

新しい木質構造材料に要求される性能

- 様々な環境下における道産 形梁の性能評価 -

大橋 義徳

キーワード：木質構造材料， 形梁，建築基準法，性能評価

はじめに

木造住宅の主要構造部である壁，床，屋根は，一般に，柱や梁などの軸材料と床下地や壁下地などの面材料で構成されています。軸材料には製材，集成材，LMなどが，面材料には合板，OSBなどが用いられており，これらをまとめて木質構造材料といえます。

木質構造材料には，常に人，家具，積雪などの荷重が加わり，ときには地震や強風のように大きな外力も加わります。使用環境は，夏の高温多湿から冬の低温乾燥まで様々であり，施工時には雨に濡れることもあれば，部位によっては防腐処理されることもあります。それでも，数十年もの長期間，十分な強度と剛性を発揮し，住む人の生命と財産を守り続けなければなりません。

そこで，木質構造材料がその大きな役割を果たすためには，設計者には無理な力がかからないよう適正な設計が，施工者には部材の強度と耐久性を損なわないような適切な施工が求められます。そして，材料供給者には製造時の品質管理とともに，材料性能の把握が求められます。

平成 12年 6月に建築基準法が改正され，新しく木質構造材料を開発する場合，様々な環境における性能の把握が法的に義務づけられました。今回は，改正の概要と性能評価の具体例として道産 形梁に関する試験を紹介します。

建築基準法の改正

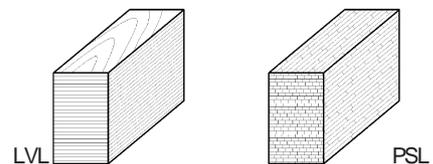
今回の建築基準法の改正では，阪神・淡路大震災を教訓に，耐力壁を偏りなく配置する方法，柱と横架材の接合部の補強方法などが例示され，部分的に仕様規定が強化されました¹⁾。しかし，全体としては，構造上安全であることを実験や構造計算で確かめられればどんな仕様でもよい，という性能規定化が進められました。そして，構造計算を行うには，材料や接合部の強度性能が不可欠であるため，従前よりも，様々な強度性能の把握が要求されるようになりました。

また，JASやJISが定められていない新しい建築材料は，従前の「38条認定」と同様に第3条で国土交通大臣認定の取得が義務づけられ，要求される性能項目は従前よりも格段に増えました。現在までに，特殊なコンクリートや鋼材など19種類の建築材料が指定され，そのうち，木質系の指定建築材料には以下の4種類が挙げられています(図1)。

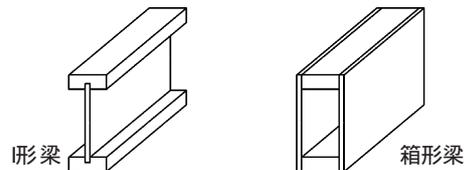
木質接着成形軸材料(第10号建築材料：木材の単板や小片を集成接着した材料，LVL・PSLなど)

木質複合軸材料(第11号建築材料：木質材料を接着剤により 形，角形などの形状に複合した材料，形梁・箱形梁など)

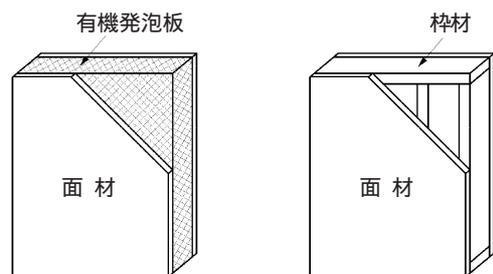
木質断熱複合パネル(第12号建築材料：有機発泡板の両面に構造用面材を接着したパネルで枠材のない



【10号 木質接着成形軸材料】



【11号 木質複合軸材料】



【12号 木質断熱複合パネル】 【13号 木質接着複合パネル】

図1 木質系の指定建築材料

もの、木質パネル工法の壁や床構面に用います)

木質接着複合パネル(第13号建築材料:木質材料を使用した枠組に構造用面材を接着したパネル、木質パネル工法の壁や床構面に用います)

指定建築材料に要求される性能

以前は、認定取得に必要な性能項目と試験方法を知るには、性能評価機関が定めた技術規程²⁾しかなく、その内容も詳細ではありませんでした。しかし、今回の改正では、建設省告示第1446号で品質基準が詳細に示され、データの精度と信頼性さえ十分ならば自社データでも認定取得が可能となりました。

