

局所的腐朽の影響を考慮した大断面集成材トラス橋の振動特性

7019559 七五三拓海

1.はじめに



貫入深さ



点検重要

環境に優しい

腐朽しやすい



非破壊



固有振動数

ヤング率

相関が高い

劣化診断に有効な指標



測定

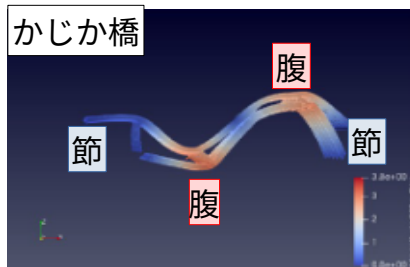
研究室

アーチ・・・解析例 **多**

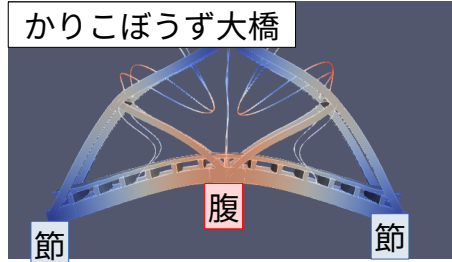
トラス・・・解析例 **未**

作成
&
解析

かじか橋



かりこぼうず大橋



腹の影響

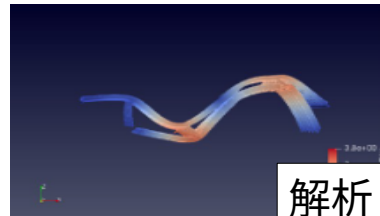
大

節の影響

小

トラスは
どうなる...

傾向も調べる！



解析

2.解析モデル



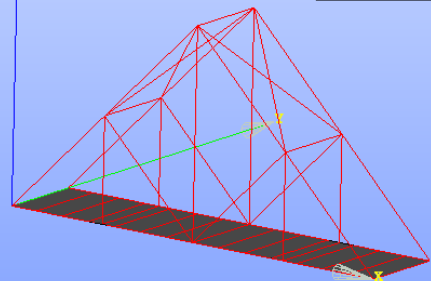
かりこぼうず大橋

形式 キングポストトラス橋

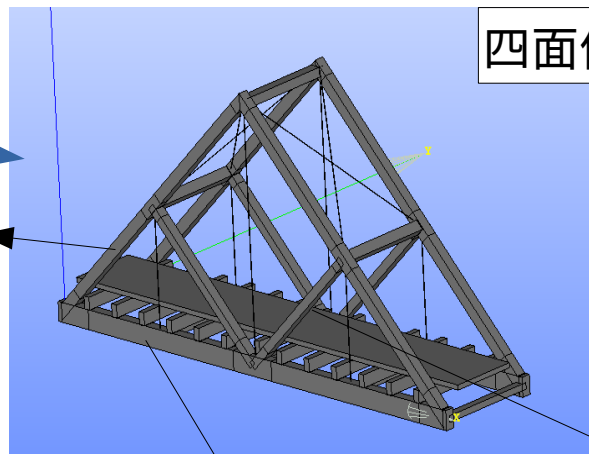
諸元 桁長49.85m 支間長 42.8m 有効幅員 7.0m

使用材料 大断面スギ集成材

梁・シェルモデル



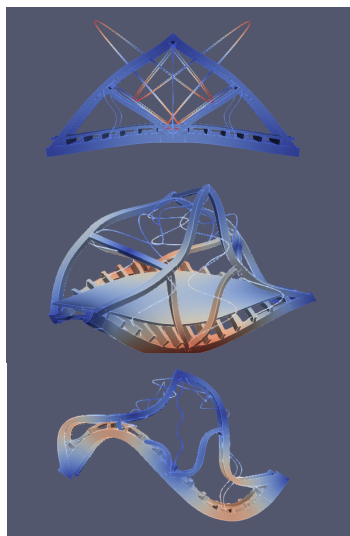
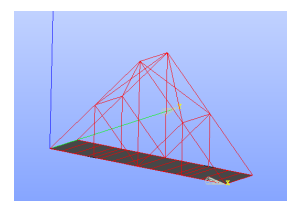
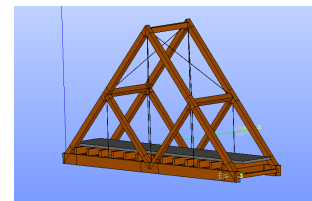
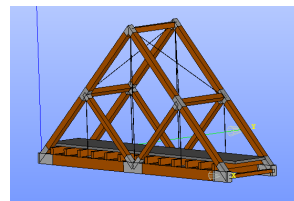
四面体要素モデル



EI、密度を断面に応じて
合わせる！



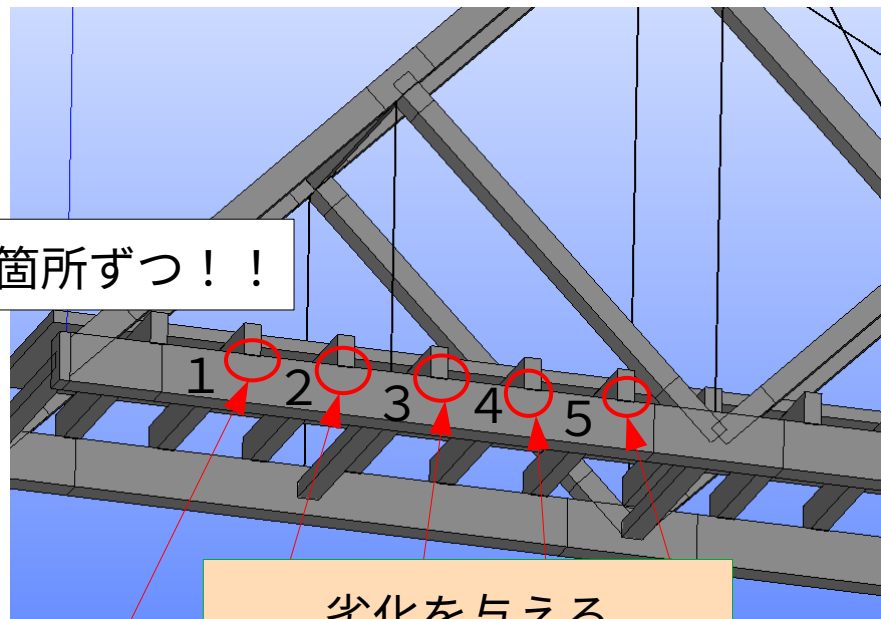
3.解析結果



モデル 振動モード	測定値	四面体要素 (節点鋼材)	四面体要素 (節点木材)	梁・シェル要素
卓越 鉛直一次	2.46Hz	2.48Hz(0.81%)	2.26Hz(-8.1%)	2.04Hz(-17.1%)
ねじれ一次	3.30Hz	3.00Hz(-9.1%)	3.52Hz(6.7%)	3.21Hz(-2.7%)
鉛直二次	4.86Hz	4.97Hz(2.3%)	4.53Hz(-6.8%)	4.63Hz(-4.7%)

採用!!

