

第 4 回 定 期 研 究 会

平成 23 年度 SGST 第 4 回定期研究会 議事録

日時：平成 23 年 10 月 7 日(金) 16:00 ~ 17:30

場所：名城大学 名駅サテライト

出席者：近藤，渡辺(名城大)，鈴木(愛工大)，伊藤，北根，館石，廣畠(名大)，奥村(名工大)，
川西(豊田高専)，木下(岐阜大)，中野(愛知県)，松井(名高速)，野田，
山田(中日本ハイエイ)，加藤(海洋架橋)，岡本(パシコン)，川瀬，李(日中C)，
杉山(杉山設計)，鷺見(八千代エジ)，高橋(アスコ)，大富(近代設計)，
加藤(中日本建設C)，園部(JTS)，安藤(-)，原田(-)，土橋(横河)，神頭，
加納(日車)，織田，森田，松村，鈴木，菱川，尾関，中川，坂部，佐藤，森，山田，
上田，伊藤，岩田，石原，中田，福岡，喜多川，種岡(瀧上)，藤井，窪田(日鉄トピー)
以上 50 名(敬称略)

1. 定期研究会 (16:00 ~ 17:30)

講演者：社団法人 日本橋梁建設協会

技術委員会 床版小委員会 床版技術部会

春日井 俊博 委員 (株)横河ブリッジホールディングス)

講演題目：「鋼・コンクリート合成床版の維持管理について」

講演内容

鋼・コンクリート合成床版は、少数主桁橋や閉断面箱桁橋、細幅箱桁橋などの合理化構造への適用性に優れ、高耐久性とコンクリート剥落防止などの特徴を有することから、各機関で広く採用されている。合成床版の優れた耐久性を保証する上で重要なことは、建設時の工場製作および場所打ちコンクリート施工における適切な品質管理とともに、供用後の点検項目とその手法、補修・補強の要否の判定など維持管理体系が明確なことである。

本講演では、はじめに合成床版の開発の経緯と実績を紹介し、今後必要となる維持管理について、その方針と具体的な手法について解説された。さらに供用中の橋梁を対象とした各種非破壊検査方法を用いた点検・調査事例を報告された。最後に、積雪寒冷地での防錆方法に関する最近の研究成果を紹介された。

以上 東海構造研究グループ (SGST) 事務局 //

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について

技術委員会 床版小委員会 床版技術部会
春日井 俊博

社団法人 日本橋梁建設協会

講演内容

- 合成床版の概要
- 開発の経緯
- 施工実績
- 床版の損傷事例(RC床版、グレーチング床版)
- 維持管理計画
- 合成床版の実橋調査事例
- 寒冷地仕様の検討

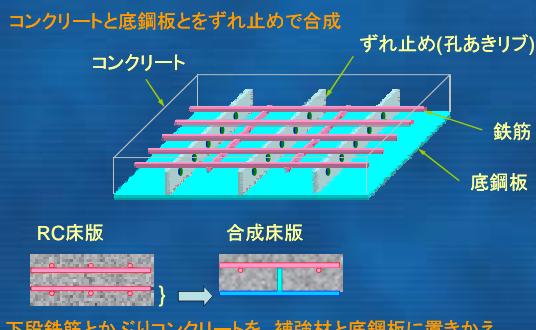
2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 2

1. 合成床版の概要

社団法人 日本橋梁建設協会

構造概要



2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 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

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 5

2. 開発の経緯

社団法人 日本橋梁建設協会

合成床版の歴史

鋼板パネルとコンクリートを組み合った床版の歴史は古い

明治橋(大分県、旧国道10号線、1902年、M35)

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 7

合成床版の歴史

床版支間4.9mの2主桁橋

明治橋(大分県、旧国道10号線、1902年、M35)

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 8

合成床版の歴史

ロビンソン型床版
首都高速枝川ランプ橋(1980年、S55)

床版支間2.1m、床版厚15.6cm

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 9

合成床版の歴史

リブプレートで補強されたロビンソン型床版

大阪城新橋(1983年、S58) 大阪大学の輪荷重走行試験機

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 10

合理化橋梁と合成床版

公共工事のコスト縮減…

多主桁から少数主桁へ
長支間の高耐久性床版
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)

