

大阪湾フェニックス事業の 廃棄物埋立について

WASTE RECLAMATION WORKS OF OSAKA BAY PHOENIX PROJECT

安間 清¹・榊 俊博²

Kiyoshi ANMA and Toshihiro SAKAKI

1 大阪湾広域臨海環境整備センター(〒541-0051大阪市中央区備後町4-1-3)

2 正会員 大阪湾広域臨海環境整備センター(〒541-0051大阪市中央区備後町4-1-3)

Osaka Bay Phoenix Project aims to render the final disposal of waste generated from the Kinki district through land reclamation in Osaka Bay and also strives to improve port functions utilizing landfills. Osaka Bay Regional Offshore Environmental Improvement Center carries out the project. The planning, operational and technical subjects are introduced in this paper. Especially, those are the importance of local residents' consensus, design of shielding structure based on the concept of fail safe, utilization of the reclamation disposal ground and its field examinations.

Key Words: Phoenix Project, local residents' consensus, shielding structure, Osaka Bay, waste reclamation, reclamation disposal ground

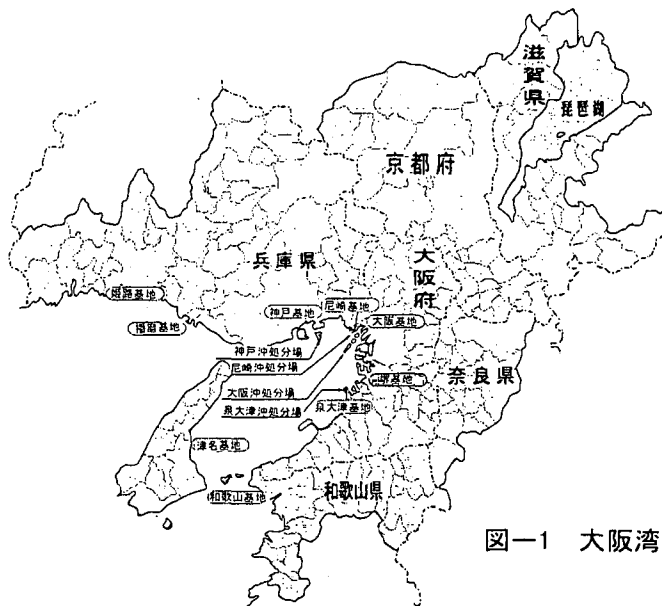
1. はじめに

大阪湾フェニックス事業とは、昭和56年の広域臨海環境整備センター法(以下センター法と言う)の制定に基づき、大阪湾圏域で発生する廃棄物の最終処分によって埋立造成を行い港湾用地の整備を図るもので、大阪湾広域臨海環境整備センター(以下大阪湾センターと言う)が事業を実施しているものである。

センター法は当時の廃棄物行政を所管する厚生省(現環境省)と港湾行政を所管する運輸省(現国土交通省)によって制定されたもので、「大阪湾圏域広域処理場整備基本計画」(別名、大阪湾フェニックス計画)を策定して事業実施を図ることとし、現在は

近畿2府4県、195市町村の約2,000万市民の生活と産業活動から排出される廃棄物処理を行い、尼崎西宮芦屋港、堺泉北港、神戸港、大阪港の4港湾においては廃棄物埋立護岸を整備し廃棄物を受け入れている。廃棄物受入終了後の跡地は処分場の廃止措置を待って港湾用地として利用を図ることになる。図一に大阪湾広域廃棄物受入対象区域を示す。

本論では大阪湾フェニックス事業における事業実施上での住民との合意形成と施設建設上での技術的課題の研究等について報告する。



図一 大阪湾広域廃棄物 受入対象区域

2. 事業実施と住民との合意形成

(1) 事業概要

広域な背後圏から発生した廃棄物は大阪湾センターが整備した各積出基地まで各自治体等が陸送し、積出基地からは大阪湾センターが海上運搬を行い埋立処分場に埋立処分している。

