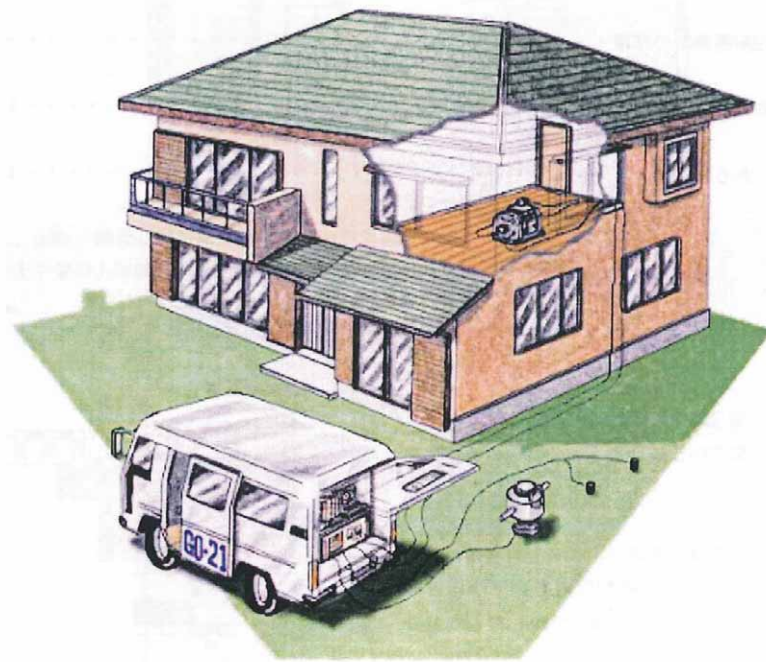


Masters耐震調査システム【詳細資料】



目次

1 . 動的耐震診断とは？ -----	1
2 . 動的耐震診断でわかること -----	2
3 . 現在の耐震診断について -----	3
4 . 動的耐震診断の原理 -----	6
5 . 動的耐震診断の結果 -----	9
6 . よくある質問 -----	14

I 動的耐震診断編

1. 動的耐震診断とは？

動的耐震診断は、よりよい耐震改修のお役にたてるシステムです。

動的耐震診断システムは、地盤と建物に微弱な地震波を与え、その建物が震度いくつの地震まで安全かを具体的に表示するシステムです。

また、地盤を調査することで、地盤の特徴と、地盤と建物の相性（共振可能性）を表示することができます。

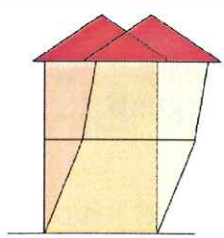


2. 動的耐震診断でわかること

小さな地震で建物を揺らして計測する動的耐震診断でわかることは、木造住宅の耐震性を判断する上で、もっとも大切な、「建物全体の硬さ（揺れやすい建物かどうか）」と、「建物各部の硬さのバランス（揺れ方のバランス）」です。

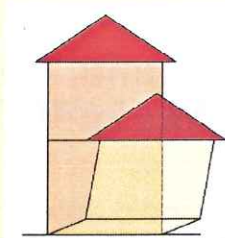
これらは、小さな地震にも大地震にも共通に現れる建物の特性です。

このデータをもとに、「震度いくつの地震まで安全性が高いか」を解析して数値で表しています。

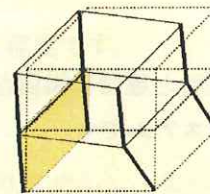


柔らかい構造の家ほど大きく揺れ・・・

小さな地震でも大きな地震でも、柔らかい構造の家ほど大きく揺れやすくなる ⇒ 大地震との相関性高

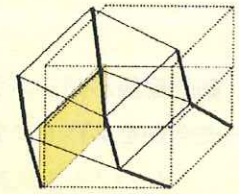


地震による被害が起きやすい



柔らかい面ほど大きく揺れ・・・

小さな地震でも大きな地震でも、柔らかい面ほど大きく揺れやすい ⇒ 大地震との相関性高

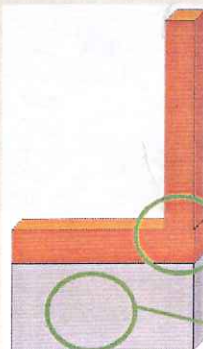


地震による被害が起きやすい

建物の耐震性は、①壁や筋かいがどれだけたくさん入っているか（建物全体の硬さ）、②壁や筋かいがバランスよく入っているか（建物の揺れのバランス）、③柱や梁、壁などの構造部分が丈夫に緊結されているか（接合部の耐力）、④基礎や土台が頑丈か、などがポイントとなります。

動的耐震診断でわかるのは、そのうちもっとも大切な、①と②の部分です。

残りの③④の検討が必要なこと、また、より多角的な検討を行うためにも、動的耐震診断は、簡易耐震診断・精密耐震診断で耐震補強が必要と判定されたときに利用されることをお奨めしています。



