

1. Uリブ・横リブ交差部の疲労耐久性向上

実橋での補強構造の適用と 応力計測による疲労耐久性の検証

（一社）日本非破壊検査工業会 ○ Luiza H. Ichinose
川崎博義，森本量也

和歌山河川国道事務所	國年	滋行
兵庫国道事務所	寺西	陽一郎
兵庫国道事務所,神戸維持出張所	足立	則秋
関西大学	坂野	昌弘

1

研究内容 ③

目的：

疲労耐久性を検証した補強工法と新しい構造を
実際の橋梁で適用し、補強前後の実働応力計測
により、それらの有効性を検証する。

2

計測対象橋梁

◆ 3カ年で、2橋梁を計測

対象橋梁 I：紀の国大橋（1年目，2年目）



対象橋梁 II：浜手バイパス（3年目）



対象橋梁 I：紀の国大橋



大阪側

和歌山側

4

I-1. 計測内容

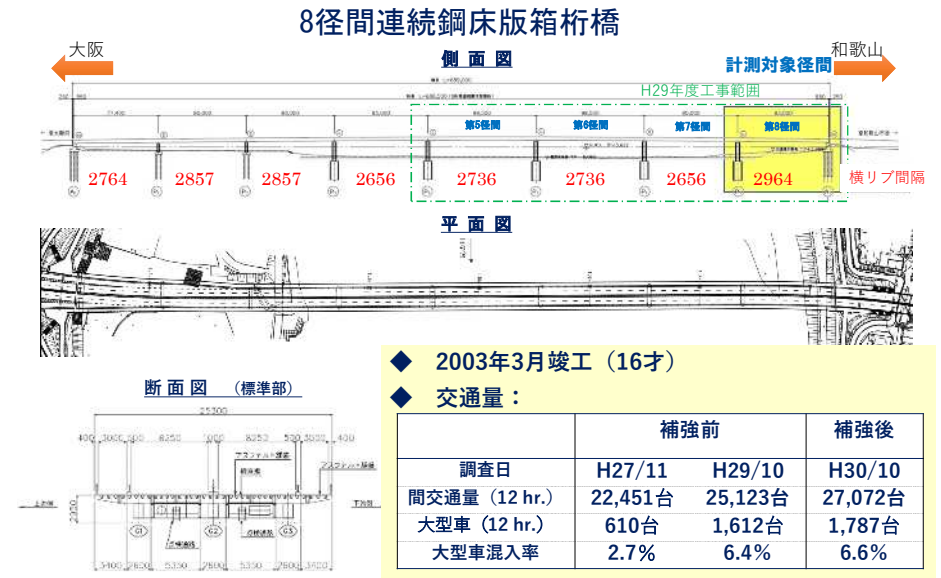
- ▶ 計測対象： Uリブ・横リブ交差部の補強箇所
- ▶ 目的： 対策前後の応力測定（対策効果の検証）
- ▶ 現地計測： **動的載荷試験**（試験車走行）
72時間応力頻度測定
対策工事前： 2018年3月5日～3月9日
対策工事後： 2018年8月25日～8月31日

