

地震に強い家づくり

51期生

I テーマ設定の理由

去年“地震に強い町づくり”を調べ、家についても少しふれた。しかし、まだまだ不十分であると思ったので、今年は木造住宅にしばって調べることにした。

II 研究方法

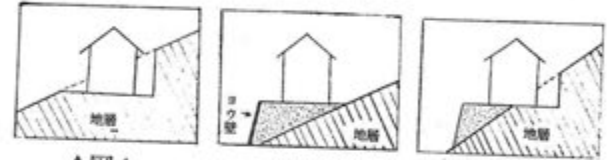
- (1) アンケート調査 附中51期生と担任の先生方、実習の先生方にアンケートを行う。
- (2) 文献調査① 図書館で参考文献を探す。
- (3) 文献調査② 建築会社に電話したり、住宅展示場へ行ったりして、耐震設計の資料を請求する。
- (4) 見 学 積水ハウスの納得工房に行き、地震に強い家の模型等を見る。
- (5) 実 験 文献にのっていたことを実験によって確かめる。
- (6) 現地調査 我が家の屋根裏にのぼり、耐震設計を見る。
- (7) 設 計 地震に強い家の条件を取り入れた家を設計する。

III 研究内容

1. 地震に強い家の条件

(1) 地盤

ゆるい傾斜の山を削ってつくった土地（切土）が最も安全。斜面に土を盛った土地（盛土）や埋め立て地などの軟弱地盤では揺れが大きくなる。また、ヨウ壁がくずれ落ちたり、地盤そのものが不規則に沈むため、基礎が壊れることもある。軟弱地盤以上に危険なのが、不整形の地盤である。例えば、盛土と切土が半々の土地などがそれにあたる。地震によって、切土と盛土の間に小規模な亀裂が生じることもある。すると、土砂崩れが起きたり、基礎を引きさくような力が加わり、家は大きなダメージをうける。



▲図1

▲図2

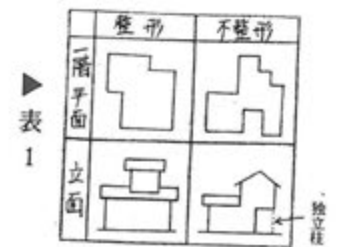
▲図3

不整形な土地

(2) 建物の形

長方形の家には、地震の力が全体に均等にかかるため、無理がない。しかし、平面がL字型など不整形な形の場合、不均等にかかる力がくびれた箇所に集まり、時にはねじれ現象をおこし、そこから崩れていく。

