

直交集成板を床版に用いた橋梁の ライフサイクル温室効果ガス排出量

岩瀬 鉄也¹・佐々木 貴信²・橋本 征二³・荒木 昇吾⁴・加用 千裕⁵

¹非会員 東京農工大学大学院 農学府 (〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8)
E-mail: s185867v@st.go.tuat.ac.jp

²正会員 北海道大学教授 大学院農学研究院 (〒060-0808 北海道札幌市北区北 8 条西 5 丁目)
E-mail: tak-sas@for.agr.hokudai.ac.jp

³正会員 立命館大学教授 理工学部環境都市工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)
E-mail: shashimo@fc.ritsumei.ac.jp

⁴正会員 服部エンジニア株式会社 (〒420-0053 静岡県葵区弥勒 2-2-12)
E-mail: s-araki@hattori-eng.co.jp

⁵正会員 東京農工大学准教授 大学院農学研究院 (〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8)
E-mail: kayoc@cc.tuat.ac.jp

近年、直交集成板 (Cross Laminated Timber: CLT) の土木分野への利用が注目されている。本研究では、土木構造物へ CLT を用いた国内初の事例として、秋田県における橋梁の改修への CLT 床版の施工を対象に、ライフサイクル温室効果ガス (GHG) 排出量を評価した。さらに、一般的な鉄筋コンクリート (RC) 床版との比較を行い、GHG 排出削減効果を検討した。その結果、CLT 床版に防水処理を行わず、廃棄後の CLT の燃料利用を行う場合、RC 床版よりもライフサイクル GHG 排出量は少なく、RC 床版を CLT 床版へ代替することにより GHG 排出量を大幅に削減できることが示された。また、CLT 床版に防水処理を行う場合は、維持管理における防水材の再塗布を 20 年間隔で実施できれば、RC 床版との代替によって 25% の GHG 排出削減効果が期待できることが分かった。

Key Words: life cycle assessment, greenhouse gas emissions, bridge, cross laminated timber, waterproof treatment, reinforced concrete

1. 序論

近年、地球温暖化問題への対応や伐採適齢期を迎えた国内人工林の活用といった観点から、木材の有効利用が求められている。木材は鉄鋼等の他材料と比較して材料生産時のエネルギー消費量および温室効果ガス (GHG) 排出量が小さく、地球温暖化の緩和に貢献するとされている。しかし、これまでの主たる利用先であった住宅建築用材の需要は現在横ばいの状況にあり、住宅着工数は少子高齢化や世帯数の減少によって、今後低下する見込みである。そのような中、住宅以外の木材利用先として、土木構造物への利用が推進されている^{1,2)}。

日本における代表的な土木構造物のひとつとして橋梁がある。国内には橋梁が約 73 万橋あり、そのほとんどが鋼橋やコンクリート橋である。この内、地方公共団体が管理する橋梁は約 66 万橋と、9 割以上を占めている。ま

た、2018 年時点で建設後 50 年を経過した橋梁の割合は約 25% であるが、10 年後には約 50% に急増すると見込まれており³⁾、改修や更新が必要となる。

このような中、近年普及が進んでいる新しい木質材料である直交集成板 (Cross Laminated Timber: CLT) の橋梁への利用が注目されている。CLT は挽き板を繊維方向が直交するように積層接着した木質材料であり、厚みのある大きい板を製造できることや単位体積重量がコンクリートの 1/6~1/4 程度と軽量であること等の特徴がある。そのため、老朽化した橋梁の床版の改修に、大きさと軽さを兼ね備えた CLT を用いることにより、橋桁や橋台の補強を行わず改修できる可能性がある⁴⁾。これにより、主な橋梁管理者である地方公共団体の経済的負担の軽減や GHG 排出量の削減が期待できる。

しかし、CLT に関わる GHG 排出量について、建築物への利用を対象とした先行研究^{5,6)}はあるが、橋梁を含む

土木構造物への利用を対象とした研究事例はこれまで報告されておらず、実態は明らかになっていない。また、製材・集成材を利用した木橋における GHG 排出量の評価を行った先行研究⁷⁾は報告されているが、CLT のような新しい木質材料を活用した橋梁の検討はまだ行われていない。

