

# プレストレス木箱桁橋の剛性と局部座屈の評価方法

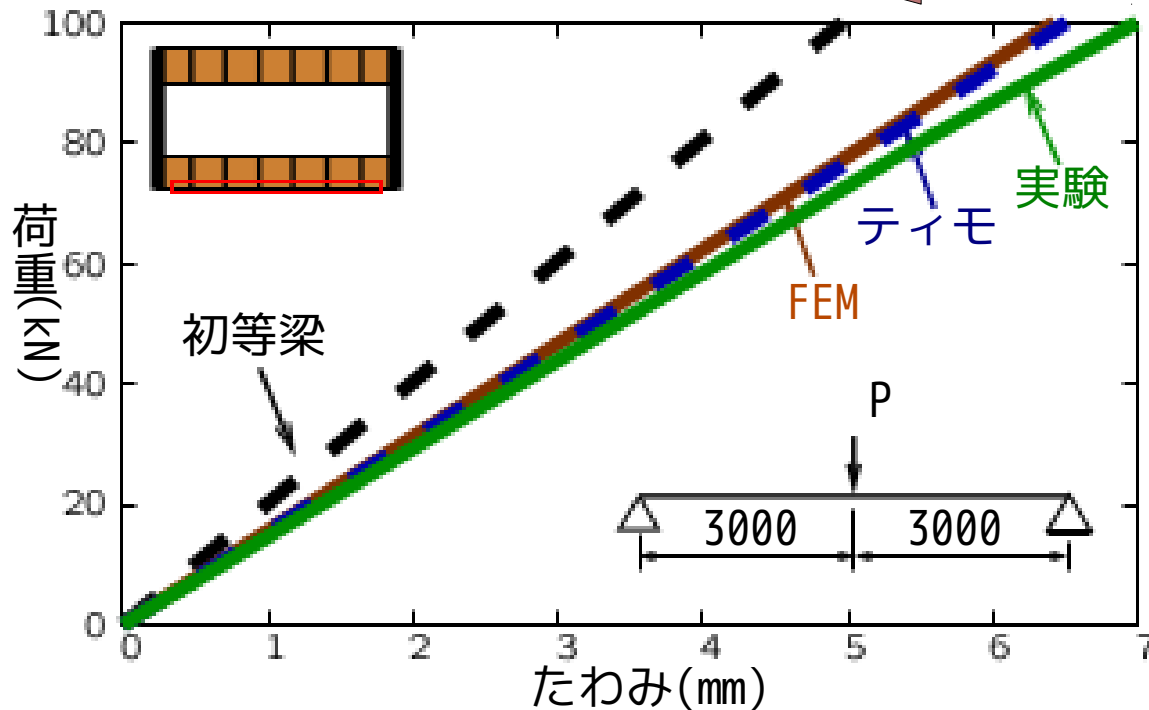
環境構造工学講座 9014147 齊藤 輝  
 現地製材・組み立て・施工

被災地でも活躍

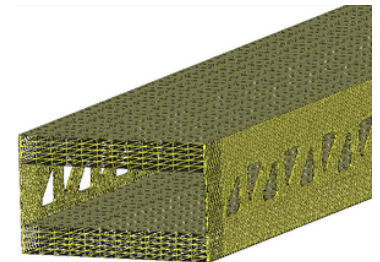
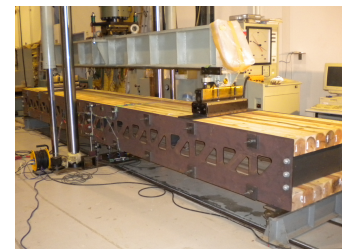


木材  
箱断面

せん断変形の影響が大きい



-有限要素法(FEM)による解析



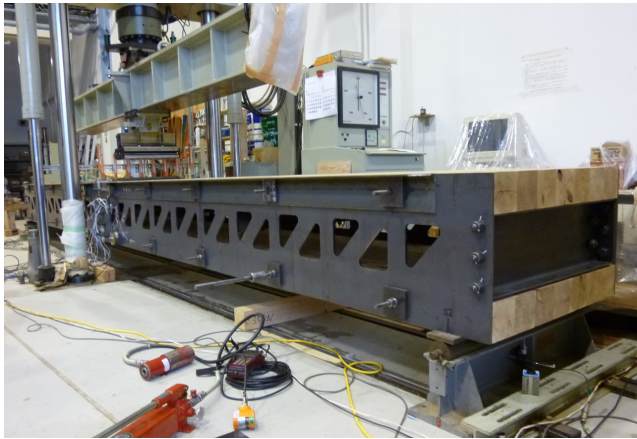
-式による剛性評価

ティモシェンコの梁理論の式に  
 Bankの修正せん断補正係数 $k^*$ を適用

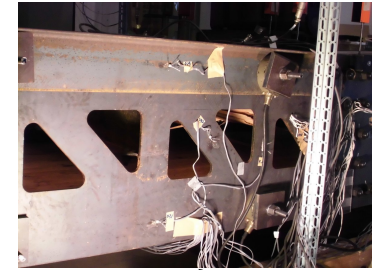
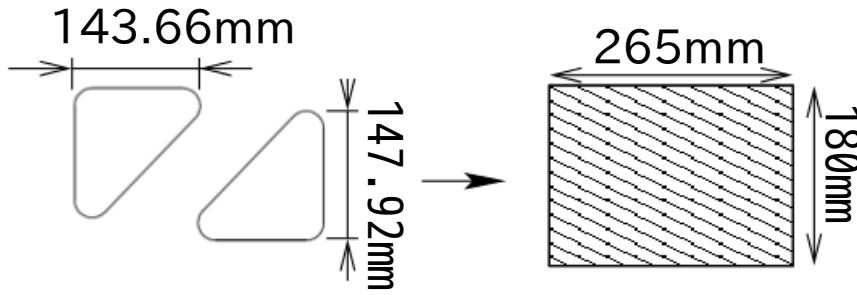
$$v = \frac{Pl^3}{48EI} + \frac{Pl}{4k^*EA}$$

