多方向積層木質パネルの力学的特性と橋梁床版への適応性

8023806　田村 陸
指導教員　青木 由香利

研究背景

土木構造物において
剛性や耐久性の面で採用されにくい

木橋→鋼orコンクリート橋への架替え
（海外事例）

↓

2050年カーボンニュートラル社会

角井抗木店HPより引用　もくさんHPより引用

木材利用の幅拡大のために

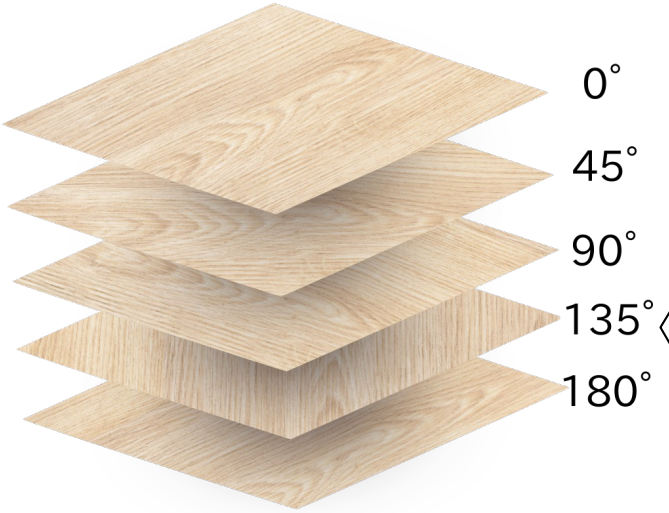
国産材の需要拡大

LVL

CLT

直交異方性がネック

剛性の均一化



- **実験と数値解析による力学的特性の把握**
- 他積層部材との比較
- パネル材としての挙動
- 橋梁床版への適応性

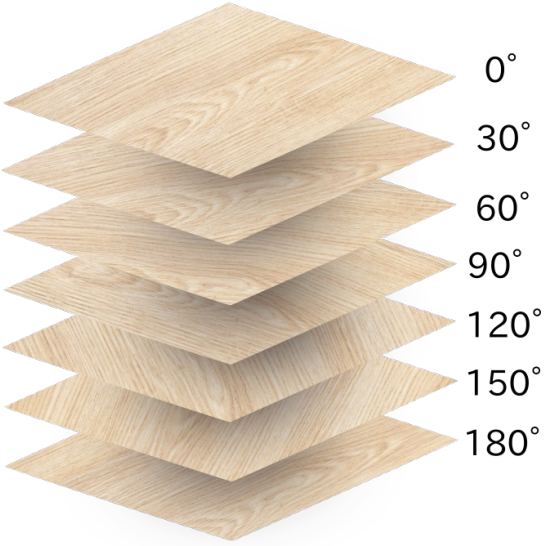
多方向積層板モデル

厚さ1mmの単板

45度ずつ

5枚1セット

30度ずつ

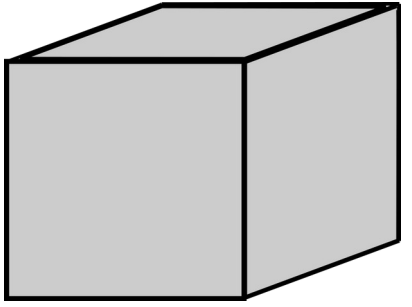


7枚1セット

繊維同一方向積層

繊維直交積層

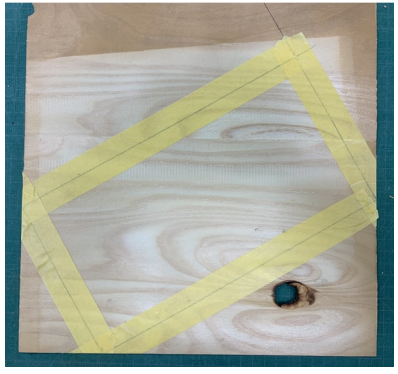
等方性

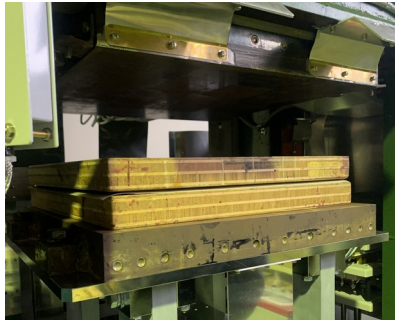


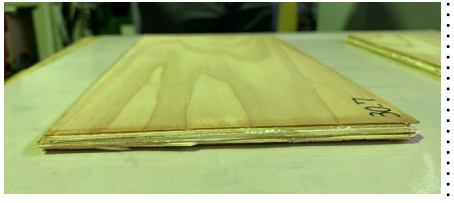
実験概要

試験体作成

接着剤塗布量:200g/m^2







圧着:1MPa, 1h

単板含水率:平均9%

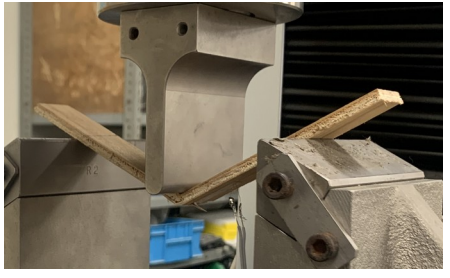
