

新海面処分場におけるMPD工法の施工 ～廃棄物処分量の増量対策を目的として～

The soil improvement works by MPD method in the new disposal
～ as a countermeasure to increase volume of waste disposal ～

松田一也*・大野統司**・浅賀雅彦**・小寺秀則***・池畑伸一****
Kazuya Matsuda, Touji Ohno, Masahiko Asaga, Hidenori Kotera, Shinichi Ikehata

The Tokyo Metropolitan Government, in the construction of the new waste disposal offshore area, aims to increase the disposal volume by vertical drain method which accelerates the consolidation of the seabed soft soil as the reclamation works of the waste disposals is executed. The project adopted the marine plastic drain (MPD) method in the northern part of B-block as vertical drain method.

This MPD method, one of the plastic drain methods, has been developed for deep soil improvement and has realized excellent working efficiency. And the design of MPD method is applicable to the plastic drain method which is used extensively.

Key word: seabed soil improvement, plastic drain, waste disposal area, countermeasure to increase volume of waste disposal

1. はじめに

東京都港湾局が推進している新海面処分場は、面積が480ha、廃棄物等の受入量が1億2千万 m^3 におよぶ大規模なものである。

処分場の建設は、全体を7ブロックに分けて段階的に建設して、廃棄物の受け入れを順次行う計画であり（図-2参照）、平成8年度に建設が開始された（図-1参照）。

廃棄物処分場を計画するにあたっては、廃棄物の受け入れ量をなるべく多くできることが望ましい。新海面処分場では廃棄物の受け入れ前に海底地盤にドレーンを打設しておき、埋立処分に伴う海底地盤の圧密沈下を促進することによって、受け入れ量を増加させることとした。

ドレーン工法を採用するにあたっては、既存のドレーン工法と今回選定したマリン・プラスチックドレーン工法（以下MPD工法と呼ぶ）について、当該処分場の諸条件を考慮して比較検討を行った。

MPD工法は、従来の海上プラスチックドレーン工法（以下海上PD工法と呼ぶ）に対して、ドレーン幅を大きくして同時にマンドレルを大きくしたことを基本とした工法である。

本報告ではMPD工法の採用の経緯とMPD工法の設計および現在実施しているMPD工法の施工について報告する。

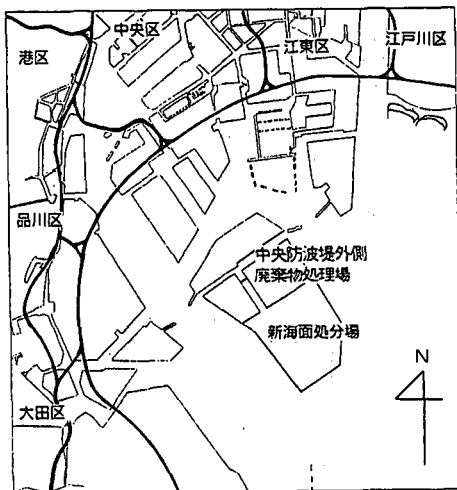


図-1 新海面処分場位置図

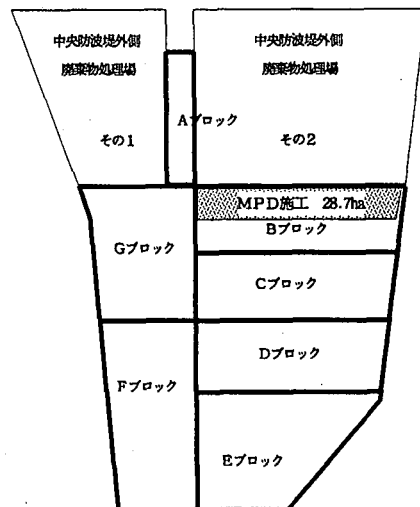


図-2 新海面処分場

2. MPD工法の概要

2-1 MPD工法の位置付け

MPD工法は、バーチカルドレーン工法的一种である。バーチカルドレーン工法は使用するドレーン材料によって、サンドドレーン工法（以下SD工法と呼ぶ）とプラスチックボードドレーン工法（以下PD工法と呼ぶ）に分類されるが、MPD工法はPD工法的一种に位置づけされる（図-3参照）。

