

\*\*\*\*\*  
\* 膨胀性粘土动态性能野外试验报告 \*  
\*  
\*\*\*\*\*

一机部洛阳设计院

1975.2

## 说 明

1974年8~10月我们结合某工程对膨胀性粘土的动态性能进行了野外试验,参加试验的单位有:

南阳柴油机厂,负责试验组织工作。

河南省建委四公司,负责试验施工。

河南省南阳地区水利勘察队,负责钻探取土。

五机部勘测公司,负责土壤分析。

一机部洛阳设计院,负责振动试验。

本试验报告由一机部洛阳设计院(杨先键执笔)编写。因时间关系,未经有关单位审阅。

## 胀缩性粘土动态性能野外试验报告

### 一、前言

随着我国社会主义建设事业的飞跃发展，各种重型机械设备也越来越多。其中有些具有较大振动的设备，经常安装在并不是很好的地基上。最近我们在某工程5吨模锻锤中遇到的胀缩性粘土，就是一例。对于这种土的静态性能，目前还不是很清楚的，而动态性能就更缺乏认识了。为了本工程获得现场设计依据，我们做了模型振动基础，爆炸模拟，以及3吨以下锻锤基础实测等野外试验，初步摸了一下这个地区胀缩土的动态性能。

关于胀缩土的动态性能，目前尚未见到有关国内外资料，以供参考学习，因此这个试验是很粗而浅的，加之实测数据有限，我们的认识就更加粗也更加浅了，然而这里所提到的这个土动力学中的重要课题，却正是我们今后要做的大量工作。

### 二、胀缩性粘土受振动影响的机理探索

据有关资料介绍，我国胀缩土的矿物成份大部分以伊利土为主，其次为蒙脱土。现场观察具有发育的节理裂隙，明显的湿胀干缩效应。

粘性土的粘性是由于：<sup>〔1〕</sup>

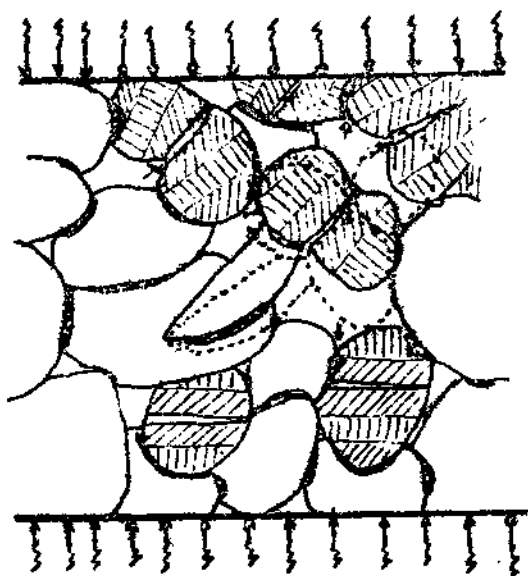
1. 土的固体颗粒间的分子引力；
2. 从水中析出并沉积在固体颗粒接触点上的盐所形成的粘着薄膜；
3. 土中的毛细力。

但由于其它因素影响也存在，所以在这方面的理论还是很难定量的。

对于胀缩性粘土中的蒙脱土，有彼此靠在一起的硅酸层，这些层之间可以渗透水分子。这时水把这些硅酸层楔开，并引起颗粒体积的增大<sup>〔2〕</sup>。在粘土吸水的同时，颗粒接触处束缚水膜厚度增加，以及这些水膜楔入作用影响下颗粒间距离增大，于是引起膨胀。膨胀对于粘性

土的粘性，起着不同程度的破坏作用，因而伴随着抗剪强度的降低。当含水量减少时，就引起土体积的减小而收缩。

在不同振动力及不同频率的动荷载作用下，胀缩性粘土的特性将进一步改变，这种改变的物理过程现在还不清楚。然而从宏观观察下看来，振动将导致胀缩量、粘滞摩擦力、粘聚力、渗透性、孔隙水压以及静态动态弹塑性特征等的改变。



其中：▨——蒙脱颗粒中硅酸层

图1 ▨——“”“”“”“”铝“”

直线和斜线的表示蒙脱土颗粒，两斜线之间的双线表示蒙脱土颗粒彼此靠在一起的硅酸层楔开面。介面上带曲线的箭头表示作用在颗粒上的动荷载。颗粒之间的箭头，表示在动荷载作用下，孔隙水可能的出路。当土壤在某一含水量时，假定其膨胀已稳定，在非饱和土中，振动对土的破坏程度，将视振动周期作用于颗粒上的惯性，是否超过该土尚保存（在该含水量的膨胀作用之后）的粘性或超过多少而定。在饱和土中，当波到达和特别是刚要离开时，可以产生引起土结构或粘性破坏的

