

膨胀土地基建筑物的变形特征

曹 可 之

(湖北工业建筑设计院, 武汉)

土建工程师只有掌握了膨胀土地基上建筑物的变形特征、即膨胀土地基上建筑物变形破坏的特征, 才能采取正确而有效的措施, 进行膨胀土地基的变形计算, 控制膨胀土地基上建筑物的实际变形值在其容许变形值范围之内, 从而保证建筑物的抗裂安全性。

膨胀土地基上建筑物因地基问题造成的开裂破坏与非膨胀土地基一样, 是地基不均匀变形所造成的。不同的是, 非膨胀土地基的不均匀变形主要是由于上部结构荷重和地基土的不均匀而产生差异固结压缩变形所致, 且固结压缩变形曲线是随时间逐日增长。而建筑物的变形展开曲线主要是呈现整体正向的挠曲变形, 局部和个别地段呈现反向挠曲变形。而膨胀土绝大部分是低压缩性土, 其固结压缩变形小, 且在建筑物竣工时已基本完成。膨胀土地基上建筑物的开裂一般是建成之后二、三年, 或更长的时间, 因此固结压缩变形不是主要的。主要的是地基的胀缩变形, 每一个观测点的升降变形是随一年一个周期地季节性气候变化而周期性地升降变形, 建筑物的变形展开曲线主要是呈现反向的挠曲变形, 或成正向挠曲, 或既有正向又有反向挠曲变形。当其邻近的两点挠曲变形过大, 就会导致建筑物的开裂破坏。膨胀土地基变形特征主要具有下列几点。

一、变形的季节性

膨胀土地基上的建筑物随季节性气候变化而不断升降变形。季节性气候变化是影响地基土含水量变化的重要因素之一, 季节性气候变化是一年一个周期地变化, 因此建筑物也是一年一个周期地不断升降变形。

我国幅员辽阔, 气候相差悬殊。根据全国各地的变形观测资料对照气候资料大致可以分为南方和北方两大地区。

1. 南方的云南、广西、广东地区的气候特点是雨季和旱季气候分明, 全年降雨量的70%集中在4—9月份的雨季, 10月至3月旱季雨量占全年的30%以下。图1为云南蒙自6号楼地基变形和土中含水量随降雨量而变化的曲线。从曲线图中可看到房屋的变形随着降雨量的变化经历了两个上升阶段和三个下降阶段, 地基土的胀缩变形的循环周期和降雨量的分布状况相吻合。基本上决定于南方的雨季、旱季分明, 且历时较长的雨水渗透和蒸发气候条件。

2. 北方的长江以北的中原、江淮和华北地区, 气候较为干旱。图2为湖北郧县法院地基变形、土中含水量曲线, 降雨、蒸发量曲线, 地温和地温梯度曲线。胀缩变形周期与降雨量的分布状况不相符。该地区从11月至次年3月是降雨量最少的旱季, 只占全年降雨总量的10—15%。但此期间, 土中的温度下高上低, 在地表下0.5—3.5m深度范围内, 平均地温梯度