小さな地震から推測することが難しい、基礎や接合金物が大地震でも耐えられるかどうか等については、専門家が目で見て判断

接合部の金物

建物基礎

3. 現在の耐震診断について

現在の耐震診断は、「図面」と「目視」から建物の地震に対する安全性を判断しています。

耐震診断には、一般市民でも行うことが可能な「簡易耐震診断」と、建築についての知識をもとに専門家が判断する「精密耐震診断」があります。

簡易耐震診断

診 断 項 目		評 点 (注1)					
		良い・普通	やや悪い	非常に悪い			
A	地盤・基礎	鉄筋コンクリート造布基礎	1.0	0.8	0.7		
		無筋コンクリート造布基礎	1.0	0.7	0.5		
		ひびわれのあるコンクリート造布基礎	0.7	診断適用外			
		その他の基礎(玉石、石積、ブロック積)	0.6	(注2)			
B	建物の形	整形	1.0				
		平面的に不整形	0.9				
		立面的に不整形	0.8				
C	壁の配置	つりあいのよい配置	1.0				
		外壁の一面に壁が1/2未満	0.9				
		外壁の一面に壁がない(全開口)	0.7				
D	筋かい	筋かいあり	1.5				
		筋かいなし	1.0				
E	壁の割合	1.8 ~	1.5				
		1.2 ~ 1.8	1.2				
		0.8 ~ 1.2	1.0				
		0.5 ~ 0.8	0.7				
		0.3 ~ 0.5	0.5				
F	老朽度	健全	1.0				
		老朽化している	0.9				
		腐ったり、白蟻に食われている	0.8				
総合評点	A	B	C	D	E	F	=

(注1) 2階層の場合は、1階部分だけで診断します。同じ項目内に該当するものが2つ以上ある場合は、数値の最も低いものを選びます。

(注2) 診断適用外になる場合は、専門家の精密診断をうけて下さい。

耐震判定表

総合評点	判 定	今後の対策
1.5以上	安全です	
1.0以上~1.5未満	一応安全です	専門家の精密診断をうければ、なお安心です
0.7以上~1.0未満	やや危険です	専門家の精密診断をうけて下さい
0.7未満	倒壊または大破壊の危険があります	ぜひ専門家と補強について相談して下さい

精密耐震診断の例

精密診断表

木造住宅の耐震精密診断表	
評点の求め方	
<p>Aの値は左表に準じて求める。ただし、地盤図、設計図面や実地調査結果に基づいて見直す。 精密診断でも「診断適用外」となった場合は、基礎の補強改修を要する。</p>	
<p>B×Cの値は偏心率Reを計算し、右図によって求める(注)。Reの求め方は本文参照。 なお、著しく不整形なものは別途検討する。</p>	
<p>D×Eの値を次式によって求める(注)。 $D \times E = \frac{1}{1.5} \left(\frac{\sum \alpha l_B + \sum \beta l_T}{L_r} + 0.25 \right)$ $\alpha, l_B, \beta, l_T, L_r$は本文参照。 ただし、上式中のデータが得られない場合には、右図で代用することもやむを得ない。L_T / L_rは本文参照。</p>	
<p>Fの値は左表に準じて求める。ただし、実地調査結果に基づいて見直す。</p>	

(注) 総合評点 (A×B×C×D×E×F) を求める場合には、方向別に (B×C) × (D×E) を求め、小さい方の値をとる。

簡易耐震診断、精密耐震診断ともに、住宅の地震に対する安全性をはかる上で重要な指標であり、また、耐震改修のプランを練る際の大事な資料となるもので、現在、一般に広く利用されています。

ただし、これらの耐震診断ではわからないこともあります。また、出てきた答えが一般市民には理解しにくいところもあります。

簡易耐震診断・精密耐震診断ではわからないこと

- ・その建物が震度いくつの地震まで安全かがわからない
- ・雑壁等の評価が一律であり、個々の物件の状況を考慮していないため、建物の強さのパラメータ（偏心の度合い）の実測値がわからない。
- ・地盤の状況を、実測値をもって判断することができない
- ・地盤と建物の共振の可能性がわからない

