

2016.11.22

鋼橋の疲労き裂調査の効率化に関する研究PJ

# 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

関西大学(現:日建設計シビル)

関西大学

日本橋梁建設協会

姫路河川国道事務所

○ 坂本 千洋

坂野 昌弘

小西 日出幸

小山 雅弘

# 背景

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<sup>1),2)</sup>。



# 背景

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床版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。

そこで、交通規制が不要な、当て板をジャッキアップで上フランジに押し付ける工法が提案されている<sup>3)~7)</sup>。

しかし、応力低減効果や疲労寿命延長効果については十分に検証されていない。

# 背景

このたび、「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<sup>8)</sup>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、

ジャッキアップ治具を用いた当て板工法と、タッピングボルト  
(TRS)<sup>9),10)</sup>を用いたアンク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<sup>11)~13)</sup>。

# 目的

対傾構取付垂直補剛材上端部を対象とし、  
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討した。

# 方法

## 静的載荷試験

### ① 応力低減効果

対策前と対策後で応力分布を比較し、応力の低減効果を確認した。

## 疲労試験

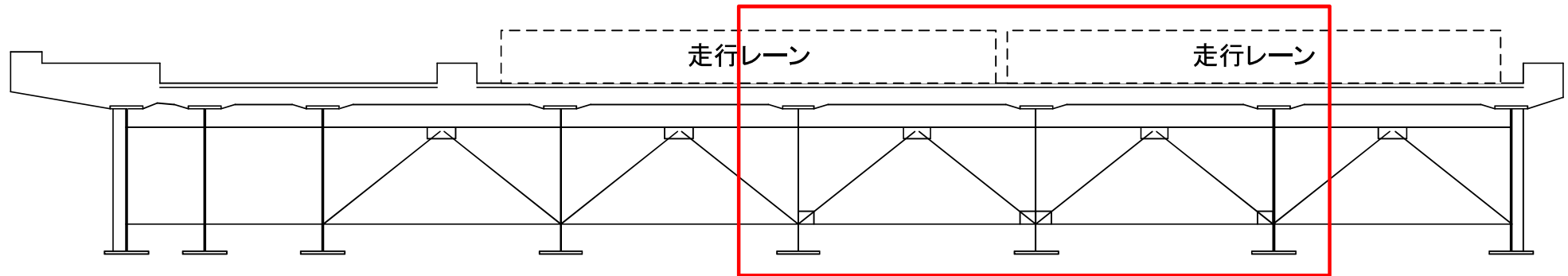
### ① 予防保全対策

対策前と対策後の疲労挙動を比較し、疲労寿命の延長効果を検証した。

### ② 事後保全対策

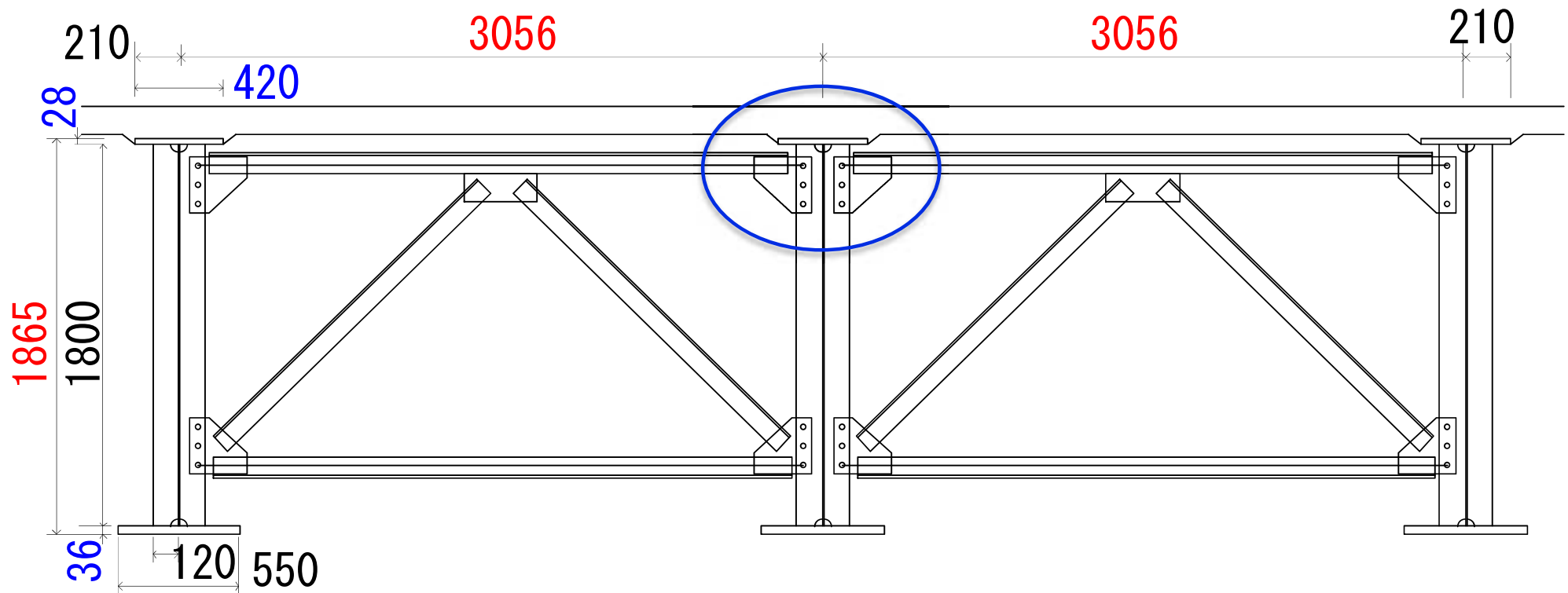
発生したき裂に対して事後保全対策を施し、その結果を検証した。

# 実橋の形状

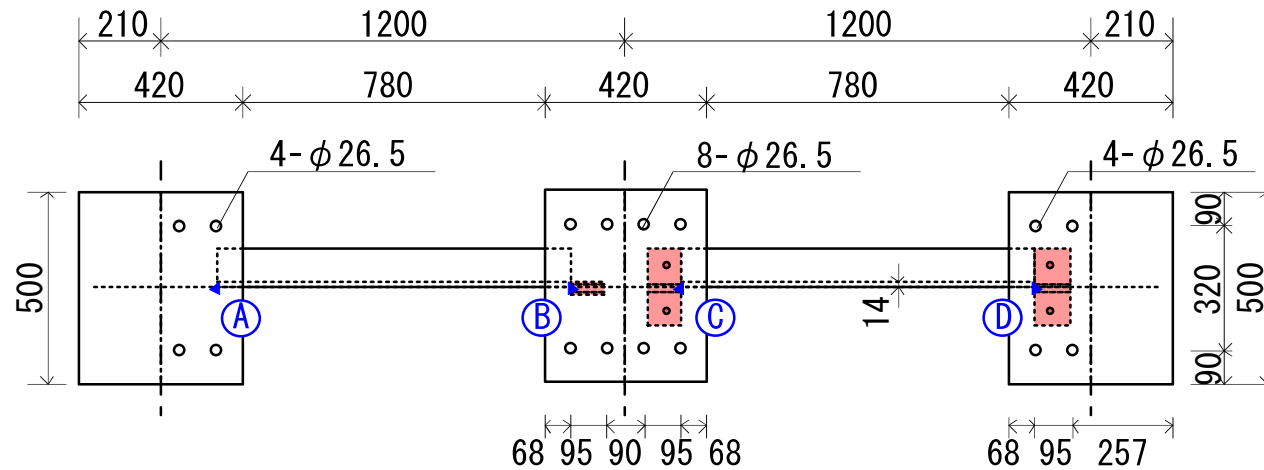


実橋標準断面図

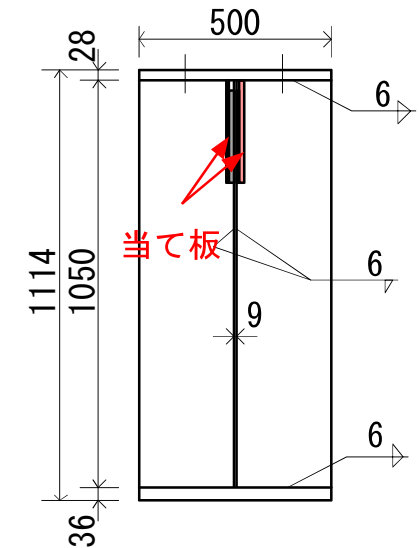
拡大



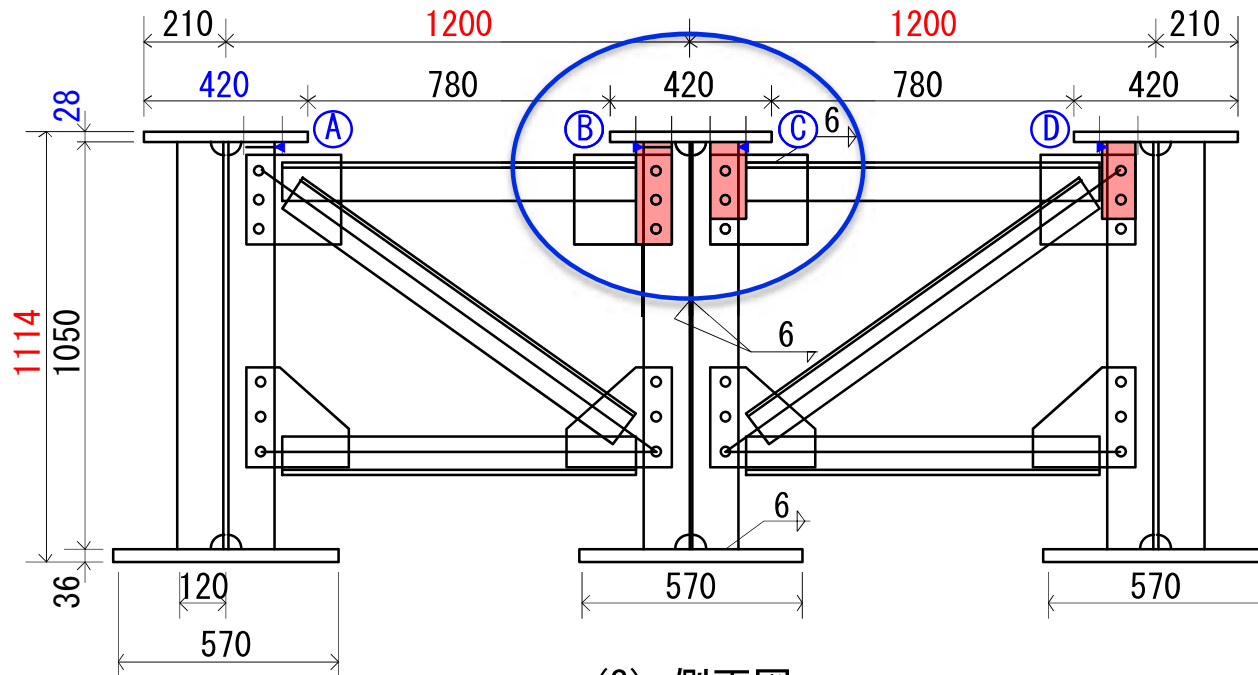
# 試験体の形状と寸法, ゲージ貼り付け位置



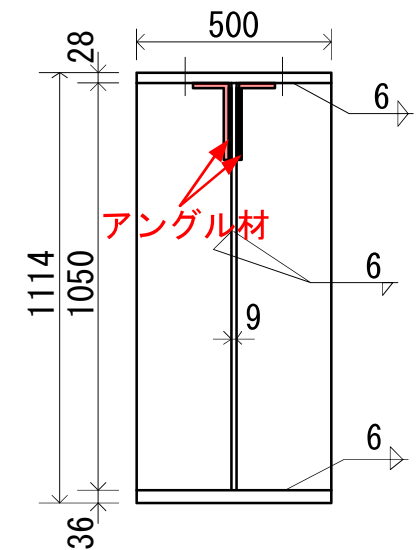
(1) 平面図



(3) 断面図 (試験部B)



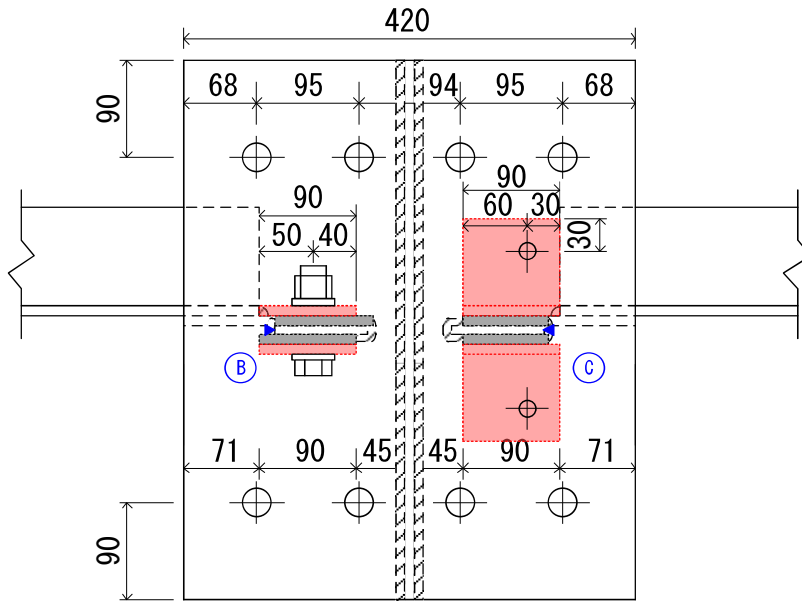
(2) 側面図



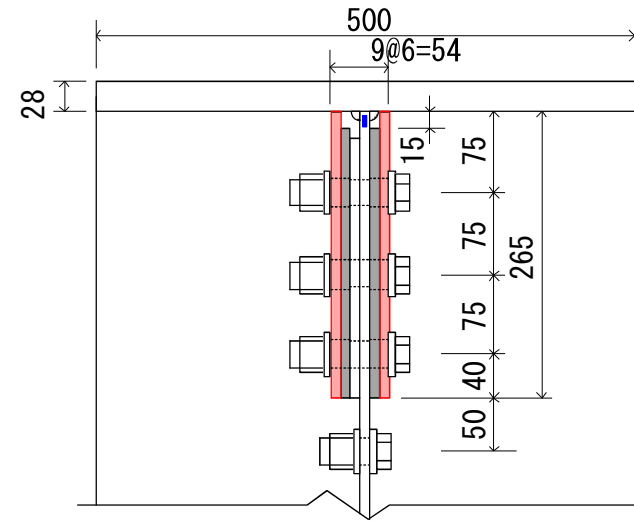
(4) 断面図 (試験部C, D)



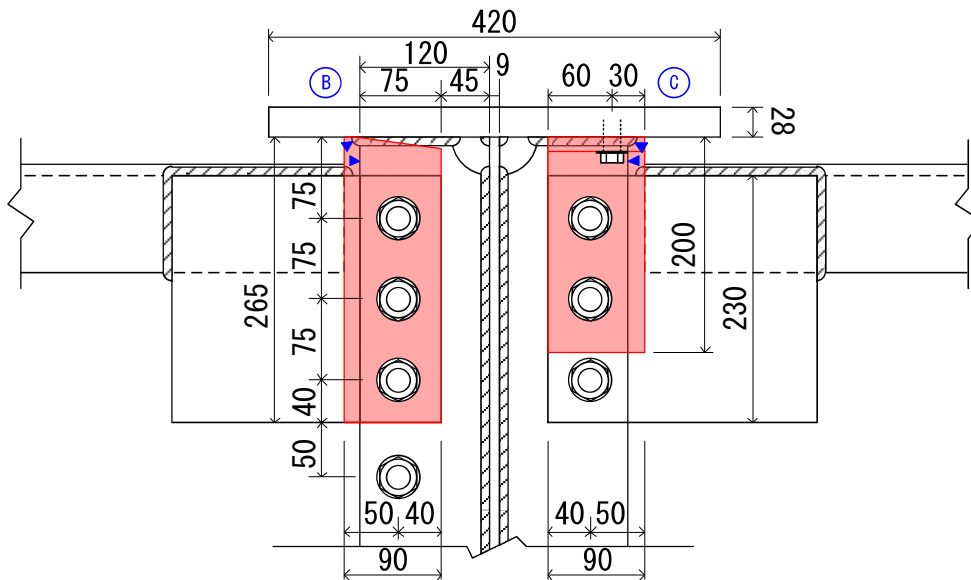
# 試験体中桁拡大, ゲージ貼り付け位置



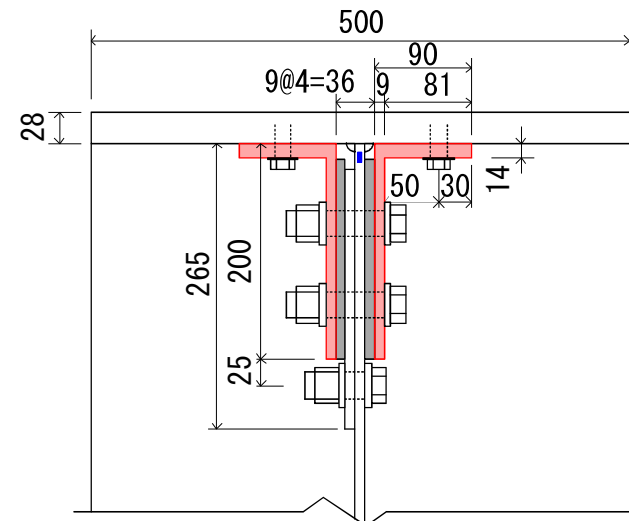
(1) 平面図



(3) 断面図 試験部(B)



