

軟弱地盤の埋立における変形・沈下計測結果について

四国電力（株）橘湾火力建設所 正会員 岩原 廣彦
正会員○武田 啓二
正会員 高橋 利昌

概要 徳島県阿南市の橘湾に建設中の橘湾発電所の敷地造成工事は、埋立部の海底に厚さ7～15m程度の軟弱な粘性土が堆積していることから、埋立においては、この粘性土層のすべり・大変形を抑制する目的から、3段階に分けて埋立を行った。1次埋立は簡易フローティングコンベアシステムを用いた「薄層まきだし工法」による海面埋立を行い、一定の放置期間を経た後、ブル押しによる2次・3次埋立を行った。

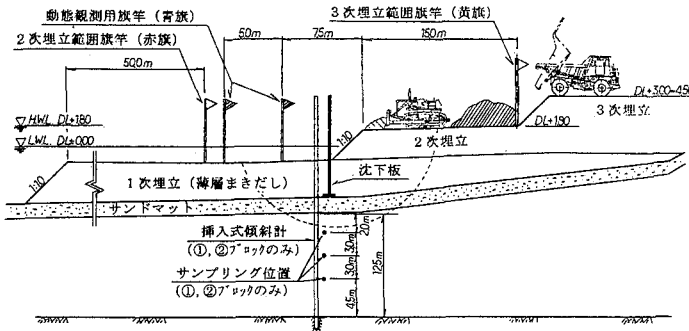
2次埋立に際しては、FEM解析結果に基づく水平変位管理基準値を設定し、挿入式傾斜計を用いた計測管理を行うとともに、音響測深等の動態観測を併用して粘性土層の挙動を監視した結果、無事に埋立を完了することができた。本報告は、その管理方法ならびに計測結果について述べるものである。

1. はじめに

埋立工事は、当海域が「瀬戸内海環境保全特別措置法」の適用海域であるとともに、埋立部の海底には軟弱な粘性土が堆積していることから、堆積粘性土層の圧密促進を目的とするサンドドレーン(φ400mm, ctc 2.0m)を打設した後、護岸を概成させ、その後海面埋立を行うことにより、周辺海域の環境保全を図ることとした。このため、サンドドレーンの破壊誘因となる粘性土層の大変形・すべりが生じない埋立計画とする必要があり、関西新空港での埋立実績を参考として、以下の3段階埋立計画とした。

- ①. 1次埋立は、2次埋立までの放置期間における粘性土層の強度増加に必要な圧密促進のための先行荷重と、2次埋立の際の押さえ盛土を兼用させ、海上から「薄層まきだし」を行うこととした。
- ②. 2次埋立は、1次埋立完了後に必要な期間（2ヶ月間）放置し、粘性土層の強度増加状況を確認した後、陸側より海面に向けて片押しを行い、3次埋立の際の押さえ盛土とすることとした。
- ③. 3次埋立は、陸上での片押し施工によりDL+3.0mまで埋立を行うとともに、所定の地盤高（DL+4.5m）まで仕上げ埋立を行うこととした。（図－1）

なお、これら1次・2次埋立の高さは、表－1に示すすべり安定検討結果に基づき決定した。



図－1 2次・3次埋立作業概念図

	1次埋立		2次埋立		3次埋立	
CASE	埋立厚(m)	安全率	埋立高	安全率	埋立高	安全率
1	2.00	1.59	DL+1.8m	1.41	DL+3.0m	1.79
2	2.00	1.98	〃	1.24	〃	1.63
3	3.00	2.88	〃	1.38	〃	1.31
4	4.00	2.32	〃	1.65	〃	1.31
5	4.00	2.29	〃	1.34	〃	1.20

表－1 すべり安定検討結果

2. 水平変位管理基準値

2次埋立の際には大変形・すべりの発生が懸念されることから、すべり安全率が最も低いケースについて2次元非線形FEM解析（Duncan-Changモデル）を行い、得られた変形量に基づき、粘性土層の水平変位管理基準値（ΔX）を設定した。その結果、水平変位管理基準値は、最終ステップにおける最大変位量に基づき12cmとした。なお、この水平変位管理基準値（ΔX＝12cm）は、せん断ひずみγcに換算すると、γc≒1％となり、三軸圧縮試験結果から得られる破壊時せん断ひずみに対して安全裕度を有している。（図－2）

3. 水平変位測定

2次埋立の本施工に先立ち①、②ブロック（図－3）において試験施工を行い、「挿入式傾斜計」による埋立地盤内の水平変位測定を行った。

その結果、1次埋立天端における水平変位量は約10cmであったが、粘性土層表面の変位は3cm程度と管理基準値 ($\Delta X=12\text{cm}$) 以内であり、粘性土地盤のすべり・大変形が生じていないことが確認できた。(図-4)

4. 施工管理

2次埋立においては、粘性土層内の大変形・すべり発生が最も懸念されるが、閉塞海域への海面埋立に伴い海域が濁っているため、海中の目視による確認は非常に難しい。そこで、本施工にあたっては、濁水中でも可能な管理手法として精密音響測深による深浅測量と旗竿(青旗)を利用した視覚的観測を併用して、監視することとした。なお、2次埋立は旗竿(赤旗)により2次埋立限度範囲を明示し、1日当り幅約100m、海面側への押土距離約5mを標準として施工した。(図-1)

5. 沈下測定

9ブロックの埋立区域において、薄層まきだし施工前に沈下板を設置し、各ブロック毎の埋立進捗に伴う沈下計測を行った。図-5に計測された沈下曲線の例を示す。これによれば、所定の高さ(DL+4.5m)の埋立完了後5ヶ月程度で沈下はほぼ収斂しており、残留沈下(予想最終沈下量と実測との差)は1cm未満となっている。

