

2016/11/22

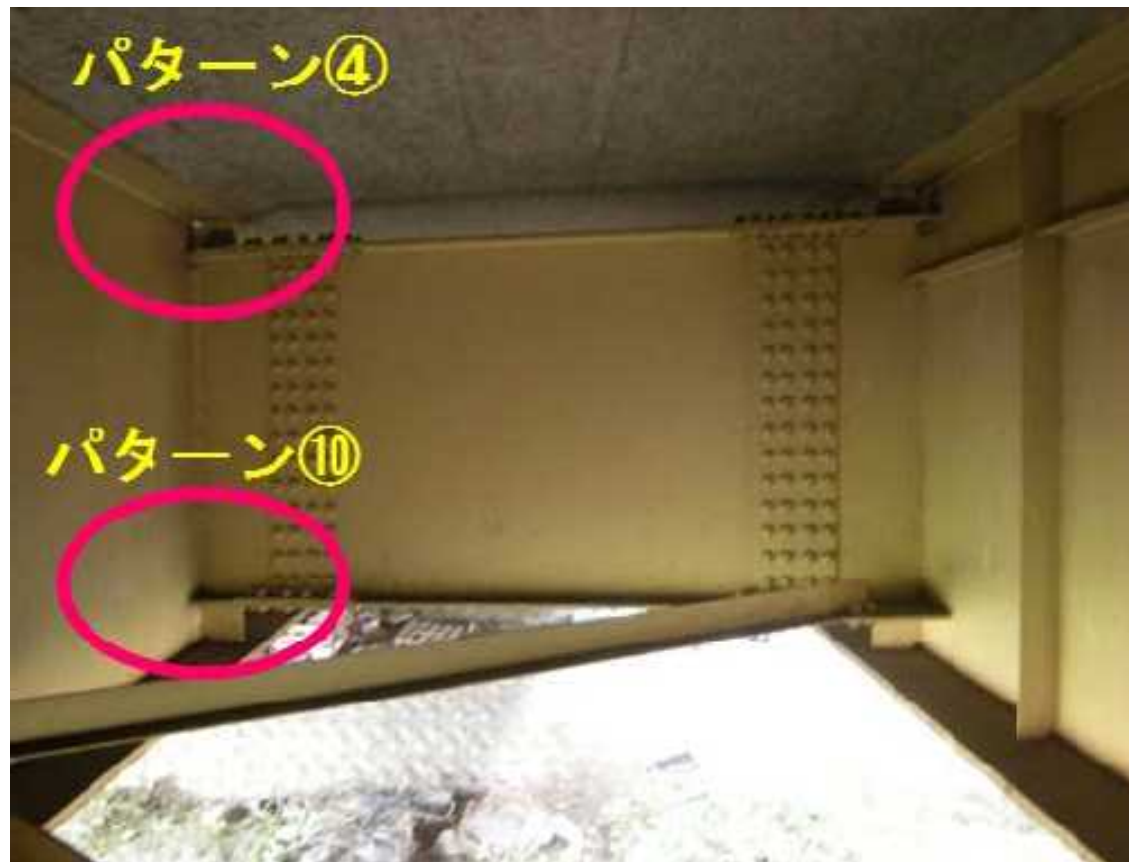
分配横桁ウェブギャップ板上端部の 疲労対策に関する実験的検討

関西大学大学院博士前期課程
関西大学
日本橋梁建設協会
国土交通省近畿地方整備局

岡田 康暉
坂野 昌弘
小西 日出幸
小山 雅弘

0.背景①

鋼桁橋では、分配横桁取合い部の主桁上フランジ下面とウェブギャップ板上端部との溶接部や、対傾構取付け部の主桁上フランジ下面と垂直補剛材上端部との溶接部において、疲労き裂の発生が多数報告されている^{1),2)}。



0.背景②

その対策として、RC床版をはつり高力ボルトを用いて上フランジと補剛材を当て板で連結する工法や再溶接などが考えられるが、RC床板をはつる場合には交通規制が必要であり、再溶接の場合にはき裂が再発する可能性がある。

また、ウェブギャップ板に半円孔を明けることで応力を緩和する方法も提案されている^{3),4)}が、微小なき裂が生じている場合には、き裂が進展する可能性がある⁵⁾。

0.背景③

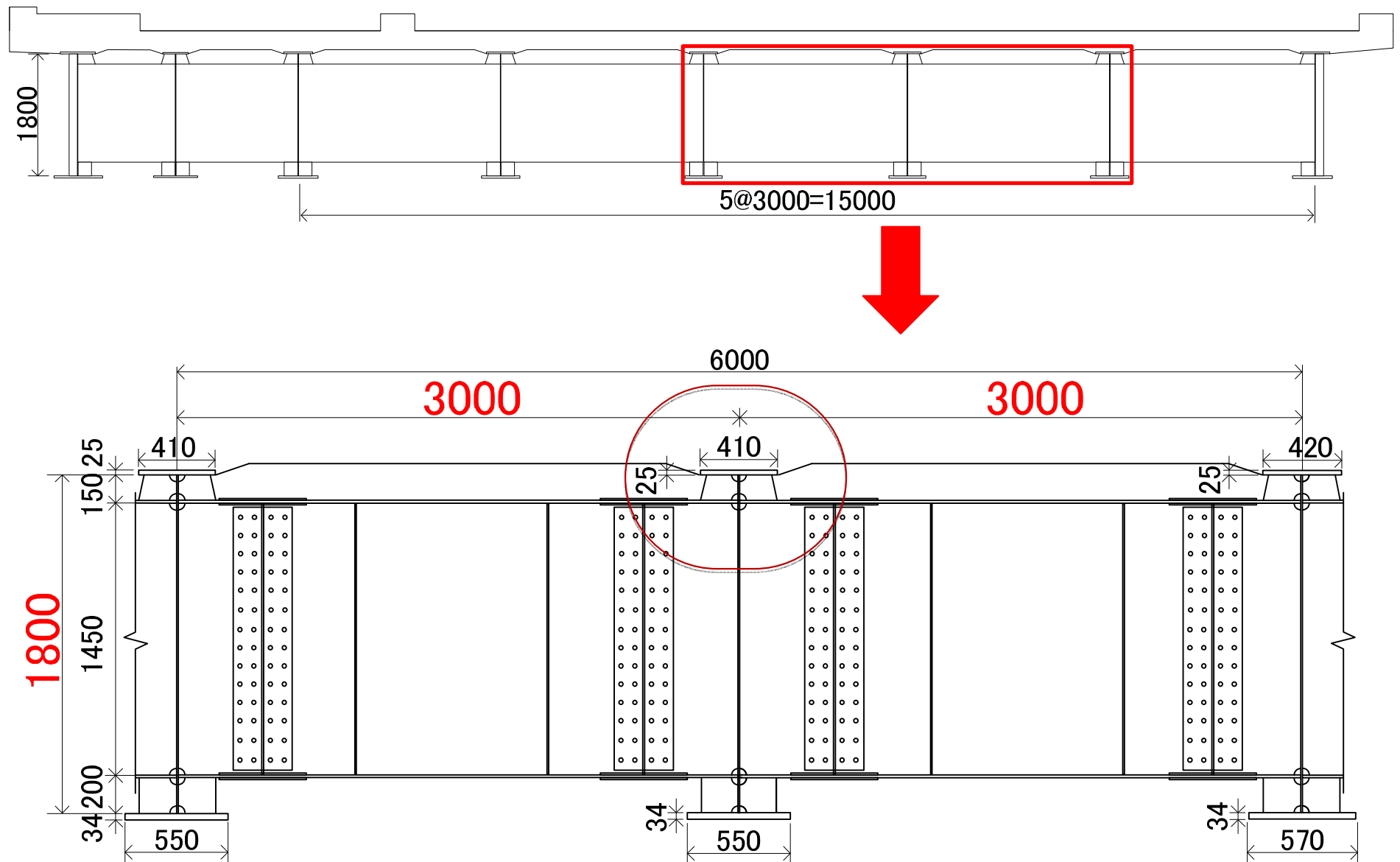
「鋼橋の疲労き裂調査の効率化に関する研究」プロジェクト⁶⁾の一環として、分配横桁上部のウェブギャップ部と対傾構取付け垂直補剛材上端部の疲労き裂に対し、ジャッキアップによる当て板工法と、タッピングボルト(スレッドローリングスクリュー; TRS)^{7),8)}を用いたアングル材工法の二つの工法が提案され、実橋において試験的に施工された^{9)~11)}。

1.目的

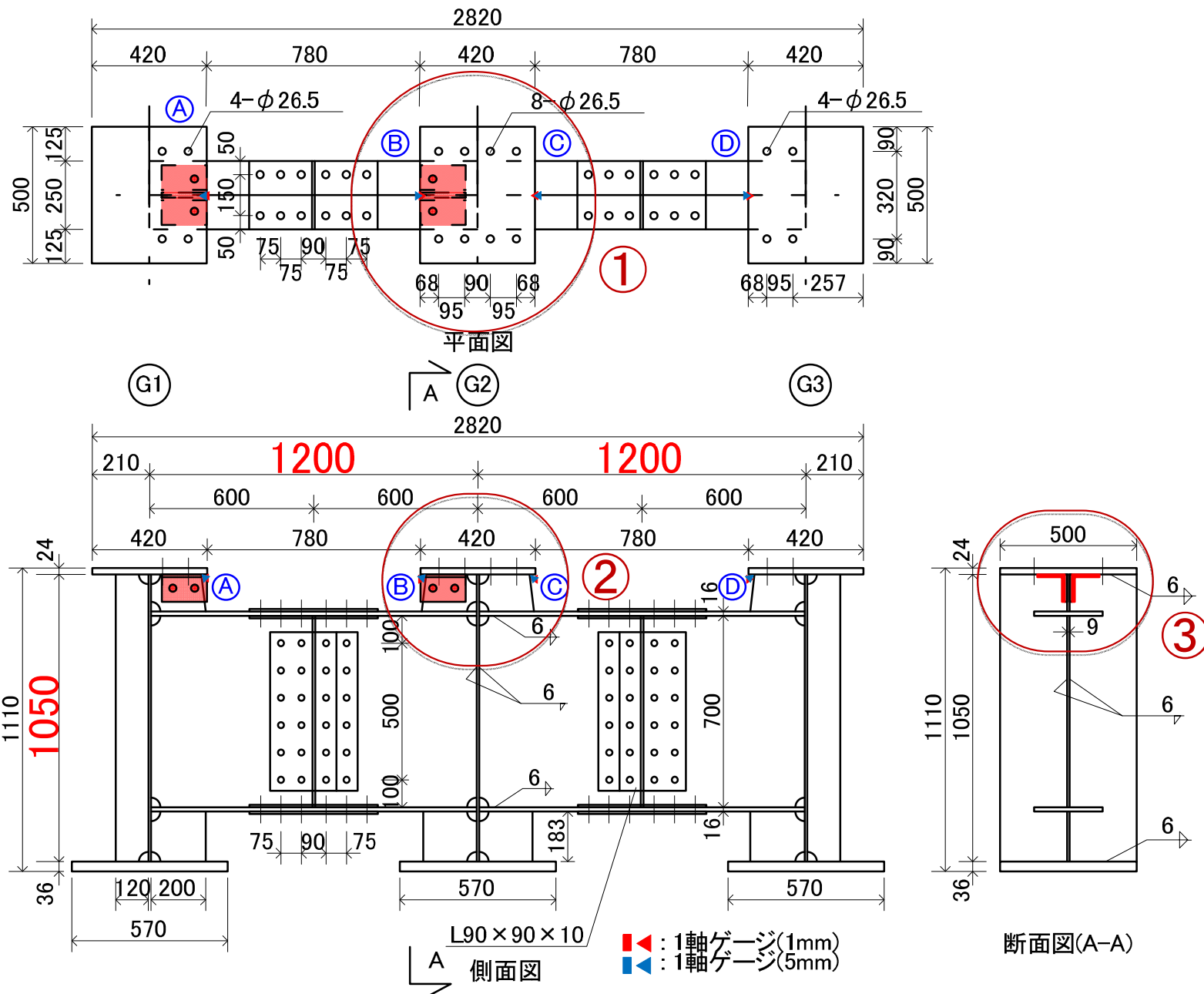
本研究では、それらの内の分配横桁上部のウェブギャップ部を対象とし、疲労対策の具体的な方法や効果について実物大の試験体を用いて実験的に検証した

