

大阪港主航路(-16m) 附帯施設の動態観測施工について

波戸岡 浩平

近畿地方整備局 大阪港湾・空港整備事務所 保全課 (〒552-0007 大阪府大阪市弁天 1-2-1-1500)

国際コンテナ戦略港湾の早期機能強化・拡充に向けて、大阪港夢洲において岸壁 C12(延伸)250m の事業に着手し、併せて岸壁に通じる水深 16m の主航路の浚渫を予定している。本報告は主航路(-16m)の浚渫土砂を受け入れる土砂処分場(以下「附帯施設」と言う)を建設しているが水深が 14m と深く、軟弱な沖積層粘土層が厚い(29m)大阪湾奥部に位置している。護岸の基礎は、経済性を考慮し、護岸③の深層混合処理(CDM)改良を除き、低置換のサンドコンパクションパイル(SCP)とサンドドレーン(SD)で地盤改良されているがいずれも支持層に着底しておらず段階施工による圧密沈下を促進させながら建設する方法としている。そこで施工を安全に進めるために実施した動態観測施工の途中経過について報告する。

キーワード 動態観測施工, 安定管理図, 理論・実測沈下比較, カラーコンター図

1. はじめに

写真-1 は本附帯施設の位置を示したもので、大阪港港湾区域の南西部に立地しており、3 護岸(護岸①・②・③)を新設する計画である。このうち護岸①・②の基礎は、低置換率の SCP(置換率 $a_s=30\%$ 、一部 25%)と SD($\phi 400\text{mm}$, $\square 2.5\text{m}$)、護岸③は CDM と SD で地盤改良される計画であるが、SCP と SD は共に沖積粘土層を貫通して洪積砂礫層に着底しておらず、不貫通状態である。

したがって、護岸の築造に伴う沈下(鉛直変位)および水平変位が大きく、施工中は常に不安定であることが想定される。

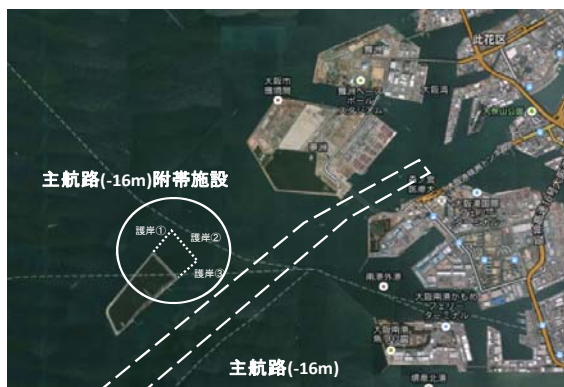


写真-1 主航路(-16m) 附帯施設位置

そこで、地盤の動態観測施工計画を策定して、各種の観測装置を適切に配置し、地盤の変位を測定・解析して、調査(チェックボーリング等)・設計にフィードバックさ

せながら施工を安全に進めるとともに、今後の工事工程(工期短縮)にも反映させる。

なお、本報告は3 護岸、各護岸当り2 測線、計6 測線(No.1~No.6)のうち、既に観測装置が設置済みの3 測線(護岸①の No.1, No.2 および護岸③の No.6)について述べるものである。

