

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成26年度採択)
研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No.26-4	表面処理技術を応用した腐食鋼桁端部の性能回復技術に関する研究開発	琉球大学 准教授 下里哲弘

腐食鋼桁端部に対し高耐久性の防食技術開発を目的として、アルミナと亜鉛の混合粉体を用いた低温低圧型金属溶射「Cold Spray 表面処理技術」を応用し、防食性能の解明、現場適用技術の開発、実橋実証、及びCS 防食面に適用した当板と炭素繊維工法の耐荷性能を検証した研究開発。

1. 研究の背景・目的

本研究では、鋼橋の腐食部位の中で最も厳しい腐食環境と施工条件を有する鋼桁端部に対する高耐久性の防食技術の開発を目的として、ブラスト効果を持つアルミナと犠牲防食効果を持つ亜鉛の混合粉体を用いた低温低圧型金属溶射工法「Cold Spray 表面処理技術」(以下、CS)に着目して、その防食性能の解明と現場適用技術の開発を行った。また、研究成果はCS 施工要領にまとめ、実橋での実証試験で検証した。次に、腐食で部材破断した鋼桁端部に対する性能回復工法として、腐食凹凸面にCS で防食下地を形成し、そのCS 面上に当板ボルト工法および炭素繊維接着工法を施した際のせん断耐荷力の回復効果を実験的に検証した。

2. 研究内容

鋼桁端部の腐食レベルに応じた耐食性および耐荷力を持つ性能回復技術の開発を目標として、以下の研究内容を実施した。

(1) 腐食鋼材面に対するCS工法の防食性能評価

鋼桁端部の防食補修は狭隘な施工条件下で残存するさびに対する防食技術が要求される。本研究では、先ず残存さび面での亜鉛・アルミナ混合粉体の皮膜形成メカニズムの解明と最適配合比率を検討した。次に狭隘な施工条件に対応可能なCS装置を開発し、それらの防食性能を評価した。

(2) 腐食した実桁端部の防食性能回復を目的としたCS実証試験

腐食鋼材面に対するCS工法の防食性能実験と狭隘な施工条件に対応可能なCS装置の開発に基づき、CS施工要領を作成し、腐食した実橋桁端部の防食性能回復を目的とした実証試験を行った。

(3) CS防食下地面に施した当板及び炭素繊維技術の耐荷力回復効果の検証

激しい腐食で部材破断した桁端部の耐荷力回復を目的に、腐食凹凸面にCS 工法で防食下地を施した接合面に当板ボルト/炭素繊維補修を適用した場合のせん断耐荷力特性を実験検証した。

3. 研究成果

(1) 腐食鋼材面に対するCS工法の防食性能評価

大気暴露試験でさびた鋼板を用いて、亜鉛、アルミナ、亜鉛・アルミナ混合粉体別で実験を行い、さび面でのCS皮膜形成メカニズムを解明した。また、最適配合比率(亜鉛:アルミナ=60:40)を設定した。

(2) 腐食した実桁端部の防食性能回復を目的としたCS実証試験

- ・実装対象の国道管理の鋼桁橋における調査および実証試験を踏まえ、桁端部の狭隘な施工条件に対応可能で防食性能のあるCS装置のエクステンションを開発した。また、CSノズルを増径(5→7mm)し施工能率を向上できた。さらに高品質な防食皮膜を形成できる半自動施工装置を開発した。

- ・さび鋼板面に対するCS工法の防食性能実験、狭隘な施工条件に対応可能なCS装置の開発等に基づき、CS施工要領を作成し、腐食した実橋桁端部(国道管理橋)で実証試験を行った。



写真1 CS装置

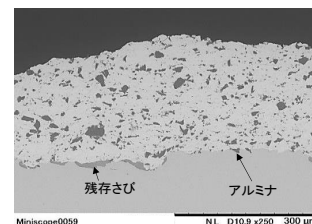


図1 さび面でのCS皮膜
(亜鉛60:アルミナ40)

(3) CS面上の当板及び炭素繊維技術の耐荷力回復効果検証
実腐食凹凸を持つ鋼板に対して、CS防食下地処理を施した鋼板面に当板ボルト接合および炭素繊維接着を施し、せん断耐荷力実験（1/3スケールと実大スケール）を行い、CS防食面と耐荷力回復効果との関係を実験的に検証した。



4. 主な発表論文

・下里哲弘，日和裕介，有住康則，山城慶：さび鋼板面に対するコールドスプレー法の防食皮膜形成に関する実験的研究，鋼構造論文集，Vol.24，No.93，2017.4.



