

(82) 最大加速度と震動エネルギー

日本技研 株 / 日本基礎技術 株

中山 康

1 震度階判定の計測化

気象庁は1991年4月から96年3月までの5ヶ年計画で震度階測定計測化を進めている。これまでは予報官の体感による判定であったが、説明および参考事項が主として和風建築についての記述であった。洋風建築の増加ならびに個人差をなくしたいという志向に基づいたものである。従来の観測記録との整合性も保たねばならない。そこで加速度計が示す最大加速度を周期で補正して震度階の分級を行うことになった。²⁾

$$I = 2 \log a + 0.7 + \log(k \cdot t) \dots (1)$$

where, I: seismic intensity integer: 0 - 6
 to count fraction of 0.5 and over as a unit and to cut away the rest
 a: maximum acceleration in gals
 t: cycle in seconds, limited from 0.1 to 1 second
 k: coefficient, tentatively k=3

本来、気象庁には最大加速度で震度階を定めるという考え方がなかった。理科年表などに最大加速度の数値が記入してあるが、これはあくまで参考データである。そこで(新)震度階は何をもって閾値としているか検討する。

$$\begin{aligned} & \log (L \cdot T^{-2})^2 \cdot T \\ &= \log (L^2 \cdot T^{-3}) \\ &= \log (L \cdot T^{-2}) \cdot L \cdot T^{-1} \dots (2) \end{aligned}$$

_____ acceleration
 _____ force/mass
 _____ work/mass
 _____ power/mass

where, l: length or distance
 t: time

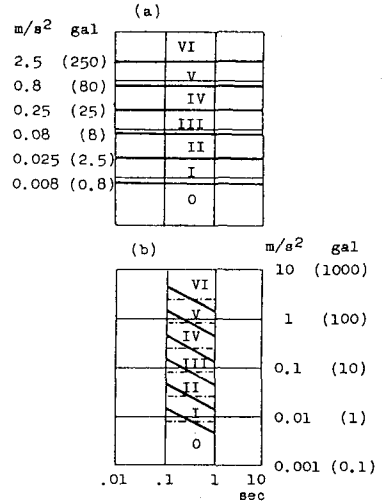


Fig. 1 Seismic Intensity after the Meteorological Agency

気象庁震度階級と参考事項(1978)は日本で使われている震度階で、諸外国では別の震度階が使われている。説明欄の数字は地動の加速度で、単位はガル(cm/s²)。この加速度は正式には震度階級にはないが参考のため記した。⁴⁾

気象庁震度階級 1936		参考事項 1978
階級	説明	
0	無感。人体に感じない地震計に記録される程度。 <u>1949 (0.8以下)</u>	吊り下げ物のわずかにゆれるのが目視されたり、カタカタと音がきこえても、体にゆれを感じなければ無感である。
I	微震。静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震。 <u>(0.8~2.5)</u>	静かにしている場合にゆれをわずかに感じ、その時間も長くない。立っている場合にはほとんど感じない。眠っている場合は目さますことがある。
II	軽震。大ぜいの人に感ずる程度のもので、戸障子がわずかに動くのがわかる程度の地震。 <u>(2.5~8.0)</u>	吊り下げ物の動くのがわかり、立っいてもゆれをわずかに感じるが、動いている場合にはほとんど感じない。眠っている場合は目さますことがある。
III	弱震。家屋がゆれ、戸障子がガタガタと鳴動し、電灯のようなつり下げ物は相当ゆれ、器内の水面の動くのがわかる程度の地震。 <u>(8.0~25)</u>	ちよつと驚くほどに感じ、眠っている人も目さますが、戸外に飛び出すまでもない。恐怖感はない。戸外にいる人もかなりの人に感じるが、歩いている場合感じない人もいる。
IV	中震。家屋の動揺が激しく、すわりの悪い花びんなどは倒れ、器内の水はあふれ出る。また、歩いている人にも感じられ、多くの人々は戸外に飛び出す程度の地震。 <u>(25~80)</u>	眠っている人は飛び起き、恐怖感を覚える。電柱・立木などのゆれるのがわかる。一般の家屋の瓦がずれるのがあつても、まだ被害らしいものはでない。軽い目まいを感じる。
V	強震。壁に割れ目が入り、幕石・石どろろが倒れたり、煙突・石垣などが破損する程度の地震。 <u>(80~250)</u>	立っていることはかなりむずかしい。一般家屋に軽微な被害が出る。軟弱な地盤では割れたりくずれたりする。すわりの悪い家具は倒れる。
VI	烈震。家屋の倒壊が30%以下で、山くずれが起き、地割れを生じ、多くの人が立っていることができない程度の地震。 <u>(250~400)</u>	歩行はむずかしく、はわないと動けない。
VII	激震。家屋の倒壊が30%以上に及び、山くずれ、地割れ、断層などを生じる。 <u>(400以上)</u>	

