

簡易フローティングコンベアを使用した薄層まきだしの施工実績 Results of the Execution of Thin-layer Spreading by the use of a Simplified Floating Conveyor

岩原廣彦*・武田啓二**・田中鉄雄***・池内純夫****・尾崎美伸***

Hirohiko Iwahara, Keiji Takeda, Tetsuo Tanaka, Sumio Ikeuchi and Yoshinobu Ozaki

In the course of a step-by-step reclaiming work on the soft ground having cohesive soil ranging from 10m thick to 20m thick, a thin-layer spreading operation was conducted as a method for the first-stage reclaiming, using a simplified floating conveyor system placed above the sea. This system had features such as drawing light and being capable of adjusting the body length flexibly, which proved to be very effective in a reclaiming work of the region where the site is confined and shallow. Also, this method could prevent the sliding failure of spreading work, and made the favorable constructive precision possible.

Keywords: step-by-step reclaiming, floating conveyor system, thin-layer spreading

1. はじめに

橋湾発電所は、徳島県阿南市小勝島に四国電力(株)と電源開発(株)が共同で立地する発電出力 280万kWの石炭火力発電所である。本工事は、その土木工事の内、地山切取部11haと埋立地14haを合わせた約25haの発電所敷地を造成するものである。

埋立予定範囲には、海底に厚さ10~20mの軟弱粘土層(N値0~1)があり、埋立地全面に圧密促進のためのサンドドレーンが既に施工されている。この部分をブルドーザ等により片押し施工を行うと、盛土端部でのすべり破壊により、サンドドレーンを破壊することになる。このため、押え盛土ならびに圧密促進・強度増加を目的に段階施工の一次埋立として、まず海中部に薄い層でまきだしを行うこととなった。

薄層まきだしの工法としては、通常は底開バージ、ストーンフェリー等が用いられるが、

①埋立地の護岸で締切られた閉鎖海域である。

②水深が2~5mと浅い。

③まきだし厚さの管理が難しい。

等の理由により、吃水が小さく、組立解体が可能な簡易フローティングコンベアシステム(以降FCS)を採用した。簡易FCSを用いて本格的な埋立工事を行った例は、国内初である。

当工法により厚さ1mの帯状のまきだしを埋立地全域に4層行い、非常に精度の良い一次埋立を施工することができた。また、その後の二次埋立もサンドドレーンに影響を及ぼすことなく、無事埋立を完了することができたので、その事前検討、施工実績について報告する。

2. 工事概要

(1) 全体工事概要

工事名: 橋湾発電所新設敷地造成工事

発注者: 四国電力株式会社

工期: 1995(元 7). 2. 1 ~ 1997(元 9). 6. 30

工事場所: 徳島県阿南市橋町小勝島

工事内容: 岩石切取土量 540,000m³

土砂切取土量 440,000m³

一次埋立土量 150,000m³

二、三次埋立土量 690,000m³

(2) 地質概要

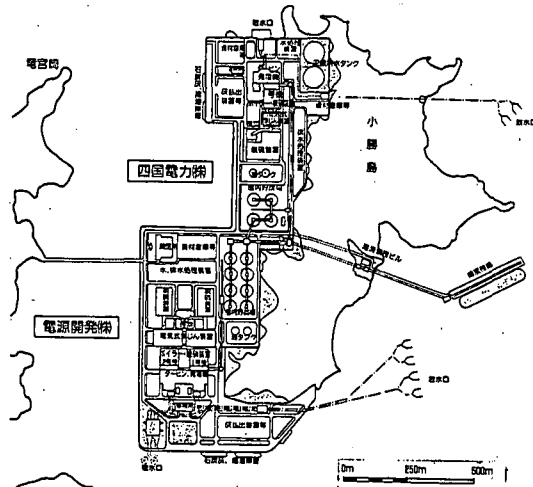


図-1 発電所計画平面図

*正会員 四国電力(株) 橋湾火力建設所 土木第二課

**正会員 四国電力(株) 建設部 計画課

***正会員 鹿島建設(株) 橋湾総合出張所 (〒774 阿南市橋町南新田10-30)

****正会員 住友建設(株) 橋湾作業所

埋立地の地質柱状図を図-2に示す。図に示す様に粘性土層が厚く、埋立により2m程度の沈下が予想された。

3. 基本計画

(1) 事前検討

施工に先立ち、段階施工に伴う地盤の安定に関して検討を行った。土質条件については、発注者による既存の地質調査に基づき設定した。

当海域の潮位差は最大2mあり、吃水の小さい簡易FCSを用いて極力高い位置まで一次埋立を行っても二次埋立の盛土高が2mを超えるため、二次埋立施工時の安全

率 $F_s=1.2$ を確保することができない。そこで粘性土の増加粘着力に着目し、粘性土層の強度増加を待ったために、一次埋立施工後に放置期間をとることを提案した。

