

5. 琵琶甲－三木断層伏在部における反射法地震探査（S波）

1) 調査要領

平成10年度調査において、琵琶甲断層、三木断層はともに活断層であることが地質的に確認された。さらに、地形調査や既存ボーリング調査の解析結果から、両断層は連続する可能性が高いことも指摘された。しかし、図5.1に示すように、琵琶甲断層と三木断層の間は加古川の広い沖積低地となっており、現時点で両断層の連続性は確認できない。平成10年度調査で検討した結果、現段階では、図5.1に赤線で示した位置あたりに断層が伏在している可能性が高い。ただし、断層位置の推定幅が広いこと、地下の地質情報が少ないことなどから、トレンチ調査により活動性を調べる前に、事前に地下構造調査により断層位置を絞り込む必要があり、そのため図5.1, 2に示す2側線において反射法地震探査を実施した。

探査側線位置は、断層推定線をまたぐ格好になること、周辺にトレンチ調査可能なスペースがあること、さらに新しい断層活動時期を解読できるような沖積粘土層が分布している可能性が高いこと、道路事情などを考慮して決定した。また、発震点、受震点間隔は、極表層の地質構造を精度良く把握することを考え1mと設定した。

探査数量・諸元を以下に示す。

【探査数量】

A測線：637CDP，解析測線長=318m

B測線：344CDP，解析測線長=172m

図5.2に解析測線位置図を示す。

【探査諸元】

探査方法	: CMP重合法に基づく、S波を用いた反射法地震探査
探査記録装置	: デジタル探鉱機（BISON9060A）
震源	: 油圧式S波震源
探査目標深度	: 50m
最大受震距離	: 60m
発震点間隔	: 1m
受震点間隔	: 1m
発震点配置	: エンド・オン、一部スピリット・ディップ
標準水平重合数	: 30重合
受震器	: 固有周波数30Hz，群設置（3個グループ/CH）
垂直重合数	: 10～20回（取得データを確認ながら実施）
収録チャンネル数	: 60CH
収録記録長	: 1.5秒
サンプリング間隔	: 1ミ秒

