

## 地盤変形の影響を考慮した鋼管矢板井筒護岸の設計 (その1) — 埋立/棧橋接続部の設計概要 —

埋立地盤 空港 護岸

鹿島建設(株) 正会員 ○坂梨 利男

加藤 浩司

新原 雄二

国土技術政策総合研究所 正会員 宮田 正史

国土交通省 東京空港整備事務所 正会員 野口 孝俊

### 1. はじめに

羽田空港D滑走路は、埋立部と棧橋部からなるハイブリッド構造であり、埋立と棧橋の構造境界は、鋼管矢板井筒を用いた抗土圧護岸を築造する。この護岸は、軟弱地盤上の高盛土による土圧や地盤の側方変位の影響を受け、施工期間中から比較的大きな水平変位が発生することが予想される。そのため、鋼管矢板井筒護岸の設計は、施工中から供用期間中に生じる地盤変形影響を考慮した設計を実施した。本稿(その1)では、埋立/棧橋接続部(以下接続部)の構造概要と設計手法の概要を報告し、(その2)では、地盤変形解析について遠心載荷試験及び事例研究による修正モデルの妥当性検証の概要を報告<sup>1)</sup>、(その3)では修正モデルによる地盤変形解析の概要を報告する<sup>2)</sup>。

### 2. 羽田空港D滑走路島接続部護岸の概要

羽田空港D滑走路建設工事は、東京湾内および多摩川河口域に新たにD滑走路(2500m)を新設するもので、地理的制約から埋立による人工島と棧橋を組み合わせたハイブリッド構造として計画されている<sup>3)</sup>。建設予定地の地盤は、有楽町層、七号地層、新期段丘堆積層、東京層、江戸川層および上総層群から構成されている。軟弱な海底地盤に約40mの高盛土を造成する埋立部と、支持層に杭支持された棧橋が一体となって滑走路を形成し、その構造境界に接続部護岸を構築する。表-1にその特徴を示す。

表-1 羽田空港D滑走路の特徴

自然条件	荷重条件	設計条件	施工条件
・軟弱地盤上の高盛土 ・深い支持層	・航空機荷重 ・想定地震動の大きさ	・供用期間100年	・膨大な施工数量 ・短工期・海上施工
設計施工上の留意点			
・埋立による圧密沈下 と側方移動	・航空機荷重の繰返し載荷 ・地盤変位による土圧	・長期耐久性確保 ・維持管理性確保	・プレキャスト化

### 3. 接続部護岸の構造計画

接続部護岸は、全長(約430m)にわたって打設される2列の鋼管矢板(外壁部)と、滑走路方向に打設される鋼管矢板(隔壁部)を組合せた24個の連続した矩形セルから形成される延長約430mの線状構造物であり、抗土圧護岸且つ渡り桁を支持する基礎構造として安全性・使用性・長期耐久性を確保する必要がある。そこで、護岸構造には高耐力継手を有する鋼管矢板井筒構造を採用し、鋼管矢板の頂部を3m厚の頂版で結合することにより、地盤水平変位の抑制、基礎構造としての安定性を確保する。また、鋼管矢板井筒護岸の前面(棧橋側)は、背面埋立荷重に伴う水平変位の抑制を目的として、軟弱粘性土層(①層)下端まで高置換サンドコンパクションパイル工法による地盤改良を行い、前面マウンドを造成する。さらに、護岸背面については、低置換SCPにより地表面の段差対策を行うとともに、軽量埋立柱材である管中混合固化処理土、軽量混合処理土を使用することにより圧密沈下・水平変位の低減を図っている。

