

59. 鋼製シンカー設置姿勢計測システム

鹿 島：*菊地 哲樹・佐藤 知則
高瀬俊二郎

1. まえがき

海洋工事では工事船を係留するための大型鋼製シンカーを海底に設置する工事が行われている。このシンカー設置工事では設計張力を確保するためにシンカーを所定の方位に向けて設置し、着底後海底の凹凸による滑動などがない安定した状態であることを確認する必要がある。特に強潮流や急峻な海底地形の海域においては方位や傾斜などの姿勢計測は不可欠である。従来は遠隔操縦無人潜水機やダイバーによる確認が大半であったが、それぞれ狭視界で定量的把握ができないことや作業環境が厳しいなどの問題があった。

本報告では作業船上でシンカー設置姿勢をリアルタイムで把握できる標記システムを開発し、シンカー設置工事に適用したのでその概要を紹介する。

2. システムの概要

(1) システムの構成

本システムは図-1のように船上のジャイロコンパス（以下ジャイロ）、表示器、パソコン、鋼製シンカー上の方位計、傾斜計（二軸）、切り離し装置で構成されている。機器仕様を表-1に示す。方位計は地球磁場に追従する小型のディスク状磁石とその周りに複数個のホール素子を持つ構造であり、ホール素子は磁石からの磁界の強さに応じた方位信号を出力する。また、安価で耐衝撃性に優れ

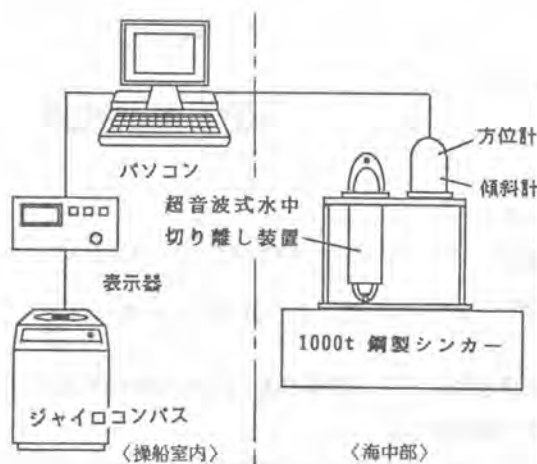


図-1 システム構成

表-1 主要機器仕様

機器名称		仕様	
方向計測装置	方位計	計測精度	±2°
	許容傾斜		±20° 以内
傾斜計測装置	傾斜計	指北精度	±0.5° (静止状態)
		指北整定時間	約30分
データ収録・演算装置	パーソナルコンピュータ (ラップトップ型)	検出範囲	±20°
		精度	0.02° 以下
切り離し装置	超音波式水中切り離し装置	自差校正演算用	PC9801LX
		計測画面表示用	
		計測データ収録用	
		信号到達距離	2500m
		送受信周波数	19.2kHz
		指向性	ほぼ半球

ているが、周辺に鉄や磁石などの磁性体が存在すると磁場が乱れるため、方位信号に自差と呼ばれる誤差が生じる欠点がある。そこでジャイロを用いて誤差を補正する自差校正方法を考案し、システムに適用している。方位計や傾斜計はシンカー設置後に切り離し装置で回収し再利用する。

(2) システムの特徴

a. 自差校正

自差は対象となる磁性体（この場合は鋼製シンカー）の磁化状態、大きさ、形状の違いなどの種々の要因が重なって個々に異なる特性を示す。このため設置するシンカー毎に自差曲線を求め高精度な方位計測を可能にしている。

自差校正の手順を述べる

- ① クレーン船でシンカーを吊り上げ相対角度 α を測量する。（図-2）
- ② シンカーを吊り下げた状態でクレーン船を回転させながら、方位計信号をクレーン船のジャイロから計算したシンカー方位（ $\beta - \alpha$ ）に対応させる。 β はジャイロが示すクレーン船方位である。
- ③ 対応させたデータをモニタに表示しながら自差曲線が正常に得られていることを確認し、データを保存する。（図-3中の曲線）図中直線は自差の影響がない場合の方位計信号とジャイロ方位との関係である。
- ④ シンカー設置時は自差曲線データの中から方位計信号に対応するデータを求め実際のシンカー方位を出力する。