2.実験方法

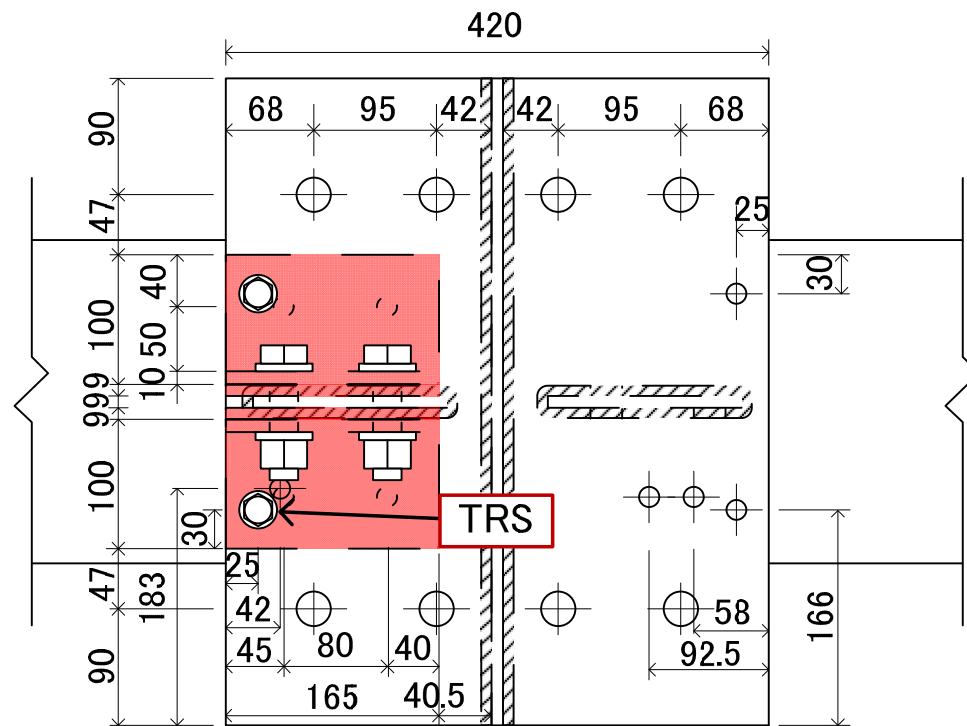
実橋の形状と寸法



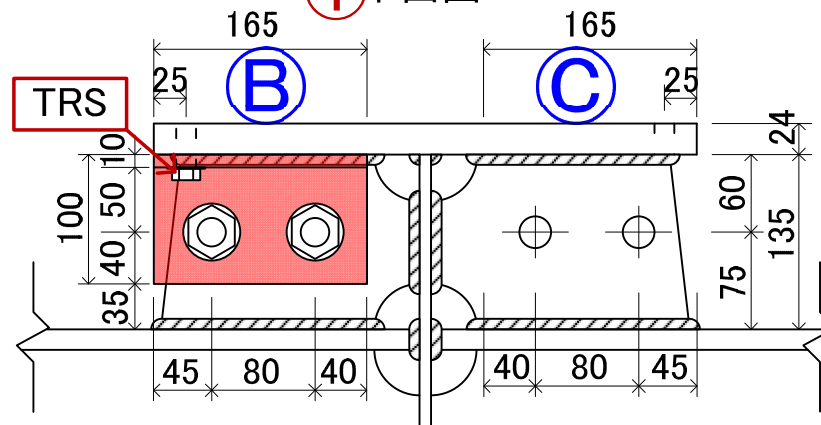
試験体の形状と寸法と当て板(アングル材)の位置



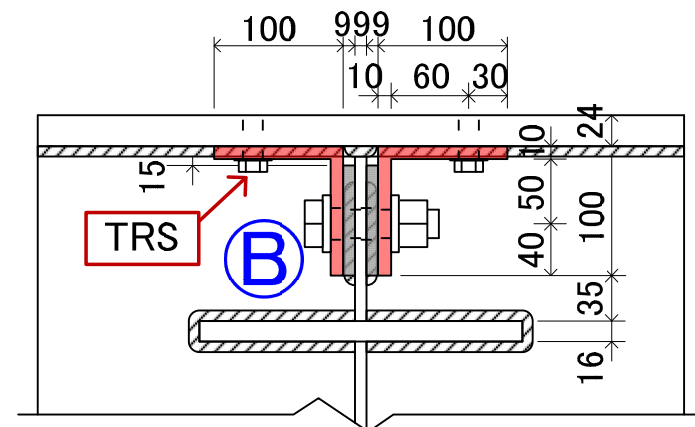
当て板(アングル材)の位置(拡大)



① 平面図



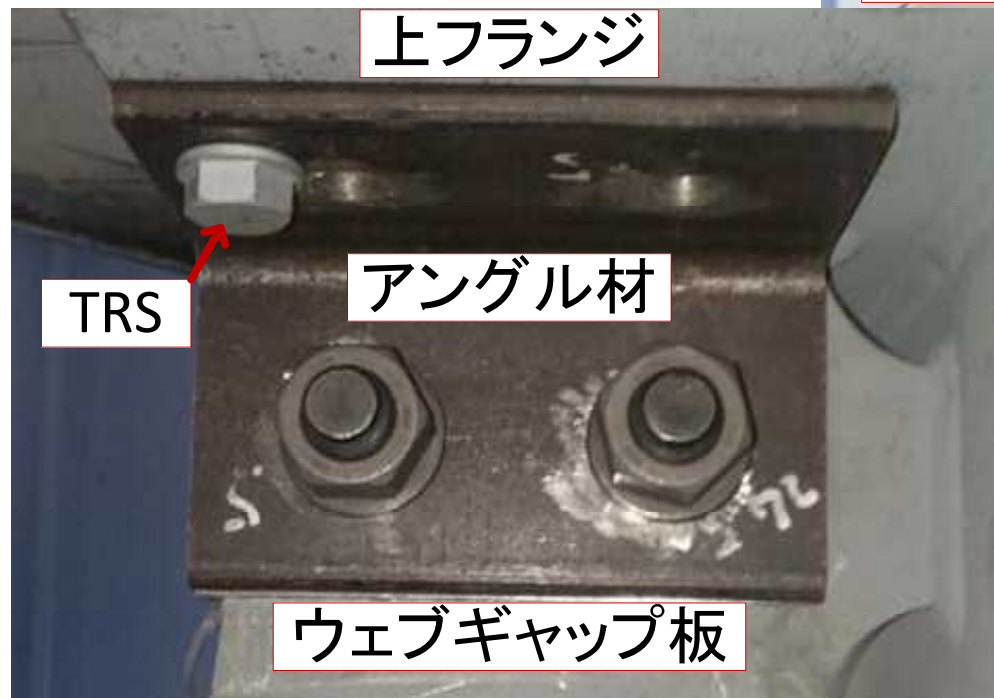
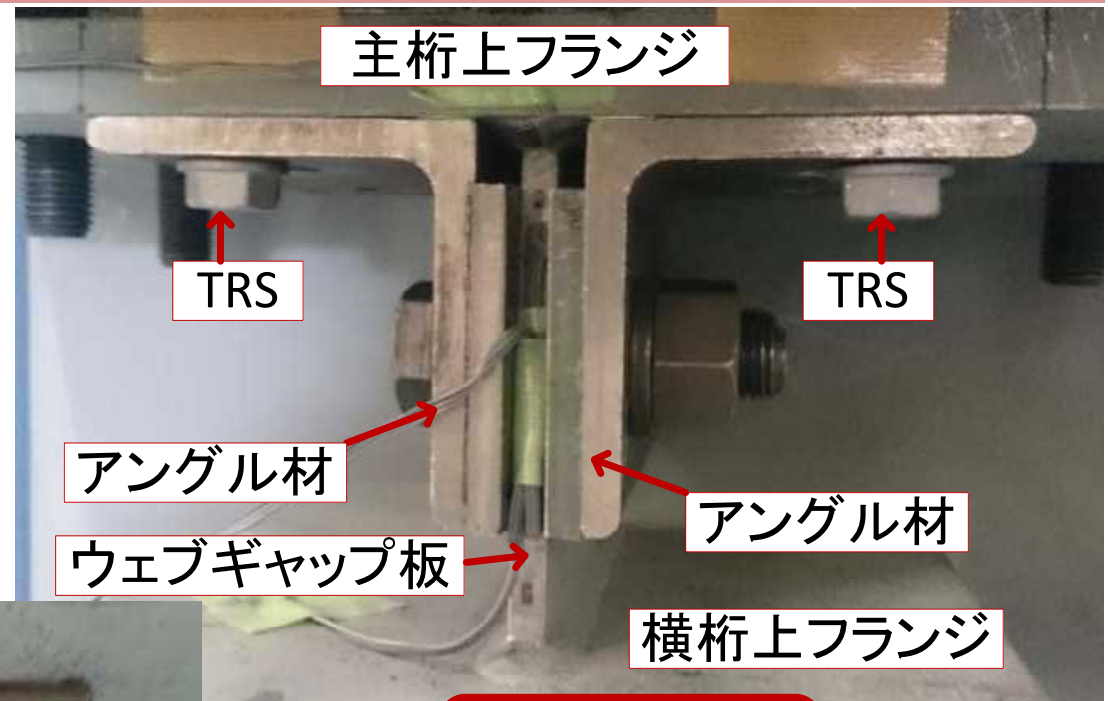
② 側面図



③ 断面図

TRSを用いたアングル材工法

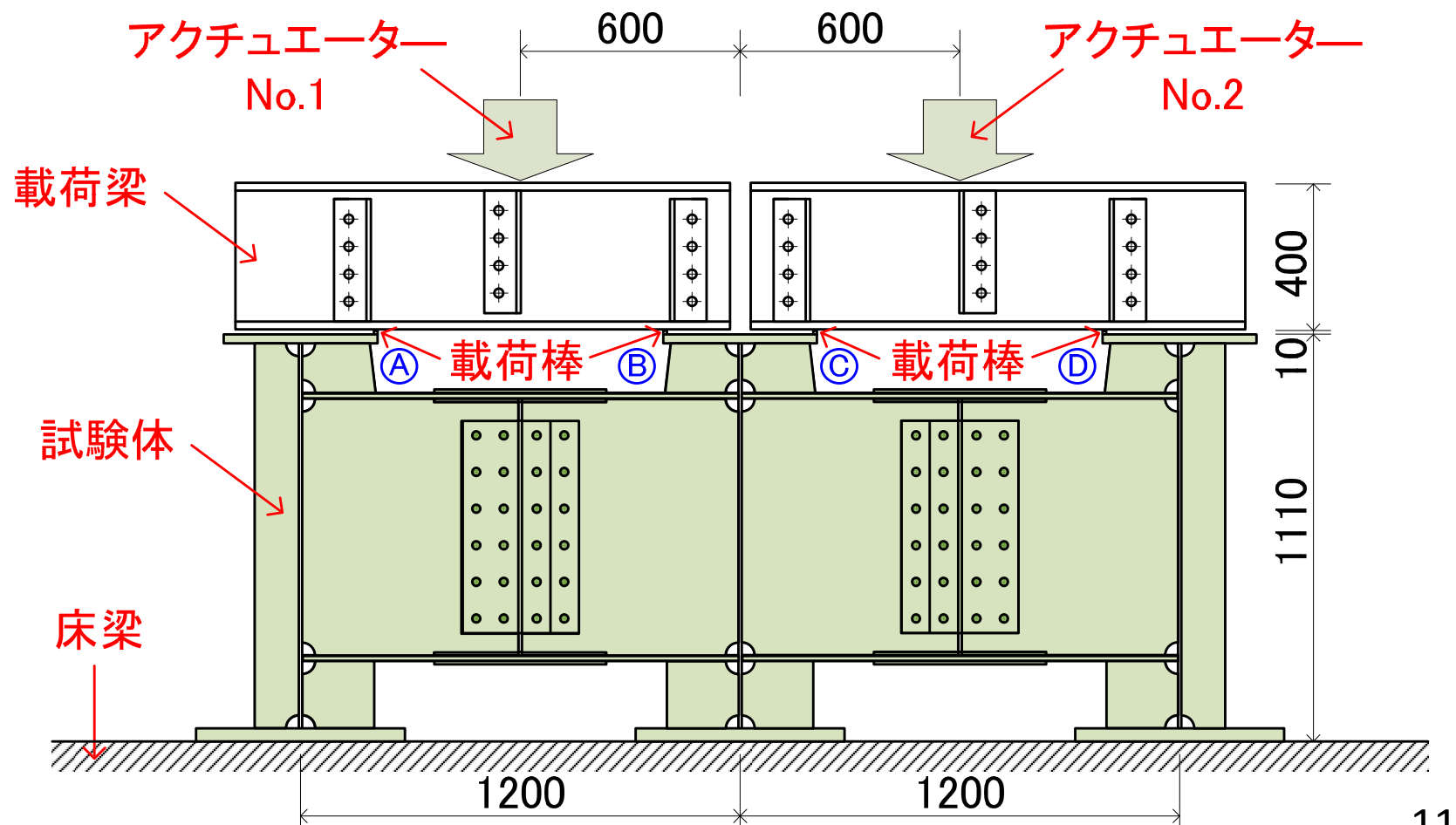
- ①孔あけ(WG板, 上フランジ)
- ②アングル材仮止め(HTB)
- ③TRS締め付け(上フランジ側)
- ④HTB本締め(WG板側)



