

令和3年度 木材製品の消費拡大対策のうち

CLT建築実証支援事業のうちCLT等木質建築部材技術開発・普及事業

非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集
事業報告書

令和5年2月

一般社団法人 日本CLT協会

目次

第1章 事業内容.....	1
1.1 事業の目的	1
1.2 実施体制	1
1.3 委員名簿	2
1.4 実施スケジュール	3
第2章 非等厚ラミナで構成された CLT の製造に関する検討事項.....	1
2.1 日本農林規格及び国土交通省告示に定められるラミナ厚さ及びラミナ厚さの構成.....	1
2.2 薄いラミナ、厚いラミナを用いた CLT の製造における検討事項.....	1
2.2.1 CLT 製造者へのヒアリング	1
2.3 まとめ	3
第3章 異なる厚さのラミナを使用した CLT の製造試験	1
3.1 試験項目の検討	1
3.1.1 既往の研究.....	1
3.1.2 CLT 試験体の検討.....	1
3.2 製造試験	3
3.2.1 目的	3
3.2.2 CLT の製造試験	3
3.3 まとめ	9

添付資料

- ・ 第1回非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集検討委員会議事録
- ・ 第2回非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集検討委員会議事録
- ・ 第3回非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集検討委員会議事録
- ・ 欧州における非等厚 CLT の動向

第1章 事業内容

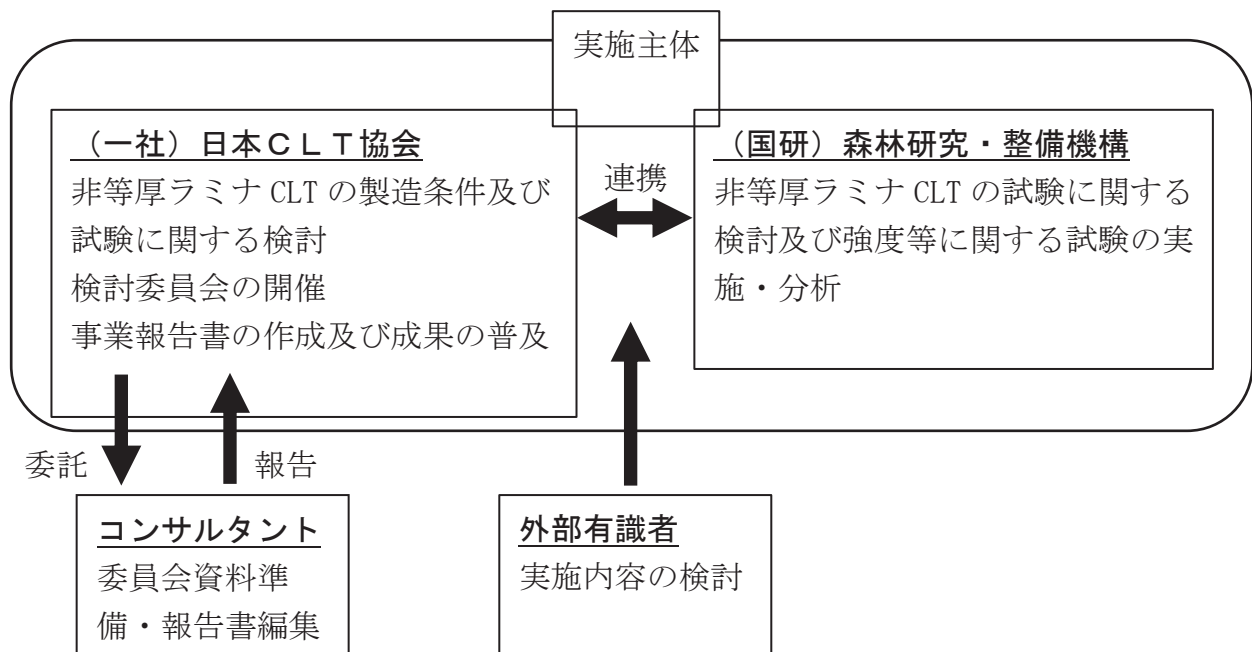
1.1 事業の目的

現在、「JAS3079 直交集成板の日本農林規格」(以下、JAS3079 とする)においては、直交集成板 (CLT) を構成する各ラミナの厚さは等厚であることとされている。一方、CLT 製造時の原料の歩留まり向上や CLT を用いた建築物の設計の自由度向上を図るために、強軸方向の強度性能を効率的に向上させることができる異なる厚さ (非等厚) のラミナで構成された CLT (以下、非等厚ラミナ CLT とする) の開発を推進する必要がある。本課題では、非等厚ラミナ CLT の JAS3079 への反映を念頭に、事業を実施した。

1.2 実施体制

(一社) 日本 CLT 協会を代表者とし、(国研) 森林研究・整備機構との共同で事業を実施する。業務分担は以下のとおりとする。

事業内容	(一社)日本CLT協会	(国研)森林研究・整備機構
事業の進行管理	○	
検討委員会の開催・運営	○	
製造試験の実施	○	
強度試験の実施		○
成果報告書のとりまとめ	○	



1.3 委員名簿

非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集検討委員会

委員長	安村 基	静岡大学名誉教授
委員	河合 直人	工学院大学建築学部建築学科教授
	青木 謙治	東京大学大学院農学生命科学研究科准教授
	槌本 敬大	(国研) 建築研究所上席研究員
	尾方 伸次	(公財) 日本合板検査会専務理事
	神谷 文夫	セイホク (株) 技師長
	荒木 康弘	国土技術政策総合研究所主任研究官
	秋山 信彦	国土技術政策総合研究所主任研究官
オブザーバー		
	納富 昭光	国土交通省住宅局参事官 (建築企画担当) 付
	川原 聡	農林水産省新事業・食品産業部食品製造課基準認証室
	日向 潔美	林野庁木材産業課木材製品技術室
	巻田 和丈	林野庁木材産業課木材製品技術室
	高木 望	林野庁木材産業課木材製品技術室
	山内 一浩	(独) 農林水産消費安全技術センター
	平原 章雄	木構造振興 (株) 常務取締役
事務局		
	坂部 芳平	一般社団法人日本 CLT 協会 専務理事
	安東 真吾	一般社団法人日本 CLT 協会 事務局長
	西妻 博康	一般社団法人日本 CLT 協会 総務企画部
	谷口 翼	一般社団法人日本 CLT 協会 開発技術部
森林総合研究所担当者		
	平松 靖	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	渋沢 龍也	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター
	原田 真樹	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	宮本 康太	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	宮武 敦	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	新藤 健太	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	大木 文明	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	中川 美幸	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	井道 裕史	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用研究領域
	加藤 英雄	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用研究領域
	小島 瑛里奈	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用研究領域
	長尾 博文	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用研究領域
	宇京 斉一郎	(国研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用研究領域

1.4 実施スケジュール

7月

第1回 検討委員会開催 事業実施計画の検討

7～11月

製造試験体の作成

11月

第2回 検討委員会開催 報告、相談、検討課題の継続

11～2月

強度試験の実施、試験結果の検討

1月

第3回 検討委員会開催 結果のとりまとめ、成果報告書の作成

第2章 非等厚ラミナで構成された CLT の製造に関する検討事項

2.1 日本農林規格及び国土交通省告示に定められるラミナ厚さ及びラミナ厚さの構成

直交集成板の日本農林規格（JAS3079:2019）、および国土交通省告示において定められるラミナ厚さ、およびラミナ厚さの構成を表 2-1-1 に示す。ラミナ厚さの範囲はそれぞれ異なっていることがわかる。直交集成板の日本農林規格においては、厚さ 12～50mm のラミナの使用が認められている。一方、CLT の基準強度を定めた平成 13 年国土交通省告示第 1024 号では、ラミナの厚さは 12～36mm とされている。さらに、CLT を構造部分に用いる場合、ラミナ厚さは 24～36mm とすることが、平成 28 年国土交通省告示第 611 号により定められている。なお、CLT のラミナ厚さの構成についてはすべてにおいて等厚構成とするとされている。

表 2-1-1 直交集成板の日本農林規格及び国土交通省告示で定められるラミナ厚さと厚さの構成

JAS 規格・国土交通省告示	ラミナ厚さの範囲	ラミナ厚さの構成
JAS3079:2019 直交集成板の日本農林規格	12～50mm	すべて等厚
平成 13 年国土交通省告示第 1024 号（最終改正 令和 2 年国土交通省告示第 821 号）特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件	12～36mm ただし、小角材を幅はぎしたラミナは使用できない	すべて等厚
平成 28 年国土交通省告示第 611 号（最終改正 令和 4 年国土交通省告示第 1115 号）CLT パネル工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める等の件	24～36mm	すべて等厚

2.2 薄いラミナ、厚いラミナを用いた CLT の製造における検討事項

2.2.1 CLT 製造者へのヒアリング

24mm より薄い、あるいは 36mm より厚いラミナを用いて CLT を既存設備で製造する場合の検討事項に関して、（一社）日本 CLT 協会の CLT 製造者にヒアリングを実施した。その内容を以下に記す。

（1）非等厚ラミナ構成のメリット

非等厚ラミナの製造を検討するにあたり、非等厚ラミナ構成のメリットについて製造者から以下のような意見が得られた。

- ① 建築における CLT の材料コストの低減： 強軸方向のラミナ厚さを厚くし弱軸方向のラミナ厚さを薄くすることで、CLT の厚さを変えずに強度性能を向上することができる。また、構造上求められる耐力

を等厚ラミナ構成の CLT に比べて CLT の厚さを薄くすることができる。これにより、等厚ラミナ構成に比べて CLT の使用材積を減じることができ、建築における CLT 材料コストを低減することができる。実物件を題材とした簡易構造検証では、弱軸方向のラミナを薄くしても構造性能を満たし、CLT 使用材積を壁で 87~89%、床で 89~90%まで減じることができるという試算結果が得られた（日本 CLT 協会 製造・加工 WG 非等厚 CLT サブ WG 検証）。

- ② 建築設計における自由度の向上： 非等厚ラミナ CLT により CLT の厚さをより薄くすることで、空間設計の自由度を向上させ、収まりに関わる制約を小さくすることができる。
- ③ 材料輸送に関わるコストおよび二酸化炭素排出量の低減： 輸送コストは重量・材積に比例するため、非等厚ラミナ CLT による使用材積削減効果は輸送コスト削減にもつながる。また、輸送に関わる二酸化炭素排出量を削減することができる。

（2） 想定する層構成やラミナ厚さの構成

非等厚ラミナの製造を検討するにあたり、非等厚ラミナの層構成、ラミナ厚さについて、以下のような意見が得られた。

- ① 層構成は、主として 3 層 3 プライ，5 層 5 プライ，5 層 7 プライを想定している。
- ② 想定するラミナ厚さは、40mm、30mm、20mm で、これらの組み合わせで CLT を構成する。製造者によっては最大厚 45mm 厚の要望もある。また、2×4 材からの転用で 36mm または 38mm の要望もある。
- ③ ラミナ厚さの構成については、原則、外層に厚いラミナ、内層に薄いラミナを用いた構成を想定している。例えば、CLT 厚さ 100mm (3 層 3 プライ)：ラミナ厚さ 40-20-40mm、CLT 厚さ 140mm (5 層 5 プライ)：ラミナ厚さ 40-20-20-20-40mm、CLT 厚さ 220mm (5 層 7 プライ)：ラミナ厚さ 40-40-20-20-20-40-40mm。
- ④ 次点として、強軸に厚いラミナを、弱軸に薄いラミナを用いた構成も想定している。例えば、CLT 厚さ 160mm (5 層 5 プライ)：ラミナ厚さ 40-20-40-20-40mm、CLT 厚さ 240mm (5 層 7 プライ)：ラミナ厚さ 40-40-20-40-20-40-40mm。