大阪湾内の4港湾において整備している埋立処分場は、第一期計画としての尼崎沖埋立処分場と泉大津沖埋立処分場があり、第二期計画として廃棄物の受入を開始した神戸沖埋立処分場と埋立護岸築造中の大阪沖埋立処分場がある。これら廃棄物埋立護岸築造から廃棄物埋立処理業務までの一連の業務を大阪湾センターが港湾管理者及び廃棄物排出者の自治体から業務受託して実施している。

廃棄物埋立処分場の埋立工法は、海上運搬された廃棄物を陸上機械で揚陸し、浮棧橋によるダンプ車等の場内運搬で埋立てを実施してきた。しかし、神戸沖埋立処分場は日々の受入計画量が平均9,200m³/日(ピーク時11,000m³/日)となり、係船場の4バース同時接岸時にはダンプ車走行が約200台/時間と過密となり、また海底が軟弱地盤であり特に薄層埋立工法が必要であるためフローティング併用のコンベアシステム(FCS)の運搬処分工法を採用した。

(2) 合意形成に向けて

大阪湾フェニックス事業の実施を図るためには地域住民との合意形成が重要な柱となっている。

廃棄物処分は、排出者が自ら処分することが原則とされているが、大都市圏はその処分地を他の地域に求めざるを得なく、結果として海上の埋立地へと最終処分場を求めているのが現状である。

そのため、それらの廃棄物を処理するためにかかわる住民としては廃棄物を陸路搬送する沿線の住民、その廃棄物を海上に積み出す基地周辺の住民、そして最終処分場のある臨海部の住民などがあり、廃棄物の広域処分をする大阪湾フェニックス事業は関係市町村の住民の理解と協力無くして実現はあり得ない。

大阪湾フェニックス事業は、各自治体から委託を受けて廃棄物等を処分する公共性のある事業だけに、特に地元住民の理解と協力が前提であり、その調整、連絡は地域住民で形成する自治会、当該自治体に対し要望確認、環境対策の対応を行うことにより展開してきた。

また、大阪湾フェニックス事業への協力と理解を求める活動の一つとして、廃棄物を処理するためにかかわる住民と廃棄物を排出する住民との意識差を解消するための方法や対応を模索していることである。

その中で特に周知を図るために、地元住民の協力により事業が成立していることを排出者側に充分理解させた上で対応を検討することとしている。

また、漁協組合等へは、廃棄物の海上処分という面から特に環境への影響が懸念されるため、センターとしても環境アセスに基づく各種データを公表して事業の透明性を確保することで信頼関係を保持することが重要であると考えている。

これらは将来の廃棄物処理のあり方と処理事業をどう進めていくべきか。また、それぞれの場面でかわる関係住民に理解と協力を得て信頼関係を維持していくためにどうあるべきか。などについて大阪湾センターが主体的に活動を行い、地域への啓発を進めて行くことが必要であると考えている。

3. 廃棄物埋立護岸の技術課題

(1) 廃棄物埋立護岸の遮水構造

大阪湾内で新たな廃棄物処分場を設置する場合は第一線防波堤の沖合となり、大水深、強波浪海域となる。このため外周護岸の構造検討は厳しい視点を持って計画、設計をする必要がある。

つまり、予期しない自然災害の場合でも、遮水性の機能が損なわれないような構造として、例えば外周護岸が被災を受けても護岸部の被災に留まり、遮水部への影響を最小限にするフェイルセーフの設計思想が重要である。

廃棄物処理に関しては、最終処分場に係る技術上の基準が平成10年6月16日に総理府、厚生省共同命令で制定され、平成12年度に運輸省港湾局監修の「管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル」が整備され、これらにより遮水工の考え方が明確化された。

廃棄物処分場には「安定型」、「管理型」、「遮断型」の廃棄物最終処分場があり、「安定型」は陸上残土、浚渫土砂等を対象とし廃棄物が流出しないことが必要である。また、「管理型」は一般廃棄物、産業廃棄物等の有害でないものを対象とし廃棄物と保有水が流出しない遮水機能が必要である。そして、「遮断型」は有害物を対象とし外部と遮断することが必要である。