胀缩土受振后胀缩量有增大的现象。其原因大约是由于当振动能量超过某一限额时，裂隙增加，并将原有裂隙扩大，致使水分容易沿这些裂隙渗入或蒸发，故增大了胀缩量。同时震动后密实度增加而粘性却减小，因而膨胀量增大。

我们设含蒙脱土的胀缩性粘土的微观结构为片架结构如图1。图中带细

应力波和孔隙水压梯度，亦或增加並扩展其裂隙。

当振动与胀缩同时或交替进行时，土壤结构的破坏程度将进一步恶化。然而当振动限制在某一限度范围内时，其破坏程度可能保持稳定。

现场调查和实测结果均未与上述假定相矛盾。

### 三 试验场地的土壤特征

第一场地，模型试验和爆炸试验

第一场地土壤特征

表 1

| H    | W%   | $\gamma_w$ | $\gamma_o$ | G%  | $\epsilon_n$ | WT   | WP   | Wn   | B    | $V_{120\%}$ | $V_{1\%}$ | $V_{15\%}$ | VP   | 名称  |
|------|------|------------|------------|-----|--------------|------|------|------|------|-------------|-----------|------------|------|-----|
| -1.0 | 27.9 | 2.00       | 2.75       | 100 | 0.73         | 39.7 | 23.5 | 13.2 | 0.27 | 12.2        | 14.1      | 10.85      | 0.21 | 粘土  |
| -2.0 | 28.5 | 1.94       | 2.73       | 96  | 0.81         | 36.7 | 22.0 | 14.7 | 0.44 | 16.1        | 11.8      | 10.36      | 0.11 | " " |
| -2.0 | 29.3 | 1.91       | 2.73       | 94  | 0.85         | 35.5 | 22.4 | 14.1 | 0.49 | 17.4        | 11.9      | 11.11      | 0.05 | " " |
| -4.0 | 30.6 | 1.84       | 2.72       | 90  | 0.93         | 31.9 | 19.5 | 12.4 | 0.90 | 17.8        | 15.00     | 10.00      | 0.05 | " " |
| -5.0 | 24.2 | 1.97       | 2.72       | 91  | 0.72         | 28.2 | 17.6 | 10.6 | 0.62 | 14.5        | 13.2      |            |      | " " |

# 第二場地. 3 吨以下模範鑽基测试

表 2 第二場地土壤特征

| H    | W%   | γ <sub>w</sub> | γ <sub>c</sub> | G% | SO    | W <sub>T</sub> | W <sub>P</sub> | W <sub>n</sub> | B     | V <sub>AK</sub> % | V <sub>kg</sub> % | V <sub>H</sub> % | V <sub>P</sub> | 名 称 |
|------|------|----------------|----------------|----|-------|----------------|----------------|----------------|-------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-----|
| -2.0 | 29.5 | 1.93           | 2.74           | 97 | 0.839 | 48             | 22.            | 26             | 0.26  |                   |                   |                  |                | 粘 土 |
| -4.0 | 26.5 | 1.93           | 2.74           | 96 | 0.756 | 39.5           | 19.4           | 19.9           | 0.356 |                   |                   |                  |                | 粘 土 |
| -6.5 | 30.4 | 1.94           | 2.74           | 99 | 0.339 | 37.2           | 19.4           | 17.8           | 0.62  |                   |                   |                  |                | 粘 土 |
| -8.4 | 25.5 | 1.94           | 2.73           | 93 | 0.773 | 54.7           | 18.2           | 16.5           | 0.49  |                   |                   |                  |                | 亚粘土 |
| -9.0 | 24.2 | 1.99           | 2.72           | 94 | 0.303 | 31.5           | 16.4           | 15.1           | 0.82  |                   |                   |                  |                | " " |

## 第二場地 3 5 米处

|     |      |       |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----|------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 2.0 | 30.3 | 21.92 | 2.76 | 96  | 0.87 | 44.2 | 25.0 | 19.2 | 0.28 | 13.8 | 21   | 1.16 | 0.08 | 粘 土 |
| 4.0 | 28.5 | 21.99 | 2.75 | 100 | 0.73 | 34.5 | 22.0 | 17.5 | 0.37 | 14.0 | 15.6 | 0.65 | 0.10 | " " |
| 6.0 | 29.9 | 21.90 | 2.74 | 94  | 0.87 | 35.8 | 20.0 | 15.3 | 0.65 | 16.0 | 16.5 | 0.74 | 0.05 | 亚粘土 |
| 8.5 | 30.2 | 22.25 | 2.74 | 91  | 0.91 | 33.0 | 18.6 | 14.4 | 0.81 | 17.2 | 15.1 | 0.11 | 0.05 | " " |

