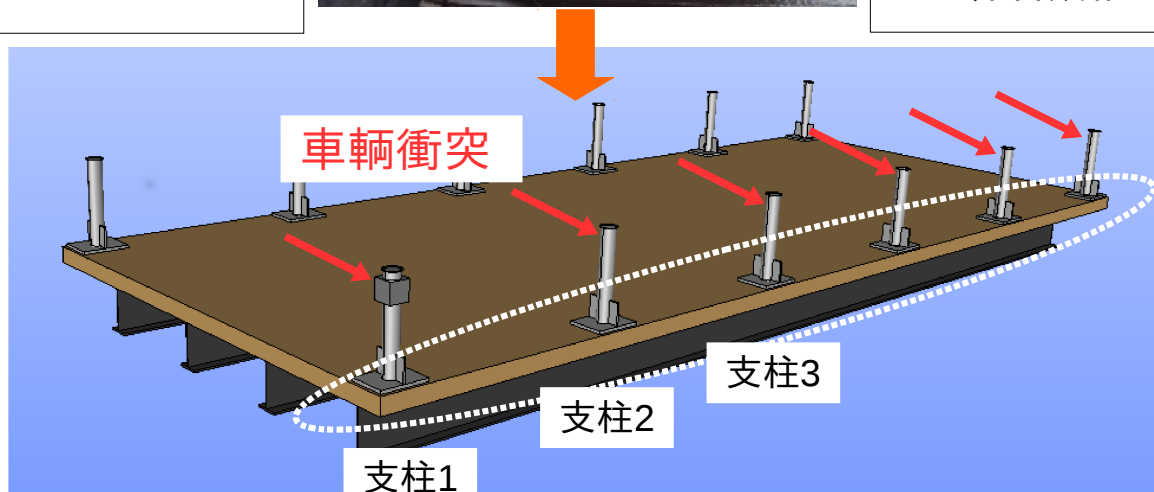
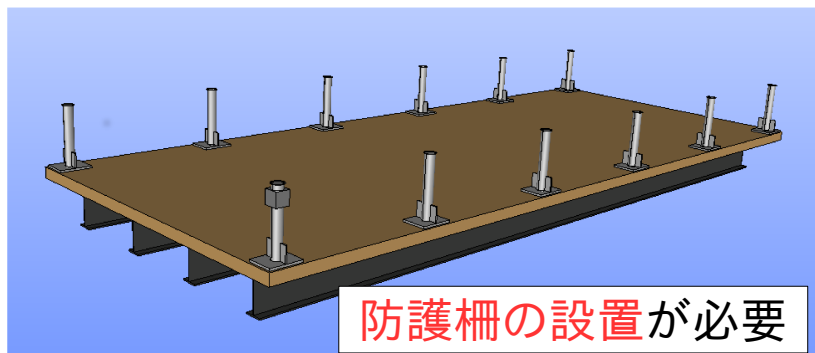


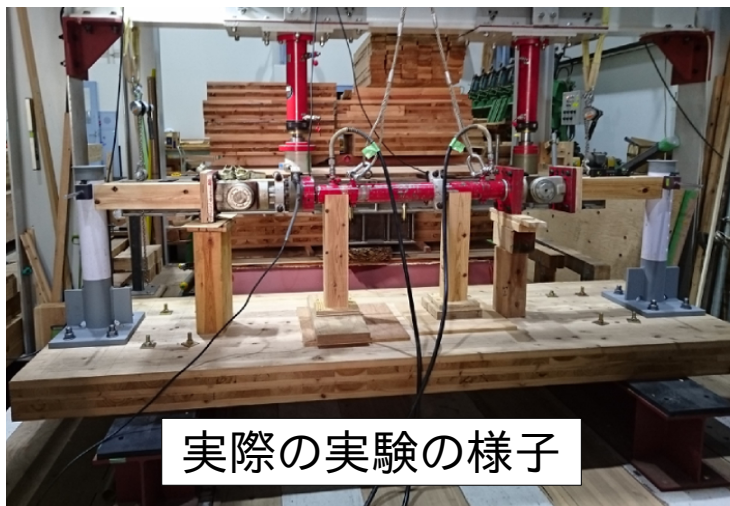
鋼製防護柵に荷重を受けるCLT床版橋の挙動 7017827佐藤美紅

2号橋(大仙市)



有限要素解析ツール(SALOME-MECA)で

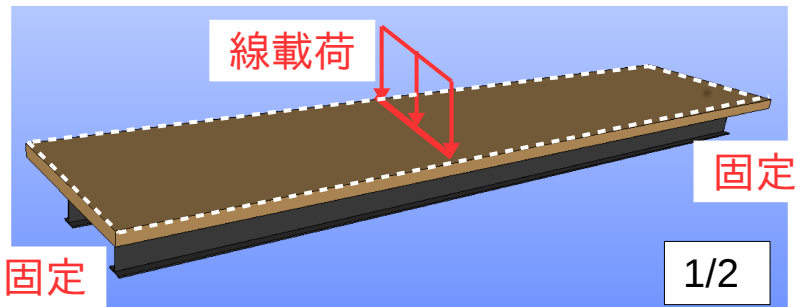
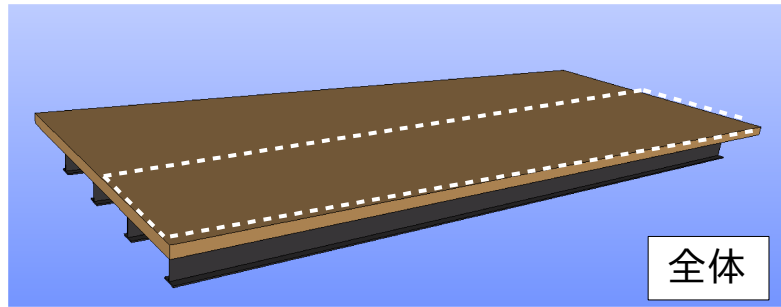
- ①CLT床版橋の合成度
- ②荷重を与える支柱
- ③荷重の方向