各試験に合わせた試験体サイズに切り出す

試験方法

3点曲げ試験

積層方法	試験片サイズ [幅mm×長さmm]	積層枚数	スパン長(mm)
MALT45	25×200	5	125
MALT30	25×230	7	175
直交積層	25×200	5	125
同一方向積層			

載荷速度：1N/s

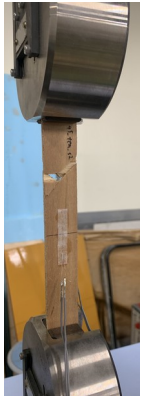


引張試験

試験片サイズ：25mm×240mm

スパン長：150mm

載荷速度：15N/s



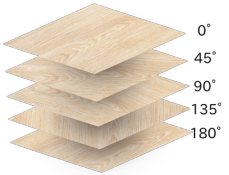
試験結果

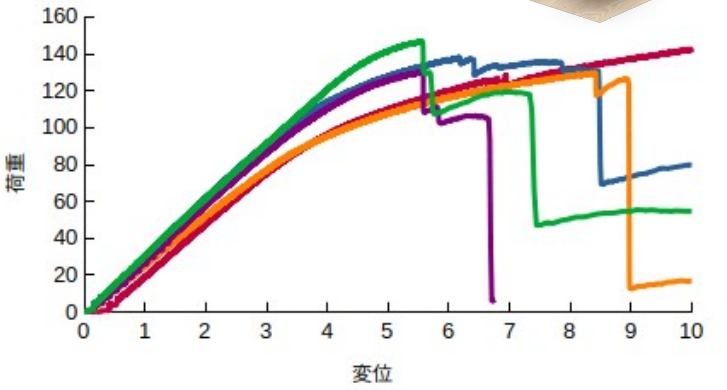
曲げ試験

式より算出

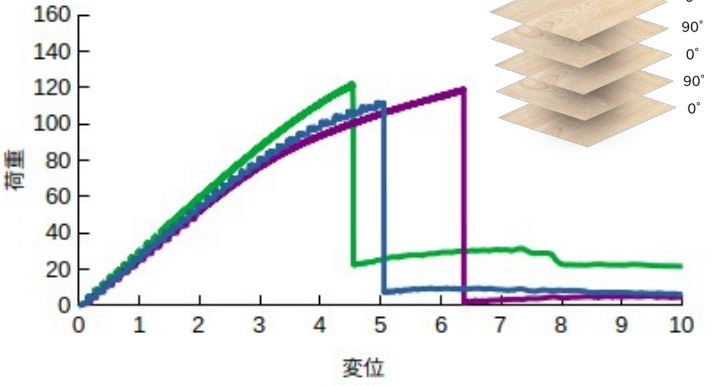
試験体	曲げ破壊強度 (MPa)	曲げヤング率 (GPa)
45_s1	73.6	5.32
45_s2	65.1	5.00
45_s3	64.0	4.32
45_s4	69.5	5.33
45_s5	79.8	4.42
30_s1	32.9	4.14
30_s2	37.6	4.13
30_s3	42.4	4.37
30_s4	37.2	3.58
30_s5	39.7	4.06
C_s1	54.6	4.49
C_s2	55.8	3.89
C_s3	58.1	4.67
L_s1	51.6	5.59
L_s2	92.2	6.42
L_s3	73.0	6.24