橋軸方向

載荷方法

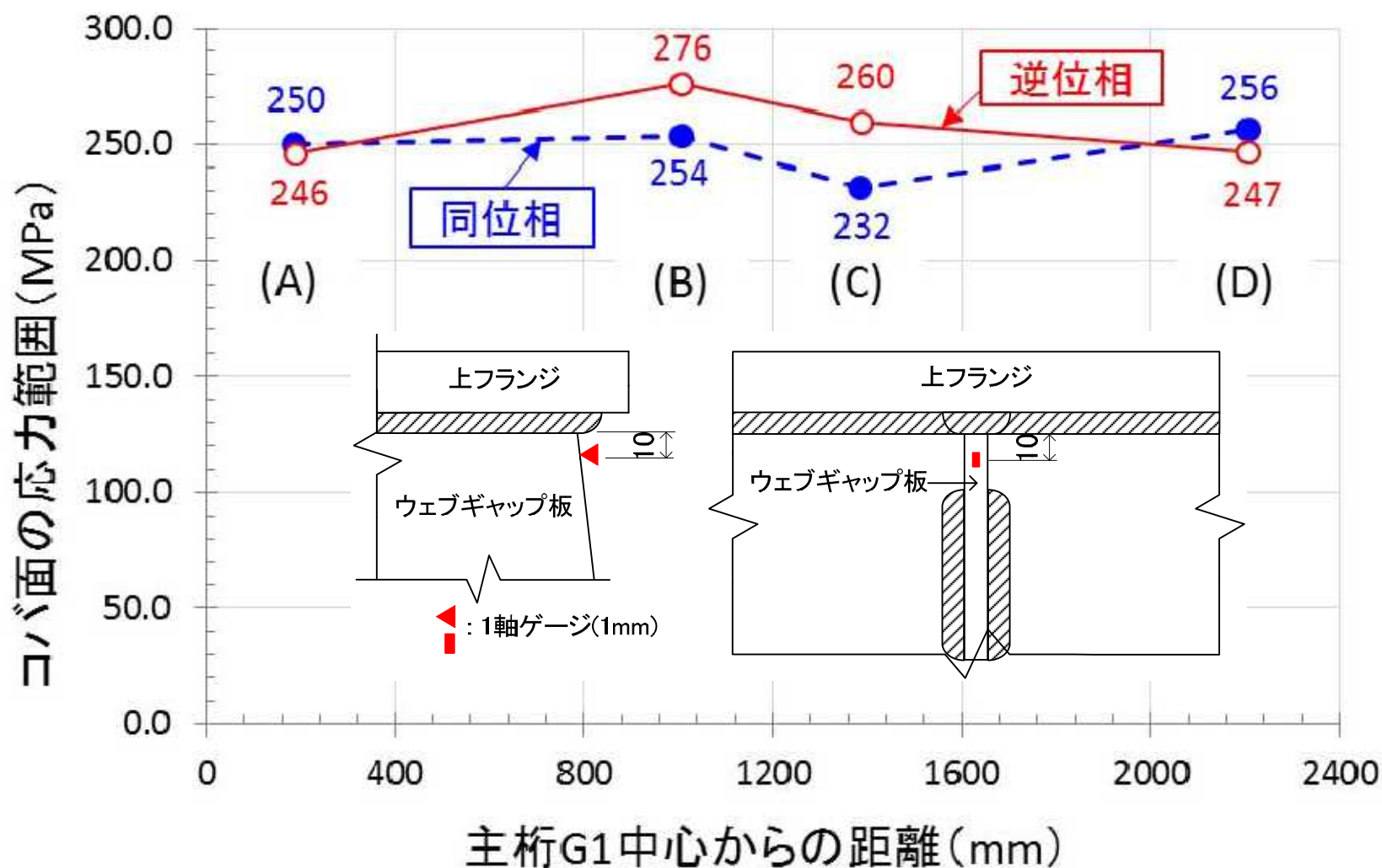
載荷はアクチュエーターNo.1とNo.2を使用する
疲労試験では逆位相で載荷を行う
載荷荷重は $\Delta P=120\text{kN}$ である



3. 実験結果

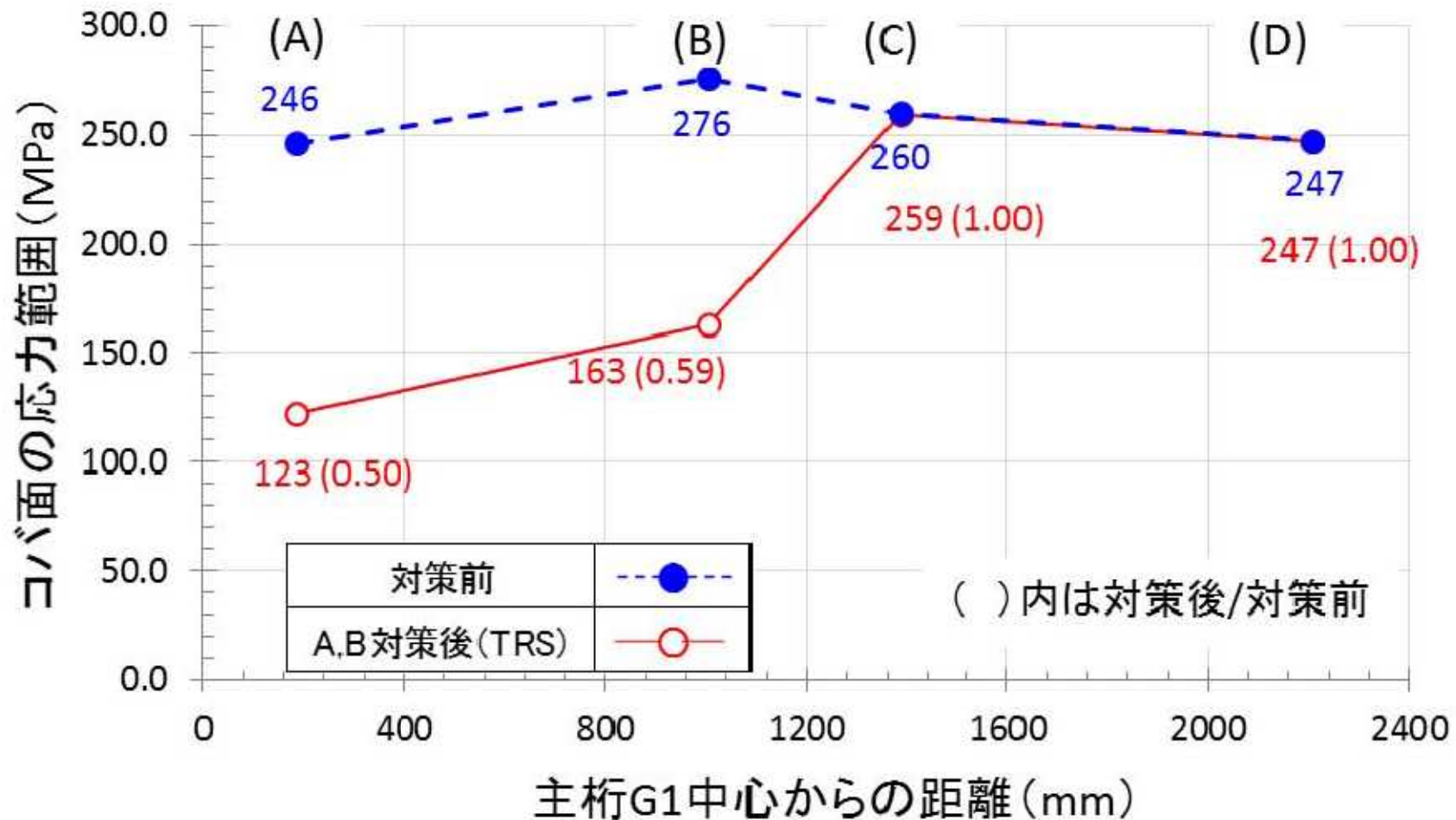
3.1 静的載荷試験結果

静的載荷試験結果(位相の比較)



逆位相は同位相と比べて中桁(試験部B,C)の応力範囲が1割程度大きくなった。

静的載荷試験結果(対策前後の比較)