1階に駐車スペース等がある場合、水平荷重が壁

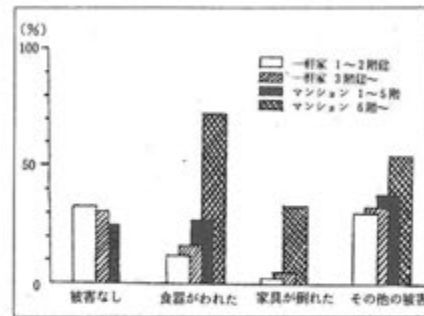


のない1階の独立柱に集中するので、柱が耐えきれなくなる可能性がある。

また、アンケートで阪神淡路大震災の時の被害を聞いた結果、一軒家なら何階建てであるか、マンションなら何階に住んでいるかによって被害の大きさに差が出た(資料1)。

一軒家の1~2階建てと3階建て以上、マンションの1~5階と6階以上をそれぞれ比較すると、建物が高いほど被害が大きくなっていることがわかる。

木造住宅も、少しでも低い方が地震の時の被害は少なくなるはずだ。

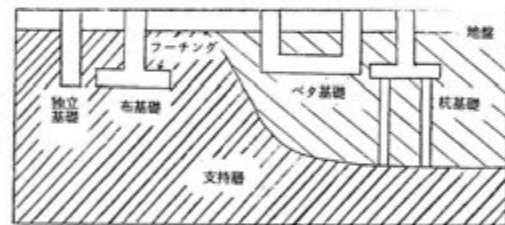


▲資料1

※マンション6階以上の『被害なし』及びマンション1~5階の『家具が倒れた』は0%だった。

(3) 基礎

独立基礎のように基礎が土に接する面積が少ないと、小さい面積に大きい重量が載り、建物が重みで沈んでしまうのでよくない。そこで布基礎のようにフーチング



▶ 図4

をつけ、基礎の底の面積をひろげて、建物の重量を分散して地盤に伝える。

軟弱地盤に使う基礎はいろいろあるが、ベタ基礎がよく使われる。ベタ基礎はフーチングが床全面を覆ったもので、面で支えているため強度が大きい。不同沈下も防止する。

また、杭基礎のように杭を支持層(硬い地盤)まで打ち込む方法もある。

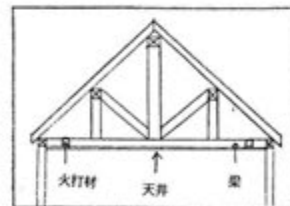
基礎は、鉄筋とコンクリートで成り立っている。コンクリートは圧縮力に強いが、引っ張り、曲げにはほぼ耐力がない。その補強材として鉄筋を用いているので、鉄筋はたくさん配筋したほうがよい。

(4) 屋根

屋根は軽くなくてはならない。瓦葺き屋根は重い(セメント系の軽い瓦もあるが)。瓦を使用する場合は、3段に1段でもよいので必ず止め付ける。そうすると、地震によって瓦が落下することはほとんどなくなる。

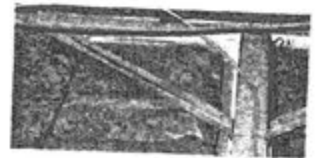
また、阪神淡路大震災の時、三角屋根(小屋組)の大梁が落ちてきて下敷きになった人が多い。しかし、本来三角屋根は強いので、屋根の重みを支えることができれば地震には強くなる。

地震によって建物が横から水平の力を受けた場合、土台が交差している隅の箇所がねじれたりひしゃげたりすることがある。それを防ぐために火打材を入れる。火



▲図5 三角屋根

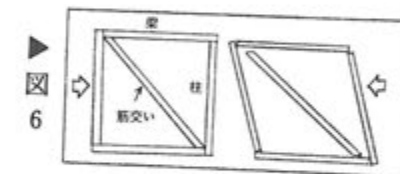
打材は1階の床下や2階床下、天井裏に入れる。四角形は力を加えるとすぐゆがむが、三角形は力を加えてもゆがみにくい。そこで、火打材を入れることによって三角形をつくる。建物の四隅はもちろん、各部屋の四隅にも必要。また、火打材が1階と2階で同じ箇所だと効果的だ。



▲写真1 我が家の天井裏の火打材

(5) 壁

水平力に対しては壁が1番抵抗力がある。壁の強度を増すのが筋交いだ。壁面に斜材を入れることによって、柱と梁で構成される建物の軸組が傾くのを防ぐ。筋交いは薄くては役に立たないので、最低柱の三つ割りぐらいの厚さが必要だ。筋交いをX字状に交差させない場合、一方向からの力に対してはある程度の動きをするが、その反対側からの力には大変弱く、接合部とともに破壊されやすくなる。だから、筋交いをX字状に交差させるのがよいが、交差部を切り欠いてはいけない。



▶ 図6

合板(ベニヤ板)を壁として打ちつけると、合板は筋交いと同じ役目をする。筋交いの入った壁と、合板を打ちつけた壁の耐震実験によれば、筋交いより合板のほうが高い耐震性能が得られる場合もあることが証明されているようだ。

