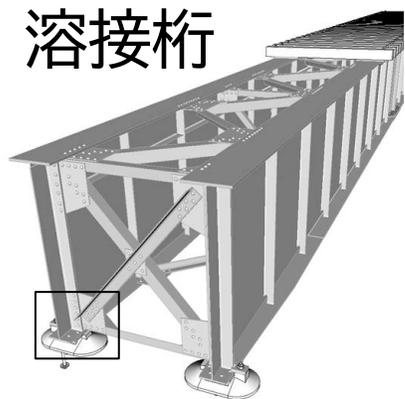
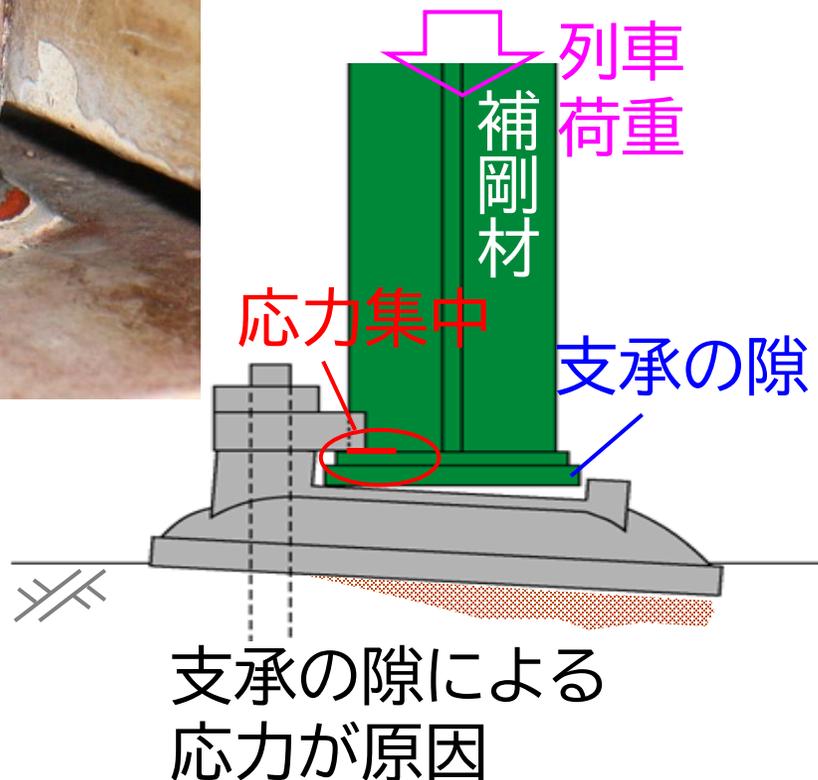


# 溶接桁の支点上補剛材の 疲労き裂に対する補強工法

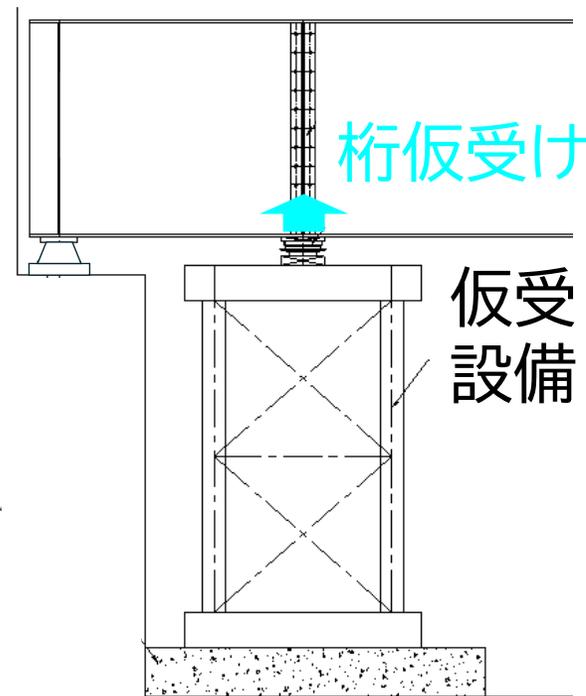
構造物技術研究部 鋼・複合構造研究室  
主任研究員 吉田 善紀

## ■支点上補剛材下端の疲労き裂



## ■疲労き裂の予防保全対策

支承の据え直し ⇒ 隙(原因)を解消



桁仮受けが必要  
⇒ 対策コスト大

- 支承の隙の状態と補剛材下端応力の関係を解明
- 桁仮受け不要な予防保全対策方法を提案

予防保全の  
低コスト化

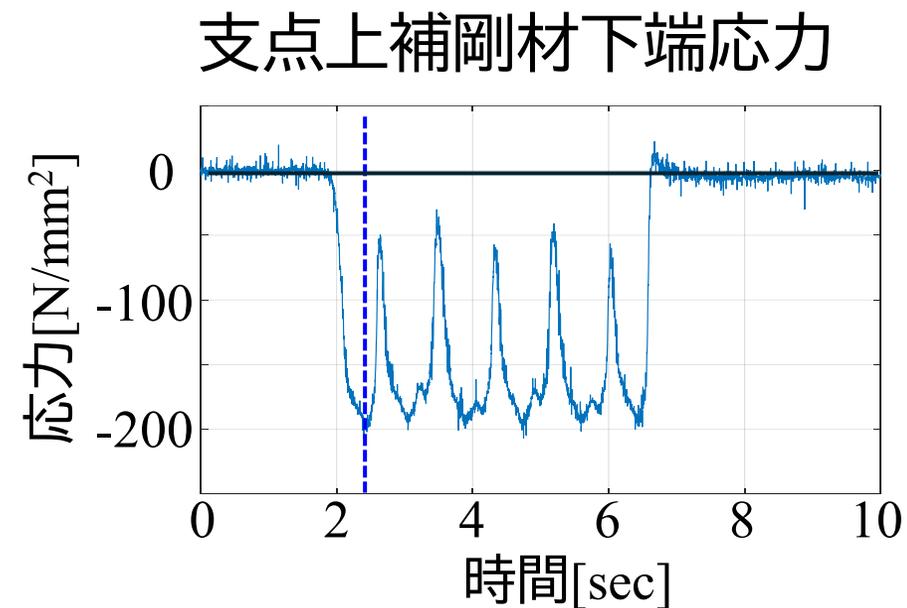
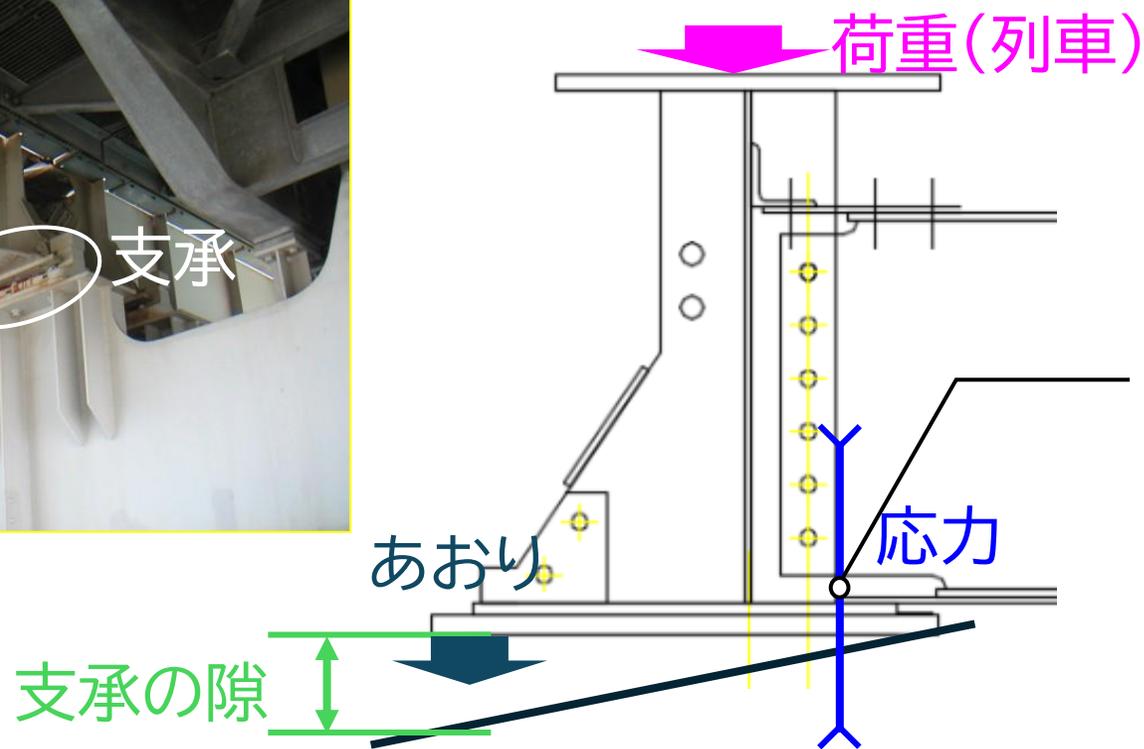
- 支承の隙と補剛材下端応力の関係解明
- 疲労き裂の予防保全対策方法
- まとめ

