

斜面上の栈橋の支持杭の横抵抗の考え方に関する検討（その2）

(株) 日本港湾コンサルタント 正会員 ○高野 向後

同 正会員 田端 優憲

(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 稲田 滉平

同 水谷 崇亮

同 (出向元：パシフィックコンサルタンツ (株)) 正会員 田渡 竜乃介

1. はじめに

斜面上の横栈橋の支持杭に発生する応力を照査する際、幅 20m 以下の栈橋では仮想地表面を設計水深と実斜面の 1/2 の高さとする方法（実斜面 1/2 の方法：方法①）を用い、幅 20m を超える栈橋では斜面勾配と载荷方向により地表面高さを補正する方法（鈴木らの方法：方法②）を用いることが一般的である^{1),2)}。

近年、船舶の大型化やガントリークレーンの設置等に伴い、栈橋幅が 20m を超える事例が増加しつつあり、このような栈橋の設計では方法②を用いることとなる。しかしながら、方法②では杭の横抵抗の評価に港研方式²⁾を用いるため計算が煩雑である。これに対し、方法①では Chang の式を用いるため計算が比較的容易であることから、栈橋幅 20m を超える場合についても、方法①を適用できるようにしたいという要望がある。

そこで、幅 20m を超える栈橋について、別稿³⁾において作成した、方法②に準拠した骨組解析モデルで算出した杭の断面力と、方法①に基づいて算出した杭の断面力との比較を行い、幅 20m を超える栈橋に対する方法①の適用の可能性を探ることとした。

2. 検討方法

図 1、2 に示す栈橋のモデル断面について、方法①および方法②の 2 通りの方法によって仮想地表面を設定し、骨組解析によって断面力を算出した。

検討断面は実設計例を参考に幅 16m（設計水深-12.5m、杭 3 列）と幅 36.5m（設計水深-14.0m、杭 3 列）の 2 断面に加えて、これらの断面に杭列を 1 列追加し、幅 22m（設計水深-12.5m、杭 4 列）と幅 51.75m（設計水深-14.0m、杭 4 列）の断面を作成し、計 4 断面を対象とした。捨石層の斜面勾配は 1:1.5 であり、幅 16m と幅 22m の断面では一様な斜面としたが、幅 36.5m と幅 51.75m の断面では設計水深から水深-3.0m までを斜面とし、これ以浅を水平とした。

検討ケースを表 1 に示す。荷重の载荷方向を海→陸または陸→海の 2 方向とし、Case1 および Case2 では水平荷重 200kN、Case3 および Case4 では水平荷重 400kN とした。地盤条件は、捨石層を S 型地盤($\bar{N}=1$)、在来地盤を C 型地盤($N=25$)とした。なお、Case4-1.5-R については、杭 4 が斜面から離れた箇所に位置しているため、杭 4 のみ斜面の影響を考慮しないケース(Case4-1.5-R')もあわせて実施した。

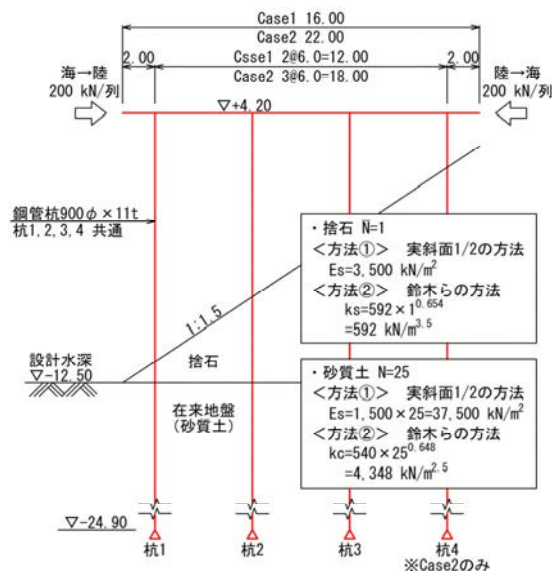


図 1 検討モデル図 (Case1, Case2) (単位: m)

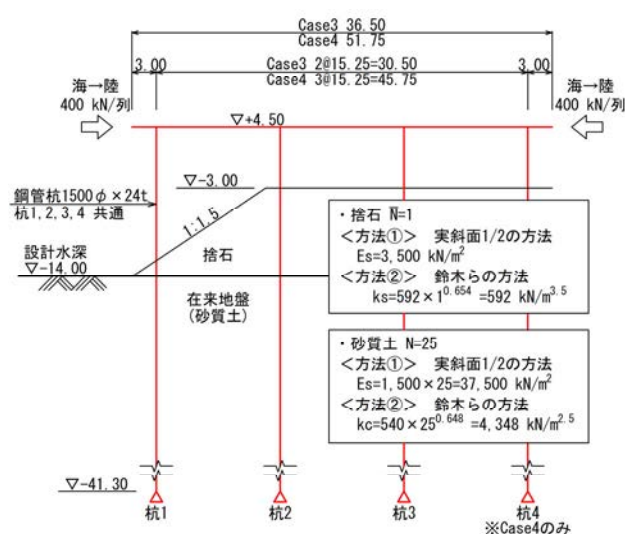


図 2 検討モデル図 (Case3, Case4) (単位: m)