4.腐朽



劣化を与える

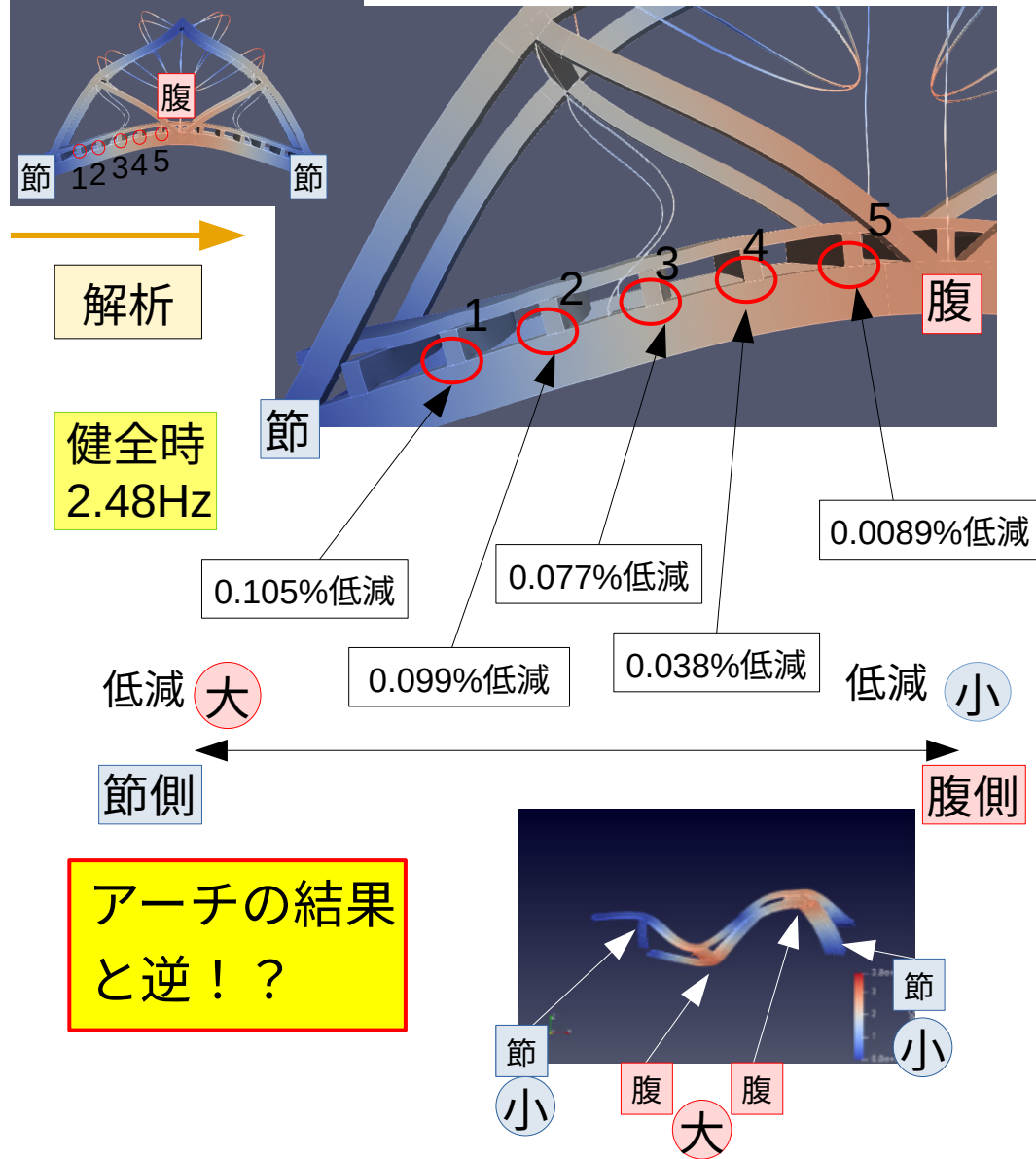
$$E_{\text{腐朽}} = \frac{E_{\text{木}}}{100}$$

$$E_{\text{腐朽}} = \frac{E_{\text{木}}}{100}$$

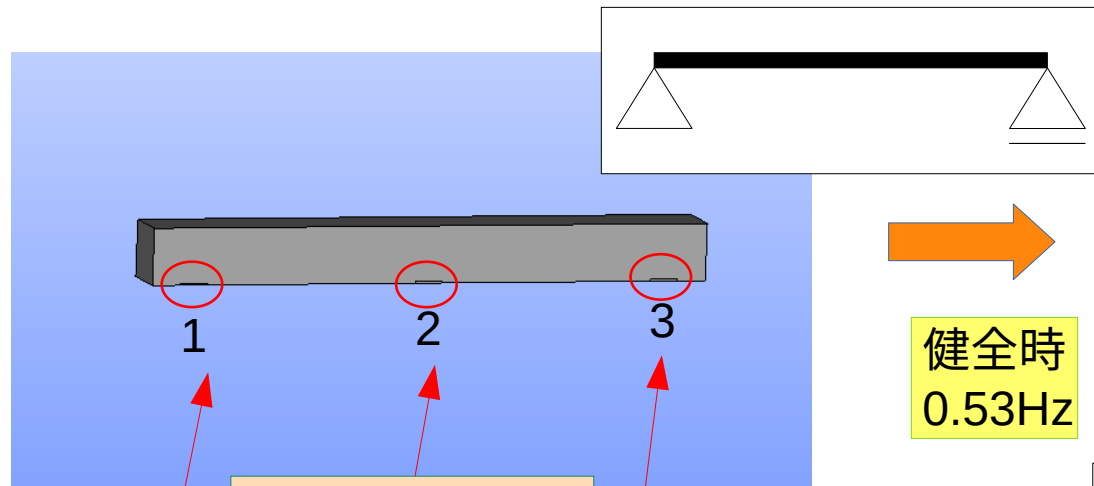
$$E_{\text{腐朽}} = \frac{E_{\text{木}}}{100}$$

$$E_{\text{腐朽}} = \frac{E_{\text{木}}}{100}$$

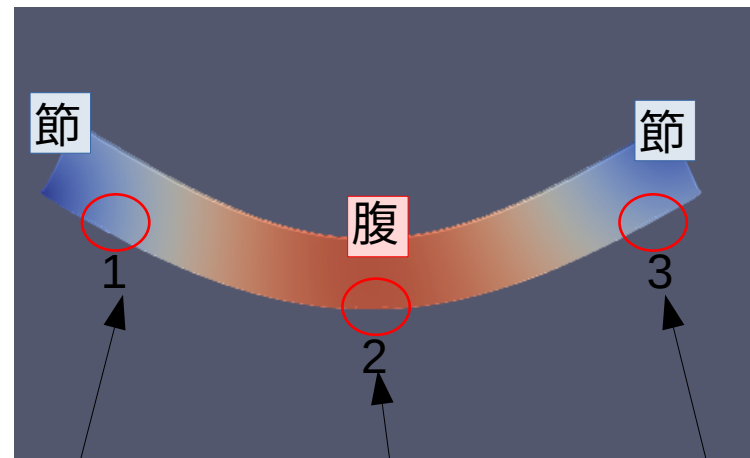
$$E_{\text{腐朽}} = \frac{E_{\text{木}}}{100}$$