5

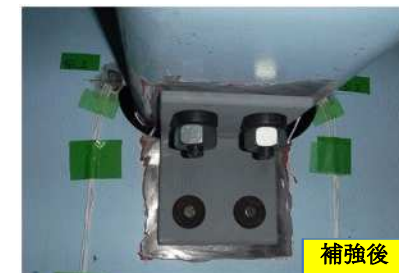


7

I-2. 対象橋梁

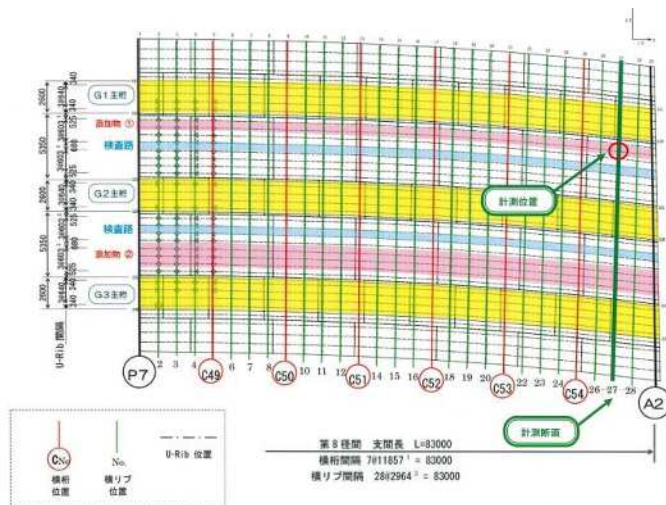


◆ 補強内容



8

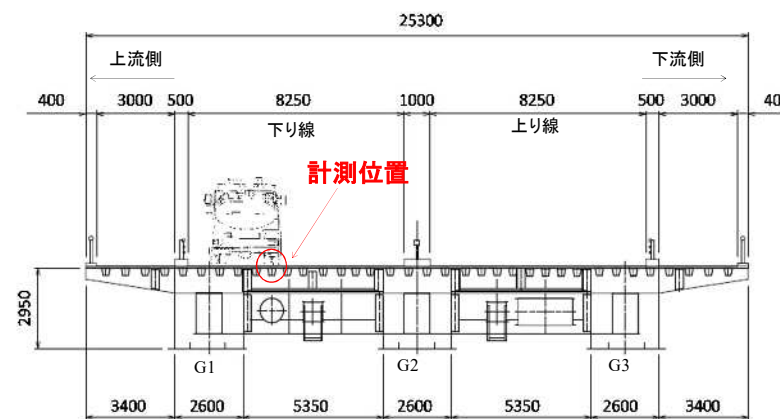
❖ 測定位置



第8径間 (P7-A2)

9

❖ 載荷位置



10

❖ 走行試験載荷車



走行試験載荷車 (散水車 ≒ 13t)

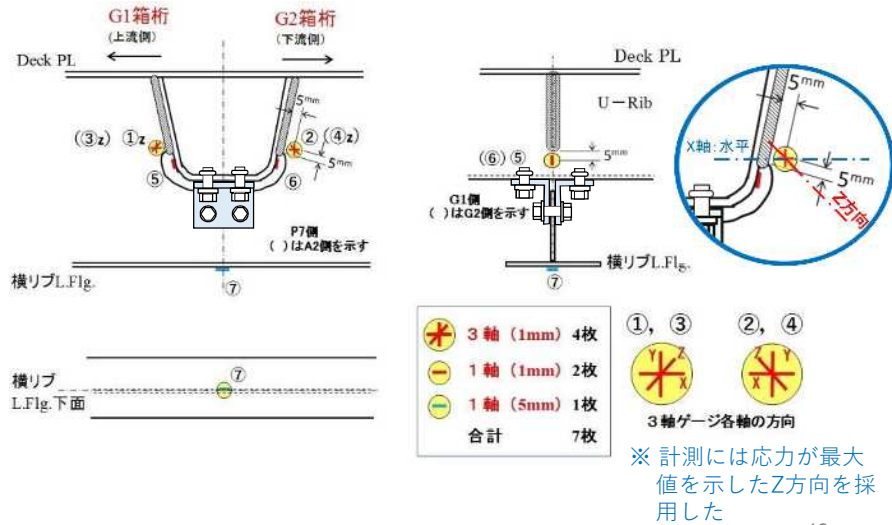
11



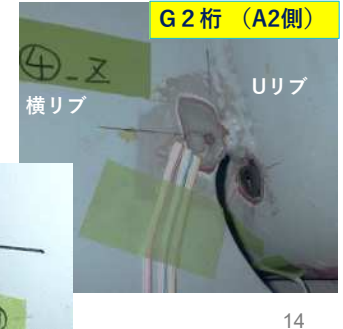
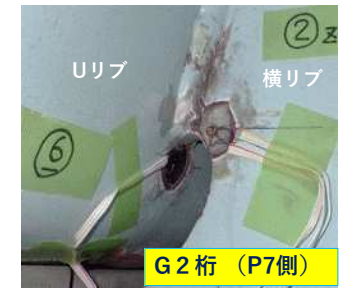
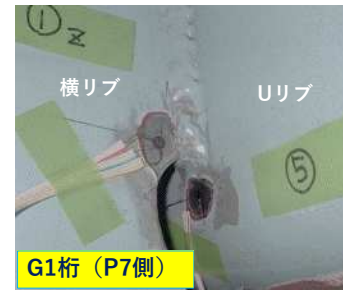
走行試験載の状況

