

CLT パネルと鉄骨を用いたハイブリッド構造システムによる中層都市木造建築の開発 その6 提案する構造システムの環境性能の検討

正会員 ○津田 和輝*1 同 峯岸 新*2 同 高橋 里菜*1
同 Ahmad Ghazi ALJUHMANI *1 同 前田 匡樹*1 同 松本 直之*1
同 後藤 豊*3 同 迫田 丈志*4 同 尾畑 徹*4

CLT(直交集成板) ハイブリッド構造 GHG 排出量
LCA 都市木造建築

1. はじめに

(その1)～(その5)では、中高層建築の木質化を推進するために CLT パネルと鉄骨架構によるハイブリッド構造システム(以下、CLT+S 造)を提案し、構造性能について実験・解析により検討した。本報(その6)では、提案した2種類の CLT+S 造による試設計建物の環境負荷について検討した。類似した構造形式の建物との比較により本システムの位置づけを明確にするため、鉄骨柱梁 CLT 壁型構造では鉄骨造(事務所)と、一方、鉄骨梁 CLT 壁柱型構造では壁式 RC 造(集合住宅)と比較した(表1)。

2 Life Cycle Assessment (LCA)

提案した構造システムと従来構造の環境負荷を定量的に比較するために、建物のライフサイクルで発生する環境負荷を算定する手法である LCA の検討を行った。

2.1 検討対象の建物の設定と LCA における共通条件・システム境界

対象とした4つの建物について、宮城県 CLT 等普及推進協議会では、令和3年度補助事業⁸⁾で、地上4階建ての事務所(延床面積 1,459m²)と集合住宅(延床面積 1,289m²)の試設計を行い、設計図書を作成した。設計する際の共通条件(機能単位)は、同等の構造性能、耐火性能、省エネルギー性能をもつ建物とした。環境負荷計算に算入した部材は、それら3つの性能を確保するために必要な CLT、鋼材(高炉法による製造)、鉄筋コンクリート、石膏ボード、断熱材などの材料である(表2)。設計条件は、仙台市市街地を想定し、防火地域、硬質地盤と設定した。そのため、4つの建物の基礎形式は共通して杭を設けず、布基礎とした。システム境界は、表2に示す材料によって、資材製造、輸送、建設段階で発生する環境負荷とした。

2.2 環境負荷の算出方法

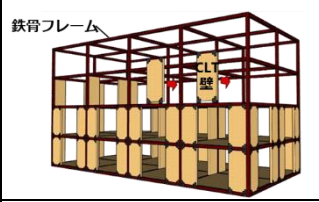
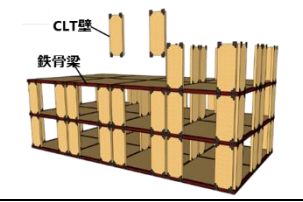



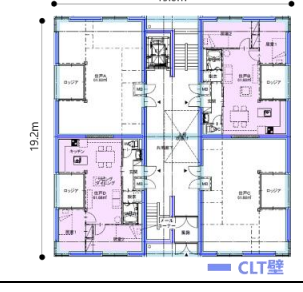
環境負荷の評価指標は温室効果ガス排出量(Green House Gas、GHG 排出量)と炭素貯蔵量とした。

GHG 排出量は、対象の部材の絶対量と単位当たりの GHG 排出量(原単位)の積で求められる(図1)。部材の絶対量は設計図書より、原単位は Nakano ら⁹⁾や産業技術総合

研究所の LCI データベース IDEAv3.1¹⁰⁾より算出した。設計図面のみでは算定しきれない部分、特に建設段階で関わる環境負荷計算では、宮城 CLT 協議会プロジェクトのメンバーである設計事務所・施工会社と十分な協議を持った上で、可能な限り現実に則した仮定を設定した。

炭素貯蔵量は、林野庁の「建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン¹¹⁾」を参考に算出した。

表1 対象とする建物

鉄骨柱梁 CLT 壁型構造	鉄骨梁 CLT 壁柱型構造
	
(a)構造システムのイメージ	
鉄骨造(事務所)	壁式RC造(集合住宅)
(b)比較する構造(建築用途)	
	
(c)建物のイメージ	
	
(d)平面図	

Development of a hybrid CLT walls and steel structural system for promotion of middle rise timber construction in urban area
Part 6: A sustainability assessment of a proposed hybrid structural system

TSUDA Kazuki, MINEGISHI Arata, TAKAHASHI Rina,
Ahmad Ghazi ALJUHMANI, MAEDA Masaki,
MATSUMOTO Naoyuki, GOTO Yutaka,
SAKUTA Joji and OBATA Tetsu

3. 環境性能の算定結果

材料別の GHG 排出量の内訳と炭素貯蔵量を併せた計算結果を図 2 に示す。GHG 排出量（プラス）と炭素貯蔵量（マイナス）を合算した収支は、事務所について CLT+S 造が 391kg-CO₂eq/m²(GHG 排出量 409kg-CO₂eq/m²、炭素貯蔵量 18kg-CO₂eq/m²)、鉄骨造が 440kg-CO₂eq/m² となった。一方、集合住宅は、CLT+S 造が 382kg-CO₂eq/m² (GHG 排出量 565kg-CO₂eq/m²、炭素貯蔵量 183kg-CO₂eq/m²)、RC 造が 278kg-CO₂eq/m² となった。