5.簡単なモデルでの検証



健全時
0.53Hz



0.068%低減

0.54%低減

0.035%低減

低減 小

低減 大

低減 小

節側

腹側

節側



劣化を与える

$$E_{\text{腐朽}} = \frac{E_{\text{木}}}{100}$$

$$E_{\text{腐朽}} = \frac{E_{\text{木}}}{100}$$

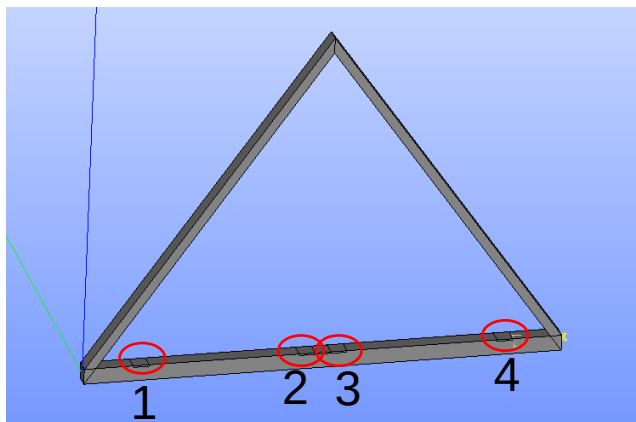
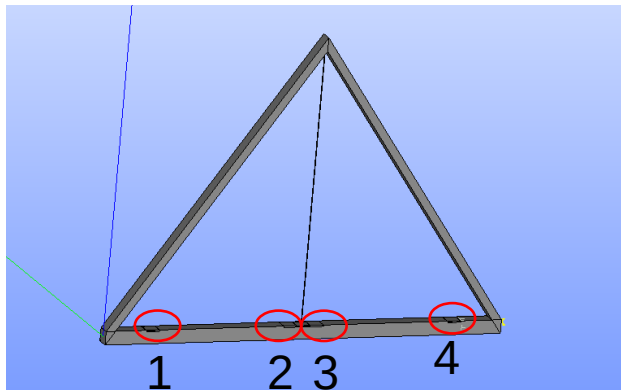
$$E_{\text{腐朽}} = \frac{E_{\text{木}}}{100}$$

アーチと同じ傾向！

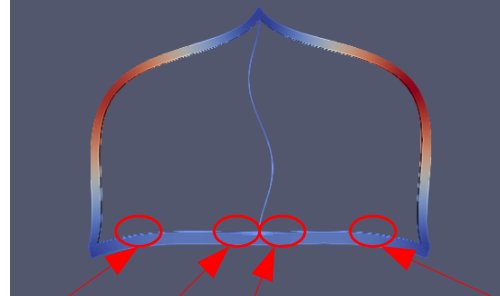
異なった理由！

・・・トラス
鋼棒

6.簡単なトラスで検証



健全時
0.10Hz



0.144%低減

0.0154%低減

0.164%低減

0.0154%低減

節
低減 大

腹
低減 小

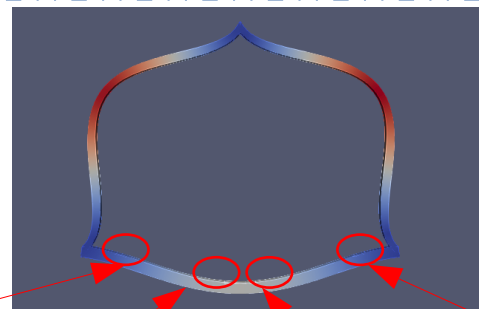
節
低減 大

かりこぼうず大橋
の傾向と同じ!!



鋼棒を抜いて解析!!

健全時
0.12Hz



0.0616%低減

0.201%低減

0.202%低減

0.0582%低減

節
低減 小

腹
低減 大

節
低減 小

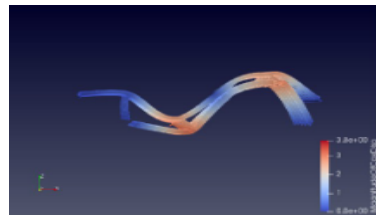
アーチ、単純梁
の傾向と同じ!!



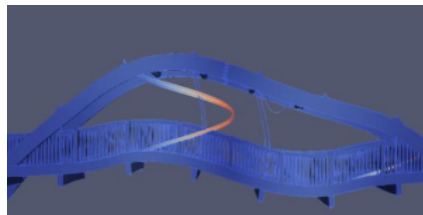
鉛直材の鋼棒に
よって傾向が逆に!!

7.まとめ

かじか橋



めおと橋



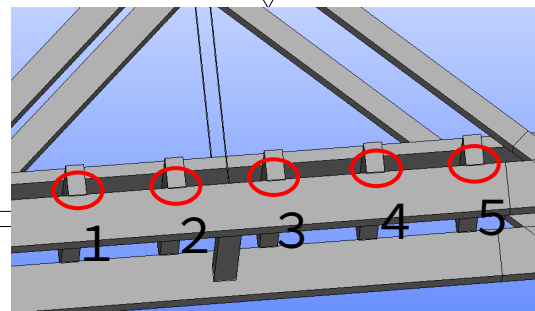
アーチ・・・解析例 **多**

トラス・・・解析例 **未**

作成
&
解析

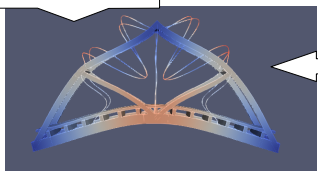
四面体要素モデル（接点鋼材）

劣化を与える

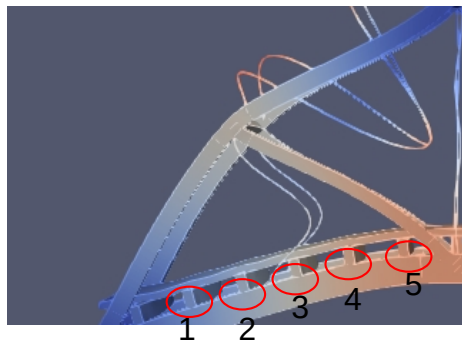


精度 高

振動解析

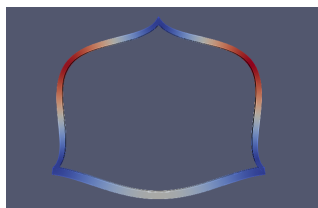
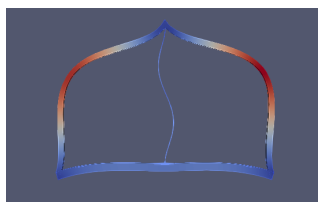


