

電磁誘導起爆法による海底発破の設計計算について

関西大学工学部 正会員 谷口 敬一郎
 関西大学工学部 正会員 楠見 晴重
 日立造船エンジニアリング 正会員 田中 幹雄
 近畿地方建設局 正会員 得能 幸二

1. まえがき

電磁誘導式による遠隔起爆法は、理論段階から本格的な施工段階に移行し、来島海峡コノ瀬の暗礁除去、本四連絡橋児島・坂出ルート6P地点でのケーソン設置のための海底発破に用いられ成功を収めている。実施に当り理論的に、不規則ループの作る磁界、媒質が磁界におよぼす影響等が検討された。本研究は、これを基に本四連絡橋児島・坂出ルート櫃石島橋2P(HB2P)地点で、実施される海底発破のために必要な予測計算を行なった。なお電磁誘導起爆法の概要は、図-1に示されるように、交流発振器①からループアンテナ②に電流を流し、受信コイル④に誘起する起電力により、コンデンサー⑤を充電し、電流の切断と同時に作用する電子スイッチ⑥により、雷管⑦を起爆しようとするものである。

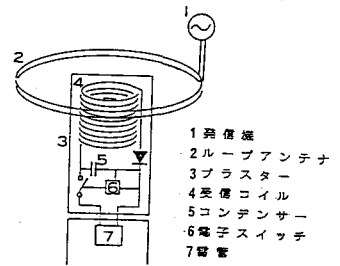


図-1 電磁誘導起爆法の原理図

2. 施工条件

HB-2P 地点は、櫃石島と若黒島にはさまれ、潮流は、大潮時には、5~6ノットにも達し、河川の急流のような様子を呈す。海底面は、図-2に示すように浅い所で、T.P.-9m 深い所で T.P.-27m、南東より北西方向に急傾斜しており、部分的に起伏の複雑な面が存在する。岩盤の発破範囲は、図-2の点線部の $46\text{m} \times 36\text{m}$ で、発破孔の間隔は $2.2 \sim 2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ を基準として、総孔数は、 $18\text{孔} \times 24\text{孔} = 432\text{孔}$ であり、これらを22パターンに分割し、それぞれ斉発することになった。

3. 電磁誘導起爆法の設計計算

(1) 所要磁界 海底面に敷設する励磁ループ形状は、発破区域、潮流の影響、発破時におけるループ保護のための間隔、SEPの脚との間隔を考慮して、南北 $80\text{m} \times$ 東西 90m の大きさとなる。

起爆素子LB-4Wは、 1AT/m の磁界強度によって、 65V の出力電圧が得られる性能を有しており、一方EDX-2号雷管を点火するに要するエネルギーEは、 2.4mJ である。起爆素子に内蔵されている点火コンデンサーの容量Cは、 $20\mu\text{F}$ であるから $E = CV^2/2$ の関係によりコンデンサーの充電電

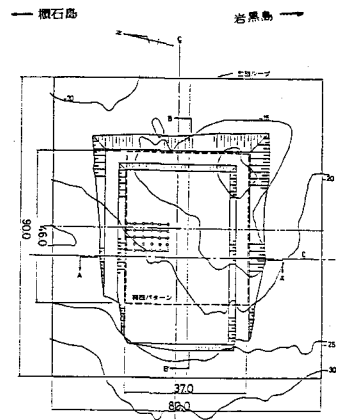


図-2 施工計画図

圧 V は、15.5(V)以上あればよいことが判る。安全率を2とすれば、 $V > 31$ (V)で、この出力電圧を得るためには、 $31/65 = 0.48$ (AT/m)の磁界強度が必要となる。

(2). 励磁ループの作る磁界 海底面に敷設されたループは、不規則な形状をなすため、その磁界強度は、 N 分割法を用いて電子計算機によって求める。これが空気中にあるとして、ループ中心点(T.P.-22m)の磁界強度は、

$H_{z22} = 0.01028NI$ (AT/m)となる。ここに N はループの巻数、 I は励磁電流である。また、起爆素子のおおよその位置T.P.-20m面における磁界分布を H_{z22} の値を基準として、等磁界曲線で表わしたのが図-3である。点線の発破区域内で最も磁界強度の低い地点は中央部に現われる。

(3). 海水による減衰 電磁界が海水中に生ずるときは、海水の導電率 σ が $3.0\% \text{m}$ と高いので、この影響を無視できない。計算の結果、海水による磁界の減衰係数 β は、0.27となった。以上の結果をまとめると、媒質中のループ中心における磁界 H_z' は、 $H_z' = 0.01028 \times 3 \times I \times 0.27 > 0.48$ (AT/m)となり、 $I > 58$ (A)が所要の電流値である。励磁ループに58(A)の電流を流せば発破区域全体にわたって起爆に必要な磁界強度が得られる。

(4). 現場実験 励磁電流58(A)の安全性を確認するために誘起電圧測定を行なった。測定方法は、LB-4W型のダミーブラスターを順に測定点に設置し、誘起する電圧を測定する。誘起電圧を理論的に求める式は $e = H_{z22} \times N \times I \times \beta \cdot 65$ (V)となる。

図-4は、ループ中心軸上の誘起電圧を実測値と理論値とで表わしてある。ループ面付近では、かなり精度のよい結果を得た。この誘起電圧測定より、十分雷管点火に必要な起電力が得られることがわかった。さらに、より実際の発破に近い点火玉を用いた点火実験を行った。点火実験は、ループ中心付近の海面上に点火玉をブラスターに接続し、励磁ループに約60秒間通電した後、励磁電流を停止し、点火玉の発火の有無を調べるものである。その結果、点火玉の発火を確認した。

4. まとめ

以上の計算結果を基に、昭和58年2月15日に、HB2P地点で第1回目の発破が行われた。孔数12、1孔当りの薬量40kg、総薬量480kgの奇発であった。電源電流200(A)、電源電圧57(V)、周波数550±1ヘルツとして、励磁電流は、60.5(A)であった。約75秒通電の後、発振機のスイッチが切られブラスターは誤りなく作動し、発破が遂行された。

以上述べてきたように、電磁誘導起爆法は、理論的な考察や予測計算の結果が実際の現場計測結果と極めて良く一致することが明らかにされ、施工仕様もほぼ確立されたと言えよう。

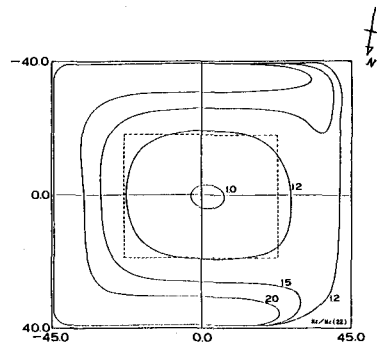


図-3 T.P. - 20mにおける平面磁界分布図

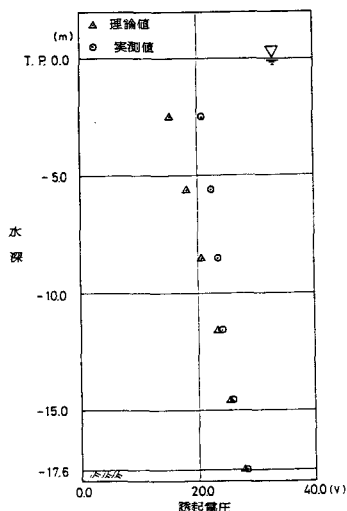


図-4 誘起電圧図