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 11

輪荷重走行試験

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

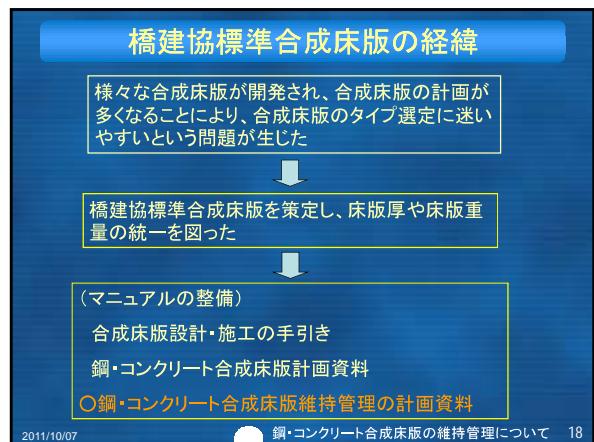
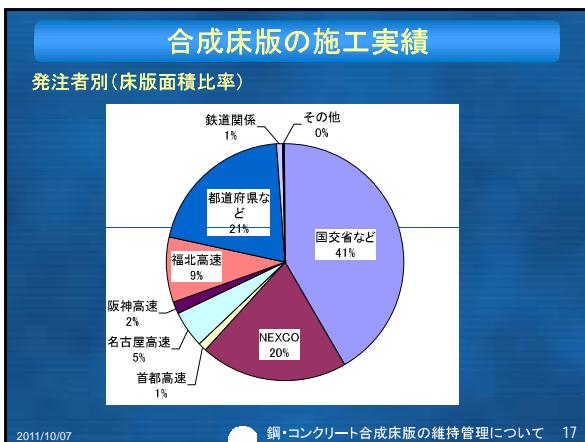
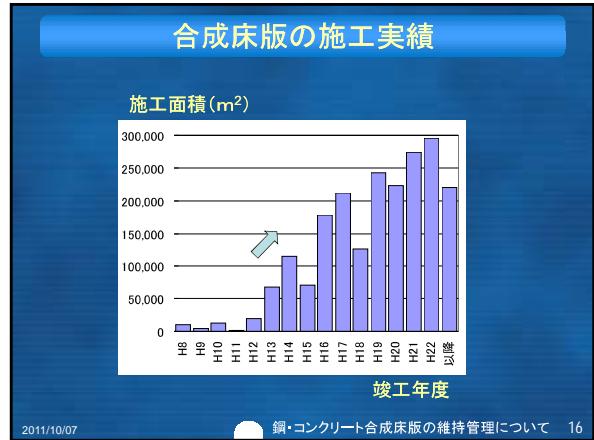
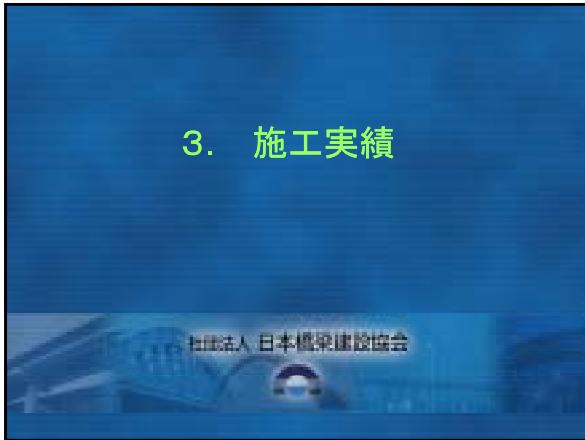
土木研究所における床版性能試験(1997年～、H9～)

たわみ[mm] 荷重[kN]

RC床版
PRC床版
合成床版

床版厚 20 cm
支間 2.5 m
荷重
走行回数[万回]

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 12



橋建協標準合成床版

橋建協の標準合成床版の
要求性能

- ①使用材料(適用)
- ②構造
- ③強度・耐久性**
- ④剛性
- ⑤設計・施工

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 19

橋建協標準合成床版の必要条件

①使用材料
・鋼とコンクリートにより構成される、鋼板1枚(構造部材)の鋼・コンクリート合成床版を対象。
サンドイッチ床版、グレーチング床版は対象外

③強度・耐久性
・実験・解析により静的挙動が確認されていること。
・疲労強度が評価できる構造であること。
・移動輪荷重による繰り返し走行試験により耐久性が確認されており、PC床版と同程度以上の耐久性を有していること。
・連続桁の負曲げおよび床版張出し部の負曲げに対して、鉄筋コンクリート床版と同程度のひび割れ幅制御ができること。

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 20

合成床版のタイプ

現在14種類の床版がある

- ・形鋼タイプ
底鋼板の補強材に形鋼を使用するもの
- ・ロビンソンタイプ
底鋼板にスタッドを溶接しずれ止めとしたもの
- ・トラスジベルタイプ
形鋼または鉄筋でトラス形状のずれ止めを形成したもの
- ・帶板タイプ
底鋼板に補強材とずれ止め機能を兼ね備えた平鋼または形鋼を溶接したもの

