

未改良地盤の沈下管理施工について

東 智博

近畿地方整備局 和歌山港湾事務所 保全課 (〒640-8404 和歌山市湊葉種畑の坪1334) .

和歌山下津港防波堤(外)(2)においては、地盤改良工法を床掘置換工法からSCP工法に見直した関係より、工法境界部に未改良区間が生じていた。この未改良区間の施工において不等沈下の発生が予測されたことから、施工ステップ毎の残留沈下量を推定し、基礎捨石マウンド縦断方向に傾斜をつけ、不等沈下対策を行った。実際に施工を行ったところ、沈下は推定と異なり、ケーソンは水平とはならず、据え付け時とほぼ同様の傾斜した状態となった。

本報告では推定値と異なる結果となった経緯とその原因についての考察を報告する。

キーワード 床掘置換工法、SCP工法、不等沈下

1. 防波堤(外)(2)について

和歌山下津港本港地区に位置する防波堤(外)(2)は、港内の静穏度確保及び船舶航行の安全確保のために計画され、2013年に開口部と基部を除き据付完了、開口部は2013年より施工している。(図-1)

今回施工を行った開口部は、地盤改良方法が、経済比較より床掘置換工法からSCP工法へ転換し、断面変わりの境界部分となっている。

床掘置換層の法面下部については、SCPが貫入不可となったことから未改良部分が残っており、ケーソンを設置するにあたり未改良部分に対する沈下量を考慮した設計を行った。

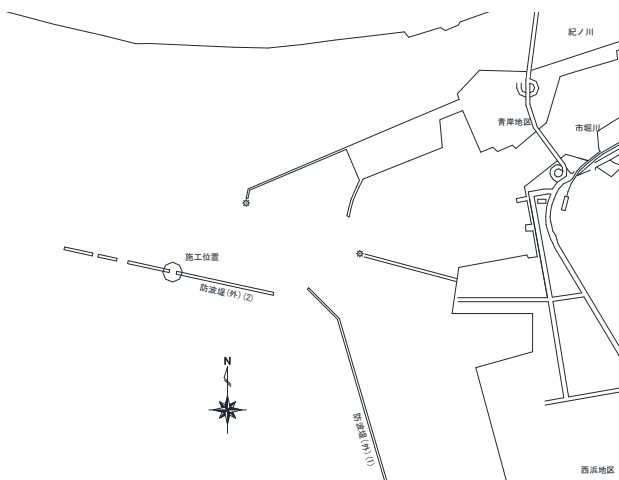


図-1 位置図

2. 施工内容

未改良部分に対する不等沈下に考慮した施工内容としては(図-2 縦断面図)基礎捨石マウンドのケーソン端部直下部分に根固め方塊を敷き、基礎捨石マウンドについても傾斜をつけて造成を行った。

また、沈下促進のため上部工の一部打設、未改良部分の強度対策として横断方向にSCPの打設を行った(図-3 横断面図)

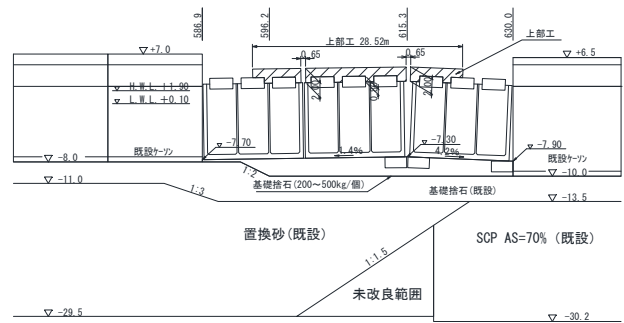


図-2 縦断面図

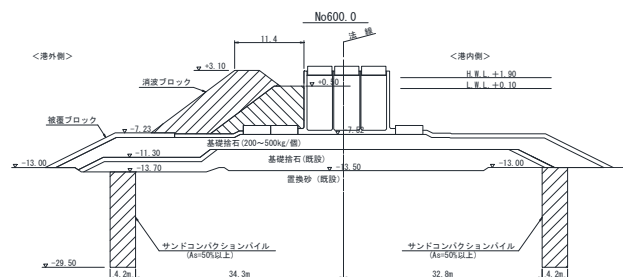


図-3 横断面図

3. 沈下管理

施工管理における沈下管理は図-4に示す通り、ケーソン各函の四隅の天端高さ等について、施工ステップのタイミングにて（ケーソン据付、中詰砂投入、蓋コンクリート打設、上部工打設）継続して測定を行った。

