

## 68. 水中位置計測システム

東洋建設(株)：\*牧野 栄一・杉本 篤史

### 1. 要旨

超音波技術とGPS（汎地球測位システム）を組み合わせ、大規模・大水深に対応可能な高精度の海中三次元の位置出し装置を開発し、現場性能検証を実施し良好な結果を得た。

### 2. まえがき

海洋土木工事は今後ますます大規模・大水深化する傾向にあるが、海中工事は主として海上の作業船からの作業で施工されるため、海中・海底における施工機械や海中構造物の位置管理が大きな課題となっている。

特に水深30mから50mと深くなり、波浪・潮流が伴う海域では、作業船から吊り降ろされた海中・海底の施工機械および構造物を所定の位置に正確に設置するための、海中・海底の位置出し技術の開発が強く要望されている。

### 3. システムの概要

当システムは海中における移動体や構造物の位置・方向をリアルタイムに計測するものである。

水中位置の測定原理は、図-1のとおり水中の移動体等に取り付けた2個の超音波送信ヘッド（A、B）より超音波パルスを交互に送信し、これを作業船に設置した3個の受信ヘッド（P、Q、R）で受信することにより、その到達時間を計測して送受信機間の距離を求め、相互の位置関係を算出する。

実海域での音速度は、海水の温度・密度等により複雑に変化するため検出した距離は誤差を含んだ疑似距離になる。このため、通常は実海域での温度測定・密度測定を行なったり、キャリブレーション等の補正が必要になるが、当システムではこの煩雑さを避けるため、2個の送信機ヘッドの位置関係を収束条件として収束計算をすることにより、ソフトウェアの処理で誤差を修正し高精度で実距離を検出する手法を取り入れた。

さらに超音波のみでは作業船と海中の移動体との相対位置しか検出できないので、これにGPSのオンザフライキネマティック方式を利用した海上測位装置とリンクすることにより、国家座標系での水中位置出しを可能にした。

今回採用した超音波センサーはチタン酸バリウム磁器を使用しており、周波数100KHz、パルス幅1ms、クロック150KHzを採用し、検出距離の分解能は1cmの性能を有している。

写真-1にGPS受信機、ジャイロコンパス、2軸傾斜計、超音波受信器を模型の船に実装し、水槽にて性能検証を行つた状況を示す。また写真-2は水槽に沈めて使用した超音波送信器の状況である。

超音波を利用した水中位置測定方式は、2図に示すロングベースライン方式（LBL）、ショートベースライン方式（SBL）、スーパーショートベースライン方式（SSBL）の3種に大別される。

LBL方式は、海底に3台以上のトリスポンダを設置し、各々のトリスポンダから作業船までの距離を測定することにより作業船の位置を求める方式であり、比較的広い海域の測定に適している。

SBL方式は、船底に所定の間隔で送波器と、3台以上の受波器を設置し、海底に設置された1台のトリスポンダからの応答信号を3台の受波器で受信し、その音波伝搬の受信時間差により音源の方向角を求めて、それにより作業船の位置を求める方式である。

SSBL方式は、船底に1組のアレー状の送受波器が設置され、海底のトリスポンダに対する相対位置を音波伝搬の位相差により、音源の方向角を求めて作業船の位置を求めるもので、小型簡便なシステム規模で使用できる方式である。超音波発射同期信号伝達方式には有線を用いるピンガー方式、受波器より送波器に超音波パルスを送信して同期をとるトリスポンダ方式の2種類がある。

