

CCD カメラ付きトータルステーションによる 海上斜杭の施工について

東京土木施工管理技士会

あおみ建設株式会社

担当技術者

竹本 聡 一〇

Souichi Takemoto

監理技術者

古市 敏 晶

Toshiaki Furuichi

担当技術者

山本 恭

Takashi Yamamoto

1. はじめに

和歌山下津港海岸海南地区は、紀伊水道に面したりアス式海岸の湾奥に位置し、その地形的特性からこれまで昭和南海地震やチリ地震などによる津波浸水被害にたびたび見舞われている。

また、今後、東南海・南海地震等に代表される大規模地震の発生が切迫した状態であり、現状の防潮堤高さを遙かに超える津波が襲来することが予想されている。

当海岸の津波浸水予測地域には、住居地区に加え、行政・防災機関や主要交通網があることから、人的被害はもとより、発災後の危機管理体制や緊

急輸送ネットワークの確保に大きな影響を及ぼすとともに、復興の長期化が懸念されている。

加えて沿岸部には鉄鋼、電力等の多様な産業集積が形成され、わが国のみならず世界経済への影響も懸念されている。

本工事は世界初の可動式の直立浮上式津波防波堤に隣接する控え斜杭式鋼管矢板構造の防波堤を築造するものである。現場位置図を図-1に示す。

工事内容は、海上地盤改良工（床掘工、先行掘削置換工）、土捨工、本体工（鋼管杭、鋼管矢板、杭頭連結）、付属工（電気防食、被覆防食）である。

工事概要

- (1) 工 事 名：和歌山下津港海岸（海南地区）
船尾側津波防波堤築造工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 近畿地方整備局
和歌山港湾事務所
- (3) 工事場所：和歌山県海南市船尾地先
- (4) 工 期：平成24年3月14日～
平成24年10月15日