（3） 既存設備での製造上の検討事項

非等厚ラミナの製造を検討するにあたり、様々な厚さのラミナを使用することについて、製造者から以下のような意見が得られた。また、製造ラインにおいて、長手方向、短手方向に配置するラミナの厚さには制約があることがわかった。なお、CLT の製造に通常使用しているラミナの寸法の例を表 2-2-1 に示す。

- ① 製造経験が無い場合、ライン的に対応が可能であっても、実際に製造した際に、設備破損のリスクがある。厚物幅広の材料は、ラミナ重量が大きいいため、ラミナ搬送時の運動エネルギーが増加することから、ストッパーなどに大きな負荷が掛かるため、少なからずライン改造などの設備投資が必要となると考えられる。
- ② 厚いラミナの使用にあたり、ライン上での制限がある場合がある。ラミナ厚さ 45mm まで対応できるラインもある。また、ラミナ厚さの制限は不明であるが、厚さ 40mm のラミナまでしか使用した実績がない場合もある。ラインもある。
- ③ 幅広のラミナの使用にあたっては、最大で 140mm、160mm、250mm といった制限がある。これまでの CLT に使用したラミナの最大幅は 160mm である。また、カップ・ねじれの懸念がある。幅が 250mm となると厚さ 30mm でもカップが懸念される。厚さ 20mm の場合は幅 160mm でもカップが生じる恐れがある。また、設備面の懸念としては、厚く、幅広のラミナは重量が増すので、吸着パッド利用設備では吸着力が及ばない可能性がある。

表 2-2-1 CLT の製造に通常しているラミナ（4 面仕上げ済み）の寸法の例

ラミナの用途	ラミナ厚さ mm	ラミナ 幅 mm	FJの種類 垂直又は水平
CLT用 通常品	30	122	水平
CLT 60mm厚 3層3プライ用	20	122	水平
CLT 120mm厚 5層5プライ用	24	122	水平

2.3 まとめ

非等厚ラミナ CLT に関して、製造者からのヒアリングから、そのメリット、製造上の検討事項が明らかになった。CLT の製造に通常使用しているラミナ厚さは 30mm 程度であるため、より薄い（例えば 20mm）、あるいはより厚い（例えば 40mm）のラミナを使用する場合、既存設備の改良を要する場合があることが明らかになった。

第3章 異なる厚さのラミナを使用した CLT の製造試験

3.1 試験項目の検討

3.1.1 既往の研究

ラミナ厚さ 30mm の CLT については、強度データ収集事業により多くのデータが蓄積され、基準強度を整備するために参照されてきた。ラミナ厚さ 20mm の CLT については、平成 28 年度の強度データ収集事業において、ラミナ幅 105mm で面外曲げ、面外せん断試験、短柱圧縮試験、座屈試験、引張試験、面内せん断試験が実施され、ある程度まとまったデータが得られており、それらのデータについて、告示で与えられた基準強度に対する評価が行われている。しかしながら、弱軸方向のラミナとして厚さの 3.5 倍である幅 70mm のラミナを用いた CLT の試験は実施されていない。ラミナ厚さ 40mm の CLT については、平成 28 年度の強度データ収集事業において、小角材を幅はぎしたラミナを用いて面外曲げ、面外せん断、引張り、面内せん断試験を実施されているが、1 枚もののラミナでの試験は実施されていない。

2.1.2 目的

非等厚ラミナを用いた CLT の利用を検討するにあたり、まず、CLT パネル工法に関する告示（平成 28 年国土交通省告示第 611 号）において対象外となっている厚さ 20mm、及び 40mm のラミナを用いた等厚構成の CLT を試験の対象とする。厚さ 40mm のラミナを用いた等厚構成 CLT については面外方向の強度性能を、厚さ 20mm、30mm のラミナを用いた等厚構成 CLT については面外方向のせん断強度性能を検討することを目的とする。

3.1.2 CLT 試験体の検討

(1) CLT 試験体のラミナの等級区分、構成等

1) CLT 試験体の樹種および強度等級

CLT 試験体の樹種はスギ、強度等級は Mx60 とする。

2) ラミナの等級区分

ラミナの等級区分は以下のとおりとする。

- ① 厚さ 20、30、40mm のラミナを準備する。各ラミナの幅は厚さの 3.5 倍とする。
- ② ラミナを連続式グレーディングマシンに通して、曲げヤング係数が 2.5kN/mm^2 (M30 の下限値) 以上、 9.0kN/mm^2 (M60 の上限値) 未満のラミナを集める。ただし、ラミナの曲げヤング係数の分布の状況に応じて、上限値以上のラミナを集める場合もある。
- ③ 上記②で集めたラミナについて、CLT 試験体の外層用ラミナ、内層用ラミナの必要数量に応じて、曲げヤング係数の閾値を設定する。
- ④ 上記②で集めたラミナを、再度連続式グレーディングマシンに通して、上記③で設定した曲げヤング係数の閾値で、外層用ラミナ (M60)、内層用ラミナ (M30) に分ける。ただし、ラミナ厚さ 20、30、40mm の曲げヤング係数の分布が異なることも考えられ、外層用ラミナ、内層用ラミナの必要数量も異なることから、ラミナ厚さに応じてそれぞれ閾値を設定することとする。

(2) CLT 試験体の種類

試験の対象として検討する CLT 試験体の種類を、下記 1) ~ 3)、および表 3-1-1 に示す。また、ラミナ試験体の種類を 4) に示す。

1) ラミナ厚さ 20mm、幅 70mm を用いたスギ CLT (Mx60)

- ① 試験項目：面外せん断 (3 点曲げ式)

② 層構成 : 3-4、5-5、5-7、7-7

③ 強弱軸 : 強軸、弱軸

2) ラミナ厚 30mm、幅 105mm を用いたスギ CLT (Mx60)

① 試験項目 : 面外せん断 (3点曲げ式)

② 層構成 : 3-3、3-4、5-5、5-7、7-7

③ 強弱軸 : 強軸、弱軸

3) ラミナ厚 40mm、幅 140mm を用いたスギ CLT (Mx60)

① 試験項目 : 面外曲げ、面外せん断 (3点曲げ式)、短柱圧縮

② 層構成 : 3-3、3-4、5-5、5-7、7-7

③ 強弱軸 : 強軸、弱軸

④ 試験項目 : 引張り

⑤ 層構成 : 3-3

⑥ 強弱軸 : 強軸、弱軸

4) フィンガージョイントラミナ試験体

① ラミナ厚さ 20mm、幅 70mm (外層用 M60、内層用 M30)

② ラミナ厚さ 30mm、幅 105mm (外層用 M60、内層用 M30)

③ ラミナ厚さ 40mm、幅 140mm (外層用 M60、内層用 M30)

④ 試験項目 : 曲げ (各厚さ)、縦圧縮、縦引張 (厚さ 40mm のみ)

表 3-1-1 試験の対象として検討する CLT 試験体の種類

ラミナ			試験項目	CLT試験体の層構成									
厚さ mm	幅 mm	幅/厚さ		3-3		3-4		5-5		5-7		7-7	
				強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸
20	70	3.5	面外せん断 (3点曲げ式)	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○
30	105	3.5	面外せん断 (3点曲げ式)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
40	140	3.5	面外曲げ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			面外せん断 (3点曲げ式)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			短柱圧縮	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			引張り	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2 製造試験

3.2.1 目的

CLT の製造に使用しているラミナの厚さは通常 30mm である。一方で、非等厚ラミナ CLT のように異なる厚さのラミナを使用するためには、30mm よりも薄いラミナ、厚いラミナを原料としたときに生じる製造上の課題を明らかにする必要がある。そこで本製造試験では、CLT 製造者の協力のもと、厚さ 20mm、30mm、40mm のスギラミナを用いて、等厚、異等級構成の CLT の製造試験を実施し、製造面での課題の抽出を行う。

3.2.2 CLT の製造試験

(1) 厚さ 20mm のスギラミナを用いた CLT の製造試験

1) 目的

厚さ 20mm、幅は厚さの 3.5 倍である 70mm の断面寸法のラミナを用いた CLT の製造試験を実施し、製造面での課題を抽出する。

2) 製造試験

厚さ 20mm のラミナの曲げヤング係数の分布を把握するために、まず、厚さ 29mm、幅 86mm、長さ 3000mm のスギラミナを 2501 枚準備した。これらのラミナについて 2 回、連続式グレーディングマシンを用いて曲げヤング係数（長さ方向の平均値）を測定した。

1 回目は、ラミナの曲げヤング係数の分布を把握するための測定であり、2 回目は、1 回目の結果をもとに定めた閾値で、外層用ラミナ、内層用ラミナ、使用しないラミナに区分するための測定であった。なお、製造ラインの都合上、2 回目の測定はラミナの断面寸法を厚さ 26mm、幅 80mm に切削加工した後にいった。

3) 製造試験の結果

i 曲げヤング係数の測定結果

1 回目の曲げヤング係数の測定結果を図 3-2-1 に示す。この測定結果をもとに、製造する CLT 大版の外層用ラミナ、内層用ラミナの必要枚数に応じて、表 3-2-1 に示すように閾値を定め、2 回目の曲げヤング係数の測定を行い、外層用ラミナ、内層用ラミナに区分した。2 回目の曲げヤング係数の測定結果を図 3-2-2 に、区分されたラミナの枚数を表 3-2-2 に示す。また、2 回目で区分された外層用ラミナ、内層用ラミナから採取した通しラミナの縦振動法によるヤング係数を表 3-2-3 に示す。

連続式グレーディングマシンに 1 回目の曲げヤング係数の測定結果の平均値が 8.30kN/mm^2 であったのに対して、2 回目の曲げヤング係数の測定結果の平均値は 9.19kN/mm^2 であり、曲げヤング係数の分布は高いほうへ移動した。

ii 製造上の課題

モルダー加工については問題なく 4 面の加工を行うことができるが、幅が狭いため、CLT の製造のために加工する枚数が多く、CLT の製造効率は低くなることが明らかになった。通常用いられる厚さ 30mm、幅 100~125mm 程度ラミナに比べて、厚さ、幅が小さく、また軽量であるため、クロスカット、搬送、積層において課題があることが明らかになった。この課題は多くの製造者にもあてはまることであると考えられる。本製造試験においては、ラミナの幅は、ラミナの厚さ 20mm に対して、弱軸を構成するラミナの最小の基準である厚さの 3.5 倍の 70mm に設定した。しかしながら CLT の製造を考えた場合、通常製造しているラミナと同幅、あるいはそれ以上のラミナを用いることが、製造の効率化のためには適切で

あると考えられた。また、同じ幅であっても、厚さ 30mm のラミナに比べて厚さ 20mm のラミナの重量は 3分の2 と軽い。その軽さに対応できるように製造ラインの改修も必要な場合があると考えられた。

iii ラミナの品質

等級区分機によって区分されたラミナの幅面の材縁部の節径比の基準は、異等級構成の外層及び同一等級構成に用いるものについては 33%以下、異等級構成の内層に用いるものについては 50%以下である。ラミナ幅が 70mm とすると、それぞれ 23.1mm、35mm であり、節径も小さくしなければならないため、実際に使用することは困難であると考えられる。

