

地震観測に基づく羽田空港 D 滑走路の東日本太平洋沖地震時の挙動（その 2）

—FLIP による埋立／棧橋接続部の再現解析（設計モデルによる評価）—

鹿島建設(株) 正会員 新原雄二 ○大野進太郎 小林孝彰
 国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所 能登谷健一 正会員 山田崇人
 港湾空港技術研究所 正会員 野津 厚
 東亜建設工業(株) 正会員 田代聡一
 (株)IMAGEi Consultant 正会員 澤田叔宏

1. はじめに

羽田空港 D 滑走路の設計では、地震時の変形照査として動的有効応力解析プログラム FLIP による解析評価が行われていた。本報告では設計段階の FLIP の解析モデルをベースに、施工中の変更点(設計思想はそのままに施工承諾として変更した点)を反映した解析モデルを作成した。その解析モデルに対し、東日本太平洋沖地震(以後、3.11 地震)で観測された工学的基盤の加速度波形を入力した再現解析の結果を紹介する。

2. 解析モデル・解析条件・解析ケース

図-1 に FLIP 解析モデル(滑走路中心断面)および入力波形を示す。モデル底面は工学基盤中の AP-100 m、側面は護岸法線からそれぞれ 400 m(埋立側)、1000 m(棧橋側)とした。境界条件は底面・側面とも粘性境界である。接続部護岸の鋼管矢板井筒は、外壁・隔壁の鋼管矢板を非線形梁要素、頂版コンクリートを線形平面要素、上部構造を線形梁要素、隔壁部の鋼管矢板の継手を非線形バネでモデル化した。また、盛土および基礎地盤はマルチスプリング要素でモデル化した。護岸と地盤の接触部は、ジョイント要素で滑り・剥離を表現した。棧橋および渡り桁は線形梁要素でモデル化し、棧橋杭と地盤は FLIP に実装されている「杭-地盤相互作用バネ」で結合した。解析における入力加速度は、A 滑走路で観測された基盤波(2E 波)の NS 成分と EW 成分を解析断面方向に角度変換し合成したものである。表-1 に各解析ケースの解析対象モデルおよび変更点を示す。なお、解析に使用したプログラムは FLIP ROSE Ver.7.4.4 である。

3. 3.11 地震の FLIP 解析結果

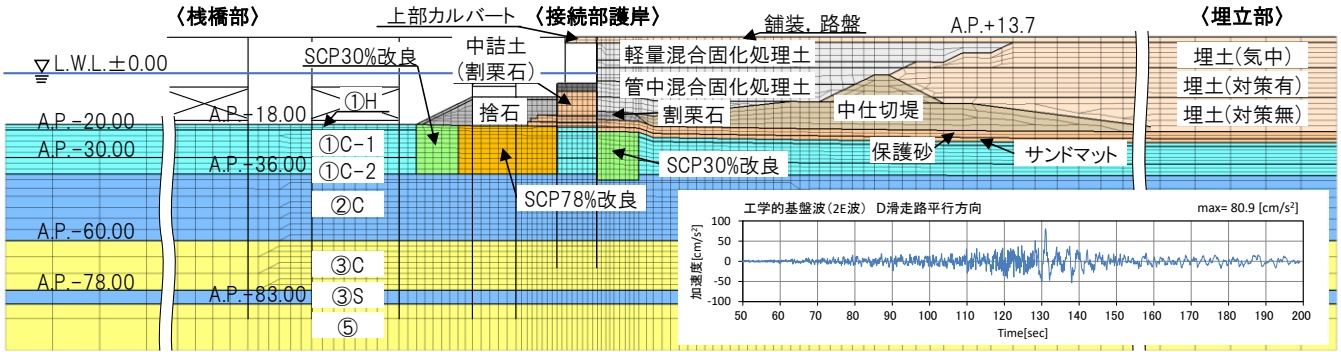
図-2 に CASE1、図-3 に CASE2 の地表面加速度波形の解析結果と観測値の比較を示す。両ケースとも、棧橋部および埋立部の加速度波形は解析と観測値が良く一致した。一方、接続部の加速度波形も解析と観測値は概ね一致しているものの、140 秒前後で解析が観測値よりも大きくなる傾向がみられる。また、CASE1 と CASE2 の加速度波形がほぼ同等であることから、施工中の変更点は接続部護岸の地震応答に影響を与えていないことが確認された。このため、以後は CASE2 の結果に絞って紹介する。なお、地震観測地点は別報¹⁾を参照されたい。図-4 に CASE2 の水平変位波形の解析結果と観測値の比較を示す。接続部において、観測値よりも解析が変位を過大評価している。図-5 の水平変位コンターからも、接続部護岸変位が棧橋側に 50 cm 程度発生していることがわかる。解析において接続部護岸変位が大きくなるのは 140 秒前後であり、加速度応答の乖離が大きくなるタイミングと一致している。このタイミングで粘土層のせん断ひずみの解析値が急増することから、接続部での加速度と変位の増大は、粘土層の塑性化が大きく影響していると考えられる(図-6 参照)。

4. おわりに

設計段階における FLIP 解析モデルに 3.11 地震を入力した再現解析の結果、棧橋部から埋立部に至る D 滑走路全区間の加速度観測値を概ね再現したものの、接続部護岸の水平変位については過大に評価する結果となった。このように護岸変位の再現精度に課題を残すものの、この FLIP 解析モデルの結果を基に実施した接続部護岸の設計は、十分に安全側の評価になっていたと判断できる。本論文は D 滑走路供用開始後 10 年目の技術検証業務の一環で実施したものであり、技術検討委員会の方々、関係各位に感謝の意を表します。