放置期間の設定については、下式に従って検討した。

$$\Delta C = m \cdot U / 100 \cdot \Delta P \cdot a$$

ΔC : 増加粘着力(tf/m^2) m : 強度増加率($=0.25$)

U : 圧密度(%) ΔP : 薄層まきだしによる増加荷重(tf/m^2)

a : 強度発現の遅れを考慮した係数(0.9)

上式において、 U (圧密度) はサンドドレーン ($\phi 400$, ctc2.0m) の圧密促進効果により、2ヶ月で60%の圧密が完了することになる。この値を代入すると0.270~0.540 (tf/m^2) の粘着力の増加が期待でき、既設サンドマット ($t=1\text{m}$ 、5ヶ月放置) による増加0.205(tf/m^2) を加えると、安全率 $F_s=1.2$ を満足する。(表-1、図-3)

この結果より、一次埋立施工完了後2ヶ月の放置期間をとり、二次埋立を施工することとした。

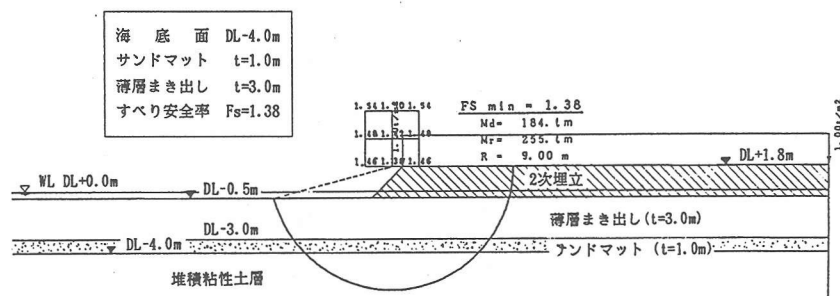


図-3 検討断面の一例

(2) 工程検討

当工事は総埋立面積のうち約3分の2に相当する範囲が、平成8年11月に行われる埋立検査の対象となるため施工が急がれていた。地盤安定に関する安全率を確保するためには、約25万 m^2 の薄層まきだしを行う必要があり、工程に余裕が無く、コスト低減にもつながることから、薄層まきだし量(高さ)の低減を提案する必要がある。

当初の検討では、数少ないボーリングデータの結果から設計土性値を推定したため、地盤安定に関する所要安全率が $F_s=1.2$ と高い設定となっている。他工事の事例では $F_s=1.1$ で検討しているケースが多く、所要安全率を低減するために、以下の方法



写真-1 埋立地全景

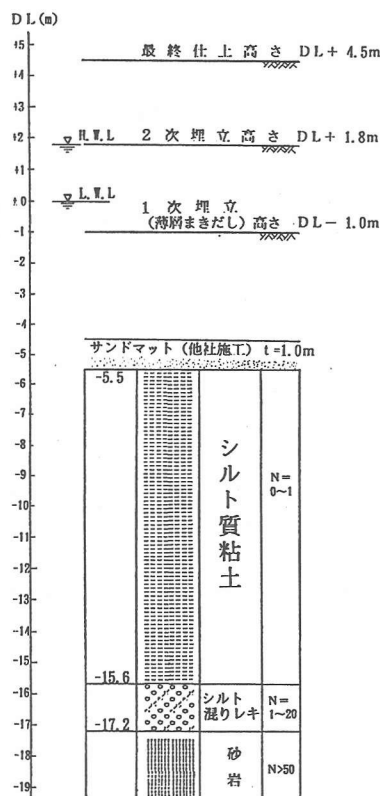


図-2 代表的な地質柱状図

表-1 検討結果一覧表

原海底地盤高	一次埋立厚さ	二次埋立時の最小安全率 F_{s1}	2ヶ月放置後の増加粘着力	二次埋立時の最小安全率 F_{s2}
DL-2.5m	2 m	1.04	0.475 (tf/m^2)	1.41
DL-3.0m	2 m	1.01	0.475 (tf/m^2)	1.24
DL-4.0m	3 m	1.03	0.610 (tf/m^2)	1.38
DL-5.0m	4 m	1.13	0.610 (tf/m^2)	1.65
DL-6.0m	4 m	1.01	0.745 (tf/m^2)	1.34