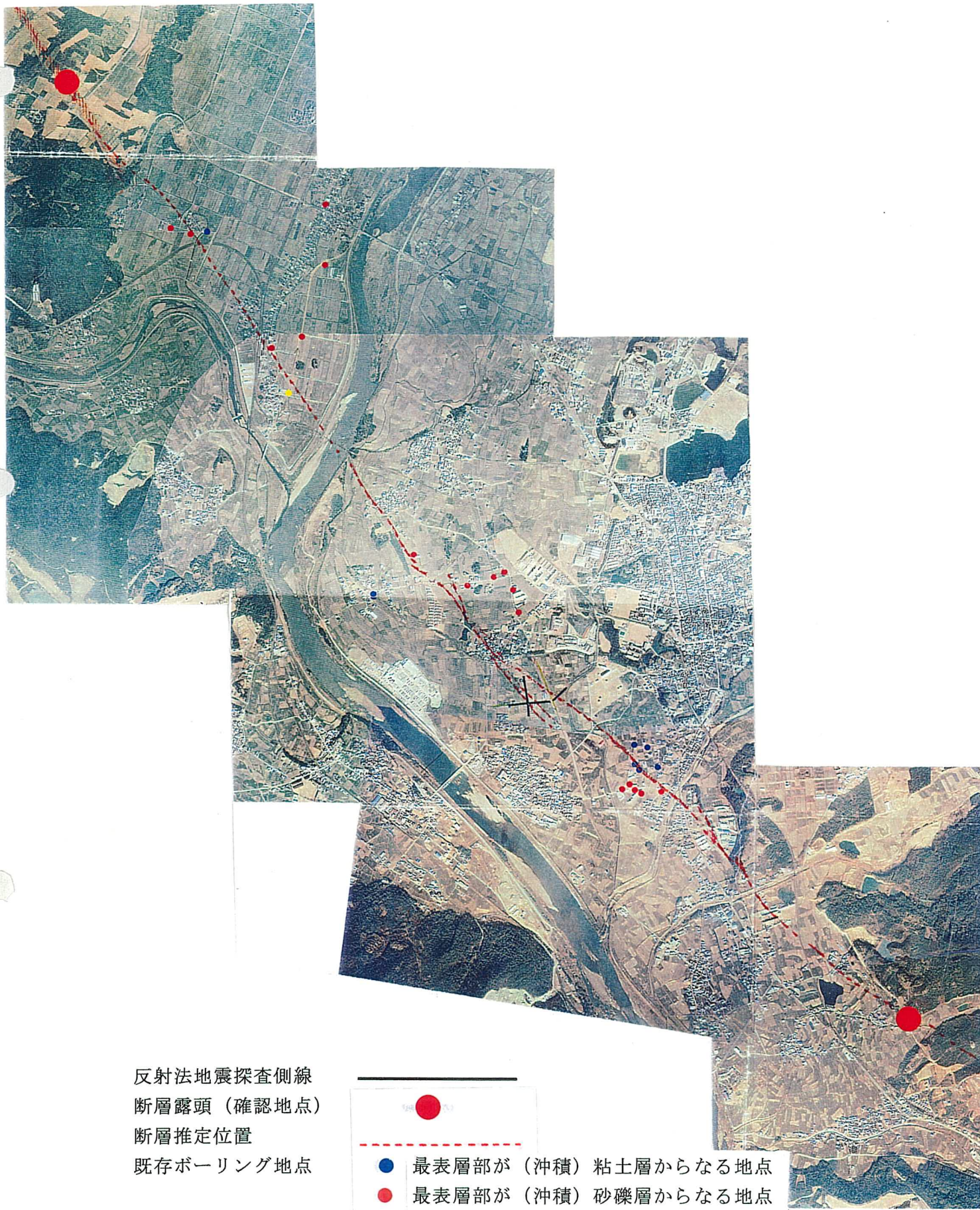


図 5.1 琵琶甲—三木断層想定位置と反射法地震探査側線

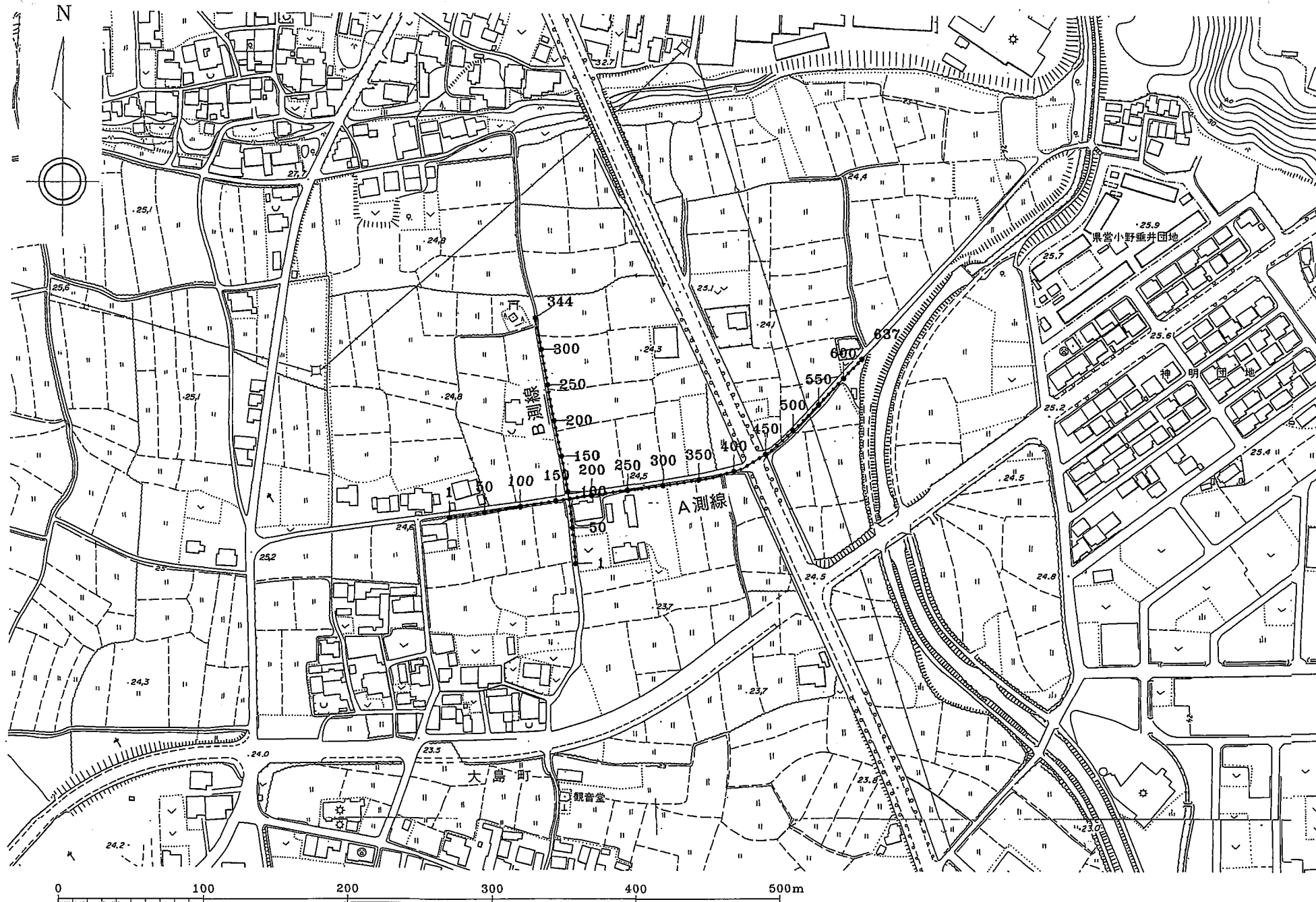


図 5.2 反射法地震探査 (S波) 解析側線位置
図中の数字は CMP No.を示す。

2) 測定

【測定準備作業】

(測量)

計画測線沿いに1 m間隔で測定点をマーキングし、中心線・水準測量により全測定点のレベルおよび座標を求めた。なお、マーキングはペイントおよびアスファルト舗装用測量杭を用いた。

(受震器の設置)

地震計は1受震点に3個グループ/chのものを使用し、各受震点を中心として測線方向に約0.3m間隔で拵げ、測線に直交する水平方向に油粘土で設置した。

3個の地震計は直列に結線されており、3個で1つのアナログ信号にして観測装置への入力とする。このように1測定点に多数個の地震計を設置して観測することをグループピングと呼んでいるが、この目的は、

- a) 反射波観測においてノイズとなる表面波を減衰する。
- b) 受震器の感度を増す。
- c) 測定点間隔が荒いために起こる波数領域でのエイリアスを防ぐ。

等である。

【測定作業】

起震点間隔は1 mとした。周辺のノイズ状況に応じて1起震点で10～20回起震を行い、A/D変換後にこれらを加算して、モニターで記録の良否を確認した後ディスクに収録した。なお1起震点に対する受震区間は、起震点から前方60ch(60m)を標準とし、終端部では30ch以上地震計を残して固定展開で測定した(図5.3)。

【使用機器】

(油圧式S波震源)

通常、「板叩き法」と呼ばれ、人力により行われているS波発生方式を機械化、車載したものである。50Kgの鉄製ハンマーを約1.5mの高さから振り降ろし、鉄製の起震板(上載圧:約1トン)を打撃しS波を発生させる。特徴として、

- a) 浅層探査に必要な高周波成分に富んだ震源波形を発生する。
- b) 舗装道路でも使用可能。
- c) 移動が容易で速い。

等が挙げられる。図5.4に油圧式S震源の外形図を示す。

(デジタル型探査装置 (BISON9060A))

IFP機能(A/D変換を指数部と仮数部に分けて行う機能で、記録される電圧幅が広い)をもつ探鉱機で、観測時はメモリー上に記録を保存してスタック演算などを行い、1起震点の観測終了後はディスクに記録を保存する。主要な諸元は以下の通りである。

・チャンネル数 : 60チャンネル

- ・収録データ長 : 24000 データ/チャンネル
- ・サンプリング間隔 : 0.05～4.0 msec まで 10 段階
- ・ビット数 : 指数部 4bit, 仮数部 16bit
- ・アナログフィルタ : ハイカット 60～4000Hz, 9 段階
ローカット 4～1024Hz, 4Hz ステップ

(地震計 (Sensor I/O, SM-7))

- ・固有周期 : 30Hz
- ・グルーピング : 3 個/グループ

(その他の機材)

- ・無線機 : 日本無線 (5W および 1W)

