

## 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 学生会員 佐藤美紅  
秋田大学大学院 正会員 後藤文彦  
北海道大学大学院 正会員 佐々木貴信

### 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<sup>1)</sup>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、非合成から完全合成ま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<sup>2),3)</sup>、CLT 床版と鋼桁の連結性が防護柵の破壊や CLT のめり込みなどに与える影響について考察する。

### 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、実際の橋梁の不完全合成桁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不完全度を再現できるか考察する。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)<sup>2),3)</sup> 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。

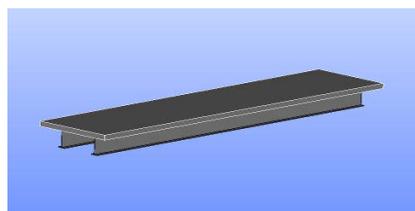


図-1 3点曲げモデル

### 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、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 倍の完全合成桁として解析した時 FEM の結果はやや柔らかめであり、ヤング率を CLT の  $\frac{1}{10000}$  倍の非合成桁として解析した時やや硬めの結果になったが、完全合成から不完全合成まで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 床版へのめり込み具合を考察する．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．

支柱の間隔は，規定により道路 2m 以内に 1 本のため，1912.2mm 間隔で 6 本並べた．境界条件は，3 点曲げと同様にする．

水平荷重は道路土工指針より 45kN に設定し，CLT の許容めり込みは A1 類の許容めり込み応力度<sup>4)</sup>を参考に 2.352MPa に設定する．

防護柵なしモデル同様，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-2 の左から 3 本目までの支柱（以後支柱 1，支柱 2，支柱 3）にそれぞれ与えて，めり込みが生じる応力の違いを考察する．

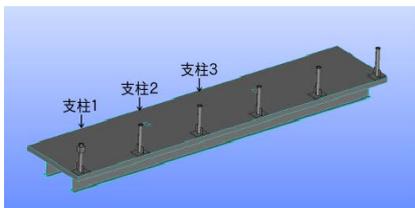


図-2 防護柵付き 2 号橋モデル

### 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（圧縮最大）と最大値（引張最大）を表-2 に示す．圧縮最大はどの支柱に載荷した場合でも CLT 下面のプレート縁部圧縮側に生じ，引張最大は CLT 上面のプレート縁部引張側に生じる．また桁部材を取り外して，CLT の下面から見た最小主応力のコンター図を図-3 に示す．これは支柱 2 に載荷した場合であるが，どの支柱に載荷した場合でも，最小主応力はめり込み応力 (2.35MPa) に達している．

また，完全合成と非合成とでは，最小主応力の最大値（引張最大）には変化がないが，最小値（圧縮最大）は完全合成が非合成より大きく，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)<br>(圧縮最大) | 最大値 (MPa)<br>(引張最大) |
|------|----|---------------------|---------------------|
| 完全合成 | 1  | -30.8488            | 3.4529              |
|      | 2  | -12.2664            | 2.1373              |
|      | 3  | -15.3066            | 2.2222              |
| 非合成  | 1  | -10.1745            | 3.0079              |
|      | 2  | -8.0050             | 2.1881              |
|      | 3  | -6.8840             | 1.9843              |

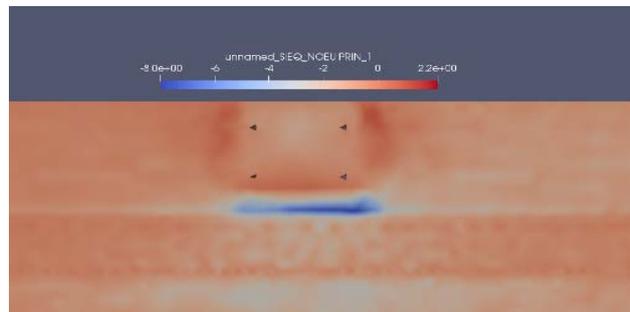


図-3 支柱 2，CLT めり込みを下から見た図

### 6. まとめ

鋼製防護柵を取り付けた CLT 床版が，支柱に加えらるる水平荷重により下面の鋼製プレートとの接触面でめり込み応力に達する状態を解析で再現することができた．水平荷重を与えた時，CLT の許容めり込み応力を超えているので，今後はめり込みを生じにくくするために支柱の剛性を変えたり，ガードレールを設置したりして改善策を検討したい．また，今回の解析では，CLT の異方性や防護柵の弾塑性を考慮していないのでそれらを踏まえて，さらに実際のモデルに近づけた解析も検討したい．

#### 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).