大阪湾フェニックスの処分場建設は、管理型の大阪沖埋立処分場の設計から同マニュアルに適合させることになり、大阪沖埋立処分場の埋立護岸の遮水工法の設計は護岸背後の堤体地盤の造成後に止水矢板(膨潤性遮水材を塗布)を陸上打設する工法とした。大阪沖埋立護岸の主たる構造形式は自然環境にやさしい緩傾斜式捨石堤の護岸として計画された。このため、護岸背後を盛土堤体とし、止水矢板と一体化した構造が経済断面となった。

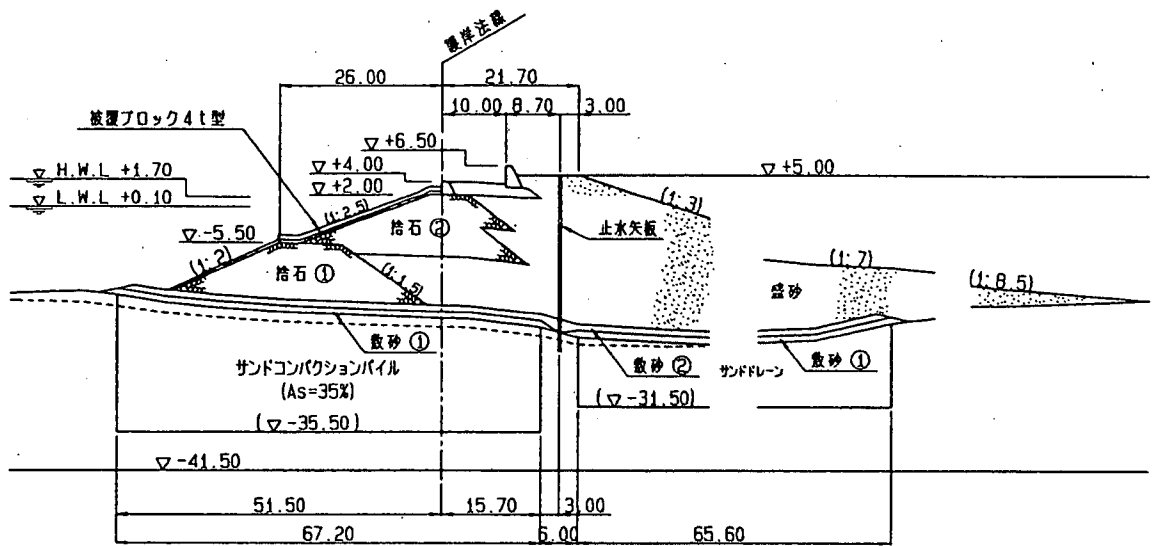


図-2 大阪沖埋立処分場 北護岸標準断面図

止水矢板長を出来るだけ短縮する手法を検討した結果、北護岸については図-2の通りの断面とした。これは止水矢板が海底地盤に打ち込まれる周辺は現地盤の不透水層の粘性土地盤を残し、その部分以外は護岸堤体支持及び背後盛土支持のためのサンドコンパクションパイル(SCP, $A_s=35\%$)とサンドドレーン(SD)で地盤改良を行う構造である。

透水係数が $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ の不透水層が5m以上あれば遮水層として判断できることから、当地区の粘性土の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ であるため不透水層分を6m残し、止水矢板と一体として遮水機能を確保させることとした。

課題検討としては止水矢板打設後の残留沈下量とそれによる変形について把握する必要がある、条件がより厳しくなる南護岸におけるケーソン式護岸の断面の背後部で検討した。

検討は有限要素法による沈下計算を行うにより①SCP(置換砂量 $A_s=70\%$)とSDに挟まれた場合と②深層混合処理工法(CDM)とSDに挟まれた2つのケースについて比較した。

①の検討結果の沈下図を図-3に示す。

この結果、地盤改良後の沈下性状の似た①の変位量(止水矢板打設から50年後の期間)が鉛直方向20cm水平方向25cmとなり、②の場合の鉛直方向55cm水平方向55cmと比べ少なくなることが解り①のほうが遮水性能に影響が少ないと考え①を採用した。

また、北護岸はSCPの改良率($A_s=35\%$)が①より少ないため沈下性状、圧密特性がSDに合ってくるため、水平方向の変位量はさらに減少すると考えられ、止水矢板に与える影響はさらに小さいと判断した。

