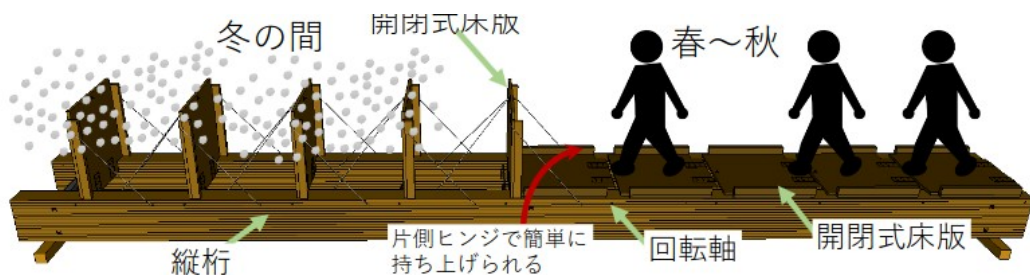


研究背景

登山道→木橋のニーズが高い
(景観性○、環境性○、運びやすさ○
木材だけでつくりたい



床版を開けて雪を落とす木橋を開発

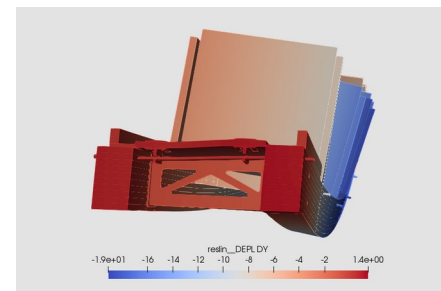
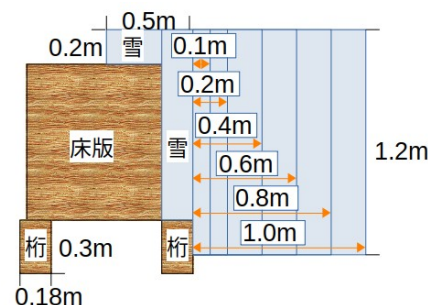


引用: https://shingi.jst.go.jp/pdf/2023/2023_collabo-akita_003.pdf

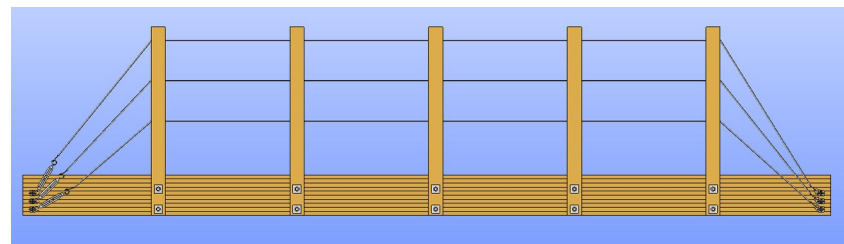


目的

数値解析を用いて様々な積雪における各部材の応力状態の確認



公園などに設置する場合**防護柵**が必要になる
→防護柵の支柱断面の検討、各部材の応力状態の確認



積雪を約50%軽減できることがわかった。

一方で桁に**偏った積雪**や**雪庇**なども確認された。

暴露試験の様子



数値解析による各部材の応力の確認

床版開閉式木橋



引用:https://shingi.jst.go.jp/pdf/2023/2023_collabo-akita_003.pdf

材料設定

床版(構造用合板2級(厚さ28mm))：4.4GPa(軸方向)
2.2GPa(軸直角方向)

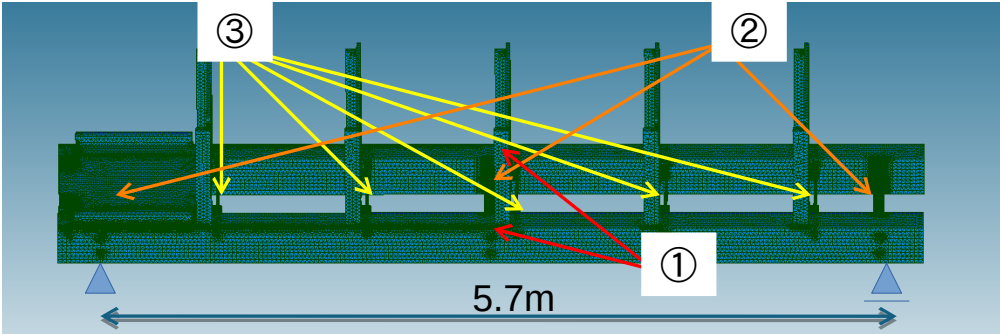
桁(集成材(E75-F240))：7.5GPa(軸方向)
0.3GPa(軸直角方向)

地覆木(スギ製材)：7.5GPa(軸方向)
0.3GPa(軸直角方向)

対傾構・回転軸鋼棒・回転治具(ss400)：206GPa

参照：木質構造設計基準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法

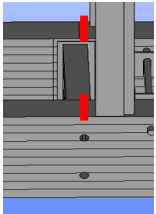
解析モデル 要素数：1865015



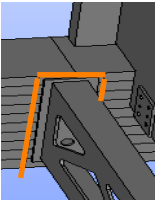
境界条件：片方ピン、片方ローラー

確認する応力

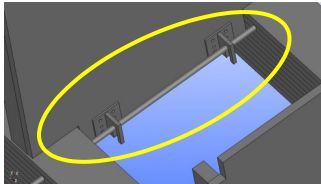
①,集成材の橋軸方向応力（桁中央部）
スギ集成材の中短期許容曲げ応力：10.24MPa



