

## 「解析にもとづいて木造住宅をつくる方法」

丹呉明恭

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災の記憶は、20年も経つと薄れつつありますが、その後の20年間に次々と発生した大地震と合わせて考えれば、日本という陸地が、4枚のプレートが重なる地域にあるという事実、常に向き合わざるをえないことを教えてくれています。地震発生から1か月後に神戸と淡路島に調査に行った経験が、私たちのその後の行きかたを方向づけました。

「どのように造れば、このような地震の力に耐えられる安全な住宅を造ることができるのか」、木造住宅の倒壊による圧死者が5000人（死者の80%）という数字に、「阪神・淡路」を経験した設計者として自らを位置づけること、そして、この問いに向き合い続けることを課せられたわけです。その後、山辺豊彦さんと一緒にやってきたことは、この課題に対する答えを探ることだったのです。それは以下のような経過で行われました。その経過は、木造住宅を、「解析にもとづいてつくる方法」をつくる過程でもありました。

### 1) 自分たちの持っている技術の性能を評価すること

これは、実大の壁や仕口の試験体を作って、実際に力を加えて一つ一つ確認する作業でした。当時、伝統的と呼ばれる技術の構造的性能は確立されていなくて、このような実験はいろいろと行われていたものの、なかなか私たちの目に触れることがなかったのです。手に入ったとしても、実験の視点が違えば役に立つものではありませんでした。ともかく、何をやるにしても、自分たちの技術の本当の性能を知らなければ手も足も出せなかったのです。鉄骨を組んで試験装置を作って、測定器や加力器はリースで借りて、仲間の大工さんに試験体を作ってもらって、何かに憑かれたように実験をやりました。目の前で、メリメリと音を立てて変形する試験体、ある力を超えると破壊する試験体、どのくらいの力で、どのように、どこから壊れるのかを観察して記録すること、山辺さんの指示に従って、手さぐりの中で夢中で実験に取り組んでいたことが思い出されます。

### 2) 住宅を構造システムと捉える（構造システム論）

木造住宅を構造の視点から見ると、次の5つの要素 ①軸組 ②耐力壁 ③水平構面（床・小屋） ④接合部 ⑤基礎が、組み合わされた一つのシステムと考えることができます。この5つの要素の関係性の作り方が、木造住宅の構造的性能を決める、と考えるのが構造システム論です。構造システム＝木

造住宅と考えることで、今まで纏れていた思考回路を明快に整理することができます。この認識が、解析にもとづいてつくる第一歩となります。

### 3) 地震力を整理する

地震についても、次のように区分けをして考えます。①震度5弱程度以下の中小地震 ②震度6強程度の大地震と二つに整理して、その2段階の地震力に対して、どのように造ればよいのかを考えます。震度6強程度の大地震に遭遇するのは100年に一度とされていますが、この20年間を振り返れば、けっしてそんなに稀な話ではないと言わざるをえません。

そこで求められる住宅の性能には、①震度5弱程度以下の中小地震では損傷しない ②震度6強程度の大地震では損傷しても倒壊しないで中の人の命を守る、という基準を満たすことが求められます。これは、建築基準法で決められていることですが、私たちもこの基準に従っています。

### 4) 震度5弱程度以下の中小地震に対する設計法

これは、建物重量から地震力を計算して、その力で建物を押したと仮定して、建物の変形量、変形によって各部分に生じる応力を、静的立体解析によって求めます。私の事務所で設計して建てられた住宅をモデル化して、山辺事務所によって詳細に解析をされました。中小地震のときの、①耐力壁両端の柱脚に働く引抜き力 ②床面の変形によって生じる外周の梁の引っ張り力 ③床面のせん断力等を計算します。それらの地震によって生じた応力に対して、各接合部の耐力が上回るかどうかを確認することによって、地震力に耐えられるかどうかを判定します。

### 5) 実大試験体の加力実験

住宅の各部の実際の耐力と性能は、そのものを調べるしか知る方法がありません。震災後に始めた実験は、この耐力と性能を知るためのものでした。この実験は大工塾の講義に組み込まれて繰り返し行われました。そのデータを集めて整理して、渡り腮構法のシステムの要素の性能として、ある程度定量的な数値として得るまでに15年ほどの時間が必要でした。

### 6) 震度6強程度の大地震に対する設計法

大地震に対しては、振動解析（時刻歴応答解析・限界耐力計算）によって、地震に対する住宅の変形量と床面のせん断力（地震力）を求めます。山辺事務所によって行われた静的解析のモデルと同じ住宅の振動解析の結果、各部分に生じる応力は中小地震時の応力に比べて3～4倍になると推定されま

した。それらの力に対して実大実験で確認された耐力が上回るのかどうか、低ければどのように改良すればよいのかを検討します。

## 7) 実験住宅による確認

2007年に、東洋大学のプロジェクトに参加して、渡り腮構法の実験住宅を建設しました。その住宅を実際に引っ張って地震時と同じ変形を与えて、各種の測定を行いました。それまでの実大実験がシステムの要素の実験であったのに対して、この実験はシステムそのものの実験と位置付けられました。大地震時に受けると推定される変形量に対して、土壁が壊れるものの倒壊にいたるまでの損傷にはならないことが確認できました。同時に、大変形によって、渡り腮構法の住宅のどの部分が、どのように壊れるのか、実際に確認することができました。

この実験住宅は、その後一度解体され、再度建てなおされました。解体で確認されたことは、軸組には地震による損傷がほとんどなかったこと、ほぼすべての部材を再利用可能な状態で解体できることでした。その後の再築は、ほぼ100%の材を再利用して行われました。

## 8) 解析結果を具体的な技術レベルに落とし込む

この作業は、実際の住宅の設計、施工の過程で繰り返し行われました。現場から出てくる施工性の問題、コストの問題、等を構造解析までフィードバックして、再度検討して新しい技術を考える。その技術を実大試験体に置き換えて試験をして確認する。技術は、常に改良されて進化してゆくものだという認識が共有されてきました。伝統技術とは、何か確定された揺るぎのない技術であるように考えるのは間違いです。日本の長い木造の技術でも、常に進化の途中にあると考えるのが真実です。このようにして一つ一つ確認してきた技術を解説したのが、大工塾や設計塾で使われている教科書「伏図・軸組図作成法」と「梁断面表」です。この教科書に納められている技術は、確定したものではなく、さらに日々の作業の中で気がいたら改良され更新され、書き換えられるものだと考えています。

渡り腮構法と呼ぶ構造システムを解析にもとづいてつくる方法論ができるまでを概観すると、このようになります。それは常に、設計者と大工、図面製作と現場作業、実験による確認、のサイクルの中でつくられてきました。それらの作業は、大工塾という、常に回転している環境がなければ、実現できなかったことです。解析にもとづいて木造住宅をつくる方法論は、このような共同の中で、時間をかけて作り上げられてきた方法論です。