

旭橋プロジェクト

「**過酷な塩害環境**」と「**巨大台風常襲環境**」にある日本で唯一の**亜熱帯環境**にある**琉球大学**は、防食材料と技術の開発および**持続可能なインフラ構造**の各種研究に関して絶好のロケーションにある。

旭橋プロジェクトでは**実物大の鋼橋**を設置し、最新の**技術**と**知見**を結集して、**強靱で持続性**を有するインフラ構造を探究することを目的とする。

研究テーマ

1. 巨大台風下での**多機能防食デッキ**の**耐風安定性**
2. **主桁桁端部**における**新防食素材**の適用
3. **高力ボルト摩擦接合継手**の**防錆対策**
4. 鋼桁各部位の**腐食環境**に応じた**合理的な防食仕様**
5. **端対傾構**の**新防食技術**の適用
6. **支承**の**防錆対策**



共同研究者 2020年9月現在

金秀鉄工(株), (社)しまたて協会, 宮地エンジニアリング(株), 日鉄エンジニアリング(株), (株)横河ブリッジホールディングス, 川田建設(株), (株)建設技術研究所, 大日本コンサルタント(株), 日鉄ステンレス(株), 東京ファブリッジ(株), 瀧上工業(株), 日立造船(株), 日鉄ケミカル(株), IHI(株) <順不同>

旭橋の橋梁諸元

橋梁形式：単純非合成FRP合成床版鋸桁

橋長：10.900m

支間長：10.000m

幅員：(総幅員)4.6m, (有効幅員)3.8m

線形：(平面) $R = \infty$, (縦横断)Level, (斜角) 90°

使用鋼材：SM400, SMA400, SUS304, SUS821

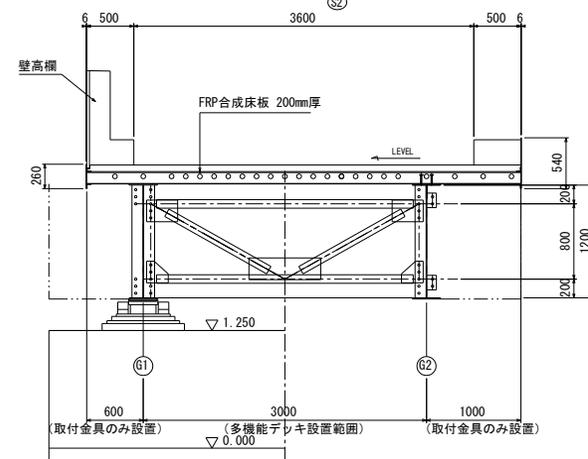
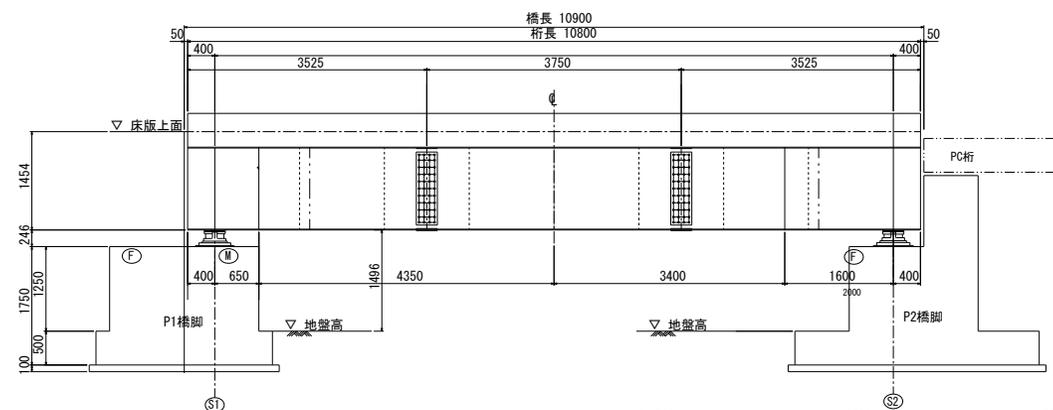
適用基準：道路橋示方書・同解説<平成24年3月>