# これまでの研究 - 解析方法

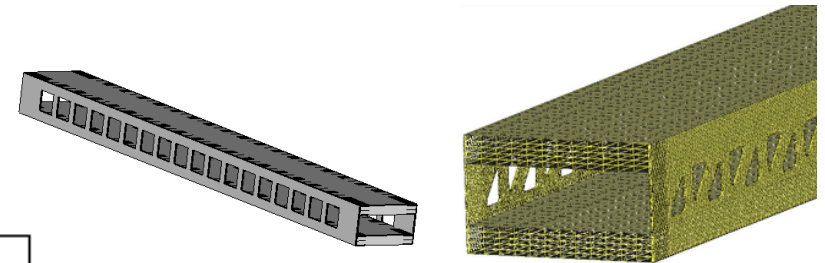
簡単のため 一組の三角孔を長方形孔とみなしてモデル化



スパン7mモデル プレストレス木箱桁橋  
孔大きめモデル 実験体

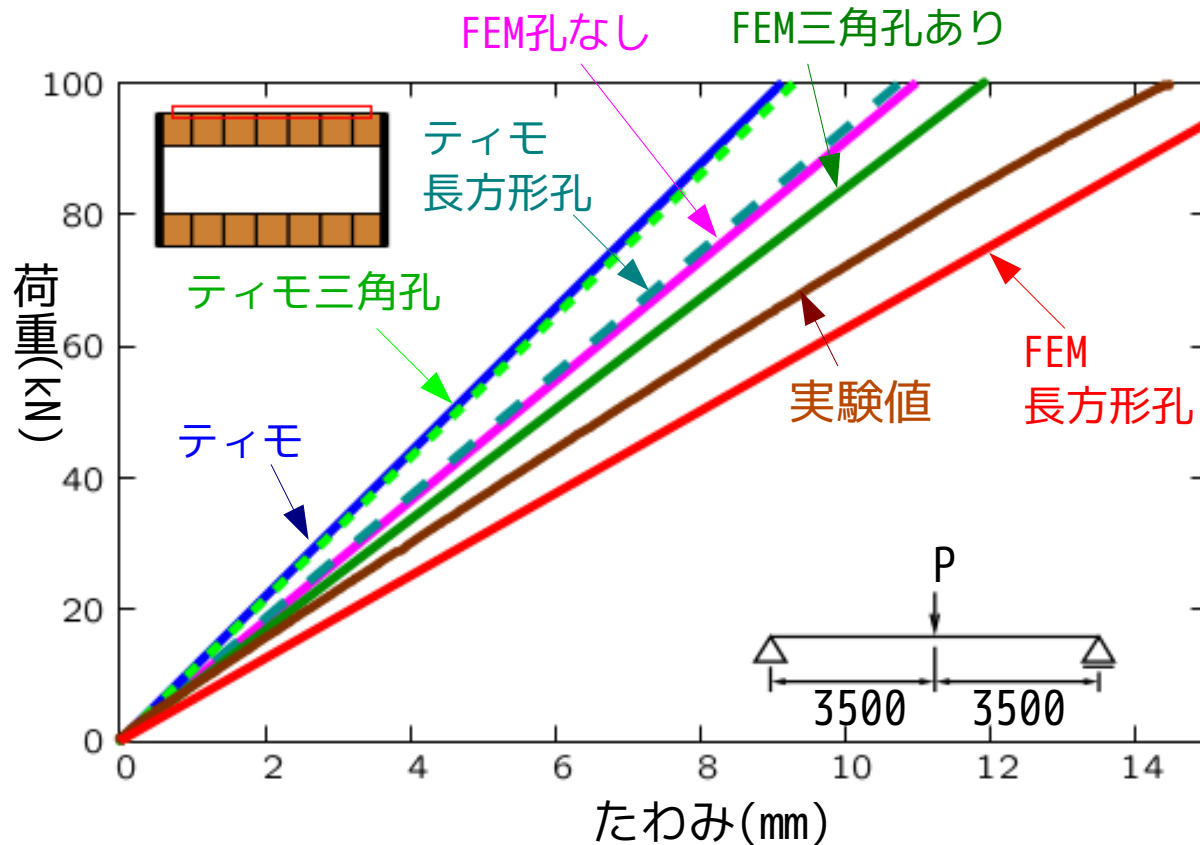


三角孔

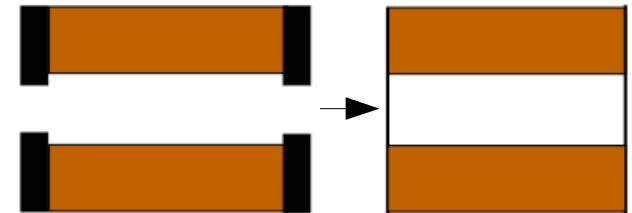


FEM長方形孔モデル

FEM三角孔モデル



スパン7m 補剛材なしモデル荷重-たわみ関係



孔を考慮するために  
鋼板をうすくならして  
Bankのk\*を適用

$$v = \frac{Pl^3}{48EI} + \frac{Pl}{4k^*EA}$$

構造を考慮  
FEMでの適切な剛性評価



# 局部座屈の評価方法

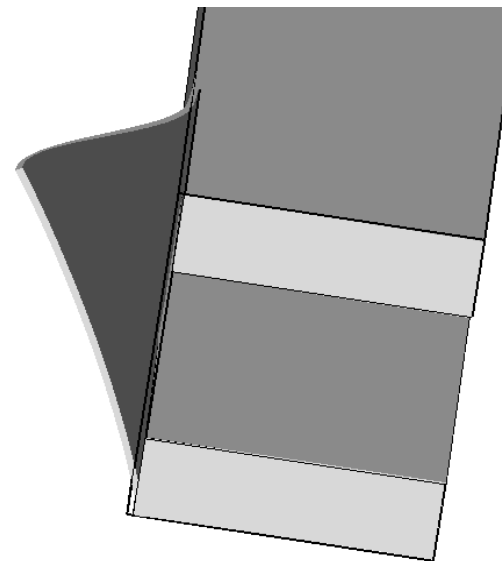
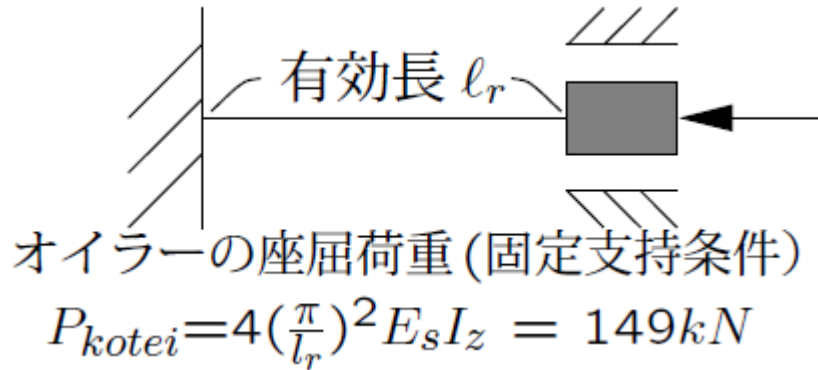
破壊試験(スパン7mモデル 三点曲げ 250kN載荷)



上段木材が引張破壊



上部鋼板部の局部座屈



FEM座屈解析

局部座屈の評価方法

鋼板の幅 $b$		9mm
鋼板上部の高さ $h$		120mm
鋼板のヤング率 $E_s$		206.0GPa
有効長 $l_r$		630mm
細長比 $\lambda$		121.24

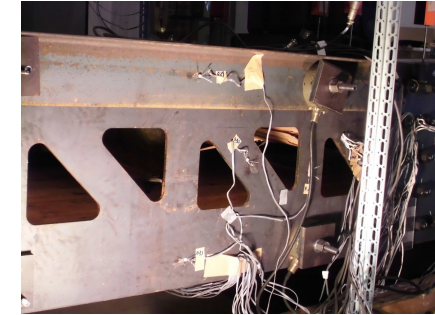
# 対傾構・三角孔による影響 解析例 スパン6m対傾構あり孔小さめモデル



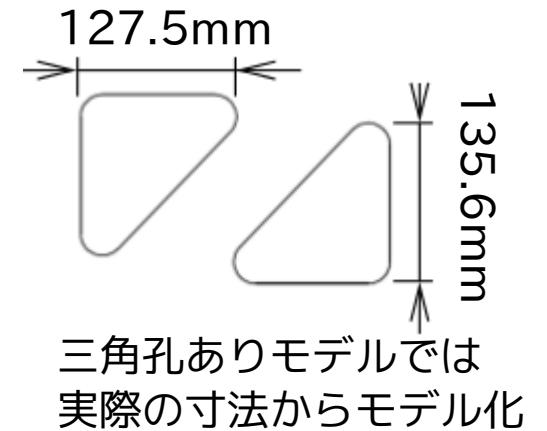
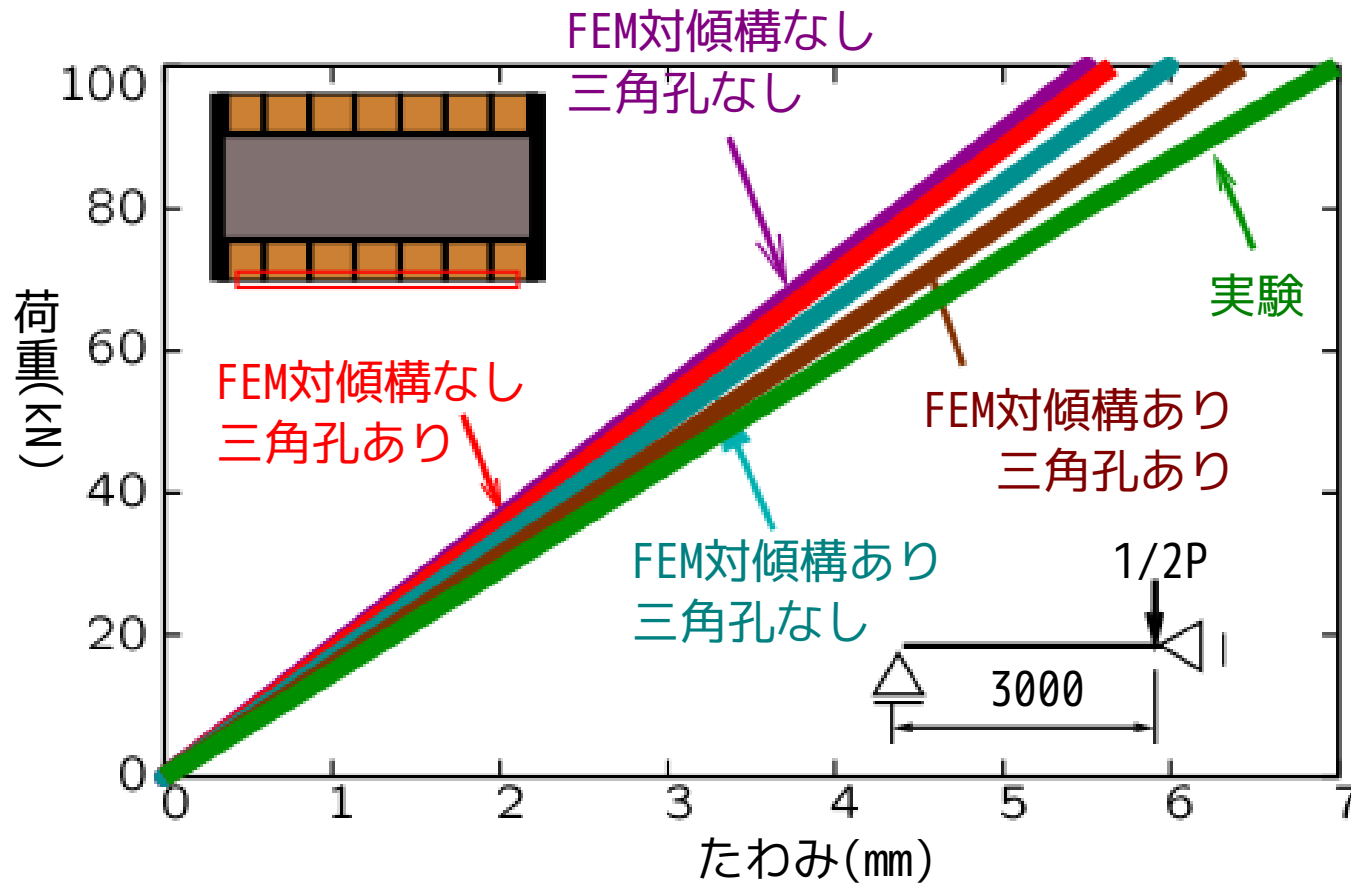
スパン6m 対傾構あり 孔小さめモデル  
実験体



