

# 大水深構造物沈設システムの開発

熊谷組 土木本部

正会員 古川 敦

## 1. はじめに

沈埋トンネルなどの沈設時の位置計測は、函体内部の傾斜計と函体上に設置された測量塔の位置計測により沈埋函の姿勢を特定している。この方式を大水深・潮流下で適用した場合、図-1に示すように測量塔は沈設完了時まで水面上に突出させる必要性があり、水深と同程度以上の長尺なものとなる。沈設前の測量塔取付時においては、長尺測量塔に対応したクレーン船の大型化・取付時の函体の安定性などに問題が生じ、また沈設時にも長尺測量塔に潮流力が作用し、函体が不安定となる。沈設後の測量塔撤去には潜水作業が必要となり、沈設水深が深くなるに従い潜水水深も増大し、混合ガス潜水・飽和潜水などの設備や安全面でも問題が生じる。

本開発では測量塔および潜水作業を不要とし、GPS、超音波を用いたレスポnder、ペンシルビームソナー、水中カメラを用い、大水深・潮流下での構造物沈設を可能とするシステムを構築することを目的とした。

## 2. システム概要

システムは、図-2に示すとおり、GPS・レスポnder・ペンシルビームソナー・水中カメラから構成される。以下にその機能を詳述する。

GPS(Global Positioning System)は、作業船(プレーシングバージ等)上に4基設置し、動揺する作業船の3次元位置(姿勢)を常時計測する。

レスポnderは無指向性の水中超音波パルスを送受信するシステムで、音波パルスの到達時間より送受波器間の距離を計測する。送受波器4基は作業船底面に取り付けられ、GPSアンテナとの相対位置と、GPS測位データ(絶対位置)より常時絶対位置が求まる。新設沈埋函上部にも送受波器4基が取り付けられ、作業船底面の送受波器4基(既知座標)からの16組の距離が求まるため、新設沈埋函の絶対位置が求まる。

ペンシルビームソナーは、指向角 $1.7^\circ$ の高指向性超音波パルスを回転しながら送受信し、レーダーと同様に水中での障害物の断面形状をスキャンするシステムである。ペンシルビームソナーは既設沈埋函のバルクヘッドに2基取り付け、既設沈埋函側からの沈設沈埋函の水平断面位置・鉛直断面位置をスキャンし、レスポnderシステムの補助計測を行う。

水中カメラはペンシルビームソナーと同様、

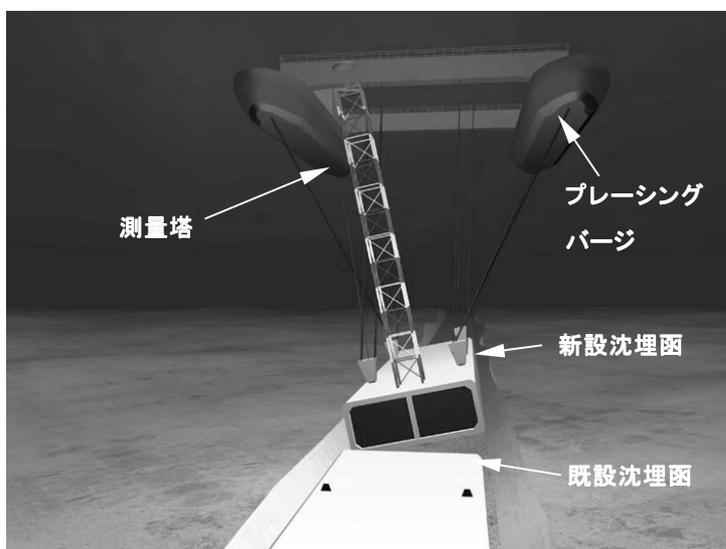


図-1 測量塔を用いた沈設

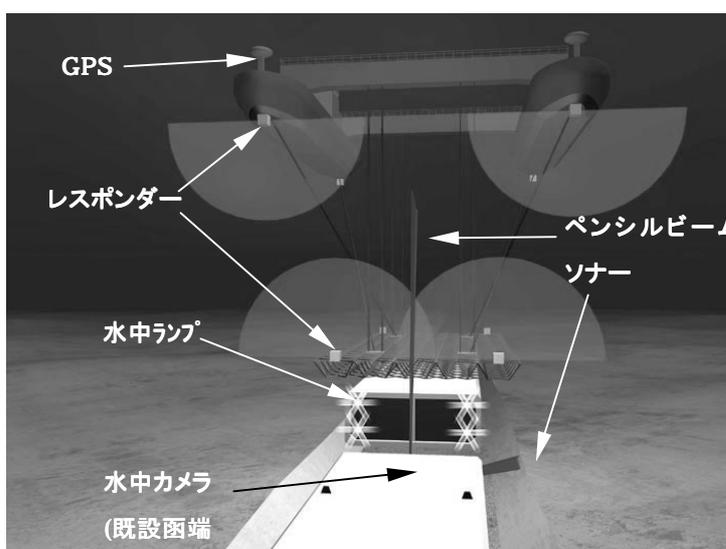


図-2 大水深構造物沈設システム

キーワード：GPS, SONAR, 沈埋トンネル, 大水深

〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪1043 (株)熊谷組技術研究所 TEL 0298-47-7501 FAX 0298-47-7480