そこで、本研究では、日本において初めて土木構造物に CLT を活用した事例として、秋田県における CLT 床版を用いた農道橋の改修を対象として、ライフサイクルアセスメント (LCA) による GHG 排出量の評価を行った。その際、CLT 床版の課題として挙げられる腐朽への対策にも着目し、防水処理を考慮することとした。さらに、一般的な床版材料である鉄筋コンクリート (RC) との比較により、CLT の橋梁への利用による GHG 排出削減の可能性を検討した。

2. 方法

(1) 対象とした農道橋

評価対象とした農道橋は秋田県大仙市に位置しており、橋梁管理者は秋田県である。1990 年に架設された橋長 10m, 有効幅員 3.3m の橋梁であり、改修前は橋桁の形鋼 4 主桁の上に、床版としてクリの角材を橋軸直角方向に並べたつくりであった。架設後 25 年以上が経過して床版の腐朽が進行し、床版補修の必要があったため、CLT を用いた床版への取替による橋梁補修工事が 2018 年 3 月に行われた。なお、橋桁と橋台は改修前の構造が維持されており、改修は床版とその上の舗装のみとされている⁴⁾。改修後の農道橋を図-1 に示した。

農道橋の CLT 床版の側面図と平面図を図-2 に示した。本橋の通行車の最大重量から設計荷重を 40 kN として CLT 床版を設計した結果、面積は 1990 mm×3450 mm、厚さは 120 mm の床版を 5 枚敷き並べる構成となった。また、防水処理のために、CLT 床版にポリマーセメント系の防水材 (2mm 厚) と表面保護材を塗布した。幅員の両端に設置された地覆木も CLT で製作し、同様の防水材と表面保護材を塗布した。CLT 床版の設置前に床版を支持させる補助横構 4 本を主桁上面に現場溶接し、床版側面に取り付けた金具を介して連結させ、床版を固定した。このとき、補助横構の隙間に硬質ゴムのスペーサーを敷設することで調整した⁴⁾。また、床版の上面は再生密粒度アスファルト混合物 (50 mm 厚) によって舗装した。

一方、CLT 床版の比較対象とした RC 床版については、機能単位を統一するために、CLT 床版と同様の設計荷重を設定した構造計算を行った。その結果から、RC 床版の厚さは 160 mm とした。CLT 床版と同様に、橋桁と橋台の補強は行わず、RC 床版の上面へ再生アスファルト舗



図-1 改修後の農道橋

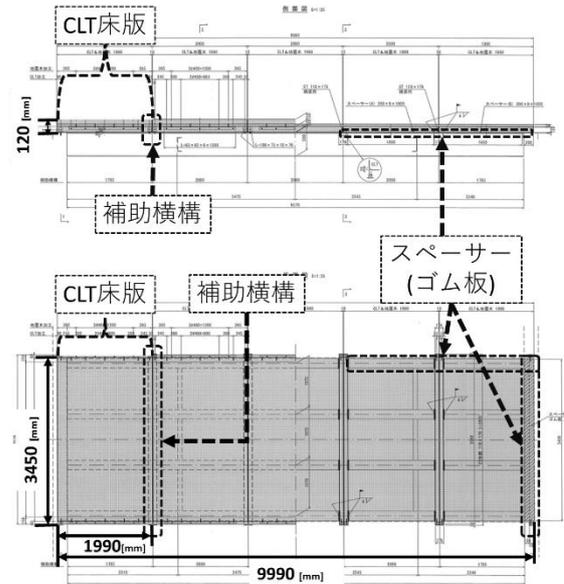


図-2 CLT 床版の側面図 (上) と平面図 (下)

装を想定した。

(2) LCA による GHG 排出量の評価

LCA とは、調査対象のライフサイクルにおいて、投入される資源・エネルギー、排出される環境負荷等を計量し、それらの環境影響を定量的に評価する手法である。LCA は ISO 14040 シリーズにおいて一般的な手順が定められており、「目的と調査範囲の設定」、「ライフサイクルインベントリ分析」、「ライフサイクル影響評価」、「ライフサイクル解釈」の 4 つのフェーズがあり、それぞれのフェーズを相互に反復しながら評価を行う。本研究では、この LCA 手法を用いてライフサイクルにおける GHG 排出量を評価した。