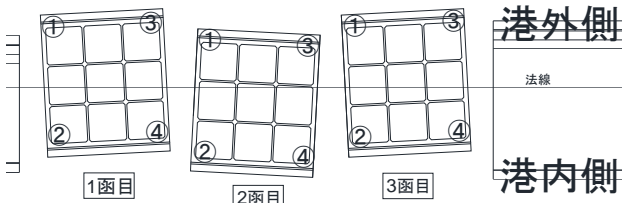


図-4 管理要素

4. 設計時に想定された沈下について

設計における沈下量の算定は、現況の各断面毎に行っている。

沈下計算の大まかな流れは、現在の土層にてモデル化し、現在既に施工済みのケーソン等による外力を土中にかかる応力として反映させている。

計算にて用いられる間隙比 e 、圧縮指数 Cc は一般的に次の式で表わされる。

$$Cc = \frac{(ep - en)}{(\log Pn - \log Pp)}$$

ここでサフィックス p は地盤改良前、 n は地盤改良後のものをそれぞれ表わし、 P は増加応力を表す。

この式を en について解くと、以下のように変形でき、外力条件を与える事で、現在の間隙比を導出することができる。

$$en = ep - Cc \times \log(Pn / Pp) \quad \text{式(1)}$$

導出に用いられる Cc 、 ep は1981年と1996年に行った土質調査における原地盤の土性試験の結果であり、当該箇所における施工履歴は無い状態のものである。

沈下計算に用いる土性試験の結果は、施工が2013年に対し1981年と1996年と古いものであることもあり、2012年に追加ボーリングを行い土性試験を行っている。

ボーリング実施箇所は既施工区間のため、根固め方塊等が存在し実施が困難な状況ではあったが、2点実施する事が出来た。未改良部分は43.1m程の延長であるので、実施本数としては十分な数と言える。

