

地震に強い住まいづくり(下)

地震に強い木造住宅の設計と施工

北海道立寒地住宅都市研究所
環境科学部長 林 勝朗氏

最近の木造住宅の地震被害例は、家づくりの第一歩が「安全性の確保」であることを明確に示しています。本来、住む人の安全と財産を守り、快適さを保証すべき住宅が、地震のときに凶器となって人に襲いかかることは、あってはならないことです。以下、在来軸組構法を対象とし、地震に耐える家づくりを解説します。

1. 敷地を選ぶ

住宅の構造設計の第一歩は、良好な地盤上に敷地を得ること、といてよいでしょう。軟弱地盤（泥炭地、湿地埋立地、深い沖積層）に家を建てるときは、設計に際してとくに丈夫な、そして平面的にも、立体的にもバランスのよい建物になるように心がけなければなりません。壁量も増やし、耐震性を上げる必要があります。おもな注意点は次のようになります。

- (1) 杭を打つ。
- (2) 建物形状を平面的、立体的に単純なものとし、平面図の形を細長くしない。
- (3) 建物の軽量化をはかり、かつ重量を平面図上でできるだけ均等に分散させる。
- (4) 耐力壁を増やし、建物全体の剛性（しっかりさ）を高める。

2. 建物のかたちはできるだけ単純に

建物の平面図と立体図は、できるだけ単純にした方がよいでしょう。平面図がL字形やコの字形の家は風をはらみやすく、また地震の時にコーナー部分が大きな力を受けて破損しやすくなります。平面図上での異種構造の組み合わせ（例、鉄筋コンクリート造と木造）も、地震時の揺れ方がちがうので好ましくありません。

デザインの面から、どうしても複雑な形になるときは、床、壁の剛性を高め、建物の一体化をはからなくてはなりません。平面図が細長い家、大きな吹き抜けのある家、無落雪屋根の家なども、それぞれに対策が

必要です。

注意すべきデザインと対策を、表-1に示します。

3. 建物に加わる力・・・

重い部分は大きな地震力がかかる

建物に加わる外力には、上から下に加わる鉛直荷重と、横から作用する水平荷重とがあります。鉛直荷重には建物自重、雪荷重、さらには家具などの積載荷重があり、また主な水平荷重には地震力と風圧力があります。

【水平力の伝わり方（地震力の場合）】

地震力は地盤から入ってくるもので、水平動を主として考えます。その力は、風のように外側から加わるのではなく、建物の全ての部分に生じます。一般に重量に比例するので、重い部分ほど力は大きくなります。

4. 基礎・・・

鉄筋コンクリート造^{ぬの}布基礎にしたい

基礎は建物を支え、さらに外力を地面にスムーズに伝える重要な役割を持っています。基礎の剛性が低いと、建物は大きな地震に耐えることはできません。また鉛直力によって不同沈下を起こし、上部構造に大きな被害を与えることがあります。

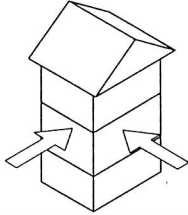
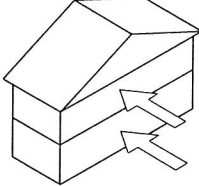
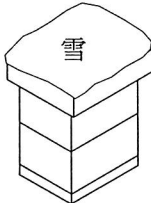

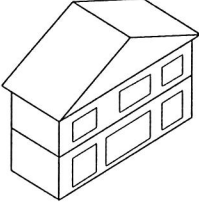
規模の小さな住宅でも、ある程度の高さを持った鉄筋コンクリートの布基礎としたいものです。とくに、締め固めの不十分な盛り土や泥炭地などの軟弱地盤上では、せいの高い基礎とし、鉄筋の配り方にも十分気を配りましょう。