を変えて、CLT床版のめり込みについて解析する。

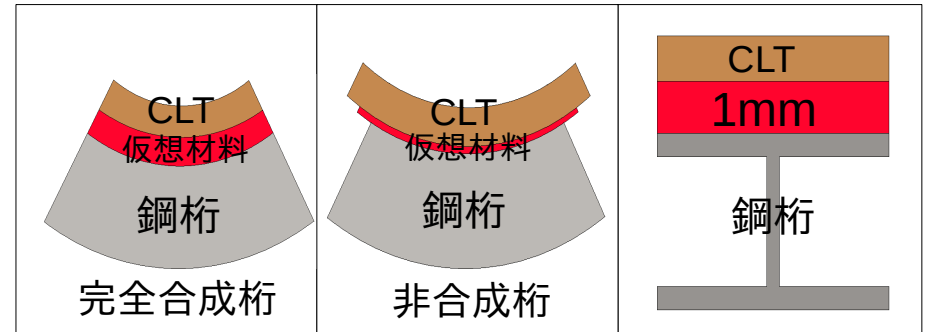
CLT床版橋をモデル化

【2号橋-3点曲げモデル】



【合成度をモデル化する昨年の手法】

載荷荷重
39.6kN

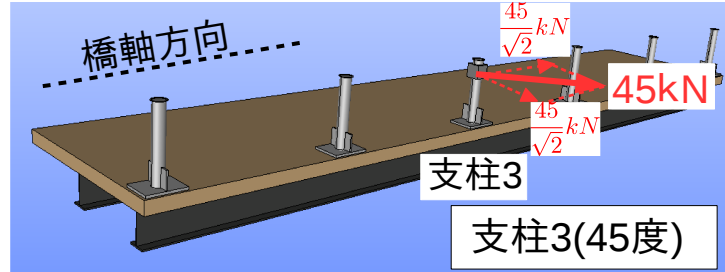
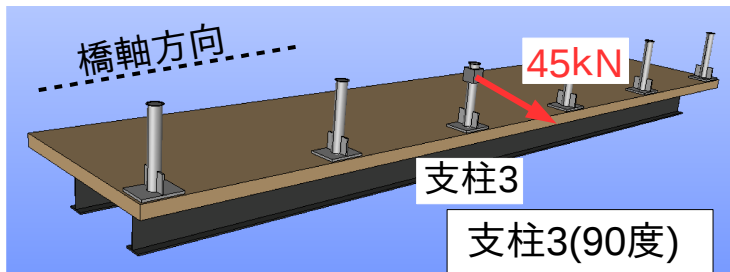
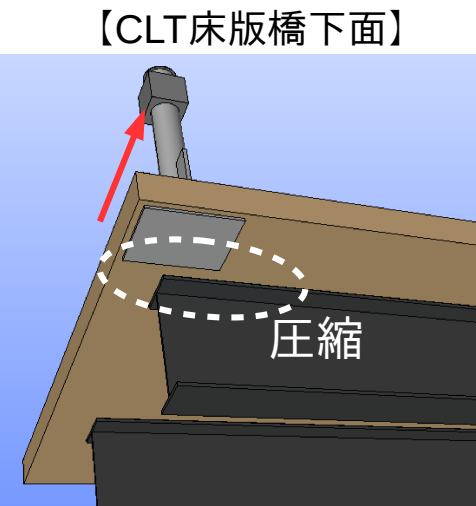
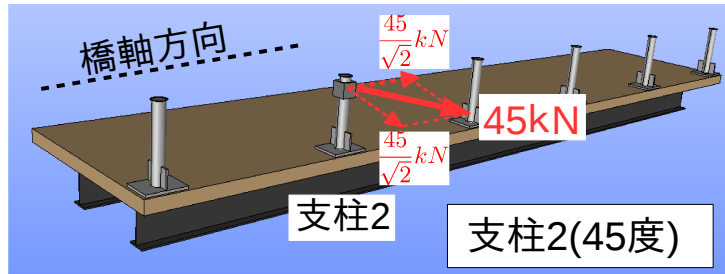
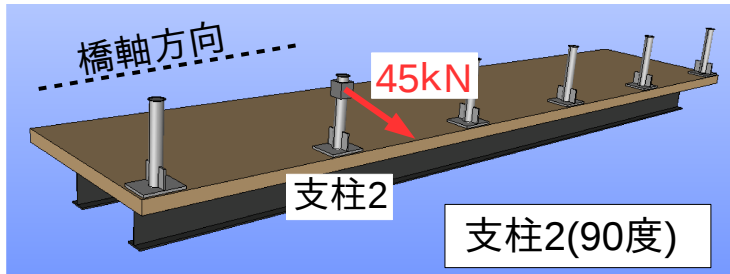
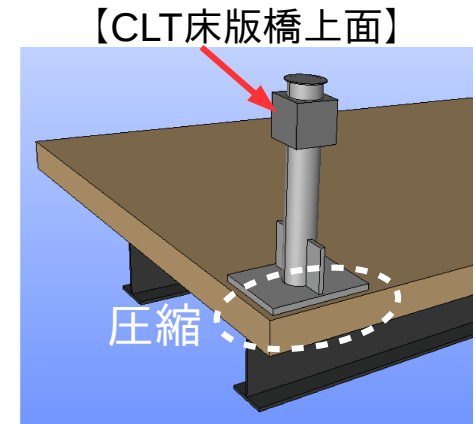
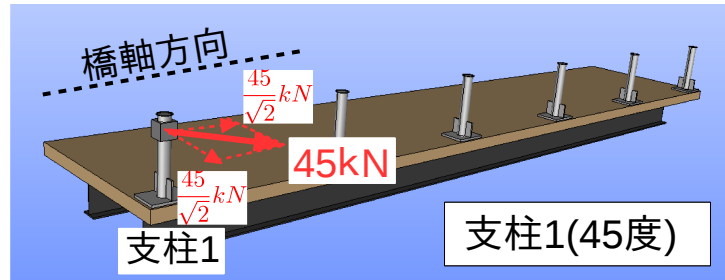
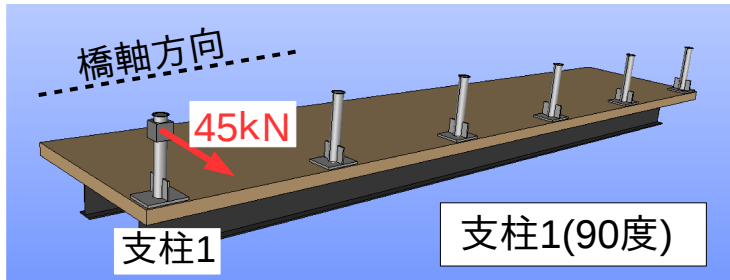


