

第15回木質ボード・木質複合材料シンポジウム [I]

(社)日本木材加工技術協会関西支部

第15回木質ボード・木質複合材料シンポジウムを平成11年3月11日～12日にかけてメルパルク大阪において開催した。木質ボード製造、機械および接着剤などのメーカーの技術者、公的試験研究機関、大学の研究者や関係者が参加し、活発な討論がなされた。第15回を記念しての特別企画および討論会の内容は以下のとおりである。

第1日目 3月11日(木)

Session I 特別企画「木造住宅の合理化システム・パネル化システム」

日本住宅・木材技術センター 飯島敏夫 氏

住まいとして数多くの優れた性質を有する木造住宅、特に木造軸組構法による生産供給システムは、他の構法に比べて遅れている。木造住宅の振興を図るための様々な対応策が講じられており、木造住宅の受注・設計・生産・供給などの合理化が強く求められている。平成元年度から合理化システムをセンターの認定事業として実施しているが、この認定事業は、日本建築センターの工業化住宅やベターリビングのBLマークを、62年に制定された建設省の「建築物性能等認定登録規程」に準じて実施しているものである。平成4年までは公庫の標準性能の基準以上の標準性能タイプだけであったが、5年からは公庫の高耐久性能仕様の基準以上の高耐久性能タイプが新たに加わり、平成9年度での前者の認定数は32件(4割)、後者は67件(6割)に達している。平成9年度の木造住宅合理化システムの供給数は251で、合計13万戸を超えている。各年度毎では、平成8年度は163システムで3万3千戸、この年の住宅建築着工数は163万戸、この内、木造軸組構法は61万戸であるが、この中で3万戸(約5%)をこの合理化システムで供給したことになる。平成9年度の木造住宅建築着工数は大幅に低下したが、このシステムの供給は3万戸を維持しており、木造軸組構法

の約7%を供給していることになる。また、住宅性能保証登録機構の登録制度を活用している工務店が増えている。

合理化システムでの主な新材料としては、床、壁、屋根等のパネル化、特殊金物、構造躯体にエンジニアードウッド(EW、構造用集成材、構造用LVL、パララム)があり、これらは住宅金融公庫の仕様書には具体的に記載されていないものである。合理化システムとして平成9年度に認定された99のシステムの内、パネル化は85、構造用LVLは64、金物は60システムであり、年々増加の傾向にある。350システムの内、約7割がパネル化であるので、合理化=パネル化といっても過言ではない。また、金物およびEWは、それぞれ4割が合理化システムで使われている。すなわち、合理化システムの中で床、壁、天井、屋根をパネル化したり、仕口や継ぎ手の接合部を金物に置き換え、構造躯体に製材から集成材に置き換えることがあたりまえとなりつつある。パネルには、公庫の高耐久性能タイプとして紹介されている外壁通気構法として断熱材、発泡スチロールに凹凸を付けて空気を下から上に逃がす工夫をしたものや、アルミサッシや電気配線をしたようなパネルが工場で作られ、現場ではそれを結合するだけであり、技術管理や施工も一定となる。

壁パネルはシステムの内9割以上が採用し、床パネルは6割程度である。床パネルは、断熱材や枠材を内蔵した複合部材で工場生産されたものが多いが、数年前から受け材がない、あるいは根太レス工法といった24、28、32mm厚の構造用合板、中にはスギ・パネル、スギ板をさね削ぎして3×6サイズとしたものなど厚板を面材としているものがある。屋根、天井、軒天、庇などのパネルは少ない。また1システム中に、壁と床あるいは床と屋根のように2種類以上のパネルを使っている

ものが多い。壁パネルは耐力壁が多いが、間仕切壁は少ない。

木造軸組構法には大壁と真壁仕様とがあるが、2×4工法にはない。建築基準法にも告示1100号に書かれている面材を構造材に直接打ち付ける大壁仕様、3cm×4cm角の受け材をN75で打って額縁が主要構造材となり、この2種類を耐力壁とすることができる。また耐力壁パネルに筋かいを入れるものもある。