- 支承の隙と補剛材下端応力の関係解明
- 疲労き裂の予防保全対策方法
- まとめ

# 支点上補剛材下端の応力性状

## ■列車通過時応力の実橋測定

対象：吊橋の軌道桁

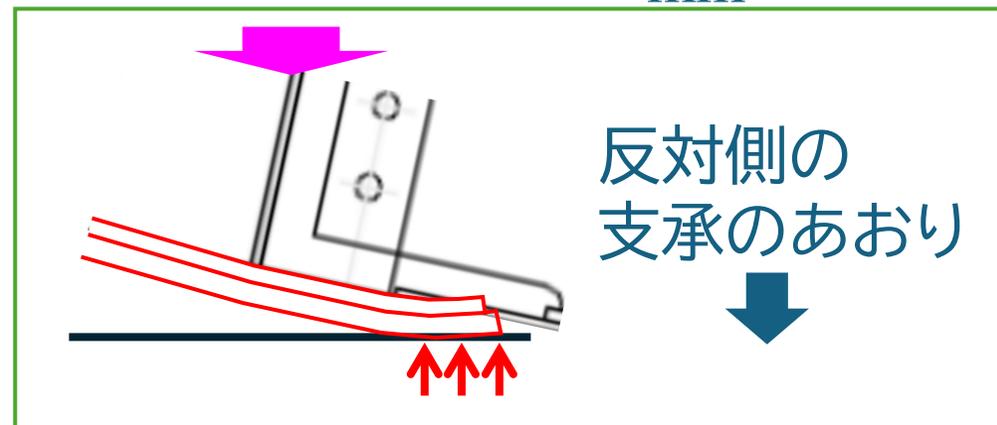
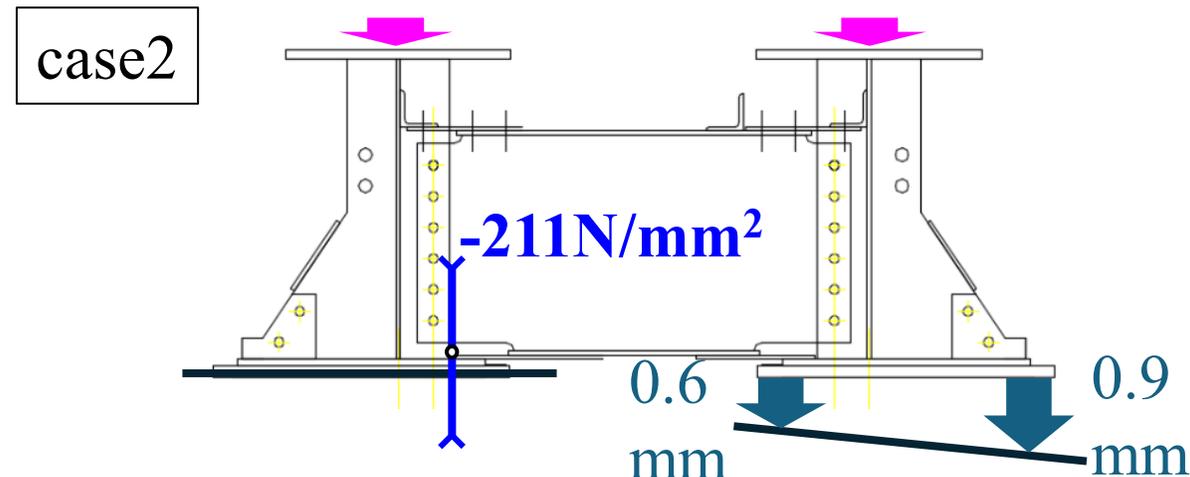
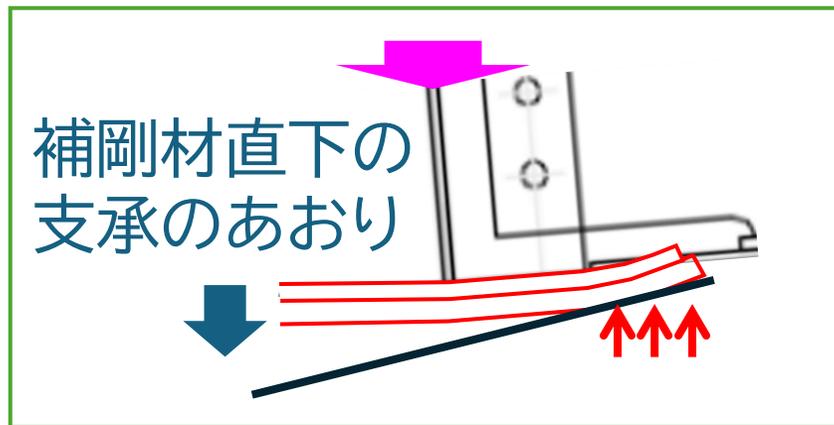
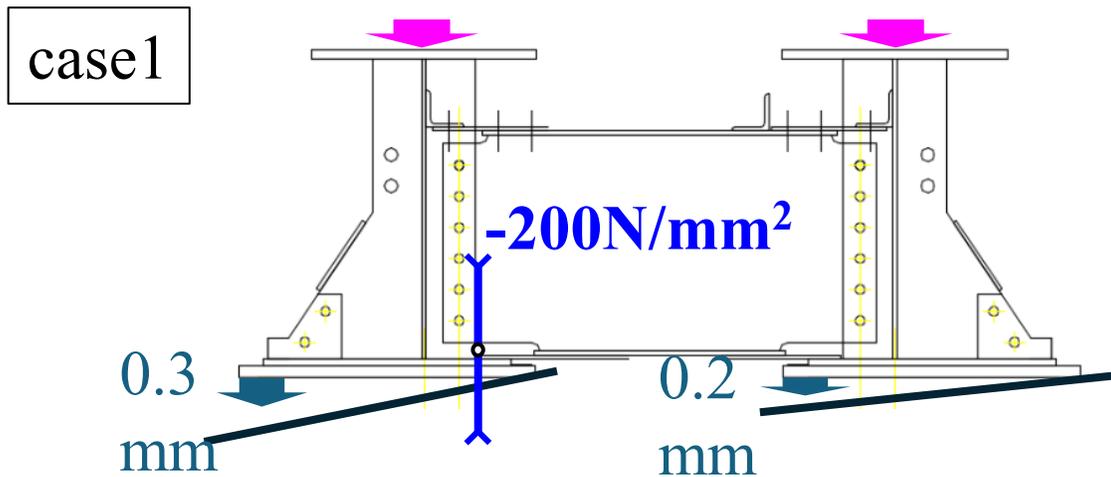


