

II-21 GPSを用いた海洋構造物施工支援システムの開発

西松建設(株) 正会員 熊谷健洋、稲葉 力、多田彰秀
正会員 小栗利夫、田中義晴、岡本 修

1. はじめに

ケーソン設置等の海上工事では、その構造物の大きさに比して要求精度は厳しく、潮の干満、潮流、海上交通などから時間的制限を受ける上に、気象海象条件は刻々と変化する。また、離岸距離の大きな工事もみられる。

このような条件下において、工事管理・指揮に必要な種々の情報を集中管理し、提供するシステムを開発し、実施工に適用した。ここではその概要を報告する。

2. 開発上の留意点

本システムの開発にあたり、次のような点に留意した。

① 開発・改造などが容易なシステム

センサ、計測機器などは年々進歩しており、常に最新の機器を使用するためには、関連機器および制御プログラムを変更する必要がある。また、施工上、必要とされる情報は、同一ではなく、工事により、システム内に組み込む計測機器、制御プログラムが異なると考えなければならない。これらへの対応が容易であること

システム各部の開発を、独立分離して、並行におこなえること

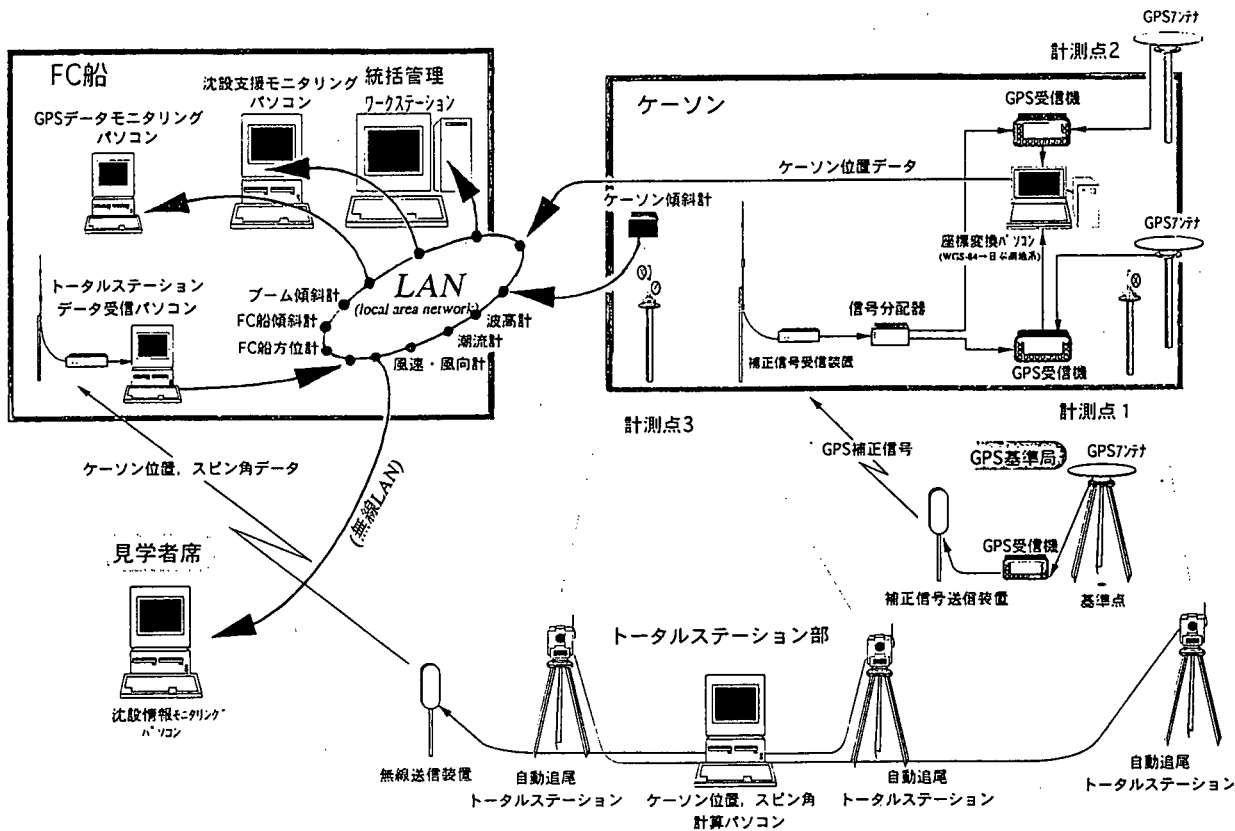


図-1 システム概要図

表－1 計測項目

項 目	計 測 器
構造物位置	RTK-GPS、 自動追尾式トータルステーション
〃 傾斜	傾斜計
〃 内部応力	応力計、ひずみ計
波高	マイクロ波式波高計
潮流	電磁式流速計
風向風速	風向風速計
F C 船傾斜	傾斜計
〃 ブーム傾斜	傾斜計
〃 方位	機械式ジャイロ