木質系の指定建築材料4種類に要求される品質基準³⁾を表1に示します。印が要求される性能項目です。品質基準1,2では、構成部材や接着剤の品質を受入時の関係書類によって確認することを要求しています。3~10では、建築材料を利用する上で必要な寸法精度、強度、剛性、物性を要求しています。11~16では、使用環境や長期载荷によって生じる強度や剛性の低下を調整係数として把握するように求めています。従前ではここまでの要求はなく、3条認定の大きなポイントと言えます。各調整係数の概要を以下に説明します。

【含水率の調整係数】

木材の強度と剛性には、含水率が高くなると低下し、繊維飽和点(含水率約28%)を超えると一定になるという性質があります。構造材料の使用環境が常時あるいは断続的に湿潤状態となるおそれのある場合、この調整係数を求める必要があります。当該試験では、乾燥条件(温度20 相対湿度65%,平衡含水率12%)に対して常時湿潤条件(同20 95%,24%)あるいは断続湿潤条件

(同20 85%,18%)で吸湿させたときの強度と剛性の低下率を求めます。

【事故的水掛かりを考慮した調整係数】

構造材料は、施工中の雨や完成後の事故的な漏水、浸水などで水に濡れるおそれがあります。当該試験では、72時間の片面散水処理を行い、強度と剛性の低下率を求めます。

【防腐処理による力学特性値の低下率】

住宅の土台や床根太などに使用する際に、注入あるいは塗布により防腐処理を行う場合があります。当該試験では、防腐処理による強度と剛性の低下率を求めます。

【接着耐久性に関する強さの残存率】

木材の接着性能は、水分が変動するときの膨潤収縮による内部応力や熱による化学的劣化など、いくつかの要因によって長期使用の間に低下するおそれがあります。当該試験では、促進劣化処理として煮沸処理および減圧加圧処理を行い、強度の残存率が50%以上あるかを確認します。

【荷重継続時間の調整係数】

木材は、一定荷重を継続的に掛けると時間の経過とともに変形が増加する、いわゆるクリープ現象を起こします。そして、荷重が限度を超えて大きくなるとクリープ破壊を起こすようになり、荷重継続時間が長くなると、より低い荷重でも破壊するようになります⁴⁾。現行法規では、50年間荷重が継続した木材の強度は、短時間の実験で求める破壊強度の55%まで低下するものと見なします。当該試験では、破壊強度より低いレベルの荷重を3つ以上設定して各試験体に与え、破壊に達するまでの時間を計測し、50年後の強度低下を予測します。

【クリープの調整係数】

木材は、クリープによって気乾状態で初期変形の約2倍、湿潤状態や乾湿繰り返し状態で約3倍にまで変形が増加すると考えられています⁵⁾。現行法規では、木材を床梁として長期間使用する場合、剛性が1/2まで低下するものと見なして変形計算することになっています。当該試験では、35日間以上のクリープ試験を行い、変形の増加率から50年後の剛性低下を予測します。

性能評価試験の具体例

最近、林産試験場では建設省告示に準じた性能評価試験を約半年がかりで行いました。試験対象は、当场で開発した道産 形梁という木質構造材料で、住宅の床根太や屋根たるきに用いるものです⁶⁾。すでに地元企業へ

表1 指定建築材料の品質基準項目

品質基準	10号	11号	12号	13号
1 各構成要素の品質	x			
2 使用する接着剤の品質	x		x	
3 寸法				
4 曲がり			x	x
5 含水率			x	x
6 曲げ強さ、曲げ弾性係数				
7 せん断強さ、せん断弾性係数				
8 めり込み強さ				x
9 面内圧縮強さ	x	x		
10 耐熱性能	x	x		x
11 含水率の調整係数				
12 事故的水掛かりを考慮した調整係数				
13 防腐処理による力学特性値の低下率				
14 接着耐久性に関する強さの残存率				x
15 荷重継続時間の調整係数				
16 クリープの調整係数				

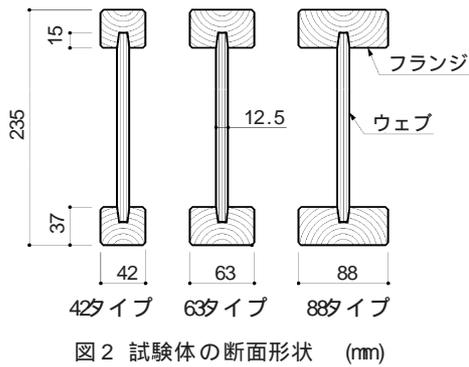


図2 試験体の断面形状 (mm)

