

径厚比が異なる杭の耐力特性を適用した係留施設の供用可否判定基準に関する考察（その2）

株式会社 ニュージェック 正会員 ○曾根照人

国土交通省 中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所 正会員 恩田充, 村上裕幸, 高須貴子

株式会社 ニュージェック 正会員 山本龍, 楠謙吾, 瀬戸口修造, 高岡慶人

一般財団法人 沿岸技術研究センター 海老名正裕

1. はじめに

中部地方整備局では管内7港湾の国有係留施設を対象として地震発生後に強震計で観測された地震動情報を活用し係留施設の供用可否判定を行うシステム(以下, 施設診断システム)を構築している¹⁾。施設診断システムでは, 二次元有効応力地震応答解析 FLIP(以下, FLIP 解析)²⁾を用いて施設の供用可否判定を行っている。一方, 平成30年4月改訂の港湾の施設の技術上の基準・同解説(以下, 新基準)では, 径厚比 D/t (杭径/板厚)が異なる鋼管部材の耐力特性を考慮した新たなモデル化手法が採用されている。そこで, 鋼管部材を主部材とする栈橋式, 矢板式係船岸のうち重要度の高い25施設を対象に新たなモデル化手法で FLIP 解析を行い, 供用可否判定基準(以下, 閾値)の更新を行った。25施設中の15施設については, 高岡³⁾らにより報告されているが, 本論文は, 25施設を取りまとめた新基準と従前の港湾の施設の技術上の基準・同解説(以下, 旧基準)におけるモデル化手法で設定した閾値を比較し傾向を分析したものである。

2. 新基準における鋼管部材のモデル化

図-1 に新・旧基準における鋼管部材の非線形モデル{モーメント(M)-曲率(ϕ)}の概要を示す。FLIP 解析における旧基準の鋼管部材のモデル化は, 全塑性モーメントを折れ点とするバイリニア型の $M-\phi$ 関係が用いられている。しかしながら, 経済設計の観点から多用されるようになった径厚比が100程度の鋼管部材では杭軸方向力作用下で全塑性モーメント到達前に局部座屈が発生し耐力低下が生じる可能性が高い。そのため, 新基準では径厚比や軸方向力作用を考慮した鋼管部材のモデル化が採用されており, 式(1)及び式(2)に示すように曲げ耐力を低減させ, 塑性率(鋼管部材種別と径厚比より規定)から限界曲率を設定したバイリニア型の $M-\phi$ 関係が用いられる。

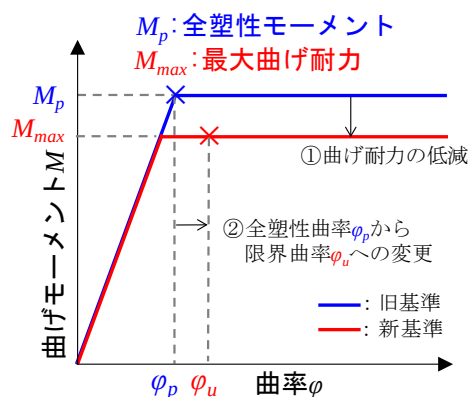


図-1 新・旧基準の鋼管部材の非線形モデルの概要

$$M_{\max} = M_{p0}' \left(1 - \left(\frac{N}{N_{yc}'} \right)^n \right) \quad \text{式(1)}$$

ここに, $M_{\max}$: 最大曲げ耐力, M_{p0}' : 軸圧縮方向の降伏応力低減を考慮した軸力ゼロ時の全塑性モーメント, N : 軸力, N_{yc}' : 軸圧縮方向の降伏応力低減を考慮した降伏軸力, n : べき数(軸力依存性)

$$\phi_y' = \frac{\sigma_y' Z}{EI} \left(1 - \frac{N}{N_{yc}'} \right) \quad \phi_u = \mu \phi_y' \quad \text{式(2)}$$

ここに, ϕ_y' : 軸圧縮方向の降伏応力低減を考慮した降伏曲率, σ_y' : 軸圧縮方向の降伏応力, Z : 断面係数, EI : 鋼管部材の曲げ剛性, ϕ_u : 限界曲率, μ : 塑性率

3. 解析結果と考察

図-2 に旧基準及び新基準によって設定した閾値(施設が供用不可となる速度の PSI 値)の比較及び各施設の鋼管部材の径厚比を併せて示す(詳細は図-2 の※参照)。検討施設25施設の内, 新・旧基準の検討で, 閾値が決定される部材が異なった施設(例えば, 旧基準では, 栈橋杭の応力が決定要因だった施設が, 新基準では土留鋼管矢板の応力

