

高力ボルト摩擦接合の エネルギー吸収を利用した落橋防止装置

構造物技術研究部 鋼・複合構造研究室
研究員 二宮 僚



目次

1. 背景と目的
2. 事例調査と開発方針
3. 装置の開発
4. 装置の実証試験
5. まとめ

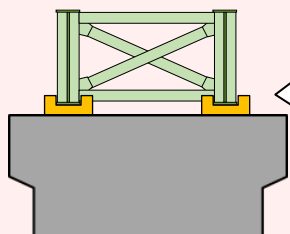
目次

1. 背景と目的
2. 事例調査と開発方針
3. 装置の開発
4. 装置の実証試験
5. まとめ

研究背景 — 支承部の耐震設計 —

新設

- ・ 現基準を満たす部材設計 (上下部工、支承など)



すべての部材照査を満たす

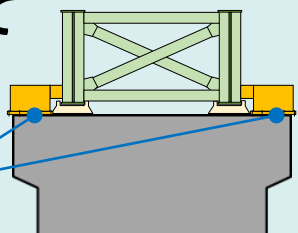
下部工の耐力不足、補強部材の大型化等から

→ 既設橋りょうをこの状態にするのは難しい

既設

- ・ L1地震に対して

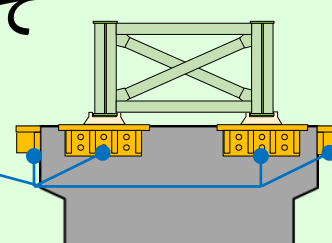
移動制限装置の適用



桁ずれを留める

- ・ L2地震に対して

落橋防止装置の適用



桁ずれを許容、落橋だけは防ぐ

- 課題**
- ・ L1を超える規模の地震時に大きな桁ずれが生じる (安全性・復旧性低下)
 - ・ ダンパーを用いた場合、所要コストが増加する

目的

低コストで安全性および復旧性を向上させる落橋防止装置の開発

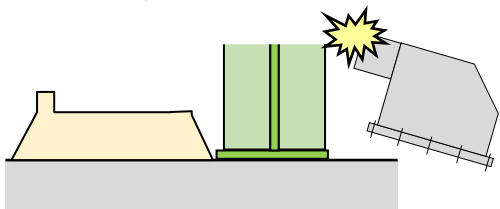
開発装置の概要

L1用の移動制限装置に高力ボルト摩擦接合継手を付加 ⇒ 簡易に安全性、復旧性を向上

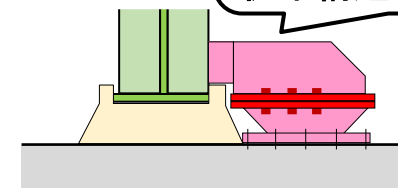
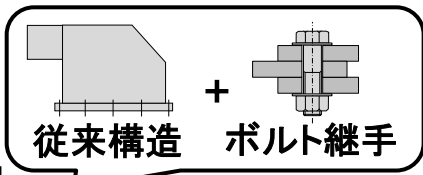
従来構造



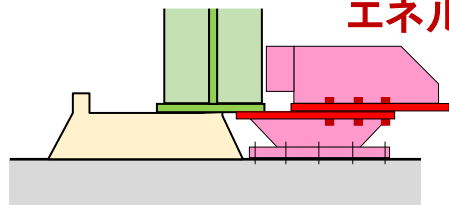
L1地震を超える規模で装置損傷



開発装置の概念

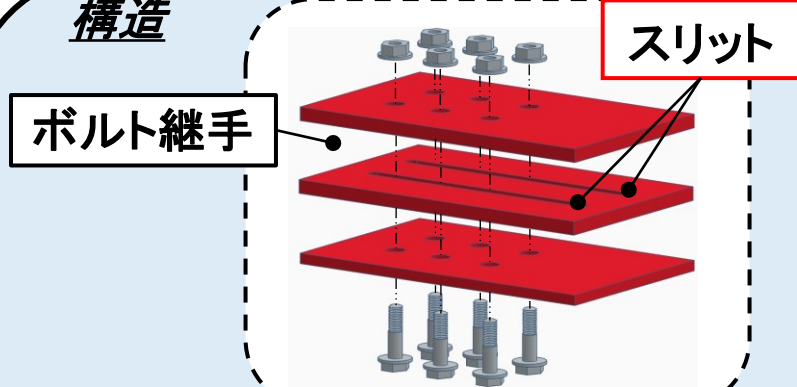


◆L1~L2地震時 すべりによるエネルギー吸収

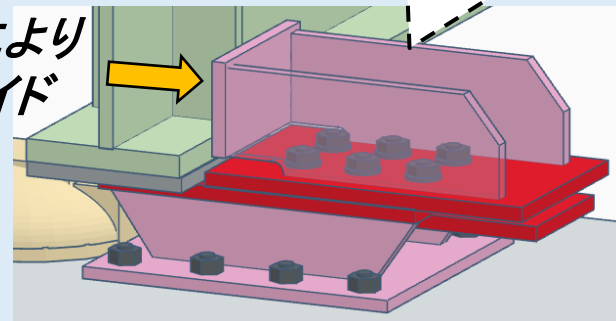


- ・地震時変位を抑制 ⇒ 安全性向上
- ・段差防止工を兼用 ⇒ 復旧性向上

構造



荷重によりスライド



検討STEP1

事例調査と開発方針の策定

検討STEP2

装置の開発

- 検討項目①: 摩擦面処理の影響
 検討項目②: ボルト孔形状の影響



目次

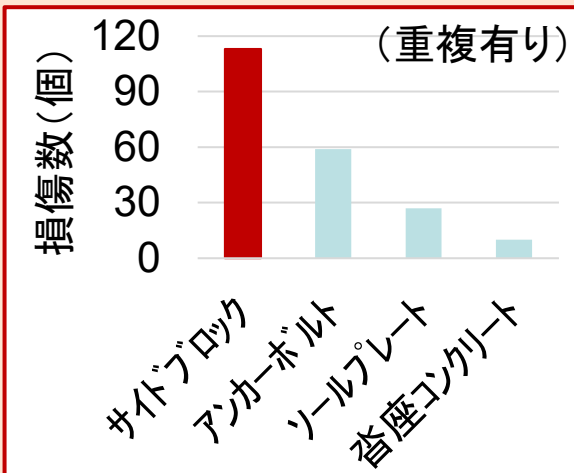
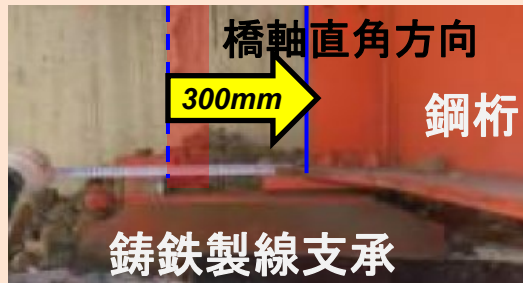
1. 背景と目的
- 2. 事例調査と開発方針**
3. 装置の開発
4. 装置の実証試験
5. まとめ