キーワード 港湾施設、栈橋、捨石基礎、仮想地表面、骨組解析

連絡先 〒141-0031 東京都品川区西五反田 8-3-6 TK 五反田ビル TEL03-5434-5671

表 1 検討ケース

ケース	設計水深	栈橋幅	捨石勾配	荷重	載荷方向
Case1-1.5-U	-12.5m	16m	1:1.5	200kN	海→陸
Case1-1.5-R					陸→海
Case2-1.5-U	-12.5m	22m	1:1.5	200kN	海→陸
Case2-1.5-R					陸→海
Case3-1.5-U	-14.0m	36.5m	1:1.5	400kN	海→陸
Case3-1.5-R					陸→海
Case4-1.5-U	-14.0m	51.75m	1:1.5	400kN	海→陸
Case4-1.5-R					陸→海
Case4-1.5-R'					陸→海

3. 検討結果

各方法により得られた杭ごとの杭頭曲げモーメントの比（方法②／方法①）を図3、4に示す。載荷方向（海→陸）のケース（図3）のうち、Case1-1.5-Uでは、杭3のみ曲げモーメント比が僅かに1.0を超えたが、その他のケースでは曲げモーメント比が1.0未満であった。載荷方向（陸→海）のケース（図4）のうち、Case1-1.5-RおよびCase2-1.5-Rでは、最も陸側に位置する杭3または杭4において曲げモーメント比が1.1程度であり、それ以外の杭では曲げモーメント比1.0未満であった。また、Case3-1.5-RおよびCase4-1.5-Rでは、杭1の曲げモーメント比が1.0未満であり、その他の杭は1.0程度

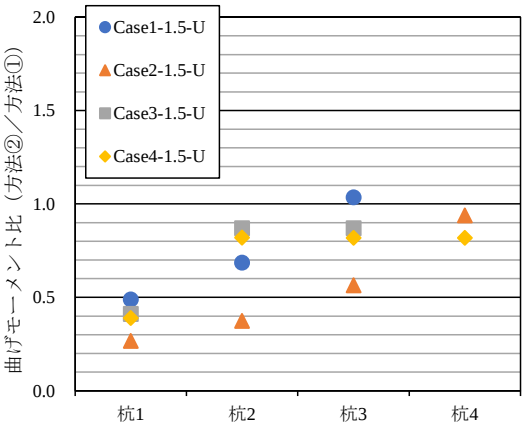


図 3 杭頭曲げモーメント比（載荷方向 海→陸）

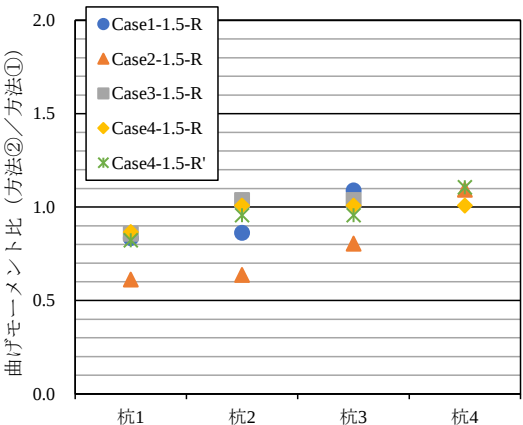


図 4 杭頭曲げモーメント比（載荷方向 陸→海）

であった。

幅 20m 程度以下の栈橋(Case1,Case2)では海側杭と陸側杭の曲げモーメント比の差が大きく、幅 20m を超える栈橋(Case3,Case4)ではその差が小さくなる傾向であった。幅 20m を超える Case3, Case4 では、栈橋が一般的な斜面上ではなく、斜面部と水平部にまたがった位置にあることが影響しているものと考えられる。

なお、Case4-1.5-R と Case4-1.5-R' と比べると、Case4-1.5-R' の杭 1～3 までの曲げモーメント比がわずかに小さくなり、杭 4 の曲げモーメント比が約 1.0→約 1.1 と大きくなった。Case4-1.5-R' では杭 4 が水平地盤にあると考え、横抵抗の補正をしていないことから、杭 4 が水平力を負担する割合が大きくなったものと考えられる。

4. おわりに

本検討では、斜面上の様々な幅の栈橋に対して、方法①（実斜面 1/2 の方法）および方法②（鈴木らの方法）によって断面力を算出し、その値を比較した。その結果、幅 20m を超えかつ水平部を有する栈橋では、両方法による断面力の差が小さくなる傾向があることを確認した。

現在、幅 20m を超える栈橋に対しては方法②を適用して照査することが標準である。しかしながら、方法②では、各杭に対して港研方式を適用して照査を行う必要がある。今回の検討結果より、幅 20m を超える栈橋についても、方法①が適用できる可能性が示された。方法①が適用できれば、栈橋の設計において断面をフレームモデルに置き換えて骨組解析を実施することが可能となり、設計の省力化を図ることができる。

今後はさらに検討断面を増やして両方法による差を引き続き検証するとともに、栈橋杭の規格選定や栈橋上部工の配筋設計についても考慮しつつ、幅 20m を超える栈橋に対する方法①（実斜面 1/2 の方法）の適用性の検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成 30 年 5 月)。日本港湾協会、2018。
- 2) 鈴木ら、斜面上における鉛直単杭の横抵抗。港湾技術研究所報告, Vol.5, No.2, 1966。
- 3) 稲田ら、斜面上の栈橋の支持杭の横抵抗の考え方に関する検討（その 1）、第 78 回年次学術講演会（投稿中）。