日本の木造架構史

第12回（最終回）

世界の木構造

増田一眞 | （株）増田建築構造事務所 代表取締役

木構造の出現

およそ5000年前、古代エジプト・メソポタミアにおいて、木構造の建築が実現する。ローマ時代には、石造壁の屋根に、木を架け渡した建築が現れる。1〜2世紀頃、ローマ皇帝が命じてつくらせたダニューブ河上の木橋は、当時の木造技術の水準を示している［図1］。

ルネッサンス時代、イタリアの建築家パラディオは、大スパンの木造トラスを歴史上はじめて出現せしめた［図2］。アメリカやロシアでは、大陸という、鉄道の敷設距離の長さから、また、橋の建設費を極力切り詰める要求から、鉄橋ではなく木橋が多用された。

1840年、アメリカに、全金属製トラスが出現する。上弦材は鋳鉄、下弦と斜材には錬鉄が用いられている。

ハウストラスは平行弦トラスを言い、中間のラチス材の剪断を上、下弦材が軸力を受持つ、典型的な合成梁である。ハウトラスは木造であるが、ウィップルは圧縮のみに働くことを仮定して、トラス各部の応力を図式的に求め、静定トラスの解法を確立した最初の人である。

鉄道技術の必要から、19世紀の中頃までに、イギリス・フランス・イタリアの各地にトラス型鉄橋が実現し、応力解析の方法も確立する。

アメリカの木構造はフレーム構造とログ構造［図3］の2つに大別される。17世紀ニューイングランドにその起源をもっている。そしてバルーン構法といわれる垂木構造に発展する。丸太の隙間はモス・草・泥などで埋めて、遮断性のよい壁をつくる。

屋根裏部屋まで入れる5階建ての木造建築が、中世ヨーロッパの各地に建てられている。筋違が、じつにうまく意匠化されていることや、叉首（さす）構造（トラス）が特徴的である［図4］。カスピ海沿岸の木造建築は、柱頭が太く、梁も基端で厚い、合理的な断面分布が特徴である。

木造大スパン建築

1914年、第一次世界大戦は、鋼鉄を軍事目的にまわすため、木造による大スパン建築の研究を促した。材と材を矧ぎ合せて、一体として働かせるためには、辷り止めのはたらきが必要であり、そのためにさまざまな金物が考案され、外から矧合目に向かって打ち込んだ。そうしたジベルの研究によって、細径の部材を集積して大径の木材を得ることができた（ジベルの最初の特許は1889年アメリカ）。

1915〜1928年にかけて、ドイツ・スイス・北欧・オーストリアの各地でさまざまな形式のジベルが開発され、大型木造建造物が飛躍的に発展する。そのほとんどはアーチとトラスである。最大スパン

