

平成27年度 建設施工と建設機械シンポジウム

最近の橋梁補修技術に関わる 大型実験

施工技術総合研究所

研究第二部 次長 小野 秀一

 施工技術総合研究所

各種実験設備

 施工技術総合研究所

150,000m²の広大な敷地を活用して、各種大型実験を実施している



詳しくはこちら⇒ <http://www.cmi.or.jp/>

4MN大型疲労試験機



- 最大動的荷重: 4MN
- 最大試験体サイズ:
 - 長さ12m、幅2.5m、高さ5.5m

2

各種疲労試験装置(1)



汎用500kN疲労試験装置



汎用1,000kN疲労試験装置



汎用200kN疲労試験装置



汎用100kN疲労試験装置

3

各種疲労試験装置(2)

CMTI 土木技術総合研究所



50 kN 疲労試験装置



300 kN 疲労試験装置



1,000 kN 疲労試験装置



500 kN 移動載荷疲労試験装置

株式会社高速道路総合技術研究所所有

屋外タイプの移動載荷疲労試験

CMTI 土木技術総合研究所



総重量 28 トン



総重量 20 トン

大型トラックの走行を模擬した荷重の繰り返し試験
温度変化、降雨、日照(紫外線劣化)なども耐久性に影響する

5

○大型構造実験 事例1

CMTI 加工技術総合研究所

鋼橋プレートガーダーの残存せん断強度試験



琉球大学、沖縄しまて協会との共同研究として実施

「実腐食減厚分布を有する鋼プレートガーダー腹板のせん断強度特性に関する実験的研究」 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 70, No. 3, pp. 359-376、平成26年度土木学会田中賞 (論文部門) 受賞

6

1.1 研究の背景

CMTI 加工技術総合研究所

桁端部 (漏水)

上フランジ床板周りの腐食

上フランジ

下フランジ

下フランジ周辺の腐食

下フランジスライプス

下フランジスライプス周辺の腐食

ウェブ周辺の腐食

支保部周辺の腐食

名取ら: 鋼橋の腐食事例調査とその分析, 土木学会論文集, No.668/I-54, pp.299-311, 2001.1.

ごみの付着

上フランジ

下フランジ

下フランジスライプス

下フランジスライプス周辺の腐食

ウェブ周辺の腐食

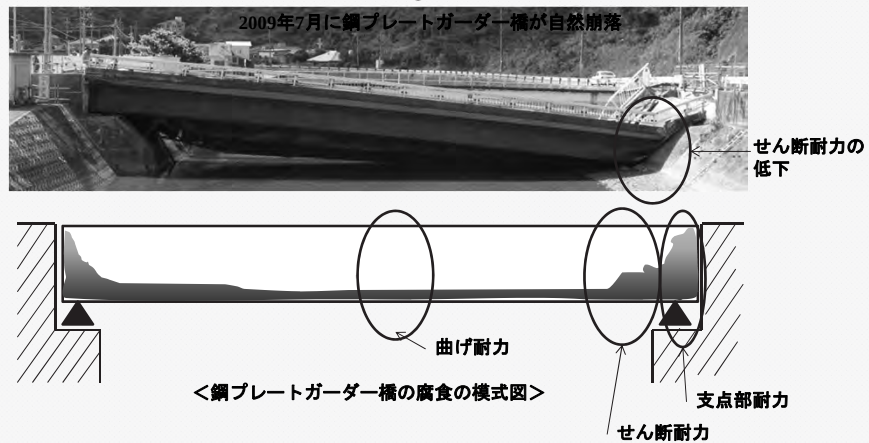
支保部周辺の腐食

名取ら: 鋼橋の腐食事例調査とその分析, 土木学会論文集, No.668/I-54, pp.299-311, 2001.1.