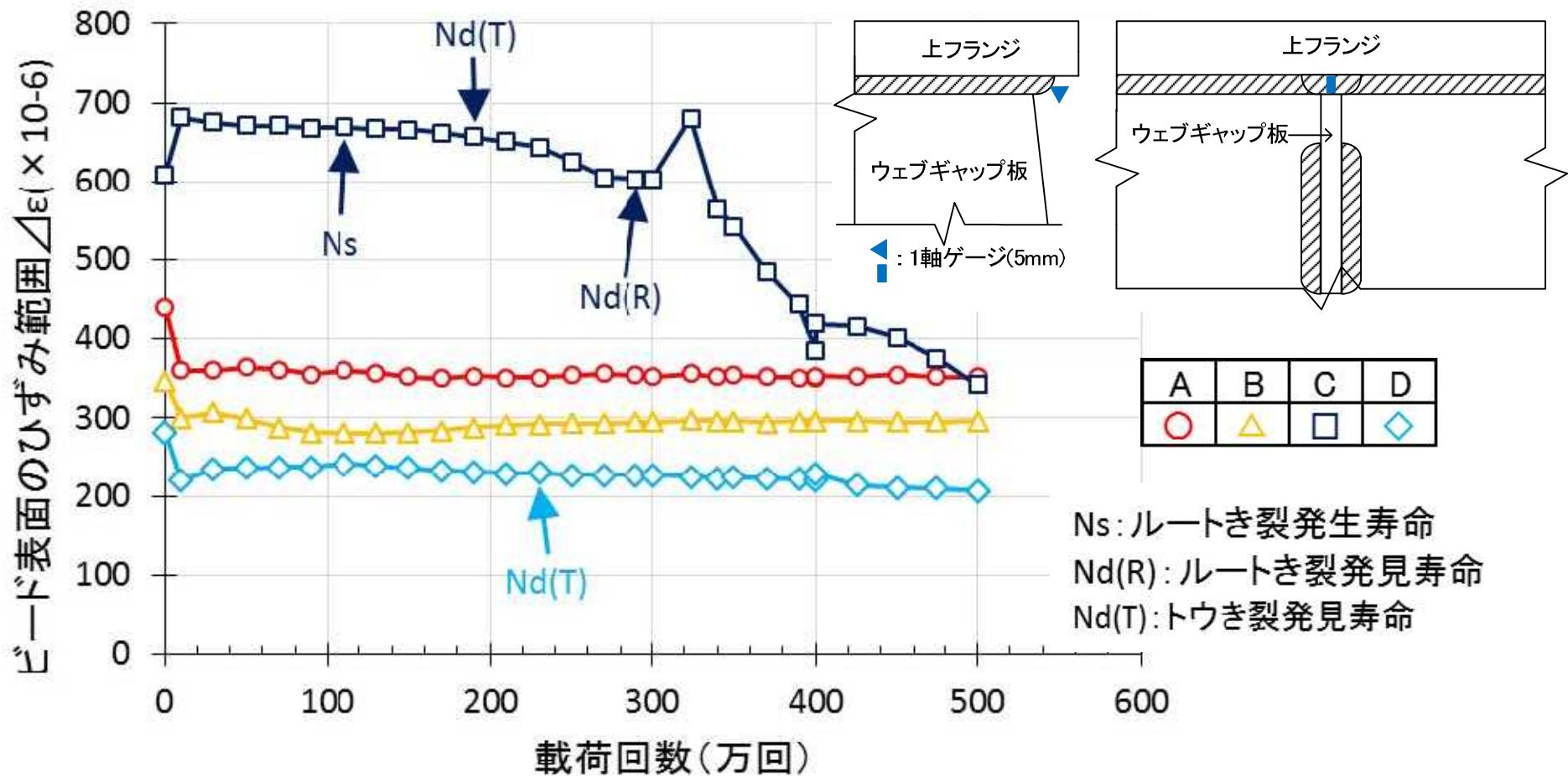
TRSを用いたアングル材工法を施すことによって、き裂発生位置付近の応力を5～6割程度まで低減できた。

3.2 疲労試験結果

疲労試験ステップ

ステップ	試験部	A	B	C	D
1	目的	予防保全		き裂再現	
	対策	TRS		無し	
2	目的	き裂再現		事後保全	
	対策	無し		き裂削除+TRS	

疲労試験結果(ステップ1, ひずみ変化)



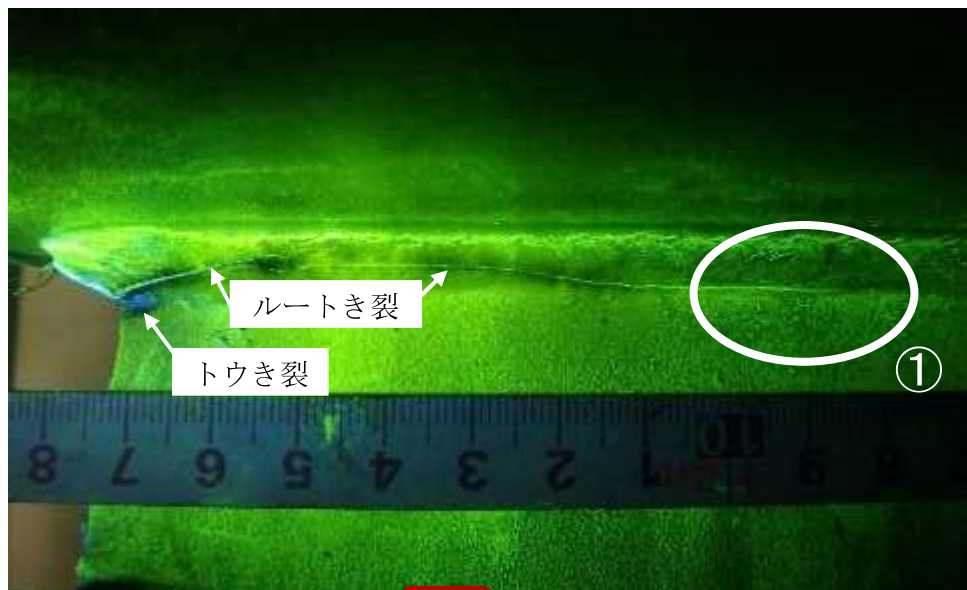
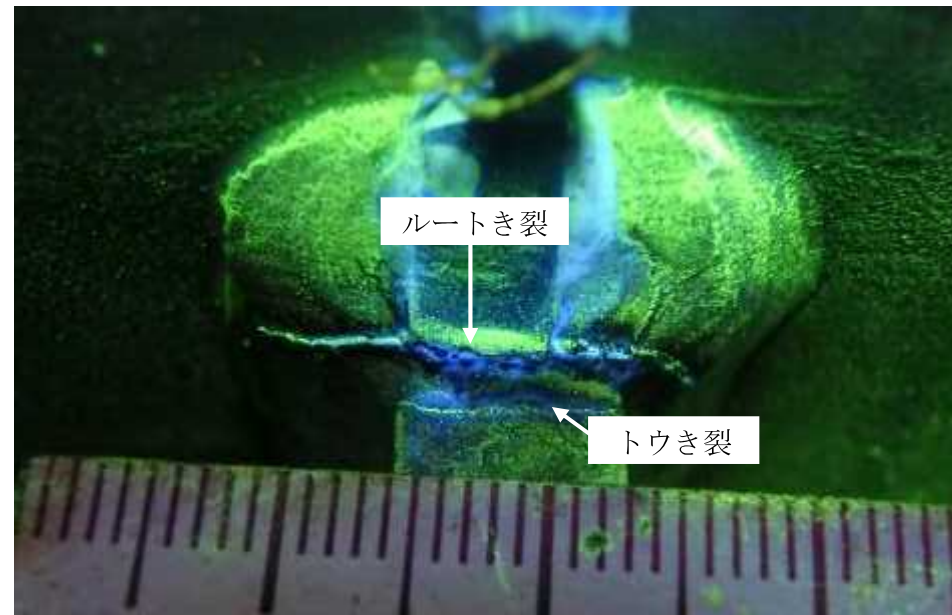
試験部A,B: Ns, Nd(T) > 500万回

試験部C: Ns=110万回, Nd(T)=190万回, Nd(R)=290万回

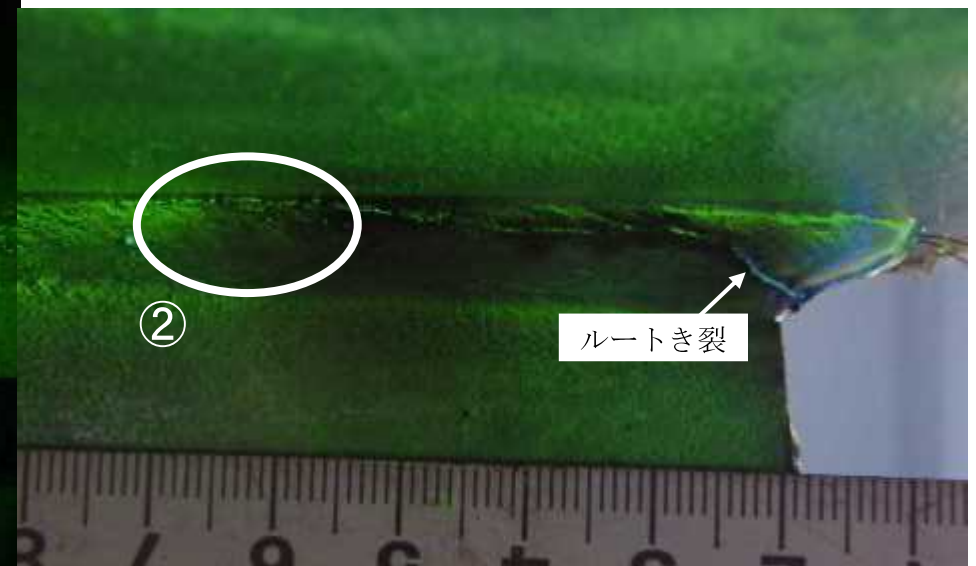
試験部D: Nd(T)=230万回

予防保全対策によって, 疲労寿命が2.2~4.5倍以上向上した

疲労試験結果(試験部C, N=500万回)

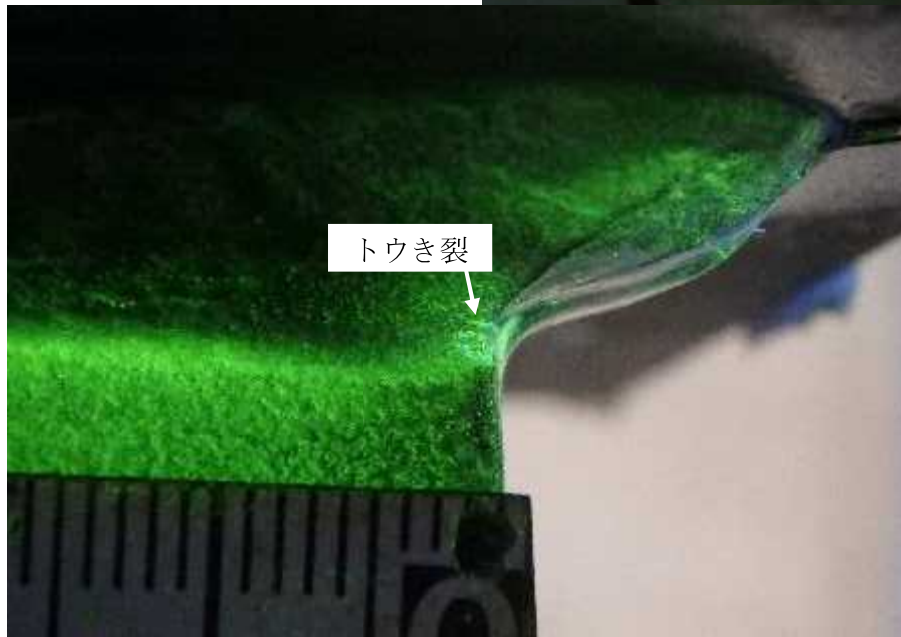
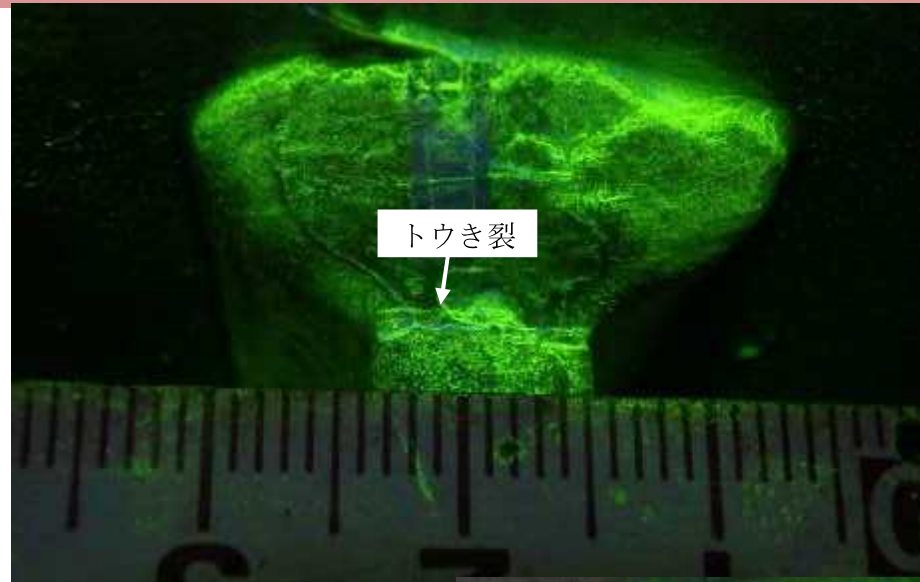


表



裏

疲労試験結果(試験部D, N=500万回)

