

2次元有効応力解析に基づく羽田空港D滑走路埋立／栈橋接続部の耐震性能照査

鹿島建設 フェロー 砂坂善雄、 東亜建設工業 正会員 ○田代聡一
鹿島建設 正会員 新原雄二、 東亜建設工業 正会員 浅沼丈夫
国土技術政策総合研究所 正会員 宮田正史、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滑走路は埋立と栈橋構造を組み合わせた構造であり、埋立と栈橋構造の接続部の護岸構造は護岸背面の埋立土の施工時・供用時・地震時の地盤の沈下や側方変形を抑制するために、橋梁等の基礎・橋台として実績のある鋼管矢板井筒構造が採用された¹⁾。鋼管矢板井筒構造を水深約18m、海面上の護岸高さ約14mという厳しい条件下において、側方変位に対抗する護岸構造（抗土圧構造）として採用したのは初めてである。本稿では鋼管矢板井筒構造を中心に、埋立／栈橋接続部の耐震性能の照査方法、解析コードFLIP²⁾を用いた2次元有効応力解析におけるモデル化及び解析結果、耐震性能照査結果の概要について報告する。

2 構造概要^{1),3)}

埋立／栈橋接続部の標準断面を図-1に示す。地盤水平変位の抑制、基礎構造としての安定を確保するために、本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、鋼管矢板の頂部を厚さ3mのRC頂版で結合している。さらに、護岸背後においては軽量混合処理土及び管中固化処理土による埋立て、護岸前面においては高置換SCPによる粘性土層の地盤改良、前面マウンド等が採用されている。護岸上部には埋立部と栈橋部の相対変位を吸収する伸縮装置を設置し、渡り桁で接続する構造となっている。

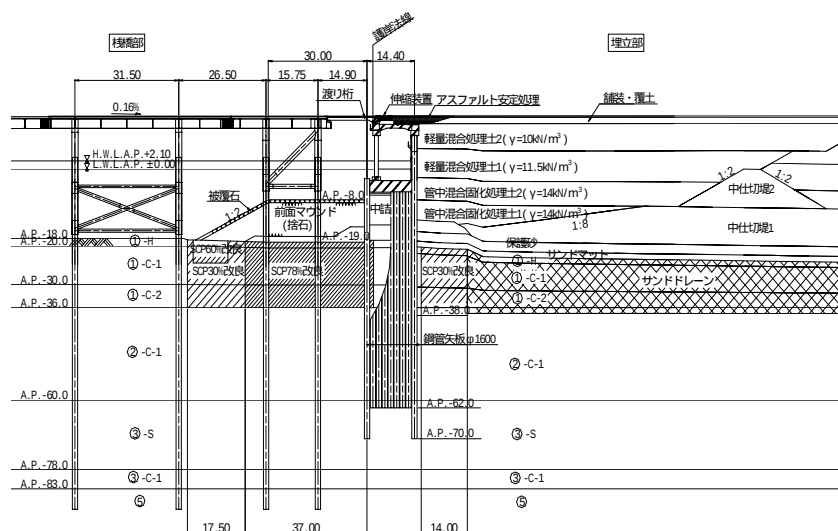


図-1 埋立／栈橋接続部の標準断面

表-1 要求水準書に示される耐震性能

地震波	耐震性能
レベル1 地震動	・補正最大基盤加速度 439Gal(八戸・大船渡波) 構造物としては軽微な被害程度とし 強度、安定性を確保すること
レベル2 地震動	・補正最大基盤加速度 486Gal(八戸・大船渡波) ・シナリオ地震 構造物としては著しい被害を受ける が崩壊しないこと

3 照査方法

埋立／栈橋接続部に要求される耐震性能（表-1）を照査するために、FLIPによる地震応答解析に基づく検討を行った。伸縮装置に対しては護岸と栈橋との相対変位に基づいて検討し、構造部材に対しては損傷度に基づいて検討した。照査基準は、要求水準書、港湾基準⁴⁾及び鉄道標準⁵⁾に基づいて設定した。ただし、相対変位照査の際の栈橋変位は、接続部護岸のみをモデル化した「栈橋なしモデル」を実施して杭位置の地盤の変位時刻歴を求め、それを別途用意した杭－地盤バネモデルに入力して求める方法と、接続部護岸及び栈橋部を一体としてモデル化した「栈橋ありモデル」を実施して直接栈橋の変位を求める方法の2つの方法で検討した。

4 有効応力解析の概要

護岸周辺のモデル化の概要を図-2に示す。地盤は有効応力モデルに基づく非線形平面要素²⁾を用い、地盤と鋼管矢板が接する面については滑り及び剥離を考慮できるジョイント要素を用いた。鋼管矢板井筒は鋼管矢板1本ごとに軸力変動を考慮して全塑性モーメントを剛性変化点とするバイリニア型復元力特性を有する非線形梁要素とし、隔壁鋼管矢板の高耐力継手はせん断試験及び交番載荷試験に基づき非線形バネ特性を設定し

た³⁾。上部工は非線形梁部材でモデル化した。また、栈橋ありモデルでは杭と地盤の間に杭 - 地盤相互作用バネ⁶⁾を用いた。設計地震動は表-1 に示す 5 波である。レベル 1 地震動においては八戸 439Gal が、レベル 2 地震動においてはシナリオ地震が最も護岸の変形が厳しくなったため、以下これらの結果を示す。接続部構造部材の照査において厳しい結果となる栈橋なしモデルによる護岸及び栈橋杭位置の変位時刻歴を図-3 に、護岸周辺の残留ひずみ分布と残留変形図を図-4 に示す。護岸及び前面地盤は徐々に海側に変位し、鋼管矢板井筒には S 字型の残留変形が生じることが分かる。その結果、鋼管の発生曲げモーメントは、杭頭部だけでなく C 層と S 層の境界 (AP-60.0m) 付近でも大きくなるため、深部における鋼管の肉厚は常時の鋼管矢板井筒護岸の変形解析結果³⁾ではなく、FLIP による地震時の変形解析結果に基づいて決定した。