12

❖ ゲージ位置



13

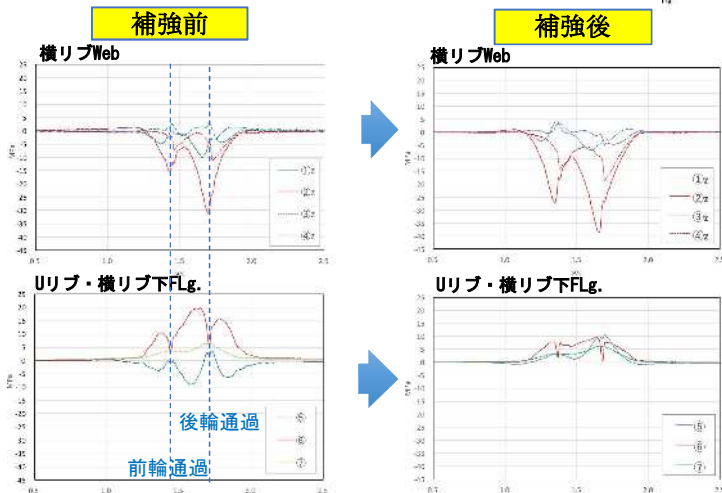


横リブ下フランジ

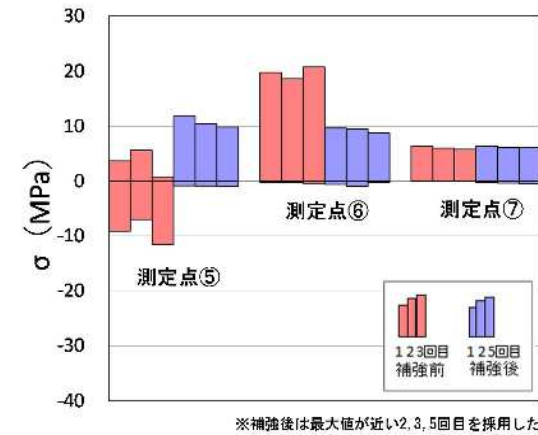
14

I-3. 測定結果

I-3.1 動的载荷試験結果



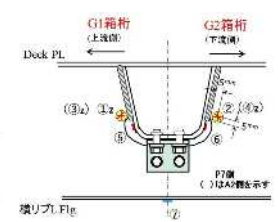
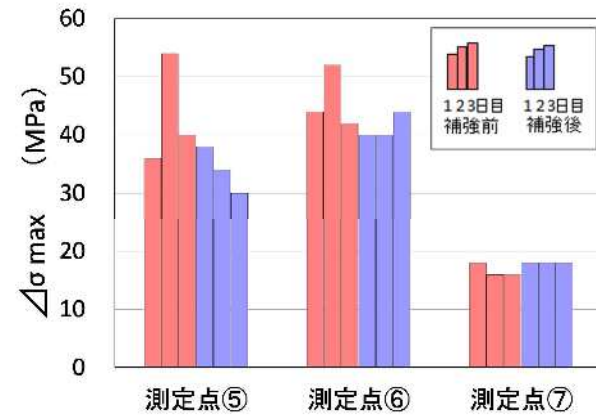
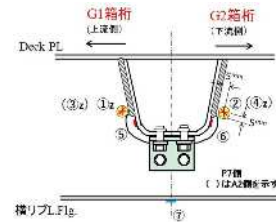
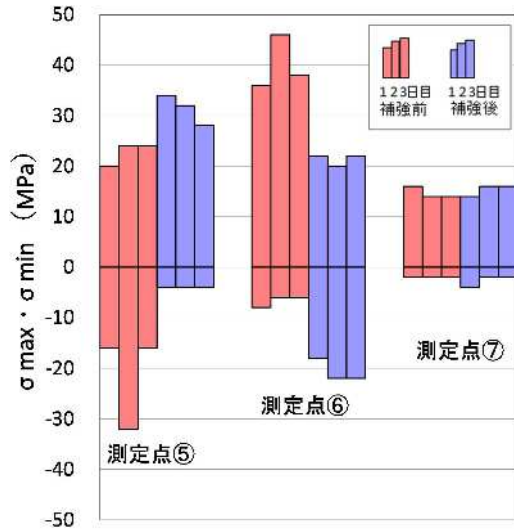
動的载荷試験結果 応力波形一例 (補強前・補強後)



動的走行試験 Uリブ応力最大・最小値 (補強前・補強後)

