

栈橋式構造の残留水平変位と応力状態の関係について(その 2)

中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所
 内田 吉文, 正会員
 本多 和彦
 吉村 藤謙, 鬼頭 孝明
 中部地方整備局港湾空港部 品質確保室 神藤 明彦
 (株)ニュージェック ○正会員 曾根 照人, 正会員 楠 謙吾

1. はじめに

切迫する東海・東南海・南海地震等, 大規模地震に対する港湾分野での防災対策および BCP を検討していくためには, 港全体での被災状況を把握する必要がある. そのためには, 簡易に実施できる耐震診断手法の開発が必要である. また港湾施設は大規模地震発生直後の緊急物資輸送や復旧工事の拠点として重要な役割を担っているため, 地震発生後早急に施設の健全度を判断し暫定供用の可否を判断しなければならない. 栈橋式は, 鋼部材からなる施設であり, 外観調査からは鋼部材の応力状態を把握しにくいことから, 外観調査で得られる残留水平変位から栈橋杭の応力状態を判断できる指標が必要である.

西村ら^{1),2)}は, 沿岸構造物のチャート式耐震診断システムを用いて栈橋式の残留水平変位, 応力状態を推定する方法を提案している. 本検討は, 西村らが実施した検討に, 検討ケースを加えることにより高精度化を図ったものである.

2. FLIP 解析による鋼管杭の応力状態

中部地方整備局管内の栈橋式 20 施設に対して, レベル 2 地震動, 再現期間を考慮した複数の地震動(レベル 1 地震動を含む)を入力地震動とした 2 次元有効応力解析(FLIP³⁾)を 258 ケース実施し, 栈橋の残留水平変位と鋼管杭の応力状態についてとりまとめを行った. 鋼管杭の応力状態は, 下記に示す 5 つの応力状態で区分した.

- ・ 応力状態 1: 発生するモーメントが降伏モーメント以下{以下(降伏以下)と略称}.
- ・ 応力状態 2: 発生するモーメントが全塑性モーメント以下{以下(全塑性以下)と略称}.
- ・ 応力状態 3: 発生するモーメントは全塑性モーメントに達するが, 1 本の杭で 2 箇所以上の全塑性モーメントが発生していない{以下(ダブルヒンジが発生していない)と略称}.
- ・ 応力状態 4: 2 箇所以上で全塑性モーメントが発生していない杭が存在する{以下(ダブルヒンジが発生していない杭が存在する)と略称}.
- ・ 応力状態 5: 全ての杭で 2 箇所以上の全塑性モーメントが発生している{以下(全ての杭がダブルヒンジ)と略称}.

残留水平変位は, 栈橋規模(計画水深)に影響される. そのため, 栈橋規模の影響を取り除くため, 残留水平変位を図-1 に示す栈橋高さ{上部工中心から仮想地表面の平均標高(海側と陸側の平均値)までの距離}で除した

変形率{式(1)}で評価した. また応力状態は, 発生曲率との相関が大きいと考えられる. そこで, 変形率, 最大曲率比{式(2)}と応力状態について取りまとめを行った.

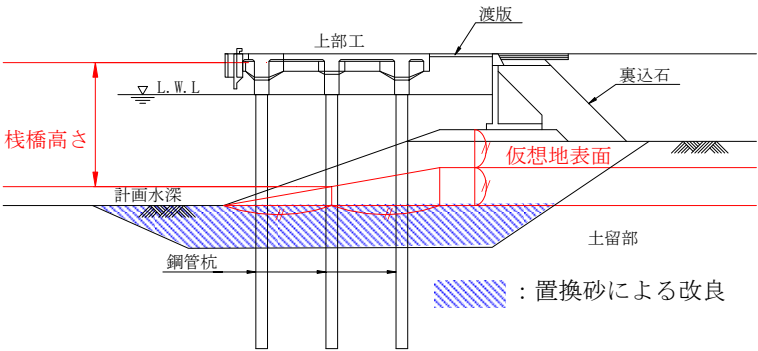


図-1 栈橋高さの設定

$$\text{変形率} = \frac{\text{残留水平変位}}{\text{栈橋高さ}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{最大曲率比} = \frac{\text{発生曲率}}{\text{全塑性モーメント発生時の曲率}} \text{の最大値} \dots\dots\dots(2)$$

なお, 軟弱地盤対策として置換砂がある断面(図-1 参照)とない断面では, 変形率と最大曲率比の関係が明
 キーワード 岸壁, 耐震診断, 栈橋式, 地震時残留変位, 鋼管杭

連絡先 〒531-0074 大阪市北区本庄東 2-3-20 株式会社ニュージェック港湾・海岸グループ TEL06-6374-4038

らかに異なるために個々に整理した。置換砂がない断面の変形率と最大曲率比を施設の設計震度毎に整理した結果を図-2に示す。図-2より、鋼管杭の剛性が変形率と最大曲率比の関係に与える影響は小さいと考えられる。変形率と最大曲率比の関係および、変形率から最大曲率比を求める推定式を図-3、図-4に示す。推定式は安全側の評価(最大曲率比の値が大きくなる)となるように設定した。なお、置換砂がない断面では、ジャケット式および、仮想固定点よりも深部の液状化層と非液状化層の層境界に塑性ヒンジが発生する特異断面は除いた。栈橋の被災事例である兵庫県南部地震の高浜栈橋(置換砂なし)の被災状況⁴⁾(変形率0.173, 応力状態4)は、図-4の分布と整合する結果となっており本検討での取りまとめの妥当性が確認できた。