* 東京都港湾局東京港沖合埋立整備事務所
*** 大成建設株式会社

** 大林・大都・大豊・坂田建設企業体
**** 大都工業株式会社

また、MPD工法の適用分野は特に海上における地盤改良である。

ドレーン径に対する打設間隔と圧密時間との関係を図-4に示す。プラスチックドレーンはサンドドレーンに比べてドレーン径（幅）が小さいため同様の圧密効果を得るためには打設間隔を狭くする必要があるが、MPD工法はPD工法の中でもドレーン幅を大きくすることで打設間隔を広げている。

2-2 MPD工法の特長

MPD工法は、これまでの海上におけるPD工法に対して幅広のドレーン材を使用することを最大の特長としており、施工能力の向上を図っている。MPD工法は海上PD工法の特長を受け継ぎ、サンドドレーン工法に比べて以下のような種々の特長を有している。また、特に今回実施したMPD工法の特長を表-1に示す。

- ①ドレーン材が量、価格、品質ともに安定的に供給できる。
- ②ドレーン材が軽量のための輸送が容易で、土運船を使用しないため工事現場が煩雑化しない。
- ④超軟弱な地盤でもドレーン材の連続性が確保される。
- ⑤ドレーン打設時に騒音や震動がないため作業環境が良好で、しかも近接施工が可能である。

2-3 MPD材

MPD工法では、海上でのプラスチックドレーン工法で実績のある2種類のドレーン材の特長を生かし、大きな圧密沈下や大深度に適用できるドレーン材を開発した。以下に特長を示し、表-2にドレーン材の仕様を示す。

2-4 MPD工法の設計

MPD工法はMPD工法研究会により開発された工法であり、研究会ではMPD工法の設計法について現場実験を実施し、従来から実績のあるPD工法（幅10cm）と同様にR.Barronの解¹⁾を用いる事ができることを確認している。^{3) 4)}

佐賀空港用地造成地工事内でMPD工法を施工し、その後の沈下観測結果を図-5に示す。図には、R.Barronの解を用いた計算値を実線で示しているが、MPD工法およびPD工法の両者とも計算値と良く一致している。このMPD工法の計算値は、MPDの等価径を10cmとしている。この根拠は、PDの等価径がS.Hansbo²⁾の提案している周長換算から求めた値を基本とし、過去の実績から5cmとしていることと同様に、MPDの等価径においてもS.Hansboの周長換算し、安全率を見込み10cmとした。

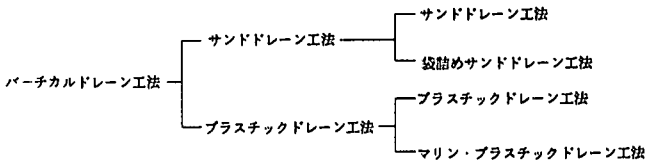


図-3 MPD工法の位置付け

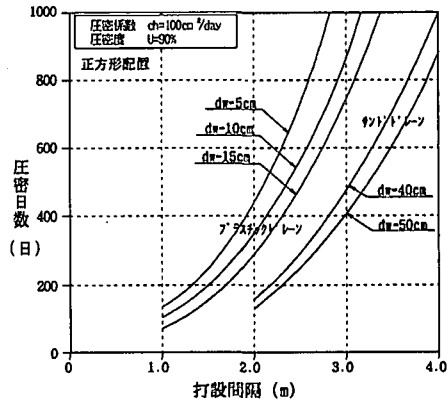


図-4 ドレーン間隔と圧密時間

表-1 MPD工法の特長

特 徴	内 容
大深度の地盤改良が可能	マンドレルの径を大きくしてマンドレルの剛性を高めたことで、大深度の打設を安全に行うことができる。また、中間砂層や障害物の存在する条件下でも安全に施工できる。
施工能力が向上	ドレーン幅を大きくしたことで打設間隔を大きくでき、改良面積当たりの施工速度が向上する。また、自動アンカー取付装置あるいはアンカーレス装置の開発によって打設のサイクルタイムが向上する。
ドレーン材の取扱いが向上	1巻きのドレーン長を長くしたことでドレーン材の交換を1日1回とした。またドレーンを縦型で輸送することで機械による取扱が容易である。