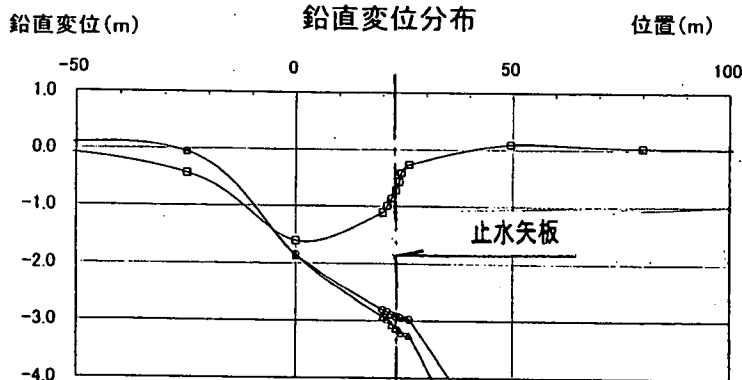
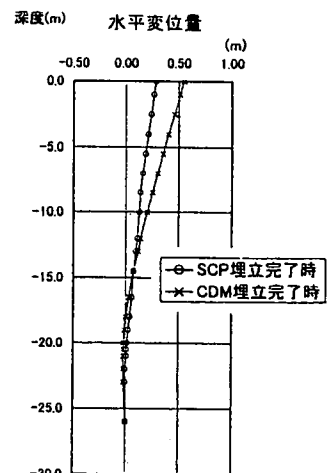
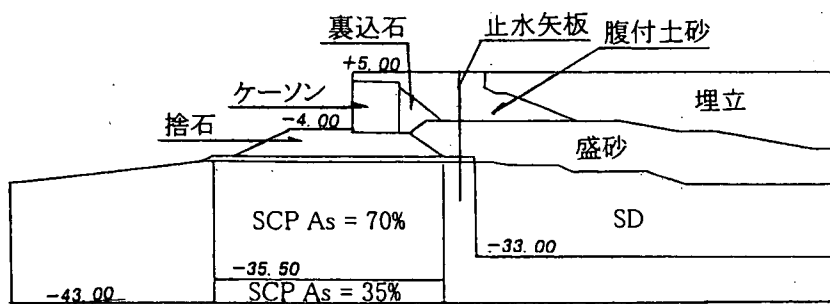


図-3 南護岸(ケーソン式)の止水矢板部の変位状況図(SCP-SD地盤)

(2) 管理型区画の早期安定化の研究

第一期計画の尼崎沖埋立処分場と泉大津沖埋立処分場は管理型区画での受入がほぼ終了を迎えることとなり跡地利用に向けた管理型区画の廃止に向けた検討が必要となっている。

一般廃棄物焼却灰および汚泥焼却灰等の埋立処分を行っている管理型区画における早期安定化は、廃棄物の特性、求められる安定化の条件、処分場の状況、跡地利用計画等が多様であり、確立された早期安定化手法がない。そこで、尼崎沖埋立処分場の管理型区画において集水暗渠を用いた早期安定化手法の実用性を確認することを目的とする施工規模の実証試験を実施し、廃棄物地盤の水理特性、集水暗渠の性能、廃棄物層内に滞留する保有水の水質を確認することができた。²⁾

a) 実証試験における早期安定化の考え方

管理型区画における廃棄物地盤の早期安定化を図るためには、廃棄物層内の保有水を集水および排水する必要がある。その手法としては、「集水暗渠を用いて浅層部のみの保有水を集水する手法」および「揚水井を用いて深層部を含めた廃棄物層全体から保有水を集水する手法」が考えられる。当処分場では、検討の結果、前者の集水暗渠を用いる手法を選択するものとし、その早期安定化の考え方を以下に示す。