2. 観測装置の種別と配置¹⁾

観測装置の配置平面を図-1、配置断面を図-2、種別と配置を表-1 に示す。

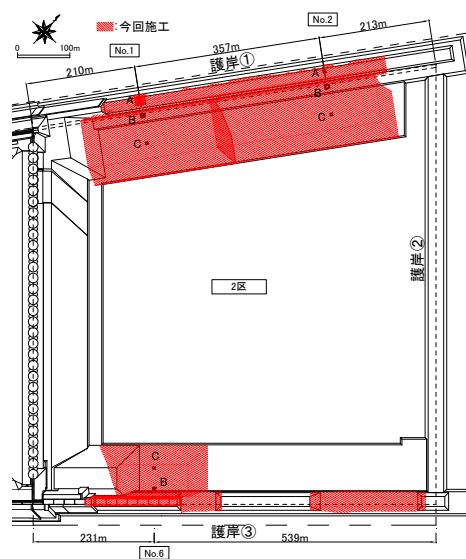


図-1 観測装置配置平面図

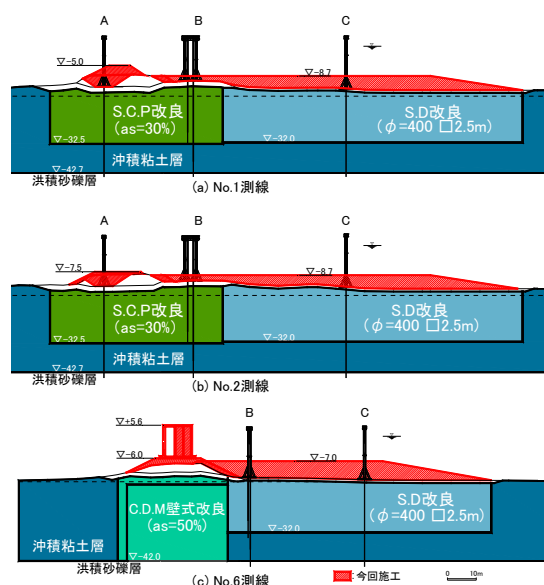


図-2 観測装置配置断面図

表-1 観測装置の種類と配置

護岸	測線	堤外側A	中央部B	堤内側C
①	No.1	変位観測管式沈下盤	層別三重管式沈下計	変位観測管式沈下盤
	No.2	—	層別三重管式沈下計	変位観測管式沈下盤
③	No.6	—	層別三重管式沈下計	変位観測管式沈下盤

(1) 観測装置

a) 護岸①

No.1 と No.2 の 2 測線を設け、各測線の中央部(B)に層別三重管式沈下計、堤外側(A)と堤内側(C)に変位観測管式沈下盤を設置した。

層別三重管式沈下計は、ケーシング、外管および内管で構成され、ケーシングにより全層（沖積層+洪積層）の沈下を測定し、外管により内管に作用するネガティブフリクション(NF)をカットする。内管は沖積層の沈下量を改良層と非改良層の層別に分けるため、SCP 下端止め(S)と洪積砂礫層貫入(D)の2種類（各管3本）で1セットとしている。

変位観測管式沈下盤は、沈下盤と変位観測管で構成され、沈下盤により全層の沈下、変位観測管により洪積層の沈下および傾斜計を挿入して地盤の水平変位を測定する。

b) 護岸③

No.6 測線の観測装置は、護岸①と同様であるが、変位の少ない CDM 改良であるため、堤外側の変位観測管式沈下盤は設置していない。

(2) 観測台

観測台は沈下測量を行う時の足場となるもので、2 種類に分けられる。4 本の足でチェックボーリングが可能

な観測台を原則とし、コンパクトな1本足の観測台を併用する。

a) 護岸①

4 本足の観測台とする。観測台の足を利用してチェックボーリングを行う利点は次のとおりである。チェックボーリングの位置決め測量およびボーリングの足場となるスパッド台船が不要であり、捨石等を削孔する必要もないため、急を要するチェックボーリングの結果が判明するまでの期間を短縮することができる。

b) 護岸③

1 本足の観測台とする。4 本足の観測台のように足を用いたチェックボーリングはできない。沈下が少ない CDM 改良域近傍の SD 改良域に設置するため、不同沈下が大きい、コンパクトな観測台を用いることにより傾斜を少なくできる。

(3) 観測装置と地盤改良の位置関係

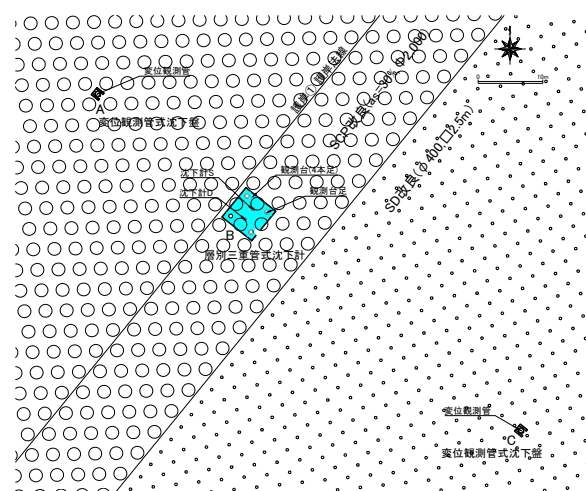
図-3は護岸①No.1 測線の観測装置および4本足の観測台と地盤改良（SCP, SD）との位置関係を示したものである。