設計荷重：A活荷重<TL荷重>

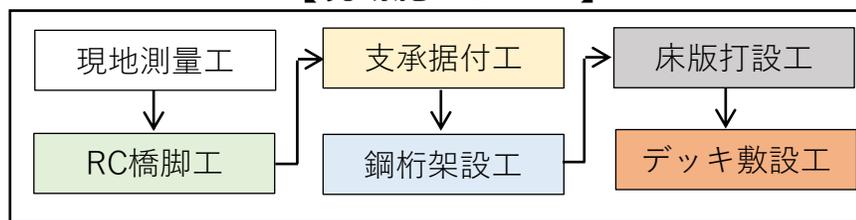
水平震度： $kh = 0.2$ <Ⅰ種地盤>

完成月：2020年8月

構造一般図 (側面図・断面図)



【現場施工フロー】



建設状況



RC橋脚施工



支承据付工



鋼桁架設工



床版打設工



デッキ敷設工

巨大台風下での多機能防食デッキの風圧特性と安定性評価

研究目的

鋼橋の新しい技術として多機能防食デッキが提案されているが、近年巨大化する台風下での耐風安定性については検証されておらず、設計風速を超える猛烈な風が吹いた場合の多機能防食デッキの損傷や落下が懸念される。

本研究では、設計基本風速(45m/s)を超える猛烈な風が吹いた場合の多機能防食デッキに作用する風圧や挙動を実橋にて計測し、巨大台風下での安全性について照査を行う。

多機能防食デッキ

多機能デッキはマルチな機能を有しており、鋼橋のLCC (Life Cycle Cost) が向上する。デッキ自体は錆びない素材 (アルミ, ステンレス, チタン, GFRP) を使用。



【多機能デッキのマルチ機能】

機能1：鋼桁への付着塩分遮断。飛躍的な**防食性向上**。

機能2：点検&補修デッキ。**メンテナンス性向上**。

機能3：橋下面カバーでシンプルな形状。**景観創出**。



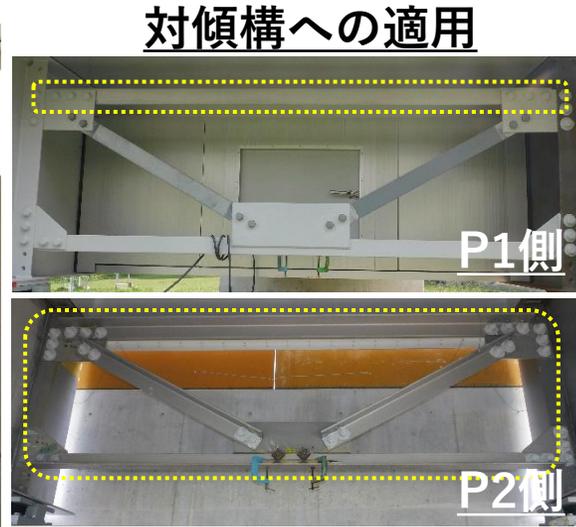
Max70m/sの風速を計測可能

桁端部における新防食構造の開発

研究目的

鋼橋の腐食の弱点部である桁端部に高耐食材料であるステンレス鋼材を適用し、塩害環境で実際の桁端部構造での防食性能を評価する。また、同防食構造では経済的合理性の観点より、桁端部をステンレス鋼、それ以外の構造部位を炭素鋼としており、その異種金属材の溶接接合部の大気環境下での耐食性を解明する。

高耐久ハイブリッド鋼橋



規格	化学成分 (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
JIS SUS304	≦0.08	≦1.00	≦2.00	≦0.045	≦0.030	8.00~11.00	18.00~20.00	-	-
SUS821L	≦0.030	≦0.75	2.00~4.00	≦0.040	≦0.020	1.50~2.50	20.50~21.50	≦0.60	0.50~1.50

