

Theme : 自然災害への備え

2024年能登半島地震の建物被害、そして、災害にどう対応していくか

京都大学防災研究所
社会防災研究部門 都市空間安全制御研究分野 教授

境 有紀氏



お話しさせていただく内容

- 2024年能登半島地震での建物被害
→古い木造家屋を中心に大きな被害
「最大震度7の能登半島地震」だったから「**ではない**」★
- じゃあどうして能登半島地震で木造家屋に大きな被害が生じたの？
- 防災というものを考える上での大きな問題
- じゃあどうしたらいいのか→**身近な地震防災**

まず能登半島地震ですが、古い木造家屋が大きな被害を受けました。よくあれは最大震度7だったからと言われますが、実は最大震度7であったから大きな被害になったのではないというのが、前半のメインになります。

よく混同されることとして、震度とマグニチュードがあります。マグニチュードは地震の規模を表すもので、一つの地震に対して一つしか存在しません。具体的に言うと、例えば、東日本大震災のマグニチュードは9でした。しかし、震度はそれぞれの地点の揺れの

強さを表すため、一つの地震に対して無数に存在します。具体的にいうと、能登半島地震のように陸地の近くで起こった地震では、震源に近いと震度は大きくなり、離れていくと小さくなっていきます。また、震度7は、福井地震でそれまで想定していなかったような大きな被害が出たため、7が付け加えられました。そして、その後しばらく震度7は記録されなかったのですが、初めて記録されたのが、阪神淡路大震災です。そして、阪神淡路大震災を境に非常に大きな地震も増えたため、震度7も沢山出るようになったのです。

ですが、能登半島地震では震度7であったから、木造家屋の大きな被害が生じたわけではありません。これは単に能登半島地震に限ったことではなく、実は地震、あるいは防災全体に共通する一つの大きな課題、今後災害に備えていく際に注意しなければならない共通の問題を含んでいるのです。

では、具体的にご紹介していききたいと思います。
能登半島地震の被害を紹介させていただきます。
私共の研究室は30年ほど、毎年のように現地の被

震度とマグニチュード

2024年能登半島地震の気象庁マグニチュードは7.6で
最大震度は7

マグニチュード: 地震の規模を表す→1つの地震に1つ

震度: ある地点の地震の揺れの強さを表す
→1つの地震に対して無数に存在

マグニチュードが大きくても震源が遠ければ揺れは小さく
マグニチュードが小さくても震源が近ければ揺れは大きく

まずは、能登半島地震の被害を写真で紹介

揺れの記録がある地震計周辺を調査



被害調査結果の例

図1



害調査を行っており、どのような調査かという、日本全国に地震計が設置されており、その周辺、具体的には、地震計から半径200mの円内（図1）での一種のサンプル調査です。被害調査に行くと、被害が起こっている所も起こっていない所もあります。それなのにメディア等は、被害があった所に行き、それをカメラで撮って放送するので、テレビを観た人はすごいことになっているなと感じるわけです。

確かに能登半島は大変な被害だったのですが、そうでもない所も実は結構あったのですが、被害が大きかったところだけをクローズアップして報道すると、それがあたかもその地域全体であるかのような誤解を生じてしまいます。そこで、地震計周辺の調査を始めました。ある意味ランダムに選んだ所のサンプル調査をするというイメージです。

1つの地震でも、被害の大きさは様々です。それを科学的、論理的に議論できるというものです。能登半島地震でも、そのような調査をしました。輪島、珠洲、穴水、この3つが主に大きな被害を受けたのですが、実は震度7を記録したのはK-NET富来です。でもここは、ほとんど被害がなかったのです。輪島も珠洲も震度は6強でしたが、震度7のK-NET富来よりも圧倒的に被害があったのです。

まず最初に震度7を記録したK-NET富来（図2）ですが、この周辺には、全く大きな被害がありませんでした。震度7というと、想定している目安があり、全壊率30%、3棟に1棟は木造建物が全壊とされているのですが、それには程遠い状況でした。その一方で、穴水（図3）は、地盤が悪い所なのですが、この

（震度7）K-NET穴水の周辺の様子



全壊した建物

図3

周辺は建物が倒壊するなど大きな被害を受けていて、全壊率は26.1%でした。

輪島も大変な被害で、JMA輪島（図4・5）は全壊率26.1%で、30%近く全壊しているのですが、一方で何ともない建物も結構あり、このコントラストが非常に激しかったのです。今の基準は2000年に改正されていますが、それ以降に建てられたものは、ほとんど被害を受けていませんでした。