a) 観測装置

層別三重管式沈下計の内管・外管（NF カット管）および変位観測管式沈下盤の変位観測管の設置時におけるボーリングが、地盤改良の砂杭に当たると、ボーリング孔は軟弱な砂杭間粘性土に逃げるため孔曲りを生じる。そこでこれらの観測管の位置は砂杭から離れた位置に計画した。

b) 観測台

チェックボーリングの位置が、地盤改良（SCP,SD）の砂杭に近接している場合、砂杭間粘性土の強度が、平均値よりも異常に大きな値を示すことがある。そこで、4 本足の観測台の足で適正なチェックボーリングを行うために、その位置は砂杭から離れた位置に計画した。



護岸①No.1 測線

図-3 観測装置と地盤改良の位置関係

3. 観測方法

GNSS 測量の電子基準点、固定局および移動局の位置を図-4 に示す。

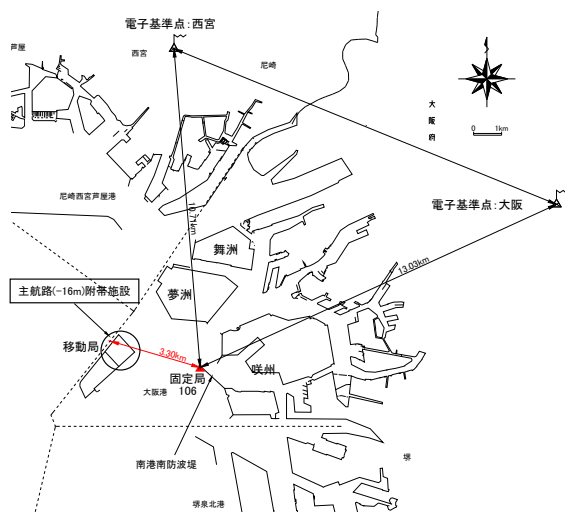


図-4 GNSS 測量点位置図

(1) 沈下

GNSS 測量により各管の天端標高を測量し、沈下量を算出する。

a) 電子基準点

電子基準点は大阪と西宮の2ヶ所を用いる。

b) 固定局

本附帯施設に近く、沈下がほとんど無視できると思われる南港南防波堤に設けた基準点 106 を固定局とする。

なお、この基準点の標高は、1 年間一定としているが、各年度当初に実施するスタティック測量（電子基準点～固定局）の結果により見直すことを原則とする。

c) 移動局

層別三重管式沈下計 S と D のケーシング、外管、内管および変位観測管式沈下盤の沈下盤、変位観測管の天端を移動局とする。

d) 公称精度

沈下観測の公称精度は、RTK 測量（固定局～移動局）の $\pm 11.65\text{mm}$ である。

e) 層別沈下量

図-5 は各観測装置によって測定される沈下対象層を示したものであり、層別沈下量は次のようにして算出される。

① 層別三重管式沈下計

地盤改良層 = (沈下計 S ケーシング) - (沈下計 S 内管)
= (地盤改良層 + 非改良層 + 洪積層)
- (非改良層 + 洪積層)

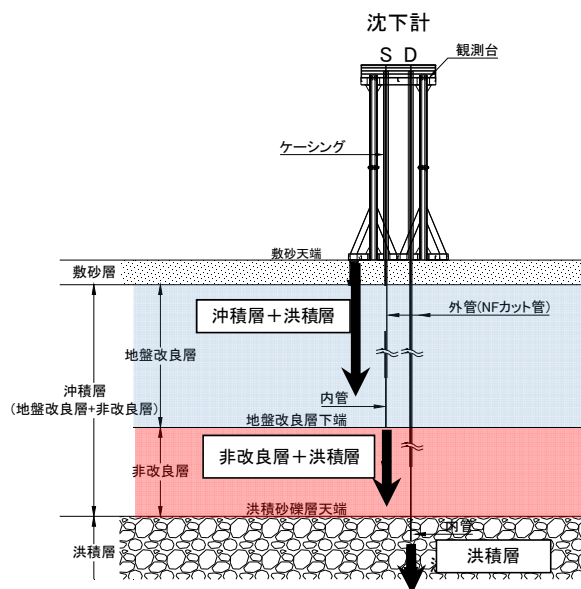
非改良層 = (沈下計 S 内管) - (沈下計 D 内管)
= (非改良層 + 洪積層) - (洪積層)

