CLT 床版橋における CLT 床版と鋼桁の合成挙動

秋田大学大学院　学生会員　加藤　京介
有山 裕亮　正会員　鹿島クレス (株)
大塚 佳愛　JA 共済連秋田
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

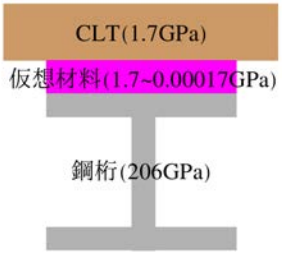
CLT 床版橋は，鋼製 I 桁に CLT 床版を取り付けた橋梁で，秋田県内では既に 3 橋が架設されている． CLT 床版は，ボルトで鋼製 I 桁に連結されており，設計上は非合成ではあるが， CLT 床版部も剛性に寄与していると考えられる．そこで本研究では， CLT 床版と鋼製 I 桁との間に薄い仮想材料を挟み，その剛性を変えることで， 実際の CLT 床版橋に近い連結状態をモデル化し，車両載荷試験の実測値と比較・検討する．

図–1 CLT 床版橋

2. 解析モデルと方法

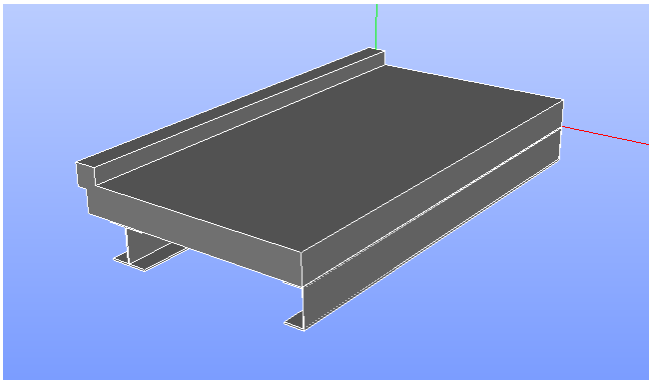
解析対象は，厚さ 230mm，橋長方向 6970mm，幅員方向 3700mm の CLT 床版と桁高 300mm，フランジ幅 300mm の鋼桁 3 本からなる仙北市の CLT 床版橋（以後 1 号橋）モデルと，厚さ 132mm，橋長方向 9986mm，幅員方向 3450mm の CLT 床版と桁高 500mm，幅 200mm の鋼桁 4 本からなる大仙市の CLT 床版橋（以後 2 号橋）モデルとする．

これらの実際の橋梁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，CLT 床版と鋼桁の間に図 2 のような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．CLT 床版は等方性材料とし，橋軸方向が CLT の弱軸方向であることから，弱軸方向の測定値 1.7GPa を，鋼桁のヤング率は 206GPa を用いる．要素は四



図–2 モデルのイメージ図

面体要素による自動メッシュ分割を用いるが，曲げ変形の対称性を考慮し，図-3 のように橋軸方向中央面と幅員方向中央面を対称面とする梁の 1/4 を解析する．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．



図–3 1 号橋の 1/4 解析モデル

キーワード: CLT(直交集成板)，CLT 床版橋, Salome-Meca
連絡先：秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学土木環境工学コース

3. 解析結果

仮想材料のヤング率を CLT 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，$\frac{1}{10000}$ 倍，と小さくしていき，非合成桁の理論値に近づくか調べる．但し，仮想材料が薄すぎると十分に変形できずに CLT と鋼桁間のずれが生じにくくなるため，仮想材料の厚さも 1mm∼3mm まで変えて比較する．

解析結果を**表 1** ∼ **4** に示す．仮想材料厚さについて，1mm の時と 3mm の時の解析結果を示す．表内の E は仮想材料のヤング率，「完全合成」は完全合成桁として計算される理論値，「非合成」は非合成桁として計算される理論値，FEM は，Salome-Meca による解析値である．理論値は，仮想材料の厚みも考慮して断面二次モーメントを計算している．

1 号橋では，FEM 解は仮想材料が CLT と同じヤング率の時，完全合成桁よりもやや固めな結果になっているが，仮想材料を柔らかくするにつれて非合成桁の理論値に近づいている．2 号橋では，FEM 解は仮想材料が CLT と同じヤング率の時でも完全合成桁の理論値よりもやや柔らかめの結果が出ており，1 号橋同様に仮想材料を柔らかくするにつれて非合成桁の理論値に近づいている．仮想材料の厚さを厚くするほど，より柔らかめの結果となり非合成の結果に近づいている． 次に，実際の車両載荷試験の載荷条件を再現し，4 箇所のタイヤ接触面に載荷した時の 1 号橋についての結果を，仮想材料厚さが 3mm の時の結果を同様に**表 5** に示す．FEM の解析値は車両載荷の荷重条件を再現して計算した値である．FEM の結果は完全合成桁の理論値よりもかなり固めに出ており，仮想材料のヤング率を小さくすると完全合成桁に近づいていくが，届くには至っていない．車両載荷試験の実験値も示しているが，実験値は完全合成桁よりもやや固めの値であり，実際のたわみは完全合成桁に近いことがうかがえる．

表–1 たわみ (1 号橋,3 点曲げ, 仮想材料:1mm)

E(GPa)	完全合成 (mm)	非合成 (mm)	FEM(mm)
1.7	3.3810	5.2494	3.1771
0.17	3.3812	5.2494	3.1873
0.017	3.3812	5.2494	3.2489
0.0017	3.3812	5.2494	3.6498
0.00017	3.3812	5.2494	4.6918

表–2 たわみ (1 号橋,3 点曲げ, 仮想材料:3mm)

E(GPa)	完全合成 (mm)	非合成 (mm)	FEM(mm)
1.7	3.3625	5.2494	3.1607
0.17	3.3631	5.2494	3.1844
0.017	3.3631	5.2494	3.3411
0.0017	3.3632	5.2494	4.1150
0.00017	3.3632	5.2494	4.9869

表–3 たわみ (2 号橋,3 点曲げ, 仮想材料:1mm)

E(GPa)	完全合成 (mm)	非合成 (mm)	FEM(mm)
1.7	1.3176	1.6717	1.4187
0.17	1.3176	1.6717	1.4198
0.017	1.3176	1.6717	1.4249
0.0017	1.3176	1.6717	1.4595
0.00017	1.3176	1.6717	1.5947

表–4 たわみ (2 号橋,3 点曲げ, 仮想材料:3mm)

E(GPa)	完全合成 (mm)	非合成 (mm)	FEM(mm)
1.7	1.3139	1.6717	1.4154
0.17	1.3141	1.6717	1.4180
0.017	1.3141	1.6717	1.4308
0.0017	1.3141	1.6717	1.5087
0.00017	1.3141	1.6717	1.6578

表–5 たわみ (1 号橋, 車両載荷, 仮想材料:3mm)

E(GPa)	完全合成 (mm)	非合成 (mm)	FEM(mm)
1.7	6.3717	9.9471	2.9675
0.17	6.3727	9.9471	2.9883
0.017	6.3728	9.9471	3.1318
0.0017	6.3728	9.9471	3.8647
0.00017	6.3729	9.9471	4.7049
実験値			5.2700

4. まとめ

3 点曲げの解析では，仮想材料のヤング率を変化させることで，完全合成桁と非完全合成桁のそれぞれの理論値に近づく結果が得られた．車両載荷試験の再現では，実験値や理論値よりもだいぶ固めの結果が得られた．実験値は完全合成桁の理論値よりも固めに出たものの，比較的完全合成の状態に近いことがうかがえる．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．