

## 道路政策の質の向上に資する技術研究開発

## 【研究状況報告書（1年目の研究課題対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属	役職
	しもぎと てつひろ 下里 哲弘		琉球大学	助教
②研究 テーマ	名称	鋼橋の腐食劣化メカニズムの解明と耐久性診断に関する研究		
	政策 領域	[主領域]「大切な道路資産の科学的な 保全」 [副領域]「コスト構造を改革し、道路 資産の効率的な形成」	公募 タイプ	タイプII
③研究経費（単位：万円） ※H21は委託金額，H22以降は 計画額を記入。端数切り捨て。	平成21年度	平成22年度	平成23年度	総合計
	800	1,500	890	3,200
④研究者氏名	（研究代表者以外の主な研究者の氏名，所属・役職を記入して下さい。なお，記入欄が足りない場合は適宜追加して下さい。）			
氏名	所属・役職			
有住 康則	琉球大学・教授			
押川 渡	琉球大学・准教授			
小野 秀一	(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所・次長			
玉城 喜章	(社)沖縄建設弘済会 技術環境研究所・研究員			
⑤研究の目的・目標	（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入して下さい。）			
<p>本研究では，鋼橋の腐食劣化に対する耐久性診断法の提案を目的として，過酷な腐食促進環境下で約30年間曝された極限の腐食状態にある耐候性鋼I桁橋（以下，「曝露橋」）に対して，構造部位別の腐食度，腐食環境，および腐食部材を用いた構造実験による調査研究を行い，鋼I桁橋の各構造部位における腐食度評価，腐食促進試験の開発，および腐食度レベルに応じた耐久性診断の提案を目標に，以下の研究を実施する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 曝露橋の腐食減厚調査を行い，鋼I桁橋の各構造部位の腐食度マップを作成する。</li> <li>2) 曝露橋の腐食環境調査を行い，各構造部位の腐食度と腐食環境因子との相関を評価し，鋼I桁橋の腐食進展を予測する腐食診断法を提案する。</li> <li>3) 曝露橋の腐食促進環境の再現を目的として，促進試験条件を検討し，大気腐食と相関のある腐食促進試験装置の開発を行う。</li> <li>4) 曝露橋から回収した腐食部材を用いて，構造実験（疲労試験，耐荷力実験，疲労／静的試験）およびFEM解析を行い，腐食度に応じた鋼橋の耐久性診断法を提案する。</li> </ol>				

## ⑥これまでの研究経過

### 1. 研究の進捗状況

#### 1) 構造部位別の腐食劣化メカニズムの解明

曝露橋の腐食減厚調査は、超音波板厚計を用いて計測を行い、鋼I桁橋の各構造部位の腐食度を示した腐食度マップを作成した。この腐食度マップでは、桁中間部と端部、外桁と中桁、およびウェブ高さ方向の腐食度の違い、また、ウェブと下フランジとの境界部近傍および水平補剛材近傍の構造細部で腐食度の違いが明確に得られており、鋼I桁の構造部位別の腐食進展の予測に適用できる。図1にG1とG3での特徴的な腐食劣化を示す腐食度マップの一例を示す。なお、本研究の腐食減厚計測法は、a)実橋で実施できること、b)鋼I桁橋の各構造部位の腐食特性が得られること、c)腐食鋼I桁橋の耐久性を評価できること、の条件を満足する計測法を目指している。次年度は、構造実験およびFEM解析により計測データを検証する。

#### 2) 各構造部位の腐食度と環境因子との相関評価

本年度は曝露橋の腐食環境調査（飛来塩分計測、ACMセンサ試験、鋼材センサ試験、風向風速等）の結果を分析した。図2の桁端部における構造部位別の飛来塩分（NaCl:mdd）およびACM腐食電流値(c/day)より、鋼I桁の構造部位の腐食特性は、潮風を直接受ける海側のウェブ面（G2とG3の海側面）と跳ね返りの潮風を間接的に受ける山側のウェブ面（G1とG2の山側面）で大きく異なっており、海塩粒子の飛来経路と桁位置に強い相関が得られている。なお、この現象は腐食度マップでも同様な傾向となっている。次年度は各構造部位の腐食度と飛来塩分量を主体とする環境因子との相関評価を継続して実施する。

