

大径長尺丸太から生産した中規模木造建築用構造材の開発

Development of long structural materials from elderly large-diameter trees

工藤康夫・小島元路・小林慧*

I はじめに

県内の森林資源は12齢級（56～60年生）以上の森林面積が全体の58%を占めており高齢級化が進んでいる（群馬県, 2021）。これに伴い高齢級林分から得られる末口径30cm以上のスギ大径丸太（長さ4m）の生産が増加しているが、市場での取引価格は低迷しており（群馬県森林組合連合会, 2022）、大径材丸太を出荷しても森林所有者にとって収益が少ないことが現状である。

また、日本の人口減少が顕在化し、新規住宅着工数は年々減少しており（国土交通省, 2022）、これに伴って県産木材の供給も減少していくことが予測される。一方で温室効果ガスの排出抑制や炭素循環社会の実現に向け、公共施設や商業施設等の非住宅建築の木造化が推進されている。

しかし、これらの非住宅木造建築に使用される構造材、特に梁桁等の横架材は集成材にほぼ限られており、群馬県内には構造用集成材の生産施設が無いため、県産木材の新たな需要は期待できない。

そこで、スギ大径丸太を有効に活用して非住宅木造建築向け構造材を開発することにより、この2つの問題の解決を検討した。

本報告では、高齢級林分で得られる大径長尺丸太（ここでは長さ6m以上で末口径30cm以上の素材丸太を指す）から心持平角材を生産する実証試験を行い、更にこれを中規模木造建築（ここでは延べ床面積が概ね500m²以上1,000m²未満で階数2以下の建築物を指す）の横架材として使用する場合の設計シミュレーションを行い、併せて生産コストについても検討したので報告する。

II 方法

1 高齢級林分で得られた大径長尺丸太から平角材生産実証試験

高崎市倉渕町の森林（図-1、スギ約100年生林、株式会社磯村産業所有）において地上レーザー測量を行い、立木の直径、樹高、形状比や曲がりなどを測定した。この内の曲がり小さい等の立木12本を伐採し、長さ6～8m、末口径30～36cmの大径長尺丸太14本を生産した。これを県内の製材工場において製材と人工乾燥を行い、横架材用として長さ6～8m、断面の仕上げ幅120mm、仕上げ高さ180～330mmの心持平角材を製材した。なお、乾燥工程における木材含水率はSD20とした。

(1) 地上レーザー測量結果と実材サイズの相関

地上レーザー測量で得られた立木の径と製材加工後の製材品の断面寸法との整合性を検証した。

(2) 立木状態の強度性能と製材加工後の強度性能

構造用材として供給するには強度性能を測定し明確化することが不可欠であるため、その測定の方法を検証し強度性能を測定した。強度性能測定については、伐採前の立木状態と、製材及び乾燥等加工

*群馬県環境森林部森林局林業振興課

後の強度を相互に比較する試験を行った。携帯型の応力波伝播時間測定器 FAKOPP Microsecond Timer (FAKOPP ENTERPRISE 社製) を用いて立木の側面地上高 70cm~170cm の 100cm 間の応力波伝播速度を測定して立木状態の動的ヤング係数を求めた。製材加工後は FFT (Wave Spectra ver. 51・フリーソフト) を用いて固有振動数を測定し動的ヤング係数を求めた。更に万能強度試験機 (前川試験機製作所製 SAH100) を用いて曲げ試験を実施し静的ヤング係数を求めた。なお、この際の支点間距離は①構造用木材の強度試験マニュアル (日本住宅・木材技術センター, 2013) に準じて支点間距離を断面高さ寸法の 22 倍とする設定と、②実設計寸法に応じた設定 (6 m材は 5,460mm (3 間)、7 m材は 6,370mm (3.5 間) 8 m材は 7,280mm (4 間)) の両方で実施した。