簡易耐震診断・精密耐震診断では一般市民が理解しにくいこと

- ・診断結果が「一応安全です」、「やや危険です」等あいまいである
- ・耐震改修の効果（どれだけ強くなったか）かが一般市民には判断しづらい

これらの弱点を補完するものが、動的耐震診断システムです。

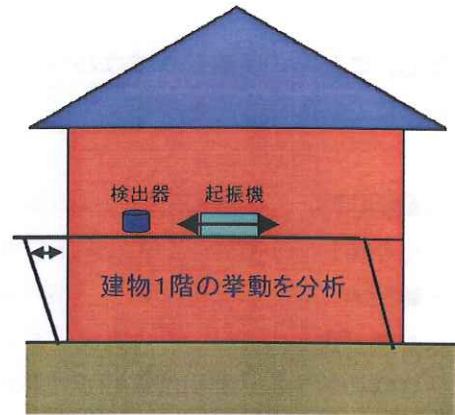
4. 動的耐震診断の原理

建物の測定

動的耐震診断を行う時には、水平起振機を建物2階の床に設置します。

建物2階の床に検出器を設置することで、建物1階の挙動を把握することができます。

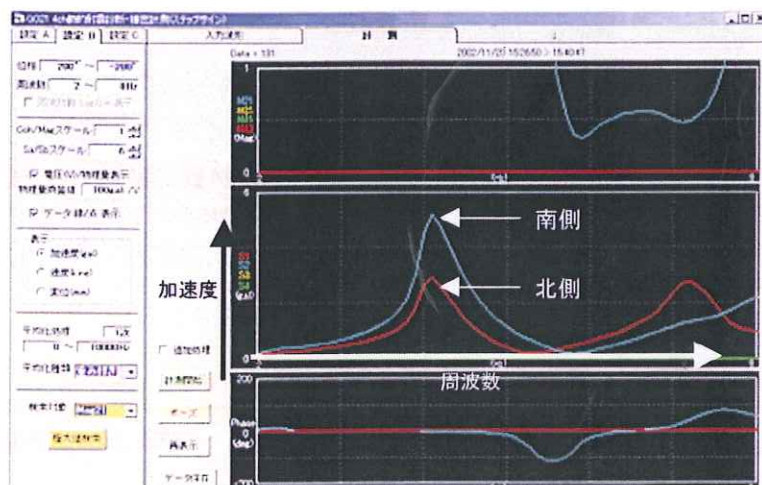
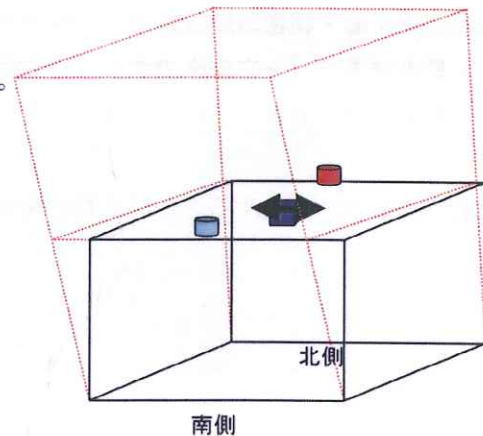
建物1階の挙動を調べるのは、地震時には1階が崩れ落ちて倒壊することが圧倒的に多いためです。



検出器は、建物の両端、最低4点（X方向計測時は南北の2点、Y方向計測時は東西の2点）設置します。

そうして、建物が均等に揺れているか歪みをもって揺れているかが判断できます。

建物の南・北どちらが揺れやすいか、また東・西のどちらが揺れやすいか、現場計測時にもある程度の判断が可能です。



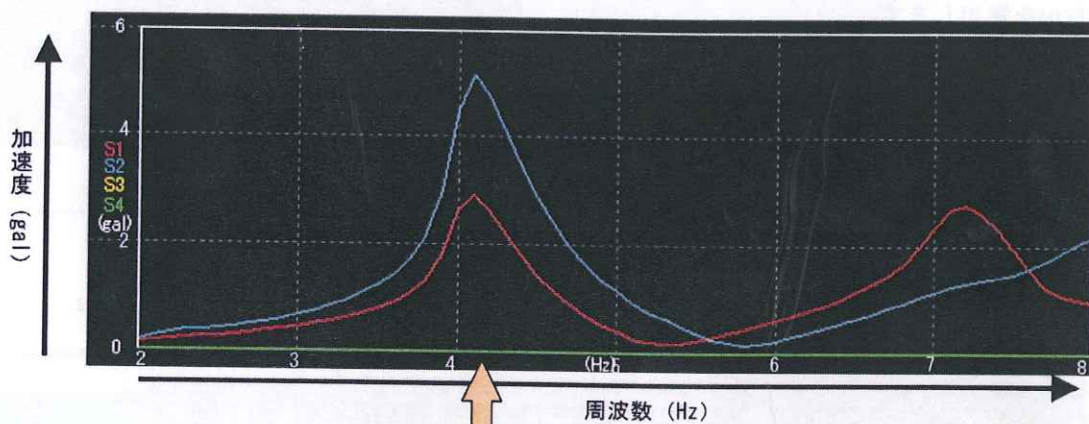
北側より南側の方が大きく揺れている計測データ

現場で確認できること

現場で確認できることは主に、

- ①何 Hz で最もよく揺れたか（卓越周波数）
 - ②南・北（東・西）がそれぞれ何 gal で揺れたか（加速度値）
- の2点です。

<測定データの一例>



この建物が最も大きく揺れたのは4.1 Hz

No: 160
F: 4.100Hz
S1: 2.922gal
0.113415kine
0.044026mm
S2: 5.178gal
0.201012kine
0.078029mm

このデータから読み取れること

- ・卓越周波数4.1 Hz は、木造住宅においては低いほうである
 - 剛性の低い建物である可能性がある
- ・北側（赤線）に比べ南側（青線）の方が1.8倍程度大きく揺れている
 - 南側のほうが剛性が低い建物である