支点反力に応じて発生

支承の隙により列車通過時の反力が集中して補剛材下端に高応力

# 支点上補剛材下端の応力性状

## ■高応力箇所の支承の隙(あおり)の状態



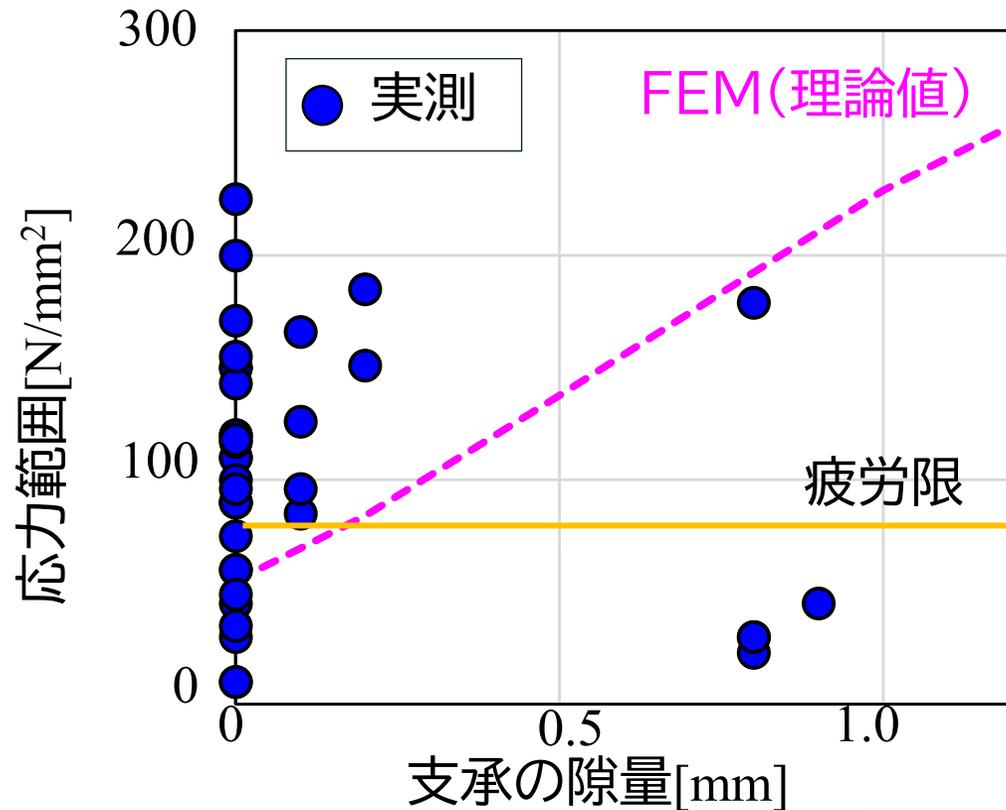
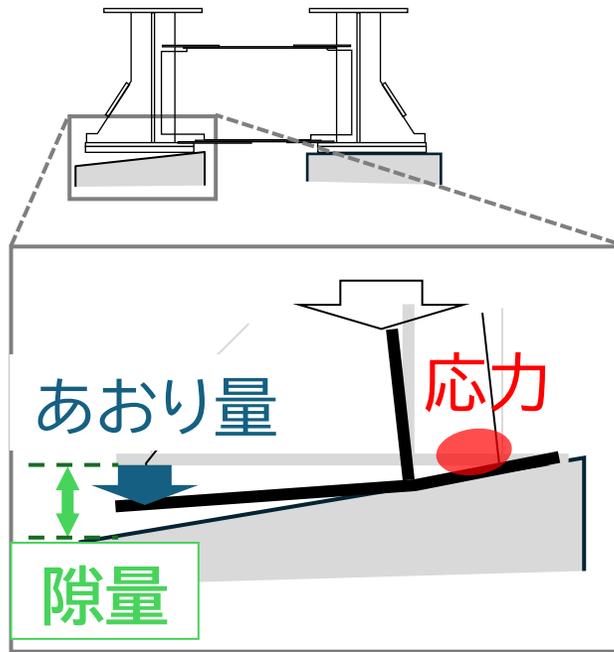
いずれも補剛材下端に局所的な曲げ

直下の支承や反対側の支承の隙(あおり)によって応力発生

# 支承の隙量－支点上補剛材下端応力の関係

従来の管理項目である**支承の隙量**について応力との関係を調査

→実橋で隙間ゲージにより測定した隙量と列車通過時に測定した応力を比較



実際の隙量と測定結果に差がある可能性

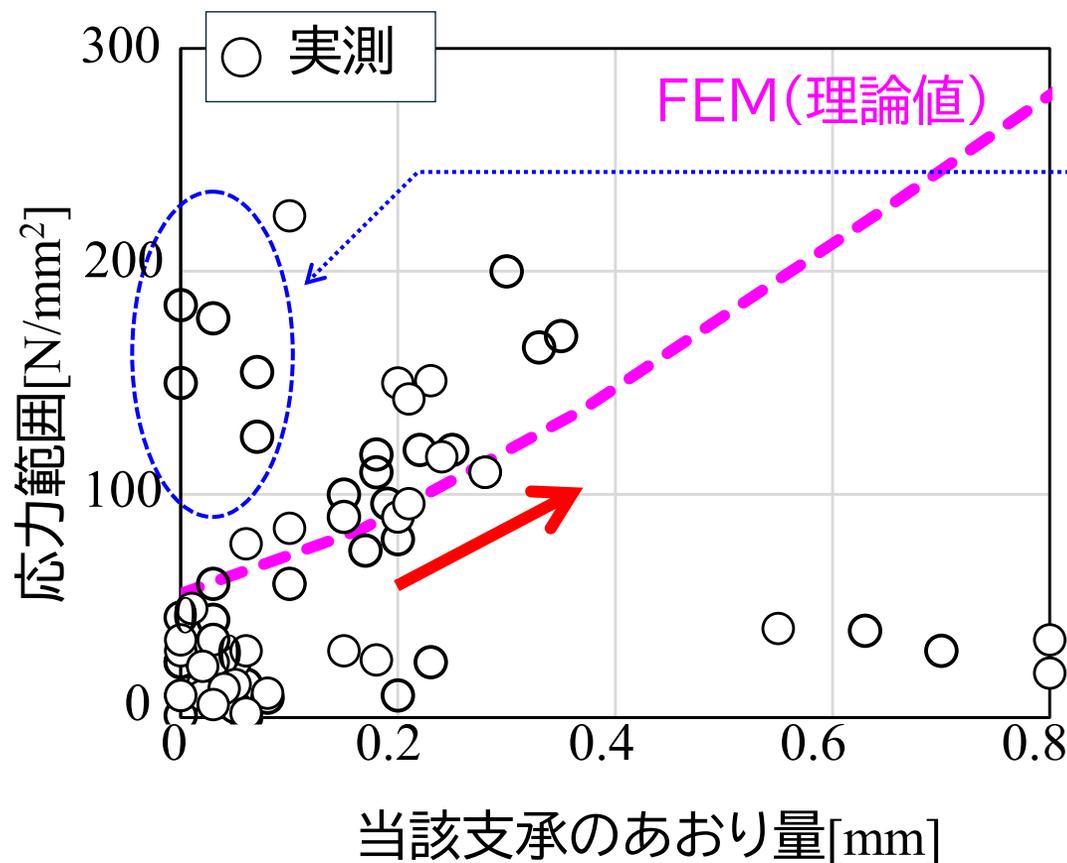
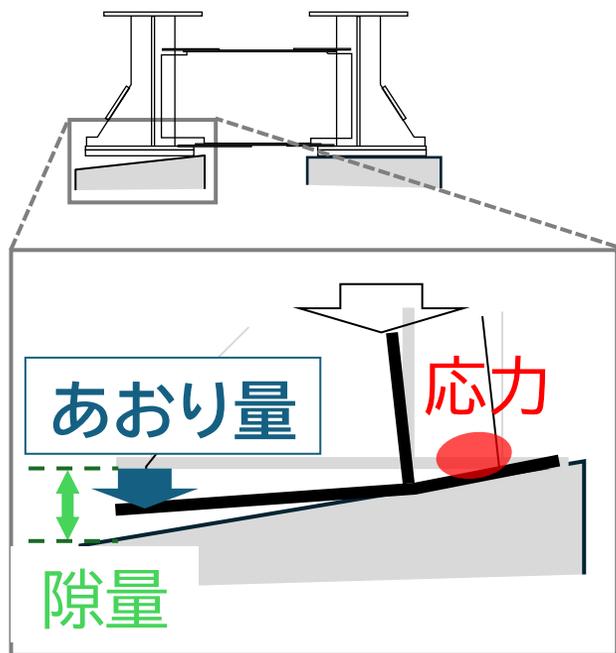
- 理論: 隙量の大きい箇所では応力大
- 実測: 隙が測定されなかった箇所でも応力大



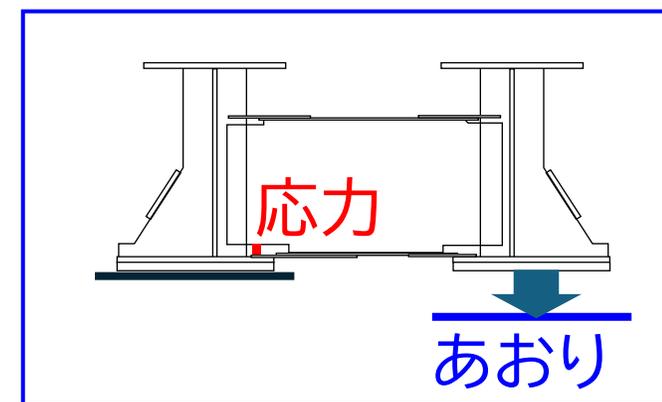
支承の隙量を十分な精度で把握するのが難

# あおり量－支点上補剛材下端応力の関係

支承の隙量と相関があるあおり量に着目し応力との関係を調査



反対側の支承にもあおりがあると応力大



直下の支承と反対側の支承の両方のあおり量で応力が変化

# 簡易測定による応力の推定

隙量やあおり量から応力を求めるのが難

→簡易な測定で応力を推定する方法も検討

## ■応力測定手法

歪ゲージ [従来] 数十分



歪ゲージ

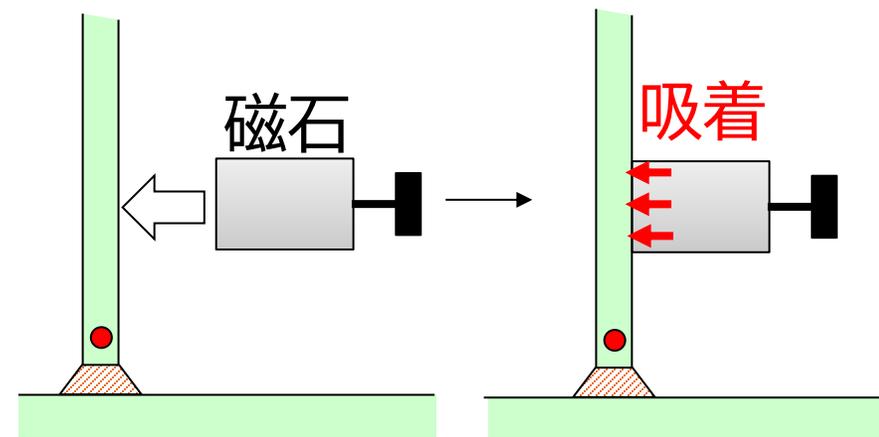
塗膜除去, ゲージ貼付け等に時間を要する

応力聴診器 [提案] 数分



磁石  
ゲージ

磁石の吸着を利用し  
短時間で設置可能



[課題]

