

平成24年度 技術発表会

**鋼・コンクリート合成床版の環境耐久性向上対策
—促進腐食試験による塗装仕様の検討—**

技術委員会 床版小委員会
春日井俊博、入部孝夫

日本橋梁建設協会

1

発表内容

1. 合成床版の概要
2. 開発の経緯
3. 施工実績
4. 環境耐久性向上対策

2

1. 合成床版の概要

3

構造概要
コンクリートと底鋼板とをずれ止めで合成

4

合成床版の特長

構造面

- 死荷重の軽減
- 床版の長支間化に対応可能
- 斜橋および曲線橋にも対応可能

施工面

- 型枠支保工が不要で安全な施工
- 桁架設との連続施工ができ、大幅な工期の短縮が可能
- PC工など高度な技術が不要

維持管理面

- 高い疲労耐久性によるLCC低減
- 耐候性鋼板、めっき、亜鉛アルミ溶射等による長寿命化
- コンクリート剥落防止に効果

5

2. 開発の経緯

6

合理化橋梁と合成床版

従来が多主桁橋

公共工事のコスト縮減・・・

多主桁から少数主桁への変更

↓

長支間の高耐久性床版が必要

↓

鋼・コンクリート合成床版の開発

PC床版の2主桁橋
ホロナイ川橋 (1995年、H7)

7

輪荷重走行試験

土木研究所における床版性能試験 (1997年～、H9～)

土木研究所の輪荷重走行試験により、PC床版に相当する長支間化が可能な高耐久性床版と位置付けられた

床版厚 20 cm

荷重

支間 2.5 m

8

最初の長支間床版

合成床版を用いた開断面箱桁橋

床版支間5.2m

千歳ジャンクションCランプ橋 (1998年、H10)

9

最近の橋梁形式

福岡高速5号線 (2001年、H13～)

合成床版を用いた細幅箱桁橋

合成床版を用いた開断面箱桁橋

合成床版を用いた少数I桁橋

10

3. 施工実績

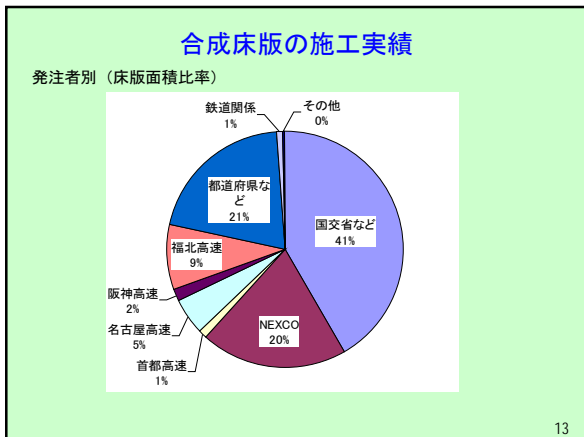
11

合成床版の施工実績

施工面積 (m²)

竣工年度

12



4. 環境耐久性向上対策

14

研究の背景

合成床版の耐久性の確保

- RC床版に比べて疲労耐久性が高く、ひび割れが発生しにくい
- 防水層により水の浸入が防止されている
- 水セメント比が低く、コンクリートが外気に触れないため中性化が遅い

↓

塩化物を含む水の浸入があった場合の対策とその効果は？

凍結防止剤が散布される腐食環境において供用される鋼・コンクリート合成床版の防食方法の検討が必要

水がぬげにくく厳しい腐食環境

15

底鋼板外面の防錆

底鋼板外面の防錆方法は4種類

16

底鋼板内面(コンクリート接触面)の防錆

底鋼板内面は、コンクリートにより防錆されるので、基本はコンクリート打ち込みまでの防錆があればよい

現状：原板プライマーと部分的な補修塗装

塩化物を含んだ水の浸入に対しては、防食性能の高い塗装を提案

区分	塗装種別	素地調整
現状	原板プライマー(膜厚15 μm)と部分的な補修塗装	原板のまま
	無機ジंकリッチペイント(膜厚30 μm)	ブラスト
提案	無機ジंकリッチペイント(膜厚75 μm)	除錆度: ISO Sa 2 1/2
	無機ジंकリッチペイント(膜厚75 μm)+ミストコート	

