

Ⅲ－26 低改良地盤に構築されたケーソン式岸壁の変形解析

独立行政法人 港湾空港技術研究所 正会員 北詰昌樹
国土交通省 仙台港湾空港技術調査事務所 法人会員 渡邊 孝
株式会社日建設シビル 正会員 ○村木 高

1. はじめに

石巻港雲雀野地区においてコスト縮減を目指して基礎地盤を低置換率SCP改良（以下、低改良）として設計したケーソン式岸壁において、背面埋立を含めて主要な工事が平成16年9月までに完了した。低改良の場合にはある程度の地盤変形が生ずることから、FEMによる変形予測解析や動態観測による情報化施工を併用し地盤挙動を分析評価する必要がある。

本論文はこの一連の工事を通じて実施したFEMによる変形予測解析について報告するものである。

2. 地盤条件及び標準断面

当該地盤は KP-60m の基盤上に厚く粘土層が堆積している。KP-30m までの上部沖積粘土層（Ac1）は圧縮性が高く、KP-30m～60mまでの下部沖積粘土層（Ac2）は部分的に砂層が挟在する過圧密な粘土である。

本ケーソン式岸壁は前面水深-13mであり、ケーソン、基礎割石、裏込割石、SCP改良体で構成されており、改良範囲及び改良仕様をおさえた改良断面となっている。KP-18m～30mはSCP改良率 $a_s=75\%$ 、KP-30m～45mはSCP改良率 $a_s=25\%$ とし、それ以深は未改良となっている。背面の埋立地盤は裏込割石直下を除いて、KP-30mまでバーチカルドレーン工法による圧密促進対策が実施されている。標準断面を図1に示す。

なお、情報化施工に備えて地盤挙動を把握するため適切に計測機器を配置している。解析に用いた地盤定数を表1に示す。

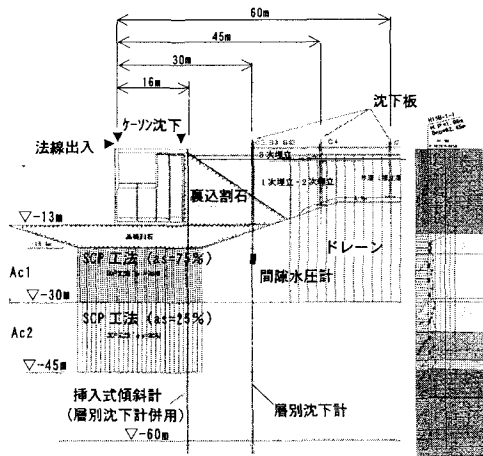


図1 標準断面図

表1 解析用地盤定数

	圧縮指数 λ	間隙比 e_0	P_c-P_0 (kN/m ²)	ポアソン比 μ
Ac1	0.521	2.2	0	0.33
Ac2	0.521	1.2	70	0.33
SCP $a_s=75\%$	0.130	2.2	0	0.33
SCP $a_s=25\%$	0.213	1.2	70	0.33

$\lambda=0.434C_c$, $\kappa=1/10\lambda$, P_c-P_0 : 粘土の過圧密応力を示す。

3. 工事工程

平成10年度に検討対象断面のケーソン函体を据付け、その後の主な工事の概略工程は表2の通りである。背面の埋立造成工事は裏込工完了後、1次埋立（バーチカル直投）及び2次埋立（ダンプ直投）を実施し、その後、陸上からドレーンを打設した後、最終の3次埋立工事を実施している。

表2 概略工事工程

	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度
工事工程	裏込工 バーチカル直投	1次埋立	2次埋立 ダンプ直投	3次埋立 ダンプ直投 完成引渡し予定 舗装工
変形の動静予想	変形が大きい時期	変形が大きい時期	特に変形が大きい時期	

4. 解析手法及び解析結果

変形予測解析は2次元FEM解析プログラム（修正Cam-clayモデル）を用いて検討した。粘土の圧縮特性や排水条件など様々な地盤のばらつきを評価するために、変形に関する地盤定数にある程度の幅を見込んで検討を進めることとし、圧密試験の結果を参考にして膨潤指数 κ を地盤のばらつきの指標として定めた（ $\kappa=1/5\lambda\sim1/20\lambda$ の範囲でケーススタディ実施）。