なお、先行掘削置換工は当該工事の鋼管杭・鋼管矢板打設の障害物等の撤去を目的としたものではなく、次工事の作業に関連したものである。

本体工鋼管杭は最大 $\phi 2300L = 54.9\text{m}$ 重量80t



図-1 現場位置図

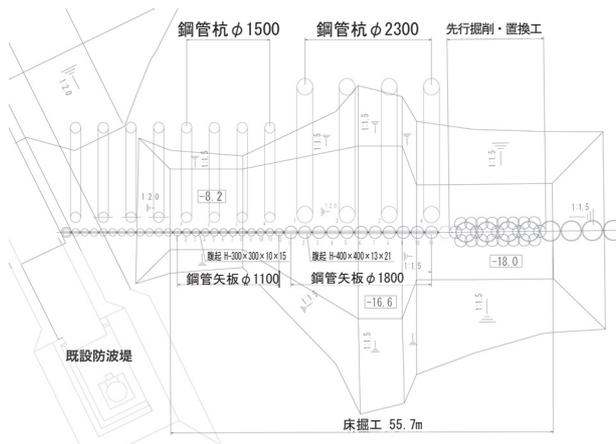


図-2 施工平面図

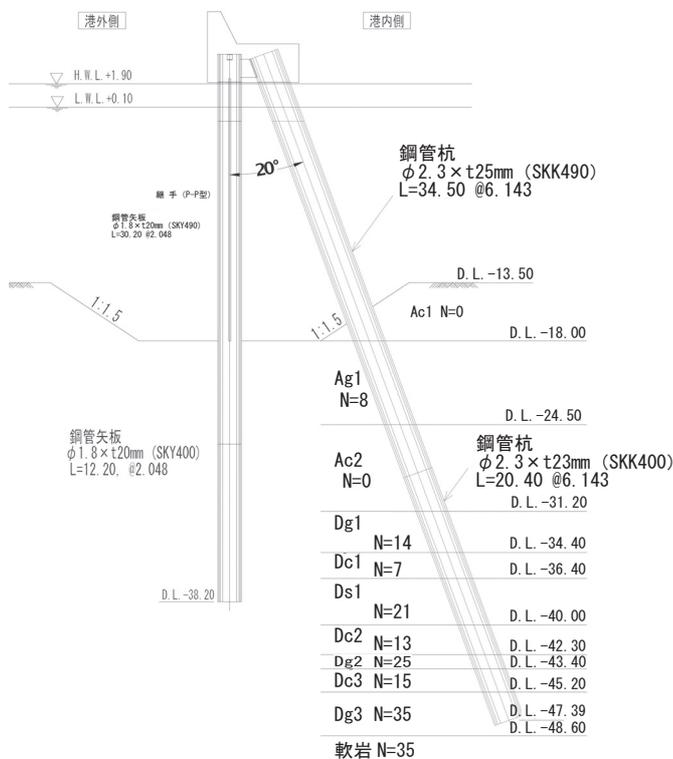


図-3 標準断面図

と大きく、大型の杭打船（1800 t吊級）と油圧ハンマー（最大打撃エネルギー500KNm）を使用し打設を行った。施工平面図を図-2に、標準断面図を図-3に示す

2. 現場における問題点

① 工事区域内の制約条件が厳しい

工事区域が港口に位置し大型の一般船舶が行き交う航路にも隣接しているため、鋼管杭打設時は、監視船を2隻配置することで航路内での作業は可

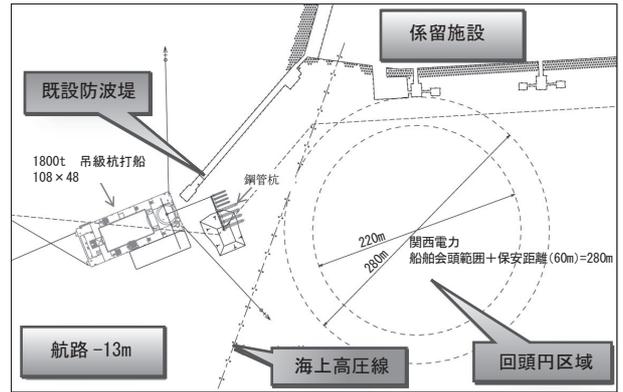


図-4 杭打船の配置図

能となり、作業終了後は航路外に退避しなければならない。さらに、作業中に全長115m以上135m未満の一般船舶が入出港の時は、工事を中断しアンカーワイヤーを完全に緩め、135m以上の一般船舶が入出港の時は、工事を一時中断し航路外に退避する必要がある。このため、「海南地区連絡会」で海南外港航路の入出港船情報、工事工程、工事作業船の配置等の情報提供、行会い調整が日々行われている。

また、港内側近傍には発電所バース入出港船舶の回頭円区域（直径280m）、発電所から伸びる海上高圧線（77,000V DL+46.8m）があり、杭打船の最大高さが98.8mのため、作業区域を制限された。杭の傾斜方向は電力会社および製鉄工場の係留施設があり、連日大型船舶が荷役作業を行っている。（図-4）

以上のことから、杭打船の配置位置が限定され斜杭を鋼管矢板の打設前に施工する必要がある。

② 導材を使用すると現地作業時間が長くなる

斜杭を安定して打設する方法として導材を使用する方法が一般的であるが、ここの地盤上層部には沖積粘土層や沖積礫質土層が分布し、それぞれN値が低く軟弱である。このような上層地盤が厚い軟弱地盤で導杭・導材を設置すると大掛かりになり、導杭長は30m以上が4本/セットと次サイクル用2本の計6本必要となり、1本打設に約1時間（建込・位置決め20分、パイプロセット10分、打設15分、玉外し15分）、引抜きに約30分（玉掛け10分、引抜き10分、吊下し10分）、導材セッ

ト・撤去に約30分ずつ要する。導杭・導材が航路内に入るため作業終了ごとに撤去しなければならないことで作業時間が設置（導杭4本+導材）で約4時間30分、撤去（導杭2本+導材）で1時間30分の合計6時間を要する。