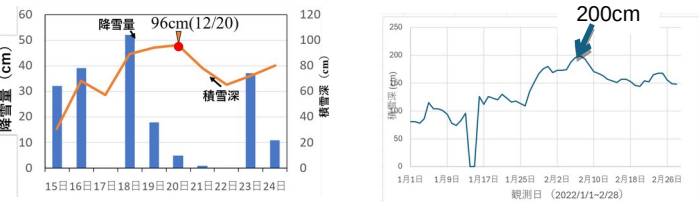
②,集成材と対傾構接合部の境界部分の応力
めり込み応力：6.0MPa



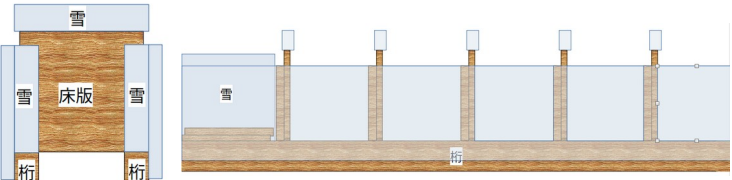
③,回転軸鋼棒の軸方向応力
降伏応力：235MPa



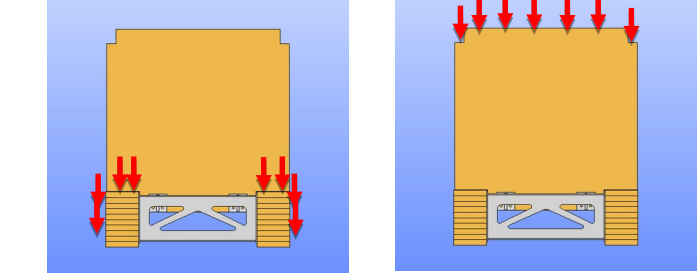
積雪モデル 雪：3.5kN/m^3



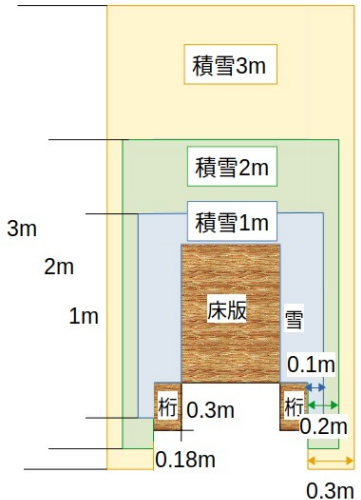
断面図 側面図



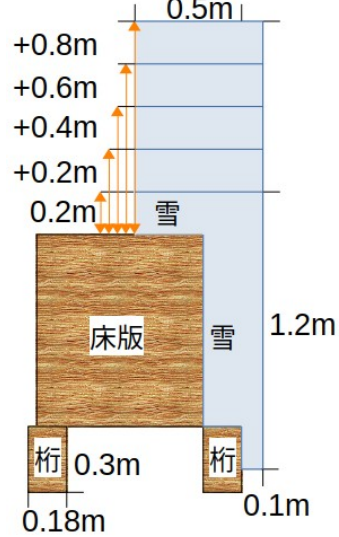
A B 雪荷重のかけ方 桁



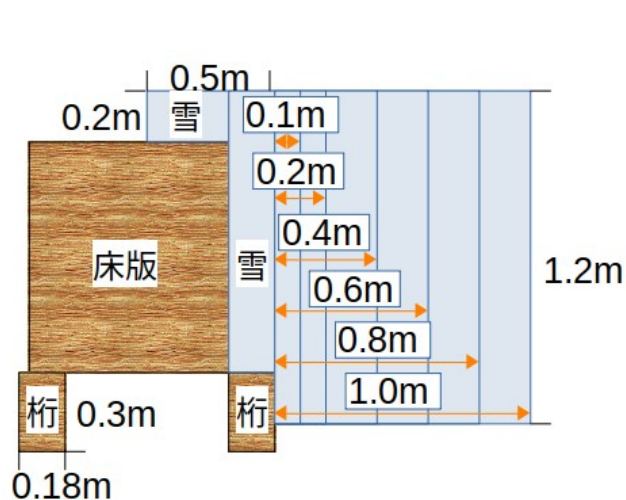
2つの桁に均等に積雪した場合



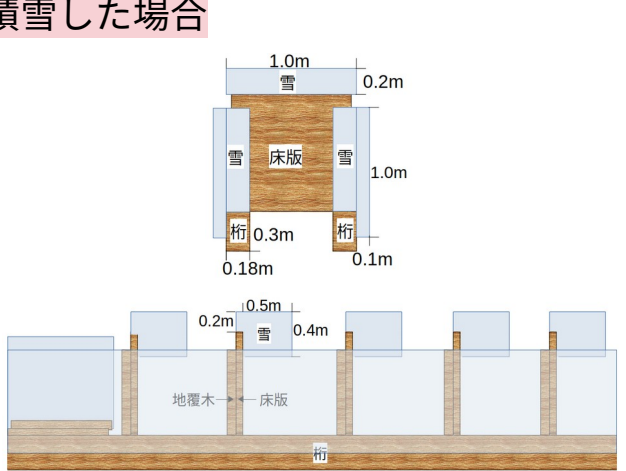
片方の桁に偏って積雪した場合その2



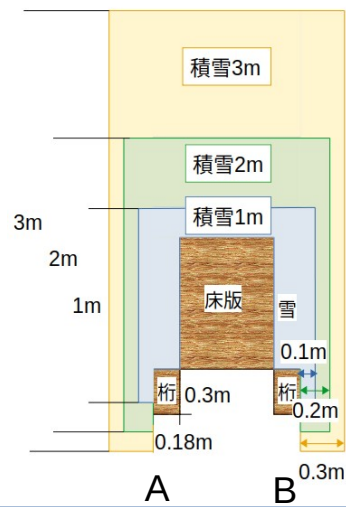
片方の桁に偏って積雪した場合その1



2つの桁に均等かつ床版からせり出して積雪した場合

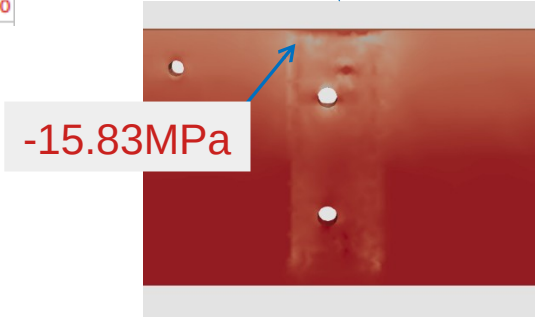
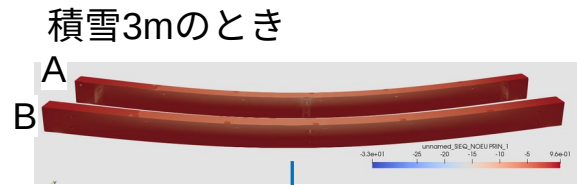


2つの桁に均等に積雪した場合



集成材と対傾構接合部の境界部分の応力
めりこみ応力：6.0MPa

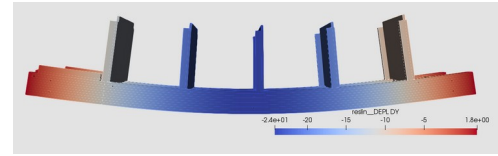
