

4 辺支持された 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
 福岡大学工学部 非会員 長橋亮太

1. はじめに

CLT(Cross Laminated Timber)は直交集成板と呼ばれるもので、幅 120mm 程度の木材の板を木材の繊維方向を直交させ接着剤で貼り合わせたものである。大きな面材料の製造が可能であり、一般的な鋼橋で用いられる RC 床版の 1/6 程度と軽量であることから、CLT を道路橋床版として利用できれば床版取替時の死荷重増加の防止が期待できる。CLT 床版を鋼桁橋に適用する場合、主桁や横桁で支持された 4 辺支持となる。一般的な鋼桁橋の場合主桁間隔よりも横桁間隔の方が大きくなるが、CLT 床版の層構成を主桁および横桁配置に合わせて決定することで CLT 床版のより合理的な設計が可能になると考えられる。本研究では T 荷重の作用する 4 辺支持された CLT 床版の層構成を変えた場合について、生じるたわみや応力の検討を解析により行う。

2. 解析モデルおよび解析条件

解析モデルの一例を図 1 に示す。横桁間隔は道路橋示方書規定の最大値 6.0m, 主桁間隔は既設橋梁を参考に 2.0m とし、主桁と横桁上に厚さ 270mm の CLT 床版が設置される場合を想定する。床版材料は M60, M30 相当のスギとし、幅 120×厚さ 30mm の板を計 9 層貼り合わせたものを用いる。材料定数を表 1 に示す。解析モデルは 1/4 の範囲のみモデル化し、主桁および横桁で支持される箇所は単純支持としている。荷重は T 荷重(100kN)とし、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。板上下面および側面同士は完全に接着され、動かないものとする。

木材は繊維方向のヤング係数や強度が繊維直交方向よりも高い特徴を有するが、繊維方向が横桁と同じ方向(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び、4 つの解析ケースの層構成を表 2 に示す。層構成は直交集成材の日本農林規格を参考に決定しており、[1]は基本ケースで床版上面から平行層と直交層を交互に配置している。[2]は[1]の層を逆にしたケース、[3][4]は平行層と直交層を[1][2]よりも増やしたケースである。いずれも最外層は M60, 中間層を M30 としている。以上 4 ケースについて T 荷重載荷時に生じる変位や応力を調べる。解析には汎用有限要素法解析ソフトウェア ANSYS2020 を用いた。

3. 解析結果

(1) 鉛直変位

鉛直変位の結果を図 2 に示す。幅員方向の床版下面の変位分布を示している。変位の大小関係を比較すると、[3]平行層増のケースが最も生じる変位は小さくなっているが、平行層を最外層に配置した[2][4]のケースでは生じる変位が大きくなっている。平行層

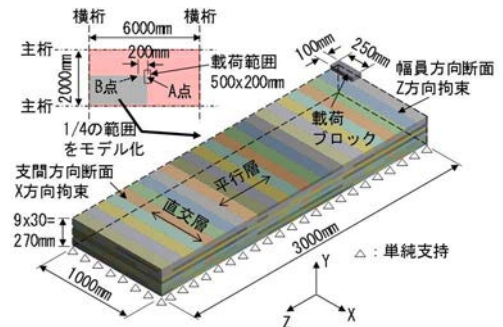


図 1 解析モデル ([1]基本ケース)

表 1 材料定数

		M60	M30	L70	L50	
密度		kg/m ³	330	330	330	330
ヤング係数	E _x	N/mm ²	6000	3000	7000	5000
	E _y	N/mm ²	482	241	562	401
	E _z	N/mm ²	237	118	276	197
ポアソン比	v _{xy}	—	0.4	0.4	0.4	0.4
	v _{xz}	—	0.6	0.6	0.6	0.6
	v _{yz}	—	0.9	0.9	0.9	0.9
せん断弾性係数	G _{xy}	N/mm ²	520	260	607	433
	G _{zx}	N/mm ²	280	140	327	233
	G _{yz}	N/mm ²	12	6	14	10
許容応力度 (N/mm ²)	σ _c	N/mm ²	8.4	7.3	9.2	7.5
	σ _t	N/mm ²	8.4	7.3	9.2	7.5
	τ	N/mm ²	2.0	2.0	2.0	2.0

