

総説

[木材学会誌 Vol. 51 No. 1, p. 25-28 (2005)]

木材強度・木質構造に関する研究の現状と展望*1

大熊幹章*2

Trends and Views of the Study of Wood Strength and Timber Construction*1

Motoaki OKUMA*2

1. はじめに

50周年記念号の原稿依頼を受け、学会が設立されてから半世紀という長い年月が経過し、この間着実な発展を続けてきたことに会員の一人としてあらためて感慨深い思いにひたっている。今回に先立ち、40周年記念大会を当時の執行部として何とかクリヤーしようと皆さんで努力した日からも既に10年が過ぎてしまった。

さて、学術は日々進歩し、新しい道が眼前に広がって行くものであるが、私はこの学術の最前線から既に身を引き、頭も硬くなりつつあり、木材強度・木質構造分野における研究の現状を正しく把握し、将来への的確な展望を描くことは私にとって極めて困難な仕事である。この点からもっと若い真に研究を担っている方に原稿執筆をお願いするべきとも考えた。しかし、学会に木質構造という分野を展開させることにいささかなりとも関係してきた身として、50周年のこの時期にその流れと今後の課題について私なりの（古くさい）考えを述べさせていただく良い機会が与えられたのだと思いお引き受けした。紙面を汚すことにもなるがお許し願いたい。

2. 木質構造研究とそのスタート

まず、「木質構造」という言葉に触れておく。「木質構造」が「木構造」に替わって使われるようになったのはそんなに古いことではない。製材品のみで

はなく、これに加えて各種の構造用木質材料で主要構造部が構成される全ての構造、すなわち在来軸組構法はもちろん枠組壁工法、木質パネル構法、さらには今後開発されてくるあらゆる構法で組み立てられる構造体を「木質構造」と呼ぶことが杉山英男先生を中心とするこの分野の方々によって提案され、それが公の場で認められたのであった。「木構造」は在来軸組構法、そして製材品しか存在しない時代に木造建築構造を称した言葉であった。したがってともすると製材品のみによって組み立てられる在来軸組構法のみをイメージしてしまう。今、新しい木質系の構造用材料が開発され、それらを用いた新しい構法による建築物が実際に建てられるようになったとき、新時代を強調する言葉として「木質構造」を用いるようになっていったのである¹⁾。

さて、木材の物理的利用の大きな部分を建築用途が占める中で、昭和40年代半ばまでの林産学の物理的分野においては、木材の組織構造や強度・物性を調べるとともに木材の加工技術研究、そして木質材料製造とその材質向上を研究するところまでが守備範囲と考えられていた。事実、我々は木材・木質材料の建築への適用問題、さらには木質構造体としての住宅の性能に関わる問題に手を出す力と勇気を持ち合わせていなかった。しかし、木質材料を作るところまでが林産の分野という制約は外されるべきであるし、木材からスタートし、木材に還ってくる木造建築を指向すれば工学部の建築とは異なる存在の意義を見つけ出すことが可能であり、またこれが木造建築の発展にも資するであろう。

昭和48年、東大林産学科では教授選考人事と関連させてカリキュラムの中に構造強度や建築関連の科

*1 Received July 21, 2004; accepted August 30, 2004.

*2 (財)日本住宅・木材技術センター The Japan Housing and Wood Technology Center, Tokyo

目を導入していったが、この動きは全国の林産系大学に広がり、木材学会の中にも木質構造の分野が確立されていった。事実、昭和52年の第27回木材学会大会では、研究発表部門として強度分野は強度・木構造分野に改められ、さらに昭和58年の第35回大会（設立30周年大会）からは強度・木質構造部門とされ現在に至っている。なお、昭和59年1月の理事会で木材強度研究会は木材強度・木質構造研究会に名称変更することが提案され、承認されている。いずれにせよ、大学・学会のこのような動きは林産学を活性化し、社会からの要請を高めていったことはやはり事実であろう。企業、木材関連諸団体、そして林野行政にも大きな影響を与えたと思う。