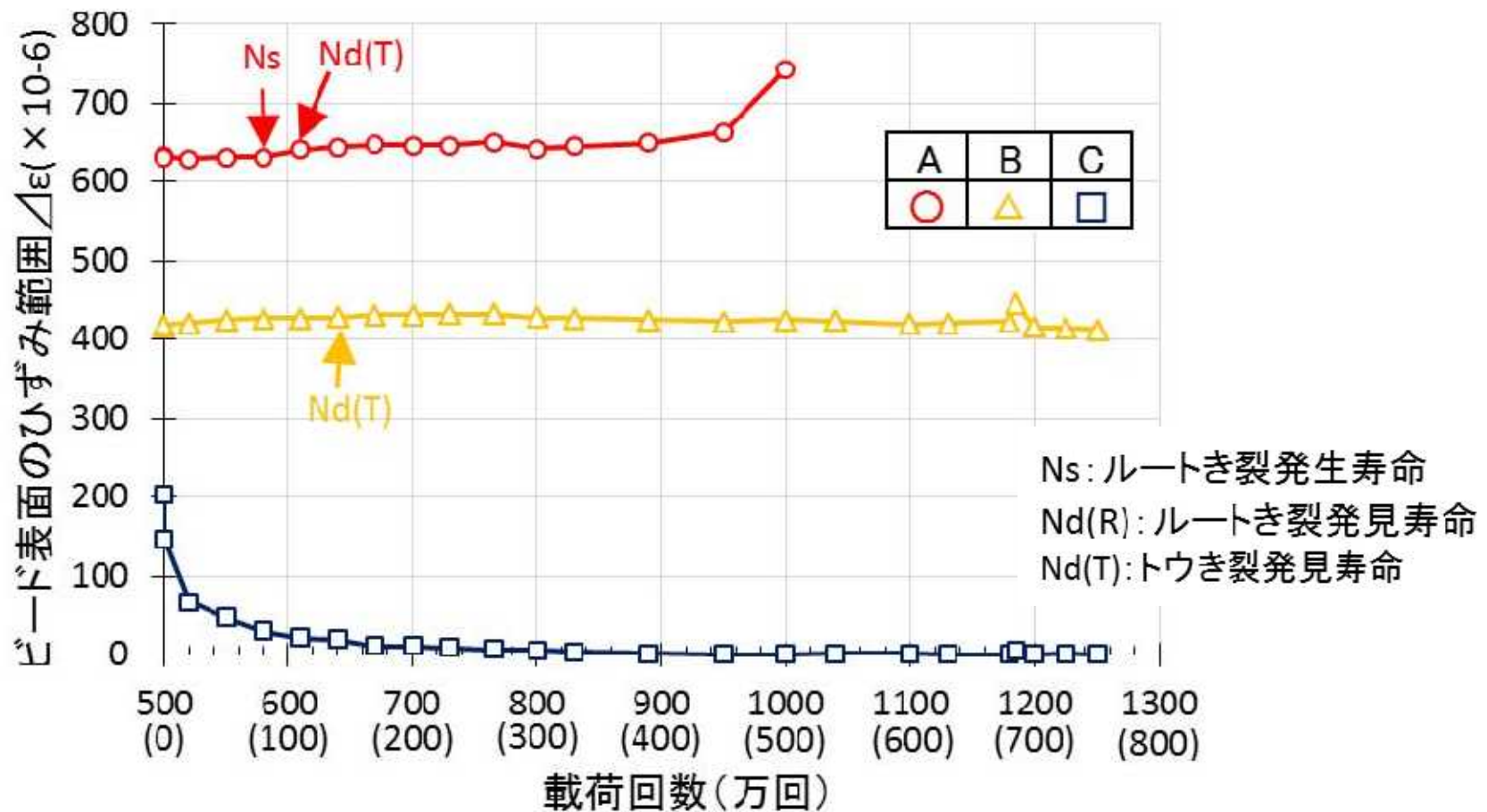


表



裏

疲労試験結果(ステップ2, ひずみ変化)



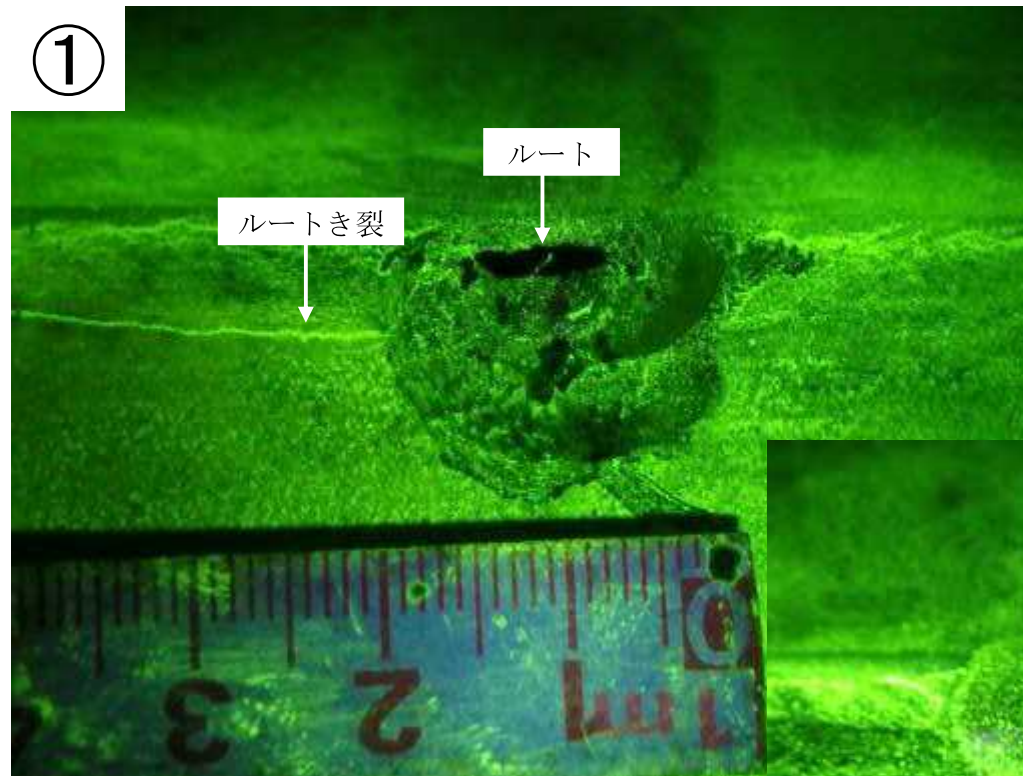
試験部A: $N_s=80$ 万回, $N_d(T)=110$ 万回, $N_d(R)=540$ 万回

試験部B: $N_d(T)=140$ 万回

予防保全対策によって, 疲労寿命が3.6~6.3倍以上向上した

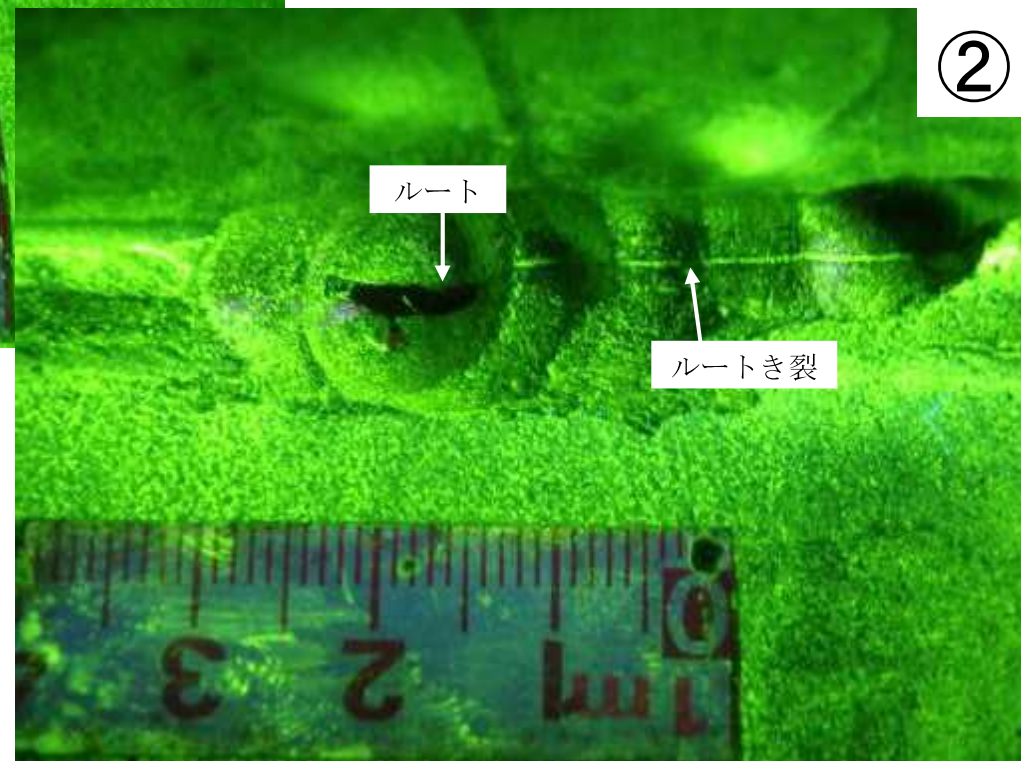
疲労試験結果(試験部C, N=500万回, き裂先端削除)

