

震度について

構造研究室

【問1】震度とはどのようなもののことを言うのですか

【回答】簡単に説明すると震度とは、地震の揺れの大きさを認識しやすいように数字で表したものです。この数字はもともとは標識数的なものであったが、近年は計量数として扱われるようになってきています。

日本では、気象庁が1949年に決めた0（無感）、1（微震）、2（軽震）、3（弱震）、4（中震）、5（強震）、6（烈震）、7（激震）の震度階がこれまで使われてきました。従来、この数字は地震時の体感や建物などの状況を示した震度階の説明と参考事項をもとに、気象台や測候所の担当官が体感と周囲の状況から震度を決めていました。連続した値ではないし、一定の法則を持った数値でもない。決められた意味を持った数字なのです。しかし、この方法では、担当官の主幹が入ることは避けることができず、また観測点数も簡単に増やすことができなかった。

多くの地点で客観的な震度を迅速に決めるために、気象庁では1996年4月から震度計による震度（計測震度）を全面的に採用し、体感による震度決定を廃止することにしました。計測震度は、従来よく行われてい

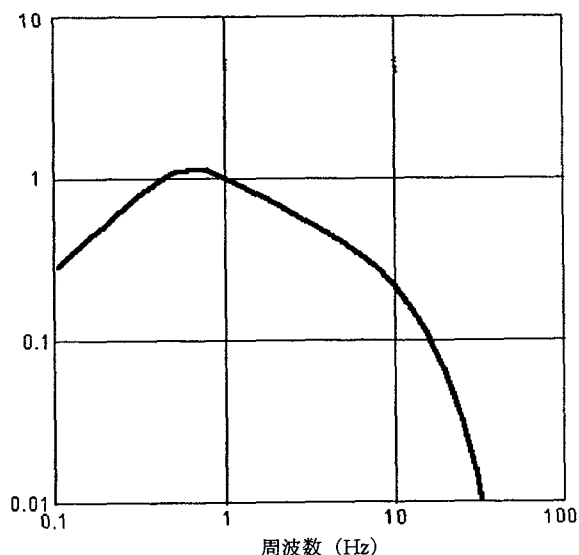


図-1 計測震度のためのフィルター総合特性

た地震動と地震時の最大加速度についての相関をそのまま震度に換算したものではなく、加速度記録に図-1のような特性のフィルターを施したうえ、震度の継続時間なども考慮して決めた数値です。

【問2】計測震度ってどのように求めるの

【回答】計測震度は、加速度計（0.1Hz～50Hzで平坦特性）のデジタル記録3成分（水平動2成分、上下動1成分）を用いて算出する。算出処理は、

① フーリエ変換

各成分の加速度記録をフーリエ変換し、スペクトルを計算する。

② フィルター処理

①で計算されたスペクトルに次の3種類のフィルターを掛ける。

$$1) \quad I = 2 \cdot \log a_m + 0.7 + \log(k \cdot t)$$

I：震度

a_m ：最大加速度 (gal=cm/sec²)

t：周期 (sec) ($0.1 \leq t \leq 1.0$ の範囲に限る)