積雪	Mpa	6.0MPaに対し
1m	-2.95	49%
2m	-8.30	138%
3m	-15.83	264%



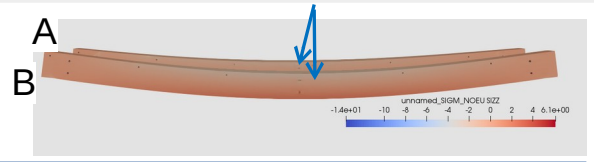
集成材の橋軸方向応力（桁中央部）
スギ集成材の中短期許容曲げ応力：10.24MPa

積雪3mのとき
y軸方向の変位図(scale factor:10倍)

積雪		A 平均(MPa)	B 平均(MPa)
1m	上部	-1.29	-1.27
	下部	1.30	1.29
2m	上部	-3.66	-3.60
	下部	3.67	3.65
3m	上部	-7.02	-6.89
	下部	7.03	6.99



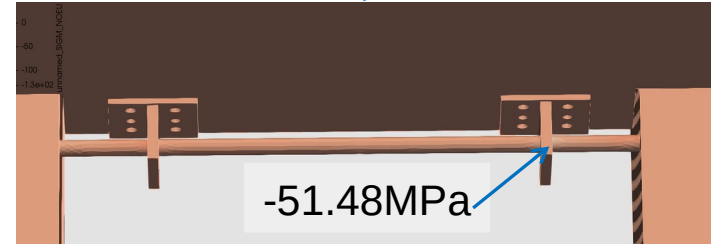
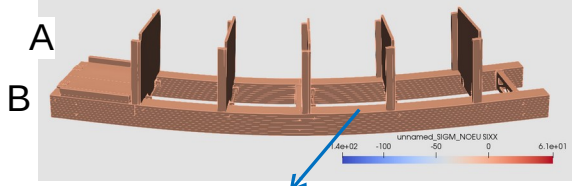
A 上部：-7.02MPa 下部：7.03MPa
B 上部：-6.89MPa 下部：6.99MPa



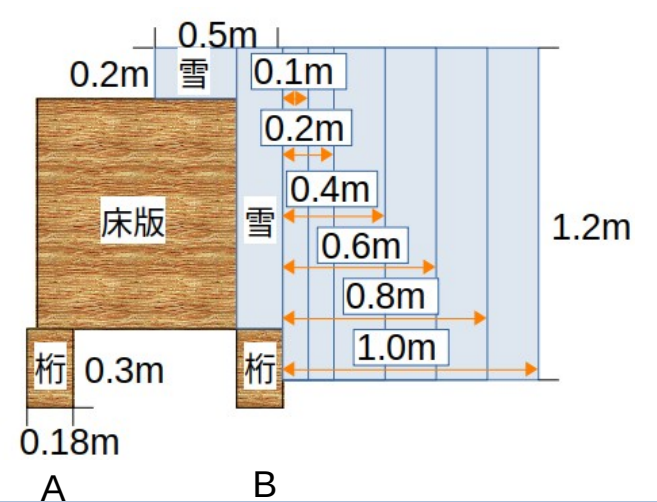
回転軸鋼棒の軸方向応力
降伏応力：235MPa

積雪		最大(MPa)
1m	引張	3.48
	圧縮	-7.06
2m	引張	13.11
	圧縮	-24.69
3m	引張	28.46
	圧縮	-51.48

積雪3mのとき



片方の桁に偏って積雪した場合その1

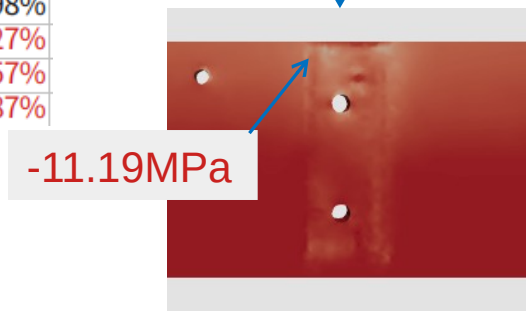
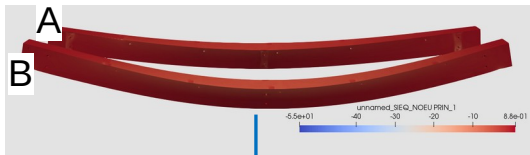