かりこぼうず大橋



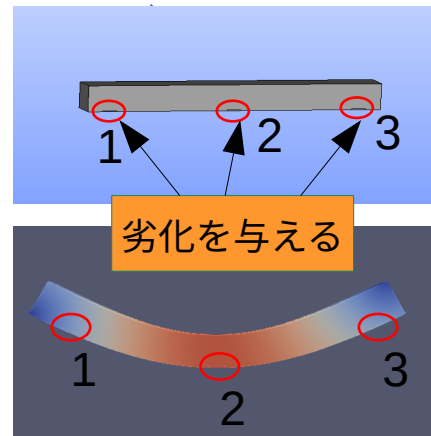
低減 **大** 低減 **小**
節側 腹側

アーチの結果と逆！？



鉛直材の
鋼棒が
原因！！

簡易モデル（単純梁）



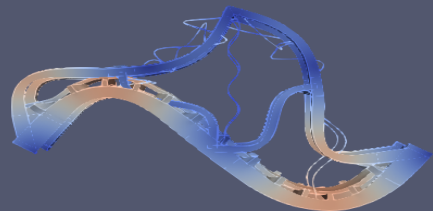
低減 **小** 低減 **大** 低減 **小**
節側 腹側 節側

アーチの結果と同じ！！

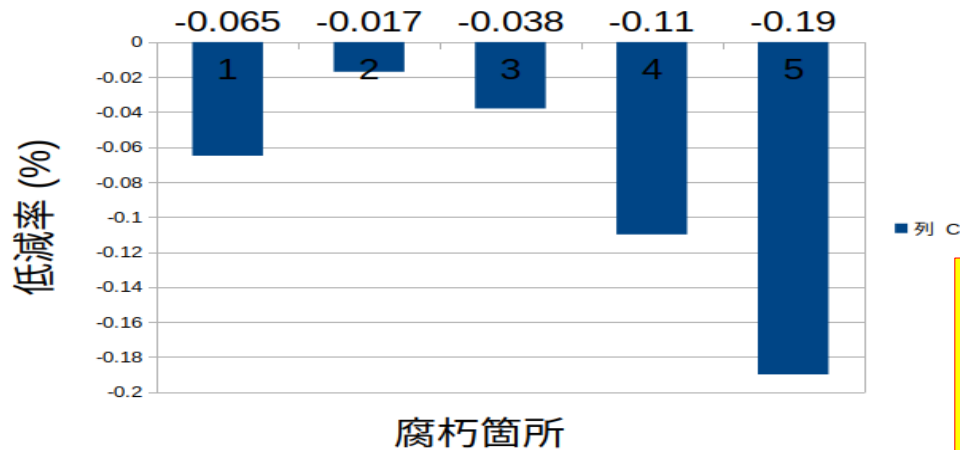
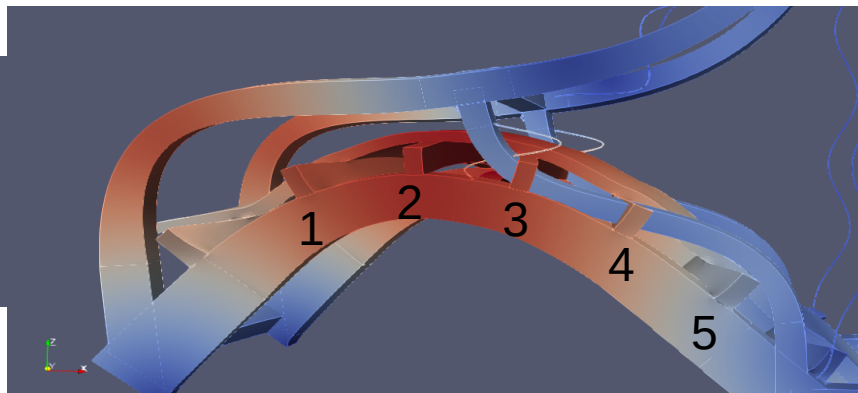
今後の課題

- ・トラス接合部の劣化

他の振動モードも 見ると...



鉛直逆対称1次



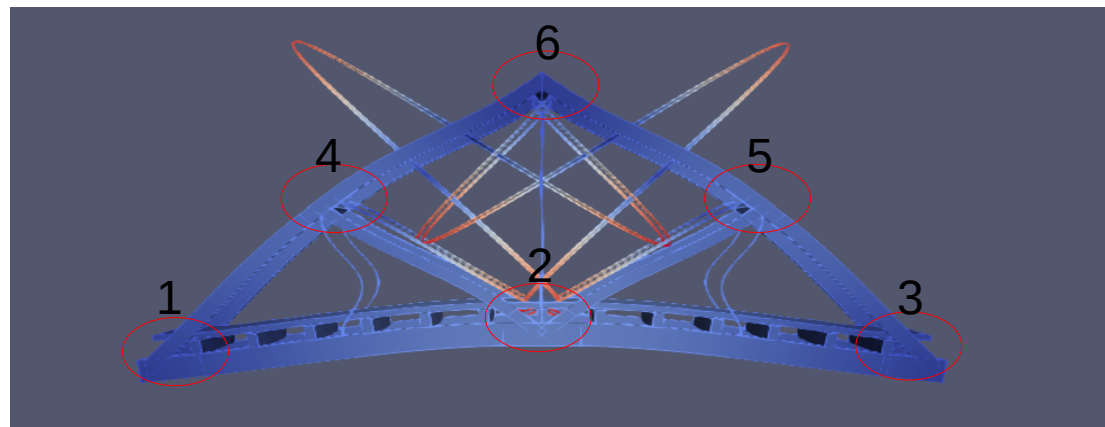
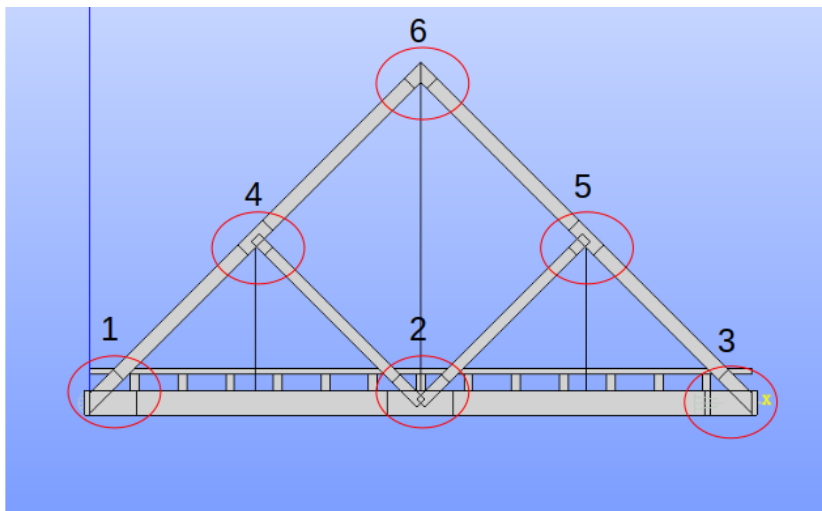
1箇所ずつ
ヤング率を
1/100 に

→→→→

振動しない
箇所の影響
大

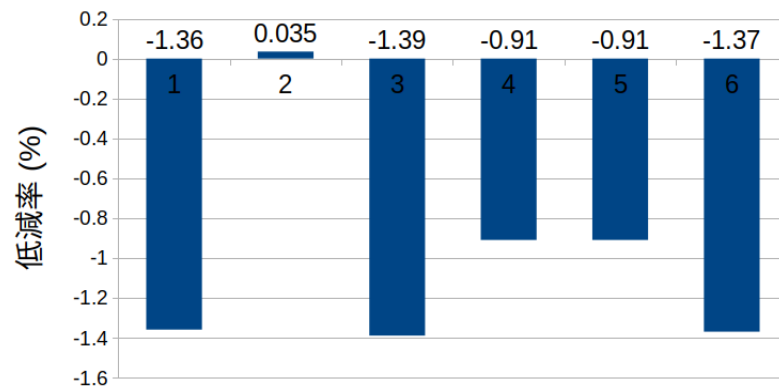
腐朽箇所	低減固有振動数(Hz)
1	0.00147
2	0.00039
3	0.00087
4	0.00253
5	0.00433

トラスの接合部分の強度低下による影響



全部材を木材とし、1～6の箇所を体積に応じて同じような腐朽をさせる。

→→→→→→→→



腐朽箇所

一番大きな三角形
1,3,6の影響が大きい。
・あまり揺れないふしの部分

2番の影響はほとんどない。
・最も大きく揺れる腹の部分

→傾向通り

材料設定

スギ→0.495
(w=50)
7500
鋼材→8.01
210000
床版→1.235
10000

	ヤング率(MPa)	ポアソン比	比重
上弦材	7160.62	0.4	0.876
下弦材	4670	0.4	0.2405
斜材	7433.71	0.4	1.1067
上横支材	6090.01	0.4	1.82
下横支材	3461.54	0.4	0.2275
横桁	7500	0.4	0.495
鋼材	210000	0.3	8.01
下弦材の鋼材	21019.34	0.3	0.604
上弦材上の鋼材	10841.64	0.3	0.684
上弦材下の鋼材	37392.93	0.3	0.503
斜材の鋼材	24512.8	0.3	0.661
床版	10000	0.4	1.235

かりこぼうず

鉛直対称	減少具合	鉛直逆対称	減少具合
1	0.00261Hz	1	0.00147Hz
2	0.00246Hz	2	0.00039Hz
3	0.0019Hz	3	0.00087Hz
4	0.00094Hz	4	0.00253Hz
5	0.00022Hz	5	0.00433Hz