高力ボルトの防せい手法と軸力リラクセーションの検証

研究目的

高力ボルトは、鋼橋の中でも腐食減肉が生じやすい部位の一つである。本研究では、沖縄地区鋼橋防食マニュアルに記載の仕様を含む高耐食性が期待される各種高力ボルトの防せい手法の検証を目的に、実鋼桁を用いた暴露試験を実施し、高力ボルトの腐食耐久性の比較検証を行う。

高力ボルトの防せい手法

各仕様の高力ボルトについて、ボルト角部・ねじ山などからの発錆状況を観察し、防食性能の比較を行う。

① 溶融亜鉛めっき (F8T)

高温で溶かした亜鉛に鋼材を浸し、表面に亜鉛皮膜を形成する技術。犠牲防食による防食効果を発揮。試験桁の対傾構に使用。



③ SZ (SmartZIC) プレコート : S10T

防錆処理ボルトにSmartZIC(亜鉛+アルミナ)による亜鉛皮膜をボルト表面に成膜。皮膜による高い防食性と密着性を発揮する。



② 溶融亜鉛めっき + 防錆処理 (F8T)

ボルト防食は溶融亜鉛めっきで行い、ボルト締め時のめっき保護として防錆処理を塗布。沖縄モノレール延伸区間採用仕様。



④ Al・Mgめっき (SGめっき) : F10T

5%アルミニウム1%マグネシウム系の溶融亜鉛合金めっき。溶融亜鉛めっきの数倍の耐食性を持つ。試験桁の対傾構に使用。



沖縄地区における最適な防せい防食法の検証

研究目的

沖縄県が曝される鋼材腐食促進環境に対し、沖縄地区鋼橋防食マニュアルが制定されるなど、鋼橋の塗装仕様に関する検討が進められている。本研究では、沖縄地区における最適な防せい防食法の検証を目的に、桁外面における各塗装仕様の防食性能、並びに飛来塩分防護に用いられる多機能防食デッキを設置した際の、桁内部における塗装仕様の省力化について、実鋼桁を用いた暴露試験により検討する。

塗装仕様と計測概要

鋼道路橋防食便覧（左）と沖縄地区鋼橋防食マニュアル（右）の塗装仕様の比較

赤（原色）と白による早期白亜化の傾向を把握



鋼道路橋防食便覧

沖縄地区鋼橋防食マニュアル

工程	塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	—	—
工場塗装	防食下地	無機ジクロリッチペイント	2hr以内	75
			2~10日	—
工場塗装	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗り	1~10日	120
			1~10日	30
工場塗装	中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗り	1~10日	30
工場塗装	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗り	1~10日	25

工程	塗料または素地調整	標準使用量 (g/m ²)	塗装間隔 (気温20℃の場合)	標準膜厚 (μm)
2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	—	—	—
工場塗装	防食下地	無機ジクロリッチペイント	2hr以内	75
			2~10日	—
工場塗装	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗り	1~10日	100
			1~10日	100
工場塗装	中塗り	エポキシ樹脂塗料用中塗り	1~10日	30
工場塗装	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗り	1~10日	25

付着塩分計測



蒸留水を注入し、表面の塩分を攪拌し計測

光沢計測



塗膜表面の乱反射の程度を計測

付着力計測

(アドヒージョンテスト)



塗膜と素地間との付着破壊に必要な張力を測定

付着塩分、色差、光沢、付着力（アドヒージョンテスト、基盤目試験）を計測

端対傾構への高耐久・耐食材料の適用

研究目的

鋼橋の桁端部は、ジョイントからの漏水や橋台や橋脚の影響で湿潤状態になりやすいため、端対傾構などの2次部材は激しい腐食損傷が生じやすい。それゆえ、この腐食弱点部に対して、高耐久・耐食性が期待されるステンレス鋼材、SGめっき、SGめっき+ナイロン12塗装を用いた端対傾構を実鋼桁端部に設置・暴露を行い、既存防食手法（C-5系塗装）と比較検証を行う。