対傾構



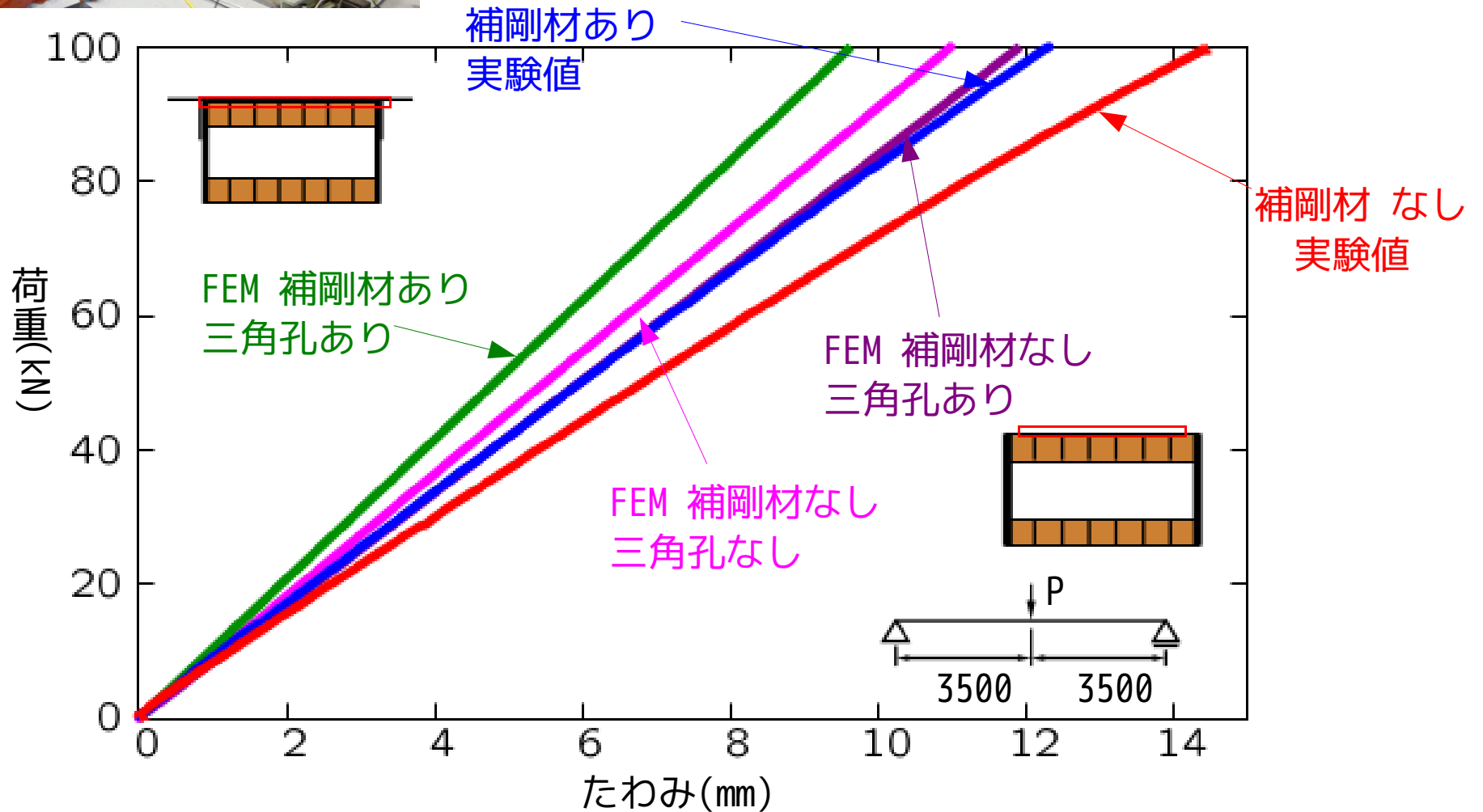
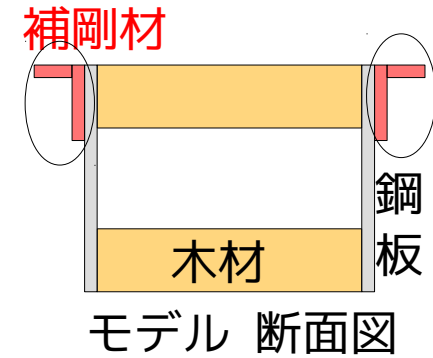
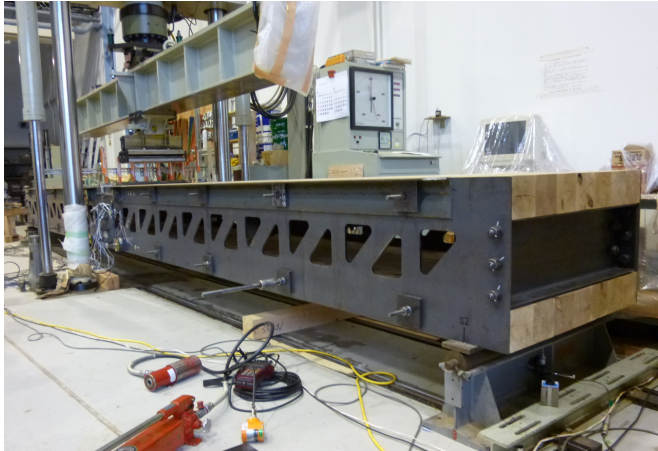
三角孔



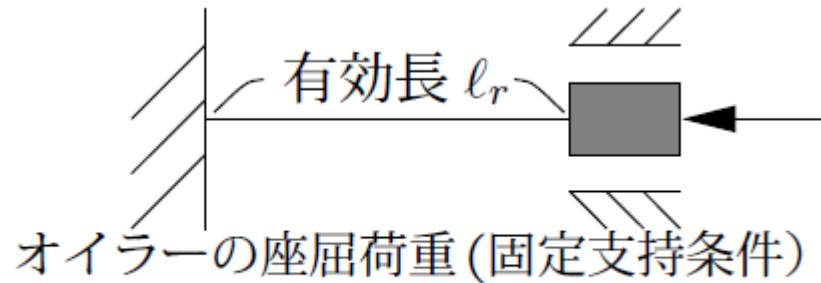
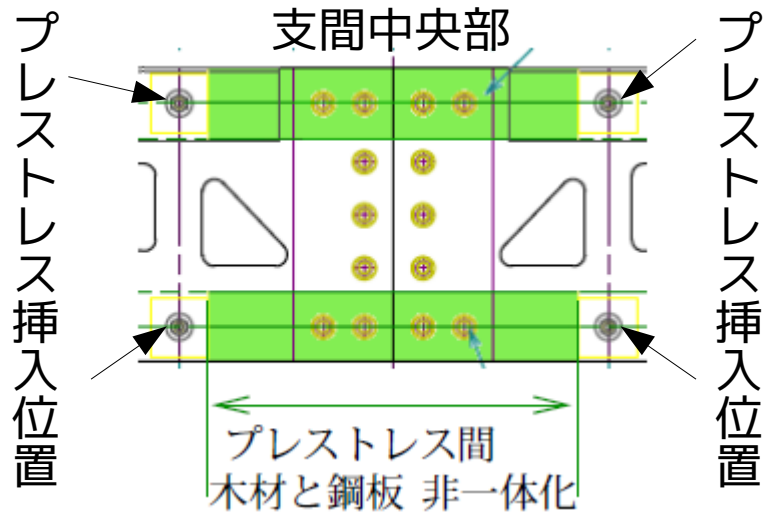
スパン6m 対傾構あり 孔小さめモデル 荷重-たわみ関係



# 補剛材の影響 解析例 スパン7m孔大きめモデル 荷重-たわみ関係

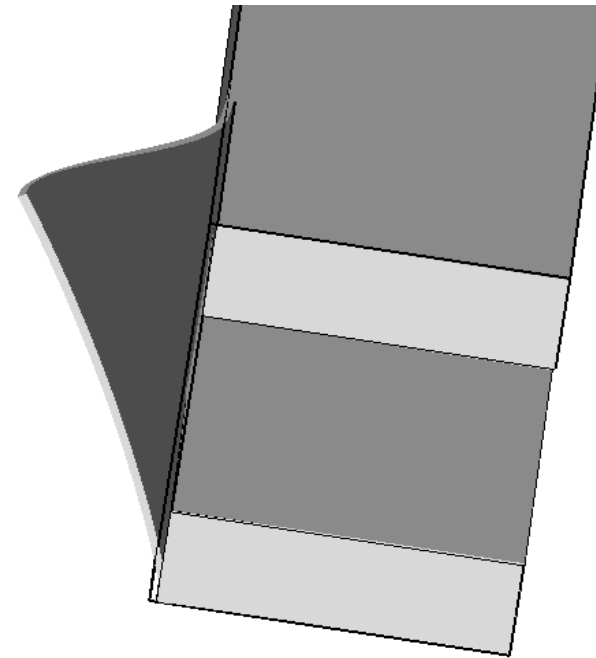


# 局部座屈の評価方法



$$P_{kotei} = 4\left(\frac{\pi}{l_r}\right)^2 E_s I_z = 149kN$$

鋼板の幅 $b$		9mm
鋼板上部の高さ $h$		120mm
鋼板のヤング率 $E_s$		206.0GPa
有効長 $l_r$		630mm
細長比 $\lambda$		121.24