7

1.1 研究の背景

○鋼橋は一般的に、支間中央部に比べ桁端部の腐食劣化が早い

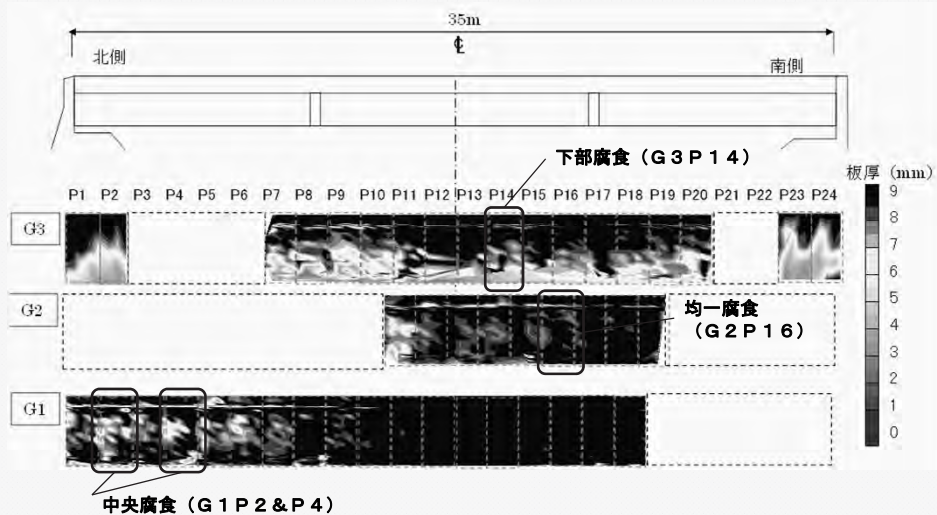


○桁端部はせん断耐力が卓越⇒ 残存せん断耐力に関する研究に着目

8

3.3 実験概要

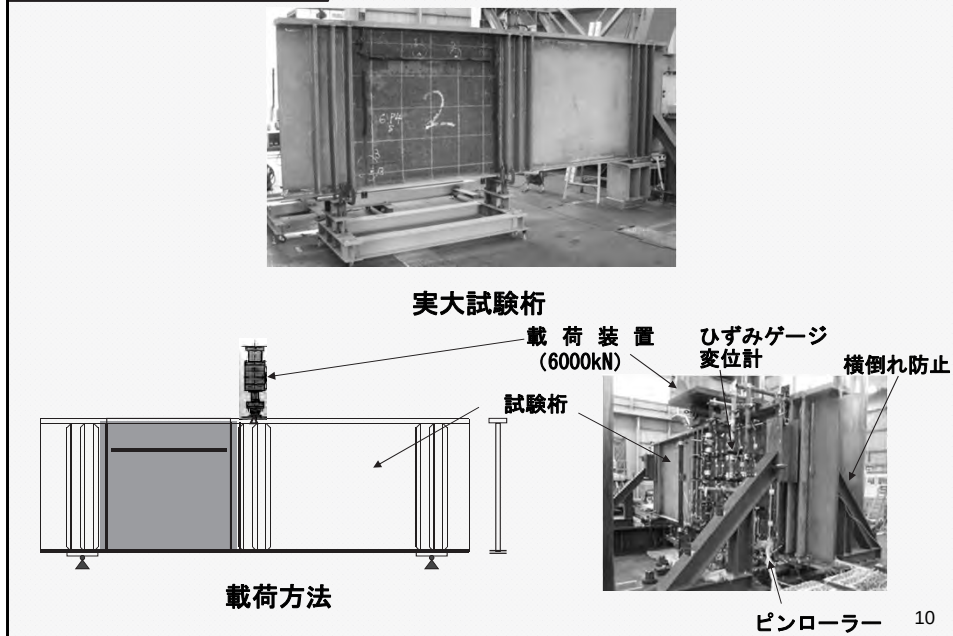
(1) 試験桁の製作, 載荷方法



9

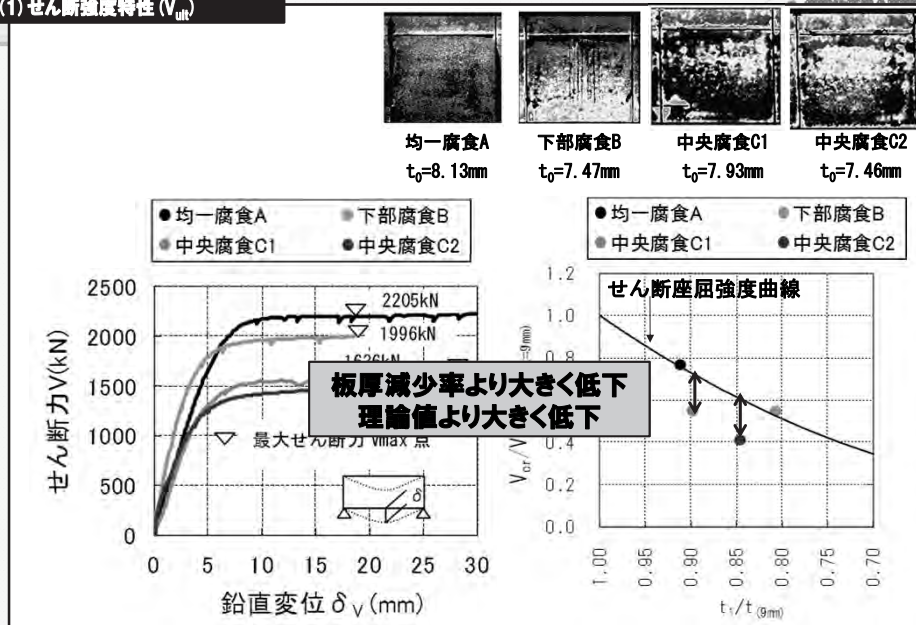
3.3 実験概要

(1) 試験桁の製作、載荷方法



10

(1) せん断強度特性 (V_{ult})



- 均一腐食Aと下部腐食Bの V_{ult} は、 $V_{ult, FEM}$ と同様に板厚減少に応じて低下
- 中央腐食C1, C2の V_{ult} は、 $V_{ult, FEM}$ よりも約2割低下した値

11

3.6 まとめ



○腐食減厚分布が鋼プレートガーダー腹板のせん断強度特性に与える影響の特定と要因の考察