表 2 解析ケースと各層の繊維方向

	[1]基本	[2]層入替	[3]平行層増	[4]直交層増
1	平行 M60	直交 M60	平行 M60	直交 M60
2	直交 M30	平行 M30	平行 M60	直交 M60
3	平行 M30	直交 M30	直交 M30	平行 M30
4	直交 M30	平行 M30	平行 M30	直交 M30
5	平行 M30	直交 M30	直交 M30	平行 M30
6	直交 M30	平行 M30	平行 M30	直交 M30
7	平行 M30	直交 M30	直交 M30	平行 M30
8	直交 M30	平行 M30	平行 M60	直交 M60
9	平行 M60	直交 M60	平行 M60	直交 M60

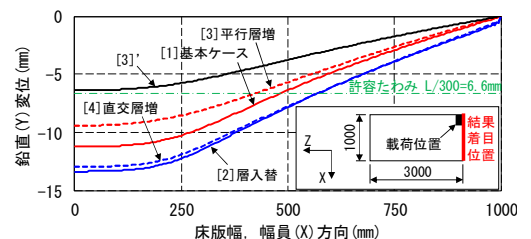


図 2 変位結果

キーワード 木床版, CLT, 層構成

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-1 9-1 TEL 092-871-6631

は直交層よりも支点間距離が小さいため、平行層断面を大きくし、中立軸から離れた位置に配置する方が床版の変形を抑えられることが分かる。

許容変位は文献²⁾を参考に $L/300$ より算出すると $2000/300=6.6\text{mm}$ となるが、全ケース許容値を超過した。

(2) X, Z 軸方向応力

X, Z 軸方向の応力を図3, 4に示す。結果の着目位置は荷重範囲中心(図1のA点)であり、床版厚方向の応力分布を示している。いずれもヤング係数の大きい断面の箇所で大きな応力を生じ、階段状の分布となっている。最大応力は、X軸方向は[3]平行層増、Z軸方向は[2]層入替のケースで生じたが、表1の許容応力度を下回った。

(3) ZY せん断応力

ZY せん断応力を図5に示す。結果の着目位置は荷重範囲の影響を小さくするため、A点から支間外側に200mmの位置(B点)とし、床版厚方向の応力分布を示している。いずれの結果も直交層の応力が平行層よりも小さくなっており、ローリングシアの影響と考えられる。表1の許容応力度に対しては全ケース下回った。

(4) 考察

応力は全ケースで許容値を満足したが、変位は許容値を超過したため、今回解析した CLT では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。対策としてヤング係数の大きい材料を使う点が挙げられる。[3]平行層増の M60, M30 を集成材ラミナ L70, L50 に変えた場合の結果 [3]'を図2~5に黒線で示す。L70, L50 の材料定数は表1右側に示している。図より変位、応力とも許容値を満足する結果となった。

4. まとめと今後の課題

4 辺支持された CLT 床版の層構成を変えた4ケースについて、T 荷重載荷時の変位や応力を検討した。結果、応力は全ケース許容値を満足したが、変位は許容値の超過が見られたため、ヤング係数の大きい材料を使う等の対策が必要である。また、変位は平行層と直交層を交互に配置したケースよりも平行層断面を大きくし、外層に配置する層構成とした方が小さくなった。

今後の課題として、床版の縦横比、厚さ、層数、支持条件を変えた場合の解析を行いたい。

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.