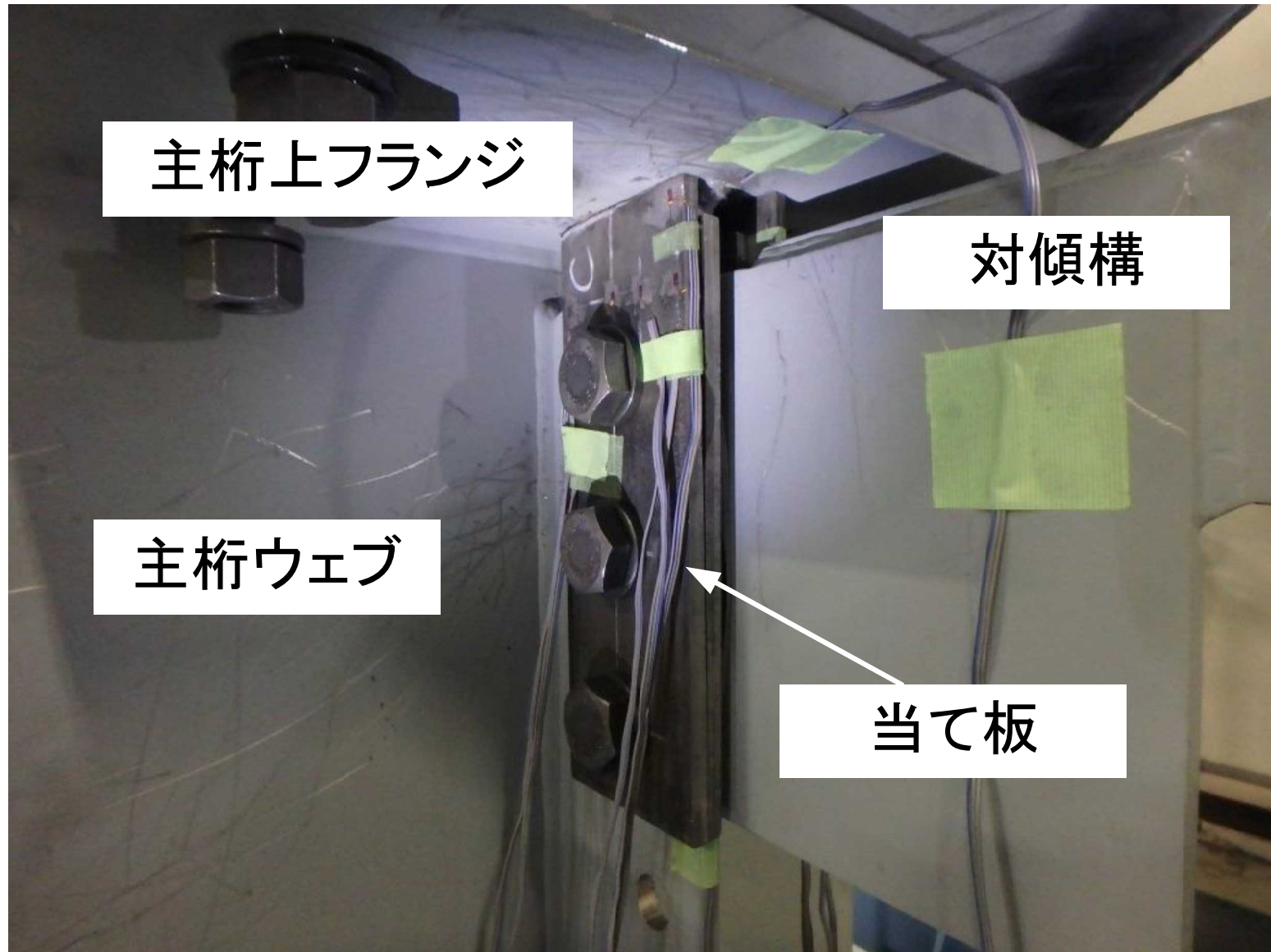
(2) 側面図



(4) 断面図 試験部(C)

