

CLT-RC 複合床のクリープ変形に関する研究

学生番号 B151852 氏名 吉岡 祐美
研究室 建築構造力学 指導教員 森 拓郎 准教授

1. はじめに

地球温暖化は建築分野においても切り離せない課題の一つである。木造は他の構造に比べ建設時において CO₂ 排出量が少なく、木材を建築に利用することで、木材中の炭素を長期間貯蓄することにつながり、CO₂ の増加を抑制することが可能になる。そのため、木材利用の幅を広げようとする動きが高まっており、特に木造率が低い中大規模建築への木材利用が進められている。その方法の一つとして木とコンクリートの複合構造の TCC (Timber-Concrete Composite) 床があげられる。TCC 床とは、下スラブや梁を木材、上スラブをコンクリートとし、両者を接合具で一体化した床であり、圧縮力をコンクリート、引張力を木材が負担する合理的な構造である。世界的にも TCC 床の長期性能に関する研究はまだ少なく、実用化するに当たり、長期性能を明らかにする必要がある。本研究では、TCC 床の実大床曲げクリープ試験を実施し、TCC 床の長期性能を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

試験体: 試験体仕様を表 1 に、試験体詳細図を図 1 に示す。

上面は厚さ 90mm の RC、下面は厚さ 150mm の CLT とした。接合具には既往研究¹⁾で高い剛性を示した D24 異形鉄筋に穴あき鋼板を溶接したものを採用している。鋼板の木材側への接合は、木材にスリットを加工し、余長部分に埋め木をした後、そこに接着剤を充填し鋼板を挿入したものである。なお、接合具の配置に関しては既往研究²⁾より高い剛性を示した、端部に集中して 4 つずつ配置したものを採用している。鉄筋は $\phi 6\text{mm}@150\text{mm}$ のメッシュ筋で、接合具の上に配置した。また、コンクリートから木材への水分移動を防ぐために、木部に養生シートを施している。

実験方法: 4 点曲げクリープ実験における加力点を図 2 に示す。試験体の両端の鉄板を介して支持し、加力点も同様に鉄板を介して錘を載荷する。積載荷重の決定については、既往研究である実大曲げ実験²⁾で得られた曲げ強度 144.9kN に、木材のばらつき補正 4/5、長期許容耐力の係数 1.1/3 を乗じることで、42.6kN とした。実験は温湿度管理のない実験室内で、2018 年 4 月 24 日から載荷を開始し、現在も積荷は継続中である。図 1 に示す位置に変位計を取り付け、中央曲げ変形と木部の支点へのめり込み、RC スラブと木部の相対ずれを計測した。なお、中央曲げ変形と

表 1 試験体仕様

木部	材質：スギ CLT (Mx60-5-5) 寸法：幅 1000mm, 長さ 6000mm, 厚さ 150mm 計測ヤング係数：6.94kN/mm ²	
RC 部	呼び強度：21N/mm ² 圧縮強度：30.1N/mm ² (28 日) 寸法：幅 1000mm, 長さ 6000mm, 厚さ 90mm メッシュ筋： $\phi 6\text{mm}, @150$	
接合具	鋼板	材質：SS400 寸法：長さ 500mm, 厚さ 3.2mm
	鉄筋	材質：SD295, 寸法：D24
接着剤	接着系アンカー用エポキシ樹脂 (HIT-RE500)	