(3) 供給価格の算出

製材品供給価格は素材丸太価格に県内複数の製材工場での経費調査の結果から製材、人工乾燥等加工経費、森林からの搬出経費及び各現場への運搬費等必要経費を積み上げて算定した。



図ー1 実証試験を行った森林 (高崎市倉渕町)

2 実用化シミュレーション

県内の特別養護老人ホーム (木造平屋建て、延床面積 1669.9 m²) を用いて大径長尺丸太から生産した平角材を非住宅木造建築の構造材に使用する実用化シミュレーションを実施した。なお、シミュレーションに用いたこの建築物は延べ床面積が 1,000m² を超えるが、中規模木造建築と同等の法的基準により設計施工された建築物である。建築主の同意を得て入手した梁伏図 (図ー2) 及び木拾表から、スパン延長が 4 m を超える横架材 49 丁を抽出し、実際の建築に使用されたベイマツ集成材 (E120-F330) をスギ製材品 (E70) に置き替えた場合の構造計算を行い、断面寸法を求めた。更に前項 1 のスギ平角材の強度性能試験結果を考慮した場合の断面寸法についても検討した。

また、前項 1 で求めた大径長尺丸太から生産した平角材を横架材 49 丁に使用した場合の建築にかかる価格コストと、ベイマツ集成材を使用した場合の建築にかかる価格コストを比較した。

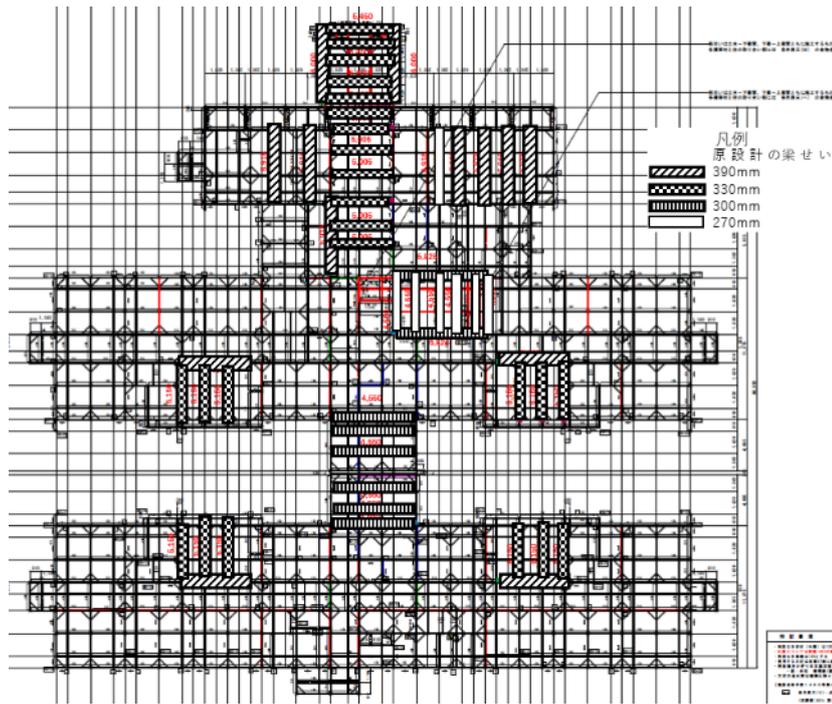


図-2 シミュレーションに使用した梁伏図

III 結果

1 高齢級林分で得られた大径長尺丸太から平角材生産実証試験

(1) 地上レーザー測量結果と実材サイズの相関

図-3に地上レーザー測量により求めた立木の胸高直径とその立木から得られた1番玉(長さ8m)由来製材品の断面高さの関係を示す。なお、断面幅はいずれも120mmとした。地上レーザー測量により求めた立木の胸高直径とこの立木から得られた製材品の断面寸法の間には相関(R値=0.7545)が認められ、直径のほか得られた形状比や曲がり等の測定結果等も考慮することで、そこから得られる製材品寸法がほぼ正確に想定できることが分かった。