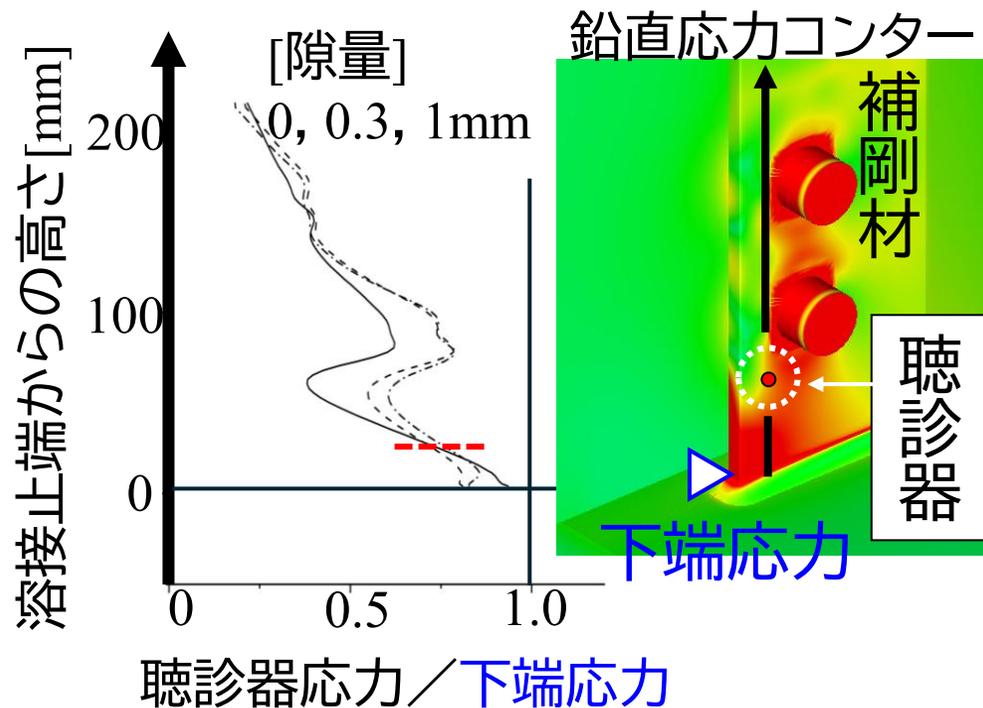
吸着面積が必要  
→補剛材側面で下端応力推定

応力聴診器により補剛材下端応力を推定するための測定位置を選定  
→実橋での測定により推定精度を検証

# 応力聴診器を用いた補剛材下端応力の推定精度検証

## ■ 応力聴診器の測定位置

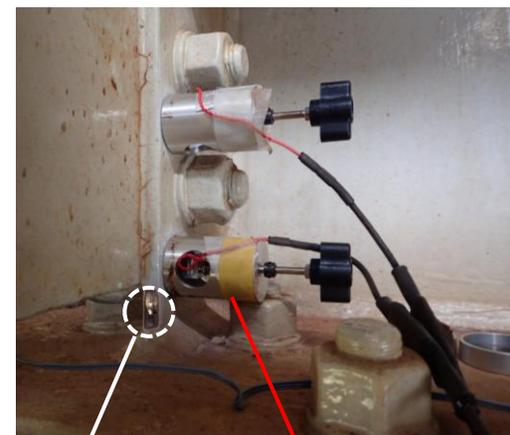
隙条件を変えて2点の応力割合比較



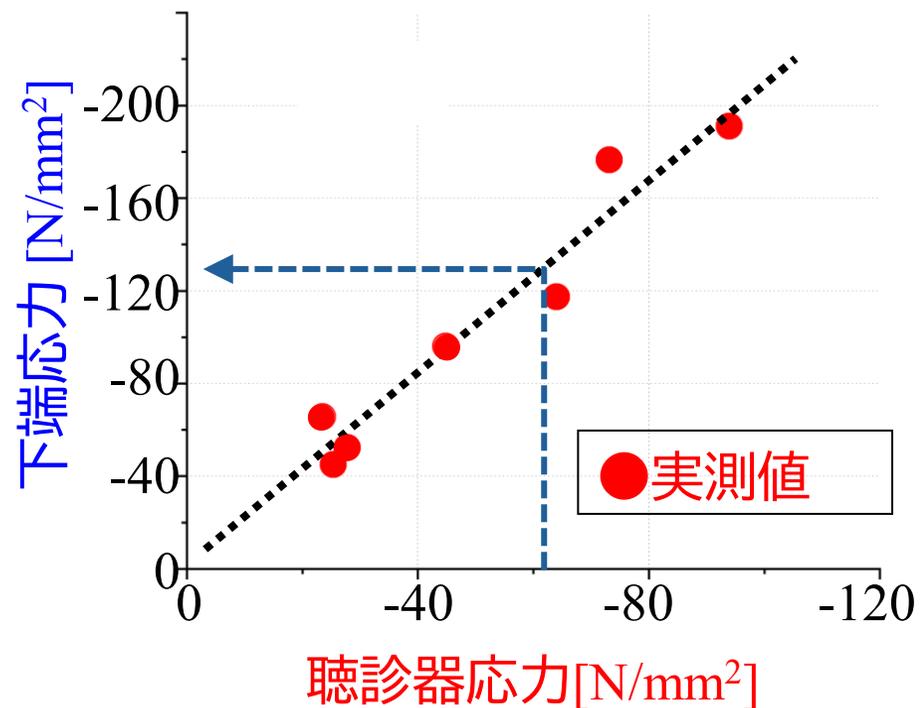
ばらつきが少ない測定位置選定

## ■ 実橋測定による推定精度検証

複数支点部で聴診器と下端応力の相関性評価



下端応力 聴診器



聴診器応力(側面)と下端応力の相関あり

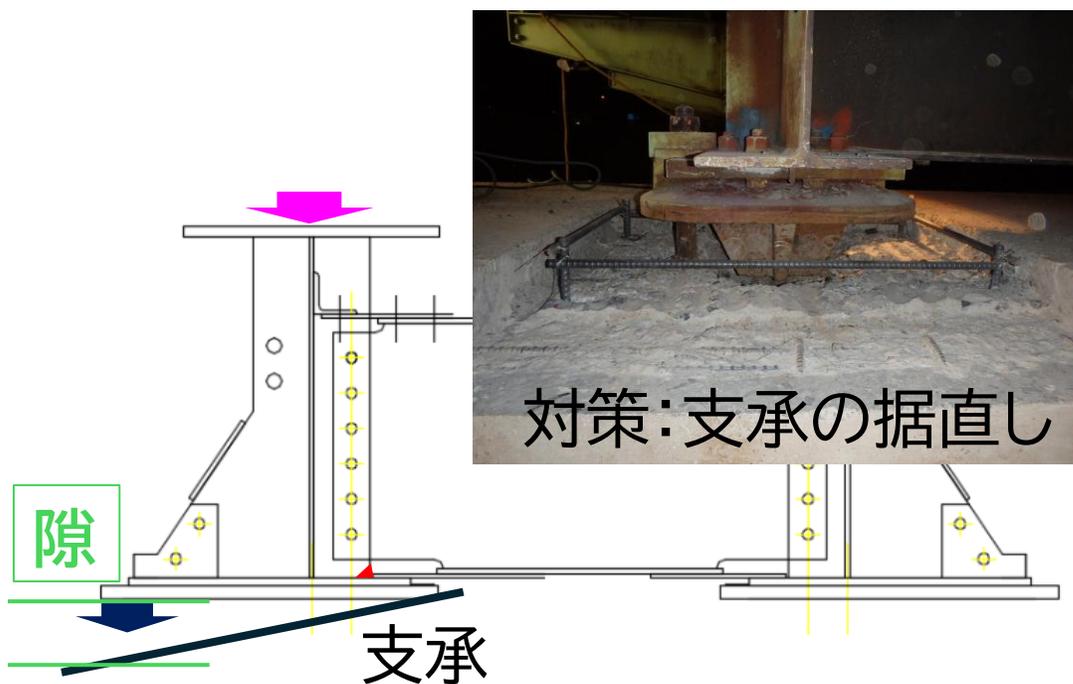