k：係数（暫定1.75）

の周期に関係した項に対応するフィルター (k/f)^{1/2}

2) ハイカットフィルター

$$(1 + 0.694X^2 + 0.241X^4 + 0.0557X^6 + 0.009664X^8 + 0.00134X^{10} + 0.000155X^{12})^{1/2}$$

$$X = f/f_c \quad (f_c = 10\text{Hz})$$

3) ローカットフィルター

$$(1 - \exp(-(f/f_0)^3))^{1/2}$$

f_0 ：震度算出に用いる周波数の下限（パラメータ、暫定0.5Hz）

フィルターの総合特製を図-2に示す。

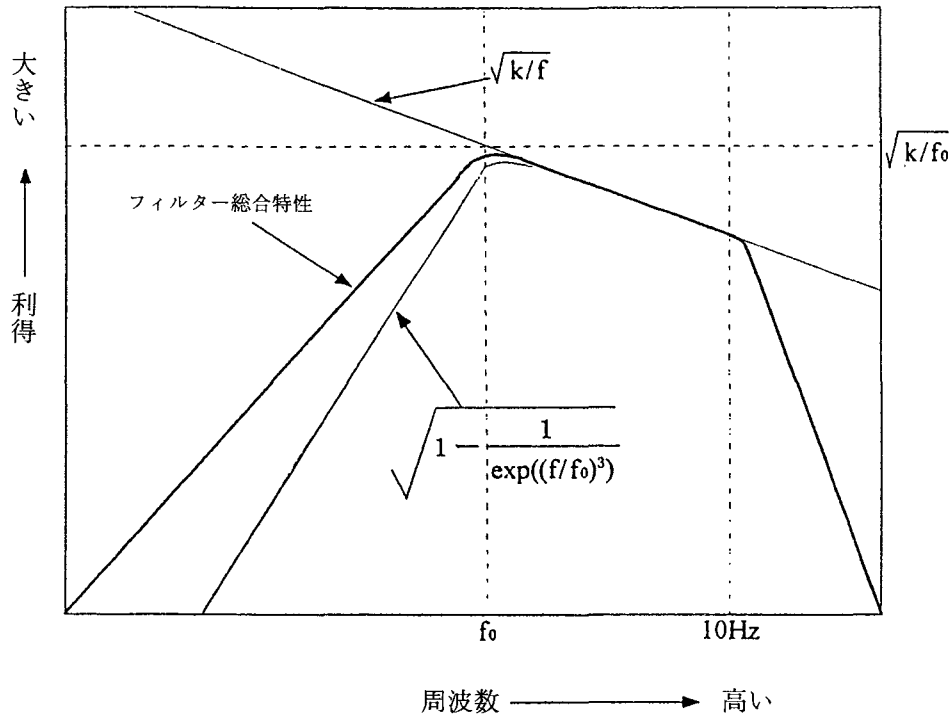


図-2 フィルターの総合特性 (両対数スケール)

③ 逆フーリエ変換

②の処理をしたスペクトルを逆フーリエ変換し、フィルター処理された加速度波形を求める。

レベル a 以上である時間の合計を $\tau(a)$ とする (図-3)。ベクトル波の絶対値の最大値を a_m とすると、定義から明らかなように

④ ベクトル合成

①～③の処理を各成分毎に行い、フィルター処理された各成分を加速度波形をベクトルの的に合成する。

$$\begin{aligned} \tau(a_1) &> \tau(a_2) & (0 \leq a_1 < a_2 \leq a_m) \\ \tau(a) &= 0 & (a_m < a) \end{aligned}$$

⑤ 継続時間を考慮した振幅の決定

④で求めたベクトル波について、その絶対値がある

となる (図-4)。この τ を継続時間と呼ぶこととする。この時、逆に適当なパラメータ τ_0 について、ちょうど $\tau(a_0) = \tau_0$ (暫定0.3) となる a_0 を求める。

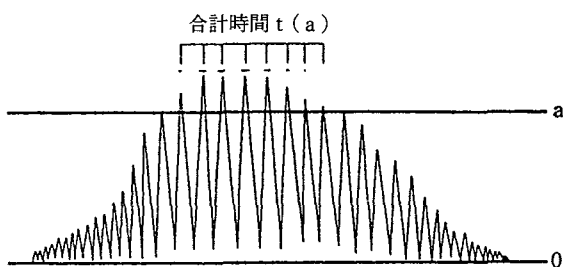


図-3 継続時間の算出方法

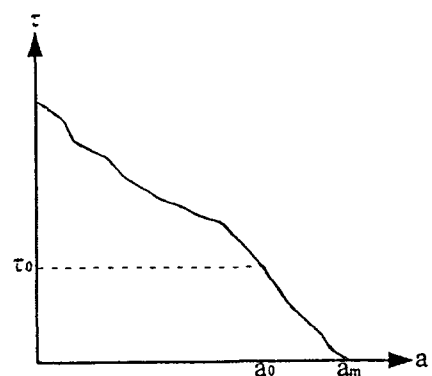


図-4 継続時間 τ と数値 a の関係

⑥ 計測震度の算出

⑤で求めた a_0 を、下式に代入し、計測震度(I)を求める。

$$I = 2 \cdot \log a_m + 0.7$$

以上の手順により求められます。

【問3】10月1日より実施される新震度階ってどう
いうものなの。

気象庁では地震発生後直ちに各地の震度を発表しているが、この震度情報は多くの防災関係機関が初動対応、災害応急対策等に利用するなど、地震災害の軽減を図る上で極めて重要な情報となっています。

しかしながら、兵庫県南部地震を契機として、現行の気象庁震度階級は以下のような問題点があることが指摘されています。

1. 現行の震度階級の説明文は、現代の生活環境に対応していない。
2. 震度5以上の説明については同じ震度でも被害状況に差がでる従来の方法では震度7の判定に被害の詳細な調査を必要とし判定までに相当の時間がかかる。