検証中の防食仕様

以下に示す防食仕様を端対傾構に用い、外観目視により防食性能の比較を行う。

Al・Mgめっき

5%アルミニウム1%マグネシウム系の溶融亜鉛合金めっき。溶融亜鉛めっきの数倍の耐食性を持つ。

Al・Mgめっき+ナイロン12

Al・Mgめっきを下地に、腐食に強いナイロコーティングを施した2層構造。疵が付きにくく、腐食因子の遮断効果が高い。

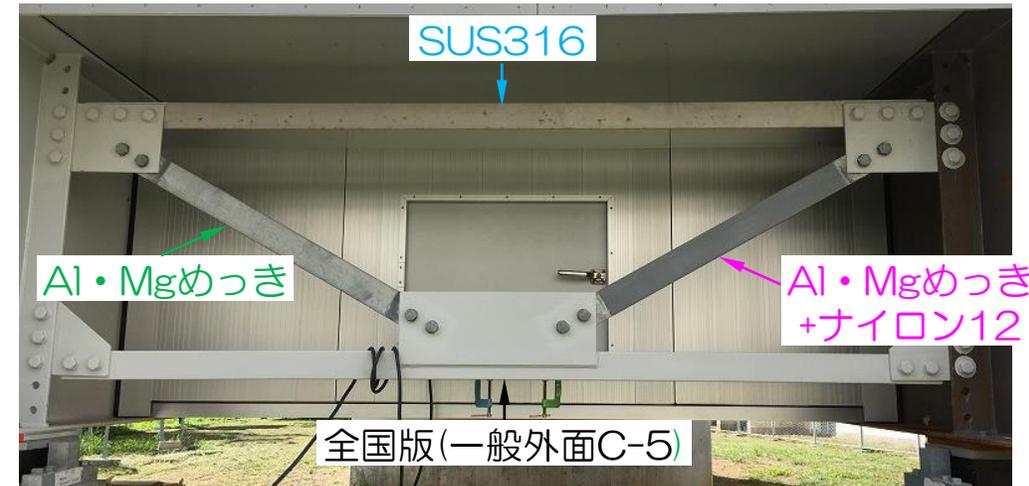
SUS316

18%のCrと12%のNiにMoを加えて耐食性・耐孔食性を向上させたステンレス鋼

C-5塗装（既存手法）

耐候性に優れたフッ素樹脂塗料を上塗りとした塗装仕様

S1側端対傾構



既設橋梁との取替えを想定し、ガセットは炭素鋼を使用。Al・Mgめっき材はSGめっきボルト、それ以外は普通高力ボルトで接合。(SUS材との接合のみ絶縁の有無をパラメータ)

支承の防錆対策

研究目的

亜熱帯気候の沖縄は鋼材の腐食環境が厳しい地域であり、特に上下部構造に挟まれた支承は橋梁の中でも腐食し易い部位であることが知られている。そこで、沖縄版鋼橋防食マニュアル仕様を含む4種類の防錆対策を施した支承を同一の厳しい腐食環境で暴露し、支承の腐食耐久性の比較検証を行う。

防食仕様の違い

①溶融亜鉛めっき

上 査	溶融亜鉛めっき (防食便覧)
下 査	溶融亜鉛めっき (防食便覧)
ベースプレート	550g/m ² 以上 (75μm以上)
サイドブロック	
ボスA	溶融亜鉛めっき (防食便覧)
ボスB	溶融亜鉛めっき (防食便覧)
アンカーボルト	350g/m ² 以上 (50μm以上)
六角ボルト	350g/m ² 以上 (50μm以上)
六角ボルト	350g/m ² 以上 (50μm以上)
セットボルト	溶融亜鉛めっき (防食便覧) (ZC-1)



③合金めっき+ナイロンコート注1)

上 査	合金めっき +ナイロンコート (沖縄防食マニュアル)
下 査	合金めっき +ナイロンコート (沖縄防食マニュアル)
ベースプレート	250μm以上
サイドブロック	
ボスA	合金めっき (沖縄防食マニュアル)
ボスB	合金めっき (沖縄防食マニュアル)
アンカーボルト	350g/m ² 以上 (50μm以上)
六角ボルト	多層(MEL)めっき +ナイロンコート (FTK仕様)
六角ボルト	多層(MEL)めっき +ナイロンコート (FTK仕様)
セットボルト	合金めっき +ナイロンコート (沖縄防食マニュアル)