45度積層





直交積層



・強度の高さが積層角度によるものか積層枚数によるものか

引張試験

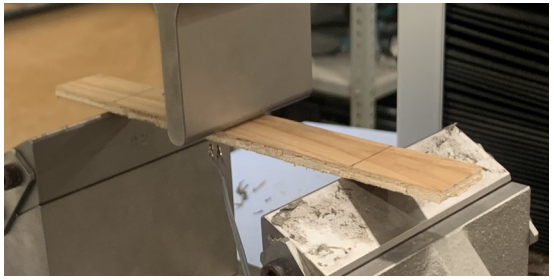
試験体	引張破壊強度 (MPa)	引張ヤング率 (GPa)
45_s2	15.7	3.1
45_s3	15.6	3.9
45_s4	14.4	3.8
30_s1	12.9	4.3
30_s3	15.5	3.2
30_s4	14.7	3.5
30_s5	12.9	3.8
C_s1	16.9	4.5
C_s2	18.1	5.3
L_s1	20.5	6.8
L_s2	31.4	7.3

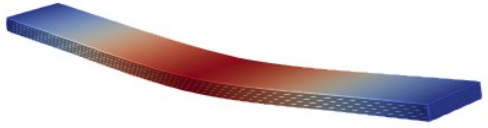
・ある程度使用したスギ材に近い値が得られた

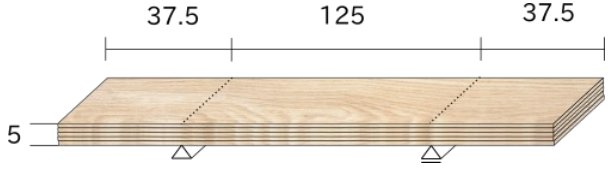
それぞれの試験体において積層角度を90度回転した試験を行ってデータを取る必要

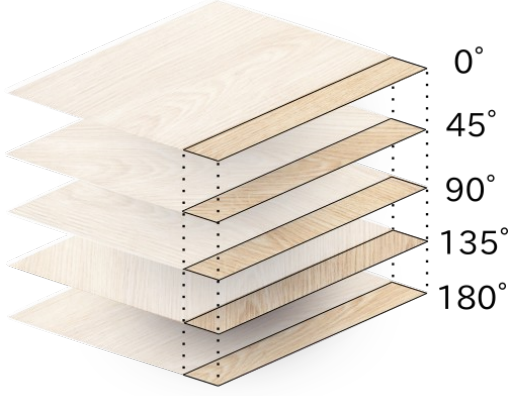
実験の再現解析

(有限要素解析ツールSalome-meca2019を使用)