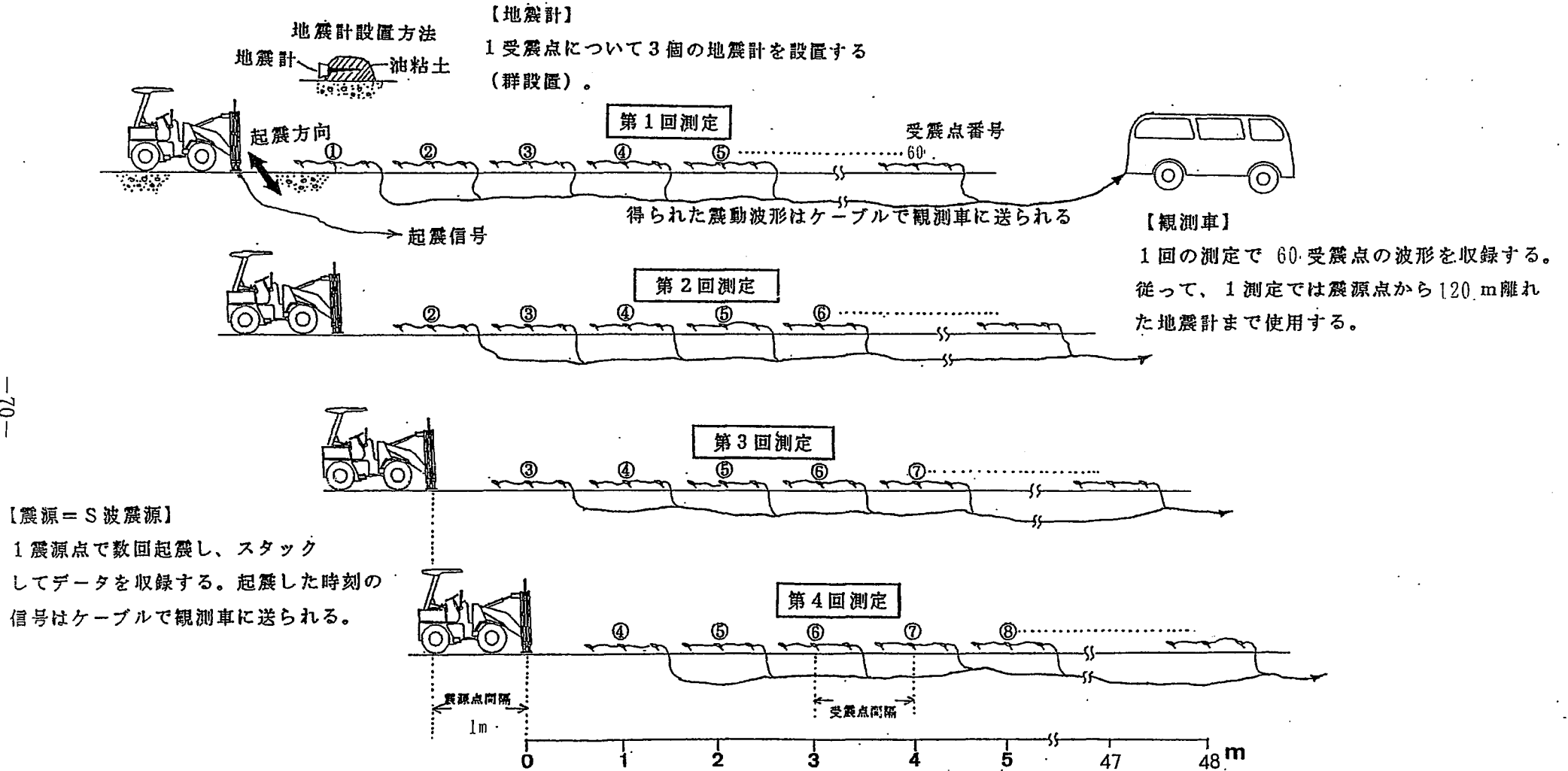


図 5.3 反射法地震探査測定状況模式図

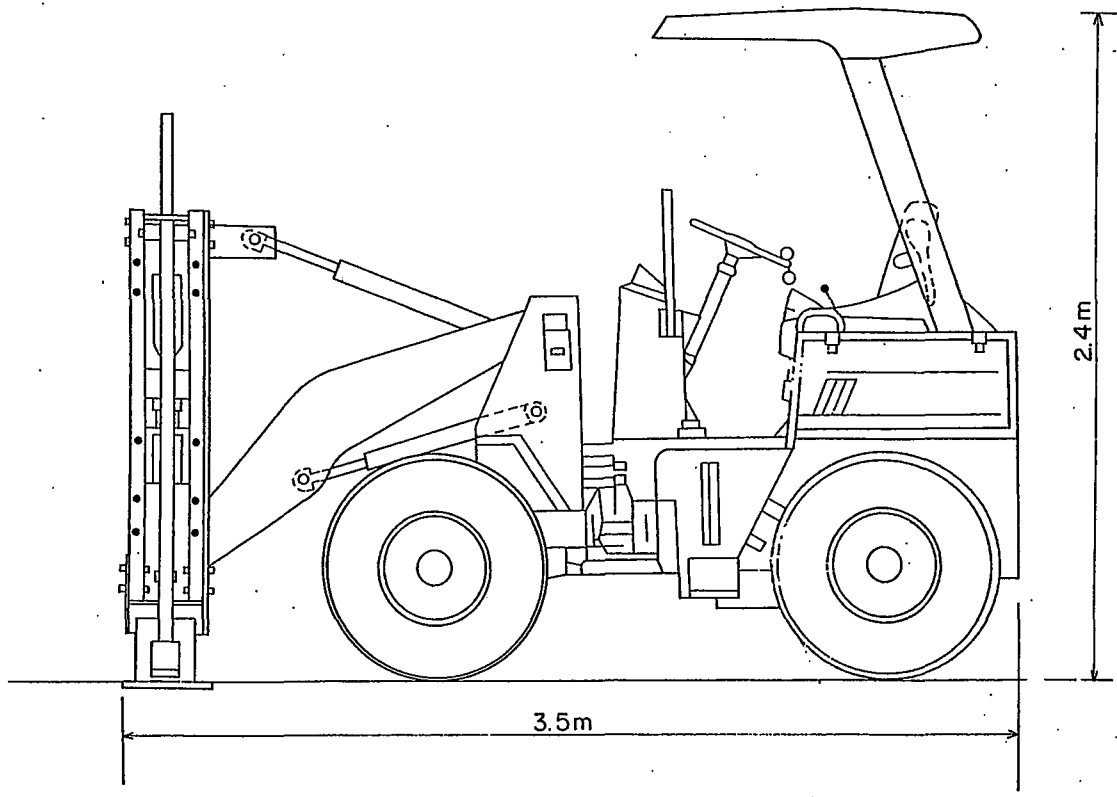
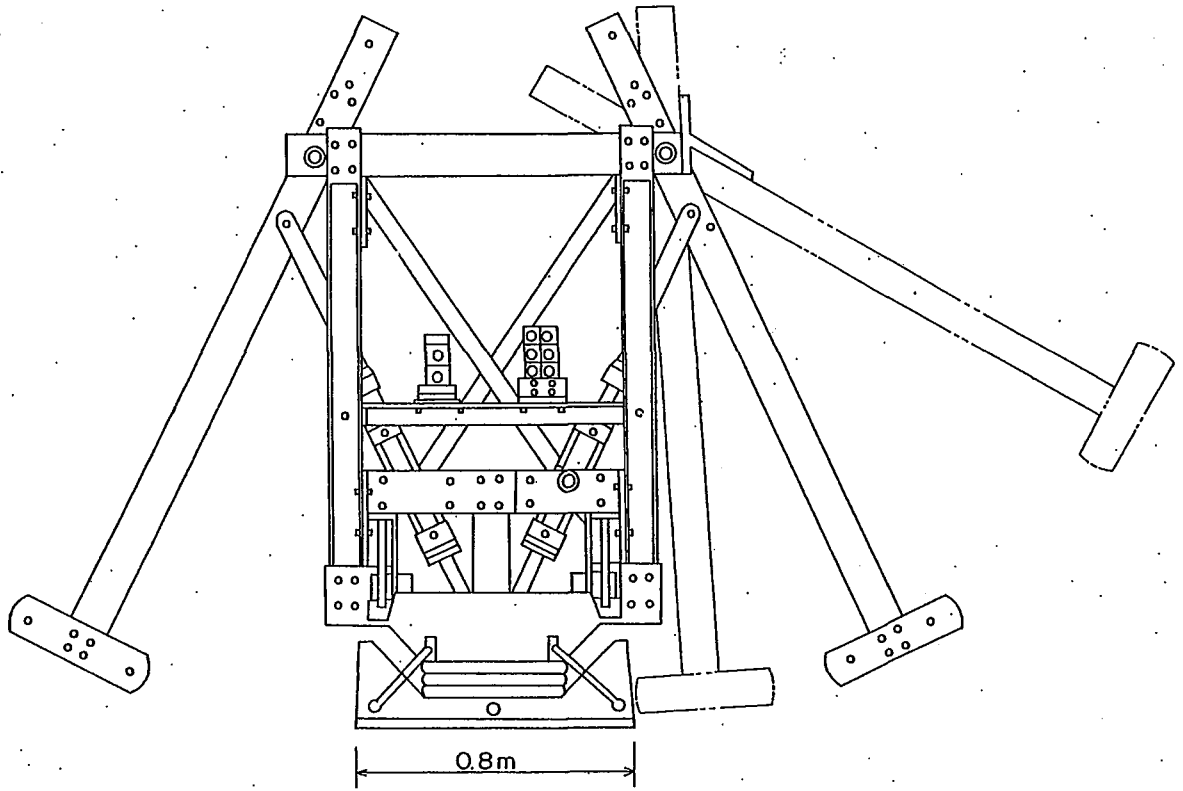


図 5.4 油圧式 S 波震源の外形図

3) データ処理

測定作業により、フィールドテープに記録したデータは、図 5.5 および表 5.1 に示す種々のデータ処理を行ない、最終的には深度断面に変換し、地質構造の解釈に供する。各々のデータ処理の過程・内容等については、巻末資料に添付した。

