

地震に負けない！

木造住宅

知識ゼロから考える耐震構造のしくみ

羽切道雄 著

Michio Hakiri

- ☑ 地震はどうして起こるの？
- ☑ 軟弱地盤に家を建てるとき、基礎はどうする？
- ☑ 「壁倍率」ってなに？
- ☑ 木造住宅の耐震診断のポイントは？
- ☑ 屋根と床の補強はどうすればいい？

今さら聞けない構造設計の基本。
設計者や建築学生の
色々な疑問に答えます！

はじめに

日本は世界でもまれに見る地震の多い国です。古くから「天災は忘れた頃にやってくる」といわれていますが、1995年1月の兵庫県南部地震、2004年10月の新潟県中越地震、2011年3月の東北地方太平洋沖地震など、最近では忘れないうちに大地震が何度も襲ってきます。地震への備えを意識せずに生命と財産を守るには地震と火災に強い建物を建ててその建物に住むことに尽きるでしょう。

現在の地震学では地震の発生を正確に予知することはできないと多くの学者が言いますが、「東海地震」だけは「大規模地震対策特別措置法」という法律で事前に地震情報が出されることになっています。大地震発生が予知されて警戒宣言が出されても建物の外に出るのが精一杯で、建物の被害を防ぐことはできません。それ故に私たちは地震の予知に関係なく、万が一に備えて日常から地震対策をしておく必要があるのです。事前に地震対策をしておくことによって地震による災害を軽減できます。

特に個人の対策としては、①地震や津波に関する正しい知識を持つこと、②住宅やマンションの骨組みなどに関する興味や知識を持つこと、③自分の生活圏の地震環境に関する知識を持つこと、が大切になります。

本書は木造住宅についての耐震構造のしくみをQ & A形式で解説したものです。この本が災害防止対策や建築構造設計などに関心を寄せるきっかけになればと思い、浅学非才を省みず執筆しました。木造住宅の構造やそのしくみ、耐震診断などについて広く浅く理解していただければ幸いです。

最後に、私は今後も「自然には謙虚に！ 技術には正直に！ 建築主には誠実に！」を心掛けて構造設計や構造設計教育の普及をしたいと思います。

羽切道雄

もくじ

はじめに 3

第1章 地震は建物にどのように作用するの？ 9

- Q 地震はどうして起こるのでしょうか？ 10
- Q 活断層が地震と関係していると聞きますが、
どのようなものなのでしょうか？ 15
- Q 大地震は周期的に起きているのですか？
また、日本国内で地震が少ない場所は
どのようなところですか？ 18
- Q マグニチュードと震度はどのように違うのでしょうか？ 23
- Q 地震力は建物にどのように作用するのですか？ 28
- Q 高層マンションの上層階では地震のときに
大きくゆっくり揺れますが大丈夫でしょうか？ 33
- Q 新耐震基準とは、いつからの基準で、
地震力は以前の基準とどのように違うのですか？ 38

第2章 木造住宅の耐震性は何で決まるの？ 41

- Q 木造住宅の耐震性を考えるポイントは
どのようなことですか？ 42
- Q 家を建て替えようと思っています。
お金をかけても地盤調査するほうがよいでしょうか。 51
- Q 欠陥住宅として、家が傾いてしまった例をテレビで見ました。
そのようにならないか心配です。 56

- Q 軟弱地盤の敷地に家を建てる時は、
基礎をどのようにすればいいのでしょうか？ 61
- Q 耐力壁がバランス良く配置されていることが
耐震上重要であると聞きました。
それはどのようなことですか？ 65
- Q 「壁倍率」という言葉を聞きましたが、
この意味するところはどのようなことですか？ 71
- Q 耐震診断で古い家の筋かいは釘で接合しているだけなので
効果が少ないといわれました。
接合の問題点を教えてください。 75
- Q 木造建築に使用する接合金物にはどのようなものがありますか？
金物の記号の意味なども知りたいのです。 80
- Q 在来軸組工法は枠組壁工法（ツーバイフォー工法）より
地震に弱いのでしょうか？ 84
- Q わが家は築30年で、特に老朽化しているとは思えないのです。
老朽化はどのような部分を見て判断するのですか？ 87