#### 3) 腐食促進試験法（潮風作成装置）の開発

曝露橋の腐食促進性を再現することを目的に、腐食促進試験条件を検討している。図3に開発実験中の腐食促進試験装置を示す。腐食促進の主要因と考えている潮風の発生には、超音波振動子と吸気ダクト方式を適用し、大気腐食との相関センサにはACMセンサ、鋼板センサ、温湿度センサを用いている。

#### 4) 腐食鋼桁橋の耐久性診断法の提案

腐食減厚調査データを用いて、弾塑性FEM解析を実施中である。本解析では、曝露橋の崩落原因となった支点部近傍における腐食進展過程と主桁のせん断耐力の低下に着目して弾塑性解析を実施中である。次年度は、上記解析を継続実施するとともに、回収した腐食部材を用いた実験供試体の設計製作し、耐力実験および疲労試験を行う。

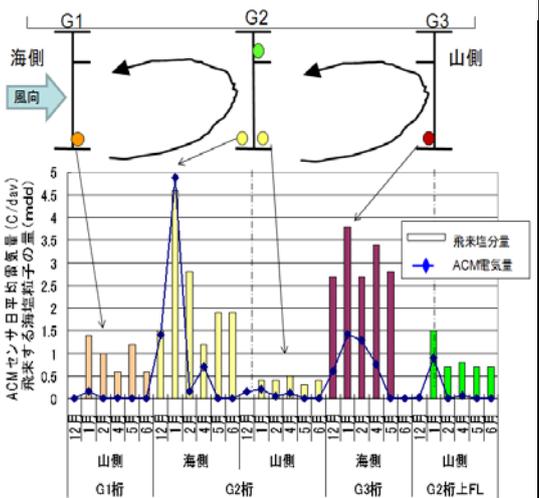
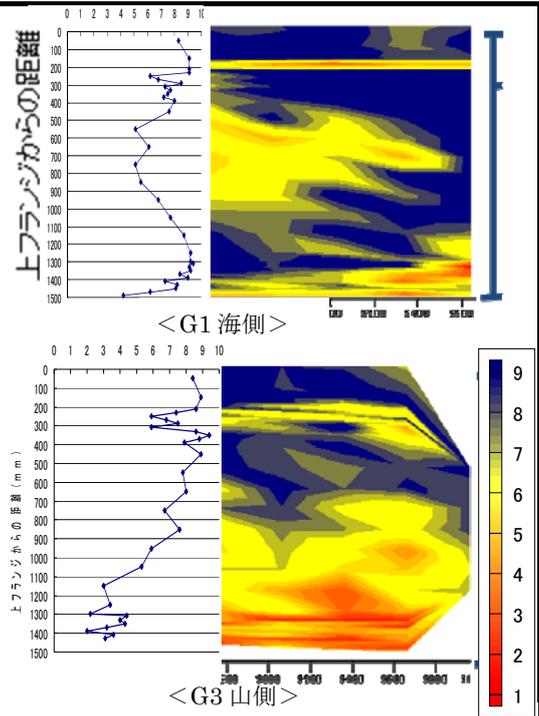


図2 飛来塩分とACM値

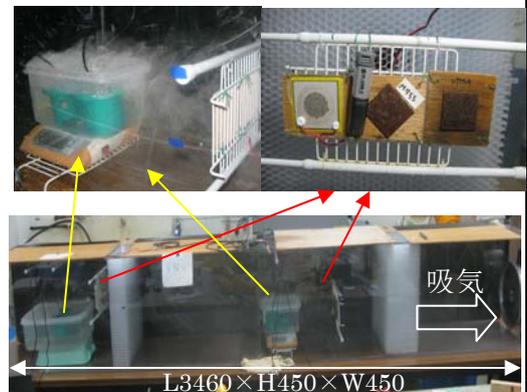


図3 腐食促進試験装置の開発

## 2. 研究の目的・目標からみた研究計画

平成 21 年度は、曝露橋の腐食減厚調査および腐食環境調査を主体的に実施し、鋼 I 桁橋の腐食度マップの作成、腐食度と環境因子との相関評価について研究を実施した。また、曝露橋の腐食促進性を再現することを目的に腐食促進試験装置を作製し、ACM センサ、鋼板センサ、温湿度センサを用いて促進実験を実施した。また、曝露橋で計測した腐食減厚データを用いて弾塑性 FEM 解析を実施した。