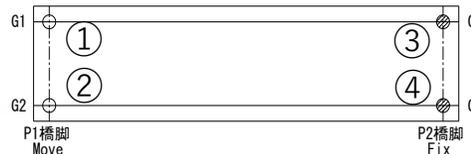
②Zn-Al合金めっき

上 査	
下 査	
ベースプレート	合金めっき (沖縄防食マニュアル)
サイドブロック	合金めっき (沖縄防食マニュアル)
ボスA	350g/m ² 以上 (50μm以上)
ボスB	350g/m ² 以上 (50μm以上)
アンカーボルト	
六角ボルト	多層(MEL)めっき (FTK仕様)
六角ボルト	多層(MEL)めっき (FTK仕様)
セットボルト	合金めっき (沖縄防食マニュアル) (ZC-1)

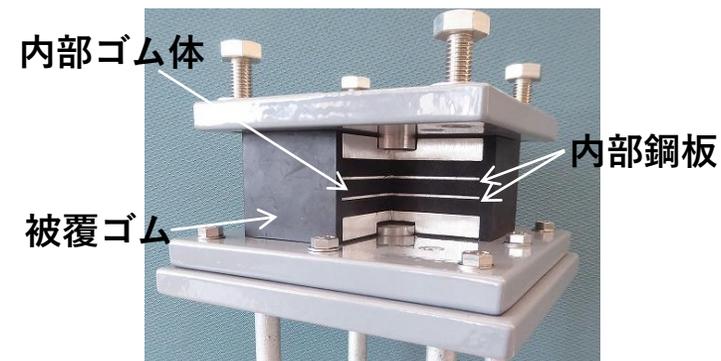
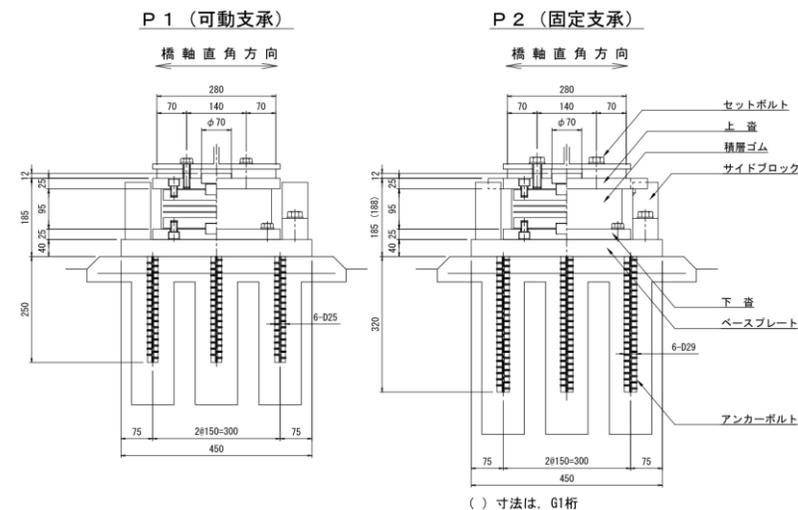


④C-5塗装系注2)

上 査	
下 査	
ベースプレート	C-5系外面塗装 (沖縄防食マニュアル)
サイドブロック	C-5系外面塗装 (沖縄防食マニュアル)
ボスA	ジンクリッチペイント (75μm以上)
ボスB	ジンクリッチペイント (75μm以上)
アンカーボルト	合金めっき
六角ボルト	
六角ボルト	C-5系外面塗装 (沖縄防食マニュアル)
セットボルト	C-5系外面塗装 (沖縄防食マニュアル)



支承形状



注1) 「沖縄地区鋼橋防食マニュアル (H31.3)」で提案されている粉体を塗装する複合皮膜

注2) 「沖縄地区鋼橋防食マニュアル (H31.3)」に示される支承や排水ます外面の特殊部塗装 (C-5系)