第3章 住宅はどのような材料でつくられているの？ 91

- Q 木造住宅の基礎などに鉄筋コンクリートが使われていますが、
施工の仕方によっても耐久性に違いが出てきますか？ 92
- Q コンクリートの特徴と良いコンクリートの条件とは
何かを教えてください。 97
- Q スランプとか水セメント比など、
コンクリートの設計・施工で使用する
大切な用語を説明してください。 102

- Q 建築材料として木材はどのようなところが優れているのですか？
その特性や特徴などはどのようなものですか？ 106
- Q ハウスメーカーの鉄骨住宅での新築を考えています。
鉄骨造の長所や短所、特徴などを知りたいのです。 110
- Q 合板や集成材は木造住宅でどのように
使用されているのですか？ 117
- Q 住宅にも免震構造や制震構造があると聞きました。
これらはどのようなものですか？ 120

第4章 耐震設計の要点をつかみたい! 127

- Q 住宅に必要な基本性能とはどのようなものですか？ 128
- Q 建築基準法に従って住宅を設計すれば、
耐震性は確保されると考えてよいでしょうか？ 132
- Q 建築基準法では、設計外力の種類とその考え方は
どのようになっているのですか？ 135
- Q 新耐震基準による設計とはどのような考えのものですか？ ... 141
- Q 許容応力度計算による構造計算では
どのようなことを確認するのですか？ 144
- Q 地震を受けた建物にはどのような被害が出るのが
予想されますか？ 147
- Q 建築後40年ほど経っている和風住宅に住んでいます。
耐震補強工事の方法にはどのようなものがありますか？ 151
- Q 木造住宅を設計するときや耐震性を上げるときの
構造設計上の重要点はどのようなことですか？ 155

第5章 自分でできる木造住宅の耐震診断 157

- 1 建物の竣工年と設計基準の関係を確認する 158
- 2 簡単な建物調査のポイント 162

第6章 ここがポイント! 耐震補強 169

- 1 耐震補強について知っておきたいこと 170
- 2 耐震補強の具体的な進め方 174
- 3 補強事例① 杭基礎の補強 178
- 4 補強事例② 木造2階建て住宅のはりの補強 181
- 5 接合金物の使い方 185
- 6 屋根面と床面の補強方法 190
- 7 耐震補強工事の方法と留意点 193
- 8 メンテナンスの必要性について 197

参考文献 202

おわりに 203

Q 地震力は建物にどのように作用するのですか？

A 地震力は、慣性力という見かけの力で作用します。

例えば、「この建物の1階には約100kN（約10tf）の地震力（水平力）が加わります」という場合に、実際に外力として何か100kNの力で建物を押しているのでしょうか。

地震動によって建築物がゆらゆらと揺れます。この時に建築物を何かの力が押したり引いたりしているわけではありません。地震動によって建築物に生じる力は、地震動の加速度によってその建築物の各部分に生じる「慣性力」として考えます。

身近な例で慣性力を考えてみます。今、自分がバスの中に手すりや吊り革につかまらずにただ立っていると想像してみてください。この状態のときにバスが急発進するとあなたはどうなるのでしょうか？