16

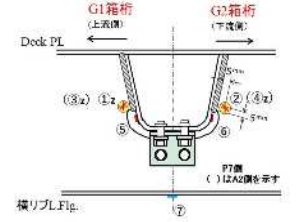
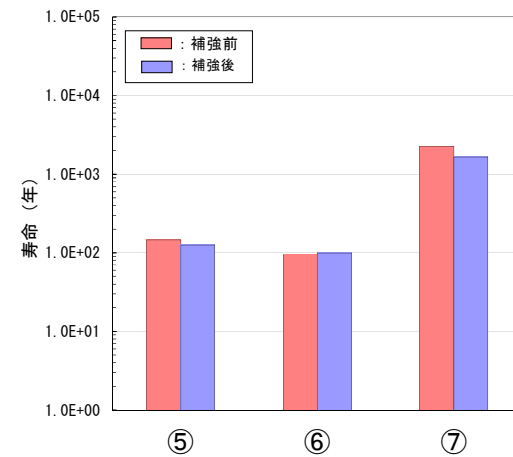
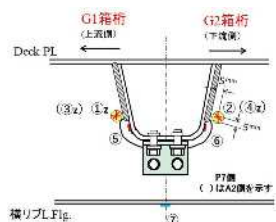
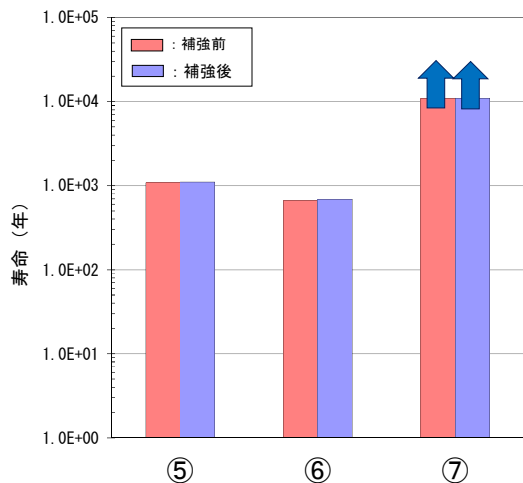
I - 3.2 72時間応力頻度測定結果



応力頻度測定 Uリブ最大応力範囲 (補強前・補強後)

応力頻度測定 Uリブ最大・最小応力 (補強前・補強後)

❖ 疲労寿命



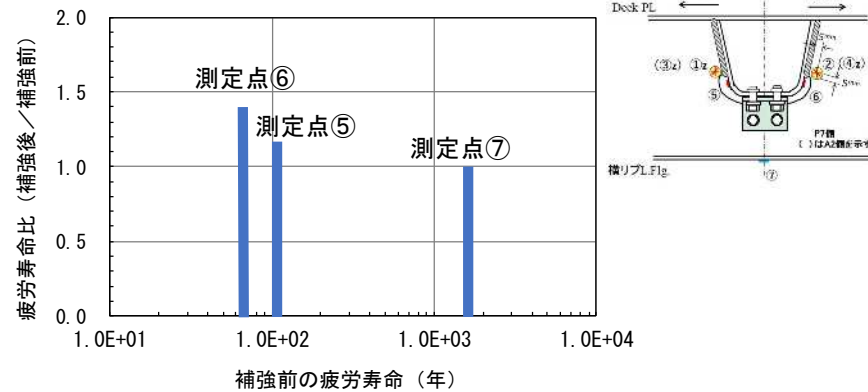
推定疲労寿命 補強前・後の比較 (H' 等級)

推定疲労寿命 補強前・後の比較 (G, D等級)

I-4. まとめ

I-4.1 動的载荷試験

- ・ Uリブ止端部については、補強前は、測定点⑥で20MPa程度の引張、測定点⑤で-10MPa程度の圧縮が発生していたが、補強後は、両方とも10MPa程度の引張に収まっており、補強後の応力が最大で補強前の約50%に減少した。
- ・ 横リブ下フランジの測定点⑦では、補強前後の応力値が6MPa程度でほとんど変わらなかった。



疲労寿命比 (補強後/補強前) (Uリブ)

21

22

I-4.2 応力頻度測定

I-4.2.1 発生応力度について

- ・ Uリブ止端部については、補強前の測定点⑥の最大46MPaの引張と測定点⑤の-30MPaの圧縮が、補強後は、測定点⑥が20MPa程度に半減し、測定点⑤が30MPa程度の引張に変化した。
- ・ 試験車両(後軸8.4t)走行時の横リブ下フランジ(測定点⑦)の応力(6MPa)と比較すると、応力頻度測定時(16MPa)に試験車両の約2.7倍の22t程度の軸重が通過したと推定される。

I-4.2.2 応力範囲について

- ・ Uリブ止端部については、補強後の応力範囲は、測定点⑤で補強前の約70%に(54MPa→38MPa)、測定点⑥では補強前の約85%に(52MPa→44MPa)減少した。
- ・ 横リブ下フランジの補強後の応力範囲は補強前よりも若干増加した。

