

## 10. 土 埴 の 強 さ

地震研究所 { 宮 部 直 巳  
猪 俣 眞 三 郎

(昭和11年2月18日發表—昭和10年12月31日受理)

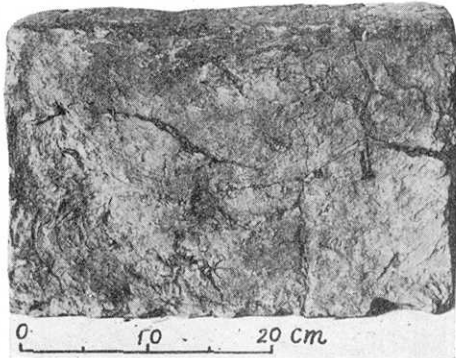
1. 臺灣地震に於ける被害の主要なるものは土埴造家屋の崩壊である。

土埴造家屋の被害状況及び之に關する解説は、今、筆者の直ちに論じ得る所ではなく、別稿諸氏の記述に待つ外はない。筆者は、こゝに土埴の強度の大體の値を實驗的に求めて、敘上の論述に參考資料を供せんと試みたに過ぎない。

2. 土埴の大いさは、大體  $34 \times 22 \times 10$  cm である。勿論、個々について幾らかの相異のあることは已むを得ない。重さは約 11 kg であるから、密度は大體

$$\rho = \frac{W^{(\text{gram})}}{V^{(\text{c.c.})}} = 1.62$$

となる。これは、大體に於いて通常の粘土の密度に等しい。併し、土埴は單なる粘土の塊ではなくて、第1圖の寫眞に於いても幾分は認められるが、藁屑が入れてある。土の色は土地によつて異り、一概に言ふことは出來ないが、土粒は非常に細かく、Silt とか、Clay に屬する土のみで、Sand の様なものを含むことはまづ稀である。



第1圖 土 埴

3. 土埴の強度を調べる前に、土埴造の家屋、更に詳しく言へば、土埴造の壁體の壊れ方を知つておかねばならない。併し、これには、種々議論もあろう事故、兎もあれ、次の場合について簡単な試験を試みた。

- (a) 土埴の撓曲に對する強度、
- (b) 土埴の振りに對する強度。

又、實際の場合には、土埴の繼目から崩れて居る場合が殊に多いのであるから、當然 Cementing が問題であると考へ、數個の試片を土埴の成分たる土を以て Cement したものに付き、矢張り上述の如き試験を試みた。

併し乍ら、後の場合には、Cementing の方法に依つて強度も幾分差異があるであらうと考へられるものであるが、其等の點については、充分に實驗を反覆して確かめ得なかつた。

4. 撓曲に關する試験は、極めて簡単な方法を探つたのである。即ち、試片の兩端を双端で支へ、その中央に荷重をかけて、中央部に於ける變位を、測定したのである。この場合に

$$G = EI \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad I = \frac{3}{4} ab^3$$

で示される。茲に、 $a, b$  は試片の幅及び厚さ、 $E$  は Young 彈性率、 $I$  は慣性能率  $u$  は中央より  $x$  の距離にある場所での變位である。今試片の兩端における支點の間の距離を  $2l$  とし、限界條件として

$$x=0, \quad u=0, \quad \frac{du}{dx}=0,$$

を入れて上式を解けば、 $G = \frac{W}{2}(l \pm x)$  であるから、結局中央部の變位として

$$u = \frac{Wl^3}{6EI}$$

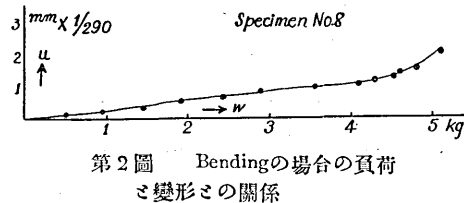
なる式を得る。但し、 $W$  は  $x=0$  に於ける荷重であるから、 $Mgr$  の重錘をかけたとすれば、

$$W = Mg \text{ (c. g. s.)}$$

であり、従つて  $E$  は

$$E = \frac{Mgl}{8ab^3u} \text{ (c. g. s.)}$$

によつて求めることが出来る。破壊に至る迄の  $W$  と  $u$  との関係は第 2 圖に掲げてある様に略々直線的であつて、その傾斜は  $E$  に比例する。