①



表

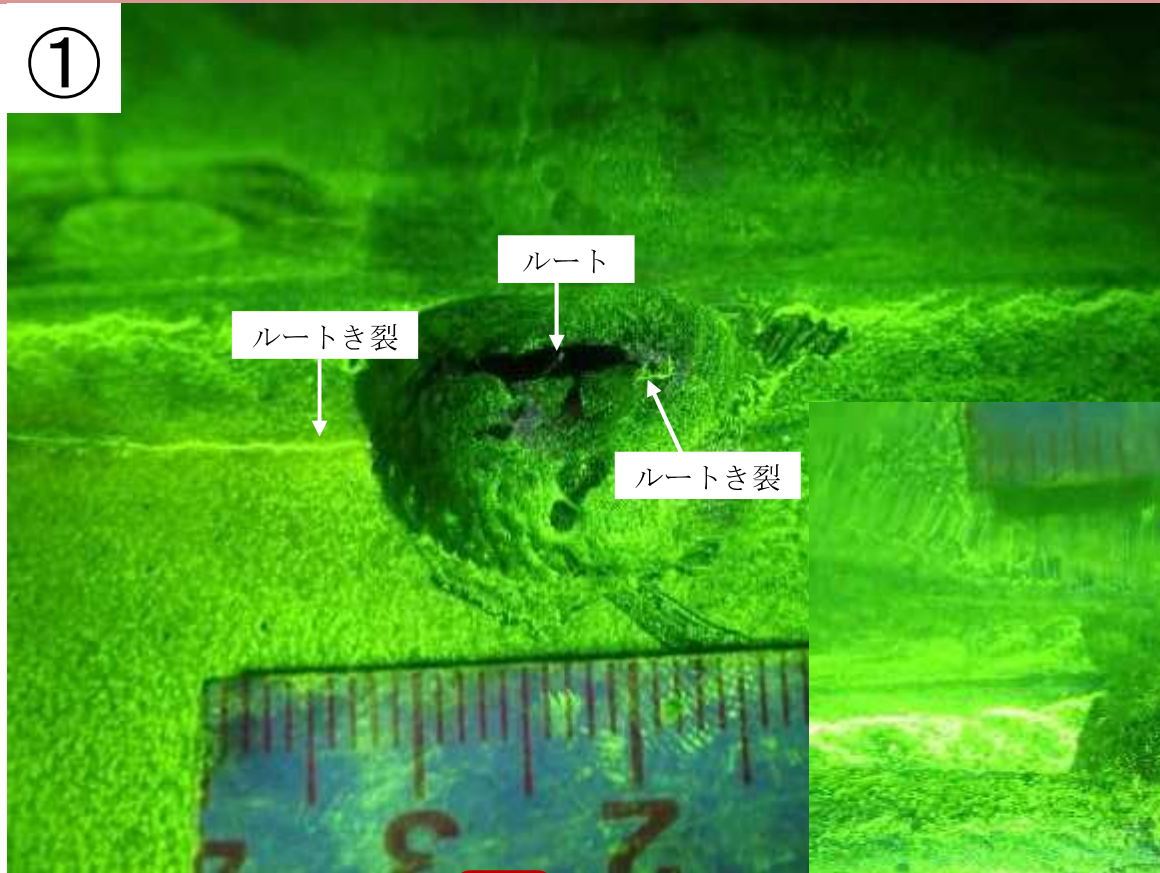
②



裏

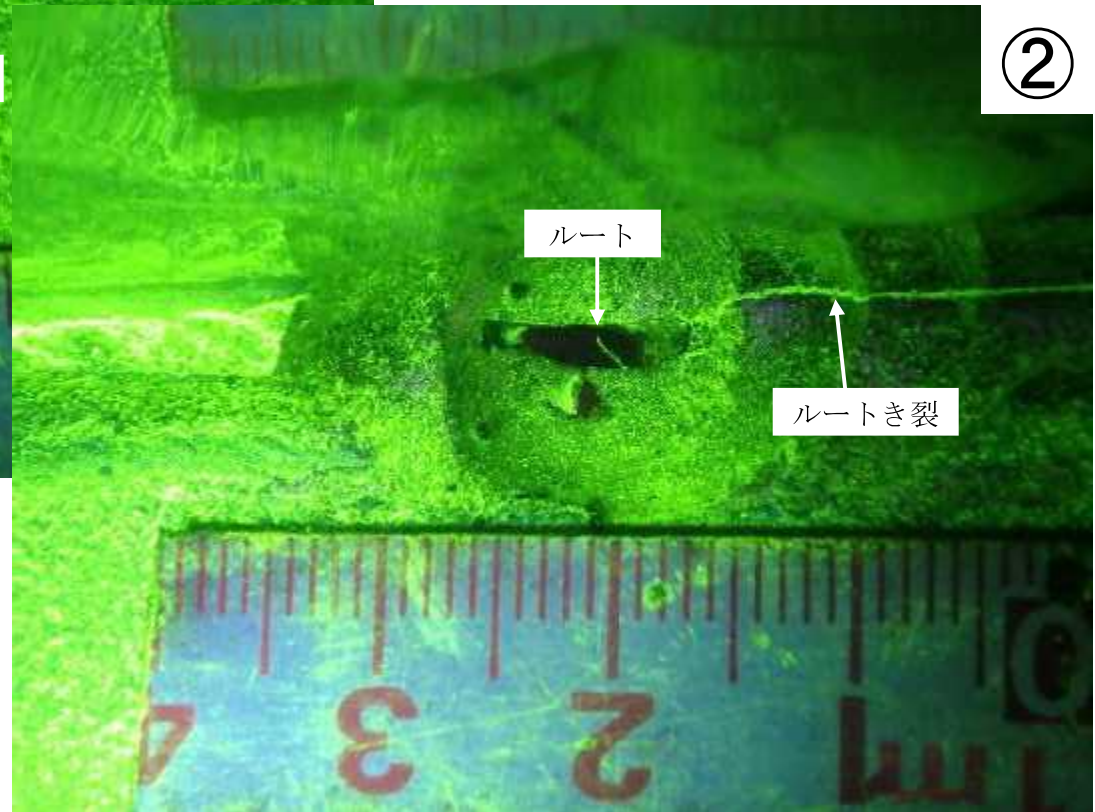
疲労試験結果(試験部C, 対策後N=750万回)

①



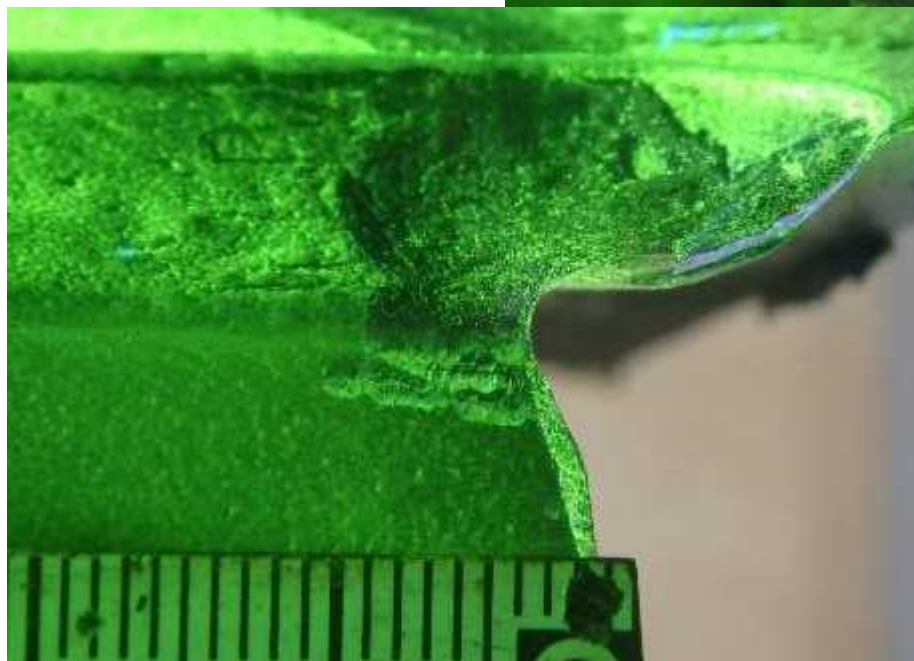
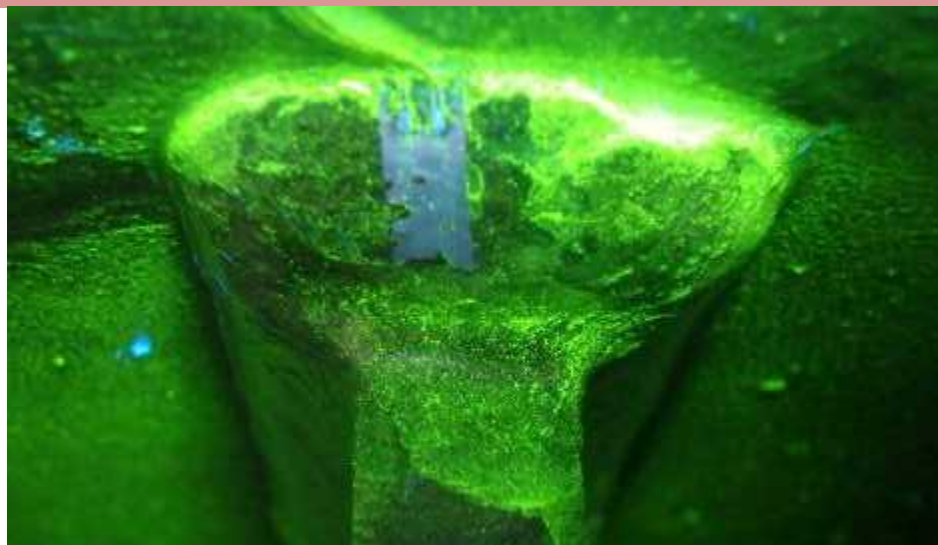
表

②

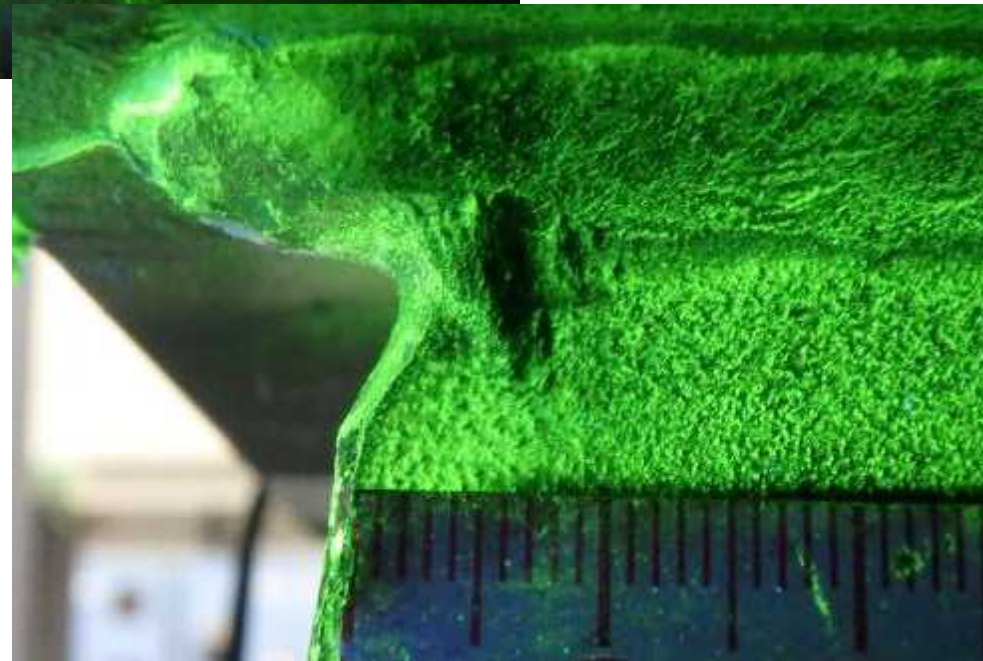


裏

疲労試験結果(試験部D, N=500万回, き裂削除)

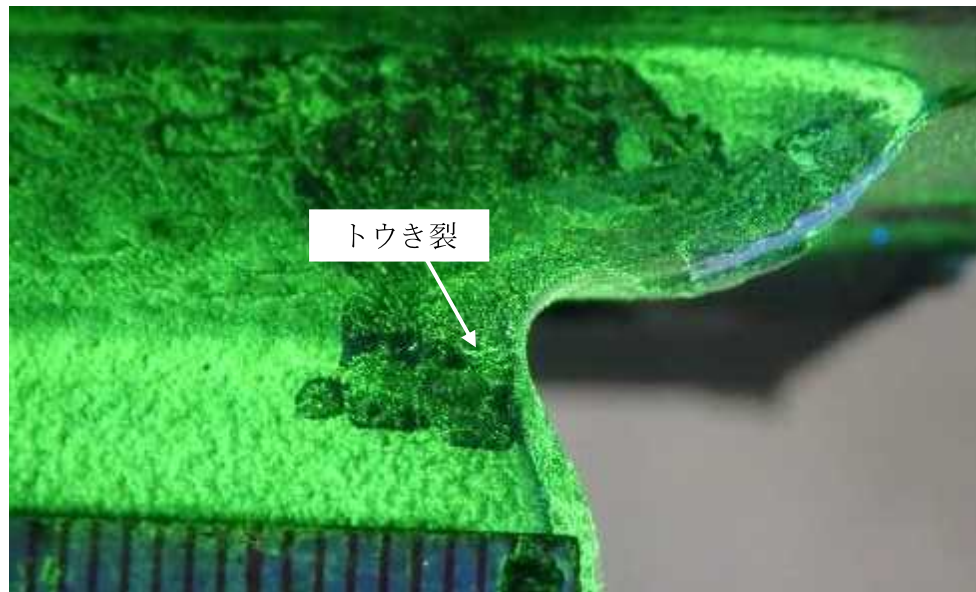
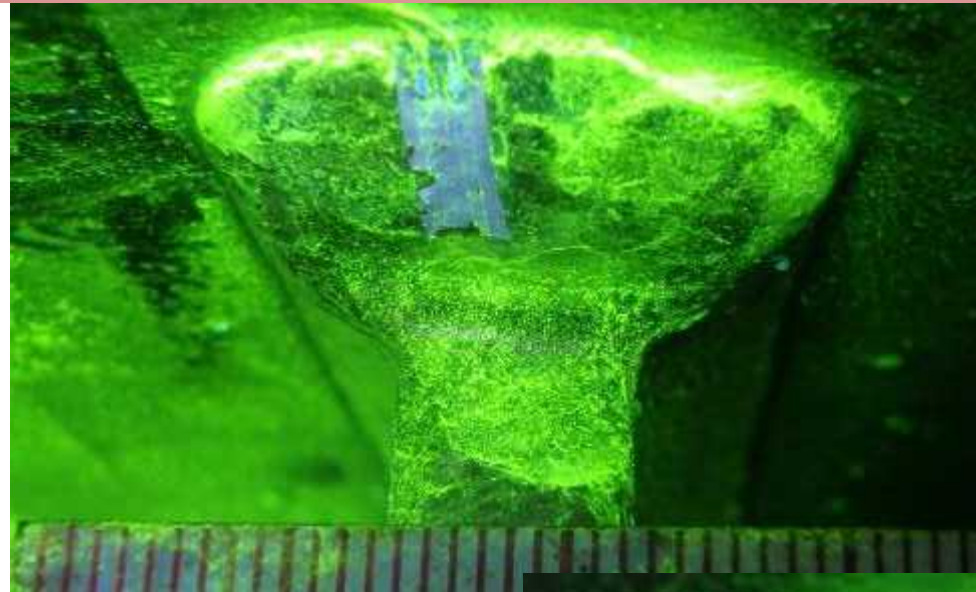