2 最大加速度と地震エネルギー

最大加速度はたまたま発生した瞬間的な数値であり、地震の規模を表すマグニチュードと直ちに結びつけることはできない。実際、建物の屋上に設置した加速度計が地下室の数倍もの値を示すことは、決して稀なことではない。しかし、気象官署で普通に設置した加速度計を使用するという条件のもとでは、最大加速度とマグニチュードを結びつけることが実用上可能となる。経験式（村松1969）は次のとおりである。

$$M = \log S_5 + 3.2 \quad (3)$$

S_5 (単位は km^2) 震度5以上の地域の面積

また、震源が浅いもの場合について震央を中心とする球の下半球面に一様にエネルギーが分散すると考えたエネルギー密度線も引くことができる。

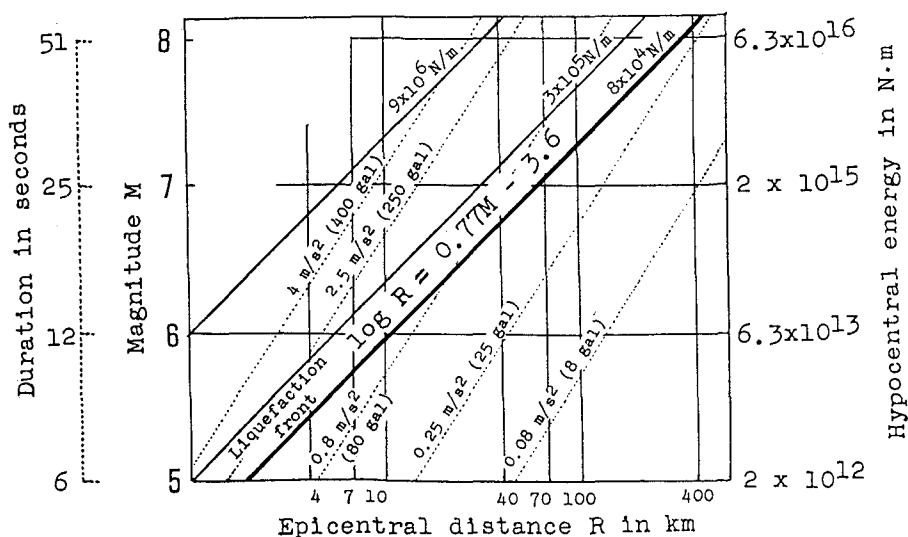
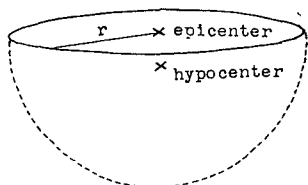


