

感覚と電卓でつくる

# 現代 木造住宅 ガイド

腰原幹雄

感覚と電卓でつくる

# 現代 木造住宅 ガイド

腰原幹雄

## はじめに

身近にある木という自然材料を使ってつくられてきた木造住宅。人の力で加工、組み立てることが可能な木造建築は、大工の試行錯誤による経験則に基づく感覚に多くを負ってきた。明治以降、こうした感覚的な木造建築に対して、近代建築への仲間入りをすべく建築構造として工学的な評価が行われるようになり、1950年には建築基準法の制定とともに耐震性能検証法として「壁量計算」が登場することになる。壁量計算は、大地震が起こるたびに直視され、耐震性能の向上とともに精緻化がめざされてきた。現在では、偏心率や4分割法による耐震要素の配置に関する検討、N値計算による耐力壁周辺の接合部に関する検討も規定され、一通りの耐震性能検証法が整備されたことになる。

しかし、こうした性能の数値化は、数値的に満足すればよいという勘違いを起こすこととなってしまった。もともと、ばらつきの大きい自然材料、施工精度の安定しない工法のなかで数値が独り歩きをして、小数点以下何桁までも表示する計算書が作成されることになってしまった。大工の経験則は、材料の特性を考慮した安全率を含んだものであり、感覚的ではあるが木造ではやってはいけことを理解し、ちょっと変わったちょっと危険なことをする場合には、安全率を多めにとって挑戦をしていたのである。

木造住宅の設計では、工学的な数値化だけではなく経験則に基づく感覚も重要であり、感覚的に理解できないものはどこか間違っているはずである。工学的な数値化は感覚的な理解の裏付けとして手助けをするものであり、ただ工学的に数値的に成立するからよいということではない。

本書では、木造住宅の構造設計の方法の概要を知るとともに、その原理に基づく力の流れ、外力に抵抗する仕組みを理解することで、詳細な構造計算ではなく電卓による略算で感覚的に木造住宅の各仕様、部材断面を設計できる一役を担えればと願っている。

**Introduction 自由な木造住宅をつくるために ..... 007**

- 自由度の高い木造住宅.....008
- 木造建築の歴史.....009
- 木造住宅の構造計画.....013

**Chapter1 プロセスと事例でとらえる..... 017**

**PART I まず基本を知る**

- 1 木造住宅の構造システムを知る.....018
- 2 外力を知る.....020
- 3 力の流れを知る.....022
- 4 壊れ方を知る.....024

**PART II プロセスできたえる**

- Step01 ボリュームをつくる.....026
- Step02 荷重を算定する.....029
- Step03 空間の大きさを決める.....031
- Step04 壁を配置する.....033
- Step05 樹種と部材シリーズを決める.....042
- Step06 梁を架ける.....046
- Step07 梁の断面算定.....050
- Step08 床を張る.....053
- Step09 屋根を架ける.....055
- Step10 柱を配置する.....061
- Step11 接合部を留める.....063
- Step12 剛接合とピン接合.....067
- Step13 基礎をつくる.....069

**PART III 3つのケーススタディ**

- Case01 開放的なフリースペースとコアを持つ住宅.....072
- Case02 耐雪型の屋根を持つ平屋住宅.....080
- Case03 木質耐火建築の5階建て集合住宅.....086

**Chapter2 木造住宅づくりのワザ ..... 093**

- 1 4m材による7.5mスパン.....094
- 2 マツシブホルツ（梁のないフラットスラブ）.....097
- 3 断面欠損のない格子梁.....098
- 4 金物を使わない一方向ラーメン.....099
- 5 L型部材による剛接ラーメン.....100
- 6 木ブロック構造.....101
- 7 木質組積造.....102
- 8 細い材をたくさん使う.....103
- 9 ウォールガーダー.....104
- 10 ボックスガーダー.....105
- 11 スラスト力に抵抗する水平梁.....106
- 12 屏風立て壁配置.....107
- 13 HPシェル.....108
- 14 自由度の高い燃えしろ設計.....109

