述べた計算容量上の制約から、段丘堆積層は調査

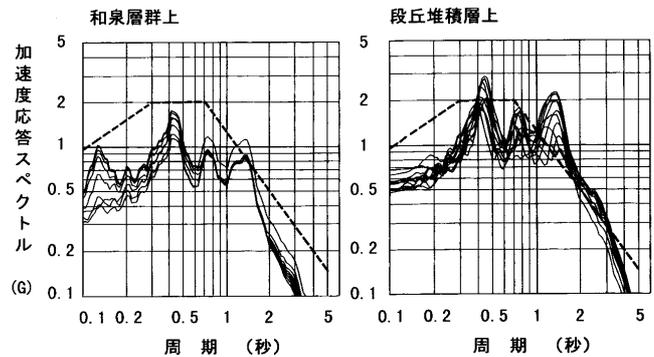


図-5 広域地盤モデルを用いて得られた加速度応答スペクトル。破線は道路橋示方書のタイプII第1種地盤の基準値

結果の平均的なS波速度でモデル化しているため、広域地盤モデルは和泉層群との接触面では現実よりも強いコントラストを持っている。実際には和泉層群に接する土柱層のS波速度はモデルよりも早く、低位段丘層のS波速度は遅い。S波の反射断面から詳細なモデルを作成して応答解析を実施した場合の結果を想定すると、1.1～1.7秒の周期に見られるピークは、より短周期側に分散されることが予測される。したがって、モデルを詳細にした場合には道路橋示方書の基準により近づく可能性の方が高いのではないかと判断された。

3. おわりに

徳島県は、阪神・淡路大震災を機に「徳島県活断層調査委員会」を設け、中央構造線の危険度評価のための調査を始めた。今回の解析結果も同委員会に資料提供し、近傍でトレンチ調査を行った。平成10年8月、表土の下に中央構造線の断層部分が発見された。なお、埋没断層の存在は未確認のままである。

しかし、これらの調査を受けて「埋没活断層」の存在、その影響を確認するための更なる調査を行う予定はない。現在の示方書類に示された力を大きく上回る力を対象とすることは、現在の道路建設目的から逸脱してしまうという見解からである。

道路構造物の設計は、各示方書に基づきながら、地震の教訓も生かすという方針で行っている。土地の有効利用等の制約が多く、現在も構造の検討を進めている。

地質調査は、その後も断層付近で多数のボーリングを行ったが、非常に複雑な層をなして、断層面は確定できず、非常にもまれていたというのが、率直な印象である。

以上、本調査は思わぬ展開を見せたが、工法の結論もまだ出ておらず、経過報告とする。

(原稿受理 1998.10.2)