注: - 5 米处  $\phi = 0.148$ ;  $\psi = 13^\circ$

第三場地，3吨以下自由錘基础实测。与第二場地相距400米，无地质资料，杜特附近另一工厂地质资料，与第二場地接近，故可参照第二場地的地质资料。

含水量、膨胀量、作用力关系见图2。

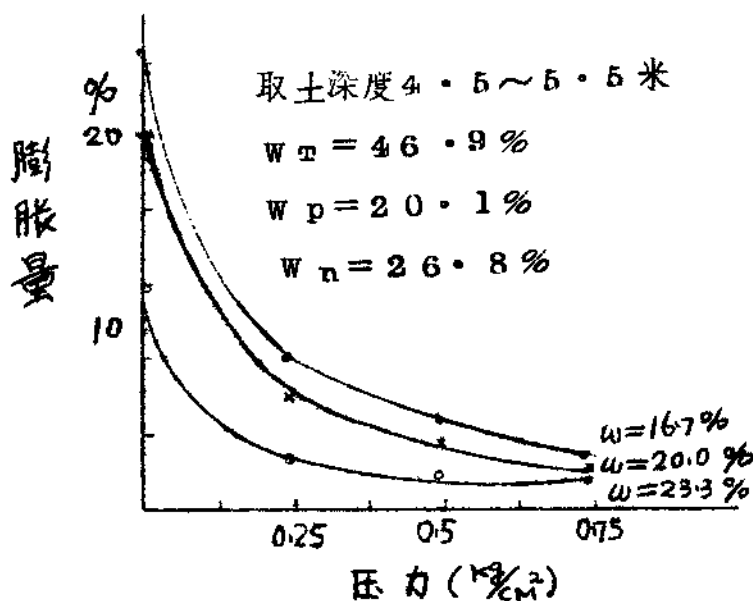


图2

表1~2符号说明：

H——取土深度；

$W\%$ ——天然湿度；

$\gamma_w$ ——天然容重；

$\gamma_o$ ——比重；

$G\%$ ——饱和度；

$\varepsilon_o$ ——天然孔隙比；

$W_T$ ——液限；

$W_P$ ——塑限；

$W_n$ ——塑性指数；

B——稠度；

$V_{LK}\%$ ——天然收缩界限；

$V_L\%$ ——天然体缩；

$V_H\%$ ——膨胀量；

$V_P$ ——膨胀力 $kg/cm^2$ ；

O——凝聚力；

$\varphi$ ——内摩擦角。

#### 四 天然状态下的动弹性模量

1. 试验方法：模型基础采用  $530 \times 430$  毫米，重  $604.4$  公斤的钢压模，用铁锤敲击及  $8$  吨以下锻锤基础实测。所以均为冲击法。测振仪为万能测振仪。

2. 计算公式：
$$E_d = \beta (\sigma \cdot F)^{\frac{1}{2}} f_z^{-2} \quad (\text{T/m}^2) \quad (1)$$

其中：对于粘土， $\beta = (4.5 \sim 5.0) \frac{\pi}{\phi} f_z \left( \frac{480^2 \text{T}^{-\frac{1}{2}}}{\text{m}^2} \right)$   
 对于砂土， $\beta = (5.0 \sim 5.5) \frac{\pi}{\phi} f_z \left( \frac{480^2 \text{T}^{-\frac{1}{2}}}{\text{m}^2} \right) \quad \} (2)$

$n = 0.37$ ——对于较小面积及较小振动；

$n = 0.53$ ——对于一般面积及较大振动（例如  $2$  吨以上锻锤）。

$\phi$ ——锻锤基础使用时间影响系数：对于亚粘土，已使用  $10$  年  $\phi = 1.5$ 。

$f_z = 2.8$ ——对于无埋置深度  $F = 0.5 \text{ m}^2$  的模型基础；

$f_z = 1.05$ ——对于一般埋置深度的锻锤基础；

$\sigma$ ——作用于基底的静压力 ( $\text{T/m}^2$ )；

$F$ ——基底面积 ( $\text{m}^2$ )；

$f_z$ ——基础（包括机器）的自振频率（次/秒）

(1) 式系按弹性半空间简化为集总系统模型导得，其中考虑了基底面积大小及基础埋置深度影响以及基底静压力的影响。

根据实测频率，按(1)式计算结果见表 3，由表中数据可见，随着基底面积的增加，动弹模也增大，而不是定值。除了自振频率外，按本文(1)式计算动弹模与基底应力和基底面积成  $0.5$  次方增加，湖大公式[3]则与基底折算半径的平方增长。同时第二场地  $3.15$  吨模锻锤的动弹模较低，将其自振频率  $10.4 \text{ Hz}$  与振幅  $2.45$  毫米结合分析，可见