**Chapter3 木造住宅づくりの気になるところ ..... 111**

- 1 壁量計算.....112
- 2 N値計算.....121
- 3 4分割法.....122
- 4 燃えしろ設計.....123
- 5 建築材料としての木材.....126
- 6 木質材料.....128
- 7 構造体としての木.....132
- 8 大きい断面の材を使う.....136
- 9 木材の変形を計算する（含水率変化）.....137
- 10 造作材としての木材.....138
- 11 木は柔らかい（めり込み）.....139
- 12 弱い木材から強い木材へ.....140

- 参考図書.....141
- 索引.....144

証である以上、その住宅に作用する力をどのように対処するかという基本精神に違いはない。

建築家も構造家が構造計画で考えていることを理解できれば、設計の自由度は増すことになる。

本書では、構造設計の一般的な設計の流れを示しながら全体の流れを把握するとともに、それぞれの部分の協道的な方法も解説して、自由な設計を実現する方法も整理していく。こうした協道を参考にすることで建築設計の自由度は広がり個性的な木造住宅が実現していく。

Chapter

# 1

## プロセスと実例 でとらえる

力の流れが直感的にわかり、電卓を用いた略算法で断面算定ができれば、木造住宅の構造計画が可能となる。本章では、こうした力をつけるために、三つのパートに分けて、構造計画のプロセスを中心にまとめている。

## 1 木造住宅の構造システムを知る

木造住宅の構造計画を立案するにあたっては、建築材料である木材の性質と入手可能な木質材料を把握する必要がある。木質材料といっても、原材料は木材であり、自然材料である以上入手可能な材料は地域によって異なる。そのため、森林資源の状況把握は、木材加工業者、施工予定者などと情報交換を行いながら、実施することが望ましい。また、材料特性に限界があることを理解したうえで、適材適所となるように鉄筋コンクリート造や鉄骨造も混構造として利用することも必要である。

●線材と面材  
線材→P.128  
面材→P.130

木質材料には、線材と面材<sup>●</sup>があり、基本的にはこれらを組み合わせることで木造住宅が成立する(図1)。部材を組み立てることで建築ができるため、その接合部の性能が、建物の構造性能に大きな影響を及ぼすことになる。このため、木造建築の設計は接合部の設計と言える。



### 【木造住宅の構造システム】

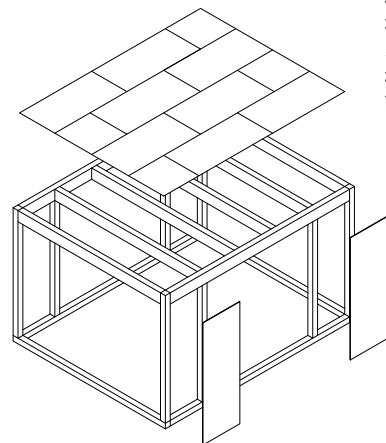
線材と面材をピン接合、  
または半剛接合によって組み合わせた組立構法

また、建築物には、さまざまな外力がはたらき、それぞれの外力に安全に抵抗できるようにするのが構造計画であるが、各外力に対して

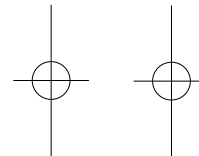
別々の部材を配置して対応するのか、ひとつの部材で複数の外力に対処するのも重要な判断となる。

ひとつの部材で複数の外力に対応することができれば効率的ではあるが、応力の組み合わせによる複合応力、2次応力など複雑な問題も生じてくる。木造住宅の代表的な工法である軸組工法では、鉛直荷重に対しては柱梁などの軸組が、地震力、風圧力に対し