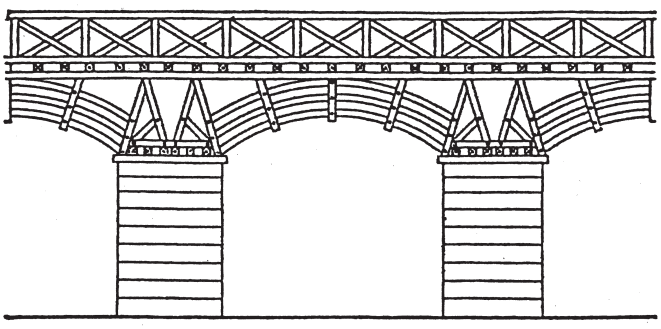

図1　ダニューブ河のトレイジャン橋

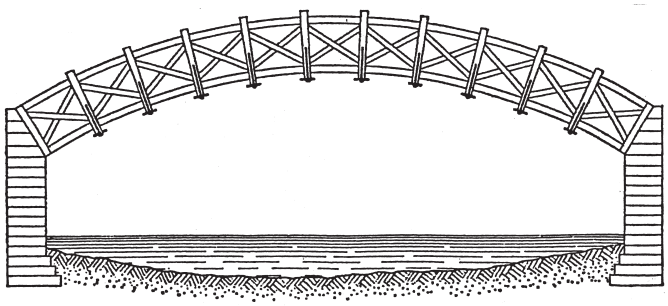

図2　パラディオのアーチ橋

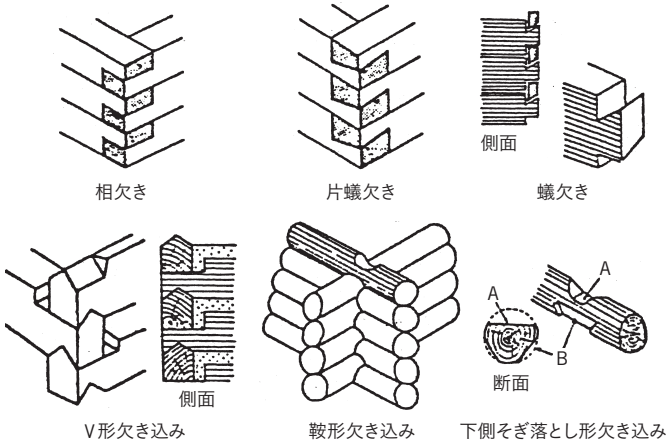

図3 ログ構法のコーナー・ジョイント

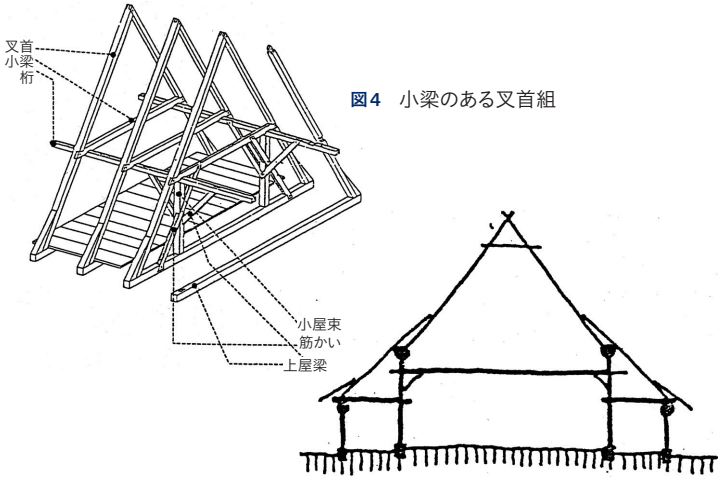

図4 小梁のある叉首組

図5 中世初期のホール型住居（ドイツ北部）の構造

300mの橋や140mのラジオ塔、スパン78mの大ホール、75,000人収容のスタジアムなどが木でつくられた。欧米各国では、いまでも木造大建築がつくられている。

1907年には、ドイツにおいて、カゼイングルーを用いた接着成分が研究され、1910年頃からスイス・ドイツで大スパン構造がつくられた。

接着剤の発達は集成材を生み出し、曲線木構造を解決する。わが国では1924年、内藤多仲がジベルの研究を行い、体育館などを設計した。

1937年、支那事変以降、侵略戦争に明け暮れ、鉄材不足から50mを超える大スパン構造にも木が用いられた。1944年、竹山謙三は、木材とその継手に関して長期荷重試験を行った。また、木製航空材研究が、主として海軍技術者によって進められた。竹山謙三の接着梁、棚橋諒の接着トラス、坂静雄の接着面構造の諸研究が見られる。

戦後は、後藤・杉山・辻井・森・谷・飯塚・今泉の各氏により、木質構造が研究され、接着構造や集成材の可能性が追究された。

伝統木構造の本来の姿

本来は立体構造で、柔軟でしなやかに抵抗する

わが国では、戦後、住宅復興を進める必要から住宅金融公庫制度などが創設され、公庫仕様が示す住宅が在来軸組構法として定着してきた。この構法は「在来」という紛らわしい呼称がついているため、伝統木構造の改良型と思い込んでいる人が多いと思うが、伝統木構法と在来軸組構法とは、本来まったく異質な架構システムなのである。このあたりのことが、戦後のドサクサで正しく伝えられなかったことが、わが国での伝統構法の継承にとって大変不幸な出来事であった。多くの有能な大工たちも戦死したりして、正当な継承が行われなかった。とりわけ、戦後の急激な復興へのあせりが、急ごしらえのバラック優先となり、正当な技術運用がおろそかにされた背景が著しい。戦後の混乱期は、後の平和な時期では信じられないほどの、あらゆる正しい発展が阻害されている。