バスの中の人を乗客Aとします。このときの状況は図10に示すようになります。

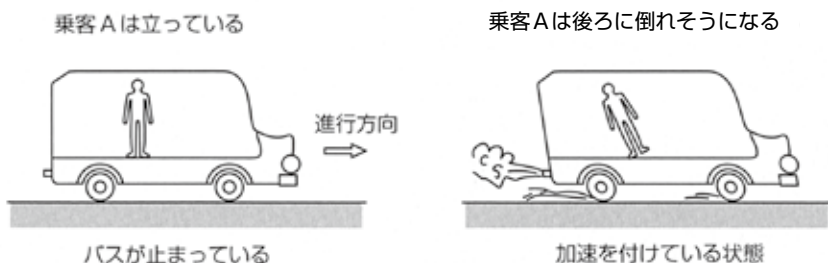


図10 バスが急発進すると

普通の人ならば、バスの進行方向とは逆の方向（後ろ方向）に倒れそうになります。この時に乗客Aに直接的な外力は働いていません。バスが止まってい

る中で立っている乗客Aが、バスが急発進したときに倒れるだけの力 F を加えられたときに、この力 F が慣性力と呼ばれます（図11）。

この慣性力は実際に存在する力ではなく、見かけの力です。



図11 バスの乗客には慣性力という見かけの力が働く

今度は一定のスピードで走行しているバスが急停止した場合を想像してみてください（図12）。

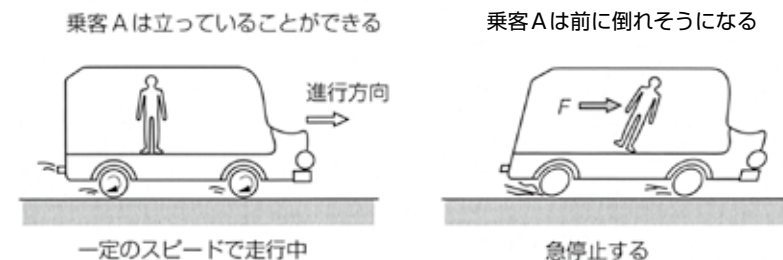


図12 バスが急停止すると前向き慣性力が働く

普通の人ならばバスの進行方向（前向き方向）に倒れそうになります。この時も乗客Aに直接的な外力は働いていません。このバスの急発進と急停止が短時間（数十秒程度）の間に何十回も繰り返されると、乗客Aは建物の中で地震を受けたときのようになります。乗客Aは前後に揺さぶられるのです。慣性力の原因は観測者（乗客A）がバスあるいは建物の中にいることにあります。

したがって、一般的にいうと「加速している乗客Aから見たときには、加速の向きと逆向きに慣性力が働いたと考える」ことになります。バスが急発進するとき、後ろ向きに倒すような力 F が生じたときに慣性力が働いたと考える