【たわみの値】

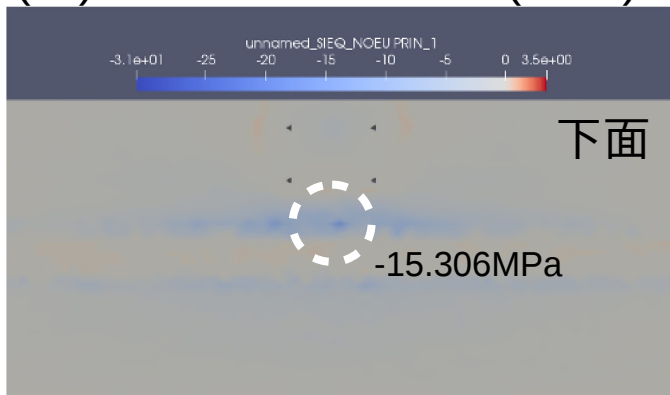
仮想材料のヤング率	完全合成理論値 (mm)	非合成理論値 (mm)	FEM(mm)
$E = E_{CLT}$	1.255	1.671	1.377
$E = \frac{1}{10} E_{CLT}$	1.255	1.671	1.380
$E = \frac{1}{100} E_{CLT}$	1.255	1.671	1.385
$E = \frac{1}{1000} E_{CLT}$	1.255	1.671	1.422
$E = \frac{1}{10000} E_{CLT}$	1.255	1.671	1.558

仮想材料モデルを用いることで、完全合成桁と非合成桁をモデル化することができた。

2号橋(防護柵あり)



(例)完全合成桁 支柱3(90度)

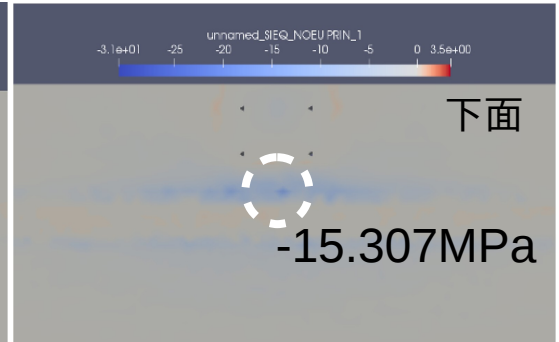
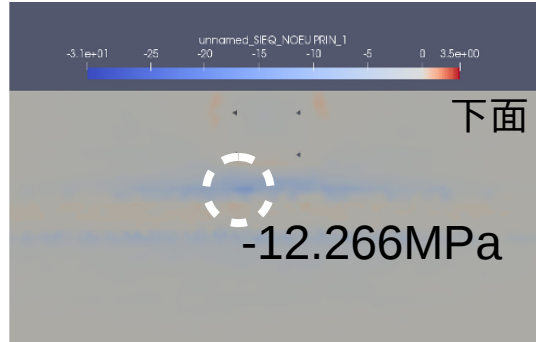
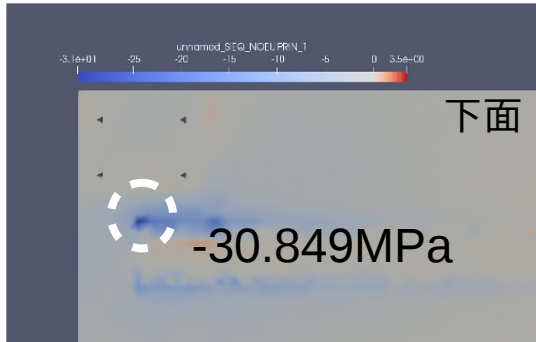
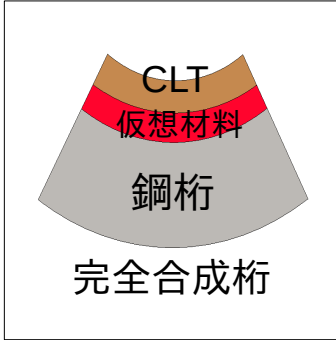
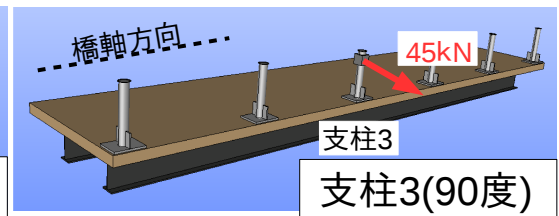
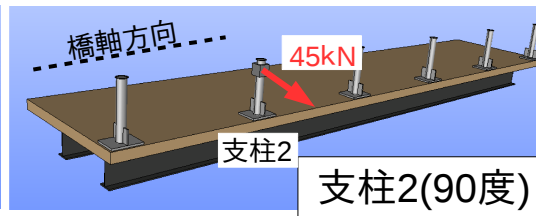
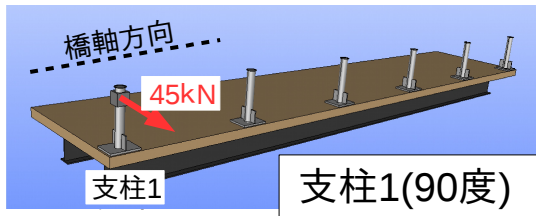