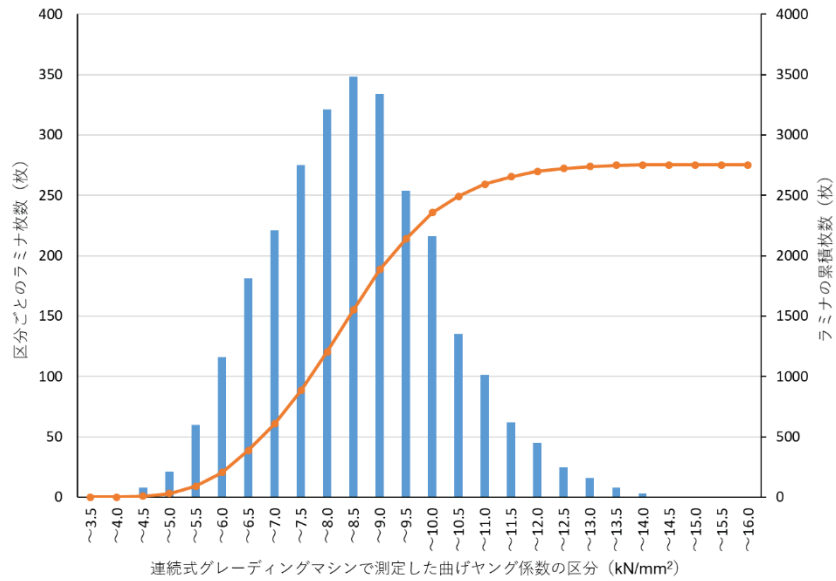


図 3-2-1 連続式グレーディングマシンで測定した曲げヤング係数の分布 (1 回目)
(ラミナ寸法 : 厚さ 29mm、幅 86mm、長さ 3000mm)

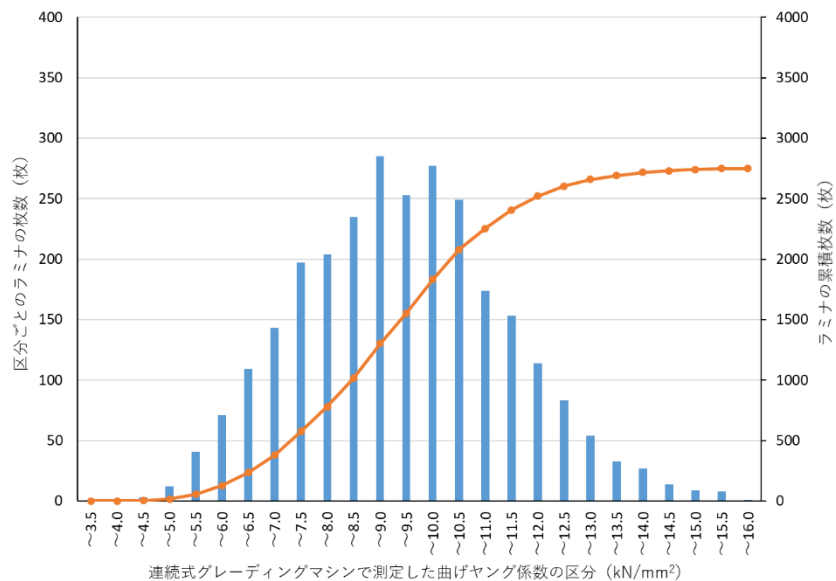


図 3-2-2 連続式グレーディングマシンで測定した曲げヤング係数の分布 (2 回目)
(ラミナ寸法 : 厚さ 26mm、幅 80mm、長さ 3000mm)

表 3-2-1 1 回目の測定結果をもとにした外層用ラミナと内層用ラミナの閾値、
ラミナ枚数、曲げヤング係数
(ラミナ寸法：厚さ 29mm、幅 86mm、長さ 3000mm)

	全体	内層用	外層用	使用しない
ヤング係数の範囲 (閾値) (kN/mm ²)		2.5 以上、 8.5 未満	8.5 以上、 13.0 未満	13.0 以上
ラミナ枚数	2751	1552	1188	11
平均値 (kN/mm ²)	8.30	7.15	9.74	13.32
最小値 (kN/mm ²)	3.70	3.70	8.50	13.01
最大値 (kN/mm ²)	13.64	8.49	12.98	13.64
標準偏差 (kN/mm ²)	1.63	0.95	0.99	0.22
変動係数 (%)	19.7	13.2	10.2	1.65

表 3-2-2 2 回目で区分された外層用ラミナと内層用ラミナのラミナ枚数、曲げヤング係数
(ラミナ寸法：厚さ 26mm、幅 80mm、長さ 3000mm)

	全体	内層用	外層用	使用しない
ヤング係数の範囲 (閾値) (kN/mm ²)		2.5 以上、 8.5 未満	8.5 以上、 13.0 未満	13.0 以上
ラミナ枚数	2750	1016	1642	92
平均値 (kN/mm ²)	9.19	7.18	10.17	13.89
最小値 (kN/mm ²)	3.30	3.30	8.50	13.00
最大値 (kN/mm ²)	15.61	8.49	12.98	15.61
標準偏差 (kN/mm ²)	1.97	0.93	1.13	0.66
変動係数 (%)	21.5	12.9	11.1	4.78

表 3-2-3 2 回目で区分された外層用ラミナと内層用ラミナから採取した通しラミナの
縦振動法によるヤング係数
(ラミナ寸法：厚さ 26mm、幅 80mm、長さ 3000mm)

	全体	内層用	外層用	使用しない
ヤング係数の範囲 (閾値) (kN/mm ²)		2.5 以 上、 8.5 未満	8.5 以 上、 13.0 未 満	13.0 以上
ラミナ枚数	30	10	10	10
平均値 (kN/mm ²)	10.22	6.43	10.78	13.44
最小値 (kN/mm ²)	5.47	5.47	9.26	13.21
最大値 (kN/mm ²)	13.71	7.66	12.14	13.71
標準偏差 (kN/mm ²)	2.98	0.80	0.93	0.17
変動係数 (%)	29.13	12.46	8.66	1.28

(2) 厚さ 30mm のスギラミナを用いた CLT の製造試験

1) 目的

厚さ 30mm、幅は厚さの 3.5 倍である 105mm の断面寸法のラミナを用いた CLT の製造試験を実施し、製造面での課題を抽出する。

2) 製造試験

厚さ 30mm のラミナの曲げヤング係数の分布を把握するために、厚さ 33mm、幅 118mm、長さ 4000mm のスギラミナを 1981 枚準備した。これらのラミナについて、連続式グレーディングマシンを用いて曲げヤング係数（長さ方向の平均値）を測定した。この結果をもとに、外層用ラミナ、内層用ラミナ、使用しないラミナに区分するための閾値を定めた。次に 1 回目の測定に使用したスギラミナに 300 枚のラミナを追加し、ラミナ幅を調整した厚さ 33mm、幅 109mm、長さ 4000mm について、連続式グレーディングマシンを用いて曲げヤング係数を測定した。

3) 製造試験の結果

i 曲げヤング係数の測定結果

1 回目の曲げヤング係数の測定結果を図 3-2-3 に示す。ラミナ全体での曲げヤング係数の平均値は 8.53kN/mm² であった。各曲げヤング係数の区分の比率に従って、CLT 大版の必要枚数 2300 枚を内層用、外層用に区分する閾値を決定した。閾値は、内層用 3.0kN/mm² 以上、8.5kN/mm² 未満、外層用 8.5kN/mm² 以上、13.5kN/mm² 未満とした。なお、8.5kN/mm² 以上、9.0kN/mm² 未満のラミナは内層用ラミナが不足した場合は、内層用にも用いることとした。2 回目の曲げヤング係数の測定結果を図 3-2-4 に示す。ラミナ全体での曲げヤング係数の平均値は 8.70kN/mm² であり、1 回目とほぼ同じであった。

ii 製造上の課題

本製造試験においては、ラミナの幅は、ラミナの厚さ 30mm に対して、弱軸を構成するラミナの最小の基準である厚さの 3.5 倍の 105mm に設定した。CLT の製造に通常使用している厚さのラミナであること

から、特に製造上の課題は見られないが、製造効率を考慮すればモルダー加工やフィンガージョイント加工を必要とするラミナの枚数が少なくなるように、105mm よりも幅の広いラミナを使用することが効率的であると考えられる。

iii ラミナの品質

CLT の製造に通常使用している厚さのラミナであることから、特に製造上の課題は見られないが、等級区分機によって区分されたラミナの幅面の材縁部の節径比の基準を考慮すれば、105mm よりも少し幅の広いラミナを用いたほうが適切であると考えられる。

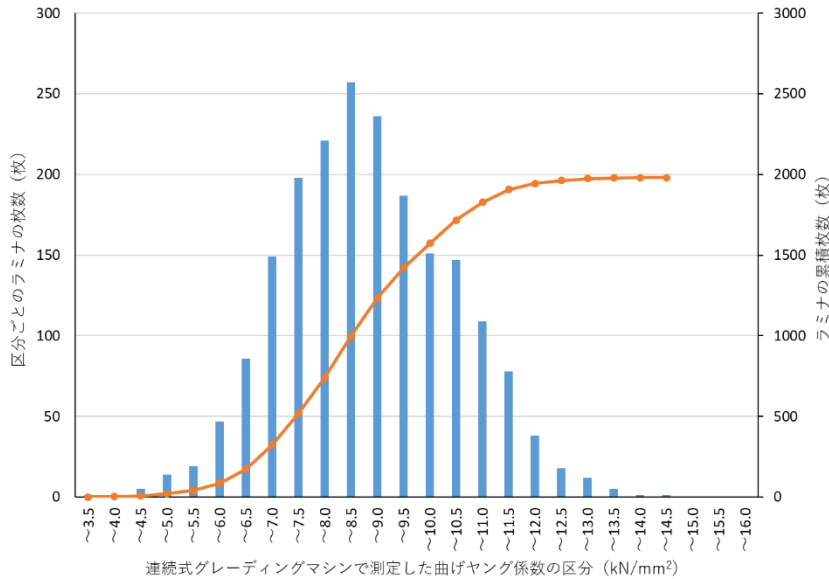


図 3-2-3 連続式グレーディングマシンで測定した曲げヤング係数の分布 (1 回目)
(ラミナ寸法：厚さ 33mm、幅 118mm、長さ 4000mm)

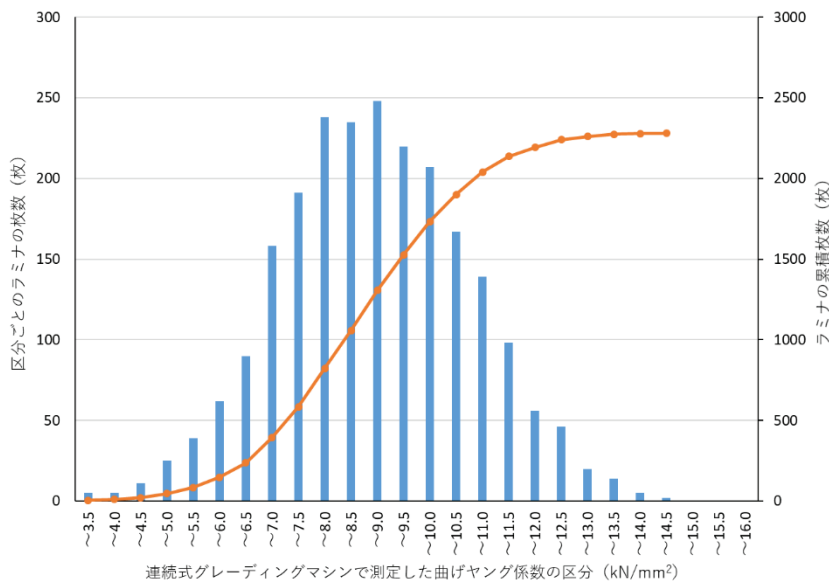


図 3-2-4 連続式グレーディングマシンで測定した曲げヤング係数の分布 (2 回目)
(ラミナ寸法：厚さ 33mm、幅 109mm、長さ 4000mm)

(3) 厚さ 40mm のスギラミナを用いた CLT の製造試験

1) 目的

厚さ 40mm、幅は厚さの 3.5 倍である 140mm の断面寸法のラミナを用いた CLT の製造試験を実施し、製造面での課題を抽出する。

2) 製造試験

厚さ 40mm のラミナの曲げヤング係数の分布を把握するために、厚さ 43mm、幅 143mm、長さ 3000mm のスギラミナを 350 枚準備した。これらのラミナについて、死荷重法を用いて曲げヤング係数を測定した。