I-4.2.3 疲労寿命について

- ・ 応力頻度測定結果では発生応力範囲が小さく、特に測定点⑦の寿命が ∞ となり、比較が難しいため最低等級のH'等級の設計曲線を用い、さらに測定点⑦の疲労寿命の違いで補正して比較した結果、補強後の寿命は、最も短寿命の測定点⑥で補強前の1.4倍となった。

23

24

対象橋梁 II：浜手バイパス



大阪側

姫路側

25

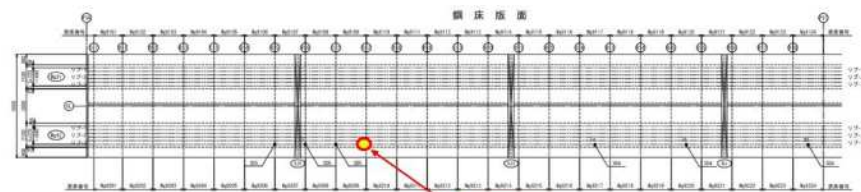
II-1. 計測内容

- ▶ 計測対象： Uリブ・横リブ交差部の補強箇所
- ▶ 目的： 対策効果の検証
- ▶ 現地計測： 動的載荷試験（試験車走行）
72時間応力頻度測定

補強前：2019年9月2日～2019年9月6日
補強後：2019年11月25日～2019年11月29日

26

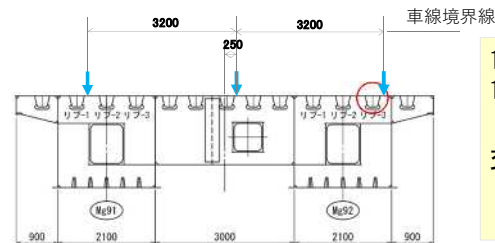
II-2. 対象橋梁



← 大阪方面

姫路方面 →

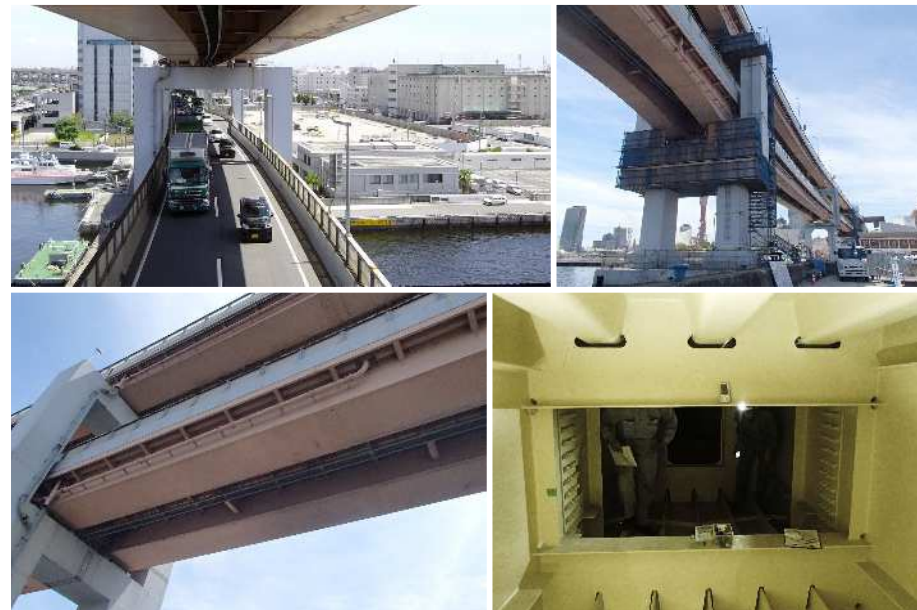
横リブ間隔:2770