洪積層 = 沈下計 D 内管 (= 洪積層)

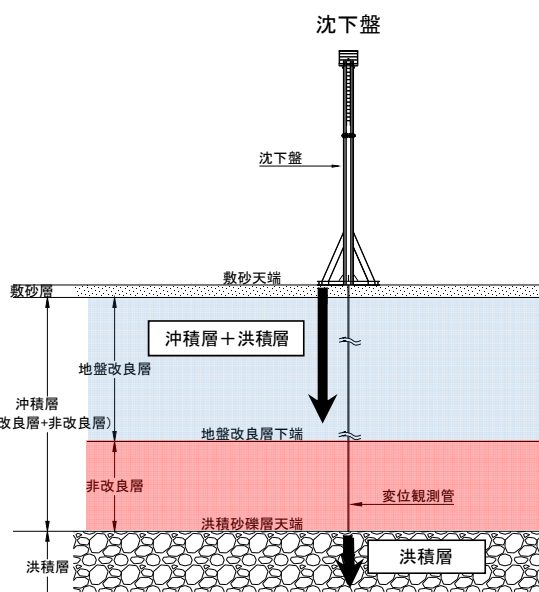
② 変位観測管式沈下盤

沖積層 = (沈下盤) - (変位観測管)
= (沖積層 + 洪積層) - (洪積層)

洪積層 = 変位観測管 (= 洪積層)



(a) 層別三重管式沈下計



(b) 変位観測管式沈下盤

図-5 観測装置の沈下対象層図

(2) 地盤の水平変位

挿入式傾斜計を変位観測管（ステンレス製角パイプ）の最下端まで挿入し、引き上げながら 1m 毎に計測する。計測は断面方向と法線方向の2方向について正位と反位の計4回行い、地盤の水平変位量を算出する。

(3) 測定頻度

表-2 は測定頻度を示したもので、各観測装置近傍における施工時からの経過時間により、沈下は1週間～1ヶ月に1回、地盤の水平変位は2週間～1ヶ月に1回である。

表-2 測定頻度

観測項目	施工中および その前後2週間	施工後2週間 ～1ヶ月	放置期間
地盤の沈下	1回/週	1回/2週	1回/月
地盤の水平変位	1回/2週	1回/2週	1回/月

4. 護岸安定管理方法

図-6 は護岸の安定管理方法を示したもので、観測装置による手法と深浅測量による手法の2つに大別される。

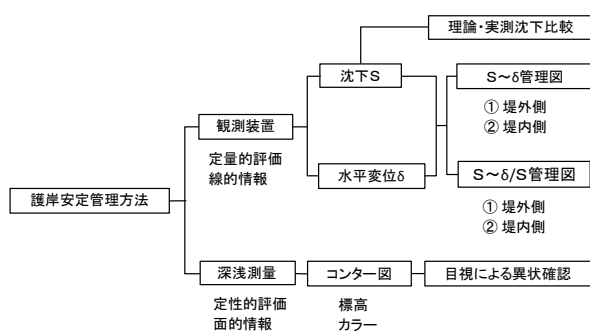


図-6 護岸安定管理方法

(1) 観測装置による手法

定量的な評価が可能であるが、情報は線적であり、観測装置が設置されている測線近傍以外については、安定が確認されている測線の支配区間にあることにより間接的に安定であると判断される。

この手法には次の2つが含まれる。

a) 理論・実測沈下比較による安定管理

実測沈下量を理論沈下量と比較検証し、圧密が正常に進行して、強度が理論どおり発現しているか否かを判定する。このために精度の高い沈下計算手法を採用する。SCP と SD は沖積粘土層を貫通しておらず、地盤改良層と非改良層を別々に計算する簡便法は、精度が悪いので、両者を一体として計算可能な差分法を用いる。

b) 管理図による安定管理²⁾

層別三重管式沈下計Dによる沖積層の沈下量Sと変位観測管式沈下盤による地盤の水平変位量δを用い、堤外側と堤内側についてS～δ管理図およびS～δ/S管理図を作成し、安定であるか否かを判定する。

(2) 深浅測量による手法

定性的ではあるが、情報は面的であり、全域をカバー

することが可能である。深浅測量のうち、施工前のデータは前工事からの放置中に、施工後のデータは本工事の施工中に異状の兆候がみられないかカラーコンター図を作成して、目視により異状の有無を確認する。