集成材と対傾構接合部の境界部分の応力

めりこみ応力：6.0MPa

桁横の雪の幅1.0mのとき

桁横の雪の幅	Mpa	6.0MPaに対し
0.1m	-3.15	53%
0.2m	-4.07	68%
0.4m	-5.85	98%
0.6m	-7.63	127%
0.8m	-9.41	157%
1.0m	-11.19	187%

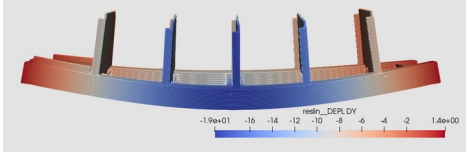


集成材の橋軸方向応力（桁中央部）

スギ集成材の中短期許容曲げ応力：10.24MPa

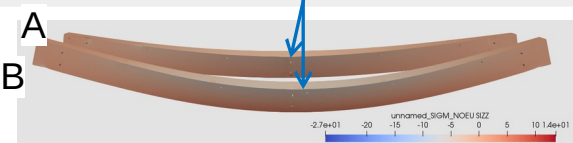
桁横の雪の幅1.0mのとき

y軸方向の変位図(scale factor:30倍)



桁横の雪の幅		A 平均(MPa)	B 平均(MPa)
0.1m	上部	-1.10	-1.34
	下部	1.10	1.36
0.2m	上部	-1.28	-1.76
	下部	1.29	1.77
0.4m	上部	-1.61	-2.56
	下部	1.63	2.57
0.6m	上部	-1.94	-3.36
	下部	1.97	3.37
0.8m	上部	-2.28	-4.16
	下部	2.31	4.17
1.0m	上部	-2.61	-4.96
	下部	2.65	4.97

A 上部：-2.61MPa 下部：2.65MPa
B 上部：-4.96MPa 下部：4.97MPa

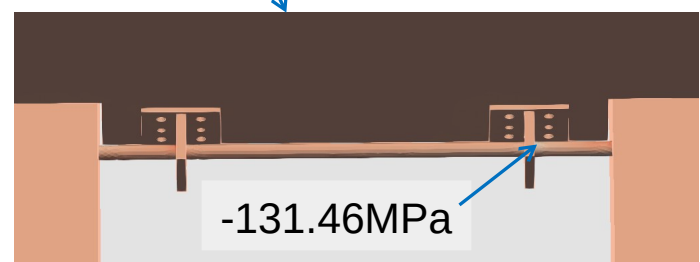
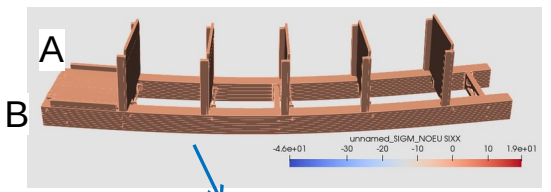


回転軸鋼棒の軸方向応力

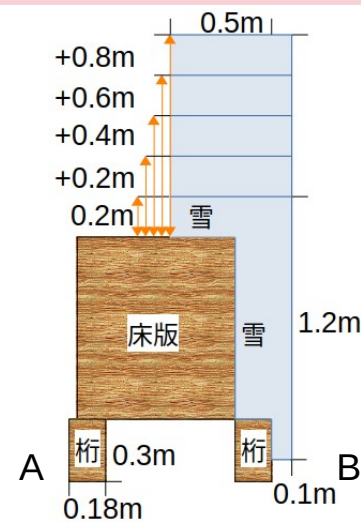
降伏応力：235MPa

桁横の雪の幅1.0mのとき

桁横の雪の幅		最大(MPa)
0.1m	引張	11.40
	圧縮	-18.08
0.2m	引張	20.71
	圧縮	-31.46
0.4m	引張	38.84
	圧縮	-56.46
0.6m	引張	56.96
	圧縮	-81.46
0.8m	引張	75.06
	圧縮	-106.42
1.0m	引張	93.21
	圧縮	-131.46



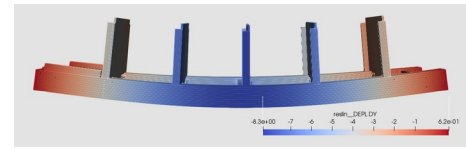
片方の桁に偏って積雪した場合その2



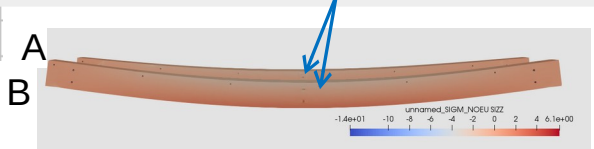
集成材の橋軸方向応力（桁中央部）
スギ集成材の中短期許容曲げ応力：10.24MPa

桁上の雪の高さ		A 平均(MPa)	B 平均(MPa)
+0.2m	上部	-1.22	-1.56
	下部	1.23	1.58
+0.4m	上部	-1.34	-1.78
	下部	1.35	1.80
+0.6m	上部	-1.46	-2.00
	下部	1.48	2.02
+0.8m	上部	-1.59	-2.22
	下部	1.60	2.24

桁上の雪の高さ+0.8mのとき
y軸方向の変位図(scale factor:30倍)