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 21

合成床版タイプの例(1)

形鋼タイプの例
ずれ止め: 突起付きT形鋼

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 22

合成床版タイプの例(2)

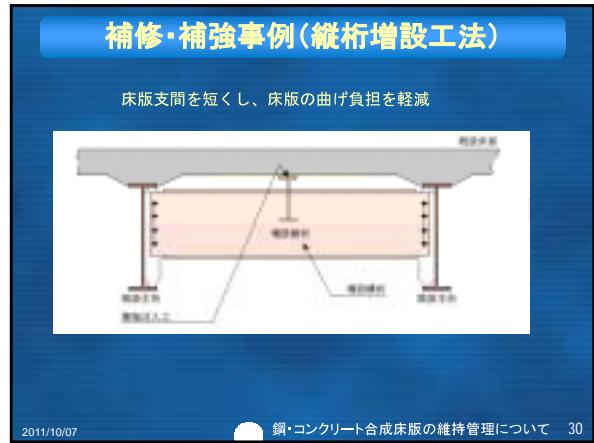
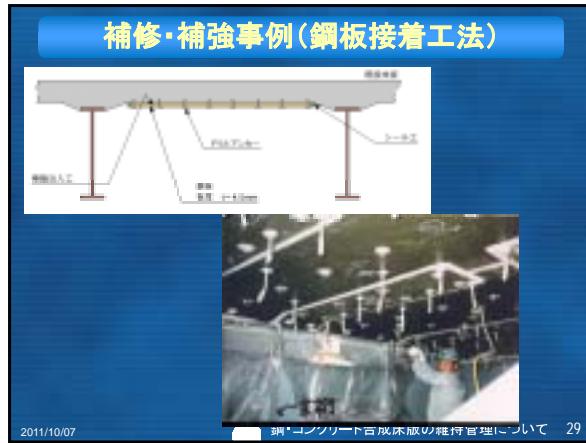
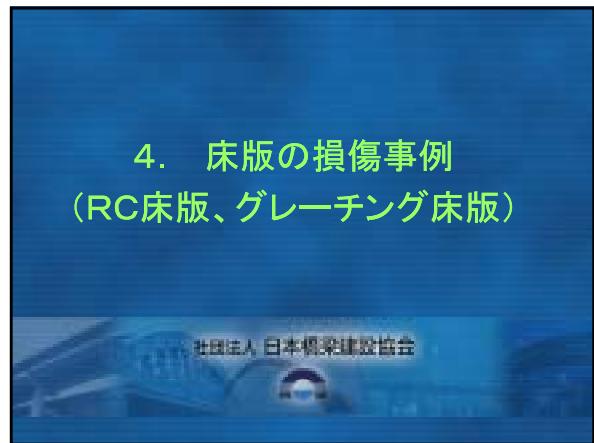
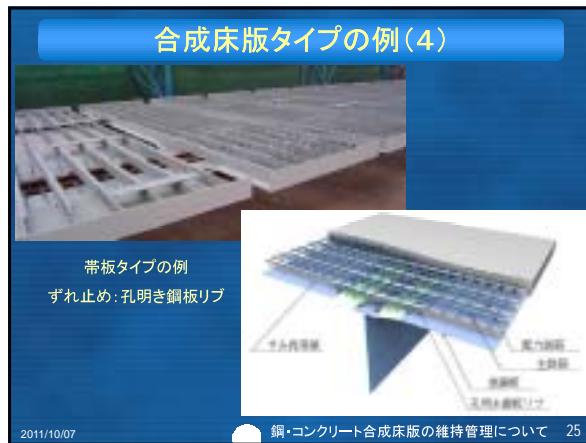
ロビンソンタイプの例
ずれ止め: 頭つきスタッド