表-2 ドレーン材の仕様

名 称	MPDI型	MPDII型
構 造 形 式	複合一体構造	複合分層構造
断 面 形 状		
材 質	芯 体 - ポリオレフィン樹脂 71φ - ポリエステル系合成繊維	
寸 法	厚 さ mm 3.9±0.5 幅 mm 190±2	厚 さ mm 4.2±0.5 幅 mm 190±2
透水係数	面内方向 cm/sec 1×10E0以上 71φ - cm/sec 1×10E-3以上	面内方向 cm/sec 1×10E0以上 71φ - cm/sec 1×10E-3以上

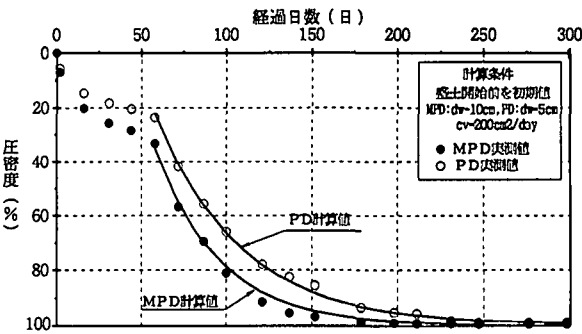


図-5 圧密度時間曲線

3. 新海面処分場におけるMPD工法の適用

3-1 廃棄物受入量の増量対策の意義

(1) 基礎地盤の圧密沈下の促進

新海面処分場の基礎地盤は約30mの厚さの軟弱粘性土地盤となっている。この地盤は廃棄物の埋立により圧密沈下が生じるが、自然状態では非常に長い圧密時間を要する。しかし、埋立前にバーチカルドレーンを打設することにより、圧密沈下が促進されて早期に沈下を終息でき、また基礎地盤の強度増加が図れる。

廃棄物埋立の過程で圧密沈下が促進されれば、沈下によって得られた容積にさらに廃棄物を埋立てることになり、廃棄物処分量の増量が図られることになる。

(2) ドレーン工法の有意性

廃棄物処分場内に予めMPDを打設して廃棄物埋立処分に伴う圧密沈下の促進を行った場合と、ドレーンを打設しなかった場合について、圧密沈下速度の違いを比較した結果を図-6に示す。

埋立完了時点を対象に増容量を比較すると、MPDを2.3m正方形配置で施工した場合が無処理の場合よりも沈下量が約7m大きく、処分量としては約320万m³増加することがわかる。したがってドレーンを打設することが廃棄物処分の増量対策として有効であると言える。

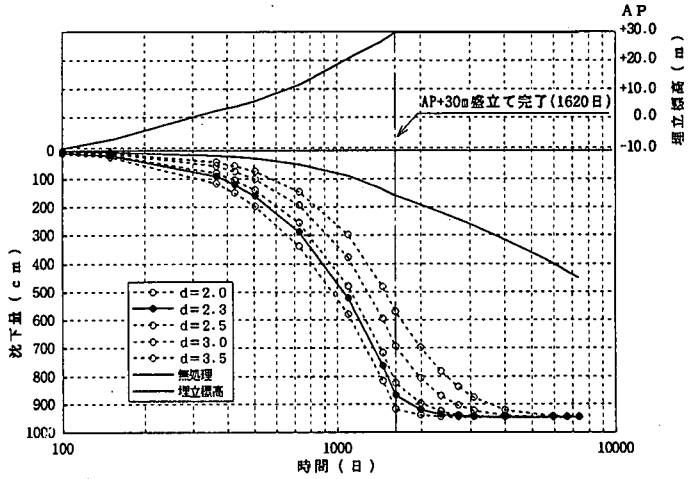


図-6 ドレーン打設間隔別沈下量～圧密時間

3-2 ドレーン工法の比較

本現場でのドレーンの妥当な打設間隔は、埋立に伴う地盤の安定と増量に対する工事費を勘案して決定した。結果は、MPD工法の打設間隔は2.3mの正方形配置（ドレーン等価径10cm）である。