在来軸組が伝統木造と根本的に異なるのは、伝統木構法が無数に持っていた水平材を、土台と桁を残すのみで、中間の水平材をすべてとり払ってしまったところにある。ところどころに、孤立した形で、垂直に近い斜材を入れただけである。戦後、工業高校の先生が、筋かいですらも、力を受けるとしなるように入れるのが正しい、と強調していたこと、阪神・淡路大震災で復旧に働いていた大工さんに、どうして在来のようなやり方の筋かいを入れないのかと問うたら、「アンナモノキクカ!!」と吐き捨てるように言っていたのが印象的であったのを覚えている。大工さんたちの間では、戦後に伝統のやり方はまったく断絶してしまっていたことは疑いない。

眞島健三郎が昭和のはじめ頃、「耐震構造への疑い」と題して新聞に投稿した記事も、突っ張る型の筋かいの入れ方はわが国の伝統の中には存在せず、変形させることでエネルギーを消費させるべし（そのような用語は一切使っていないけれども）という主旨のことを述べている。大工も学者も、基本的にこうした柔軟に耐えようとすることを、真の耐震性と考えていたことは、まず間違いないところである。筋かいそのものも、わが国では平安時代に一度現われるが、筋かいの力そのものが建物を壊すとして、いつのまにか立ち消えとなってしまっている。

この日本文化の根幹をなす、伝統木構法を担う大工棟梁は、その最高の技術と芸術、携わるにふさわしい第一級の人物であった。日本中の匠たちが競い合った結果として残されているのが、各地に残る名建築である。

ところが、この文化の根幹とも言える伝統木構法は、明治時代の近代化推進のために政府が招聘したコンドルなどの西欧建築家たちの目には、柱だけで壁のない日本建築がおそろしく脆弱な構造と映ったのであろう。彼らはその脆弱さを、①礎石を置いただけの基礎、②壁が少なく、独立した柱、③屋根が大きく重い、などを理由に挙げている。「筋かいのない日本家屋は脆弱」という西欧建築家たちの批判は風土性の違いをみない、的を射たものではなかったのに、彼らが教えた、たとえば東京大学造家学科（建築学科）の卒業生たちによっ

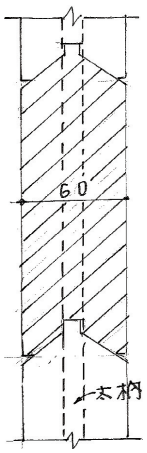

図6　板倉

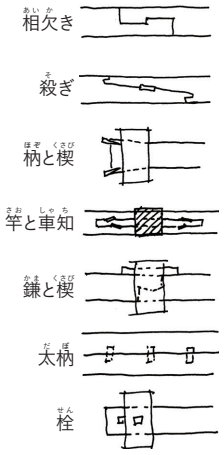

図7　継手・仕口の基本形

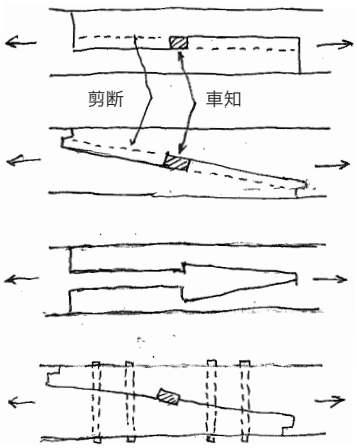

図8　引張伝達

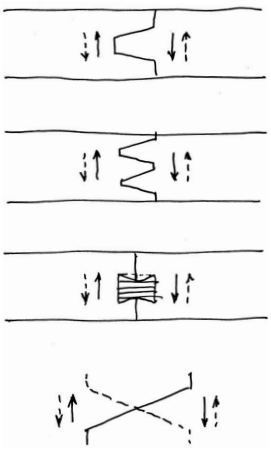

図9　剪断伝達

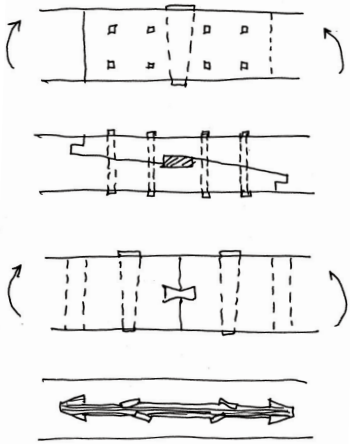

図10　曲げ伝達

て筋かいと金物を主流とする方向に、徐々に転換をし始めたのである。

西欧に「曲げ系」が出現するのは1920年代の大正期以後だが、わが国では、差鴨居通貫構法という「曲げ系」が普及し発達するのは12世紀以後なのだから、ここにも両者の歴史と風土の違いが、どちらが良いか悪いかの問題にすりかえられてしまった。そして無批判に西欧建築家たちに従い、いわば盲従したために、混乱が生まれ、それが現在にまで引き継がれている。