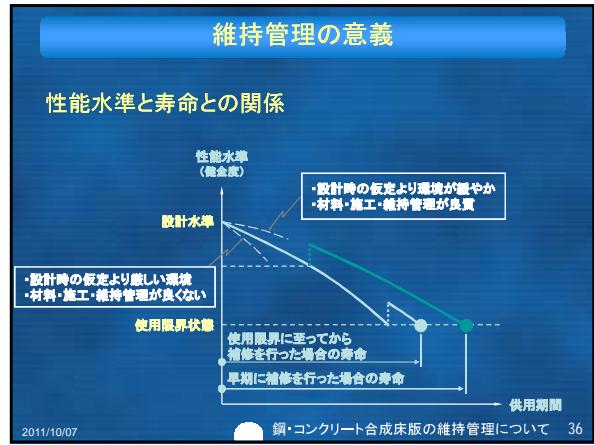
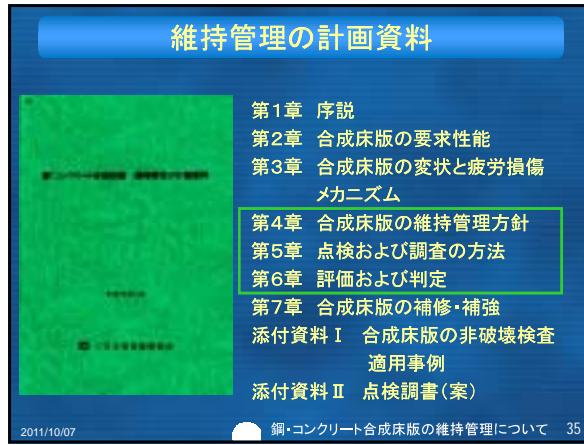
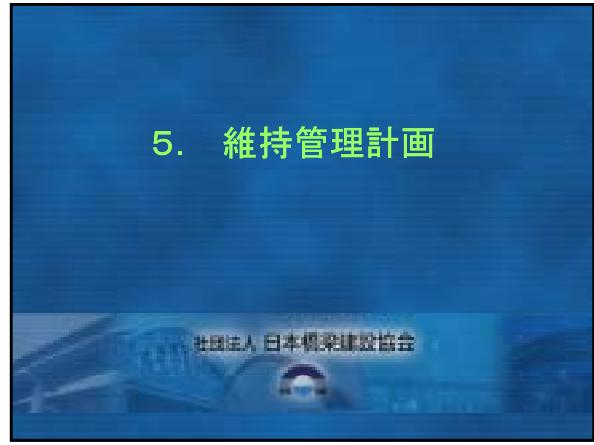
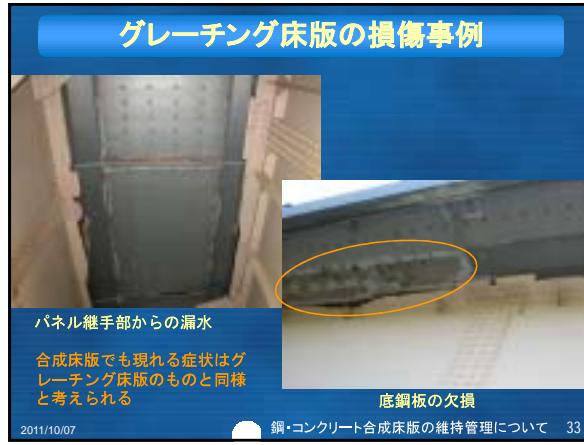
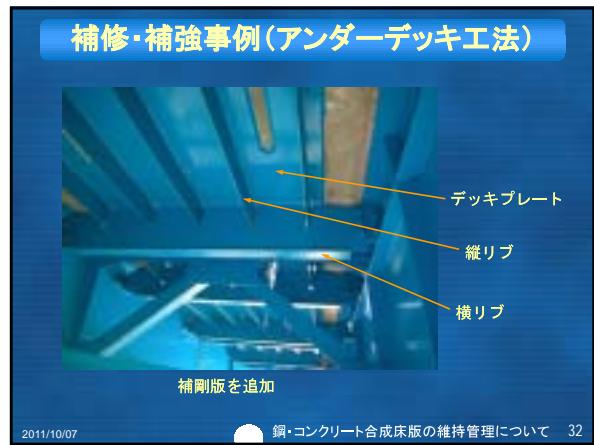
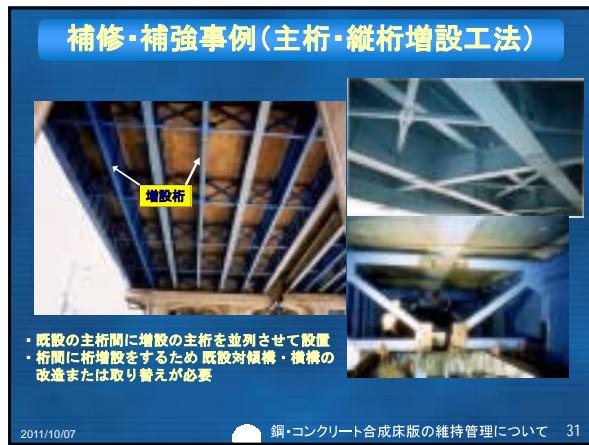
2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 23

合成床版タイプの例(3)