FEM座屈解析

座屈荷重 座屈モード

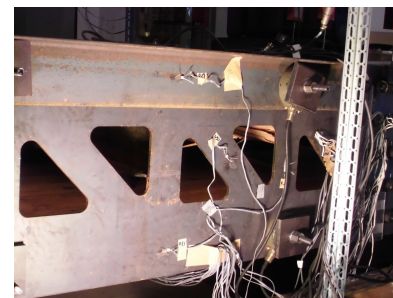


上部鋼板部の局部座屈



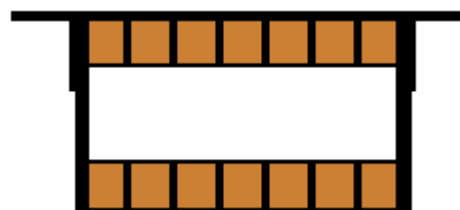
# 座屈解析-FEMモデル化

補剛材

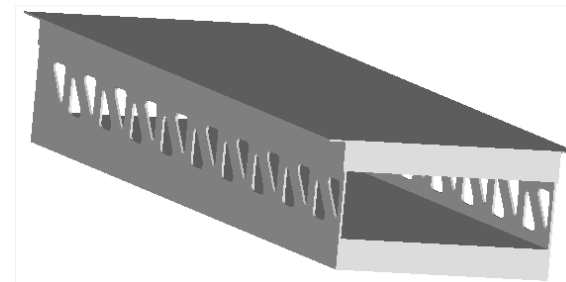


オイラーの座屈荷重

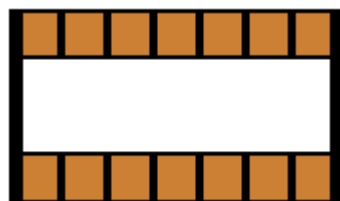
$$P_{kotei} = 149kN$$



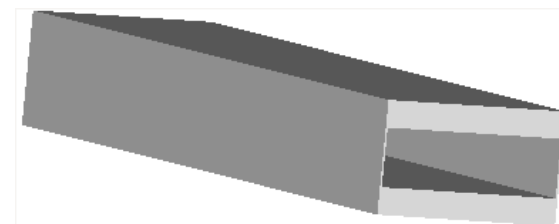
補剛材ありモデル



三角孔ありモデル



補剛材なしモデル



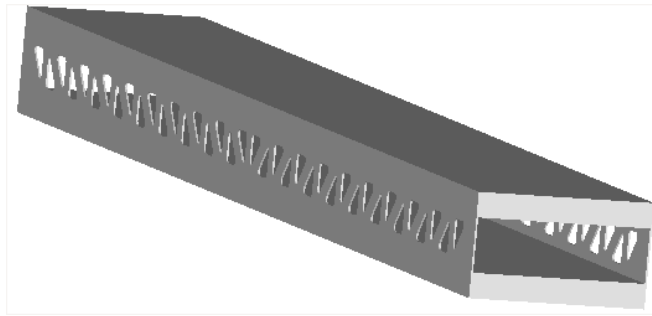
三角孔なしモデル

14tトラックの後輪荷重に  
衝撃を考慮

70kN

モデルごとの違いを比較

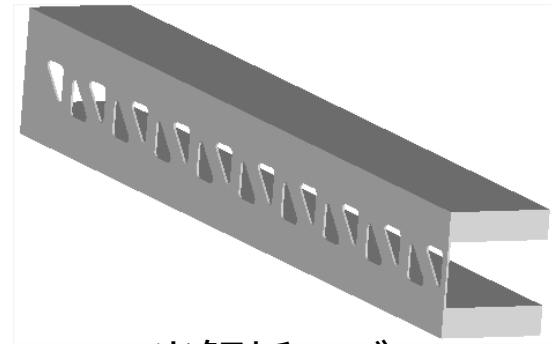
# 解析モデル 境界条件・荷重条件



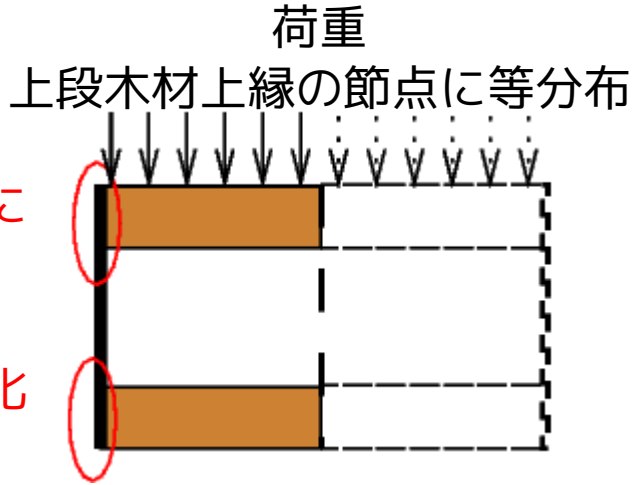
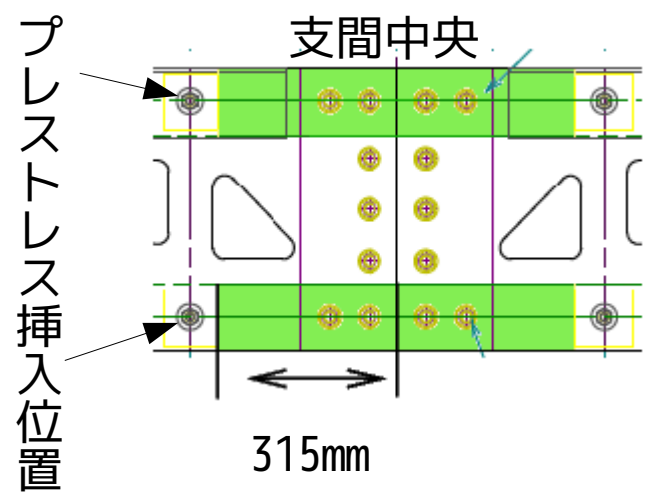
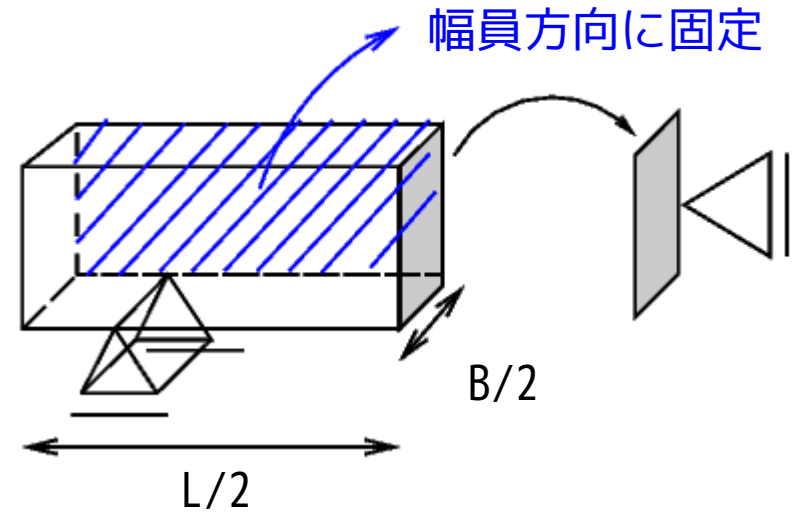
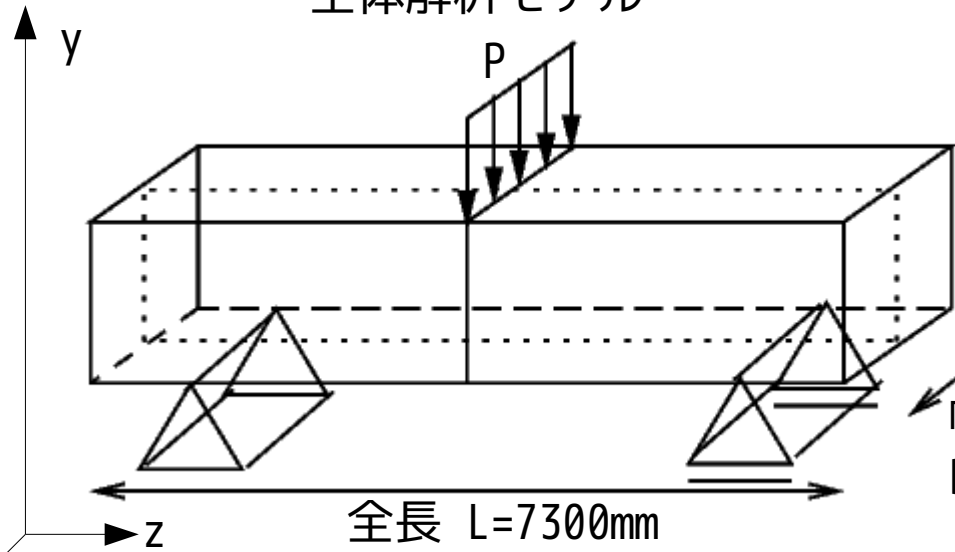
全体解析モデル