打設間隔：埋立完了時（AP. +30.0m）の圧密度が90%以上であること

経 済 性：増容量に対する工事費（増容量／工事費）が安いこと

ここで、MPD工法を実施するにあたり、既存のMPD船は、マンドレル間隔が2.0mとなっている。2.3mの打設間隔とするには、打設船の機装が必要になる。このため、2.3mの正方形配置と同等の圧密効果を確保できる配置として、2.0×2.65mの長方形配置とした。

3-3 施工の概要

(1) 工事位置および土質

新海面処分場の建設はBブロックから開始され、MPD工法はBブロックを南北に分けた北側に適用した。なお、南側はSD工法が適用された（図-7参照）。MPD工区はBブロック約60haの半分の30haである。

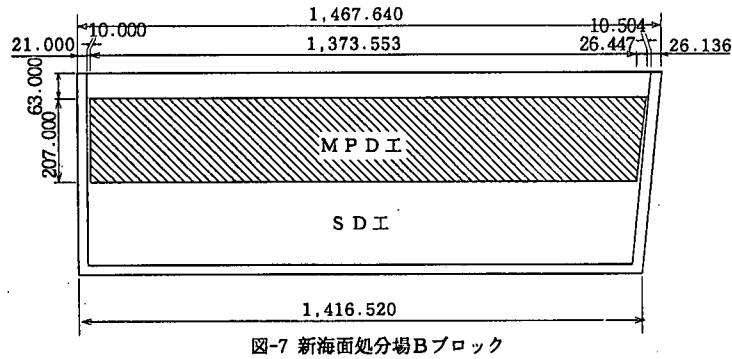


図-7 新海面処分場Bブロック

新海面処分場の概略の土質柱状図を図-8に示す。土質断面は、最上位が有楽町層（Yc1、Yc2）であり、層厚が25m～30m程度である。その下位には七号地層（Nas）が堆積している。MPD工法は、この有楽町層（粘性土層）の圧密沈下を促進させる。

標 高	土 質	N 値			
		10	20	30	40
AP-0.0					
-10.0					
-20.0	Yc1 粘性土				
-30.0					
-40.0	Yc2				
-50.0	砂質土 Nas				

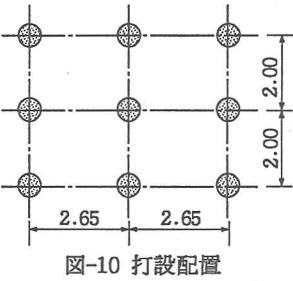
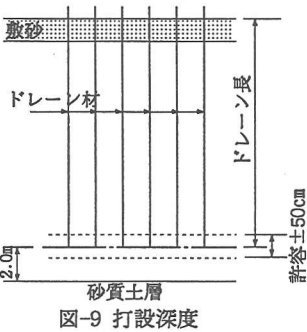
図-8 土質柱状図（一例）

(2) 工事の仕様

新海面処分場は管理型の廃棄物処分場であることからドレーン先端を粘性土の下層の砂質土層まで到達させないことが当工事の特徴である。管理型処分場では、処分場内の水を処理せずに場外に流出させてはならないとしている。当処分場では、処分場内の水がドレーン内を通り下部砂層に浸透する恐れがあることが懸念されたためこのような設計とした。

工事概要

- 工事件名：平成8年度新海面処分場Bブロック場内地盤改良工事（その2）
- 施工場所：東京都江東区青海二丁目地先
- 工 期：平成8年4月～平成9年5月
- 発 注 者：東京都
- 施 工 者：大林・大都・大豊・坂田建設共同企業体
- 施工数量：地盤改良面積 287,062.7㎡
- ドレーン長：24.5m～31.0m
- 打設間隔：2.00×2.65m（5.3㎡/本）



