

# 9. 地震による木造家屋の被害度

名古屋帝國大學理學部物理學教室 宮 部 直 巳

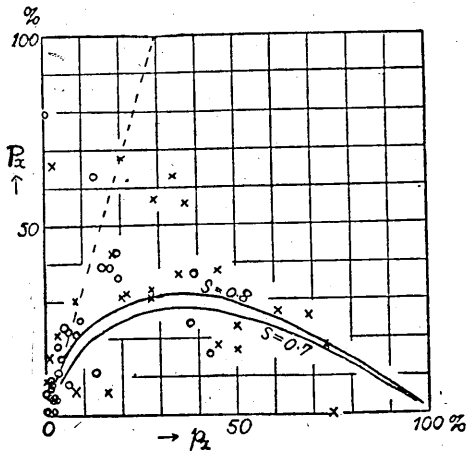
(昭和20年11月20日發表——昭和21年3月22日受理)

1. 地震動に関する性質を調べるのに従来、木造家屋の全潰率——全潰戸数の全戸數に對する割合——の分布によつていた。この方法はかなりの成果を収めたが、地震の際に尙半潰と稱する程度の被害もあるのでこれをも勘定に入れては如何であろうという考へで、最近宮村氏の一試案がある。

昭和19年12月7日の東海地震に際して、その木造家屋の被害程度を表わす量として、宮村氏は<sup>1)</sup>

$$\text{全潰率} + 0.5 \times \text{半潰率}$$

なる量を取り、その分布を調べた。これは、全潰と半潰とを等價とせず、半潰に0.5の重價を附して考慮に入れたもので、これも一つの考へ方であるに相違ない。併し、茲で問題になるのは、重價を斯様に一定としてよいかということである。地震の破壊力が大となるに従つて全潰率も半潰率もともに増大するならば恐らく問題はないと思われる。即ちその場合には常に半潰率の何パーセントかが全潰率に對應すると考へる事も不自然ではないからである。然るに、實際には、全戸數には限があるから全潰戸數がある程度



第 1 圖

以上に多くなれば、半潰戸數は必然的に減少せざるを得ないことになる筈である。實際、この傾向は、昭和20年1月13日の三河地震の際の木造家屋の被害分布に就いて認められる。第1圖は同地震の際の全潰率と半潰率の關係を圖示したもので、○は町村を單位とした率、×は字を單位とした率に關するものである。

この圖から想像される様に、全潰率が大きくなつた場合に半潰率が減る傾向は實際存在するようである。

この様な場合にも、宮村氏の如き方法

1) 宮村攝三 地震研究所彙報速報 4(1945).

を採用してはならぬという理由はない。唯、その場合、被害率の梯尺の歪みがより大きくなると思われるのみである。<sup>2)</sup> この点を幾分是正する意味で筆者は、

$$(\text{全潰率}) + w \times (\text{半潰率})$$

を以て被害度を表わす数とし、 $w$  が全潰率の大いさによつて異なると考えた。併し、そうしても  $w$  のとり方は未だ任意であつてよいわけである。そこで  $w$  を定めるのに次の様な考え方を試みた。

2. 前項における係数  $w$  は、謂はば半潰率を相當全潰率に直す爲の係数だとも考えられる。夫故、第1圖の全潰率と半潰率との関係を半理論的にでも求め得れば、それから、 $w$  を出して、これによつて前述の被害度を算出すればよい。その爲には次の様に考えてみた。

先づ、今後の便宜の爲に

$p_x$  : 地震動の加速度が  $x$  なる時の木造家屋全潰率

$P_x$  : 地震動の加速度が  $x$  なる時の木造家屋半潰率

$$p_x' = p_x + P_x$$

とする。當然、 $P_x = p_x' - p_x$  である。この中  $p_x$  については、既に物部博士<sup>3)</sup> によつて論じられた様に

$$p_x = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-h^2 x^2} dx \quad (1)$$

なる式が成立つものとするれば  $p_x'$  についても、同様な式

$$p_x' = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{x'} e^{-h^2 x'^2} dx \quad (2)$$

が成立つと考へて大過ないであらう。但し、 $x$ 、 $x'$  は夫々  $p_x$ 、 $p_x'$  が 50% なる時の値を原點にとつてあるから、 $x' = x + s$  の如く考へることが出来る。

茲で

$$hx = \frac{u}{\sqrt{2}} \quad hx' = \frac{u'}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

の如き置き換えを行えば、

2) 被害度の梯尺の歪みが大きくなるということも考へ方次第かもしれない。茲に言ふ意味は全潰率が大きい場合、全戸數に限りがあるということから必然的に半潰率は小さくなるから、宮村氏の方式に従うと、半潰率の影響の加わり方が小さ過ぎるのではないかということである。

3) 物部長穂 震災豫防調査會報告 100 (1925).