廃棄物層内の浅層部（朔望平均干潮面LWL以浅）における保有水を、水平方向の集水暗渠を通じて連続的に強制排水し、水位をLWL付近まで低下させる。このことにより、保有水が低下した領域は好氣的雰囲気になり、廃棄物内に含まれる有機物の分解が進行するとともに、廃棄物層内に浸透した雨水が速やかに排水され、汚濁物質の洗出しが促進される。その結果、排水された保有水の水質が排水基準に適合し、さらに継続的にこの状態が維持されれば、処分場を廃止することが可能と考えられる。

b) 実証試験ヤードの廃棄物層

当処分場に埋立処分されている廃棄物は、主に一般廃棄物焼却灰である。試験ヤードにおける廃棄物の粒度組成に基づく地盤工学的分類は、概ね（GF）または（SFG）である。平均N値は、保有水位より深い部分で15、保有水位より浅い部分で20程度である。

c) 実証試験設備・保有水位観測・保有水の水質分析

実証試験設備の構造と概要を図-4と表-1に示す。廃棄物層内から集水暗渠に流入した保有水は、実証試験設備（長さ30m）の末端に設置した人孔から水中ポンプにより揚水した。また、人孔内の水位を集水管との結合部より低い位置に保ち、保有水が自然流下できるようにした。保有水位は、集水暗渠に直交する2測線に沿って設置した計12箇所と試験ヤード周辺に設置した6箇所の観測孔で、電気式水位計を

用いて自動計測した。

保有水の水質分析は、各観測孔で1箇月に1~2回の頻度で採水して実施した。分析項目は、pH、COD、BOD、DO、ORP、SS、T-N、Ca、Cl等である。

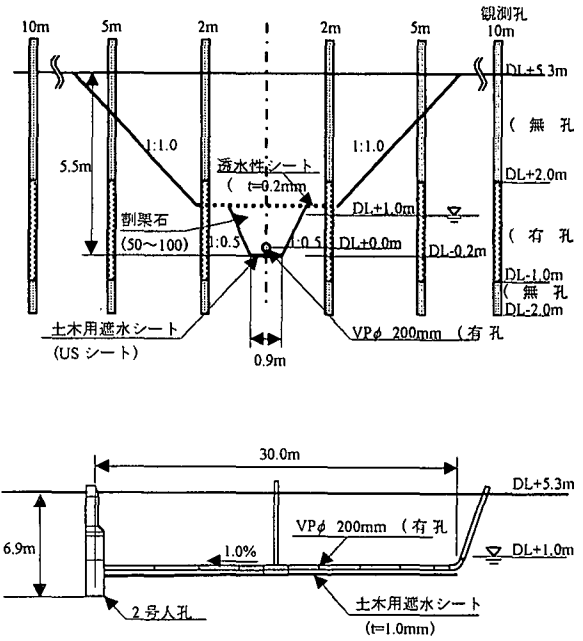


図-4 実証試験設備の構造

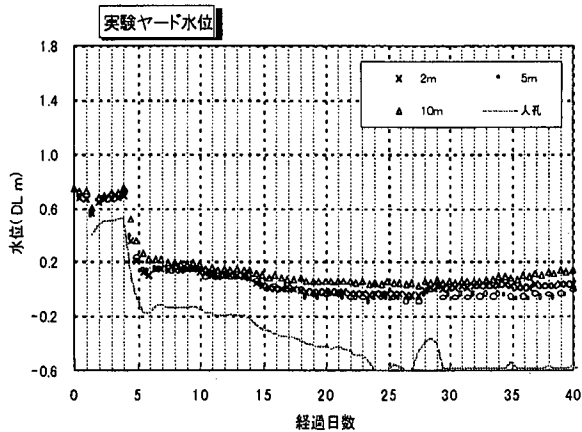
表-1 実証試験設備の概要

区分	項目	内容
集水管	設置深度	LWL付近、試験前の保有水面下約1.0m
	設置勾配	1.0%
	管長	30m
	管の材質、管径	塩化ビニール管（有孔管）、VP-200
	フィルター材	割栗石、φ50~100
人孔	規格、規模	2号人孔、φ1200
	全高、設置深度	7110mm、保有水面下約2.6m
揚水ポンプ	種類、出力	水中ポンプ、0.75kw
掘削方法	オープンカット工法	