今、木造建築が大きな曲がり角に来ているとはいえ、林産学の中で木質構造分野が確固たる市民権を得ていることが当然のことと考える若い研究者や学生諸君は多いと思う。しかし、本学会における木質構造研究の歴史は浅く、そして常に工学部の建築学との寄って立つところの違いを意識しなければならぬことを強調しておきたい。すなわち、ここではあくまでも生物資源としての木材が中心にあり、この木材からスタートして建築を巡って木材に還ってくる学術であるということである。したがってここでは森林・林業・製材業というどちらかと言えば厄介な足かせのようなものを引きずって行かなければならない宿命を負っていることである。

3. 木材強度研究から timber engineering 研究へ

以上述べてきたように、木材と木質材料を使って組み立てる木質構造研究が本格的に歩み始めるまでは本分野の研究は、細胞によって構成される直交異方体としての木材、さらには合板や集成材等の木質材料についての強度的研究が中心であった。その後、木質構造研究が大きく進展して行くわけであるが、この木質構造研究と木材・木質材料（強度）研究は車の両輪のように密接な関係にあることは当然である。したがって、応用学としての木質構造研究を支えるという目的から、木材強度研究は大きくその内容を転換して行かねばならなかった。すなわち wood についての強度研究から、実際に木質構造に使う lumber, timber, 製材品の強度研究に移行せざるを得なかったということである。wood で表現される概念はかなり抽象的なもので、それは節のない、木目の通った clear specimen を思い浮かべる。それは小試験体にならざるを得ない。ところが実際に建築に使う柱や梁材はもっと大きく、当然のことだが節、目切れなどの欠点を有する。このようなフルサ

イズの木材（製材品）についての強度研究が進められていったが、この研究は timber engineering の世界に広がって行く。生物材料である木材を、木質構造体を組み立てる材料として合理的に使用して行くためにはそこに高度なエンジニアリングの適用が不可欠であったということである²⁾。

すなわち、木材が本来的にもっている剛性の不足、材質の変動性、水分変化による収縮、膨張、割れの発生など使用上の不具合は、乾燥材への転換、非破壊検査による強度等級区分、スパン表等の設計仕様の準備、部材結合技術、さらには明快で合理的な構造計算システムの確立等々、timber engineering を深化せしめることによって対処する。このような研究開発が進められている。

生物材料である木材の最大の欠点は、材質のバラツキが大きく、合理的な設計に載せることが大変難しいことである。大工・棟梁の鍛え上げられた腕に頼らなければ適切な加工、施工が出来ないような材料では、使用に限界が出てくることは明らかであるし、信頼を寄せることもできない。木材を材質変動の少ない、信頼性の高い材料に転換する技術、そして材質の大きな変動をクリアする合理的な設計システム、利用システムの開発こそ本研究分野に課せられた中心的課題である。その方向として、木材の強度性能を確率論的に取り扱うこと、さらには材料の強度等級区分法を系統的に取り込むことが挙げられよう。前者については本特集の別項で木材・木質材料の信頼性というテーマで研究の動向と展望が適切に述べられている。また、この課題は木質構造の許容応力度による従来の設計法をより合理的な限界状態設計法に変換することに関わってくる。この事項についても同節で触れられている。

4. 新しい日本型木質構造の開発研究を

木質構造というと、在来軸組構法を始め枠組壁工法、(プレハブ)木質パネル構法、集成材構造、そして丸太組構法(ログハウス)等々、その区分がいろいろな場面で厳然としてなされてきた。しかし、このような分け隔ては、木材と木質材料を主要構造材として用い、構造安全性の高い長期にわたって耐用出来る建築物をリーズナブルな価格で建設するという本来の目的にとっては不要なことである。既存の枠にとらわれないで、各構法のよいところを集めて我が国の木材供給・住宅生産体系、そして各地域の気象条件や人々の住まい方に最も適合する新しい日本型木質構造の開発研究推進が今強く求められている。

それは国産材、特にスギ造林木を主な原材料として用い、在来軸組構法の柔軟性と地域密着性を生かし、枠組壁工法の dimension lumber を用いる systematic な部材の組み立て方を学び、そしてプレハブパネル工法の工場生産性とパネル使用技術を生かし、軸材料としての集成材利用の合理性を取り込んだものになるのではないかと私は考える。以下に新しい日本型木質構造を頭に描いたときにポイントになる事項について個人的な考えを示す。