壁に関する簡単な実験を4つ行った。

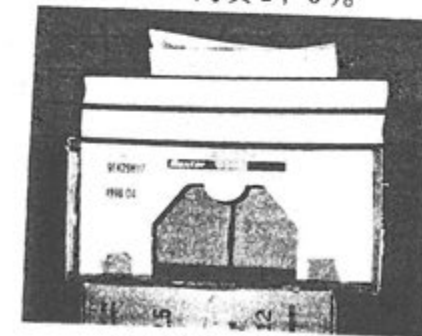
実験1 壁が多い家と少ない家との強さの比較

〈実験方法〉

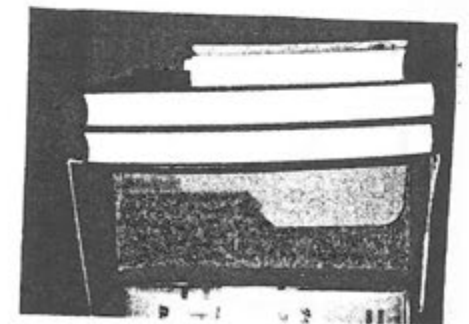
- ① 2つの同じダンボールの正面を切りぬき、中が見えるようにする(家と仮定)。
- ② 1つのダンボールの中には壁のように型紙を入れ、ガムテープで止める。
- ③ 2つの箱を1つのダンボールにのせ、ガムテープで固定する。
- ④ それぞれの箱に、辞書などの同じ重さの物をのせ、ゆらす(地震)。

〈結果〉

軽い物をのせてゆらしても全く変化はなかった。しかし、百科辞典を2冊のせると、壁のない方の天井がたわんだ。さらに、辞書(百科辞典の半分程度の重さ)を1冊増やすと、壁のない方の床が、下に置いてあるダンボールのなくなっている所で折れた(写真2, 3)。



▲写真2 壁がある



▲写真3 壁がない

〈考察〉

小さな地震（建物にかかる力が小さい）のときは、壁の多少にかかわらず倒れない家ばかりである。しかし、地震が大きければ、壁の少ない家は倒れる可能性が高くなる。

実験2 窓のある家とない家との強さの比較

〈実験方法〉

- ①実験1と同じ
- ②1つのダンボールの側面を、窓のように切る（結果に差が出るように大きく）。
- ③④実験1と同じ

〈結果〉

辞書を1冊のせてゆらしただけで、窓のある方は倒れた。

窓の横の壁が折れた（写真4）。

〈考察〉

大きな窓がたくさんあると、地震にはかなり弱くなる。壁が少なくなり、窓の周辺の壁や柱から破壊が始まるようだ。窓は必要以上に設けず、小さくする。



▲写真4

実験3 窓の横の壁を補強したときの強さ

〈実験方法〉

- ①実験2と同じ2つのダンボールの正面を切り、側面も窓のように切る（2つとも、実験2と同じ大きさに）。
- ②1つは、窓の横の壁にダンボールの半分程度の厚さの型紙をはり、補強する。
- ③もう1つは、同じ部分にダンボールをはって補強する。
- ④実験1と同じ

〈結果〉

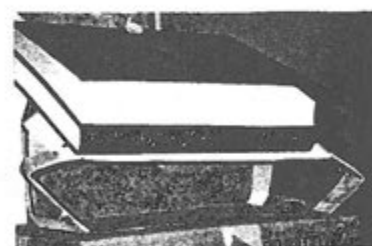
型紙で補強したとき、百科辞典1冊には耐えられたが、2冊になると倒れた。倒れ方は、実験2と同じ（写真5）。