補剛材下端の局部応力を応力聴診器を用いた簡易測定で推定可

- 支承の隙と補剛材下端応力の関係解明
- 疲労き裂の予防保全対策方法
- まとめ

# 支点上補剛材下端の予防保全における課題

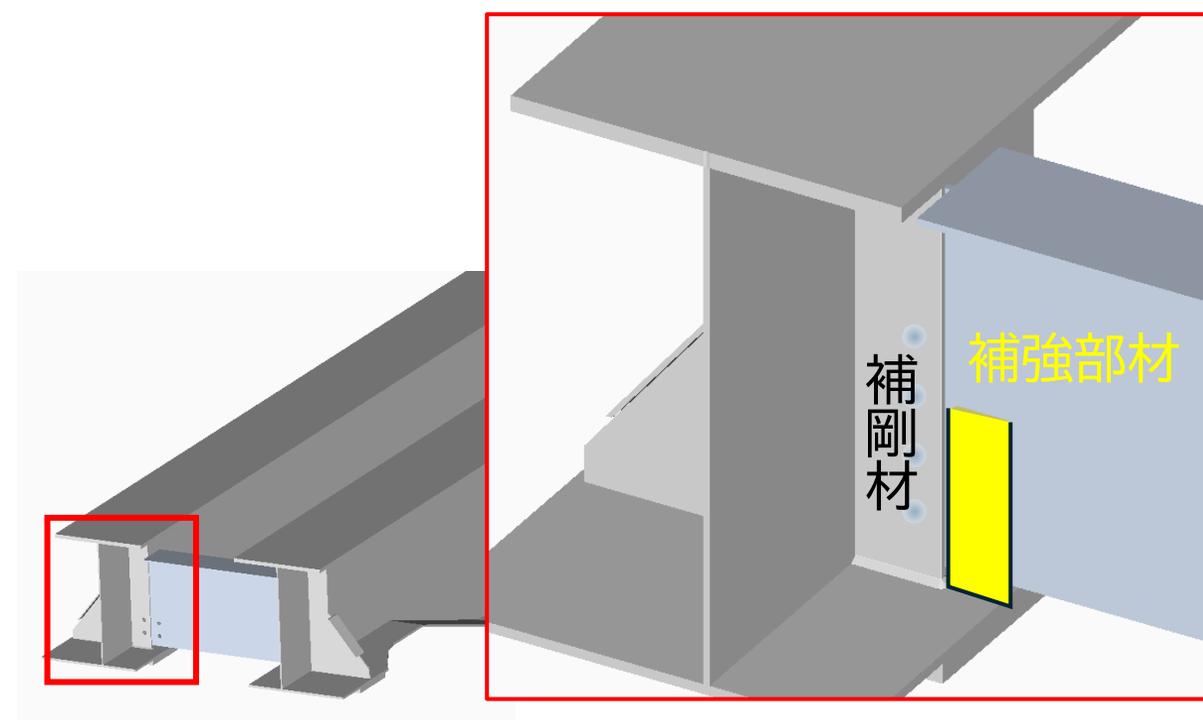
## ■ 予防保全対策方法

応力集中原因である支承の隙を解消



桁仮受けが必要となりコスト大

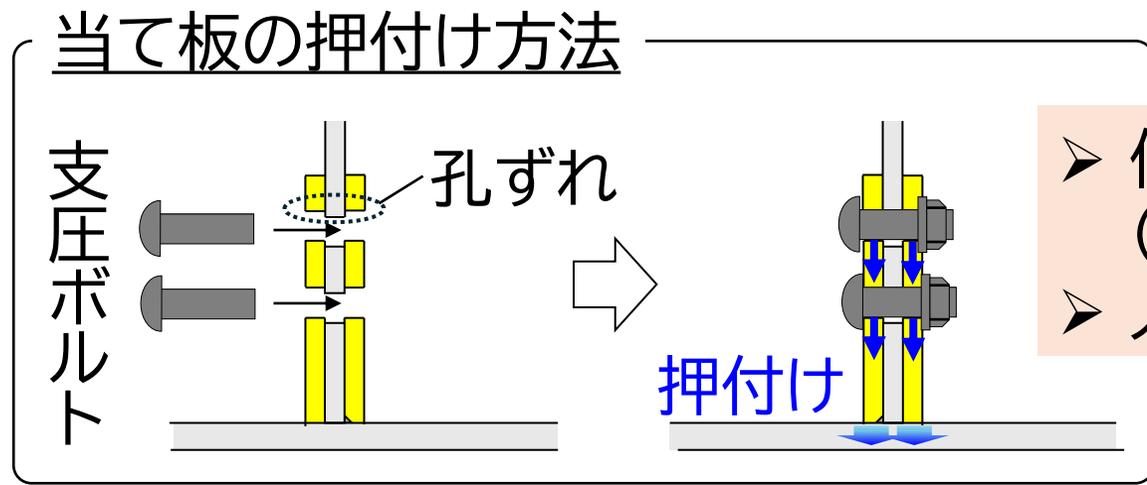
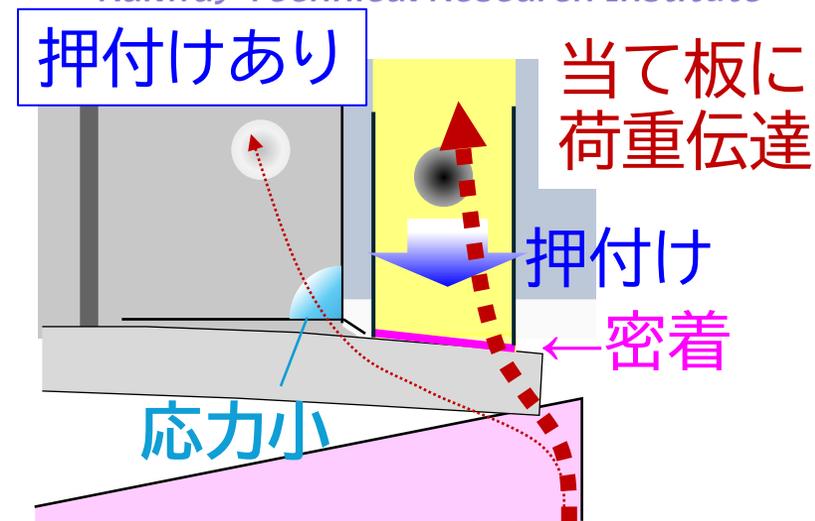
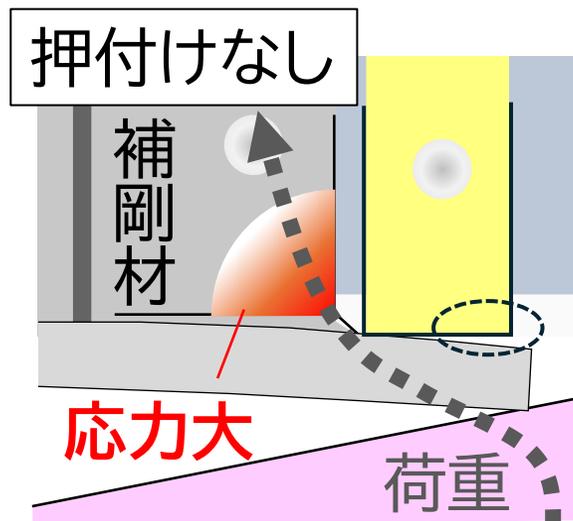
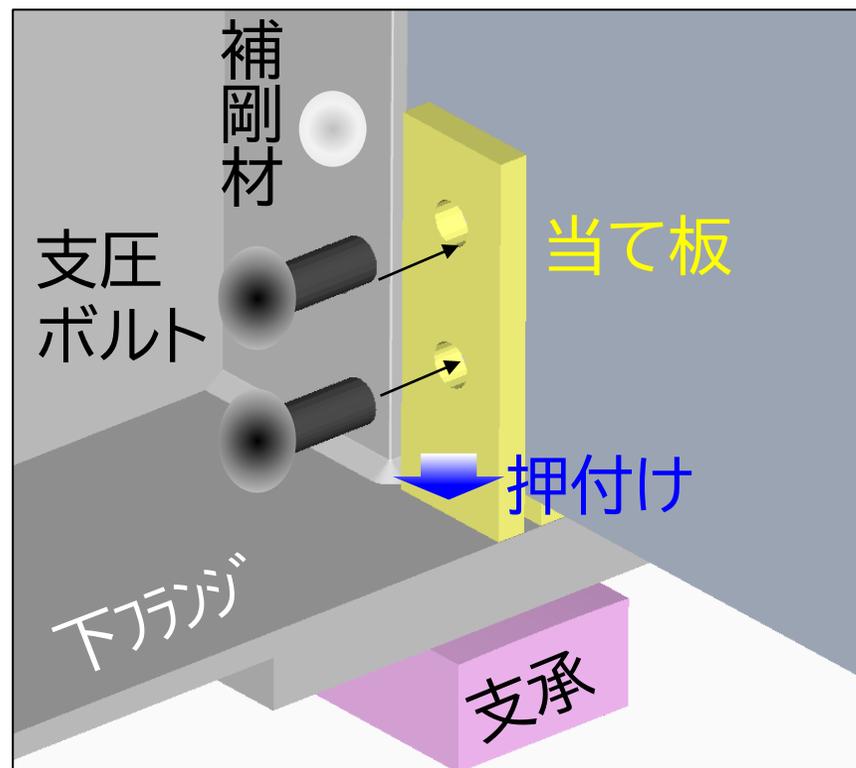
補剛材下端への補強部材設置