事例調査と対策方針

既設支承の損傷事例

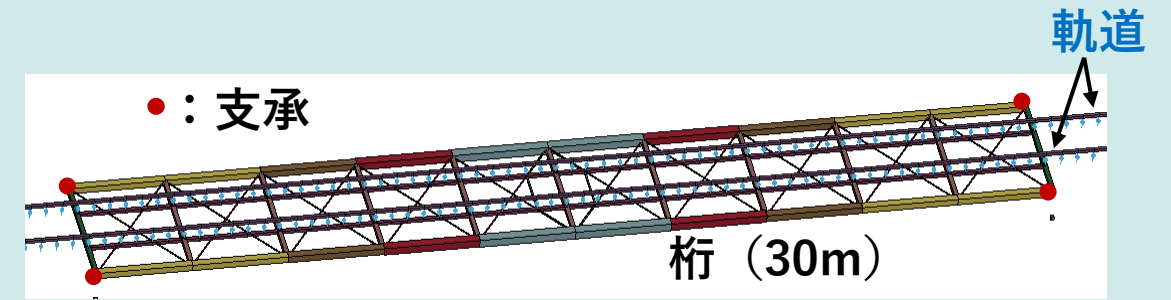
◆中規模以上の地震時の支承被害の例(兵庫県南部地震)

被害数量	全数量	被害数量
铸铁製線支承	1326	150
BP支承	140	15

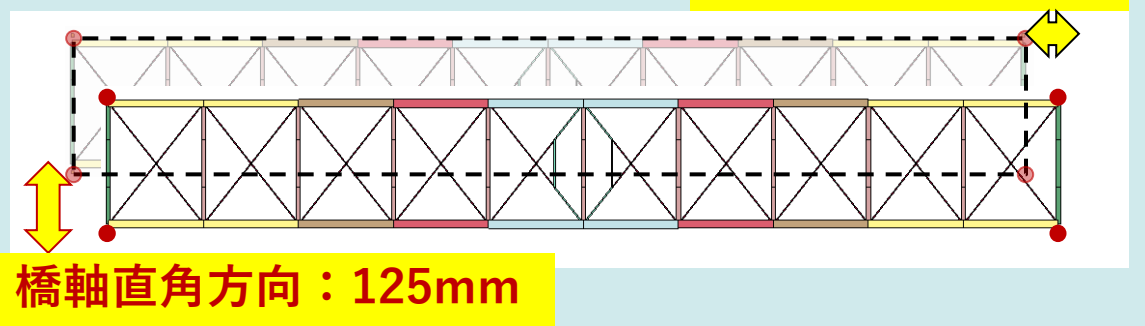


支承破壊後の桁ずれ方向の検証

◆時刻歴応答解析による検証(兵庫県南部地震NS波)



<解析結果(桁ずれ量)> 橋軸方向: 81mm



橋軸直角方向で桁ずれが大きい傾向

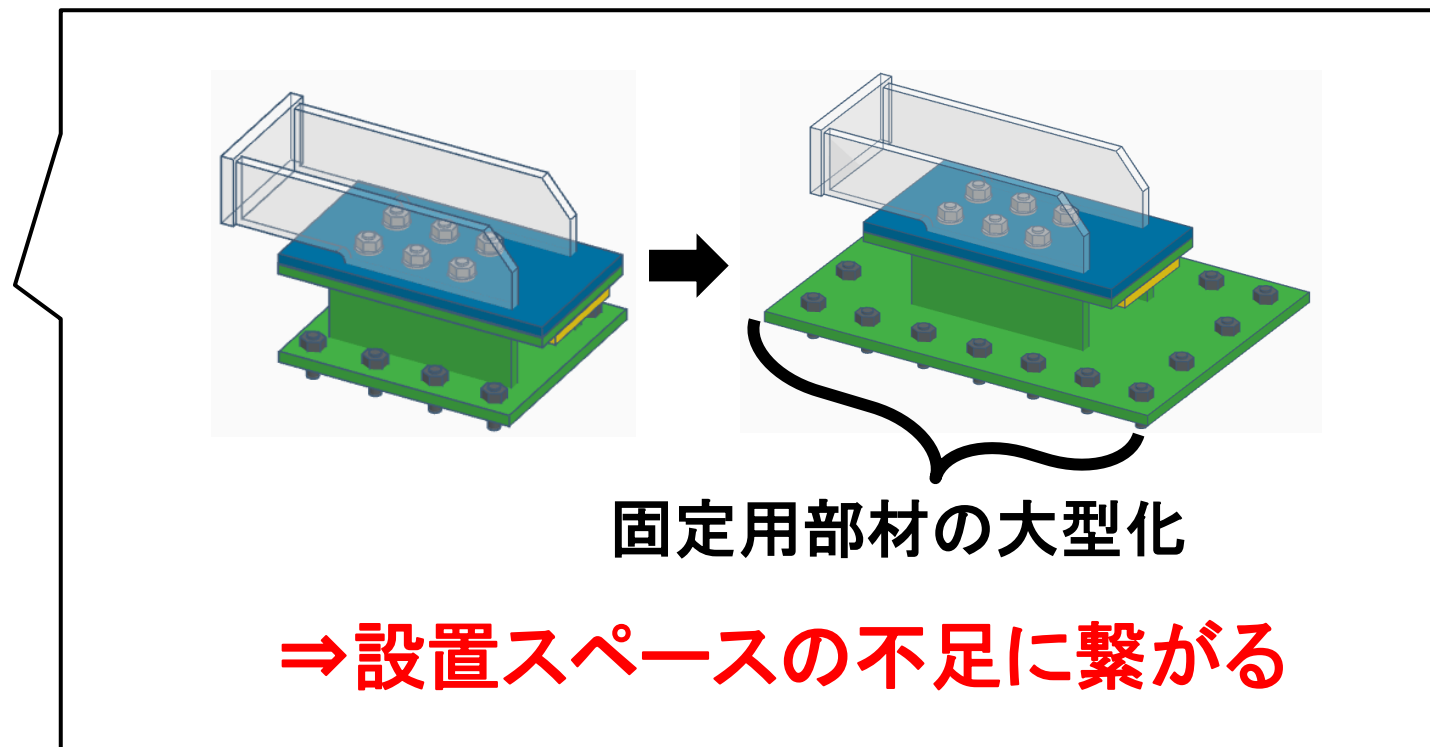
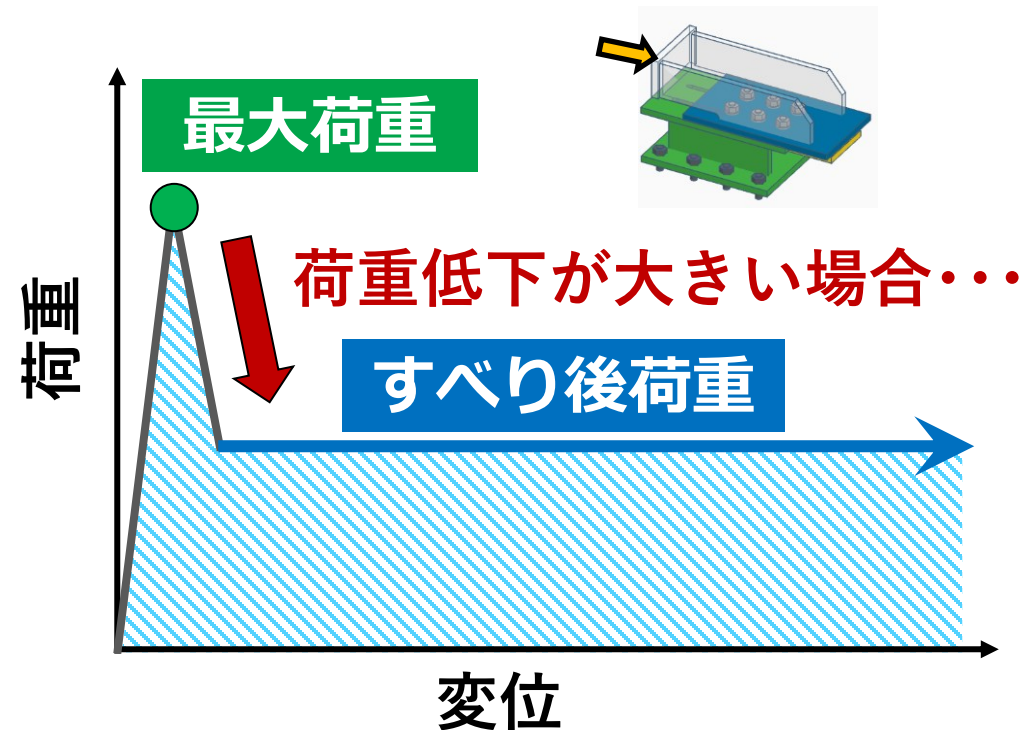
⇒橋軸直角方向に対して装置を開発することが有効