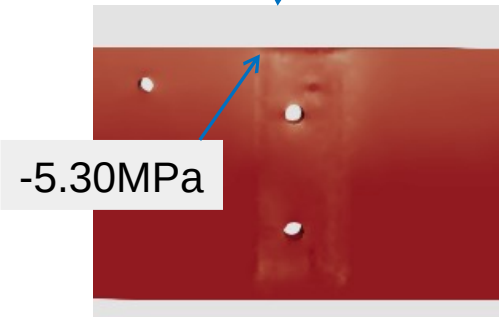
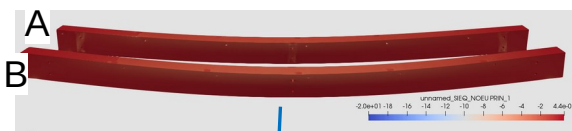
A 上部：-1.59MPa 下部：1.60MPa
B 上部：-2.22MPa 下部：2.24MPa



集成材と対傾構接合部の境界部分の応力
めりこみ応力：6.0MPa

桁上の雪の高さ	Mpa	6.0MPaに対し
+0.2m	-3.69	62%
+0.4m	-4.23	71%
+0.6m	-4.76	79%
+0.8m	-5.30	88%

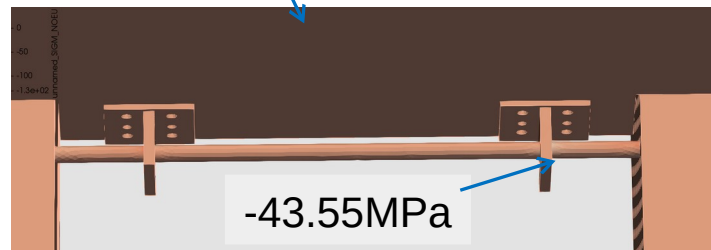
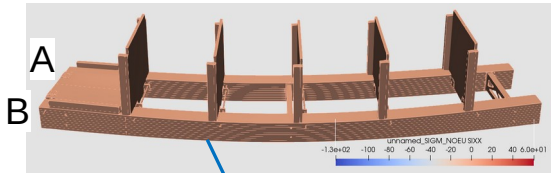
桁上の雪の高さ+0.8mのとき



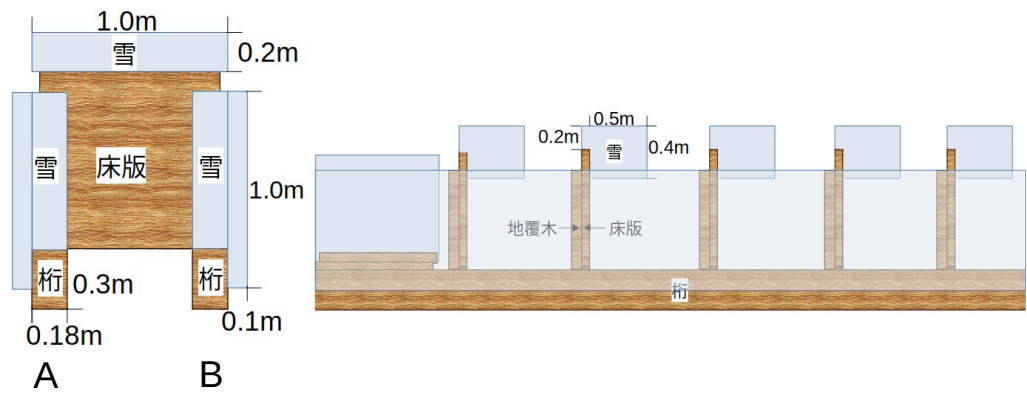
回転軸鋼棒の軸方向応力
降伏応力：235MPa

桁上の雪の高さ+0.8mのとき

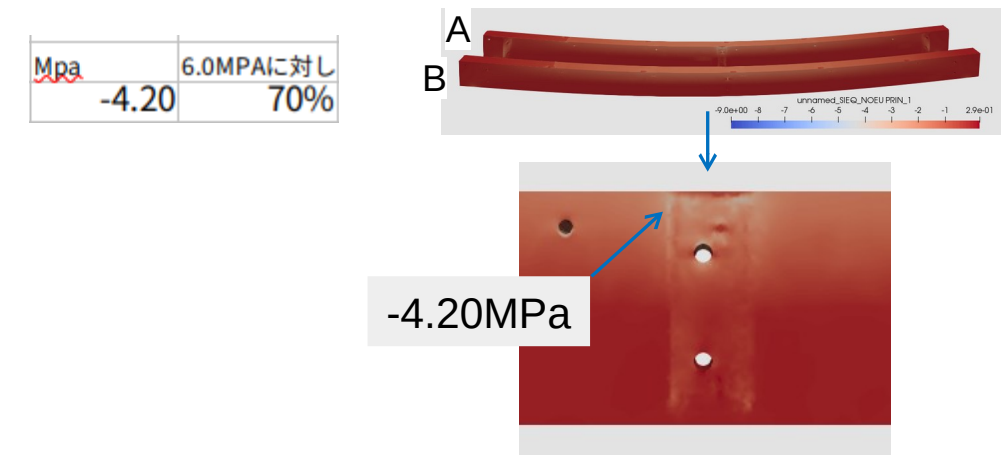
桁上の雪の高さ		
+0.2m	引張	16.13
	圧縮	-24.47
+0.4m	引張	20.85
	圧縮	-30.83
+0.6m	引張	25.57
	圧縮	-37.20
+0.8m	引張	30.28
	圧縮	-43.55