レスポonderシステムの補助計測を行うもので、新設沈埋函のバルクヘッドに取り付けた水中ランプ4基の光源中心を既設沈埋函バルクヘッドの水中カメラで捉え、画像解析により新設沈埋函の姿勢を計測する。

沈埋函の設置終了後における計測機器の回収にも、潜水作業を無くすため、新設沈埋函は吊治具と一体化した自動着脱フックと連結され、レスポonder送受波器は吊治具上に配置されている。このため、自動着脱フックにより吊治具を回収することによりレスポonder送受波器も同時に回収することができる。ペンシルビームソナーおよび水中カメラ・水中ランプはバルクヘッドに配置されているため、函体接合後におけるバルクヘッド内海水の排水が完了すれば、函体内（気中）にて回収することができる。

### 3. 精度検証

GPSからレスポonderまでの計測においては水深60mでの沈設をターゲットとしているため、実験による検証は困難である。このため条件付観測方程式<sup>1)</sup>等を用いた位置算出法<sup>2)</sup>を検討し、センサー精度に基づいたBoxMuler法による擬似観測値を生成し、数値シミュレーションによる精度検証を実施した。この函体接合端部における誤差分布結果を図-3に示す。函体長さ100m、幅16m、高さ10m、水深60mの規模を想定した結果、精度10cm程度で沈設が可能との結果を得た。

ペンシルビームソナーおよび水中カメラの精度検証では、

基本性能の水槽試験<sup>3)</sup>を実施後、幅16mの実大函体模型を用い水槽内接合試験を実施した。試験の結果、精度5cm程度で位置検出が可能との結果を得た。図-4には接合時のペンシルビームソナーの画像を示す。

### 4. まとめ

本システムを用いて水深60mにおける沈埋函設置を試算した結果、 $\pm 10$ cmの精度が確認された。ただし、実海域の音速変動による影響などの課題があり、システムの再構築や海域実験等により更に検討が必要である。

### 参考文献

- 1) 田島 稔, 小牧和雄: 最小二乗法の理論とその応用, 東洋書店, 1986.
- 2) 古川 敦: GPSとSONARを用いた複合計測方式による大水深構造物の沈設誘導に関する研究, 海洋開発シンポジウム, 2001 (投稿予定)
- 3) 古川 敦: 大水深構造物の沈設誘導に関する水槽実験, 海洋工学シンポジウム, 2001 (投稿予定)

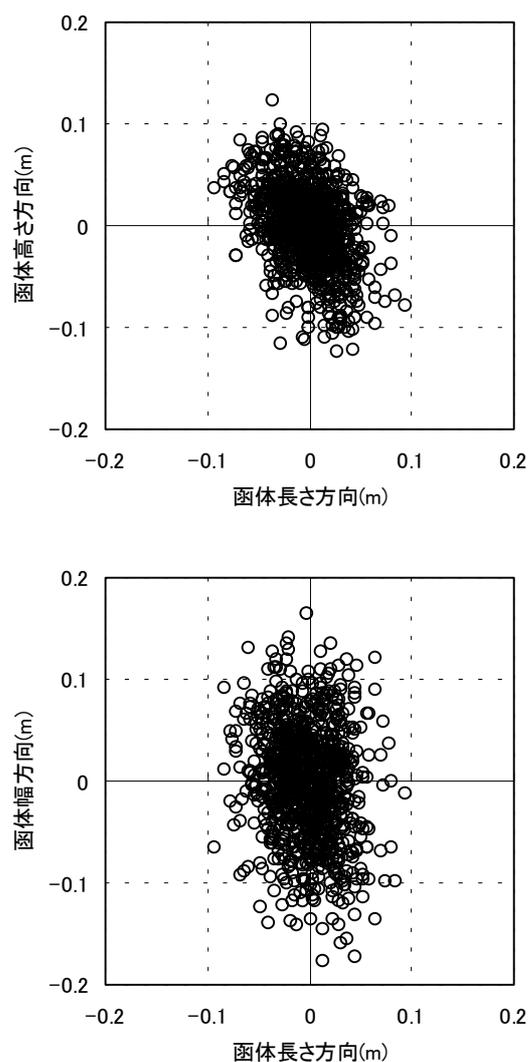


図-3 計測誤差分布

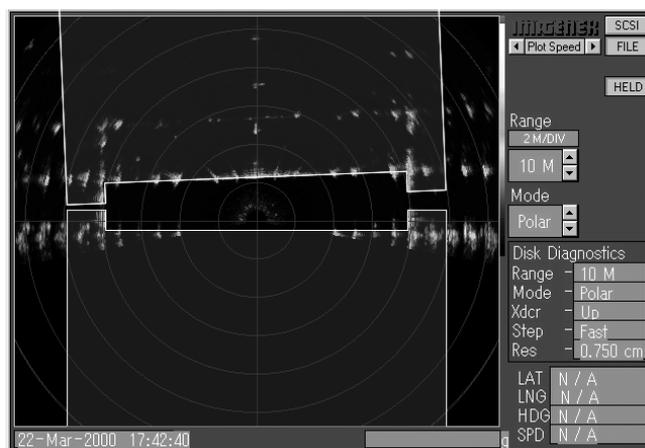


図-4 函体接合試験