3.15吨锤土壤得到不同程度的冲击破坏，据厂方反映，锤基础有倾斜现象，由图3的触探曲线可见基底下土壤破坏程度。

### 天然状态下的动弹性模量

表 3

| 地名   | 名称      | F<br>(m <sup>2</sup> ) | $\sigma$<br>(T/m <sup>2</sup> ) | $f_z$<br>(H·Z) | $A_z$<br>(m·m) | $E_d$ (T/m <sup>2</sup> ) |            | 使用时间 | 备 注                                                                                                                                                                                             |
|------|---------|------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|---------------------------|------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |         |                        |                                 |                |                | 按本文<br>(1) 式              | 按湖大<br>公 式 |      |                                                                                                                                                                                                 |
| 第一場地 | 模型      | 0.53×<br>0.43          | 2.65                            | 33.0           |                | 5.900                     | 4.350      |      | 湖大公式如下：<br>$E_d = 2 \frac{(\omega R)^2 (1+\gamma) \gamma_0}{9}$<br>$\omega$ ——基自由振动的圆频率；<br>R——基础换算半径<br>K——考虑阻尼垂直振动时，基础自由振动的无因次频率因数。<br>$\gamma$ ——土壤泊松比<br>$\gamma_0$ ——土壤自然容重<br>$g$ ——重力加速度 |
| 第二場地 | 3.15T模锻 | 5.90×<br>6.84          | 9.5                             | 10.4           | 2.45<br>(1.03) | 3.380                     | 30.000     | 10年  |                                                                                                                                                                                                 |
|      | 1T自由锻锤  | 6.1×<br>5.5            | 7.2                             | 32.5           | 0.42           | 18.400                    | 210.000    | 10年  |                                                                                                                                                                                                 |
|      | 150公斤   | 2.82×<br>3.33          | 4.24                            | 26.4           | 0.11           | 10.300                    | 44.500     | 10年  |                                                                                                                                                                                                 |
| 第三場地 | 1T锻锤    | 3.80×<br>4.70          | 9.74                            | 25.0           | 0.295          | 15.800                    | 76.000     | 未使用  |                                                                                                                                                                                                 |
|      | 3.15T模锻 | 5.75×<br>7.0           | 10.83                           | 33.4           | 0.221          | 55.800                    | 296.000    | 使用   |                                                                                                                                                                                                 |
|      | 3T自由锻   | 5.10×<br>7.10          | 11.6                            | 10.8           | 0.56           | 5.800                     | 26.800     | 一年   |                                                                                                                                                                                                 |

### 五 浸水后的动弹性模量

浸水时间一个月，含水量增加不大，由30%增加到32.1%，浸水深度（影响范围）不大，其它指标没有什么变化，试验结果见表4。  
浸水后动弹性模量提高了14.5%。

| 地点   | 名称     | F<br>(m <sup>2</sup> ) | $\sigma$<br>(T/m <sup>2</sup> ) | $f_z$<br>(Hz) | $A_z$<br>(mm) | $E_d$ (T/m <sup>2</sup> ) |       | 备注 |
|------|--------|------------------------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------------------|-------|----|
|      |        |                        |                                 |               |               | 按本文(1)式                   | 按湖大公式 |    |
| 第一場地 | 模<br>型 | 0.35<br>×0.43          | 2.65                            | 39.6          |               | 8.560                     | 6.300 |    |

## 六 机械振动对胀缩土的影响

根据实测和使用

反映,第二場地 3.15 吨模锻锤振动较大,自振频率较低,加速度为  $1.05g$ 。由图 3 可见在基底下约 200 毫米土壤被振坏,但在被振坏的土壤下面土壤明显地被振实了。基础侧边的填土,並未震实和提高强度。