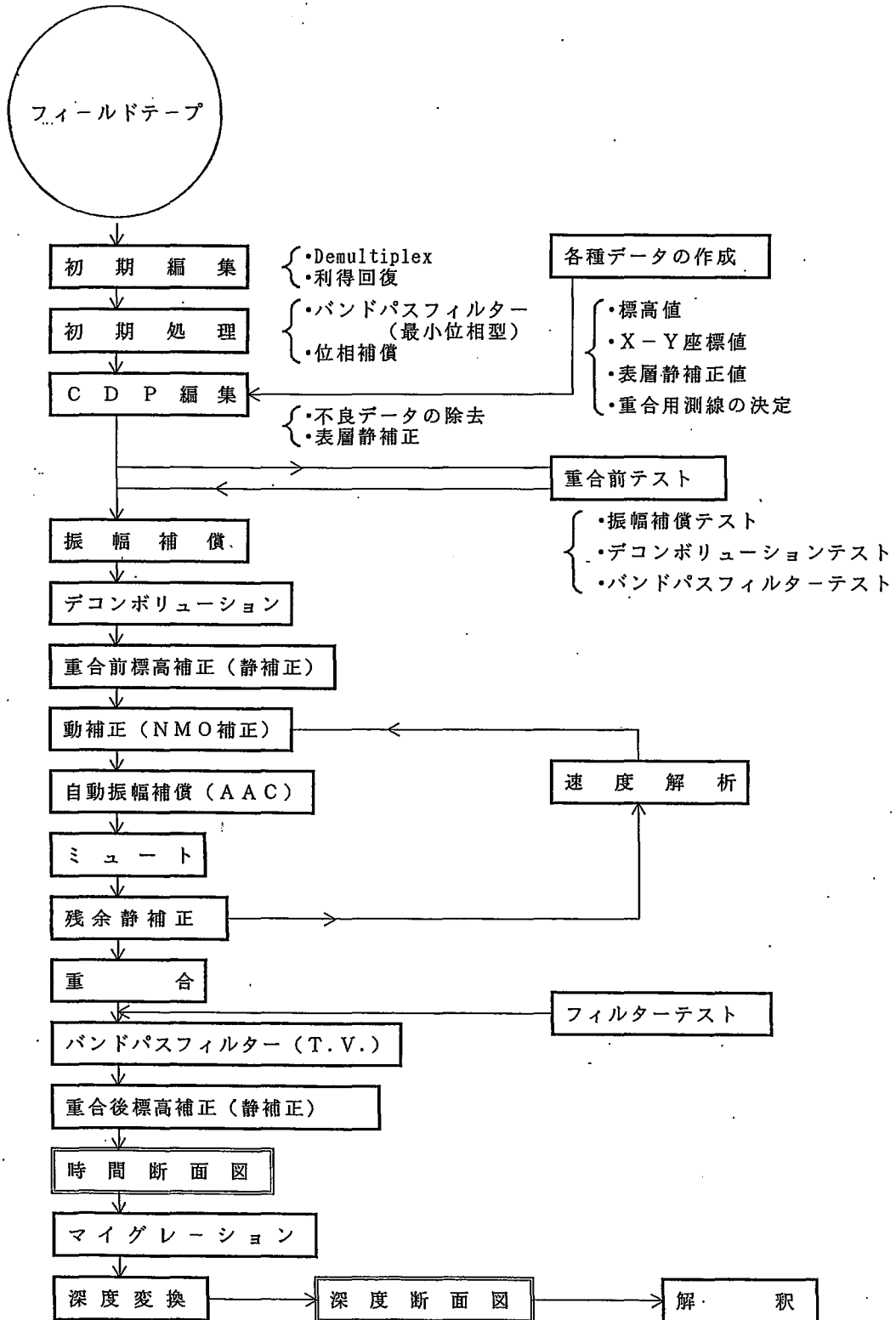


図 5.5 データ処理のフローチャート

表 5.1 実施したデータ処理手順および処理諸元一覧表

①初期編集	不良データの除去, CMP 編集
②初期処理	イ. プレ・バンドパス・フィルターリング 13~100Hz ロ. 位相特性補償 探鉱機の位相特性を補償するフィルター処理を実施.
③振幅補償	イ. 原記録より統計的に求めた振幅特性カーブを用いた補償 ロ. 各トレース別にゲート幅 100msec で自動振幅補償(A A C)
④デコンボリューション	・タイプ … タイムバリエーション・ホワイトニング・デコン ・自己相関を算出するゲート長 … 900msec ・フィルター・オペレーター長 … 100msec ・ホワイトニング・ノイズ … 3 %
⑤振幅補償	各トレース別にゲート幅 130msec で自動振幅補償(A A C)
⑥表層解析	観測記録の初動を読み取り、このデータをもとに屈折波トモグラフィ手法を用いて、表層 S 波速度分布を算出。 ただし、これを用いた静補正值は、検討の結果反射法解析には使用していない。
⑦標高静補正	CMP 内の平均標高と各トレースの震源・受震点標高との差を 200m/sec の表層速度を仮定して静補正。
⑧速度解析	CVS 法およびセンプランスをを用いた速度スペクトル法を併用して実施。
⑨残留静補正	：最大補正量を 8msec に制限した自動残留静補正。
⑩NMO 補正・ミュート	
⑪重 合	
⑫タイムバリエーション・フィルター	0 ~ 100 msec 20 ~ 100Hz 100 msec ~ 15 ~ 80Hz
⑬マイグレーション	： F K 法に基づく波動場補外法（下方接続）による。
⑭深度変換	
⑮標高静補正	：基準標高(30m)と各 CMP の平均標高との差を 200m/sec の表層速度を仮定して静補正。

4) 探査結果

探査結果は通常の表示方法の他に、深度断面図の相対振幅強度および瞬間位相を用いてカラーで表示した断面を作成した。なお、探査側線位置とCMP No. を図 5.6 に示した。

相対振幅強度は、断面の各トレースの振幅をその大きさに応じた色で表示したものである。通常の表示では、大きい振幅は隣のトレースの上に描かれるため細部が不明瞭となるが、この表示では細部が明瞭となり、また負の振幅も情報として得られる。

これに対して、各トレースを複素変換したのち振幅情報を無視し位相情報のみを取り出したものが瞬間位相データである。本報告のカラー表示深度断面図は、この位相データのうち零位相に近い部分を黒線で示し、上記の相対振幅強度と併せて表示したものである。

作成した断面図は以下の通りである。

図 5.7 A測線 時間断面図

図 5.8 A測線 時間マイグレーション後時間断面図

図 5.9 A測線 深度断面図(縦を4倍に拡大)

図 5.10 A測線 相対振幅表示深度断面図(縦を4倍に拡大)

図 5.11 B測線 時間断面図

図 5.12 B測線 マイグレーション後時間断面図

図 5.13 B測線 深度断面図(縦を4倍に拡大)

図 5.14 B測線 相対振幅表示深度断面図(縦を4倍に拡大)