4. 考察

本検討における CLT+S 造では、事務所、集合住宅ともに鉄骨による環境負荷の割合が最も大きい（事務所 60%、集合住宅 37%）ことがわかる。また、耐火要件について、防火地域を想定した集合住宅では、石膏ボードの環境負荷は鋼材に次ぐ排出量（33%）である。仮に同様の構造形式と平面図で、準防火地域における 3 階建ての設計を想定すると、石膏ボードによる排出量が約 77%削減でき、環境負荷の収支は RC 造よりも優位な結果となった（図 2(b)、準耐火構造）。一方で、事務所では、鉛直荷重を負担しない CLT 耐震壁に耐火性能は求められない。そのため、建物規模と用途地域の条件によって、より高い耐火性能が求められる場合、CLT を地震力のみ負担する耐震壁として設計することで、耐火被覆による環境負荷を減らす方針は、環境負荷の観点からは有効である。

5. まとめ

本項目では、防火地域、地盤が強固という条件の下、提案した CLT+S 造と従来の構造について、環境負荷の比較を行った。その結果、事務所では鉄骨造より CLT+S 造が優位に、集合住宅では CLT+S 造より RC 造が優位となった。この結果は、地盤や防耐火性能などの設計条件で変わり、CLT+S 造が優位な場合とそうでない場合があることがわかった。なお、防耐火性能を持たせることによる環境負荷の増加に関しては、CLT 建築だけではなく、木質構造全体に当てはまることは留意すべきである。

【※謝辞及び参考文献はその 1 にまとめて示した。】

表 2 建物の設計条件
(a) 事務所の共通項目

基本仕様			
項目	CLT+S建築物	鉄骨建築物	備考
建設地	宮城県仙台市		
防火地域	防火地域		
階数	4		
地耐力	200kN/m ²		仙台駅西側
用途	オフィス		
建築面積	427.55m ²		
構造(防耐火)	耐火建築物		
構造躯体			
基礎	鉄筋コンクリート		差は生じない
基礎形式	直接基礎(布基礎)		差は生じない
壁	CLTMx60-3-3(90mm)×2		
大梁	SH-450×200×9×16 (2階)	H-588×300×12×20 (2階)	
床	RCスラブ		差は生じない
1階床	RCスラブ		差は生じない
屋根	RCスラブ		差は生じない
断熱仕様			
-	-		差は生じない
防耐火仕様			
-	-		差は生じない

(b) 集合住宅の共通項目

基本仕様			
項目	CLT+S建築物	壁式RC建築物	備考
建設地	宮城県仙台市		
防火地域	防火地域		
階数	4		
地耐力	200kN/m ²		仙台駅西側
用途	共同住宅		
建築面積	355.6m ²		
構造(防耐火)	耐火建築物		
構造躯体			
基礎	鉄筋コンクリート		
基礎形式	直接基礎(布基礎)		
壁	CLTMx60-3-3(90mm)×2	RC厚 200mm	
大梁	H-340×250×9×14	RC梁 300-350×600	
床	CLTMx60-5-7(210mm)	RC厚 180mm(居室)	
1階床	鉄筋コンクリート		
屋根	CLTMx60-5-7(210mm)	RC厚 180mm	
断熱仕様			
外壁	なし	押出法ポリスチレンフォーム保温板3種 50mm厚	
屋根	押出法ポリスチレンフォーム保温板3種 100mm厚	押出法ポリスチレンフォーム保温板3種 160mm厚	
防耐火仕様			
耐力壁	強化石こうボード 21mm+21mm厚 両面	なし	
非耐力壁	石こうボード 12.5mm厚 両面	なし	
梁	ロックウール 25mm厚	なし	
床	強化石こうボード 21mm+21mm厚 両面	なし	



図 1 GHG 排出量の算出方法

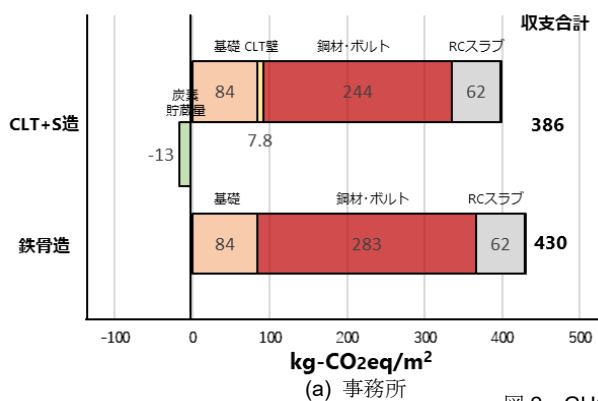
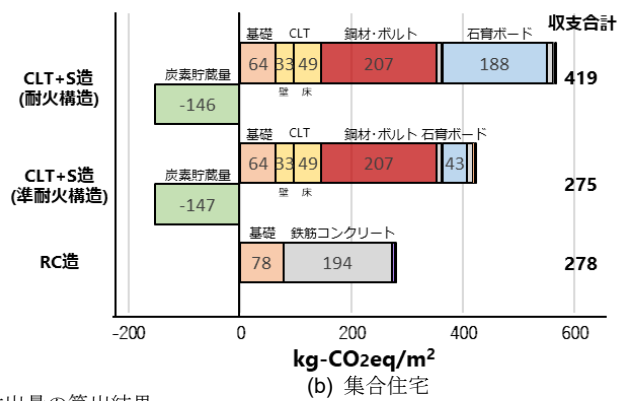


図 2 GHG 排出量の算出結果



*1 東北大学

*2 (株) 竹中工務店 (元東北大学)

*3 チャルマース工科大学 (東北大学客員助教)

*4 (株) 堀江建築工学研究所

*1 Tohoku University

*2 Takenaka Corporation (Former Tohoku University)

*3 Chalmers University of Technology (Visiting Asst. Prof. of Tohoku University)

*4 Horie Engineering and Architectural Research Institute Co., Ltd.