- ①CLT床版橋の合成度
- ②荷重を与える防護柵の位置
- ③荷重の方向

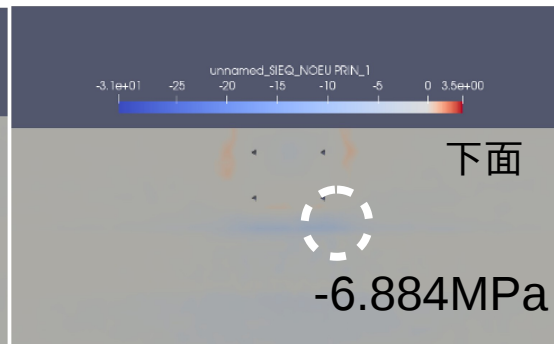
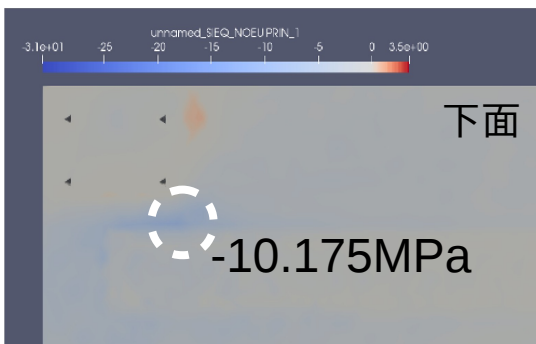
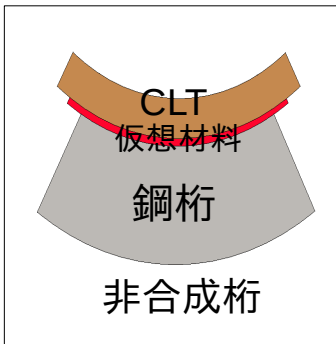
を変えた、計12通りで最小主応力 (=圧縮最大)の解析を行う。

【90度】

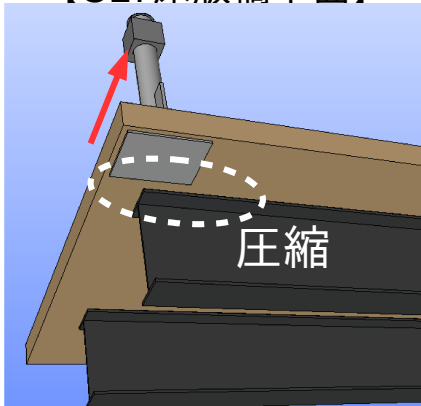
許容めり込み応力
3.14MPa



青(圧縮) ← → 赤(引張)
-30.8MPa 3.5MPa



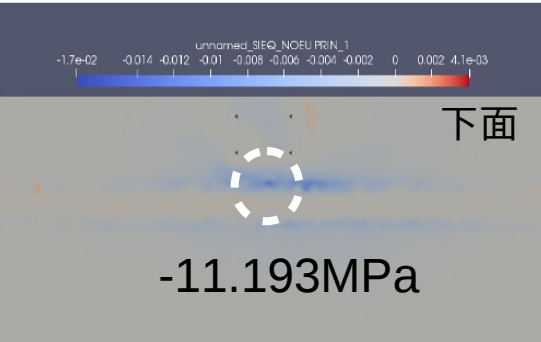
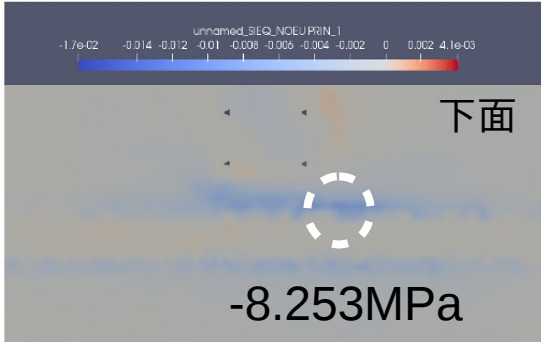
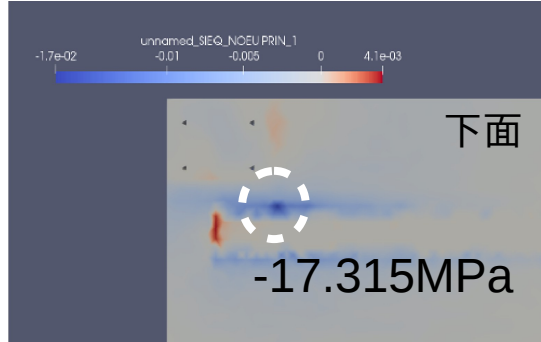
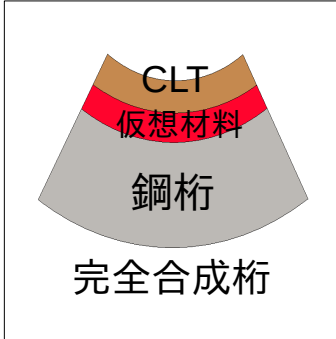
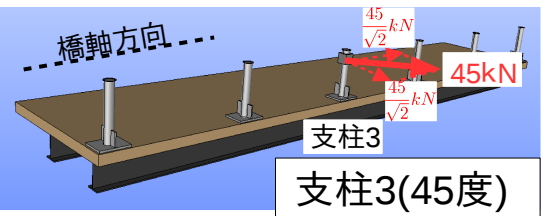
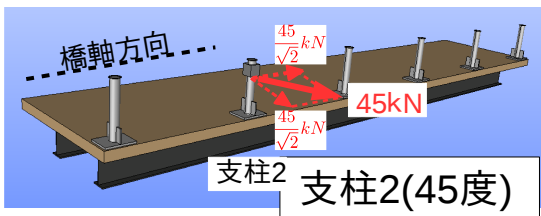
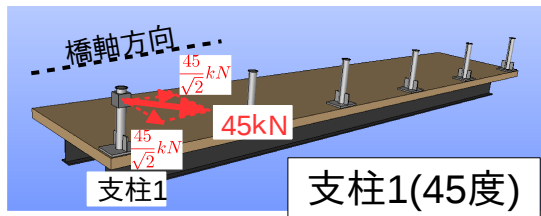
【CLT床版橋下面】



