

## 特集

Feature

03

Interview

インタビュー

福和伸夫さんに聞く

名古屋大学大学院教授

# だから軽い屋根は強い

## あらためて問う、地震に耐える家

取材文 加藤純 写真 川上尚見

近い将来、必ず起こるといわれる大地震。10年前の阪神・淡路大震災に続き、新潟県中越地震やスマトラ島沖地震に伴うインド洋大津波は、あらためて地震の恐怖をみせつけた。ひとたび地震が起き、建物倒壊が生じれば、家族の命、生活、財産すべてを失いかねない。家づくりに携わる者としては、最も身近なところにある、地震に強い家づくり。ただ、頭の片隅にはあっても、コストの関係もあり、地震への特別な対策を講じることは少ないのではないだろうか。地震に強い家づくりのために押さえるべきポイントを、建築耐震工学や地域防災を専門とする福和伸夫教授（名古屋大学大学院）にうかがった。これらのポイントについて「そんなこと自分はわかっている」という読者が多いかもしれないが、福和さんは「建築のプロがきちんと実践していないことが一番の問題なんです」と語りはじめた。

## 地震とのケンカに負けない家

地震が起るとき住宅は、地震の力とのケンカをします。

ケンカに勝つためには、自分の力を強くする必要がありますし、自分の弱点をなくすようにします。また、相手の力を吟味して、相手と自分のどちらが強いかを比較します。

まず、ケンカする相手、地震の力について考えましょう。

地震のときに建物にかかる力は、「重さ×加速度」です。建物自体の重さに、そこで起こる地面の揺れの強さをかけたものですね。式では  $F = ma$  です。それで、建物が重ければ大きな力を受けることになり、これがケンカをするうえで考えるべ

き一番の基本です。また、地面の揺れの強さは、地盤がやわらかければ大きくなりますし、震源が近いとやはり大きくなります。地盤の土の強さは、住宅規模ではスウェーデン式サウンディング法などで計画前に調査し、その結果に応じた基礎や壁の構造とすることができるよう、よく把握しておくことが大切です。

そして地震の力では、建物が揺れをどれだけ増幅させるか、ということが問題となります。地盤の揺れる周期と建物の揺れやすい周期が近いと、同調して揺れが大きくなる「共振」を起こします。この周期を変えたり、エネルギーを吸収しようとするのが、免震や制震の考えですね。

住宅の免震では、基礎と建物躯体との接合部に、転がり支承や滑り支承と粘性ダンパーとを組み合わせて設置する方法などが考案されています。制震では、特殊ゴムを挟んだ鉄板を柱と梁の接合部に組み込む方法が開

## 建物を強くする壁の配置と基礎

発されています。

身のまわりの住宅で、自重を軽くしよう、軽くできなければ強固にしよう、また建物の周期を変えて地震の力を軽減しよう、と考えられてつくれた家はほとんどありません。

建築基準法で定められている、壁倍率をもとにした壁量を満たす計画をするにとどまっています。

今度は、自分の力を強くすることを考えましょう。

地震に対しては、壁で抵抗するしかなかった。柱は社寺建築のような太さがないと効きません。筋かい

や構造用合板などの面材を入れた壁が、建物の中にどれだけバランスよく入っているかに注意します。壁が2階だけにあつて1階になかったら、1階だけが揺れることになります。また、南側に窓を多くとる家のように、壁が奥だけにあつて手前がないなら、手前だけよく揺れ、