図1 線材と面材の組み合わせ



柱・梁などの軸組材を線材、壁や床などに用いられる構造用合板などを面材という



●断面規格  
→P.43

ては壁が抵抗するように機能を分担させることによってわかりやすく汎用性の高い構造を実現している。感覚的に力の流れを理解するためには、それぞれの外力に対してどのように抵抗する仕組みをつくるか、どの部材が抵抗するかを明確にしておく必要があり、これが構造計画の第一歩である。



### 【外力に対する部材の役割】

各部材が、どの外力に対して抵抗するかを明確にする。

コンクリートや鋼材は、コストをかければ高強度のコンクリートや高強度の鋼材を入手できるため、同じ断面形状でも、使用材料を変えることで大きな応力に対応することができる。しかし、自然材料からつくられる製材、木質材料では材料特性に限界があるため入手可能な材料強度には限界がある。

木造住宅の断面算定にあたっては、大きな応力の生じる場合には、材料強度ではなく、断面形状を変化させるか部材数を増やして対応することを中心に考えなければならない。この応力に応じて断面の形状が変化するのが木造建築の特徴であり、この変化がそのまま架構に表現されるため、力の流れを表現しやすい。



### 【部材の断面算定】

大きな応力に対しては、

- ・断面を大きくする
- ・部材数を増やす

しかし、自由に断面形状を変化させることができるわけではなく、住宅用製材の流通材には断面規格<sup>●</sup>があり、経済性を重視する場合には、この規格の中で断面を変化させることになる。このため、設計する住宅の平面モジュール、システムを明確にしておくことが重要になるのである。

### 【使用材料の情報】

入手可能な材、流通材の情報を把握して用いる



## 2 外力を知る

構造設計で考えるべき住宅に作用する力を方向別に考えると、鉛直方向と水平方向の2種類がある。

**【住宅に作用する外力】**

鉛直方向に働く力……建物自重 積載荷重 積雪荷重  
土圧（地反力）

水平方向に働く力……地震力（中地震、大地震）  
風圧力 土圧（片土圧）

このほか、立地条件、建物用途によっては特殊な力が加わることがある。住宅の使われ方を想定して外力を適切に設定しなければならない。外力を大きめに設定することで、より安全になる場合が多いが、反面、部材断面が大きくなったり、耐力壁が増えたり不経済になることになる。逆に、ギリギリで設定された外力は、建物改修時の自由度を下げることになるので、さまざまな条件を想定して断面を設定する必要がある。

鉛直荷重について考えると、現在の壁量計算で想定している建物重量<sup>●</sup>（自重）は、簡素で最低限の木造住宅を想定したやや軽めの設定になっているという前提で検討する。積載荷重は、書庫やピアノなど住宅でも荷重が比較的大きくなる部屋の場合、実際に収納量を算出してみるとよい。また、住宅といっても SOHO など事務所機能を持つ場合にも、事務所用積載荷重などを考慮する必要がある。

水平力については、地震力が中心になるが、作用する地震力の大きさは、ニュートンの第2法則<sup>●</sup>  $F=ma$  を理解すればよい。同じ敷地で同じ地震であれば、加速度  $a$  は一定になるので、地震力  $F$  は、質量  $m$ 、つまり建物重量に比例することになる。

つまり、同じ地震（加速度が同じ地震）でも、自重の重い住宅では大きな地震力がかかり、軽い住宅では小さな地震力ですむ。瓦葺

●壁量計算で想定している建物重量  
→ P.30

●ニュートンの第2法則  
 $ma=F$   
 $m$ ：慣性質量  
 $a$ ：加速度  
 $F$ ：作用する力  
物体に力が働くとき、物体には力と同じ向きに加速度が生じる。その加速度  $a$  の大きさは、働いている力の大きさ  $F$  に比例し、物体の質量  $m$  に反比例する。