評価期間は 50 年とし、評価対象としたライフサイクル過程は、農道橋の改修に伴う材料製造、材料輸送、施工、維持管理、廃棄・再利用の各過程とした。改修の対象とならなかった橋桁・橋台における維持管理、廃棄・再利用過程は対象外とした。CLT 床版については、防水処理ありとなしの 2 つのケースを検討することとし、評価対象範囲を図-3 と図-4 にそれぞれ示した。また、比較対象の RC 床版の評価対象範囲を図-5 に示した。各ライ

フサイクル過程における化石燃料消費由来のGHG (CO₂, CH₄, N₂O) 排出量を対象とし、木材の炭素貯蔵については考慮しなかった。また、木材の燃焼により発生するCO₂は、カーボンニュートラルの考え方を適用し、本稿では評価対象外としたが、CH₄とN₂Oは評価対象に含めることとした。各GHGは地球温暖化係数100年値を用いてCO₂換算した。

化石燃料消費由来のGHG排出量の評価にあたり、各材料および燃料の使用量はフォアグラウンドデータとして現地調査、設計・施工業者への聞き取り調査、設計見積書の入手等によって収集し、表-1に示した。各材料・燃料使用によるGHG排出量原単位はバックグラウンドデータとしてLCIデータベースIDEAv2.1.3⁸⁾を用いることとし、表-2に示した。なお、CLT製造業者への聞き取り調査により、CLTの生産に伴う燃料消費量・GHG排出量は集成材とほぼ同様との見解を得たことから、IDEAv2.1.3において集成材のデータを用いることとした。

材料輸送過程において、CLTに関する輸送距離は把握できたが、その他の材料は把握が困難であった。特に比較対象のRC床版は設計のみに基づく材料試算であるため、各材料の輸送距離を仮定する必要がある。このような制約下においては、全ての材料に同一の輸送条件を仮定することが最も公平な評価になり得ると判断し、その他の材料はCLTと同一の輸送距離と仮定した。また、輸送手段は10tトラック車とした。

維持管理過程として、CLT床版の防水処理ありのケースでは15年ごとに防水材・表面保護材の再塗布を行い、防水処理なしのケースでは15年ごとにCLT床版およびスペーサー(ゴム板)を新規に更新することを想定した。一方、補助構構は両ケースともに更新をしないこととした。なお、防水処理ありのケースの再塗布時期は設計・施工業者への聞き取り調査から、防水処理なしのケースの更新時期は木橋の法定耐用年数から情報を得た。一方、RC床版については、25年ごとにひび割れ注入を行うこととし、エポキシ樹脂系の注入材・シーリング材を用いるものとした。注入時期や注入材の種類は設計業者への聞き取り調査により設定した。また、アスファルト舗装は上述の維持管理ごとに張り替えることとした。

廃棄・再利用過程において、全ての材料は施工から50年経過した時点で廃棄・再利用することとした。ただし、本過程には上述の維持管理過程において交換された材料の廃棄・再利用も含まれる。廃棄後の床版と地覆木のCLTはチップ加工後のチップボイラー(熱効率率77.5%⁹⁾)による燃料利用によってA重油ボイラー(熱効率率88.5%⁹⁾)を代替することとした。なお、CLTは表面にポリマーセメント系の防水材・表面保護材が塗布されているが、燃料用途の木質チップ(Dチップ)の品質基準¹⁰⁾を満たしており、燃料利用に問題はないと考えられる。廃棄後の