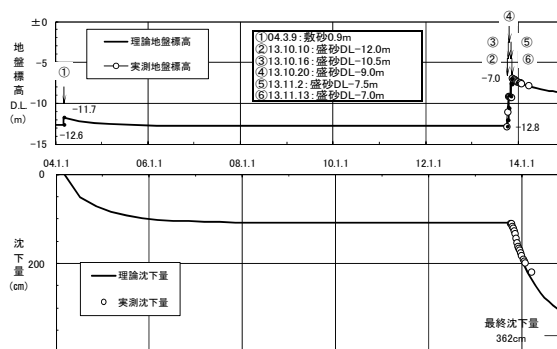
したがって、両者を併用して安定管理を行うことにより、相互補完ができ、管理の質の向上が図られる。

5. 護岸安定管理結果³⁾

(1) 観測装置による手法

a) 理論・実測沈下比較

一例として護岸③No.6 測線の層別三重管式沈下計（B地点）における2004年3月の敷砂施工時点以降の沖積層の理論・実測沈下量を図-7、2013（平成25）年度における沖積層の層別理論・実測沈下を図-8および表-3に示す。なお、これらの図・表は、敷砂施工から2013年10月の盛砂施工までの間は、観測装置が設置されていなかったため、実測沈下量は理論沈下量に一致していたものと仮定し、この後の2014年3月までの約半年間の理論と実測の沈下量を比較したものである。



護岸③No. 6-B 地点

図-7 沖積層理論・実測沈下比較

敷砂施工後における改良層の沈下は、① 実測が1.735m、② 理論が1.971mでその比率①/②は0.88、非改良層は① 実測が0.452m、② 理論が0.389m、比率①/②は1.16、これらを合わせた沖積層は、① 実測が2.187m、② 理論が2.360m、比率①/②は0.93であり、実測沈下量は、理論沈下量と良く一致しており、SDによる圧密は順調に進んでいると判断される。

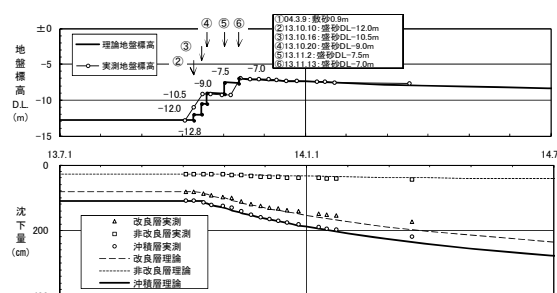


図-8 沖積層層別理論・実測沈下比較護岸③No. 6-B 地点

表-3 護岸③No. 6-B 地点理論・実測沈下比較

層別	沈下量(m)		比率
	① 実測	② 理論	
改良層	1.735	1.971	0.88
非改良層	0.452	0.389	1.16
沖積層	2.187	2.360	0.93

b) 管理図

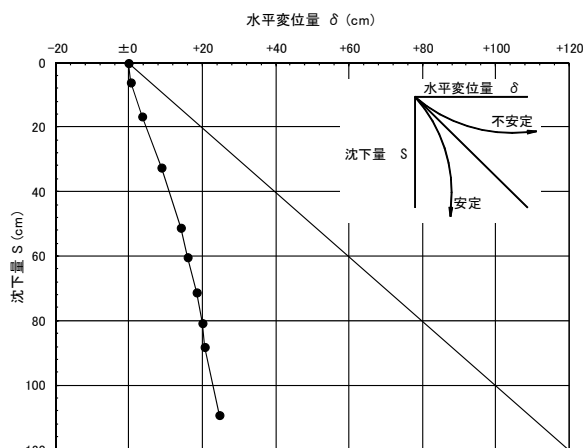
護岸③測線No.6における堤内側への $S \sim \delta$ 管理図および $S \sim \delta/S$ 管理図の事例を図-9に示す。

$S \sim \delta$ 管理図では、上に凸状の傾向が認められ、 $S \sim \delta/S$ 管理図では、 $P_f/P_i=0.8$ 程度即ち破壊時の盛土荷重 P_f に対し、現段階の盛土荷重 P_i が約80%であることを意味しており、いずれの管理図からも安定であると判断される。

