

清水建設(株) 研究所 正員 白石雅夫
東京電力(株) 技研研 山本康博
史電設計(株) 瀬谷 胖

1. はじめに

近年、各種の海洋構造物が大水深海域に設置される場合が見うけられる。その場合、構造物の設置位置管理が重要な課題の1つとなる。ダイバー等による通常の管理が行えないような大水深海域での情報伝達手段として電磁波は伝播減衰が大きいためほとんど利用できず、水中超音波が使用される。ここでは超音波位置検知システムを利用した位置測定方法についての適用例を述べる。

2. 測定手法

超音波を利用した位置測定方法としては、大別して海底に基線を置くリングベースライン方式と、船上側に基線を持つショートベースライン方式の2つがあり、それぞれの特長を有している。その中でも取り扱いの簡易さや、コストの面でスーパーショートベースライン方式が有利と判断し、このシステムに採用した。

原理は次のようである。船上からの超音波指令を受信し、識別したトランスポンダの発する応答信号を船側に設けた3個以上のトランスジューサで受信し、その時の応答時間と位相差を調べることで、トランスポンダまでの距離と方向を知るものである。(スーパーショートベースライン方式とは、複数のトランスジューサの間隔がごく狭く一体化されたものである。)

このようにして船と測定点間の相対的な位置が求められるわけであるが、実際の工事現場で使用する場合は、現地工事座標系への変換が必要であり、船のドリフトがある場合は常に船位を測量し補正を加えなければならないなど、実際の管理には使いにくい面がある。そこで、この水中位置測定システムでは海底に工事座標系による基準点トランスポンダを設置し、この基準点を参照することにより測定しようとするトランスポンダの位置を、自船の位置とは無関係に常に工事座標系で表わすよう試みた。

基準点の座標を X_A, Y_A 、工事座標軸の磁北との偏角を φ とすると、船舶 X_0, Y_0 は基準点を呼び出すことにより次式で求まる。

$$X_0 = X_A - L_A \cdot \sin \theta_{VA} \cdot \sin(\theta_{HA} + \alpha_A + \varphi) \quad (1)$$

$$Y_0 = Y_A - L_A \cdot \sin \theta_{VA} \cdot \cos(\theta_{HA} + \alpha_A + \varphi) \quad (2)$$

次に求める任意のトランスポンダ(B)の座標(X_B, Y_B, Z_B)は次のように表わされる。

$$X_B = X_0 + L_B \cdot \sin \theta_{VB} \cdot \sin(\theta_{HB} + \alpha_B + \varphi) \quad (3)$$

$$Y_B = Y_0 + L_B \cdot \sin \theta_{VB} \cdot \cos(\theta_{HB} + \alpha_B + \varphi) \quad (4)$$

$$Z_B = L_B \cdot \cos \theta_{VB} \quad (5)$$

ここで、 L : トランスジューサとトランスポンダ間の距離、 θ_H : 水平角、 θ_V : 垂直角、 α : 船首方向角度、 Z : 水深、添字 $0, A, B$ はそれぞれ船と各トランスポンダを表わす。(図-1参照)

3. 実際の適用

昨年8月に行なわれたナウル共和国での海洋温度差発電実験プラン

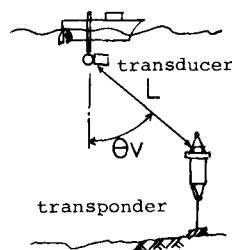
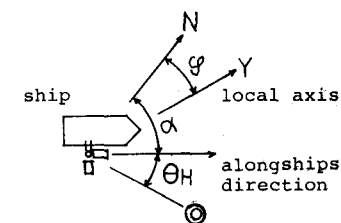


図-1 記号の説明

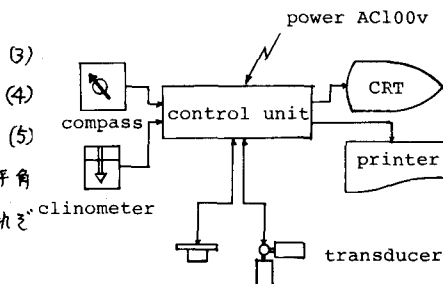


図-2 船上機器構成

ト工事で、冷水取水管を約600mの海底まで沈設した際に本装置を²⁷⁾使用した。現地の海域は表層と深層では流向が逆転しているなど、複雑な流況であったが、本装置はパイプ先端部の位置管理に有効に利用された。船上の機器構成を図-2に示す。

