

CLT 床版橋の剛性挙動について

秋田大学工学部 7015917 大塚 佳愛
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

CLT(直交集成板:Cross Laminated Timber)は、ひき板を並べた後、繊維方向が直交するように積層接着した木質材料であり、オーストラリアを中心として発展し、現在では各国で建築資材として普及が進んでいる¹⁾。CLTは強軸・弱軸の両方向に、一定の曲げ剛性を有する軽量なパネル材で、壁材や床材として建築分野では広く用いられているが、その特徴を活かして土木分野でも橋梁床版としての利用が期待されている²⁾。

CLTを用いた床版は桁にかかる自重を軽減できるほか、疲労の影響も少ないといった利点があるが、被覆等の腐朽対策をしっかりする必要がある。2017年に仙北市と2018年に大仙市に架設されたCLT床版橋は、H形鋼の単純桁にCLTがスタットボルトで連結されているが、非合成桁として設計されている。2018年にこれら2橋の剛性挙動を調べるため、トラックによる車両載荷試験が行われた。測定されたたわみは、必ずしも非合成桁として計算されたたわみと一致しないが、非合成桁でも実際には、ある程度の合成桁作用を發揮していることがうかがわれる。そこで、本研究では、CLT床版橋を有限要素モデル化し、CLT床版と鋼桁との間に仮想的な厚さ1~3mmのゴム状の仮想材料を挟み、この材料の剛性を変化させることで、非合成桁の状態から、不完全合成桁、完全合成桁の状態を表現し、実際のCLT床版橋の不完全度について検討する。

2. 解析モデルと方法

解析対象は、厚さ230mm、奥行き7000mm、幅3700mmのCLT床版と桁高300mmの鋼桁からなる仙北市のCLT床版橋モデルと厚さ132mm、



図-1 現地載荷試験の様子

奥行き9980mm、幅3450mmのCLT床版と桁高500mmの鋼桁からなる大仙市のCLT床版橋モデル(図-2)をとする。CLT床版はヤング率3.4GPa、鋼桁はヤング率206GPaとする。

これらの実際の橋梁は不完全合成桁であるが、その不完全度をモデル化するため、有限要素解析ツールSalome-Mecaを用いて、木材と鋼材の間にゴム状の仮想材料を挟み、厚さやヤング率を変えて考察する。境界条件は、鋼桁の底面に拘束線を設定し、一方の線は固定支持とし、もう一方の線は軸方向変位を許容する。

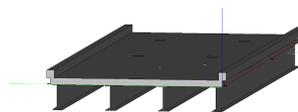


図-2 大仙市の床版橋モデル化

3. 解析結果

まず、CLTと鋼桁の間に厚さ1mmのゴム状の仮想材料を挟み荷重をスパン中央に載荷した3点曲げ載荷時の変位を表-1、表-2に示す。仮想材料のヤング率は木材のヤング率の1倍(完全合成桁に相当)から、 $\frac{1}{10}$ 倍、 $\frac{1}{100}$ 倍、 $\frac{1}{1000}$ 倍と柔らかくしていき、非合成桁の理論値に近づいていくかどうかを調べる。解析結果を表-1、2に示す。

仮想材料のヤング率を CLT の 1 倍として、完全合成桁として解析した場合、FEM の結果は仙北市モデルでは、完全合成の理論値よりやや固めなのに対して、大仙市モデルではやや柔らかめである。仮想材料のヤング率を小さくしていくとともに非合成桁の理論値に近づいていくが、最も柔らかい CLT の $\frac{1}{1000}$ のヤング率にした場合は、いずれのモデルでもたわみが非合成桁の理論値の 3/4 倍程度の固さである。

仮想材料のヤング率 (GPa)	たわみ (mm)
	2.699(完全合成 理論値)
3.4	2.508(FEM)
0.34	2.518(FEM)
0.034	2.573(FEM)
0.0034	2.926(FEM)
	3.955(非合成 理論値)