4. MPD工法の実施

4-1 施工方法

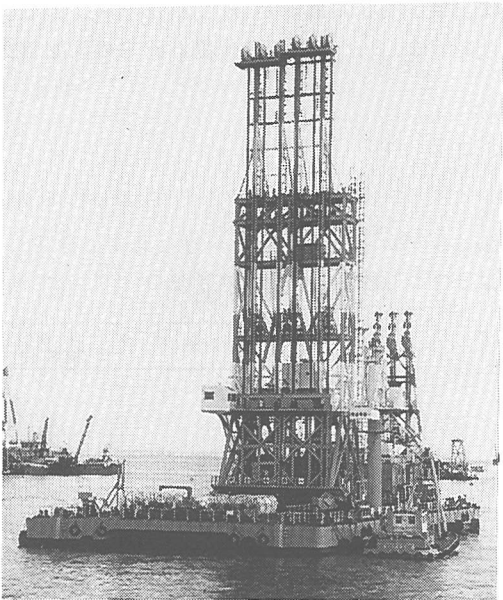
(1) MPD船

MPD工法の打設専用船は、センターウエルタイプの6連装「G.O.D.No.1」とフロントタイプの12連装「海成」がある。それぞれのMPD船の全景写真と主要目を以下に示す。

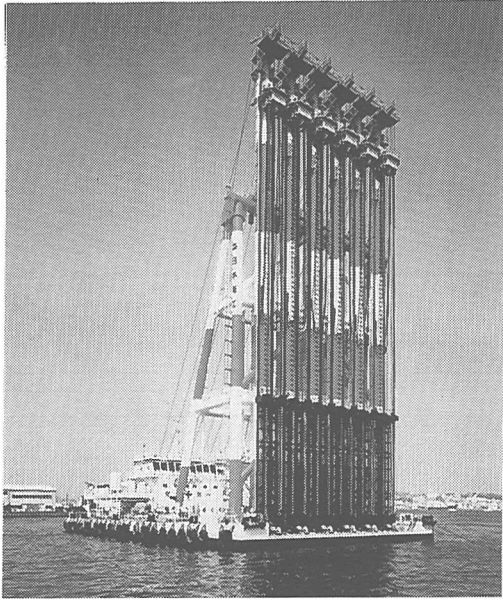
「G.O.D.No.1」は、海上プラスチックドレーン打設専用船としてこれまで実績のある作業船をMPD船に改造し、「海成」は新たに建造された打設船である。各々のMPD船には特徴がある。仕様を表-3に示す。

表-3 M P D 船 の 仕 様

船名	G.O.D.No.1	海成
連装	6連装（3連×2門）	12連装（2連×6門）
構造	センターウエル走行槽	フロント固定槽
マンドレル間隔	2.0m	2.0m
アンカー定着	自動アンカー取付	アンカーレス
ドレーンリールの位置	マンドレル上	甲板上



【主要目】		
全長	-----	62.0m
全幅	-----	30.0m
深さ	-----	4.5m
喫水	-----	2.5m
打込深度	-----	45.0m
連装本数	-----	6連装
マンドレル間隔	-----	2.0m
センターウエル	-----	26.0m×13.0m



【主要目】		
全長	-----	61.0m
全幅	-----	33.0m
深さ	-----	4.5m
喫水	-----	2.2m
打込深度	-----	45.0m
連装本数	-----	12連装
マンドレル間隔	-----	2.0m

(2) 施工手順

施工手順には、船体構造（打設機）の違いによりフロントタイプとセンターウエルタイプの2種類がある。フロントタイプは1サイクル毎に作業船の移動をおこなうが、センターウエルタイプは同一船体位置で走行機のみを移動し、ドレーンを施工する。MPDの施工手順を図-11に示す。

(3) ドレーン先端の定着

自動アンカー取付方式は、アンカープレート水中で自動的に取付ける方式である。この方式を図-12に示す。装置は水中ガイドの下端にあり、マンドレルは装置の中を上下する構造である。アンカーの取付方法は、マンドレル先端から出したドレーン材をドレーン材の両側から挟んで固定して、マンドレル先端と固定部との間に、ドレーン材の両側のカセットから鋼製のアンカー片をドレーン材へ押し出して一体化する。つぎにその下部をカッターで切断する。