目次

1. 背景と目的
2. 事例調査と開発方針
- 3. 装置の開発**
4. 装置の実証試験
5. まとめ

装置の開発における課題と検討項目

▶ 課題: すべり後の荷重低下



▶ 検討項目:

検討項目① 摩擦面処理

検討項目② ボルト孔形状



すべり後の荷重の
維持を目指す

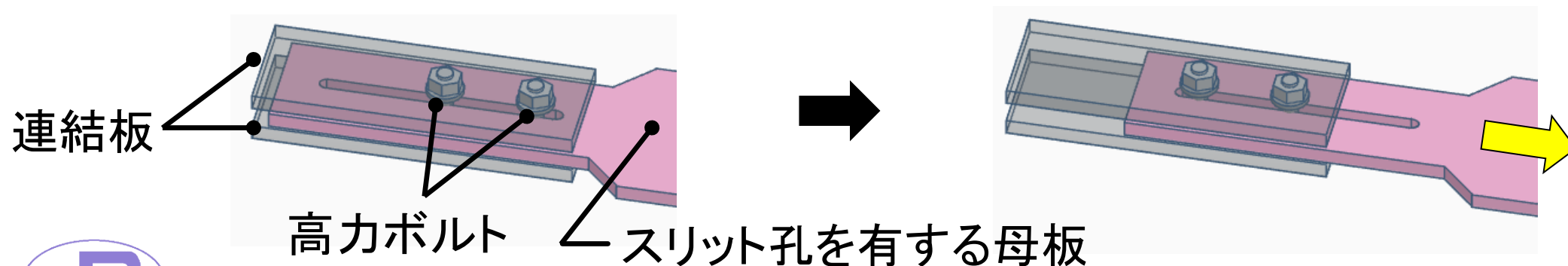
検討項目① 摩擦面処理

▶ 検討対象

- ・厚膜型無機ジンクリッチペイント
- ・熔融亜鉛めっき後ブラスト処理
- ・熔融亜鉛めっき(ブラスト処理省略)