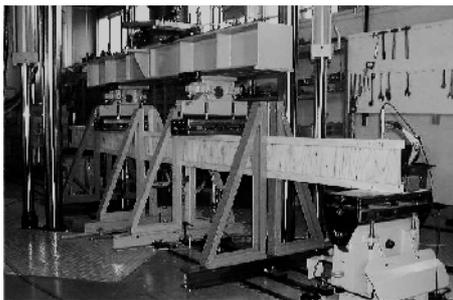


写真1 曲げ試験

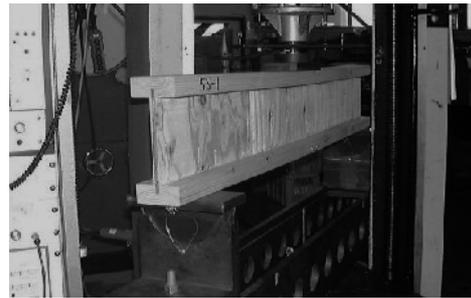


写真2 せん断試験

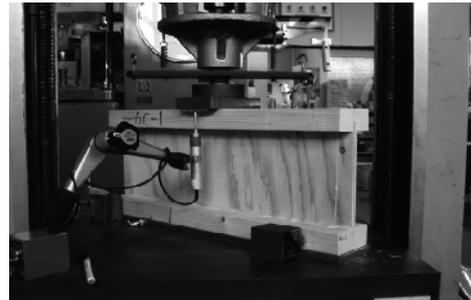


写真3 めり込み試験

技術移転しましたが、普及展開を進める上で大臣認定の取得が不可欠となったため、企業からの受託研究として取り組みました。

今回の評価では、形梁の用途を床組や屋根組と想定し、使用環境を断続湿潤状態で防腐処理有りという条件に設定しました。実施した試験項目は、形梁が第1号の木質複合軸材料に相当するため、表10の16項目のうち、1, 2, 9, 10を除く12項目になりました。試験内容と結果の概要を以下に示します。

【試験体】

道産形梁は、フランジ(トドマツ製材)とウェブ(カラマツ構造用合板)を「形」に接着したもので、フランジ幅によって3タイプあります(図2)。構成部材間の接合部位は、フランジのたて継ぎ部、フランジとウェブのかん合部、ウェブ間の継ぎ手部の3か所あり、すべて水性高分子-イソシアネート系接着剤で接着されています。

試験のために用意した形梁は、長さ8mで3タイプ各100本でした。強度試験をする試験体はすべて温度20 相対湿度65%で調湿しました。

【寸法曲がり含水率】

寸法(梁せいと梁幅)は±1.5mmの許容範囲内であり、曲がり(測定区間4mに対して約1mmと小さく、いずれも枠組壁工法構造用製材のJASに適合しました。含水率は、90本の平均値が9.6%でした。

表2 道産I形梁の力学特性値

	42タイプ	63タイプ	88タイプ	210材
最大曲げモーメント(kN・m)	4.9	6.3	7.2	5.1
最大せん断力(kN)	7.5	9.4	9.7	10.7
めり込み強さ(N/mm)	290	280	260	230
曲げ剛性(kN・m ²)	380	470	680	420
せん断剛性(kN)	1,250	1,370	1,370	4,760

注) 最大曲げモーメント, 最大せん断力, めり込み強さは5%下限値, 曲げ剛性, せん断剛性は50%下限値。210材はSPF甲種2級の計算値。

【曲げ・せん断・めり込みの力学特性値】

曲げ試験(試験スパンは3,800または4,200mm, 3等分点2点荷重, 写真1)では最大曲げモーメントと曲げ剛性を, せん断試験(試験スパンは1,200mm, 中央集中荷重, 写真2)では最大せん断力とせん断剛性を, めり込み試験(試験体長さは約500mm, 材長の中央部で鉛直方向に加力, 写真3)ではめり込み強さを求めました。試験体数は3タイプ各58本とし, 実験結果を表2に示します。枠組壁工法住宅の床根太やたるきに多用される210材の計算値と比較すると, 63および88タイプでは, 最大曲げモーメントと曲げ剛性が上回るものの, 最大せん断力とせん断剛性は下回りました。210材の代替として短いスパンで大きな力が集中するような場合には注意が必要となります。

【含水率・水掛かり・防腐処理の調整係数】

温度20 相対湿度85%の吸湿処理(含水率), 72時間浸せき処理(水掛かり), 防腐剤塗布(防腐処理)による低下率を求めるため, 3タイプ各10組の処理材と非処理