今回のシステムとしては作業船を中心として広範囲の位置計測ができるSBL方式及び、計測時間が短縮でき測定精度が向上するピンガー方式を採用した。

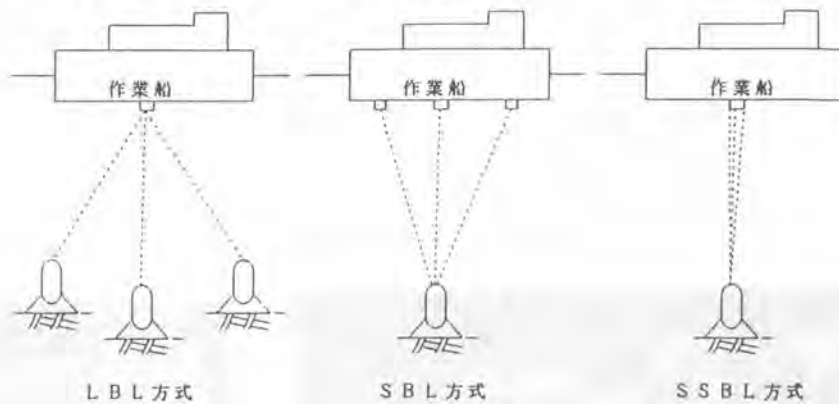


図2 水中位置測定方式

#### 4. 現地性能検証

運輸省第3港湾建設局・大阪市港湾局発注の大阪港南港トンネルの6号沈埋函の水中接合を利用して、当社の施工管理の自主研究の形で当システムの性能検証を平成6年11月に実施した。図-3に沈埋函に艦装したセンサーの状況を示す。

当システムを使用して、既設5号函と6号函の離隔距離、前後方向（X軸）約1.4m、法線方向（Y軸）ほぼ零、高さ方向（Z軸）約1mの地点から水圧接合完了までの目標位置までの誘導距離を計測した。計測精度の検証は、沈埋函に別途施工管理装置として装備されている端面探査装置、機械式の位置計測用ポテンションメータおよび陸上より光学式の測量機で測量した測量データと比較することにより行つた。

端面探査装置と比較して、水圧接合最終段階でX方向3cm、Y方向4cm、Z方向4cmの計測値の差が生じたが、端面探査装置も公称誤差X方向±1.3cm、Y方向±1.5cm、Z方向±1.

水槽での性能検証であるため水中の距離計測の長さには制限があつたが、今回の水槽試験では水中斜距離で約2～4 mの距離計測を実施し、水槽の底に設置した超音波送信機の位置座標を±4 C mの精度で検出することができた。