以上作成された断面のうち、深度断面図をベースに地質構造を次項で検討した。

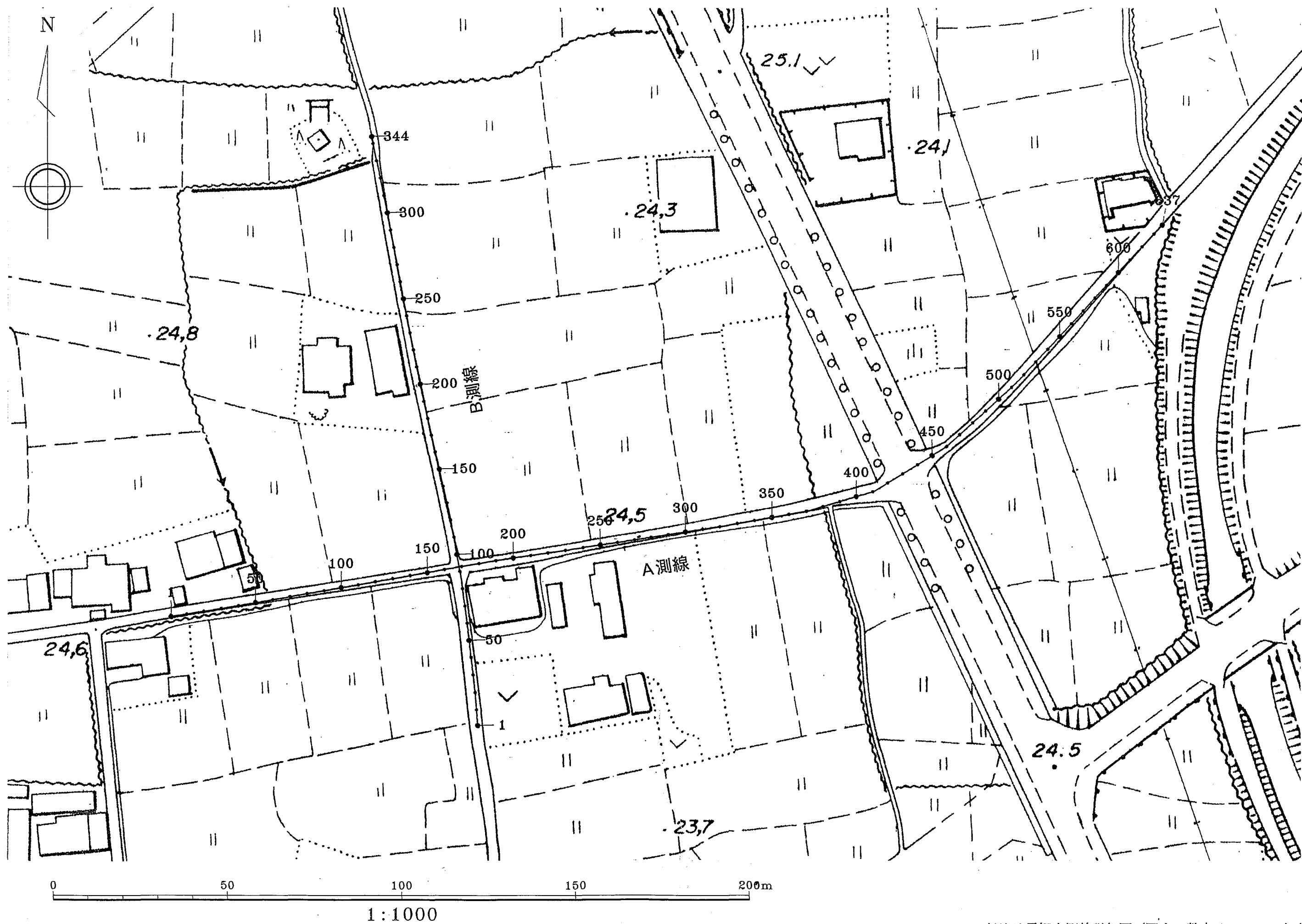


図 5.6 反射法地震探査測線詳細図 (図中の数字は CMP No. を表す)

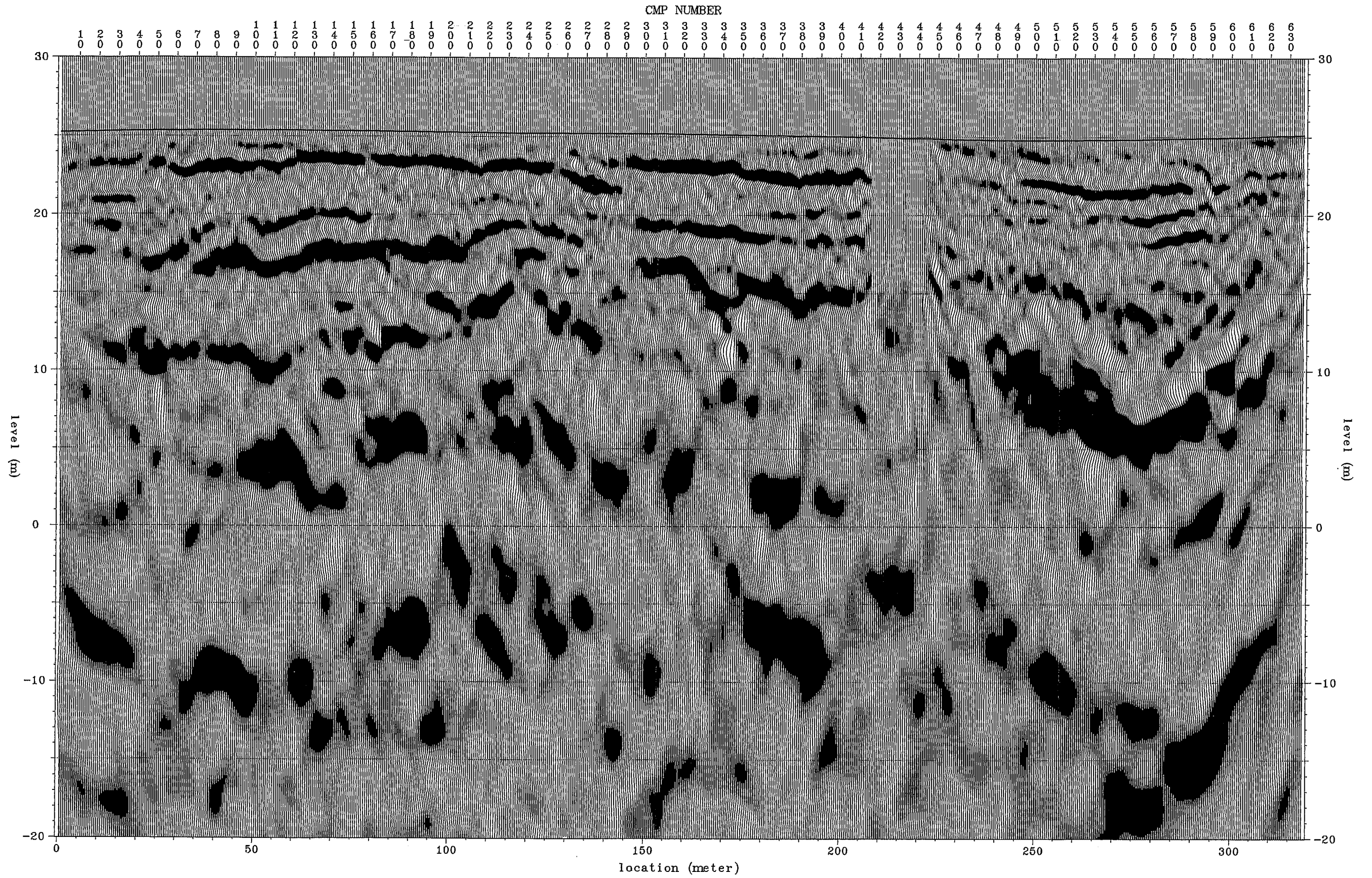


図 5.9 A測線 深度断面図(縦を4倍に拡大)