結果としては、未改良部分の粘性土は強度増加傾向に

はあったが、想定以上の沈下があった場合、断面としては危険側になる事から、安全側を考慮して1981年と1996年の結果を用いて、沈下予測を行うこととした。

5. 実際に発生した沈下について

施工においては、図-5のように適宜ケーソン天端高さを計測した。

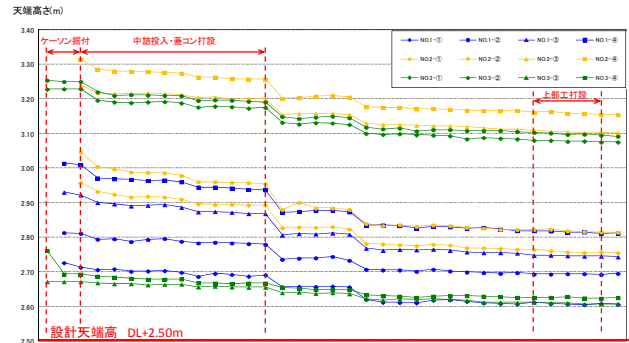


図-5 沈下状況の推移

図-6は、蓋コンクリート打設後50日程度における設計と実際の沈下量の比較である（負は沈下方向を表す）

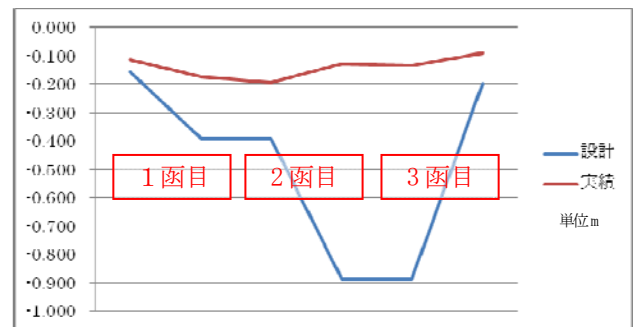


図-6 沈下量比較

設計における予想と異なり、実際の沈下量は未改良部分の大きくなる図の右側方向に行くに従って、沈下量が小さくなっていく傾向となった。

6. 想定との相違要因

設計時に想定された沈下量と、実際に発生した沈下量の相違が生じる要因はいくつか考えられ、以下にそれを列挙する。

(1) 床掘り範囲

当初、床掘り置換砂による施工が行われたが、その出来形が設計よりも大きく、実際にはSCP側にくいこんでいたという可能性がある。（図-7は三次元イメージ図）

過去資料より、出来形と設計を法面中央部にて比較したところ（図-8）確かに出来形は設計より大きかったが、

垂直方向に60cm、水平方向に90cm大きい程度で、沈下予測に大きい影響を与える程ではなかった。

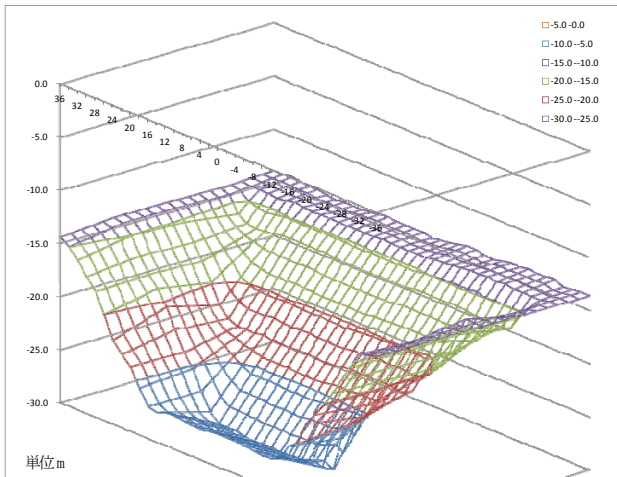


図-7 床掘置換砂出来形

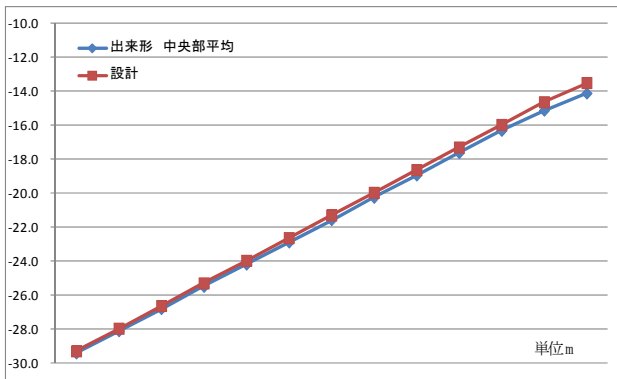


図-8 床掘置換砂 中央部分比較

あたりまで徐々に盛り上がり行く状況となっている。

同様に横断方向の盛上土の実績を確認してみたところ、25%のSCPであっても、縦断方向よりも盛り上がっている。これは周囲も同様にSCP打設が行われる事で、盛上土が拘束され上方向にのみ盛り上がっているためと思われる。

縦断方向が横断方向と比較して盛り上がっていないのは(勾配にして1/2程度)拘束されていない未改良部分に逃れているためであろうと推測する。

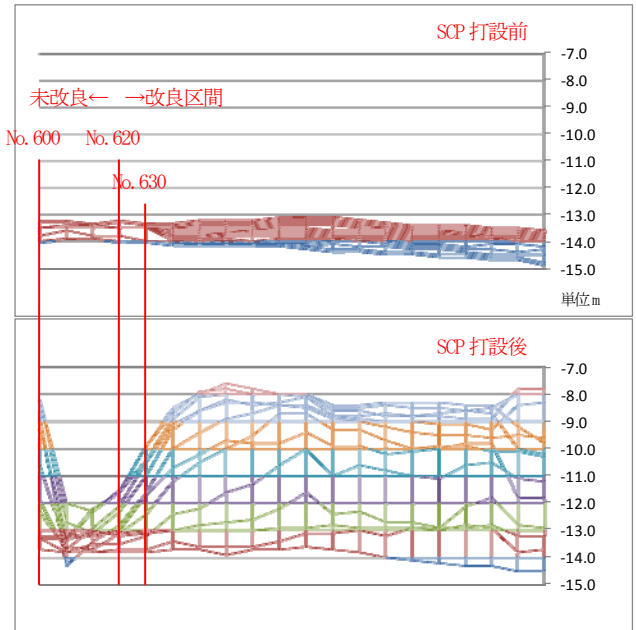


図-10 SCP盛上土 縦断方向

(2) SCP打設範囲

設計においてはSCP打設区間はNo.620～となっているが、実際にはSCP打設範囲が大きく、床掘置換砂側にくいこんでいたという可能性がある。

実際の打設記録(図-9)によると、ほぼNo.620からしか打設できなかった事がわかるため、SCP打設範囲は設計通りと言える。

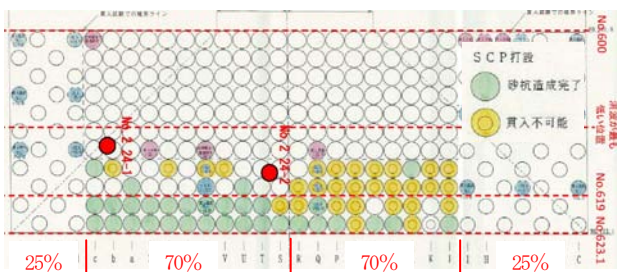


図-9 SCP打設記録

SCP打設範囲の確認のため、SCP打設による盛上土の実績の確認を行った(図-10,11)