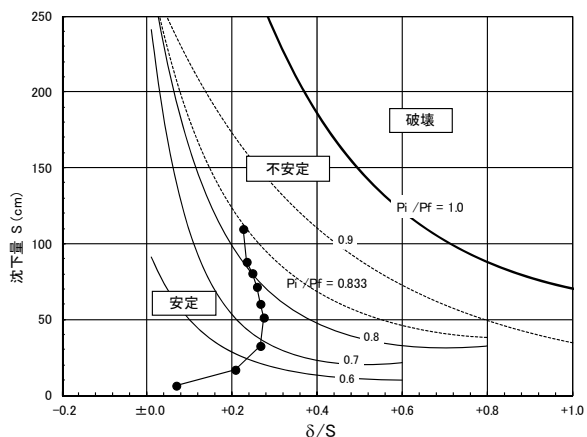
なお、 $S \sim \delta/S$ 管理図中の $P_f/P_i=0.833$ は旧仕様設計における許容安全率 $F_{sa}=1.2$ の逆数である。

(2) 深浅測量による手法

深浅測量結果のうち、護岸①における盛砂等の施工前・後の標高カラーコンター図は、図-10にみられるとおり、各コンターラインは護岸法線にほぼ平行（端部は直角）であり、特に異状は認められず、安定した状態にあると判断される。



(a) $S \sim \delta$ 管理図



(b) $S \sim \delta/S$ 管理図

6. まとめと今後の課題

(1) まとめ

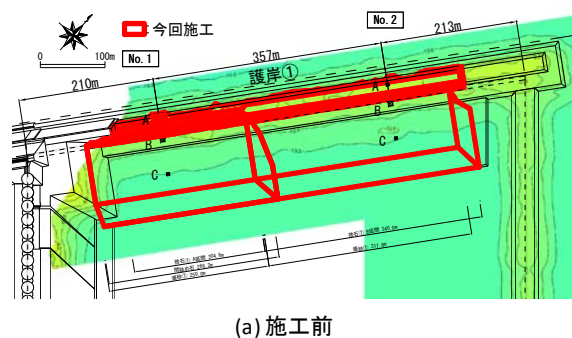
附帯施設の3護岸のうち、2護岸（護岸①・③）に3測線（護岸① 2測線：No.1, No.2および護岸③ 1測線：No.6），8観測装置（測線No.1・No.2：層別三重管式沈下計各1，変位観測管式沈下盤各2および測線No.6：層別三重管式沈下計1，変位観測管式沈下盤1）を設置して観測装置による手法（理論・実測沈下比較および管理図）と深浅測量による手法（カラーコンター図）を併用した動態観測施工（情報化施工）を約半年間に渡って実施してきた。

その結果、異状は認められず、護岸は安定した状態にあると判断された。

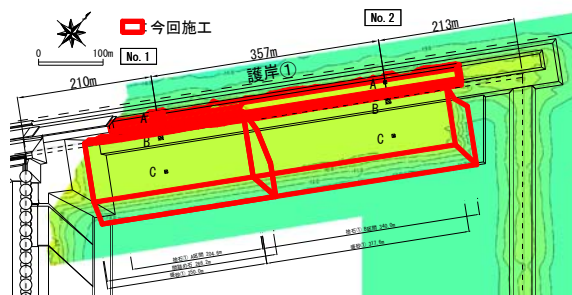
(2) 今後の課題

今後は護岸②に2測線（No.3, No.4）6観測装置および護岸③に1測線（No.5），2観測装置の計3測線，8観測装置を新設し、既設と合わせて3護岸，6測線，16観測装置による護岸安定管理体制となる計画である。また、護岸構造物が海面上に出現（水切り）することにより、荷重および変形が急増することも想定される。したがって、より一層護岸の挙動に留意して動態観測施

工を継 図-9 護岸③No. 6 堤内側管理図



(a) 施工前



(b) 施工後

図-10 護岸①施工前・後コンター図

続するとともに、チェックボーリング等を行って、護岸の安定を確認しつつ施工を進めていく必要がある。

また、いずれ機会をみて、本報告の続きを発表するつもりである。

参考文献

- 1) 平成 25 年度 新島地区(2-1 区)観測装置配置等検討業務報告書
- 2) 実用軟弱地盤対策技術総覧編集委員会：実用軟弱地盤対策技術総覧，産業技術サービスセンター，1993.
- 3) 平成 25 年度 大阪港北港南地区航路(-16m)附帯施設動態観測検討業務報告書