2つの桁に均等かつ床版からせり出して積雪した場合



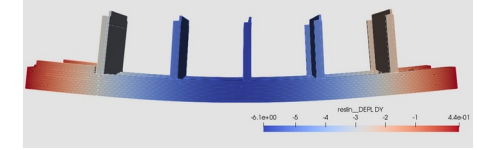
集成材と対傾構接合部の境界部分の応力
めりこみ応力：6.0MPa



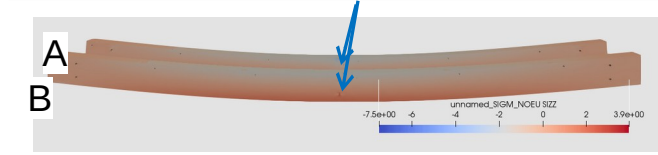
集成材の橋軸方向応力（桁中央部）
スギ集成材の中短期許容曲げ応力：10.24MPa

	A	B
	平均(MPa)	平均(MPa)
上部	-1.81	-1.76
下部	1.77	1.75

y軸方向の変位図(scale factor:30倍)

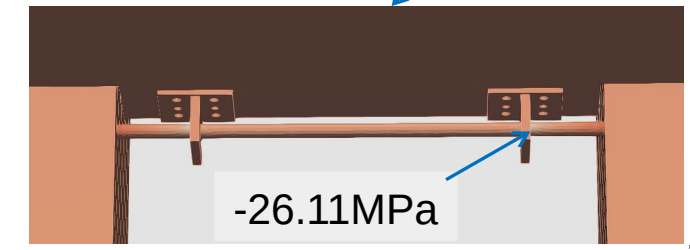
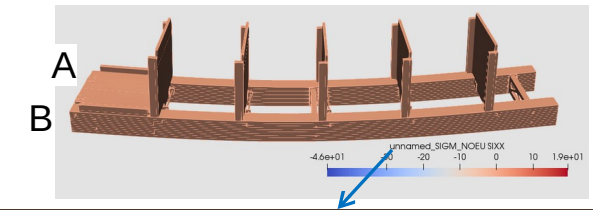


A 上部：-1.81MPa 下部：1.77MPa
B 上部：-1.76MPa 下部：1.75MPa



回転軸鋼棒の軸方向応力
降伏応力：235MPa

引張	8.58
圧縮	-26.11



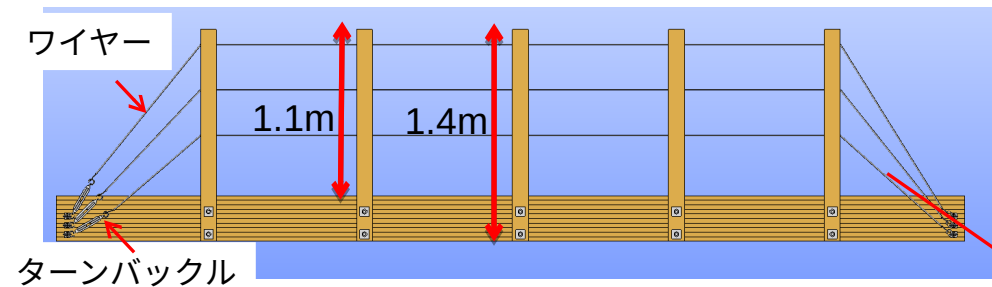
防護柵



引用：https://www.art-eng.jp/?p=601

現在検討している防護柵
→木製の支柱とステンレス製の
ワイヤーを組み合わせたもの

↑
雪が積もらないようにするため

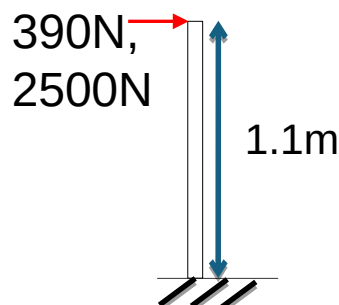
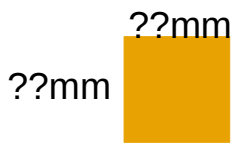


防護柵設置基準より、歩行者用の防護柵には水平荷重
390N/m(一人一人が寄りかかった時の荷重)以上の強度が必要
※防護柵の支柱の上に人が座るとは考えにくいので
垂直荷重については考慮しない

支柱の断面の検討

式 $\sigma = \frac{M}{I} y$

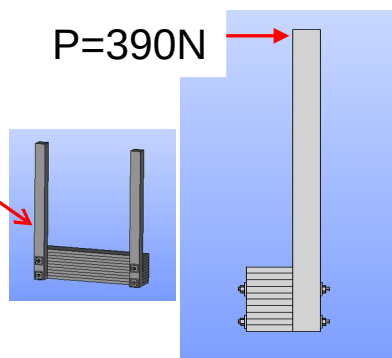
- 許容応力：16.66MPa
荷重・390N(通常時)
・2500N(集団歩行時)



流通材の中から断面の検討を行った。

	390N	許容応力に対し	2500N	許容応力に対し
・ 75mm×75mm	6.10MPa	37%	39.11MPa	235%
・ 90mm×90mm	3.53MPa	21%	22.63MPa	136%
・ 105mm×105mm	2.22MPa	13%	14.25MPa	86%
・ 120mm×120mm	1.49MPa	9%	9.55MPa	57%