$$x' = \frac{u}{h\sqrt{2}} + s$$

す、(1), (2)式は夫々、

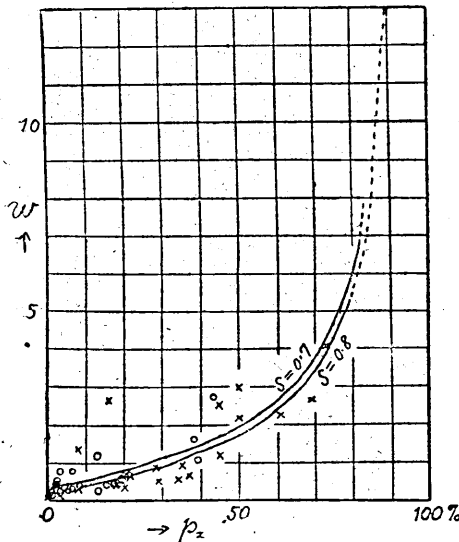
$$p_x = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{u}{h\sqrt{2}}} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

$$p_{x'} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{u}{h\sqrt{2}} + s} e^{-\frac{u'^2}{2}} du'$$

とすることが出来る。夫故、 $\frac{u}{h\sqrt{2}}$ ,  $\frac{u}{h\sqrt{2}} + s$  に夫々適当な値を入れれば、

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx.$$

の表を用いて  $p_x$ ,  $p_{x'}$  を計算することが出来る。 $w$  が  $p_{x'}$  を  $p_x$  の相当値に直す係数だとすれば、第1圖について求め得べき理論的の曲線上の各點に於ける  $p_x/P_x$  である。而して、第1圖の實際の點の分散の容子から  $p_x$  が10%位より小さいところでは、 $p_x$  と  $P_x$  との関係が略々直線的であると見られる。そこで、その場合の  $p_x/P_x$  を求めてみると凡そ  $w = \frac{1}{3}$  になる。この値を用いて逆に  $s$  の値を算出すると  $s = 0.8 \sim 0.7$  とすればよいようである。そこで  $s = 0.8, 0.7$  の二つの場合につき、 $p_x$  及び  $P_x = p_{x'} - p_x$  を計



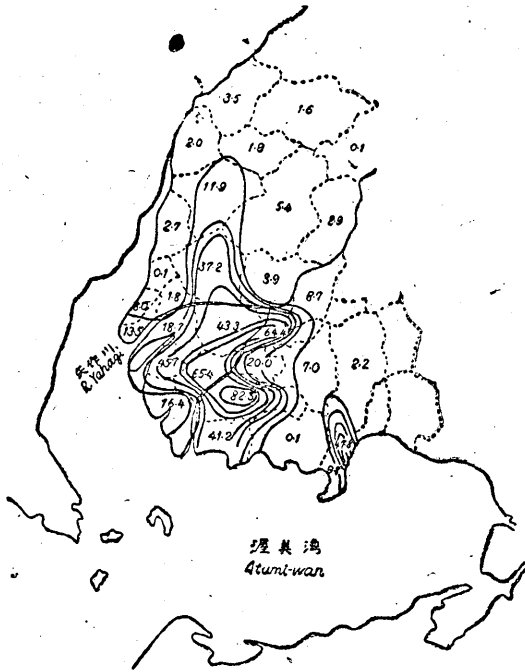
第 2 圖

算し、之を圖示したのが、第1圖における二つの實曲線である。實際の點は甚だしく分散してゐるが、分散を生ずる理由は多々あるから、この程度に  $p_x$  と  $P_x$  との関係の傾向が示されればよいのではないかと思われる。

尙、實際問題としては  $w$  の値を知り度いのであるから

$$w = \frac{p_x}{P_x} = \frac{1}{\frac{p_{x'}}{p_x} - 1}$$

を利用して算出される  $w$  と  $p_x$  との關係を、實際のデータについて算出された  $p_x/P_x$  と  $p_x$  との關係とを夫々曲線及び點によつて示したものが第2圖である。



第3圖 1945年1月13日三河  
地震の被害度の分布

に手数を要するから、その手数に應じた成果が得られなければ、寧ろ全潰率のみを問題にした方が事柄は簡単かもしれない。

第2圖は第1圖と本質的には同等なものであることは言うまでもない。

3. 前述の如くにして求めた  $w$  を用いて

$$(\text{全潰率}) + w \times (\text{半潰率})$$

を計算し、三河地震の場合についてその分布を示したものが第3圖である。尙、これは町村單位の全潰率及び半潰率を用いたものである。

この結果は、當然のこと乍ら、全潰率の分布と著しく異なる所はないが、被害度は鮮鋭に示される様である。

以上は一つの試案に過ぎないのであつて、更に二三の場合について試みた上で改めてその方法についての検討を加えたいと考えている。相當

## 9. The Degree of Destruction of Wooden Houses by Earthquakes.

By Naomi MIYABE,

Institute of Physics, Faculty of Science, Nagoya Imperial University.