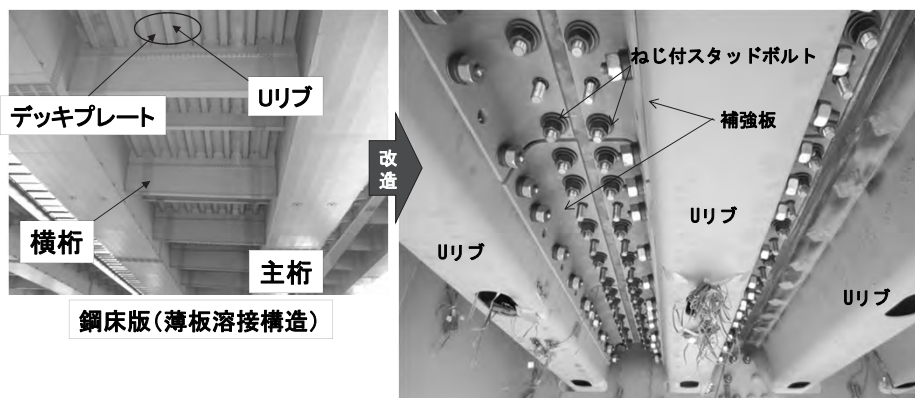
- (1) 均一腐食腹板と下部腐食腹板のせん断耐荷力は、4辺単純支持で算出したせん断座屈強度理論値と同様の耐力低下特性を示した。
- (2) 中央腐食腹板のせん断座屈強度は、4辺単純支持で算出したせん断座屈強度理論値よりも低くなる特性を示した。
- (3) 中央腐食腹板の後座屈強度は、斜め張力場領域内の著しい腐食減厚部位の早期塑性化の影響を受けて、大きく低下する特性を示した。

12

○大型構造実験 事例2



既設鋼床版の構造改善による疲労耐久性向上効果検証試験



阪神高速道路株式会社、大阪市立大学との共同研究として実施

13

はじめに

- Uリブ鋼床版で疲労き裂が顕在化
 - ・デッキプレートとUリブ溶接ビードのき裂・・・補修溶接
 - ・デッキプレート貫通き裂・・・SFRC舗装
- 補修溶接：補修後の疲労耐久性は既存の溶接部相当
- SFRC舗装：長時間の交通規制、施工が天候に左右される
- 交通規制を最低限に抑えられる鋼床版下面から施工可能な対策工法が望まれる

