

鋼管杭式係船岸の腐食傾向と防食工の信頼性設計に関する研究

鳥取大学大学院 学生会員 ○上山沙織

鳥取大学工学部 フェロー会員 上田 茂

(株) ナカボーテック 正会員 阿部正美

1.はじめに

港湾鋼構造物は厳しい腐食環境に曝され、防食対策が必要である。従来、港湾鋼構造物の防食工の設計は平均腐食速度に基づいてなされているが、構造物の維持管理を考慮し、信頼性理論に基づいて設計するのが望ましい。本研究では、杭式係船岸の鋼管杭の腐食傾向を分析し、その結果を基に防食工の信頼性設計について考察する。

2.杭式係船岸の鋼管杭の腐食傾向

1) 係船岸

本研究では、図1に示す鋼管杭式係船岸について考察する。フェリーベースとして築造され、建設後約20年を経過しているものとする。この鋼管杭式係船岸の腐食傾向を想定し、信頼性理論に基づいて腐食速度を求め、防食工を設計する方法を検討する。腐食傾向の分析は、-1m、-3m、-5m、-7m、-9m、-10.5m深度で、図1に示すように鋼管杭断面を90度ごとに分割した4部位で行う。また、係船岸の1ブロックは4×4列の16本の杭群で構成されるが、各ブロックの法線に垂直な任意の1列をブロックの代表値として与えることとする。

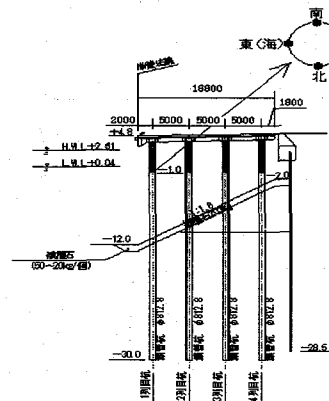


図1 標準断面図及び測定部位

2) 1列目杭の腐食傾向

各深度の肉厚測定部位ごとに残肉厚を測定し、その調査結果を基に腐食量を算出する。図2は、-1m深度における岸壁全体の腐食状況を示したものである。図2より、法線方向に近い1列目杭の腐食量が著しく大きい。また、ブロックごとの差も大きい。1列目杭の腐食量が大きいのは、フェリーが離岸・着岸する際に用いるバウスラスタやスクリューによって発生する波や、気泡によって海水が掻き回され、鋼材の表面に生成されていた錆層が除去、剥離を繰り返し、腐食が促進されたためと考えられる。

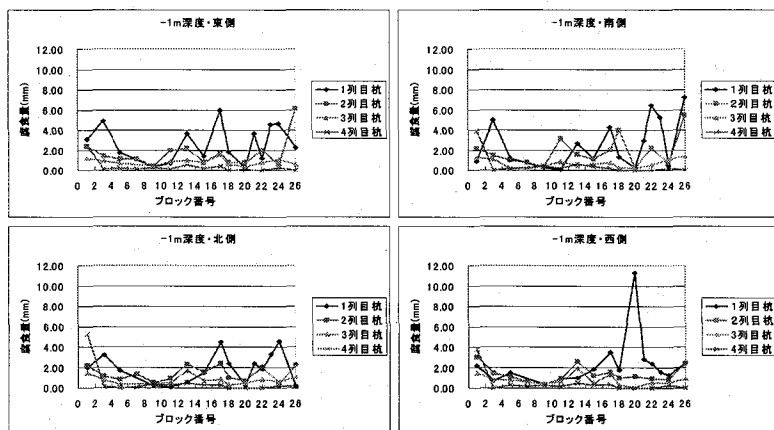


図2 -1m深度における岸壁全体の腐食状況

3) その他の杭列の腐食傾向

2列目杭の腐食量は、1列目杭よりは小さいが、杭の海側の部位では腐食量が多いので、スラスタなどの影響が2列目杭にまで及んでいると考えられる。3、4列目杭の腐食量は、1、2列目杭に比べてかなり小さいので船舶の影響を受けていない。したがって、通常の水環境における腐食傾向を示していると考えられる。

4) 深度別の腐食傾向

1列目杭の中でも特に腐食量が多い第17ブロックについて、深度ごとの腐食量を図化し、図3に示す。図3より、-1m、-3m深度の腐食量が大きく、

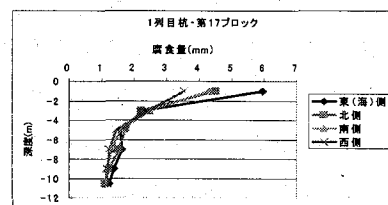


図3 1列目杭の腐食量の深度分布

また-1m深度では杭の海側と陸側とでも腐食量に差が生じていることがわかる。このように杭列・測定部位ごとに腐食量に差が生じていることから、このことを考慮して腐食傾向を分析する必要があると考える。