桁仮受けせずに施工可能(対策コスト:小)

桁上面からの補強により応力低減を図る

# 提案する補強工法の概要



- 低コスト (仮受け不要)
- 人力施工可

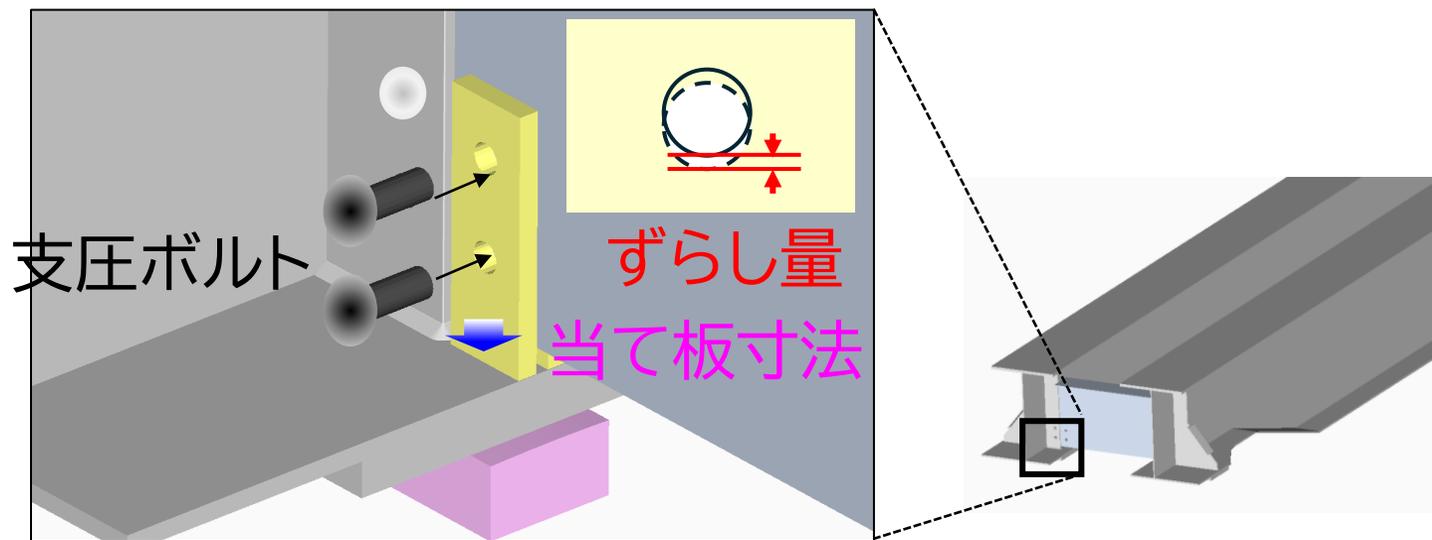
支圧ボルトを用いて当て板を押付けて下フランジに密着  
⇒ 支承からの反力を当て板で分担させることで応力低減

# 補強工法の開発に向けた検討概要

## 支点上補剛材下端の補強に用いる当て板仕様選定

当て板の仕様と応力低減効果の関係を載荷試験により評価

- －支圧ボルト孔のずらし量
- －当て板寸法
- －支圧ボルト本数



## 補強工法の効果検証

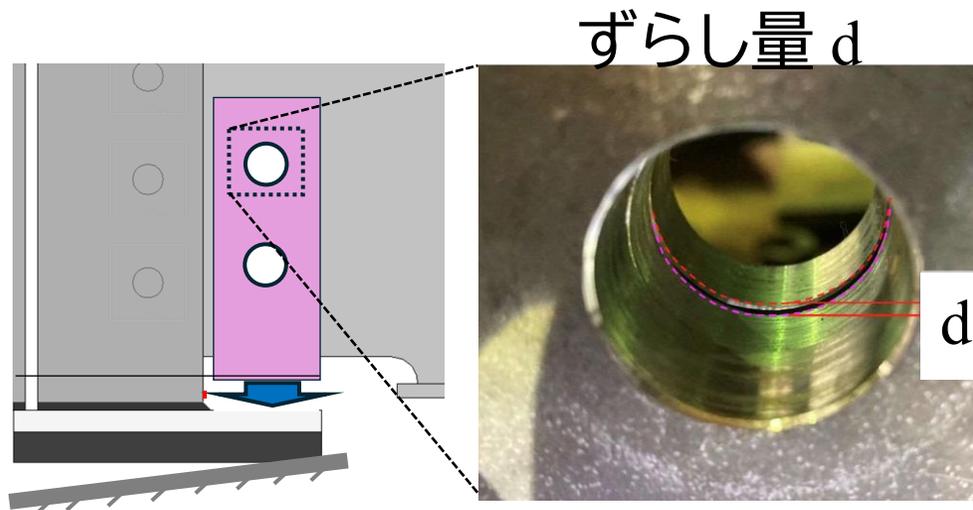
- －実橋での当て板施工性
- －当て板施工による応力低減効果
- －効果の持続性