また、図-6に示す実測沈下曲線のカーブフィットによる体積圧縮係数:mvと圧縮係数:Cvの組み合わせによれば、mv, Cvともに設計値と比較して若干高めではあるが、理論式 $mv = k \cdot Cv / \gamma_w$ ($\gamma_w=10^{-3}\text{kg/cm}^3$, $k=10^{-7} \sim 10^{-8}\text{cm/sec}$)より算定した範囲内にあると言える。

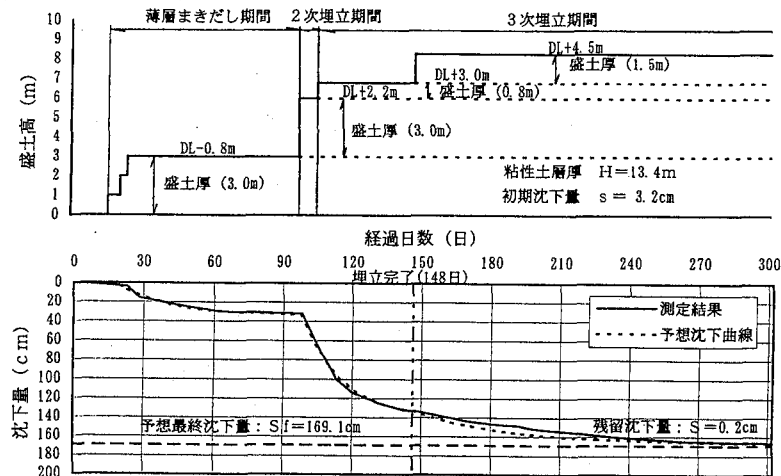


図-5 沈下計測結果(⑥ブロック)

6. おわりに

埋立工事は、軟弱な粘性土層が厚く堆積し、かつ小水深の閉塞海域における埋立であったが、平成7年11月の埋立開始以降順調に進捗しており、昨年11月末に主要区域の埋立竣工認可を受領し、本年5月予定の最終埋立竣工に向けて最終段階に入っている。最後に、本工事の関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

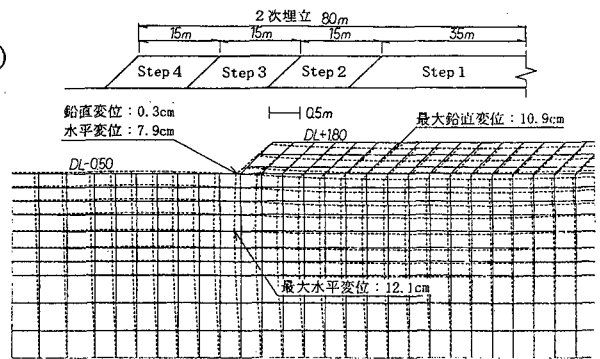


図-2 FEM解析による変位量図

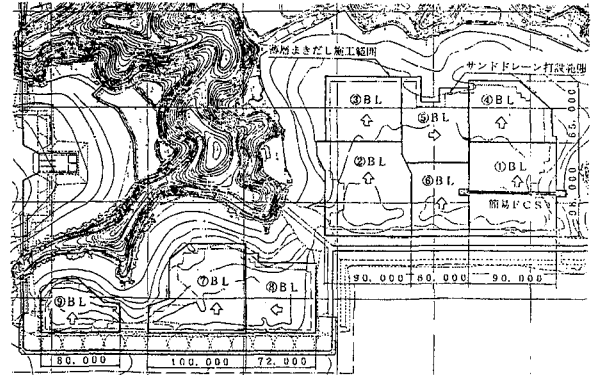


図-3 埋立区域ブロック図

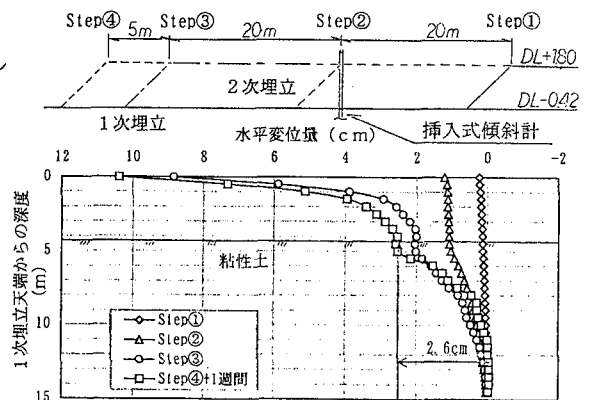


図-4 挿入式傾斜計測定結果

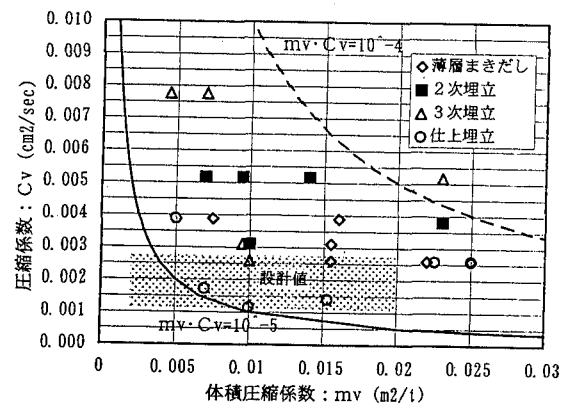


図-6 Cv-mv関係図