SCP打設範囲はNo.620からであるが、盛上土はNo.640

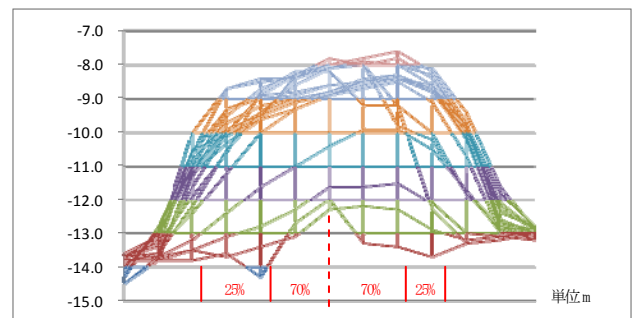


図-11 SCP盛上土 横断方向

(3) 未改良部分の評価

沈下計算における間隙比の算定は4節のとおりであるが、圧縮指数より導出される間隙比は、地盤改良未施工状態から工事の各ステップ完了時の外力条件によって算定される。

これは未改良区間の間隙比としては、原地盤に現在の断面を作ったら、現在はどうか?という考え方になる。

しかし実際には未改良区間の近傍にはSCP打設が行われており、6(2)節でも述べたとおり、SCP打設そのもの

が未改良区間に少なからず影響を与えている事が、実際の記録からもうかがえる。

一般的な沈下予測において、SCPの盛上土による側方圧力や、排水効果による圧密促進、それによる強度増加など、評価を取り込むのが難しい要素があるが、こういった要素によって今回の沈下予測の相違が生じたのではないかと推察する。

7. 相違への対処

当初設計からの現況相違が発生したため、高止まりしている断面の安定に問題が無いかをLWL、HWL、HHWLの各パターンについて照査を行った所、HHWLの滑動についてのみ安定性を確保できない事が判明した。

これについて断面の安定を満たすためには、堤体重量を増やす必要がある事が判明したため、今後施工を行う部分である、上部工の parapet 幅の拡幅を行う事で対処を行い、堤体の安定を保つこととした。(表-1、図-12)

	当初断面	高止まり断面 (対策なし)	高止まり断面 (対策あり)
滑動	1.005 ≥ 1.00	0.991 < 1.00	1.003 ≥ 1.00
転倒	1.528 ≥ 1.00	1.551 ≥ 1.00	1.558 ≥ 1.00
ビショップ法	1.369 ≥ 1.00 (P=483.231kN/m ²)	—	1.383 ≥ 1.0 (P=433.959kN/m ²)
円弧	港内側 1.005 ≥ 1.00	—	1.001 ≥ 1.00
すべり	港外側 1.029 ≥ 1.00	—	1.024 ≥ 1.00

表-1 HHWL安定性照査結果

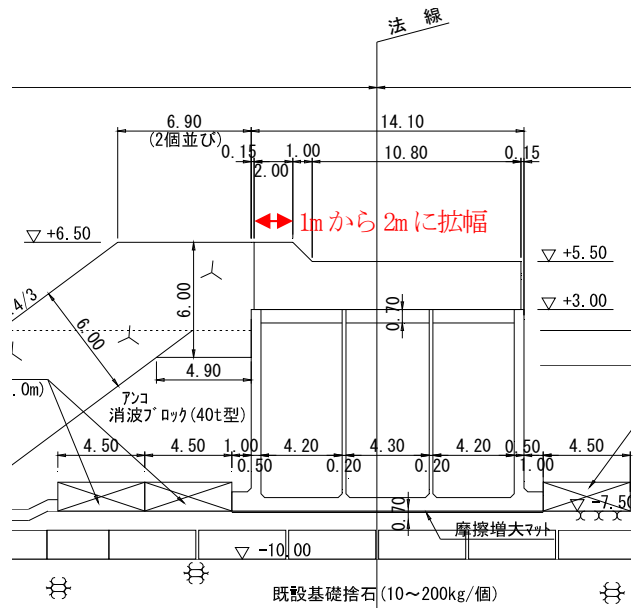


図-12 対策後断面図

8. 今後への課題

本施設は長期の事業期間を要する施設であるが、断面変わりという特別な現場条件によって、予想しない状況が生じたものである。

本事例は、事前に各状況毎の想定と、随時の状況把握があったため、的確な対処ができたと考える。

今後も、特別な現場条件等が確認された場合は、事前の想定と、随時の状況把握を行う事が、重要と思われる。

参考文献

- 平成 23 年度 和歌山下津港(本港地区)防波堤(外)基本設計報告書