5. 土台・・・

アンカーボルトで基礎にしっかりと定着

土台の断面は柱と同寸法以上とし、基礎に定着された直径13mmのフック付きアンカーボルトでしっかりと留めます。このアンカーボルトの埋め込み深さは25cm

表1 注意すべき家のデザインと対策

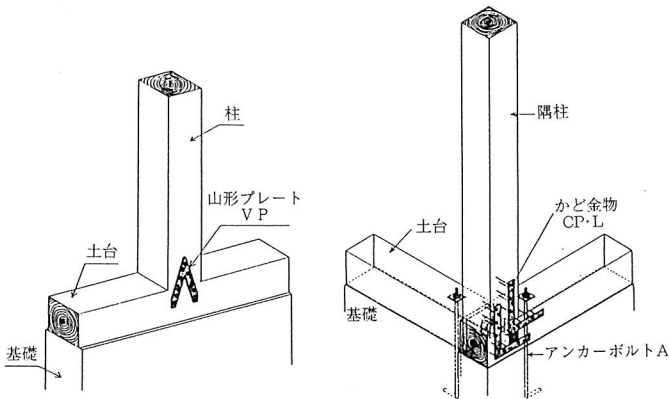
デザイン		形状図	注意点	対策
(a)	せいの高い家		・転倒しやすい	・基礎を深く ・アンカーボルトを強化 ・隅柱など主要な柱をホールダウン金物で補強
(b)	横に細長い家		・短辺方向に転倒しやすい ・2階の床と小屋組が水平方向に曲がりやすい(間仕切り壁に大きな水平力がかかる)	(a) + ・水平構面を固める。 (厚手の合板を張る: 2階床16mm, 屋根下地12mm, CN50~@150mm) ・中間に耐力壁をとる。
(c)	無落雪屋根の家		・積雪分だけ地震荷重が増える。	・壁を強化するか壁量を増やす。 (合板壁は極めて有効, 厚さ7.5mmか9mm, N50~@150mm)
(d)	大きな吹抜けのある家		・独立壁が横からの力に弱い。 ・床面の水平力が独立壁に伝わりにくい。	・せいの高い柱とする。 ・桁あるいは胴縁を横使いとする。 ・中間の床梁をとおす。 ・独立壁側コーナーを火打ち材で補強する。 ・吹抜け以外の2階の床は厚手の合板で補強する。
(e)	大きな開口のある家		・耐力壁偏在のため全体にねじれ振動を起ししやすい。	・開口側の壁を合板等で補強する。 (釘間隔を狭めればさらによい)

以上とします。ボルトの配置は、建物隅(2本ずつ)、耐力壁の足元、土台の継ぎ手および仕口個所(継ぎ手、仕口をはさんで2個所に)、その他はほぼ2m以内とすればよいでしょう。これらの位置は、あらかじめ基礎伏図に明記しておきましょう。アンカーボルトは、地震時や強風時に生ずる建物の浮き上がり、水平方向のずれを防ぐ重要な役割を持っているので、座金も40mm×40mm×4.5mm以上の大きなものとします。

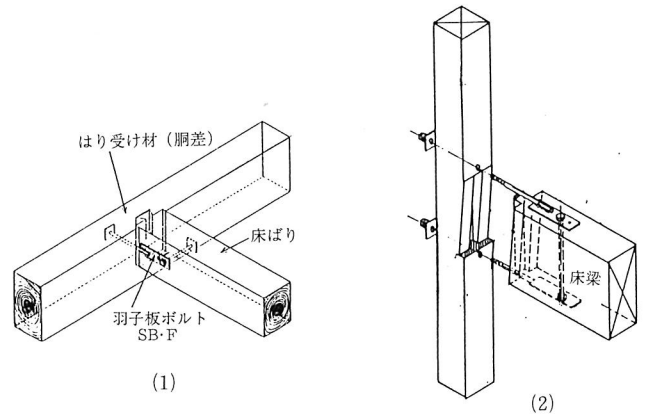
なお、土台はかならず防腐処理材とし(加圧処理)、現場で継ぎ手加工したり切断したときは、木口面に防腐剤を追加塗布しなければなりません。