実橋施工, 載荷試験により検証

補強に用いる当て板の仕様選定 → 補強工法の効果検証

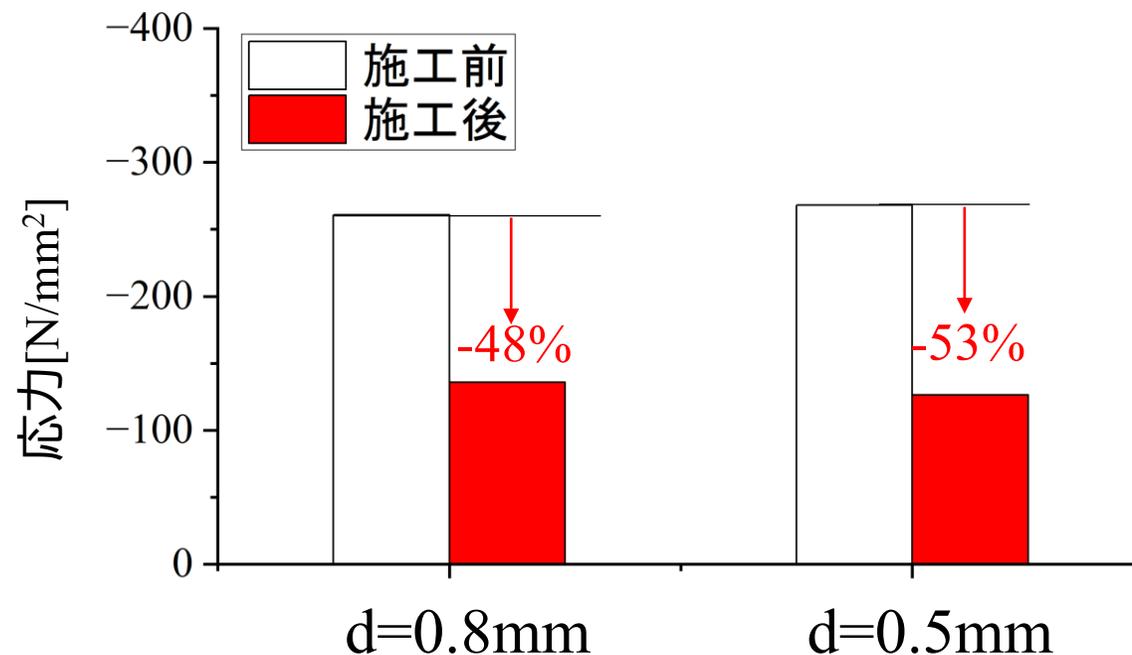
# 支圧ボルト孔のずらし量の検討

ずらし量が異なる条件で試験体に当て板施工



ずらし量  $d$  の大きい方が  
当て板の押し付け強さ大

## ■ 施工前後の補剛材下端応力



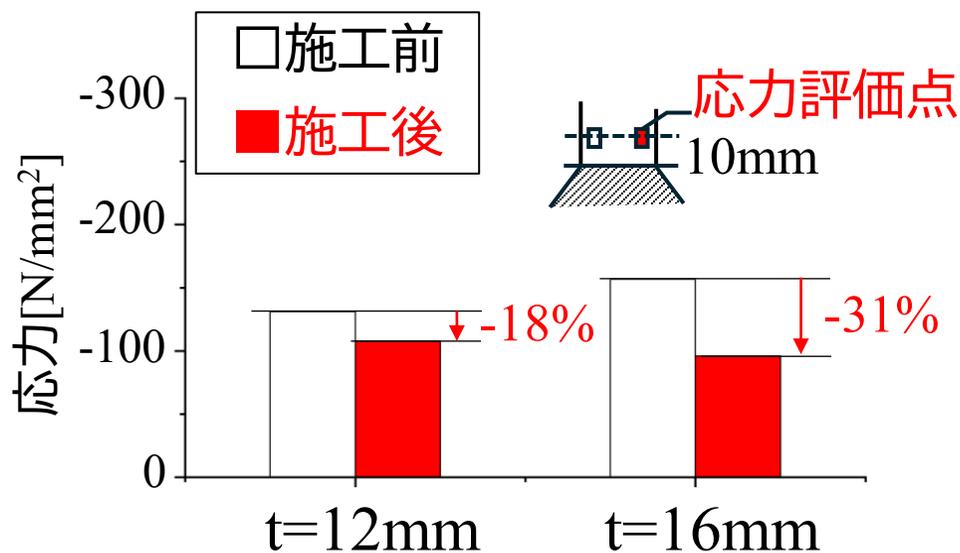
応力低減割合はずらし量大きくしても増加せず

ずらし量は**施工性がよいもの**を選定

# 当て板寸法の検討

## ■ 当て板板厚の影響

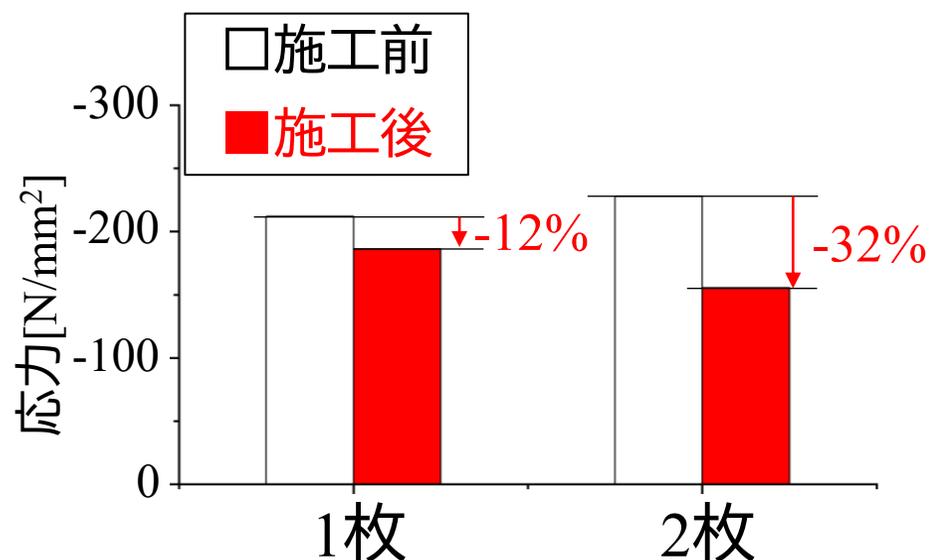
施工前後の補剛材下端応力を  
板厚12mm, 16mmで比較  
(枚数は2枚で一定)



板厚大きい方が応力低減大

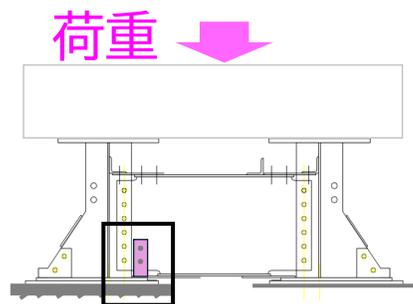
## ■ 当て板枚数の影響

施工前後の補剛材下端応力を  
1枚(片面), 2枚(両面)で比較  
(板厚は16mmで一定)

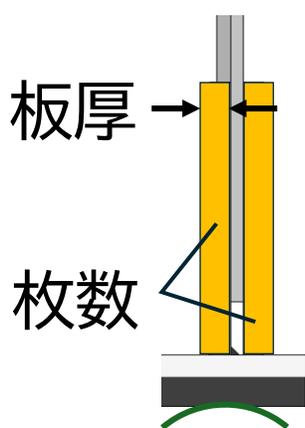


2枚の方が応力低減大

当て板は底面積の大きいものを使用



隙量: 0mm



# 実橋での当て板施工性

## ■実橋施工状況

### 当て板仕様

- ・板厚16mm
- ・枚数 2枚



### 作業工程

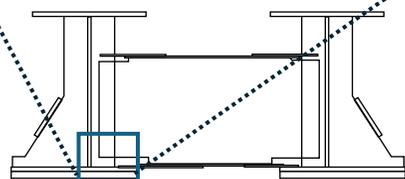
- ・準備作業 : 1~1.5時間
- ・ボルト孔あけ : 0.5時間
- ・支圧ボルト施工 : 0.5時間

桁端部の狭隘環境において短時間で施工可能

# 当て板施工による応力低減効果

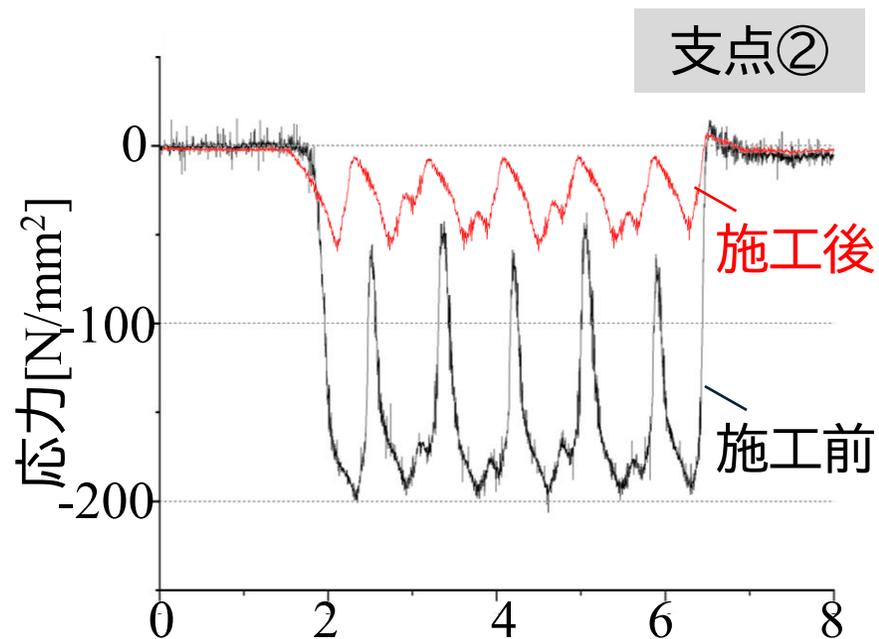
## ■ 当て板施工前後の補剛材下端応力

実橋施工状況

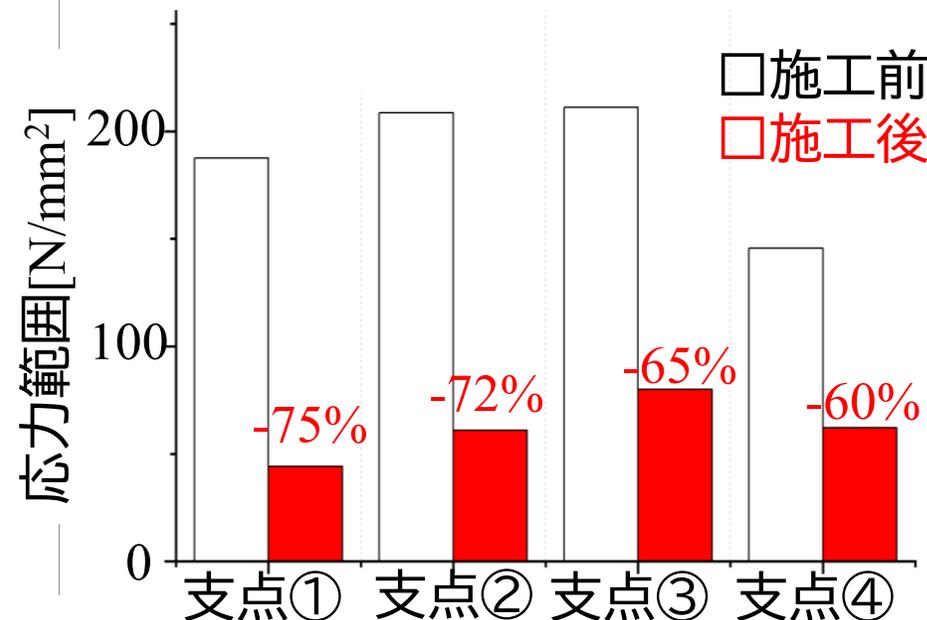


- 板厚 16mm
- 枚数 2枚

列車通過時応力波形



補剛材下端の応力範囲[4箇所]



