

栈橋式構造の残留水平変位と応力状態の関係について

国土技術政策総合研究所 正会員 長尾 毅 , 正会員 田川 辰也
 中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所 正会員 西村 大司, 正会員 木全 啓介
 中部地方整備局清水港湾事務所 正会員 日置 幸司
 (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. 特に, 地震後の岸壁の供用の可否を判断するためには, 岸壁が対象地震に対して耐震性能を確保しているかどうかを見極めるために FLIP¹⁾に代表される 2次元有効応力解析を実施する必要がある. 2次元有効応力解析を実施するためには, 多くの時間と費用を必要とし, 港の全施設を実施するのは非現実的である. 本研究では, 岸壁の構造形式の 1つである栈橋式について, 簡易的な方法で耐震診断を実施するために必要となる栈橋式の残留水平変位と応力状態の関係について取りまとめたものである.

2. 既往の FLIP 解析による鋼管杭の応力状態

既往のレベル 2 地震動に対する 2次元有効応力解析(FLIP)結果(直杭式栈橋 42 ケース, 斜杭式栈橋 15 ケース, 計 47 ケース)より, 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(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を上回るが, 1本の杭で 2 箇所以上の全塑性モーメントを上回る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(全ての杭ではダブルヒンジとなっていない)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}.

残留水平変位が杭の健全度に及ぼす影響は, 栈橋前面の水深に依存するため, 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)} で評価する. 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, 曲率比 {式(2)} と応力状態について取りまとめを行う.

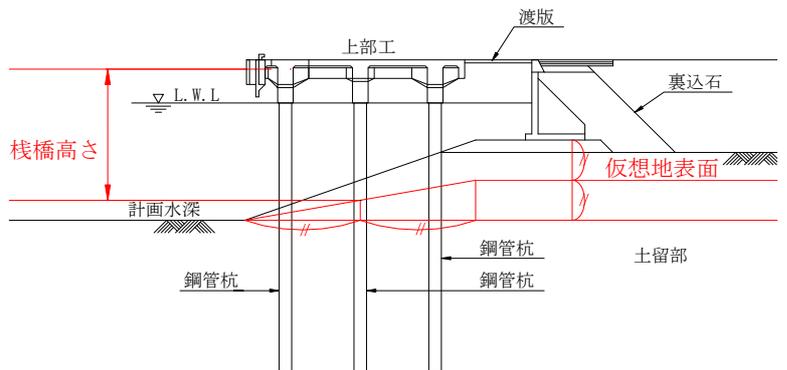


図-1 栈橋高さの設定

$$\text{変形率} = \frac{\text{残留水平変位}}{\text{栈橋高さ}} \dots\dots\dots(1) \quad \text{曲率比} = \frac{\text{発生曲率}}{\text{全塑性モーメント発生時の曲率}} \text{の最大値} \dots\dots\dots(2)$$

なお, 斜杭式と直杭式では変形率と曲率比の関係が明らかに異なるため, 個々に整理する. 図-2 に斜杭式の変形率と曲率比の関係, 図-3 に直杭式の変形率と曲率比の関係を示す. 変形率と曲率比の関係は, 両対数軸上でほぼ線形関係にあるため, 斜杭式, 直杭式それぞれ式(3), 式(4)で表すことができる.

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 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 国土技術政策総合研究所 TEL046-844-5029

$$\phi_r = 10^{1.41 \cdot \log(disr) + 3.07} \text{ (斜杭式栈橋)} \cdots (3)$$

$$\phi_r = 10^{1.47 \cdot \log(disr) + 2.01} \text{ (直杭式栈橋)} \cdots (4)$$

ここに、 ϕ_r : 曲率比 $disr$: 変形率

斜杭式栈橋は、直杭式栈橋と比べて靱性が低いと考え、応力状態4の状態となる曲率比の範囲は小さいと考えられる。また今回整理した既往のFLIP解析結果(組杭が最大で2組)では応力状態4となる事例がなかったことより、斜杭式栈橋は、応力状態3から応力状態5に移行するものとした。表-1、表-2 に直杭式栈橋，斜杭式栈橋の曲率比と応力状態についてまとめたものを示す。

表-1 曲率比と応力状態の関係(直杭式栈橋)

応力状態	曲率比	備考
応力状態1	$0 < \phi_r < 1.0$	降伏以下
応力状態2		全塑性以下
応力状態3	$1.0 \leq \phi_r < 5.0$	ダブルヒンジが発生していない
応力状態4	$5.0 \leq \phi_r < 20.0$	全ての杭ではダブルヒンジとなっていない
応力状態5	$20.0 \leq \phi_r$	全ての杭がダブルヒンジ