①正角、平角材から厚板材へ

使用部材の断面は、乾燥が容易で mechanical grading がしやすいツーバイフォー材 (204材) のような厚板 (plank) 状の部材になるのではないか。このような厚板なら部材断面の統一化が可能であり、集成材のラミナや足場板などの共用も出来る。造林木、特にスギ材の齢級が進み丸太の径が大きくなって来たことから厚板材の木取り製材が容易になってきたという事情もある。

②スギ部材接合法などの再検討

従来の木質構造の体系は、ベイマツ、ベイツガ、そしてヒノキ材を対象にして組み立てられてきたようである。これに対して、スギ材は軽軟で強度剛性が低くめり込みが大きいこと、早晚材の比重の差が大きいこと、材質のバラツキが大きいこと、心材含水率が高く乾燥に手間がかかること等、エンジニアリングの適用という面から見ると全く新しい材料として取り扱う必要があるようである。特に、木質構造の最も重要なポイントである部材接合法について、スギ材接合に適した新しい技術開発が必須である。在来軸組構法においては部材の加工は機械によるプレカット加工へ大きく動いて行った。果たしてスギ材の仕口や継手接合にプレカット加工は最適なものであるか再検討すべきではなからうか。

③耐力壁と開口部の両立

住宅を始めとする木質構造においては、耐震性能、耐風性能を保持するために、建物内に所定の量の耐力壁をバランスよく配置しなければならない。この耐力壁を構成するには、通常、軸組に、構造用合板などのシーリング材を張り込むか、筋交いを打ち付けるか、いずれかの方法が取られる。いずれも水平力(せん断力)に対して有効な壁体が構成されるが、その面は閉め切り状態に閉ざされてしまう。

古来、我が国の住宅建設様式は、暑くて湿度の高い夏をしのぐために、また明るく開放感のある居住空間を得るために、外壁、特に南面に開口部を大きく取るものであった。すなわち、特別の建設コストを上乗せしない限り現状の技術では、建物の構造安

全性と引き替えに開放性や自由な間取りを犠牲にせざるを得ない。構造安全性を高めるために耐力壁を設置することと居住性向上のために開口部をキープすることは相反するものであり、この二つの事項を両立させる構法の開発研究が強く望まれる。

④布基礎、土台と床下換気

布基礎と土台の存在が住宅の構造安全性を高めていることは確かである。しかし、床下の換気を悪くし、土台や柱の下部、水回り部の床下構造の腐朽を早めることも事実である。特に、木材の防腐処理が環境に大きな負荷を与えることから、昔の独立基礎や高床式床構造を見直すことも興味ある研究テーマであろう。

⑤解体・部材交換・廃棄性の向上

地球環境時代の木質構造には、使用時の高性能、高信頼性が求められるのは当然であるが、それとともに解体、廃棄時の易分解性を併せ持つことが要求され、建設リサイクル法が施行される中で、これからは製造者、施工者の責任としてその処理が課せられることを十分に考慮に入れて行かねばならない。木質構造は解体、廃棄、そして部材交換が容易な構造に変換して行かねばならない。接着剤の使用、防腐・防虫剤の使用を再検討すべきであるし、クギ打ちによる接合も出来るだけ材を痛めずに取り外しの可能な接合具に変換させたい。建設時に使用される他材料、鉄、コンクリート、プラスチック、窯業建材等との分離が解体時に容易に行える構造を指向すべきであろう。

⑥木材-鉄 hybrid 構造の開発

木造建築には鋼製部材が多々使用されている。鋼製部材を用いないと木造は建たない、と言っても過言ではない。しかし、それらは接合具としての釘、ボルト類や金具、さらには鋼製トラスのような一つの部材としての利用であった。鉄筋コンクリートのように、鉄と木材が一体になってそれぞれの長所を生かし補う「木材-鉄 hybrid 部材」は未だ存在しないと云えよう。一例として2枚のスギ厚板の間に薄い鉄板を挿入させて造る鋼板挿入スギ合わせ梁は、このような新しい hybrid 材を実現しているものと考え³⁾。鉄板の所定の位置に一边を残して打ち抜いた切り込みを多数入れ、この部分を両面に交互に立ち起こし、ジベルのような刃を形成させ、この鋼板の上下にスギ厚板をおきプレスして刃をめり込ませて3素材を結合させて合わせ梁を造る。もちろんこの合わせ梁は縦使いされる。この hybrid 材では、中央の鋼板が接合材として働くと同時に合わせ梁の剛性を高める。構造体全体の剛性が高まると