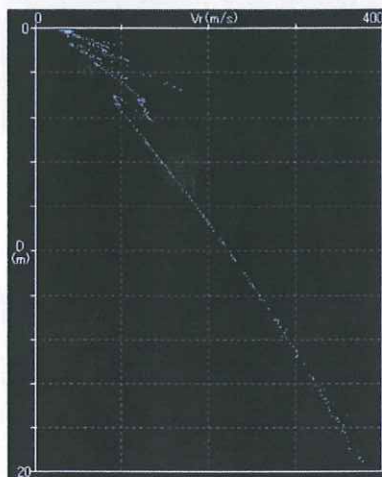
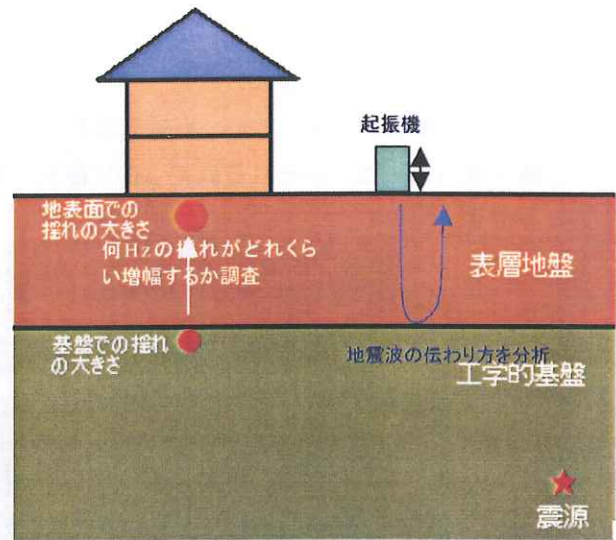
現場では「震度いくつまで安全な建物か」という最終結果を表示することはできません。
解析処理の上、後日報告書で提出となります。

地盤調査

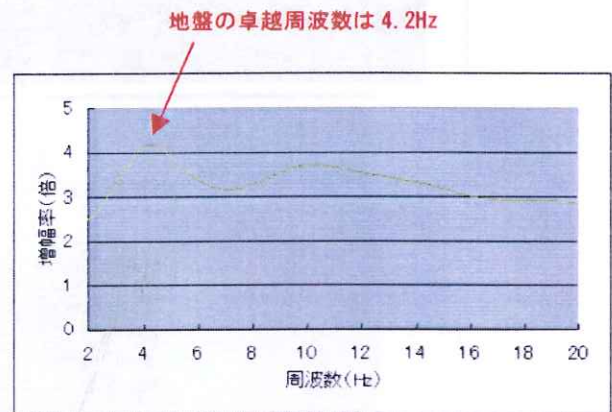
鉛直起振機で地震波を発生させ、地震波の伝わり方を分析します。

一般に、軟弱地盤ほど地震時の揺れが大きくなる傾向にあります。

調査地の地盤が軟弱地盤かどうか、また、想定される地震が起きた場合にどれくらい揺れるかを算出します。



表面波データを
重複反射理論を
使って解析

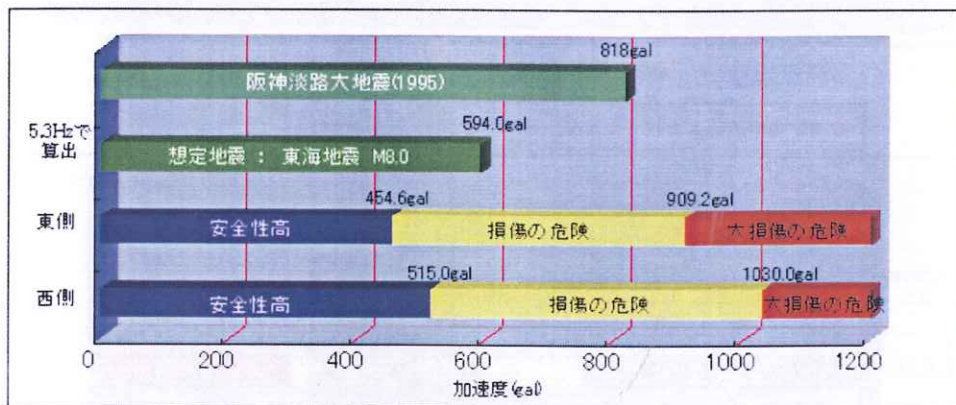
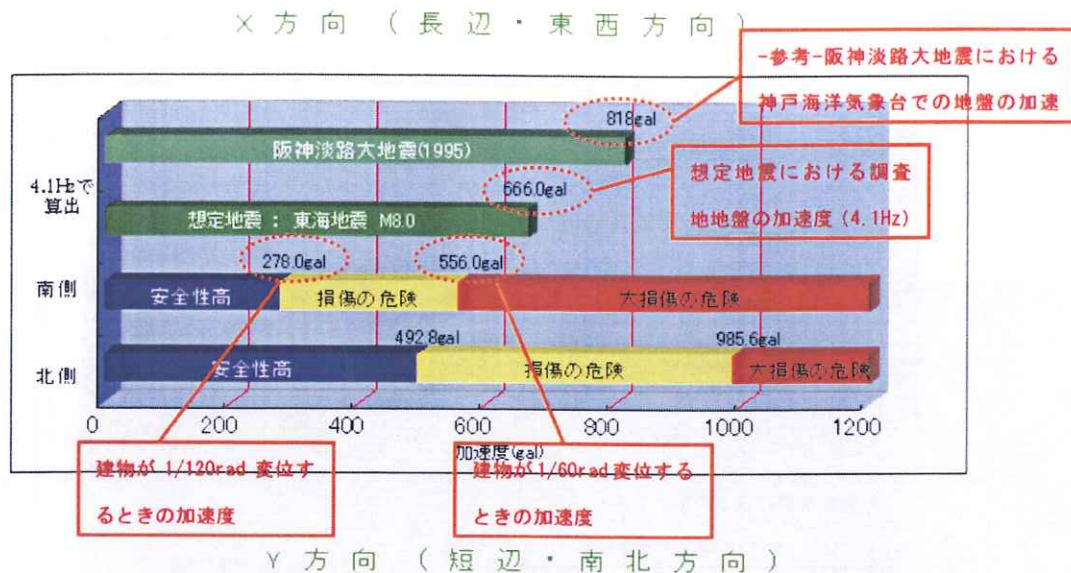