6. 柱・・・

金物を利用して土台・桁などにしっかりと緊結柱は雪荷重など、上部からの鉛直荷重を支える部材なので、縦方向圧縮力による座屈に対して安全でな



図一 柱と横架材の補強例(1)

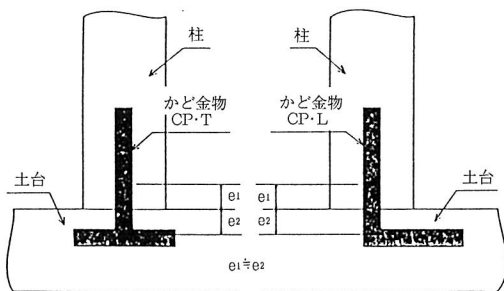


図三 梁と胴差, 柱と梁接合部の補強例

ればなりません。また地震や風圧力によって、大きな引き抜き力の生じることがあります。必要な柱寸法を確保し、さらに、土台・桁などの横架材としっかり緊結をしなければなりません。

普通の住宅では、柱の長さが2.7m程度ですので、柱寸法は多雪地でも10.5cm角を使用しますが、梁が四方から架かってくる独立柱や、柱間隔が大きく(例えば4.5m程度)屋根形状が無落雪型の場合などは、とくに計算をして柱断面を決めた方がよいでしょう。

柱の配置も構造計画上、大切なことです。平面図の上で、二階の柱と一階の柱位置がずれているケースが多いと、梁、^{どうさし}胴差などに大きな負担をかけて床がたわみやすくなり、また地震のときにも崩壊しやすくなります。できるだけ単純、明快な柱の配置を心がけましょう。



図二 柱と横架材の補強例(2)

図一, 二に金物を使用した場合の柱と横架材の補強例を示します。

7. 桁, 胴差・・・

柱との接合は金物を併用

桁は軸組の頂部において、たる木や小屋梁をうける部材です。また胴差は二階外壁を支えると同時に二階

床からの荷重を受ける部材です。梁や二階柱を受けている胴差の直下に柱がある場合は柱同寸の部材でよいのですが、そこが開口になっているときは断面を大きくするか、補強をしなければなりません。

桁, 胴差と柱との接合は、ほぞ差しのみでは不十分です。水平力によって生ずる浮き上がりに抵抗させるため、T型金物などを併用しましょう。また、建物間での通し柱との取り合いも、柱から外れないようにしっかりと固定させなければなりません。

8. 小屋梁, 床梁・・・

無落雪屋根の場合は断面を1ランク大きく

梁には、雪荷重, 積載荷重(家具, 人など)によって曲げ応力が加えられます。梁材は、その曲げに対し十分な耐力を持つと同時に、たわみ障害や振動障害が発生しないようにしなければなりません。所要梁寸法は、梁の間隔, スパン(支点間隔=柱間隔), 積雪量別に決まります。例えば、小屋梁の場合、積雪1mの地域で梁間隔1.8m, スパン3.6mのときは10.5cm×

表一 床荷重を受ける大梁の寸法 (cm)

梁の間隔 cm	スパン(梁の長さ) cm				
	180	270	360	450	
学会規準	90	10.5×10.5	10.5×15.0	10.5×21.0	10.5×27.0
	135	10.5×10.5	10.5×18.0	10.5×24.0	10.5×27.0
	180	10.5×12.0	10.5×18.0	10.5×24.0	10.5×30.0
振動障害防止	90	10.5×12.0	10.5×18.0	10.5×24.0	10.5×30.0
	135	10.5×13.5	10.5×21.0	10.5×27.0	10.5×33.0
	180	10.5×15.0	10.5×21.0	10.5×30.0	10.5×36.0

