

日本鉄道建設公団下関支社 正会員 原口 勉

星加 博二

## 1 はじめに

大分県佐賀関半島と愛媛県佐田岬半島に挟まれた豊予海峡は、古くから速吸の瀬戸と呼ばれた潮流の速い海峡である。この両岬間は13.4 kmを距て、九州方から約4.0 kmの海上に高島・牛島の二島が浮んでいる。全国新幹線鉄道整備法に基く四国新幹線のうち、松山市～大分市間の海底トンネルに係る部分の地形・地質の調査について、日本鉄道建設公団下関支社において、昭和49年度から継続調査中であり、現在まで別表に掲げる項目について、それぞれ調査を進めつある。

別表 豊予海峡調査実績表

この付近の地質の概要について述べると、両半島は、三波川変成岩帯に属し、北側は中央構造線をもって領家帯と、南側は清水構造帯（御荷鉾構造線）をもって狭父帯に接している。両半島を結ぶ線上に尾根状に鞍部が東西に連なり深い所で約170 mの水深を示す。海底部は基盤の三波川変成岩がその大部分に露出しているが、高島北方付近から北側で新期堆積物に覆われている部分がある。

## 2 弾性波探査について

別表に掲げた諸調査法は一般の調査法

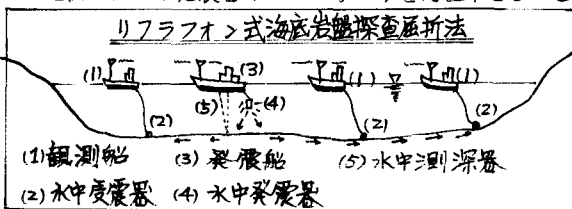
| 区分    | 調査項目     | 単位              | 総数量   | 調査年度  |       |     |       |     | 記 事      |
|-------|----------|-----------------|-------|-------|-------|-----|-------|-----|----------|
|       |          |                 |       | 49    | 50    | 51  | 52    | 53  |          |
| 地測    | 陸上空中写真図化 | Km <sup>2</sup> | 1,700 | 1,700 |       |     |       |     |          |
| 形量    | 海底深浅測量   | "               | 150   |       | 150   |     |       |     |          |
| 地質部調査 | 地調概査     | Km <sup>2</sup> | 1,517 | 1,500 |       |     | 17    |     |          |
|       | 陸質査精査    | "               | 560   |       | 560   |     |       |     |          |
|       | 陸質層序測量   | "               | 5     |       | 5     |     |       |     |          |
|       | 物理地質調査   | Km <sup>2</sup> | 7     |       |       | 7   |       |     |          |
|       | 物理弾性波探査  | Km              | 316   |       |       |     | 316   |     |          |
|       | ボーリング    | m               | 3,280 |       | 2,060 |     | 1,020 | 180 |          |
|       | 花粉分析     | 点               | 33    |       |       |     |       | 33  |          |
|       | 底観音波映像   | Km              | 270   |       | 270   |     |       |     |          |
|       | 質素観音映像   | Km              | 14    |       |       |     |       | 14  |          |
|       | ドレッジング   | 点               | 536   |       |       | 256 | 280   |     |          |
| 海底部   | ボーリング    | m               | 1,940 |       |       | 500 | 1,000 | 440 | ボーリング30点 |
|       | 物理音波探査   | Km              | 902   |       |       | 620 | 282   | 38  |          |
|       | 物理地質調査   | "               | 230   |       |       | 230 |       |     |          |
|       | 弾性波探査    | "               | 552   |       |       |     | 172   | 38  |          |
|       | 花粉分析     | 点               | 28    |       |       |     |       | 28  |          |
| 総合解析式 |          |                 | 2     |       |       | 1   |       | 1   |          |

をそのまま適用したものであるが、海底部の弾性波探査法について、一般と違った方法で調査を行ったので今回はこの海底弾性波探査法についてその概要を報告し、大方のご批判を仰ぎたい。

海底部の弾性波探査法として、過去青函トンネル・山陽本線関門トンネルで行った方法は、海峡両端の陸上又は岸近くの浅海底に受震器を設置して、ルート上の海底にダイナマイトを沈めて爆発させ、その震動を記録するもので、発破点と受震点の距離が1 km位で2～3 kgのダイナマイトを必要とした。しかし震源として海底でダイナマイトを爆発させることは漁業問題などがからみ、現在では殆ど不可能である。新幹線関門トンネルでは、受震器を水筒容器に入れそれを10～20 m間隔にジズツなぎにしたものを、海底のルート上に沈め展開し、両岸に掘ったボーリング孔底でダイナマイトを爆発させ、船上のオシログラフで記録する方法がとられた。この方法の難点は潮流の速い海峡においてルート上に正確に受震器を展開すること、及び潮流時の短時間内に作業が制約されることにある。豊予海峡は前述のように潮流も速く且つ水深も深く、測線長も長いので上記の何れの方法によっても非常に問題があると判断された。当海峡で実施した方法はリフラフォン式と名付けた海底岩盤探査屈折法で右図に示すように、水中受震器は屈折法用に考案されたハイドロフォンで、これを測線上の両端付近及び中間付近の海底に3点設置し、発震点は高圧窒素ポンプに連結した水中発震器（エアーガン）を海面下20～30 mに保ちながら一定間隔で連続発震（POP）するものである。次章はこの概要についてのべる。