【報告】

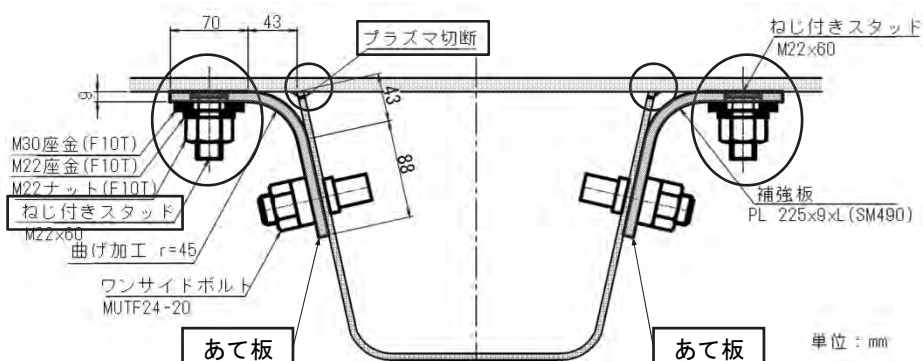
- スタッドボルトを用いてあて板した鋼床版下面補強工法
- あて板による構造改造前後の応力性状の確認
- 輪荷重疲労試験による疲労耐久性の確認



SFRC舗装施工状況 14

鋼床版下面から施工可能な工法

き裂発生の原因となる溶接部を取り除く
→溶接接合をボルト接合へ構造改造



下面補強工法の検討概要

①要素実験

スタッドの引張強度及び軸力導入したスタッド溶接鋼板の疲労強度の確認

②鋼床版試験体の静的載荷試験

構造改造前後の応力性状の確認

③輪荷重疲労試験

疲労耐久性の確認

④施工性の検討

施工法、施工品質管理方法、施工効率化、品質向上の検討

【既報告】土木学会第69回年次学術講演会

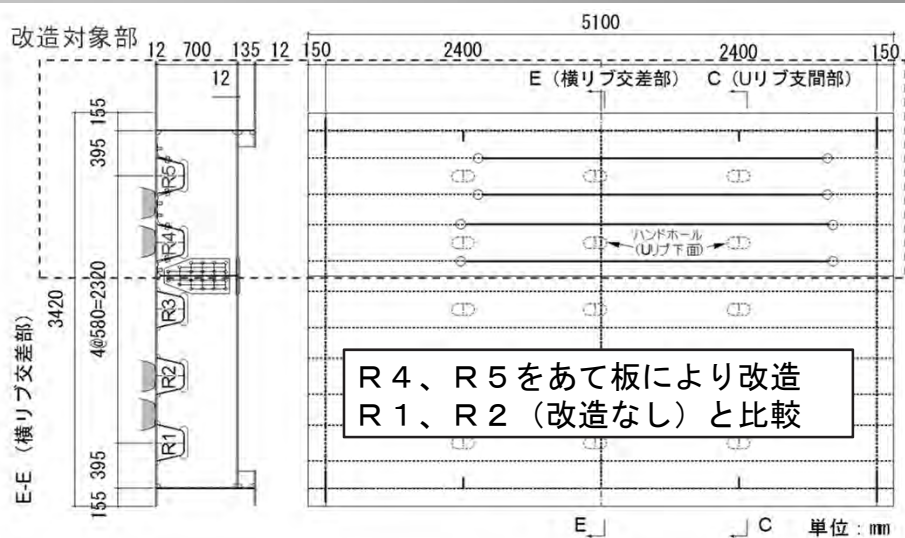
田畑他：Uリブ鋼床版のスタッドボルトを用いた補強方法の提案

馬場他：上向きに溶接した高強度スタッドボルトの開発と疲労強度