地盤と建物の卓越周波数



5. 動的耐震診断の結果

1) 建物の耐震性 (震度いくつの地震まで安全性が高いか)

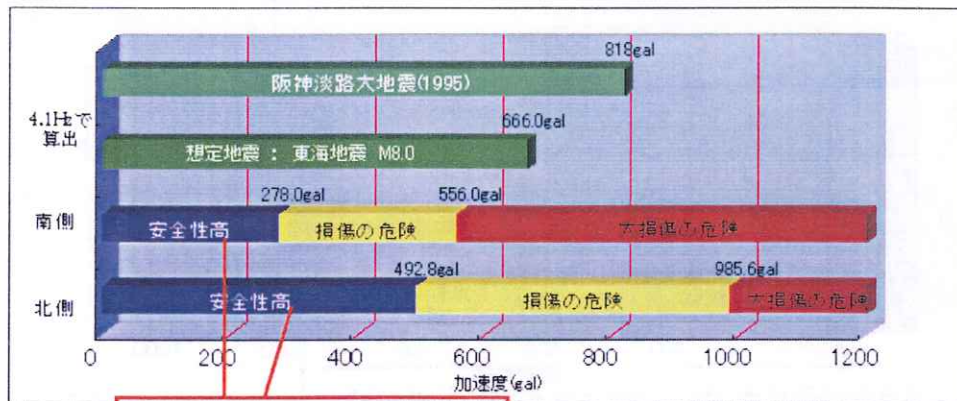


チェックポイント

1. 想定地震が想定どおりに起きたと仮定した場合に、どれくらい地盤が揺れるか (緑色のバーの長さ) → 地震時の地盤の揺れやすさ
2. 1の場合に建物がどれくらい損傷を受ける可能性があるか (緑色のバーの長さと同西南北の各バーの色の比較) → 建物の地震に対する安全性
3. 東西南北各バーの色の比較 → 建物の強さのバランス

2) 建物のどこが弱い

X 方向 (長辺・東西方向)



南側と北側の強さのバランスがあまり
よくない→南側を補強する必要有

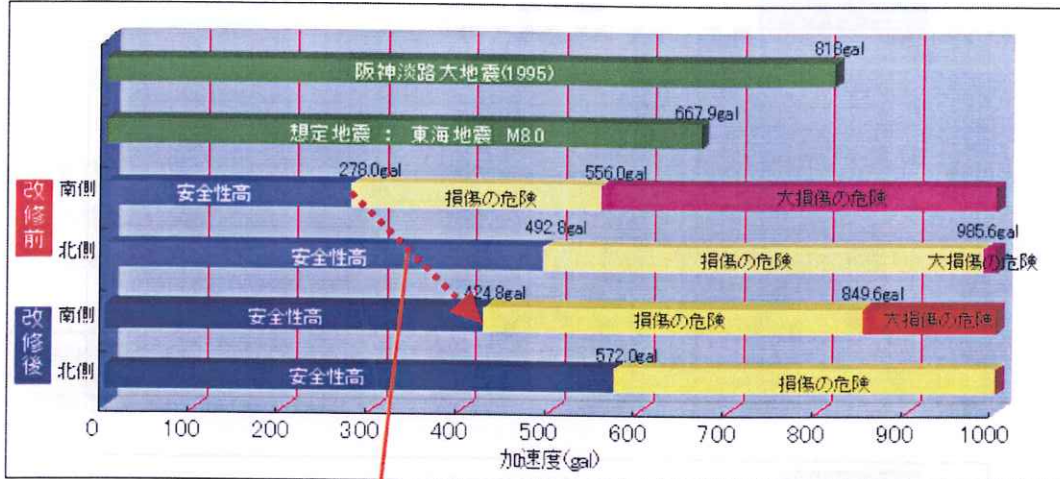
Y 方向 (短辺・南北方向)

