

编号	90-523
日期	
页码	75 2 7

国外膨胀性土资料译文汇编

(三)

勘测、土建部分

轻工业部第二设计院

1973. 11

毛主席语录

……一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

学习外国的东西，是为了研究和发展中国的东西。
古为今用，洋为中用。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

近年来在勘测设计工作中，特别是在亚非地区援建工作中，经常遇到膨胀性土问题。为此搜集了一些国外有关资料，并摘译、汇编，以供参攷。因水平所限，缺点错误难免，希阅者指正。

目 录

1、膨胀性粘土对地下管道的压力 — — — — —	1
2、膨胀性固填土的土压力 — — — — —	14
3、黑棉土膨胀压力的现场测定 — — — — —	24
4、黑棉土和路堤 — — — — —	30
5、黑棉土的热稳定研究 — — — — —	52
6、膨胀性土的物理化学性质 与其工程性能的关系 — — — — —	61
7、两种加荷大粘土的收缩和膨胀性质 — — — — —	75
8、用单轴和三轴试验测定膨胀压力 — — — — —	85
9、膨胀性土的初始湿度与其 上胀力之间的关系 — — — — —	93
10、膨胀性土在反复加荷卸荷条件下的 固结和回弹特性 — — — — —	102
11、膨胀性土的变形性质 — — — — —	111
12、关于粘土膨胀的理论 — — — — —	117

13. 粘土单独膨胀时间因素的实验研究 — — — —	130
14. 多级扩大头桩的设计和施工 — — — —	135
15. (一)、土膨胀量对土层影响深度的确定 — — —	142
(二)、体积变化引起隆起及其处理措施 — — —	144
15. 非洲喀麦隆瓦札——马洛坦姆公路的 近筑问题 — — — — — — —	150
17. 试验室研究紧急道路近筑高含水量 粘土的稳定 — — — — — — —	159
18. 稳定混合料的体积变化和吸湿的试验 方法 — — — — — — —	167
19. 重塑土膨胀压力的试验方法 — — — — —	174
20. 苏联膨胀土工程问题的会议 — — — — —	177
21. 对《膨胀性土上房屋和构筑物地基基础 设计暂行规定》(CH 331-65) 的一意见 — — — — — — —	180

膨胀性粘土对地下管道的压力

(以色列)

前言：

普遍认为，膨粘土当受到灌溉或季节变化的影响而发生湿度变化时将产生很大的压力。过去对这种压力的测定几乎仅限于实验室内（GOLDBERG和KLEIN, 1952；HOLTZ和GIBBS, 1954；SALAS和SERRATOSA, 1957；ALPAN, 1957等），而关于在现场实际条件下测定工作的报导却很少（DIBIAGIO和BJERRUM, 1957）。

以色列在干燥粘土里打樁、埋管和其他构筑物的失败经验突出地表明对这种土所产生的压力进行现场研究是很必要的（ZEITLEN和KOMORNIKI, 1960；WISEMAN, 1959；KASSIFF, 1960）。预测这种压力将有助于建造在膨胀性粘土上的稳定结构的设计。

预测作用于构筑物的膨胀压力是一个非常复杂的问题，大多数粘性土是非均质的，即使在看来均匀的土体中，各点上的压力也可能是不同的甚至是难以测定的。

此外，在构筑物下面或邻近部位所产生的膨胀压力与粘土所受的约束程度也有关。完全的约束将产生最高的压力。在现场条件下构筑物下面的膨胀量与其周围的膨胀压力之间的定量关系一般来说还是未知的。

作者通过对这个问题的研究，旨在对在膨胀性粘土对管道

引起的应力的研究 (KASSIFF, 1960.), 提出了确定粘土地基对管道的最大垂直膨胀压力的假设。经过现场和室内研究的检验证明, 本理论在一定范围内是可靠的。