ダンボールで補強すると、百科辞典2冊にも耐えた（写真6）。

〈考察〉

実験2と比較すると、壁の厚さが1.5倍程になると2倍弱の力に耐えられ、壁の厚さが2倍になると2倍以上の力に耐えられることがわかる。

しかし、壁の厚みを増すのは実用的ではない。筋交いを太くしたり、合板を打ち付けたりするのがよいだろう。



▲写真5 型紙で補強



▲写真6 ダンボールで補強

実験4 方杖がある家とない家の強さの比較

〈実験方法〉

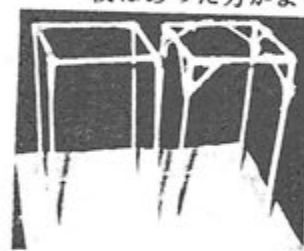
- ①割りばしを3mm角に切ったものを柱・梁とし、軸組を2つ作る。接合は、ガムテープとセロテープで、全く同じようにする。
- ②1つの軸組には2mm角の割りばしを方杖のように接合する。
- ③側面には全て型紙をはり、壁とする。型紙はセロテープで柱にとめ、隣の壁とは一体化しないようにする。
- ④2つを同じダンボールにのせ、セロテープで止める。
- ⑤辞書等をのせてゆらした後、型紙をはがして軸組の状態を見る。

〈結果〉

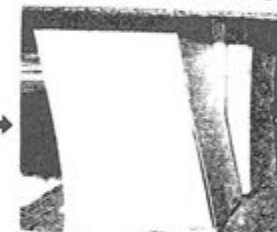
百科辞典を1冊のせてゆらしただけで、方杖のない方は傾いた。壁が外れかかっていた。方杖のある方は変化はなかった（写真7, 8, 9）。

〈考察〉

文献には、柱が折れるので方杖を入れるのはよくないと書いてあるものと、方杖はあった方がよいと書いてあるものがあった。



▲写真7 実験前の軸組



▲写真8 実験後
※手前が方杖なし



▲写真9 実験後の軸組

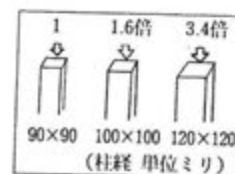
実験結果を参考にすると、方杖はあった方がかなり強い、ということになる。方杖を、柱より細くしたのがよかったのかもしれない。方杖を太くすると、文献にあったように、柱が折れてしまうおそれがあるので、あまり太くない方杖を入れるのがよいと思う。

(6) 柱

柱にヒノキを使っている家は強い。日本のヒノキは、木1本について柱1本をとるので柱には芯がおっているからだ。これを芯持ちという。しかし、アメリカなどの外材の場合、木が大きくて芯のない部分が柱になる。芯去りといい、地震には弱い。また、ヒノキの香りは虫避けにもなり、白蟻などにも強く長持ちするそうだ。

柱は、圧縮力がかかると横に曲げられる座くつ現象がおこる。この座くつは、柱が太くなると断面積の増加分以上に耐力が増す性質を持っている。耐震性のある柱は、10cm角以上といわれている（図7）。

2階建ての場合、通し柱が多い方がよい。通し柱は、1階から2階まで通した柱のことだ。建物の四隅には必要だろう。



▲図7

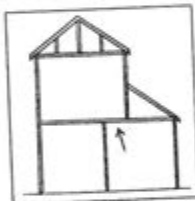
地震の力を受けて1階と2階が分離したら困るので、何箇所かで上下をつないでおく。その他の柱は管柱(くだばしら)と呼ばれ、2階の床に入っている梁によって、1階の柱・2階の柱というように別れて使われる。

1階を比較的オープンなスペースにする場合、柱はできるだけ多い方がよい。どうしても1本にしたいときは、15cm角程の太さが必要。この部分だけを鉄筋構造にしてもよいし、柱に鉄板を補強しても耐震力が強化できる。