塗装仕様、めっき仕様の
構造物に広く用いられる

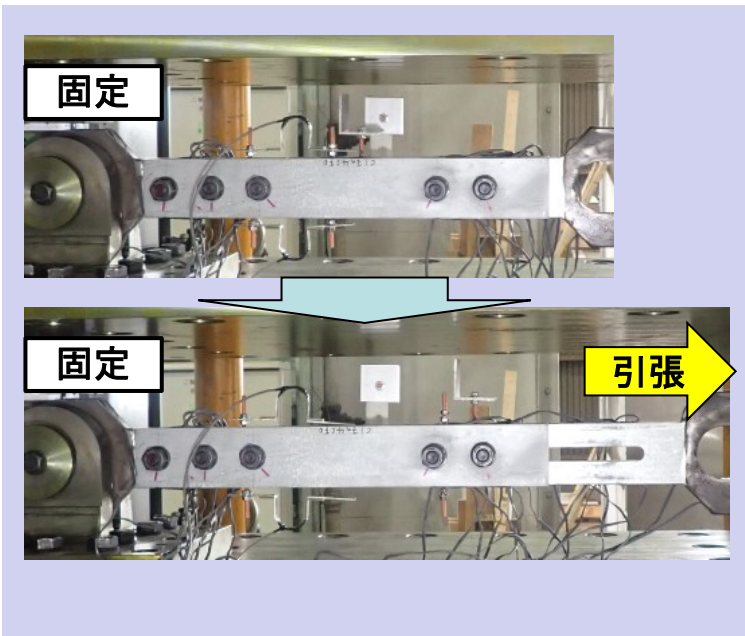
【継手の動的引張試験】



検討項目① 摩擦面処理

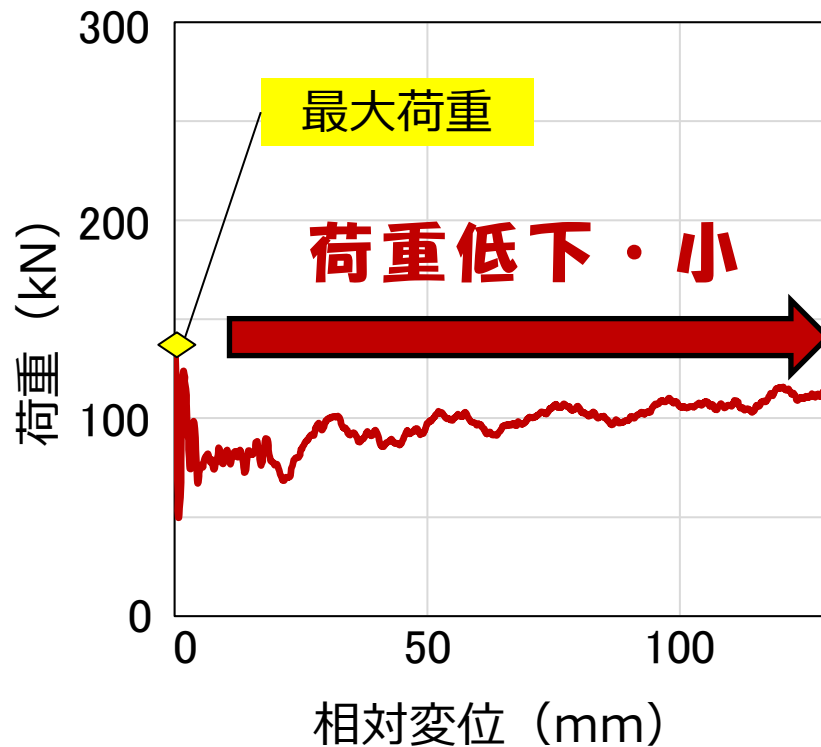
▶ 試験結果

・試験の様子

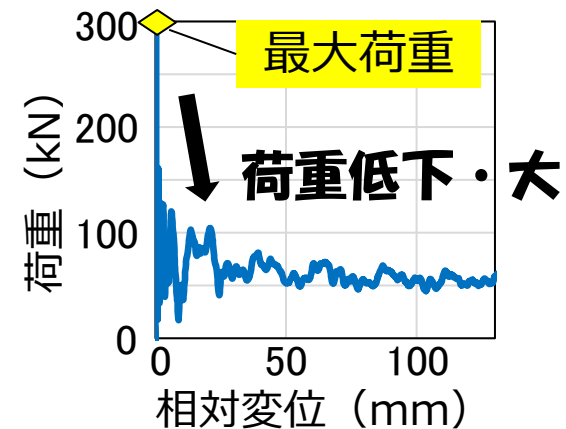


・荷重－変位の関係

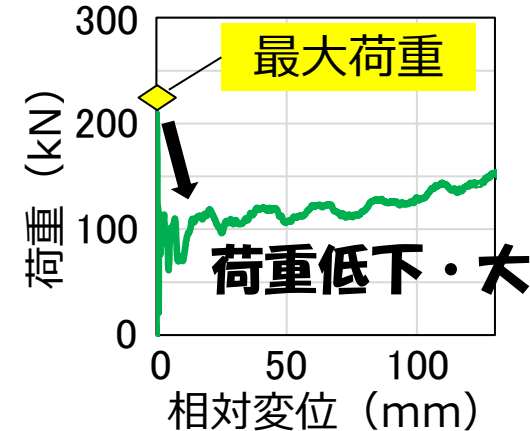
溶融亜鉛めっき (ブラスト省略)



無機ジンクリッチペイント



溶融亜鉛めっき後ブラスト



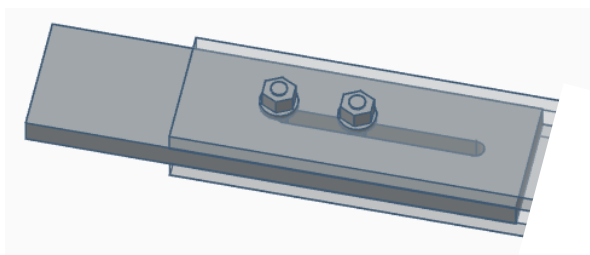
すべり後の荷重低下が小さい「溶融亜鉛めっき(ブラスト省略)」を選定

検討項目② ボルト孔形状

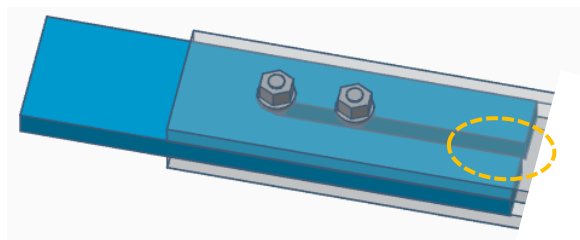
▶ ボルト孔形状がすべり後荷重に与える影響に着目

検討対象の継手形状 ……3パターン検討

解析モデル例

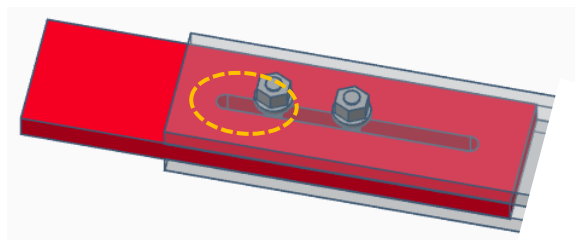


スリット(基本)



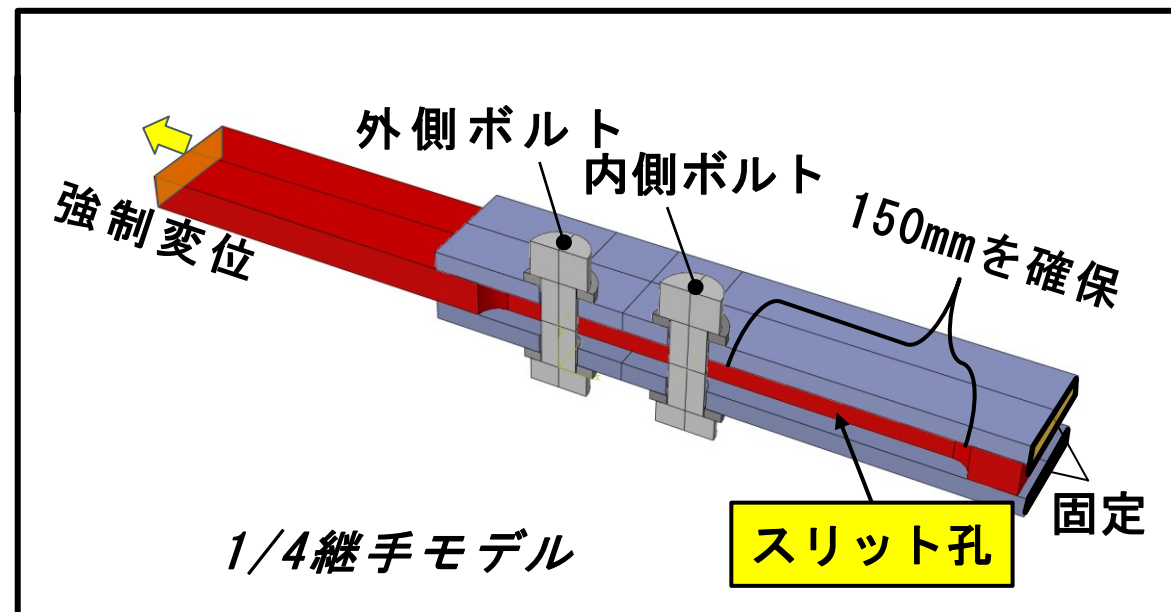
スリット(+開口)

想定以上のすべりにおける
既設部材の損傷防止



スリット(+離隔)