17

底鋼板内面(コンクリート接触面)の防錆

底鋼板内面の塗装例：無機ジंकリッチペイント(膜厚75 μm)

- 高力ボルトの摩擦接合面と同じ
- 重防食塗装の防食下地として実績が多い

18

研究の概要

本研究の目的：
 コンクリート接触面の鋼材を対象にして、塩化物が鋼材腐食に与える影響を調べ、適切な防食方法を提案すること。

検討方法：
第1段階
 オートクレーブを用いた促進腐食試験を行い、塗装により防食した試験体と無塗装の試験体とを比較した。

第2段階
 複合サイクル試験により、各種塗装と溶融亜鉛めっき、および無塗装の試験体とを比較した。

19

試験体(第1段階、オートクレーブを用いた促進腐食試験)



無塗装 塗装
円柱試験体の鋼部材

- ・練り混ぜ水の塩分濃度3%
- ・上面にひび割れ導入
- ・表面処理は4種類

表面処理の種類	試験体の種類	
	円柱	梁
無塗装、プラストのみ(除錆度: ISO Sa 2 1/2)	○	○
原板プライマー(膜厚15μm)と部分的な補修塗装	—	○
プラスト、有機ジンクリッチペイント(膜厚75μm)	—	○
プラスト、無機ジンクリッチペイント(膜厚75μm)	○	○



円柱試験体
(直径φ100×高さ200mm)



梁試験体 (幅200×高さ200×長さ1600mm)

20

試験条件(第1段階)

オートクレーブ試験
 鉄筋コンクリート用防錆剤の試験方法
 (JIS A 6205)を参考にした。

1. 常温から、温度180°C、圧力約1.0MPaまで上昇
2. 蒸気環境で5時間
3. 常温に戻す
4. 常温で24時間養生

これを4サイクル



(a)装置



(b)試験体設置例
オートクレーブ装置

21

試験結果(第1段階)

発錆状況(円柱試験体)



(a) 無塗装



(b) 無機ジンクリッチペイント

発錆状況例(円柱試験体)

22

試験結果(第1段階)

発錆状況(梁試験体)

↓ 多く用いられる仕様



(a) 無塗装



補修塗装部分

(b) 原板プライマーと部分的な補修塗装


発錆状況(梁試験体)

23

試験結果(第1段階)


発錆状況(梁試験体)

鋼材防食方法として一定の効果あり



膨れ

(c) 有機ジンクリッチペイント



膜厚減耗

(d) 無機ジンクリッチペイント

発錆状況(梁試験体)

24

まとめと課題(第1段階)

まとめ

・オートクレーブ試験によって、劣化を促進させ、塗装の有無や塗装の劣化が鋼材の腐食発生に及ぼす影響を明らかできた。

・鋼板の下地処理をプラストとし、有機ジンクリッチペイントまたは無機ジンクリッチペイントを用いた塗装は、塗装が健全な間は十分な防食効果が認められた。

課題

・塗装による防食方法の耐久性を明らかにするためには、アルカリ性と塩分の影響下での塗装の耐用年数を調べる必要がある。

第2段階

塗装そのものの耐久性を調べる

- ・複合サイクル試験
塩分の影響：塩水噴霧と湿潤乾燥の繰返し
アルカリの影響：飽和水酸化カルシウム溶液に浸漬
最大201日間
- ・アルカリ浸漬試験
飽和水酸化カルシウム溶液に浸漬し続ける
最大360日間

試験体と試験条件(第2段階)