東側と西側の強さのバランスがとれている。



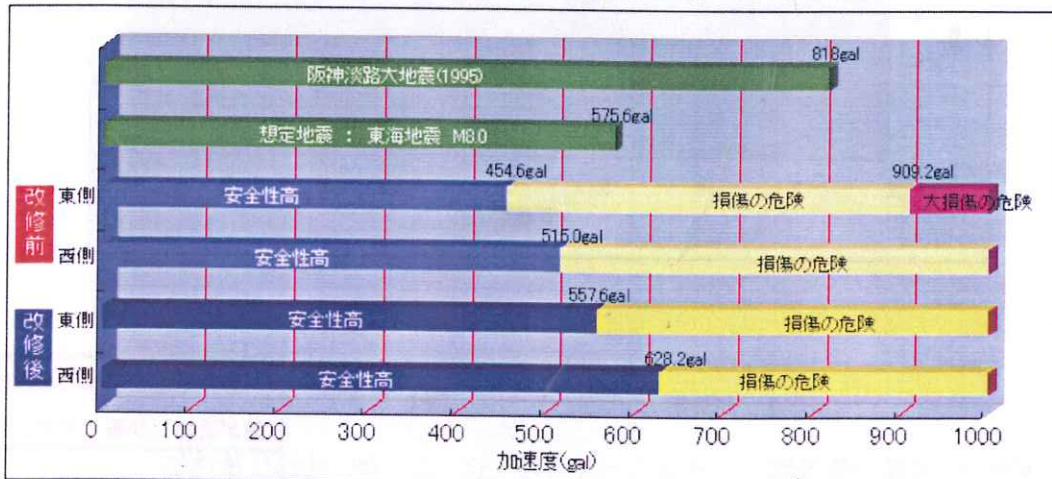
3) 耐震改修の効果

X 方向 (長辺・東西方向)



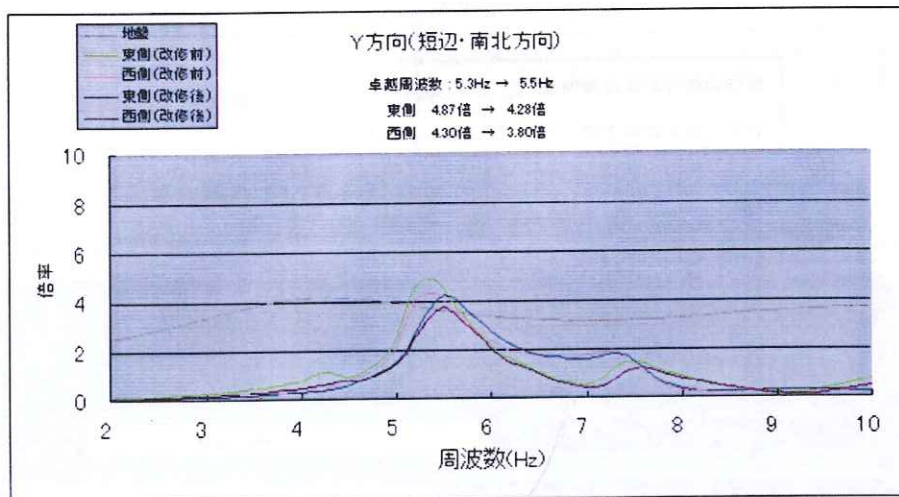
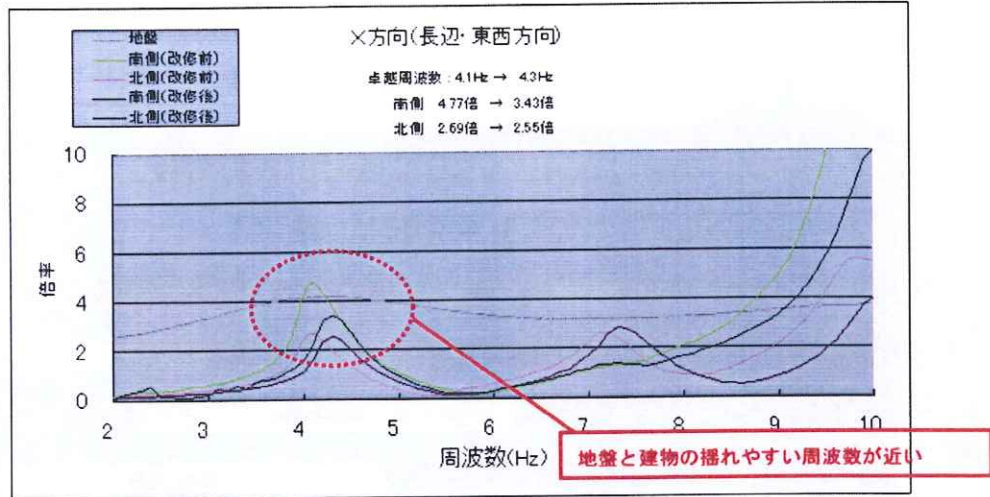
南側の強度が5.3%向上
さらに南北の強さのバランスが改善

Y 方向 (短辺・南北方向)



東側・西側ともに2割程度強度が向上

4) 地盤と建物の相性



解析方法

構造物における起振機による変位共振曲線と地表面の振動による構造物の変位共振曲線では、卓越周期における振幅の近似が認められる（耐震工学入門 平井一男・水田洋司 森北出版刊）。

