

県産杉材を利用した学童家具の耐久性を裏付ける仕口技術や接着技術に関する開発研究と最終形としてのデザイン開発

長岡造形大学 教授 後藤哲男 研究員 内山智之 研究員 三井健



長岡市立表町小学校一年生教室 (H24. 3. 7)

はじめに

地産地消、県産材の有効活用を目指し、当事業ではこれまでに越後杉の学童家具を開発してきました。

事業のきっかけとなったのは長岡市立和島小学校の新築です。平成 16 年度から平成 22 年度にかけて設計と設計監理に参加しました。和島小学校は、旧島田小学校と旧桐島小学校の統合小学校です。当時の村長さんと地域の親御さん達の“共育の里構想”を基に、のどかな農村集落をイメージし、子供達のしなやかな体と感性にふさわしい素材として、新潟県の雪に耐え抜いた杉材をふんだんに使った木造平屋建てとしました。

小学校を設計する過程において、子供達が一日の大半を過ごす学童家具も従来のスチール家具ではなく、軽くて温もり溢れる地元の杉材を使用した木製学童家具を提供できたらという強い思いに至りました。

H18 年から学童家具の試作を開始し、昨年からは長岡木工家具協同組合と連携することにより学童家具の典型的なセットを開発しています。新潟工業技術総合研究所にて十数回の耐久試験を受け、最終的に合格するモデルを作りました。下記の画像は学童家具に必要とされる旧 JIS に準じた試験の様子です。



長岡市立和島小学校 管理棟廊下





椅子・机の繰り返し衝撃試験（耐久試験）

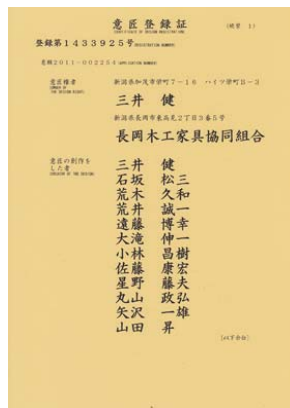
椅子の場合は、60kgのおもりを載せ後足を固定した状態で、前足を10cmの高さから5,000回落下させ、各部に支障がないことを確認しました。机の場合には同様の条件で2,000回繰り返しました。

本年度は、この耐久試験の結果を分析することにより脚物家具における仕口（接合部）の性能を理論的に明らかにし、杉材を扱う場合の設計基準を抽出します。

さらに、同時進行で長岡の基幹校的存在である新潟県長岡市立表町小学校で1年間のモニターを行うことにより、強度上で問題がない事を確認するだけでなく、実際の学校空間での問題点や要望の集約を目指します。

これらを踏まえて、学童家具だけでなく一般家庭における家具も含めた、新たな椅子、机のデザインを模索します。

また、当学童家具は今年の1月に意匠登録が完了しました。



学童机意匠登録証

越後杉の学童家具の特長

杉の特長

杉は日本の固有種で、軽くて柔らかく温かいという特長を持っています。

●軽さ（比重）	●温かさ（熱伝導率）
杉 0.34~0.4	杉 0.087 W/m・k
桧 0.41~0.45	桧 0.095 W/m・k
檜 0.68	檜 0.165 W/m・k

約1/2

軽い杉…一般的に家具用材として使用されているナラに比べ半分程度の比重です。

温かい杉…熱伝導率が低いほど触った時に手から逃げる熱が少なく温かく感じますが、これもナラに比べて半分程度です。

丈夫さ…越後杉は、一般的な杉に比べ長い冬を経ているため年輪幅が狭く材料強度が高いのが特長です。

機能

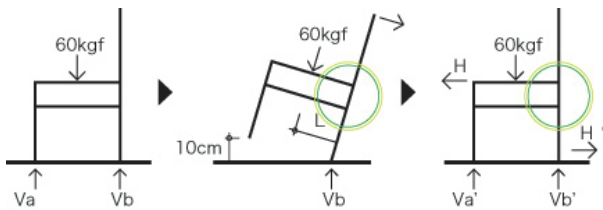
スタッキング機能…当学童家具は、移動、収納を頻繁に行う学校空間に対応し、積み重ねて収納可能なスタッキング機能を有します。