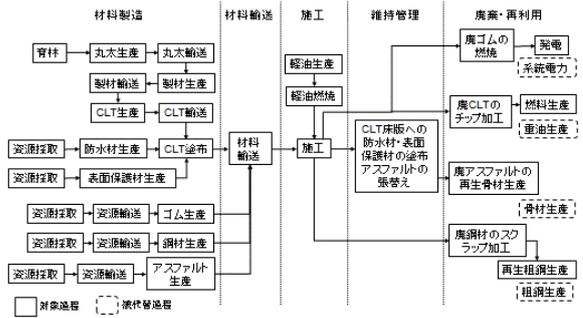


図-3 CLT床版(防水処理あり)の評価対象範囲

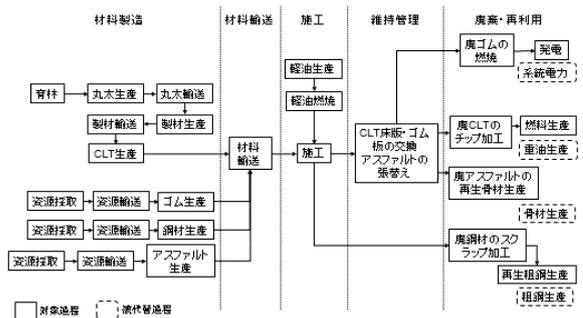


図-4 CLT床版(防水処理なし)の評価対象範囲

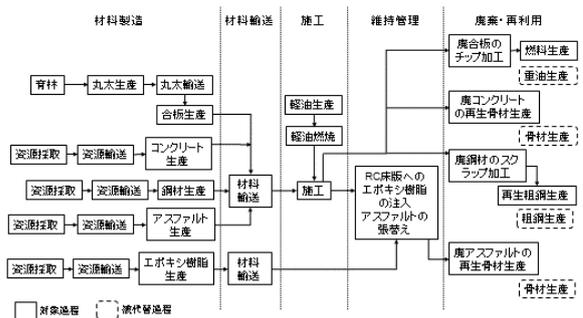


図-5 RC床版の評価対象範囲

補助構構等の鋼材は再生粗鋼の生産(鉄スクラップ加工後、電炉法による粗鋼生産(歩留まり90%¹¹⁾)によって鉄鉱石から生産される新規粗鋼(転炉法による粗鋼生産)を代替することとした。スペーサーのゴムについては焼却処理の燃焼による発電(発電効率率19%¹²⁾)によって系統電力(東北電力)を代替することとした。廃棄後のRC床版については、コンクリート部分は再生骨材の生産(歩留まり100%¹³⁾)によって新規骨材の生産を代替することとし、鉄筋部分は再生粗鋼の生産(歩留まり90%¹¹⁾)による新規粗鋼の代替を仮定した。また、アスファルト舗装は再生骨材の生産(歩留まり100%¹³⁾)によって新規骨材の生産を代替することとした。これらの廃棄・再利用過程におけるGHG排出量・削減量は先行研究¹³⁻¹⁶⁾と同様の方法によって評価した。

表-1 各ライフサイクル過程における材料・燃料使用量および廃棄物発生量

ライフサイクル過程		単位	CLT床版(防水処理あり)	CLT床版(防水処理なし)	RC床版	
材料製造	木質材料	CLT(床版)	m ³	3.93	3.93	-
		CLT(地覆木)	m ³	0.45	0.45	-
		合板(コンクリート型枠)	m ³	-	-	0.53
	コンクリート	生コンクリート	m ³	-	-	6.51
	鋼材	鉄筋	kg	-	-	1358.94
		補助横構	kg	293.76	293.76	-
		支持金具	kg	106.85	106.85	-
		ラグスクリュー	kg	6.14	6.14	-
		接合ボルト	kg	3.23	3.23	-
		後施工アンカー	kg	0.12	0.12	-
		ゴム	硬質ゴム	kg	83.52	83.52
	防水処理	防水材(主剤)	kg	145.67	-	-
		防水材(混和材)	kg	97.11	-	-
		表面保護材	kg	12.44	-	-
アスファルト	再生アスファルト混合物	kg	3877.50	3877.50	3877.50	
材料輸送	材料製造現場～施工現場	km	93.50	93.50	93.50	
施工	軽油(重機使用)	L	18.80	18.80	15.00	
維持管理	15・30・45年目	防水材(主剤)(3回塗布)	kg	437.00	-	-
		防水材(混和材)(3回塗布)	kg	291.33	-	-
		表面保護材(3回塗布)	kg	37.33	-	-
		CLT(床版)(3回製造)	m ³	-	11.80	-
		CLT(地覆木)(3回製造)	m ³	-	1.34	-
		硬質ゴム(3回製造)	kg	-	250.55	-
		再生アスファルト混合物(3回製造)	kg	11632.50	11632.50	-
	材料製造現場～施工現場(3回輸送)	km	280.50	280.50	-	
	軽油(重機使用)(3回施工)	L	-	56.40	-	
	25年目	ひび割れ注入材(エポキシ樹脂)	kg	-	-	2.10
		ひび割れシール材(エポキシ樹脂)	kg	-	-	1.20
		再生アスファルト混合物	kg	-	-	3877.50
	材料製造現場～施工現場	km	-	-	93.50	
	廃棄・再利用	廃木材(CLT・合板)	m ³	4.38	17.52	0.53
軽油(チップ加工)		L	6.57	26.28	0.79	
廃コンクリート		m ³	-	-	6.51	
廃鋼材		kg	410.10	410.10	1358.94	
廃ゴム		kg	83.52	334.06	-	
廃アスファルト		kg	15510.00	15510.00	7755.00	

