

平成21年5月29日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18560471
 研究課題名（和文） 暴露サンプルを用いた防食塗膜の劣化モニタリング法の開発研究
 研究課題名（英文） DEVELOPMENT OF DETECTIVE METHOD FOR DEGRADATION UNDER PAINT FILM USING EXPOSURE SAMPLE
 研究代表者
 川上 哲太郎（KAWAKAMI TETSUTARO）
 東海大学・海洋学部・教授
 研究者番号：40204680

研究成果の概要：鋼製海洋構造物の塗膜防食された鋼材の劣化を効率的に評価するために、設置された平板暴露サンプルの効率的かつ簡便的劣化評価手法として、低周波波動伝播特性を利用することを考えた。研究成果として、暴露サンプル内の波動の振幅比分布より、劣化部の代表寸法や劣化深さが同定可能であることが明らかとなった。さらに、実験及び数値シミュレーションにより得られた、波動振幅比分布はよく一致しており、理論的及び実験的にも本研究で提案した劣化部検知手法の有用性が確認された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・構造工学・維持管理工学

キーワード：非破壊評価，防食塗膜，維持管理，波動伝播特性

1. 研究開始当初の背景

(1) 鋼製海洋構造物は、陸上鋼構造物に比べ厳しい環境下に置かれており、鋼製海洋構造物の安全性確保において最も注意を払わなければならない点は、構造部材としての金属が錆や腐食により劣化を起し、十分な耐力を保持できなくなることである。

(2) 鋼製構造部材の劣化を防ぐために、鋼製の海洋構造物の気中部や飛沫帯では塗膜防食を施すことが一般的である。しかしながら、この塗膜防食は、年数の経過に伴

い防食塗膜自体が劣化し、剥離や下地金属に錆や腐食が発生することが問題となっている。

(3) 構造物の維持管理上適切な期間で再塗装を施し、安全性の確保と長寿命化を図ることが強く要求されている。そのためには、防食塗膜及び下地金属の劣化を的確に評価し、適切なメンテナンス時期を決定することが最重要課題である。

(4) 現状では、防食塗膜の劣化評価は、そのほとんどが目視検査による全数調査であり、この評価手法では、構造物の大型化

や多様化に伴い人的労力や経済性に問題があると考えられる。また、目視検査では、防食塗膜下の下地金属における初期の劣化を発見することは困難である。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、目視検査による全数調査に変わり、効率的かつ簡便であるとともに、防食塗膜下の下地金属の劣化も評価可能な調査手法の開発を目的とし、維持管理対象構造物の各所に塗膜防食を施した平板暴露サンプルを設置し、これら平板暴露サンプルの劣化評価から、構造物全体の防食塗膜の劣化評価を行うことを考えた。

(2) 暴露サンプル評価法の基礎的研究として、平板暴露サンプルにおける防食塗膜下の劣化部を簡便的に検知することを目的とし、取扱いが簡単であり計測結果の解釈が容易である、平板の低周波波動伝播特性を用いた非破壊評価法の開発を行った。

3. 研究の方法

(1) 実験モデル

実験では、平板暴露サンプルにおいて図-1に示すように下地金属が劣化することを想定し、防食塗膜下に劣化部を有する平板モデルを図-2のように作製した。

平板モデルは、一辺 400(mm)、厚さ $h_1=23(\text{mm})$ の正方形鋼板の中心部に、直径 $a=20(\text{mm})$ の円形に切削して、その中にポリエチレンを挿入し劣化部をモデル化した。劣化部深さ $h_2=0.6(\text{mm})$, $1.0(\text{mm})$, $1.5(\text{mm})$ の3種類のモデルを作製し、平板の表面に塗膜をモデル化したPP(ポリプロピレン)シート $h_3=0.3(\text{mm})$ を接着し製作した。

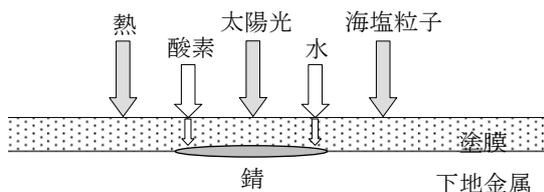


図-1 一般的な塗膜の劣化状態

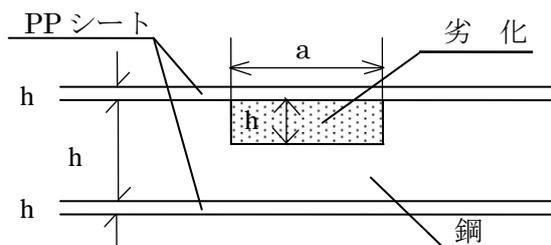


図-2 劣化部を有する平板モデル

(2) 実験装置及び実験方法

計測装置の構成を写真-1に示す。波源としてPZT(ピエゾセラミック)振動子を使用し、平板の動的たわみをCCDレーザー変位計で計測する。実験では、平板モデルを外寸法 $500 \times 500(\text{mm})$ の低反発ウレタンマットの上に設置して計測を行った。