半解析モデル化

対称条件



半解析モデル

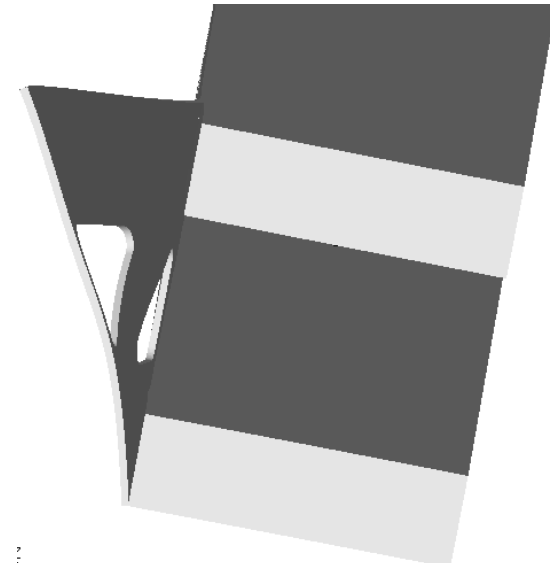
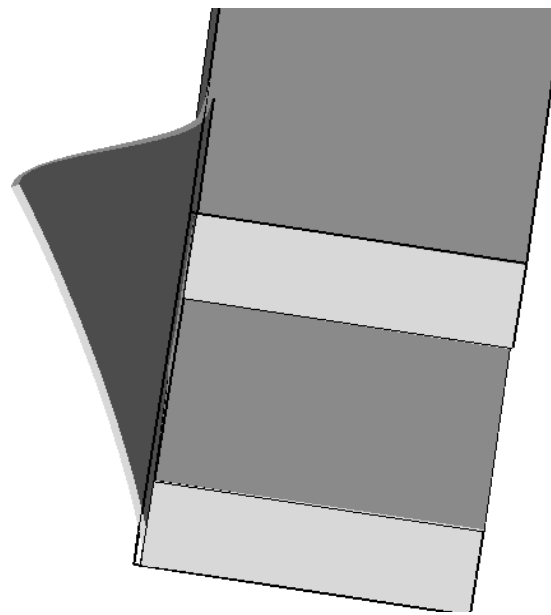


部分的に  
鋼板と  
木材を  
非一体化



三角孔による影響  
解析例

1次座屈  
モード図

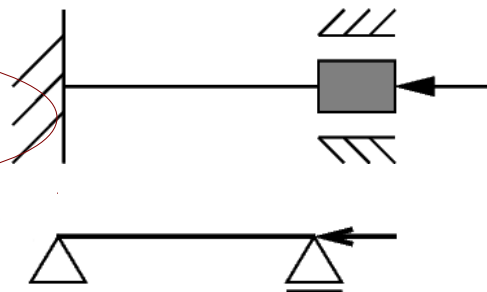


	補剛材なし 孔なし 直方体要素	補剛材なし 三角孔 四面体要素
座屈モード	座屈荷重 (kN)	座屈荷重 (kN)
1次	78.5	67.5
2次	228	109
3次	249	136

オイラーの座屈荷重

$$P_{kotei} = 149kN$$

$$P_{tanjun} = 37.0kN$$

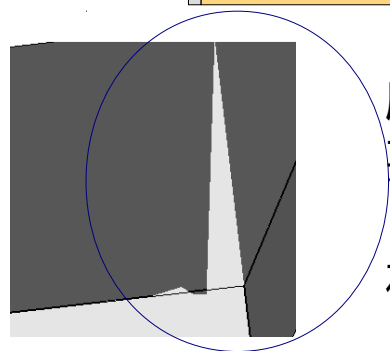
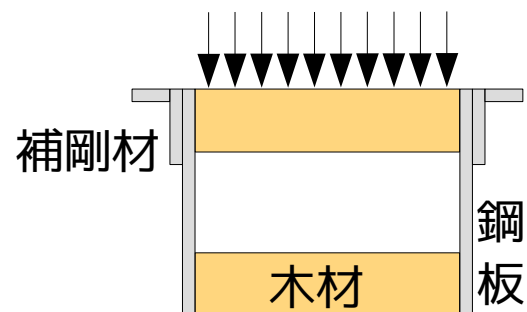


14tトラックの後輪荷重に  
衝撃を考慮 70kN

オイラー座屈より低いFEM解析値  
孔があるとより座屈しやすい

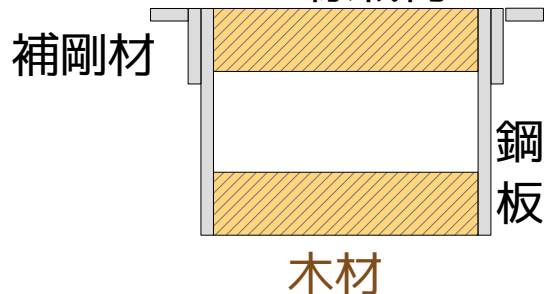
# 補剛材による影響 孔なし 解析例

木材部分上縁に載荷



応力が卓越  
要素が飛び出す  
↓  
荷重条件を  
面載荷に変更

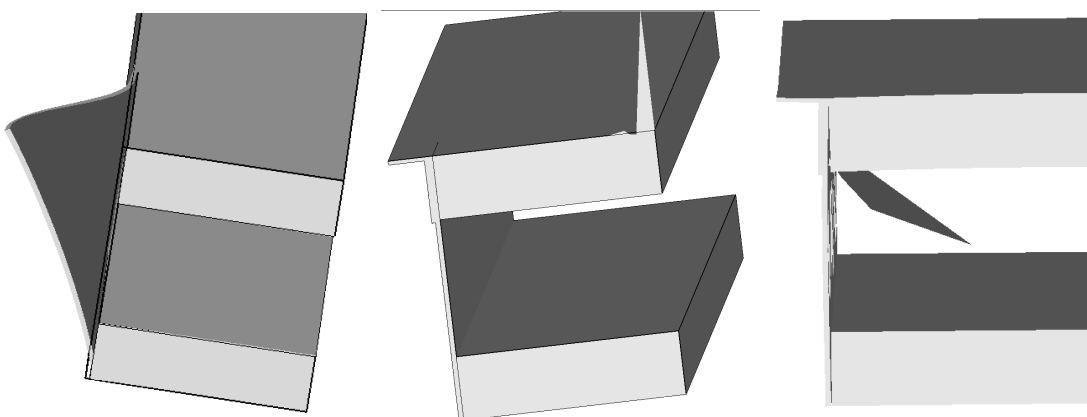
木材部分断面に  
一様載荷



オイラーの座屈荷重

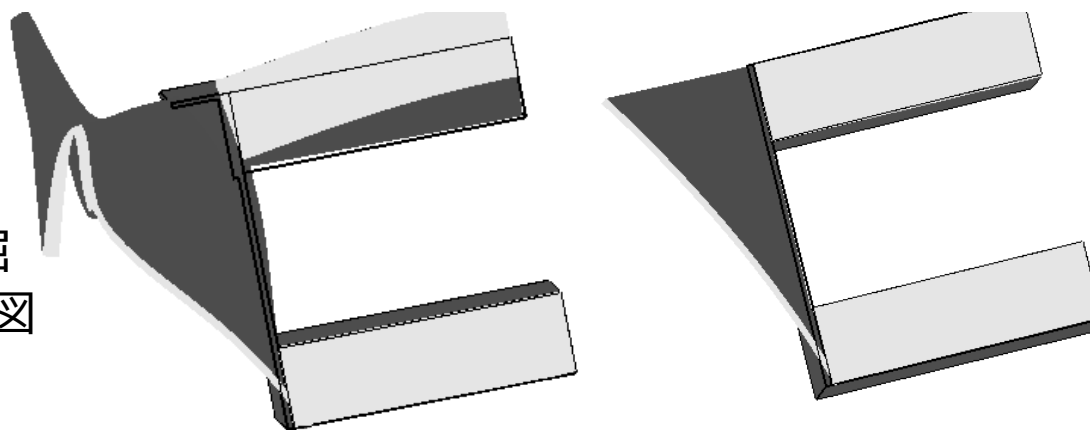
$$P_{kotei} = 149kN$$

1次座屈  
モード図



	補剛材なし孔なし 直方体要素	補剛材あり孔なし 直方体要素	補剛材あり三角孔あり 四面体要素
座屈モード	座屈荷重 (kN)	座屈荷重 (kN)	座屈荷重 (kN)
1次	78.5	102.0	98.9
2次	228	176	157
3次	249	191	374