単純梁

減少具合	
1	0.000363Hz
2	0.002587Hz
3	0.000186Hz
健全時 0.529105Hz	

トラス鋼棒あり

減少具合	
1	0.00015Hz
2	0.000016Hz
3	0.000016Hz
4	0.000173Hz
健全時 0.103843Hz	

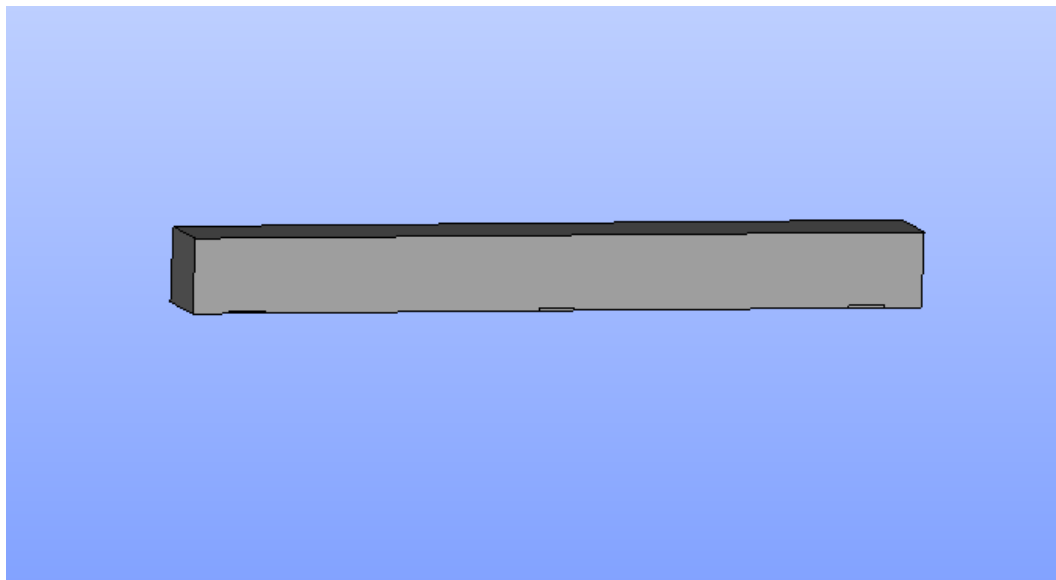
トラス鋼棒なし

減少具合	
1	0.000073Hz
2	0.000238Hz
3	0.000239Hz
4	0.000069Hz
健全時 0.118476Hz	



銅板考慮

単純梁



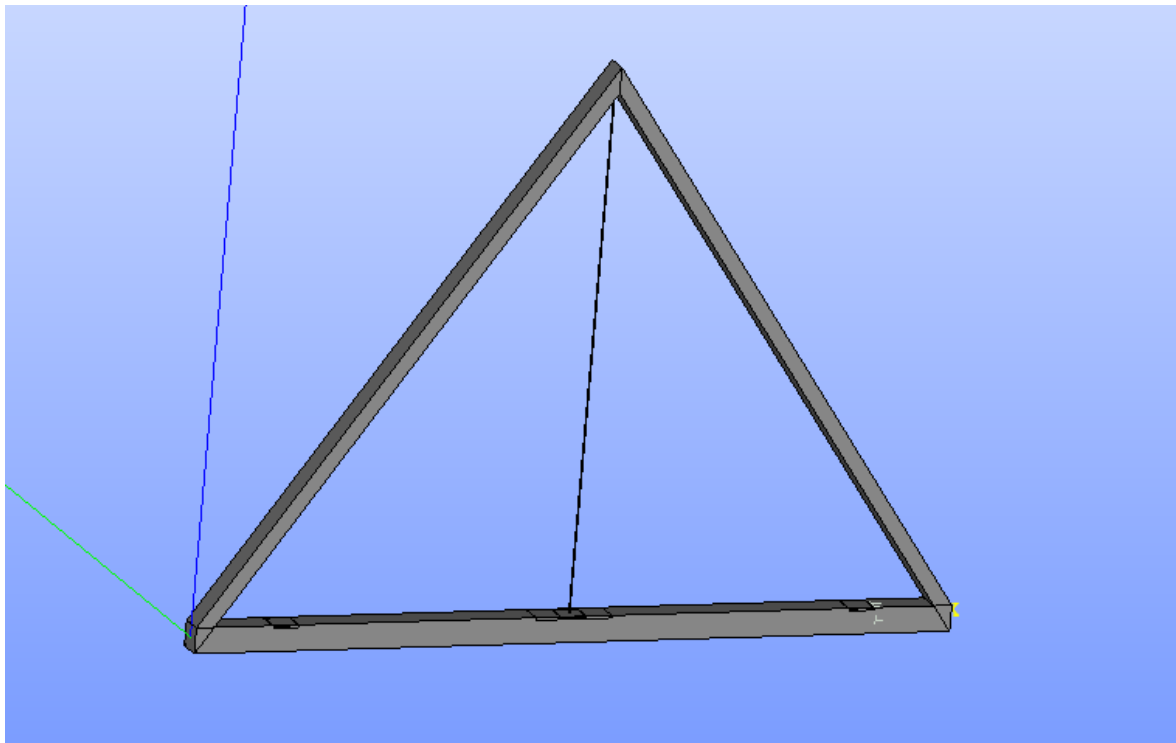
木材→ ヤング率 7500(MPa)
比重 0.495

腐朽→ヤング率75(MPa)
比重 0.495

要素数→2次要素 10万要素

10×10×100

トラス簡易モデル

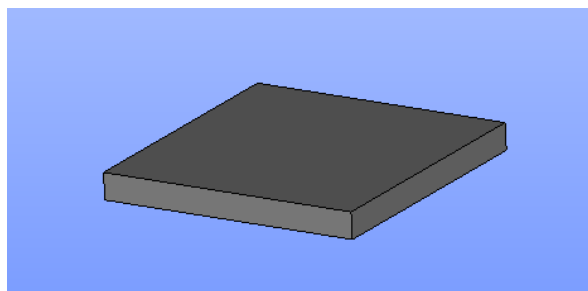
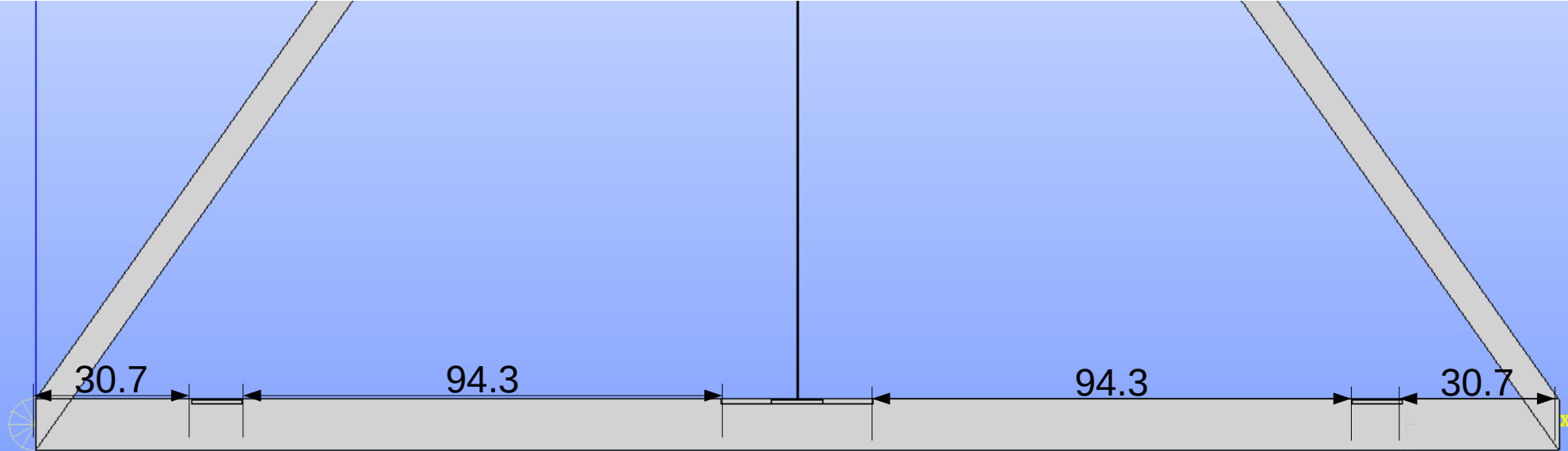