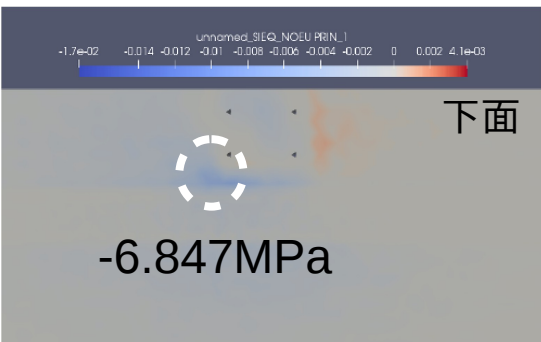
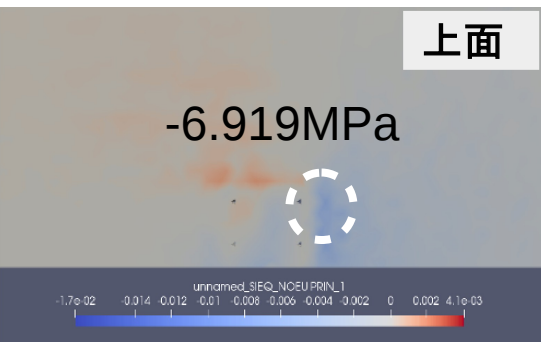
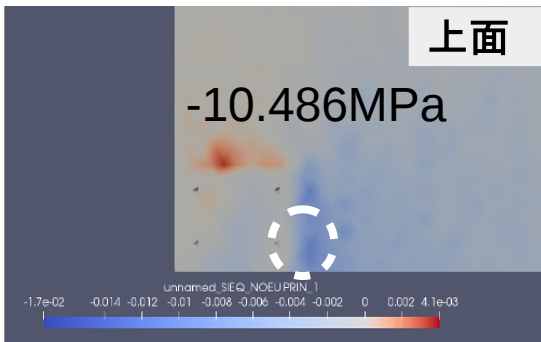
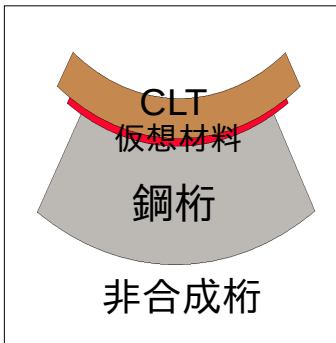
- ・どの支柱に載荷した場合でも、圧縮最大はCLT許容めり込み応力(3.14MPa)に達している。
- ・圧縮最大はどの支柱に載荷した場合でも、CLT下面の桁縁部に生じる。

【45度】

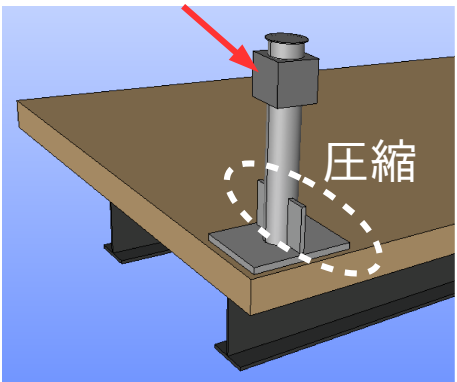
許容めり込み応力
3.14MPa



青(圧縮) ← → 赤(引張)
-17.3MPa 4.1MPa

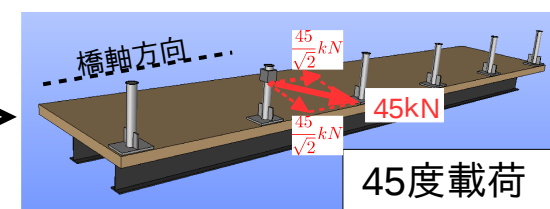
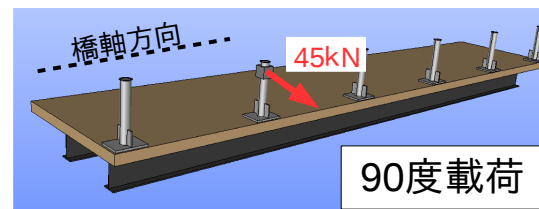
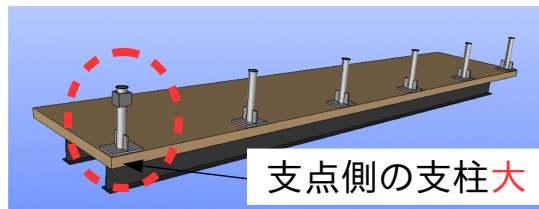


【CLT床版橋上面】



- ・どの支柱に載荷した場合でも、圧縮最大はCLT許容めり込み応力(3.14MPa)に達している。
- ・圧縮最大はCLT下面の桁縁部、またはCLT上面のプレート縁部に生じる。