次に、劣化部検知の計測法を図-3に示す。波源S、計測点 O_1 , O_2 をこの図に示すような一直線上に設置し、計測点 O_1 , O_2 においてたわみ振幅を計測した(写真-2参照)。入射波周波数 425Hz とし、PZT振動子より 0.3 秒間振動を発生させ、各計測点での計測波形の1波目の振幅を計測値に採用した。

(3) 実験結果及び考察

実験結果として、 $0.6(\text{mm})$, $1.0(\text{mm})$, $1.5(\text{mm})$ の劣化部深さを有する平板モデルにおいて、計測点 O_2 が劣化部の中心に位置する $X=0(\text{mm})$ での計測波形を図-4に示す。図-4より、いずれの計測波形においても振幅 u_1 に比べ振幅 u_2 が小さくなっていることがわかる。しかし、健全部での計測波形に比べて図-4の計測波形は、減衰がより大きくなっている。この減衰は、距離減衰だけでなく劣化部による影響を受けていると考えられる。

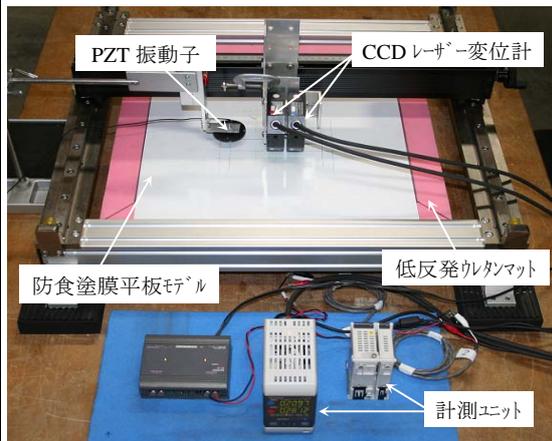


写真-1 計測装置構成

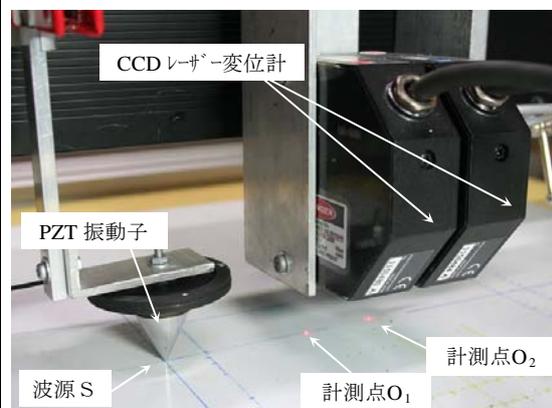


写真-2 計測点と波源

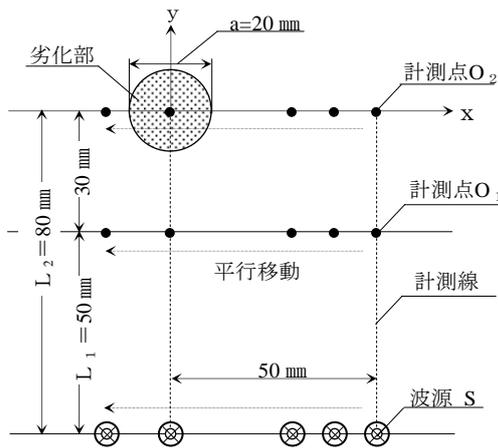
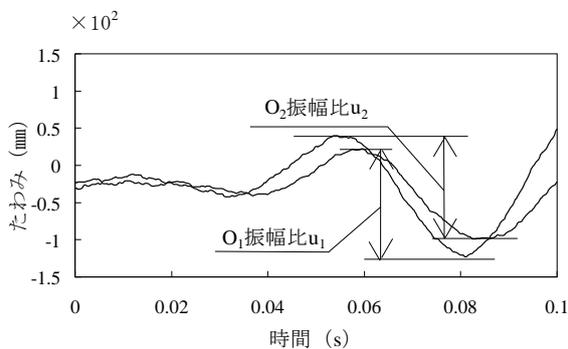
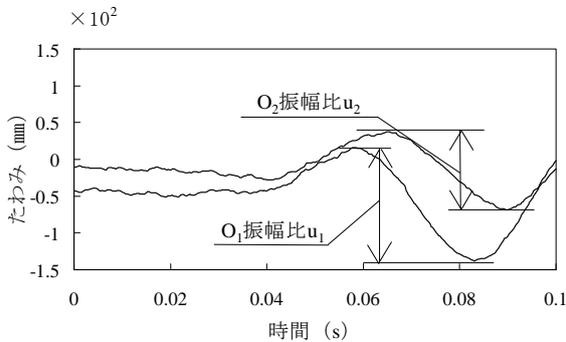