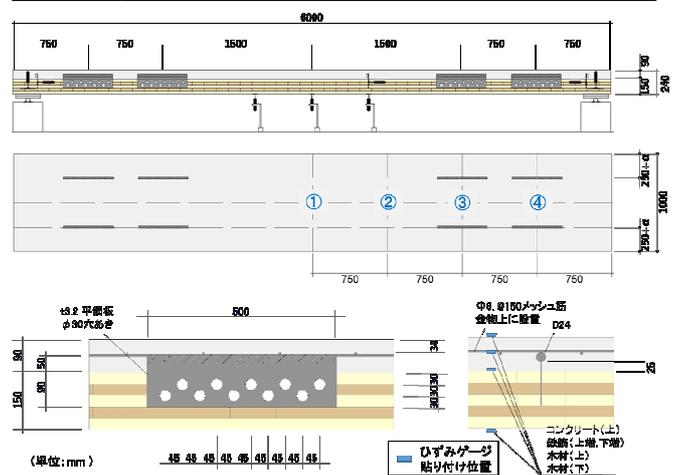


図 1 試験体詳細図

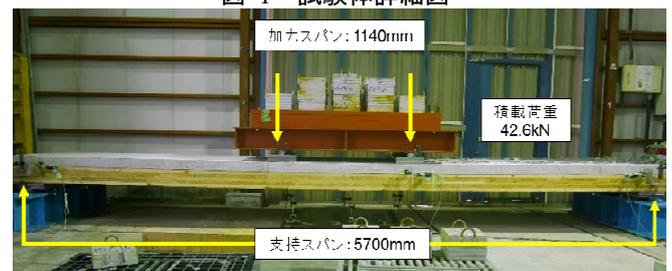


図 2 実験の様子

支点におけるめり込み変形との差を中央たわみ量とし、10 分後の変形を初期変形とした。

3. 結果と考察

中央たわみ: 282 日経過時までの中央たわみのクリープ変形の経過と温湿度を図 3 に示す。ここでは 1 日の中で 12 時の値を代表値として図に示す。また、中央たわみの初期変形は 21.0mm となった。65~75 日経過時の期間にクリープたわみが大きく増加し、その後停滞と進行を繰り返しながら緩やかに変形が伸びている。また、湿度に着目すると、変形が大きく進んだ 65~75 日経過時期では 80% 程度の高

湿状態が続いており、変形が落ち着いた 75 日以降では 50～60%の湿度の停滞期がみられる。その後も湿度の増減とともにクリープたわみも増減するような動きがみられた。**長期たわみの予測：**パワー則³⁾を用いた 50 年後の予測クリープたわみの推移を図 4 に示す。全期間のデータを用いた全パワー則では、50 年後の予測クリープたわみは 168.6mm となり、50 年後の全たわみ量を初期変形で除した変形増大係数は 9.01 となった。これは、RC と木材の一般的な変形増大係数である 16 と 2⁴⁾のほぼ中間の値である。また、既往研究⁵⁾の方法で二次クリープへの切り替え点を 82 日と設定し、82 日以降のデータを用いた二次パワー則によるクリープたわみの予測を行った。その結果、変形増大係数は二次パワー則を用いると 7.44 となった。計測期間が伸びるにつれ変形増大係数は減少する傾向があった。**相対クリープ：**クリープたわみを初期たわみで除した相対クリープを図 5 に示す。本実験の相対クリープは 282 日経過時点で 90%程度であり、既往の研究結果である集成材⁵⁾や CLT⁶⁾の相対クリープと比較すると、かなりクリープたわみが伸びているといえる。しかし、木梁-RC 床⁷⁾の相対クリープは 200 日時点で 130%に達しており、今回の CLT-RC 床はそれよりも低い結果となった。

ひずみ分布：木-RC の一体化について検討するため、図 1 の①～④の位置で計測した 282 日時点のひずみ分布を図 6 に、①のひずみの経日変化を図 7 に示す。木部と RC 境界面でのひずみ分布のずれに関しては、②③はほぼみられず RC と木は一体化しているといえる。しかし、①と④には境界面でのひずみ分布のずれがみられ、特に中央の①は顕著である。①のひずみ分布のずれについては、中央には接合具が入っておらず、他の箇所と比べて十分に一体化できていないことが要因として考えられる。④に関しては、接合具の入っている箇所であるにもかかわらず、木部と RC 境界面でずれが生じており、一番右端の接合具での付着、接着に損傷の可能性が考えられる。

4. まとめ

実大床曲げクリープ試験を実施することにより TCC 床のクリープ性能を評価した。本研究より、クリープたわみは温湿度の影響を受けていることが確認された。また、50 年後のクリープたわみを予測することで、全データを用いた TCC 床の変形増大係数、9.01 を算出した。今後も継続してデータを蓄積することで、変形増大係数の変化や温湿度による影響を観察していく必要がある。

参考文献

- 古澤隼人ほか 5 名：RC 床板と木梁を併用したハイブリッド床システムの開発 その 1 要素せん断実験，日本建築学会大会学術講演
- 古澤隼人ほか 4 名：RC 床板と木梁を併用したハイブリッド床システムの開発 その 3 繰返し試験及び木・鋼板一面せん断試験，日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)，623-624，2017 年 8 月