アンカーレス方式は、ドレーン材先端部をJの形に形成してアンカーとし、ドレーン材の定着を可能にした方式である。この方式を図-13に示す。マンドレル先端に取り付けたアンカーレス装置からドレーン材を露出させ、開閉蓋を閉じてドレーン材を固定する。マンドレル貫入後、マンドレル引抜き時に開閉蓋を開けてドレーン材を放す。次にマンドレルの上昇にあわせて装置内のロッドを下方に押し出しながらドレーン先端をJの形に保持してアンカーとする。ロッドは一定量伸ばした後に装置内へ引き戻す。

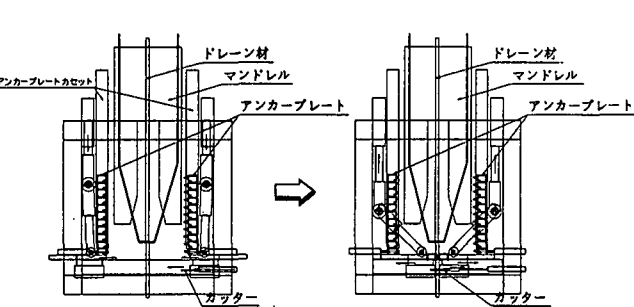


図-12 自動アンカー取付装置

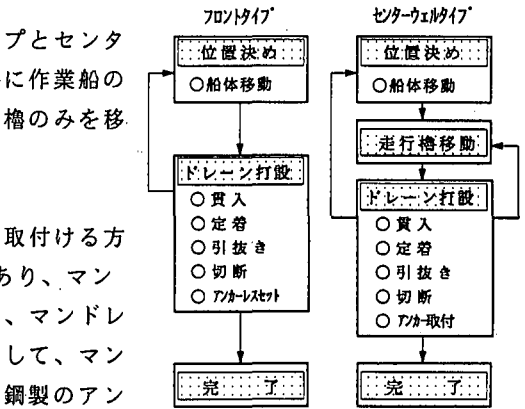


図-11 施工手順

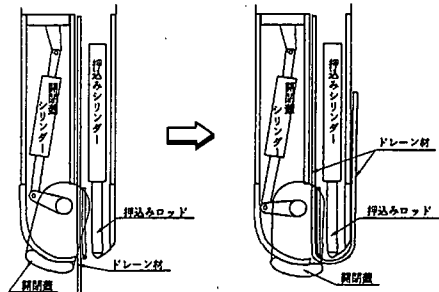


図-13 アンカーレス装置

4-2 施工管理

(1) 打設記録

MPD船「G.O.D.N.O.1」の打設施工管理状況画面を図-14に、打設記録を図-15に示す。この記録からマンドレル先端軌跡とドレーン材軌跡を比較することによりドレーン材の打設状態を確認する。マンドレルの先端深度とドレーン材の杭先端深度が不一致の場合は共上り発生であり、その差が共上り量となる。

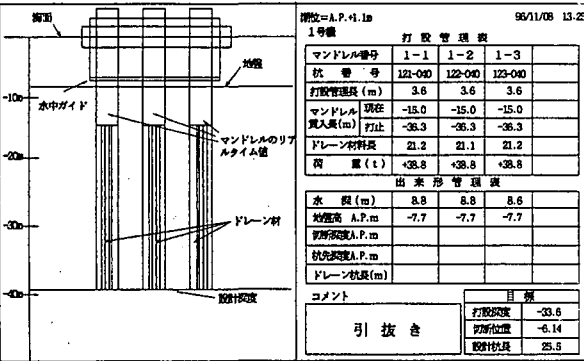


図-14 MPD打設施工管理状況画面(G.O.D.No.1)

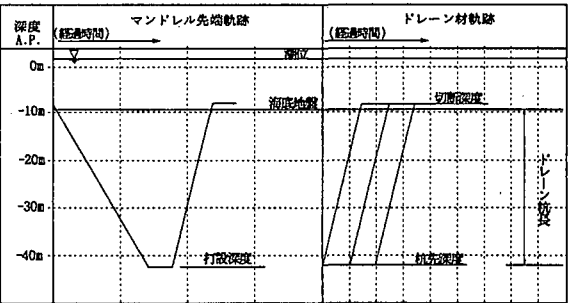


図-15 MPD打設記録(G.O.D.No.1)

