

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 3）
—FLIP による埋立／棧橋接続部の再現解析（地盤・構造物性の再評価）—

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

著者らは、別報 1)にて羽田空港 D 滑走路の設計段階において地震時の変形照査として実施された FLIP 解析モデルに対し、東日本太平洋沖地震（以後、3.11 地震）の加速度波形を入力した再現解析結果を報告した。設計段階の FLIP 解析モデルによる検討では、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。そこで、本報告では、D 滑走路の施工期間中に実施された接続部護岸の水平変位予測のための 2 次元圧密逆解析 2)から同定された地盤・構造物性を反映させた FLIP 解析を実施し、3.11 地震の再現性向上を試みた。

2. 解析条件・解析ケース

解析モデルや境界条件、入力波は別報 1)と同様に設定した。表－1 に別報 1)での検討と併せた解析ケースを示す。CASE1 と CASE2 が同等の結果だったため、本報では CASE2 を設計モデルの結果として扱い、CASE3 と比較分析を行った。CASE3 は逆解析で同定した地盤・構造物性を反映させたケースである。逆解析の詳細は新原ら 2)を参照されたい。地盤物性は埋立部の圧密沈下の逆解析から得た粘土層の OCR、構造物性は護岸水平変位の逆解析から得た接続部護岸の高耐力継手強度を解析に反映した。各粘土層の OCR は、①H 層(設計値：1.3、逆解析値：2.5)、①C－1 層(設計値：1.3、逆解析値：1.3)、①C－2 層(設計値：1.3、逆解析値：1.4)、②C 層(設計値：2.5、逆解析値：1.5)である。層厚の大きい②C 層の OCR が逆解析により大きく低減している。OCR と強度増加率(試験値)、盛立後の上載圧から粘着力を算出し、FLIP 物性に反映した。

3. 3.11 地震の FLIP 解析結果

図－1 に CASE2、図－2 に CASE3 の地表面加速度波形の解析結果と観測値の比較を示す。どちらのケースも、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。接続部については、CASE2 でみられた 140 秒前後の加速度の乖離が CASE3 では解消され再現性が向上した。しかし、図－3 および図－4 に示す水平変位波形では両ケースとも接続部での解析結果が観測値よりも過大に評価する結果となった。CASE3 において、高耐力継手強度を増大したことによる護岸剛性の向上はあるものの、粘土層の粘着力を低下させたことによる地盤の変形やせん断ひずみ増大の影響が大きかったと考える。図－5 および図－6 から CASE2 より CASE3 の粘土層のせん断ひずみが増大していることが確認できる。

表－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 ※CASE1 と同等の解析結果のため、本報では「設計モデル」と呼ぶ	・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
CASE3	施工中の逆解析で同定した地盤・構造物性の反映モデル	・追加土質調査と施工中の動態観測に基づく 2 次元圧密解析により見直された基礎地盤の OCR の反映 ・施工中の動態観測に基づく 2 次元圧密解析により見直された接続部護岸の高耐力継手のせん断強度の見直し(400 kN/m→2000 kN/m)

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

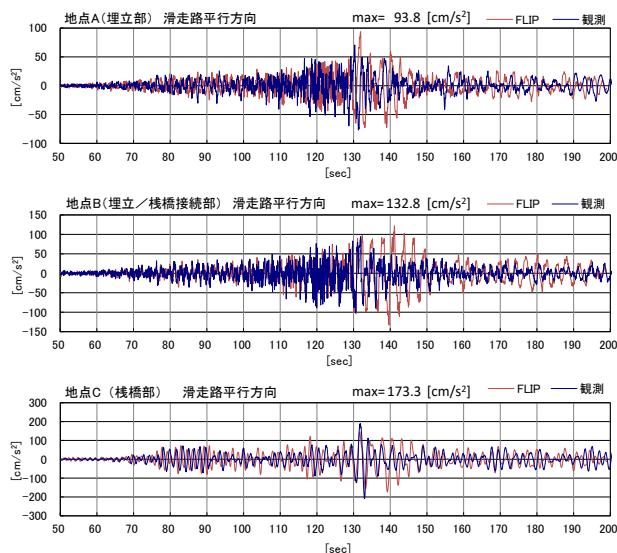


図-1 地表面加速度波形 (CASE2)