ともに鋼板が構造体の中で網の目のように繋がっており、外力に対してちぎれない構造を実現している。このため建物の構造安全性の大幅な向上が期待出来る。この鋼板挿入合わせ梁を基本部材とする新しい木質構造、すなわちRW造（Reinforced Wooden Construction）開発への展開が期待される。この構造が、RC造（鉄筋コンクリート造）と同じように建築構造の中である役割を演ずる日が来るかもしれない。

以上、思いつくままに新しい日本型木質構造開発研究の課題の例を示した。ところがたとえこれらの技術開発研究が成功しても現在の法体系のもとでは建築許可を得るのに多くの時間と経費が必要であり、実際は実行不可能な状況にある。今後の課題として種々の条件下で生み出される地域に最も適合する材料、工法を正しく性能評価する手段と制度が整備されることを期待する。このためにもそれぞれの技術についてさらに多くの実験研究を進め、データを集積して行かねばならない。そのような進み方がやがて法令や基準に反映されて行くであろう。

5. おわりに—地球環境時代を迎えて木質構造に「簡秀技術」を適用する

20世紀は化石資源、金属資源を基盤におく工業化文明が開花した時代であった。今、この工業化社会が多くの問題を生み出している。そして地球環境保全の世紀を迎え、住宅構造についても新しい観点からの開発研究が必要と考える。その原点は、エネルギー消費の少ない昔のライフスタイル、環境負荷の大きい化学処理技術のなかった時代の木材の使い方にあると言っては言い過ぎであろうか。

ここで明確にしておかなければならないことは、昔の家に戻せということではない。新しい、むしろ最先端の技術、それは簡単で分かりやすく、かつ優秀な技術、すなわち「簡秀技術」と言われているが（東京商工会議所の提言による）、この技術を木質構造に適用する研究を進めたい。図1に示すように、technology（技術）は低級の段階から時代が進むにつれて先進的レベルに進んできたが、同時にその内

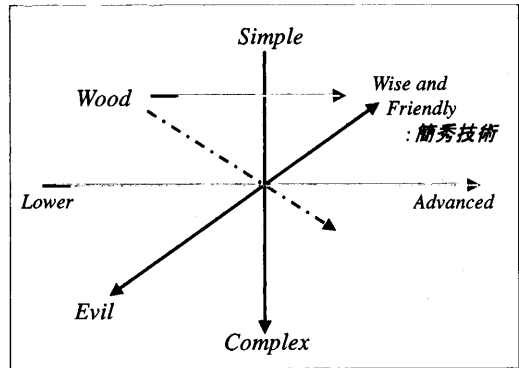


図1 技術の進化の方向

技術の進歩のレベルを横軸に（先進化の方向をプラス方向に）、技術の内容が複雑化する程度を縦軸に（複雑化する方向をマイナス方向に）座標を取って図を描いた。通常、技術の進化は一点鎖線で示すように進むが、近代技術には得てして悪魔（Evil）の方向に進む傾向がないとは言えない。木材と木質構造の技術の進化は横軸に平行に Wise and Friendly な簡秀技術をもって進化させた。

容は簡単で明快なものから複雑でよく分からないものになりがちである。悪くすると（エネルギーを大量に消費しながらレベルは低いなど）悪魔的な技術開発研究が行われていることもある。木材と木質構造の研究についても優秀でかつ簡単な（環境への負荷が少ないなど）技術開発研究になることを心がけたい。我々は20世紀が追い求めていた化石資源を基盤に置く、高度工業化文明とはひと味違う「簡秀技術」を木質構造に適用する研究を展開することに努めたい。

文 献

- 1) “木質構造建築読本”，木質構造研究会編，井上書店，東京，1998，pp. 12-13.
- 2) 杉山英男：“木質構造とともに”，杉山先生古希記念出版実行委員会編，東京，1995，pp. 42-45.
- 3) 田中 洋：第54回日本木材学会大会研究発表要旨集，札幌，2004，p. 201.