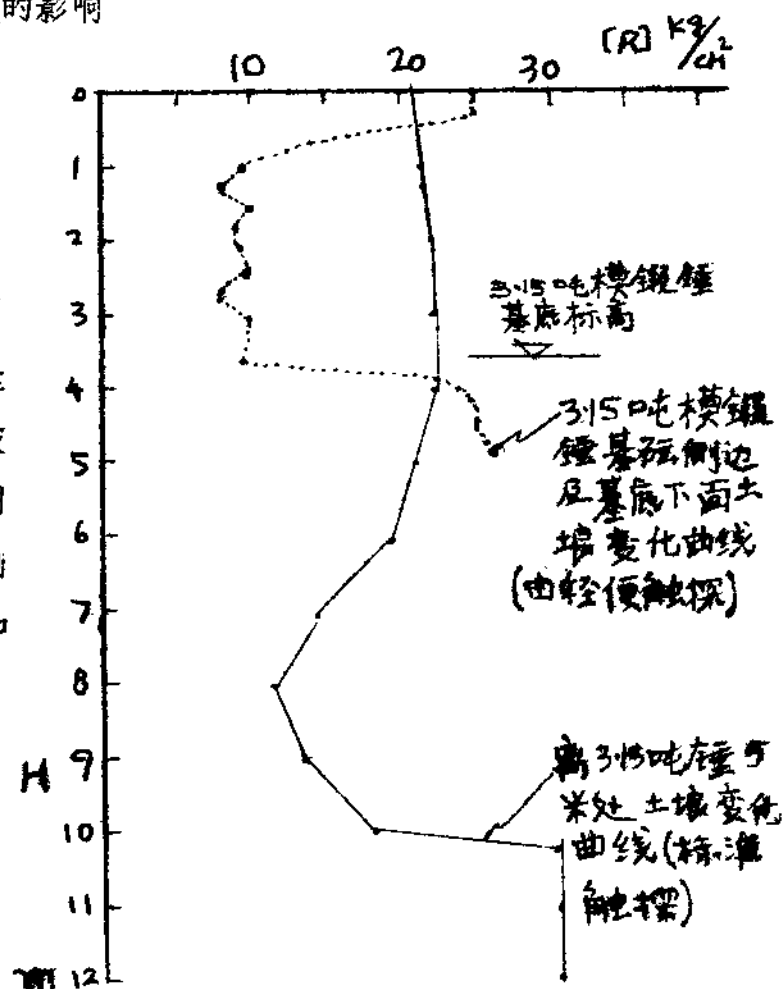


图 3

## 七 爆破对胀缩性粘土的动态及静态特性影响

### 1. 爆炸后的情况：

① 表层爆炸：炸药量为 900 克硝铵炸药。爆炸后挖开爆炸中心，其剖面见图 4，图中箭头方向表示受震后静止时位移方向，箭头大小表示位移大小。土体受爆炸的强震震动后，呈明显的凹型层状，裂隙增多并扩大，裂隙间有微痕和充水亮光，可能是孔隙水受震后沿裂隙析出。图 4 与弹性半空间上受冲击荷载的应力分布曲线基本相符。