下木材→ヤング率 7500(MPa)
比重 0.495
10×10×300

斜木材→ヤング率 7500(MPa)
比重 0.495
断面積 10×10

鋼棒→ヤング率 210000(MPa)
比重 8.01
断面積 0.2836×0.2836

要素数→2次要素 38万要素



10×10×1

下木材→ヤング率 7500(MPa)
比重 0.495
10×10×300

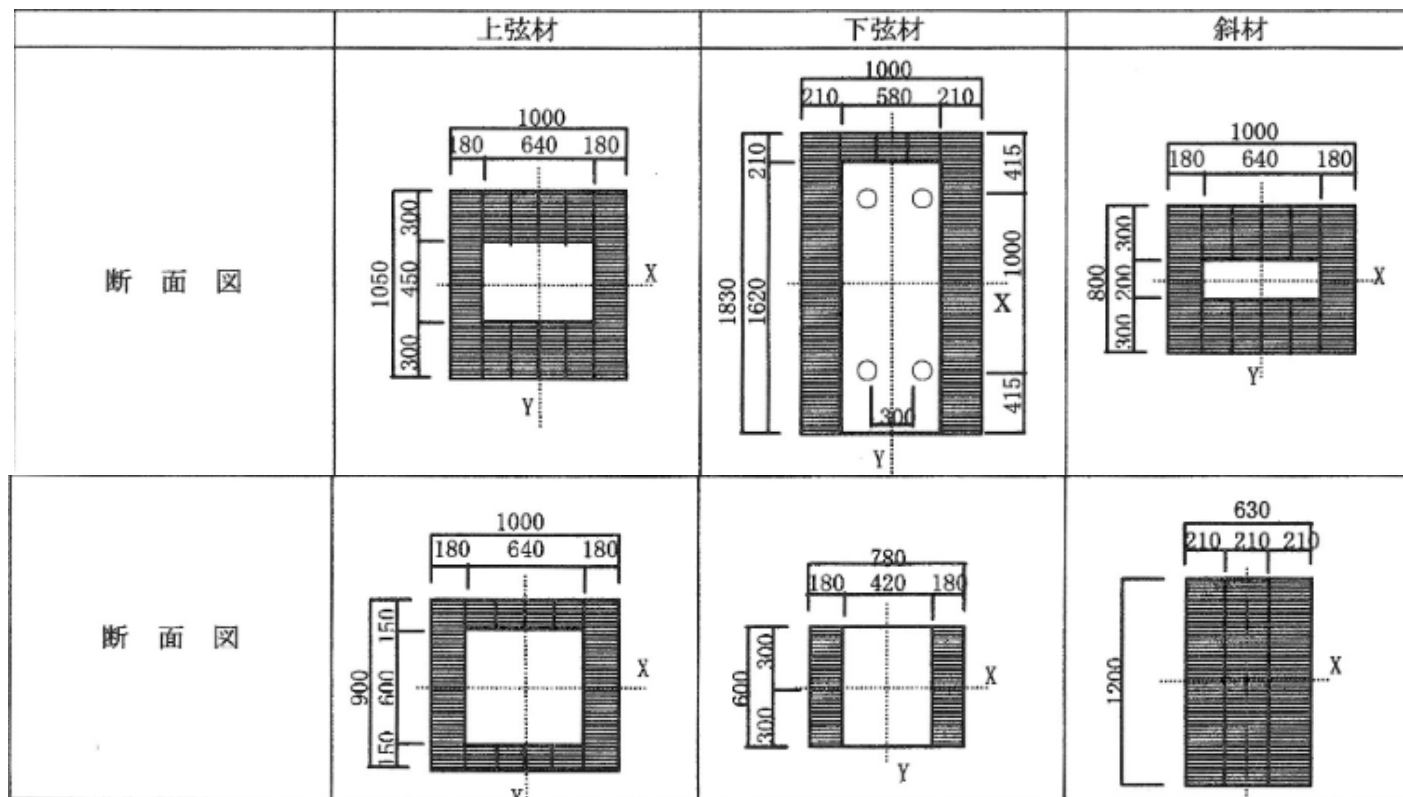
斜木材→ヤング率 7500(MPa)
比重 0.495
断面積 10×10

鋼棒→ヤング率 210000(MPa)
比重 8.01
断面積 0.2836×0.2836

各断面積

鋼棒

■ 28.36×28.36



要素収束

2次要素 精度が一段と高くなる

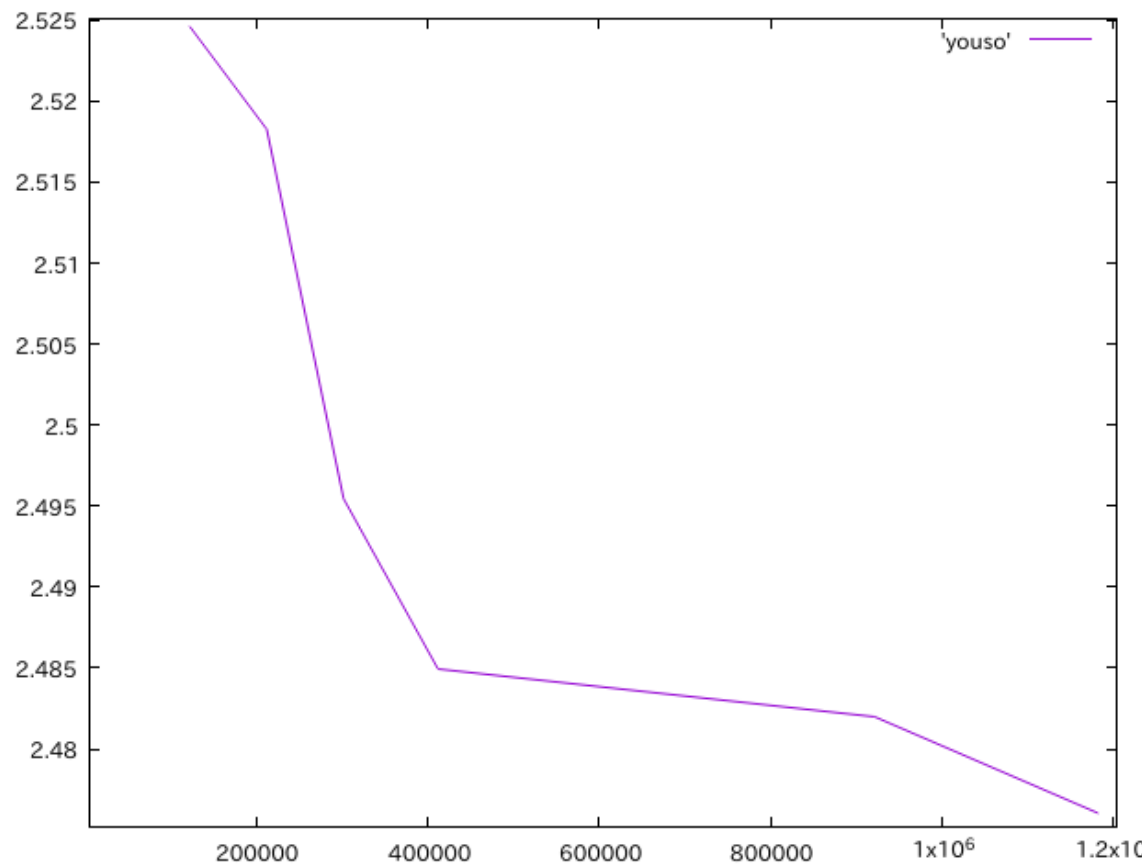
40万要素→収束していく

118万要素だと解析時間が26時間ほどかかる

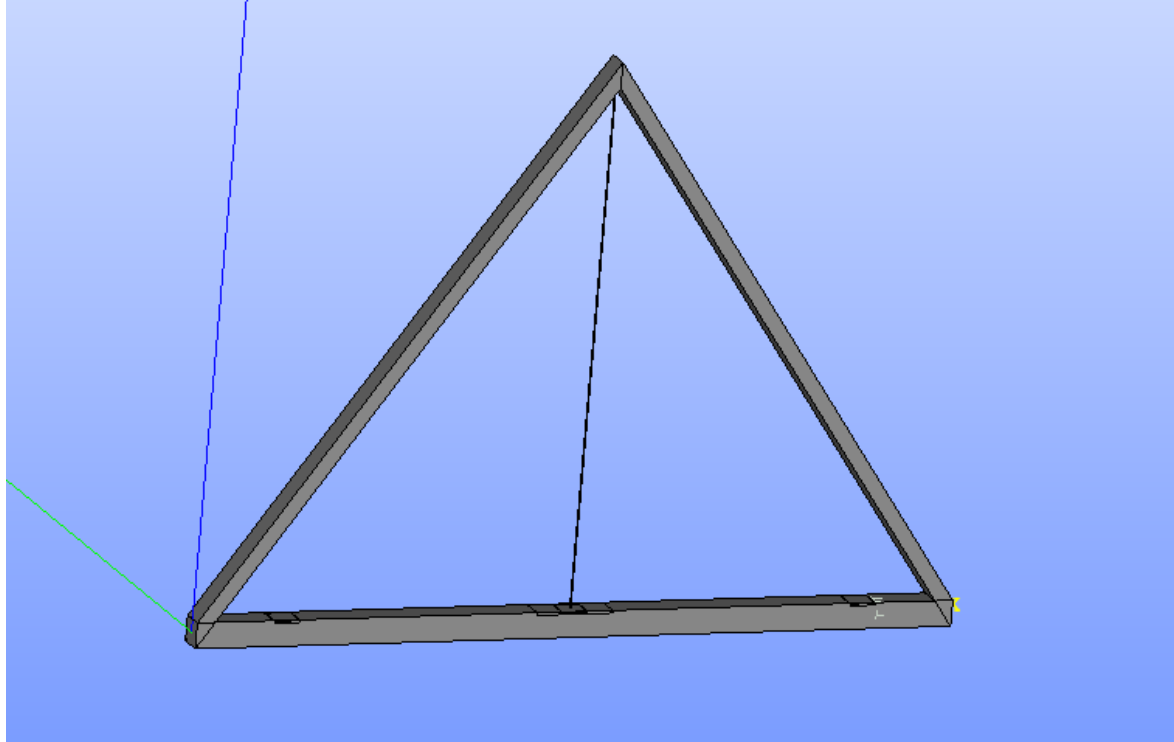