基本的構造のそれぞれの特徴

■ 接着法

天然の接着剤としては、飯粒をヘラでつぶした続飯や獣皮や獣骨からとる膠がある。

硬化するまでに時間がかかるので、補助のつなぎ材として、竹釘・木釘（堅木）などを用いる。

■ 厚板・板倉構法

天下の名工・田中文男が開発した、素晴らしい板倉構法も世に広める必要があると思うので、ここに紹介しておこう。

杉の厚板（60mm厚）を図のように加工して[図6]、次々に重ねていき、長い太枘を通して一体化するもので、筑波第一小学校体育館に使わせてもらった。木のもつ保温性や耐力性、耐久性、美観性など、この上ない長所、特性を備えている。板倉そのものは寒冷地の東北などにみられるが、大文（田中文男の愛称）方式ほど完璧なものはまず見当たらないように思われる。

■ 合成材

三部材以上を組み合わせて単材では得られない高性能の部材とすることを「合成材をつくる」という。トラスは合成材の一種である。いろいろな仕口で各材の抵抗を総合するとき、トラス以外に合成材が無数にできるのがわかる。合成材の多様化は、伝統技法の応用発展の一つの方向としてとても重要である。

欄間の紋様などの中に、発展させるべき方向のヒントとなるものを、たくさん見出すことができる。伝統紋様から線材でつくる面的な構造のヒントを得られる。

伝統構法の継手・仕口・矧合の特徴

1 木の弾力を活かして、堅木の車知、込栓、楔などで締め上げるプレストレス方式であるために、乾燥に伴うガタ付きを防いでいる。
2 四方八方から組み合わさった材相互の拘束により、互いに狂いやくせを相殺しあっている。
3 木同士の接触と内包により、互いに保護しあっている。
4 内部には複雑なメカニズムをもちながら、外観は極めてシンプルな表現となっている。
5 継手位置を選ぶことにより、架構に必要な応力伝達が可能である。
6 人間の心理にも、生理にもよく適合しうる、繊細で優美な架構となしうるよりどころをなしている。
7 構造即意匠の根源をなしており、組立方式であることから、建物の維持管理が容易にできることが特徴である。
8 組立方式であるため、解体、移築の作業が容易にできる。
9 立体架構であるため、部分取替、部分補修が容易にできる。これは長期寿命にしうる基本条件である。
10 継手・仕口に要する加工手間は、坪当り一人工であり、比重としてもわずかな上、今後の木工機の発達により、伝統の継手・仕口のすべてを機械加工が可能にすることだろう。
11 継手位置は、母材応力の小なるところを選び、継手のために架構耐力の低下を招くことのないよう配慮する。

以上のように、①耐力性、②耐久性、③美観性、④環境性、⑤経済性、⑥保守性、⑦移築性という「本格的構法」の備えるべき条件をすべて満たしており、各地に今なお残る「千年家」の客観的根拠をなしている。

仕口・継手・矧合の原理

仕口・継手・矧合は原理的に捉えると、「相欠き」と「殺ぎ」と「蟻」と「鎌」の4つから成り、補助材としては、楔、車知、栓、をして太枘

がある[図7]。応力伝達は、軸力、剪断、曲げ、のそれぞれで仕組みが異なってくる[図8〜10]。

腰かけかま継ぎは、ごく軽微な継ぎ手として、土台などに用いられる[図11]。応力伝達もごく一部の引張や圧縮に留まり、曲げや剪断はほとんどない。

追掛大栓継ぎは3つの点で改良を加える必要がある[図12]。それは次の諸点である。まず第一に、継手長さは材丈の3倍必要であることが、どこにも明記されていないが、曲げと剪断のバランスからこれは必要である。第二に、中央に車知を打つ必要が明記されていないが、これは継手強度を確保する上で重要で欠かせない。第三に、殺ぎ継ぎの原理は母材強度を互いに急変させないことにあるので、殺ぎの原理に従って、滑らかな斜線を描くことが理に適っている。