材について曲げ、せん断、めり込み試験を行い、力学特性値の比を求めました。水掛かりは告示では片面散水処理することになっていますが、当場には該当設備がなかったため、浸せき処理で代替しました。3タイプの平均値を表3に示します。含水率の調整係数が水掛かりや防腐処理よりもやや低くなる傾向が見られましたが、いずれの係数もおおむね 割程度の低下にとどまりました。

【接着耐久性に関する強さの残存率】

煮沸処理または減圧加圧処理による低下率を求めるため、10組の処理材と非処理材についてせん断試験とフランジの引張試験を行い、強度比を求めました(表4)。いずれの残存率も0.5以上であり、告示の基準を満たしました。

【荷重継続時間の調整係数】

長期荷重試験機(曲げ、せん断、めり込み試験用各3機、写真4)を用いて、破壊強度の70~90%に相当する荷重を掛けて、破壊を生じるまでの荷重継続時間を計測しました。試験体数は3タイプ各10体とし、3タイプを併せて解析した結果を表5に示します。調整係数は、現行法規の木材の値である0.55を上回り、強度低下が少ないという結果になりました。

【クリープの調整係数】

長期荷重試験機(曲げ、せん断試験用各3機)を用いて、破壊強度の33%に相当する荷重を35日間掛けて、スパン中央たわみを計測しました。試験体数は3タイプ各3体とし、3タイプを併せて解析した結果を表5に示します。調整係数は、せん断たわみの割合が大きなせん断試験のほうが曲げ試験より小さくなりました。いずれも現行法規の木材の値である0.5を上回り、剛性低下が少ないという結果になりました。

おわりに

建築基準法で性能規定化が進められたことにより、新しい木質構造材料に要求される性能項目は格段に増えました。そして、これらの性能を実大材料で求めるには、大規模な処理装置や長期荷重試験機、多くの試験体数が必要となりました。そのため、法改正から5年以上経過した現在も、木質系で新規の認定取得事例がなく、結果的には新材料へのハードルが高くなったと言わざるを得ません。

しかし、今回の 形梁の評価事例によって、これらの性能を把握する具体的手法を明らかにすることができました。最近、別の企業で開発した木質複合軸材料につい

表3 使用環境に関する調整係数

	含水率	水掛かり	防腐処理
最大曲げモーメント	0.90	1.00	0.90
最大せん断力	0.88	0.93	0.96
めり込み強さ	0.90	0.98	0.92
曲げ剛性	0.91	0.99	0.98
せん断剛性	0.75	0.92	0.97

表4 接着耐久性に関する強さの残存率

	煮沸処理	減圧加圧処理
最大せん断力	0.82	0.81
引張強さ	0.95	1.00

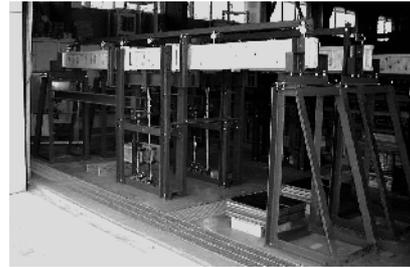


写真4 長期荷重試験装置

表5 荷重継続時間とクリープの調整係数

	荷重継続時間	クリープ
最大曲げモーメント	0.65	
最大せん断力	0.69	
めり込み強さ	0.68	
剛性(曲げ試験)		0.79
剛性(せん断試験)		0.65

ても同様の性能評価を行い、現在、道内企業2社でそれぞれ認定取得の準備を進めています。新材料に関して様々な性能を把握することは、多くの労力を必要としますが、材料としての信頼性の向上、ひいては、利用範囲の拡大につながるものと考えています。今回の取り組みが、今後の材料開発に少しでも役に立つことができれば幸いです。

参考資料

- 1)大橋好光：建築知識，200年1月号，109-111(2001)。
- 2)日本建築センター：“低層建築物の構造耐力性能評定に関する技術規程案(木質系)”(1999)。
- 3)日本ツーバイフォー建築協会：“枠組壁工法建築物構造計算指針”，208-209(2002)。
- 4)日本建築学会：“木質構造設計ノート”，31-36(1995)。
- 5)日本建築学会：“木質構造設計規準・同解説-許容耐力度・許容耐力設計法-”，154-155(2002)。
- 6)大橋義徳：林産試だより，11月号，6-9(2002)。

林産試験場 加工科)