(7) 間取り

地震の力は基本的に下層部分を直撃する。

1階に広いリビング等をおくと、壁も柱も少なく、地震に弱くなる。また、2階に書斎、タンス、本棚等、重い家具が並ぶことになり、危険である(補強がしっかりされていれば問題ない)。1階にはできるだけ小部屋を多くし、2階を大部屋にするというのが地震に強い間取りの基本だ。柱と壁の多い小部屋が1階にあるのがよい。2階に小部屋があると、柱も上下ふぞろいになる。すると、筋交いをたくさん入れても、1階の壁と2階の壁とが一体になって働かないためにあまり有効ではなくなる。完全に1階と2階の壁をそろえるのは無理かもしれないが、なるべくそろえた方がよい。柱も同じだ。図8のように2階の柱下に柱がないと、矢印の部分の梁に負担がかかる。



▲図8

建物の四隅は骨組が交差しており、力が集中するので壁が必要。

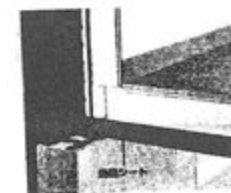
平面的に見た時、壁が片寄っていると、地震力を受けたとき、建物にねじれが生じ、破壊の原因になる。

小さな吹抜け(1間四方ぐらい)は地震に影響しない。しかし吹抜けが大きいと、2階の床を抜くことにより建物のねじれが生じやすくなる。また、吹抜けの空間には壁がないので地震に弱い。

(8) 防蟻・防腐・防湿

現在多く用いられている防蟻方法は、薬剤を木材に塗布したり注入したりする方法。その処理の部分は土台廻り、浴室、台所基礎廻りなど、湿気の持ちやすい部分重点だ。それと同時に土壌の処理もやっておく。シロアリは地中にトンネルを掘ることが多いからだ。しかし、薬剤散布は5年ごとに行う必要があり、人体に悪影響を及ぼしたり、土壌汚染になるおそれがある。シロアリ予防は、無公害の防蟻シートを床下面に貼り付けることでも行える(図9)。

腐朽しやすい場所は浴室で、全体の50%以上を占める。たまたみ下も20%と集中しているが、その他の場所はあまり多くない。腐朽しやすい部材は土台が64%と多くなっている。コンクリートの基礎と接し、水分が逃げにくいからだ。湿度、水分、酸素、栄養の4つがそろると腐朽菌が繁殖しはじめる。防止するには含水率の低い木材を選ぶ、湿気の多い部分に防腐処理(特に土台には丹念に塗る)、通気性をよくする等が大切だ。



▲図9

写真
10

床下はいつも地面から湿気が上がってくるので、換気口を設け、通気性をよくしなければならない。床下換気口の位置は、風の通り抜けを配慮して相対する部分に設置するのがよい。また、小さなスペースであってもトイレや洗面所は必ず換気口を設ける。ビニールや、防湿シート(0.1mm以上のポリエチレン製のシート)を地面に敷くだけで地面からの湿気はかなり防止できる。防湿コンクリートは床下の地盤に打つのもよい。無筋コンクリートで、5~6cm程の厚さ。降水の場合は床下に水がたまるので、部分的に水抜口を開けておく。布基礎などは、湿気を遮断するために基礎を高くするとよい。家の中も通気をよくし、結露等がおこらないようにする。

阪神淡路大震災の被害を神戸市東灘区で調べると、「アリ害・腐食あり」の93%が全壊、「アリ害・腐食なし」では全壊25%、軽微・無被害52%だったそうだ。この結果を見ただけでも、シロアリや腐食が地震に強い家の大敵であることがわかるだろう。

2. 地震に強い家 - 設計 -

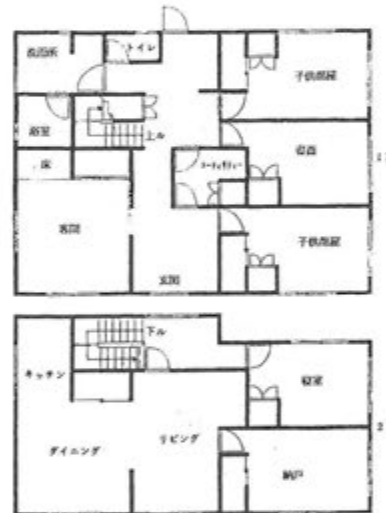
自分で、地震に強い家を設計してみた。ただし、柱の位置や筋交いを入れる場所などは考えていない(図10)。