トラスジベルタイプの例
ずれ止め: 鉄筋

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 24





維持管理に関する設計・施工の留意事項

特徴を考慮した維持管理

- 鋼部材(底鋼板・補強材)の割合が高い ⇒ 高疲労耐久性
- 舗装・防水層、底鋼板がコンクリートを被覆 ⇒ 高耐中性化
- 底鋼板 ⇒ コンクリート片剥落がない

設計・施工の留意事項

- 乾燥収縮・クリープによるひび割れの防止
- 床版内への浸水対策

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 37

初期ひび割れの防止

膨張材の使用を原則としている

膨張材未使用	
膨張材使用	

材齢2年における合成床版の乾燥収縮ひび割れ
2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 38

防水層の設置

H14道示(8章床版、8. 1. 2設計一般の解説)…

「床版に生じた貫通ひび割れに雨水が浸入すると疲労耐久性が著しく損なわれる所以、原則として防水層を設置しなければならない。」

- ・防水層による防水が性能発揮には非常に重要

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 39

滯水の防止

路面水の滯水を防止
他形式の床版も共通

舗装内導水管
床版水抜きパイプ
2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 40

橋梁における維持管理フロー

```

graph TD
    A[初期点検] --> B[通常点検]
    B --> C[定期点検]
    C --> D[詳細調査]
    D --> E[対策区分の判定]
    E --> F[詳細調査]
    F --> G[維持・補修の実施]
    G --> H[初期点検]
    
```

記録の一元管理
データベース

対策区分の判定
(構築原因の特定)

- A : 補修を行う必要がない
- B : 状況に応じて補修を行う必要がある
- C : 速やかに補修を行う必要がある
- E1: 橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応が必要がある
- E2: その他、緊急対応の必要がある
- M: 施工工事で対応する必要がある
- S: 詳細調査の必要がある

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 41

劣化の状況

○ まず、どのように壊れるのかが明らかになっていることが点検調査の方針を検討するうえで重要！

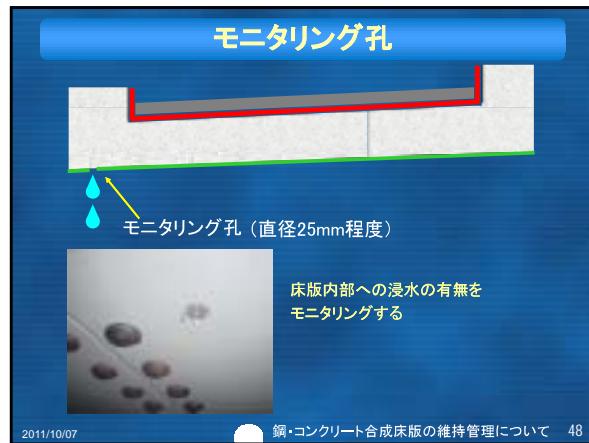
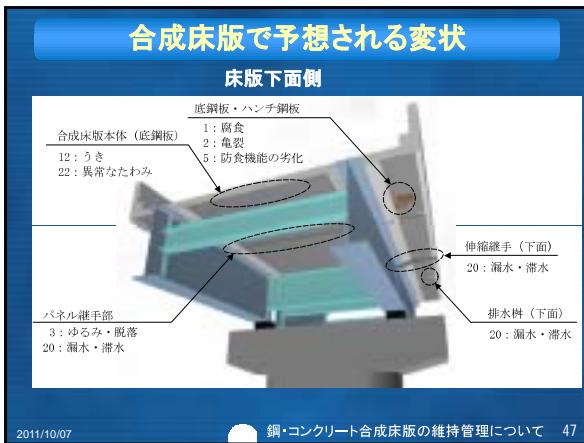
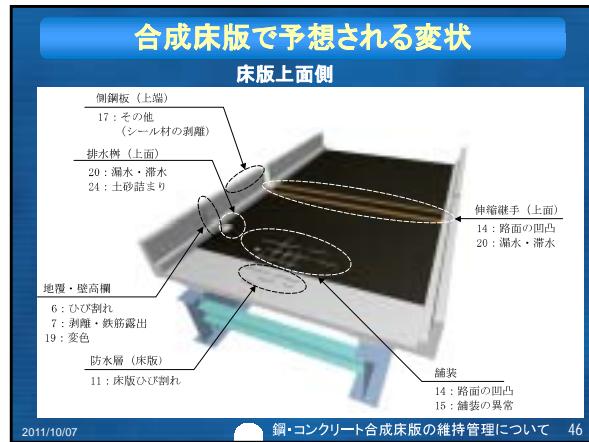
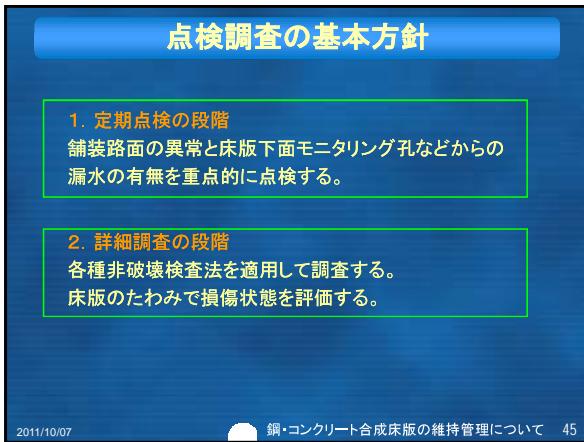
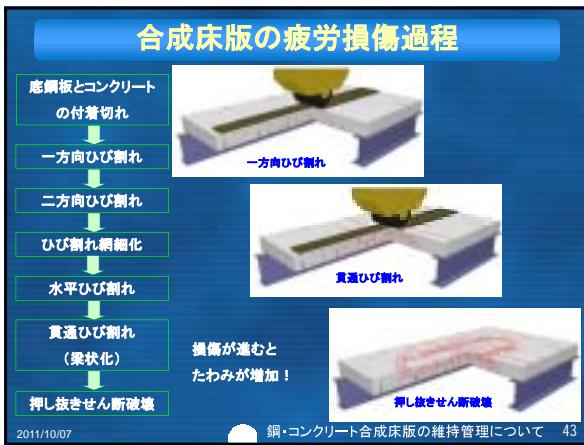
輪荷重走行試験等から予測される劣化の状況