5. 照査結果

レベル 1 地震動 (八戸 439Gal) における護岸と栈橋の最大相対変位は、伸張側は 10cm 以下、縮小側は 60cm 程度であることから、伸縮装置の伸縮量を 120cm と設定した。シナリオ地震時には縮小方向に 200cm 程度の相対変形が生じ渡り桁と上部工は衝突するが、ロックオフ機能を持たせ復旧可能な損傷程度に留まるようにした。鋼管矢板の損傷状態を図-5 に示す。八戸 439Gal では降伏に達しないため損傷せず、シナリオ地震では杭頭部及び深部で降伏を超えるものの局部座屈以下であり構造の安全性は十分確保されている。また、上部工の梁部材については、八戸 439Gal では降伏以内に収まり、シナリオ地震では終局以内に収まる結果となることを確認した。

6. おわりに

本稿では、埋立 / 栈橋接続部について精度の高いモデル化及び信頼性の高い解析コードによる検討を行い、地震時の接続部護岸の大きな側方変形に対して十分な安全性が確保されることを示した。なお、本報告は東京国際空港 D 滑走路建設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) 宮田他：羽田空港 D 滑走路の事業概要について - 栈橋・埋立組合せ工法による海上空港 - , 基礎工, Vol. 35, No. 1, 2007 . 2) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T., "Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol. 29, No. 4, 1990.
- 3) 坂梨他：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 1), (その 2), (その 3), 第 42 回地盤工学会発表論文, 2007 . 4) 日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説(上)(下)、平成 11 年 4 月 . 5) 鉄道技術総合研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、平成 11 年 10 月 . 6) 第 2 期 FLIP 研究会高度利用技術の研究, 杭基礎のモデル化方法の検討, 平成 15 年成果報告書, 平成 16 年 6 月 .

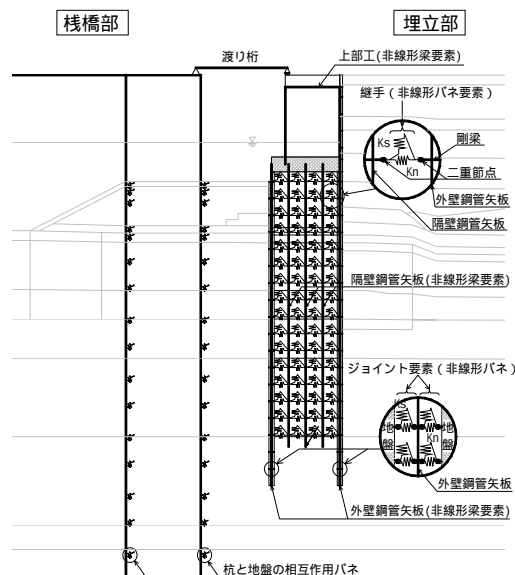


図-2 護岸周辺のモデル化(概念図)

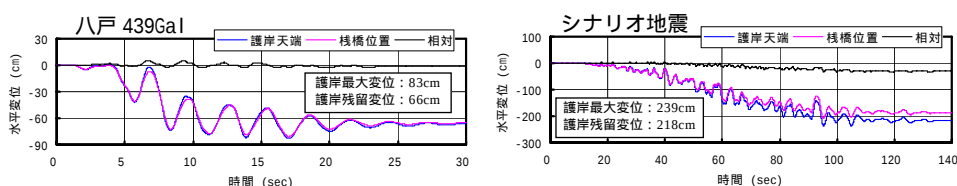


図-3 護岸と栈橋杭位置地盤の変位波形

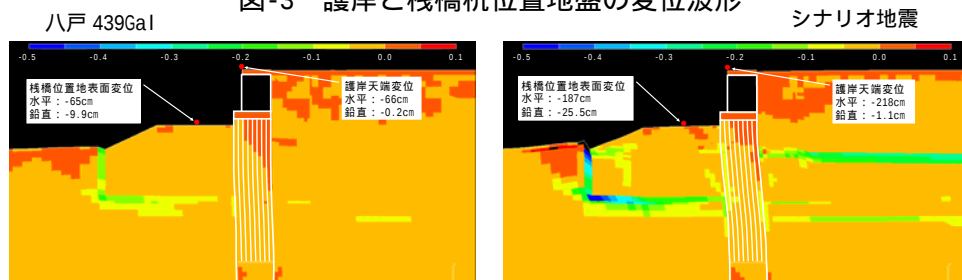


図-4 護岸周辺の残留ひずみ分布と残留変形図

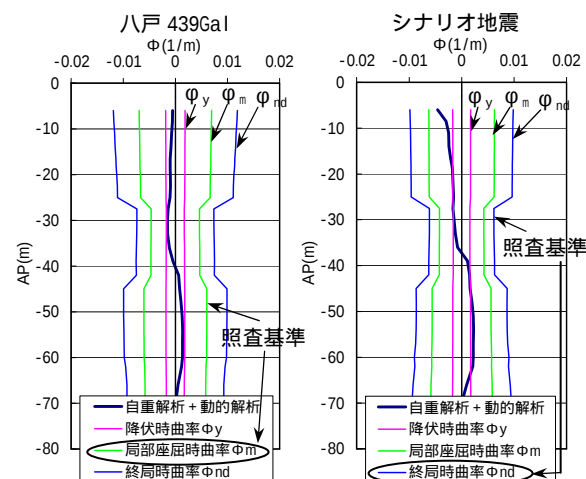


図-5 鋼管矢板の曲率分布