F_{s1} ——増加粘着力を考慮しない場合

F_{s2} ——増加粘着力を考慮した場合

を提案し施工を開始した。

- ①薄層まきだしの範囲を9分割して行うが、最初の1ブロックをまきだした後、放置期間2ヶ月の段階でチェックボーリングを行い、粘性土層の強度増加を確認する。
- ②2ブロック以降では、まきだし厚さを1m（1層）減少させて施工を行い、2ブロックでチェックボーリングを行い強度確認後、二次埋立を開始する。
- ③二次埋立施工時の地盤の健全性の確認として、代表位置に挿入式傾斜計を設置し、許容水平変位内であることを確認する。許容変位については、FEM解析によって求めた。

(3) 原位置採取資料の試験結果

①②における一軸圧縮試験から求まる粘着力を図-4に示す。1, 2ブロックともに粘性土層表層部2~3mは所要の改良効果が得られており、安定計算を再度行った結果 $F_s=1.1$ 以上を得、最後の1層の薄層まきだしをとりやめ、二次埋立を行うことになった。この結果薄層まきだし量は約3分の1減少して約15万 m^3 となり、工期短縮、コスト低減に対して多大な効果を得ることになった。

(4) 二次埋立施工中の地盤の安定について

FEM解析より求まる二次埋立施工時の地盤の最大水平変位量計算結果を図-5に示す。

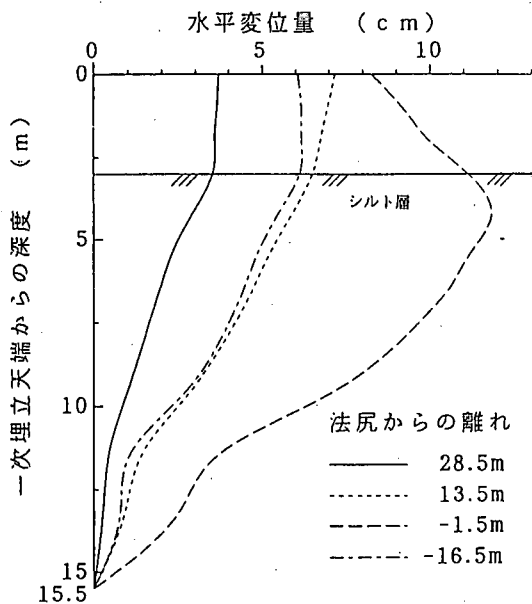


図-5 FEM解析による最大水平変位

4. 施工実績

(1) 簡易FCS

簡易FCSの概要を図-7に示す。

簡易FCSは、長さ10mのフロート台船11基で構成し、総長110m、まきだし可能範囲90mとした。投入は3 m^3 BHで行い、8 m^3 ホッパーに投入した。スクレーパ台車はフロート上を低速走行し、台車上に45°で配置されたせき板によって、ベルコン上の土砂を海中に投入させる。スクレーパの走行は陸上側の操作盤で集中管理し、任意の場所で始動、反転停止を行うことを可能とした。本体はアンカーで4