表-2 使用材料・燃料のGHG排出量原単位(単位: kg-CO₂eq/各単位)⁸⁾

材料・燃料名	単位	GHG排出量	材料・燃料名	単位	GHG排出量
CLT(集成材)	m ³	233.647	再生アスファルト混合物(山砂, 骨材用)	kg	0.002
合板(普通合板)	m ³	252.074	軽油	L	0.354
生コンクリート	m ³	281.625	軽油の燃焼エネルギー	MJ	0.078
鉄筋(普通鋼棒鋼)	kg	0.978	A重油	L	0.427
補助横構, 支持金具(溶融亜鉛めっき鋼板)	kg	2.690	A重油の燃焼エネルギー	MJ	0.080
ラグスクリュー, 接合ボルト, 後施工アンカー(ボルト・ナット)	kg	2.349	C重油	L	0.399
硬質ゴム(合成ゴム)	kg	5.184	C重油の燃焼エネルギー	MJ	0.081
防水材(エチレン, ナフサ分解)	kg	1.483	系統電力(電力, 東北電力)	kWh	0.598
防水材(酢酸ビニルモノマー)	kg	2.424	トラック輸送(トラック輸送, 10トン車)	tkm	0.161
防水材(けい酸カルシウム保温材)	m ³	309.494	ひび割れ注入材, シール材(エポキシ樹脂)	kg	5.984
防水材(けい砂)	kg	0.015	廃木材の燃焼エネルギー	MJ	0.002
防水材(砂鉄)	kg	0.006	再生粗鋼(鉄スクラップ加工)	kg	0.018
防水材, 表面保護材(工業用水道)	m ³	0.149	再生粗鋼(粗鋼(電炉法))	kg	0.646
表面保護材(アクリル酸メチル)	kg	3.166	新規粗鋼(粗鋼(転炉法))	kg	1.831
表面保護材(滑石)	kg	0.033	再生骨材(再生骨材(路盤材用))	kg	0.004
表面保護材(シリカゲル)	kg	1.665	新規骨材(碎石)	kg	0.011
表面保護材(軽質炭酸カルシウム)	kg	0.875	廃ゴムの燃焼エネルギー(廃プラの燃焼エネルギー)	MJ	0.087
再生アスファルト混合物(アスファルト)	kg	0.283			

※()内はIDEAv2.1.3の製品名

表-3 評価期間 50 年におけるライフサイクル GHG 排出量の評価結果 (単位: kg-CO₂eq, +値: 排出, -値: 削減)