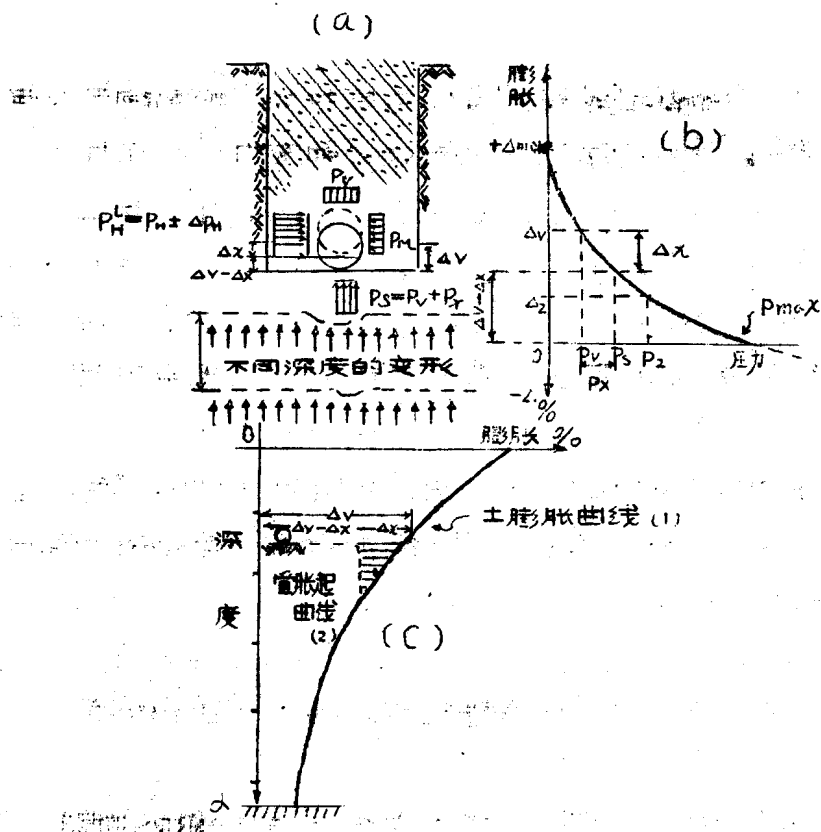


图 1

- (a) 埋在粘土里的管因湿度过大而产生的压力和位移。
 (b) 压力—膨胀曲线。
 (c) 在管下及邻近的土的膨胀与深度曲线。

理论:

埋在粘土里的的管道在原来位置上的剖面, 示于图 1(a)。

这时，作用于管道的压力处在平衡状态，随着管道附近粘土湿度的增加，产生膨胀压力并导致垂直胀起。室内试验已证实了当粘土试样的胀起受到完全约束时将产生最大膨胀压力，相反的，若允许试样自由移动时将得到最大的膨胀。在中等荷重作用下，则出现中等的膨胀，而压力——膨胀曲线则是双曲线形式，如图 1(b) 所示。

因此，在现场条件下，相等于填土所产生的压力，邻近管道的基础土胀起量为 ΔV 。然而，由于下列因素，管道本身底下的土的垂直位移却受到约束：

1. 上复土重和管道荷重， P_v ；
2. 由于填土的拱作用和在校稳定的土上的管道纵向约束作用所导致的附加压力， P_x 。

所以直接管道底下的土的胀起将比旁边的胀起少 Δx ，其胀起量为 $\Delta V - \Delta x$ 。因此，管道承受的垂直膨胀压力将大于上复土重压力，即有 $P_s = P_v + P_x$ 。在图 1(a) 中的虚线表示管道在现场的状态。直接管道底下的土的胀起和邻近的土的胀起，在一定深度上（约为管道外径 4—5 倍）开始出现差异。这个差异在校高的地方增大了，并在管道与基土间的接触面上达到最大值。现在的问题是要确定相等于 Δx 的膨胀压力增量 P_x 。

解决这个问题的一步是在现场求 Δx 值，可由确定二条现场曲线的办法来完成（图 1(c)）：

1. 沟槽内管道附近基土的膨胀曲线，按膨胀百分率与深度的关系绘制；
2. 直接管道底下的土在其位移受到约束的情况下的膨胀曲线，表示方式同上。

绘制曲线 (1) 的资料可以从现场观测求得，也可以用从膨

胀层不同深度采取的原状土样做室内膨胀特性研究求得。各个试验结果的综合即得出一条总的膨胀曲线。第二条曲线可以根据野外实际测定结果或根据已有的观测资料的计算来绘制。曲线(1)和(2)在膨胀百分比高出的差别即 Δx 。

第二步是对于从管道深处处在初始湿度—密度条件下采取的原状土样的压力——膨胀关系进行室内研究。根据试验数据绘制压力——膨胀曲线(图1(b));从而确定 Δv 和量值 $\Delta v - \Delta x$;并得出压力 p_x 和 p_s 。

应该指出,在管道经受膨胀压力的情况下,为了能按室内膨胀压力同现场所测荷重进行比较,荷重需用压力表示,即把荷重除以管道外径承受压力的部分。

粘土膨胀特征:

(a) 特性指数:

经观察描述,所研究的粘土为深褐色,在天然湿度状态下,呈干硬光滑和高度可塑性。

按基本分类试验,其结果如下表:

小于5 μ 颗粒含量百分率	65 ~ 70
小于2 μ 颗粒含量百分率	51 ~ 55
液限 (%)	78 ~ 85
塑限 (%)	20 ~ 22
塑性指数 (%)	58 ~ 63
收缩限 (%)	9.5 ~ 11
活动性	1.01 ~ 1.2
自由膨胀 (%)	13.0

粘土所含蒙脱石矿物百分率很高(70或更多),因而具有高度的膨胀特性。

(b) 压力和膨胀:

试验成果以等膨胀和等压力曲线形式按初始含水量与膨胀压力的关系（图 2 (a)）及初始含水量与膨胀百分率的关系（图 2 (b)）绘出。上述结果系根据室内原状粘土样膨胀试验数据按内插法求得，其中：

1. 最大压力是在试样浸水而不允许位移的条件下测得的；
2. 膨胀量是当土在不同荷重下浸水测得的。当土在最干燥的野外条件下测得的，压力达了一公厘/平方厘米而在同样条件下，当荷重等于零时测得的最大膨胀为 33 %。

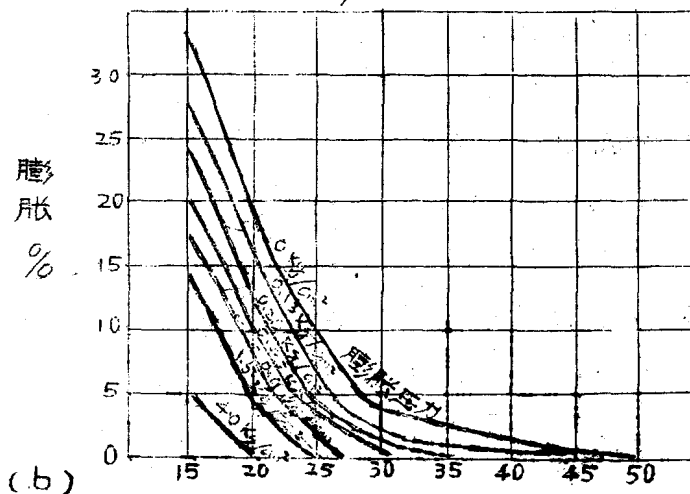
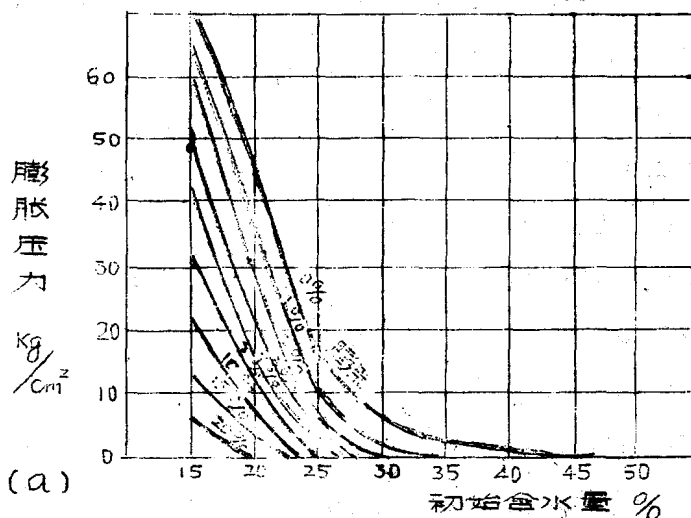


图 2

(a) 按粘土含水量与膨胀压力的关系绘制的等膨胀百分率曲线；

(b) 按粘土含水量与膨胀百分率的关系绘制的等压力曲线。
现场研究：

(a) 方案：

现场研究的范围包括对二根试验性石棉水泥管的纵向变形以及垂直和水平位移的观测。二根管道埋设在初始条件不同的土内并承受季节性变化和灌溉的影响。此外并观测管线附近天然粘土在不同深度产生的湿度和位移情况。纵向变形测量方法是沿管道纵向在管壁周围1/4的地方安装振动异线应变仪 (WARD, 1955)，纵向间距约90厘米。

试管 I 埋深 0.9 米，埋在模拟于原始湿度状的土中，沟槽和填土加湿后以人工回填夯实。试管 II 埋深相同，但沟槽经曝晒风干，然后回填干土块夯实。管径均为 4 吋，单管长 4 米。每根管的总长度约 20 米，但只在两根中间单管上安装了仪器。