金輪継ぎは柱の根継ぎなどに用いられる[図13]。最も信頼性の高い継手方式である。追掛大栓継ぎで指摘した3つの点、すなわち、①継手長さは材丈の3倍必要であること、②車知を充分働かせる必要があること、③殺ぎ継ぎの原理を活かして、滑らかに母材強度を急変させないこと、が重要である。

尻はさみ継ぎは、金輪継ぎのめちを内側にもってきただけで、原理も強さも金輪継ぎのそれと変わりはない。この場合も殺ぎの原理と、車知を働かせること、そして継手長さは材丈の3倍とるという3つの点の重要さに変わりはない。

隠し金輪においても、中間の車知の打込みが致命的に重要で、伝達力はここで定まる。

図出典…増田一眞「日本の木造架構史」テキストより

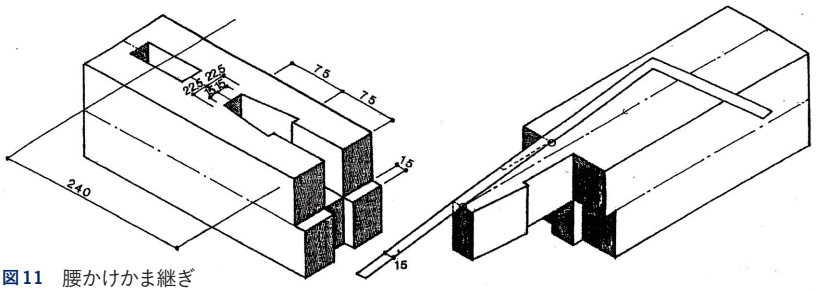

図11　腰かけかま継ぎ

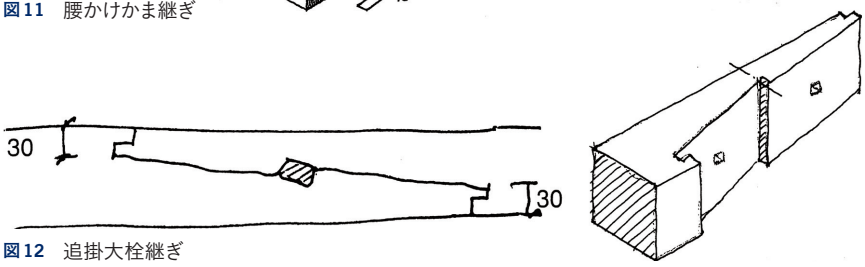

図12　追掛大栓継ぎ

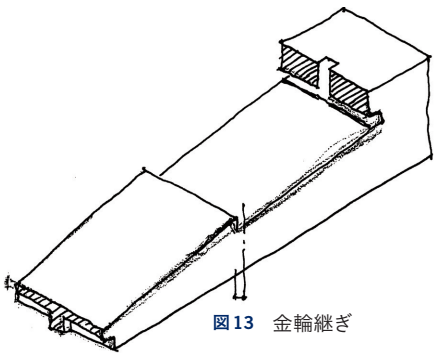

図13　金輪継ぎ

ますだ・かずま
東京工業大学工学部建築学科卒業。松村組、東京大学生産技術研究所（田中研究室）、三井金属を経て、1964年増田建築構造事務所設立。第15回松井源吾賞（勝山館ガイダンス施設）、第7回国土技術開発賞最優秀賞、第1回ものづくり日本大賞（大洲城）、2015年日本建築学会教育賞受賞

自習型認定研修の設問

設問1

継手部分の強度は必ず母材の強度より低下する。継手位置を考慮すべき点で妥当するのは次のどれか。

a. 柱・梁とも節点間の中央部がよい。
b. 節点と節点の間の中央部と中間、つまり節点間の1/4のところが一番よい。
c. 支配的な応力分布の最小の位置を継手位置と定め、強度チェックをする。

設問2

継手とは材の重ね継ぎともみれるので、丈の大きなものほど長く必要である。継手長さの妥当な値として、材丈の何倍とるのがよいか。

a. 2倍
b. 3倍
c. 4倍

認定教材の設問への回答は、
CPD情報システムのページ
https://jaeic-cpd.jp/
にアクセスのうえ、お願い致します。

※不正解の場合は、単位に登録できない場合があります。
※自習型教材の選択欄における会誌『建築士』選択項目は、平成28年1月より建築士会会員のみの表示項目になります。