震度問題検討会では、震度の速報性が地震防災上重要な意味を持っていることを考慮し、震度を「地震動の強さの程度を数値化したもの」と定義し、震度計により計測される連続量であるとししました。また、震度の各階級は、計測震度の値で定義するものとし、上記の考え方にに基づき、計測震度6.5以上を震度7と定義、震度6以下についても計測震度の小数点第一位を四捨五入した整数値として定義するものとししました。

この新しい計測震度（連続量）に基づく震度階（整数値）は、原則として計測震度の少数第1位までを四捨五入したもので、地震後の現地調査などから判断されていた震度7も、計測震度に基づいてすぐに決めら

れます。また、被害の程度の幅が広い震度5と震度6はそれぞれ2分割され、震度5弱、震度5強などと発表されます。表-1に計測震度と、震度階の対比表を掲載します。なお、今までの震度階級表にある各階級の名称（微震、軽震、弱震等）は不要と考えられ、新しい震度階級からは除くことになりました。

【問4】新震度階は被害の判定に使ってもいいのでしょうか。

気象庁では新震度階に対応した「気象庁震度階級関連解説表」を作成しています。これは、震度計の整備が始まった平成3年以降の地震被害について観測された計測震度とを対照させることによって、また、従来の震度に関する経験等を参考にして作成されたものです。しかし、この表を用いるうえでは以下のことを理解する必要があります。

まず、一つめとして、同じ地震であっても、対象物の性質～固有周期や耐震性能等～が異なれば発生する現象も異なる。次に二つめとして、発生する被害の程度は、本来地震動全体の性質で決まるものであり、複雑な地震動の強さを、計測震度という一つの数値で表現するには無理な面がある。三つめとしては、震度計が整備されてから間がなく、平成5年までは震度計の数も少なかったため、特に震度の大きい場合の被害事例は不十分である。

「気象庁震度階級関連解説表」はあくまでも目安であることを認識していただきたい。参考までに「気象庁震度階級関連解説表」掲載します。

なお、土木構造の被害、地盤の液状化については、震度が元来、体感や建築物の被害に基づいて作られたものであり、土木構造物の被害との対応は必ずしも良いものではないため、同じ震度であっても現れる現象の幅が大きいことから震度と対応させることは困難です。

（文責 島田 武）

表-1 計測震度（連続量）と震度階（整数値）の関係

計測震度	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
震度階	0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7

気象庁震度階級関連解説表

震度は、地震動の強さの程度を表すもので、震度計を用いて観測します。この「気象庁震度階級関連解説表」は、ある震度が観測された場合、その周辺で実際にどのような現象や被害が発生するかを示すものです。この表を使用される際は、以下の点にご注意下さい。

- (1) 気象庁が発表する震度は、震度計による観測値であり、この表に記述される現象から決定するものではありません。
- (2) 震度が同じであっても、対象となる建物、構造物の状態や地震動の性質によって、被害が異なる場合があります。この表では、ある震度が観測された際に通常発生する現象を記述していますので、これより大きな被害が発生したり、逆に小さな被害にとどまる場合もあります。
- (3) 地震動は、地盤や地形に大きく影響されます。震度は、震度計が置かれていた地点での観測値ですが、同じ市町村であっても場所によっては震度が異なることがあります。また、震度は通常地表面で観測していますが、中高層建物の上層階では一般にこれより揺れが大きくなります。
- (4) 大規模な地震では長周期の地震波が発生するため、遠方において比較的低い震度であっても、エレベーターの障害、石油タンクのスロッシングなどの長周期の揺れに特有な現象が発生することがあります。
- (5) この表は、主に近年発生した被害地震の事例から作成したものです。今後、新しい事例が得られたり、構造物の耐震性の向上などで実状と合わなくなった場合には、内容を変更することがあります。

計測震度	階級	人間	屋内の状況	屋外の状況	木造建物	鉄筋コンクリート造建物	ライフライン	地盤・斜面
- 0. 5	0	人は揺れを感じない。						
	1	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。						
- 1. 5	2	屋内にいる人の多くが、揺れを感じる。眠っている人の一部が目覚めます。	電灯などのつり下げ物がわずかに揺れる。					
- 2. 5	3	屋内にいる人のほとんどが揺れを感じる。恐怖感を覚える人もいる。	棚にある食器類が音を立てることがある。	電線が少し揺れる。				
- 3. 5	4	かなりの恐怖感があり、一部の人は身の安全を図ろうとする。眠っている人のほとんどが目覚めます。	つり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立てる。座りの悪い置物が倒れることがある。	電線が大きく揺れる。歩いている人も揺れを感じる。自動車を運転している、揺れに気付く人がいる。				
- 4. 5								