開発コストだけでなく、その後の運用コストの低減、準備期間の短縮が図れること

② 信頼性が高く、かつ、切替え・組替えが可能なシステム

種々の要因により時間的制限が厳しいため、信頼性の高いシステムであること。また、トラブルが発生した場合でも、バックアップシステムがあるか、あるいは短時間に復旧できること

3. システム概要

システム概要を図－1に示す。配置位置は、大きく三カ所……フローティングクレーン船（FC 船）、ケーソン上、陸上……に別れる。

収集するデータは、構造物の位置情報など、表－1に示すとおりである。

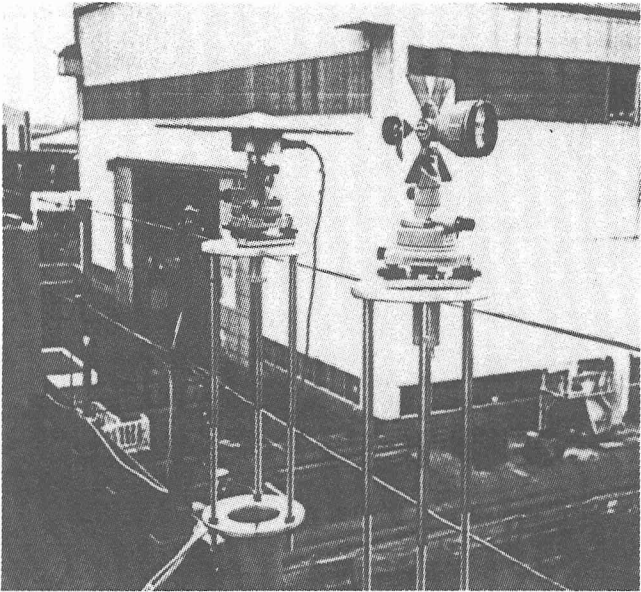
3-1 データ通信

機器間のデータ通信については、LAN（NetWare）を基幹とし、FC 船上にサーバーを設置した。

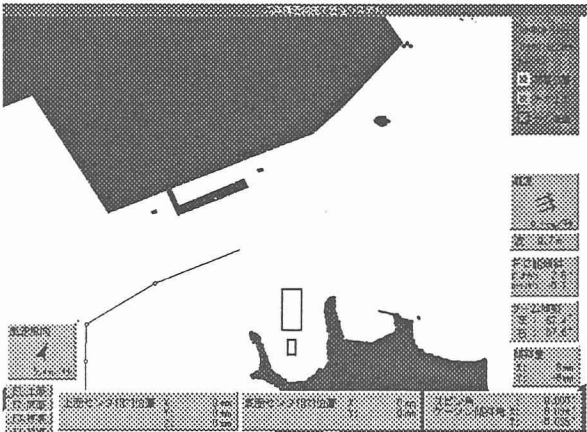
F C 船～ケーソン間是有線（10Base-2）とし、ケーソン吊り上げ時に電力線とともに結線した。F C 船～陸上間は、無線LANと無線モデムの併用としている。

LANを用いると使用機器が増加するが、船上ではあまり問題にならないことに加え、

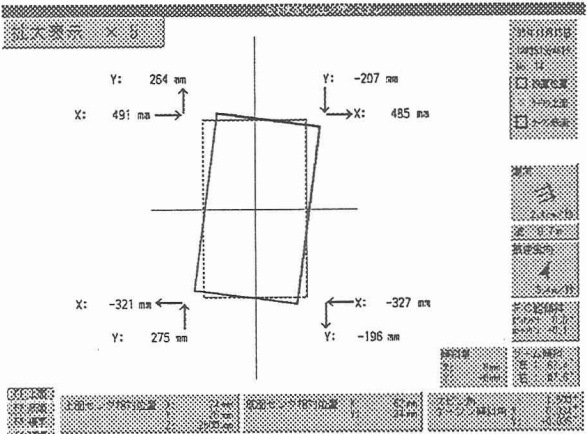
- 使用するパソコン等のメーカーやOSへの制限を小さくする
- 計測機器単独使用時の制御プログラムからの改造を最小限にするとともに、単独使用への切