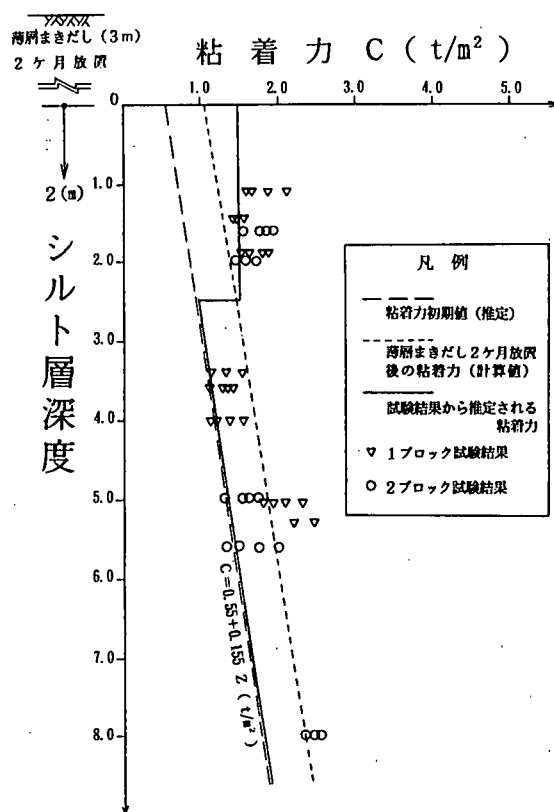


図-4 粘性土層の強度増加

この結果をふまえ、二次埋立施工中のサンドドレーンの健全性の評価として、水平変位量の管理基準値を12cm（すべり安全率 $F_s=2.0$ ）と定め、1, 2ブロックに設置した挿入式傾斜計でリアルタイムで測定しながら二次埋立を行った。実施工では二次埋立を慎重に行うため、ブル押しの距離を5mまでに制限し、5m毎に測定した。測定結果は、図-6に示す様に管理基準値以内となり、破壊の生じていないことが実証された。