青木他：スタッドボルトを用いてあて板したUリブ鋼床版の載荷試験

16

試験体概要



○板厚：デッキ12mm、Uリブ6mm、あて板9mm

○スタッドボルトの締付軸力：122kN、締付間隔200mm

17

試験体製作

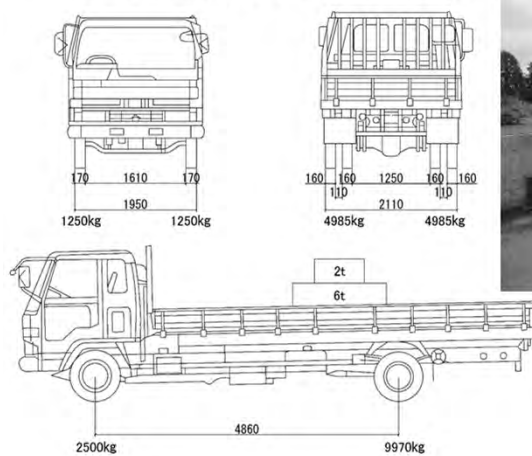
実際の施工を想定し製作



18

実トラック静的載荷試験

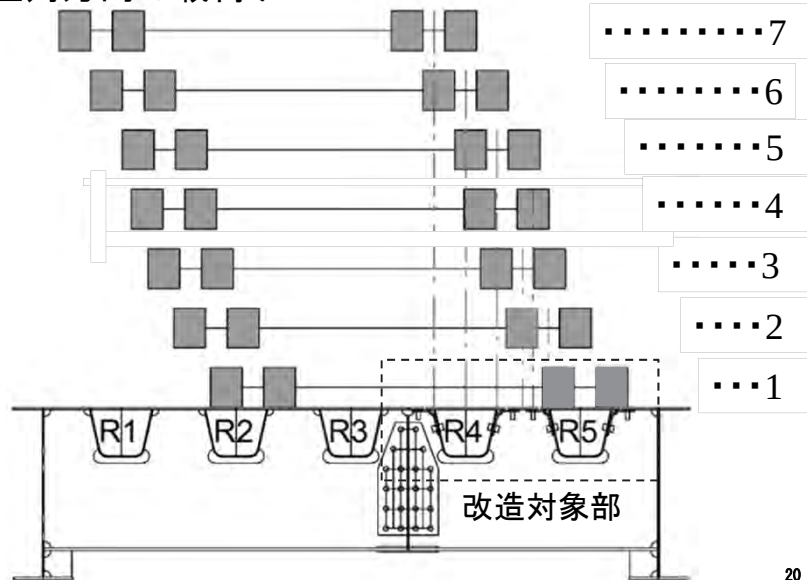
- トラックの後軸重を100kNに調整
- 改造前後の応力性状比較のため、改造側と無改造側について同位置相当に載荷



19

載荷ケース

橋軸直角方向の載荷ケース

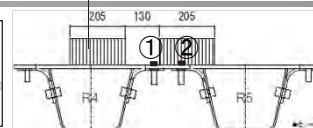
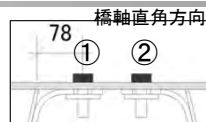


20

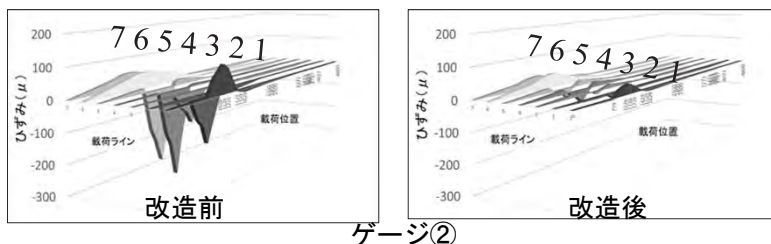
静的載荷試験結果

Uリブ支間部
(C-C断面)