数値解析



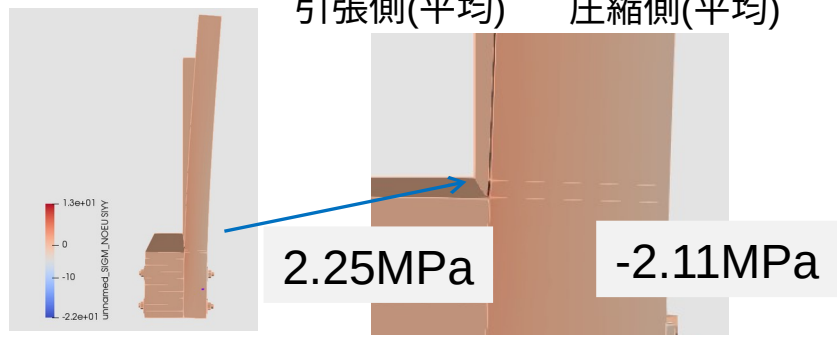
材料設定

桁、防護柵：7500MPa(軸方向)、
300MPa(軸直角方向)
角座金、ボルト：206000MPa

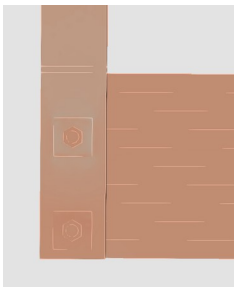
基準

許容応力：16.66MPa
理論値：2.22MPa

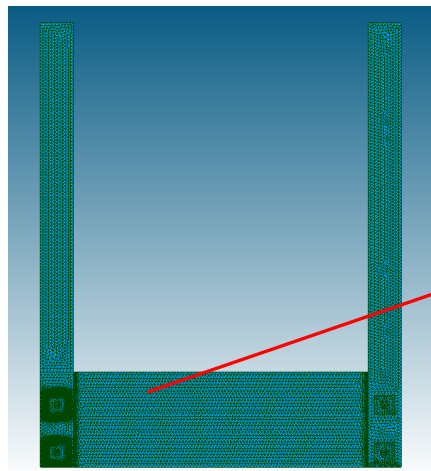
結果



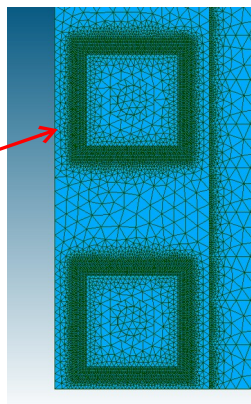
座金のめりこみ



座金周辺で応力が発生



座金周辺を詳しく見るため
により細かく要素分割



材料設定

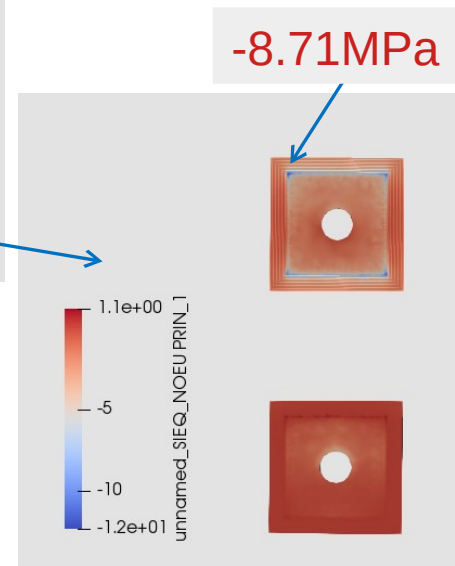
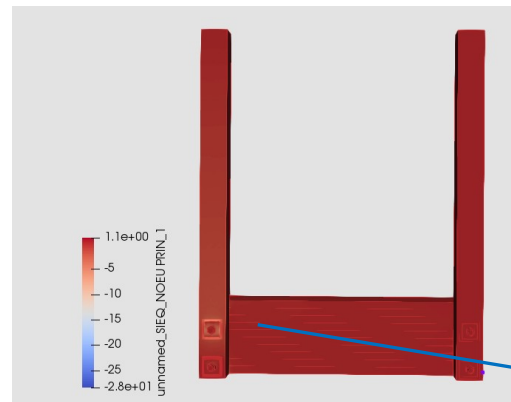
桁、防護柵：7500MPa(軸方向)、
300MPa(軸直角方向)
角座金、ボルト：206000MPa

基準

めりこみ応力：6.0MPa

結果

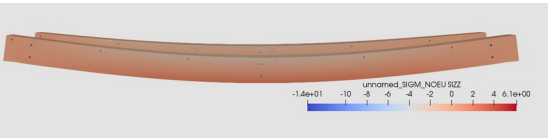
座金まわりの応力



めりこみ応力を超えている
→めりこみを防ぐ対策が必要

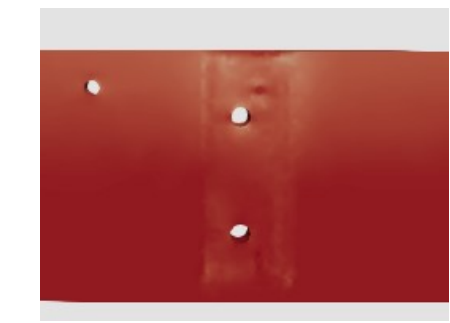
まとめ

雪荷重



桁中央部の軸方向応力
回転軸鋼棒の軸方向応力

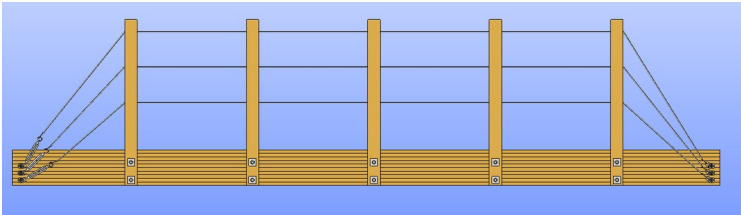
OK



桁と対傾構接合部周辺の応力
→積雪の仕方によって
めりこみ応力を超えている

対策が必要

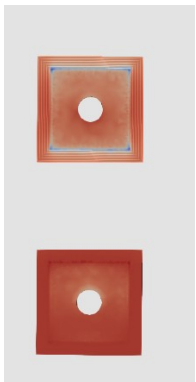
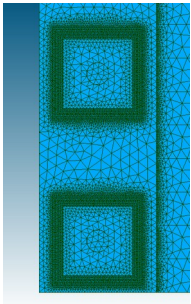
防護柵