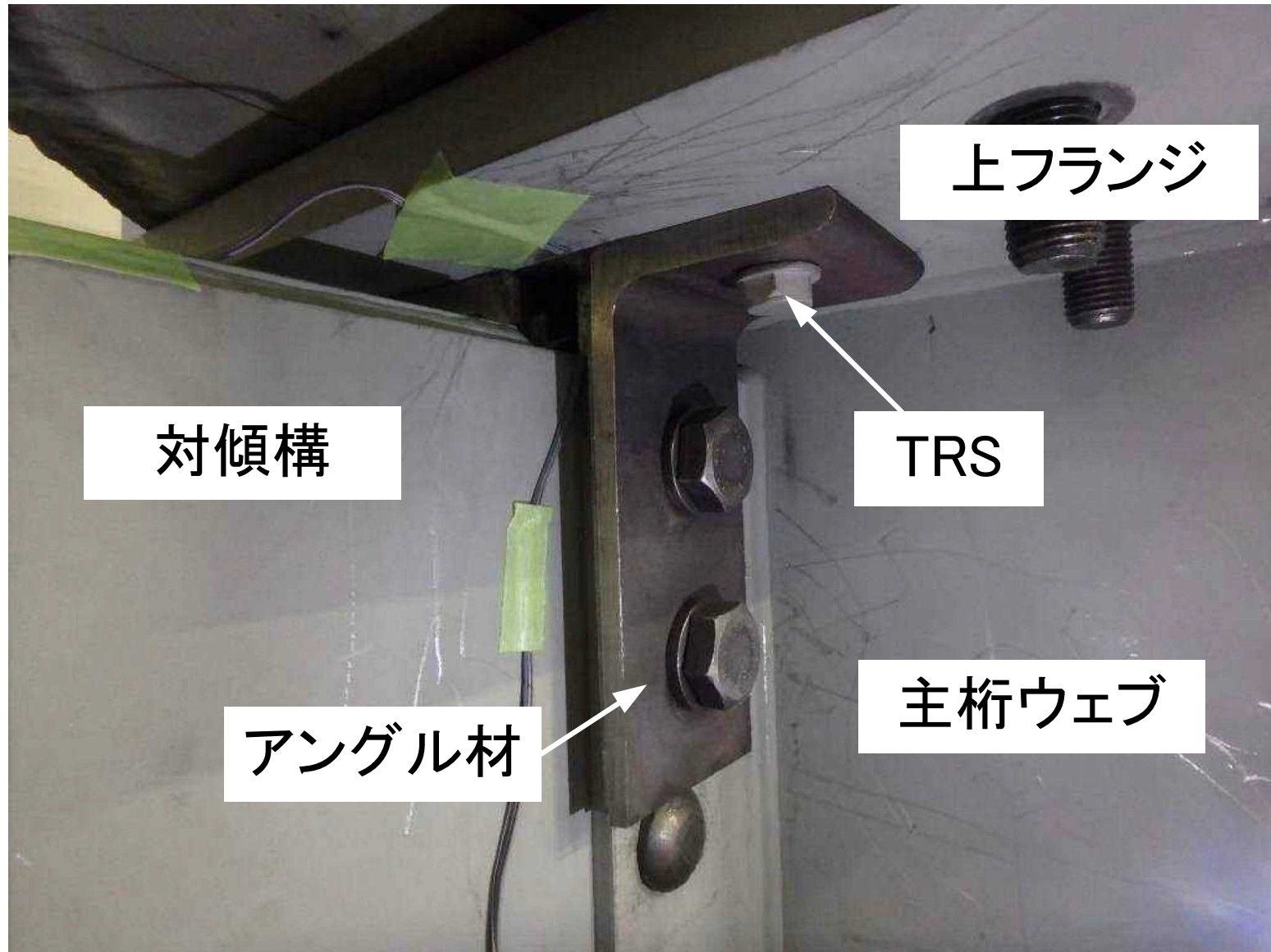
# ジャッキアップ治具を用いた当て板工法

当て板をジャッキアップし，上フランジ下面に押し付けることによって当て板に荷重を分担させ，補剛材にかかる荷重を低減する工法



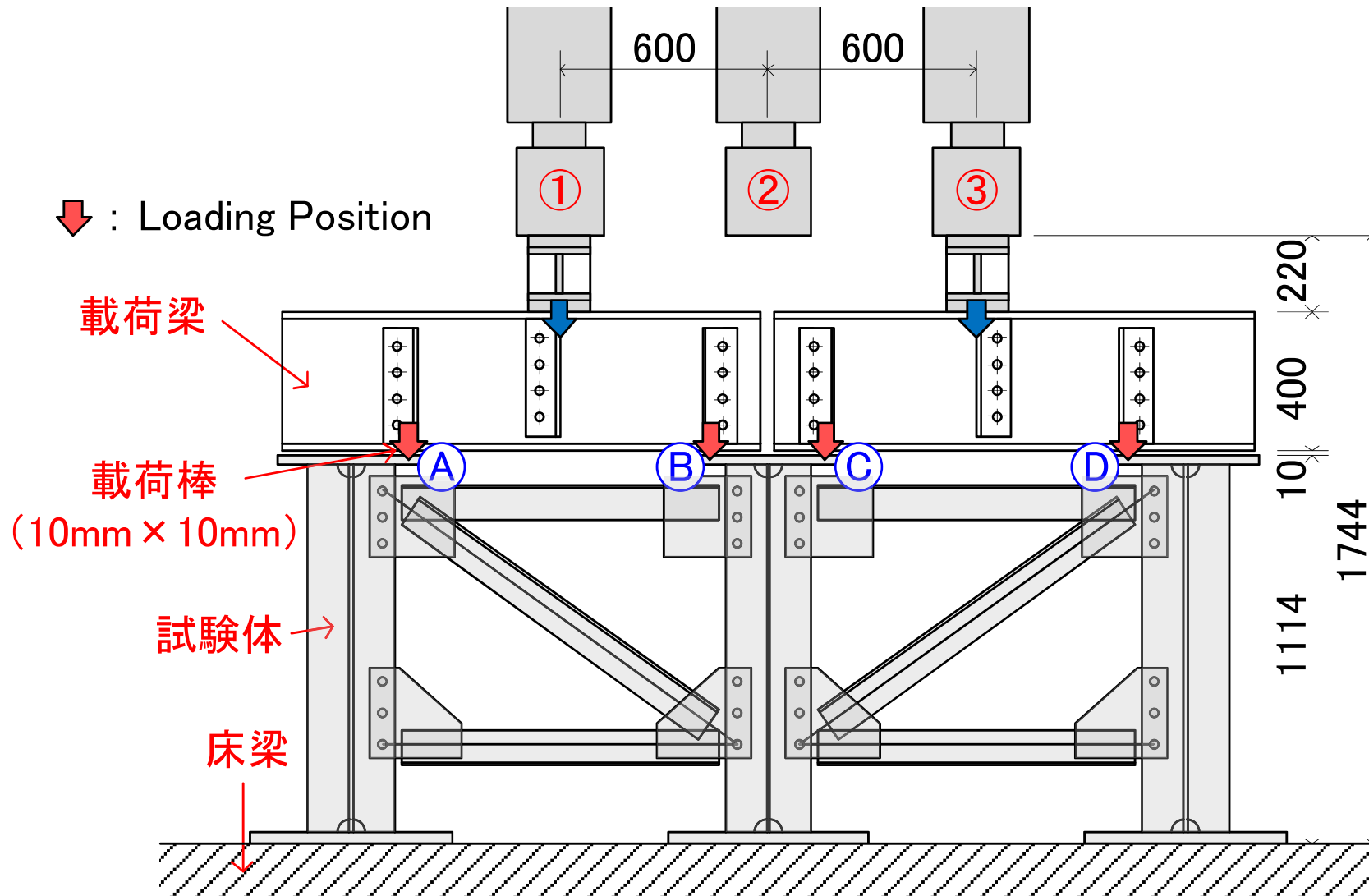
# タッピングボルト (TRS) を用いたアンゲル材工法

TRSでアンゲル材を上フランジ下面に押し付け、アンゲル材に荷重を分担させることで、補剛材にかかる荷重を低減する工法



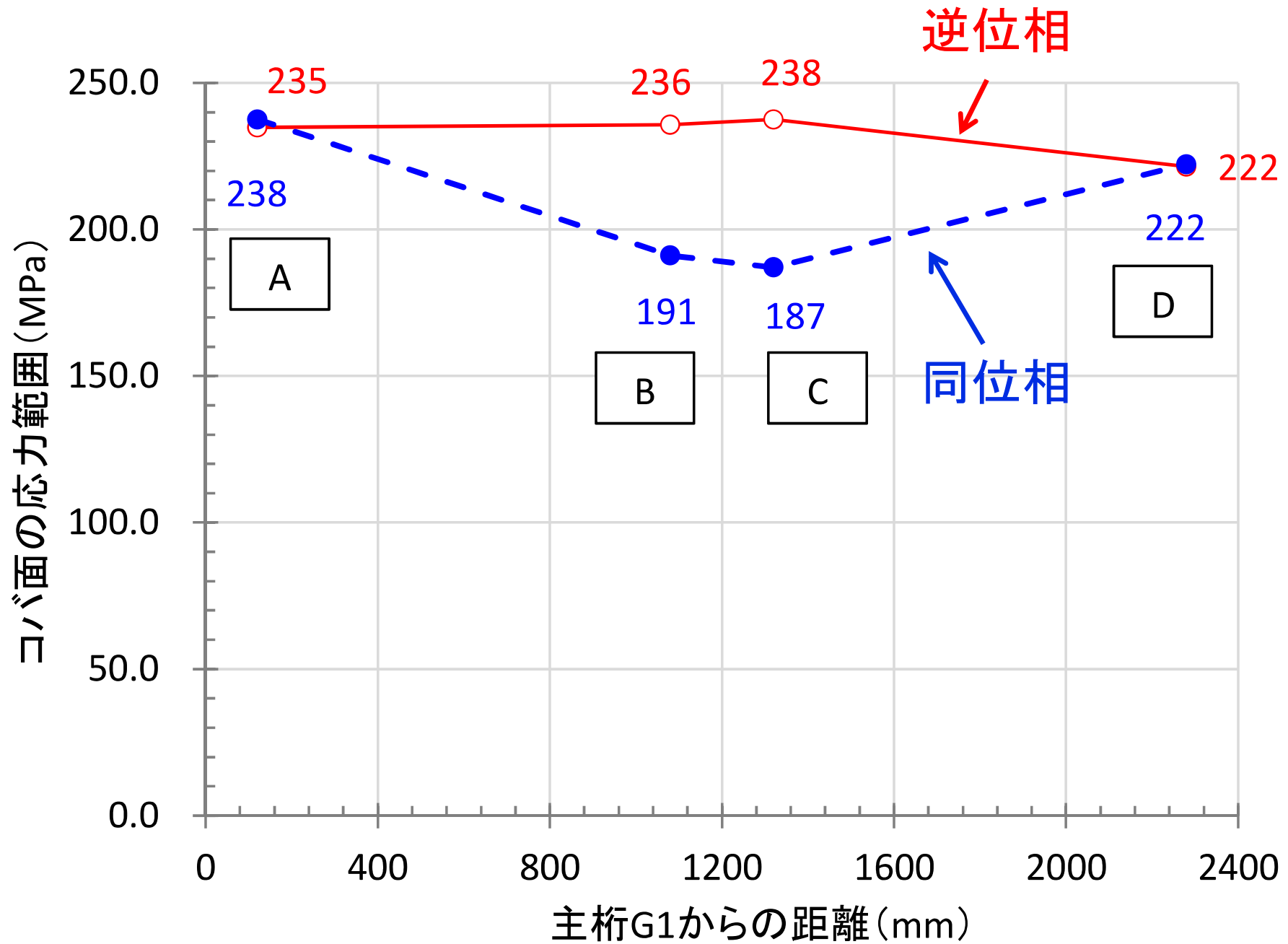
# 試験方法と載荷位置

アクチュエータを2つ使用し，逆位相載荷を行う。  
載荷荷重は $P_{min}=20kN$ ， $P_{max}=120kN$ （ $\Delta P=100kN$ ）