設定は子供2人と両親の4人家族とした。

完全な2階建てではなく、一部2階建てとし、1階にかかる負担を減らした。

リビング等の大部屋(とは言っても小さめにしたが)を2階に、子供部屋や書斎等の小部屋で、かつ家具が多い部屋を1階にした。

できるだけ壁の直下には壁を置くよう心がけた。2階の壁の直下に壁がない所は4箇所あり、図10の斜線部がそれに当たる。しかし、いずれもドアまたは窓になっているので、周りの壁を補強すればかなり強くなると思う。



▲図10

1階平面について、壁率の計算をしてみた。

- 建築面積 12間×8間=96坪
 - 各壁の長さの和(0.5間未満の壁を除く)
 - 東西 39.0間
 - 南北 29.5間
 - 壁率(=壁の長さの和の短い方÷建築面積)

$$29.5 \div 96 \approx 0.31$$
- 壁率0.31は一般的である。

専門家から見ると、この家もまだまだ不十分だろう。しかし、この自由研究で得た知識をもとに私が考え出すことのできた、最も地震に強い家である。

IV 結 論

地震に勝つ家、完璧な家をつくることは可能なのだろうか。

調べていくうち、私の中に出てきた疑問である。私が出した答えは、否。地震に勝つ、完璧な家は、存在し得ないだろう。しかし、地震に強い家なら、存在できるはずだ。どんな地震にも耐えるとは言い切れなくとも、99%地震に耐えられるような家が。

けれど、家は何年も生活するところだ。生活がしやすく、また窓も大きくして日当たりをよくしたい……。地震に強い、ということだけを考えて設計すればいいというものではない。地震に強い家にしようと思うと何らかの代償が必要になってくる。生活のしやすい家と、地震に強い家、どちらを優先させるか。とても難しい問題だ。

私は、地震に強い家を優先したい。大地震が来てから、ああもっと地震に強い家にしとけばよかったな、では遅いのだ。少しだけでも、地震に強い家を優先させるべきではないだろうか。

V 総 括

最近、欠陥住宅のことが話題になっていた。人まかせにしておいたことが悲劇を生んだのだ。

家には自分の命が懸かっていると言っても過言ではない。阪神淡路大震災のとき、私は初めてそんなことを考えた。自分の命が懸かっている家を建てる時、人まかせにするほど、恐ろしいことはない。細かい部分は専門家に任せるしかないが、基本はやはり自分が責任を持って管理することだ。そのためには多少の知識は必要なのだ。

私にとって、阪神淡路大震災が残してくれた教訓は大きかった。これからも、地震で亡くなられた方々の死が無駄にならないよう、教訓を胸に止めて、地震について学んでいきたいと思う。

そして、いつか人類の心の中から地震に対する恐怖が取り除かれる日が来ますように。

VI 参考文献

- ・海野哲夫「地震に強い住まいづくり〈第二版〉／阪神大震災の教訓から」彰国社
- ・日経アーキテクチュア「阪神大震災の教訓〔復興編〕地震に強い建築 復旧技術・耐震性向上の最新ノウハウ」日経BP社
- ・柳沢定助「地震からあなたを守る100の知恵」井上書院
- ・天野彰「地震に勝つ家負ける家」山海堂
- ・地質ボランティア「あなたもできる地質対策」せせらぎ出版
- ・長野くに子・長野晃「震災予防マニュアル」日本機関紙出版センター
- ・大崎順彦「地震と建築」岩波新書
- ・社団法人 日本木造住宅産業協会・編集発行「新・木造軸組工法住宅ハンドブック」
- ・新聞（産経、建設通信、朝日、神戸、毎日）
- ・建築会社のパンフレットやガイドブックなど多数