（震度6強）JMA輪島の周辺の様子



観測点は輪島地方合同庁舎の敷地に設置

公園は川に隣接

図4

（震度7）K-NET富来周辺の様子



観測点は道路脇に設置



周辺に建物は少ない

図2

（震度6強）JMA輪島の周辺の様子



全壊した建物

図5



木造建物は、昔はあまり研究されていなかったのですが、その契機になったのは阪神淡路大震災です。このときに木造建物が甚大な被害を受け、そこから劇的に木造研究が進むようになりました。それが反映されたのが、まさに2000年の耐震基準ということになるのですが、それ以降は木造建物も安全になっているといえます。もちろん今の基準を満たしていればということになります。珠洲に至っては全壊率44.1%、建物はそんなに多くないのですが、半分近くが全壊しました。

このように、大きな被害を受けた穴水、輪島、珠洲ですが、震度は6強なのに対して、震度7だった所は全く被害がなかったのです。そこで、震度と被害は対応していないのではないかという話になったのです。これはもう20年前からずっと申し上げてきたことなのですが、ではどうしてそういうことが起こるのかというのを、動画でご覧いただければと思います。

(動画)

<https://www.youtube.com/watch?v=IlRpokdaOu8>



周期という言葉が出ていましたが、要はガタガタと揺れるか、ユサユサと揺れるか、そのように考えていただければと思います。阪神淡路大震災と東日本大震災の周期による地震動の違いを見てみると、東日本大震災のほうが圧倒的に揺れが大きく、継続時間も長いのです。しかしながら、東日本大震災のK-NET築館が震

度7、阪神淡路大震災のJR鷹取は震度6強だったので。それなのに、実際は、東日本大震災は木造家屋周辺全壊率0%で、阪神淡路大震災は59.4%、3棟に2棟が全壊なので、こちらのほうが圧倒的にひどい被害です。ではどうして震度が逆転しているかというと、震度というのは建物被害を測っているのではなく、人がどれほど強い揺れを感じたかを測っているのです。

人体感覚は、1秒以下の短い周期のほうが敏感だということが研究でわかっているので、そういう意味では、震度は人体感覚を計る量としては、誠に適切な指標といえます。

実は、以前は震度を人が判定していました。地震が起これば、気象庁の職員の方が判定をしていたのです。しかし、それはまずいだろうということで、機械判定になったのですが、人体感覚と対応するように今の震度が設定されているということになります。地震発生から数分で、各地の震度がテレビに速報が出ますが、そういう技術を持っているのは世界の中でも日本だけです。それはすごいことなのですが、その算定法は人体感覚と対応しているということをまず学んでおいていただければと思います。(図6)

揺れる周期によって起こる現象は全く変わります。短い周期、長い周期、その中間くらいの1~2秒、その中間くらいの1~2秒が一番大きな被害をもたらします。これは(図7・8・9)東日本大震災の震度7という揺れを入れたものですが、人が強い揺れを感じるので、人は倒れますが、古い木造家屋も超高層建物も何ともありません。ですが、周期3秒の揺れがあると、超高層建物は大きく揺れます。最後が阪神淡路大

震度とは

- 地震の揺れ(地震動)の強さを表す
- 1996年に計測震度に
 - ←それまで人が判定していたものを地震計の記録から機械判定
 - 地震発生から数分で各地の震度がテレビに世界でも日本だけがもつ技術で画期的
- 算定方法は、それまでの人の判定との連続性から 人体感覚、つまり、人がどれだけ強いと思うかを重視
 - 人体感覚を機械的に算定することには成功

図6

極短周期地震動(周期0.25秒=1秒間に4往復)