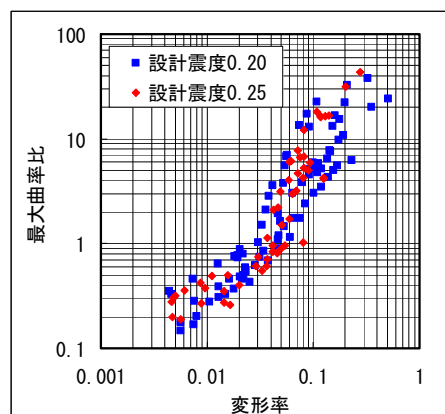


図-2 設計震度と変形率-最大曲率比の関係

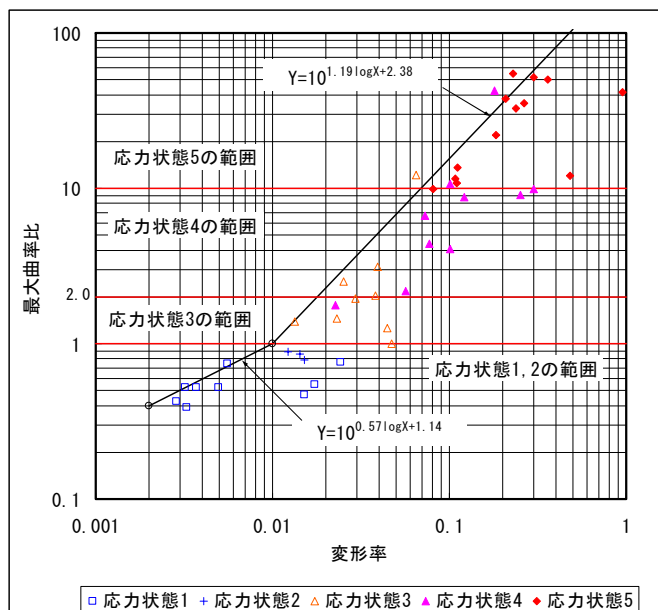


図-3 変形率と最大曲率比(置換砂あり断面)

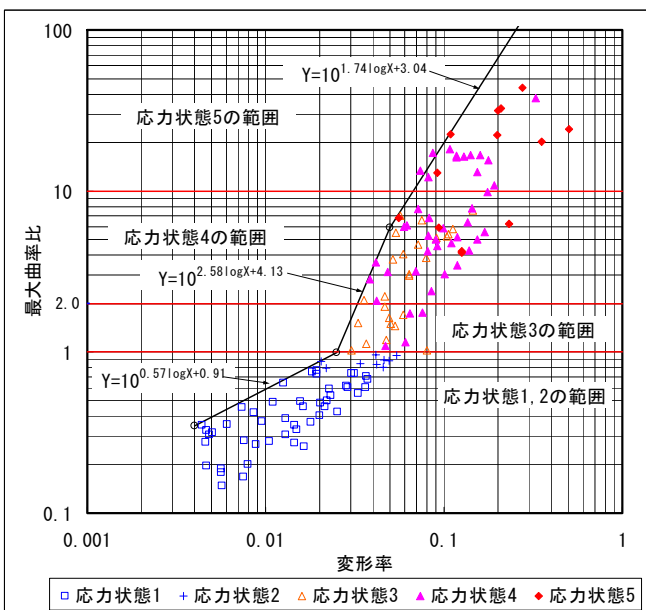


図-4 変形率と最大曲率比(置換砂なし断面)

3. おわりに

栈橋の残留変位より栈橋を構成する鋼管杭の応力状態を推定する方法を提案した。この方法より、簡易に栈橋式の耐震診断および、地震後の残留水平変位計測による鋼管杭の応力状態の推定が可能であり防災対策、被災後の港湾の復興に非常に有効である。今回提案したものは、栈橋の鋼管杭のみに対するものであるため、今後上部工に関して検討を行い、上部工も含めた耐震診断および暫定供用の可否判断ができる指標の作成を行う予定である。

参考文献

- 1)西村太司,木全啓介,長尾毅,田川辰也,日置幸司,曾根照人,楠謙吾: 栈橋式構造の残留水平変位と応力状態の関係について,第64回年次学術講演会講演概要集,II-96,2009
- 2)西村太司,木全啓介,長尾毅,田川辰也,日置幸司,曾根照人,楠謙吾: 沿岸構造物のチャート式耐震診断システムを用いた栈橋式構造の耐震診断手法の提案,第64回年次学術講演会講演概要集,II-97,2009
- 3)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
- 4)南兼一郎,高橋邦夫,園山哲夫,横田弘,川端規之,関口宏二,辰見タ一:神戸港における横栈橋の被害調査と動的相互作用解析,第24回地震工学研究発表会,pp.693-696,1997