・加藤祐介，下里哲弘：腐食損傷を受けた実橋鋼桁端部への低温低压型溶射工法（Cold Spray工法）の実証試験，平成29年度沖縄ブロック国土交通研究会，2017.7

・高橋鴻，下里哲弘：腐食鋼桁端部の損傷レベルに応じたせん断耐荷力回復工法の検討，平成29年度沖縄ブロック国土交通研究会，2017.7

写真2 狭隘な条件でのCS施工



5. 今後の展望

- 1) 本研究で実証したCS防食技術は、ケレン後の残存さび面上でも高耐久性が期待できる。今後の展開としては、海塩粒子の飛来する沿岸地域や凍結防止剤の散布地域など様々な腐食環境にある実橋にCS防食技術を適用し、その防食効果を検証することが求められる。
- 2) 本研究では、狭隘な桁端部や支承部とその周辺部材に対するCSの防食性を実証した。今後の展開としては、鋼橋の腐食弱点部である鋼材のエッジ部や高力ボルトの角部のような局部でも十分な防食皮膜の形成が可能な技術への発展が求められる。
- 3) 現行基準では、当て板接触面や炭素繊維接着面はさび除去や腐食凹凸の不陸処理が求められる。本研究では、それらの補修面の防食下地としてのCS皮膜が、耐荷力回復効果に及ぼす影響はないことを実験的に実証した。また、本研究の当て板試験体等に用いた腐食凹凸程度であれば、腐食凹凸面の不陸処理なしでも十分な耐荷力回復効果が期待できる。今後は、各腐食凹凸に対する当て板ボルト工法等の実験データを積み重ね、適用範囲を明確にする必要がある。

写真3 実大試験体による耐荷力実験

6. 道路政策の質の向上への寄与

○鋼橋の長寿命化と低LCCメンテナンスへの寄与

鋼橋の腐食は桁端部で最も早く発生しやすく、鋼橋のメンテナンスコストの増大の主原因となっている。また、桁端部の補修塗装の寿命は短く、場合によっては数年で再発するケースもある。原因としては、狭隘な施工環境で部材数も多い桁端部では、十分なケレンが行えないことが挙げられ、残存さびの状態でも早期発錆となりやすい。本CS工法は残存さびのある状態でも、ブラスト効果を持つアルミナと犠牲防食効果を持つ亜鉛の混合粉体を音速でさび鋼板面に衝突させることで、さびの除去効果、高い付着特性および防食性の高い亜鉛皮膜を形成でき、腐食した鋼桁端部の高耐久化を図る技術として期待できる。今後、様々な環境や構造形式を有する実桁端部でのCS実証例を増やし、信頼性の高い防食技術への発展が期待される。

○防食便覧、マニュアル等への組み込み

本研究成果のCS工法を一般的に適用されている塗装・金属溶射と並ぶ防食工法として、便覧や各団体で発刊しているマニュアル等に盛り込まれることが必要である。そのためには、実橋での実証試験の実施を踏まえ、適用範囲の設定や施工管理方法の規定等を十分に議論する必要がある。本CS工法による防食は、腐食損傷を受けた鋼橋の増加が顕著になっている我が国にとって、道路資産の安全性の確保と対策後の耐久性の確保に大きく貢献できるものと考えている。

7. ホームページ等

<http://www.structures.u-ryukyu.ac.jp/>

(琉球大学工学部 構造工学研究室)