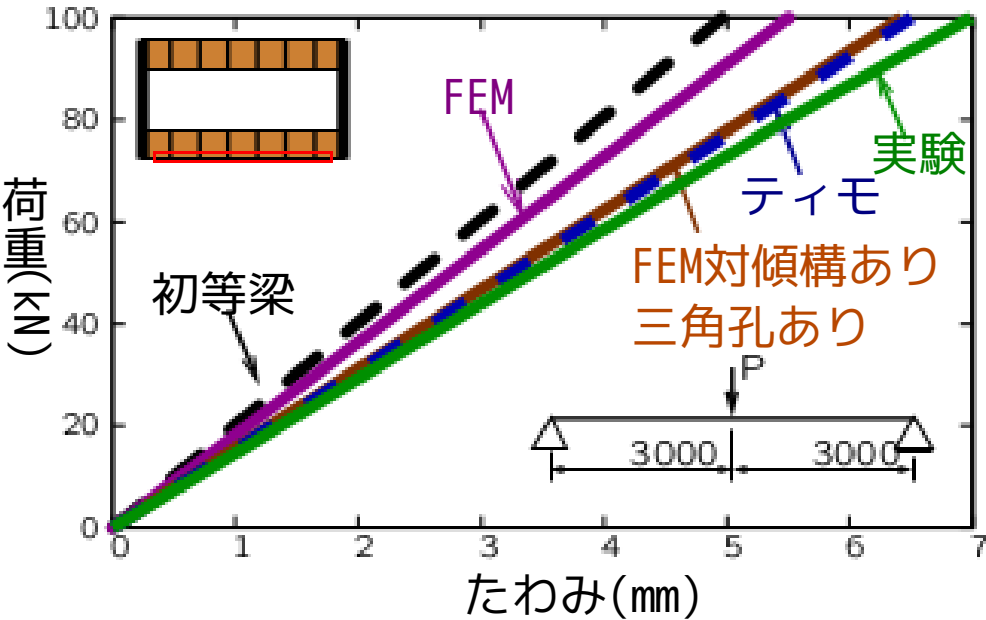
1次座屈  
モード図



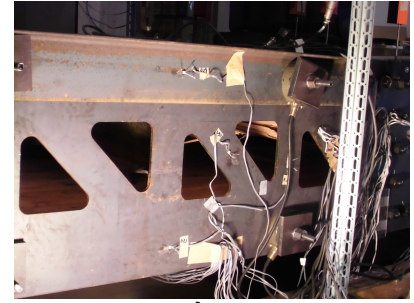
	補剛材あり孔なし 直方体要素 面載荷	補剛材なし孔なし 直方体要素 面載荷
座屈モード	座屈荷重 (kN)	座屈荷重 (kN)
1次	1010	78.5
2次	1028	228
3次	1125	437



# まとめ -FEMによる剛性評価



対傾構



三角孔

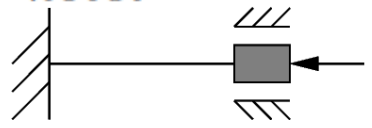
→ FEMでは考慮した解析が必要

スパン6m 対傾構あり孔小さめモデル 荷重-たわみ関係

## 局部座屈の評価方法

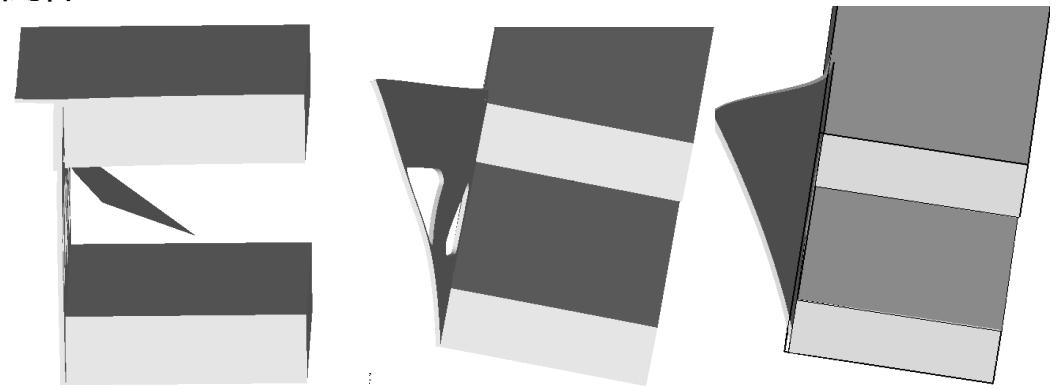
オイラーの座屈荷重

$$P_{kotei} = 149kN$$



FEMの方が低い値  
板全体で座屈

1次座屈  
モード図

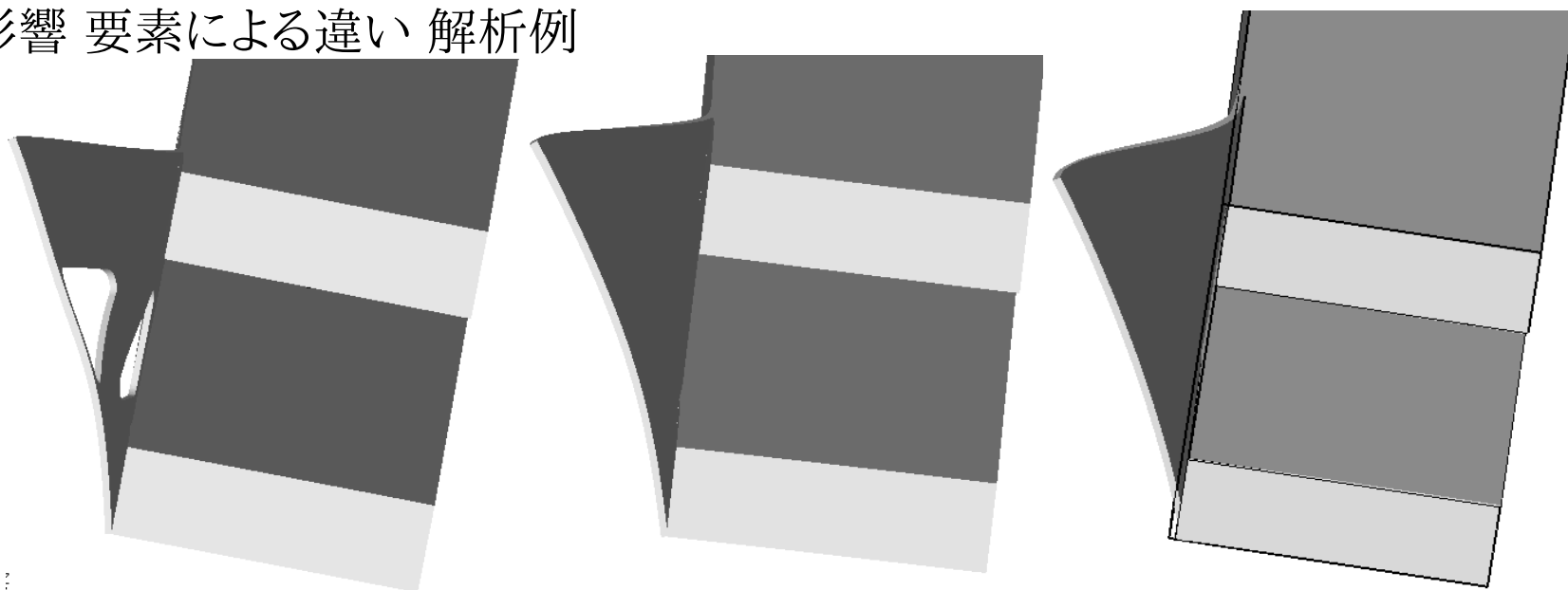


	補剛材あり 三角孔あり 四面体要素	補剛材なし 孔あり 四面体要素	補剛材なし 孔なし 直方体要素
座屈モード	座屈荷重 (kN)	座屈荷重 (kN)	座屈荷重 (kN)
1次	98.9	67.5	78.5
2次	157	109	228
3次	374	136	249



# 三角孔による影響 要素による違い 解析例

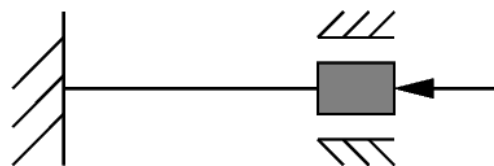
1次座屈  
モード図



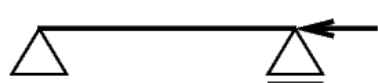
	補剛材なし孔あり 四面体要素	補剛材なし孔なし 四面体要素	補剛材なし孔なし 直方体要素
座屈モード	座屈荷重 ( $kN$ )	座屈荷重 ( $kN$ )	座屈荷重 ( $kN$ )
1次	67.5	77.7	78.5
2次	109	78.5	228
3次	136	124	249