作者在本文中仅提出了垂直管道的垂直位移和管道断面垂直方向的纵向变形以及所产生的压力的有关资料。而对管道的侧向压力及其相应的水平位移问题，因受到各种不同因素的影响，需另行研究，不在本文范围之内。

(b) 垂直平面上的弯矩分布：

在 1958 年夏末回填以前，取振动异线应变仪的读数为零。在回填工作完成以后，取得另一组读数，此后进行定期观测。在回填以后发现，两根管道均遭受轻微的弯曲，而由于 1958 ~ 1959 冬季下雨，地基土湿度的增大，弯曲略有变化。两管垂直弯矩分布的最大变化发生在 1959 年 4 月初集中灌溉以后，虽然在 1958 年 10 月末由于部分试验地段偶然淹没时也发生过较大变化。试管 I 弯矩分布随时间的变化情况示于

图3, 管II的情况示于图4。

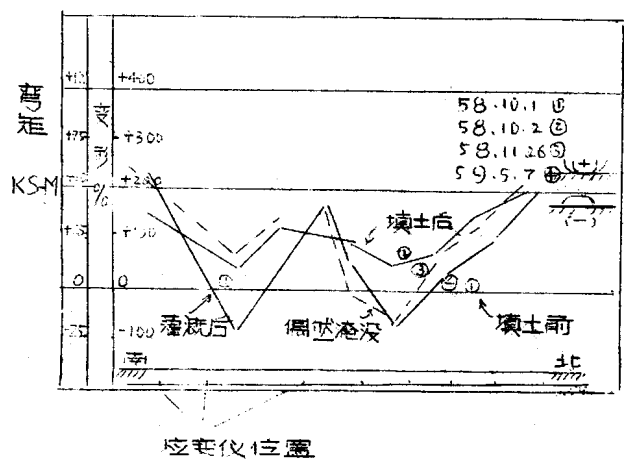


图 3 沿管 I 垂直弯矩的分布随时间的变化

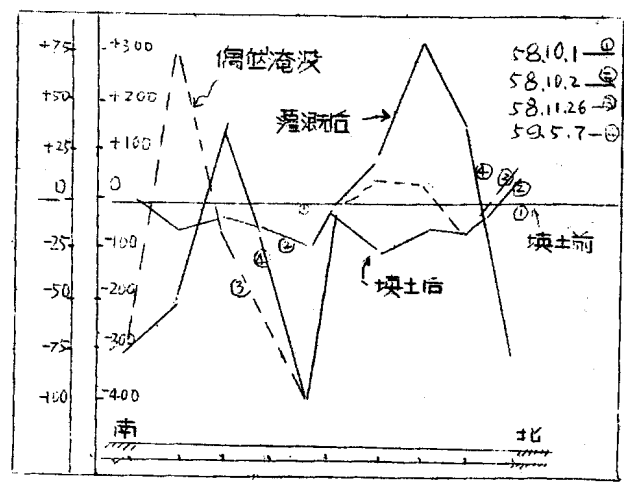


图 4 沿管 II 垂直弯矩的分布随时间的变化

由于粘土含水量增大的结果, 在管下土的膨胀压力作用下

产生了纵向弯矩。弯矩的变化在管 I 比在管 II 的要小，这可能是由于管 I 沟槽和填土的初始状态较湿且较均匀所致。

(C) 垂直荷重和位移

弯矩以荷重表示，假使弯矩呈曲线并沿两根管道的中间单管连续分布。其荷重分布情况见图 5 和图 6。

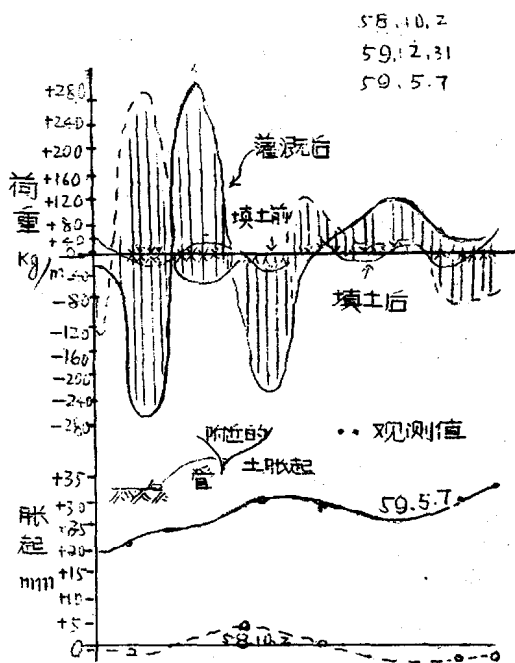


图 5
沿管 I 垂直荷重分布和位移

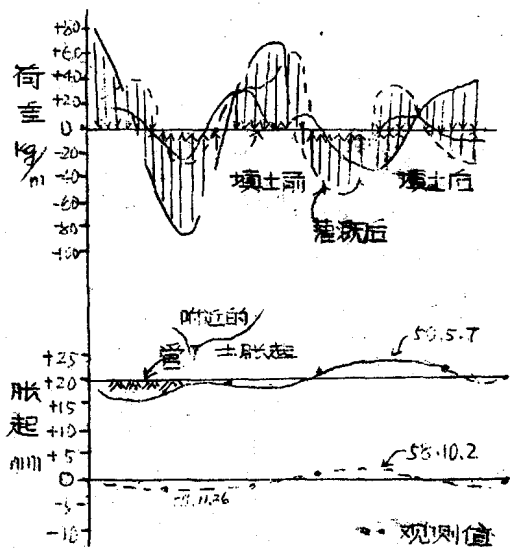


图 6
沿管 II 垂直荷重分布和位移

图中在荷重分布下面，按不同时间计算得出的弹性线画出了每根管的垂直位移，各个单独观测获得的垂直位移点也标注在弹性线上。作者强调指出，计算的弹性线形状和测得的位移是很一致的。在管 I 上产生的最大荷重是 95 公斤/米，在管 II 上产生的最大荷重是 280 公斤/米。两者都发生在观测的剖面上胀起最小的地方。