高さ調節機能…急激な成長に対応するために高さ調節機能付きの学童椅子も開発しました。

天板と収納…机は、天板を開閉するタイプで取り外しも可能です。引き出し式のタイプも開発予定です。



仕口の検討



上図は、耐久試験での力の掛かり方を図式化したもので 10cm 持ち上げた状態では後足との接合部に荷重×距離の純粋な曲げモーメントが生じています。10cm の高さから落下させた際には、水平力と共に衝撃力が加わり、後足を固定していることにより後足と貫の接合部に集中的に応力が掛かっていると推測されます。これまでの耐久試験の破壊状況から、10cm の高さから落下させた際には重りの約 10 倍の応力がかかっていると考えられます。今回の構造試験ではこの部分に生じる応力を検討し、杉材を扱う際の最低限の接着面積とデータを抽出します。

試験概要

試験体は、実際の椅子と同様に脚があるものと脚を省略したもので行いました。

試験方法：三点曲げ破壊試験

引張破壊試験

試験場所：長岡造形大学 109 工房

試験機：AUTO GRAPH AG-10TD

(最大荷重 10t)

試験体：曲げ試験用 20 体

引張試験用 7 体

試験体産地：新潟県山北産(高温乾燥材)

：新潟県糸魚川産(低温乾燥材)

試験体寸法：貫 t21×h80/h90/h100/h110

幕板 t27×(h 貫に同じ)

仕口形状：3 枚ホゾ接着剤併用

ホゾ無し接着剤併用

接着剤：ユニシ ボンド SX500

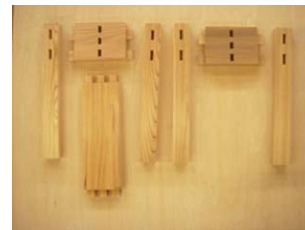
変性酢酸ビニル樹脂

(常温硬化型接着剤)

※杉の家具にはビスが有効でないため、本試験ではビス+接着剤の検討は行っていない。

試験体製作状況

脚付きの試験体の仮組みから接着までの過程



曲げ試験

試験速度：10mm/min



※最終的な破壊状況を確認するため荷重 1kN まで試験実施

引張試験

試験速度：2mm/min



試験結果、考察

曲げ試験による破壊応力の確認

<u>H80 (21×80)</u>
破壊荷重 7.25kN (4.31 N/mm ²)
<u>H90 (21×90)</u>
破壊荷重 7.01kN (3.71 N/mm ²)
<u>H100 (21×100)</u>
破壊荷重 7.50kN (3.57 N/mm ²)
<u>H110 (21×110)</u>
破壊荷重 7.68kN (3.72 N/mm ²)

引張試験による破壊応力の確認

<u>H80 (21×80)</u>
破壊荷重 4.80kN (2.86 N/mm ²)
<u>H90 (21×90)</u>
破壊荷重 4.85kN (2.56 N/mm ²)
<u>H100 (21×100)</u>
破壊荷重 5.60kN (2.67 N/mm ²)
<u>H110 (21×110)</u>
破壊荷重 5.80kN (2.51 N/mm ²)

以上の試験を、4種類の試験体で行った結果、曲げ試験においては破壊荷重約7kN～7.7kN（単位面積あたりでは約3.6～4.3N/mm²）での破壊が確認され、引張試験においては約4.8kN～5.8kN（単位面積あたりでは約2.5～2.8N/mm²）での破壊が確認されました。曲げ試験においては一部材料強度のばらつきによる数値が確認され、材料強度の影響も大きいことが分かりました。

これらの試験結果より、曲げモーメントが生じる場合には単位面積あたり3.5N/mm²、引張力が掛かる場合には2.5N/mm²を超える場合に破壊が生じる事が確認されました。

また、過去のモックアップによる繰り返し衝撃試験(5,000回の耐力試験)では単位面積あたり3N/mm²を超える応力が加わった際に試験不合格だった事から、曲げ限界応力を単位面積あたり3N/mm²、引張限界応力を単位面積あたり2.5N/mm²を下回る数値を現段