3) 製造試験の結果

i 曲げヤング係数の測定結果

1 回目の曲げヤング係数の測定結果を図 3-2-5 に示す。ラミナ全体での曲げヤング係数の平均値は 8.53kN/mm^2 であった。各曲げヤング係数の区分の比率に従って、CLT 大版の必要枚数 2300 枚を内層用、外層用に区分する閾値を決定した。閾値は、内層用 3.0kN/mm^2 以上、 8.5kN/mm^2 未満、外層用 8.5kN/mm^2 以上、 13.5kN/mm^2 未満とした。なお、 8.5kN/mm^2 以上、 9.0kN/mm^2 未満のラミナは内層用ラミナが不足した場合は、内層用にも用いることとした。

ii 製造上の課題

本製造試験においては、ラミナの幅は、ラミナの厚さ 40mm に対して、弱軸を構成するラミナの最小の基準である厚さの 3.5 倍の 140mm に設定した。CLT の製造に通常使用しているラミナより、厚さ、幅が大きいことから、連続式グレーディングマシンの設定やフィンガージョイント加工時の設定の変更等が必要とされる場合があると考えられる。

iii ラミナの品質

CLT の製造に通常使用しているラミナより、厚さ、幅が大きいので、さらに幅が大きくなると幅ぞり等が生じることが懸念される。

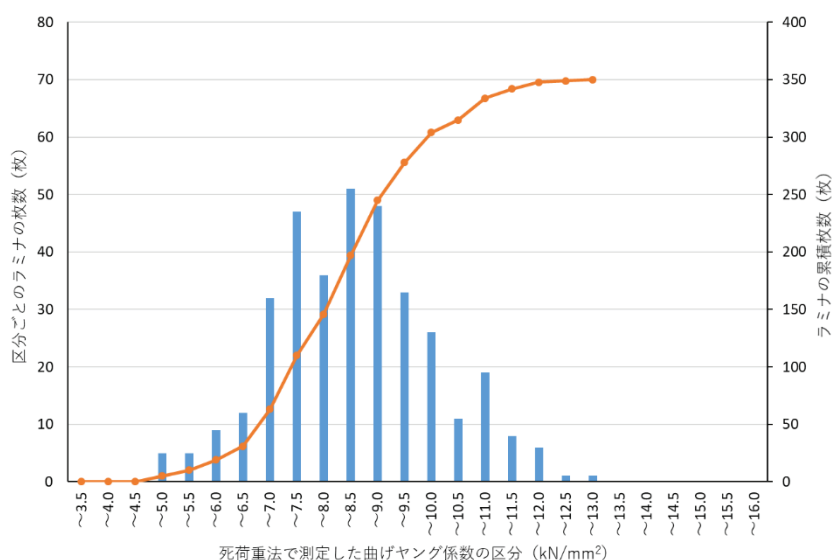


図 3-2-5 死荷重法で測定した曲げヤング係数の分布
(ラミナ寸法：厚さ 43mm、幅 143mm、長さ 3000mm)

(4) 厚さ 20mm、30mm、40mm のスギラミナの曲げヤング係数の比較

上記(1)～(3)で測定した厚さ 20mm、30mm、40mm のスギラミナの曲げヤング係数は、本事業により得られたラミナに関しては、厚さによる違いは小さく、おおむね同様の分布を示した。

3.3 まとめ

既往の研究から明らかとなっているデータについて整理し、厚さ 20mm、30mm、40mm のスギラミナを用いた CLT について、検討が必要な試験項目と層構成を提案した。

また、厚さ 20mm、30mm、40mm のスギラミナを用いた CLT を製造するにあたって、それぞれの厚さのラミナの曲げヤング係数の分布、および異等級構成 CLT 試験体（強度等級 Mx60）を製造する場合の、外層用ラミナと内層用ラミナの曲げヤング係数の閾値を提案した。

添付資料

議 事 要 旨

件名	令和3年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業のうち CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業 ～非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集～		第1回
日時	2022年7月7日(木) 14時30分～16時00分	場所	産業会館4階第1集会室(Web併用)
参加者	<p>(欠席者___:WEB参加者(**))</p> <p>委員長 安村 基</p> <p>委員 <u>河合 直人</u>、青木 謙治、榎本 敬大、尾方 伸次、<u>神谷 文夫</u>、荒木 康弘、 (秋山 信彦)、</p> <p>オブザーバー</p> <p>(<u>納富 昭光</u>)、<u>川原 聡</u>、日向 潔美、<u>巻田 和文</u>、<u>高木 望</u>、山内 一浩、 (平原 章雄)</p> <p>事務局 坂部 芳平、安東 真吾、西妻 博康、谷口 翼、小田 祐二</p>		
<p>(役職・敬称略)</p> <p>◆林野庁日向氏ご挨拶</p> <ul style="list-style-type: none"> 林野庁では国土交通省及び関係機関とともにCLTの促進について取り組んできたところ。 CLTを活用した建築物については徐々に増えてきている。今後更なる利用拡大の為、令和3年度から令和7年度の5年間新ロードマップが発表された。 ロードマップの作成にあたっては関係団体から意見徴収を図り、今回効率性の高い非等厚が新規に盛り込まれた。 ロードマップに基づいて森林総研とCLT協会に新たに強度データの作成をお願いした。 9層9プライ、非等厚については質の高い事業と認識している。新たに規格等への反映を期待している。 本日の委員会について委員の先生方とご議論いただきより良い成果を期待している。 <p>◆委員紹介：資料2の通り</p> <p>◆資料3・資料5：非等厚ラミナCLTの製造について／欧州主要CLTメーカー5社の資料(安東氏)</p> <ul style="list-style-type: none"> (安村氏) 欧州で扱っているラミナ厚は20, 30, 40なのか。 <ul style="list-style-type: none"> →(安東氏) ほとんど20, 30, 40の構成。一部のメーカーで特殊な厚みを扱っているところがあるが、ほとんど20, 30, 40の構成で統一されている。 →(渡部氏) 当初は各社で数mm違いがあったが、設計側で壁面をそろえる必要などからラミナ厚が統一された。 (青木氏) 例えば(資料5)7層7プライで偶数層のラミナの方が厚くなっており強軸弱軸の強度差を取ってなくすような構成をさせているものがあるが、今回のCLT協会の提案は、強軸側を強くして 			

よりスパンを飛ばせる変更をすることが目的か。

→ (安東氏) 非等厚の組合せで、新たに色々なことが求められる可能性はあるが、まずは強度性能を合理的に発揮することを主眼に、外側を厚く内側を薄いラミナの構成でまずは進めたい。

・ (青木氏) 曲げ性能をあげるということで、例えば床での使用をメインに考えているということか。

→ (安東氏) スパンをとばせるというのが一番要望として多いとの認識による。

・ (安村氏) 現行仕様はどちらかというとも最外層に強いもの、内層は弱いものを配して、「せい」が高くなると剛性をかせげるといふ使い方。今回の提案は、両側を厚くして内層に弱いものをもってきて、なおかつ薄くするとすると、剛性をかせごうとすることに対して果たして有利になるかどうか。また、従前では弱いラミナを内層に沢山使えるといふところを今回はどの様に考えるのか。

→ (安東氏) そこは検討しなければいけない課題。ヨーロッパは非等厚をやっている。基本的に同一等級で厚みを変えて効果を得ている。サブワーキングで Mx の構成の CLT で、その内層のラミナを薄くしたもので簡易試算したところ、良い性能が得られたので、非等厚の可能性はあると判断している。

・ (槌本氏) CLT のメリットは強軸と弱軸の強度差が (集成材と比べて) 小さいので面として使えるといふところなので、弱軸を厚くして縦横の差を縮めるといふのは材料開発の方向性としてはよいが、CLT において、なぜ強軸を強くするのかについては整理が必要に思ふ。

また、低質材を内層に使えるといふのも CLT のメリットだが、そこを薄くする (=減らす) と、森林資源の有効活用、日本の山の再生の位置づけがどうなるのかその辺を整理した方がいい。なるべくそこは維持しておきたいところ。

ラミナの厚さをいくつも用意することで、工場でのラミナのストックが対応しきれぬのか。コストが逆に高くなってしまわないか。JAS に適合しなくても、非等厚は、引き合いがあった際に都度、大臣認定をとるといふ考え方もある。その方が工場は首を絞めなくてもいいのでは。対処しやすいかもしれない。

→ (安東氏) その辺はまだまだ知見が足りないところ。まだまだ生産設備が生かし切れていないし、現状、工場の生産キャパシティーに対してそれを埋めるだけの市場がないため、コストが下がれば普及につながり、製造コスト削減の最大の課題である稼働率を上げることが最大のポイントと考えている。従って、まずは普及につなげることを積極的に進めたい。

森林資源の有効活用においても、まずは、沢山 CLT を使っていただける環境を目指す。薄くすると低質材の利用も少なくなるが、それ以上に CLT を普及させて CLT のマーケットが大きくなることによって結果的には内層に使われる量も多くなるという方向性を見出したい。ラミナの種類が増えた場合、製造メーカーの管理が煩雑になるのは 0 ではない。ただ、CLT の可能性が広がるならば、それがネックになるといった意見はなかった。我々も手探りなので、実際問題、いただいた疑義について大きな課題になる可能性もあるが、何とか解決しながら前へ進めていきたいと考えている。

・ (洪沢氏) 当委員会の前に森林総研と CLT 協会で打合せをしている。何のために何をするのかといふところを CLT 協会の方で明確にすべき。要因分析とそれに対して非等厚がどう貢献できるかといふところの整理が必要。

非等厚で作りたい場合、20~40 の範囲でいいのなら 24 と 36 でつくれば告示改正も不要となり、よ

り身近なゴールとして設定しやすい。24より薄いもの36より厚いものとなると、そもそも非等厚かどうかの前に、それで等厚のCLTを作っても基準強度の対象としてパネル工法の中で読めなくなりもう一段挟まなくてはいけなくなり検討事項となる。つまり、等厚で薄いラミナ・厚いラミナはきちんと性能がでるのか、製造技術は大丈夫なのかを検討しなければならなくなる。20や40なら何がよくなるのか、それが最適解なのかについても議論の中で必要。

また、それとは別に、現状12~50までのラミナを使ったものが基準強度の対象になる方がよいという要望も別途協会から国に対して出していると聞かすが、そのこととこの事業がどう対応するのかというところも整理が必要。この事業で12~50までを基準強度の対象にするという前提であればラミナも12~50まで検討が必要であり、20,40だけだとこの範囲だけ基準強度の対象にすればいいとなるが、この辺りの整理、考え方の提示が必要。

7-7(4月に告示がでてい)の場合、最外層の中立軸からの距離がより遠くなり、その分、強軸を強くできるため、直交層を厚くすることも考えた方がよい。ヨーロッパが20,40だから日本もそれで行くのか、スギだと少し違うのかなど、使用上・製造上の問題点を解決できることを検討した方がよい。

これまでのご指摘の通り、薄くすると、表層の強いラミナと内層の弱いラミナの厚さの比率がだんだん近づいてくるので、応力分布の中の効率よく強いところを使う、あとは内層に使うということではできなくなるのではないかというのが先生方のご指摘だと思う。直交層を厚くして、表層を薄くして同じ性能がでるといいうものもあるはず。その辺りをもう少し検討した方がよい。

この委員会はJASで認められるようにする委員会なので、ここでの成果が必ずJASに反映されるように、現状作れないものは作らないでいいのか、将来的にJASで認められるものは取り入れるなど、技術開発として積極的に検討をすすめていくべき。前回の打ち合わせから進展がないので懸念を持っている。スケジュール的に本日の委員会で絞り込めないと時間がない。同じ事業を何年も続けなくてはならなくなる。