写真－1 GPS アンテナとミラー



(a) 曳航時用広域画面



(b) ケーソン設置時用拡大画面

図－2 モニタ出力画面

り替えを容易にする

- 計測器、データ処理機器、モニタ等の配置の自由度を高める
- 配線作業を容易にする

などの利点を求め採用した。

3-2 測位システム

ケーソンの測位機器としては、リアルタイムキネマティック GPS (RTK-GPS) と、自動追尾式トータルステーションを採用した。

両者とも、ケーソン上に2点の測位点を設け、これからケーソン中心の位置と水平回転角を算出した。

また、ケーソン本体に、高精度のサーボ式傾斜計を設置し、これから、高さの補正とケーソン底面の位置を算出した。

3-3 気象海象観測機器

風向風速計は、ブームなどの影響を最小にするために、バックステイ上に設置している。

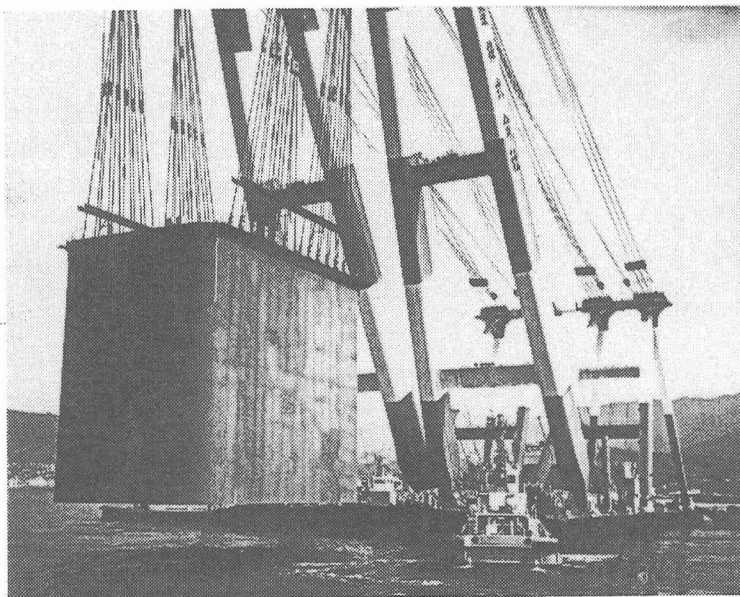
波高計・流速計は、FC 船甲板から海上に張り出して設置したが、係留作業の障害となることを避けるため、FC 船係留後、係留解除前の短時間で、設置・撤去が可能な取り付け法とした。

3-4 FC 船姿勢計測

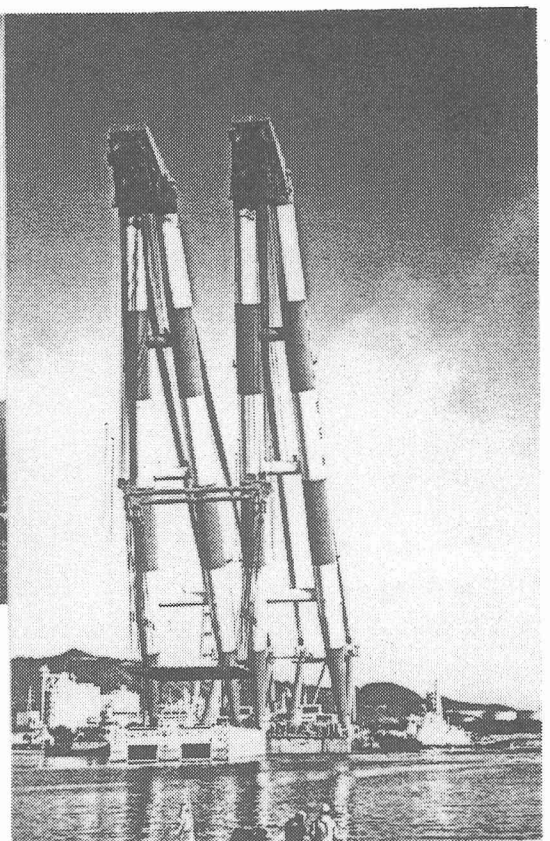
FC 船船体に、傾斜計と機械式ジャイロ、ブームに傾斜計を設置し、ケーソン吊り上げ・設置作業中の姿勢をモニタできるようにした。

3-5 データ処理・出力

各計測機器で採取されたデータは、処理専用ワークステーション (パソコン) にて集計、処理をおこない、1 体化したデータとして、モニタ用パソコンに配信する。データの更新は1秒毎である。モニタ用パソコンでは、利用者の利便性・視認性、工事状況に応じ出力画面を変更する際の作業性等を考慮し、GUI 系のソフトを用いた。モニタの設置場所は、FC 船操船室、陸上の工事指揮本部、陸上