↓ : レーンマーク

1986年：竣工
1996年：被災（阪神淡路大震災）
架け替え（24才）
交通量：
36,640 台/日（H27 センサス）
大型車両混入率：18.8%

27

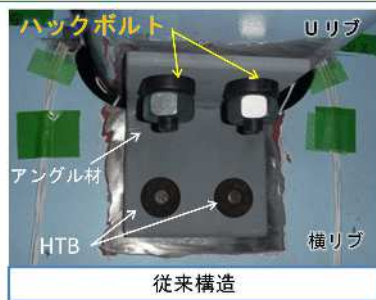


❖ 補強構造

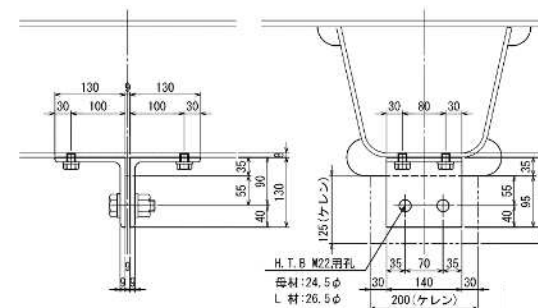
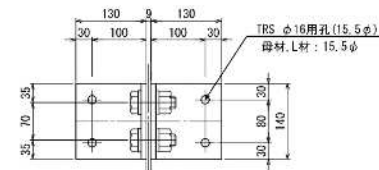


支圧接合型のワンサイドボルト
TRS (Thread Rolling Screw)

従来構造: 接続に摩擦接合型ワンサイドボルト(ハックボルト)を使用
新構造: Uリブの密閉性を確保するために
→ 支圧接合型のワンサイドボルト TRS を使用



Uリブ・横リブ交差部の補強構造



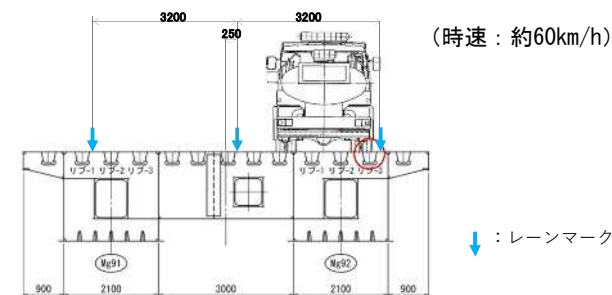
Uリブ・横リブ交差部の当て板補強詳細

❖ 走行試験載荷車



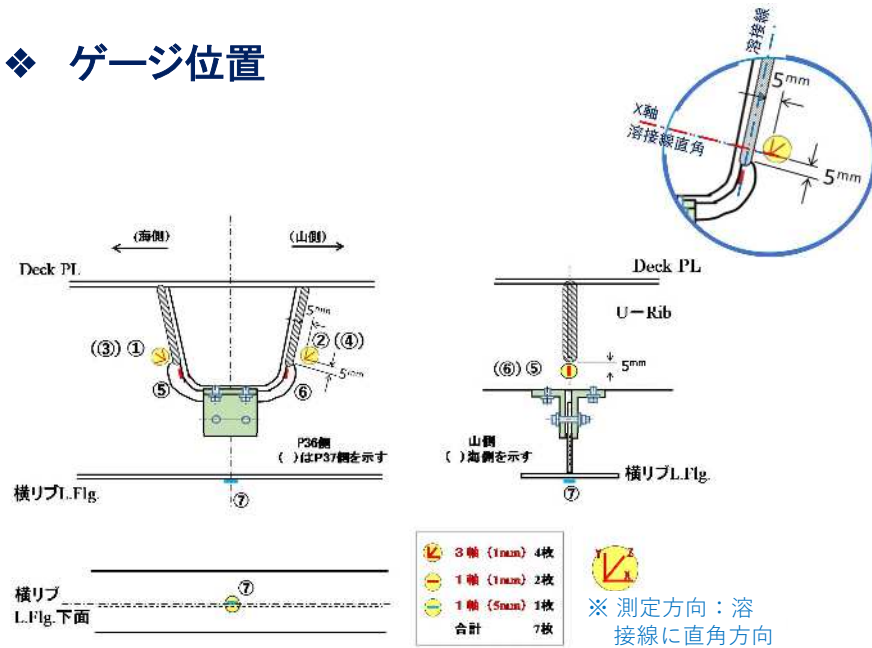
走行試験 試験車 (散水車 ≒ 13.5t)