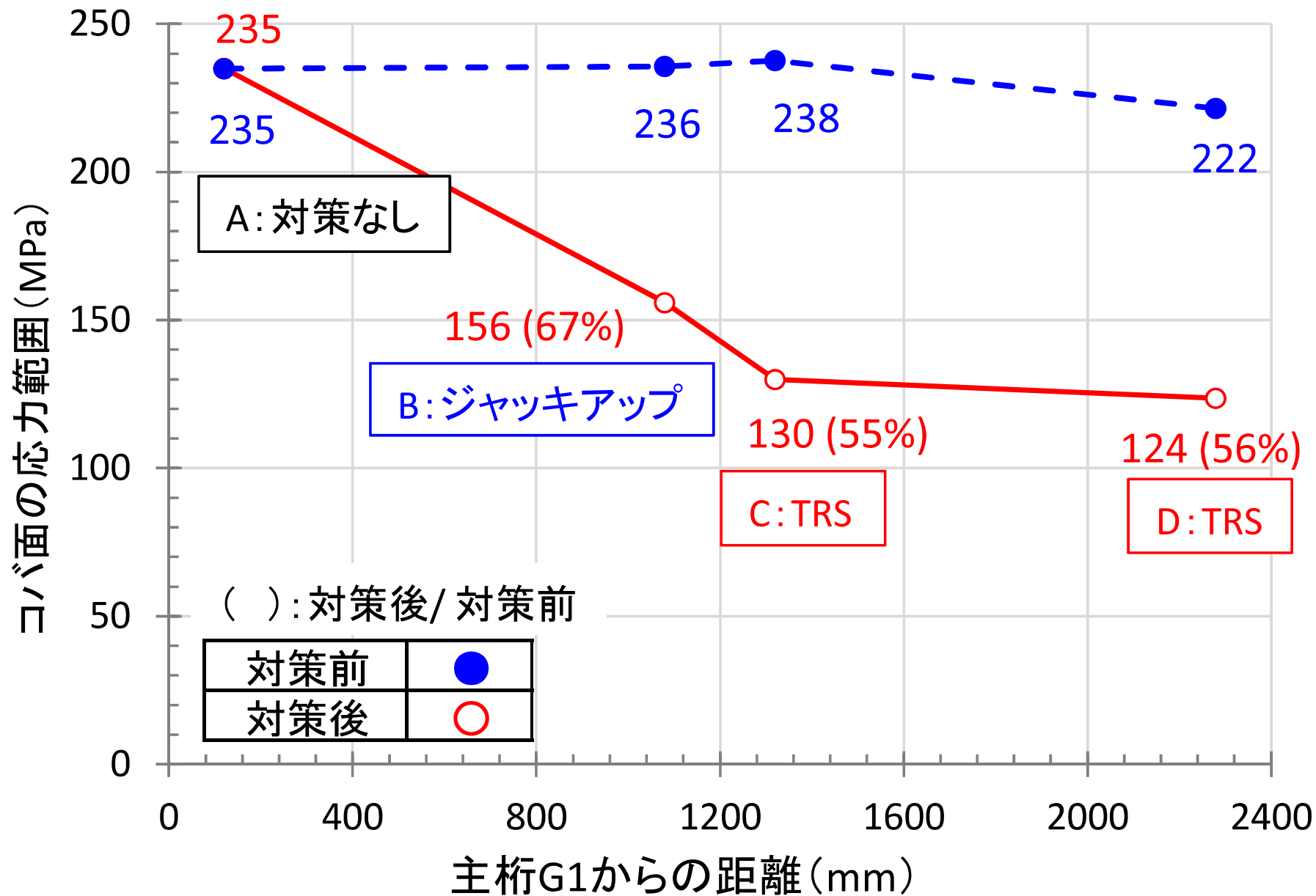


# 靜的載荷試驗結果

# 同位相载荷と逆位相载荷の比較



# 対策前後の応力の比較



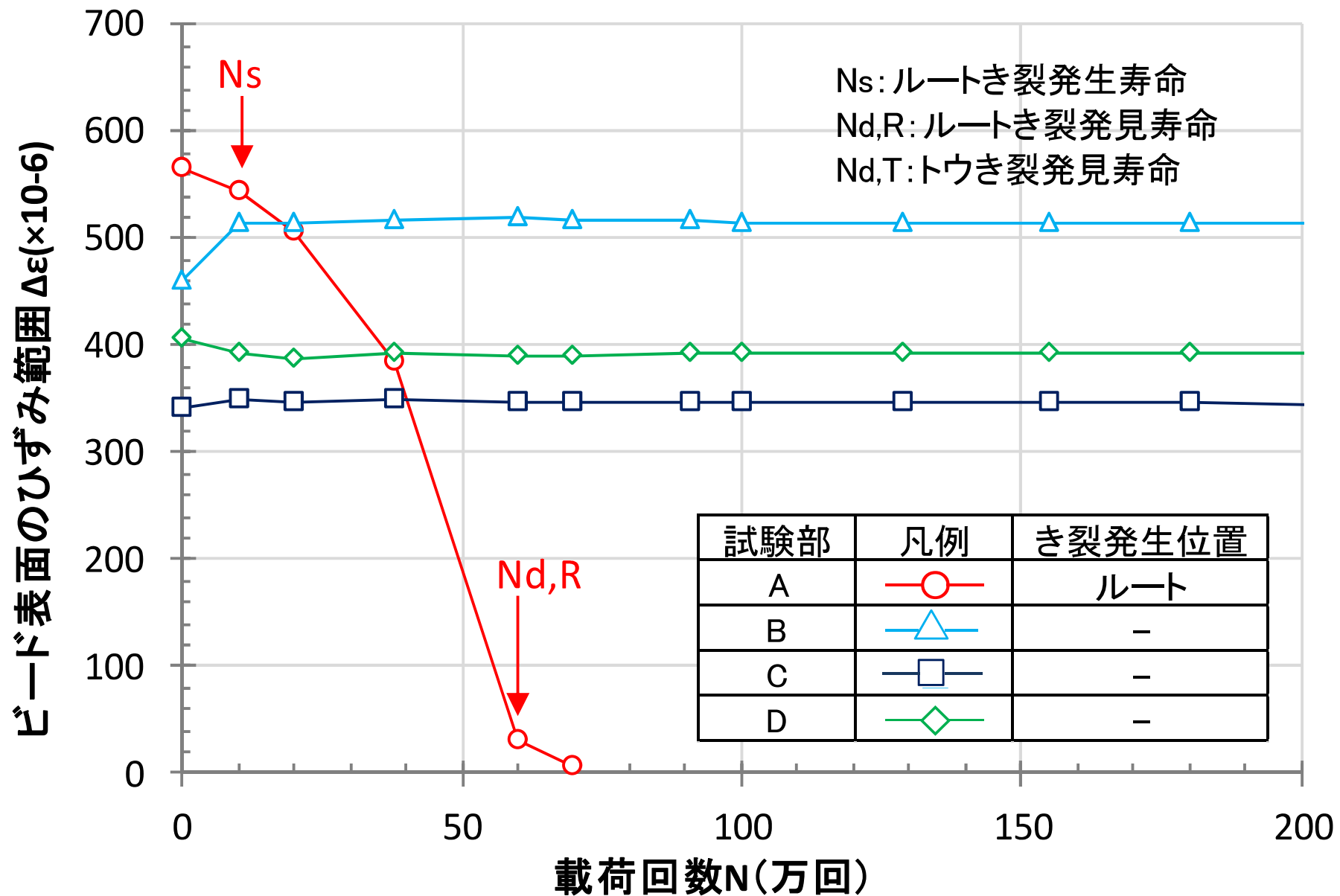
# 疲労試験結果



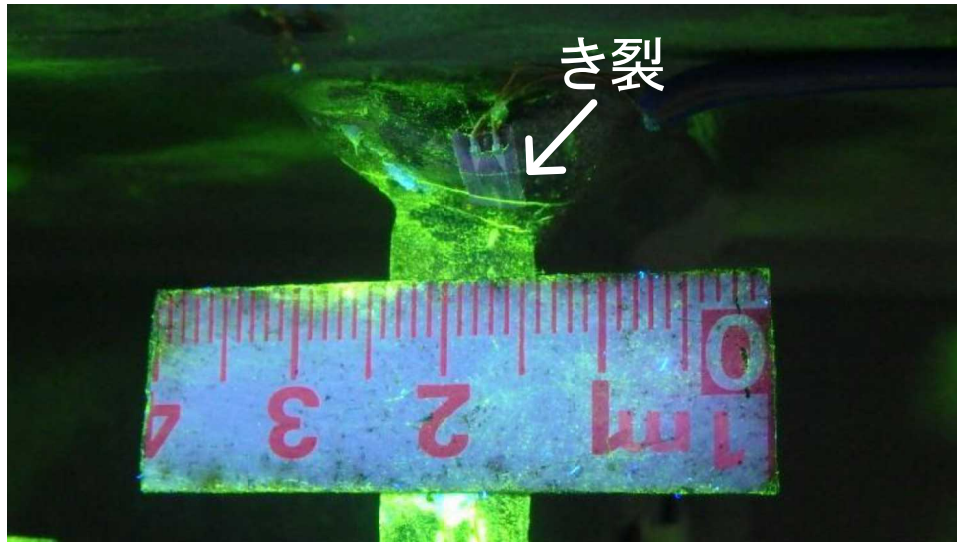
# 疲労試験ステップ

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

# ステップ1 ビード表面のひずみ変化

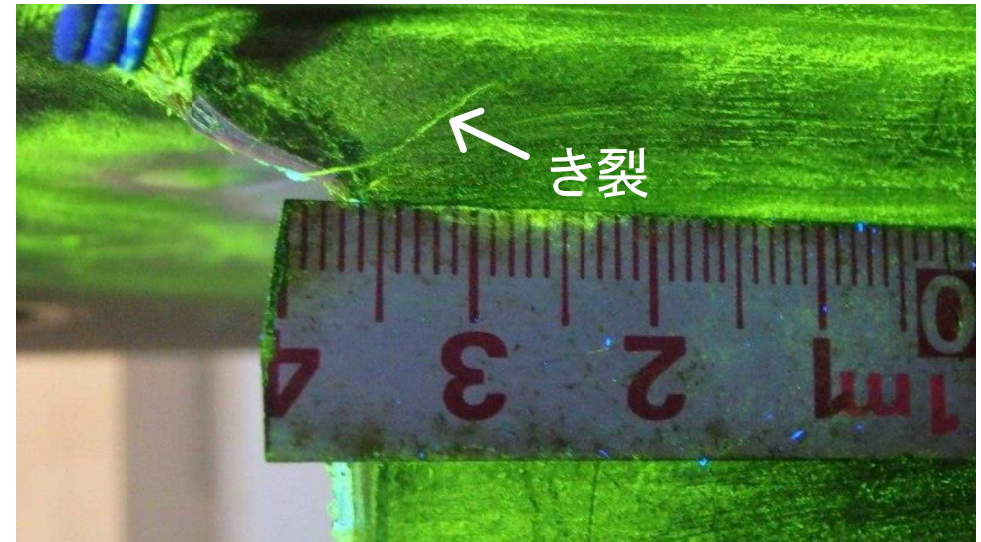