→(坂部氏)ご指摘のとおりと思う。まずはCLT協会としては、告示611号に対してJASで決められたラミナの厚さが当然その範囲内で自由に使えるというのを最優先にしたい。その上で今ご提案させていただいている非等厚について、どうあるべきかをもう一度検討させていただきたい。優先順位としては非等厚が先と考えているのでぜひその方向でご協力をお願いしたい。

・(安村氏)非等厚だと1cm刻みなどでバリエーションを増やすことができるというメリットはある。

日本の山から出てくるスギ材を使う一つの手段として考えるのであれば、まず山からスギ材のラミナを出してきたときに各グレードがどれくらいの割合ででてくるのかによって外層に何を使うかが決まる。そこまでを考えるならば非等厚はいいが、その場合、割合の部分も配慮する必要がある。

それとは別に、とにかく安く作るにはどうしたらよいか、製造とコスト部分で性能を上げて、とにかくたくさん使ってもらう。必要なものを国内に限らず、どこからでももってくる、でてくるものをどう使うかに主眼を置くという視点の方向性もあると思う。

・(植本氏)JASのバリエーションが増えることが本当によいことなのかどうかは、慎重に検討しなければいけない。需要拡大につなげることは非常に重要だが、バリエーションが増えたことが需要拡大につながるかどうかの必然性は説明されていない。基準化するにはある程度の必然性が必要。その為には、日本の山からとれるスギの木の弾性係数分布は重要な参考データとなる(弾性係数分布は森林総研にあるが、正角材でラミナのデータはない)。基礎データをもって必然性をもって取り組むことが重

要。

輸送コストを下げることは非常に重要だが、材積が小さくなるので温室効果ガス発生抑制につながると公言することは控えた方がよい。輸送がかなりのウェイト占めていることは間違いないが、ただその輸送は製品の輸送だけでもない。山から工場にもってくる原木の輸送も含んでいる。製品を建築現場にもっていくCO₂コストを多少削減しても体制にあまり影響はないという印象。その他、乾燥について、油から再生可能エネルギーに変えた瞬間にドラスティックに変わると考えられる。

- ・(安村氏) 資料5を見て20, 30, 40を見て安心した。もっといろいろなバリエーションがあるとできた製品がブラックボックスになってしまい何を使っているかわからなくなる。そうすると設計がしにくくなる。中身に何を使っているのかわかるような開発をしていただきたい。
- ・(荒木氏) ゼネコンは、二方向盤で使いたいという要望があり、直交層に厚いものを使った方が需要があるのではないかと感じる。

2×4 と兼用してラミナ厚が 36 というのが 38 まで緩和されれば問題解決に貢献することになるか。

具体的な試験項目は何を実施するのか。

- ・(尾方氏) 非等厚は同一構成なのか、異等級構成なのか。
→(安東氏) 試算は Mx で実施。試験については、現実的な範囲というところで審議を委ねたい。

◆資料4 実施計画 (西妻氏)

- ・すぐ製造試験の実施としていたが、内容的にどうするか再検討する。

◆その他

- ・(平松氏) パネル工法について、24~36 までのラミナ厚で、今回 20, 30, 40 で使おうとすると、20, 40 は現在、パネル工法には使えないことになっているが、これらを使うということにおいては、等厚での CLT を構成したものの検討が必要という理解でいいか。

→(槌本氏) まずは等厚でバリエーションを増やして、そのあと厚みを変えるというステップというイ

メージ。

- ・(坂部氏) 基本的に等厚が最初のステップと思っている。協会としてはできれば JAS で示された範囲 (12 ~50) 内が告示 611 号で読めるという実験をしていただきたいというのが考え方。

→(荒木氏) ハードルが高い印象あり。第1段階としては 20~40 の方がいいのではないかと。

(坂部氏) その辺の中身は、時間と費用で森林総研と検討したい。

- ・(槌本氏) 20・40 で私もいいと考えている。スギの場合、未成熟をどうするのかという問題もある。局所的に接合部に未成熟部がきたり、厚くなればなるほど、未成熟部が支配的になる可能性があるので配慮が必要。構造基準にその部分も入ってくると厳しいと感じる。

20~40 とした時に、2×4 が使えるようになると、カナダから入ってくるような問題もある。10年前にアメリカの業者と話した時はまだ日本向けは考えていないと言っていたが、38 で CLT が作れるとなるとカナダやアメリカにも CLT 工場はできているので入ってくる可能性も考えられる。

- ・(秋山氏) 事業の全貌がまだ見えてきていない印象あり。

・(山内氏) CLT については 19 年改正だったので 5 年後改正にて改めて JAS の検討を行うこととなる。

◆次回委員会

再検討ののち、ヒアリングし設定する。

<今回(第 1 回目)の資料>

資料 1 出席者名簿

資料 2 委員名簿

資料 3 非等厚ラミナ CLT の製造について

資料 4 事業実施計画

資料 5 補足資料(非等厚 CLT 検討用資料)

(一社)日本 CLT 協会

議 事 要 旨

件名	令和3年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業のうち CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業 ～非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集～		第2回
日時	2022年11月22日(火) 15時00分～16時30分	場 所	日本 CLT 協会 会議室 (WEB 会議併用)
参加者	<p>(欠席者___:WEB 参加者(**))</p> <p>委員長 安村 基</p> <p>委員 <u>河合 直人</u>、<u>青木 謙治</u>、(植本 敬大)、尾方 伸次、(神谷 文夫)、(荒木 康弘)、 (秋山 信彦)</p> <p>オブザーバー (納富 昭光)、(川原 聡)、(日向 潔美)、(福島 純)、(高木 望)、(山内 一浩)、 (平原 章雄)</p> <p>コンサルタント (伊藤 一哉)</p> <p>事務局 坂部 芳平、安東 真吾、西妻 博康、(谷口 翼)、小田 祐二、渡部 博、 参加者 (渋沢 龍也)、平松 靖、宮本 康太</p>		
<p>(役職・敬称略)</p> <p>◆新任の紹介(事務局) 林野庁の福島氏とコンサルタントの伊藤氏が加わります。</p> <p>◆林野庁福島氏ご挨拶: 2年ぶりに戻り、再び補助事業に携われることをうれしく思います。 今後、非等厚についても皆さんと良いものが作れば良いと考えています。</p> <p>◆委員長挨拶(安村):第2回ということで、これから進めていくのでよろしくお願いいたします。</p> <p>◆「委員名簿」(資料1)の説明(事務局) 委員名簿については、オブザーバーとして林野庁の福島氏が加えられた。</p> <p>◆「議事要旨(案)」(資料2)について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・(事務局)要点の報告:林野庁の日向氏のあいさつ内容、委員(第1回資料1)の紹介及び議事(第1回資料3、資料5)について報告。 ・(安村委員長)「議事要旨(案)」について訂正意見はあるか。 →(安村委員長)訂正意見がないので、資料2のタイトルから「(案)」を削除して正式な議事録とする。 			

◆資料3・資料4：非等厚ラミナ CLT ラミナ試験体・試験項目について／資料4CLT 及び FJ ラミナ試験体・試験項目について報告。(平松氏)

- ・(安村委員長) ラミナ幅と同じ幅(弱軸方向に何枚かのラミナが配置されない)の CLT を作るのか。
 - (平松氏) CLT 試験体の幅はすべて 300mm である。
 - (安村委員長) ラミナ幅は異なるので、弱軸方向のラミナ枚数は異なることになる。
 - (平松氏) 例えば 140mm 幅のラミナを用いた場合、中心に 140mm のラミナを配置し、両端に 80mm 幅のラミナが配置される。70mm 幅のラミナでは、中心に 3 枚配置し、両端には 45mm 幅のラミナが配置される。
 - (安村委員長) そのことがわかるような記述が必要だ。

・(神谷氏)「資料4 2. CLT 試験体 ③」について、「～必要数量に応じて曲げヤング係数の閾値を設定する～」と記されている。だとすれば、この閾値は JAS 上の閾値ではなく、今回の試験に特有な閾値となる。

- (平松氏) JAS 上の閾値ではない。
- (神谷氏) それで良いのか。実際の製造で用いたい閾値とあうか。
- (平松氏) 難しい問題で、例えばこれまで経験のない 40mm のラミナを作る場合、実際の木取りでどのようなヤング係数の分布になるのか不明だ。JAS 上の閾値を用いると、仮に分布が高い方に偏っていた場合、低い中央層から内層に使えるラミナが取れないという問題が生ずる。そこで、得られたヤング係数の分布から閾値を決めるという方法を採用したい。
 - (神谷氏) ここで決めた閾値やこれによって作成した試験体と JAS の閾値をどのように関係づけるかを整理しておく必要がある。データが出てきてから検討すべきことだ。低くも高くもない真ん中の材が多く出てきたときに試験体の差が出ないという可能性もある。
 - (平松氏) 内層用と外層用のラミナの試験も行うので、これと CLT 試験結果を照らし合わせて分析していく。

・(安村委員長) 同じ項について、CLT 試験体を作成するとき、M30 と M60 ということで、内層用が沢山必要になる。

- (平松氏) 層構成が多くなるとそのようになる。
- (安村委員長) M30 という低いものが出てこない可能性があり、そこが上がると試験の意義として問題があると思うが、経験に照らしてどう予想しているか。
 - (平松氏) M30 はヤング係数としてかなり低いので、そこだけを集めるのは難しく、内層が若干高くなる可能性がある。得られた分布のどこで線引きをするかは、グレーディングのデータを見たいので明確に示したい。
 - (安村委員長) JAS は「以上」なので、A 種なら何でも JAS にあってくる。内層と外層である程度差がついていないと、何を検討しているのかわからなくなる。よって、単に JAS に合っているということではなく、目的にかなった試験体にしてほしい。

・(神谷氏)「試験項目」に“縦引張り”と記しているが、ラミナが縦にも横にも入っている CLT に、この用語は奇異だ。

→(安村委員長) 強軸の引張りという意味か。

→(神谷氏) そうであれば、「強弱軸」の項があるので、「試験項目」は単に「引張り」とすれば良い。

→(平松氏) そのようにする。

→(安村委員長) 外層ラミナ方向を「縦」と称しているのか。

→(平松氏) 強軸だと、CLT では外層ラミナが縦引張りになる。

→(安村委員長) 言葉の問題なので、分かり易く記すこと。弱軸の引張りはあるのか。

→(平松氏) 3-3 のみ試験機に入る寸法の試験体について実施する。

→(安村委員長) 引張り試験は試験体をつかむのか。

→(平松氏) 150mm 厚までだがチャックでつかんで行う。

→(安村委員長) 弱軸は外側が効かないから中のラミナの引張り試験のようなものだ。

→(平松氏) その通り。

・(安村委員長) 曲げ試験のスパンは 21 倍か。

→(平松氏) その通り。

→(安村委員長) CLT は集成材と比べてせん断が弱いので、曲げ試験なのにせん断で壊れることはないか。

→(平松氏) ヒノキの MX120 ではせん断が先行して壊れた例をみたことがあるが、杉の MX60 であれば曲げで壊れると予想している。形態を観察しながら分析する。

・(槌本氏) 前回、需要拡大のために非等厚をやることにどのような意義があるかが重要ではないかと指摘した。等厚なら低質材が使えるため森林資源の有効利用につながるので、普及拡大を図りたいという狙いがある。しかし、直交層を少なくすると、そういうことではなくなるので、どのような位置づけで CLT を普及拡大するかを整理しなければならない。それについての回答はここでは議論しないのか。

→(安村委員長) 議論はしようと考えている。

→(槌本氏) 試験はすれば良いが、そこを整理しないと告示化することの是非も判断できない。よって、その議論がないままでは、委員会を開催する意味がないのではないか。

→(坂部氏) CLT 協会の考え方は前回示したが、それでは指摘に対する回答として不十分だと考え、現在、先行しているヨーロッパの情報を調査している。その結果を見ながら改めて議論をしたいと考えている。