スタッドボルト直上の
デッキプレート上面の
橋軸直角方向ひずみ



- ・ 改造前はスタッドボルト直上載荷時に極大値を示す
- ・ 改造後のひずみは全体的に小さい
- ・ あて板設置に伴いUリブの曲げ剛性が向上



21

静的載荷試験結果

改造前後のUリブ及びデッキプレート下面のたわみ

種類	Uリブのたわみ (mm)	デッキのたわみ (mm)
改造前	1.44 ↓	2.12 ↓
改造後	0.91	2.95

構造改造により
剛性が向上

支点間距離の
拡大により増加

22

輪荷重疲労試験による耐久性の検討

【試験体及び疲労試験機】

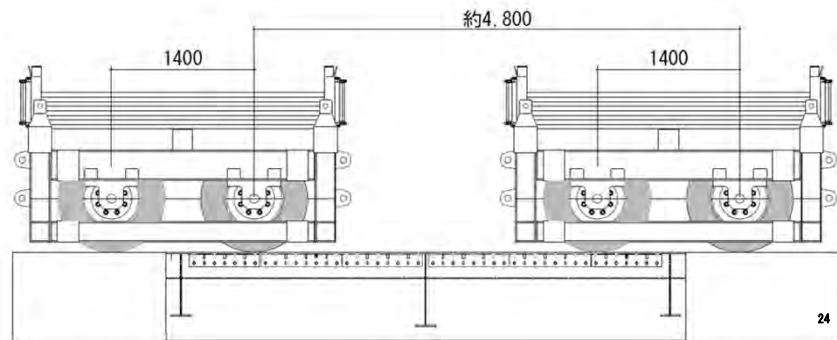


- ✓ 供試体: Uリブ4本で構成される実物大鋼床版(中央部には横リブを設置)
- ✓ 板厚: デッキ12mm, Uリブ6mm
- ✓ 溶け込み量: き裂発生橋梁と同等のUリブ板厚の30%程度
- ✓ 試験装置: 前後に2軸2輪のトラックタイヤ(ダブルタイヤ)を配置した走行台車を前後に移動載荷する輪荷重疲労試験機
- ✓ 輪荷重: 8t(78.5kN)