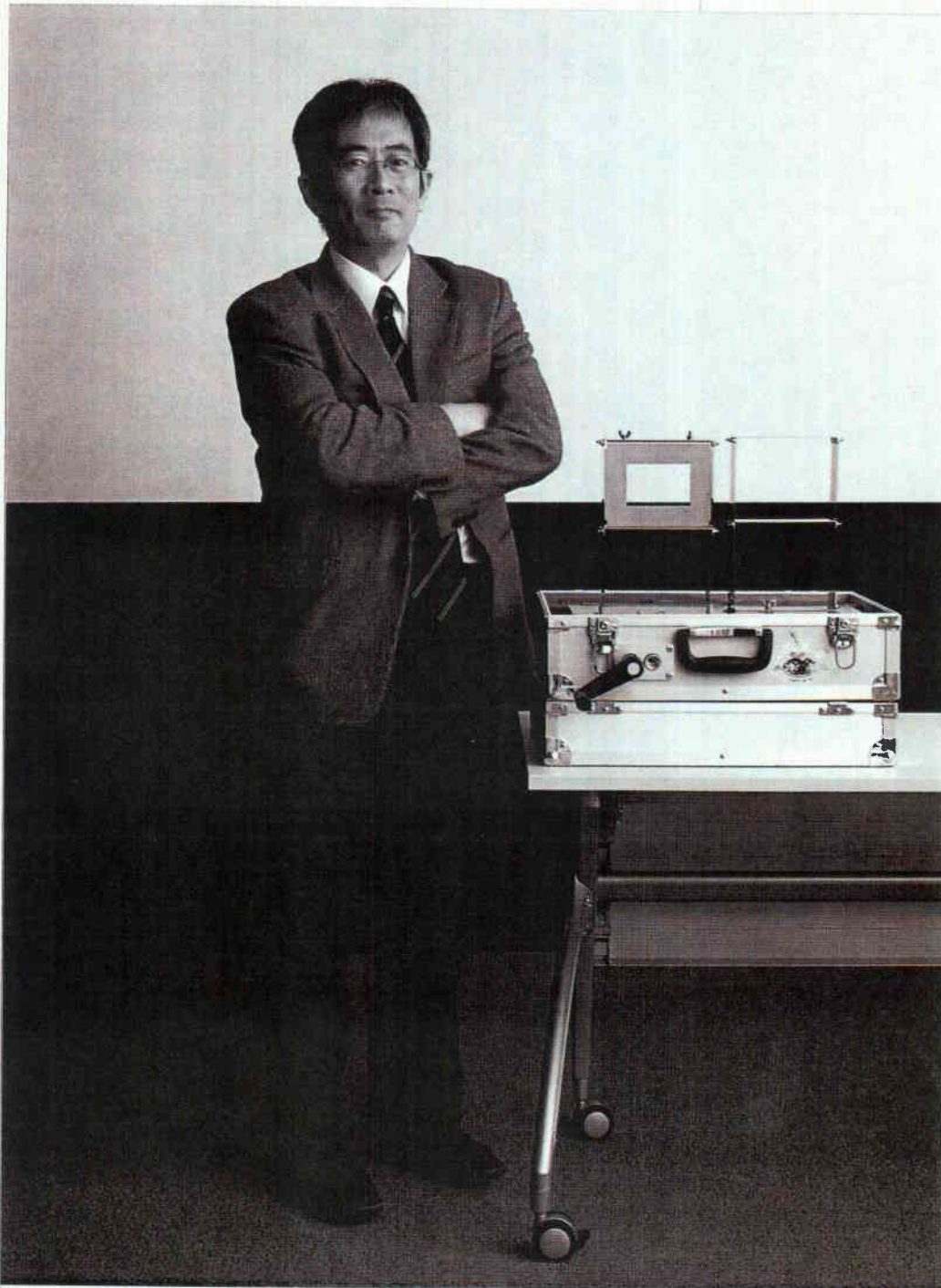
ねじれて倒壊してしまいます。開口部の垂れ壁や腰壁を含めて、壁の量をバランスよく配置することが重要です。そして、柱と梁の接合部を接合金物でしっかりと留めることが、地震に抵抗するポイントになります。平面の形状も壁のバランスと同じように大事です。平面が複雑である

と、場所によって揺れ方が異なるので、建物の入隅が壊れやすくなります。立体的な形状でも同じです。できるだけシンプルな形状にしたほうが地震に強い家となります。建物を支える基礎も重要なポイントです。地震の際、建物は横揺れによって片側が持ち上がるという力

が繰り返して働きます。その際、浮き上がりに抵抗してくれるのが、基礎コンクリートにしっかりと埋められたアンカーボルトです。基礎コンクリートの中の鉄筋が不十分であったり、アンカーボルトが抜けやすい状態では、危険です。地震の力が加わると基礎が崩れ、上部の建物もずれ

## 福和伸夫

ふくわのぶお 1957年愛知県生まれ。79年名古屋大学工学部建築学科卒業。81年清水建設入社。91年名古屋大学工学部助教授に就任後、同大学先端技術共同研究センター教授を経て、現在は名古屋大学大学院環境学研究所教授。専門分野は建築耐震工学、地震工学、地域防災。双方向災害情報システム「安震システム」と情報端末「安震君」、安心ステーション、振動教材「ふるる」の開発や、地震手帳、防災いろはカルタの作成協力にも携わっている。おもな著書『建築における応用計算力学の進展』『建築物の減衰』『入門・建物と地盤との動的相互作用』すべて日本建築学会、共著。『統計・確率論と信頼性理論の構造設計工学における応用』鹿島出版会、共著。