測定にあたっては、最初にパイプ敷設予定ライン近くに基準点トランスポンダを設置しておき、その後パイプが海上に曳き出されてから先端と中間部にトランスポンダを取りつけた。基準点の座標は船からトランスポンダの相対的位置を求めると同時に陸上の既知点3点を六分儀で測角し、船位を求める方法で陸上工事座標系と関連づけた。基準点座標および工事座標軸の磁北との偏角をオフセット値として予め機械にセットしておけば、以後は測量の必要はなく、基準点と求める点を船上から呼び出すだけで自動的に演算処理される。

測定終了後は船上より切り離しの指令を送ることにより、トランスポンダのフックがはずれ、取り付けたフロートの浮力で浮上し回収される。なお、測定の結果はリアルタイムでモニターテレビに表示されるほか、プリンターにも記録される。測定状況を図-3に示す。

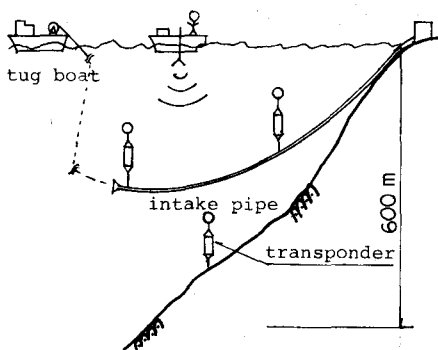


図-3 測定状況

4. 結果および考察

基準点トランスポンダを船上から投下した時の時間と水深の関係を図-4に示す。これによりトランスポンダは水深480mの位置に着底するまで約6分を要しており、投下後はほぼ1.4m/secの速度で一定して降下している様子がわかる。

パイプが着底した時点での先端と中間部の平面的な位置関係を示したのが図-5である。X=0が敷設予定線であり、Y軸は併合方向を示している。

位置測定の結果、パイプは多少湾曲しながらも先端部はほぼ予定線上に設置されていることがわかる。現段階ではまだ系統的な精度の検討を行なえるまでに至っていないが、水深方向に因りて同時に取り付けた水圧計とデータを比較したところ、トランスポンダによるものが相対誤差で3~4%程度に出ているようである。

このシステムを利用しての問題点はショートベースライン方式の短所でもある船の動揺による値のバラッキがある点と、音響的な条件により測定が阻害される場合があることである。これらの要因としては、作業海域における各種の作業船の発する水中騒音や自船のエンジン音、海底の地形条件による音波の反射の問題などがある。また、海中における温度分布の変化は水中音速にも影響を与え、シャドールーンの存在も含めた音の伝播経路についても十分検討を行う必要がある。

5. おわりに

位置の測定にはそれぞれの目的に応じた手法が使われるが、今回のような利用例についてはここで示した方法で容易に位置の把握が可能であった。

参考文献

- 1). たとえば、海洋工学ハンドブック、PP 685~688、コロナ社、1975年
- 2). 増田、瀬谷、元田；浮遊曳航法による冷水取水管の敷設工、土木学会誌、Vol 67-3、1982年

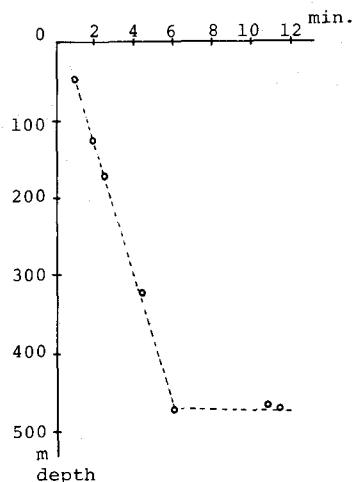


図-4 トランスポンダ投下軌跡

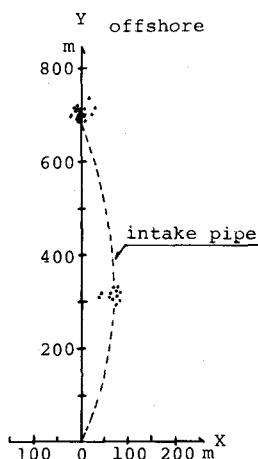


図-5 取水管位置