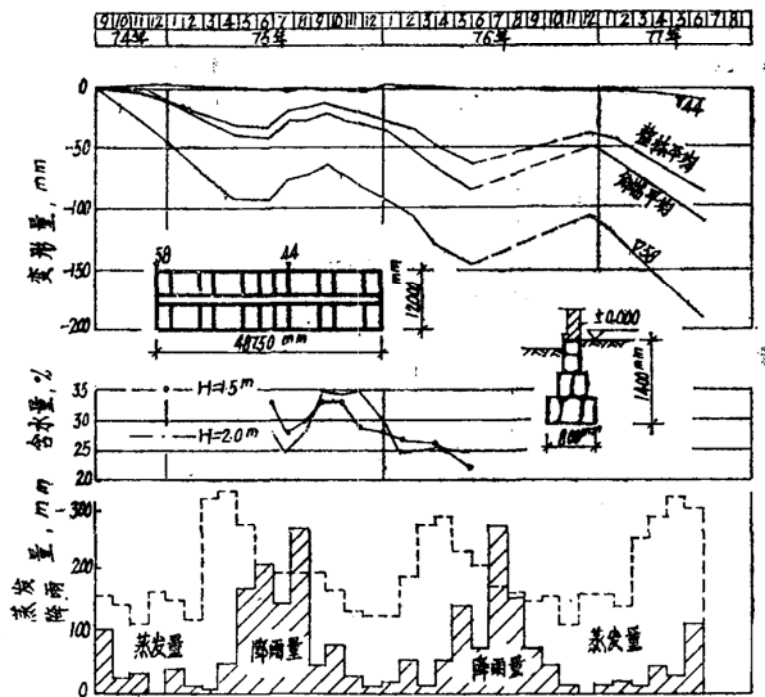


图1 云南蒙自6号楼地基变形、含水量和降雨量的关系

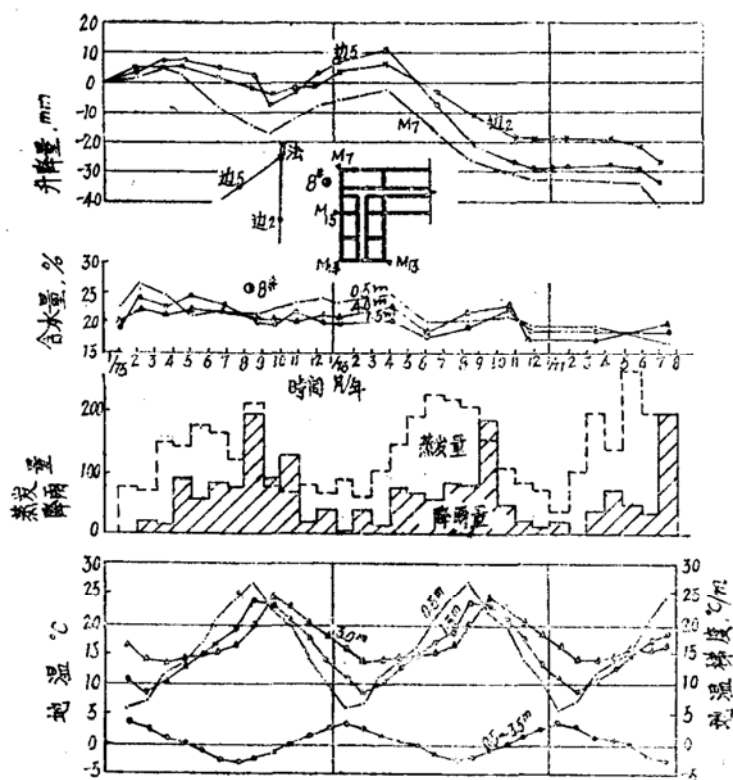


图2 湖北郧县法院地基变形、含水量、降雨量、地温和地温梯度的关系

为 $3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 左右, 水分向上迁移, 土中含水量增高 2—3%, 建筑物观测点膨胀上升。而 4 月至 10 月占全年降雨总量的 85% 左右, 土中温度上高下低, 在温度梯度作用下, 土中含水量

减少,而建筑物收缩下降。

为什么北方是以温度梯度为依据,南方又以湿度梯度为依据呢?我们可以看看气象资料(表1)和河南平顶山和广西宁明两地的温度实测资料,而绘制地温沿深度的月变化图(图3)。

表 1

地 名	纬 度	地面下20cm 地温年较差	地面下3.2m 地温年较差	旱(冬)季 地温梯度	湿(夏)季 地温梯度
广 州	N23°08'	14.0°	4.5°	+5.6°	-5.6°
汉 口	N32°38'	20.2°	5.1°	+12.5°	-10.6°
郑 州	N34°43'	26.0°	7.1°	+12.5°	-11.4°
承 德	N40°58'	33.1°	7.2°	+17.8°	-14.6°
沈 阳	N41°46'	40.3°	8.5°	+22.6°	-16.8°

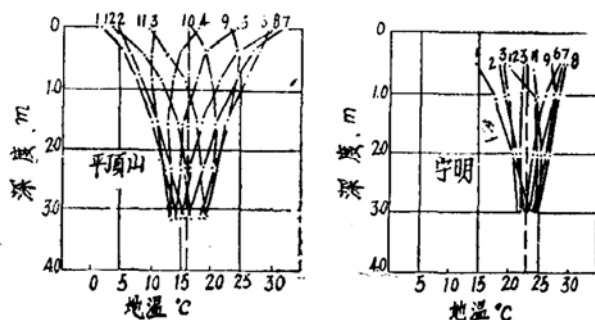


图 3 广西宁明、河南平顶山地温沿深度的年变化曲线

由此可见,地温年较差及地温梯度由南向北逐渐增大。北方冬季地面温度低,地下温度高,水分从地下往地面迁移,使靠近地面土层含水量增加,导致建筑物上升;而夏季地面温度高,地下温度低,水分往下转移,靠近地面土层含水量减少,导致建筑物下降的规律。

二、建筑物开裂特征

由于膨胀土地基的胀缩变形,建筑物也就相应地作升降位移,造成建筑物墙体呈现正向、反向或既有正向又有反向挠曲变形。当变形值超过结构容许挠曲变形值,墙体上就会出现正八字、倒八字、 $\times$ 缝、水平缝以及局部的斜向裂缝。而且随着胀缩变形的反复交替变形,裂缝也相应地随着张开和闭合。