強軸弾性係数

試験体	ヤング率 [GPa]
L_s1	5.59
L_s2	6.42
L_s3	6.24
平均	6.09

弱軸弾性係数

単板1枚の引張試験

↓

60MPa～100MPa

せん断弾性係数

竹シートのせん断試験

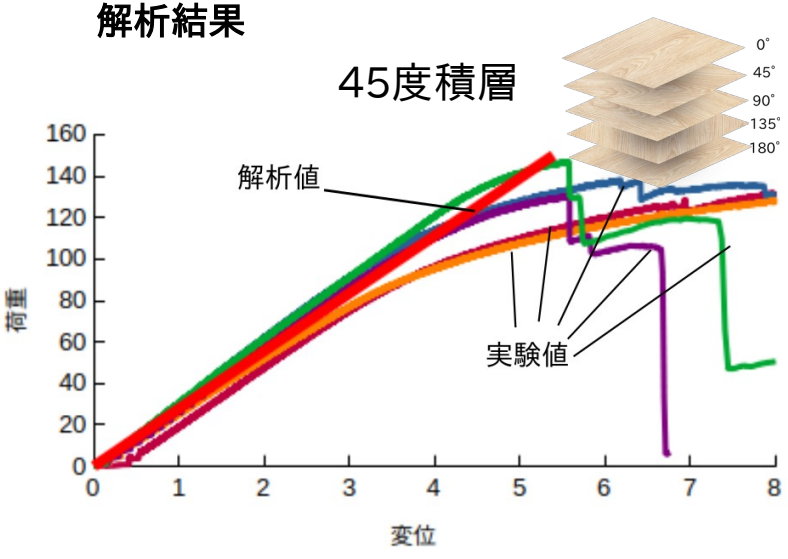
↓

$G=E_{強}/100$

材料特性

- E_x = 6000MPa
- $E_y = E_z = E_x/100$=60MPa
- $G = E_x/100$=60MPa
- ν =0.4

解析結果



試験体	曲げヤング率[GPa]		相対誤差
	実験	解析	
45	4.88	4.34	11.1%
30	4.06	3.79	6.65%
C	4.35	4.37	0.46%
L	6.09	5.34	12.3%

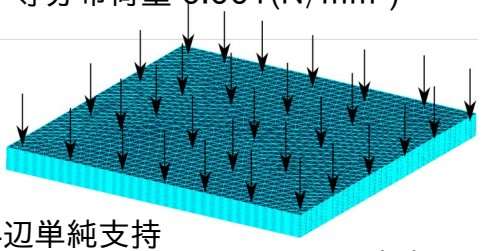
弾性域内において極めて似た挙動

↓

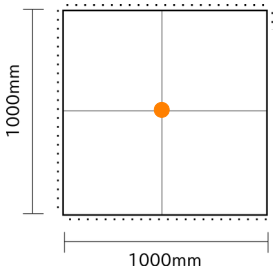
再現性の高い解析モデル

平板解析

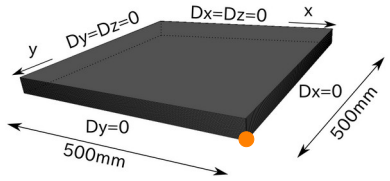
等分布荷重 0.001(N/mm²)