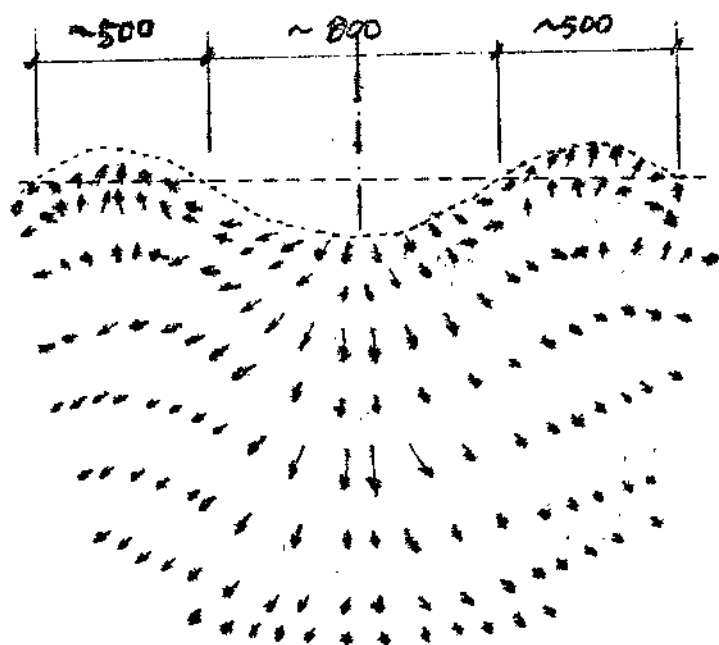
### ② 土体内部爆炸情况。

爆炸深度 2.5 米，炸药量 900 克硝铵炸药，爆炸空腔直径 970 毫米，肉眼观察，爆炸后几天空腔有变

小现象，刚挖开空腔空腔尺寸为 1000 毫米。空腔内与一般粘性土相同，靠近空腔壁处，土壤呈与空腔同心圆的层状裂隙数处，裂隙间情况与前述表层爆炸一致。

### 2 爆炸的影响范围：

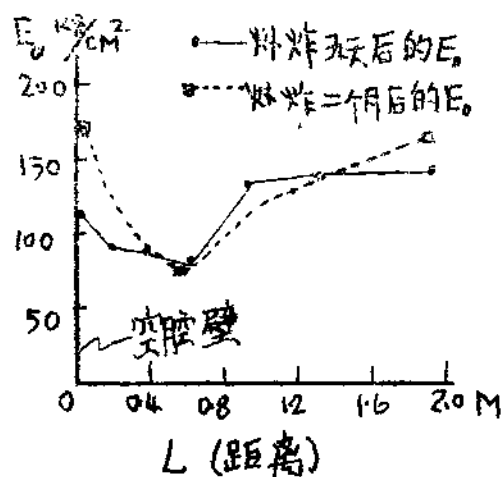
当进行扩孔爆炸时，采用 2.5 米以上为 30 毫米，2.5~5.0 米为 33 毫米的药柱。在平面 2.5 米范围的原有孔全部被挤成椭圆形而报废，距 3.5 米远的孔亦受到影响，被挤坏的孔，越到底部越挤得



厉害。

2.5 米深空腔爆炸后对压缩模量的影响如图 5，各种物理力学指标见表 5。

对照表 1 与表 5 (表 5 的取土场地同表 1)，可见：爆炸后土壤的稠度略有降低；膨胀力和膨胀量则有所提高（在同一标高处）。影响最大的是压缩模量，压缩模量降低最大的是在离爆炸空腔 0.65 米处，降低了 42%。



这是由于土内强大的冲击应力波拉压而成的。两个月后，空腔壁的压缩模量提高了，但 0.65 米处的却更降低了（见图 5）。看来，在试验场地这种类型的土壤爆炸后对土的承载力和胀缩量均产生了不利的影响。

爆炸后 2·5 米深处离空腔壁 2 米内土壤物理力学指标 表 5

| L (M) | W%   | $\gamma_w$ | $\gamma_o$ | G%  | $\epsilon_o$ | W <sub>π</sub> | W <sub>p</sub> | W <sub>n</sub> | B    | O    | $\varphi$ | E <sub>o</sub> | V <sub>H</sub> % | V <sub>p</sub> | 备 注   |
|-------|------|------------|------------|-----|--------------|----------------|----------------|----------------|------|------|-----------|----------------|------------------|----------------|-------|
| 0     | 32.4 | 1.93       | 2.76       | 100 | 0.89         | 46.1           | 24.5           | 21.6           | 0.37 | 0.83 | 13°·23'   | 111            |                  |                | 取土場   |
| 0.2   | 27.2 | 1.97       | 2.78       | 96  | 0.78         |                |                |                |      |      |           | 94             |                  |                | 地同表 1 |
| 0.4   | 27.8 | 1.96       | 2.76       | 96  | 0.80         | 37.6           | 22.4           | 15.2           | 0.36 |      |           | 90             |                  |                |       |
| 0.65  | 29.1 | 1.93       | 2.76       | 94  | 0.82         |                |                |                |      |      |           | 84             |                  |                |       |
| 0.95  | 29.8 | 1.92       | 2.74       | 96  | 0.85         | 38.5           | 23.0           | 15.5           | 0.44 |      |           | 132            |                  |                |       |
| 1.35  | 29.9 | 1.94       | 2.74       | 97  | 0.82         |                |                |                |      |      |           | 140            |                  |                |       |
| 1.95  | 31.0 | 1.92       | 2.74       | 93  | 0.87         | 37.7           | 23.5           | 14.2           | 0.53 |      |           | 144            |                  |                |       |

同上 于 2 个月 after 取土

|      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |  |  |     |       |      |  |
|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|--|--|-----|-------|------|--|
| 0    | 20.9 | 1.91 | 2.76 | 78  | 0.74 | 46.1 | 24.5 | 21.6 | <0   |  |  | 174 | 1.100 | 1.12 |  |
| 0.60 | 30.8 | 1.88 | 2.76 | 92  | 0.92 | 37.6 | 22.4 | 15.2 | 0.55 |  |  | 80  | 0.43  | 0.13 |  |
| 1.90 | 32.1 | 1.94 | 2.74 | 100 | 0.87 | 37.7 | 23.5 | 14.2 | 0.6  |  |  | 170 | 0.29  | 0.14 |  |