図2 木造住宅の荷重-変形関係

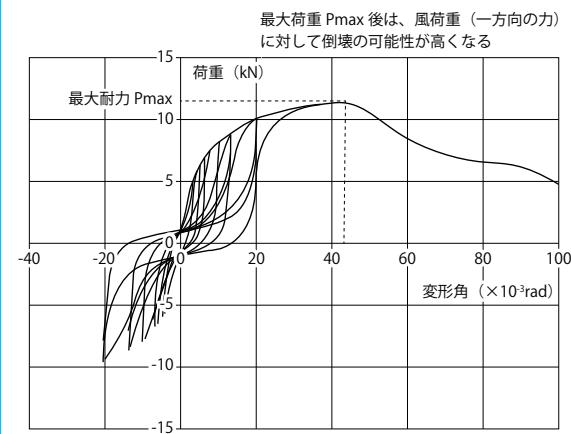
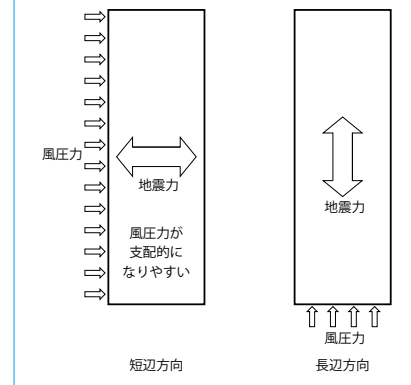


図3 地震力と風圧力（平面）



屋根の住宅より金属板葺屋根の住宅が地震に有利なのは、瓦葺屋根に比べて、金属板葺屋根のほうが重量が軽いため、同じ地震（加速度）でも地震力が小さくてすむためである。しかし、安全性は外力だけで決まるのではなく、想定した外力に対して適切な抵抗要素を設計することなので、瓦葺屋根の重い屋根の建物でもそれに見合った耐震要素を配置できれば、十分な安全性を確保することは可能である。このことから言えるのは、同じ耐震要素の量であれば、住宅の自重は軽いほうがよいということに過ぎない。

風圧力も地震力と同様の水平力であるが、外力の向きが異なる。地震力は、住宅を数十秒間左右に繰り返し加力するのに対して、風圧力は、長い時間同じ方向から建物を加力する。木造住宅の荷重-変形関係は図2のようになっており、地震力に対しては、外力が住宅の最大耐力を超えても倒壊するとは限らないのに対して、風圧力では、外力が最大耐力を超えると倒壊につながる。地震力が「住宅の重量=床面積」で決まるのに対し、風圧力の大きさは、風の風速、住宅の高さ、周辺の風を遮るものの有無などと住宅の見付面積<sup>●</sup>によって決まる。

このため、図3のように平面的に細長い住宅では、短辺方向（長辺に風を受ける場合）は、地震力に比べて風圧力が水平力として支配的になることが多い。また、水平に吹く風でも住宅に対しては上下方向にも加力することになる。特に、屋根や軒部分ではこの上向きの力、吹上げ力が支配的になる場合が多い。これに抵抗するためには、部材を緊結して上向きの力に抵抗できるようにしたり、自重を大きくして

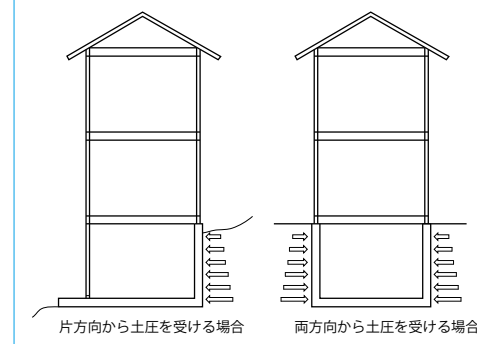
下向きの力を増大させることが対応策となる。しかし、自重を大きくすることは地震力を増大することにつながるの総合的に判断する必要がある。

地下室や崖地では、土圧も水平力の一つである。切り土した面は常に圧力を生じており、住宅を加力する。住宅の両側から同じように加力される場合には、大きな問題はないが、一方向からのみ土圧を受ける場合には、抵抗要素を配置する。