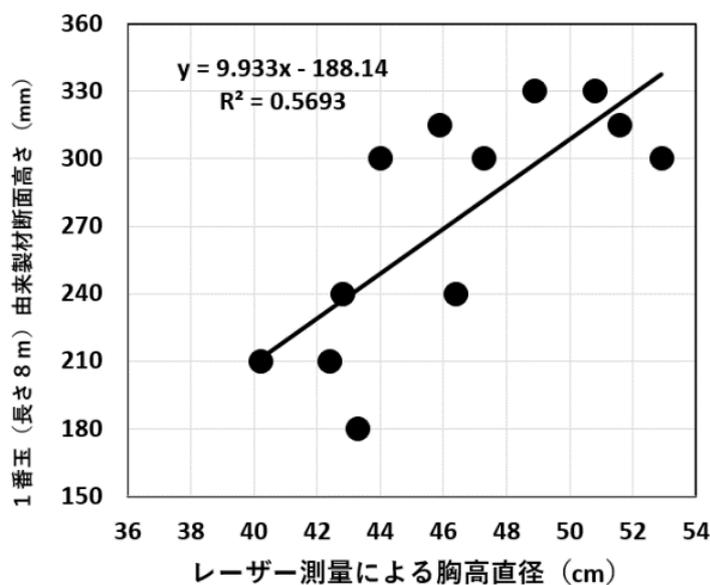


図-3 地上レーザー測量による立木の胸高直径と得られた素材丸太末口径の関係(1番玉)

(2) 立木状態の強度性能と製材加工後の強度性能

図-4に製材加工後の動的ヤング係数と静的ヤング係数の関係を示す。動的ヤング係数と支点間距離を断面高さの22倍に設定した時の静的ヤング係数との相関関係(R値=0.8278)と、同じく動的ヤング係数と支点間距離を実設計寸法に合わせて5,460mm~7,280mmに設定した時の静的ヤング係数との相関関係(R値=0.8263)はいずれも高い相関関係が認められ、また、両者に大きな違いは認められなかった。さらに図-5に静的ヤング係数から得られた強度性能出現割合を示す。この大断面長尺製材品の強度等級出現割合はE90以上が全体の79%を占めていた。従来群馬県産スギの強度性能はE70が多くを占めていたことから(2015,工藤ら)、大径長尺材から生産したこの平角材は強度等級が高い傾向にあることが確認できた。

一方で、応力波伝播速度から測定した立木状態の動的ヤング係数と、製材乾燥後にFFTを用いて固有振動数を測定した動的ヤング係数、更に万能強度試験機を用いて求めた静的ヤング係数の間にはいずれも相関が見られなかった。