理论和试验结果的相互关系

(a) 基土的膨胀，管 I：

管 I 附近基土的膨胀曲线是按膨胀百分率与深度的关系以两种方法绘制的，见图 7。

1、根据

试验室结果；

2、根据

现场实际观测

结果；

按试验室结果

绘制曲线的数

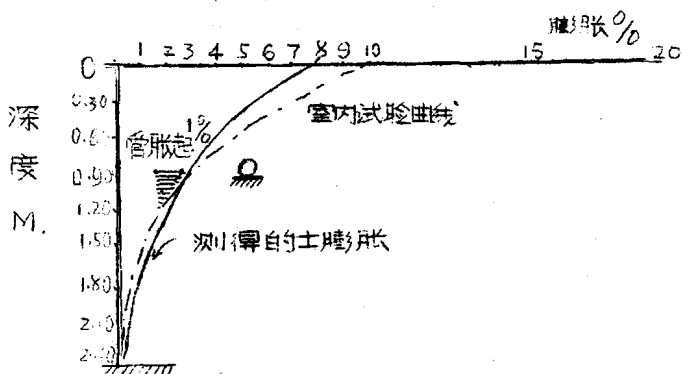
据是从图 2 (a)

中寻求来的；

列于下表内。

图 7 基土管的膨胀曲线

假定粘土的湿比重是 1.6 吨/立方米。



深度 m	相当压力 Kg/cm ²	初始含水量 %	室内膨胀 %
2.40*	0.37	32	0.15
2.10	0.32	32	0.35
1.80	0.27	32	0.6
1.50	0.22	30	1.2
1.20	0.17	29	1.6
0.90	0.13	27.5	3.0
0.60	0.09	27	4.0
0.30	0.04	24	7.0
0.00	0.00	12	10.0**

*该处剖面在深度 2.40 米内由粘土组成，上覆于很平的风化玄武岩和玄武岩，

系假定值，因为现场膨胀条件不同，所以认为在室内对风干试样在荷重近于零的条件下所得膨胀试验结果偏高。

按现场观测结果绘制该曲线的数据列于下表。

深度 m.	层厚 m.m.	计算的平均膨胀 %	计算的膨胀 m.m.	计算的总膨胀 m.m.	实测膨胀 m.m.
2.4 — 2.1	300	0.35	1.0		
2.1 — 1.9	200	0.35	1.1		
1.9 — 1.5	400	1.3	1.3	2.1	2.1
1.5 — 1.2	300	1.7	1.7		
1.2 — 0.9	300	2.6	2.6		
0.9 — 0.6	300	3.5	1.1	19.9	19.6
0.6 — 0.3	300	5.0	1.8		
0.3 — 0.0	300	7.0	2.1	7.0	7.0
0.0					