のです。このような慣性力を建築物の構造設計では「地震力」と呼びます。

□ 建築物の慣性力の考え方を整理する

建築物の慣性力の考え方は図13に示す通りです。

各図の内容は次のものです。

(a) 図は、1階建ての建築物の骨組みイメージです。

(b) 図は、1階建ての建築物の骨組みの解析モデルです。(a) 図の点線で囲

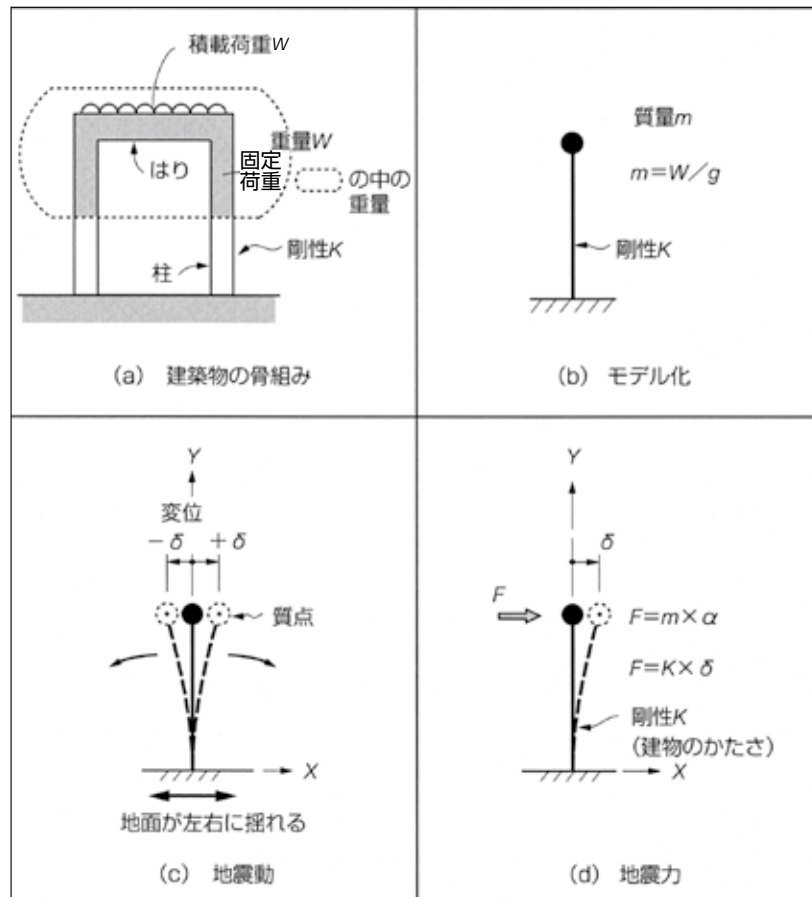


図13 建築物の慣性力の考え方

まれた部分の重量をWとしたときに質量をmとします。 $m = W/g$ 、gは重力の加速度です。

(c) 図は、地震動によって地盤が揺れた結果、建築物が左右に揺れた状況のモデルです。左右の変位は δ です。モデルでは質点が揺れています。

(d) 図は、(c) 図で揺れた変位 δ に相当する変位を与える力Fを仮定するものです。この水平力Fが地震力に相当するものです。

地震力は、建物の重量（固定荷重+積載荷重）に層せん断力係数（応答加速度/重力加速度）を乗じて求めます。 $F = W \times (\alpha/g)$ 。図13 (d) を参考に

して次の式を導きます。
 慣性の法則により $F = m \times \alpha$ (1)式

復元力の原理から $F = K \times \delta$ (2)式

ここで、式の記号は次のものです。

F：地震力、m：質量、 α ：加速度、
 K：剛性（ばね定数）、 δ ：相対変位、g：重力加速度（9.80665m/s²）

以上が基本です。

上記の(1)式=(2)式として、 δ を求める式にすると次式を得ます。

$$\delta = m \times \alpha / K$$

この式は加速度 α が一定ならば質量mが大きくなると δ は大きくなります。また、 $m \times \alpha$ が一定ならば剛性Kが大きいくほど δ は小さくなります。このように、建物の重さと建物の骨組みの剛性の違いによって相対変位が変化することがわかります。

ここで柱とはりの断面が同じ大きさの骨組みで、仕上げの重さが異なる2つの建物で変位の比較をするために図14 (P.32) の例で説明します。

条件は、積載荷重wは同じ、加速度 α と剛性Kも同じとします。点線内の重量を比較すると、 $W_2 > W_1$ になります。質量は、 $m_1 = W_1/g$ 、 $m_2 = W_2/g$ です。

よって、①軽い建物と、②重い建物のそれぞれの変位は次のように求めることができます。

$$\delta_1 = m_1 \times \alpha / g、\delta_2 = m_2 \times \alpha / g$$

質量の関係は、 $m_2 > m_1$ ですから、 $\delta_2 > \delta_1$ になります。

柱とはりが同じ断面の骨組みの場合には、骨組みの硬さと強さ（剛性）が同

2 | 耐震補強の具体的な進め方

□ 木造建築物の耐震補強

木造建築物の耐震補強の方法としては次の3つが主なものです。

- ・補強方法① 外壁の仕上げ材を取り外して外側から補強する方法。
- ・補強方法② 外壁を壊さないで外側から補強する方法。
- ・補強方法③ 建物の内側の仕上げ材を取り外して内側から補強する方法。

それぞれの方法の利点・欠点は次のようになります。

[補強方法①]

- ・外壁の仕上げ材を取り外しても住人はそのまま生活できます。
- ・仕上げ材を取り外すので、骨組みや接合部が確認できます。
- ・補強部材を入れやすいし、接合金物も確実に接合できますので一番確実で良い方法といえます。
- ・外部の作業空間が必要になります。

[補強方法②]