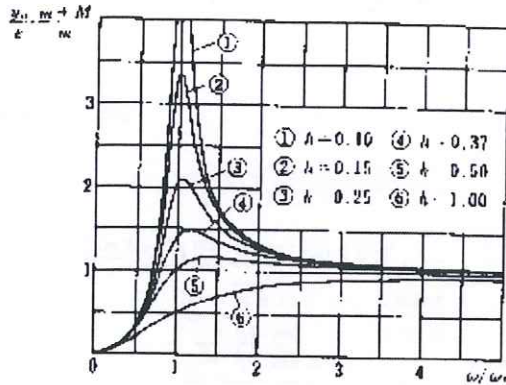


図 10.6 起振機による変位共振曲線

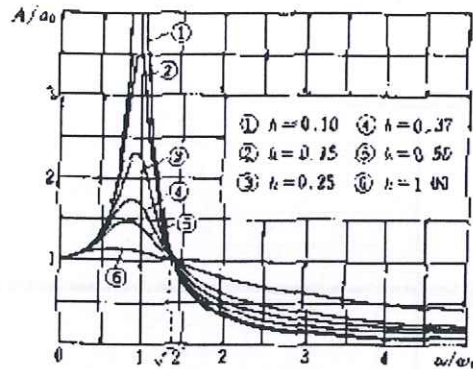


図 10.9 正弦変位による変位共振曲線

ここから、建物の1次卓越周波数における応答倍率Rは、起振力と建物の応答した力との比をとることにより求めることができる。

$$R = (W_h A_h) / (W_e A_e)$$

W_h : 建物荷重

A_h : 建物2階床で検出された加速度

W_e : 起振機の荷重

A_e : 起振機の加速度

力(F)は、質量(m)×加速度(α)である

$$F = m\alpha$$

従って、上記で得た応答倍率Rを用いて、建物1階の壁が1/120rad変位するときの地表面の加速度 A_g は、以下の通りである。

$$A_g = (2\pi f)^2 \cdot d / R$$

f : 建物の1次卓越周波数

d : 建物が1/120rad変位するときの1階壁の変位量(cm)

加速度(α)の算出方法

$$\alpha = (2\pi f)^2 \times d$$

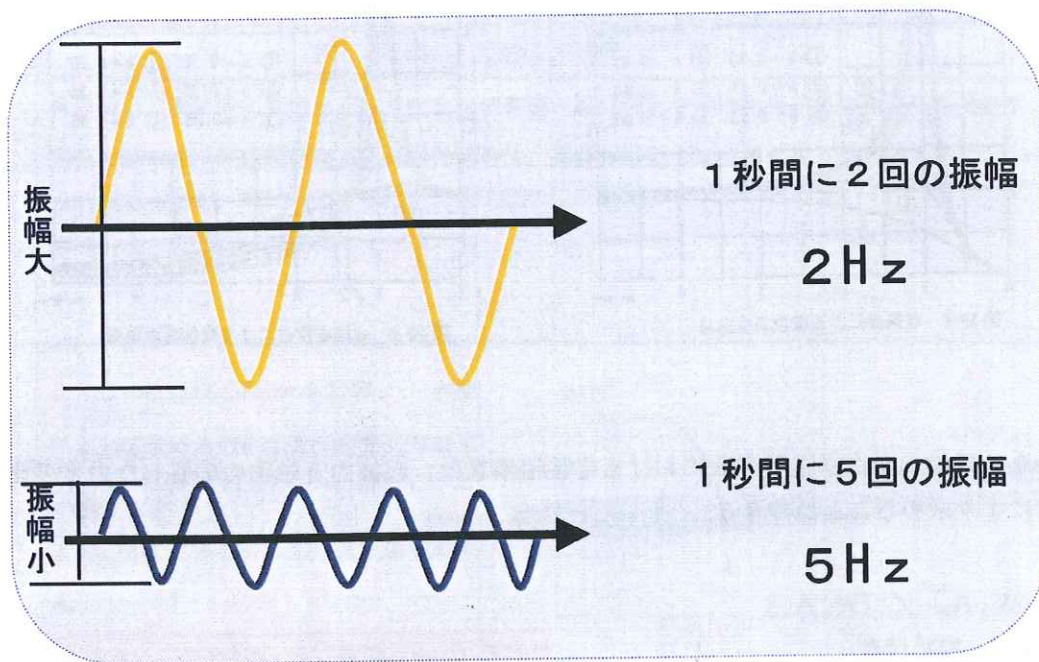
f : 周波数(Hz)

d : 変位量(cm)

6. よく受ける質問

1) 周波数って何ですか？

周波数とは、1秒間に波が往復する回数の中で、単位はHz（ヘルツ）で表します。
動的耐震診断の場合には、起振機の振動が1秒間に何回往復するかを表します。



加速度が同じである場合には、低い周波数の方が振幅の幅（変位）が大きくなります。

したがって、家がいちばん揺れやすい周波数（卓越周波数）が低い物件ほど、地震時には大きく揺れやすい傾向があります。

木造住宅の場合、卓越周波数は、だいたい4Hzから8Hzの間にあります。

卓越周波数が4Hzの建物と、8Hzの建物とでは、前者の方が剛性が低い建物である（揺れの幅が大きくなりやすい）、ということが出来ます。

では、地震は、いったい何Hzでくるのでしょうか？

これは地盤の状況によって異なります。一般には硬い地盤では卓越周波数が高く（揺れ幅が小さくなりやすい）、軟弱な地盤では卓越周波数が低い（揺れ幅が大きくなりやすい）傾向にあります。

いったい何Hzの地震がくるのか、それを調査するため、動的耐震診断においては地盤調査を行います。

2) galって何ですか？

地震の揺れの強さを示すのに一般に使用されているものとして、気象庁が発表している「震度階級」があります。

しかし、これは診断結果として表示するには大まかにすぎること、また、約400gal以上のすべての地震が震度7と表示されることから、この報告書では、地震の揺れの強さ（加速度）を示すものとして、「gal (cm/s²)」を用いています。