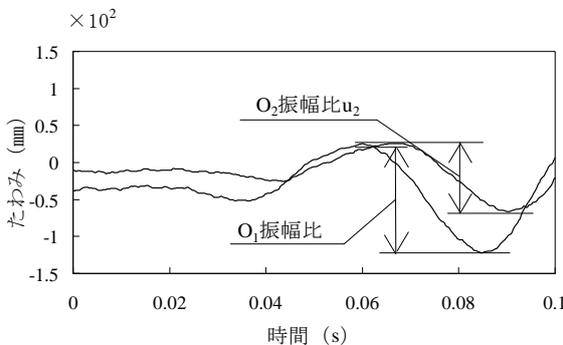
図-3 劣化部検知のための計測



(a) 劣化深さ 0.6(mm)平板モデル



(b) 劣化深さ 1.0(mm)平板モデル



(c) 劣化深さ 1.5(mm)平板モデル

図-4 劣化部を有する平板モデルにおける計測波形

ここで、4種類の計測波形の振幅 u_1 と振幅 u_2 をもとに振幅比 u_2/u_1 を導きだすと健全部では、振幅比が0.97であるのに対し、劣化深さ0.6(mm)のモデルでは0.75、同様に1.0(mm)では0.68、1.5(mm)では0.64となっており、健全部での振幅比に比べ劣化部での振幅比の値が小さくなって現れていることがわかる。また、劣化部での振幅比と劣化深さの関係を見てみると、劣化が深い場合の振幅比は、劣化が浅い場合の振幅比よりも小さくなっていることがわかる。以上のことから、健全部の振幅比に比べ劣化部の振幅比の値が小さくなるだけではなく、劣化の深さによっても振幅比の値にも違いが現れていると言える。

次に、各計測点xの振幅比分布と劣化深さの関係を示す。図-5は、劣化深さの異なる平板モデルの劣化部内計測点と反射側計測点での振幅比の平均値を用いてプロットしたものである。図より、いずれの劣化深さにおいても、健全部と劣化部では、振幅比に差異が現れていることがわかる。さらに、劣化深さが0.6 mmと1.0 mmでは、劣化部内における振幅比の傾向として、劣化深さが深くなるにつれて、若干振幅比が小さくなっている傾向が示されている。ま

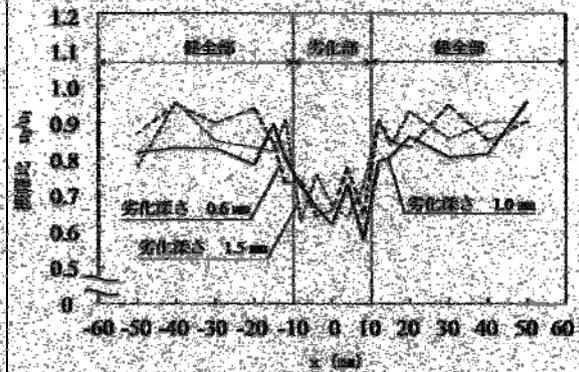


図-5 振幅比分布と劣化深さの関係 (劣化部内と反射側に計測線が存在する場合)