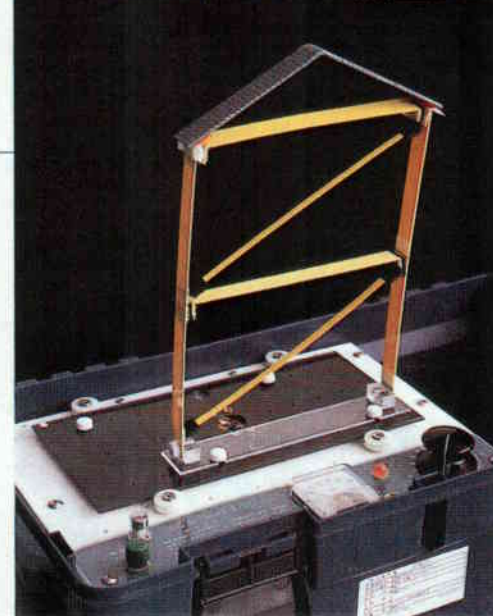
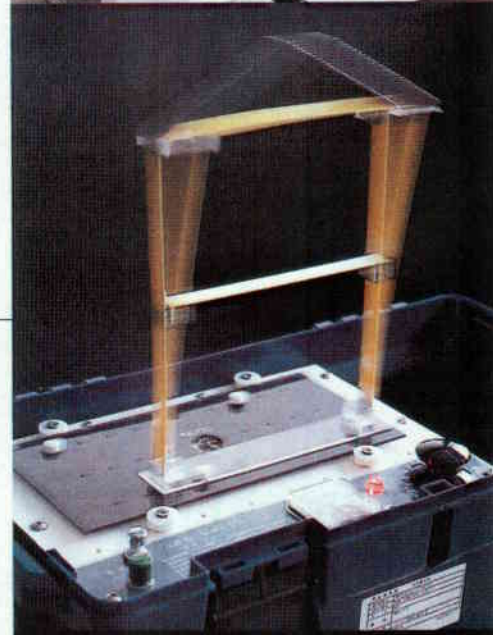
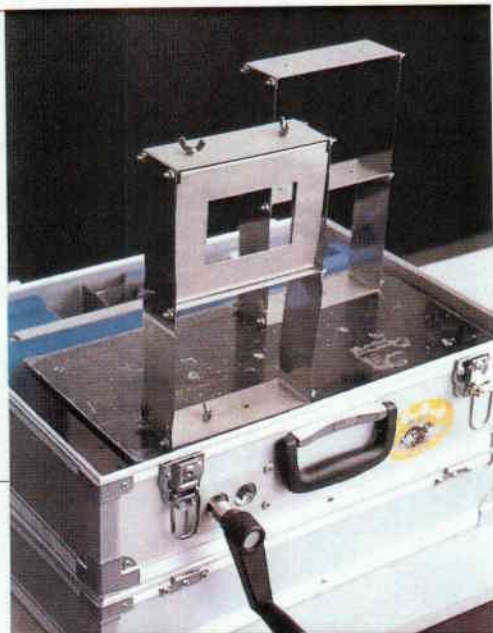
## 弱点の解消 屋根を軽く 床を固める

てせり出し、崩壊します。

次に、自分、つまり建物の弱点をなくすことを考えましょう。

弱点のひとつには、屋根の重さがあります。軽いスレート葺きの屋根の模型と、重い瓦屋根の模型を同時に揺ると、壁の量と配置はまったく同じであるのに、瓦屋根のほうは大きく揺れて倒壊しやすくなります。

重さが大きければ、地震のときに強い力が作用するからです。スレート葺き屋根のほうは、屋根を軽くすることで建物にかかる水平力を少なくできるので、被害が少なくなりま



屋根の中、つまり小屋組の構造も大事です。強い力が加わっても、力が壁などの耐震要素に正しく伝わればよいのです。小屋組が三角形のトラス構造（キングポストトラスやクインポストトラス）をしていると、屋根面にかかる力がうまく壁に伝わります。小屋組と柱や壁との接合がしっかりとしていることも重要です。

さらに、屋根面が固まっていれば、地震時には有利に働きます。スレート葺きの屋根では、屋根材をクギ打ちするために、合板を下地とするのが一般的な仕様です。面で剛性が得られるので、地震の力に対しては有効です。

最近の中越地方の地震が起きたときに、その周辺の家は、雪国のために屋根を軽くしていました。軽いので、同じ揺れの強さでも建物にかかる力が小さくなったのです。あわせて、雪が降っても大丈夫なように頑

丈な骨組みで、窓が少なく壁が多かったこと、そして基礎がしっかりとつくってあったことも地震に有利でした。体重は軽いけれど足腰のしつかりとした建物になっていたのです。