平成 22 年度は、鋼 I 桁橋の各構造部位の腐食度と腐食環境因子との相関評価の継続し、鋼 I 桁橋の腐食進展を予測する腐食診断法の提案を目指す。また、腐食促進試験の継続開発、腐食減厚データを用いて弾塑性 FEM 解析の継続実施および腐食部材を用いた耐荷力実験と疲労試験を行う。

最終年度（平成 23 年度）は、曝露橋の腐食進展特性を再現した腐食促進試験法の開発、および腐食度に応じた鋼橋の耐久性診断法の提案を目指す。

## 3. 実施方法

本研究で開発する促進試験装置は、人工促進試験と大気で発生する錆質が同性質で進行し、腐食促進させることを目指している。その発生錆の詳細分析は錆分析メーカーへ外注して実施する。

回収腐食部材を用いた試験体は県内の橋梁会社に外注して製作し、大型の実験供試験体を用いる場合は共同研究者である建設機械化協会所有の大型試験機を使用して実施する。

## 4. 体制の妥当性

研究体制は、鋼構造工学、橋梁工学、金属腐食学、維持管理工学の研究者並びに実務で構造実験や橋梁点検診断を行っている研究者で構成しており、妥当である。なお、腐食促進試験法の開発では、塩粒子の飛来分布や飛来量を制御する必要があり、その制御装置の開発研究には琉球大学の熱流体研究室の支援を得て実施する。

## ⑦特記事項

### <研究で得られた知見等>

#### ・鋼 I 桁橋の構造部位別の腐食劣化メカニズムの解明

過酷な腐食環境下に30年間曝された曝露橋に対する腐食減厚調査の結果、以下の知見が得られた。

- 1) 腐食度の最も激しい箇所は支点部から2パネル目の位置である。これは河川護岸構造物の影響で海塩粒子の飛来分布がその部位に集中して作用したことが要因である。
- 2) 桁中間部は過酷な環境下で30年間曝された後でも腐食減厚は少ない。一方、桁端部は激しく腐食劣化しており、その現象は飛来塩分量と強い相関がみられる。
- 3) 過酷な腐食環境下にもかかわらず、外桁 (G1, G3) の外面は雨による洗浄効果により、ほとんど腐食が発生しておらず、無塗装仕様耐候性鋼の表面処理材のまま残存している。
- 4) 風を直接受ける桁、間接的に跳ね返り風を受ける桁で腐食度と腐食分布形状が異なっている。
- 5) 下フランジとウェブとの境界部、水平補剛材の近傍においても、風向と桁位置によって腐食度と腐食分布形状が異なっている。

#### ・腐食鋼桁橋の耐久性診断のための解析条件

研究対象の曝露橋は、激しい腐食劣化により崩落した。本研究では曝露橋の腐食劣化過程と残存耐荷力の関係について、弾塑性FEM解析を実施中である。以下に崩落までの約1年間で起きた腐食劣化過程と変状について示す。

- 1) 支点部から2パネル目において、主桁ウェブと下フランジの破断が広範囲で発生していた。その破断現象は潮風を直接受けるG2(中桁)とG3(外桁)で発生していた。(3主桁中2主桁で破断)
- 2) 上記の破断後、徐々にウェブの面外変形と破断個所の下フランジに曲げ変形が発生した
- 3) RC床版の曲げ破壊が進行した瞬間、崩落した。

### <研究の見通しや進捗>

- ・促進試験装置の開発は、超音波振動子で発生させた飛来塩の粒径と大気での粒径の比較検証および試験装置内の温度制御を行い、腐食促進試験を進める。
- ・腐食部材を用いた構造実験は、腐食部材の腐食減厚調査結果に基づいて弾塑性FEM解析を進め、試験体の設計製作を実施し、22年度から琉球大学の試験機を用いて実験を行う見通しである。