

栈橋鋼管杭のレベル2地震動対応断面の探索方法について

(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会 正会員 ○塩崎 禎郎
 (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会 正会員 永尾 直也
 (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会 相和 明男

1. はじめに

港湾における鋼管杭式栈橋のレベル2地震動に対する性能照査は、杭と地盤の相互作用を考慮した地震応答解析で検討することが一般的である。平成30年に改訂された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」¹⁾では、鋼管杭の材料非線形モデル化に関して、新しく提案された「径厚比を考慮した曲げモーメント-曲率 ($M-\phi$) 関係」²⁾³⁾を用いる照査手法が採用された。限界値の指標が、全塑性モーメント M_p への到達から（全塑性モーメントに対応する曲率への到達と同義、便宜上、 ϕ と表記）、限界曲率 ϕ_u への到達へと変更された（図-1参照）。限界曲率は、曲げモーメントが最大値に到達した時点としたため、同一の直径の鋼管杭なら、径厚比（直径 D /板厚 t ）が小さいほど限界曲率が大きくなる。ここでは、照査手法の変更が、照査実務に与える影響を評価するために-10m水深の鋼管杭式栈橋を例題として検討した結果を紹介する。

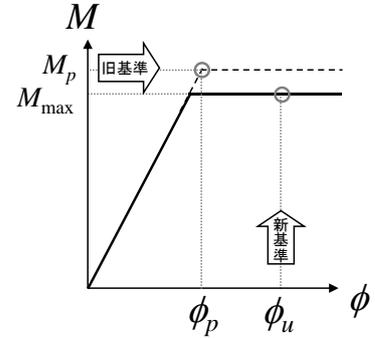


図-1 鋼管杭の $M-\phi$ 関係

2. 検討方法

検討対象とした鋼管杭式栈橋を図-2に示す。鋼管杭の諸元は、レベル1地震動に対する静的設計で決まったものである。この諸元に対して、レベル2地震動（図-3参照）を用いた地震応答解析を行うと、すべての鋼管杭で2ヶ所の限界曲率超えが発生し（図-4参照）、栈橋の残留水平変位は1.16mであった。本検討では、レベル2地震に対する要求性能は、1)地中部で鋼管杭の限界曲率超えを発生させない、2)残留水平変位を1.0m以下とする、の2項目として、これら満足する鋼管杭の諸元を探索した。解析プログラムはFLIP⁴⁾（Ver.7.4.2）を用いた。

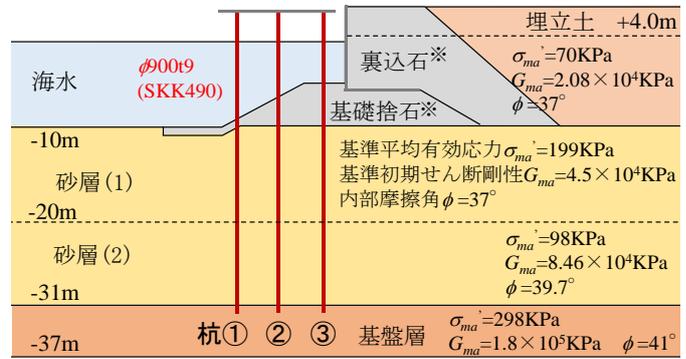


図-2 -10m 水深の鋼管杭式栈橋

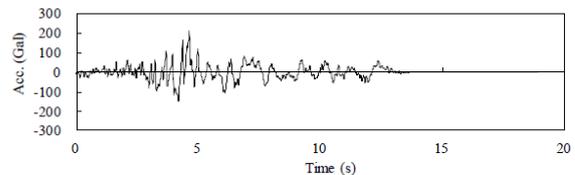


図-3 検討対象としたレベル2地震動

3. 検討結果と考察

鋼管杭の直径と板厚を変化させて、旧基準と新基準で要求性能を満足する鋼管杭の諸元を求めた結果を表-1に示す。表中の×印は鋼管杭の要求性能を満足しない、△印は鋼管杭

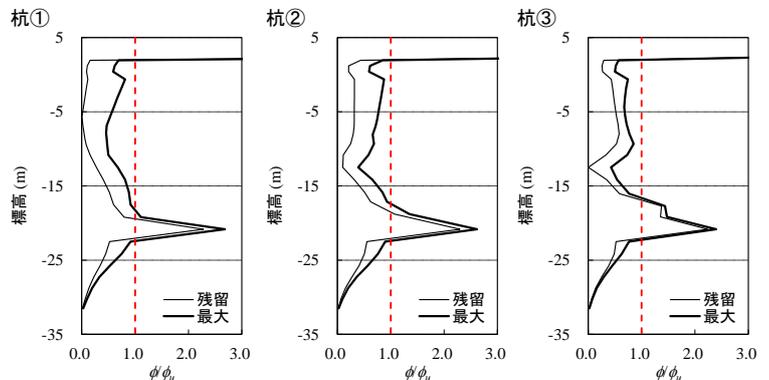


図-4 鋼管杭の曲率比

キーワード：鋼管杭，栈橋，地震応答解析， $M-\phi$ 関係

連絡先：103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10 鋼管杭・鋼矢板技術協会 Tel：03-3669-2437