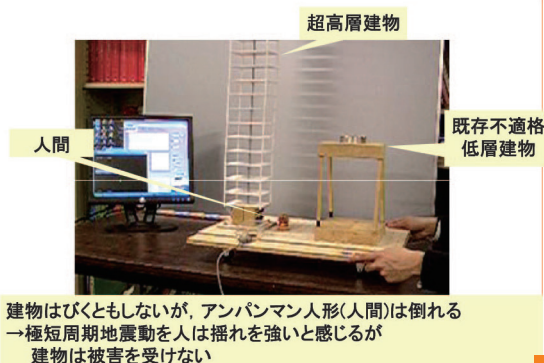
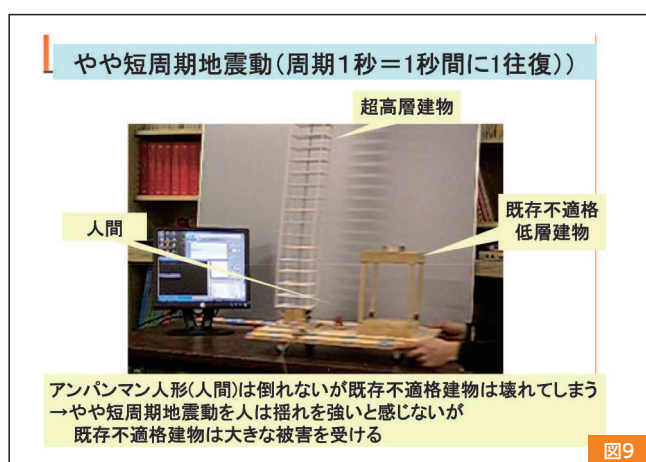
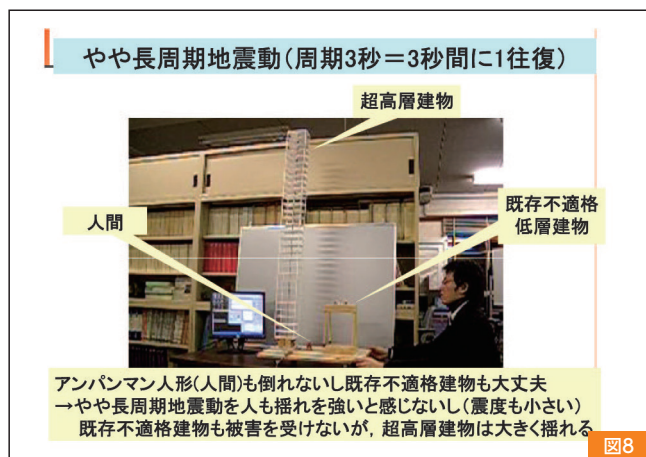
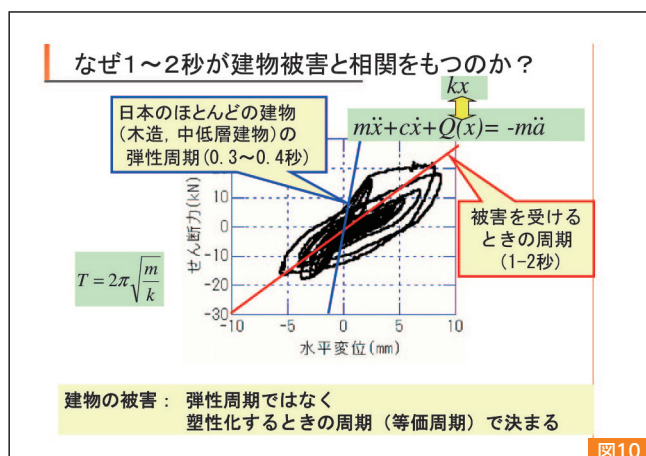


図7



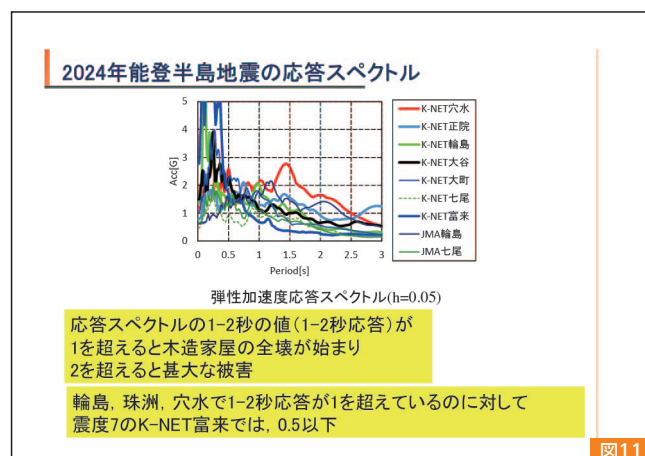
震災のJR鷹取の記録です。人は震度7で倒れるようになっているのですが、古い木造家屋だけが壊れてしまいました。ではなぜ1～2秒かというと、よく言われるのが、建物の周期が1～2秒で、地面の揺れが1～2秒なので、そこで共振現象が起こっているのだろうとよく言われますが、それは半分当たっていますが半分は外れです。なぜかという、建物の周期はどれくらいかという、実は0.3～0.4秒と、非常に短い