計測強度	階 級	人 間	屋 内 の 状 況	屋 外 の 状 況	木 造 建 物	鉄筋コンクリート造建物	ラ イ フ ラ イ ン	地 盤 ・ 斜 面
- 4. 5	5 (弱)	多くの人が身の安全を感 ろうとする。一部の人は 行動に支障を感じる。	つり下げ物は激しく揺れ、 棚にある食器類、書棚の 本が落ちることがある。 座りの悪い置物の多くが 倒れ、家具が移動するこ とがある。	窓ガラスが割れて落ちる ことがある。電柱が揺れ るのがわかる。補強され ていないブロック塀が崩 れることがある。道路に 被害が生じることがある。	耐震性の低い住宅では、 壁や柱が破損するものが ある。	耐震性の低い建物では、 壁などに亀裂が生じるも のがある。	安全装置が作動し、ガス が遮断される家庭がある。 まれに水道管の被害が発 生し、断水することがあ る。 [停電する家庭もある。]	軟弱な地盤で、亀裂が生 じることがある。山地で 落石、小さな崩壊が生じ ることがある。
- 5. 0	5 (強)	非常な恐怖を感じる。 多くの人が行動に支障を 感じる。	棚にある食器類、書棚の 本の多くが落ちる。テレ ビが台から落ちることが ある。タンスなど重い家 具が倒れることがある。 変形によりドアが開かな くなる。一部は一部 の戸がはずれる。	補強されていないブロッ ク塀の多くが崩れる。自 動販売機が倒れることが ある。多くの墓石が倒れ る。自動車の運転が困難 となり、停止する車が多 い。	耐震性の低い住宅では、 壁、柱がかなり破損した り、傾くものがある。	耐震性の低い建物では、 壁、梁、柱などに大きな 亀裂が生じるものがある。 耐震性の高い建物でも、 壁などに亀裂が生じるも のがある。	家庭などにガスを供給す るための導管、主要な水 道管に被害が発生するこ とがある。 [一部の地域でガス、水 道の供給が停止すること がある。]	
- 5. 5	6 (弱)	立っていることが困難に なる。	固定していない重い家具 の多くが移動、転倒する。 開かなくなるドアが多い。	かなりの建物で、壁のタ イルや窓ガラスが破損、 落下する。	耐震性の低い住宅では、 倒壊するものが多い。耐 震性の高い住宅でも、壁 や柱が破損するものがあ る。	耐震性の低い建物では、 壁、柱が破損するものが ある。耐震性の高い建物 でも壁、梁、柱などに大 きな亀裂が生じるものが ある。	家庭などにガスを供給す るための導管、主要な水 道管に被害が発生する。 [一部の地域でガス、水 道の供給が停止し、停電 することもある。]	地割れや山崩れなどが発 生することがある。
- 6. 0	6 (強)	立っていることができず、 はわないと動くことがで きない。	固定していない重い家具 のほとんどが移動、転倒 する。戸がはずれて飛ぶ ことがある。	多くの建物で、壁のタイ ルや窓ガラスが破損、落 下する。補強されていな いブロック塀のほとんど が崩れる。	耐震性の低い住宅では、 倒壊するものが多い。耐 震性の高い住宅でも、壁、 柱がかなり破損するもの がある。	耐震性の低い建物では、 倒壊するものがある。耐 震性の高い建物でも、壁、 柱が破損するものが、か なりある。	ガスを地域に送るための 導管、水道の配水施設に 被害が発生することがあ る。 [一部の地域で停電する。 広い地域でガス、水道の 供給が停止することがあ る。]	
- 6. 5	7	揺れにほんろうされ、目 分の意志で行動できない。	ほとんどの家具が大きく 移動し、飛ぶものもある。	ほとんどの建物で、壁の タイルや窓ガラスが破損、 落下する。補強されてい ないブロック塀も破損す るものがある。	耐震性の高い住宅でも、 傾いたり、大きく破損す るものがある。	耐震性の高い建物でも、 傾いたり、大きく破損す るものがある。	[広い地域で電気、ガス、 水道の供給が停止する。]	大きな地割れ、地すべり や山崩れが発生し、地形 が変わることもある。

* ライフラインの [] 内の事項は、電気、ガス、水道の供給状況を参考として記載したものである。