这两条曲线非常接近，这表明在预测粘土层现场的实际膨胀量时，可以利用室内膨胀试验结果。

(b) 管道胀起，管 I。

根据所提出的理论，还需要测定管和邻近基土之间胀起的差异。为此，绘制直接管 I 底下基土胀起最小的地段（图 5）的垂直位移曲线，如图 7。绘制曲线的数据和方法见下表。

从图 7 可以看出，现场的膨胀， $\Delta v - \Delta x$ 为 2%，而膨胀的差值， Δx ，为 1%。

深 度 m	层 厚 mm	计称的胀起 %	计称的胀起 mm	现场实测胀起 mm
2.4—2.1	300	0.35	1.0	—
2.1—1.9	200	0.55	1.1	—
1.9—1.5	400	1.3	5.0	—
1.5—1.2	300	1.5*	4.5	—
1.2—0.9	300	2.0	6.0	—
总 计			17.6	17.5

* 假定对管道胀起的约束作用从管下深度1.5米，即5倍管外径处开始。

(C) 最大膨胀压力的预测：

作用于管工的最大膨胀压力可从膨胀曲线(图2(a))求得。当粘土在初始含水量27.5%时，在上复土重压力(0.13公斤/平方厘米)作用下的膨胀 Δv 为3%。如取 Δx 为1%，则 $\Delta v - \Delta x$ 为2%，可以得出作用于管上的压力 p_s 为0.25公斤/平方厘米。

为了将测得的最大荷重与预测的最大膨胀压力做对比，必须在由弯矩计算出的荷重上加上上复土重。设回填土的单位重为1.4吨/立方米，则上复土重为：

$$p_0 = 1400 \times 0.8 \times 1.2 = 135 \text{ 公斤/米},$$

$$\text{而总荷重为 } 135 + 95 = 230 \text{ 公斤/米} = 2.3 \text{ 公斤/厘米}$$

这个荷重作用于管道直径的一部分，即

$$d' = \frac{2.30}{0.25} \approx 9 \text{ 厘米}$$

这意味着通常认为荷重作用于管道外径的大部分的想法，也适用于膨胀压力。但是为了验证这种理论和结果的可靠性，

发生在管 II 上的压力的预测将以相反方向进行如下：对管道 II，计称的荷重最大值系 280 公斤/米，加上上覆土重 135 公斤/米，得 415 公斤/米。因此，其相应的膨胀压力系：

$$p'_s = \frac{415}{9} \approx 0.5 \text{ 公斤/平方厘米。}$$

管 II 的同样曲线绘制如图 8，其膨胀 Δx 系 6%。如果从相应荷载覆土重压力 0.13 公斤/平方厘米（其相应含水量系 15%）的膨胀量中减掉上述膨胀量，则得管的压力 p_s 等于 0.5 公斤/平方厘米，这与观测值是很接近的。

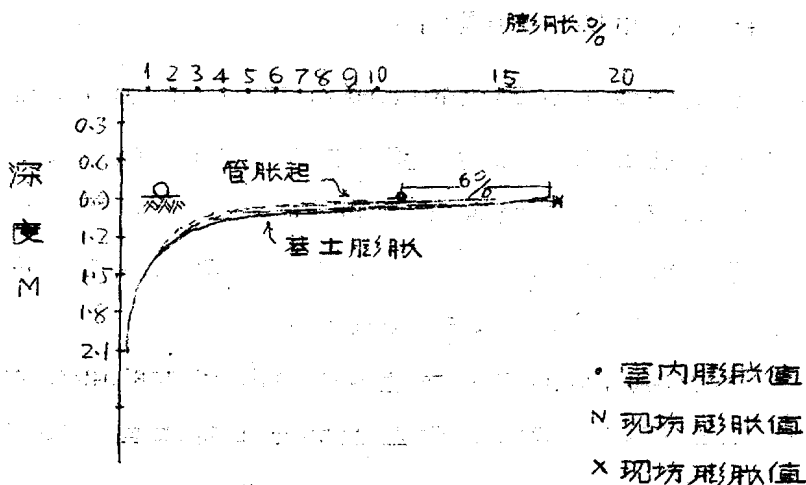


图 8 基土和管的膨胀曲线，管 II。

结 论：

很明显，为了应用作者所提议的方法，必须做某些假设。同时这种假设在本文中仅用一种结构类型，即埋在膨胀性粘土里的管道，得到了证实。但，可以相信，随着对于埋在膨胀性土上建筑物的现场观测资料的进一步积累，本理论将可以应用