●見付面積

風を受ける建物の面積。各階床から1.35mより上の部分の鉛直投影面積。  
→ P.39

図4 土圧



### 3 力の流れを知る

構造計画を立てるには、まず木造住宅に作用する力とその力の流れを正しく理解する必要がある。そのうえで、各部材、各接合部が、力を安全にかつ確実に伝達できるかを確認するのが構造設計である。

図5 鉛直荷重の力の流れ

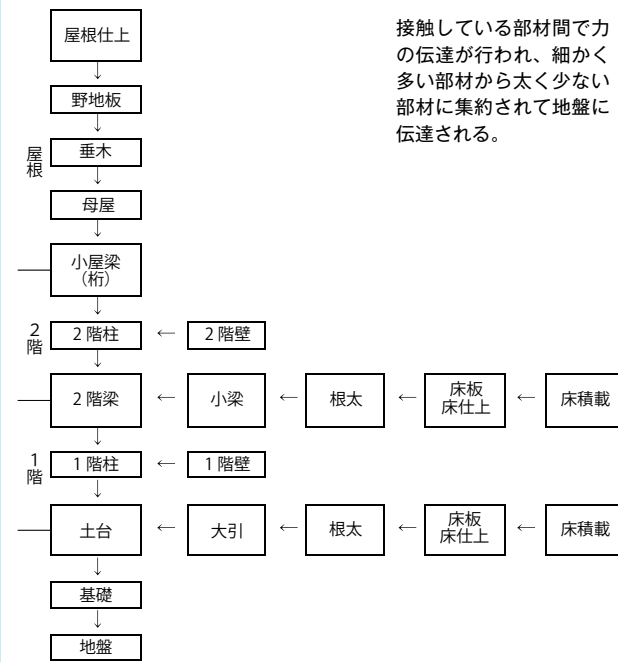
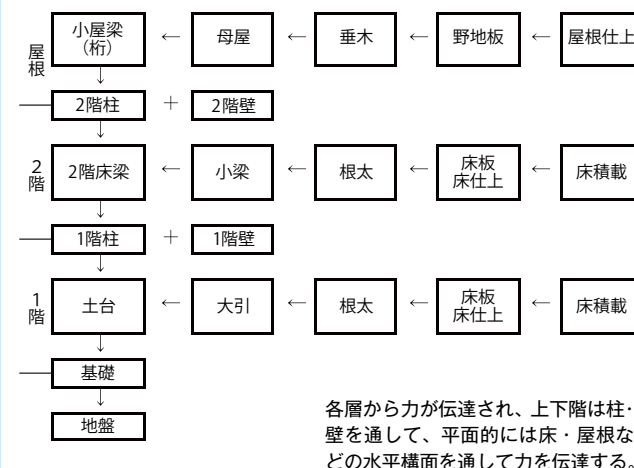


図6 水平荷重の力の流れ



#### 鉛直荷重

木造住宅の鉛直荷重（自重、積載荷重、積雪荷重）の力の流れは、図5のようになり、各部材間で力のやり取りをし、それぞれの部材が伝達する力に対して安全（耐力・変形）であることを確認する必要がある。その際には、部材の性能はもちろん、その接合部の性能も確認する必要がある。