这里要着重指出几点:建筑物建于软粘土上比建于硬粘土上调节变形的能力大。因为软粘土地基变形都要持续相当长一段时间,与此相对应结构材料的蠕变性质使其能逐步适当地

基变形, 而硬粘土变形大部份是在短时间发生, 故结构材料蠕变性质来不及适应地基变形。

对于砖石结构的墙体, 结构物主要是由于弯曲应变产生主拉应力超过砌体的容许值而开裂。当沉降曲线呈现整体正向挠曲时, 建筑物上半部承受压应力, 下半部承受拉应力, 而垂直荷载引起的垂向压应力从上到下递增; 当沉降曲线呈现整体反向挠曲时, 建筑物上半部是承受拉应力, 下半部承受压应力, 垂直荷载引起的垂向压应力也是从上到下递增, 容易产生上大下小的倒八字裂缝。膨胀性粘土的沉降曲线, 由于气候和环境因素, 致使水分转移, 一般呈现整体反向挠曲。

工程地质勘探表明, 大部份的建筑物下的膨胀性地基的不均匀胀缩性是普遍存在的, 加之水文地质的局部上层滞水存在, 局部水源引起的土的隆胀或软化作用, 局部热源引起的干缩作用, 树木的吸水蒸腾作用, 以及人为的因素等, 都可能造成地基的局部膨胀或收缩, 造成砖石结构的墙体既有正向又有反向的挠曲, 而反弯点即拐点处, 常为曲率方向的转换点。而当该处的变形速率增大时, 超过建筑物的容许挠曲度时, 砌体即产生裂缝。

三、变形曲线分析

膨胀土上建筑物的变形, 不仅纵向呈现既有正向又有反向的挠曲变形, 而且横向也呈现既有正向又有反向的挠曲变形, 构成整栋建筑物处于弯扭的复杂变形状态。

图4 云南红河洲电线厂钾肥车间弯扭变形曲线。该建筑60年建成, 64年初裂, 74年损坏程度已属严重开裂, 现已拆除。以74年12月第一次测量作为基准线。75年5月为当地旱季, 该建筑物的观测点全部是干缩下沉, 到了75年11月当地雨季, 几乎所有观测点都膨胀上升, 造成建筑物纵向和横向都既有正向又有反向的挠曲变形, 整栋建筑物处于弯扭的复杂变形状态。并且随下一个周期旱季和雨季的到来, 观测点又一次干缩下沉和膨胀上升, 使整栋建筑物处于往复的弯扭的复杂变形状态中。

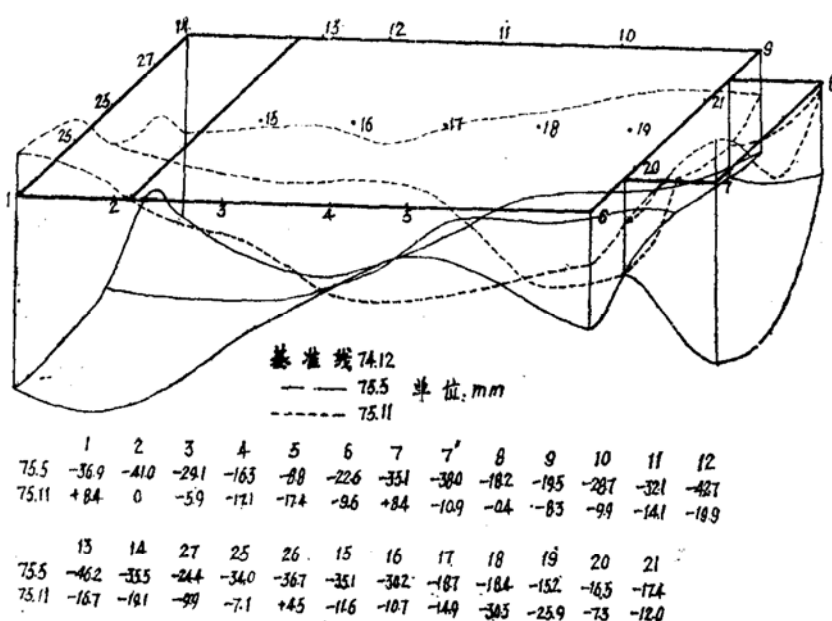


图4 云南红河洲电线厂钾肥车间弯扭变形曲线

图5 云南云锡小学等变形线图。砖石结构, 65年建成, 69年初裂, 74年损坏程度已属严重开裂, 现已拆除。74年12月第一次观测。78年11月20日当地雨季, 变形值最小。79年6月27日当地旱季, 变形值增加。时隔一年之后的80年5月27日, 变形值又增加了。