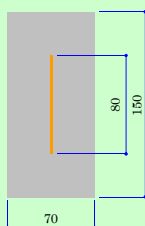
複合サイクル試験、アルカリ浸漬試験 試験体の種類

試験体No.	塗装仕様	膜厚 [μm]
1	無機ジンクリッチペイント	75
2	有機ジンクリッチペイント	75
3	厚膜形変性エポキシ樹脂塗料	240
4	変性エポキシ樹脂塗料	60
5	無機ジンクリッチペイント+ミストコート	75+30
6	無機ジンクリッチペイント+ミストコート+変性エポキシ樹脂塗料	75+30+60
7	エポキシ粉体塗装	220±40※
8	無塗装	—
9	溶融亜鉛めっき(550g/m ²)	76

エポキシ樹脂塗装鉄筋の仕様

試験体の寸法：150×70×3.2mm
きずの幅×長さ：1.0×80mm
きずの深さは鋼板面まで

きず有りは
複合サイクル試験のみ



試験体と試験条件(第2段階)

複合サイクル試験
JISの複合サイクル試験(JIS K 5600-7-9)に飽和水酸化カルシウム溶液浸漬を組合せたもの

1日の試験：

- ・6時間×3サイクル
塩水噴霧0.5H、湿潤1.5H、熱風乾燥2H、温風乾燥2H } JISのサイクルD
 - ・4時間×1サイクル
飽和水酸化カルシウム溶液に浸漬
- 上記サイクルで、80日間(240サイクル)の試験を実施、最大は201日間(603サイクル)(一部はさらに継続中)



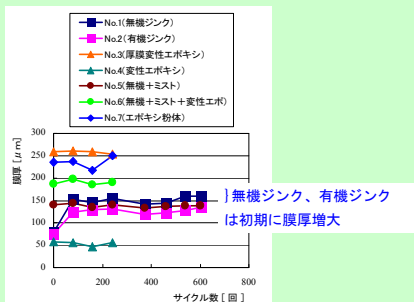
(a) 試験体



(b) 塩水噴霧中
複合サイクル試験

試験結果(第2段階、複合サイクル試験)

サイクル数と塗膜厚の関係



試験結果(第2段階、複合サイクル試験)

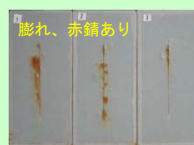
外観観察結果(240サイクル)



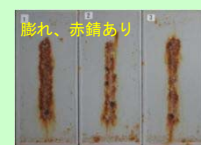
(a) 無機ジンクリッチペイント



(b) 有機ジンクリッチペイント



(c) 厚膜形変性エポキシ樹脂塗料



(d) 変性エポキシ樹脂塗料

試験結果(第2段階、複合サイクル試験)

外観観察結果(240サイクル)

(e) 無機ジンクリッチペイント+ミストコート
変状なし

(f) 無機ジンクリッチペイント+ミストコート+変性エポキシ樹脂塗料
変状なし

(g) エポキシ粉体塗装
膨れ、赤錆あり

31

試験結果(第2段階、複合サイクル試験)

外観観察結果(603サイクル)

(a) 無機ジンクリッチペイント
変状なし

(b) 有機ジンクリッチペイント
膨れ、赤錆あり

(c) 無機ジンクリッチペイント+ミストコート
変状なし

32

試験結果(第2段階、腐食減厚量)

重量測定結果から、腐食減厚量を計算

無塗装 80サイクル (腐食減厚量0.10mm)

無塗装 160サイクル (腐食減厚量0.17mm)

(写真なし) 無塗装 240サイクル (腐食減厚量0.28mm)

33

試験結果(第2段階、腐食減厚量)

サイクル数 [回]	腐食減厚量 [mm]
0	0.00
80	0.10
160	0.17
240	0.28
603	0.71

図 腐食減厚量

文献3) 三浦尚ら：エポキシ樹脂塗装鉄筋の許容塗膜損傷度に関する研究，土木学会論文集，1992. 8

34

試験結果(第2段階、複合サイクル試験)

断面観察結果(無機ジンクリッチペイント)

試験前 長さ = 76.3 μm

240サイクル 長さ = 120.2 μm

603サイクル 長さ = 165.5 μm

腐食生成物

(※断面観察用に別途作成のもの)