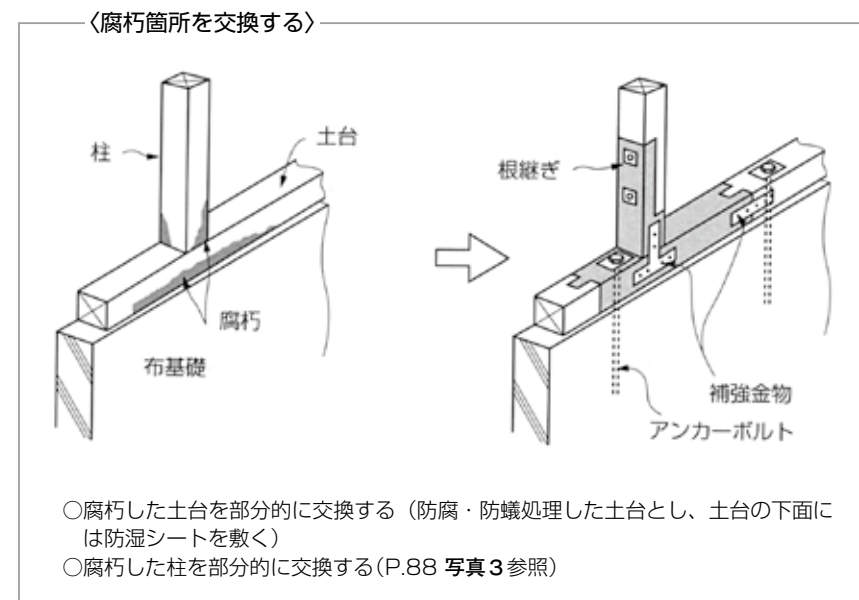
- ・外壁に金物を取り付けて、筋かい（鉄筋または鉄骨）を入れる方法があります。
- ・現状の骨組みの状況が確認できないと同時に劣化状況も不明のままの補強になります。
- ・金物を取り付ける部材の太さや位置も明確ではありません。
- ・筋かいの耐力は十分期待できますが、筋かいを取り付けるボルトや埋め込んだ部分の柱やはりの耐力のほうが弱いことがあります。
- ・緊急補強には期待できますが、長期の期待はしないほうがよいでしょう。

[補強方法③]

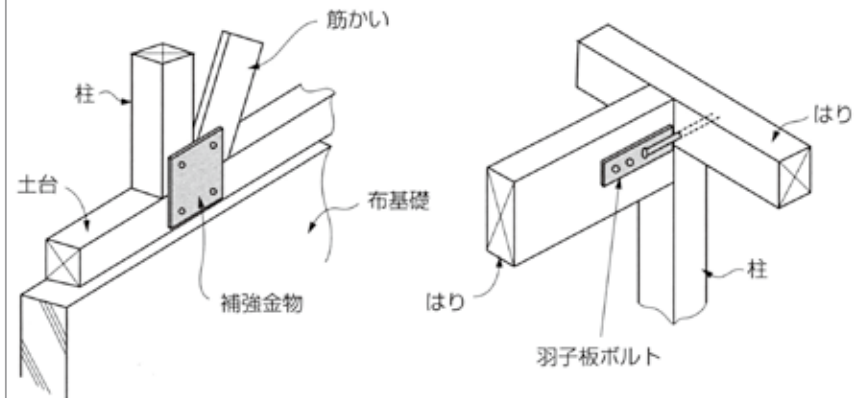
- ・室内の仕上げ材を取り外すので骨組みや接合部が確認できます。
- ・天井より上部や床面より下部の接合金物の施工が難しいでしょう。
- ・耐力壁用合板を張って補強する方法が好ましいでしょう。
- ・室内のリフォームと合わせて行えば経済的メリットがあるでしょう。
- ・工事中は室内が使用できなくなります。

木造建築の補強工事を行う場合には外壁の仕上げ材または内壁の仕上げ材を撤去して、骨組み材の劣化状況を確認しながら補強していく方法が望ましいといえます。木造は柱でも、筋かいでも部分的に切り取りができます。補強工事をするからには腐った構造部材の上に見た目のきれいな仕上げをするようなことは絶対にしないでください。適切な耐震補強をして、大切な家の耐用年数を延ばすようにしましょう。