27.0cmの断面が必要になります。無落雪屋根としたときは、安全をみて1ランク上の断面にした方がよいでしょう。床梁の所要面積は表-2を参考にしてください。

梁の切り欠きはできるだけ避けるようにします。とくに中央下面、側面の大きな切り欠きは危険です。さらに梁の端部(仕口)には、箱金物、羽子板ボルトなどを十分に用いて、地震時や強風時に落下しないようにします。(図-3(1))。柱との取り合わせは、一般には柱に欠き込みをつくり、それに掛けてからボルト締めとします(図-3(2))。

9. 耐力壁

(1) 耐力壁の構造・・・

筋違プレートを使って丈夫な壁を

地震力、風圧力に対して十分に抵抗できる骨組みと構造をもった壁を耐力壁といい、これに筋違の入った壁、構造用合板など(面材)を張った壁などがあります。

筋違は横からくる力に対して三角形を作って抵抗し、合板などを釘打ちした壁は面材の面内せん断耐力によって抵抗します。筋違は合板と違って効き方に方向性があるため、(引張り筋違、圧縮筋違)、地震の交互の揺れや、風方向は変わることを考えて、筋違の向きを右上がり(/)と右下がり(\)で一对とし、互いに隣接させるか、できるだけ近くに配置します。

柱三つ割筋違(厚さ3cm、幅9cm)は一応、圧縮筋違と考えられますが、強震時に交互に揺すられて引張りを受けたとき、壁から簡単に外れ落ちた例があります(宮城沖地震)。斜め釘打ちは、とくに構面外に外れ落ちやすいため、避けなければなりません。端部は引張りにも耐えられるよう、平金物などでしっかり

と留めた方がよいでしょう。柱三つ割筋違は、八型やV型に入れると、より一層効果が出てきます。図-4のような筋違プレートを用いると引張り、圧縮の両方に抵抗できるので丈夫な壁がつけられます。

(2) 耐力壁の種類と強さ・・・

合板張りは壁倍率2.5

合板などの面材を張った壁の耐力壁効果が、建設省告示で認められています。(1100号, 1981.6)。その種類と壁の強さを表す壁倍率はここでは省略しますが、柱三つ割筋違は1.5倍、合板を張った壁は2.5倍の倍率と定められており、合板を使用すると大幅な耐震性の向上が見込まれることになりました。面材を打ちつけた壁は、釘のせん断抵抗によって水平力に耐えるものなので「面材の厚さ」「使用する釘の種類」「釘打ち間隔」は必ず規程を守り、さらに軸組には面材を直接打ちつけなければなりません。

(3) 必要な壁量・・・

床面積に比例

建物の重量は、ほぼ床面積に比例します。地震力は重量に比例するので、建物が地震に耐えるために必要な壁の量(耐力壁の長さ×壁倍率)も床面積に比例すると考えてもよいでしょう。

建物の壁量は、妻方向、桁方向に分けて次の式によって求め、その値が表-3の値より大きくなるように壁の長さ、数、配置を決めます。地震力に対して壁量を求める式は次のとおりです。

壁量 = 耐力壁の実長(平面上の長さ)

×有効倍率×床面積

(4) 阪神大震災で実証された「非評価耐震要素」

木造住宅の耐震性は、基本的には建築基準法で評価される耐力壁によって確保されることとなります。しかし、予測せぬ大地震に対しては、耐力壁として評価されていない「非評価耐震要素」、すなわち「余力」が建物崩壊の明暗を分ける可能性が高いと考えられます。

「非評価耐震要素」の効果の大きいことは、阪神大震災で激震地にありながら、ほとんど無被害の在来構法住宅があることによっても実証されたように思えます。(前号その1-被害例参照)

余力のひとつに、開口壁の小壁の効果が挙げられます。合板のような面材を張った壁は、開口部の上下にある小壁も水平力に抵抗します。建築基準法では、その効果をはっきりとは認めていませんが、表-3の所