90万要素だと解析時間が1時間で終わるので
これを使用。

かりこぼうず大橋→90万要素

単純梁→10万要素



鉛直材も木材として



木材(鉛直材も) → ヤング率 7500(MPa)
比重 0.495

腐朽 → ヤング率 75(MPa)
比重 0.495

要素数 → 2次要素 38万要素

健全 0.119612Hz

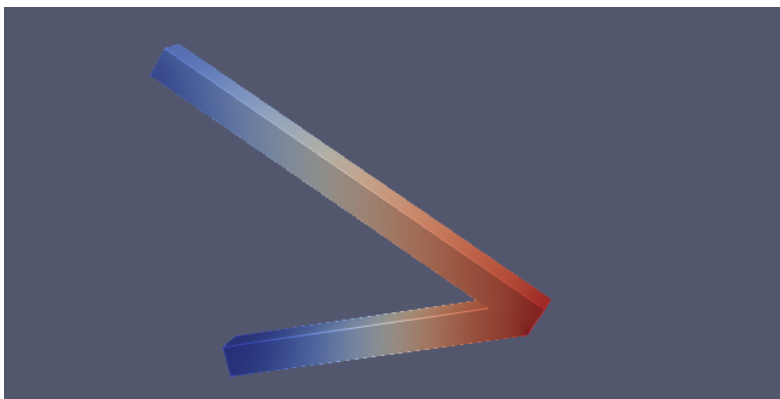
1 0.119548Hz

2 0.119365Hz

3 0.119364Hz

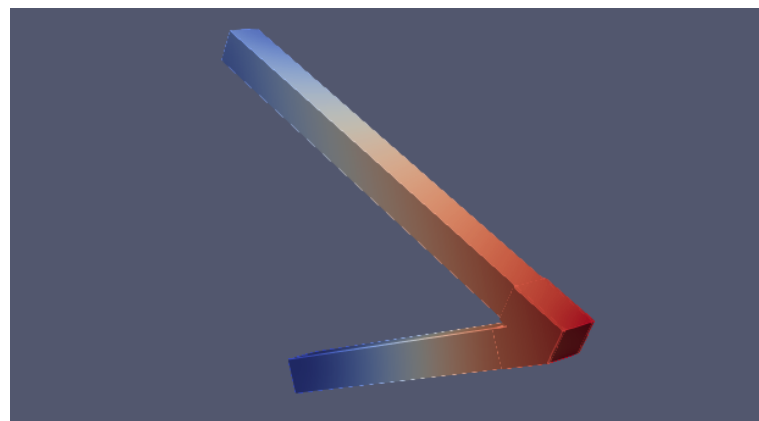
4 0.119552Hz

腹が大きく減少している → 鉛直材としての役割を果たすようなヤング率を持つものでないと影響が小さくならない



2部材結合
変位 1.87mm

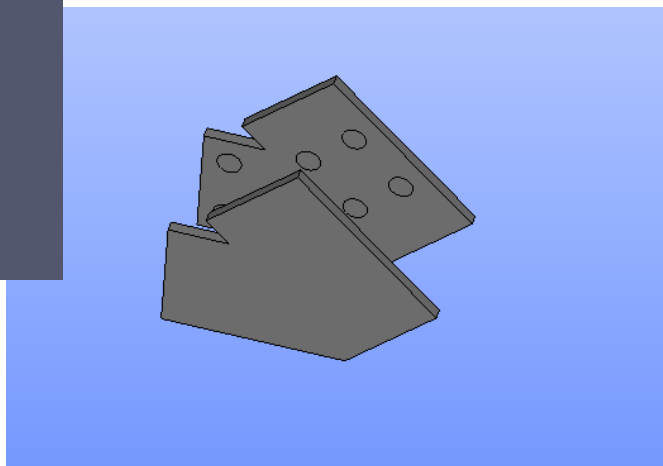
下の木材は100mm×100mm×1000mm
斜めの木材は100mm×100mm×1414mm
30000Nを先端にかける