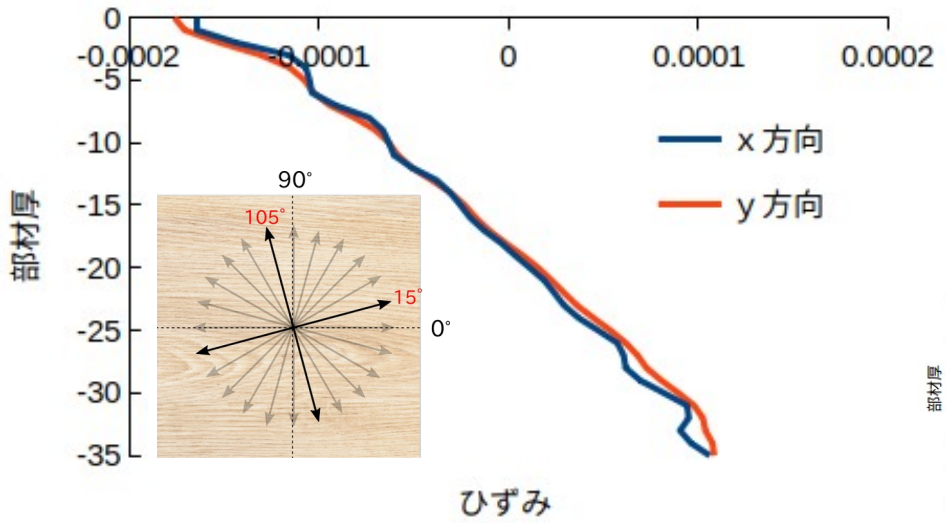
4辺単純支持



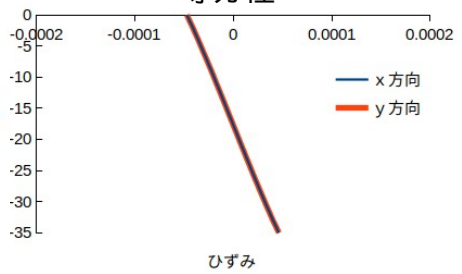
1/4解析



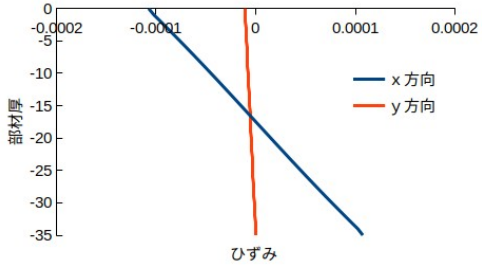
MALT45



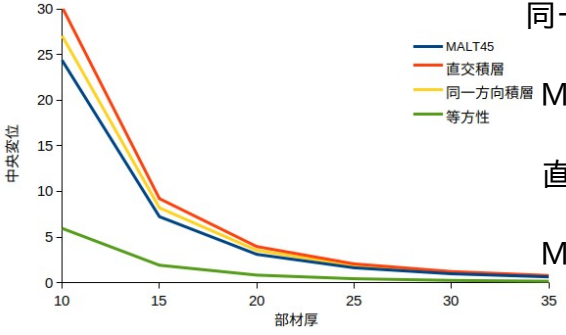
等方性



直交異方性



平板中央変位量の比較



同一方向積層
↓
MALT45

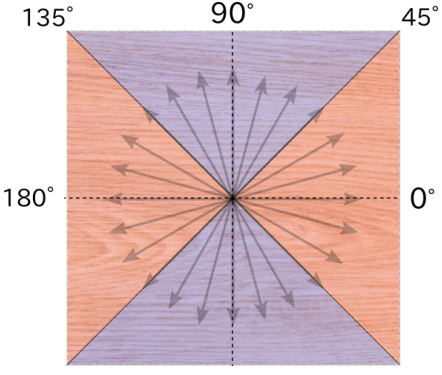
約12%低減

直交積層
↓
MALT45

約20%低減

剛性の確認

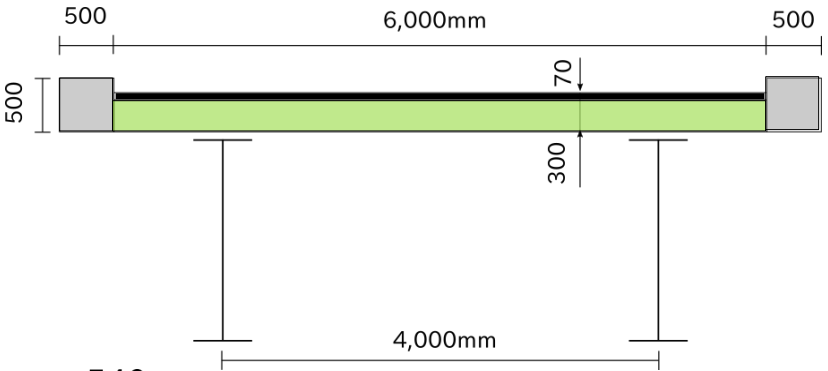
モデル	ヤング率[GPa]		強軸と弱軸の差
	強軸	弱軸	
45	2.71	2.23	0.48
30	2.42	1.86	0.56
C	3.23	2.53	0.7
L	2.28	0.19	2.09

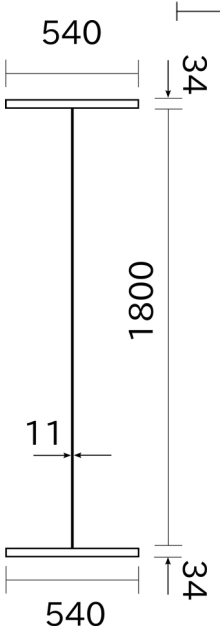


MALTモデルの剛性均一化

橋梁モデル

橋梁諸元





地覆（コンクリート）

舗装（アスファルト）

床版

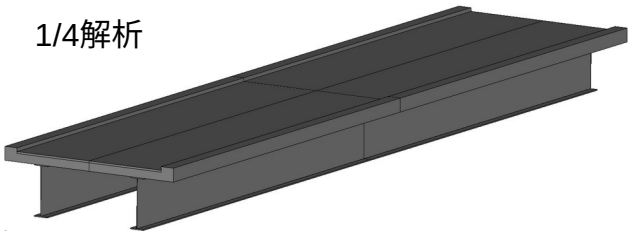
- 鉄筋コンクリート床版
- 直交異方性床版
- MALT45床版

解析手法

材料	ヤング率 (GPa)	ポアソン比	単位重量 (kN/m³)
鋼(SM490Y)	205	0.3	77
鉄筋コンクリート	28	0.2	24.5
アスファルト	2	0.4	8.0