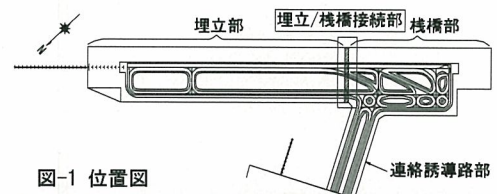


図-1 位置図

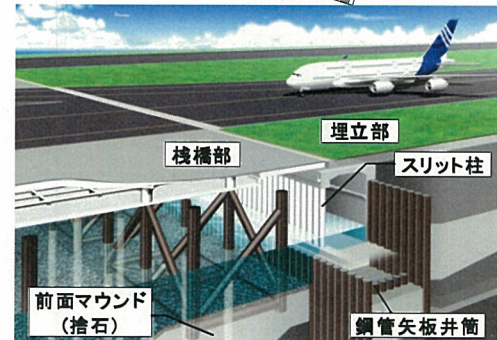


図-2 接続部イメージ

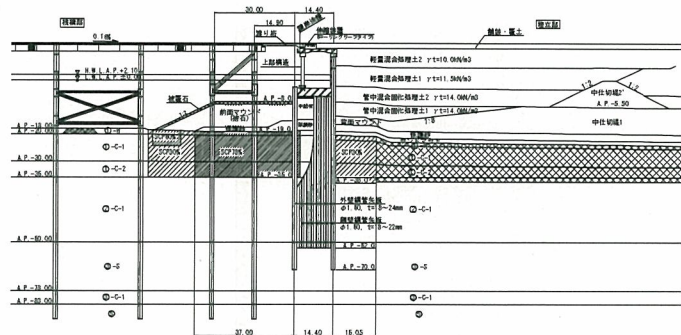


図-3 接続部断面図

Design of steel pipe sheet-pile cellular seawall considering the effect of the ground deformation (Part 1)

-Design concept of the seawall structure connecting the reclaimed island and the piled-elevated platform -

Toshio SAKANASHI, Koji KATO, Yuji NIIHARA (Kajima Co.),

Masafumi MIYATA (National Institute for Land and Infrastructure Management),

Takatoshi NOGUCHI (Minister of Land, Infrastructure and Transport)

#### 4. 接続部護岸の設計方針

接続部護岸の設計フローを図-4に示す。接続部護岸の基本となる鋼管矢板井筒構造は橋梁基礎としての適用実績はあるものの、埋立部と棧橋部双方の挙動影響を考慮した抗土圧構造物として、規模、鋼管径、継手構造等、過去に例の無い大規模構造物である。そのため接続部護岸の構造設計は①立体骨組みモデルによる設計(静的設計)、②施工中・供用期間中の地盤変形に対する弾粘塑性解析による照査(常時 FEM 照査)、③地震時の地盤変形に対する動的解析 (FLIP) による照査(地震時 FEM 照査)の3つの手法により設計を実施した。設計手法の特徴を表-2に示す。

表-2 接続部護岸の設計手法の特徴

手法名	位置付け	特徴
①静的設計	従来の設計法に則った設計照査	鋼管矢板基礎の設計手法として体系化されており実績豊富。立体骨組みモデルを用いて完成時、地震時、施工時に作用する「静的荷重」に対して鋼管矢板井筒断面を設計する。
②常時 FEM 照査	施工中～供用期間中の地盤変形影響を考慮し、100年後の部材発生応力に対する部材照査および変形照査	長期地盤変形を考慮できる弾・粘塑性解析を適用。地盤を FEM 要素でモデル化し、その中に鋼管矢板井筒を梁要素でモデル化し、地盤変形による鋼管矢板井筒への影響を直接的に評価する。ただし、鋼管矢板井筒構造の部材照査として適用された実績がなく、特に地盤変形量の精度に大きく依存する。
③地震時 FEM 照査	供用期間中に可能性がある L2 地震およびシナリオ地震に対する部材照査および損傷レベルの照査	地震時有効応力を考慮できる動的有効応力解析を適用。地盤を FEM 要素でモデル化し、その中に鋼管矢板井筒を梁要素でモデル化し、地震による鋼管矢板井筒への影響を直接的に評価する。

#### 5. 接続部護岸の検討結果

接続部護岸の設計では、上記に示す通り従来の鋼管矢板井筒基礎の設計に用いる静的設計の他に、地盤変形の影響を考慮した常時 FEM 照査と地震時 FEM 照査を実施した。特に常時 FEM 照査は、施工中から供用期間中に生じる地盤変形影響を考慮するため、埋立に伴う粘性土の圧密状態や地盤改良の効果、施工履歴の影響を評価可能な関口・太田モデルによる弾・粘塑性解析(自重解析)を適用している。常時設計の検討結果を図-5、地震時 FEM 検討の検討結果を図-6に示す。以上より、鋼管矢板井筒の断面仕様は表-3のように決定した。