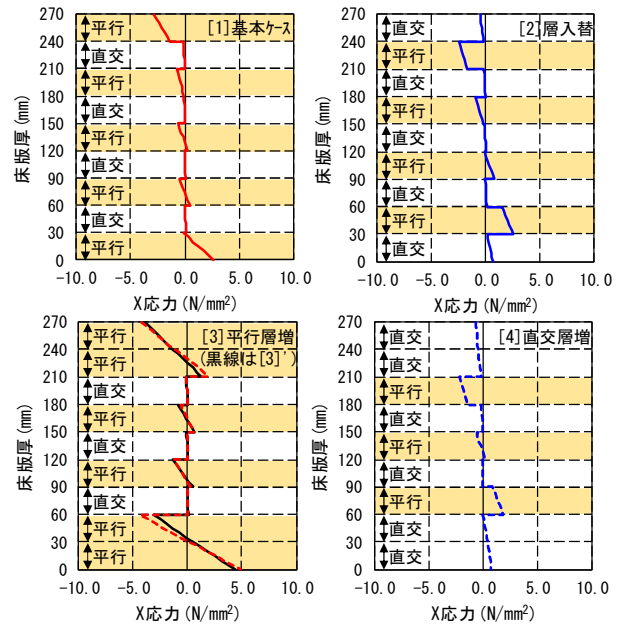


図3 X方向応力結果

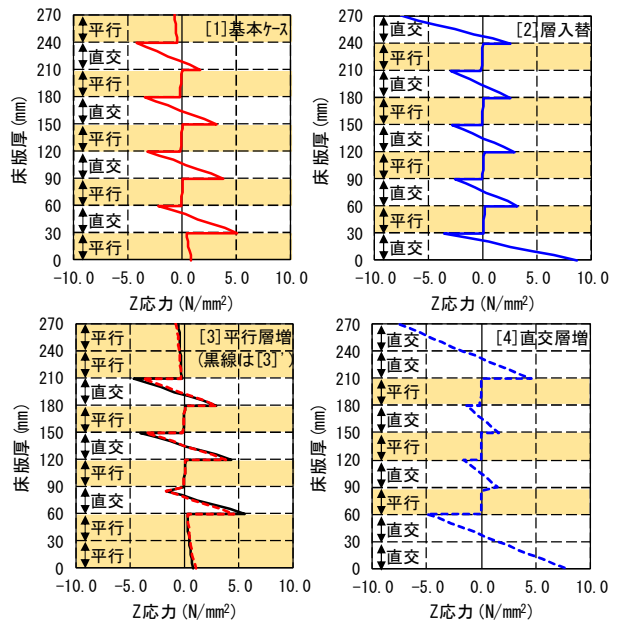


図4 Z方向応力結果

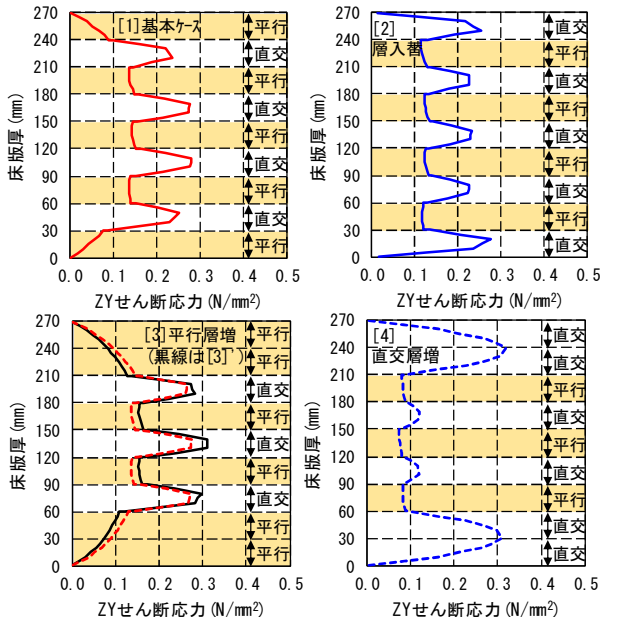


図5 ZYせん断応力結果