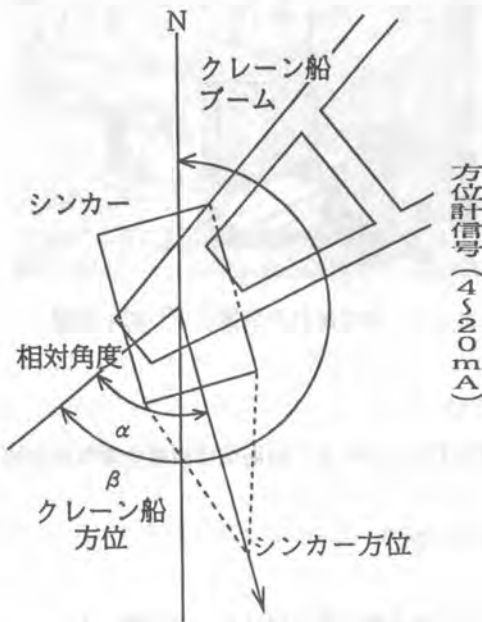


図-2 クレーン船とシンカーの
相対位置例

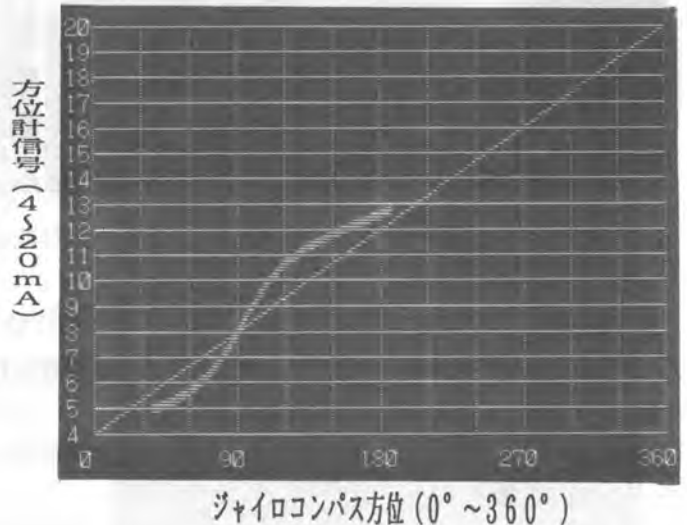


図-3 自差曲線例

b. リアルタイム計測

図-4にシンカー姿勢計測中の画面表示例を示す。画面左側にクレーン船とシンカー方位が表示され、右側にはシンカーの傾斜方向及び大きさが色と数字で表示される。操船室においてシンカー姿勢がリアルタイムで把握できるため、操船作業や着底後の設置完了の判断を迅速に行うことができる。また、設置中及び最終設置時の計測データは全てフロッピーディスクに保存し、設置状況の履歴を適時呼び出すことができる。

c. 切り離し装置

シンカーに搭載された方位計と傾斜計の回収を容易にするため、海中部計測装置切り離し用として超音波通信を利用した装置を用いている。本装置は海中での伝達性能や取扱い上の便利さの点から海中敷設の観測機器などの回収に広く使われているものである。通信方式は海中騒音などによる誤動作を防止するために、一般的に用いられているFSK（周波数シフトキーイング）変調方式を採用している。切り離し動作が完了すると確認信号が送出され、海上部でこれを受信し回収作業に入る。また別にコード化された超音波信号を相互に送受信することによりお互いの距離、つまり設置深さを確認する機能がある。

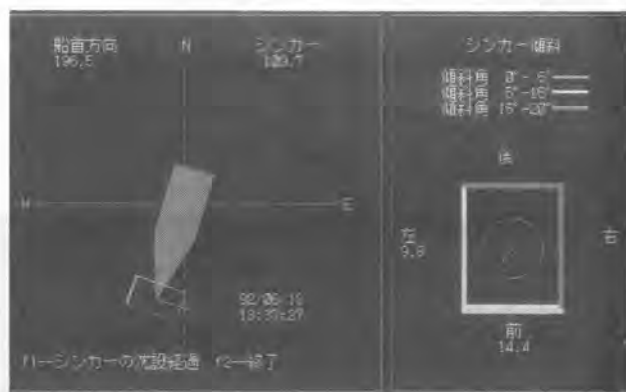


図-4 姿勢計測中のパソコン画面



写真-1 海中部計測装置と切り離し装置

3. 施工実績

今回の施工場所は本州四国連絡橋来島大橋工事の武志島東工区内である。当海域は複雑急峻な海底地形で最大深度は約70mの大水深である。

現在までに1000t級のシンカー4基の設置を完了している。

(1) 施工手順

- ①係留された台船上にあるシンカーに本システムの海中部計測装置を取り付ける。(写真-1)
- ②クレーン船でシンカーを吊り下げ、全体を回転させ自差曲線を得る。
- ③シンカー設置場所までクレーン船を移動し、所定の位置及び方位で設置作業を開始する。
- ④海中のシンカー姿勢を操船室のパソコンでモニタしながら沈める。

⑤所定の方位、傾斜の許容値内でシンカーが着底したら、安定を確認してシンカーを切り離す。

⑥船上からコード化された信号を送り、計測装置を回収する。

(2) 設置結果

4基のシンカー設置工事に適用した結果を表-2に示す。No.1は設置深度が浅く、画面の出力とシンカー方位が良く一致しているのが確認できた。No.3設置時は最初の着底時に[※]前傾斜が許容値を超えたため、再度吊り直して設置した。また、方位よりも傾斜についての許容値が小さく、特に前傾斜の状態は設計安全上、厳しい制約があったが最終的な設置結果は全部のシンカーについて、方位と傾斜の許容値内で設置できた。

表-2 シンカー設置姿勢計測結果

項目 \ 名称		No.1 (水深 3 m)		No.2 (水深 2 0 m)		No.3 (水深 5 1 m)		No.4 (水深 6 2 m)	
		計 画 値	実 績	計 画 値	実 績	計 画 値	実 績	計 画 値	実 績
方位 (度)		93±28	89.3	114±22	109.7	158±24	153.6	243±27	247.6
傾斜 (度)	左右	22.5 以内	6.5	22.5 以内	9.8	22.5 以内	10.8	22.5 以内	6.8
	前後	前 11 以内	前 9.2	前 2.5 以内	後 14.9	前 6.3 以内	後 1.1	前 4.7	後 4.9

※ 前 傾 斜 : 係留索側に沈下して傾いている状態とする。

4. おわりに

今回のように傾斜管理値が3度以下の場合もある、非常に厳しい施工条件下で適用し、良好な結果が得られた。

今後は姿勢計測だけでなく衛星測量 (GPS) や光波測距測角儀を用いたクレーン船の位置計測を組み合わせ、総合的な施工支援システムを確立したい。なお、本システムを使用するに当たり協力を頂いた来島大橋工事関係者に感謝の意を表します。



図-5 施工概念図