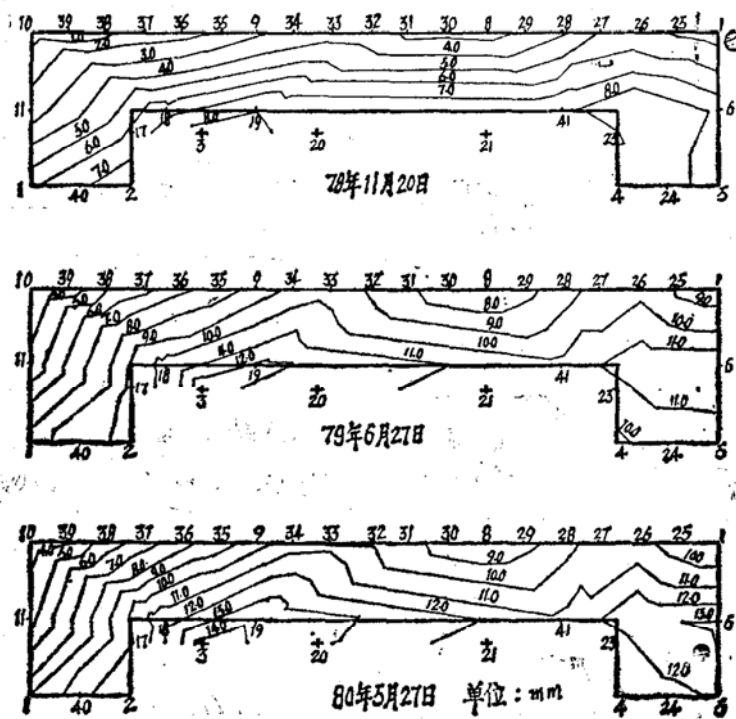


图5 云南云锡小学等变形线图

四、空间变形问题研究的必要性

以上的结论, 是以研究膨胀土地基垂直方向的胀缩变形为依据得出平面问题的变形结论。而实际建于膨胀土地基上的建筑必定存在水平方向的胀缩变形, 尤其是坡地建筑物的水平变形值更是不可忽视, 它与垂直方向的胀缩变形值属于同一数量级。因此研究空间问题的变形问题是必要的。

图6为广西宁明某部办公楼(东、西楼)水平位移与时间关系曲线。从曲线图中可看到, 膨胀土地基上建筑物在水平方向也在作胀缩变形。当地基土含水量增加时, 观测点随着土膨胀而向坡下伸长; 当地基土含水量减少时, 观测点随着土收缩而向坡内方向缩短。这是非膨胀土地基不可能出现的现象。而东楼的最大水平位移幅度为93.4mm, 而西楼的最大水平位移幅度为50.7mm, 其数值是相当可观的, 与东楼的最大垂直升降幅度207.2mm, 西楼的最大垂直升降幅度216.8mm相比, 是不可忽视的。因此, 在结构设计时是必须考虑到由水平位移所产生的应力, 以及对此所采取的建筑物安全措施。

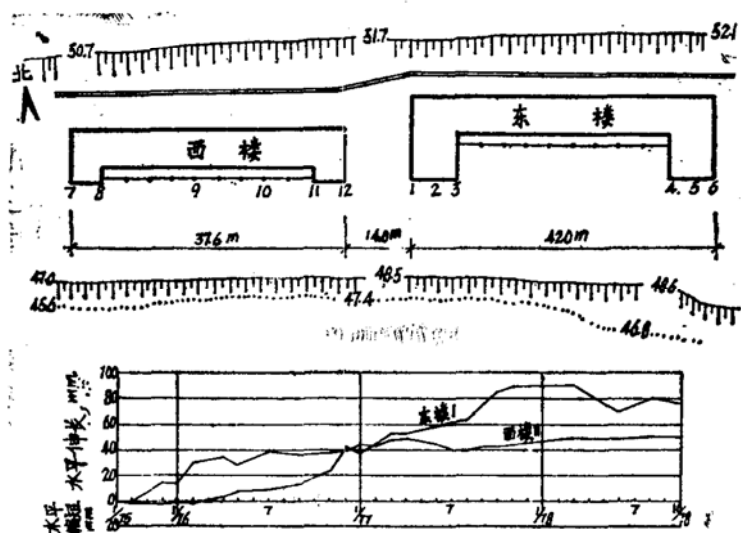


图6 广西宁明某部办公室(东、西楼)水平位移与时间关系曲线