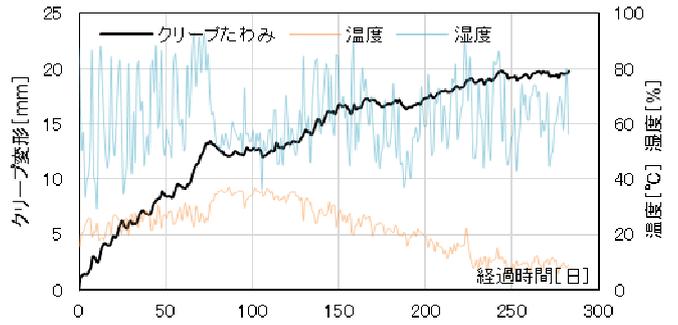


図 3 中央クリープたわみ

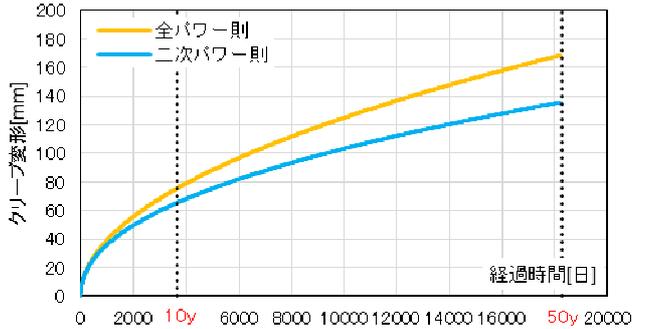


図 4 50 年後のクリープたわみ予測

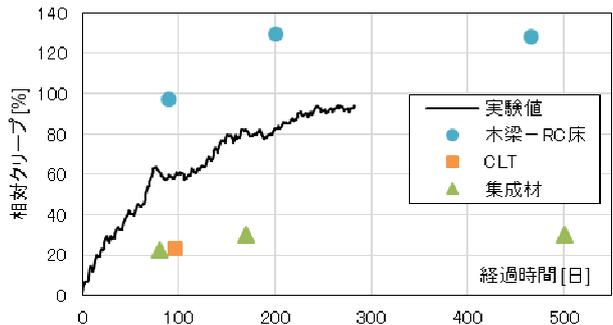


図 5 相対クリープ

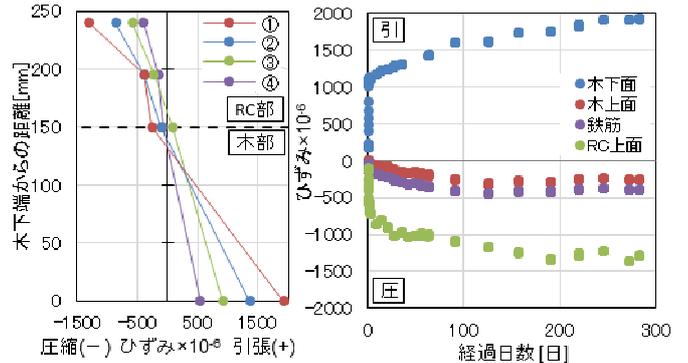


図 6 ひずみ分布

図 7 ひずみの経日変化

- 3) 構造用木材の強度試験マニュアル，公益財団法人日本住宅・木材技術センター，pp283-290，2008.2
- 4) 平成 12 年建設省告示 1459 号「建築物の使用上の支障が起こらないことを確認する方法」
- 5) 高橋茂男ほか 4 名：大気下の集成材はり、接合部、建物のクリープ変形と季節変動，日本建築学会構造系論文集，第 551 号，87-94，2002 年 1 月
- 6) 大橋義徳ほか 2 名：道産カラマツ CLT の曲げクリープ特性 その 1 温湿度変動下のクリープ挙動と荷重条件の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，27-28，2015 年 9 月
- 7) 北村俊夫，五十田博：木はり と RC 床版を組み合わせた合成ばりの鉛直方向の構造性能に関する研究 その 1 曲げ実験とクリープ実験，日本建築学会構造系論文集，第 73 巻，第 624 号，283-290，2008 年 2 月