# ステップ1 き裂発生状況



試験部A  
N=60万回

試験部A: 対策なし  
10万回載荷で**き裂発生**



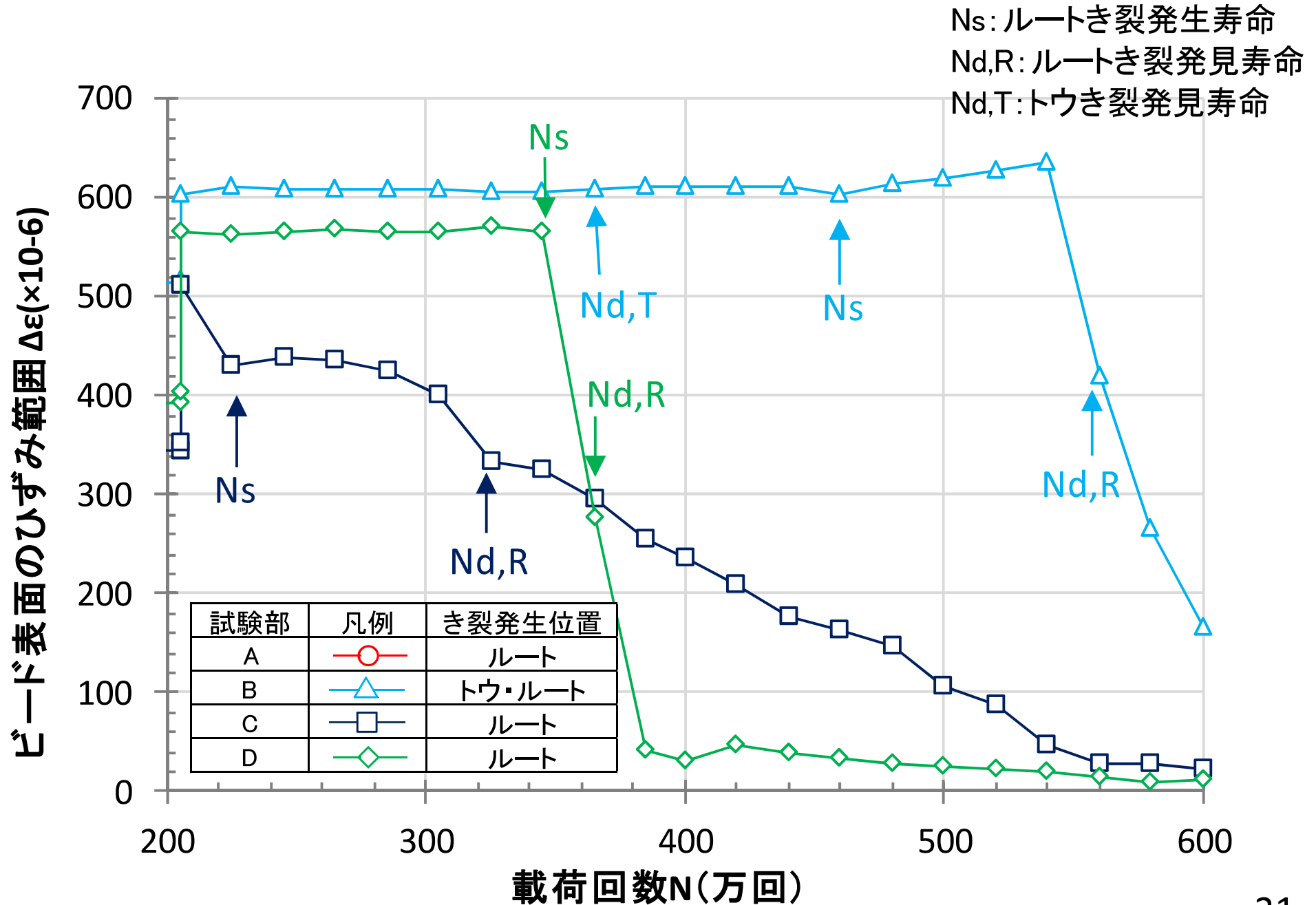
試験部A  
N=70万回

試験部B～D: 予防保全  
200万回載荷で**き裂発生せず**

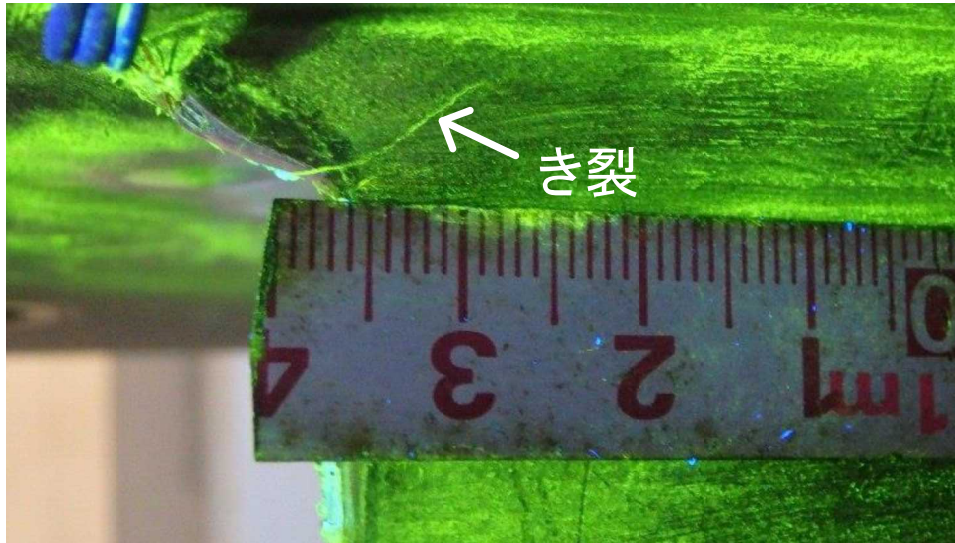
# 疲労試験ステップ

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