→(槌本氏) 意義があるかは別として試験を進めるということか。

→(坂部氏) 調査結果を待っている時間がないので、試験については先に進めたいと考えている。

→(安村委員長) 今回の位置づけは、非等厚にするにしても等厚のバリエーションがどうなっているか調べようということで、どう組み合わせるかは後の議論ということか。20、30、40mm というラミナが使えるというデータを取得するということがよいか。

→(坂部氏) その通りで、今年度はラミナ等の性能について十分にデータを取得し、次年度から生産性などを踏まえてどのような組合せが一番よいかについて議論をして、仕様を決めていくことを考

えている。

→ (安村委員長) 今年度もそうした議論はしておいて良いと思うが、今の段階では試験について検討したい。

・(尾方氏) CLT 試験体の接着剤は何を使うのか。

→ (平松氏) 積層、縦継ぎのいずれも水性高分子イソシアネート系接着剤を用いる。

・(安村委員長) 「資料4 3. FJ ラミナ試験体」で、一つのラミナの長さはどの程度か。

→ (平松氏) 曲げの場合、厚さのスパン 21 倍の 3 等分点で試験を行う。ラミナ試験では中央の荷重点間に FJ が入っている。

→ (安村委員長) CLT を作った場合に、長さ方向にいくつか FJ が入るが、その間隔は。

→ (渡部氏) 外層については、4m では 2m、3m では 1.5m でクロスカットし、必ず各試験体の曲げモーメントがかかる場所に FJ が入るようにしている。

→ (安村委員長) そうしたことも、明確に記されていると良い。内層は気にしないのか。

→ (渡部氏) その通り。

→ (安村委員長) 長さも 1.5~2m を切ったものになるのか。長手方向は同じ長さだが、横方向は 30 cm になる。

→ (渡部氏) マザーボードでは、短尺の方がラミナが短くなるので、必然的に FJ がある程度分散して入る。隣接する材料も必ず異なるので、内層については、FJ の個数を指定して細かく切らなくても良いのではないかと考えている。

→ (安村委員長) グレーディングマシンで E を測るのは、FJ で継いでいないラミナで、FJ で継いだラミナで CLT を作る。ラミナの試験は FJ はないのか。

→ (平松氏) 「資料4の3. FJ ラミナ試験体」で示すラミナの強度試験(破壊試験)を別途行う。

・(安村委員長) 閾値で分けるのは難しいが、2種類だからまだ楽で、3種類に分けるとすると難しい。丁度 JAS B にあるように分けられるのかがポイントだが、M60 の上限値と M30 の下限値は最初のグレーディングで落とすので、分割箇所は 1 か所しかないということになる。どこで切るかの話になる。

→ (平松氏) その通り。分割時の分布はそれぞれ判明する。

→ (安村委員長) 重なるものは無いということか。実際の分布はそうではないが。

→ (平松氏) 閾値で分けるので、これより上か下ということで重なるものはなくなる。二つの山を二つに分けるイメージだ。

→ (安村委員長) 正規分布にはならず、それぞれの山が切れたような形になるのか。

→ (平松氏) その通り。

→ (安村委員長) 強度分布も閾値とは必ずしも合わない。JAS では強度も入るが、今回の試験ではどのようなになるのか。

→ (平松氏) 2つの等級(M60とM30)のラミナ試験体で強度試験を行うので、きちんと結果が出る。

→ (安村委員長) 単にヤング係数だけで分けるのではなくて、強度も含めて分けるということか。

→ (平松氏) その通り。

・ (安村委員長) 資料3と資料4の計画は、実験の進捗とともに変更が生ずることもあるだろう。

→ (平松氏) 特に40mmの試験体は丸太から挽くので変更は難しく、このままで実施することを予定している。

→ (安村委員長) すべて実施できれば良いが、できないものも出てくる可能性はある。試験計画として資料3と資料4に異論はないか。

→ 意見無し。

→ (安村委員長) 各委員の確認が済んだので、この試験計画で進めて良い。

・ (安村委員長) 今年度の等厚の試験結果を踏まえて非等厚についてどのように考えていくか。配置は対称でいいのか。

→ (安東氏) CLT協会ワーキングでの検討では対称で考えていた。榎本先生のご指摘を受け、根本的な問題として「CLTに何を求めるか」がある。ご指摘は、2方向の強度性能というCLTの特性に非等厚をどのように位置づけるのかに加え、剛性の面及び森林資源の利活用について等多岐にわたっているが、ワーキングでは未だ深く検討できていない。今年度は、第1ステップとして、等厚ベースでバリエーションを増やすことを進めるが、欧州事例調査に加えて、協会・ワーキングでご指摘を踏まえた協議が必要と認識しており、整理を進めていきたい。

→ (安村委員長) 等厚では何層何プライで構成が決まるが、非等厚では、ラミナの厚さが決まらなると同じ成(せい)のCLTでもいろいろなものが出てくる。中の構成がわからないと許容応力度も算出できない。成(せい)が高い場合、外側にはある程度厚いものを使いたいといったことがあるので、ラミナの厚さや構成を限定しないと将来的に使いにくくなると思う。これについてのイメージはあるのか。

→ (安東氏) メーカーを中心に検討してきたが、未だそこまで深い議論ができていない。今後、絞り込み方を意識して検討していきたい。

→ (安村委員長) 例えば曲げに有利なCLTを作ると、せん断が厳しくなる可能性もある。そうであれば、力学的に合理的な配置を考える必要がある。非等厚では様々な構成が考えられ、外側に厚いものが良いかについても成(せい)によっても異なる可能性があり、直交層が薄くて良いかなど、感覚的に考えていてもわからない。シミュレーションにより最適な配置を探索する方法があり、本来は、ラミナの分布も考慮した上で多くのシミュレーションをすべきだが、どのように考えているか。

→ (安東氏) ワーキングでは、曲げとせん断のバランス等を念頭においた力学的合理性をどうやって明らかにするのかについての知見が足りていないので、ご意見を持ち帰って識者にどの程度助力を求めるかを含めて検討したい。

→ (安村委員長) 試験ありきで決めようとする、試験後に不合理な構成だったことが判明すれば試験が無駄になる。力学的合理性と資源的合理性の両面から迫ってほしい。

・ (神谷氏) 合板は単板厚もメーカーによって異なり異種類混合もできる。性能規定型になっているからで、そのときの資源状況やユーザーの需要に応じて、メーカーが供給する合板の構成を変えてきた。

CLT におけるこの議論は、先に需要を決めよ、とっているようなもので、資源事情も変化していくので、それを決めるのは難しく、短時間で答えは出ないと思う。似たような規格で LVL の B 種は性能規定型になっているが、CLT では無理なのか。

→ (宮武) LVL の B 種は、いろいろな組み合わせがあることを想定し、その中で一番弱い構成で強度等級を決めた。

CLT は JAS を含めて (基準を) 作る段階で、等厚ラミナを想定したが、ある程度の範囲であれば等価断面法が活用できることになり、基準強度はラミナの厚さを加味して計算できるようになっている。JAS でも非等厚の場合は、ラミナ厚さを表示することになり、計算式で基準強度を算出できるようになっている。CLT の JAS を作成した当初、構造用パネルのような M_i 、 E_i 、 M_z 、 σ_z などの耐力計算あるいは剛性計算ができるようにするという道もあった。曲げについてはそれが有効だが、CLT の場合、圧縮等軸力が発生することもあるので、ラミナの厚さと等級 (ヤング係数あるいは強度) を加味して計算できるようになっており、フレキシビリティがある体系になっていると思っている。ただし、どこまで適用できるかについては、十分な知見が得られていない。

→ (安村委員長) 合板は製品に等級があるが、CLT 製品には等級がない。○等級の CLT というものはない。性能規定ではないからで、そうなっている理由は、中の構成が決まる仕様規定でないと設計ができないからだ。

→ (神谷氏) 性能が明示されていれば、その値を使えば設計できるのではないか。

→ (安村委員長) 性能を明示するには、構成が決まっている必要がある。

→ (神谷氏) 性能規定は、(構成を問わず) 性能で格付けする。

→ (安村委員長) JAS はそのようになっていない。

→ (神谷氏) JAS が性能規定になっていないので、(将来を見越して構成を決めなければならない) という課題が生じているのではないか。

→ (安村委員長) これまでは等厚なので構成が決まっていた。

→ (神谷氏) 今指摘した内容は、現在の JAS と国土交通省の告示という大元の体系についての課題なので、ここでこれ以上の議論は必要ない。

→ (安村委員長) 中の構成がわからないと、接合したところに強軸が来ているのか弱軸が来ているのかわからず、接合部の設計ができない。

→ (神谷氏) 集成材も異等級は、中に弱い材が入っているので、同じ問題を抱えている。

→ (安村委員長) CLT は集成材と異なり直交層が入っているので、少々弱いという程度ではない。

→ (神谷氏) その点については、接合側で工夫をする等して、そうした問題が生じないようにすることが求められる。今の体系は仕様規定になっているので、自由に作れない。すなわち、製造者が資源状況を見て、有効な構成を探る道が無い。合板では、資源状況に応じて最も合理的な構成を探ることができる。例えば外層に強い材料が必要な合板を製造していて強い材料の供給が減った時に、杉の厚い外層とするなどの対応をしてきた。すなわち、状況に応じて製造者が構成を変えられるようになっている。CLT では、超高層用に強い材が欲しいということがあっても、自由に構成を変えられないので、マッチングができないでいる。

→ (安村委員長) それは一種のオーダーメイドで、設計者が皆そうしたオーダーができるだろうか。

→ (神谷氏) 合板もオーダーメイドだ。

→ (安村委員長) そのオーダー内容は、性能ではないのか。
→ (神谷氏) 現在の規格は、外層を米松で○mm といったオーダーも可能になっている。
→ (安村委員長) CLT の場合、建物一つにそのようなオーダーをするだろうか。
→ (神谷氏) CLT は、合板よりやりやすいと思う。
→ (安村委員長) 設計側が構成をオーダーしても、製造してもらえるかはわからない。
→ (神谷氏) それは相談で決めていくことだ。
→ (安村委員長) そうした道があっても良いが、一般的な設計では、一棟ごとにそのような手順を踏んではいけない。メーカーが製造できるものが最初から決まっているなら良いが、自由ということであれば、例えば1枚ごとにラミナの厚さを変えてほしいというオーダーも可能で、製造してもらえるかはわからない。そうしたことがあるので、将来的には、そのようなことがあっても良いかもしれないが、何でもできるという道を最初から行くのは難しいのではないか。

お願いしたいことは、シミュレーションで合理的な層構成を先に決めて欲しいということではなく、そうした検討も行いつつ、試験を進めて欲しいということだ。あるいは、欧州でのうまくいくことが判明している実績があるのなら、それを模倣して適切そうな構成を決定するという方法もありうる。とはいえ、欧州では、外層に M60 と M30 よりもっと強いものを使用していると思われるので、欧州の構成が日本で良いかはわからない。

→ (神谷氏) 身近な例をあげると、長手方向が強いものが良いか、直交層も強いものが良いか、使い方によって決まる。だから、どちらかに決めることはできない。

→ (安村委員長) 決める必要はない。無限にあれば困るが、何種類かあっても問題ない。

→ (神谷氏) 現場では、直交する方向に材を継いでいく必要があり、RC のように 2 方向強いものはできない。大部分の需要は長手方向をできるだけ強くしたいということになり、外層は、強い樹種で厚くすることになる。その場合、ローリングシアーの問題が生ずるので、どのあたりで折り合いをつけるか、ということだろう。

→ (安村委員長) MX120 なら話が変わってくるが、今回は MX60 なので、外層と内層で大きな差がないと考えられる。言いたいことは、層構成をシミュレーションで検討しておいて欲しいということだ。