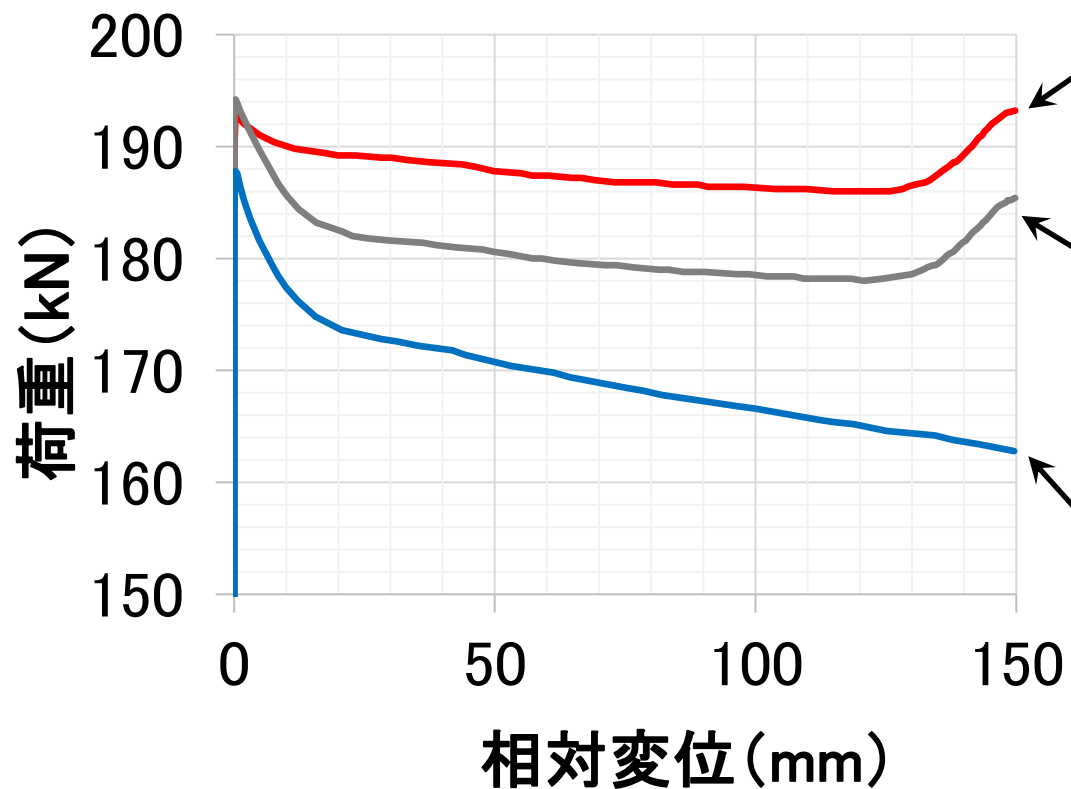
両ボルトの接触圧を揃え、
円滑なすべりに期待



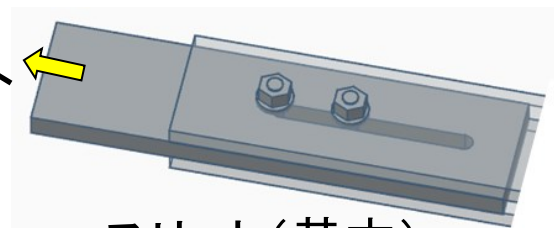
1/4継手モデル

検討項目② ボルト孔形状

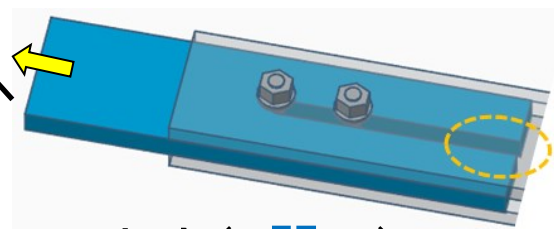
荷重—相対変位関係



スリット(+離隔)

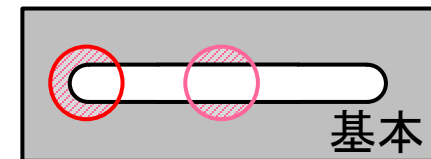


スリット(基本)

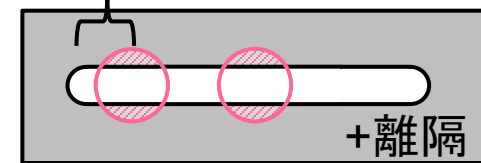


スリット(+開口)

荷重低下が抑制された理由



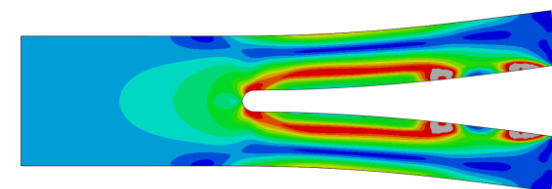
離隔



⇒すべり前後の接触面積
の変化が少ないため

荷重低下が促進された理由

(変形倍率10倍)



⇒すべり後に母板が変形するため

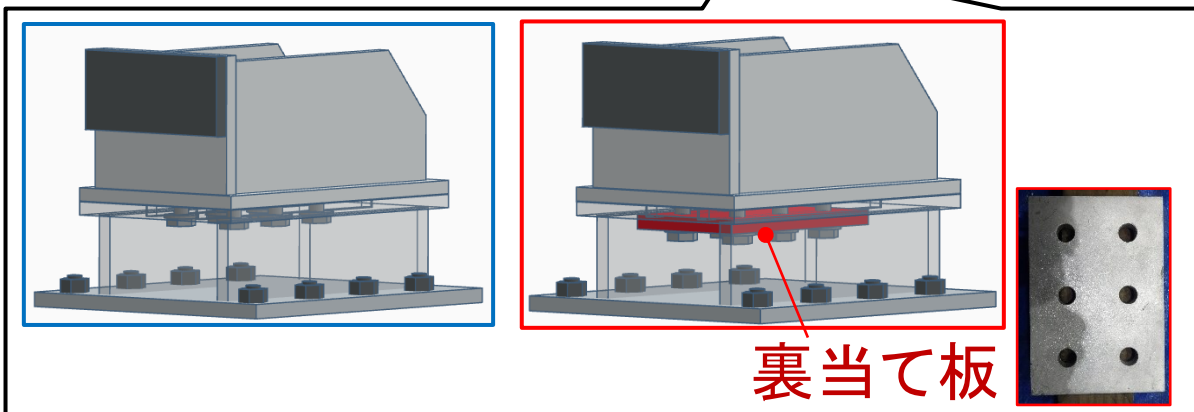
- ・ ボルト孔形状によってすべり後の荷重が異なる
- ・ **スリット端部に離隔**を設けた方が荷重低下が抑制できる