図3には岸壁法線から30mと45m地点における沈下量の経時変化を、図4には岸壁法線から16mの地点における水平変位の深度分布を示し、予測値と実測値を併記した。予測値は実測値を概ね適切に予測している。図4よりドレーン打設後において、埋立荷重増大により地表面が急激に背面側に変位している。

図5は円弧すべり安全率（予測値）の経時変化を示しており、ドレーン打設～3次埋立において、ドレーン打設直後に急激に安全率の低下が生じ、3次埋立が完了した時点で最小安全率となる。粘土に大きなせん断変形が生じた場合、粘土の強度低下が発生することを考慮し、残留強度を100%～0%として円弧すべり解析を行い、安定性を確認した。3次埋立完了後は圧密進行による地盤の強度増加により、徐々に安全率が回復すると予想される。

5. まとめ

- ・FEMによる変形予測解析は実測の地盤挙動と概ね一致する妥当な結果が得られた。変形の特徴はドレーン打設及び3次埋立以降、急激に背面地盤の沈下が進行するとともに、地表面が背面側にひきずりこまれるような挙動を示した。
- ・ドレーン打設～3次埋立完了までの期間は地盤の安全率が急激に低下しており、この期間中は動態観測を密に行う等慎重な対応を要する。
- ・ある程度の変形を許容した構造物を構築する場合の安定管理には、地盤変形を考慮した安定解析が重要であると考えられる。

最後に本件は、宮城県及び国土交通省東北地方整備局塩釜港湾・空港整備事務所の御協力をいただき、変形予測解析を実施したものである。多大なご協力をいただいた関係各位に感謝申し上げます。

参考文献）港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成11年4月 日本港湾協会

低改良地盤に構築されたケーソン式岸壁の動態観測及び情報化施工 平成17年土木学会東北支部技術発表会（投稿中）

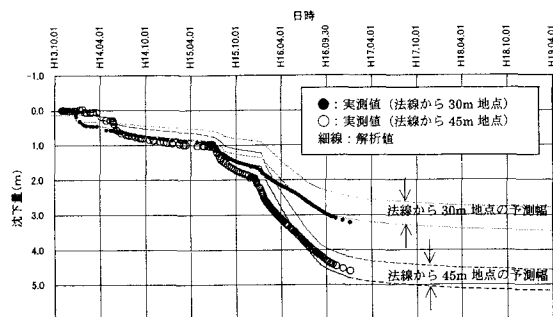


図3. 沈下量の経時変化

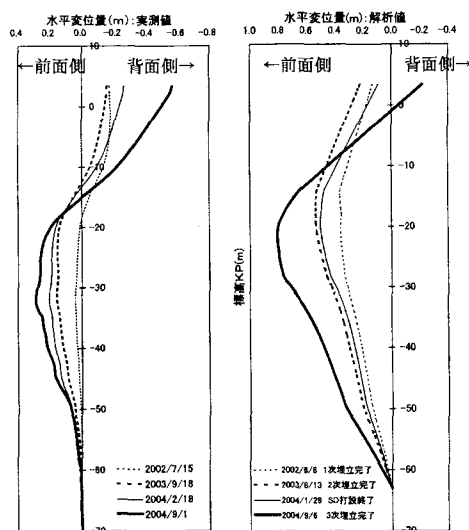


図4. 水平変位の経時変化（岸壁法線から16m）

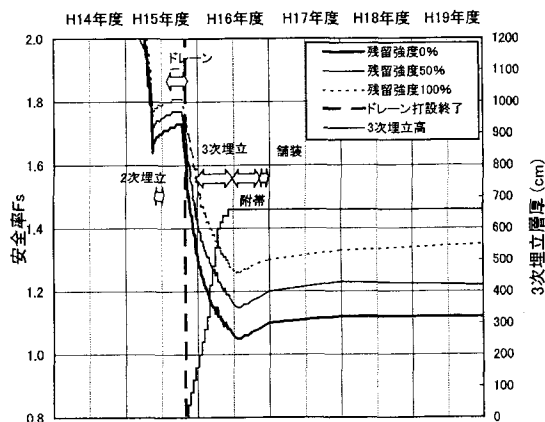


図5. 円弧すべり安全率の経時変化