35

試験結果(第2段階、複合サイクル試験)

断面観察結果(有機ジンクリッチペイント)

試験前 長さ = 72.4 μm

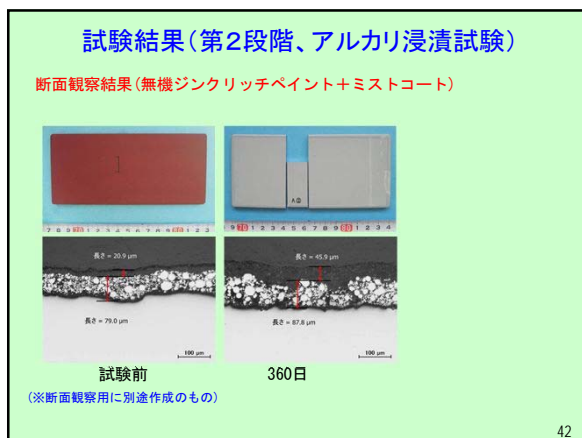
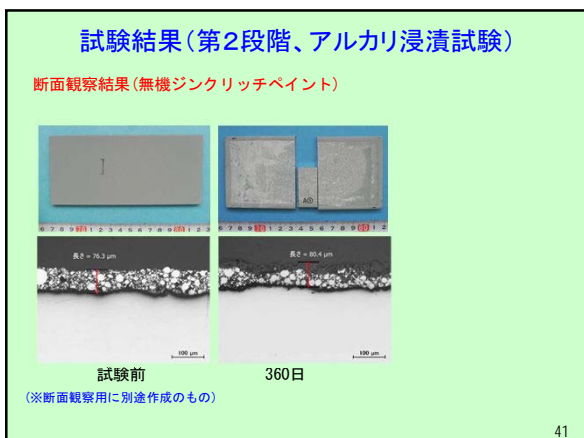
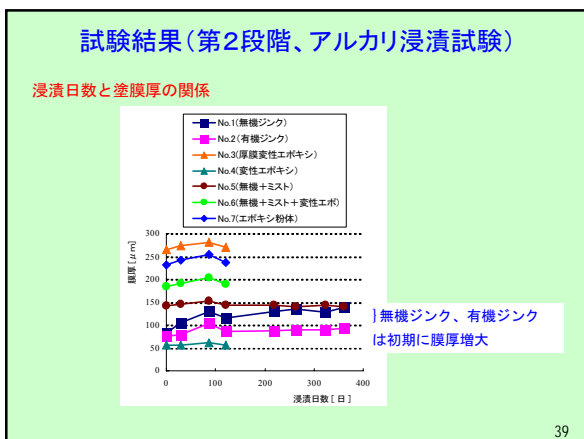
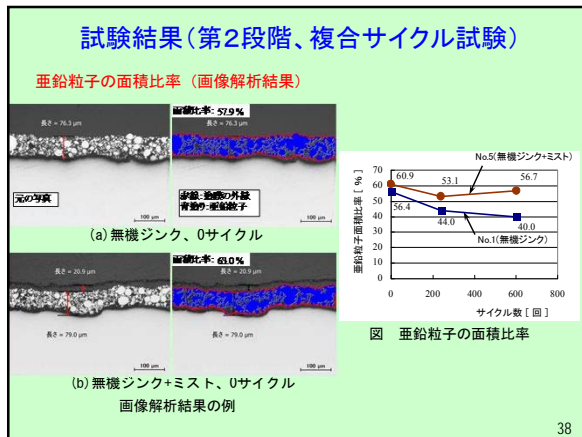
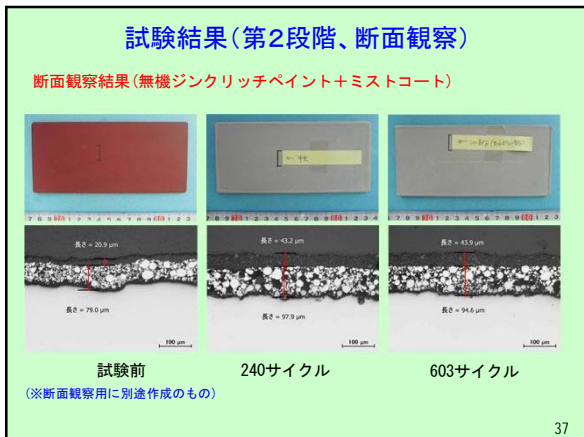
240サイクル 長さ = 85.3 μm