Fig. 2 Maximum Acceleration and Energy Density with Liquefaction Front³⁾



$$\frac{E_0}{2\pi r^2}$$

Fig. 3

r: Epicentral distance

Semi-sphere under the Ground⁵⁾
explaining Energy Density

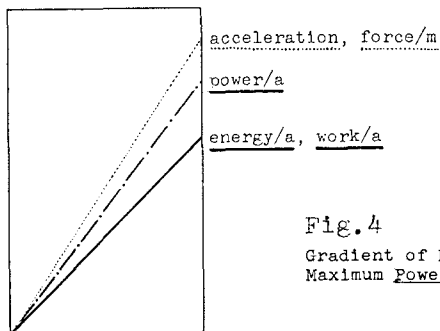


Fig. 4

Gradient of Maximum Acceleration,
Maximum Power and Energy Density

竜岡・安田・陶野らは数十の災害例から液状化限界震央距離を導いた。³⁾

最近、津波地震が注目を集めている。マグニチュードが大きくても、長時間継続して、震度が小さい。震害はないが津波は発生する。液状化もみられない。

3 河角マップについて

100年確率の河角マップをとりあげてみる。河角リストから次のような計算方法で作成された地図である。1300年の地震記録を有する地点では、震度を大きいものから並べて13番目の値をもって100年確率とする。これは最大加速度で表示されている¹⁾。また、その地点に到達した地震エネルギーを100年間について加算してみると、やや異なった地図が得られた。