表 5 中: L——离空腔壁的水平距离 (M), E<sub>o</sub>——土壤压缩模量 kg/cm<sup>2</sup>, 其它符号同表 1。

### 3. 爆炸对动弹性模量的影响

于图4剖面，在顶部将爆松部分浮土消除並平正，垫上一层薄砂，予压72小时。试验结果见表6，爆炸后动弹性模量降低了18%。

900克硝酸炸药表层爆炸后的动弹性模量 表6

| 地点       | 名称     | $F(m^2)$                | $(T/m^2)$ | $f_z$<br>(H·Z) | $E_d (T/m^2)$ |       | 备 注 |
|----------|--------|-------------------------|-----------|----------------|---------------|-------|-----|
|          |        |                         |           |                | 按本文(1式)       | 按湖大公式 |     |
| 第一<br>場地 | 模<br>型 | $0.53 \times$<br>$0.43$ | 2.65      | 29.04          | 850           | 3.150 |     |

### 八 阻 尼

由冲击法实测的波型，第二个半波的幅度比第一个半波的幅度要小很多，说明振动存在阻尼。阻尼的因素很多，要分别考虑这些因素将使问题分析造成困难，所以我们采用复阻尼的理论来探讨这个问题。所谓复阻尼就是在运动微分方程中的弯曲刚度内弹性模量为按下式的复数。

$$E' = E(1 + j\gamma) \quad \dots\dots (3)$$

式中： $\gamma$ ——为材料内摩擦系数或非弹性阻力系数。

(3)式于1942年即在声学技术中应用，同时L. Oremen指出 $\gamma$ 与振动频率无关<sup>[4]</sup>。1951年B. ОРОКН通过实验研究后，使 $\gamma$ 有了更明确的含义<sup>[5]</sup>，他将 $\gamma$ 定义为：

$$\gamma = \frac{\psi}{2\pi} \quad \dots\dots (4)$$

(4)式中 $\psi$ 为材料(或结构的)阻尼系数。按(5)式分别对实测波型的第一个半波 $(\pi/2)$ 和第二个半波 $(3/2\pi)$ 进行比较，待各实测基础的 $\psi$ 值如表7。

$$A_z = A_{z0} e^{-\frac{\psi}{2\pi}} \sin \omega t \quad \dots\dots (5)$$

各实测基础的阻尼系数

表 7

| 地 点  | 名 称            | $f_z$<br>(H·Z) | 波 型 | $\psi$ 值 | 备 注 |
|------|----------------|----------------|-----|----------|-----|
| 第一場地 | 模型(爆炸)         | 29.0           |     | 1.845    |     |
|      | 模型(浸水)         | 39.6           |     | 0.68     |     |
|      | 模型(天然)         | 33.0           |     | 2.18     |     |
| 第二場地 | 3.15T 模锻       | 10.4           |     | 2.37     |     |
|      | 1 T 自由锻        | 32.5           |     | 15.9     |     |
|      | 150 公斤         | 26.4           |     | 1.25     |     |
| 第三場地 | 3 吨自由锻<br>(单臂) | 10.8           |     | 3.36     |     |

### 九 冲击荷载作用下地面波的衰减

测试方法：由于条件所限，采用单台万能测振仪，测震幅的相对衰减。即将一锻件从出炉到锻打完毕，在锤基上测得其振幅，然后用同样打击力及锻打时间内，在予定的不同距离处测地面振幅。将测得结果按下式核算〔6〕，尚符合。

$$A_r = A_0 \left[ \beta \frac{1}{r} \left( \varphi - \zeta \frac{1}{r} \right) \right]^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{\omega}{2\pi} 2(r-r_0)} \quad \dots\dots (6)$$

其中：  $A_0$  —— 基础振幅；

$\beta = B r_0^2$ ；

$B = 1.25 \sim 1.30$  —— 按实测振幅与频率根据土壤特性算得；

$r_0$  —— 振动基础的当量半径 (采用基础短边之半);

$\varphi = 0.1$ ;

$\zeta = 0.35$  米;

$\alpha$  —— 土壤能量吸收系数 ( $M^{-1} sec$ )

$\omega$  —— 基础振动圆频率 ( $sec^{-1}$ )

关于(6)式的有关原理及其在其它天然地基和桩基的应用,可参阅资料[6]。由资料[6] $\alpha$ 可采用 $\alpha = 2 \times 10^{-8}$ 。实测结果与按(6)式计算结果比较示于图6、图7。