表-1 仙北市の CLT 床版橋 (3 点曲げ)

仮想材料のヤング率 (GPa)	たわみ (mm)
	1.730(完全合成 理論値)
3.4	1.885(FEM)
0.34	1.899(FEM)
0.034	1.907(FEM)
0.0034	2.005(FEM)
	2.624(非合成 理論値)

表-2 大仙市の CLT 床版橋 (3 点曲げ)

仮想材料のヤング率 (GPa)	たわみ (mm)
	2.465(完全合成 理論値)
3.4	2.383(FEM)
0.34	2.391(FEM)
0.034	2.439(FEM)
0.0034	2.763(FEM)
	5.150(非合成 理論値)
	5.595(実験値)

表-3 仙北市の CLT 床版橋 (車両載荷)

仮想材料のヤング率 (GPa)	たわみ (mm)
	0.994(完全合成 理論値)
3.4	0.898(FEM)
0.34	0.914(FEM)
0.034	0.933(FEM)
0.0034	1.035(FEM)
	1.543(非合成 理論値)
	1.475(実験値)

表-4 大仙市の CLT 床版橋 (車両載荷)

次に、実際の車両載荷試験の載荷条件を再現し、4 箇所タイヤ接触面に載荷した時の結果を同様に表-3, 4 に示す。仮想材料のヤング率を CLT の 1 倍として、完全合成桁として解析した場合、FEM の結果は仙北市モデルでは、3 点曲げと同様に完全

合成の理論値よりやや固めなのに対して、大仙市モデルでは 3 点曲げとは違いこちらもやや固めとなる。仮想材料のヤング率を小さくしていくとともに非合成桁の理論値に近づいていくが、最も柔らかい CLT の $\frac{1}{1000}$ のヤング率にした場合、仙北市モデルではたわみが非合成桁の理論値の半分程度の固さなのに対して、大仙市モデルではたわみが非合成桁の理論値の 2/3 倍程度の固さとなっている。

表-3, 4 には、車両載荷試験の実験値も示したが、仙北市モデルでは測定されたたわみは非合成桁の理論値より 9% 大きく柔らかめなのに対して、大仙市モデルでは、測定されたたわみは非合成桁の理論値より 4% 小さく固めである。

4. まとめ

CLT と鋼桁の間にゴム状の仮想材料を挟むことで、実際には不完全合成桁である CLT 床版橋の不完全度を有限要素法によりモデル化する手法を試みた。仮想材料を CLT と同じヤング率にすれば、完全合成桁の理論値に近い結果が得られるものの、仮想材料を CLT の $\frac{1}{1000}$ の非常に柔らかいヤング率にしても、非合成桁の理論値に比べると、だいぶ固めの結果が得られた。これについては、仮想材料が薄すぎて十分な変形ができないためとも考えられたため、仮想材料の厚さが 2mm, 3mm の場合についても同様の計算を行ってみたが、厚さ 1mm よりも柔らかめの結果が得られるものの、それほど非合成桁の理論値には近づかなかった。CLT と鋼桁の間に柔らかい仮想材料を挟む手法は、モデル化は簡便ではあるものの、CLT と鋼桁の接触面の滑りを十分には許容できずに固めの解が得られるのかもしれない。今後は、CLT と鋼桁の間に摩擦係数を設定した接触解析も行ってみたい。実験値は、非合成桁の理論値に近い値を示しており、CLT 床版橋の不完全度は極めて非合成桁に近いことが示唆される。

参考文献

- 1) 新建築 ~CLT の 12 断面~, 2017/1 月号 ~2018/2 月号合冊。
- 2) 佐々木 貴信, 有山 裕亮, 荒木 昇吾, 豊田 淳, 山内 秀文, 林 知行: CLT 床版の耐久性付与技術の開発, 木材利用研究論文報告集 16, p. 39-44, 2017/12.