パネルを用いると、①住宅建設工期の短縮、②施工のバラツキが小さい、③現場での廃材や騒音が減少、④高断熱化や気密化が容易、⑤工場生産であるので品質が向上、⑥剛床の確保、高倍率の壁が確保でき、さらに⑦諸性能の付加価値がつけられるなどの特長がある。

耐力壁に最も多く用いられている材料は構造用合板であり(約30%)、外周部の耐力壁に構造用合板、内部耐力壁に筋かいといった2種類を用いるものが約2割を占めている。またOSBの使用も多くなる傾向にある。

パネル化の条件としては、まず加工方法のルール化がある。部材断面の種類が多いとパネル化しにくい。350の合理化システムのうちの99%は機械プレカットであり、手加工はなく、また全て乾燥材を用いている。構造部材を統一してできるだけ横架材を1種類に、また胴差しを1種類にするとパネルの高さは全て1種類となり、パネルの種類が減る。一方、流通の問題がある。大手のプレハブあるいは2×4メーカーは100%パネル化したいとしているが、8～9割しかできないのが現状である。これはどの地域に住宅を建てるかによっており、東京は特にパネル化しにくいところである。パネルを運ぶ2～4トントラックが常に現場近くに控えていなければならない。トラックやパネルを置く場所がない。それ程大きいパネルだと現場に入ることができない。その場合にはどうしても手加工とせざるを得ない。地方の方がパネル化し易いが、エンドユーザーが認識していないし、受け入れられにくいのが現状である。今後性能が重視されるようになれば、それに見合うものとしてはパネル化であろう。

合理化システムの中で耐力壁として何を使うか、

建築基準法での最低耐力壁の量を満たさなければならぬ。木造軸組構法での筋かいを使う割合が非常に少なくなっている。外周壁に構造用合板、OSBを使うことが多く、在来構法のネックは内部耐力壁に構造用合板やOSBを用いることができないので筋かいを使っている。

公庫の仕様書には仕様規定があり、耐久性タイプであれば必ず12cm以上にしなければならないし、床下換気口を設けなければならないとか、平成9年までは火打ち材は必ず入れなければならないなど、すでに構造安定性が確認されたとしても、公庫仕様書にあるために入れられなかったものを、この合理化システムははずすことができる。350システムの内約7割が火打ち材を省略している。

景気の落ち込みにより、平方米当たりの供給価格は年々低下しているが、平成9年では、従来住宅が14万円/㎡であるのに対してシステム住宅は132千円/㎡(39万円/坪)で供給されている。

Session II 木質住宅の耐力壁としての 木質ボード

1. 「面材張り耐力壁について」

京都大学木質科学研究所 小松幸平氏

耐力壁は、柱、横架材、土台、筋かい、間柱、壁材料(面材)等で構成された耐力を受け持つ構造要素で、積雪、自重、積載荷重等の鉛直力を伝える他、地震や台風による水平荷重に抵抗して、住宅が過度にせん断変形やねじれ変形をしたり、転倒、破壊を防止する重要な役割を担っている。耐力壁としては、土塗り壁、木ずり壁、筋かいを入れた軸組、構造用合板等の面材を打ち付けた軸組などがある。

最近では、木造在来構法住宅においても、面材張り耐力壁が幅広く取り入れられるようになり、建設省告示1100号も少しずつ内容が改訂されてきている。例えば、平成8年度の段階では、大壁仕様による面材張り耐力壁としての面材としては、構造用合板、パーティクルボード、構造用パネル、ハードボード、硬質木片セメント板、石膏ボード、シーリングボード、ラスシートなどが、真壁仕様受け材タイプおよび貫タイプの場合には、面材として構造用合板、石膏ラスボード、石膏ボードな