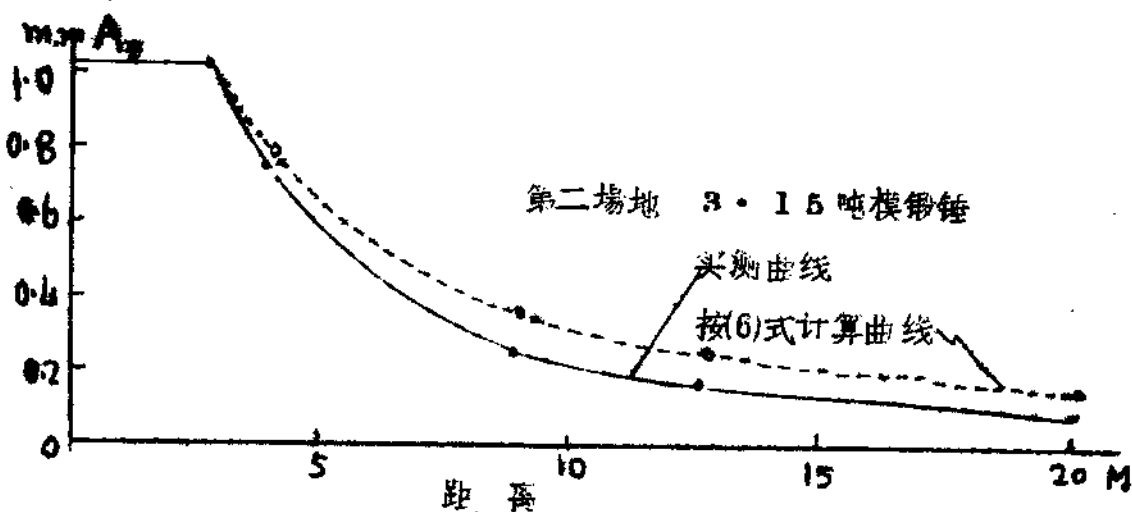


图 6



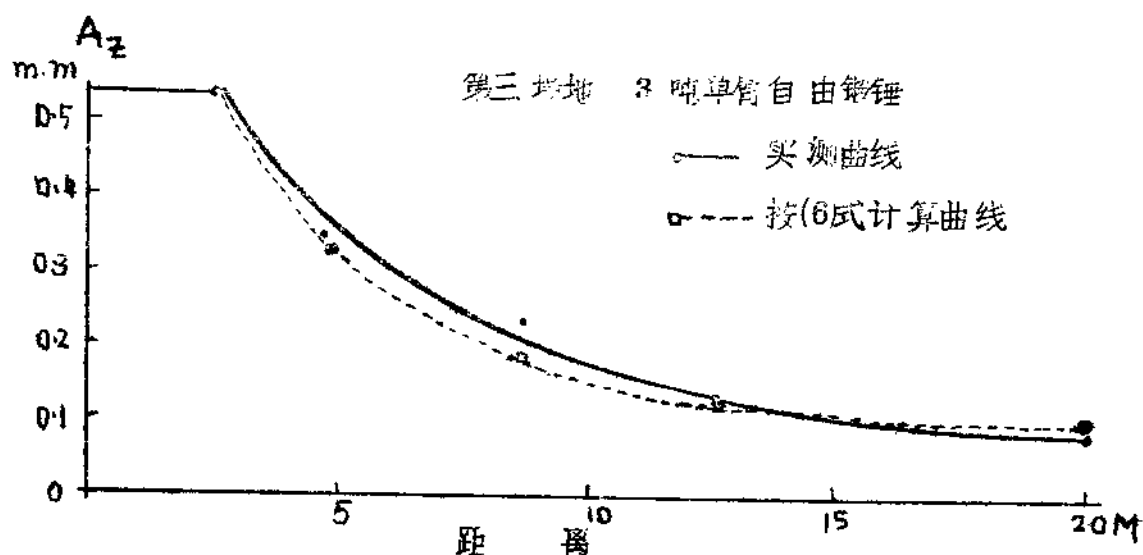


图 7

## 十 讨 论

通过野外试验和测定在使用的振动基础，我们得到几点启示：

1. 对于重型振动设备，最好将基础振幅控制得小一些，使胀缩土在较小时振动下保持稳定，其稳定的定量数据还须通过大量实验研究确定。
2. 带锤基础侧边填土，经过10年的震动，并未震实和提高强度。
3. 胀缩土地区爆扩桩的使用问题，应充分估计到爆炸对土壤压缩程度降低以及降低的程度对建筑物的影响。由于爆扩桩一般埋入土中较深，因而爆炸对胀缩造成的影响将不会很显著。
4. 对于利用实测结果，反算土壤动态弹性模的公式，应该进一步研究完善。由本文(1)式看来对于小面基础反算的结果，与一般资料接近。

(供稿人：杨先健)