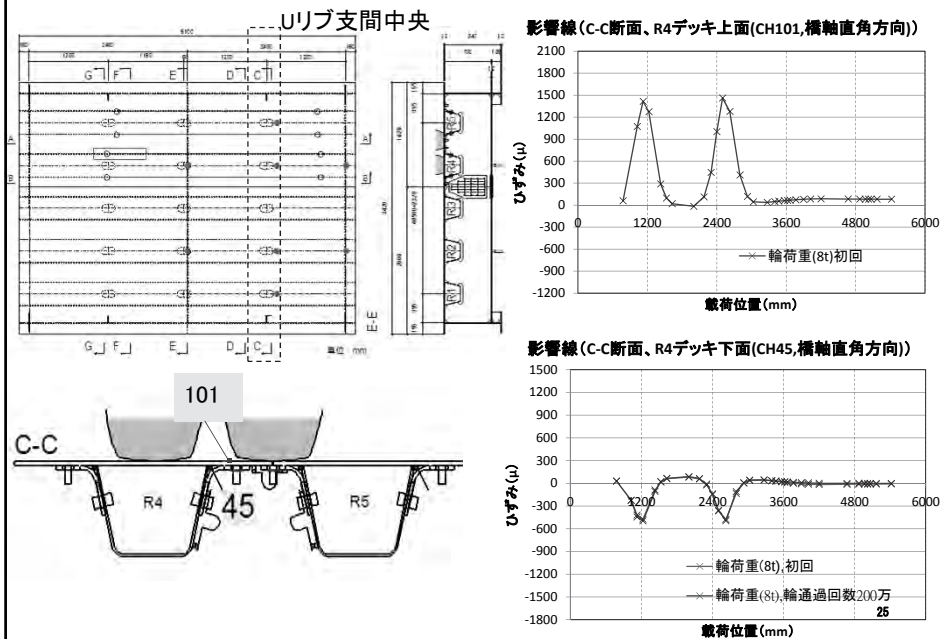
23

輪荷重疲労試験 概要

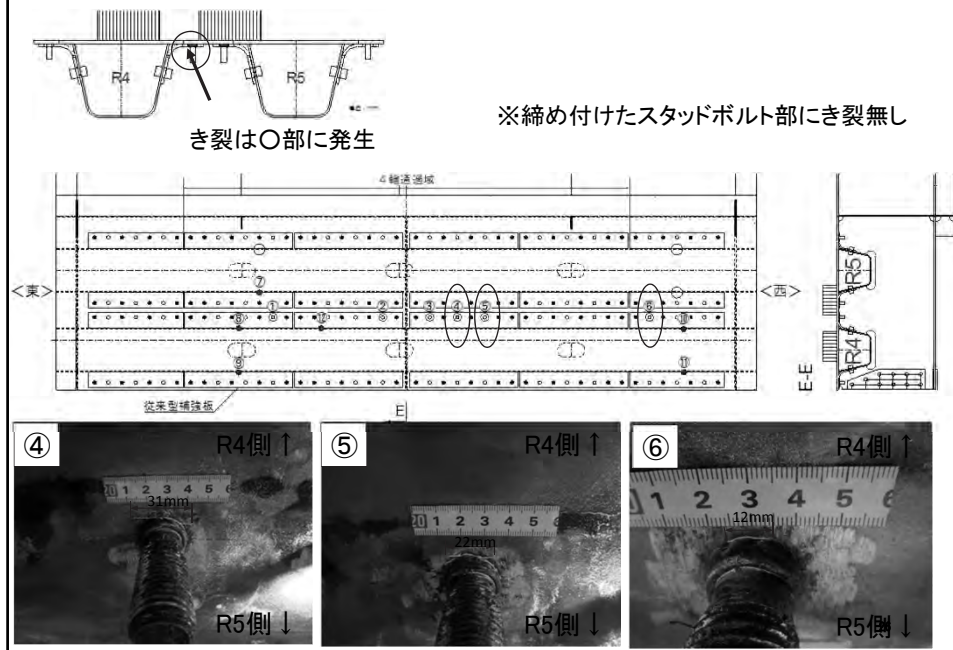
- 輪荷重疲労試験: 計50万往復(2軸往復=計200万回)
- (移動速度4rpm(約0.57万往復/日))
- 疲労試験中は約10万往復毎に、目視によるき裂調査を実施、必要に応じてき裂調査(MT、UT)を実施
- 調査対象は載荷輪直下の、デッキプレート-Uリブ溶接部およびデッキプレート上面、横リブ交差部
- 試験終了後は、補強板を取り外してき裂調査(MT、UT)を実施



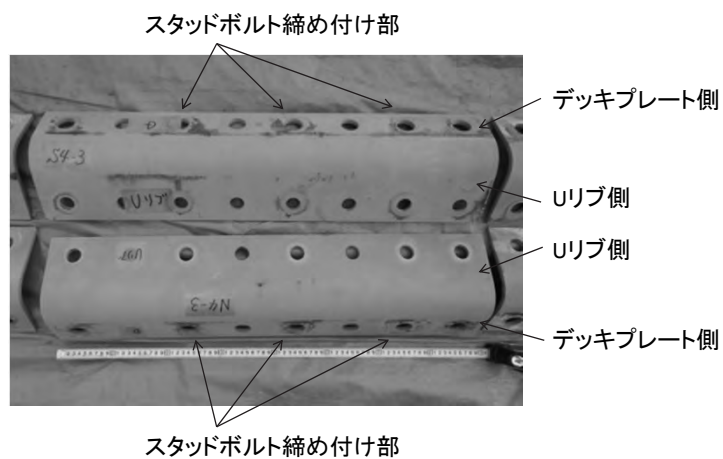
輪荷重疲労試験結果(経時変化)



締め付けていないスタッドボルト溶接部のき裂



補強板の状況



部分的な接触痕は見られるが、割れや変形、ズレ跡は無かった。

本研究のまとめ

1. 実物大鋼床版試験体による静的載荷試験

- ・デッキとあて板の間にずれは発生せず、スタッドボルトの軸力変動も小さい。
→設計軸力、間隔に問題がないことを確認。
- ・デッキプレートのたわみ、局部的にひずみが増加するケースがあることが分かった。
→抑制対策（今後の課題）

2. 同試験体による輪荷重疲労試験

- ・締め付けスタッド溶接止端部、補強板、横リブ交差部、ボルト孔周辺に、き裂は発生しなかった。
- ・締め付けスタッドの軸力変動は殆ど発生せず、試験終了時まで安定していた。
→疲労耐久性が確認された

28

まとめ（大型構造実験の効果）

小型試験体では再現できない要素がある

- 板厚（寸法）効果の影響（疲労）
- 実際と同じサイズ、同条件での施工の再現
 - 実際の施工条件の確認
 - 残留応力、溶接欠陥など
- 実際と同じ応力分布、応力・変形挙動の再現
 - 耐荷力や疲労上の弱点部の確認
 - 実際の変形や損傷を再現
 - 補修や補強技術の効果の検証

実物大相当の試験体を用いた実験が必要

29