表



裏

疲労試験結果(試験部D, 対策後N=750万回)

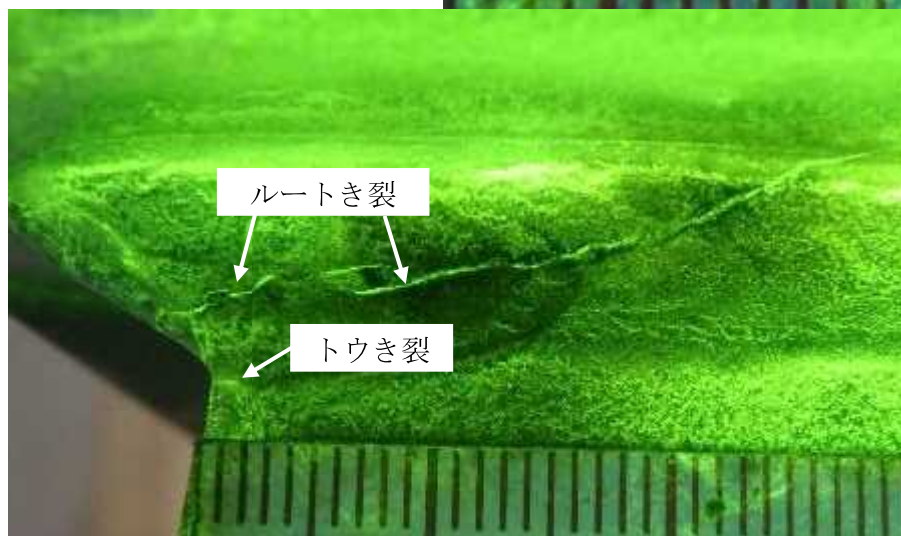
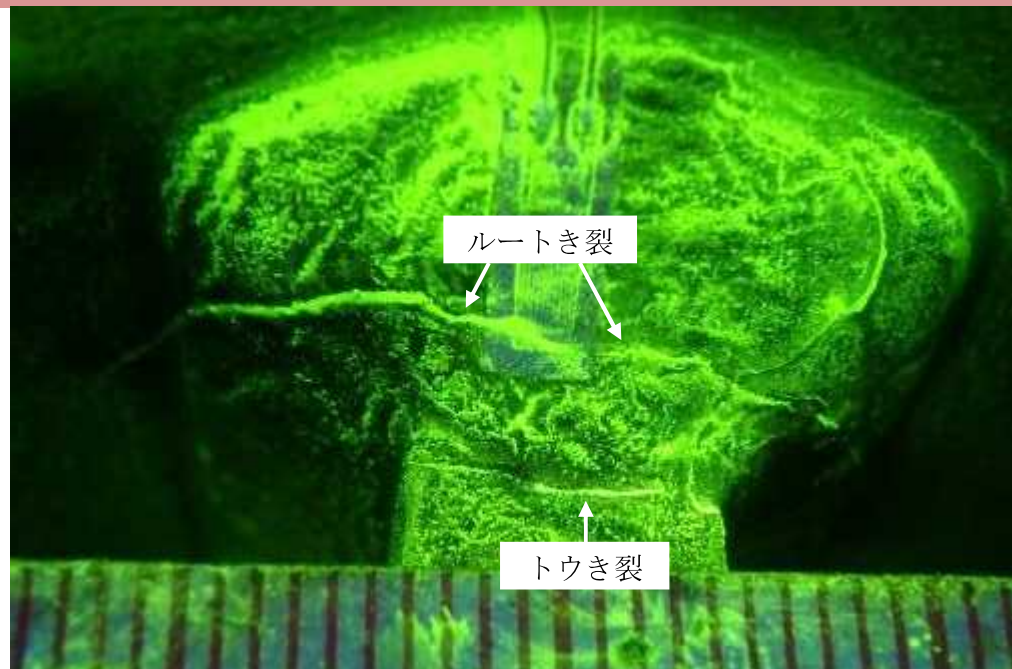


表

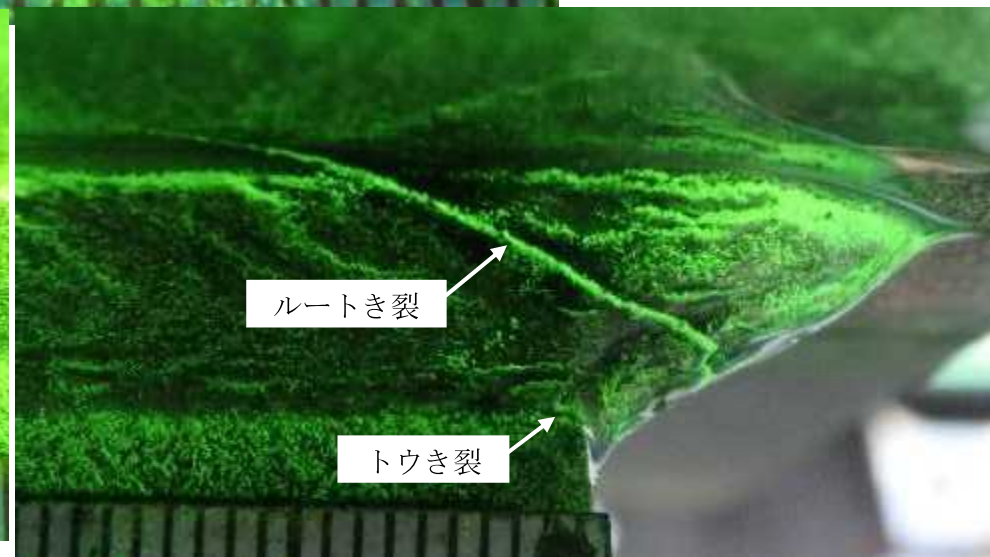


裏

疲労試験結果(試験部A, 対策なしN=750万回)

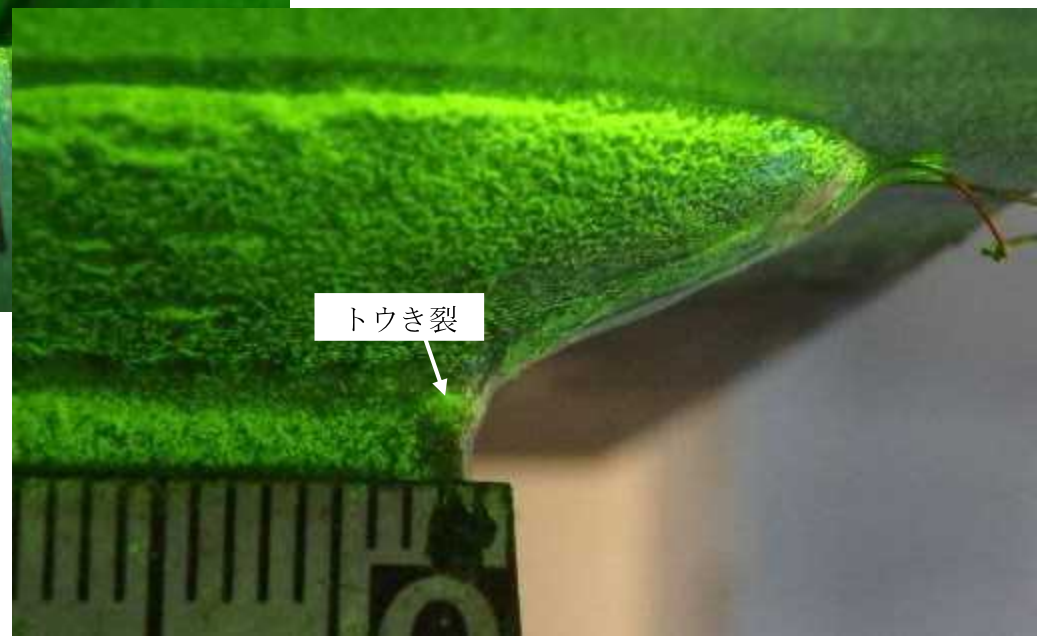
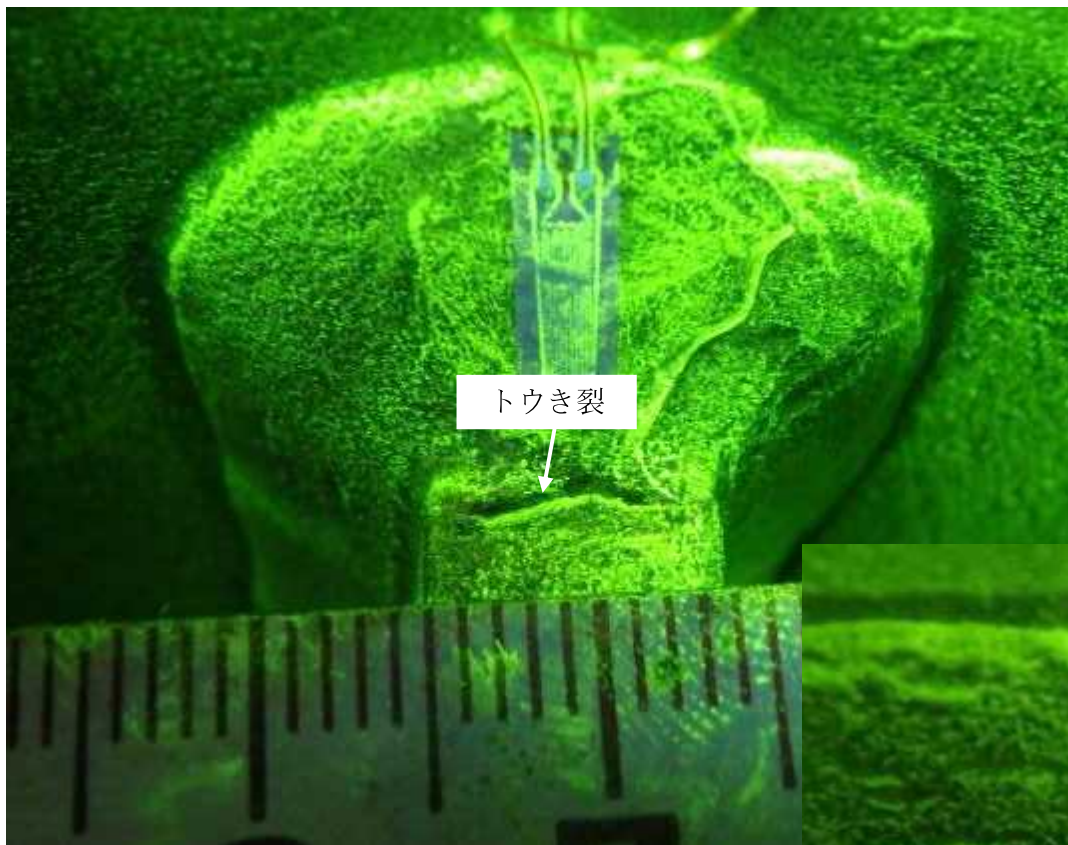