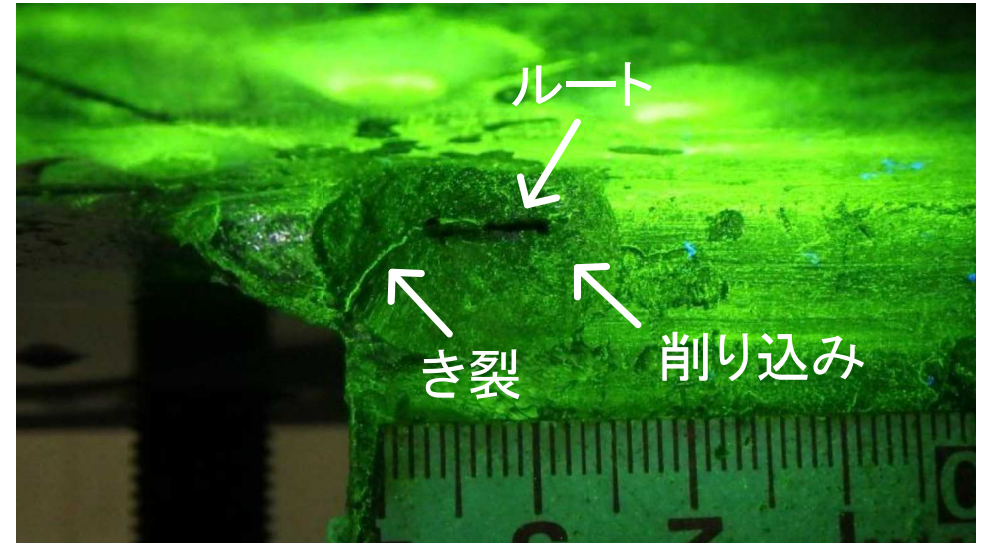
# ステップ2 ビード表面のひずみ変化



## ステップ2 事後保全対策施工状況



き裂最終 (N=70万回)



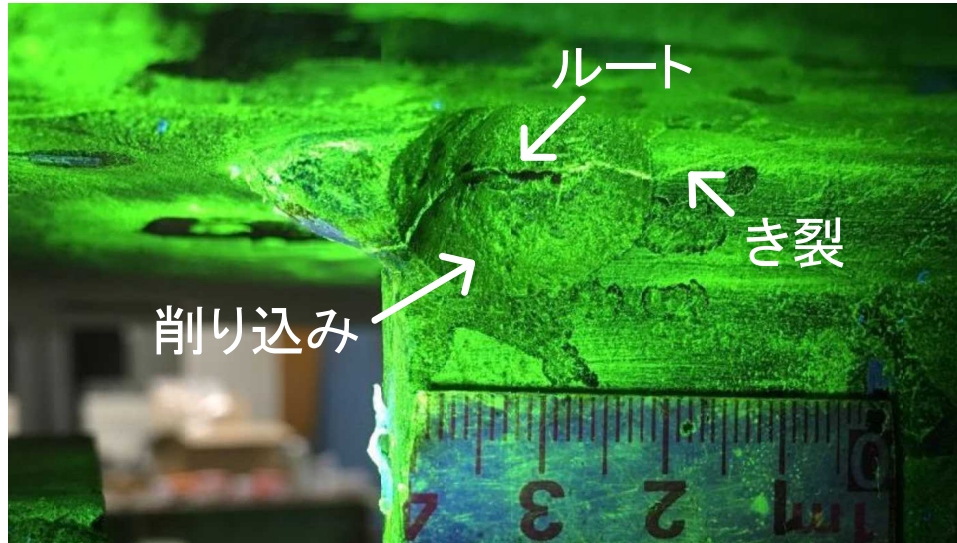
き裂先端削込



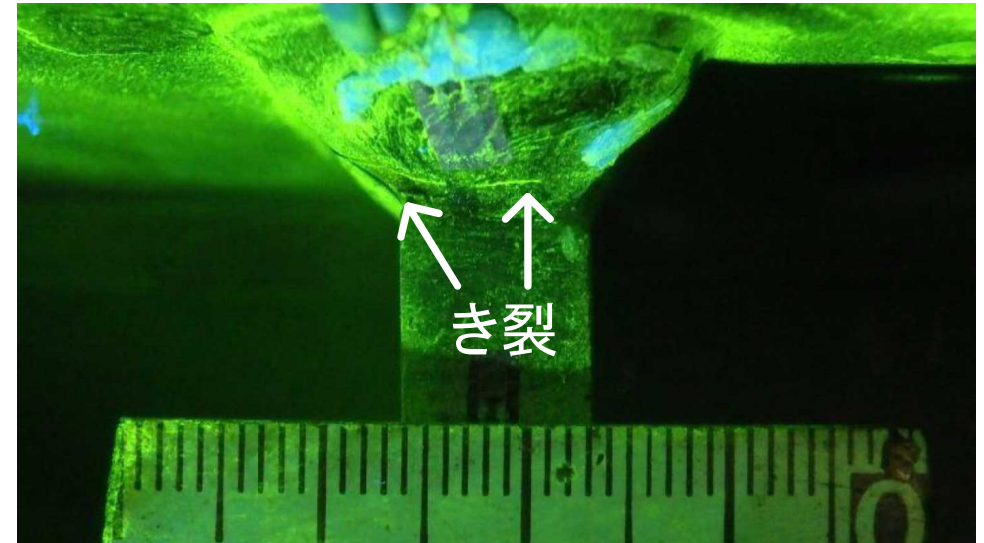
TRSによるアンゲル材取付

試験部A: 事後保全  
き裂先端削込, TRS+アンゲル材

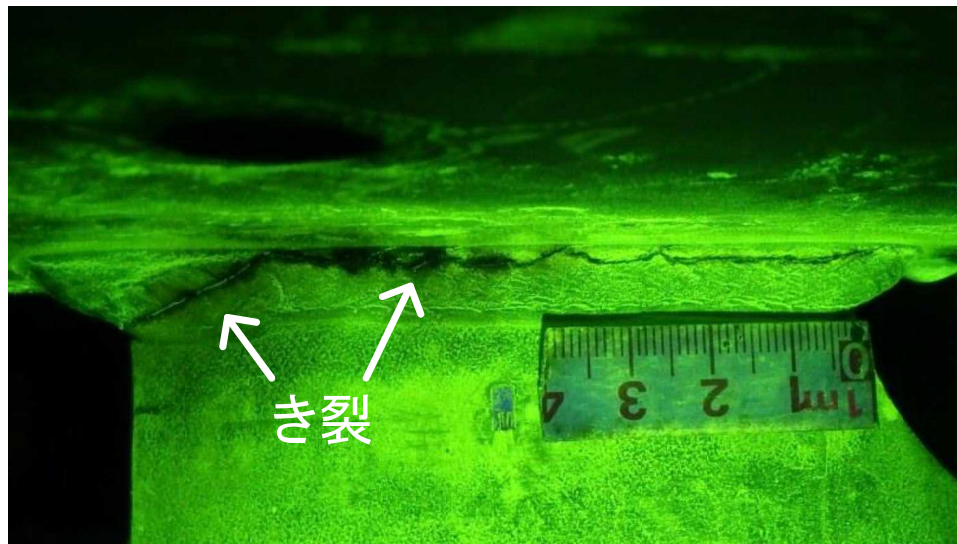
# ステップ2 き裂発生状況(疲労試験終了時)