depth-st07vd2 17 3.2.47

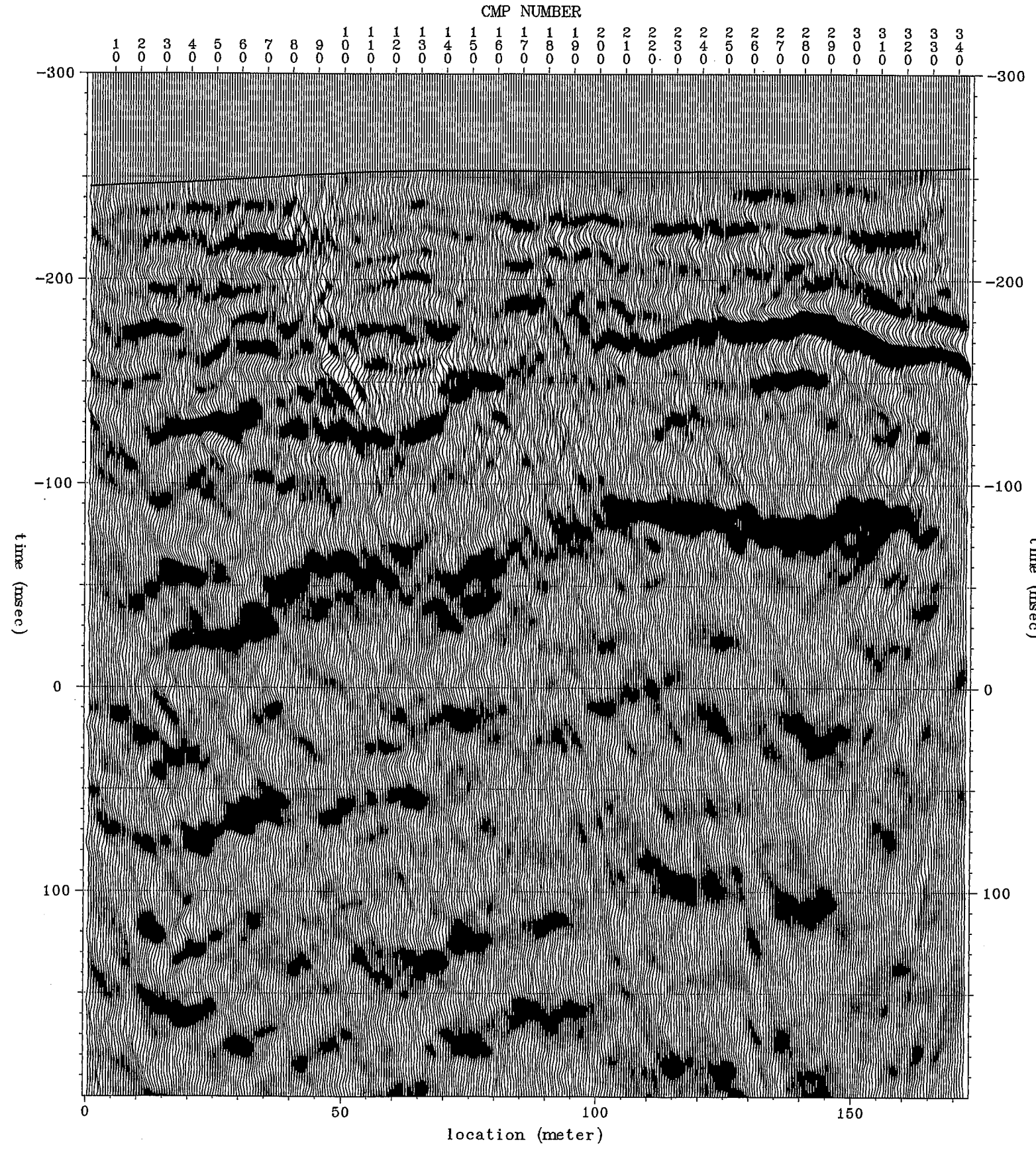


图 5.11 B测线 時間断面图

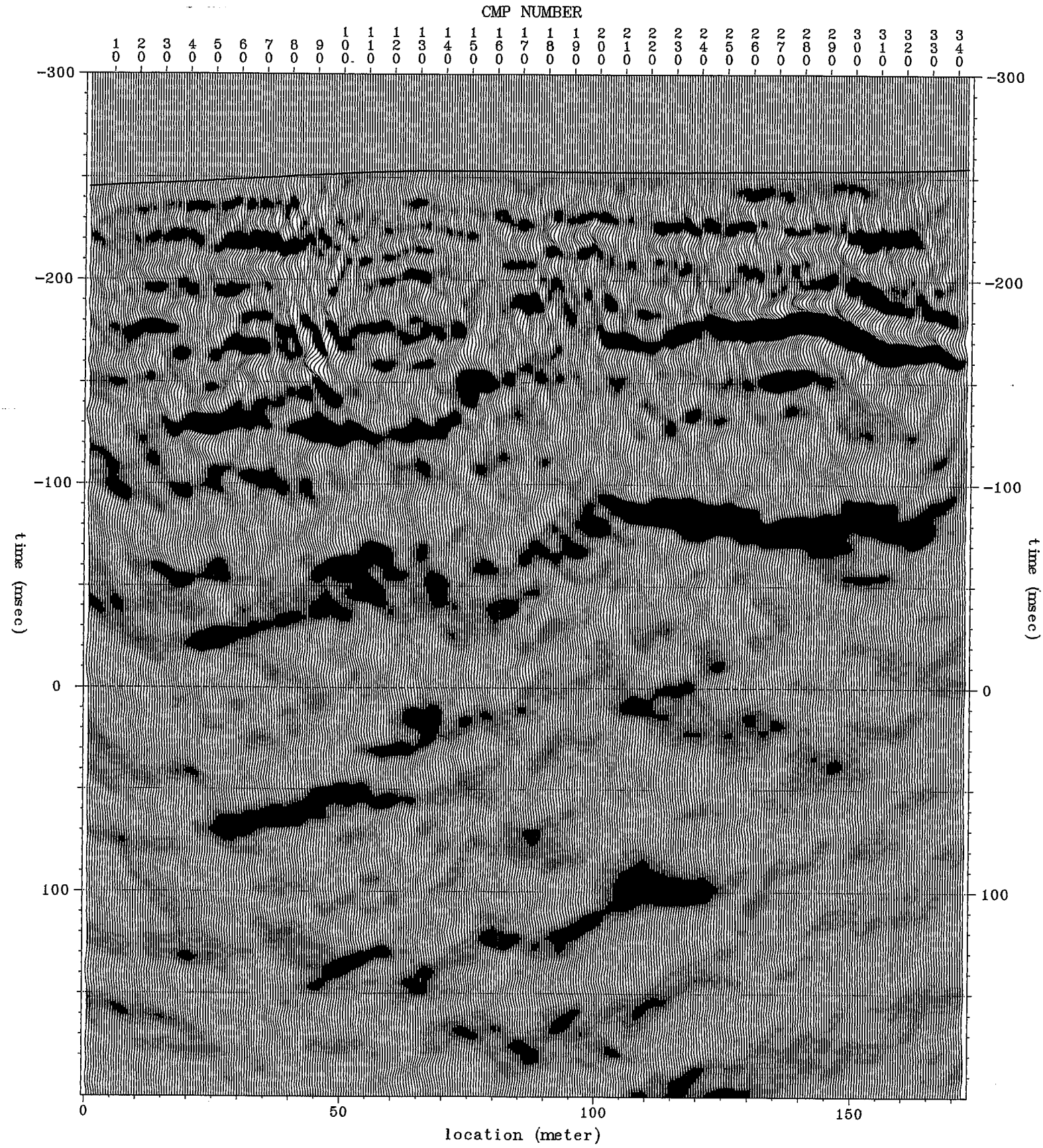


図 5.12 B測線 マイグレーション後時間断面図

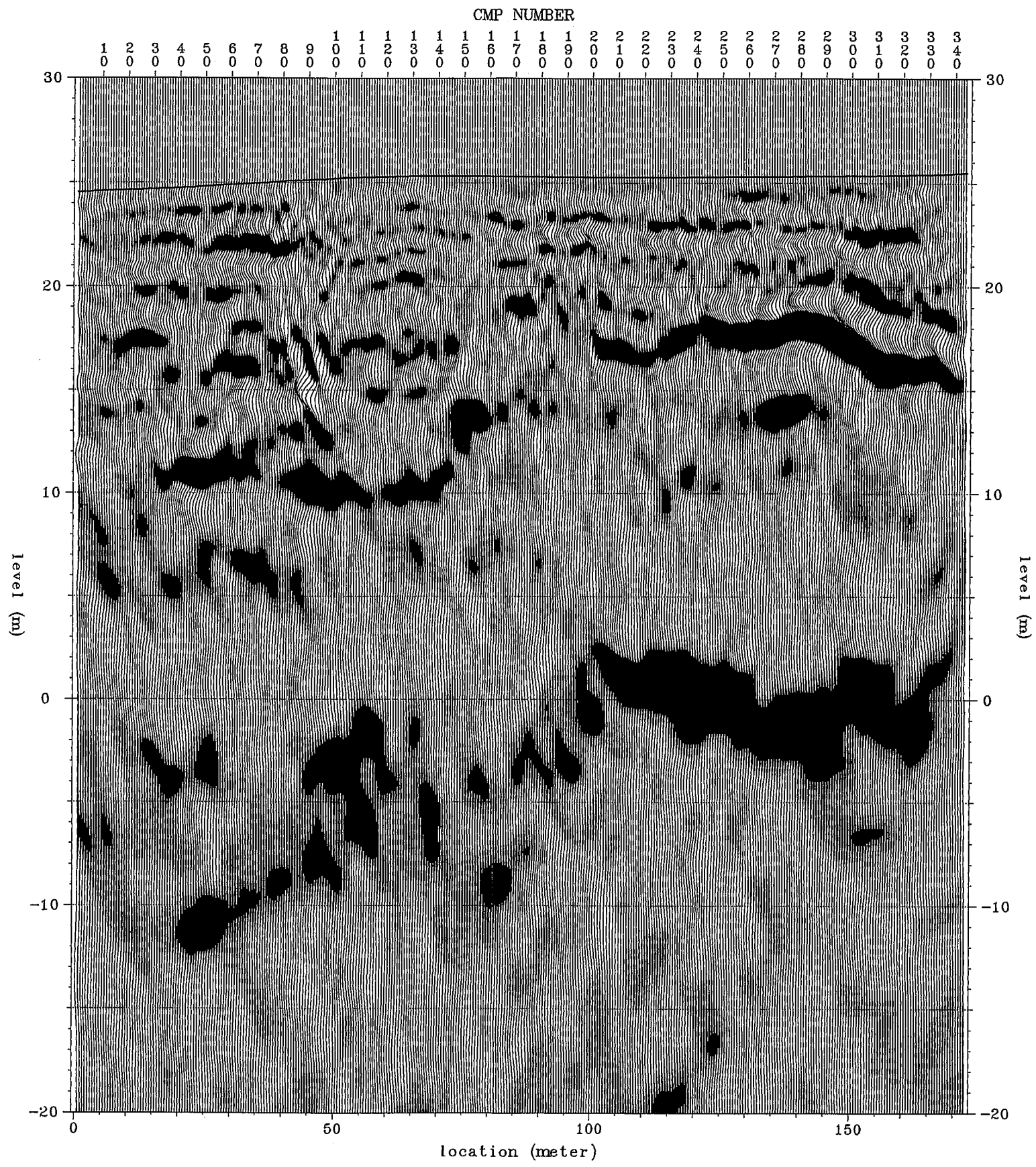


図 5.13 B測線 深度断面図(縦を4倍に拡大)