ライフサイクル過程	CLT床版(防水処理あり)	CLT床版(防水処理なし)	RC床版
材料製造(木質)	1024	1024	133
材料製造(コンクリート)	-	-	1832
材料製造(鋼材)	1100	1100	1329
材料製造(ゴム)	433	433	-
材料製造(防水処理)	240	-	-
材料製造(アスファルト)	186	186	186
材料輸送	87	87	312
施工	61	61	49
維持管理(15年目)	488	1723	-
維持管理(25年目)	-	-	264
維持管理(30年目)	488	1723	-
維持管理(45年目)	488	1723	-
材料製造～維持管理のGHG排出量の合計	4594	8059	4106
廃棄・再利用(木質)	-2027	-8109	-245
廃棄・再利用(コンクリート)	-	-	-101
廃棄・再利用(鋼材)	-430	-430	-1424
廃棄・再利用(ゴム)	136	543	-
廃棄・再利用(アスファルト)	-102	-102	-51
廃棄・再利用のGHG削減量の合計	-2424	-8099	-1821
正味のGHG排出量	2170	-39	2285

表-4 評価期間 50 年における正味の GHG 排出量の感度分析結果 (単位: kg-CO₂eq, +値: 排出, -値: 削減)

	現状	防水処理 15%増	防水処理 15%減	維持管理 5年短縮	維持管理 5年延長	チップボイラー 効率10%増	チップボイラー 効率10%減
CLT床版(防水処理あり)	2170	2314	2026	2632	1708	1899	2441
CLT床版(防水処理なし)	-39	-	-	-233	155	-1124	1046
RC床版	2285	-	-	2523	2285	2252	2317

3. 結果および考察

(1) CLT 床版における防水処理の有無の比較

評価期間 50 年におけるライフサイクル GHG 排出量の評価結果を表-3 に示した。

防水処理の有無による GHG 排出量を比較すると、料製造過程から維持管理過程までの GHG 排出量は防水処理ありのケース (4594 kg-CO₂eq) が防水処理なしのケース (8059 kg-CO₂eq) の約 6 割に留まり小さかった。すなわち、防水処理ありのケースでは、防水材・表面保護材の生産・塗布を繰り返すことに伴う排出があるが、防水処理なしのケースでは、CLT 床版の更新に伴い、関連する材料・燃料の新規生産を繰り返すことによる排出が生じ、前者の方が後者よりも排出量は小さい結果となった。なお、防水処理の有無に関わらず、材料製造過程において、鋼材と CLT 由来の排出量の割合が大きく、材料製造過程の排出量の約 7～8 割を占めた。

一方、廃棄・再利用過程に着目すると、防水処理なしのケースの削減量 (8099 kg-CO₂eq) は防水処理ありのケース (2424 kg-CO₂eq) の約 3 倍大きく、特に床版の更新に伴って発生する廃 CLT の燃料利用による重油代替の効果が大きかった。このため、排出量から削減量を差し

引いた正味の排出量は、防水処理ありのケースでは 2170 kg-CO₂eq、防水処理なしのケースでは -39 kg-CO₂eq となり、後者の方が小さくなることが分かった。このことから、防水処理は維持管理における GHG 排出削減に効果があるが、廃棄・再利用を考慮すると、防水処理をしない方が GHG 排出抑制に効果があると考えられる。

(2) CLT 床版および RC 床版の比較

CLT 床版と比較対象である RC 床版の GHG 排出量を比較すると、RC 床版における材料製造過程から維持管理過程までの排出量 (4106 kg-CO₂eq) は CLT 床版よりも小さくなり、防水処理ありのケースの約 9 割、防水処理なしのケースの約 5 割であった。材料製造過程において、RC 床版では鉄筋コンクリートの材料であるコンクリート・鋼材由来の排出が 9 割以上で大半を占めていた。特に鋼材に注目すると、CLT 床版での使用量は 410 kg なのに対し、RC 床版では 1359 kg と 3 倍以上大きい。鋼材の生産による GHG 排出量は 2 割程度しか差が無かった。CLT 床版では、補助横構や支持金具といった鋼材に亜鉛めっき鋼板が用いられており、それを生産する際の GHG 排出量原単位が大きいことが影響したと考えられる。また、維持管理過程において、RC 床版の GHG 排出量は

CLT 床版と比較して大幅に少なかった。RC 床版の維持管理は CLT 床版のように 15 年間隔で交換や防水材塗布を行わず、25 年間隔でひび割れ注入を行うのみであることが寄与していた。