導杭・導材を設置と打設準備・片付けに6時間を要するため、本作業時間が制限されることが懸念される。

③長尺、大口径の斜杭での精度管理が要求される

鋼管杭が長尺、大口径であり、大型のハンマーを使用するため、周辺地盤の拘束力が小さい場所では、鋼管杭の平面位置や傾斜の精度が一旦ズレ始めると修正が厳しくなる。

前述の現場条件で傾斜方向の測量器による最適な位置での鋼管杭の誘導・確認ができず、点で捉えた映像となり、誘導精度が悪く時間も掛かる。

また、測量者一人での誘導では、ヒューマンエラーによる測量ミスの可能性がある。

3. 対応策と適用結果

このような課題の対応策として大型杭打船を打

設位置まで正確に誘導し、斜杭の打設精度を高くするために杭打船搭載の杭打船位置管理システムに加え CCD カメラによる打設管理システムを併用して打設管理を行うこととした。施工状況を図-5に示す。

①杭打船の打設位置管理システムの使用

杭打船搭載の杭打船位置管理システムは GPS 装置によって求められた船体の基準位置をもとに、リーダー傾斜、キャッチホークストローク、クレーン傾斜角（前後・左右）、クレーン旋回角、船体喫水、潮位を測定するセンサーにより斜杭の位置を管理するシステムである。この管理システムの精度は平面位置 $\pm 30\text{mm}$ と管理基準値を十分満足するものである。システムは杭打船が完全に固定された場合、平面的な位置・打設角度・方向角の精度を確保できる。

しかし、実施工では波による動揺や斜杭自体によるたわみなどによって杭先端位置のズレが想定されるため、これらの管理システムの整合性とズレ修正とを確認する上でも陸上からの測量も必要とした。