## 3 リフラフォン式探査法

豊予海峡は満潮時は外海から内海へ、干潮時は内海から外海へと潮流が1日4回転流する。最大潮流は6



ノットであり調査作業の正確を期するためには受震器を移動させないようにしなければならないこと。発震船の航行を測線に沿って低速・直進させるため、潮流の比較的小さくなる時間帯を選ぶ必要があり、昼間の潮流時の前後約2時間を作業時間帯として設定した。次に作業順序についてのべると、(1)潮流時2時間位前に予定測線上に発震船に設備した電波測距儀により観測船(約20m)を誘導し設定する。この場合発震船の船位測定のため予め陸上に準備した基準点を使用する。(2)観測船から水中受震器を投下する。今回は観測船のアンカーが出来なかったため、観測時間中エンジンをスローにして水深の2倍以上のケーブルを繰出し受震器に影響しないように操船した。又受震器の回収を便にするために、受震器と錘の間に自動切り離し装置(音波により作動させる)を装着した。(3)受震器の設置が終れば発震船は測線に沿って航行しながらPOPする。発震船には20~30本の7000ℓ窒素ポンペを搭載し、高圧ホースを通して船尾直下に吊り下げられた高圧発震器(エアガン)に高圧ガスを充填させ、水中に瞬時に放出する。今回は約15秒に1回放出し、航行速度を約2.6~3.0ノットとした。これは測線上において約20m間隔でPOPしたことになる。これは陸上部において行う弾性波探査の素子間隔20mと同一と考えてよい。(4)各観測船において同時に記録をデータレコーダーに収録する。発震時信号は高圧発震器の近くに取付けられたポップマーフ用圧電素子により検出し、無線で各観測船の記録器に送り屈折波信号と共に記録される。また各ポップには番号がつけられ測定記録及び電波測距儀記録紙に記録される。従って観測船のデータレコーダーには、ポップマーフ・屈折波信号・直接波としての水中音波と共に誘導音声やポップ番号のアナウンスが同時に収録される。

#### 4 受震器の位置について

調査にあたっては、観測船から投下された水中受震器は正確に測線上の予定地点に設置されることが望ましいが潮流の関係で必ずしも正確に予定地点に設置されない場合が多い。この場合主として問題となるのは測線との直角方向のズレであり、測線方向のズレはさして問題とならない。このズレは解析の過程において作製した走時曲線に現われ、どの程度横ズレしたかの判定が可能である。つまり走時曲線は受震点付近で上向きの双曲線となるので走時の最小値を示す位置が受震点の位置であり、この時の走時 $\times 1500 \text{ m/sec}$ で求めた長さが音響測深機で求めた水深と一致すれば横方向のズレがない、水深より長いときはそれだけ位置がズレたことになる。このズレは数10m程度であれば測線長に対して小さいので解析上での支障はない。

#### 5 解析

再生したアナログ記録にはポップ時刻が震動のシグナルと共に記録されているが、発震船で記録したポップ時刻と、JJY信号を基準にチエーフを行ない、発震時刻から初動までの時間を $1/100$ 秒単位で読む。これが屈折波初動の走時で、各受震点に関して発震点の距離を横軸に、走時を縦軸にとってプロットすると走時曲線が描かれる。初動の走時曲線は、受震点付近は海水を伝播した直接波であり、発震点が受震点の直上にあるときの走時は、 $t = \text{水深} / 1500 \text{ m/sec}$ となり、発震点が遠ざかるに従い上向きの双曲線となりやがて、海底の第I層・第II層と海底の岩盤を伝播して来た屈折波の走時となる。走時曲線の解析については陸上と同様「はざとり線」を求めて、岩盤の速度と深度走時を求める。リフラフォン式の走時曲線では発震点が水面下約20mであるので深度走時に水深に相当する深度走時が含まれているのでこれを初動の走時から差引く必要がある。

#### 6 まとめ

以上リフラフォン方式の弾性波探査法についてその概要をのべたが、今回の調査の結果、(1)観測船はアンカーすることが望ましい。これは潮流による船の移動・エンジンのノイズ等を除くため必要である。(2)初動の判読が明確に出来るのは水深により差違があるが、受震器間隔を1.0~2.0kmを0.6~1.5km位に短縮する必要がある。(3)エアガンの性能の向上。など問題があるが54年度にはこれらの点を勘案して再度調査を行う予定である。本文ながら計画・技術面においてご指導を賜った国鉄技研地質研究室と、現地調査に当り終始協力された日本物理探鉱株式会社に対し感謝の意を表する。