表-2 曲率比と応力状態の関係(斜杭式栈橋)

応力状態	曲率比	備考
応力状態1	$0 < \phi_r < 1.0$	降伏以下
応力状態2		全塑性以下
応力状態3	$1.0 \leq \phi_r < 5.0$	ダブルヒンジが発生していない
応力状態5	$5.0 \leq \phi_r$	全ての杭がダブルヒンジ

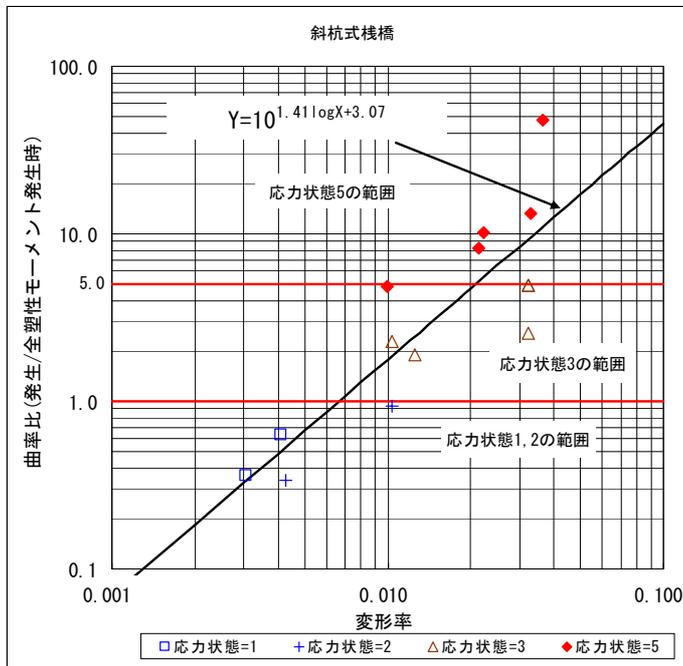


図-2 変形率と曲率比(斜杭式栈橋)

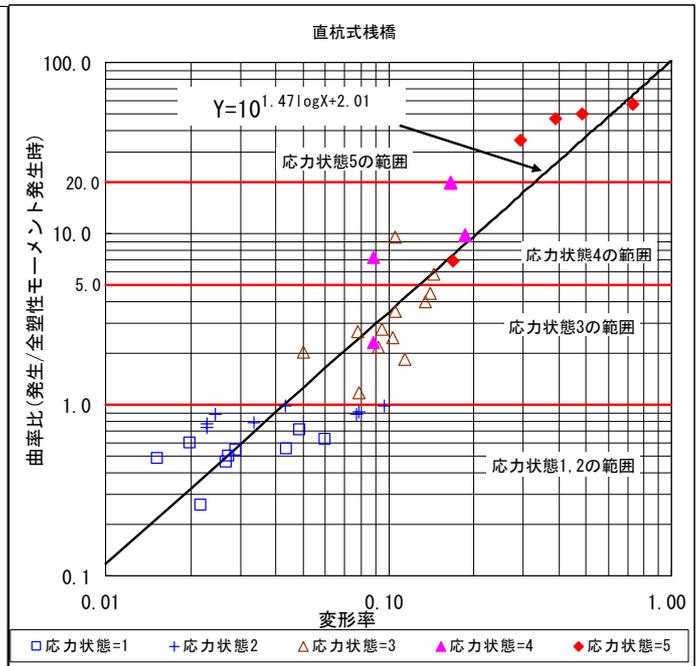


図-3 変形率と曲率比(直杭式栈橋)

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。今回提案したものは、栈橋の設計震度(鋼管杭の剛性)は考慮していない。今後、設計震度を考慮した栈橋の残留水平変位と応力状態の関係について検討を進める必要があると考えている。また斜杭式は、組杭が2組までの結果を用いてまとめたものであり、多くの組杭(3組以上)を有する栈橋への適用できない。このため、今後も多くのデータを蓄積することにより、推定精度の向上、設計震度の考慮、組杭が3組以上の斜杭式栈橋への適用を図っていきたいと考えている。

謝辞

本稿をまとめるに当たり、京都大学防災研究所 井合教授を座長とする港湾地域地震防災対策検討部会においてご指導をいただきました。ここに記して謝意を表すものである。

参考文献

1) 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