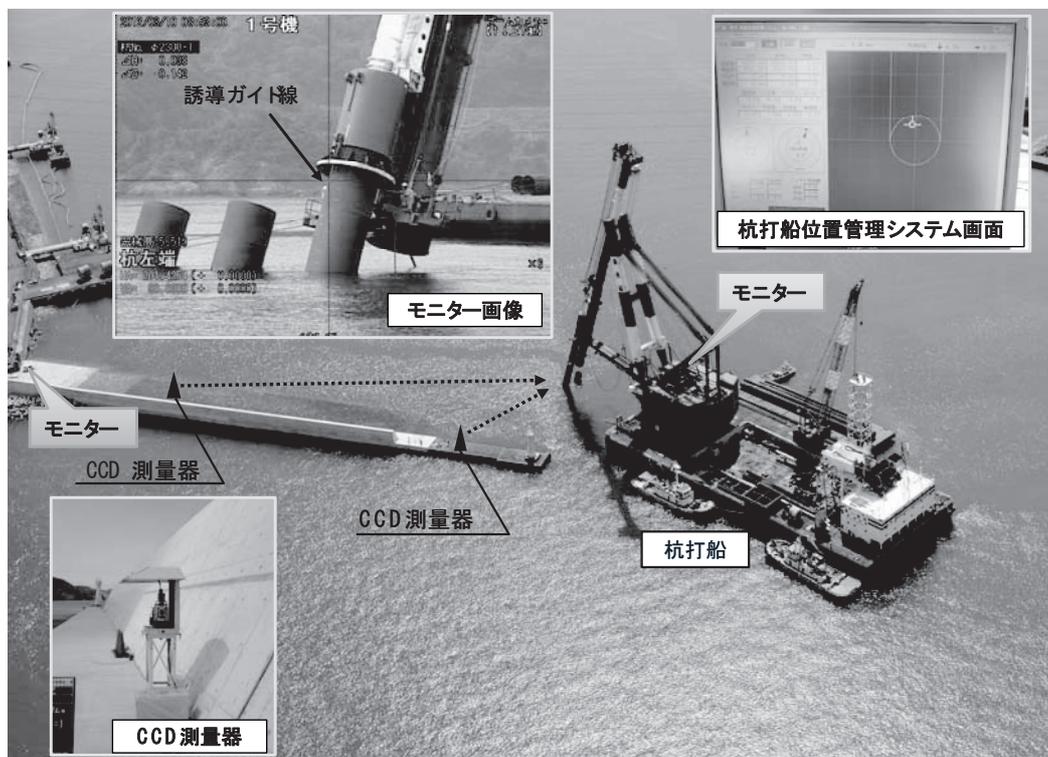


図-5 施工状況

② CCD カメラによる打設管理システムの使用

映像による打設管理システムは、任意の測量位置からの見え方が計画位置に誘導ガイド線がモニター上に映し出されるシステムである。

高感度 CCD カメラ付きトータルステーションを防波堤上に2台設置し、映像は杭打船オペレーター室、及び陸上にモニターを設置して施工を行うことで、リアルタイム映像で確認でき、杭打設情報の一元管理を可能とした。

また、本システムはズーム機能で映像を拡大・縮小でき、点および線で捉えた映像で誘導するため、杭全体の挙動をモニターで確認でき、高精度な位置決めが可能である。

打止め高さ管理は、管理システムだけでは要求された精度が確保できないため、陸上からレベル測量により行った。

測量方法としては、所定の杭長に対してあらかじめ鋼管杭に打止め位置をマーキングし陸上から杭頭高さをレベル測量により求めた。レベルは、鋼管杭方位角に対し直角となる位置にセットし、曲率を考慮した打止め高さに合わせて視準した。

その結果、天端高は許容±5cm以内に対して±4cm以内で施工することができた。(表-1)

杭の傾斜方向及び直角方向からの視準誘導と同等の精度で誘導・確認が可能となった。また、陸上に映像モニターを設置したことで、誘導員以外の者がリアルタイムで打設中の鋼管杭の位置、傾斜等の状況を確認することが可能となった。

その結果、偏芯量は許容100mm以下に対して80mm以下(表-2)、傾斜角度は許容±3°以内

表-1 天端高一覧表(許容±0.05m以内)

杭番号	設計(m)	実測(m)	差(m)
φ2300-1	4.200	4.192	-0.008
φ2300-2	4.200	4.191	-0.009
φ2300-3	4.200	4.162	-0.038
φ2300-4	4.200	4.196	-0.004
φ1500-1	3.500	3.523	+0.023
φ1500-2	3.500	3.503	+0.003
φ1500-3	3.500	3.488	-0.012
φ1500-4	3.500	3.481	-0.019

表-2 斜杭偏芯量一覧表(許容100mm以下)

杭番号	偏芯量(mm)	平均(mm)
φ2300-1	30	56.6
φ2300-2	70	
φ2300-3	65	
φ2300-4	80	
φ1500-1	64	
φ1500-2	42	
φ1500-3	51	
φ1500-4	51	

表-3 傾斜角度一覧表(許容±3°以内)

杭番号	設計(°)	傾斜(°)	差(°)
φ2300-1	20	20.3	0.3
φ2300-2	20	19.8	0.2
φ2300-3	20	19.7	0.3
φ2300-4	20	19.1	0.9
φ1500-1	20	19.3	0.7
φ1500-2	20	19.7	0.3
φ1500-3	20	20.1	0.1
φ1500-4	20	20.3	0.3

に対して±1°以内(表-3)で施工することができた。

4. おわりに

今回、CCD カメラ付きトータルステーションによる誘導方法を使用することにより導材などの定規を設置することなく、要求される施工精度を確保することができた。杭打船が大型船であったため、航跡波等の影響が少なかったことも施工精度の管理に有利な要因であったと思われる。

また、陸上からの視準測量確認によるチェック体制を設けたことにより、建込作業・位置決めを平均40分とスムーズに行うことができ、作業サイクルを順調に進めることができた。