オイラーの座屈荷重

$$P_{kotei} = 149kN$$



$$P_{tanjun} = 37.0kN$$



オイラー座屈より低い1次座屈荷重 (FEM)  
孔があると1次の座屈荷重が低くなる

# 補剛材の影響 解析例 スパン7m補剛材あり孔大きめモデル

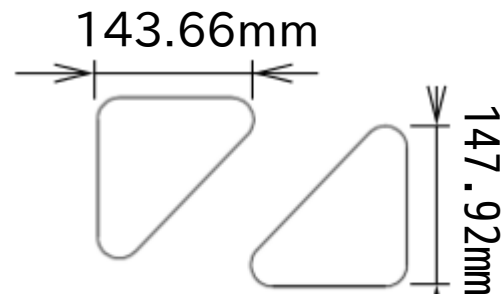
補剛材



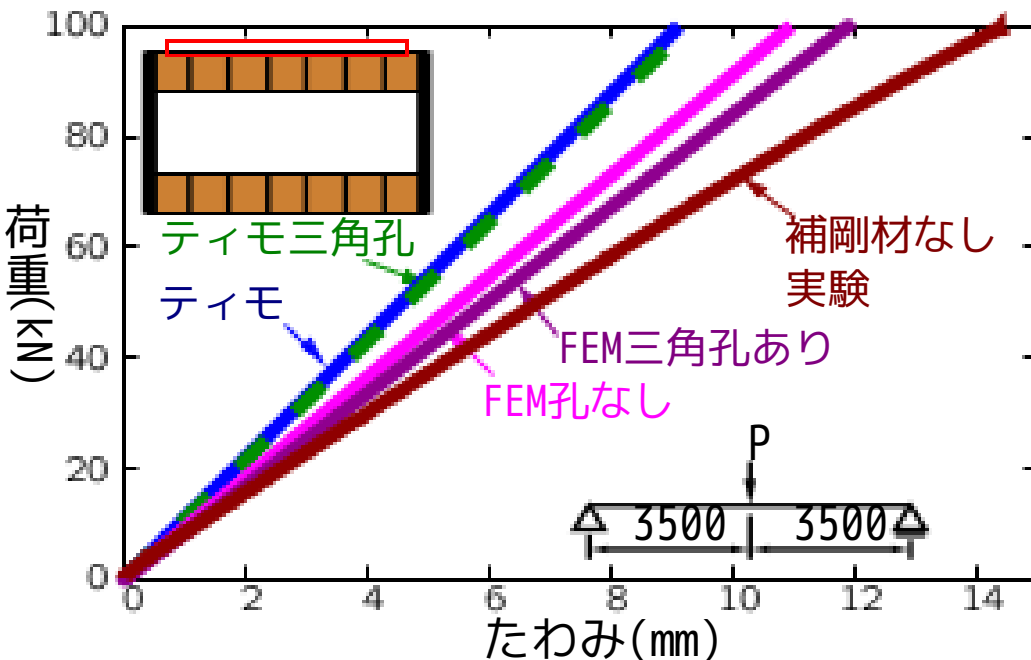
補剛材



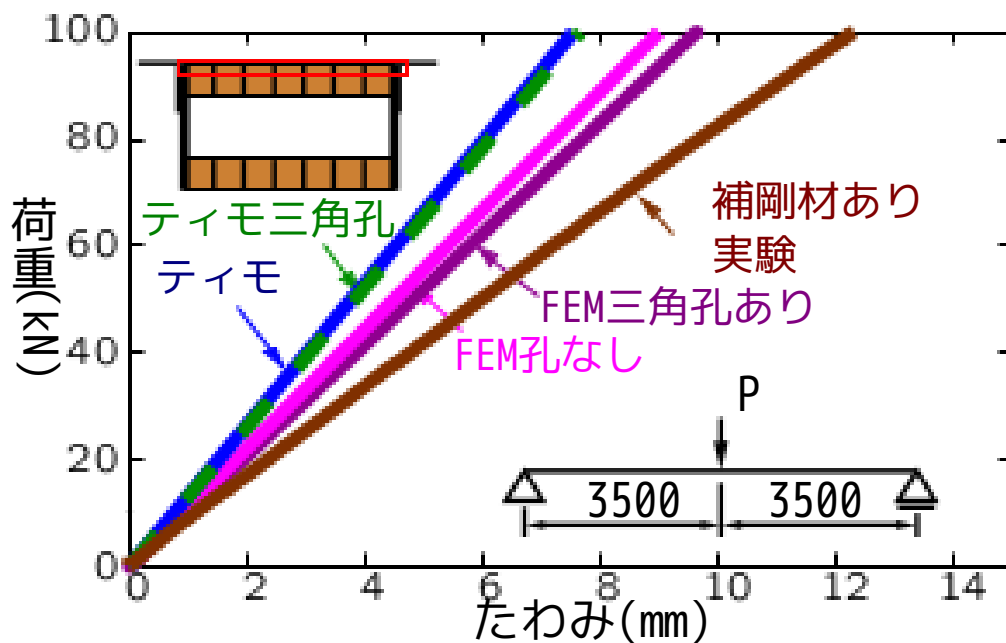
モデル 断面図



実際の三角孔の寸法からモデル化



補剛材なしモデル荷重-たわみ関係



補剛材ありモデル荷重-たわみ関係

補剛材は曲げ剛性にも影響

計算でも解析でも剛性が高くなる・・・座屈に対してはどの程度影響があるか？