この試験に於ける  $W$  の Ultimate value は

$$W_{ul} = \frac{6EIu_{ul}}{l^3}$$

である。

試片の  $W_{ul}$ ,  $u_{ul}$  等を表に示せば第 I 表の如きものを得る。

第 I 表

番 號	a	b	2l	$W_{ul}$	$u_{ul}$
3	3.7 cm	3.8 cm	17.9 cm	5.45 kg	0.018 mm
6	1.8	2.1	17.7	1.75	0.011
8	3.3	3.3	17.3	4.50	0.0048
9	3.2	3.3	17.3	3.40	0.0029

是等の結果から求められる  $E$  の値は  $7.0 \sim 1.9 \times 10^9$  c. g. s. の範囲で變化するが、それは、薬と土との混り方の相違や肉眼に見えない疵の存在する事などから充分期待出来ることであらうと思はれる。

5. 振りの試験も亦極めて簡単な方法によつて行つたものである。即ち、一端を固定し、他端を振つて、その振りと、振る爲の Moment とを測り、振りによつて破壊する時の Moment と振角とを夫々の Ultimate value とした。

断面が正方形をなし、その一辺を  $2a$ 、長さ  $l$  とす、振角  $\phi$  と Moment  $G$  との関係は

$$\frac{Gl}{n\phi} = 2.2492 a^4 \text{ 1)}$$

で示される。但し  $n$  はその試片の剛性率である。

實驗はなるべく断面が方形の場合のみ撰んで行つたのであるが、多少の差異は免れ得ない所である。けれども、現在の場合の様に正確さに於いて精密さを要求されない場合には、以上の如き方式で差支はない。

實驗によつて求め得た所の  $G$  及  $\phi$  の関係は大體前節に於けると同様に略々直線的であるが、是等の Ultimate value は試片の Dimension その他と共に第 II 表に掲げた通りである。

1) 断面が  $a \times b$  なる時 ( $b$  は厚さ) は、

$$\frac{Gl}{n\phi} = \frac{16ab^3}{3} - b^4 \left( \frac{4}{\pi} \right)^5 \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)^5} \tanh \frac{(2m+1)\pi a}{2b} \right\} \text{ である。}$$

是等の結果から求められる  $n$  の値も  $6.27 \sim 3.22 \times 10^7$  c. g. s. の範囲に fluctuate する.

第 II 表

番 號	$a$	$l$	$G_{ul}$ $r=4.5$ cm	$\phi_{ul}$ (radian)
1	3.0 cm	8.7 cm	$3.46 \text{ kg} \times r \times g$	0.0275
2	3.0	6.3	3.56	0.0380
3	3.0	9.7	3.06	0.0286

6. 一旦破壊した試片を同一の土で Cement した試片について Bending test を行つてみると, Cement した箇所に於いて破壊する場合と, 荷重をかけた場所で破壊する場合とがある. 又, Cementing した後の経過時間によつて, 多少の相違があるやうに思はれるが, この実験では, Cementing の後約1日を経過したものに就いて主として行つて居り, 日時の経過の影響については行はなかつた. 蓋し, 非常な相違ではなく, Order に於いては變りないであらう. 其他土の中の含水量の多過や, Cementing material である所の土をこねる時に使用する水の中の含有鹽類等も, 恐らく強度に關係することゝ思はれるが, 其等は後日の問題としておくことにする.

結果については,

(a) 中央部で Cement した試片に對し, その場所に於いて荷重をかけた場合,

(b) 中央部より少し外れた場所で Cement し, 荷重は中央部にかけた場合

を分けなければならない様に思はれる. 何故ならば, Cementing material の強度と, 試片ブロックの強度とが著しく異なる場合には, 試片のブロックは剛體と見做され, Strain の主要部分は, 繼目の Cementing material が受持つことになるから, 繼目の近くに荷重をかけた場合と, 繼目から若干離れた場所に荷重をかけた場合とでは, 見掛上の強度は異ると考へられる.

実験によれば (a), (b) の相異つた場合について撓曲に對する強度は次表の如きものである.