【まとめ】



・ 全ての載荷パターンで許容めり込み応力 (3.14MPa) に達している。

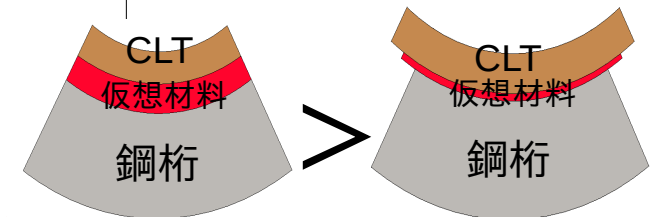
・ ほとんどの載荷パターンで **CLT下面に最大値** 完全合成桁

・ 非合成の場合、**CLT上面にも最大値** が現れる場合がある。

・ 支点側の支柱に載荷したとき **大**
→ 支点の固定により変形が許されなかった？

・ 45度載荷より90度載荷が **大**

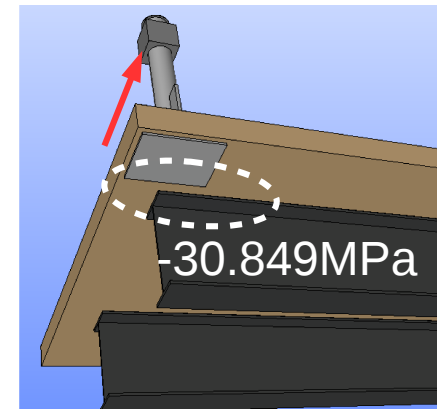
・ 非合成より完全合成が **大**
→ 非合成での設計だと、めり込みに関しては危険側で設計されている可能性がある！



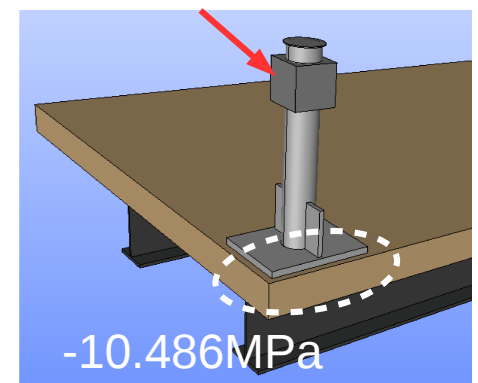
完全合成桁

非合成桁

【CLT床版橋下面】



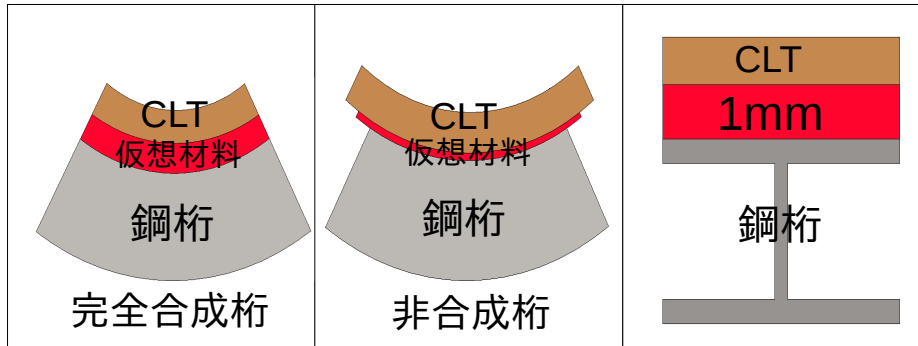
【CLT床版橋上面】



【3点曲げ試験の精度について】

完全合成と非合成で相対誤差の絶対値が同じくらいになるように設定

【合成度をモデル化する昨年の手法】



【たわみの値】

仮想材料のヤング率	完全合成理論値 (mm)	非合成理論値 (mm)	FEM(mm)
$E = E_{CLT}$	1.255	1.671	1.377
$E = \frac{1}{10} E_{CLT}$	1.255	1.671	1.380
$E = \frac{1}{100} E_{CLT}$	1.255	1.671	1.385
$E = \frac{1}{1000} E_{CLT}$	1.255	1.671	1.422
$E = \frac{1}{10000} E_{CLT}$	1.255	1.671	1.558

$(1.377 - 1.255) / 1.255 = 0.0971$
相対誤差 9.71%

→大学の解析ツールではこの精度が限界

相対誤差 -14.9%

$(1.558 - 1.671) / 1.671 = -0.0676$
相対誤差 -6.76%

【最小主応力(圧縮最大)まとめ】

めり込み許容応力 3.14MPa

	支柱	完全合成桁		非合成桁	
		CLT下面	CLT上面	CLT下面	CLT上面
90度	1	-30.849	-5.138	-10.175	-9.118
	2	-12.266	-3.212	-8.005	-5.559
	3	-15.307	-4.413	-6.884	-4.710
45度	1	-17.315	-5.812	-7.666	-10.486
	2	-8.253	-3.711	-6.539	-6.920
	3	-11.193	-3.680	-6.847	-5.954

単位:MPa

【許容めり込み応力】

(単位:kgf/cm²)

樹種		短期許容応力度		
		許容めり込み応力度		許容圧縮応力度
		(イ)材中間におけるめり込み	(ロ)材端におけるめり込み	(ハ)全面圧縮
針葉樹	A1類	60	48	19
	A2類	50	40	18
	B1類	50	40	16
	B2類	40	32	15
広葉樹	A類	70	52	28
	B類	60	46	28