階での設計数値とします。なお、繰り返し試験による疲労破壊と今回の試験結果との比較は今後の検討課題とします。

仕口部分の曲げ応力 $\sigma < 3.0\text{N/mm}^2$

仕口部分の引張応力 $\sigma < 2.5\text{N/mm}^2$

学童家具のモニター結果

対象：新潟県長岡市立表町小学校

1年生2クラス38人

期間：2011年4月～2012年3月



H24年3月前半時点でのモニターにおいて学童机椅子共に主構造部に大きな損傷はみられませんでした。ただし、天板ガイドの一部(全機の5%)が損傷するなどの問題が発生したため改善策を検討しています。

さらにH24年3月時点での担任の先生方からのヒアリング結果と対応策を下記にまとめました。

- ①現在の天板では、プリントに文字を書く際に下敷きが必要なため不便なので天板表面を、傷が付きにくいものにして欲しい。
→一般家庭に比べハードに使用する環境で表面に傷が付きやすいため、PET樹脂のコーティングでの解決を検討しています。

②安全面から考えて蓋式の机よりも引き出し式の机の方が良い。

→以前に開発した引き出し式の机を再度開発し、蓋式と引き出し式の2パターンから選べるようにします。

③ささくれ等ができ棘が刺さる場合がある
→木口部分の仕様を再検討し、面取り、補強部材等により解決を目指します。

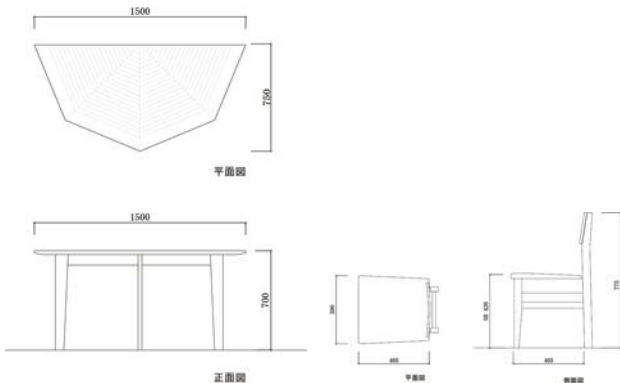
学童家具においては、モニター終了後に全ての要望を集約し新たな学童家具を開発する予定です。

新たな家具の提案

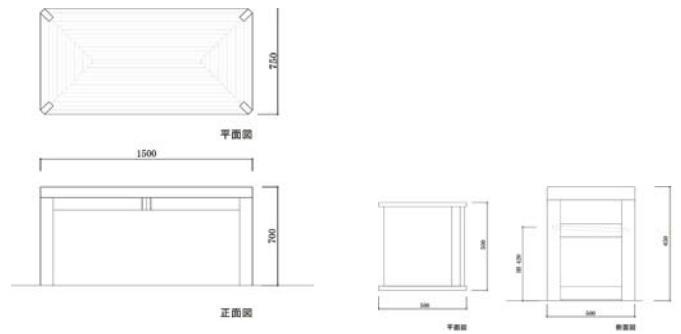
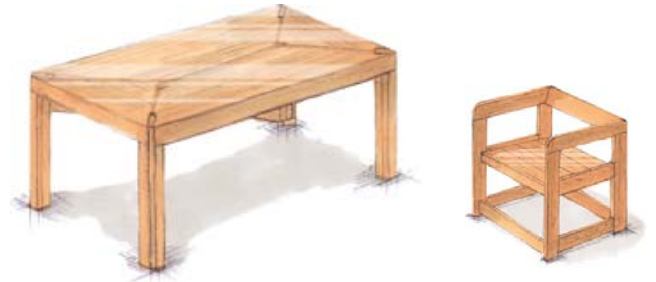
この家具は、H24年1月（設計用数値はこの時点での安全側の数値を採用）に新潟県長岡市立宮内中学校の多目的ホール用の家具として設計したもので、長岡木工家具協同組合が製作しました。

山北産の杉を使用し、多目的ホールのため一般の方が座ることも想定しています。

デザイン案1



デザイン案2



採用案（デザイン案1）の完成写真



おわりに

杉の木の家具にはメリット・デメリット両面がありモニタリングでは欠点の指摘が少なくありません。そこを如何に克服し特長を生かすデザインが出来るか、これからの課題とユーザー側への啓蒙によって新分野への事業拡大が可能になることを願っております。