d) 保有水の集水量と水位変動結果

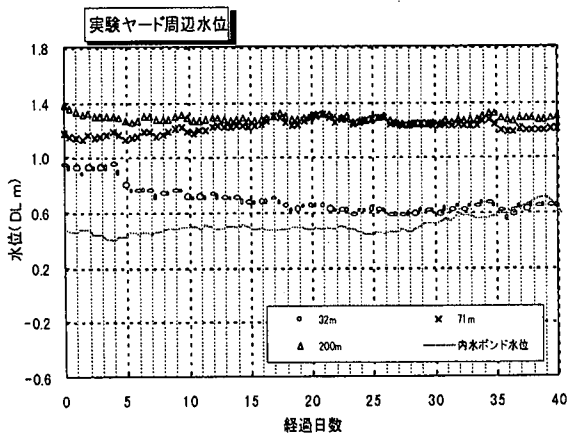
排水量72~144 m³/dで排水を開始すると、集水暗渠近傍の保有水位は2日間程度で約0.5m低下した。排水量を50 m³/dと固定すると、低下水位は0.5~0.6mとなり、保有水位は集水管の管底付近で維持された。暗渠近傍の各観測孔の水位はほぼ一定で、その経時変化傾向は良く一致している（図-5）。

平衡状態に達した時点では、集水暗渠から約10m以内の領域の水位低下量はほぼ一定である。集水管から離れると水位低下量は減少し、約30m離れた観測孔で約0.2mの低下が観測された。60m以上離れた地域の保有水位はほとんど変動していない（図-6~7）。



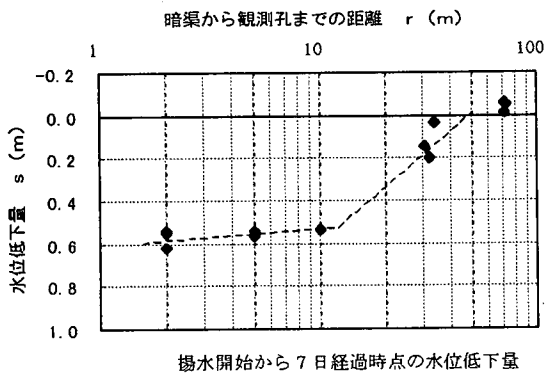
凡例の数字は集水暗渠と観測孔との最短距離を示す

図- 5 実証試験ヤードの保有水位変動



凡例の数字は集水暗渠と観測孔との最短距離を示す

図- 6 実証試験周辺部の保有水位変動



揚水開始から7日経過時点の水位低下量

図- 7 集水管からの距離と水位低下量

e) 廃棄物層の透水係数と影響範囲

ボーリング孔を用いた透水試験で測定した廃棄物層の透水係数は、別途調査から $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ と広い範囲に分布する。しかし、排水中の保有水位分布に基づいて平衡式で便宜的に算定した透水係数と、排水停止後の回復水位傾向に基づいて算定した透水係数は、 $4 \times 10^{-3} \sim 9 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ であった。この値は、深井戸を使用した単孔式の揚水試験で測定した既存資料の透水係数 $2 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ とほぼ一致している。廃棄物層の透水係数は、ミクロ的に評価すると透水性が高い領域と低い領域が混在している。これは、廃棄物を埋立処分（海中への直投）した際に、粒子が沈降する過程で分級されながら堆積したためと推定される。比較的粗粒な廃棄物が集合して透水性が高くなっている領域（水みちのような部分）が、廃棄物層内に三次元的に分布しており、全体的には比較的透水性が良い地盤であると推察される。

安定した揚水量（ $50 \text{m}^3/\text{d}$ ）が得られ、集水暗渠近傍の水位を平衡状態に保てたことから、前記した水位低下範囲（影響範囲）より遠方からも十分に保有水が集水暗渠に流入していることが確認された。

f) 集水性能の評価

実証試験開始から約1年間保有水を連続して強制排水した。その間、排水量 $43 \sim 50 \text{m}^3/\text{d}$ を維持しており、試験設備の集水性能は現在も低下していない。