キーワード 羽田空港 D 滑走路、東日本太平洋沖地震、動的有効応力解析、FLIP

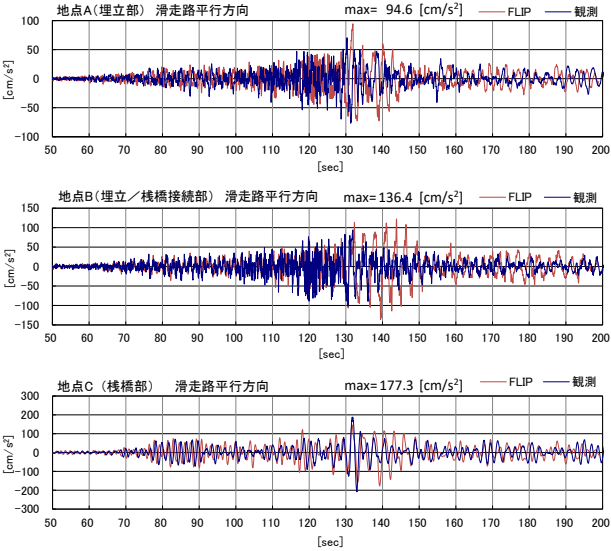
連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL03-6229-6567



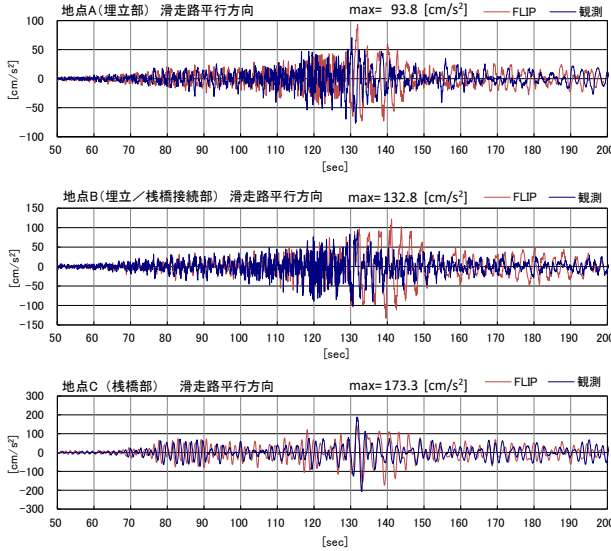
図ー1 FLIP 解析モデル（滑走路中心断面）および入力波形

表ー1 解析ケース一覧

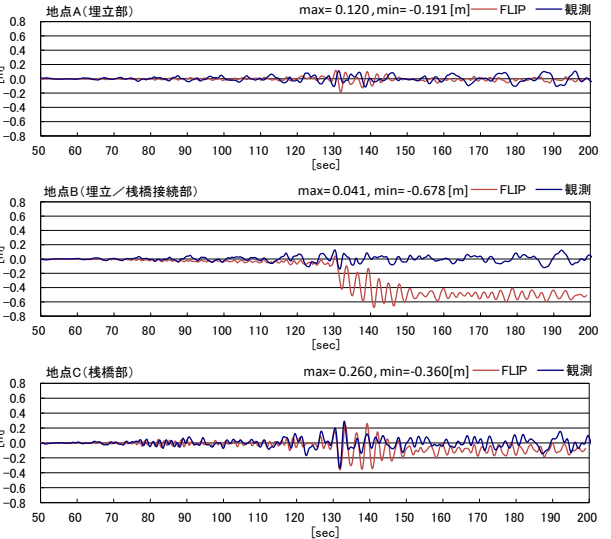
解析ケース	解析対象モデル	変更点・備考
CASE1	設計段階モデル	・接続部護岸の設計に用いたモデル ・埋土・保護砂・サンドマットを液状化要素に設定
CASE2	施工中の変更点の反映モデル	・鋼管矢板継手の変更に伴う鋼管矢板井筒の隔壁間隔変更(18.0 m→18.48 m) ・底盤コンクリート厚さの変更(0.3 m(気中施工)→2.7 m(水中施工)) ・隔壁鋼管矢板の継手要素の剛性を鋼管のリング方向の剛性に変更 ・埋立材料が岩ずりに変更されたことに伴い、埋土を非液状化要素に変更



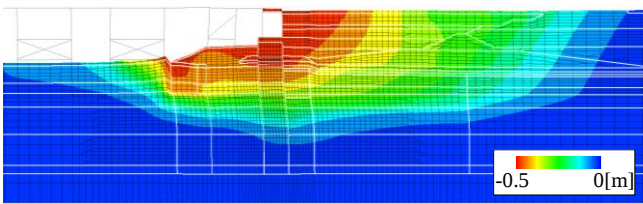
図ー2 地表面加速度波形 (CASE1)



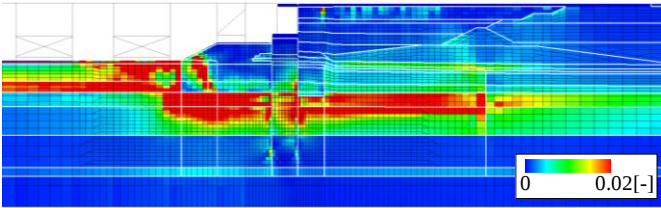
図ー3 地表面加速度波形 (CASE2)



図ー4 水平変位波形 (CASE2)



図ー5 水平変位コンター (CASE2, 加振 180 秒経過時)



図ー6 せん断ひずみコンター (CASE2, 各要素時刻歴最大値)

参考文献

1)新原ら：地震観測に基づく羽田空港 D 滑走路の東日本太平洋沖地震時の挙動（その 1），第 76 回土木学会年講，2021.