目次

1. 背景と目的
2. 事例調査と開発方針
3. 装置の開発
- 4. 装置の実証試験**
5. まとめ

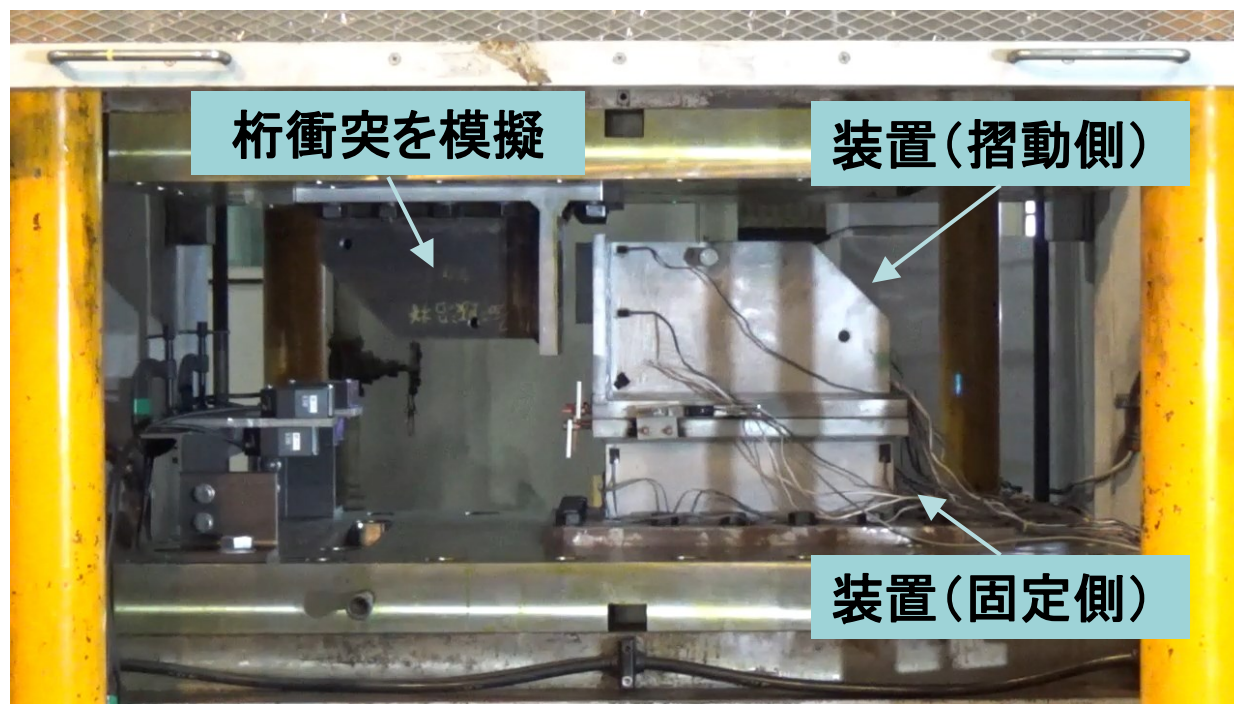
開発装置の載荷試験

項目	内容
載荷速度	500mm/s
ボルト本数	6本 (F8T-M16)
摩擦面処理	溶融亜鉛めっき (ブラスト省略)
ボルト孔形状	スリット(+離隔)
パラメータ	裏当て板の有無



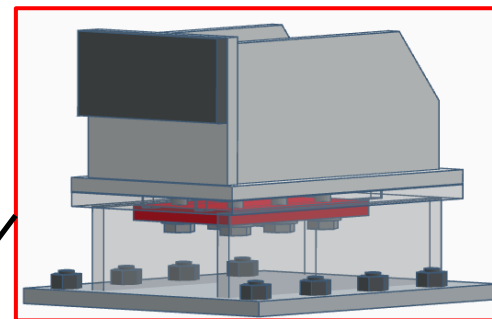
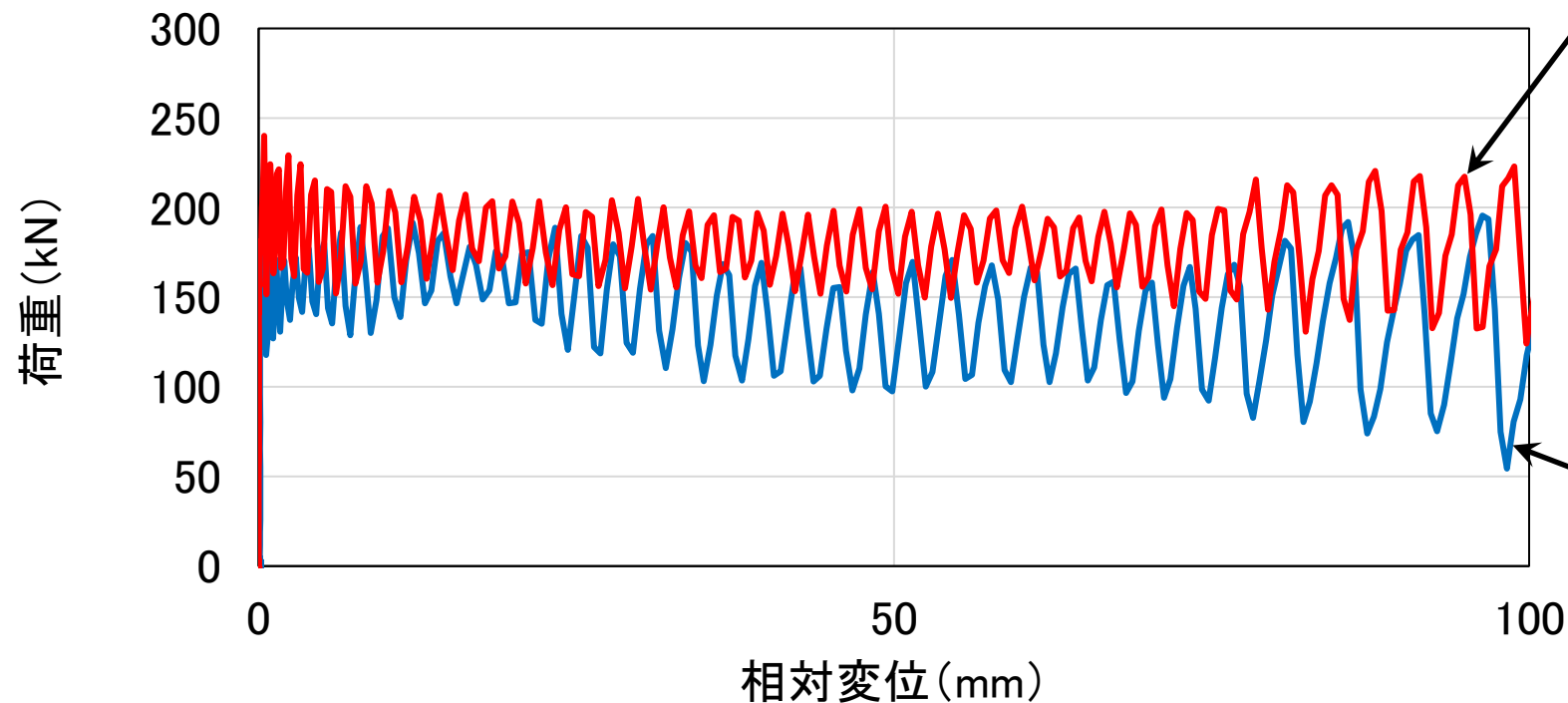
開発装置の動的載荷時における
エネルギー吸収能を評価

載荷試験の様子

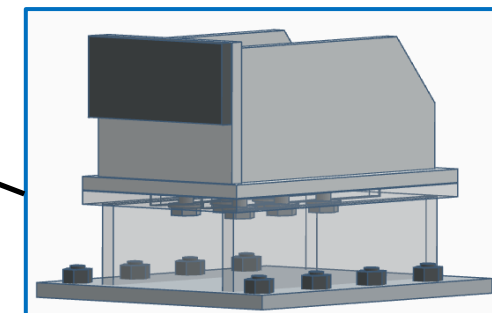


開発装置の載荷試験

試験結果(荷重—相対変位関係)