MPaにすると

$$(32 \times 9.8) / 10^2 = 3.136 \text{MPa}$$

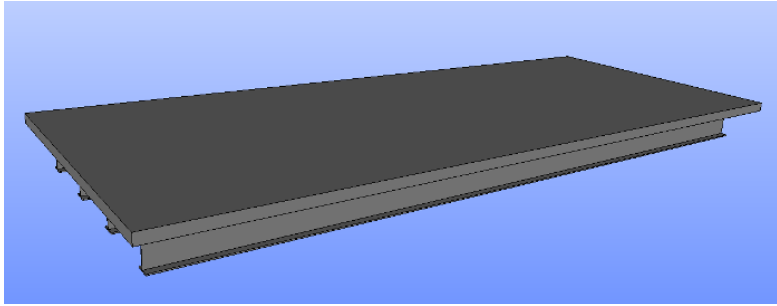
よってB2類の許容めり込み応力は**3.14MPa**

【樹種によるめり込み許容応力の違い】

樹種		めり込み許容応力 (MPa)	
針葉樹	A1類	べいまつ・ソ連からまつ	4.70
	A2類	ひば・ひのき・べいひ	3.92
	B1類	あかまつ・くろまつ・からまつ・ つが・べいつが	3.92
	B2類	もみ・とどまつ・べにまつ・ すぎ・べいすぎ・スプルース・ ロッジポールパイン・ポンデロサパイン	3.14
広葉樹	A類	ぶな・かば・けやき・なら・しおじ・たも・ はるにれ・いたやかえで・アピトン	5.70
	B類	ラワン	4.51

【研究対象のCLT床版橋】

〈2号橋／大仙市〉 農道橋 すぎCLT



- 床版
- ・床版長:9986mm
- ・床版厚:132mm
- ・床版幅:4210mm
- ・舗装厚:再現なし
- ・スパン:9170mm

- 桁
- ・桁長:9570mm
- ・フランジ厚:16mm
- ・フランジ幅:200mm
- ・ウェブ厚:10mm
- ・ウェブ高:468mm

○ヤング率

〈CLT〉

橋軸方向(弱軸方向) 1.7GPa

橋軸直角方向(強軸方向) 3.5GPa

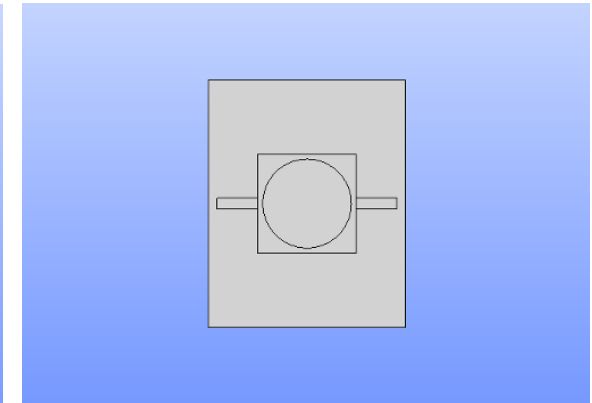
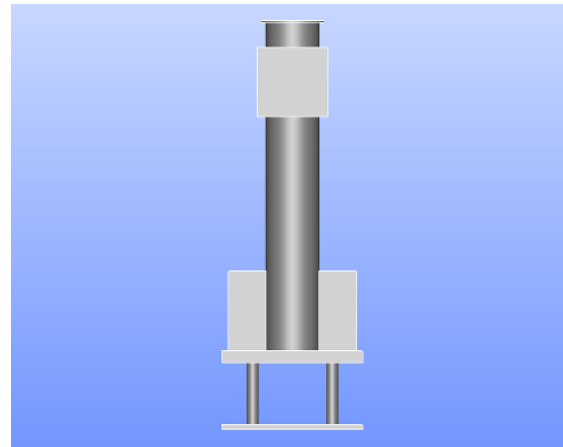
高さ方向 0.38GPa

〈鋼桁〉

206GPa

1GPa=101.97kgf/mm²

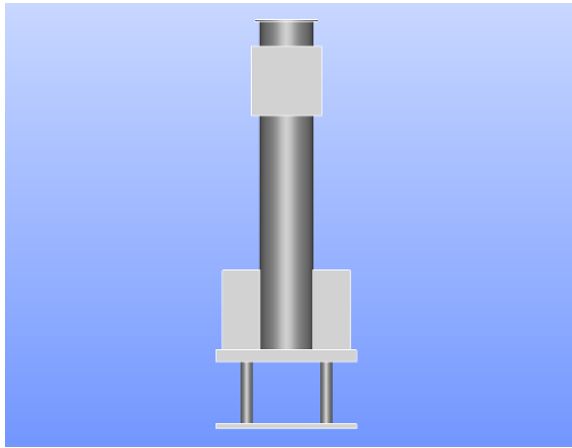
〈荷重載荷部〉



- ブラケット(木材)
- ・高さ:150mm
- ・幅:150mm
- ・長さ:150mm

【研究対象のCLT床版橋】

〈支柱〉 路側帯用構造物用C種

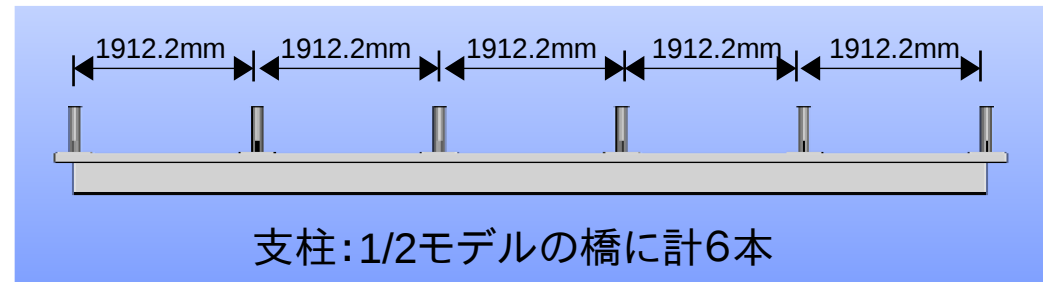


- 支柱
 - ・直径(円筒): 105.3mm
 - ・高さ(円筒): 715mm
 - ・直径(蓋): 135mm
 - ・厚さ(リブプレート): 16mm
 - ・高さ(リブプレート): 170mm
 - ・幅(リブプレート): 80mm
 - ・載荷位置: 588mm

○ヤング率 206GPa(SM400)

