

CLT 木床版の層構成に着目した構造の解析的検討

福岡大学工学部 正会員 ○下妻達也, 渡辺浩, 大隣昭作

1. はじめに

木材は鉄筋コンクリートの 1/6 程度と極めて重量が軽い特徴を有するが, 強い異方性を有する材料であり繊維方向と繊維直交方向では性質が大きく異なっている. 著者らはこの軽量であるという木材の特徴に着目し, 既設の道路橋の RC 床版取替え時の死荷重の増加を防止するために木床版を適用する研究に取り組んでいる. 道路橋床版として使用するには大きな面を必要とするが, CLT(Cross Laminated Timber: 直交集成板)と呼ばれる木材のひき板を木材の繊維方向を直交させて接着剤で貼り合わせた材料(図 1)を用いれば木材の異方性を軽減でき, 層構成を変えることで性質を変化させることができる. 本稿では主桁と横桁から構成される鋼桁橋の床版に CLT を適用する場合を想定し, 層構成を変えた場合の変位や応力の検討を行うことを目的とする.

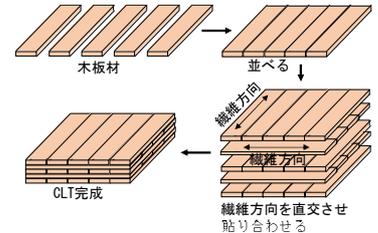


図 1 CLT

2. 解析モデルおよび解析条件

解析モデルは図 2 に示すような主桁と横桁で 4 辺を支持された CLT 床版とする. 主桁間隔は既設の鋼桁橋の主桁間隔を参考に 2.0m とし, 横桁間隔は道路橋示方書¹⁾の最大対傾構間隔から 6.0m とした. この場合, RC 床版の必要厚は道路橋示方書¹⁾より 210mm となるが, 既設の RC 床版を CLT 床版へ新たに切り換えることを想定し, CLT 床版厚も 210mm(1 層当り 30mm×7 層)とする.

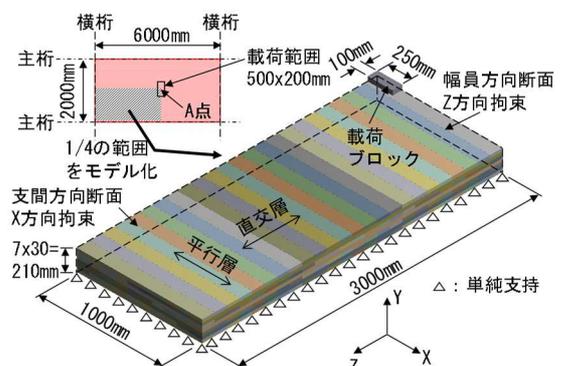


図 2 解析モデル ([1]基本ケース)

CLT を構成する材料は全てスギ(等級 L70 相当, 表 1²⁾)とし, 幅 120×厚さ 30mm の板で構成されるものを用いる. 板上下面と側面同士は接着剤で貼り合わせたものとするが, スギ板の強度よりも接着面の強度の方が一般的に大きいため³⁾, 板同士の接触面は動かないものとする. 床版の支持条件は主桁および横桁で支持される箇所を単純支持とする. 荷重は床版上に大型車が載った場合を想定し, T 荷重(100kN)を床版中心の 500×200mm の範囲に載荷ブロックを介して載荷する. このときの床版に生じる変位や応力を調べる.

CLT の層構成は表 2 に示す 2 ケースとした. ヤング係数や強度が高い繊維方向が, 短辺方向である横桁と同じ方向(X 軸)の層を平行層, 繊維方向が主桁と同じ方向(Z 軸)の層を直交層と本稿では呼んでいる. ケース[1]は床版上面から平行層と直交層を交互に配置したケースで, ケース[2]はケース[1]の逆の層構成としている. 解析には汎用有限要素法解析ソフトウェア ANSYS2020 の静的構造解析システムを用いた.

3. 解析結果

(1) 鉛直変位

鉛直変位の結果を図 3 に示す. 上が支間方向, 下が幅員方向の床版下面の変位分布を示している. 図より, [2]層入替の方が生じる変位は大きくなっており, 短辺の外層に平行層断面を配置する方が床版の変形を小さくできている. 許容変位は文献²⁾を参考に $L/300$ で計算すると $2000/300=6.6\text{mm}$ となるが, 最大変位はケース[1]で 7.6mm, ケ

表 1 材料定数

密度	kg/m ³	330	※許容応力度 (N/mm ²)	圧縮	9.2
ヤング係数	E _x	N/mm ²			
	E _y	N/mm ²		562	
ポアソン比	v _{xy}	—	0.40	※許容応力度は文献 ²⁾ に従い 1.1×材料強度/3 より算出した. ※繊維方向の値を示す.	
	v _{xz}	—	0.60		
	v _{yz}	—	0.90		
せん断弾性係数	G _{xy}	N/mm ²	607		
	G _{zx}	N/mm ²	327		
	G _{yz}	N/mm ²	14		

表 2 解析ケース

	各層の繊維方向						
	1	2	3	4	5	6	7
[1]基本	平行	直交	平行	直交	平行	直交	平行
[2]層入替	直交	平行	直交	平行	直交	平行	直交