84-2-4
 17-12
 depth-stuv
 82

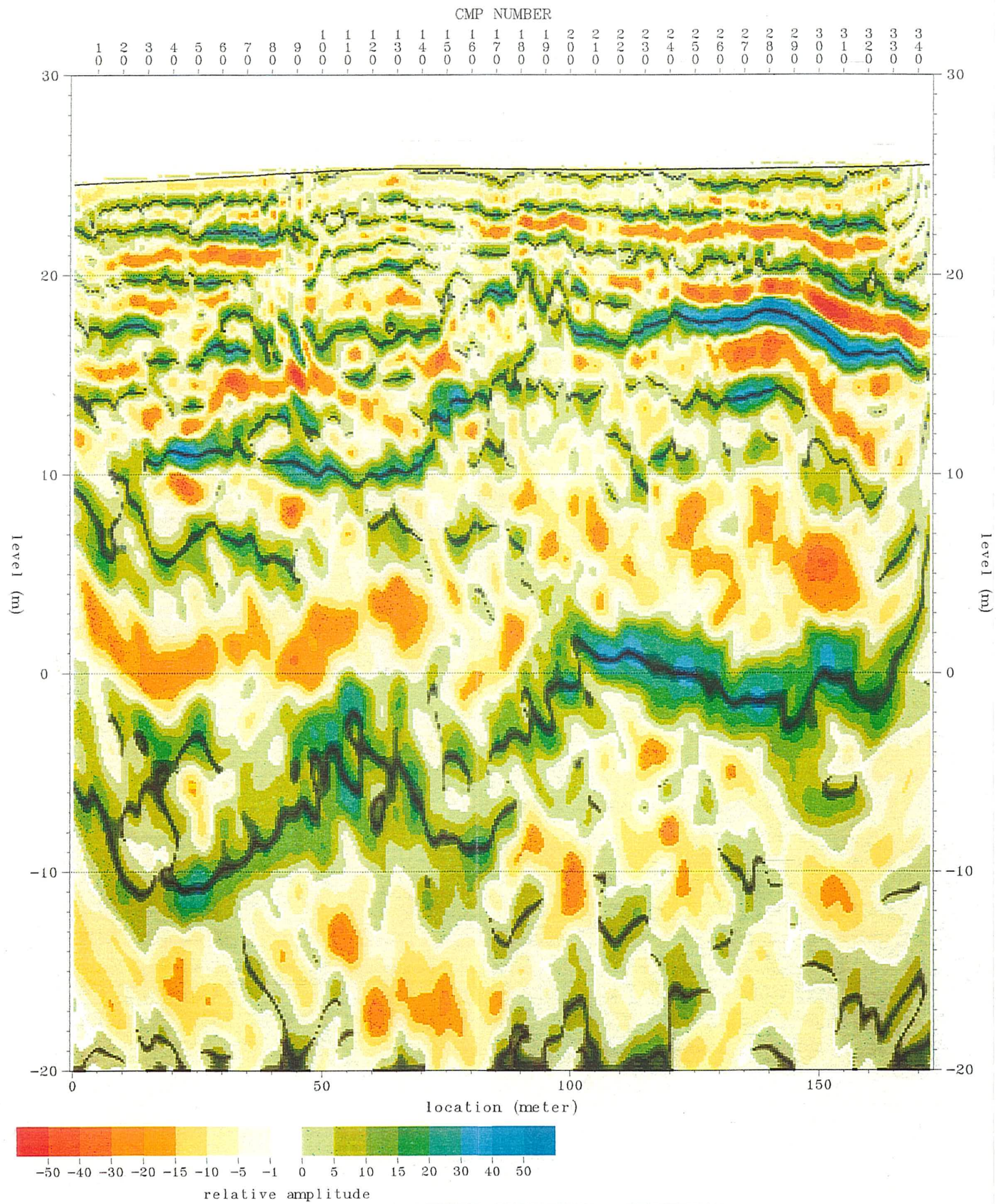


図 5.14 B測線 相对振幅表示深度断面図(縦を4倍に拡大)

5) 考察

深度断面図をベースに、処理過程で得られた速度値や、周辺の地質情報等を参考とし、層区分や断層位置について検討した(図5.15, 16)。

【A測線断面の層区分とS波速度値】

- I層: V_s (S波速度) = 167~ 277 m/秒 (平均値 212 m/秒)
- II層: V_s (S波速度) = 186~ 433 m/秒 (平均値 279 m/秒)
- III層: V_s (S波速度) = 232~ 418 m/秒 (平均値 317 m/秒)
- IV層: V_s (S波速度) = 366~ 625 m/秒 (平均値 532 m/秒)
- V層: V_s (S波速度) = 727~1146 m/秒 (平均値 905 m/秒)

【B測線断面の層区分とS波速度値】

- I層: V_s (S波速度) = 113~ 274 m/秒 (平均値 216 m/秒)
- II層: V_s (S波速度) = 206~ 398 m/秒 (平均値 279 m/秒)
- III層: V_s (S波速度) = 309~ 449 m/秒 (平均値 371 m/秒)
- IV層: V_s (S波速度) = 327~ 673 m/秒 (平均値 472 m/秒)
- V層: V_s (S波速度) = 604~1143 m/秒 (平均値 876 m/秒)

【各層の推定地質】

- I層: 沖積層(砂・砂礫・粘土層)と推定される。
特に200m/秒以下の速度値の低いゾーンは、軟弱な粘土あるいはルーズな砂層とみられる。
- II層: 沖積層よりやや古い段丘層に相当する地層と推定される。
砂礫層主体の地層とみられるが、局所的に速度値が200m/秒程度と低い箇所がみられることから、砂あるいは粘土層を挟む可能性がある。
- III層: 段丘層もしくは大阪層群に相当する地層の可能性はある。
- IV層: 固結度の高い大阪層群もしくは神戸層群ないし風化の進んだ有馬層群の可能性はある。
- V層: 新鮮で堅硬な神戸層群もしくは有馬層群と推定される。