表-3 鋼管矢板井筒断面仕様

深度(m)	板厚(mm)	設計手法
AP-6.0～AP-10.0	24	①静的設計
AP-10.0～AP-26.0	24	②常時 FEM 照査
AP-26.0～AP-42.0	18	②常時 FEM 照査
AP-42.0～AP-70.0	22	③地震時 FEM 照査

#### 6. まとめ

羽田空港D滑走路の接続部護岸の設計にあたり、既存の設計手法に加え、建設海域の地盤条件や荷重条件等、接続部護岸固有の挙動(施工時～供用期間中の地盤変形+地震時)を想定し、あらゆる観点から技術検討を実施した。特に、地盤変形影響を考慮した検討では、地盤の FEM モデルの中に、鋼管矢板井筒を梁要素でモデル化し、鋼管に発生する応力を直接評価するという新たな設計手法を適用して、施工から供用期間中の適切な照査を行い、合理的で十分に安全な設計を実現した。また、軟弱な沖積地盤中の鋼管矢板井筒は埋立に伴う地盤変形の影響が大きく、地盤の水平変位が直接井筒の断面仕様に影響を及ぼすことが判った。今後、施工にあたり、施工時の動態観測データを収集し、鋼管矢板井筒護岸の挙動を確認していく予定である。なお、本報告は東京国際空港D滑走路建設外工事の設計業務の一環として実施した成果の一部である。

参考文献: 1) 村上他: 地盤変形の影響を考慮した鋼管矢板井筒護岸の設計(その2), 第42回地盤工学研究発表会, 2) 渡邊他: 地盤変形の影響を考慮した鋼管矢板井筒護岸の設計(その3), 第42回地盤工学研究発表会, 3) 宮田他: 羽田空港D滑走路の事業計画について, 基礎工, 2007年1月。

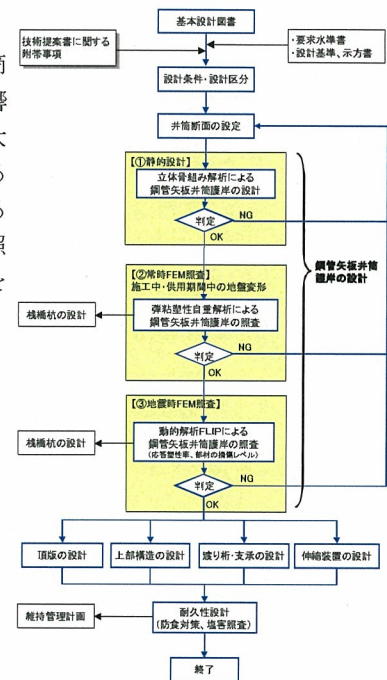


図-4 設計フロー

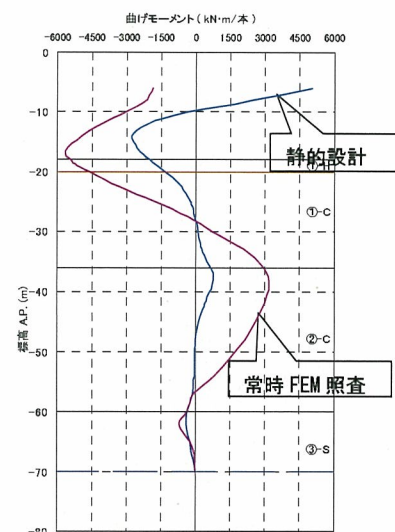


図-5 常時断面力図(棧橋側外壁)

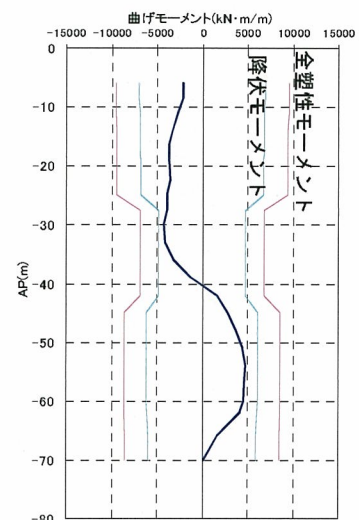


図-6 地震時断面力図(棧橋側外壁)