裏当て板有り

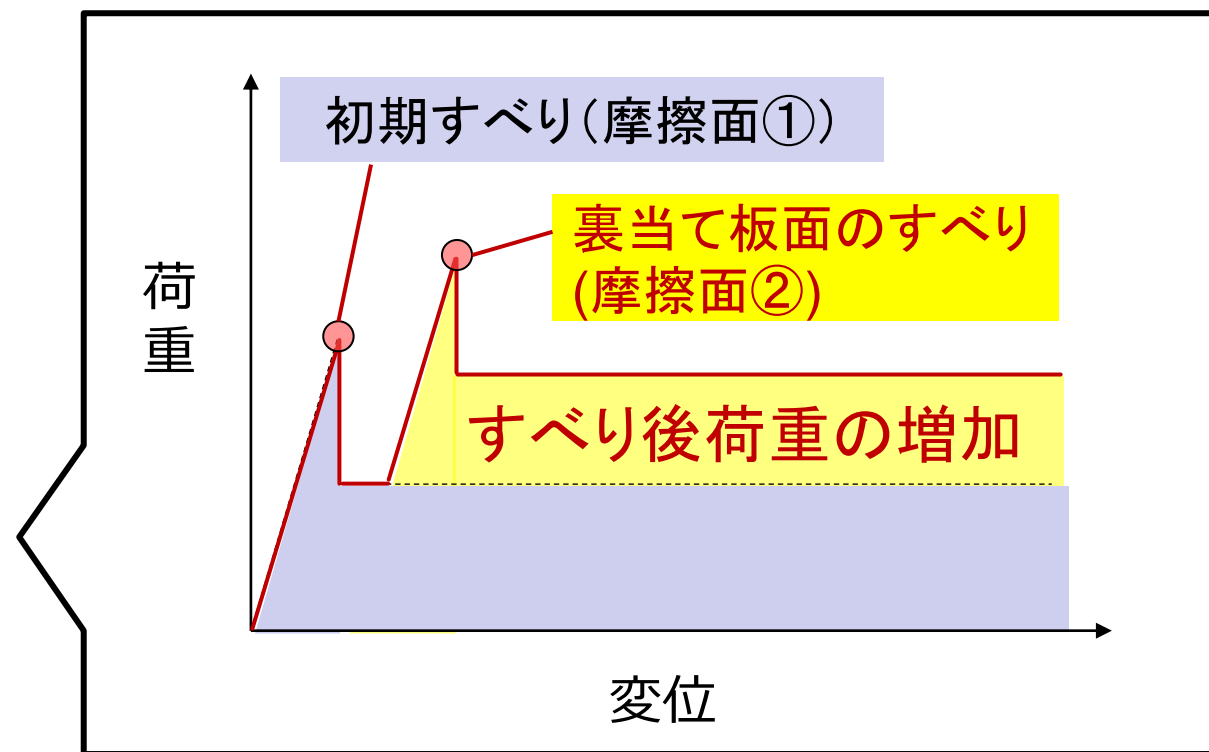
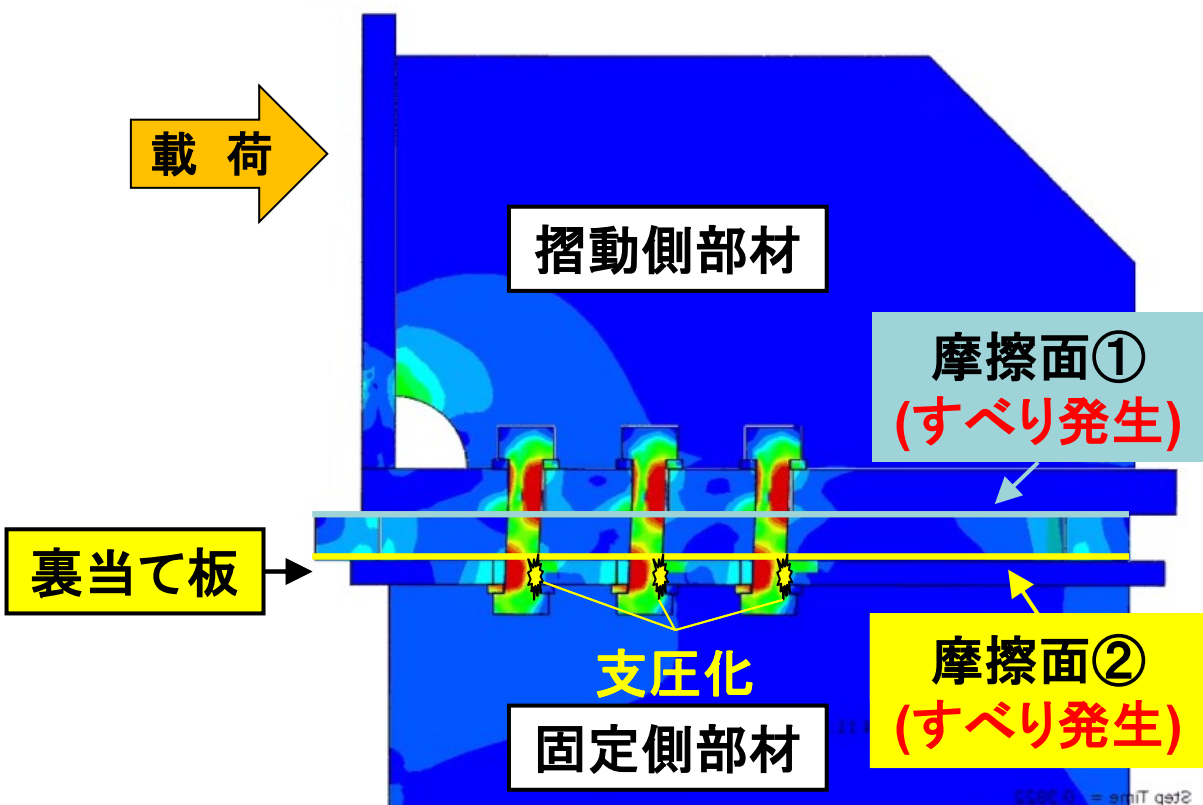