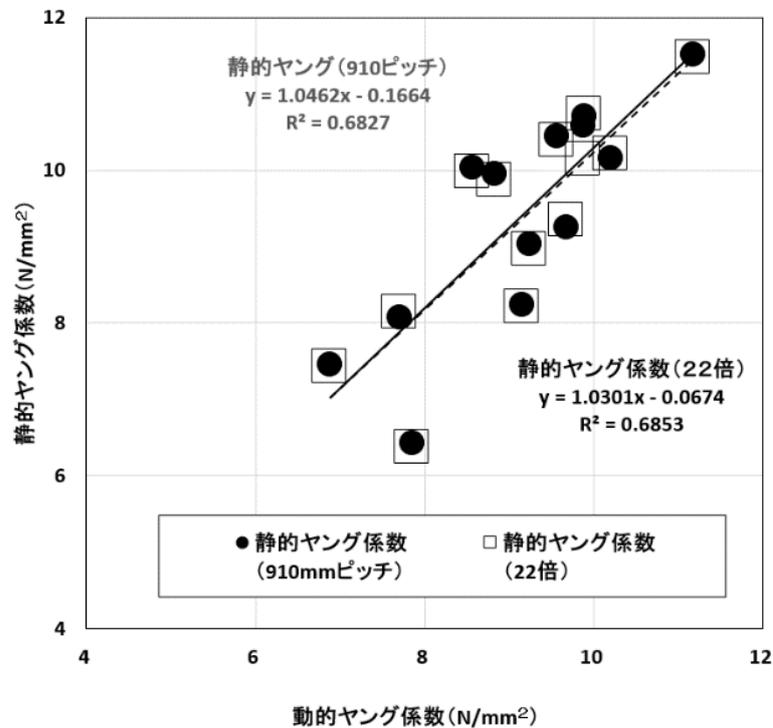


図-4 動的ヤング係数と静的ヤング係数 (スパン 910 ピッチ、22 倍) の関係

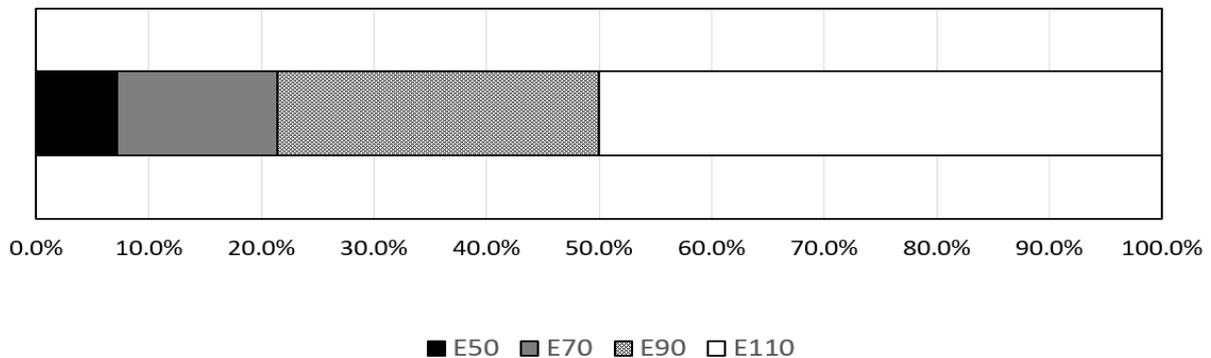


図-5 スギ製材品の強度等級出現割合

(3) 供給価格の算出

林齢や搬出条件を考慮し森林所有者の収益が期待できる大径長尺丸太の価格を平均で1 m³当たり約48,000円と設定し、これに製材や人工乾燥等の加工経費、搬出経費及び運搬費等必要経費を全て積み上げて供給価格を決定した。その結果、製品の供給価格は1 m³当たり約530,000円となった。

2 長尺製材品を中規模木造建築の構造用材として供給を行う実証試験

群馬県内の特別養護老人ホームの横架材に使用されているベイマツ集成材をスギ製材品(E70)に置き替えた場合のシミュレーション結果を表-3に表した。全てスギE70使用を想定して、また可能な場合は断面の幅を150mmとしてシミュレーションを実施した。E70のスギを使用した場合、ベイマツ集成材に比べて断面高の増加は0~60mmの範囲であり、結果、最大断面寸法の製材品が得られる丸太の末口径は最大で48cmとなった。

また、前項の結果でE90以上が全体の79%を占めていたことから、強度等級がE90又はE110のスギ製材品を使用することで、断面高の増加を更に圧縮することができることとなる。

さらに表-3に表したスギ製材品49丁合計の供給価格とベイマツ集成材(E120-F330)49丁合計の供給価格(現場着価格)を比較した結果、その差は僅かであった。このシミュレーションを行った令和3年10月頃は世界的なウッドショックであったこともあり、輸入木材の価格が高値で推移していたこともさほど大きな価格差が生じなかったことも理由と考えられた。また、この他にも今回のシミュレーション実施にあたり協力を頂いた素材生産業者や製材工場等への聞き取り調査の結果、生産加工に使用する機械の能力や工場のレイアウト等によって生産や加工の経費額が左右されることが明らかになった。