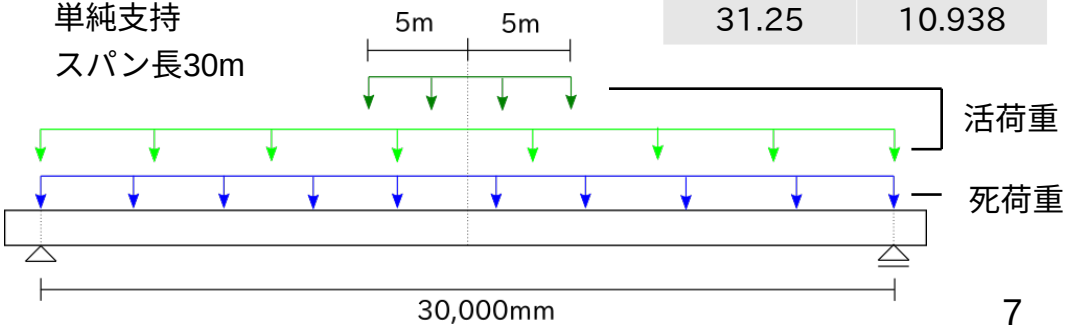
- E_x = 6000MPa
- $E_y = E_z = E_x/100$=60MPa
- $G = E_x/100$=60MPa
- ν =0.4