ース[2]で 9.9mm と両ケースとも許容変位を超過する結果となった。

表 3 に変位の解析結果と許容値，許容値に対する割合を示す。層構成に対する結果の違いを見ると，[1]基本ケースのように繊維方向を短辺方向に合わせた平行層を外側に配置するほうが変位に対して有利になることが分かる。

(2) 応力

X 軸方向の応力を図 4，Z 軸方向の応力を図 5 に示す。結果の着目位置は荷重範囲中心(図 2 の A 点)であり，床版厚方向の応力分布を示している。いずれも階段状の応力分布となっているが，ヤング係数の大きい層のみ大きな応力を生じている。最大応力を生じたのは X 軸方向で上面側の平行層，Z 軸方向で下面側の直交層であったが，いずれも表 1 に示す許容応力度を下回り，層を入れ替えても応力値に大きな違いは見られなかった。

表 3 に変位同様応力の結果と許容値，許容値に対する割合を示す。応力はいずれの結果も許容値を満足したため，今回解析した CLT 床版の場合変位が構造を決定する際の指標になりやすいと考えられる。層構成に対する結果の違いを見ると，[1]基本ケースのように平行層を外側に配置するほうが幅員(X)方向の応力に対して有利になる。一方，支間(Z)方向の応力は[1]基本ケースが[2]層入替のケースよりも小さくなっている。これは直交層が 2，6 層と最外層よりも内側に配置されているためであり，許容値に対する割合も 90% に近い値となった。

4. まとめ

本研究では主桁と横桁で 4 辺を支持された CLT 床版の層構成を変えた場合について，T 荷重載荷時の変位や応力を検討した。結果，最外層に平行層を配置したケースの方が生じる変位や幅員(X)方向の応力は小さくなった。故に，主桁・横桁間隔の内，支点間距離が小さい方向に合わせて層構成を設定することで，変位や応力を抑えやすいと考えられる。一方，支間(Z)方向の応力は[1]のケースの方が大きくなったため，注意が必要である。

たわみは両ケースとも許容値の超過が見られたが，[1]基本ケースで 15%程度 の超過であった。対策として，ヤング係数の大きい高等級のスギや樹種を使用する，または，RC 床版のハンチ厚を超過しない程度に CLT 床版を 1~2 層増厚する等がある。増厚の場合重量は増加するが CLT は RC 床版の 1/6 程度の重量であるため，既設の RC 床版の死荷重を超過する問題は生じないと考えられる。今後の課題として，床版の縦横比を変えた時の層構成の検討や支持条件等を変えた解析を実施予定である。

参考文献：1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編，pp.314-316,368，2017。

2) 林業土木コンサルタンツ：実務者のための木橋の設計と施工：p.36,78，2005。

3) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説-許容応力度・許容耐力設計法-，pp.157-159,314，2006。

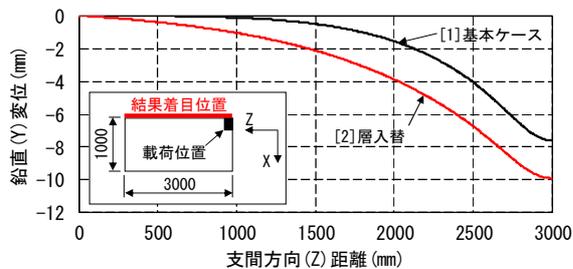


図 3 変位結果

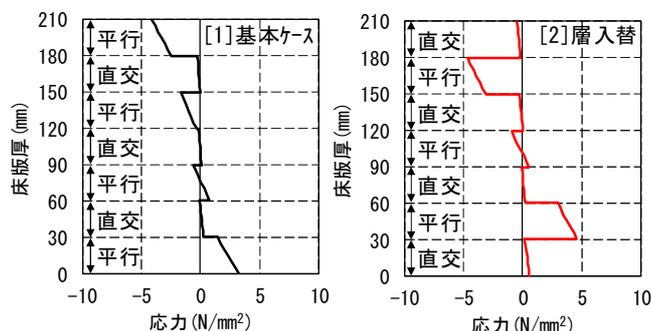


図 4 X 方向応力結果

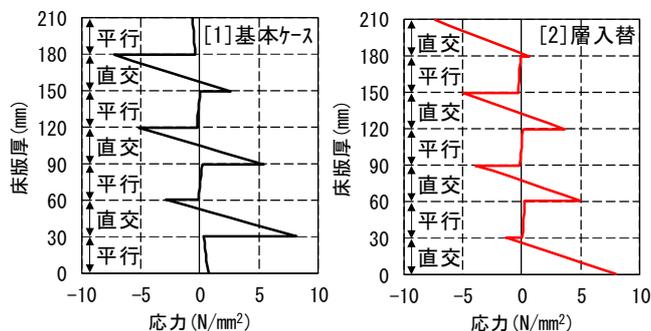


図 5 Z 方向応力結果

表 3 結果まとめ

		解析値	許容値	割合
変位 (mm)	[1]基本	7.6	6.6	115.2%
	[2]層入替	9.9	6.6	150.0%
X応力 (N/mm ²)	[1]基本	-4.1	9.2	44.6%
	[2]層入替	-4.6	9.2	50.0%
Z応力 (N/mm ²)	[1]基本	8.2	9.2	89.2%
	[2]層入替	8.0	9.2	87.2%