#### 水平荷重（地震）

住宅に作用する地震力は、ニュートンの第2法則  $F = ma$  であるから、質量  $m$  のある部位に地震力が作用することになる。

各部に作用する地震力は、各層の水平構面（屋根、床）でひとまとまり（質点）として考えるとわかりやすい。

各層の地震力は壁を通して下層に伝わり地面にたどり着く。つまり、屋根の地震力は、2階の壁を通して1階の壁で抵抗することになる。このとき、図7のよ

図7 耐力壁の間の力の伝達

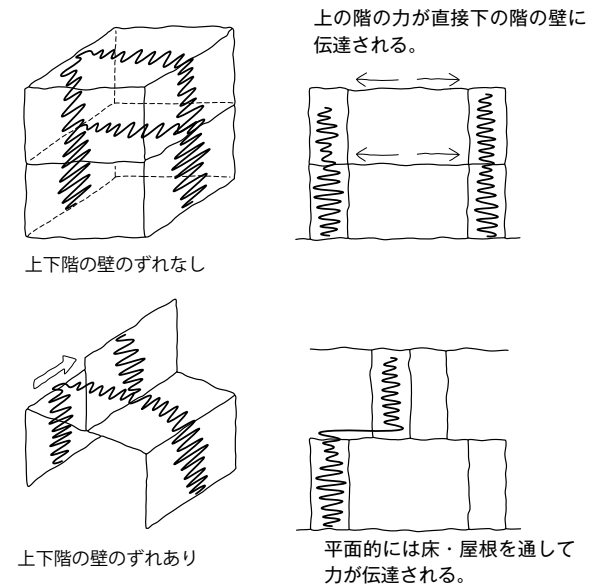
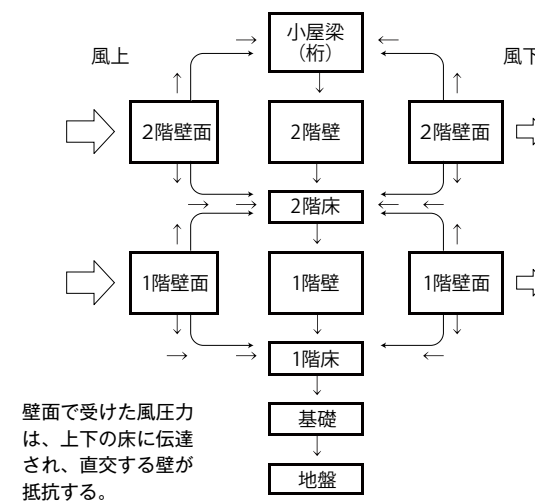


図8 水平荷重の働き（風）



うに単純に2階の壁の直下に1階の壁があれば、地震力は直接下層に伝達することができるが、壁の位置がずれている場合には、水平構面（床）を介して下階に伝達されることになる。つまり、床にも壁と同じような耐震性能が必要とされることになる。

同様に、壁の配置が偏心している場合にも、耐力壁の間の力の伝達は水平構面の性能に左右されることになる。つまり、壁の配置が特殊な場合には、水平構面の検討が重要になるのである。

#### 水平荷重（風）

風圧力は、地震力とは異なり、立面に作用することになる。風上側では正圧、風下側では負圧になる。通常、正圧の風圧係数は0.8、負圧の風圧係数は0.4となるため、壁面にとっては風上面での正圧が支配的になるが、建物全体では風上側の正圧と風下側の負圧を加えた力  $0.8 + 0.4 = 1.2$

が建物に生じることになる。

壁面に受けた風圧力は、柱や間柱を通じて上下の水平構面（小屋梁、2階床）に伝達される。壁面は、水平構面を支点とする単純梁として扱うことになり、吹抜けに面する外壁は、2層分の単純梁となり生じる応力も大きくなり、吹抜けでも、2階床レベルに水平梁（耐風梁）を設置できれば、外壁は1層分の単純梁となるが、水平梁の剛性・耐力を十分に確保する必要がある。



