

鋼製防護柵に荷重を受ける CLT 床版橋の挙動

環境構造工学分野 7017827 佐藤美紅
指導教員 後藤文彦

1. はじめに

CLT 床版橋は、鋼製 I 桁に CLT 床版を取り付けた橋梁で、秋田県内には既に 3 橋が架設されているが、今後の普及のためには、適切な防護柵の設置が必要であり、これまでにコンクリート地覆を利用したもの¹⁾などが検討されている。本研究では、CLT 床版にプレートとボルトで直接接合する鋼製防護柵を対象として、防護柵が車輻衝突を想定した水平荷重を受けた時の CLT 床版の挙動について有限要素モデルにより解析する。その際、CLT 床版と鋼桁の連結の状態を、非合成と完全合成で調整できるように、連結部に薄いゴムシート状の仮想材料を挟み、その剛性を変えることで^{2),3)}、CLT 床版と鋼桁の連結性が CLT のめり込みに与える影響について考察する。



図-1 2号橋(大仙市の CLT 床版橋)

2. 解析モデルと方法(防護柵なし)

解析対象は、厚さ 132mm、橋長方向 9986mm、幅員方向 3450mm の CLT 床版と、桁高 500mm、幅 200mm の鋼桁 4 本からなる、大仙市の CLT 床版橋(以後 2 号橋)とし、今回は防護柵を設置するため、幅員を 4210mm まで伸ばしたモデルを作成する。

はじめに、2 号橋の合成度をモデル化するため、有限要素解析ツール Salome-Meca を用い、CLT 床版と鋼桁の間に 1mm のゴム状仮想材料を作成し、仮想材料のヤング率を変えて完全合成桁と非合成桁を再現する。CLT 床版は等方性材料とし、橋軸方向のヤング率 1.7GPa を、鋼桁のヤング率は 206GPa

を用いる。

境界条件は、桁下面の支点部(×桁本数)を線拘束し、橋軸方向変位のみを自由とする。載荷荷重は、車輻載荷試験の際に測定した軸重の合計(39.6kN)^{2),3)}をスパン中央に線載荷する。曲げ変形の対称性を考慮し、橋軸方向中央面を対象面とする梁の $\frac{1}{2}$ を解析する。

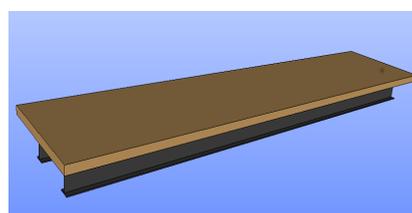


図-2 3点曲げモデル

3. 解析結果(防護柵なし)

ゴム状仮想材料を挟み、スパン中央に線載荷した CLT 床版橋の 3 点曲げの変位を表-1 に示す。仮想材料のヤング率は CLT のヤング率の 1 倍から $\frac{1}{10000}$ 倍まで柔らかくしていき、完全合成桁と非合成桁の理論値に近づくかどうかを調べた。解析結果を同じく表-1 に示す。仮想材料のヤング率を CLT の 1 倍として解析した時、FEM の結果は完全合成桁の理論値よりやや柔らかめであり、仮想材料のヤング率を CLT の $\frac{1}{10000}$ 倍として解析した時、非合成桁の理論値よりやや硬めの結果になったが、完全合成桁と非合成桁をモデル化することができた。

表-1 たわみ(2号橋、3点曲げ)

E (GPa)	完全合成 (mm)	非合成 (mm)	FEM(mm)
1.7	1.2549	1.6706	1.3771
0.17	1.2549	1.6706	1.3802
0.017	1.2549	1.6706	1.3854
0.0017	1.2549	1.6706	1.4220
0.00017	1.2549	1.6706	1.5576

4. 解析モデル (防護柵あり)

次に CLT 床版橋に鋼製防護柵を取り付けたモデルを作成し、鋼製防護柵に水平荷重を与えた場合の CLT 床版へのめり込み応力を解析する。防護柵は直径 105.3mm、高さ 715mm の円筒に直径 135mm の蓋、厚さ 16mm、高さ 170mm、幅 80mm のリブプレートが 2 枚ついた支柱を用い、高さ 588mm の位置にブラケットを作成して水平荷重を与える。

荷重の向きは、図-3、図-4 のように橋軸方向から 90 度と 45 度の 2 通りを解析する。水平荷重は 45kN に設定し、CLT の許容めり込みは B2 類の許容めり込み応力度⁴⁾を参考に 3.136MPa に設定する。