❖ 載荷位置



レーンマーク寄りを走行

❖ ゲージ位置



33

補強前



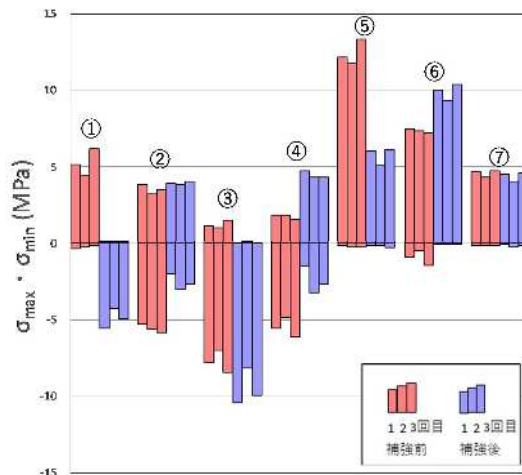
補強後



34

II - 3. 測定結果

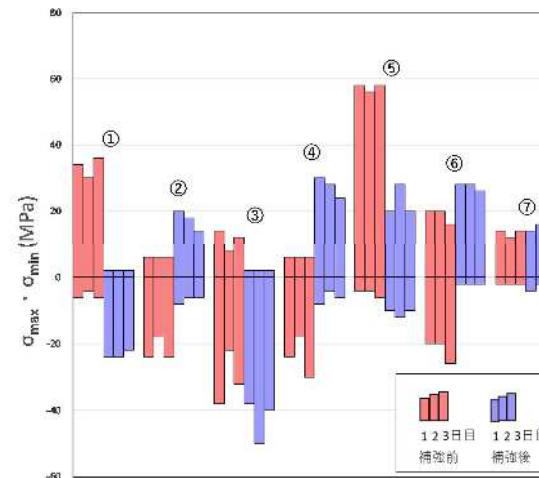
II - 3.1 動的載荷試験結果



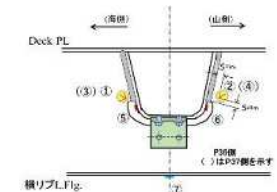
動的走行試験 応力最大・最小値 (補強前・補強後)

35

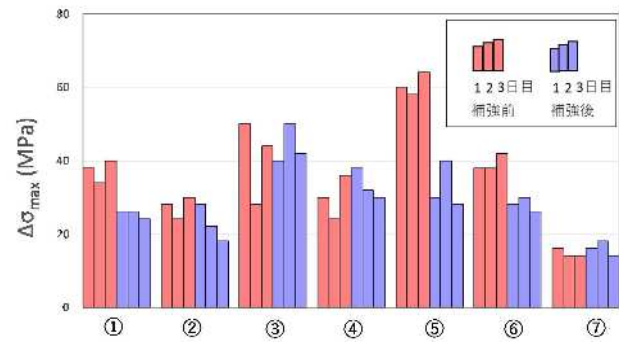
II - 3.2 72時間応力頻度測定結果



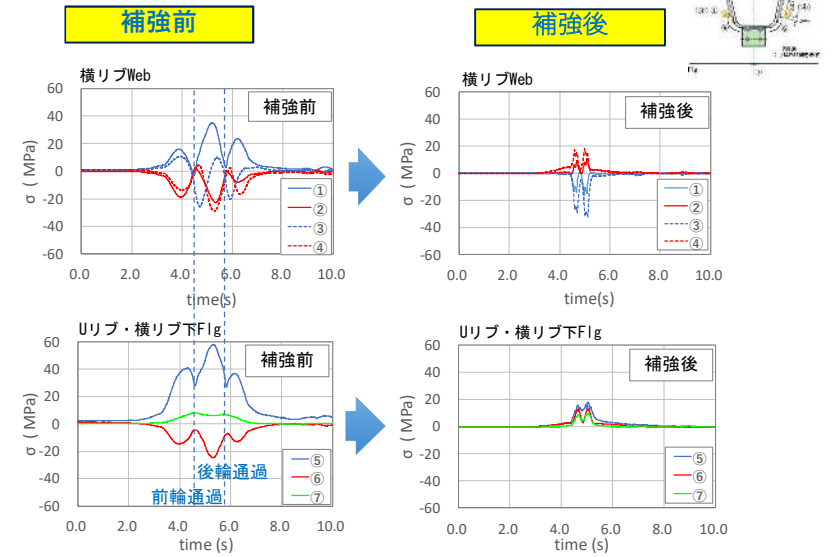
応力頻度測定 最大・最小応力 (補強前・補強後)