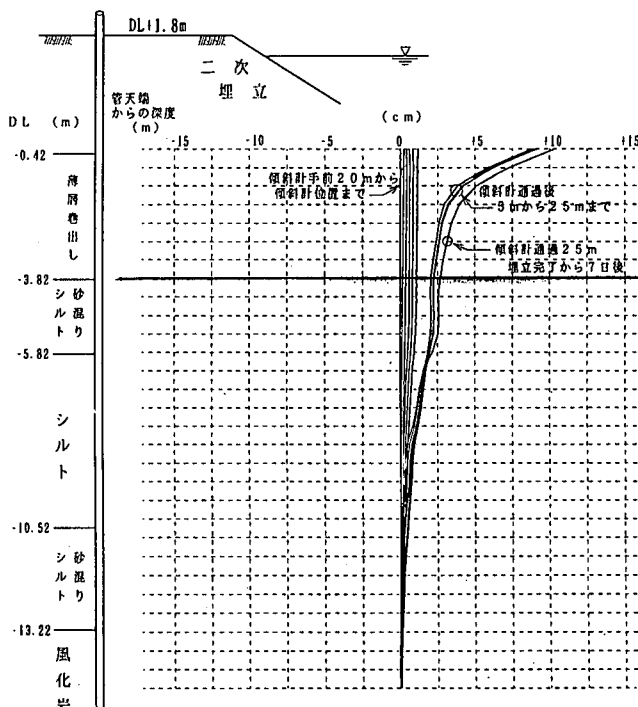


図-6 挿入式傾斜計測定結果

点係留し、フロート上の操船ウインチで横移動を行った。

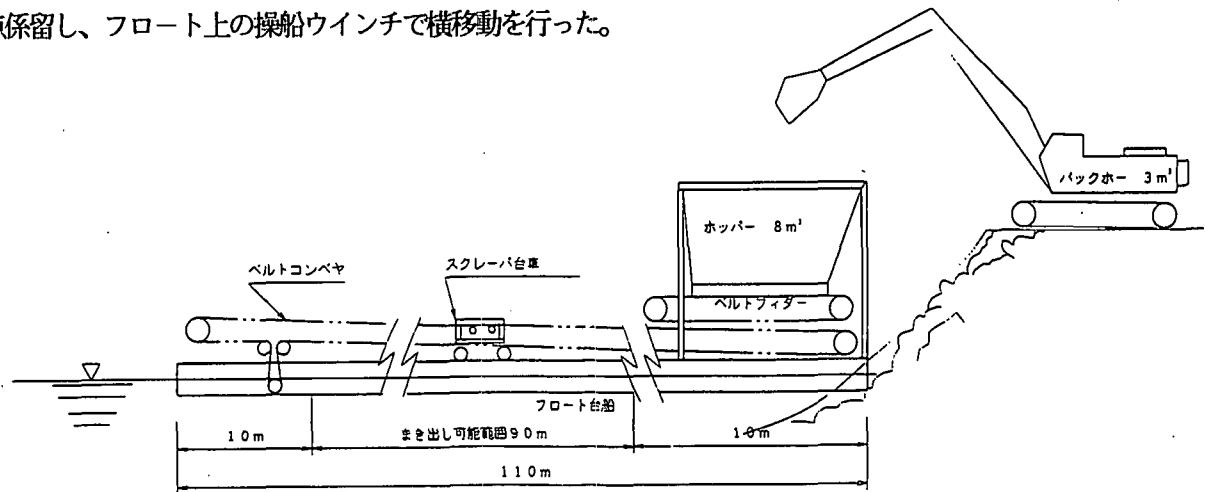


図-7 簡易FCS概要図

(2) 施工概要

図-8～10に施工平面、断面図を示す。層数は海底地盤高により異なるが、3～4層の範囲がほとんどである。各ブロックの施工数量を表-2に示す。

(3) 試験施工

1) 目的

厚さ1mの均一な平面状にまきだしを行うためには、下記の3点の問題を解決することが必要となる。

- ①土砂の供給量を一定に保つこと。
- ②土砂の供給が途中で停止しないこと。
- ③水中部でのまきだし状態の把握。

①に対して、ホッパーの下に引き出しベルコンを設置し、ホッパー内の土砂の量にかかわらず、一定量を搬送ベルコンに供給できる様にした。

②に対して、引き出しベルコンの引き出し能力を、バックホウの積込能力以下に調整することによって解消される。

③に対して、スクレーパーが往復する間にできる細長い土砂の山(1レーン)の形状は、スクレーパーの移動速度に左右される。この形状を把握し、各レーンの離隔距離、すなわち簡易FCS本体の移動間隔を決定する必要がある。

2) 試験結果

②③を把握するため、施工初期段階で試験施工を行った。まず、バックホウの積込能力と最もバ

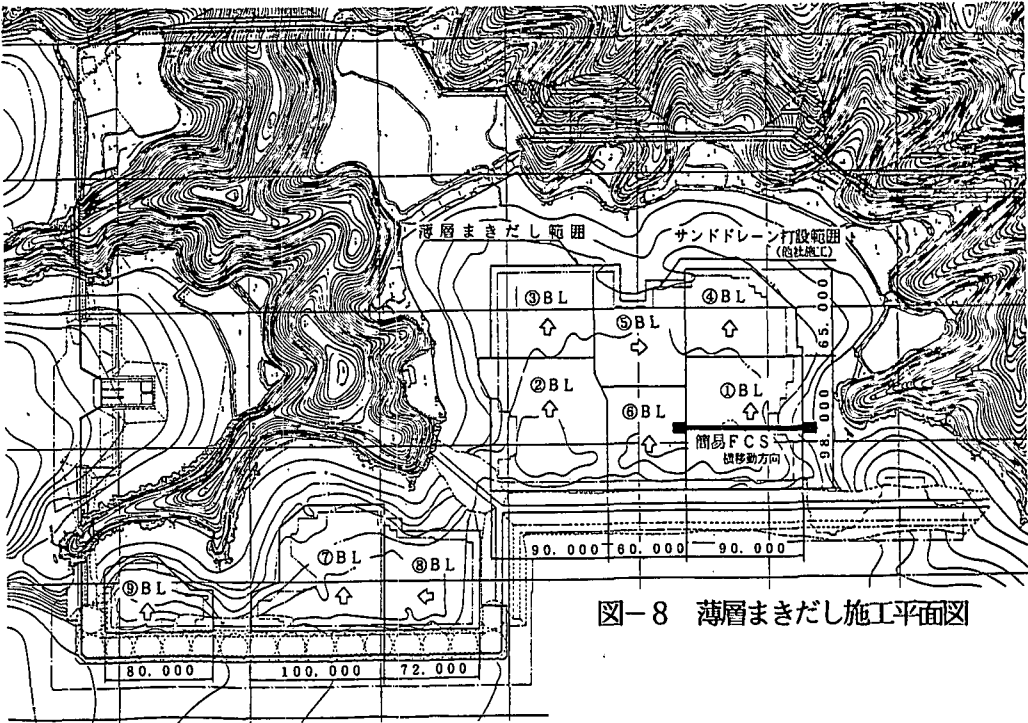


図-8 薄層まきだし施工平面図

表-2 埋立工事施工数量

単位: m³

区域	ブロック	一次埋立 (薄層まきだし)	S D 上の 二次三次埋立	S D 上以外の 二次三次埋立
B 3	①	26.000	10.000	212.000
	②	17.000	37.000	
	③	12.000	34.000	
	④	11.000	32.000	
	⑤	14.000	44.000	
	⑥	17.000	62.000	
C 2	⑦	26.000	43.000	64.000
	⑧	17.000	51.000	
	⑨	10.000	29.000	
その他		0	0	72.000
計		150.000	342.000	348.000