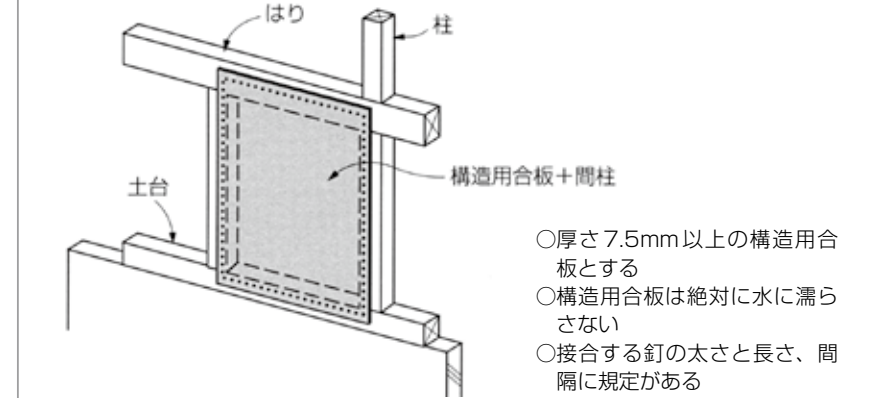
以下に耐震補強で行う工事の部分イメージ図を紹介します。



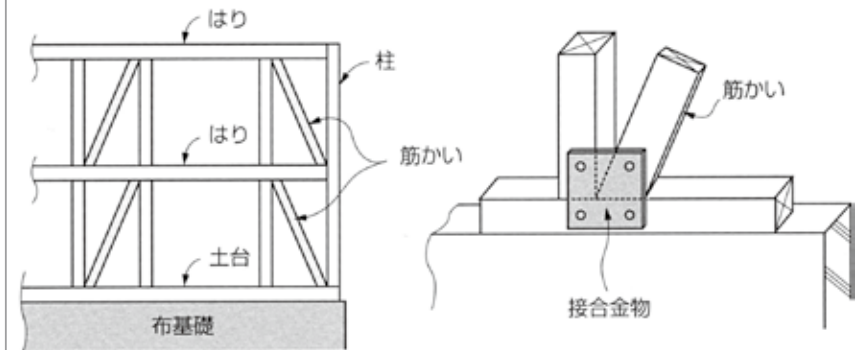
〈補強金物で仕口部を補強する〉



〈構造用合板を入れて補強する〉



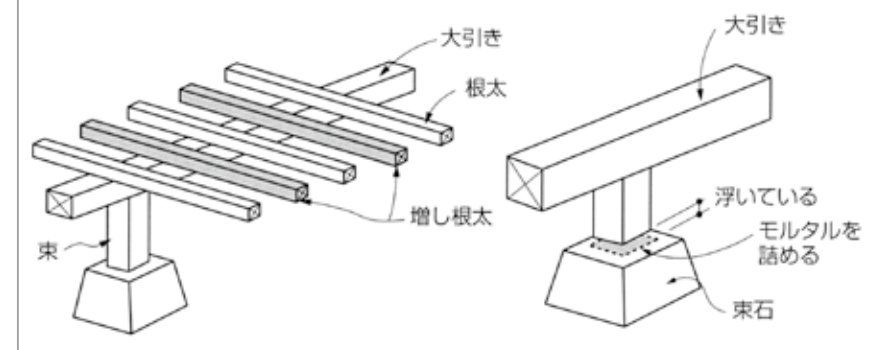
〈筋かいを入れて補強する〉



○筋かいを入れるときは、向きが異なるものが一対になるように入れる

○筋かいは柱と土台、またははりに接合金物で接合する

〈1階の床がふかふかするような場合〉



○根太を増す

○束石と束の隙間を埋める

6 屋根面と床面の補強方法

■ 屋根面と床面の補強方法の例

水平剛性の確保の大切さについては、P.46の④項で説明していますので参照してください。在来軸組工法の建物は床の高さ調整もあって、床板がけたや胴差しなどのレベルより少し上になっています。床面の水平剛性の強さは根太とはりの仕口に大きく影響します。