603サイクル 長さ = 87.3 μm

腐食生成物

(※断面観察用に別途作成のもの)


36




試験結果 (第2段階)

溶融亜鉛めっき鋼板


(a) 試験前



(b) 複合サイクル試験
104サイクル




(c) アルカリ浸漬
51日



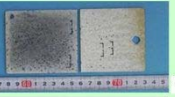
43

試験結果 (第2段階、複合サイクル試験)

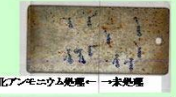
溶融亜鉛めっき鋼板



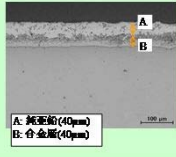
試験前



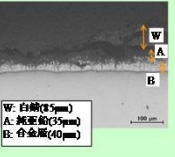
78サイクル



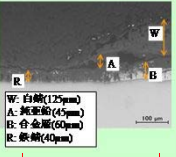
324サイクル
0.3%の錆が発生



A: 亜鉛層(40μm)
B: 合金層(40μm)



W: 白錆(8.5μm)
A: 亜鉛層(35μm)
B: 合金層(40μm)

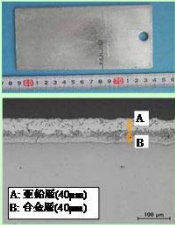


W: 白錆(12.5μm)
A: 亜鉛層(15μm)
B: 合金層(40μm)
R: 鉄錆(40μm)

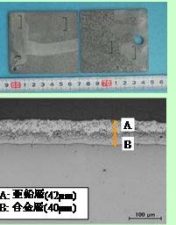
44

試験結果 (第2段階、アルカリ浸漬試験)

溶融亜鉛めっき鋼板



試験前



51日浸漬

A: 亜鉛層(40μm)
B: 合金層(40μm)

A: 亜鉛層(42μm)
B: 合金層(40μm)

45

試験結果 (第2段階)

複合サイクル試験とアルカリ浸漬試験

- ・複合サイクル試験の負荷年数を、無塗装試験体の腐食減厚量から推定した。240サイクルで腐食減厚量は0.28mmであり、沖縄のルカン礁海水中の4年に相当する。603サイクルでは、同じく数十年から100年に匹敵する。
- ・複合サイクル試験結果から、試験体No.1(無機ジンクリッチペイント)および試験体No.5(無機ジンクリッチペイント+ミストコート)の耐久性が高いことがわかった。経済性では、無機ジンクリッチペイントが勝るが、より長期の耐久性が必要な場合は、無機ジンクリッチペイントにミストコートを塗布することが有効である。
- ・複合サイクル試験結果から、めっき鋼板は無機ジンクリッチペイントよりも発錆が早かった。
- ・アルカリ浸漬試験結果から、浸漬期間360日間では、塗装、めっきとも明確な劣化は認められなかった。

46

まとめ

合成床版の環境耐久性向上の対策

- ・塗装による防錆は、一定の効果があり、プラストして無機ジンクリッチペイントを75μmの厚さで塗装する仕様が長期の耐久性が期待でき、経済性を考えると最も良いといえる。
- ・無機ジンクリッチペイントを防食下地として、その上にミストコートを施工する塗装仕様は、無機ジンクリッチペイント単体よりもさらに長期の耐久性が得られる。

合成床版の今後の展望

- ・腐食環境における劣化因子の浸入に対して、ここで提案した対策をとれば、環境耐久性を高めることができ、活荷重に対する疲労耐久性の高さと合わせてより長期に供用できる床版の実現が期待できる。

47