ランスする引き出しコンベアの速度は $V=20\text{m/min}$ であることが分かり、この速度を固定した。

次に、1レーンの山の形状を把握するため、1レーンまきだし後音響探知器で測量した。図-11に示す様に、サンドマット上にまきだされた形状は、当初の予発生によるものと推察される。

この結果より、FCSの移動間隔を1.5m、2.0mの2案に定めた。

最後に、図-12の実線部に示す様に、実際に本体を横移動させ、15レーン連続でまきだしを行った結果、凹凸の無い平面的な形状が測定された。また破線で示す様に、スクレーパ移動速度を3パターンで行い、平均まきだし厚さを測定した結果、図-13に示す様な相関が得られ、これより厚さが1mちょうどになる速度を推定した。

以上の約2週間にわたる試験結果から工程検討を行った結果、横移動回数の少ないレーン間隔2.0

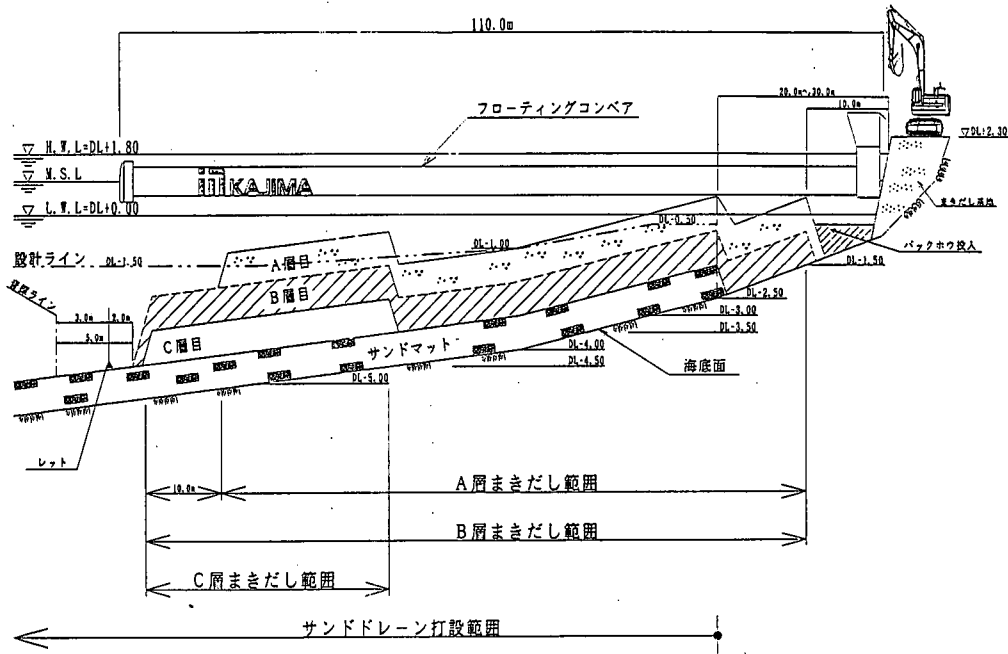


図-9 薄層まきだし施工断面図

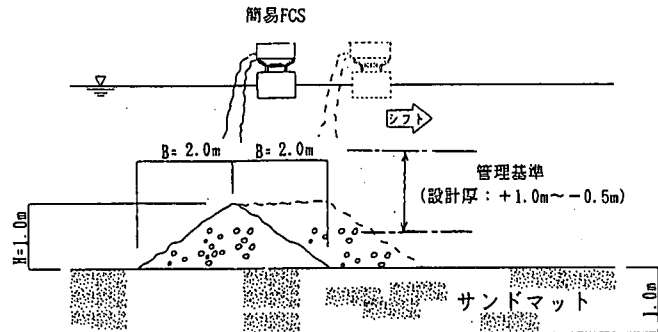


図-10 薄層まきだし状況図

m案が採用された。この場合のスクレーパの移動速度は図-13より $V=4.0\text{m/min}$ で行った。

(4) 工事経過

平成7年11月から平成8年6月の計8ヶ月間で、まきだし総土量約15万 m^3 、総レーン数1,029、スクレーパ台車総走行距離152,255mの施工を無事完了した。施工精度は予想以上に良好で、全面にわたる音探測量の結果、最終仕上高さは+50cm、-0cmの範囲に収まり、均一で平面的な形状のまきだしを行うことができた。写真-2, 3に施工状況を示す。