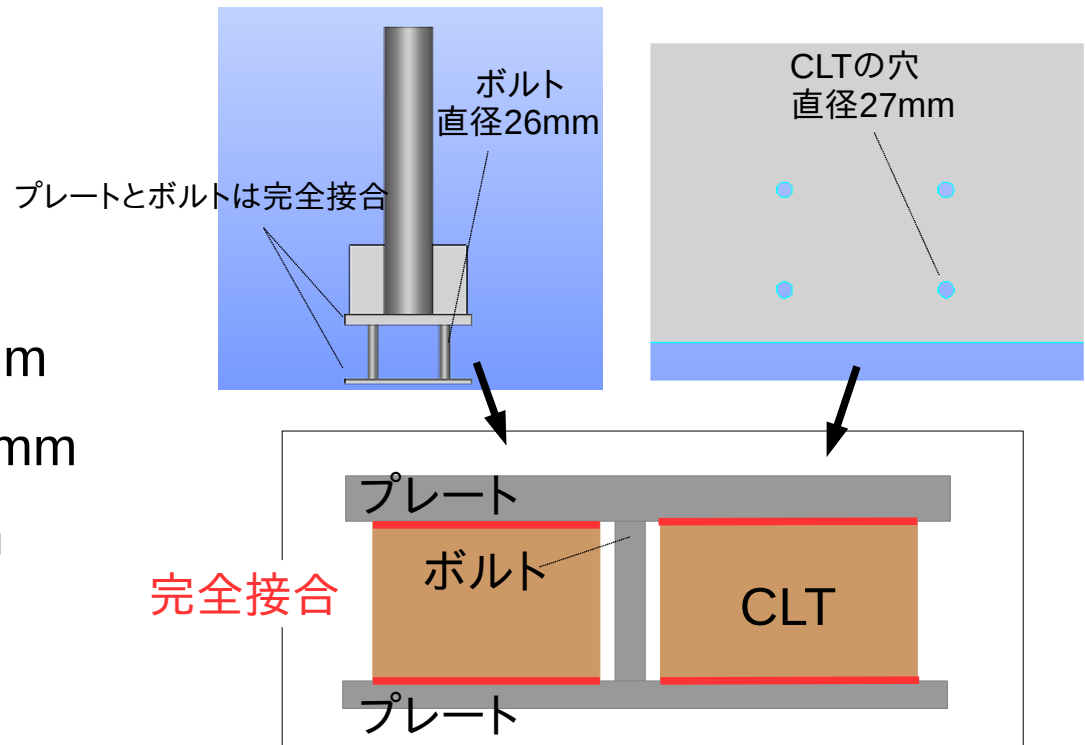
○ポアソン比 0.3

〈防護柵の間隔〉



↑ 規定より2m以内に1本の間隔

〈CLT床版橋と防護柵の接合部〉



今後の課題: 接触解析を行う。

【3点曲げ理論値のプログラム】

```
implicit real*8(a-h,o-z)
! N, mm系
ek=206.d3
ec=1.7d3
ev=1.7d3 !仮想材料のヤング率
t=1.d0 !仮想材料の厚さ
span=9170.d0 !スパン
!span=9170.d0
!al=span/2.d0 !支点から荷重位置までの距離
al=span/2.d0-1.7075d3
!支点から荷重位置までの距離
zl=span/2.d0 !変位計の位置
print*, 'span=', span
p=39.592d3
h=200.d0*(500.d0**3-468.d0**3)/12.d0*4.d0
!上下フランジの断面二次3桁ぶん
w=10.d0*468.d0**3/12.d0*4.d0
!ウェブの断面二次3桁ぶん
h=h+w !鋼桁の断面二次
c=4210.d0*132.d0**3/12.d0 !CLTの断面二次
v=200.d0*t**3/12.d0*4.d0 !仮想材料の断面二次
print*, "IH=", h, h/4
print*, "web/IH=", w/h
print*, "w=", w
print*, "lclt=", c
eih=ek*h
eic=ec*c
eiv=ev*v
ei=eih+eic+eiv !非合成の曲げ剛性
print'(a,1p2e15.3)', "EIH=", eih, eih/4
print'(a,1p2e15.3)', "Elc=", eic
tawa3c=p*span**3/48.d0/ei
print*, '3点曲げ非合成中央:', tawa3c
```

```
!
a1=200.d0*16.d0
a2=10.d0*468.d0
a3=a1
av=200.d0*t
ac=4210.d0*132.d0
y1=16.d0/2.d0
y2=16.d0+468.d0/2.d0
y3=16.d0+468.d0+16.d0/2.d0
yv=500.d0+t/2.d0
yc=566.d0+t
yh=(ek*(a1*y1+a2*y2+a3*y3))/(ek*(a1+a2+a3))
print*, "H鋼のみの下フランジ下面からの図心距離(検算
用):", yh
!ec=ec/10000000.
!CLTのヤング率を0に近づけてH鋼の中立軸に近づくか
yg=(ek*(a1*y1+a2*y2+a3*y3)+ev*av*yv+ec*ac*yc)/
(ek*(a1+a2+a3)+ev*av+ec*ac)
print*, "下フランジ下面からの図心距離:", yg
!
ygh=yg-250.d0 !中立軸とH鋼の図心までの距離
ygv=yg-yv
!中立軸と仮想材の図心までの距離(負になっても2乗する
から関係ない)
ygc=yg-yc
!中立軸とCLTの図心までの距離(負になっても2乗するから
関係ない)
hn=h+ygh**2*(a1+a2+a3)*4.d0
vn=v+ygv**2*av
cn=c+ygc**2*ac
einh=ek*hn
einv=ev*vn
einc=ec*cn
ein=einh+einv+einc
tawa3gc=p*span**3/48.d0/ein
print*, '3点曲げ完全合成中央=', tawa3gc
```