実証試験設備を掘削調査した結果、集水管とフィルター材にはカルシウムスケール等の付着はほとんど認められず、構造的には集水性能が低下していないことが確認された。また、水中ポンプの分解調査でも、ポンプ内部におけるスケールの付着はほとんど認められなかった。

g) 今後の展望

今回の実証試験により、当処分場では水平方向の集水暗渠を用いた保有水の強制排水が、十分に可能であることが確認され、この成果に基づき集水暗渠を、護岸まわりと中央部（縦断方向）に敷設し、保有水の集水を行い引き続き調査を行うこととしている。

また、排水による廃棄物層の浄化効果を確認するためには、その内部に滞留する保有水の水質が改善されることを確認する必要がある。併せてその水質改善のメカニズムを明らかにし、水質改善傾向の将来予測を行う手法を確立することが今後の重要な課題である。早期安定化を計画的に実施する上で必要不可欠な項目であり、得られる知見は、類似した海面処分場における早期安定化手法の検討においても、参考となるものと考えられる。

(3) 遮水層地盤への基礎杭工法の課題解明に向けて

管理型処分場の跡地利用は港湾施設等用地として利用が計画されているが、その利用する施設、構造物の基礎杭が支持層まで必要となる場合がある。そこで問題となるのが遮水機能を維持する観点から既存粘性土の不透水層を基礎杭等で打ち抜くことが可能かどうかについて、設計、施工上から検討することが必要となっている。

これは、基礎杭の表面に沿った浸透流解析を打設時と打設後の状態について基礎杭打設施工法別によって検討することによって判断できると考える。

例えば、基礎杭としては①バイプロハンマー等の振動打設工法の場合、②油圧ハンマー等の衝撃打設工法の場合、③油圧式押し込み等の静的打設工法の場合そして①から②の連続打設工法等が考えられ、それぞれの施工特性から遮水機能への影響度を調査研究することが必要となる。

これらは粘性土層厚さとも関係するが、施工後には粘性土と基礎杭表面は付着力により一体化され遮水機能は回復すると考えられるが打設時の影響が明確でない。

そこで、検討すべき内容として打設時の杭表面の浸透流がどうなるのかとすることがある。粘性土層を貫通したときに初めて水の道が出来ると考えられるが、その時の現象としてどのようなことが生じるのかという視点から検討が必要である。例えば、内水側から外水側に流れようとする力(水圧差)が考えられるが、反対に外水側の間隙水圧が大きいために内水側に流入することも考えられる。これは施工法別に影響度の違いがあり、外的条件にもより異なると考えられる。これらから今後は現地調査データと、浸透流解析などにより課題研究を進め、港湾施設建設への方向付けが望まれる。

4. おわりに

廃棄物埋立護岸建設に向けては過去の実績、設計・施工マニュアル等によりその計画、設計手法が確立されている。しかし、廃棄物の埋立処分後の跡地利用に向けた設計の考え方については明確なものはなく、技術的な基準もない状態であるので今後の技術検討が待たれている。

ここでは、管理型処分場の早期安定化を図る手法として、環境省委託事業で実施した実験の一部を紹介したが、早期安定化への検証には今後ある程度の時間をかけて行うこととなる。

また、大阪湾内での新たな埋立処分場の計画については大阪湾内での水質、潮流との影響が大きいとの指摘があるが、閉鎖性海域での埋立計画は逆に潮流、河川河口流を考慮した配置計画とすれば海水の

流れを発生させることが出来る。湾奥部での水質改善を図ることを目標として取り組む自然環境を取り戻すミチゲーションを考えた一つの手法として検討を行うことが考えられる。

さらには護岸構造は緩傾斜式とし、浅場を作り自然海浜に近づけた護岸構造のさらなる開発も求められる。

今後の廃棄物処理の展望は廃棄物の減量化、再資源化等が国是として啓発されているが、最終処分される廃棄物は今後も存在する。

そのため将来に向けても最終処分場の整備は必要であり、なおかつ現有の最終処分場はさらなる延命化を図ることが求められている。また、廃棄物の無害化処理を進め、積極的に建設資材等への再利用の道を開発することが重要であると考えている。

参考文献

- 1) (財)港湾空間高度化センター：運輸省港湾局監修「管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル」、2000。
- 2) 大阪湾広域臨海環境整備センター：平成12年度環境省委託事業「海面最終処分場早期安定化調査」報告書。