以上の議論に対して意見はあるか。

→意見無し。

◆別事業の進捗報告

・(宮本) 9 層 9 プライの進捗を報告する。製造試験を 10 月中旬から開始し、製造加工が無事終了した。

試験体に加工された材は、先週森林総研に納入された。先週から本日にかけて、初期試験(非破壊、静的曲げ試験)を実施した。今週から来週にかけてラミナ試験を実施する予定である。長期試験前に装置の調整を行い、当該データをもって長期試験に移りたい。12 月中旬～下旬に最初の加力ができる予定である。応力レベルが高い方から試験をするので、年度内にもう一度加力できる可能性がある。曲げ試験・長期試験のデータなどを踏まえて、次の委員会を開催したい。

→ (安村委員長) この件についても質問はないか。

→意見無し。

◆次回委員会

2023年1月17日(火) 15:30~17:30

<今回(第2回目)の資料>

資料0 議事次第

資料1 委員名簿(改訂)

資料2 第1回委員会議事録

資料3 非等厚ラミナ CLT ラミナ試験体・試験項目について

資料4 CLT 及び FJ ラミナ試験体・試験項目

(一社)日本 CLT 協会

議 事 要 旨

件 名	令和3年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業のうち CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業 ～非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集～	第3回
日時	2023年1月17日(火) 15時30分～17時30分	場 所 日本 CLT 協会 会議室 (WEB 会議併用)
参 加 者	(欠席者__ :WEB 参加者(**)) 委員長 (安村 基) 委員 (河合 直人)、(青木 謙治)、(槌本 敬大)、尾方 伸次、(神谷 文夫)、 (荒木 康弘)、(秋山 信彦) オブザーバー (納富 昭光)、(川原 聡)、(日向 潔美)、(福島 純)、(高木 望)、(山内 一浩)、 (平原 章雄) コンサルタント (伊藤 一哉) 事務局 坂部 芳平、安東 真吾、西妻 博康、(谷口 翼)、小田 祐二、渡部 博、 課題担当 (渋沢 龍也)、平松 靖	
(役職・敬称略) ◆資料の確認(事務局) 資料0: 議事次第 資料1: 前回の議事要旨(案) 資料2: 第1回 非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集検討委員会疑問点の回答について 資料3: 厚さ 20mm、30mm、40mm のラミナを使用した CLT の製造試験について ◆前回議事録(資料1)の確認(事務局) 議事の主要なポイントについて報告された。 ・(槌本氏) P3 の「…非等厚なら低質材が使える…」は、「…等厚なら低質材が使える…」が正しい。 →(事務局) 修正します。 ・(渋沢氏) 議事次第と議事要旨で森林総研の担当者が事務局と記載されているが、事務局業務は行っていないので、課題担当者のような表現を取ってもらった方が良いと感じた。 →(事務局) 修正します。 ・(安村委員長) 「議事要旨(案)」について他に意見はあるか。 →特に意見無し →(安村委員長) 訂正意見がないので、資料2のタイトルから「(案)」を削除して「議事要旨」と		

する。

◆資料2について報告。(安東氏)

・Q1 についての回答について

代表的な樹種であるスギの強度分布を再度調べ、非等厚における強軸・弱軸比率への対応性を比較検証する予定だ。等級別本数(2021年データ集計)グラフは、現時点で得られているラミナの強度分布データで、出現率はこのようになっているという手元データである。等厚若しくは非等厚の代表的な構成で使用バランスを比較したものを作ると同時に、ラミナの強度分布データもより広く集め、適合性を検証していきたい。このグラフを見ると30(等級区分1)のデータは非常に少なく、非等厚にしてもバランスが崩れることにはならない可能性がある。詳細に分析した上で、また報告したい。

・Q2 についての回答について

第1回委員会で、それ以前に検討した内容のポイントのみを報告したため、逆に分かりにくかったと思っている。改めて、協会内の事前検討で協議した内容の資料をもう少しわかりやすく整理した形で提示すべく、まとめている。端的に言えば、需要拡大することが喫緊の課題で、材料コストを含めた建築コストがより競争力を持たないと普及拡大につながらない。このような観点から、同じスパンならより薄くできる可能性がある非等厚という新しいアプローチが(材料コストの削減を促して)普及に貢献し、普及することによって稼働率が上がりコストが下がるという好循環が生まれるとの期待で、(非等厚を)提案している。非等厚にも様々なバリエーションがあり、同じ厚さならより大きなスパンを実現でき、同じスパンならより薄く構成できる可能性があるというところを一番の目的としている。皆様の指導を仰ぎながら、継続して非等厚の必要性・有効性を明確にしていく必要があると考えている。

・Q3 についての回答について

等厚で薄いラミナ、厚いラミナで構成されたCLTの性能については今年度実施中だ。

非等厚に係る製造技術については、CLTメーカーが協会のWG(製造・加工WG)内で検討した結果、概ね問題なしとのことだった。多少設備改修が必要なメーカーもあるが、市場拡大に資するなら改修投資を検討・実施するとの見解をもらっている。

ラミナの厚さの最適解については、協会として知見が足りていない。供給側として都合が良いサイズという観点でも協議したが、各社各様の調達背景や製造環境があるため、まとめられなかった。シンプルな解でスタートする方がわかりやすいという意見と、薄いラミナと厚ラミナに相応に差があることから、シンプルに20、30、40という厚さのアイデアが出た。最終的にラミナ厚さや構成パターンの選択の自由度が与えられる形で規格・告示をすり合わせていけるならありがたいと考えている。

・(安村委員長) Q1のグラフのラミナの厚さはいくつか。

→(安東氏) ほとんど厚さ30のデータだ。主に30だが一部薄いものも含まれている。

→(安村委員長) 資料3のものとは異なるデータか。

→(安東氏) 異なる。特定のメーカーの1年間のラミナデータを集積したものだ。

→(安村委員長) この分布でMx60だとほとんど中がないということになるのか。

- (安東氏) その通り。
- (安村委員長) この材で、通常はどのようなものを作っているのか。
- (安東氏) CLT 製造用に収集したラミナの強度分布だ。
- (安村委員長) 主なグレードは何か。
- (安東氏) 通常の杉のラミナ用材だ。
- (安村委員長) 集成材のラミナか。
- (安東氏) 主に CLT 用に仕入れているラミナだ。
- (安村委員長) これで Mx60 を作るのか。
- (渡部氏) 通常の製造時は、Mx60 と言った場合は、JAS で問題ないということもあり、S60 から固定して製造し出荷をしている。実態としては、S60 に近い材料が Mx60 で出荷されている。

・(槌本) 非等厚の意義についての回答は、「同じスパンで薄い CLT が作れることがローコスト化につながる」というものだった。同じスパンで薄くしたいなら、「集成材ではだめなのか」について答えを用意しておいた方がよい。直交層を少なくすることがメリットなら、繊維方向をそろえれば最もメリットがあり、集成材ならすぐにでも仕様ができるので、余計な技術開発をしなくて済み、補助金を使わなくてよいことになる。

- (安村委員長) 集成材を使うと CLT パネル工法にはならない。
- (槌本氏) 技術は開発しなければ変えられないが、決めごととは変えられるので、集成材も使えるとすれば良い。集成材の厚板パネルの方が、メリットが大きいということになれば、変えられるだろう。JAS の改訂よりは早くに実現できる。
- (神谷氏) 直交層を無くすという意見か。
- (槌本氏) その通り。
- (神谷氏) 直交層を無くせば、CLT も合板も寸法安定性が失われてしまう。
- (槌本氏) CLT も寸法変化する。したがって、集成材厚板パネルの寸法安定性を良くするにはどうすればよいか、という方向に議論が進むのではないか。「いきなり非等厚ではなく、外堀を埋めませんか。」という提案だ。集成材厚板パネルの寸法安定性を測っているのでデータは提供できなくはない。集成材は CLT より寸法変化が大きい、施工ができなくなる程寸法安定性が悪い訳ではない。
- (神谷氏) 直角方向の収縮膨張率が全然違う。
- (槌本氏) その通り。
- (神谷氏) 構造的に使ったら問題が生じないか。
- (槌本氏) その課題に対する検討を行えばよいと思う。理解されないなら意見を取り下げます。
- (安村委員長) この委員会では、CLT 協会なので、建物を合理的に作る方法を検討しているのではなく、CLT をどう使うかという検討をしているのだと思う。そのような使い方も現実にあるかもしれないが、幅広の集成材の寸法安定性ということが CLT 協会のスコープに入るだろうか。極端なことを言えば接着せずに釘で止めたパネルもある。そのような研究が不要ということでないが、このプロジェクトに入るだろうか。比較のためにということなら、有り得るかもしれないが、CLT 協会はどうか考えるか。
- (坂部氏) 槌本先生のご意見は、「集成材で同じことができるのではないか」と言われたときのた

めに、理論武装をきちんとしておくように、とのご助言だと理解している。神谷先生のご意見も、理由の一つだと考えているので、回答をきちんと用意しておきたいと考えている。

→ (安村委員長) 比較のためにそういうことも考えてみておこう、ということだろう。その結果、やはり CLT でなければダメだということになれば、それで良い。集成材であれば、課題に対して工夫が必要ということになるのだろう。その工夫が CLT 協会で作ることなのかはわからないが、理論武装はしておいた方が良い。

・ (安村委員長) 薄くしたいなら強くしないといけないと思うが、直交層を薄くするから薄くなるということか。成 (せい) を小さくすると剛性も強度も弱くなるので、外側に強いものを持ってこないと中を薄くしただけで強くなるとは思えない。

→ (安東氏) 詳細を報告していなかったが、協会で、30mmの等厚構成の CLT を用いた実物件の建物について、「内層だけ 20mmのラミナに置き換えた構成で成立するか」という簡易なシミュレーションを行った。使用材積は 10%削減され、構造的に成立するという結果が得られている。

→ (安村委員長) そうした結果も提示してもらえると良い。

→ (安東氏) そうしたものも改めて整理して提示したい。

・ (神谷氏) 強度的な観点だけではなく、先ほど言いました直角方向の収縮膨張率も念頭において実施した方が良い。また、表層が乾燥でひび割れが出やすいかどうかには、表層のラミナの厚さも影響する。厚ければ割れが出やすく薄ければ出にくい。これも頭において検討すると良い。単なる意見です。

・ (安村委員長) 中に直交層がある CLT は接合が問題になる。外側から留める場合は、薄いビスなら良いがボルトは効きにくいということがある。したがって、接合のことも考えておく必要があると思う。

・ (安村委員長) 他に意見はないか。いずれにしても、どんな構成になるか出てこないとわかり辛い。

→ 意見なし。

→ (安村委員長) これ以上の意見が無いようなので、資料 3 に移ることにする。

◆資料 3 について説明。(平松氏)

厚さ 20mm、30mm、40mm のラミナを用いた等厚構成の CLT についての試験を行うことを目的に進めている。P1～P5 で、20mm 厚のラミナの製造を目的とした等級区分やヤング係数の測定結果を示している。P6 に 30mm 厚、P7 に 40mm 厚の等級区分の結果が記載されている。

P2 の図 1.1.1 は、20mm ラミナの元になる厚さ 29mm、幅 86mm、長さ 3000mm のラミナを連続式グレーディングマシンで測定した曲げヤング係数の分布だ。投入したラミナ枚数はおよそ 2750 枚だ。8～9KN/mm² のところにピークがある。資料 2 の工場のデータと比較的近い値になっているようだ。M30 に属するラミナはほぼ無く、M60～M90 に相当するラミナが多数を占めていることがわかる。

このラミナから試験体の CLT を製造するにあたり区分した結果が、P3 の表 1.1.1 に示されている。必要なラミナ枚数に応じて、内層用として 2.5 KN/mm² 以上 8.5 KN/mm² 未満、外装用として 8.5 KN/mm² 以上

13.0 KN/mm²未満、13.0 KN/mm²以上は使用しないとして、2750枚のラミナを区分した。つまり、8.5 KN/mm²を閾値として定めた。

1回目の区分ではラミナの分布をわかっていないので、P2の図1.1.2に2回目の測定を行って区分した結果が示されている。製造の都合上、ラミナ寸法を長さは3000mmのまま、厚さ26mm、幅80mmとしている。これを見ると、分布の山がヤング係数の高い側に少し動いている。