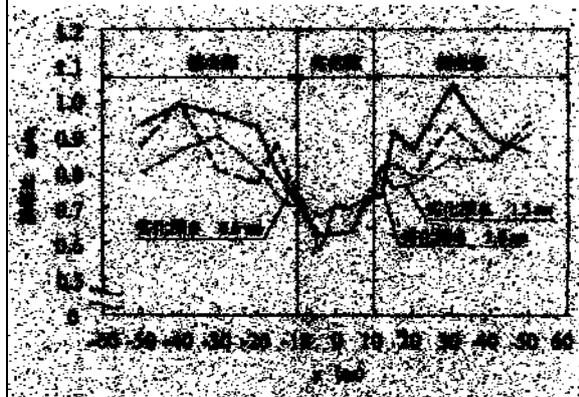


図-6 振幅比分布と劣化深さの関係 (反射側と透過側に計測線が存在する場合)

た、この計測線では劣化部内で振幅比が顕著に小さくなるため、劣化部の代表寸法を同定することが可能であると考えられる。

さらに、振幅比分布と劣化深さの関係を劣化深さの異なる平板モデルの反射側計測点と透過側計測点での振幅比の平均値を用いてプロットしたものを図-6に示す。

図より、劣化深さが0.6mmと1.0mmのモデルにおいては、劣化深さが深くなるにつれて、劣化部での振幅比が小さくなる傾向が示された。しかし、劣化深さが1.5mmのモデルでは、局所的に0.6mmと1.0mmのモデルより劣化部内で振幅比が小さくなってはいるが明確な差異が現れていない。また、この計測線においては、劣化部周辺でも振幅比が小さくなっているため、劣化部の存在を確認することはできるが劣化部の代表寸法を明確に同定することはできないと考えられる。

4. 研究成果

本研究で得られた成果は以下の通りである。

(1) 比較的低周波の波動伝播特性を用いて、防食塗膜下の劣化部を簡便的に検知できることが明らかとなり、本研究で提案した計測法の有用性が確認された。

(2) 実際の劣化部検知を想定した実験より、劣化部内と劣化部の反射側を通る計測線の場合、振幅比の違いにおいて、劣化部検知が可能であることが示された。また、振幅比の違いにおいて、劣化部の寸法を同定することが可能であることが示された。さらに、振幅比の違いより、劣化部の深さの同定が可能であることが示された。

(3) 劣化部透過側と劣化部反射側を通る計測線の場合、振幅比の違いにより、劣化部検知が可能であることが示された。また、劣化部の寸法を明確に同定することは困難であるが劣化部の深さを特定することが可能であることが示された。

(4) 実験より得られた広範囲な波動振幅比分布と、数値シミュレーションにより得られた波動伝播特性とはよく一致しており、理論的及び実験的にも本研究で提案した劣化部検知手法の適確性が確認された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ①田中友博, 川上哲太郎, 暴露サンプルを用いた防食塗膜下の劣化部検知手法の開発, 海洋開発論文集, 第24巻, 549-554, 2008, 査読有.
- ②川上哲太郎, 青木由香利, 平板接合部の

欠陥検知に対する動的応答特性の応用に関する数値実験, 東海大学紀要海洋学部, 第6巻第1号, 119-127, 2008, 査読有.

[学会発表] (計7件)

- ①川上哲太郎, 防食塗膜下の下地金属における劣化部検知手法の研究, 平成20年度土木学会中部支部研究発表会, 2009年3月3日, 名城大学.
- ②川上哲太郎, サーモグラフィカメラを用いた防食塗膜の劣化部検知に関する研究, 平成20年度土木学会中部支部研究発表会, 2009年3月3日, 名城大学.
- ③川上哲太郎, 平板モデルを用いた防食塗膜下の劣化部検知手法の研究, 土木学会第63回年次学術講演会, 2008年9月11日, 東北大学.
- ④川上哲太郎, 低周波波動を用いた防食塗膜の剥離部検知のための基礎的実験, 平成19年度土木学会中部支部研究発表会, 2008年3月7日, 金沢大学.
- ⑤川上哲太郎, 平板の動的特性を用いた防食塗膜の劣化検知手法の実験的検討, 土木学会第62回年次学術講演会, 2007年9月13日, 広島大学.
- ⑥川上哲太郎, 低周波振動を利用した平板接合部の欠陥検知に関する実験的検討, 平成18年度土木学会中部支部研究発表会, 2007年3月2日, 名古屋工業大学.
- ⑦川上哲太郎, 動的応答特性を利用した平板の損傷検知手法に関する実験的研究, 土木学会第61回年次学術講演会, 2006年9月22日, 立命館大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川上 哲太郎 (KAWAKAMI TETSUTARO)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号: 40204680

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し