3.腐食量の確率分布特性

各深度における腐食特性を以下の方法で分析し、それらの結果を比較検討する。①杭列、測定部位ごとに腐食量の確率分布特性を算出する。②各断面の4部位の測定結果の平均値を各断面の測定値とし、各深度における全ブロックが同じ母集団に属しているとみなして腐食量の確率分布特性を算出する。表1、表2は上記に従って求めた平均腐食量と標準偏差の算出結果である。1列目杭の-1m深度、-3m深度、2列目杭の-1m深度の腐食量が著しく大きく、②の方法で算出した結果の最大約2倍の相違がある。1列目杭の-1m、-3m深度では、腐食量及び標準偏差ともに大きい。したがって、平均値は適切でなく、適切な信頼度の腐食量を用いるのが良いと考える。そこで表1から腐食傾向が類似すると考えられる箇所のデータを標本として極値分布関数を求め、95%信頼値を算出し、その結果を表3に示す。また、②の方法と比較を行うために、表2の中で最も腐食量の大きい-1m深度の95%信頼値の算出結果も示す。杭列または深度によっては、平均腐食量と95%信頼値の差異が大きいものも見られるので、②の方法で算出した平均腐食量は、各杭の腐食量を適切に評価していないと考えられる。

表1 杭列・測定部位ごとの腐食量の確率分布特性 (①の方法)

杭列及び深度(m)		東(海)側		北側		西側		南側	
		μ (mm)	σ (mm)	μ (mm)	σ (mm)	μ (mm)	σ (mm)	μ (mm)	σ (mm)
1列目杭	-1	2.68	1.810	1.91	1.510	2.36	2.611	2.64	2.425
	-3	1.57	1.612	1.55	1.083	1.08	0.691	1.12	0.780
	-5	1.12	0.524	1.28	0.726	1.11	0.445	1.13	0.436
	-7	1.16	0.747	1.13	0.692	0.95	0.318	1.13	0.825
	-9	0.99	0.393	0.96	0.329	0.91	0.351	0.89	0.390
	-10.5	0.94	0.367	0.80	0.373	0.93	0.346	1.07	0.545
2列目杭	-1	1.68	1.414	1.39	0.720	1.35	0.781	1.88	1.484
	-3	1.04	0.362	0.95	0.351	0.92	0.365	0.94	0.331
	-5	1.04	0.329	1.07	0.402	1.05	0.341	0.98	0.350
	-7	1.19	0.516	1.11	0.371	0.96	0.331	1.04	0.524
3列目杭	-1	0.83	0.338	0.77	0.424	0.77	0.520	0.70	0.412
	-3	0.87	0.302	0.80	0.469	0.70	0.359	0.80	0.202
	-5	0.95	0.390	0.79	0.385	0.72	0.325	0.89	0.289
4列目杭	-1	0.19	0.169	0.17	0.155	0.17	0.166	0.19	0.194

表2 深度ごとの腐食量の確率分布特性 (②の方法)

深度(m)	μ (mm)	σ (mm)
-1	1.33	1.541
-3	1.04	0.743
-5	1.02	0.443
-7	1.08	0.564
-9	0.94	0.359
-10.5	0.93	0.416

表3 腐食量の設計用値

腐食区分	腐食量大きい箇所	腐食量比較的大きい箇所	腐食量小さい箇所	-1m深度 (②の方法)
	1列目杭--1m深度	1列目杭--3m深度 2列目杭--1m深度	1列目杭--5m以深 2列目杭--3m以深 3、4列目杭	
平均腐食量(mm)	2.40	1.45	0.90	1.32
95%信頼値(mm)	6.44	3.56	1.79	3.67

4.電気防食工の設計

表3に示した腐食量の設計用値に対し、文献1)に示される設計手順に従って電気防食工の設計を行う。腐食速度が0.1~0.2mm/yの清浄海域では、通常100mA/m²の防食電流密度が用いられる。表3に示した腐食量を腐食速度に換算すると、1列目杭・-1m深度の腐食速度は0.322mm/yで0.2mm/yより大きいので、防食電流密度を130mA/m²または150mA/m²として設計を行った。表4は各条件における1ブロック当りの陽極の使用数量の算出結果である。以上のことから腐食量の設計用値及びそれに基づく防食電流密度の設定によって陽極の使用数量に差異があることがわかる。腐食量の設計用値を大きくとることにより、設計供用期間内に腐食の確率が減少することが予想され、点検等維持管理計画に反映させることができるものとする。

表4 各条件における1ブロック当りの陽極の使用数量

	1列目杭--1m深度		②の方法
防食電流密度	130mA/m ²	150mA/m ²	100mA/m ²
初期発生電流2.5A	26個	28個	18個
初期発生電流3.0A	22個	24個	16個
初期発生電流3.5A	18個	20個	14個

5.まとめ

本研究では、栈橋の鋼管杭の腐食傾向を分析し、信頼性理論に基づき腐食量の設計用値を算出し、腐食量の信頼値に応じた防食工の設計を行った。この成果を基に、今後設計用値の水準と維持管理について検討を進めたい。

参考文献

1) 阿部正美：海洋鋼構造物の腐食と防食対策、社団法人 日本防錆技術協会、平成14年6月、pp.36~41.