

腐食鋼管の板厚評価方法と残存圧縮耐力に関する検討

京都大学大学院工学研究科

学生員

○諸橋 亜美

京都大学大学院工学研究科

正会員

杉浦 邦征

京都大学大学院工学研究科

正会員

鈴木 康夫

1. 研究背景および目的

沿岸・海洋鋼構造物は、厳しい腐食環境に曝されていることから、腐食速度が速く、安全性を担保するための合理的かつ経済的な維持管理が強く要求されている。適切な維持管理を施すためには、腐食した構造物の保有性能を正確に推定・評価する必要がある、腐食の表面形状や板厚などを計測し、腐食損傷の現状を正確に把握する必要がある。

文献 1) では、海洋環境で 19 年間曝露した鋼管の残存板厚を約 2mm 間隔で詳細に計測するとともに、計測された板厚分布を詳細に再現したモデル、平均板厚を用いた一様板厚モデル、および平均板厚から標準偏差を引いた一様板厚モデルに対して有限要素解析を実施し、腐食した鋼管の残存圧縮耐荷力は、平均板厚から標準偏差を引いた一様板厚モデルで精度良く評価できることを示している。一方、実際の点検では、文献 1) のように 2mm 間隔で板厚を計測するのは困難であり、「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（以下、「マニュアル」と記す）」に従って、代表点と考えられる数点の計測結果を基に板厚を評価するのが一般的である。しかし、部材や構造物の残存強度を評価するための代表板厚をどのように決定すべきかなどについては、これまであまり検討されていないのが現状である。

そこで、本研究では、文献 1) で得られた詳細な板厚計測結果を用い、板厚の抽出箇所の違いが鋼管杭の残存圧縮強度に与える影響について検討を行うことを目的とする。

2. 腐食鋼管供試体¹⁾と代表板厚評価方法

2.1 供試体概要

文献 1) では、新日本製鐵光製鉄所構内の海洋環境において 19 年間曝露されたスパイラル鋼管杭（公称寸法：直径 406.4mm×板厚 9mm×全長約 10m）から、表 1 に示す曝露環境の異なる 4 箇所から切り出した供試

体について板厚を計測している。供試体の鋼種は、表 2 に示すように SKK50（現規格の SKK490 相当）である。

表-1 試験体採取位置

試験体番号	曝露環境	採取位置 (mm)
No.1	飛沫帯	DL+2,700～+3,900
No.2	干満帯	DL+500～+1,700
No.3	海中部	DL-1,500～-2,700
No.4		DL-3,500～-4,700

表-2 鋼管の物性値

材質(鋼種)	SKK50
弾性係数 (GPa)	205.8
ポアソン比	0.303
降伏応力 (N/mm ²)	315

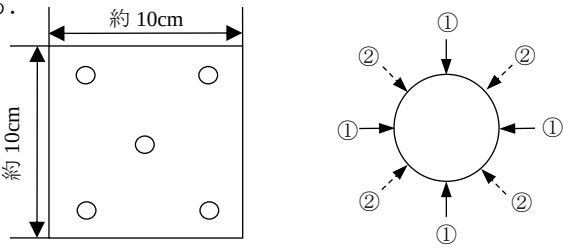
2.2 詳細計測

文献 1) では、各試験体に対して約 2mm 間隔（高さ方向 601 点、周方向 600 点の計 360,600 点）で板厚計測を行っており、この板厚計測データを本研究では詳細計測結果と称する。

2.3 抽出計測

マニュアルでは、腐食が著しいと目測される部位に対して、図-1(a)に示すように約 10cm 四方内の 5 点で計測を行い、同図(b)中に示す①のように同一断面内で 90 度ごとの 4 箇所と同様の計測を行うこととしている。

本研究では、文献 1) で得られた詳細計測結果から上記の方法に基づいて抽出評価した板厚を抽出計測 1 と称する。また、図-1(b)の②に示すように、抽出計測 1 に対して周方向の計測点を 45 度ずらして抽出した板厚を抽出計測 2 と称する。なお、抽出計測 1 および 2 ともに、高さ方向については 500mm ごとに板厚を評価している。