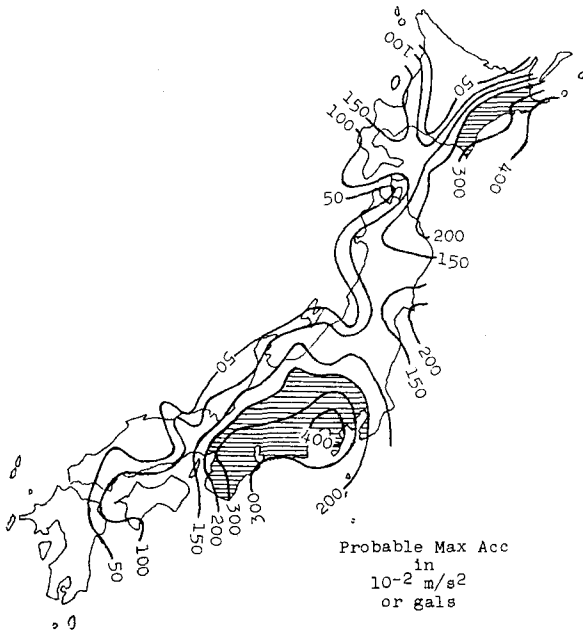


Fig. 5 Kawasumi's Map—Maximum Acceleration¹⁾
probable Once in 100 Years

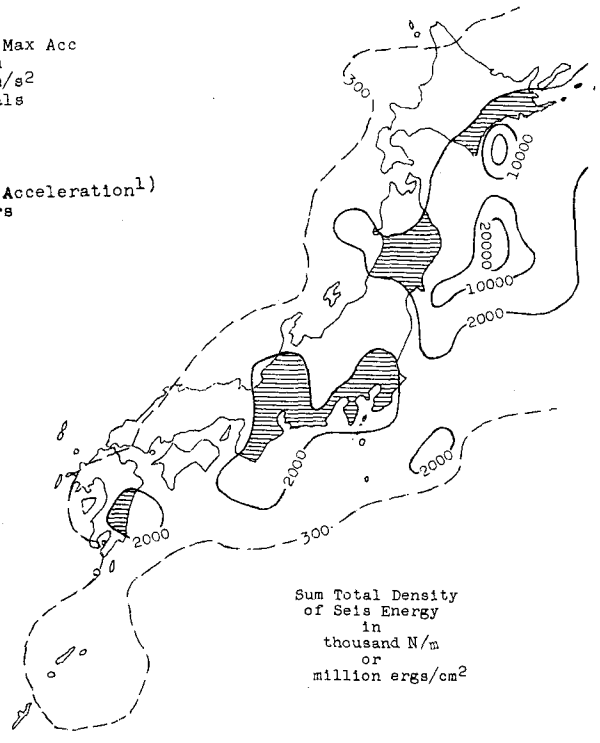


Fig. 6 Total Seismic Energy Density during⁵⁾
102 Years, from 1886 to 1987

4 物質構成と地震災害

物質の力学的特性を表わすものに応力ひずみ曲線がある。(A)はコンクリート、岩石など、(B)は土構造物に相当する。

前者ではピーク強度が高いことが材料の強さを表わし、後者では曲線下方の面積すなわち破壊に必要な仕事(エネルギー)が大きいこと強さを保つわけである。

耐震設計についての実験装置にもこの違いが反映されている。高層ビルモデルなどでは反力壁とジャッキが使われるが、土構造物例えばフィルダムなどでは振動台がつかわれる。振動台は加速度・周期・繰り返し回数を制御することで与えるエネルギーを規定する。

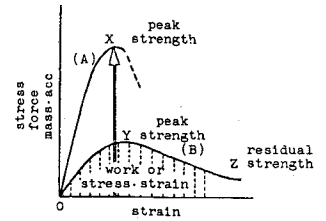


Fig. 7 Explanatory Chart of Stress and Strain

5 液状化について

地震時の液状化は粒径のそろったシルト・砂で発生する。その種類は2つある。

7 土粒子の配列の変化で体積が縮小する場合、負のダイヤランシーとよばれる。これは降下軽石層や緩い沖積世の砂にみられ、一旦発生すると同じ震度では再発しない。

1 土粒子の間隙水圧の上昇に伴うもので、クーロン式で説明することができる。

$$\begin{aligned} \tau_f &= c' + (\sigma - u) \tan \phi' \\ &= c' + \sigma' \tan \phi' \end{aligned} \quad (4)$$

ここに、 c' 、 ϕ' は有効応力に関する見かけの粘着力およびせん断抵抗角

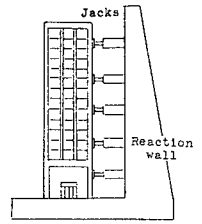


Fig. 8

Facilities for Earthquake-5) resistant Design

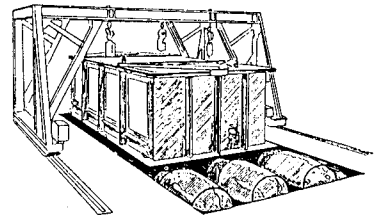


Fig. 9 Shaking Table (by courtesy of Nat Research Inst of Agricultural Engineering)

References

- 1) 大崎順彦 1983: 地震と建築, 岩波新書 240
- 2) 鉢嶺 猛 1988: 震度の計測化に向けて, 気象374, 4-8
- 3) 安田 進・陶野郁雄 1988: 液状化—大地が揺れるとき, 科学朝日 572, 14-20
- 4) 国立天文台 1988: 理科年表1990(地震), 丸善
- 5) 中山 康 1991: 地すべりの誘因—水と振動, 地すべり 28(3), 1-8

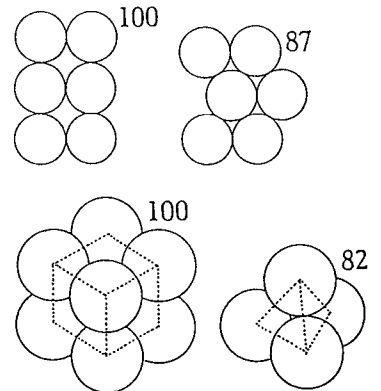


Fig. 10 Deposit Form of Cubics with its Bulk Ratio

Maximum Acceleration and Seismic Energy: Yasushi NAKAYAMA

MON TUE 03-3476-5701 Japan Foundation Engineering Co., Ltd.
 WED-FRI 03-3433-7760 Nippon Giken Inc.
 This telephone number stands good until the office will be transferred in August 1993.