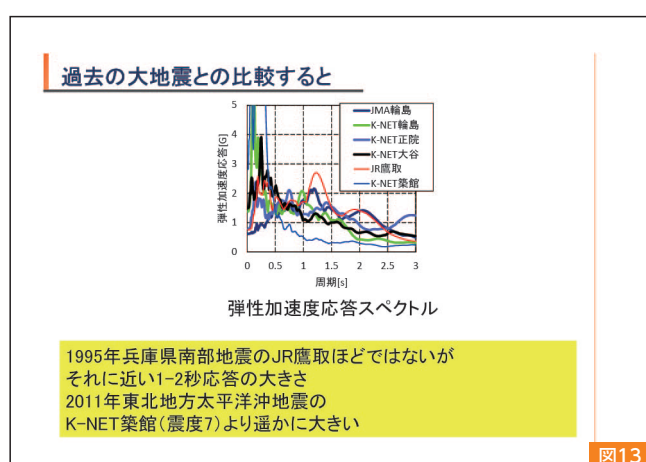
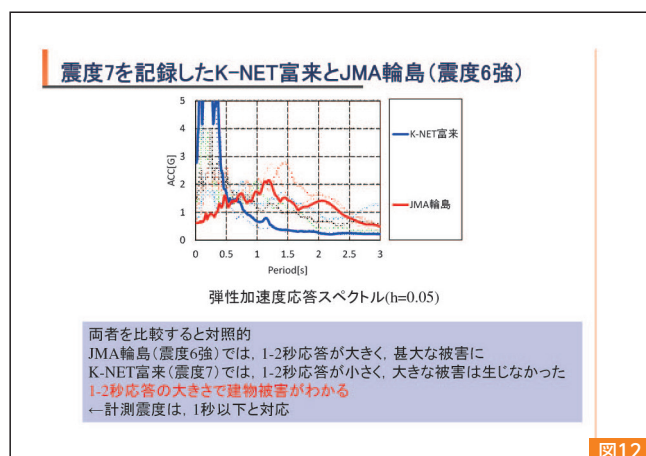


です。そしてこの0.3～0.4秒という周期は、東日本大震災でパワーがあったところ。共振が起こるのであれば、東日本大震災の震度7で大きな被害にならないといけなかったのに、実際にそうっていないということは、力と変形の関係で、周期が徐々に延びて5倍程度になるのです。最初0.3秒や0.4秒で揺れていた建物が、大きな被害を受けるときは、5倍位の周期、1～2秒になっていました。結果としては、1～2秒の揺れがくると非常に危ないということになっています。(図10)

では、その1～2秒が能登半島の地震でどれほど出たのかという話なのですが(図11・12・13)、1を超えると大きな被害が出始め、2を超えるとかなりひどくなり、阪神淡路大震災のときは2を超えていました。輪島や珠洲でも1を超えているので、大きな被害が生じるレベルでした。一方震度7だった富来という所は、全然1に達していないので、被害が出ないのは当然ということになります。震度7で被害がなかった富来と、震度6強で大きな被害が生じた輪島を比較すると一番解りやすく、震度が関係した1秒以下では、富来の方が大きいですが、被害が関係する1～2秒をみると、輪島の方が圧倒的に大きいので、震度では逆転していますが、1～2秒で見ればちゃんと説明できる。ですから1～2秒の大きさに建物被害が決まるのです。

他の地震と比較すると、阪神淡路大震災、兵庫県南部地震で最大の1～2秒が出たことになります。ちょっと波形が出て来ましたが、K-NET築館も震度7でした。実は今回の能登半島地震のK-NET富来と東日





本大震災のK-NET築館、どちらも震度7です。形も似ています。

能登半島地震で木造建物で被害が大きかった本当の理由は、最大震度が7だったからではなく、大きな1～2秒の成分を持った振動が、輪島や珠洲や穴水で発生したからなのです。では1～2秒がどれくらいの確率で出るのか気になってきますよね、将来的にも。何度も申し上げているように、東日本大震災では1～2



秒がほとんど出ていません。非常に広い範囲で大きな震度を記録したのですが、1～2秒はほとんど出ておらず、これが震度7を記録したK-NET築館(図14)ですが、ほとんど被害がないのです。東北地方は何度も地震を経験しているので、建物の耐震性が高いなどと言っている人もいますが、現地に行ってみると、能登半島地震で大きな被害を受けたような古い木造家屋、1960年代ぐらいに建てられた家屋も全く被害がありませんでした。

東日本大震災では津波で甚大な被害が生じてしまいましたが、揺れによる建物被害という観点から言うと非常に限定的で、それは1～2秒が出なかったからです。

もう30年も前の阪神淡路大震災のとき、私も現地に行きましたが、その被害の大きさ、衝撃は今でも忘れられないのですが、大きな被害が出て、このときは1～2秒が出ているわけです。