# 破壊試験(250kN載荷)

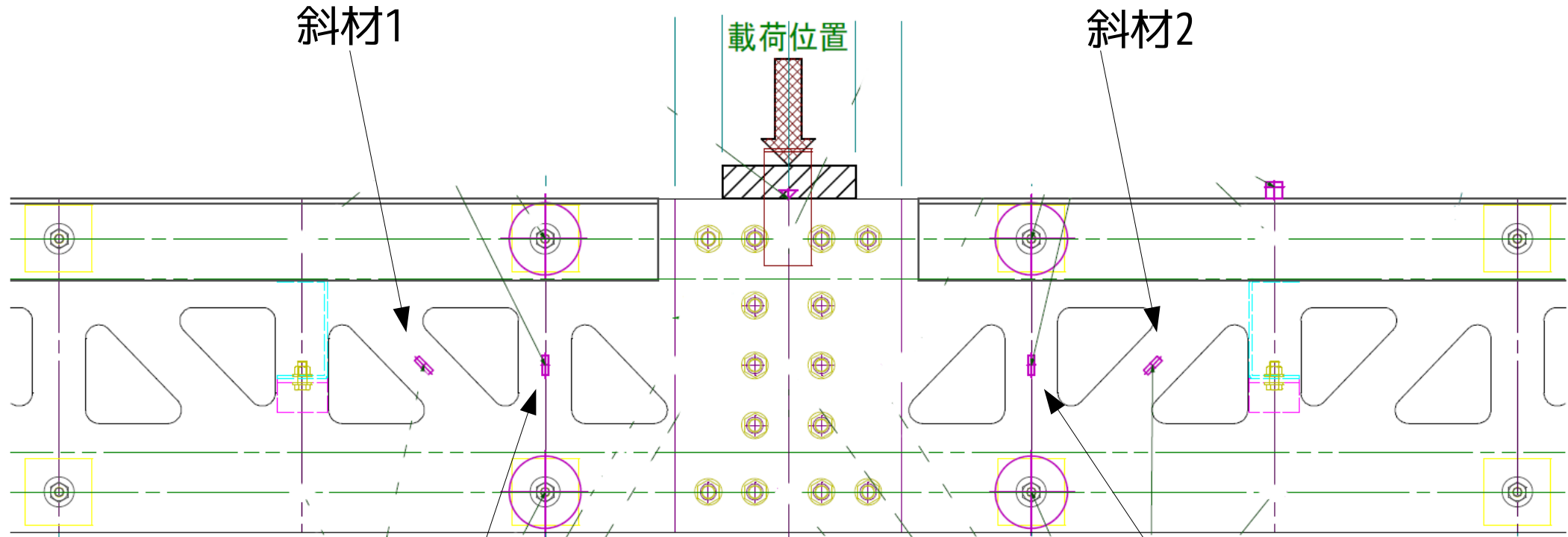
スパン7m 継手あり補剛材ありモデル

支間中央部

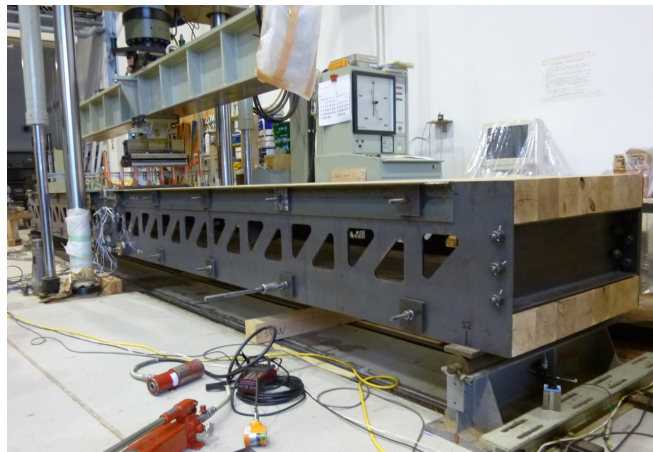
斜材1

載荷位置

斜材2

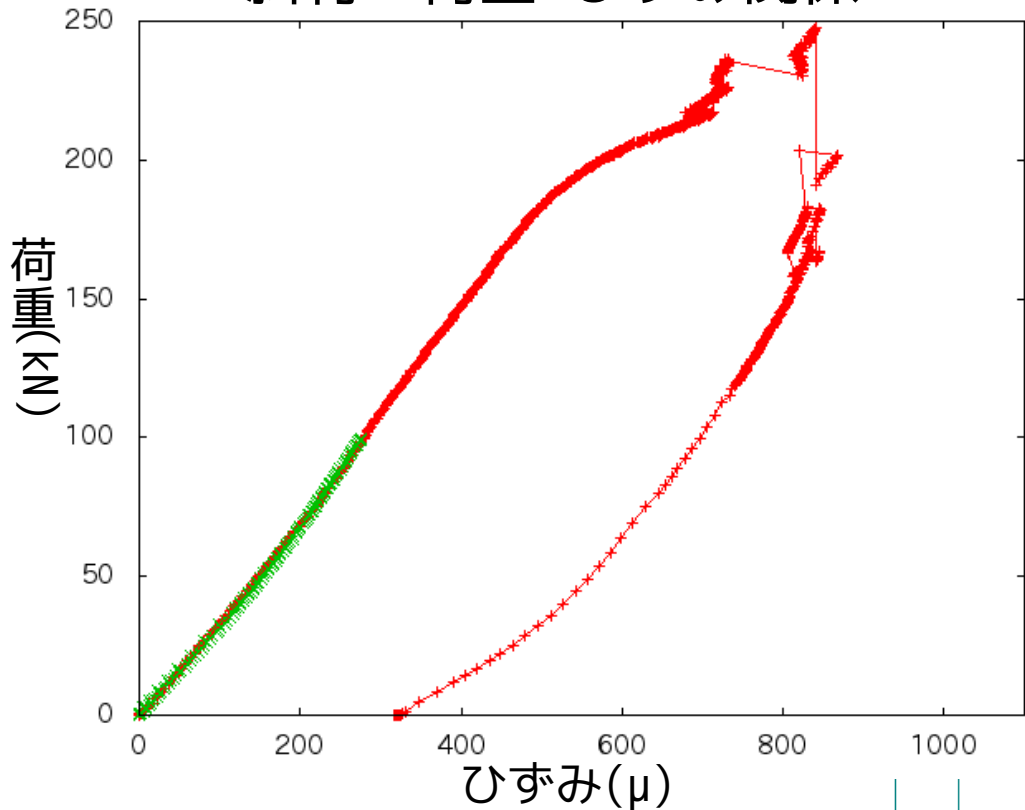


垂直材1

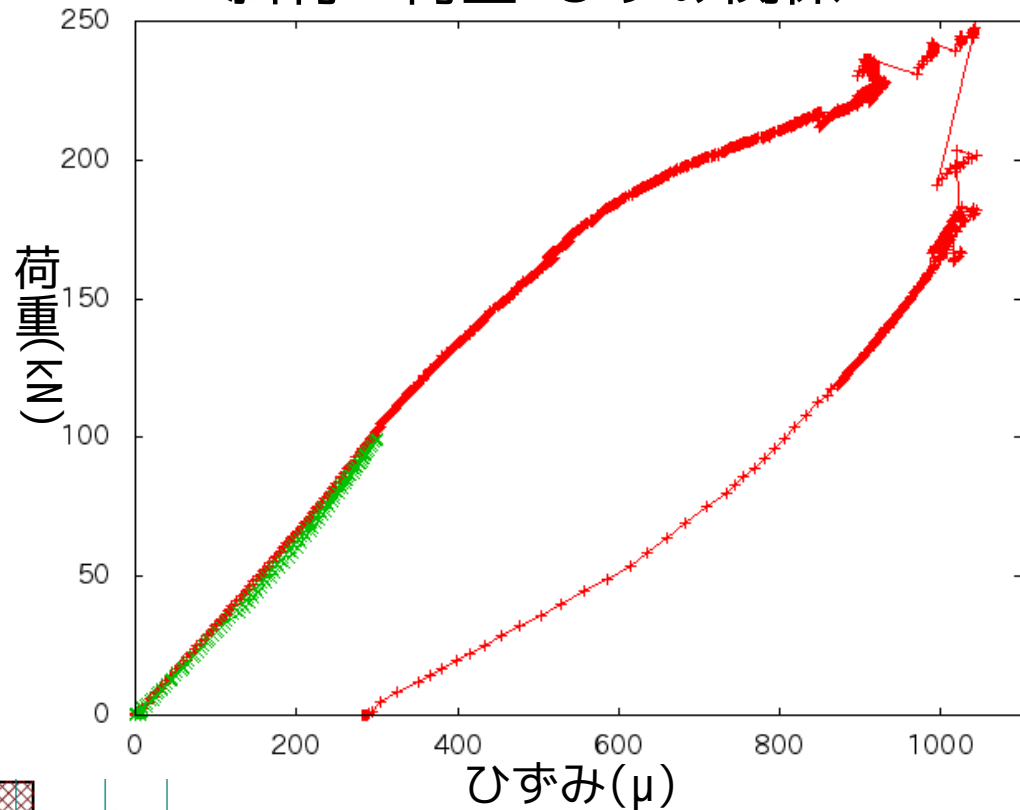


垂直材2

斜材1 荷重-ひずみ関係



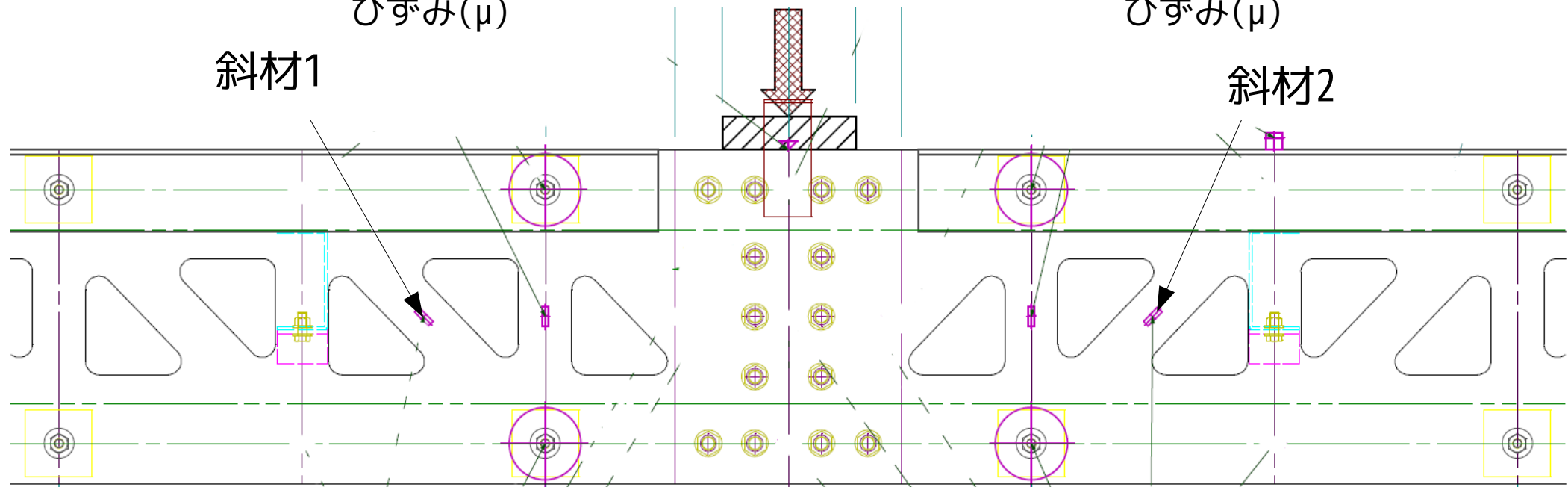
斜材2 荷重-ひずみ関係



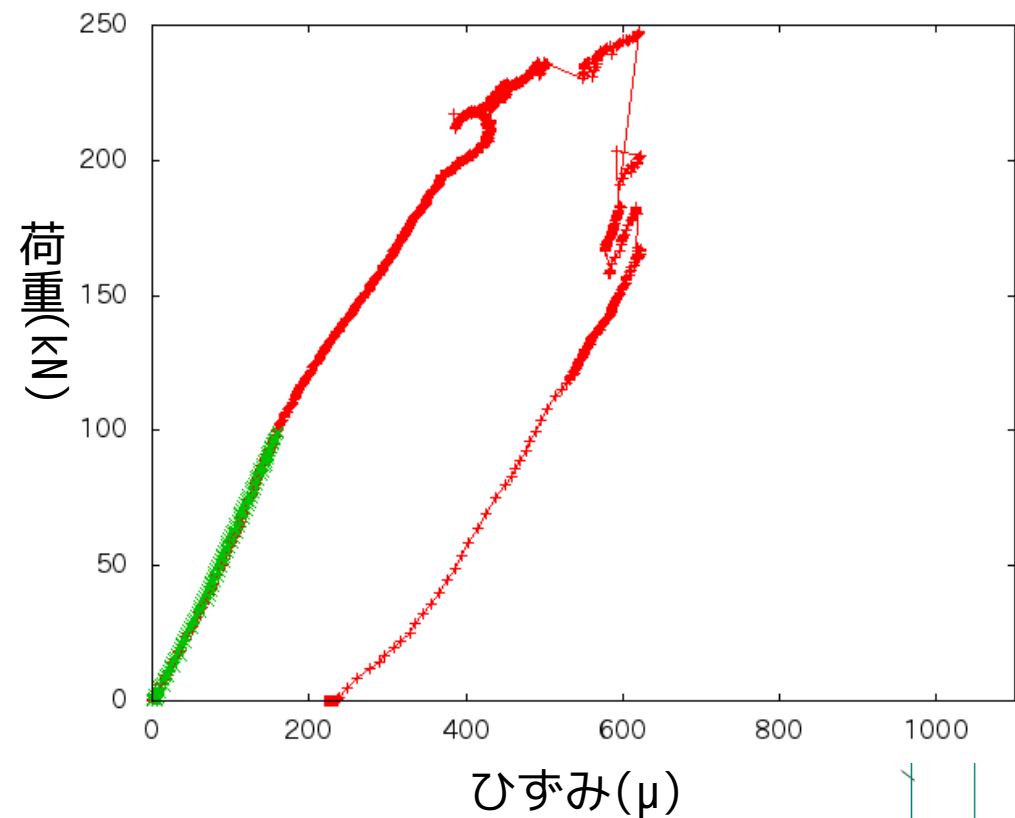
斜材1

斜材2

支間中央部



垂直材1 荷重-ひずみ関係



垂直材2 荷重-ひずみ関係