以下に、加速度と震度階級との関係を表にしています。

また、地震の規模を表すのに、「マグニチュード」という語が使われます。「マグニチュード」は地震そのもののエネルギーの大きさを表すもので、「加速度」や「震度階級」は調査地での揺れの大きさを表すものです。

ちなみに、兵庫県南部地震（阪神大震災）の地震の規模はマグニチュード7.2、震源から約25km離れた神戸海洋気象台では818galの揺れを記録しています。

加速度 (gal)	震度階級	
~0.8	0	人は揺れを感じない。
0.8~2.5	1	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。
2.5~8	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。
8~25	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。
25~80	4	かなりの恐怖感があり、一部の人は身の安全を守ろうとする。眠っている人のほとんどが目覚めます。
80~250	5弱	多くの人が身の安全を図ろうとする。一部の人は行動に支障を感じる。
	5強	非常な恐怖感を感じる。多くの人が行動に支障を生じる。
250~400	6弱	立っていることが困難になる。
	6強	立っていることができず、はわないと動くことが出来ない。
400~	7	揺れにほんろうされ、自分の意志で行動できない。

3) なぜ2階を揺らすのですか？

動的耐震診断を行う時には、水平起振機を建物2階の床に設置します。

そして、建物2階の床に検出器を設置することで、建物1階の挙動を把握することができます。

建物1階の挙動を調べるのは、地震時には1階が崩れ落ちて倒壊することが圧倒的に多いためです。(9ページ参照)

4) 家に人工地震を起こして、物が落ちたり家が壊れたりすることはありませんか？

動的耐震診断における建物の揺れは、2～10gal程度です。

これは、震度1からせいぜい震度2に相当するものです。

これくらいの揺れでは物が落ちたりすることはありませんし、ましてや家が壊れるといったことは起こりません。

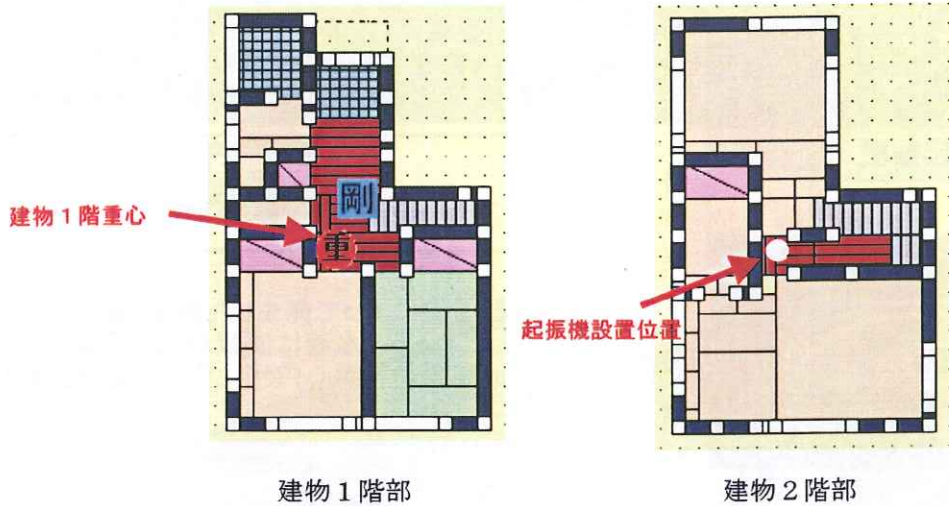
<参考>

震度1・・・0.8～2.5gal 屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。

震度2・・・2.5～8.0gal 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。

5) 起振機（振動機）は2階のどこに置くのですか？

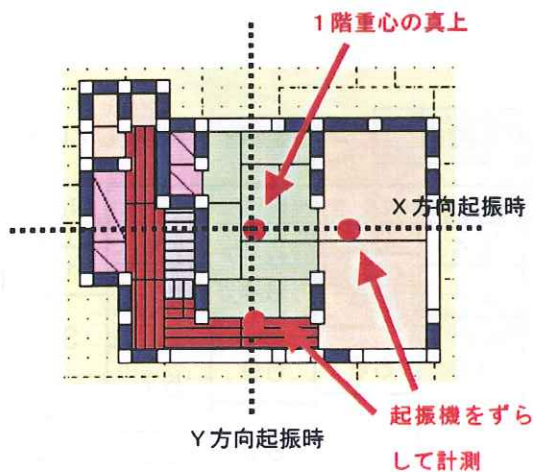
建物用起振機は、建物1階重心部の真上にあたる部分に設置します。
ここに設置して建物に振動を与えることで、正確なデータを取得することができます。



また、振動が減衰してしまうおそれがあるため、絨毯の上や畳の上に起振機を設置することができません。

振動機設置

じゅうたんの	上	・・・	×
たたみの	上	・・・	×



1階重心の真上が和室などで起振機が設置できない場合は、重心線上の設置可能な場所に起振機を設置します。

この場合は、X方向の計測が終了したらY方向の起振機設置場所へ起振機を移動させる必要があります。



協同組合Masters

〒550-0012 大阪市西区立売堀2丁目4番19号 日東ビル 2F

TEL.06-6110-8050 FAX.06-6110-8055

ホームページアドレス ▶ <http://www.masters.coop>

e-mail ▶ info@masters.coop