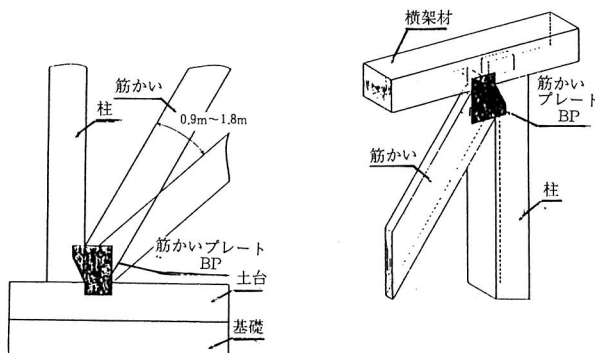


図-4 筋違プレートによる端部の補強

表3 建物の地震力に対する所要壁量（各方向に対して）
[単位cm/m²]

建築物	1階建		2階建		3階建		
	1階	1階	2階	1階	2階	3階	
重い屋根（瓦葺）*1	15	33	21	50	39	24	
軽い屋根（金属板葺等）	11	29	15	46	34	18	
多雪区域（積雪1m）*2	25	43	33	60	51	35	

*1：道条例第19条による多雪区域での適用

*2：日本建築学会，建築耐震設計における保有耐力と変形性耐
昭和56年6月
（風圧力に対する所要壁量は，全建物50cm/m²）

要壁量を算出する際に，これらを余力として建物全体の3分の1程度を分担させています。

（5）耐力壁の配置・・・

できるだけバランス良く

耐力壁の量は十分でも，平面図上で偏在していると，水平力と壁の抵抗力の合力線とがずれ，建物にねじれや回転が起こって局部的な破壊を生じやすくなります。しかし現実には，建物の南面は大きな開口をとりたところなので，南面だけとくに壁倍率の高い構造にしたり，小壁を大きくとるといった工夫をあわせてするとよいでしょう。

壁量の偏在が避けられないとき，また一階と二階の耐力壁線がずれているときは，床面の水平剛性をとくに高める必要があります。

10. 床組，小屋組・・・

水平剛性も重要

床組・小屋組など水平構面は，鉛直荷重に耐えると同時に，地震力，風圧力などの水平力を耐力壁に伝える役割を持っています。水平剛性を確保することは，耐力壁の持つ抵抗力を十分に発揮させるために，また，中間仕切り壁などの非耐震要素を簡単に破壊させないために，大変重要なことです。

水平構面を固めるために一般的におこなわれているのは，火打ち材によって隅を固める方法です。建物の四隅を固めるだけでは剛性不足なので，梁と桁，梁と胴差との取り合わせの要所要所に，できるだけたくさん火打ち材を入れます。

壁と同様，床組に合板を張ると，水平剛性は非常に高くなります。

小屋組に地震力・風圧力が加わる時は，水平力だけでなく上下動や吹き上げ力も生じるので，小屋組が移動・落下しないよう，金物で軸組にしっかりと留めます。とくに軒先の垂木にはおおきな上向きの風圧がかかるので，注意しなければなりません。

以上耐震的な家づくりのポイントを述べてきました。ここで大切なことは総合的な配慮が必要だということです。これらのポイントのどれかが欠けても，耐震性能は極端に落ちてしまいます。さらに，補強金物の多用も推奨したいことです。部材の接合部をしっかりと固め，建物が持っている耐震性を十分に発揮させることが，大地震にも耐える家づくりの基本なのです。

〈参考文献〉

- 1) 住宅デザインと木構造：飯塚五郎蔵，丸善株式会社（1982.4.10）
- 2) Zマーク表示金物（木造住宅用金物の使い方）：日本住宅・木材技術センター編集（1995.4.25）

この講演は平成10年8月7日，北海道立林産試験場講堂でおこなわれた講演会「木を使った家づくり」－木質住宅の構造安定性と居住性－の中でおこなわれたものです。講演者と主催者（北海道立林産試験場と（社）北海道林産技術普及協会）の許可を得て掲載します。