さらに、廃棄・再利用過程に着目すると、CLT 床版由来の廃木材の燃料代替と比較して、RC 床版由来の廃コンクリートの材料代替による GHG 削減量は少なかった。一方、RC 床版による廃鋼材の材料代替による削減量は大きかったが、RC 床版における排出量から削減量を差し引いた正味の排出量は 2285 kg-CO₂eq となった。このことから、RC 床版を CLT 床版に代替する場合、防水処理ありのケースはほとんど GHG 排出削減が見込めない可能性が高い。一方、防水処理なしのケースでは大幅な排出削減が期待できると考えられ、RC 床版の排出量の 100%以上を削減できる可能性がある。ただし、これには廃 CLT による燃料代替が必須となる。

(3) 感度分析

本研究では、主に聞き取り調査や設計見積書の入手によってデータを収集したため、評価結果にはデータや設定条件の不確実性が含まれている。そこで、不確実性が大きいと考えられる項目について感度分析を行い、結果への影響を考察することとした。防水処理における防水材・表面保護材の使用量あるいはその生産による GHG 排出量原単位が現状よりも 15%増加（防水処理 15%増）あるいは 15%減少（防水処理 15%減）する場合、維持管理における CLT 床版の更新、防水材・表面保護材の再塗布、RC 床版のひび割れ注入の時期を現状よりも 5 年短縮（維持管理 5 年短縮）あるいは 5 年延長（維持管理 5 年延長）する場合、廃棄・再利用における廃木材のチップボイラーの熱効率が現状（77.5%）よりも 10%増加（チップボイラー効率 10%増）あるいは 10%減少（チップボイラー効率 10%減）する場合を検討することとした。ここで、防水処理および維持管理の各変動値（15%・5 年）は CLT 床版と RC 床版における正味の GHG 排出量の大小関係が逆転する境界を踏まえて設定した。チップボイラー効率の変動値（10%）は代替対象の A 重油ボイラーの効率水準（88.5%）を想定した。

感度分析の結果を表-4 に示した。CLT 床版の防水処理ありのケースでは、防水処理由来の排出量が 15%増加すると、RC 床版よりも正味の GHG 排出量が大きくなった。より詳細には、13%以上増加すると、RC 床版の排出量と逆転することが分かった。一方、維持管理時期を 5 年延長し、CLT 床版の防水材の再塗布を 20 年間隔で実施できれば、防水処理ありのケースにおける正味の GHG 排出量は大きく減少することが確認された。この場合、RC 床版の正味の排出量の 75%に留まり、RC 床版を代替することによる削減効果が期待できる。また、チップボ

イラー効率の変化も結果に大きく影響することが確認された。特に、CLT 床版の防水処理ありのケースでは、効率の 10%増減によって正味の排出量の大小関係が RC 床版と逆転することが分かった。

4. まとめ

本研究では、土木構造物へ CLT を用いた国内初の事例として、秋田県における橋梁の改修への CLT 床版の施工を対象に、ライフサイクルにおける GHG 排出量を評価した。さらに、CLT 床版への防水処理の有無や一般的な RC 床版との比較を行い、CLT 床版を施工した際の GHG 排出削減効果の検討を行った。その結果、主に以下の知見が得られた。

1. CLT 床版において、評価期間 50 年における材料製造から維持管理までの GHG 排出量は、防水処理を行う場合の方が行わない場合よりも小さくなる。しかし、廃棄・再利用を考慮したライフサイクル GHG 排出量は、防水処理を行わない場合の方が大幅に小さく、廃 CLT の燃料利用によって GHG 削減量が排出量を上回る。
2. CLT 床版の防水処理を行わない場合は、RC 床版を代替することによってライフサイクル GHG 排出量が 100%以上削減できる。ただし、廃棄後の CLT の燃料利用が必須である。
3. CLT 床版の防水処理を行う場合は、防水材の再塗布を 20 年間隔で実施できれば、RC 床版との代替によって 25%の排出削減効果が期待できる。