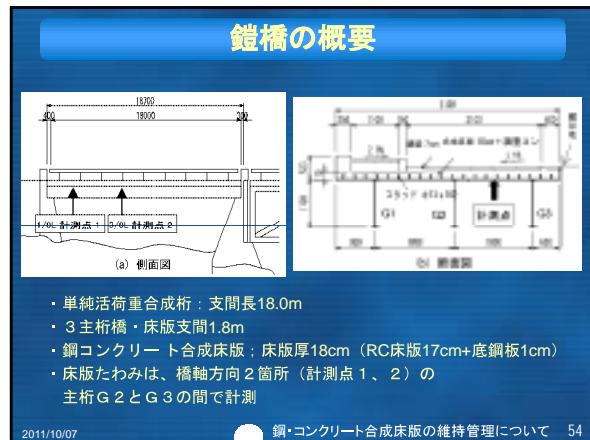
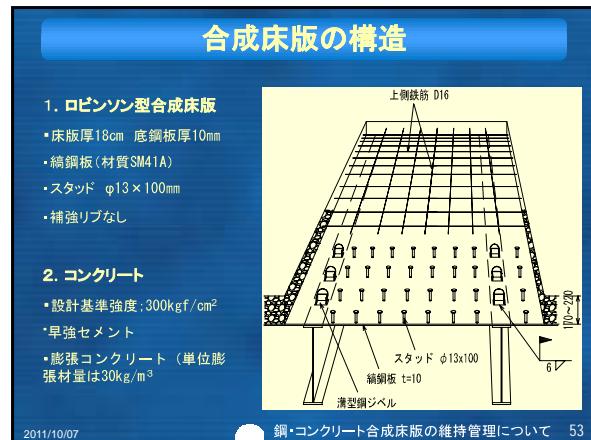
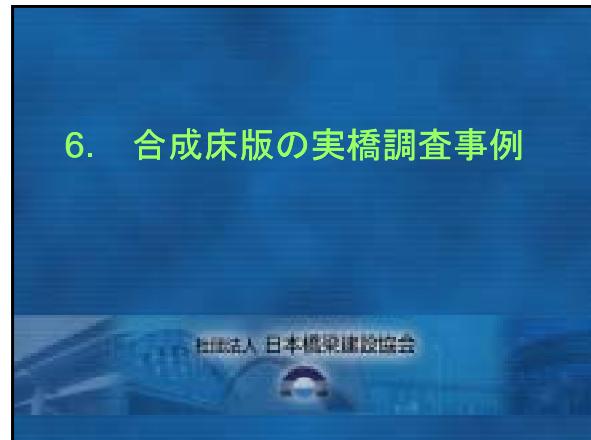
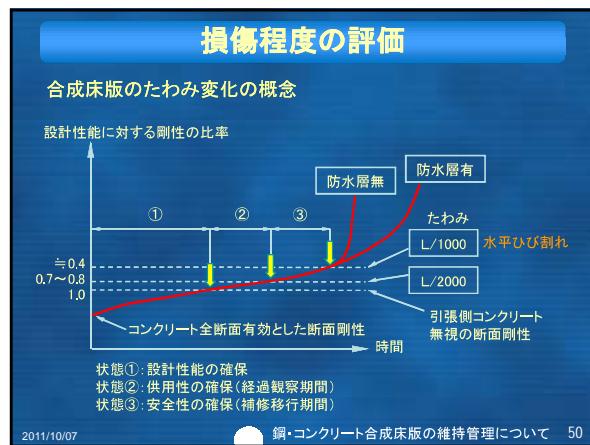
疲労損傷 ⇒ 剛性低下 ⇒ 床版たわみ増加