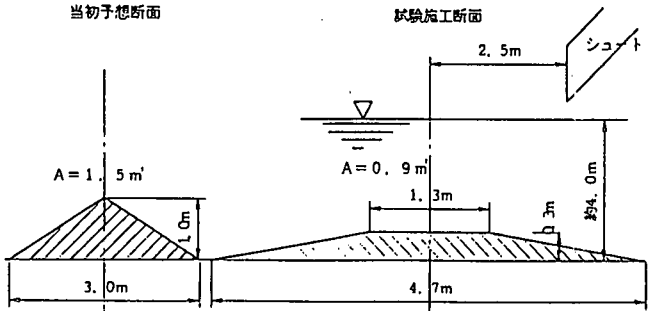


図-11 まきだし土砂断面形状図

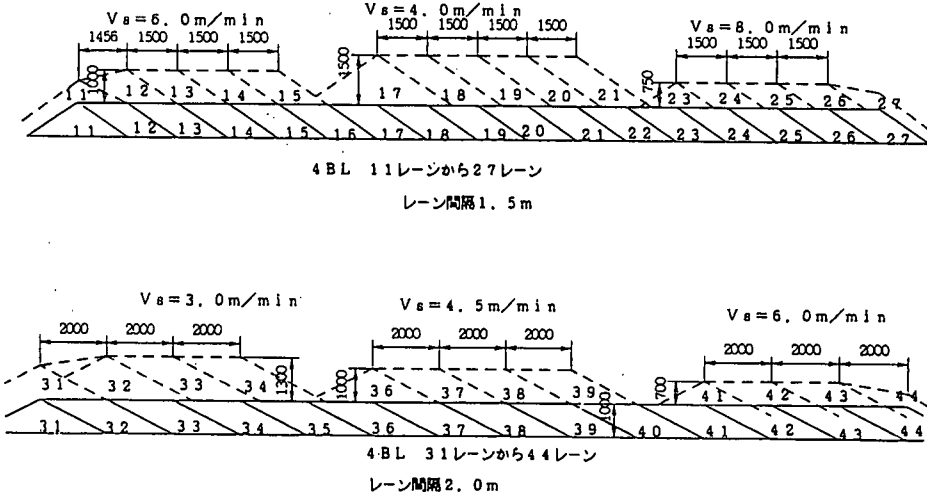


図-12 まきだし試験概要図

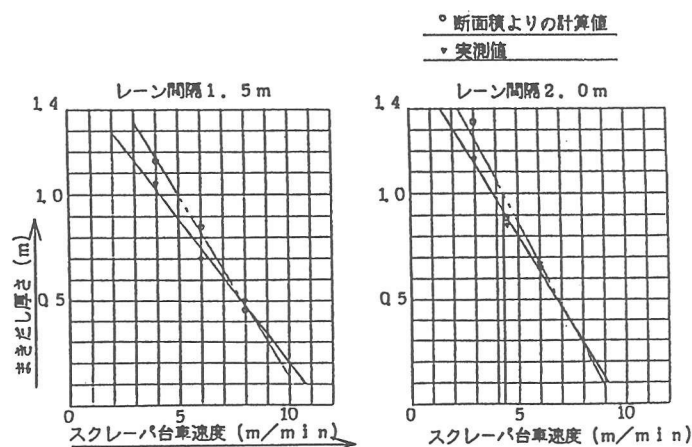


図-13 スクレーパ移動速度

6. むすび

薄層まきだしの施工後、2ヶ月遅れで二次埋立がスタートし、平成8年8月に全て完了し、その後の圧密状況も順調である。(写真4)

簡易FCSは、フロートを分解してトラックで運搬でき、軽量につき組立も容易である。また全体長を自由に変更でき、シフトもウィンチ操作により簡単に行うことができる。狭くて閉鎖された区域や水深の浅い部分の埋立に非常に有効な工法であると思われる。

