地震応答解析による杭式防波堤補強工法の挙動の推定

新日鐵住金(株) 正会員 〇森安 俊介,及川森,妙中真治,非会員 久保田一男 東京理科大学 フェロー会員 菊池喜昭,正会員 兵動太一,非会員 引地宏陽

1. はじめに

海溝型巨大地震の震源位置によっては、防波堤は地震被害を受けた後、津波に襲われる可能性が考えられる。そのため、防波堤には地震と津波による複合災害に対して防護機能を有することが求められる。東日本大震災以降、粘り強い防波堤¹⁾が提唱され、様々な補強工法が提案されている。図-1に示す杭式補強工法(以下、本工法)はその一種であり、これまで津波に対する抵抗特性が研究されてきた²⁾³⁾.一方、本工法の地震時挙動はあまり検討されていないため⁴⁾、本稿では異なる二つの地震動を用いた地震応答解析により、地震時挙動の推定を実施した。

2. 検討内容

解析モデルは神戸港第7防波堤である.1995年の兵庫県南部地震において,防波堤直下の置換砂に液状化が生じ, 防波堤全長に渡ってケーソン天端が1.4~2.6m 沈下した. 佐藤ら⁵⁾は,有効応力解析プログラム FLIP を用いて,こ の被災再現解析を実施しており,本検討ではその文献を参考に,本工法で補強した場合や,異なる地震動における 挙動を検討した. 解析ケースを表-1 に示す.入力地震動はポートアイランド波(GL.-28m 観測波)及び南海トラフ を対象にした高知港 SPGA 波を用いた. SPGA 波は,過去の大規模な海溝型地震において震源近傍で観測されたパ ルス波に着目したモデルである. Case2,4 の解析断面を主要な諸元とともに図-2 に示す. 地盤物性値を表-2,液状 化対象層である置換砂の液状化特性パラメータを表-3 に示す. 地盤要素にはカクテルグラス要素⁶を適用し,透水 現象を表現した. Case1,3 の解析断面は図-1 から鋼管杭と中詰めを除いたものである.

各地震動におけるケーソン天端沈下量を図-3に示す. Caselの沈下量 1.82m は実測値の範囲内であり,解析モデ ルは妥当と判断される.全Caseを通じてケーソンの沈下は地震終了とともにほぼ収まり,Case2,4の沈下量はCase1,3 の約 65%割に留まっている. 図-4 と図-5 の比較より, Case3,4 とも置換砂に液状化が生じているが, Case4 のほう がケーソン直下の液状化した地盤の変形やせん断ひずみが小さく,鋼管杭による変形抑制効果が示唆される. 図は 省略するが,これらの傾向は Case1,2 においても確認された. 鋼管杭の曲げモーメントを図-6 に示す. 初期自重解 析では補強過程を模擬し,ケーソンを据えたあとに鋼管杭と中詰めを配しており,自重解析完了後の曲げモーメン トは小さい. 地震時には最大 1196kNm/m の曲げモーメントが生じているが,鋼管杭近傍の港内外側の地盤に同程度 の液状化が生じ,偏土圧が小さいため,残留状態の曲げモーメントは再び小さくなっている.

3. おわりに

複数の地震動において,鋼管杭が液状化地盤の変形を抑えて防波堤の沈下量を低減する効果が示唆された.今後, 異なる地盤条件や,地震後の津波に対する抵抗力の推定等を実施し,本工法の防護機能をより明確にしていく. 謝辞: SPGA 波は港湾空港技術研究所の野津厚領域長より提供頂いた.ここに感謝の意を表する.

参考文献:1) 国土交通省港湾局:防波堤の耐津波設計ガイドライン 一部改訂 2015.2) 有川太郎,及川森ら:鋼杭による防波 堤補強工法の越流時における安定性に関する研究,港湾空港技術研究所資料,No.1298,2015.3) 勝呂基弘,菊池喜昭ら:鋼杭 による防波堤補強工法に関する模型気中載荷実験,土木学会論文集 B3(海洋開発),Vol.71,No.2, pp.I_617-I_622,2015.4) 森 安俊介,及川森ら:鋼杭を用いた防波堤補強工法の地震後の津波に対する抵抗力に関する数値解析,第 13 回地盤工学会関東支 部発表会,pp.253-254,2016.5) 佐藤誠一,井合進ら:解析プログラム FLIP における砂の解析定数簡易設定法の事例解析-重力 式岸壁-,第 46 回地盤工学研究発表会,pp.1643~1644,2011.6)Iai,S.,Tobita,T., et al: Dilatancy of granular materials in a strain space multiple mechanism model, Int. J. Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.35, No.3, pp.360-392,2011.7) 野津厚,若井 淳:南海トラフの地震(Mw9.0)を対象とした強震動評価への SPGA モデルの適用,港湾空港技術研究所資料,No.1271,2013.

キーワード 防波堤,地震応答解析,液状化,鋼管杭

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 新日鐵住金(株)技術開発本部 TEL 0439-80-2111

-153-