(a) 10cm 四方内での板厚測定 (b) 円周方向における測定箇所

図-1 点検における板厚計測の指針

キーワード 腐食鋼管、有効板厚、港湾鋼構造物、維持管理、残存圧縮耐力

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院 工学研究科 C クラスター

3. 板厚計測精度の検討

前章で述べた方法で抽出評価した板厚の高さ方向分布とそれらのばらつきを図-2に示す。

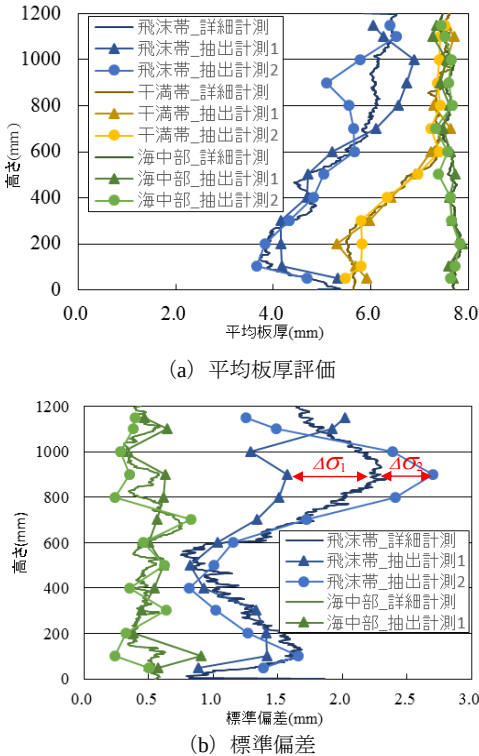


図-2 計測における板厚評価のばらつき

図-2より、詳細計測とそれぞれの抽出計測結果は概ね同様の傾向であるが、飛沫部においては高さ方向にばらつきに差があり、抽出計測の抽出箇所によってもばらつきに大きな差が生じることがわかる。また、詳細計測と抽出計測ともに飛沫部の方が海中部よりもばらつきが大きくなっていることがわかる。これは、図-3に示すように、飛沫部では腐食量が多く、局所的な腐食性状の違いにより板厚の標準偏差が大きくなるためである。したがって、腐食性状が局所的な飛沫部では、平均板厚の評価点によっては、耐力評価においても危険となる可能性がある。一方、海中部では一様腐食のため、板厚評価の違いによる影響は少ないといえる。

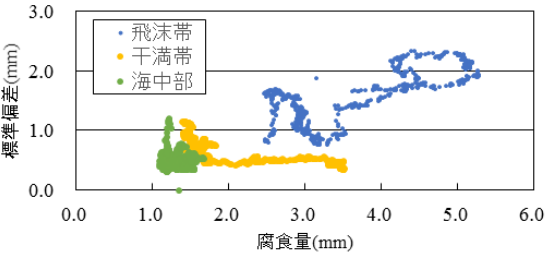


図-3 腐食量と標準偏差の関係

4. 解析による残存圧縮強度評価

飛沫部、干満部および海中部の腐食性状を反映した鋼管モデルに対して弾塑性有限変位解析を実施し、軸方向圧縮耐荷力について検討する。

4.1. 解析モデルおよび解析ケース

解析には汎用構造解析コード ABAQUS(ver.6.14)を用いた。解析モデルは、文献 1)と同様に、高さ 1200mm、直径 406.4mm の円形鋼管とし、高さ方向および周方向ともに 8mm にメッシュ分割した。

本研究では、先に得られた計測結果を参考に、鋼管に異なる板厚条件を与え、解析を行った。解析に与えた鋼管モデルは以下の 2 種類である。

- (a) 詳細計測結果の板厚を与え、供試体の腐食状況を詳細に再現した鋼管モデル
- (b) 抽出計測 1 および 2 の結果のうち、評価板厚の標準偏差が詳細計測結果のそれに対して最も大きい断面 (図-2(b)中に示した $\Delta\sigma_1$ または $\Delta\sigma_2$ のいずれかが最大となる断面) における平均板厚を鋼管の代表板厚として一様に与えた鋼管モデル

4.2 解析結果

表-3 に平均板厚と最高荷重を示す。

表より、モデル(b)の方法で代表板厚を決定した場合、海中部においては 10%程度、干満帯においては 30%程度最高荷重が小さい結果となり、安全側の強度評価となることが分かる。一方で、板厚計測においても最もばらつきの大きい飛沫帯に関しては、最大荷重が 1.5 倍程度大きくなり、過大評価になることがわかる。

表-3 平均板厚と最高荷重

試験体 番号	曝露環境	モデル	平均板厚 (mm)	最高荷重 (MN)
No.1	飛沫帯	(a)	5.30	2.07
		(b)	6.89	3.43
No.2	干満帯	(a)	6.79	3.35
		(b)	5.68	2.40
No.3	海中部	(a)	7.63	4.15
		(b)	7.60	4.12
No.4		(a)	7.76	4.29
		(b)	7.80	3.83

5. まとめ

本研究で得られた主な知見を以下に示す。

- 1) 腐食量が多い断面ほど計測板厚の標準偏差が大きくなり、測定精度が低下する。
- 2) 計測板厚の標準偏差が大きい断面で代表板厚を決定した場合、腐食量の大きい飛沫帯では残存圧縮力を過大評価する可能性がある。

参考文献

1) 田村功, 渡邊英一, 伊藤義人, 藤井堅, 野上邦栄, 杉浦邦征, 永田和寿, 岡扶樹: 海洋環境において腐食した鋼管の形状計測と残存耐力に関する検討, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.1103-11010, 土木学会, 2005.3.