CLT 床版の LCA 事例は、まだ本研究のみに留まっており、より信頼性の高い知見を得ていくためには、今後更なる研究事例の蓄積が不可欠である。

謝辞: 本研究を行うにあたり、対象とした農道橋の設計・施工業者、CLT 床版の製造業者の関係各位に関連データのご提供および多大なご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。本研究は JSPS 科研費 16K21023 の支援により行われました。

参考文献

- 1) 林野庁: 平成 25~29 年度林業白書, 2014-2018.
- 2) 森林総合研究所: 改訂 森林・林業・木材産業の将来予測, pp.15-18, 2012.
- 3) 国土交通省: 道路メンテナンス年報, pp.28-29, 2018.
- 4) 佐々木貴信: 軽さを活かした木質新素材の可能性 =CLT(直交集成板)を橋梁床版に=, 建設機械, Vol.54, No.11, pp.28-33, 2018.
- 5) Liu Y. and Guo H.: Assessing cross laminated timber (CLT) as an alternative material for mid-rise residential buildings in cold regions in China—A life-cycle assessment approach

- Sustainability*, Vol.8, No.10, 1047. 2016.
- 6) Skullestad J. L. and Bohne R. A.: High-rise timber buildings as a climate change mitigation measure - A comparative LCA of structural system alternatives. *Energy Procedia*, Vol.96, pp.112-123, 2016.
 - 7) 橋本征二, 広池秀人, 山中勇司, 貫上佳則, 各田邦夫, 今村祐嗣, 小松幸平, 川井秀一: 防腐処理木材のライフサイクルアセスメント ~木橋のケーススタディー~, 土木学会論文集, No.755, pp.45-56, 2004.
 - 8) 産業技術総合研究所, 産業環境管理協会: LCI データベース IDEAv2.1.3, 2017.
 - 9) 森のエネルギー研究所: 木質バイオマスボイラー導入指針, 2012.
 - 10) 全国木材資源リサイクル協会連合会: 木質リサイクルチップの品質規格について, 2010.
 - 11) 日本鉄鋼連盟: 鉄鋼製品のリサイクル特性を反映した LCI 計算手法, 2015.
 - 12) プラスチック循環利用協会: プラスチックリサイクルの基礎知識, 2018.
 - 13) 野田龍, 加用千裕, 山内仁人, 柴田直明: 長野県における木製遮音壁のライフサイクル GHG 排出量, 木材学会誌, Vol.63, No.1, pp.41-53, 2017.
 - 14) 野田龍, 町田初男, 加用千裕: 群馬県における木製遮音壁のライフサイクル GHG 排出量, 木材利用研究論文報告集, Vol.16, pp.23-30, 2017.
 - 15) 加用千裕, 野田龍, 山内仁人, 柴田直明: 木材および森林の炭素貯蔵量を考慮した木製遮音壁の温室効果ガス収支, 木材利用研究論文報告集, Vol.16, pp.31-38, 2017.
 - 16) 中野加都子, 三浦浩之, 和田安彦: 廃アスファルトコンクリートの再資源化による環境インパクト低減化の評価, 土木学会論文集, No.559, pp.81-89, 1997.

(Received August 31, 2019)
(Accepted November 11, 2019)

LIFE CYCLE GREENHOUSE GAS EMISSIONS OF BRIDGE USING CROSS LAMINATED TIMBER FLOOR SLABS

Tetsuya IWASE, Takanobu SASAKI, Seiji HASHIMOTO, Shogo ARAKI and Chihiro
KAYO

Cross laminated timber (CLT) has recently begun to attract attention as a material for use in civil engineering. In this research, a life cycle assessment of greenhouse gas (GHG) emissions was conducted for the renovation of a bridge in Akita Prefecture that was the first structure constructed in Japan using CLT floor slabs. Reductions in GHG emissions from CLT floor slabs compared to the commonly used reinforced concrete (RC) floor slabs were evaluated. The results showed that the life cycle GHG emissions of the CLT floor slabs were drastically lower than those of RC floor slabs. This suggests that replacing RC floor slabs with CLT floor slabs could reduce GHG emissions.