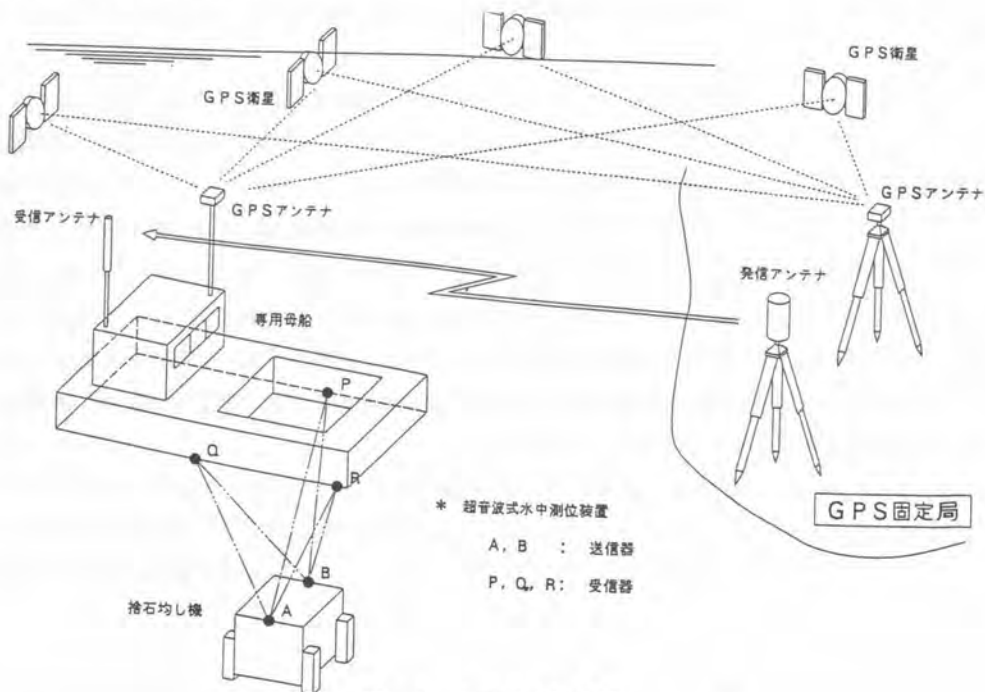


図-1 システム構成図



GPS受信機、ジャイロコンパス、2軸傾斜計、超音波受信器を実装し、水槽底面に固定した超音波送信機の位置を計測

写真-1 水中位置計測水槽試験



写真-2 超音波送信器

0 C mを有しているので、今回の性能検証では端面探査装置にほぼ準ずる精度で計測ができたと評価できる。

またポテンションメータの接合開始時と完了時の指示値変化量は8.2 C mを計測したのに対して、当システムで計測した指示値変化量は8 C mとなり数m mの相違で値が一致し、この点からも当システムの位置検出精度が極めて高いと評価できる。

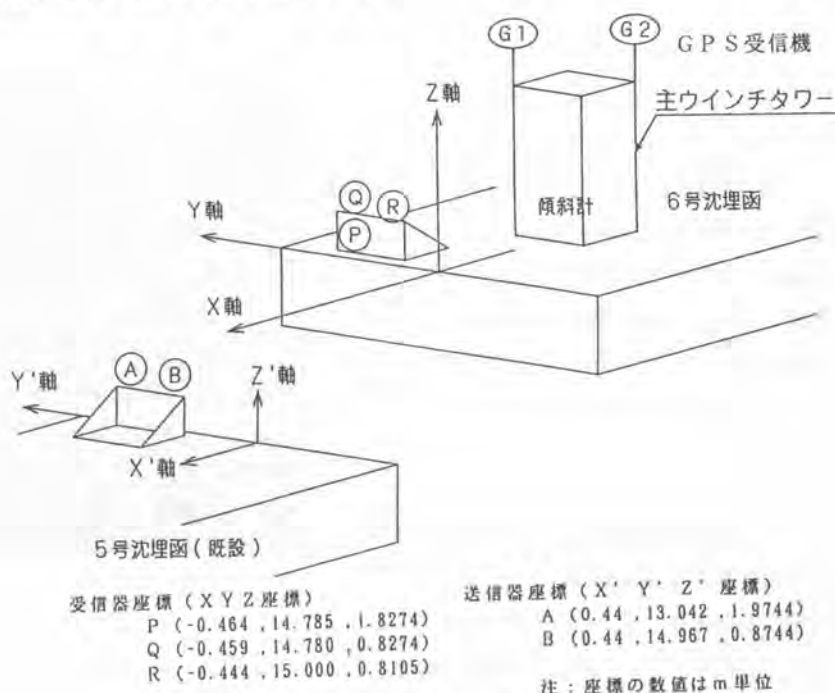


図3 沈埋函システム機装図

## 5. おわりに

当水中位置計測システムは、沖合い2 K m以内の作業船を中心に半径8 0 mの範囲にある海中の移動体の水中位置を± 1 5 C mの精度で計測することを目標に開発したものである。工事使用実績としては、当社の着座型タンバ式捨石均し機の施工管理に利用し、水中位置決めの精度・信頼性を向上させることにより、施工精度・能率を向上させた。

作業船の位置計測は、自動追尾型のトータルステーションやGPS測量の登場により近年飛躍的に精度の向上および自動化が進展したが、水中の位置だしに関してはやや取り残された感があり、今後ますます沖合い化・大水深化していく海洋工事の海中・海底の位置計測技術に多くの課題を残している。今回開発したシステムをもとに、今後実海域での性能試験をさらに重ね精度向上・計測範囲の拡大を実現し、工事の沖合い化・大水深化に対応した水中位置だし技術を確立し施工精度・能率の向上を目指して行きたい。