5. 今後の課題

供給土が土砂の場合は問題無いが岩塊が混在する場合、ホッパー上部のフルイに大塊が堆積する。当工事は岩石をクラッシャーで100mm以下に破碎する仕様となっていたため、まれに存在する大塊を手作業で除去したが、多い場合はこれを取り除く装置が必要となる。また、破碎した岩石がスクレーパのせき板部に噛み込んだ時、スクレーパが停止あるいはベルトが損傷し、2つ折れになるという事態が数回生じた。破碎岩をまきだす場合の今後の課題と思われる。

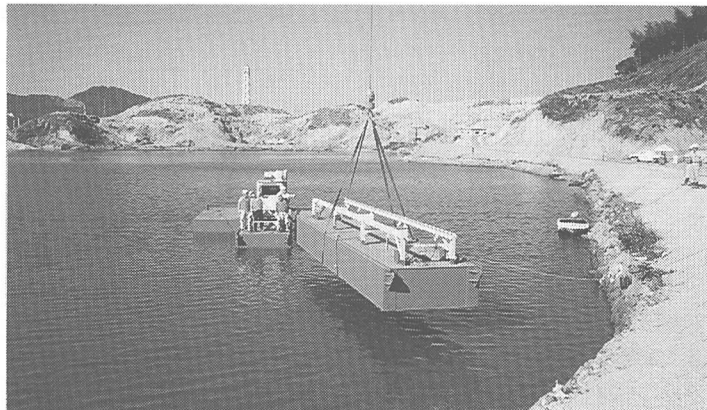


写真-2 簡易FCS組立状況

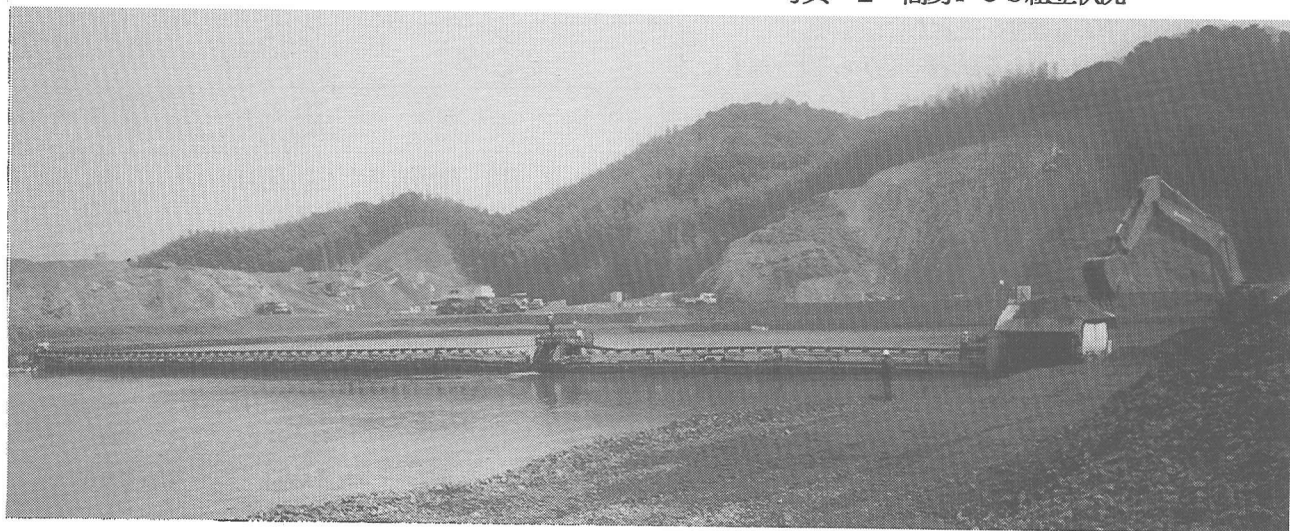


写真-3 簡易FCS稼働状況

今後の埋立工事の計画において、良好な品質を得るためには当工事で行った様な段階施工が不可欠であると思われ、当報文が類似工事の参考になれば幸いである。

参考文献：

末沢 等・澤井壽一・岩原廣彦；
軟弱地盤の埋立における薄層まきだし工法について、平成8年度第2回土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集 PP462～463, 1996.5

末沢 等・岩原廣彦・中廣政之；軟弱地盤の埋立に用いた新工法について、一薄層まきだし工法—平成8年12月社団法人地盤工学会四国支部技術研究発表会発表論文集 PP39～40



写真-4 二次埋立施工状況