(a) 橋脚基礎ケーソン吊り上げ時



(b) 取水口ケーソン設置時

写真-2 施工状況

表－2 ケーソンとFC船の仕様

構造物	寸法・重量		F C 船(吊り上げ最大能力・寸法)	
橋脚基礎	31.0×18.0×25.5m	3,194t	3,600t	107×49×8m
	18.0×14.0×27.0m	2,666t		
取水口ケーソン	40.0×20.0×13.1m	9,473t	3,500t	110×50×8.5m

測量班の3カ所を基本とし、同時に同一の画面を出力する。なお、モニタの増設は可能である。
出力画面は、海域進入時用、設置時用など、3種類である。

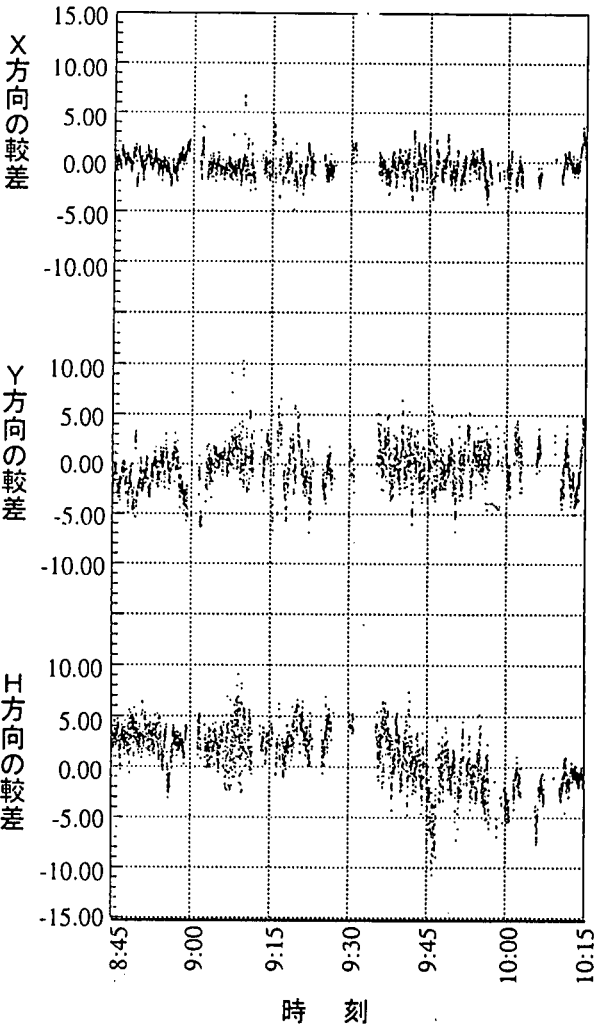
4. 工事への適用

本システムを、橋脚基礎および発電所用取水口ケーソンの設置（計3基）に適用した（表－2）。
2件の工事で、システムの異なる点は、海流観測の有無とFC船と陸岸との相対位置である。このためケーソン上のトータルステーションのミラー位置が異なっている。
RTK-GPSと光学測量（自動追尾式トータルステーション）との測位結果比較を図－？、表－3に示す。沈設開始が8:00、着底が10:00である。X、Y方向の較差は平均0.3～0.4cm程度、標準偏差は1～2cm程度であり、FC船ブームおよび吊り具の影響と思われる測位精度の低下現象がみられるが、施工上十分な精度を有していると考えられる。また、ケーソン着底の前後で、較差の平均、標準偏差に有為な差がなく、RTK-GPSがケーソンの動きに十分対応できていたと思われる。

流速については、ケーソン、FC船船体の影響が懸念されたことと、事前観測で、水深により潮止まりの時期が異なることが判明していたため、ADCPを用いて、上流側で定点観測をおこなった。FC船に設置した流速計でも潮止まりの判断には使えるように思われた。

5. おわりに

本システムの開発に当たっては、LANの基幹部分等は実績の十分にあるものを用いたが、計測機器については将来性、精度を考慮し、最新の機器を使用した。このため、機器作動環境の確保等に多くの労力を必要とした。今後は、運用性についても開発を進め、より実用性を高めてゆきたいと考えている。
終わりに、本システムの実施工適用にあたりご指導・ご協力をいただいた発注者、および共同企業体の方々にお礼申し上げます。



図－2 GPSと光学測量の較差(cm)

表－3 光学測量との較差の平均と標準偏差(単位:cm)

		X	Y	H
平均値	着底前	-0.44	-0.28	1.50
	着底後	-0.41	-0.21	-1.94
標準偏差	着底前	1.09	2.03	2.52
	着底後	1.22	2.22	1.55