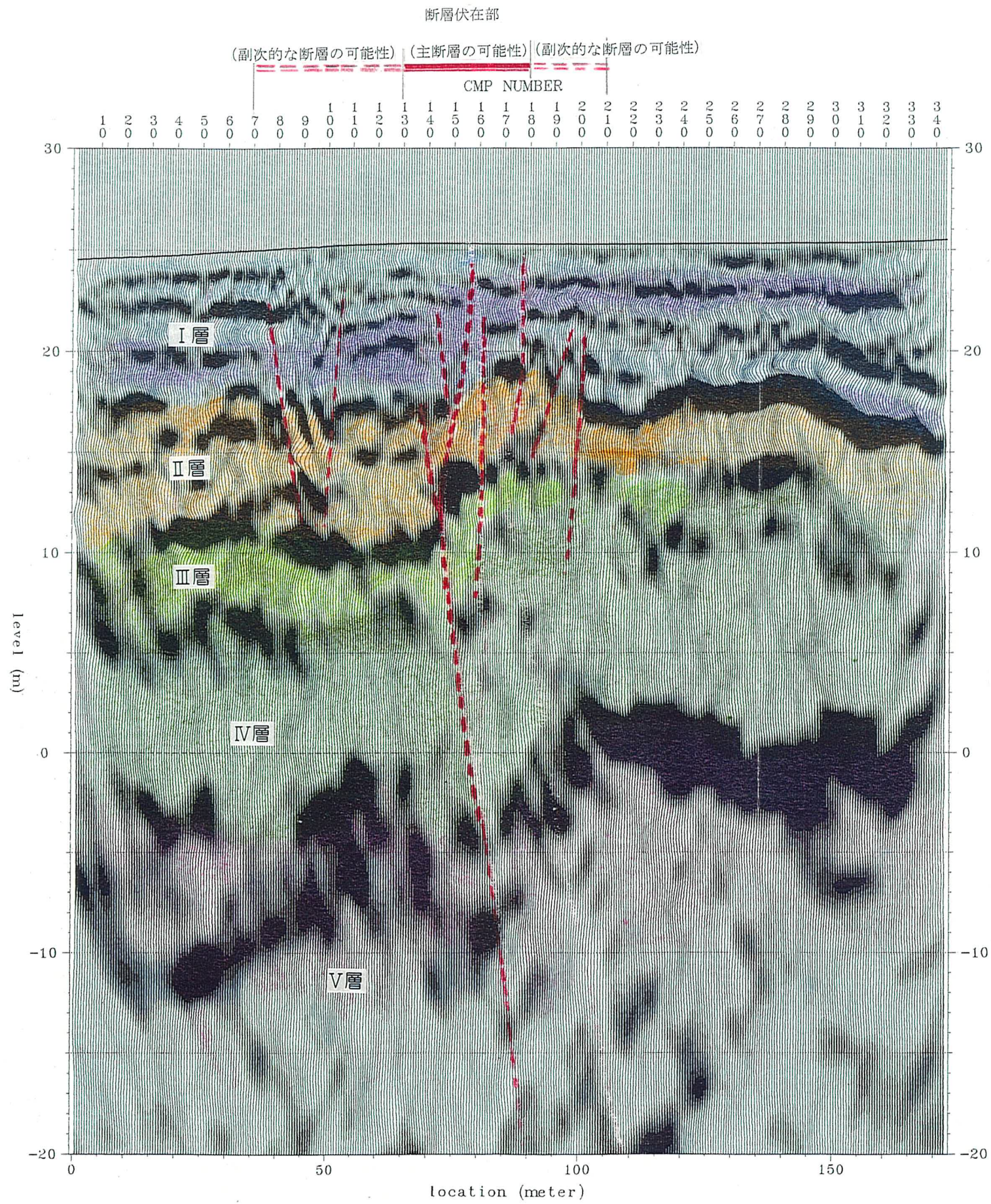
【断層伏在部想定位置】

- 《A測線断面》断層伏在部(主断層の可能性) : CMP No. 250~300
- 断層伏在部(副主断層の可能性) : CMP No. 150~250
- 断層伏在部(主断層の可能性) : CMP No. 580~610
- 《B測線断面》断層伏在部(主断層の可能性) : CMP No. 130~180
- 断層伏在部(副主断層の可能性) : CMP No. 70~130, 180~210

現時点では、ボーリングデータ等詳しい地質情報が得られていないため、地層の対比は推定であり、また、断層の想定範囲もある程度幅を持ったものになっている。

断面図から得られた情報から判断すると、断層の延びは図 5.17のように推定される。

今回の探査により、鮮明ではないが断層伏在部の位置が絞り込まれたと考えられる。断層の活動性を把握する場合には、トレンチ調査を実施する必要があるが、その際には、推定位置を中心に詳しいボーリング調査を行ない、事前に断層通過位置をより絞り込むのが効果的と考えられる。



【B側線断面の層区分とS波速度値】

- I層：Vs (S波速度) = 113 ~ 274 m/秒 (平均値 216 m/秒)
- II層：Vs (S波速度) = 206 ~ 398 m/秒 (平均値 279 m/秒)
- III層：Vs (S波速度) = 309 ~ 449 m/秒 (平均値 371 m/秒)
- IV層：Vs (S波速度) = 327 ~ 673 m/秒 (平均値 472 m/秒)
- V層：Vs (S波速度) = 604 ~ 1143 m/秒 (平均値 876 m/秒)

図 5.16 B測線 反射断面解釈図

----- 推定断層

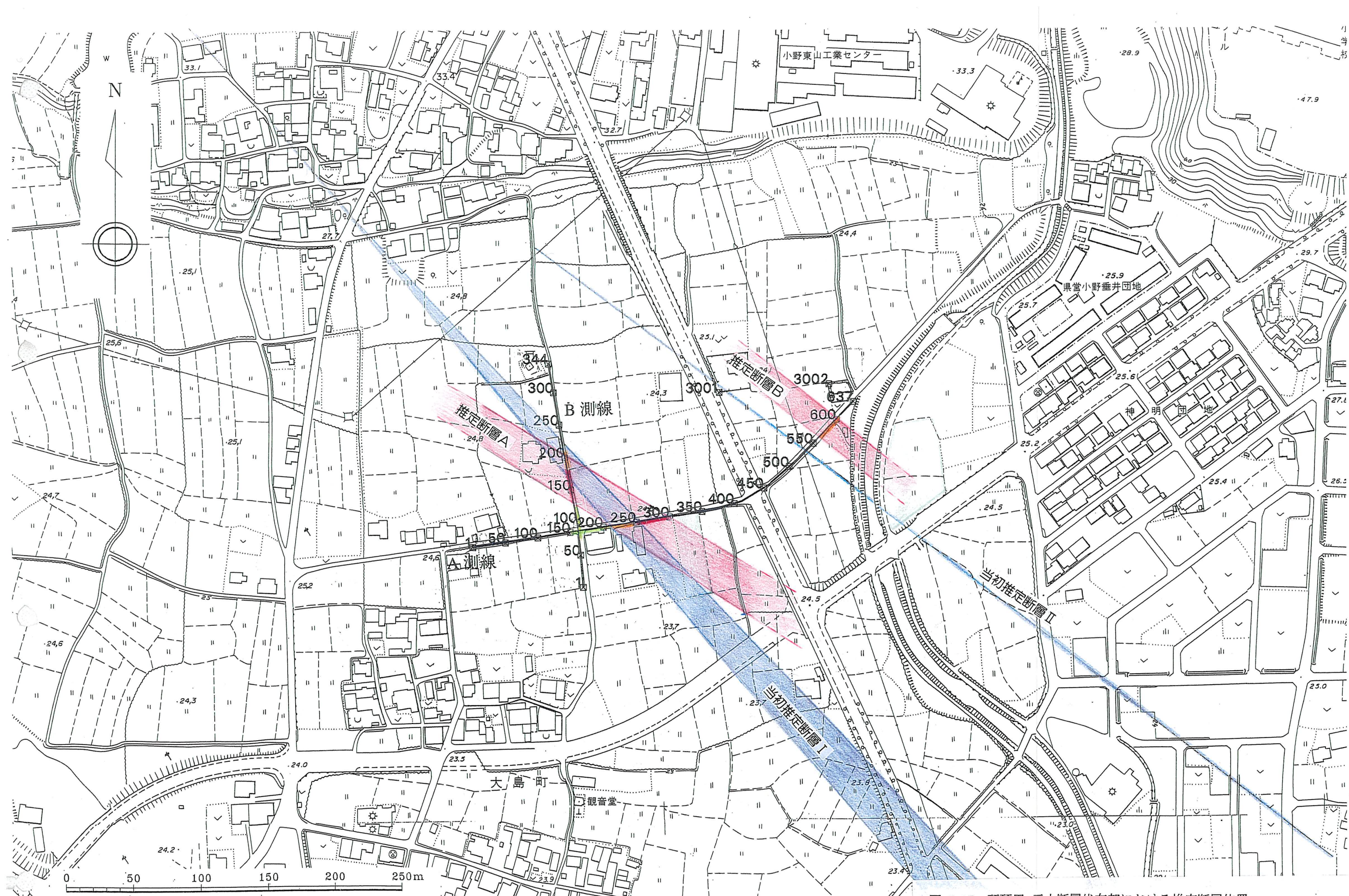


図 5.17 琵琶甲-三木断層伏在部における推定断層位置

標高値は市道10.4号のA測線のクロス付点にある(5/5)とかがれたサークルを
 となるように全体を調整している。

- 当初断層推定位置
- 反射法地震探査 (S波探査) から推定された断層

断面中の数字はCMP番号