→ 舗装ひび割れ・ポットホール発生
→ 貫通ひび割れ発生 ⇒ 雨水等の浸入
→ 鋼板継手やモニタリング孔から漏水

目に見える
症状を確認
↓
詳細調査
の実施へ

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 42





鎧橋で実施した調査項目

1. 合成床版の維持管理における点検・調査・評価

- ① 外観調査
- ② 合成床版に対する非破壊検査法の適用
- ③ 床版たわみ計測と床版剛性の評価

2. 「鎧橋」の経年変化

- ① 竣工時の載荷試験のFEM再現解析による経年変化の推定

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 55

外観調査(目視観察)



・伸縮装置からの漏水による発錆が一部に見られたが、全体的に良好な状態

鎧橋における点検孔
(蓋を取り外した状況)

30cm

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 56

鎧橋に適用した非破壊検査法

・調査内容

目視観察 → たたき検査
底鋼板をテストハンマで叩き、異音部を把握
異音部の内部状態を、打音法と弾性スイープ波法で推定

弾性スイープ波法

底鋼板を弾性スイープ波を発生する探触子で励起し、反射音を集音し、波形解析から内部を推定

打音法

底鋼板をインパルスハンマで叩き、反射音を集音し、波形解析から内部を推定

板厚計測

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 57

弾性スイープ波法の検査装置

外部センサユニット

検知器本体

延長棒

外部センサユニット接続端子

プリントユニット

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 58

打音法の検査装置

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 59

非破壊検査法適用のまとめ

24年経過した鎧橋の合成床版に対して

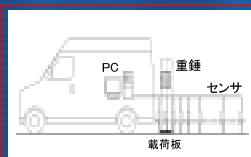
- ① たたき検査:異音部なし
- ② 打音法・弾性スイープ波法:異常なし
- ③ 板厚測定:減厚なし

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 60

詳細調査の段階 たわみ計測

- 1 荷重車を用いて静的なたわみを計測する。
⇒荷重車のための交通規制・足場が必要
- 2 衝撃加振装置を用いて動的にたわみを計測する。
⇒路面から床版たわみが計測可能



FWD（フォーリングウェイト デフレクトメータ）



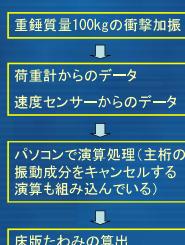
動的なたわみ計測のFWDとIIS

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 61

衝撃加振による計測(方法1)

東京都開発のIISによる床版たわみ計測



鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 62

衝撃加振による計測(方法1)

IISの最大載荷荷重は50kN
衝撃力不足を補うために
FWDの重錘を利用

FWD重錘による衝撃加振

FWD荷重計からのデータ
速度センサーからのデータ

パソコンで演算処理(主桁の
振動成分をキャンセルする
演算も組み込んでいる)

床版たわみの算出



鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 63

IIS (Impulse Input System Apparatus)



鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 64

Kuab社 FWD



2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 65

Carl Bro社 FWD



2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 66

衝撃加振による計測(方法2)

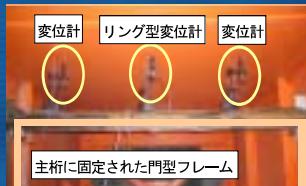
IIS/FWDによる衝撃加振時
に変位計を用いて計測



IIS/FWD重錘による衝撃加振

IIS/FWD荷重計からのデータ
変位計からのデータ

床版たわみの測定



主桁に固定された門型フレーム

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 67

荷重車による計測(方法3)

50tラフタークレーン+変位計
を用いて計測



前輪
タイヤ接地面積: 39×35cm
輪重: 92.8kN

後輪
タイヤ接地面積: 39×37cm
輪重: 93.4kN

変位計

リング型変位計

変位計

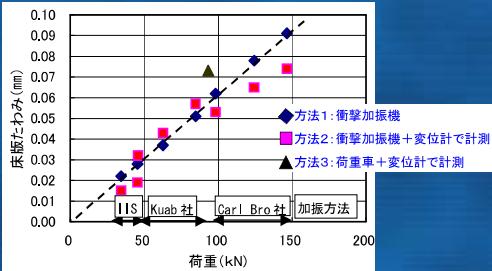


主桁に固定された門型フレーム

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 68

たわみ計測結果(計測点1)