裏当て板無し

- ・本開発装置は簡易な構造であるが、相当量のエネルギー吸収能が期待できる
- ・裏当て板を付加することで、エネルギー吸収能の向上が図れる

裏当て板によりすべり後荷重が増加する理由

- ・摩擦面の摩耗が軽減されるため
- ・すべり後に摩擦面数が1面→2面になるため



開発装置の効果

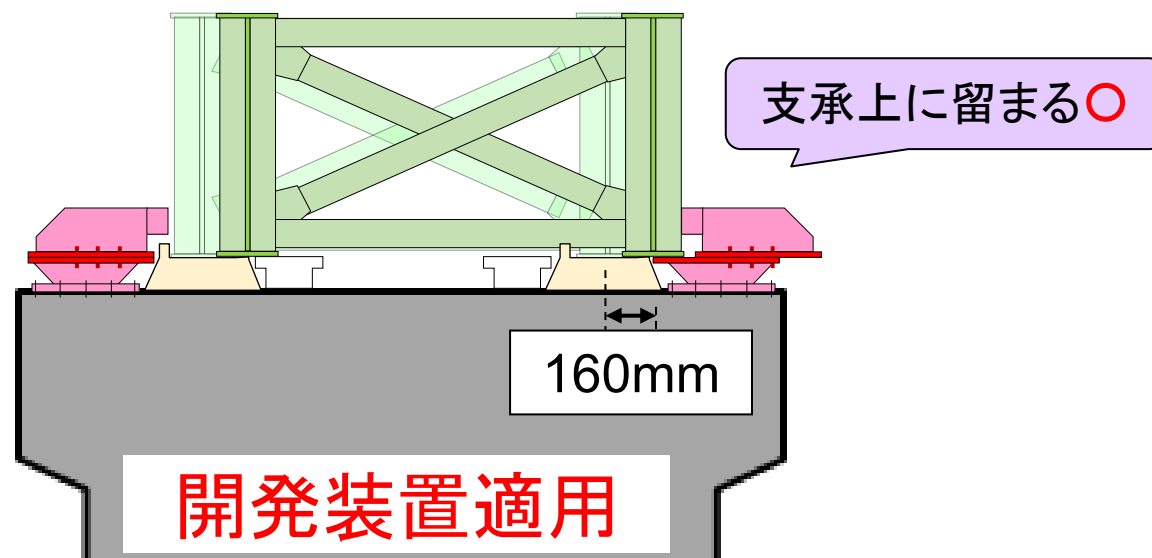
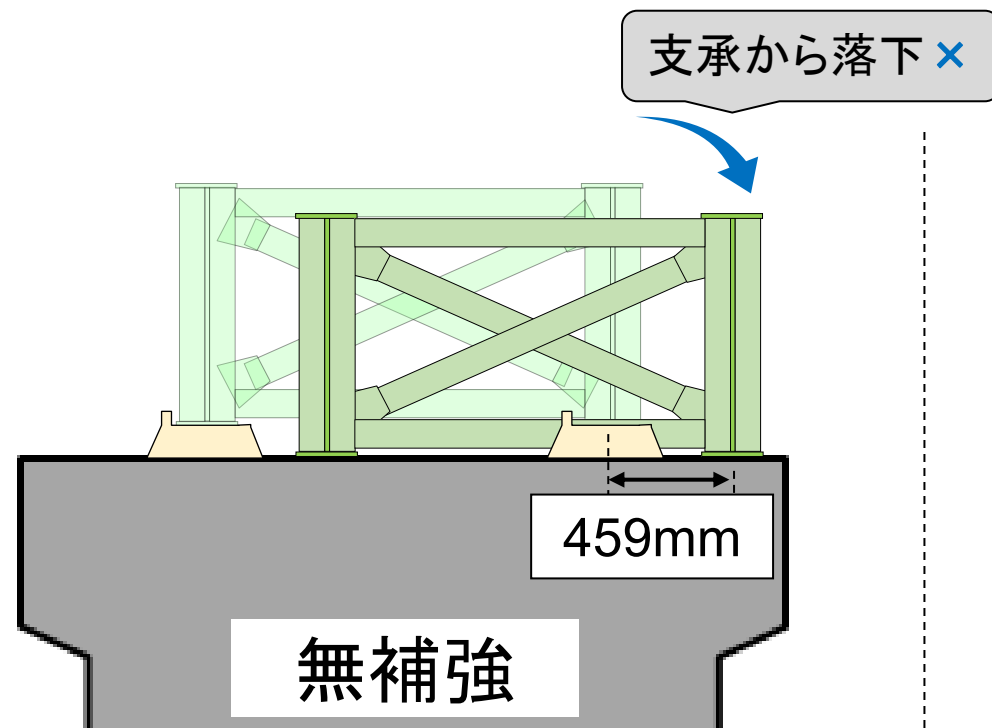
時刻歴応答解析結果

解析条件

上部工質量 : 1000kN

開発装置性能 : 400kN (バイリニア)

入力地震動 : L2spc II



・最大桁ずれ量を約1/3に抑制 → 桁を支承上に留めることが可能

⇒ ボルト本数を調整することで様々な規模の橋りょうに適用可能

目次

1. 背景と目的
2. 事例調査と開発方針
3. 装置の開発
4. 装置の実証試験
5. **まとめ**

研究目的：低コストで安全性および復旧性を向上させる落橋防止装置の開発

損傷傾向

- ・ 鋳鉄製線支承のサイドブロックの損傷が多い

桁ずれの傾向

- ・ 橋軸直角方向 > 橋軸方向 となりやすい可能性

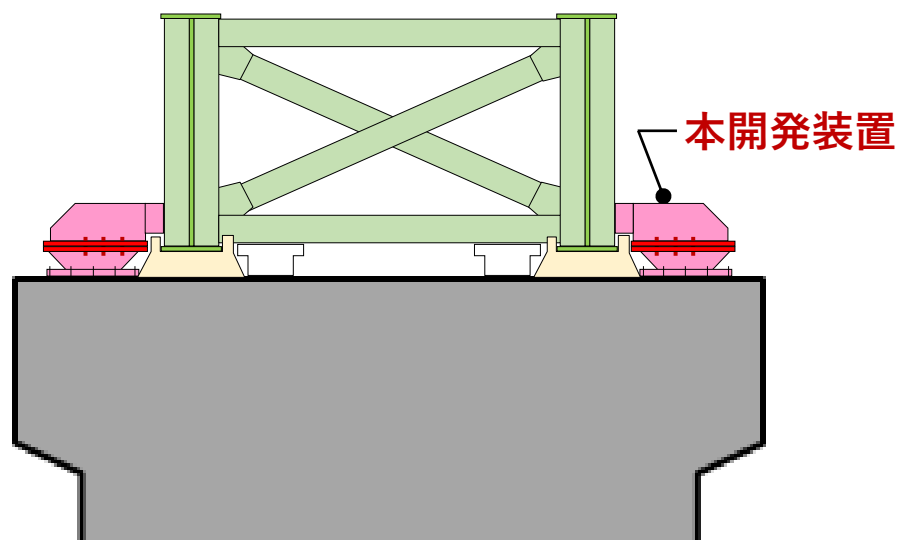
装置の開発

- ・ 摩擦面処理を溶融亜鉛めっき(ブラスト省略)することで、すべり後の荷重低下を抑制可能
- ・ ボルト孔形状の改善、裏当て板の付加により、すべり後の荷重を増加

→ 簡易な手法でエネルギー吸収性能が向上、低コストで安全性、復旧性の向上が可能

成果の活用

- ・設計マニュアルの整備
- ・実橋りょうへの適用



実橋梁への設置イメージ

成果の活用

▶ 従来法との比較

従来工法

サイドブロック



1橋あたり総工費

・200万円～500万円

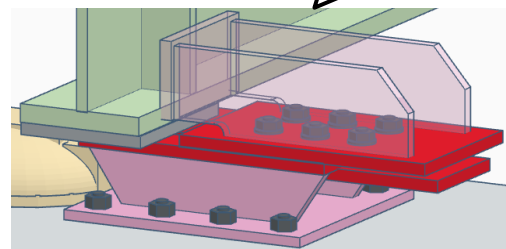
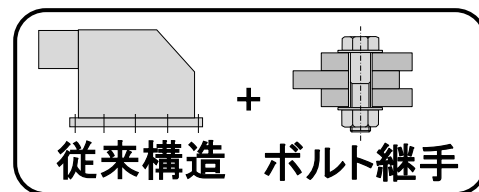
特徴

・安価、省スペース

懸念事項

・L1～L2地震時に破壊の恐れ

開発装置



1橋あたり総工費

・250万円～550万円

特徴

従来工法の特徴に加え・・・

- ・エネルギー吸収による変位抑制
⇒安全性向上
- ・段差防止構造を兼用
⇒復旧性向上

・制震ダンパー

1橋あたり総工費 ・3,000万円～8,000万円