図5に示すように、最近でははりの上に根太を乗せて斜め釘打ちする「転ばし根太」のような好ましくない床構造も施工されています。これに対して、従来から行われているはりに欠込みをつくって取り付ける「落とし込み根太」の方法では転ばし根太の床剛性の約1.3~2.0倍になります。

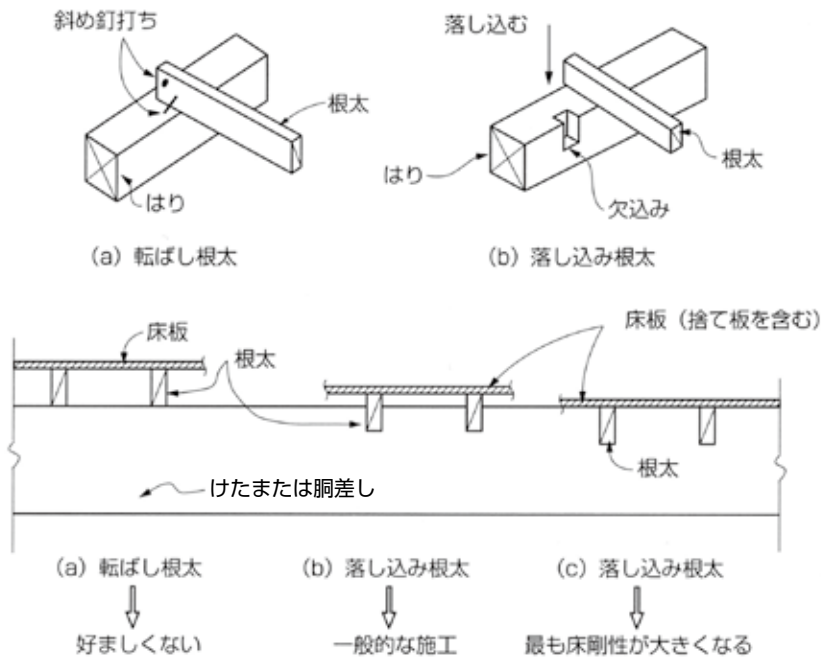


図5 床の施工方法

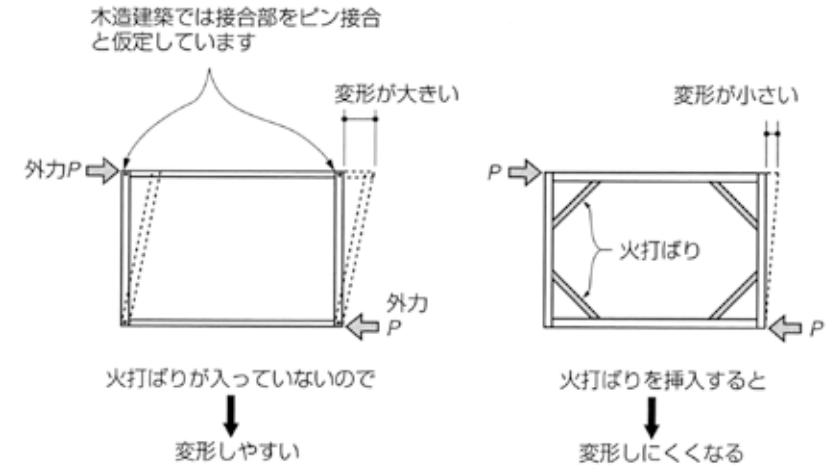


図6 火打ばりの効果

床板に杉板などの野地板（下地）を使用した場合と、構造用合板を使用した場合とを比較すると、構造用合板を使用するほうが3~5倍剛性が高くなります。耐力壁の壁倍率の表に示したように（P.71参照）、木ずり（片面ずり0.5）と構造用合板（片面張り2.5）では耐力が異なるのです。

在来軸組工法の転ばし根太の場合は床面剛性が小さいので、火打ばりや火打土台を屋根面や床面のコーナー部に入れて剛性を高めるようにしています（図6）。

2階床面あるいは屋根面に使用するものを火打ばりといい、土台部に使用するものを火打土台といいます。また、鋼製のものも使用されます（P.192 図7）。