105mm

防護柵の支柱の断面の決定

105mm

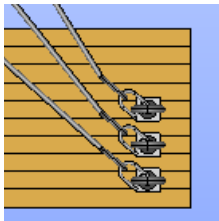
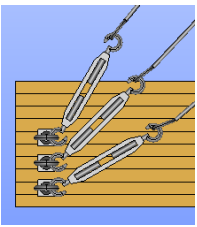


座金の周辺でめりこみ応力を超えている

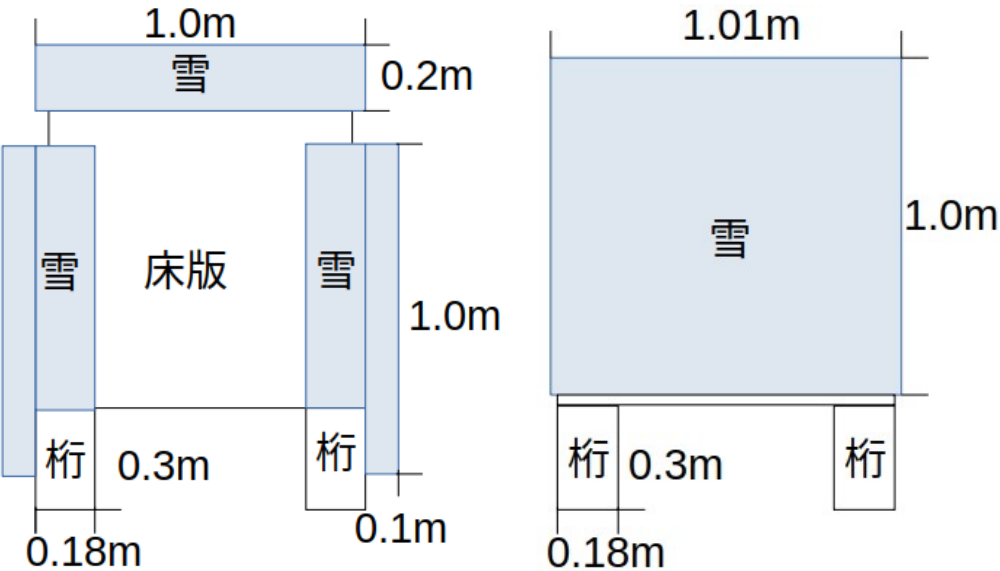
対策が必要

今後の課題

- ・めりこみ応力を超えている部分(異種材料の境界部分)について間にゴムを挟むなど対策の検討
- ・防護柵のワイヤー部分の検討

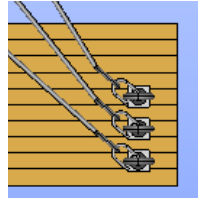
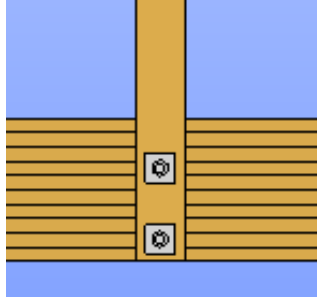
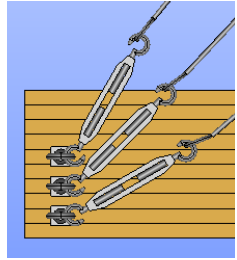
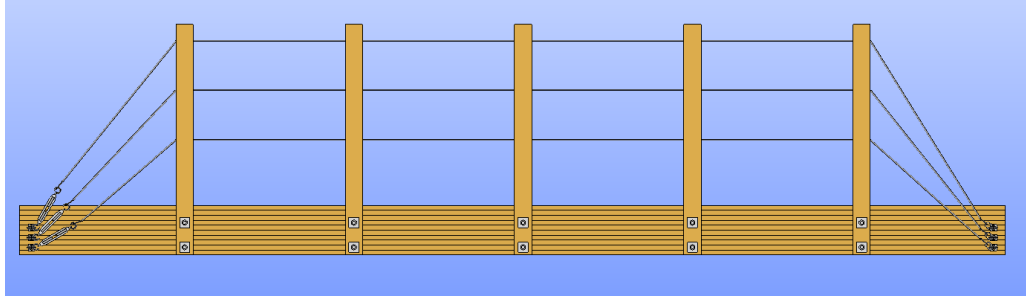


雪荷重



	積雪 深 (m)	積雪 幅 (m)	橋軸方向 の 積雪量(m)	雪荷 重 (kN/ m)
桁上面	0.8	0.18	1.0	0.504
桁横	1.0	0.1	1.0	0.35
床版 (開)	0.2	0.5	0.1	0.035
桁一本あたりにかかる荷重				0.889
床版 (閉)	1.0	0.505	1.0	1.77
桁一本あたりにかかる荷重				1.77

防護柵



片方をアイボルトで固定し、片方にターンバックルをつけることで張力を調節している。



木→雪が積もってしまう
ワイヤー→雪が積もりにくい