ですから今怖いのは、1～2秒という話です。これはこの20年で、被害調査に行った地震を並べて、年に3回ほど被害調査に行ったこともありますが、これを見ると全体にその周期が出たのは、実は阪神淡路大震災だけです。1～2秒は部分的に出るのです。

では、具体的な割合はどれくらいかということですが、周期を非常に短い周期0.1～0.5秒、0.5～1秒、一番怖い1～2秒、超高層建物や免震建物が大きく揺れる2～5秒という、4つほどのセッションに分け、どの程度の割合で発生するかというのを計算しました。3つに分けてもいいですね。1秒以下と1秒～2秒、そして2秒以上、3つに分けると、1秒以下が84%なのです。一方、超高層や免震建物が被害を受ける2秒以上が4%というのも決して小さくないことがわかります。つまり、短周期が84%で、何が起こるかという、震度6強や6弱、あるいは震度7という大きな震度は出ましたが、建物の被害は余り無かったというのが実はこの84%です。それで、84%は短周期ですので、大きな震度を記録するということを繰り返すと、人間はどうなるかという、「狼少年」になります。震度6でも大丈夫、それを8回繰り返した後、震度6でも1～2秒が発生して建物が壊れたというのは、最悪の巡り合わせなのです。狼少年も何度も



「狼が来る」と言い続けたのですが、実際に狼が来たときに大人は誰も信じなくなり、多くの命が失われたのです。

そういうことに加えて、正常化の偏見と言うのですが、どうしても人間は、やはり自分は大丈夫じゃないかと考えてしまうことがあります。そして、その正常化の偏見が、災害を拡大するメカニズムになっているのです。例えば津波警報です。津波警報が出て、本当に津波が来るのは何回に1回かというのを計算すると、8.2回に1回です。どこかで大きな地震が起こった。津波警報が出ているとテレビで報道されていて、でも津波到達10cm、20cmなどと言っている。別に大きな地震が起こっても津波なんかこないと思ってしまふのです。8.2回に1回ですから、8回中7回は津波警報が出て津波はこないのです。しかし、逆に言うと8回に1回は来るのです。ですから津波警報が出て一応避難しますが津波が来なかった。それを7回繰り返した後、8回目に本当に津波が来るわけです。8.2回に1回しか来ませんが、8.2回に1回は来るのですから、8回中7回を避難訓練だと思って避難しましょうと皆さんに言っています。ひょっとしたら5回めに来るかもしれないですし。

要は正常化の偏見や正常化バイアスがありますので、しっかり行動しようということですが、防災とは本能に逆らってやるもので、非常に大きなエネルギーが必要だということです。

身近な地震防災という話ですが、まず木造家屋の場合、人が命を落とすのは、倒壊した構造物の下敷きが8割となります。木造家屋の場合は、潰れてしまうと

ほとんど生存できません。2階建の場合、大体1階が潰れます。2階はほぼ何ともなくて、どさっと崩れるような感じですので、2階にいれば下敷きになって命を落とす可能性が低いということです。もちろん確率の問題ですが、寝ているときは本当に無抵抗なわけです。寝室が2階であれば、あるいは木造アパートなら2階の部屋を借りましょうということになるでしょうか。

鉄筋コンクリートのマンションなどの建物はどうかというと、完全に倒壊した建物も、全くないことはないのですが、ほとんどありません。液状化によって、徐々に倒れていく団地もありましたが、ゆっくり倒れて行くのでそんなに心配することはないで、中高層建物でも、腰壁や垂壁があれば充分生存可能ですし、腰壁、垂壁がなくても、梁せい分は空間が残ります。もちろん建物としては使えなくなるのですが、命を落とすことは回避できる可能性があります。

ですからキーワードとしたら「地震だと思ったら、梁下から脱出」です。（図15）

最後に、地震は地球が生きているから起こるということをお願いしたいです。

地震なんて無くなればいいのにと思われる方もいらっしゃるかもしれませんが、それは大きな間違いで、地震が起きるということは、地球が生きているということなのです。プレートが動いているということなのです。ですから地震が無くなるということは地球が死ぬということなので、地球が死んだら我々は、当然生きていけません。我々は地震と共存するしかないのです。本能、正常化の偏見で防災せずに、できることからやりましょう。

まず地震の瞬間をサバイブするには

中高層建物(マンション、オフィスビル)の場合

もし腰壁、垂壁がなかったら

腰壁、垂壁がなくても梁せい分は空間が残る

→地震だ!と思ったら「梁下」から脱出

大きな被害を受けても命を落とす確率は低い

室内物品、特に重量があるものに注意

閉じこめられるので2、3日サバイブする必要(水や食料)

図15