表-3 既存非住宅木造建築を使用した高付加価値木材使用シミュレーション結果

原設計						曲げ強度=26.1N/mm ² 、E値=6.8KN/mm ² (E70の中間値) の場合										
当初樹種	強度等級	断面幅 (mm)	断面高 (mm)	スパン (mm)	必要長 (mm)	数量	変更樹種	曲げ強度 (N/mm ²)	E値 (KN/mm ²)	断面幅 (mm)	断面高 (mm)	スパン (mm)	最低必要長 (mm)	数量	ベイマツ集成材に対する増	
														幅 (mm)	高さ (mm)	
ベイマツ集成	E-120 F330	120	390	6,000	6,000	2	群馬県産スギE70	26.1	6.8	120	450	6,000	6,000	2	0	+60
ベイマツ集成	E-120 F330	120	390	5,915	6,000	6	群馬県産スギE70	26.1	6.8	120	390	5,915	6,000	6	0	0
ベイマツ集成	E-120 F330	120	300	5,915	6,000	1	群馬県産スギE70	26.1	6.8	120	360	5,915	6,000	1	0	+60
ベイマツ集成	E-120 F330	120	390	5,460	6,000	4	群馬県産スギE70	26.1	6.8	150	420	5,460	5,500	4	+30	+30
ベイマツ集成	E-120 F330	120	330	5,460	6,000	6	群馬県産スギE70	26.1	6.8	150	330	5,460	5,500	6	+30	0
ベイマツ集成	E-120 F330	120	330	5,150	6,000	12	群馬県産スギE70	26.1	6.8	120	360	5,150	5,500	12	0	+30
ベイマツ集成	E-120 F330	120	330	5,005	6,000	6	群馬県産スギE70	26.1	6.8	120	330	5,005	5,500	6	0	0
ベイマツ集成	E-120 F330	120	300	4,550	5,000	6	群馬県産スギE70	26.1	6.8	120	300	4,550	5,000	6	0	0
ベイマツ集成	E-120 F330	120	270	4,550	5,000	6	群馬県産スギE70	26.1	6.8	120	300	4,550	5,000	6	0	+30

IV まとめ

今回の実証試験の結果、高齢級の林分で大径長尺材を生産し、供給が可能な製材品の規格寸法や数量、強度等級等の性能を表示した上でこれを需要側へ直接供給が可能であることが分かった。

また、シミュレーションの結果からスギ製材品が中規模木造建築の構造用材として性能、価格の両面から使用が可能であることも確認できた。

但し、これまでの資源調査や実証試験の結果、素材丸太の大きさ、また加工や運搬にかかる機材の性能や能力等から、ここで述べてきた製材品は長さで8 m、断面高さで400mm程度が最大であること、また耐火基準等建築法令上の制限等により、中規模木造建築に対してスギ大径長尺丸太から生産された製材品の供給を目指していくことが適正であると考えられる。

今後、収益が期待できる林業の実現を目的として規格や性能、供給可能量を明確化した「高付加価値木材」の生産供給体制地域ごとに構築し、森林所有者が中規模木造建築物に直接木材を供給するシステムを整備していく予定である。

引用文献

群馬県(2021), 群馬県森林林業統計書

群馬県森林組合連合会(2022), 木材共販日市況, <https://gunmori.or.jp/archives/category/mokuzai-kyouhan>

国土交通省(2022), 令和4年度住宅経済関連データ, https://www.mlit.go.jp/statistics/details/t-jutaku-2_tk_000002.html

工藤康夫・町田初男・小黒正次(2015) 県産スギ材の強度性能に関する研究, 群馬県林業試験場研究報告第19号

日本住宅・木材技術センター(2013), 構造用木材の強度試験マニュアル(第4版)