どが用いられ、それぞれ釘の種類と釘の間隔、壁倍率などが規定されている。

耐力壁の担うべき最も重要な役割は、地震や風による水平荷重に抵抗し、建物のせん断変形を最小限にとどめ、建物の倒壊を防止することである。この耐力壁の性能評価に用いられるものが壁倍率であり、せん断変形角がある特定の角度まで横から荷重をかけたとき、すなわち、130kgf/m までかけたら 1/120rad. になるような性能をもっている壁を倍率 1 としている。昭和25年に建築基準法ができた時は 1/60rad. であったが、現在の在来構法では 1/120rad. とか 1/150rad. とされ、それだけ壁の性能が上がっていることを示している。

壁耐力の試験法としては、日本式は壁を土台に固定して上端に荷重をかけてせん断角を測定する方法（片持ち梁形式）で評価している。枠組壁工法が北米から導入され、この場合にはプラットホーム構法であり、床が各階で分かれており、床の拘束力が大きい。日本式では水平力が加えられると土台が持ち上がってしまうが、プラットホーム構法の場合は床の拘束力が大きく、床の持ち上がりが比較的少ない。また面材の純粹のせん断能力を測定する目的で、持ち上がりを防止するタイロットを入れた方法（米国のASTM法）が導入され、面材張り耐力壁のせん断性能はこの方法で評価されている。この他に面材の上から一定荷重（200kgf/m）を負荷した荷重載荷法がある。

せん断試験を行って耐力壁の倍率は次式で算出される。

$$\text{壁倍率} = \frac{3}{4} \times \frac{Pa}{\ell} \times \frac{1}{130} \times \alpha$$

ここで、3/4：データのバラツキによる低減係数、130：倍率 1 の耐力壁の基準耐力（kgf/m）、 ℓ ：耐力壁の長さ（m）、 α ：低減係数で、主として面材釘耐力の耐水劣化特性、その他を勘案する、Pa：短期基準せん断力で、次のように決定される。

1) 枠組壁工法の場合

真のせん断変形角が 1/300rad. 時の荷重（kgf）、

2) 在来軸組構法の場合

見かけのせん断変形角が 1/120rad. 時の荷重、

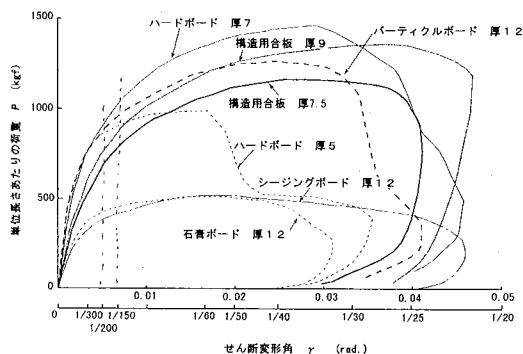
3) 建認大臣認定を受ける場合

これは新しい面材を開発して大臣認定を受けた場合で、1/120rad. または 1/300rad. 時の荷重、最大荷重を安全率 1.5 で除した値、最大荷重時の変形角の 1/2 に対応する荷重、これら 3 つの値の最小値を用いる。

この耐力壁の壁倍率の値は、木造住宅の簡易耐震設計法の基準となる重要な因子である。

耐力壁の面材として用いられる構造用合板、OSB および火山性ガラス質複合複層板（VSB）の性質を比較してみると、ヤング率はいずれも似たりよったりであるが、せん断弾性係数は合板が 4 t/cm² であるのに対して、後の 2 つは、それぞれ 11~13、10t/cm² である。耐力壁としてパネルせん断力をうけた場合はボード自体はせん断変形し難いことを示している。しかし、実際には釘打ちされているので、釘の軸がボードにめり込む変形によって性能が決まってしまうので、釘の側面抵抗が重要となる。この値は木質系が無機質系に比べて大きい傾向がある。また、OSB の厚さ膨張率が大きいことも考慮する必要がある。