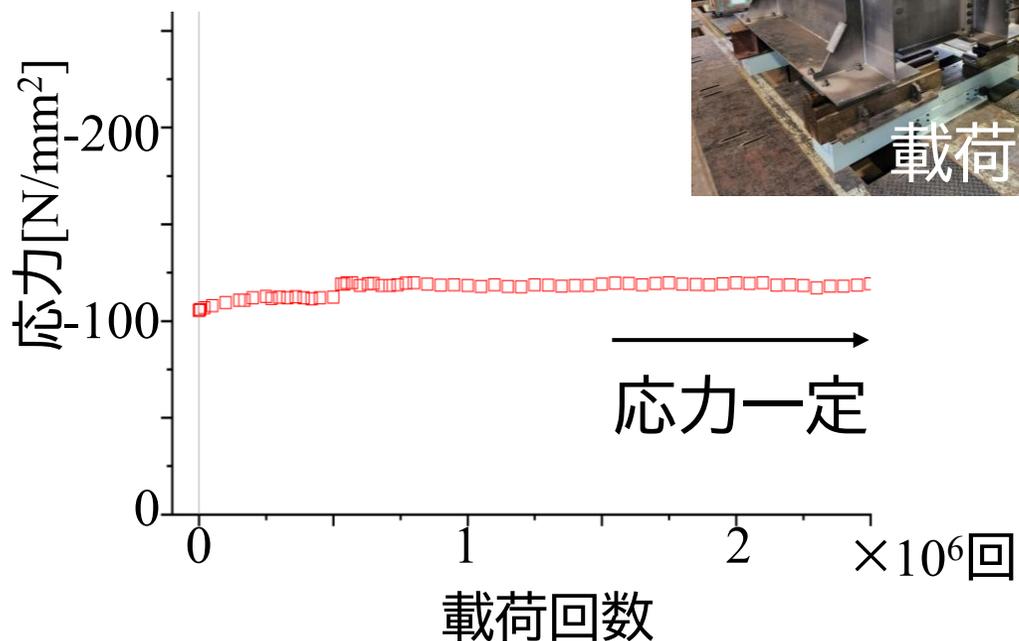
いずれも施工後に応力範囲が減

支承の間がある支点上補剛材下端の応力を約6割低減

# 効果の持続性

## ■実物大試験体の繰返し载荷試験

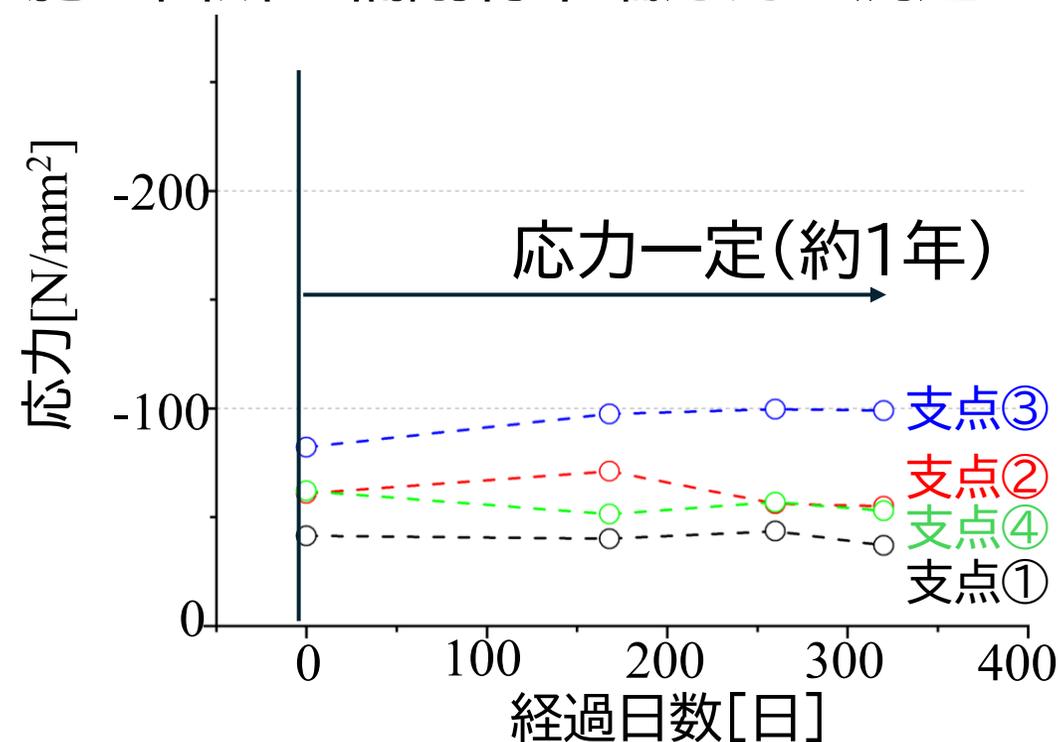
载荷回数: 250万回  
(5両編成列車×70本/日  
の約20年分程度に相当)



繰返し载荷後も効果低減なし

## ■実橋施工後の追跡調査

施工箇所の補剛材下端応力を測定



実環境での効果持続を確認

長期間の供用において当て板の**応力低減効果が持続**

## 支点上補剛材下端の疲労き裂を対象に

- 支承の隙の状態と補剛材下端応力の関係を解明
- 桁仮受けを必要としない低コストな予防保全対策方法として支圧ボルトを用いた当て板による補強工法を提案

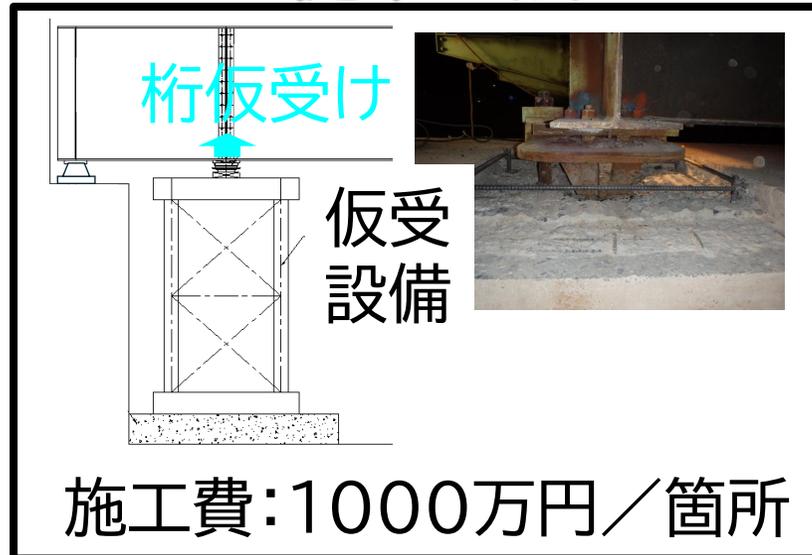
補強に用いる当て板の仕様検討し, 効果検証

⇒ 提案した補強工法が実橋で短時間に施工でき  
支点上補剛材下端の応力を持続的に低減可能

# 成果の活用

- 補強工法を実橋の予防保全対策に適用
- 設計、施工方法に関する知見を手引き等に反映し、より汎用的な対策方法としての適用を図る

## 従来工法



## 提案工法



従来の1割以下のコスト  
で予防保全可能に

- 吉田善紀, 穴見健吾, 長坂康史, 竹渕敏郎, 小林裕介: 支圧接合用高力ボルトを用いた当て板による支点上補剛材下端の補強, 構造工学論文集, Vol.70A, pp.626-638, 2024
- 吉田善紀, 長坂康史, 竹渕敏郎, 櫛谷拓馬, 小林裕介, 田嶋海理, 穴見健吾: 支圧接合用高力ボルトを用いた当て板によるブレース構造支点部の補剛材下端補強, 構造工学論文集, Vol.70A, pp.324-335, 2025
- 穴見健吾, 竹渕敏郎, 米山徹, 長坂康史, 木ノ本剛: 支圧接合用高力ボルトを用いた鋼床版垂直補剛材上端の当て板補修, 構造工学論文集, Vol.65A, pp.533-543, 2019