1. In studying destructive earthquakes, the geographical distribution of the percentage of totally destroyed wooden houses is considered as usual as a measure of the distribution of intensity of earthquake shocks. There are however many houses, being partially destroyed, which have not been taken into consideration in discussing the distribution of intensity of the earthquake shock. Recently, in studying the distribution of the intensity of shocks of the Tokai

earthquake of Dec. 7, 1944, Miyamura took the quantity,

(Percentage of totally destroyed wooden houses)

+0.5 (Percentage of partially destroyed wooden houses),

as a measure for the degree of destruction by this earthquake shocks.

We are however aware of the fact, that when the percentage of the totally destroyed houses is considerably large, the percentage of the partially destroyed houses become necessarily smaller.

2. For the sake of our convenience, we hereafter call

$p_x$  for the percentage of totally destroyed wooden houses, where earthquake acceleration is  $x$ ;

$P_x$  for the percentage of partially destroyed wooden houses, where earthquake acceleration is  $x$ ;

and  $p'_x = p_x + P_x$

In Fig. 1, the values  $P_x = p'_x - p_x$  are plotted against  $p_x$  from which we notice that  $p'_x$  increases as  $p_x$  increases, when  $p_x$  is smaller, but  $p_x$  reaches its maximum at a certain value of  $p_x$  and then it becomes decreasing when  $p_x$  is larger.

Although the points in Fig. 1 are so dispersed that the above mentioned relation between  $P_x$  and  $p_x$  is not shown clearly, the tendency that  $P_x$  becomes decreasing when  $p_x$  is larger may be notable.

If the relation between  $p_x$  and  $p_x$  revealed in Fig. 1 be adopted as appropriate for determining the factor that reduces  $P_x$  to the equivalent percentage of totally destroyed houses, the value designates the degree of destruction as estimated by Miyamura should be too small, especially when  $p_x$  is larger.

In connection with this point, we consider as follows. It was already pointed out by Mononobe<sup>2)</sup> the value of  $p_x$  is given by

$$p_x = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-h^2 x^2} dx \quad (1)$$

It may rather be natural that a similar relation will also be applicable for  $p'_x$ , but as the house may be partially destroyed by smaller acceleration, the expression for  $p'_x$  will be given by

$$p'_x = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{x'} e^{-h^2 x'^2} dx' \quad (2)$$

By substituting in (1) and (2) the relation

1) S. Miyamura, *Bull. Earthq. Res. Inst., Special Bull.*, 4 (1945).

2) N. Mononobe, *Bull. Earthq. Invest. Com.*, 100 D, (1925).

$$\left. \begin{aligned} h_x &= \frac{u}{\sqrt{2}} \\ h_x' &= h(x-s) = \frac{u}{\sqrt{2}} - hs = \frac{u'}{\sqrt{2}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

we have

$$p_x = \frac{1}{2} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{u}{h\sqrt{2}}} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

and

$$p_x' = \frac{1}{2} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{u'}{h\sqrt{2}}} e^{-\frac{u'^2}{2}} du,$$

where  $s$  is the difference between the magnitudes of accel rations  $x$  and measured in arbitrary scale corresponding respectively to  $p_x$  and to  $p_x'$ , having the same magnitude as  $p_x$ .

Thus we can calculate the values of  $P_x$  and  $p_x$  for given values of  $\frac{u}{h\sqrt{2}}$  and  $\frac{u'}{h\sqrt{2}} - s$  by using the numerical table of the function

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx,$$

Practically, it is required to get the values of the factor by which the value of  $P_x$  is reducible to equivalent percentage of totally destroyed houses, so as to calculate the value designating the degree of destruction by earthquake shocks.

Suppose that the degree of destruction is given by

$$D_x = p_x + wP_x \quad (3)$$

where the coefficient  $w$  is given by

$$w = \frac{p_x}{P_x} = \frac{1}{\frac{p_x'}{p_x} - 1} \quad (4)$$

On the other hand, from Fig. 1, we easily obtain  $w=1/3$  for smaller value of  $p_x$ , which gives the difference  $s$  between  $\frac{u}{h\sqrt{2}}$  and  $\frac{u'}{h\sqrt{2}} - s$ , of 0.8~0.7. Applying this value, the theoretical relation between  $p_x$  and  $p_x'$  is calculated and shown by smooth curves in Fig. 1.

The curve of  $w$  calculated with the equation (4) as a function of  $p_x$  is shown in Fig. 2, in which the values of  $p_x'/p_x$  calculated from practical data obtained in the case of the Mikawa earthquake of 1945 are plotted.

3) In Miyamura's trial  $w$  is assumed to be 0.5, and in our present trial  $w$  is taken to be variable for wide range as shown by the curve in Fig. 2.

3. Since, as shown in Figs. 1, 2, the above consideration seems to be more or less plausible, we calculate  $D_x$  for the case of the recent Mikawa Earthquake and the distribution of  $D_x$  is shown in Fig. 3.

It may not be interesting to find that the distribution of  $D_x$  is not much different from that of  $p_x$ . It may however be notable that in the distribution of  $D_x$  the portion where was severely attacked by earthquake shock is more sharply expressed than in the distribution of  $p_x$ .

Application of this method is attempted in cases of other destructive earthquakes, the results will be discussed in due course.

---