1/4解析



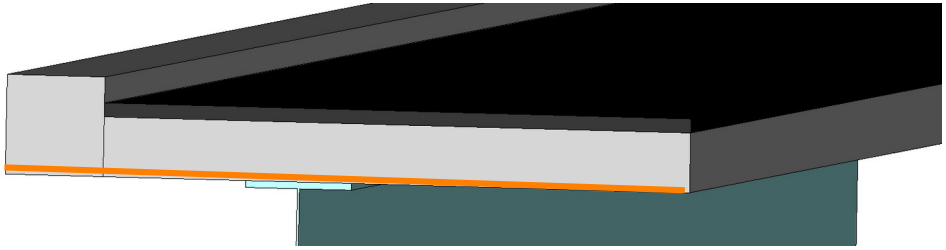
B活荷重(kN/m)	
L_{p1}	L_{p2}
31.25	10.938

単純支持
スパン長30m

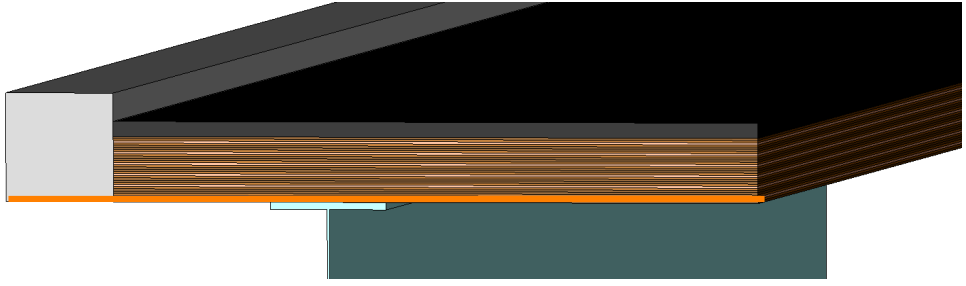


解析結果

コンクリート床版モデル



MALT45床版モデル



モデルの妥当性

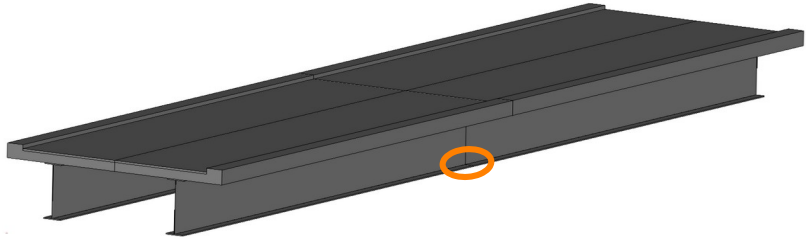
死荷重とB活荷重載荷時の
鋼桁1本あたりに作用する応力を比較

理論値(MPa)	解析値(MPa)
236.2	245.8

相対誤差**4.06%**

解析結果

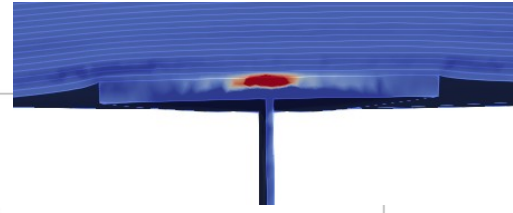
【鋼桁】

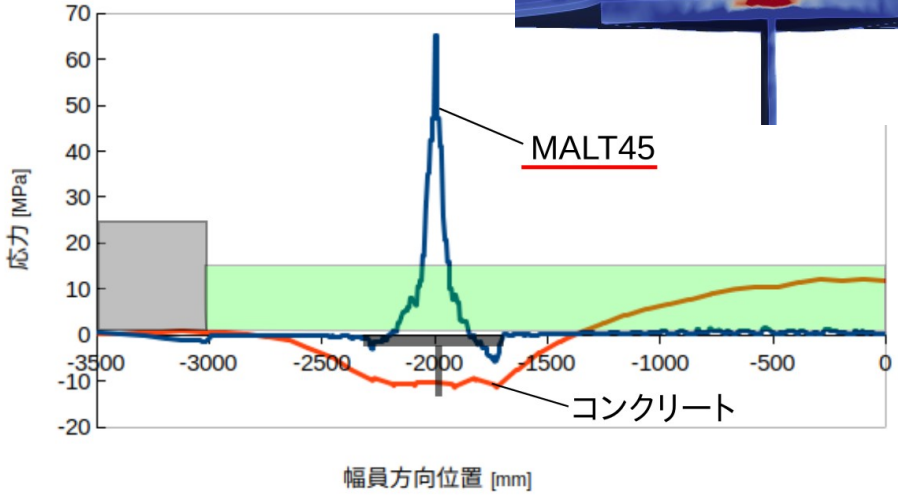


床版タイプ	作用曲げ応力(MPa)
コンクリート	245.8
MALT45	181.0

コンクリート
↓
MALT45
約**26.4**%低減

【床版】





木材の許容応力7MPaを大幅に超過

まとめ

○解析と実験から多方向積層木部材の力学的特性の把握を行った

・実験の結果から曲げ試験において特に5枚積層の試験体で想定の強度より高い強度を示した

・引張試験では概ね想定した強度とヤング率が得られた

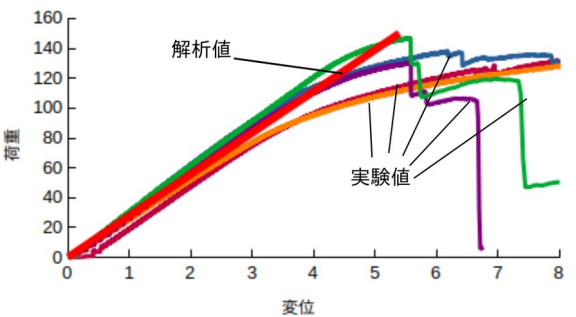
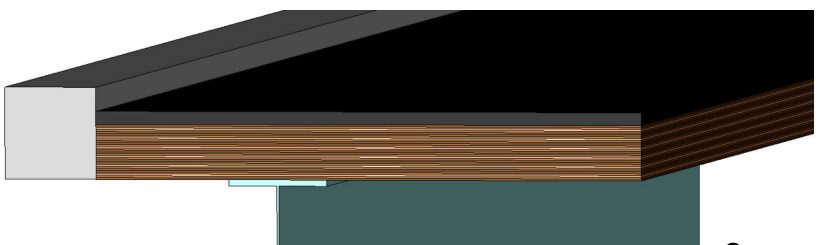
・実験結果と解析結果の比較により再現性の高い解析モデルであった

・平板解析の結果から木材の特性である直交異方性を緩和し等方性に近い挙動と平板使用の優位性を確認した

○多方向積層木質パネルの橋梁床版への適応性を解析によって検討した

・比較対象とした鉄筋コンクリート床版モデルより鋼桁に作用する応力の低下することを確認した

・床版に作用する応力の大きさから橋梁形式や多方向積層部材自体の性能向上など改善が必要

床版タイプ	作用曲げ応力 (MPa)
コンクリート	245.8
MALT45	181.0

試験体	曲げ破壊強度 (MPa)	曲げヤング率 (GPa)
45	70.4	4.88
30	38.0	4.06
C	56.2	4.35
L	72.3	6.09