(2) NG杭

NG杭とはドレーン材の打設出来形が許容値を満足していないドレーンのことをいい、杭NG杭と判定された場合の処置はNG杭近傍に再度打設する方法で対処する。ドレーン材の打設は「G.O.D.N.O.1」がマンドレル3本、「海成」が2本の単列一体構造のため、NG杭1本でも3本あるいは2本を同時に打ち直す。

4-3 作業能率

現在（平成9年5月）、当現場では6連装と12連装の2隻のMPD船で施工中であるが、平成9年1月から4ヶ月で約40,000本（全体の約75%）の打設が終了した。工事開始当初は、新造船と改造船ということで調整等による時間や地盤条件（中間砂層の存在）が作業能率に影響したが、現在までの稼働日当たりの平均打設本数は2隻で約500本であった。

4-4 貫入能力

当現場の一部に厚さ2m、N値17程度の中間砂層が存在することがボーリング調査により判明した。従来の海上PD工法では、自重貫入による方法を採用しているため貫入力が不足し、またマンドレル径がφ165mmであるため、このような中間砂層が存在した場合には、マンドレルの剛性が低く、座屈を起こすことが懸念された。しかし、MPD工法では、マンドレルの径を267mmと大きくしたことにより、マンドレルの剛性を高め、また押込み力を自重のみではなく、押込みウィンチを併用することで中間砂層の貫通も安全に行うことができた。

4-5 打設直後の地盤高

本工事では、MPD打設後沈下板を設置し、動態観測を実施することになっているが、MPD打設直前と打設後11日、35日後の地盤高を測定した結果を図-16に示す。図よりMPD打設後11日でサンドマットの荷重により急激に地盤が沈下したことが分かり、35日後についても沈下は発生しているが、沈下速度が打設直後に比べ緩和されている。現在打設が終了した時点でサンドマットの荷重のみによる沈下傾向でしか判断できないが、MPDを施工したことにより沈下が促進され、MPDの効果があったことが理解できる。

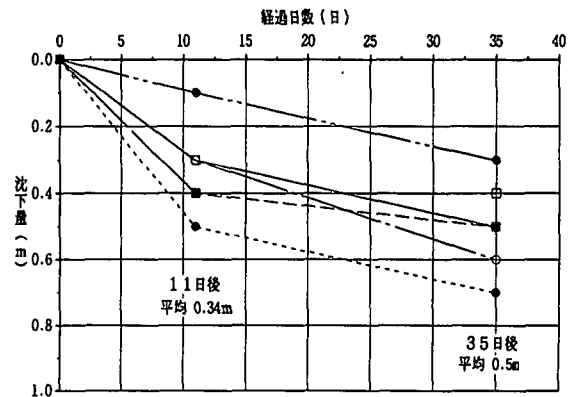


図-16 MPD打設直後の地盤高

5. おわりに

MPD工法の実施は事前の障害物撤去とサンドマットの施工後、平成9年1月に「G.O.D.N0.1」および「海成」のキャリブレーションを行い、現在（5月）は、全体の約75%の打設が終了している。

MPD工法は大深度対応の能率的、かつ経済的な海上PD工法として開発された工法であり、東京都港湾局が廃棄物処分場の建設に初めて採用した工法である。良質な砂の入手がますます困難になる社会環境の中で、MPD工法は環境に優しいドレーン工法として各地で計画されている海上プロジェクトに採用される機会が増えるものと考えられる。

最後に本論文を発表するにあたり工事関係各位およびMPD工法研究会に協力をして戴いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Barron, R.A. : Consolidation of fine grained soils by drain wells, Trans. ASCE, Vol. 113
- 2) S. Hansbo : Consolidation of prefabricated drains, Ground Engineering, July, 1979
- 3) 橋詰：マリン・プラスチック・ドレーン工法（MPD工法），第13回港湾技術報告会報告概要集，PP. 151-169, 1996. 8
- 4) 小寺ら：マリン・プラスチック・ドレーン工法，第2回地盤改良シンポジウム発表論文集，PP. 81-86, 1997. 1