Case01 開放的なフリースペースとコアを持つ住宅

東京都心の住宅地に立つ小規模住宅の計画である。狭小敷地の中で、開放的な空間と閉鎖的な空間（コア）を持つ2階建てを計画・設計するまでのプロセスを紹介する。

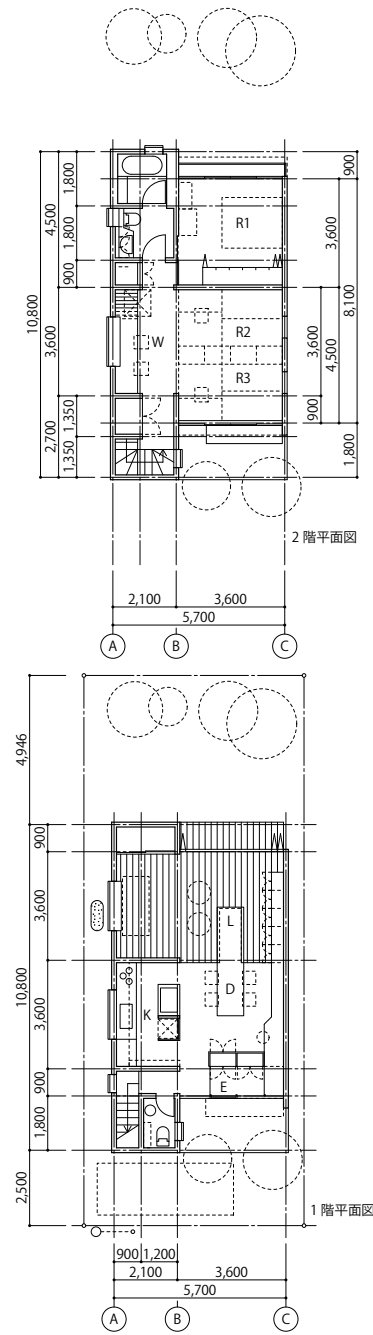


S邸 (2004/東京)  
設計：オープンビジョン+石田設計室  
建築面積：52.92㎡  
延床面積：103.68㎡

東京郊外の閑静な住宅地にある、若い夫婦のための住宅。大きな区画を半分にした敷地であったため、周辺のゆとりのある街並みへの連続性と最大限の容積率確保を同時に行うことを目標としている。また、若い家族の今後の変化に柔軟に対応できる住まいを提案している。

奥行き深い敷地形状を活かし、手前には「迎いの庭」、奥には「くつろぎの庭」と、前後に2つの庭をつくることでゆとりのある佇まいとなる。

室内には、庭に連続した開放的なフリースペースと、水まわりや階段、ワークスペースを同じサイズのスペースに収めたコアから成っている。フリースペースは、家具の移動により使い方を変える居間・食堂や、将来家具による間仕切りを加えることで子供たちのスペースを自由につくることができるように、大きな空間を確保している。(田中+石田)



①イメージを固める

木造住宅の構造計画は、必ずしも構造的に合理的なものとは限らない。空間イメージを実現するためには、やや不合理な構造システムを採用したほうが住宅の機能としてはよい場合があり、空間と構造のバランスが重要である。

■ボリュームをつくる

住宅のボリュームをイメージする。具体的には、各階床面積、階高、各仕様（仕上げ）を確認し、住宅の質量配分を感覚的に捉える。

建物規模と仕様により建物重量、地震力（必要壁量）を算定することができる。

■構造システムを決める

空間イメージを確認する。壁の多い領域、少ない領域、空間の方向性などを捉える。

耐震要素としては、閉鎖的な無開口壁とモーメント抵抗フレーム、ブレースなど開放的な要素があり、使い分けによって空間イメージと構造システムを整合させていく。

■部材（壁、梁）を配置する

必要壁量を各階各方向に配置する。偏心などバランスに注意しながら構造システムをイメージにする。また、居室ごとに、空間イメージによって梁を架ける方向を考える。構造的には短辺方向に架け渡すことが標準であるが、空間によっては、長手方向に架けたほうがよい場合もある。

■各部の検討（水平構面、壁）

耐震要素が、設計通り機能するためには、住宅全体での力の流れを確認する。住宅内の力の流れは、屋根や床の水平構面によって行われ、耐力壁と水平構面を連続させて一体化することを考える。吹抜け部など高さの高い壁では、耐風対策も必要となる。

図1 イメージを固める