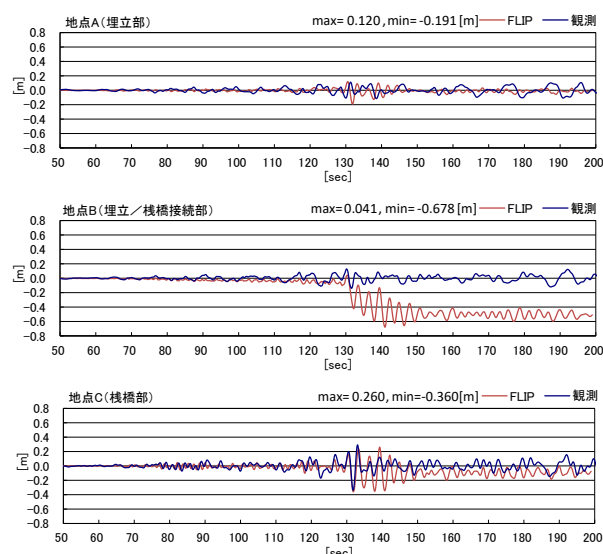


図-3 水平変位波形 (CASE2)

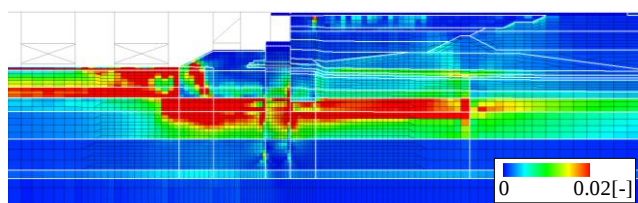
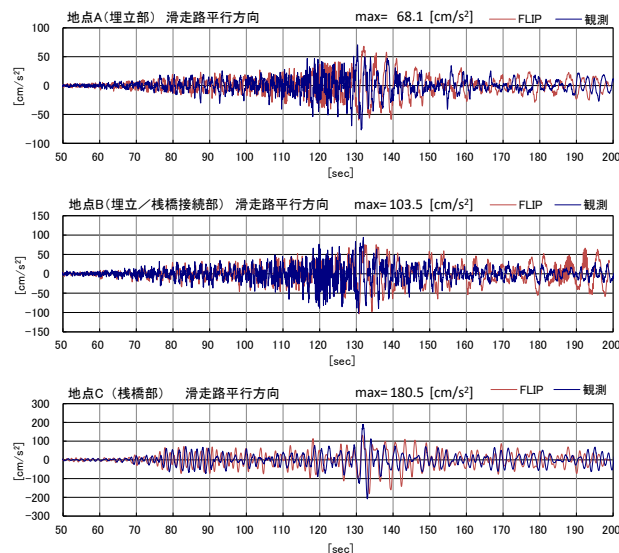
図-5 せん断ひずみコンター
(CASE2, 各要素時刻歴最大値)

図-2 地表面加速度波形 (CASE3)

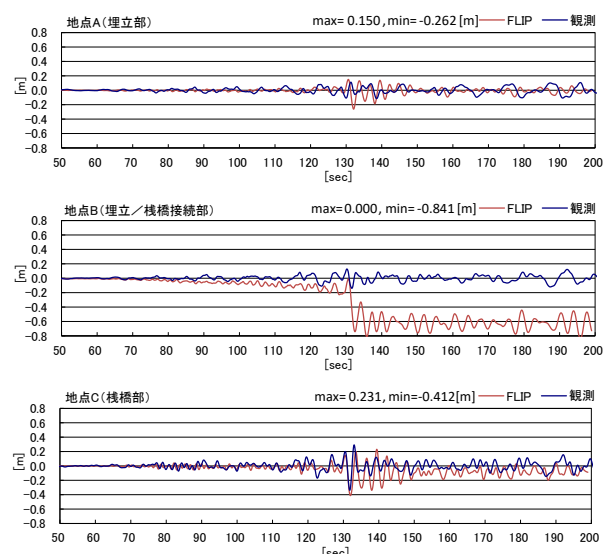
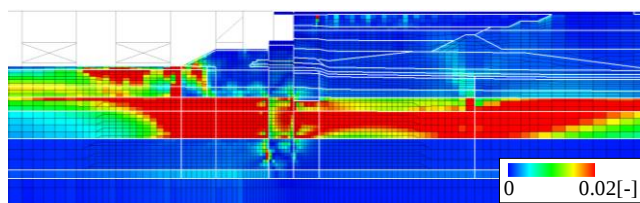


図-4 水平変位波形 (CASE3)

図-6 せん断ひずみコンター
(CASE3, 各要素時刻歴最大値)

4. おわりに

FLIP 設計モデルから逆解析で同定した地盤・構造物性を反映した解析を実施した。その結果は加速度応答については全域に渡り非常によく一致するものの、護岸変位については依然として解析が過大評価となるものであった。護岸変位の再現性が向上しない原因として粘土層の物性評価法や FLIP の粘土構成則の精度などが考えられる。今後、詳細な分析により精度向上を図りたい。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。

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 2），第 76 回土木学会年講，2021。
- 2)新原ら：羽田空港 D 滑走路埋立／栈橋接続部護岸の供用後 10 年間の動態観測と変位予測解析，土木学会論文集 B3，Vol.76, No.2, pp.588-593, 2020。