防護柵なしモデルと同様に、桁下面の支点部を線拘束し、橋軸方向のみを自由とする。橋軸方向中央面を対象面とする梁の $\frac{1}{2}$ モデルを使用し、水平荷重は図-5 の左から 3 本目までの支柱 (以後支柱 1、支柱 2、支柱 3) に、それぞれ与える。

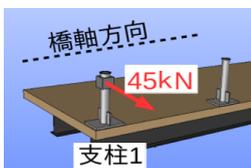


図-3 支柱 1(90 度荷重)

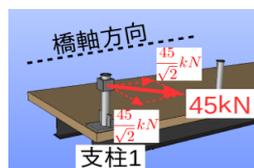


図-4 支柱 1(45 度荷重)

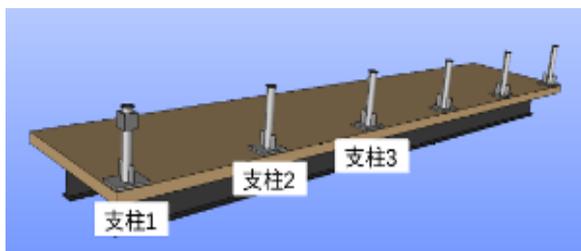


図-5 防護柵付き 2 号橋モデル

5. 解析結果 (防護柵あり)

支柱 1~3 に水平荷重 45kN を与えた時の、CLT の最小主応力の最小値 (以後圧縮最大) を表-2 に示す。90 度の時の圧縮最大は、どのパターンでも図-6 のように CLT 下面の桁縁部に生じたが、45 度の時は、非合成桁で支柱 1、2 に荷重した場合、図-7 のように CLT 上面のプレート縁部に生じた。

また、全てのパターンで圧縮最大はめり込み応力 (3.136MPa) に達している。また、完全合成桁と非合成桁で比べた圧縮最大は、完全合成桁が非合成桁より大きく、最大で 3 倍大きい値になった。

表-2 CLT 表面の最小主応力

FEM	支柱	最小値 (MPa) 90 度荷重	最小値 (MPa) 45 度荷重
完全合成	1	-30.8488	-17.3151
	2	-12.2664	-8.2525
	3	-15.3066	-11.1934
非合成	1	-10.1745	-10.4855
	2	-8.0050	-6.9193
	3	-6.8840	-6.8473

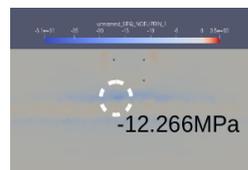


図-6 完全合成桁-支柱 2(90 度)の CLT 下面

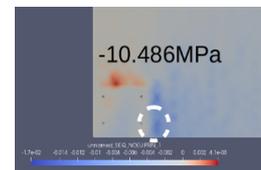


図-7 非合成桁-支柱 1(45 度)の CLT 上面

6. まとめ

圧縮最大について、支点側の支柱に荷重した時、45 度より 90 度で荷重した時に大きくなった。非合成桁より完全合成桁での圧縮最大が大きかったことから、非合成桁での設計では、めり込みに関しては危険側で設計される可能性があると考えられる。また、全てのパターンが許容めり込み応力に達しており、ほとんど CLT 下面に最大値が現れるが、非合成桁の場合、上面に最大値が現れることがある。

検討課題として、今後は支柱のプレートと CLT 床版橋の接合部の接触解析を行ってみたい。

参考文献

- 1) 有山 裕亮, 海老 拓紀, 高橋 佑輔, 後藤 文彦, 佐々木 貴信, 豊田 淳: コンクリート地覆を取り付けた CLT 床版接合部の数値モデル化, 木材利用研究論文報告集 18, pp.55-61, 2019/12
- 2) 加藤 京介, 大塚 佳愛, 有山 裕亮, 後藤 文彦, 野田 龍, 佐々木 貴信: CLT 床版橋の剛性挙動, 木材利用研究発表会講演概要集 18, p.105-108, (2019).
- 3) 佐藤 美紅・加藤 京介, 有山 裕亮, 後藤 文彦, 佐々木 貴信: CLT 床版橋の不完全合成度について, 木材工学研究発表会 19, (2020).
- 4) 日本建築学会: 木構造計算基準・同解説, p8, (1988).