その平均値などを示しているのが、P3の表1.1.2だ。1回目の表1.1.1と比較すると8.30 KN/mm²だった平均値が9.19 KN/mm²になっている。

現在、8.5 KN/mm²を閾値とした区分でCLTを製造し、試験体の切り出しを行っている。

P4の表1.1.3は、2回目の測定で区分したラミナから10本ずつ抽出し、縦振動法でヤング係数を測定した結果を示している。区分された平均値を見ると、内層用が6.43 KN/mm²、外層用が10.78 KN/mm²となっており、きちんと区分できたと推測できると思う。

P4の表1.1.4は、それらから、厚さ20mm、幅70mm、長さ550mmに加工して作ったフィンガージョイント曲げ試験体80体（外層用40体、内層用40体）について、縦振動法でヤング係数を測定した結果である。平均値は、内層用が6.17 KN/mm²、外層用が少し低く8.52 KN/mm²となっていた。今後、これらの曲げ強度試験を行う予定である。

P5の「1.1.4 製造上の課題」に、CLTの製造に立ち会って聞き取りして得た製造上の課題をまとめた。弱軸は、厚さの3.5倍の70mmという非常に狭い幅寸法で、モルダー加工は、数を通すほど効率が悪くなるので、幅広の材を使う方が、効率が良いということになる。他の問題として、幅が狭いためにラインのセンサーが反応しないという問題があった。20mmは、30mmのラミナに対して軽量で、搬送速度に対して軽いため搬送中に材が暴れることがあり、センサーが反応せずにラインの外に外れることがあり、人手を要した。この問題は、幅を広くすることで改善されると考えている。

バキュームで材を吸着して積層する際も、幅が狭く軽量であるため、材を離した瞬間に転がってしまう若しくは重なってしまうという問題があった。

したがって、20mm厚さのラミナを用いる場合は、通常製造しているラミナと同幅以上のラミナとすることが、効率化のために適切だと思う。

P5の「1.1.5 ラミナの品質」に「節の基準」について記している。異等級構成の外層及び同一等級構成に用いるものについては33%以下、異等級構成の内層に用いるものについては50%以下という節径比の基準があるが、実寸法では、それぞれ23.1mm、35mmとなり、かなり小さい節でない基準に合格しないことになる。この課題に対しても、幅広のラミナを使うことが必要ではないかと思う。

P6に、30mm厚ラミナの1回目の等級区分の結果を示す。30mmについては、厚さ33mm、幅118mm、長さ4000mmのラミナ、約2000枚を、連続式グレーディングマシンによって等級区分した。図1.2.1を見ると、20mmラミナと同様に、約8.0～9.0 KN/mm²のところにピークがある。閾値は8.5 KN/mm²と決定し、

内層用は 3.0 KN/mm² 以上 8.5 KN/mm² 未満、外層用は 8.5 KN/mm² 以上 13.5 KN/mm² 未満とした。ただし、8.0~9.0 KN/mm² という一番多いところでぴったり区分することができないので、約 8.5~9.0 KN/mm² の外層用の材は、内層用が不足した際には内層用に回して CLT を製造することにした。

40mm 厚のラミナの区分について P7 に記した。区分に際して、連続式グレーディングマシンの校正係数を見定めるため、350 枚のラミナ（厚さ 43mm、幅 143mm、長さ 3000mm）を、重りを載せる死荷重法（JAS の曲げ B 試験）で測定した。350 枚の結果が図 1.3.1 で、20mm、30mm と同様に、7.5~9.0 KN/mm² に山のピークが来ている。

この結果から連続式グレーディングマシンの校正係数を求めて、ラミナ 4000 枚くらいのグレーディングを行う予定にしている。死荷重法の結果から閾値を 8.5 KN/mm² に定め、内層用は 3.0 KN/mm² 以上 8.5 KN/mm² 未満、外層用は 8.5 KN/mm² 以上 12.0 KN/mm² 未満とした。30mm ラミナと同様に、約 8.5~9.0 KN/mm² の外層用の材は、内層用が不足した際には内層用に用いることとした。

今後は、ラミナを縦継ぎして、CLT の製造という状況になっている。

・（神谷氏）1 回目の測定と 2 回目の測定の違いが理解できていない。1 回目はヤング係数を測定し、外層用と内層用に区分するための閾値を定めた。2 回目はソーティングしたということか。

→（平松氏）1 回目は等級区分をせずに測定だけをした。ここで区分はしていない。2 回目は等級区分をした。

→（神谷氏）つまりソーティングしたということか。

→（平松氏）4 つの山に区分けした。

→（神谷氏）ただし、プレーナーをかけて 26mm になっているということか。

→（平松氏）その通り。

→（神谷氏）図 1.1.1 と図 1.1.2 の分布が大分異なる。表 1.1.1 と表 1.1.2 を比べると、1 回目 1188 枚の外層用ラミナが、2 回目では 1642 枚と 4 割近く増えている。実験結果がそうだったということか。

→（平松氏）原因は把握できていない。グレーディングマシンのばらつきか、ラミナを削った影響があるのか、要因は複数あると考えている。

→（神谷氏）グレーディングマシンは、Continuous Lumbar Tester (CLT) を用いたのか。

→（平松氏）連続式だ。

→（神谷氏）昔のメトリガードの CLT か。

→（平松氏）メトリガード社のものではない。一枚のラミナについて何点も測定して平均値と最小値も検出できるという測定装置だ。

→（神谷氏）グレーディングマシンの精度もあるかもしれない。

→（平松氏）その可能性もある。

→（安村委員長）厚さが変わると変わるのか。含水率の補正はしているのか。

→（平松氏）していない。

→（安村委員長）1 回目と 2 回目で含水率が異なるということはないのか。

→（平松氏）1 回目と 2 回目の間がそれほど開いていないので、含水率が 15% から 12% に下がると

いった極端な変化はなかったと思っている。

→ (安村委員長) 含水率のばらつきはないのか。

→ (平松氏) 含水率の測定結果は見していない。

→ (安村委員長) 普通はグレーディングマシンを通すときに含水率で補正するが。

→ (平松氏) メーカーに尋ねることにする。

→ (安村委員長) (含水率が) あまり変わらないならよいが。

・ (神谷氏) 立派なヤング係数だが、このような分布の材を継続的に入荷できると考えてよいか。

→ (安東氏) 協会としても数社に声をかけてラミナのデータ収集を図っており、分布を見極めたいと考えている。思ったより高い結果だと想定している。

→ (渡部) 20mm と 40mm 厚の材は熊本から、30mm 厚の材は高知からの材だ。

→ (安東氏) 一般的に南九州は強度が弱い印象が持たれているが、思ったほど低くなかったというご指摘だろうか。熊本がこの分布なら、安定して出荷できる可能性は高いと思われる。高知の杉は、以前よりこのような分布が出ている。

→ (神谷氏) 資料 2 に工場のデータがあり、グラフの作り方が異なるので単純に比較はできないが、今回の結果はこれより強い印象がある。60~90 が 22 万、90~120 がその半分以下になっている。資料 3 のデータは、90~120 の数がそれより多い印象があったので指摘した。

→ (渡部) 社内データだが、「等級別本数 (2021 年データ集計)」グラフを示す。これを見ると、8.5~10.0 KN/mm² にピークがあり、試験結果にかなり近い分布になっていると思われる。

・ (安村委員長) このデータの材では Mx90 が製造できるように見えるが、Mx60 を製造しているのか。

→ (渡部) 一概には言えない。普通の製造では、産地の指定がある、ロットでたまたま低いものを引いてしまった、内外層比率が高い構成で分布が来てしまった、というようなことがあり、このような分布でも (Mx90 を) 作れない場合もある。しかし、全体的に見れば、Mx80 といったようにもう少し細かく規格があれば、そうした材も作れるように思う。

→ (安村委員長) 60 から 90 は幅が広いので、そうしたこともあるだろう。

→ (渡部) P7 の 40mm 厚ラミナの分布 (図 1.3.1) を見ると、中央値は 8.0~9.0 KN/mm² で変わらないが、幅広ラミナになることによって、それより強い方のラミナ出現率が小さくなっている。これは大断面集成材のラミナでも同様の傾向があり、このような傾向があるのだと思う。作る製品によっても多少変わってくる。

→ (安村委員長) Mx60 と言っても、ギリギリのものを作っているのではなく、余裕がある製品を作っているといえるのか。この材はわざわざ挽いたのではなく、一般的に CLT で使っているラミナということで良いか。

→ (渡部) 40-140 の断面はほとんど使っておらず、30 は普段使っているラミナを少し削って調整している。

→ (安村委員長) 高めのもので実験をしていることになる。JAS と比べる場合、比較的ギリギリのもので製造しているのなら良いが、高めのものを使って「これだけ出るから Mx60 だ」というなら、整合がとれなくなるかもしれない。

→ (神谷氏) その件については前回指摘した。実験はきちんと整理するという回答だったので、それで良いのではないかと。

→ (安村委員長) これはこれでやるということか。

・ (安村委員長) CLT の成 (せい) や厚さはどのようなもので試験するのか。

→ (平松氏) 40mm だと 3 層 3 プライから 7 層 7 プライまで行うので、最大で 280mm の成 (せい) になる。

→ (安村委員長) 3 層、5 層、7 層でやるのか。

→ (平松氏) その通り。

→ (安村委員長) 等厚で 20mm、40mm だけをやるのか。

→ (平松氏) 基本的には 30mm を比較対象とする。

→ (安村委員長) 30mm も 3 層、5 層、7 層でやるのか。

→ (平松氏) その通り。

→ (安村委員長) 成 (せい) が異なるので、その影響があって、そのままでは比べられないかもしれない。

→ (平松氏) その通り。

・ (安村委員長) この試験データは、枚数的にはすべてか。

→ (平松氏) 現在のところ、その通り。

→ (安村委員長) ということは、この枚数で得たデータを使って、20mm、30mm、40mm の材を用いた 3 層、5 層、7 層の CLT で曲げとせん断試験をやるということで良いか。

→ (平松氏) 20mm と 30mm は、これまでの曲げのデータがあるので、今回は面外のせん断を中心に試験する。40mm はこれまでの蓄積がないので、網羅的に試験する。

・ (神谷氏) ラミナをランダムに選択して CLT を製造するのか。製造された CLT を構成する個々のラミナのヤング係数は追跡できないだろう。

→ (平松氏) 各区分からランダムに選択するということになる。

・ (安村委員長) ラミナのデータが出ていれば、CLT の試験結果は少なくともシミュレーションはできる。

→ (平松氏) 可能だと思う。CLT の試験結果と照らし合わせて検証ができることになる。

→ (安村委員長) 極端な話として Mx60 (の閾値のもの) をやろうとすれば、それを取ってやればできるということになる。

・ (安村委員長) 8.5 KN/mm² を閾値として以上のような試験をするということで異議はないか。

→ (神谷氏) 良いと思う。

→ 異議はなく、全員同意した。

→ (安村委員長) これで進めよう。

・（事務局） 2月 20 日の事業終了までに報告書を作成すべく、各委員に報告書案を回覧するので確認をお願いしたい。また、地方別のヤング係数の分布などは、データが取れ次第、随時配布したいと考えている。単年度事業なので、委員会は、本日の第 3 回をもって終了となる。ご協力に感謝します。

<今回（第 3 回目）の資料>

資料 0：議事次第

資料 1：前回の議事要旨（案）

資料 2：第 1 回非等厚ラミナで構成された CLT の強度データ収集検討委員会疑問点の回答について

資料 3：厚さ 20mm、30mm、40mm のラミナを使用した CLT の製造試験について

（一社）日本 CLT 協会