表

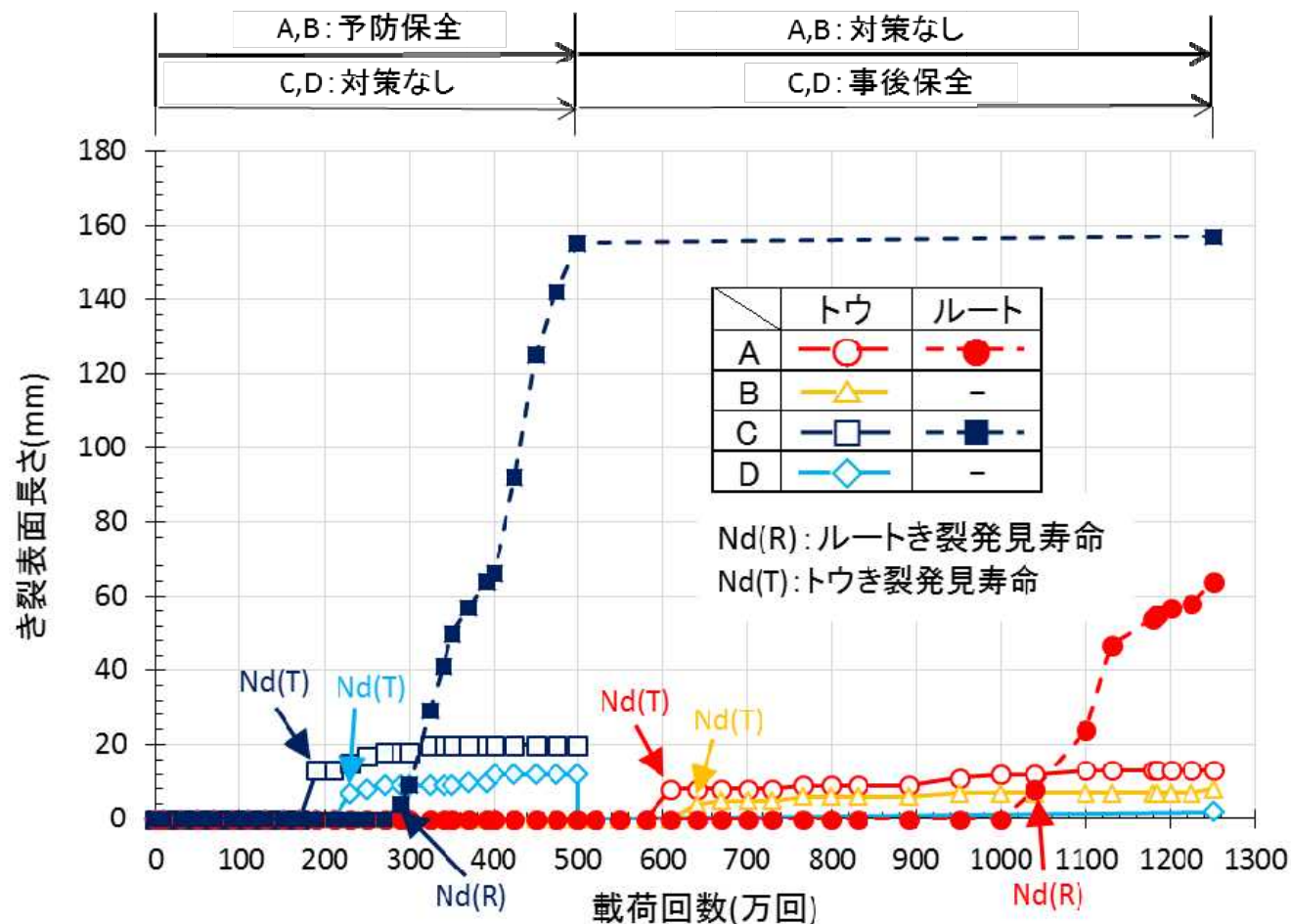


裏

疲労試験結果(試験部B, 対策なしN=750万回)



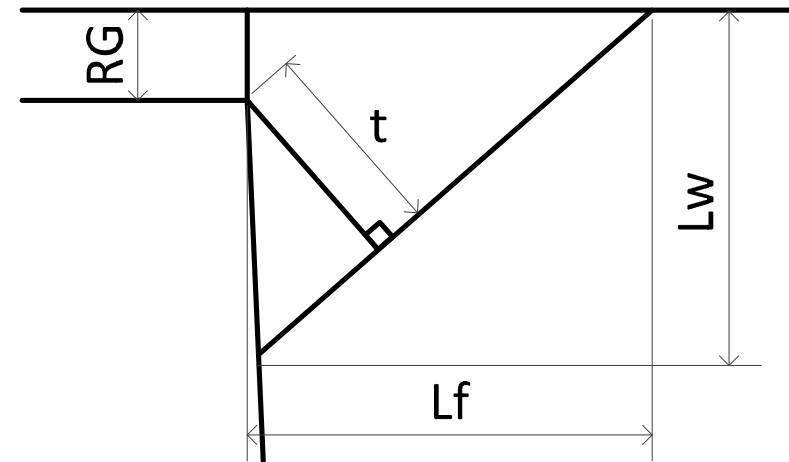
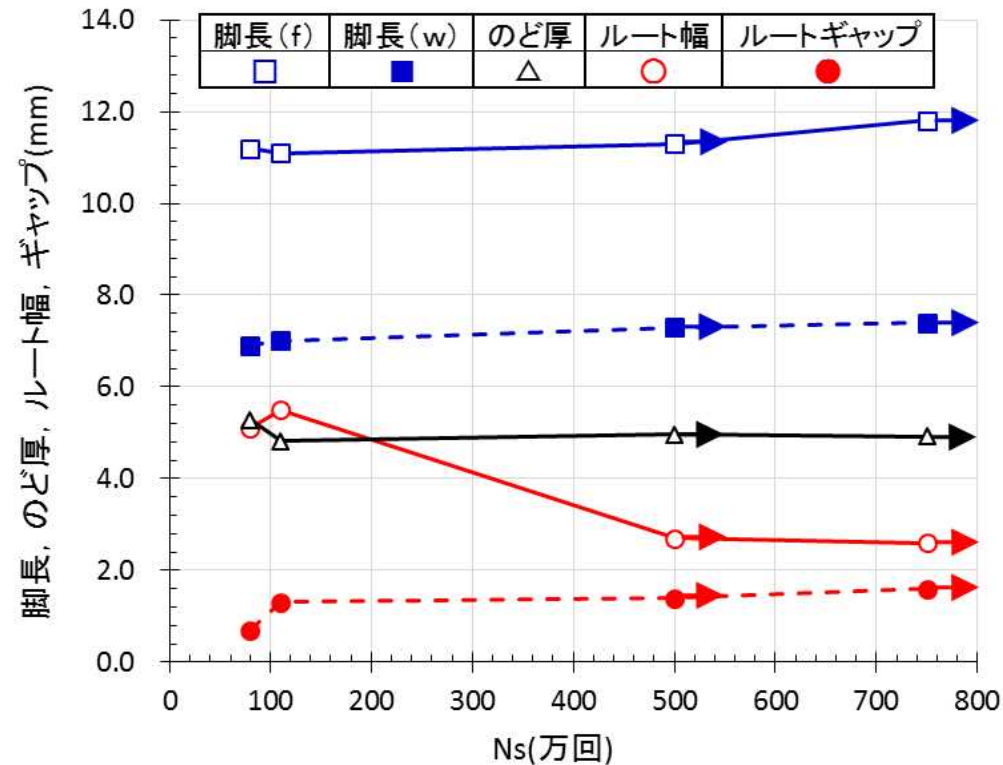
疲労試験結果(き裂表面長さ)



事後保全対策後も2mm程度のき裂が再発したが、進展速度は対策なしの場合の1/130～1/200程度でほとんど進展しなかった

試験部		A	B	C	D
き裂長さ (mm)	発生	8/8	4	13/4	7
	最終	13/64	8	20/155	12
	事後保全後	-	-	2	2

疲労試験結果（疲労寿命と溶接形状）



Lf: 脚長(フランジ側)
 Lw: 脚長(ウェブギャップ側)
 t: のど厚
 RG: ルートギャップ

ルート幅が大きいと、
 ルートき裂が発生しやすい。

試験部	A	B	C	D
脚長(f)	11.2	11.8	11.1	11.3
脚長(w)	6.9	7.4	7.0	7.3
のど厚	5.3	4.9	4.8	5.0
ルート幅	5.1	2.6	5.5	2.7
ルートギャップ	0.7	1.6	1.3	1.4
Ns	80	>750	110	>500

4.結論

4.結論①(静的載荷試験)

1. 逆位相で載荷することにより, 同位相で載荷する場合と比較して**中桁**のき裂発生位置付近の局所的な**応力範囲が1割程度大きくなった.**
2. TRSを用いたアングル材工法によりき裂発生位置付近の局所的な**応力集中を5~6割程度まで低減**することができた.

4.結論②(疲労試験)

1. 対策なしの場合、80～110万回の繰返し載荷でルートき裂が、110～230万回の繰返し載荷でトウき裂が発生した。ルート幅が大きい場合にルートき裂が発生しやすい傾向がある。
2. 予防保全対策として、TRSを用いたアングル材工法を施すことにより、500万回繰返し載荷を行ってもき裂は発生せず、対策なしの場合と比較して、疲労寿命が2.2～6.3倍以上向上した。
3. 事後保全対策として、き裂の削除とTRSを用いたアングル材工法を施すことにより、2mm程度のき裂は再発したが、進展速度は対策なしの場合の1/130～1/200程度でほとんど進展しなかった。

参考文献①

- [1] 日本道路協会：鋼橋の疲労，1997.5
- [2] 阪神高速道路管理技術センター：阪神高速道路における鋼橋の疲労対策（三訂版），2012.3
- [3] 貝沼重信，山田健太郎，西岡敬治，中村一平，石井博典：鋼桁橋の主桁上フランジと横桁の取合部の応力緩和による疲労強度向上法，構造工学論文集，Vol.43A，pp.1025-1032，1997.3
- [4] 山田健太郎，貝沼重信，香川直輝，石井博典，西岡敬治：鋼桁橋ウェブギャップ部の疲労試験と応力緩和による疲労寿命向上効果，土木学会論文集，No.619/I-47，pp.267-278，1999.4
- [5] 高田佳彦，川上順子，酒井優二，坂野昌弘：半円切欠きを用いた既設鋼床版橋主桁垂直補剛材上端溶接部の疲労対策，鋼構造論文集，第16巻，第62号，pp.35-46，2009.6

参考文献②

- [6] 坂野昌弘:鋼橋の疲労亀裂調査の効率化に関する研究プロジェクト(その2), 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, CS6-001, 2016.9
- [7] 金澤高宏, 貴志友基, 溝上善昭, 森下元晴, 西山圭介, 坂野昌弘:Uリブ鋼床版のビード亀裂に対する下面補修, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, CS6-003, 2016.9
- [8] 楠本崇志, 奥村淳弘, 坂野昌弘, 小林義弘, 溝上善昭:Uリブ鋼床版のビードき裂に対する補修方法の検討, 土木学会第70回年次学術講演会, CS4-008, 2015.9
- [9] 田辺篤史, 松本理佐, 小山雅弘, 坂野昌弘:主桁と分配横桁・対傾構との交差部の疲労対策による応力低減効果の解析的評価, 土木学会第71回年次学術講演会, CS6-005, 2016.9
- [10] Luiza H. Ichinose, 小山雅弘, 坂野昌弘:応力頻度測定による分配横桁・対傾構取合い部の疲労対策効果の検証, 土木学会第71回年次学術講演会, CS6-006, 2016.9
- [11] 坂本千洋, 岡田康暉, 坂野昌弘, 小西日出幸, 小山雅弘:対傾構取付け垂直補剛材上端部の疲労対策に関する実験的検討, 土木学会第71回年次学術講演会, CS6-004, 2016.9