路面上からの合成床版たわみの計測法として、
方法1(衝撃加振)の実用化が期待できる。

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 69

維持管理のまとめ

- 合成床版の損傷事例はいまのところ報告されていない。
- 点検・調査により構造物の状態を把握し、早期に手当てる。
- 床版上面(舗装路面の異常)および、床版下面(漏水の有無)を重点的に点検する。
- 詳細調査が必要な場合は、各種非破壊検査が適用できる。
- 損傷状態は、床版たわみで評価できる。

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 70

7. 寒冷地仕様の検討

社団法人 日本橋梁建設協会

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

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 72

底鋼板外面の防錆

底鋼板外面の防錆方法は4種類

塗装
耐候性鋼材
溶融亜鉛めっき
金属噴射

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 73

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
現状	原板プライマー(膜厚15 μm)と部分的な補修塗装 無機ジンクリッヂペイント(膜厚30 μm)
提案	無機ジンクリッヂペイント(膜厚75 μm) 無機ジンクリッヂペイント(膜厚75 μm)+ミストコート

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 74

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:
無機ジンクリッヂペイント
(膜厚75 μm)

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 75

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(研究終了)
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(研究中)
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。

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 76

試験体

・練り混ぜ水の塩分濃度3%
・上面にひび割れ導入

無塗装 塗装
円柱試験体の鋼部材
梁試験体
(幅200 × 高さ200 × 長さ1600mm)

円柱試験体
(直径φ100 × 高さ200mm)

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 77

試験条件(第1段階)

オートクレーブ試験

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

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 78

試験結果(第1段階)

発錆状況(円柱試験体)

(a)N2 無塗装 (b)P2 無機ジンクリッヂペイント

発錆状況例(円柱試験体)

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 79

試験結果(第1段階)

発錆状況(梁試験体)

(a)A-1 無塗装 (b)A-2 原板プライマーと部分的な補修塗装

多くの用いられる仕様

発錆状況(梁試験体)

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 80

試験結果(第1段階)

発錆状況(梁試験体)

(c)A-3 有機ジンクリッヂペイント (d)A-4 無機ジンクリッヂペイント

鋼材防食方法として一定の効果あり

膨れ 膜厚減耗

発錆状況(梁試験体)

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 81

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にできた。
- 鋼板の下地処理をブラストとし、有機ジンクリッヂペイントまたは無機ジンクリッヂ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。

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 82

試験体と試験条件(第2段階)

複合サイクル試験

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

4時間×1サイクル
飽和水酸化カルシウム溶液
(pH12.0)に浸漬

上記サイクルで、80日間の試験を実施
(一部継続中)

他に、飽和水酸化カルシウム溶液浸漬
のみの試験も実施

(a)試験体(幅70×長さ150×厚さ3.2mm)
(b)塩水噴霧中
複合サイクル試験

2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 83

試験結果(第2段階、途中経過)

(a)無機ジンクリッヂペイント (b)有機ジンクリッヂペイント (c)圧膜形変性エポキシ樹脂塗料 (d)変性エポキシ樹脂塗料

(e)無機ジンクリッヂペイント+ミストコート (f)有機ジンクリッヂペイント+ミストコート (g)エポキシ粉体塗装

複合サイクル試験

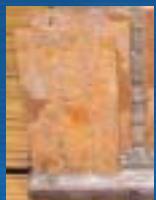
2011/10/07 鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 84

試験結果(第2段階、途中経過)

①サイクル試験 ②アルカリ浸漬 ③未試験



(a) 溶融亜鉛めっき鋼板
(試験期間26日時点、断面観察、分析中)



(b) 無塗装
(試験期間26日時点)

複合サイクル試験

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 85

試験結果(第2段階、途中経過)

複合サイクル試験

・無機ジンクリッヂペイント+ミストコート、または
有機ジンクリッヂペイント+ミストコートの仕様が
一番良い結果であった。

・エポキシ樹脂塗装は、きずがあった場合に劣化が早い。

・溶融亜鉛めっき鋼板は、複合サイクル試験と飽和水酸化
カルシウム溶液浸漬とで劣化状態が異なった。

・無塗装鋼板の減厚は0.28mm

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 86



ご清聴ありがとうございました。

雄物川橋(2002年、H14)

2011/10/07

鋼・コンクリート合成床版の維持管理について 87