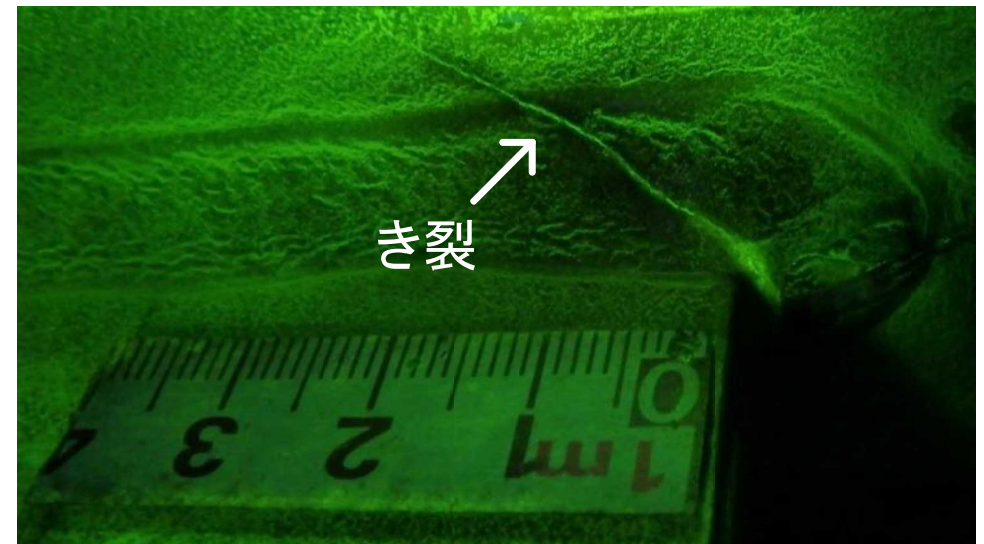
試験部A



試験部B



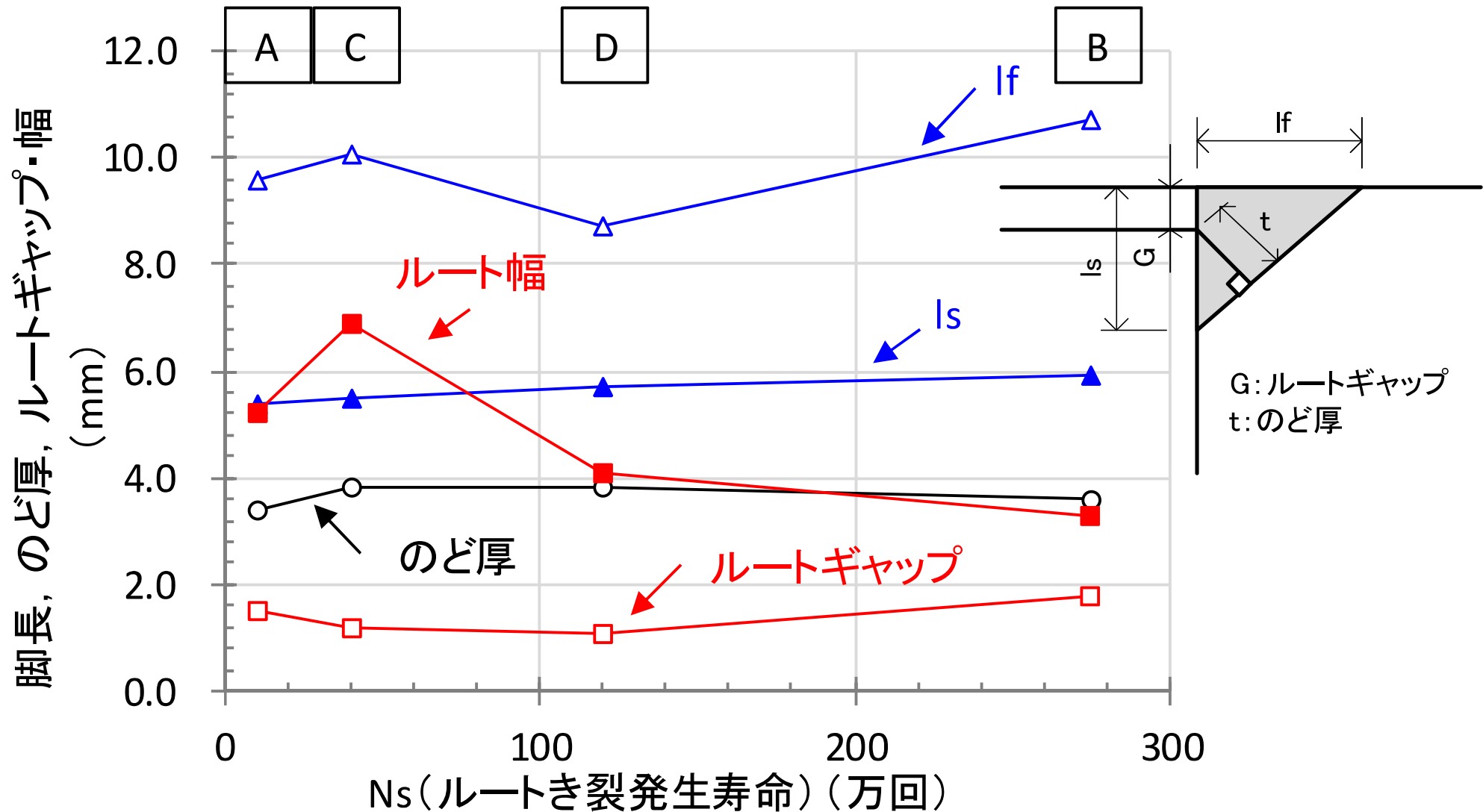
試験部C



試験部D

# 溶け込み形状の比較

If	Is	t	G	幅
△	▲	○	□	■





# 結論 <静的載荷試験結果>

## ① 載荷方法の比較

逆位相で載荷を行うことで、同位相で載荷する場合に比べて、中央の桁のき裂発生部付近の局所的な応力範囲が**2割程度大きくなった**。

実橋において走行，追越車線を車両が交互に通行する際に生じる**交番応力状態が再現できた**。

## ② 応力低減効果

ジャッキアップ治具を用いた当て板工法と、TRSを用いたアンクル材工法の両工法とも、**き裂発生部付近の局所的な応力集中を5～6割程度まで低減できる**ことが明らかになった。

# 結論 <疲労試験結果>

## ① き裂再現

10～140万回の繰り返し载荷でルートき裂が、160万回でトウき裂が発生した。なお、ルート幅が小さいほどルートき裂が発生しにくい傾向が認められた。

## ② 予防保全対策

両工法とも、200万回繰り返し载荷してもルートき裂もトウき裂も発生せず、対策なしと比べて疲労寿命が1.4～20倍以上に伸びることが明らかになった。

## ③ 事後保全対策

き裂先端を削除し、TRSでアングル材を取り付けることにより、き裂は再発したが、進展寿命は10倍以上長くなった。

# 参考文献

- 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) 小芝明弘，宮西正人，八島博昭，相田亨，宮原幸春：鋼橋の疲労損傷に対する応力低減工法の現場適用例，土木学会第58回年次学術講演会，pp.1093-1094，2003.9.
- 4) 原田英明，森猛，平山繁幸，櫻井勇人：鋼床版垂直スチフナー溶接部に生じる疲労き裂の補修・補強方法，土木学会第64回年次学術講演会，pp.269-270，2009.9.
- 5) T.Kendo, A.Koshiha, M.Sakano, T.Kamizono and H.Namiki: Reinforcing procedure for fatigue damage of stiffener ends in steel bridges, The third international conference on bridge maintenance, safety and management, Seoul, Korea, 2008.7.
- 6) 河島信義，福田誠，森野真之，坂野昌弘：RC床板鋼鈹桁橋分配横桁取合部の実橋応力測定及び疲労対策検討，鋼構造年次論文報告集第16巻，pp.471-478，2008.11.

# 参考文献

- 7) 森野真之, 福永昭彦, 坂野昌弘: 鋼鈑桁橋垂直補剛材上端部の疲労損傷対策に関する一提案, 鋼構造年次論文報告集第18巻, 2010.11.
- 8) 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, 土木学会第70回年次学術講演会講演概要集, CS6-001, 2015.9.
- 9) 楠元崇志, 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.
- 10) 鈴木博之: スレッドローリングねじで接合された継手の強度に関する実験的研究, 構造工学論文集Vol.61A, pp.614-626, 2015.3.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.