別の弱点として、吹抜けがあります。建物の角に吹抜けをとって、通し柱のまわり2面に大きな開口部を設ける事例はよく見られますが、地震に対してはそうとう弱くなります。床がしっかりと一体となっていれば耐震要素となりますが、吹抜けで床を欠くとうまく力を伝達できないからです。私に言わせれば吹抜けはダメ、なのですが、どうしてもという場合、吹抜けまわりの柱や梁の接合部は、火打ち材などの補強を念入りに検討する必要があります。

屋根が重くても骨組みを頑丈につくり、吹抜けがあっても補強をしっかりとすれば、弱さを緩和することはできます。弱点を完全になくすこ

とができないようであれば、地震力に抵抗するものをバランスよく増やすことが大切です。

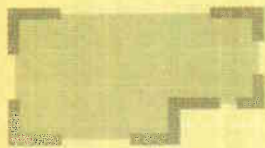
## 用・強・美の バランス

建物は、「用」「強」「美」を兼ね備えるものです。これらの要素すべてを高いレベルに保つことができればよいのですが、限られた予算ではそうもいきません。

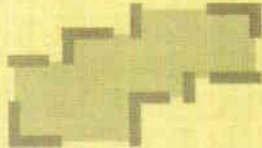
多くの人は、「用」に一番重点を置きます。面積を広く、使い勝手をよくしよう、ということですが、次に、格好を求めて「美」を優先させます。「強」は最後になっています。家づくりのプロも含めて、一般の人は「建築基準法の規定を満たしておけば大丈夫だろう」ということで、「求めら

福和さんは地震や地域防災の意識啓発のために、多くの振動教材「ふるる」を開発。写真は「手回しふるる」(上)と「電動ふるる」(下2点)。

## 壁配置



外壁の隅のすべてに壁がある  
バランスのよい配置。



複雑な形状の平面。



外壁の  
ひとつの面に  
壁がない。



外壁の  
ふたつの隅に  
壁がない。

れる壁の量を入れておけば多少偏よつてもよい」と考えます。使いやす  
いからといって1階の壁が極端に少  
なかつたり、かつこいから吹抜け  
にしよう、と構造の強さは後まわし  
これでは、地震とのケンカには確実  
に負けてしまいます。

建築基準法はあくまで最低限の基  
準です。「強さは最低のレベルでいい  
や」と最初から割り切ってしまうこ  
とは大きな問題です。建築基準法で  
人命を保障しようと想定しているの

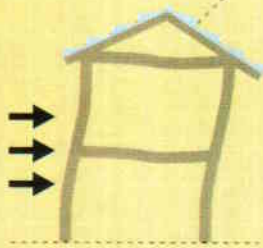
は、せいぜい震度6弱〜6強の地震  
が起こるときです。

今年の2月に、政府の中央防災会  
議は、首都圏直下型の大地震が起き  
た場合、経済被害は最悪の場合で1  
12兆円に達する恐れがあると発表  
しました。死者は1万人にのぼり、  
85万棟が全壊か焼失するとのこと  
です。今、何の対策もしなければ、実  
際に大地震が起こったときに、日本  
は世界から見放されてしまうのでし  
ょう。こうした大地震が数十年以内

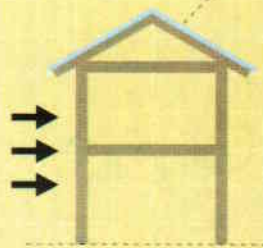
## 屋根の差

重い屋根

軽い屋根



重い屋根の建物は  
大きな地震力を  
受ける。

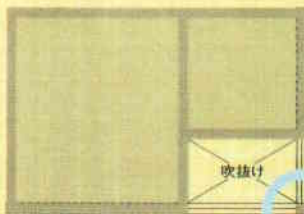


軽い屋根の建物は  
受ける地震力が  
小さい。

確実に来る、と言われているなかで、  
家づくりのプロは何をすべきでしょ  
うか。

家づくりのプロは、もつと危機意  
識を高めるべきです。「用」「強」「美」  
のなかで、「強」の役割をもつと高め  
るべきなのです。住宅は絶対に強く  
しなければいけません。これまで挙  
げたポイントのほかに、家具の転倒  
による危険も考慮した設計施工をす  
べきなのは言うまでもありません。  
加えて、構造材が腐朽すると地震へ

## 吹抜け



隅部に壁がなく、  
水平構面から  
倒壊のおそれ。

の抵抗力は大幅に低下しますから、  
湿気の多い部位での経年変化対策を  
十分に検討することも大切です。家  
づくりのプロは、こうした具体例を  
挙げながら、施工に対して「震度6  
強以上の地震が起こったとき、住宅  
に何も対策をしていなければ家族が  
死んでしまう」という説明をきちん  
と行い、設計のやりとりをする責任  
があります。

——名古屋大学大学院福和研究室  
にて