の要求性能を満足するものの残留水平変位が満足しない、○印は両方の要求性能を満足することを表している。同一の直径で比較すると、新基準の方が薄い板厚で○印に到達していることがわかる。

限界曲率 ϕ_u (および ϕ_p) と径厚比の逆数 (t/D) の関係を図-5(a)(b)に示す。旧基準では、 t/D を大きくとっても、 ϕ_p はほとんど一定値であり、鋼管杭の要求性能を満足させるためには、栈橋の水平変位を小さくする必要がある。したがって、鋼管杭の直径を大きくして曲げ剛性を上げ、地盤との相互作用を増やす等の対応が必要となる。一方、新基準では、限界曲率 ϕ_u は t/D を大きくする(径厚比を小さく)につれ、直線的に増加している。そのため、板厚を増やすことが鋼管杭の要求性能を満足させることに直結する。

要求性能を満足する複数の諸元から、経済的な断面を選択するため、直径と断面積の関係を求めた(図-6参照)。旧基準では直径を増加させた方が断面積は減るが、新基準では、断面積が増える結果となった。旧基準の設計では、直径を増やす検討が有効と考えられていたのに対して、新基準では、板厚を増やすことが有効になっていくものと考えられる。

4. まとめ

地震応答解析におけるレベル2地震動対応の栈橋鋼管杭の諸元の決め方について、一例ではあるが検討を実施した。その結果、新基準では鋼管杭の直径を増やすよりも、板厚を増やす方が鋼材重量の観点から経済的であることが分かった。そのため、レベル1地震動や接岸に対する変動状態の設計では、レベル2地震動に対する検討での板厚増加を見越した板厚とすることで、手戻りの少ない設計が可能となる。今後も検討事例を増やして、知見を蓄積していく予定である。

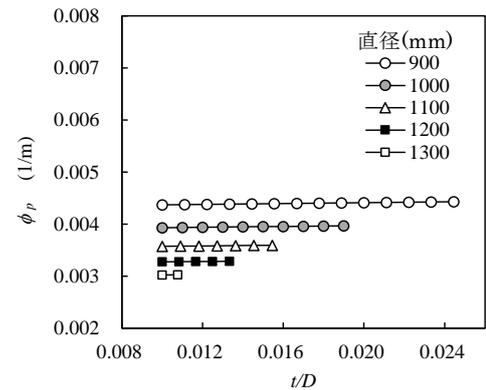
参考文献

- 1)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2018.
- 2)大矢陽介，塩崎禎郎，小濱英司，川端雄一郎：耐震性能照査における鋼管部材のモデル化法，港湾空港技術研究所報告，Vo.56，No.2，2017.
- 3)大矢陽介，塩崎禎郎，小濱英司，川端雄一郎：径厚比を考慮した鋼管部材のモデル化法の各種港湾施設への適用，港湾空港技術研究所資料，No.1338，2017.
- 4) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T. : Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Soils and Foundations, Vol.32, No.2, pp.1-15, 1992.

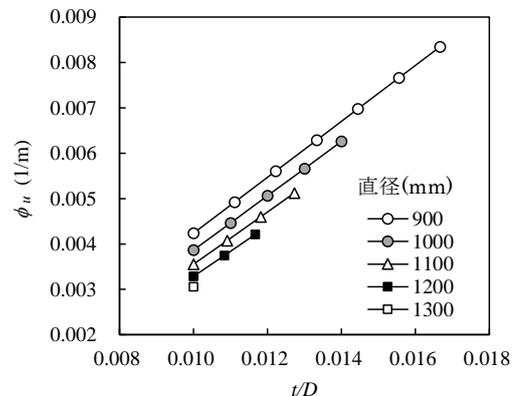
表-1 解析結果一覧

旧基準		板厚 (mm)														
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
直径 (mm)	900	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	○
	1000		x	x	x	x	x	x	x	x	x	○				
	1100			x	x	x	x	x	x	○						
	1200				x	x	x	x	○							
	1300					x	○									

新基準		板厚 (mm)						
		9	10	11	12	13	14	15
直径 (mm)	900	x	x	x	x	x	△	○
	1000		x	x	x	x	○	
	1100			x	x	x	○	
	1200				x	x	○	
	1300					○		



(a)旧基準



(b)新基準

図-5 t/D と限界曲率 ϕ_u (および ϕ_p) の関係

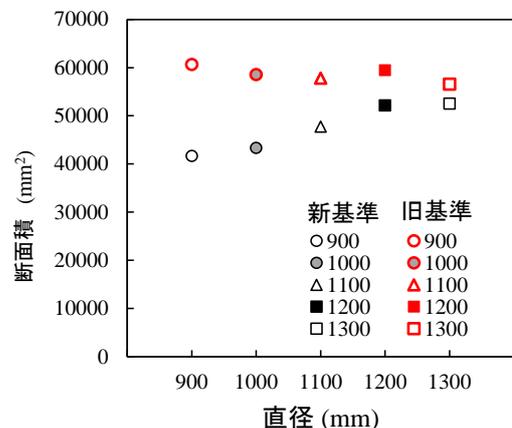


図-6 要求性能を満足した鋼管杭の断面積