2部材実際の橋と
同様にプレート
で結合
変位 1.90mm

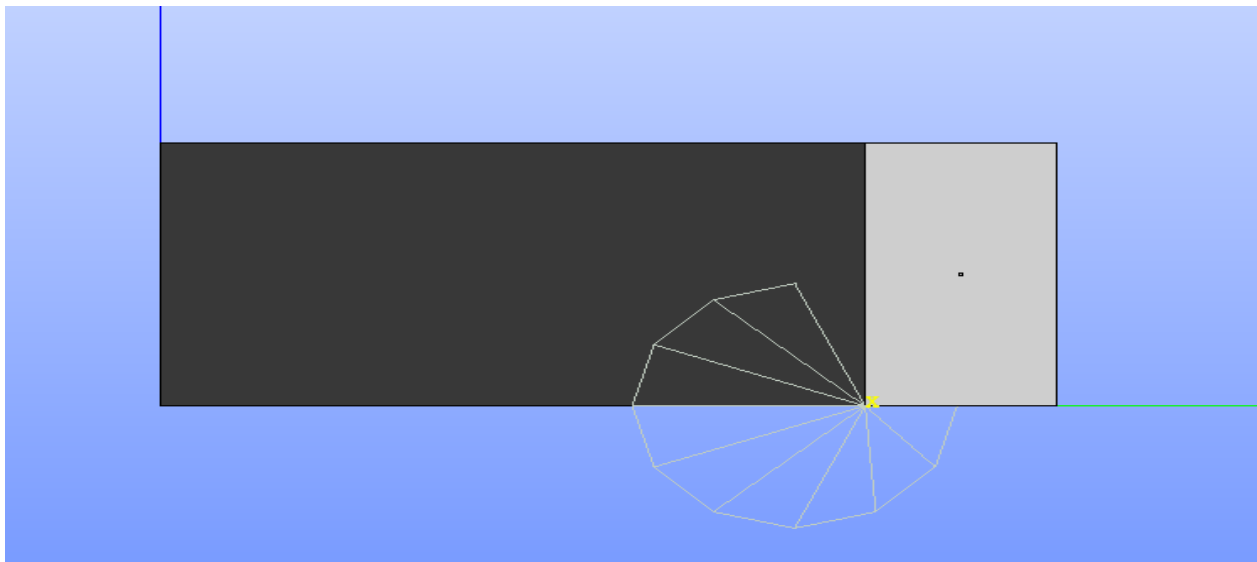
1N 102g
30000N 3060000g

300N/mm 30600g



1.6%しか変わらない！
接合方法関係なし！

かりこぼうず大橋の下弦材を模した簡易モデル
(木材:幅1m×高さ1.83m×長さ48.2m)
(鋼棒:幅0.041m×高さ0.041m×長さ48.2m) 約85万要素



鋼棒が細長いから影響が出にくいかもしれない
↓
木材の部分にプレストレスをかけた設定にしても全く同じ振動数になった。

プレストレスが曲げ振動に影響しないことがわかっている。
salomeでもそうなるかを確認する。

鋼棒	pc鋼棒
0.298659Hz	0.298659Hz
0.51928Hz	0.51928Hz
1.86874Hz	1.86874Hz
3.2312Hz	3.2312Hz
5.21597Hz	5.21597Hz
8.94861Hz	8.94861Hz
10.1724Hz	10.1724Hz
10.6341Hz	10.6341Hz
16.71Hz	16.71Hz
17.265Hz	17.265Hz

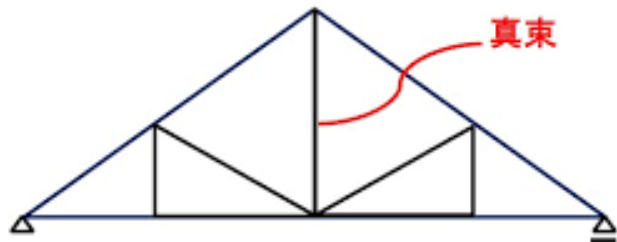
今後は鋼棒にプレストレスをかけずに3Dモデルを作成する。

フィンランド

ビハンタサルミ橋



キングポストトラス橋



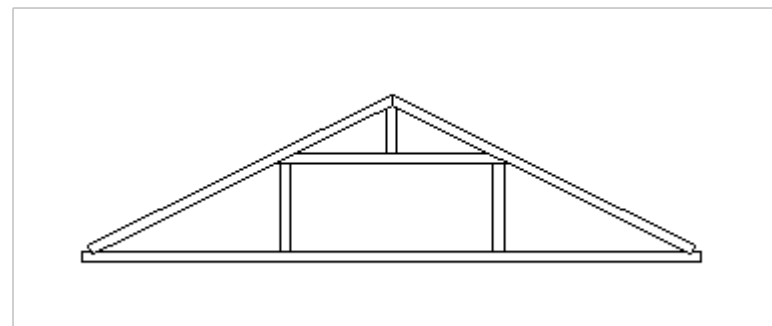
真束
あるかないか

秋田

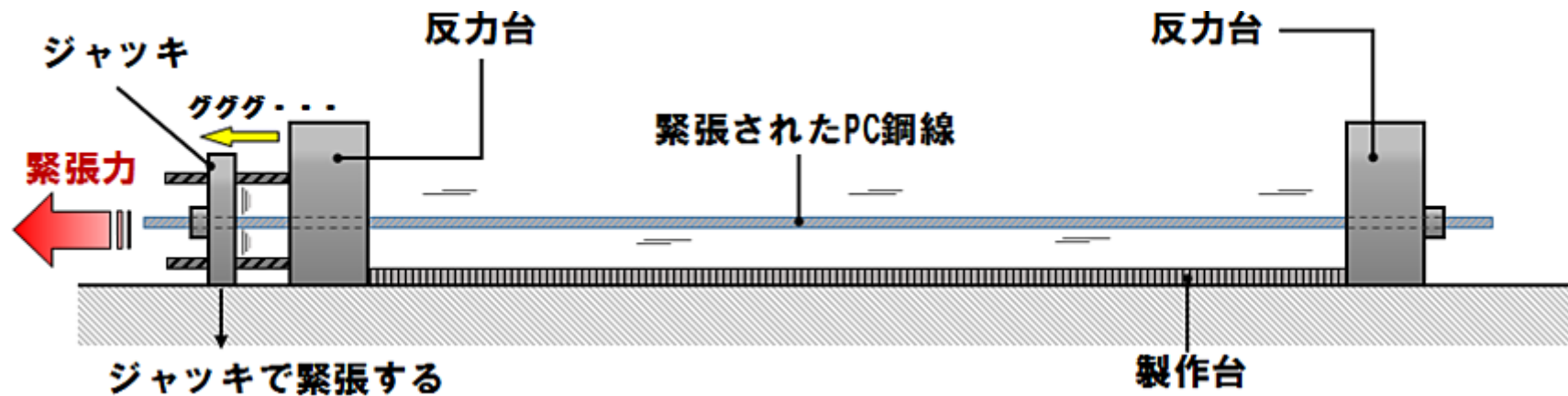
坊中橋



クイーンポストトラス橋



プレテンション方式



木材の強さ

曲げ＞圧縮＞引張＞めり込み＞せん断

かりこぼうず大橋

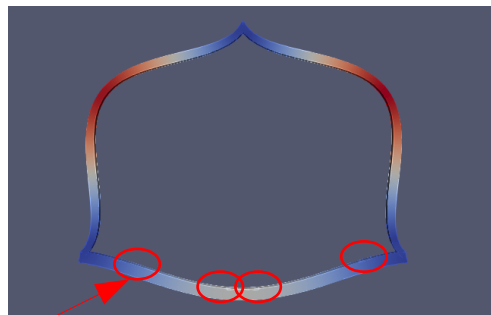
<https://tbl.tec.fukuoka-u.ac.jp/bridge/45karikoboizu/index.html>

鋼棒

<https://www.onicon.co.jp/products/onicon/>

1mくらいある。

上3cmだけの腐朽等



今後の課題

鉛直材があると注意が必要

めもと橋