第 1 図は、各種面材張り耐力壁の単位長さ当りの荷重とせん断変形角の関係を示している。構造用合板の耐力壁の初期剛性は、ハードボードやパーティクルボードに次いで高く、変形角が 1/30 まで耐力が上昇している。ここには示していないが、OSB も合板と類似の挙動を示す。ハードボードの初期剛性は最も高いが、変形角 1/60 までは耐力が上昇し、それを超えると急激に低下する。パーティクルボードの初期剛性はハードボードに近いが、変形角が 1/40 程度に至るまで耐力が上昇し、1/30 を超えると急激に低下する。また、ハ



第 1 図 各種面材張り耐力壁の荷重—せん断変形角の関係

ードボード、パーティクルボードともに変形角1/300または1/150の時の耐力に比較して最大耐力がやや小さい。

石膏ボードの場合は変形角が1/60～1/50付近までは耐力が上昇し、1/40を超えると低下が著しくなる。1/300付近から釘回りの損傷が、また繰り返しの劣化がみられる。シーリングボードも石膏ボードと類似しているが、変形角1/25を超えるまでは耐力が緩やかに低下する傾向を有している。

2. 「構造部材としての MDF」

ホクシン(株) 王 潜 氏

木材資源の枯渇、特に合板適木の減少、さらに環境保護政策により、合板の品質低下や安定供給の問題から、合板にかわる木質ボード類の需要が増すものとみられている。その中でMDFは表面や木口が緻密で、化粧性や切削加工性に優れているので、家具や木工用として多く用いられている。また最近では、製造技術が進歩し、特にメラミンやイソシアネート樹脂の使用により高強度で、寸法安定性、耐水性や耐久性に優れたMDFが開発され、構造用材としての用途開発がなされた。ここでは、耐力壁に用いる構造用MDFについて紹介する。

第1表に、当社で開発した構造用MDF (Mタイプ) の基本物性を示したが、MOEが構造用合板に比べてやや低いが、合板の方向性とバラツキ等を考慮すると、力学的にはあまり問題がない。また、ASTMの促進劣化試験や10年間の屋外暴露試験による接着耐久性についても検討したが、合板に勝る優れた耐久性を示した。LW改良法に

より求めた構造用MDFのせん断弾性係数とASTM法により求めたせん断強度も合板に比べてかなり大きい値を有している。また、耐力壁の面材固定に使用される釘は、枠組壁工法にはC N50、軸組構法にはN50であるが、釘側面抵抗と釘頭貫通力ともに、他の構造用パネルと同等の性能を有している。耐蟻性および耐朽性についても、構造用合板やOSBに比べても非常に優れた性能を有している。

なお、すでに当社の7と9mm厚の構造用MDFについては耐力壁の面材としての建認大臣認定を取得しており、壁倍率として軸組構法で2.5、枠組壁工法で3.0の告示認定値を得ている。また構造用MDFを枠組壁工法の耐力壁に用いた戸建て住宅がすでに建設されている。この他、屋根下地、床下地への利用についても検討しており、性能的には十分使用できることを確認している。

第2日目 3月12日(金)

Session III リサイクル資源の利用システムと木質ボード

1. リサイクル資源の現状と将来

農林水産省森林総合研究所 原田寿郎 氏

わが国の森林面積は約2,500万haで、国土の67%を占めている。内訳は、人工林41%、天然林53%、無立木地5%、竹林1%である。蓄積量は約35億m³で、人工林が54%を占めている。人工林の蓄積約19億m³のほとんどが針葉樹で、スギ58%、ヒノキ21%、カラマツ9%、マツ類8%となっている。人工林面積の約7割が35年生以下の育成途上にあるが、経済的な理由から除伐や間伐など十分な保育は行われていないのが現状である。