キーワード 大規模地震, 強震計観測情報, 係留施設の供用可否判定, 有効応力地震応答解析, FLIP, 鋼管杭

連絡先 〒136-0071 東京都江東区亀戸 1-57 株式会社ニュージェック 港湾・海岸グループ TEL03-5628-7546

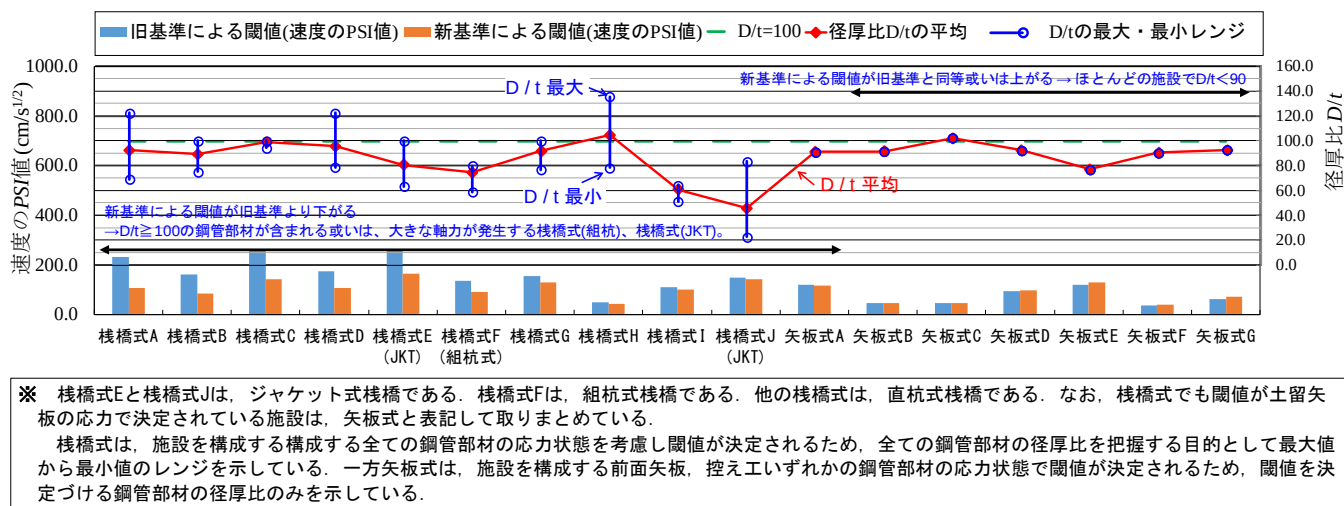


図-2 新基準と旧基準による閾値の比較

が決定要因となった施設)は取りまとめから除き 17 施設を対象とした。なお、速度の PSI 値は、野津ら⁴⁾により式(3)で定義され、港湾構造物の変形量と相関が高い地震動指標である。

$$\text{速度の } PSI \text{ 値} = \sqrt{\int_0^{\infty} v^2(t) dt} \quad \text{式(3)}$$

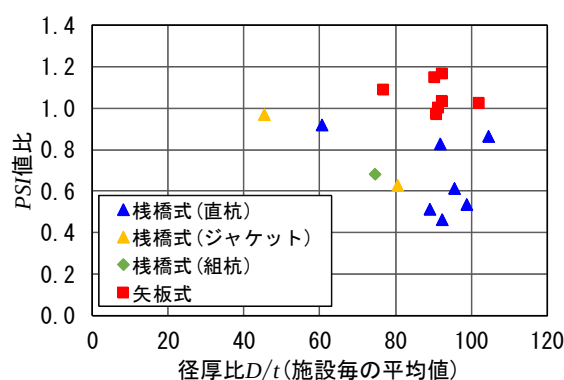
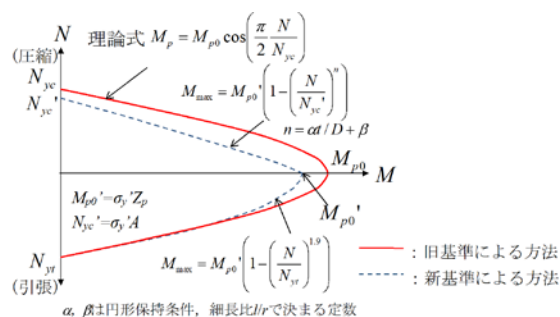
ここに、 $v(t)$: 速度

また、図-3に構造形式毎に径厚比と PSI 値比(新基準の方法により設定した閾値となる速度の PSI 値/旧基準の方法により設定した閾値となる速度の PSI 値)を示す。栈橋式(直杭)、栈橋式(ジャケット)は、径厚比が大きくなるにつれて、 PSI 値比は小さくなる傾向となる。栈橋式(ジャケット)、栈橋式(組杭)は、栈橋杭(直杭)と比較して鋼管部材に大きな軸力が作用する傾向があり、径厚比が 80 程度でも PSI 値比は 0.65 程度と小さい値を示す。一方、鋼管部材に軸力が殆ど発生しない矢板式は、径厚比によらず PSI 値比は、0.97~1.16 の値を示す。これらは、図-4に示す M - N 関係によるものであり、新基準と旧基準では圧縮軸力が作用した際に、最大曲げ耐力(M_{max})と全塑性モーメント(M_p)の差が大きいためである。矢板式に関しては、 PSI 値比が概ね 1 となっており、新基準と旧基準による閾値が大きく変化しない結果となった。

4. まとめ

- 鋼管部材に大きな軸力が作用する栈橋式(ジャケット)、栈橋式(組杭)については、径厚比の大小によらず従来の閾値が危険側の可能性があるため、優先的に閾値の更新を行なうことが望ましい。
- 径厚比が 80 よりも大きい栈橋式(直杭)は、従来の閾値が危険側の可能性があるため、優先的に閾値の更新を行なうことが望ましい。

参考文献: 1) 曾根照人, 宇野健司, 淵ノ上篤史, 山本芳生: 強震計観測情報を用いた係留施設の供用可否判定システムの開発, 地盤工学会誌 Vol.64, No.7, pp.16~19, 2016. 2) Susumu.Iai, Yasuo Matsunaga, Tomohiro Kameoka: Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Report of Harbour Research Institute, Vol.27, No.4, pp.27-56, 1990. 3) 高岡慶人, 杉栄一郎, 村上博幸, 高津貴子, 曾根照人, 山本龍, 宮脇周作: 径厚比が異なる杭の耐力特性を適用した係留施設の供用可否判定基準に関する考察, 土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集, I-30, 2019. 4) 野津厚, 井合進: 岸壁の即時被害推定に用いる地震動指標に関する一考察, 第 28 回関東支部技術研究発表会講演概要集, 土木学会関東支部, pp.18~19, 2001.

図-3 径厚比と PSI 値比図-4 旧基準と新基準の M - N 関係