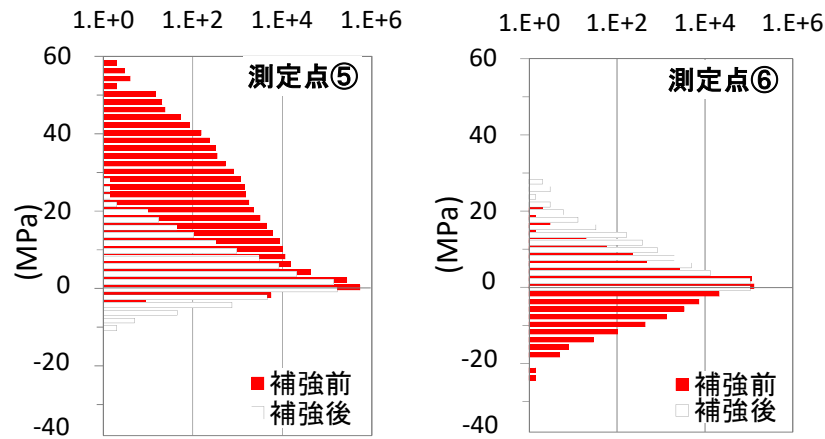
36



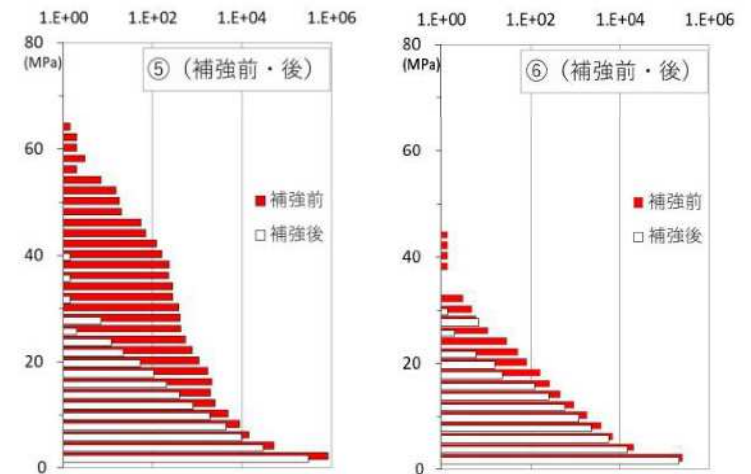
応力頻度測定 最大応力範囲 (補強前・補強後)



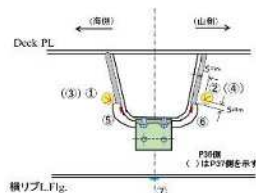
応力波形一例 (測定点①での発生応力最大時)



ピークバレー法による応力頻度分布 (測定⑤, ⑥)



レインフロー法による応力頻度分布 (測定⑤, ⑥)



補強前後の推定疲労寿命

対象部材	測定点	強度等級	許容応力範囲 (MPa)	応力打切限界 (MPa)	最大応力範囲 (MPa)	等価応力範囲 (MPa)	有効繰返回数 (cycles)	D累計 (/日)	寿命 (年)
補強前	①	F	65	46	40	-	-	∞	∞
	②	F	65	46	30	-	-	∞	∞
	③	F	65	46	50	49	2	0	20000
	④	F	65	46	36	-	-	∞	∞
	⑤	G	50	32	64	39	608	0	55
	⑥	G	50	32	44	41	2	0	15000
	⑦	D	100	84	16	-	-	∞	∞
補強後	①	F	65	46	26	-	-	∞	∞
	②	F	65	46	28	-	-	∞	∞
	③	F	65	46	52	51	1	0	34000
	④	F	65	46	38	-	-	∞	∞
	⑤	G	50	32	40	38	1	0	37000
	⑥	G	50	32	30	-	-	∞	∞
	⑦	D	100	84	18	-	-	∞	∞

41

II-4. まとめ

II-4.1 発生応力について

- 補強前は左右と、表裏で生じていた正負逆方向の応力が、補強後はそれぞれ同符号になり、全体的に減少した。鋼床版のUリブ横リブ交差部に対して補強を行うことによってUリブの橋軸および橋軸直角方向の水平の動きが抑制された。
- 補強前の発生応力の最大値は、Uリブの左側⑤の58MPaであったが、補強後は28MPaと48%に半減した。
- 横リブ下フランジでの発生応力の最大値（補強前14MPa, 補強後16MPa）は動的載荷試験の最大値（補強前4.7MPa, 補強後4.6MPa）の3.0倍（補強前）と3.5倍（補強後）であった。試験車の後軸重が補強前は9.5t, 補強後は9.3tであったので、補強前に29t, 補強後に33t程度の軸重が橋梁上を走行したと推定される。

42

II-4.2 応力範囲と疲労寿命について

- 応力範囲の最大値は、Uリブの左側⑤が補強前で60MPaを超えていたが、補強後は40MPa以下となり、約40%減少した。
- 補強前に疲労寿命の最も短いものはUリブ左側の測定点⑤の55年（G等級）であったが、補強後は3万年以上となり、大幅に改善された。それ以外の部位についても、疲労耐久性が大幅に向上したことが検証された。



END

ご清聴ありがとうございました。

43

44