一方、平成8年の木材の需要量は1億1,400万m³で、その内約9,000万m³が輸入されており、したがって自給率は21%である。需要の内訳は、製材用44%、パルプ・チップ用38%、合板用14%である。

利用可能な未利用資源は、里山広葉樹やササ等の資源、林地残材や工場残材で未利用のまま焼却あるいは廃棄されるもの、解体材や梱包材、古紙等でリサイクルされずに処分されるものである。

林地残材の内、約14千m³はチップとして利用されているが、国産材は丸太で取引され、枝条等は

第1表 構造用MDF (スターウッド) の種類と基本物性

厚さ (mm)	比重	MOR (kgf/cm ²)		MOE (tonf/cm ²)		圧縮強度 (kgf/cm ²)		せん断弾性係数 G (kgf/cm ²)		せん断強度 Ts (kgf/cm ²)	
		0°	90°	0°	90°	0°	90°	0°	90°	0°	90°
7	0.814	491	488	47	47	274	277	11845	106		
9	0.690	364	377	36	37	265	260	9788	82		
12	0.667	338	348	34	35	206	202	7700	105		
15	0.650	326	330	33	33	154	162	-	-		
18	0.641	308	319	31	32	186	184	-	-		
21	0.638	305	314	31	31	191	191	-	-		
24	0.631	289	302	29	30	158	160	-	-		

林地に廃棄されている。また平成8年度での間伐材は4,310千m³で、その内利用されたのは約半分で、残りは林地に未利用のまま放置されている。これらの林地残材量は年間約600~700万m³となる。

広葉樹蓄積量は約10億トンで、林道から500m以内で、用材やシイタケ原木を除いた利用可能なものは2億8千万トンとされ、伐期を30年とすると年に約900万トンの里山広葉樹の利用が可能とされている。また、竹やササなどでの年間の未利用資源量は、それぞれ、30万トン、300万トン程度になると見積もられている。

平成3年に木材工業で発生した木質廃棄物の総量は1,566万m³で、内訳は製材での鋸屑や背板などが1,281万m³、合板工場での単板屑や剥芯などが270万m³、集成材が15万m³である。これらの大部分はチップ等に利用され、焼却されるものは83万m³(5%)程度である。同年の木材工業以外から発生する木質廃棄物量は2,180万m³、その内訳は建築解体材が1,400万m³、新築廃材460万m³、パレット廃材250万m³、梱包廃材70万m³である。比重0.5とすると年間約1,000万トンとなる。

平成3年での再利用された木屑は200万トン程度で、全発生量の2割程度に過ぎず、大半が野焼きされているとみられている。平成7年の建設省の統計によると、建設発生木材は600万トンでリサイクル率は40%となっており、平成12年には90%

にまで高めることを目標にしている。

平成8年度の紙・板紙の生産量は30,013千トンで、古紙使用量は15,916千トンで古紙回収率は51%となっている。

以上をまとめると、林地残材、未利用樹材、竹やササなどの天然資源が1,500万トン、工場残廢材、建築解体材、古紙等で焼却されたり未利用となっているもの2,300万トン、総計3,800万トンに達することになる。

間伐材や林地残材の利用に際しては、それらの集材、搬出コストの低減が問題となる。枝条まで利用するためには全木集材する必要があり、さらに先山土場での造材プロセッサの普及、残材を林道まで運搬するプロセッサ・フォワード型収穫システムの開発研究が行われている。この場合の運搬経費は残材乾重1トン当たり1,538円と試算されている。ササについても森林総合研究所で連結装軌車両が開発され、2,000円/トンと見積もられている。また、里山広葉樹についても、初期成長が早くて省力的に再生産が可能な樹種への転換が計画されている。

木質廃棄物を余すところなく利用し、最終的にはエネルギーとして利用するまでのトータルシステムの構築が今後のリサイクルに課せられる課題である。

(文責：京都府立大学農学部 梶田 熙)
(1999.5.6受理)