第 III 表

自 重	断面積	試片の長さ	支點間の 距 離	破壊時の 荷 重	破 壊 個 所
a { 304 gr 309	3.5×3.2 cm 3.1×3.5	18.2 cm 18.2	14.0 cm 14.0	2570 gr 1440	Cement した 個所 Cement しない //

(次頁へ續く)

自 重	断 面 積	試片の長さ	支 点 間 の 離 距	破 壊 時 の 荷 重	破 壊 個 所	
b {	351 gr	3.5×3.7cm	17.8cm	14.0cm	2250gr	Cement しない
	390	3.5×3.8	17.7	14.0	4467	" "
	347	3.2×3.7	17.8	14.0	2360	Cement した
	342	3.7×3.5	17.9	14.0	2913	Cement した

7. 2 個の小試片を前節の如くに継ぎ合せ、その中の 1 個を固定して、他の 1 個を横に引く場合にも、やはり、継目に於いて破壊する場合と、他の場所で破壊する場合とある。それらの場合の Ultimate shearing strength は実験的に第 IV 表の如く求められた。

第 IV 表

試 方 番 號	断面積(継目)	荷 重(破壊)	破 壊 個 所
1	2.4×2.4 cm	4125 gr	Cement した個所より約 1 cm 下部
2	2.4×2.3	1945	Cement した個所
3	2.3×2.3	2573	Cement した個所より約 0.7 cm 下部
4	2.4×2.2	1040	Cement した個所
5	2.6×2.2	2168	Cement した個所より約 1 cm 下部

8. 以上の実験に於いて得た所の結果を、實際問題に應用するに際しては、尙、若干の考察を必要とする。

土埴造壁が地表よりの高さ  $l$  の所で破壊したとすれば、而して、それが例へば Bending によつたものであるとすれば、その時の Bending moment は

$$y/l$$

である。茲に  $y$  は壁體の強制振動を示す量である。 $y$  の Expression としては、地動が  $\beta \cos pt$  で與へられた時、

$$y = \beta \left( \cos \frac{p}{a} x + \tan \frac{p}{a} l_0 \sin \frac{p}{a} x \right) \cos pt - \frac{2\beta}{l_0} \sum \frac{n^2}{n^2 a^2 - p^2} \sin nx \cos ot. ^{2)}$$

である。但し

$$a = \sqrt{\frac{\rho}{\mu}},$$

2) K. SUYEHRO, The Technical papers of Akira Inokuty (1928); Memorial Lecture, 138~177.

$$n = \frac{(2\gamma+1)\pi}{2l_0}, \quad \gamma=0, 1, 2, 3, \dots,$$

$x$ :  $l$  の方向,  
 $\rho$ : density,  
 $\mu$ : rigidity

である.

従つて,

$$\begin{aligned} \ddot{y} = & -p^2\beta \left( \cos \frac{p}{a}x + \tan \frac{p}{a}l_0 \sin \frac{p}{a}x \right) \cos pt \\ & + \frac{2\beta}{l_0} \sum \frac{n^2 a^4}{n^2 a^2 - p^2} \sin nx \cos nat \end{aligned}$$

$x=l$  に於いて, 最も簡単な Mode についてみれば

$$\begin{aligned} \ddot{y} = & -p^2\beta \left( \cos \frac{pl}{a} + \tan \frac{pl_0}{a} \sin \frac{pl}{a} \right) \cos pt \\ & + \frac{2\beta}{2l_0^2} \frac{\pi^2 a^4}{\pi^2 a^2 - 4l_0^2 p^2} \sin \frac{\pi l}{2l_0} \cos \frac{\pi a}{2l_0} t \end{aligned}$$

で, これから, 地震動の大きさ  $\beta$  を推定することが出来る筈である.

破壊が Shearing stress による場合ならば,

$$\begin{aligned} \tau = & \mu\beta \frac{p}{a} \left( -\sin \frac{p}{a}x + \tan l \cos \frac{p}{a}x \right) \cos pt \\ & - \mu\beta \frac{2}{l} \sum \frac{n^2 a^2}{n^2 a^2 - p^2} \cos nx \cos nat \end{aligned}$$

であるから, それからもやはり同様な推算が可能な筈である.

9. 最後に一言付け加へ度いことは, 臺灣住民の家屋として, 竹材を細く切つたものをあんで骨とし, 之に土を塗つて壁としたものがある. この種の民家は, 蟻の害に對して抵抗し得るや否やが一寸疑問であるが, 地震の害は比較的少ないやうに見られる.

*10. Mechanical Strength of "Dokaku".*

Naomi MIYABE and Sinzaburô INOMATA,

Earthquake Research Institute.

"Dokaku" is a material which is used by the natives of Taiwan in constructing their houses or walls. It consists of clays and straws, casted into a form of rectangular block, having approximate dimensions of  $35 \times 22 \times 10$  cm.

The mechanical strength of "Dokaku" is measured by statical method, and the results are given in tables I~IV of the present paper.

---