

# 高填土路基沉降试验研究

孟宪嘎

(太原市市政工程设计研究院, 山西太原 030002)

**摘 要:** 该文通过太原市东山过境高速公路两处大型实地沉降观测试验的研究, 讨论了高填方路基沉降的一些规律。

**关键词:** 高速公路; 高填土路基; 沉降; 太原市

**中图分类号:** U416.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2005)01-0102-04

## 1 引言

山西省地处黄土高原, 境内黄土及黄土状土分布广泛, 在公路建设中, 跨越丛沟地区多采用高填土路基。太原市东山过境高速公路位于太原东边山, 沿线均由黄土覆盖, 东西向丛沟发育, 形成多处“V”字形冲沟, 沟深在 20~78 m 之间, 该工程最深处填方高度达 54 m, 在国内也较为罕见。高填方路基沉降问题是一个左右工程质量的大问题, 而 V 形沟高填土路基的变形计算更没有一套系统的理论和经验借鉴。为此, 在该公路施工过程中成立了科研小组, 在两处典型 V 形沟填土路基中埋设沉降标观测变形, 同时施工单位在施工中对路基沉降进行了较为详实的记录, 为 V 形沟路基沉降研究提供了宝贵的第一手资料。

## 2 工程概况

根据东山高速公路的地理位置特性, 我们选择 K10+841、K11+242 两处深沟作为测点进行沉降测试。

K11+242, 该处自然沟深约 55 m, 路基填土高度约 42.47 m; K10+841, 该处沟深 78 m, 路基填土高度约 54.7 m, 路线西侧设三层加筋土挡墙, 每层 10.5 m, 共 31.5 m 高, 每层之间设平台, 沟底设拱涵一道。图 1、2 分别为 K11+242、K10+841 两处路基横断面图, 图中高程为相对高程。

边坡设计由上而下为: 上部 8 m 为 1:1.5; 8~20 m 为 1:1.75; 20 m 处设宽 4 m 平台, 下部边坡 1:2。边坡稳定系数大于 1.3。路基稳定根据土质情况采用圆弧滑动面法进行验算。

填方路基施工历时 2 年完成。压实度要求, 原规范(JTJ 013-86)规定: 填方路基路槽底面以下 0~80 cm 大于 95%, 85 cm 以下大于 90%。考虑到该工程路堤填土高, 没有成功的实践经验, 故设计将压实度要求提高为: 路槽底面以下 0~80 cm,  $\geq 95\%$ , 80~150 cm,  $\geq 93\%$ , 150 cm 以下,  $\geq 90\%$ , (JTJ 013-95 压实度要求提高, 与原设计采用标准一致)。根据施工记录, 实际施工压实度为: K11+242, 90 区平均值为 93.28%, 93 区平均值为 94.39%, 95 区平均值为 96.23%; K10+841, 90 区平均值为 92.27%, 93 区平均值为 94.45%, 95 区平均值为 96.4%, 以上压实度均为重锤标准。

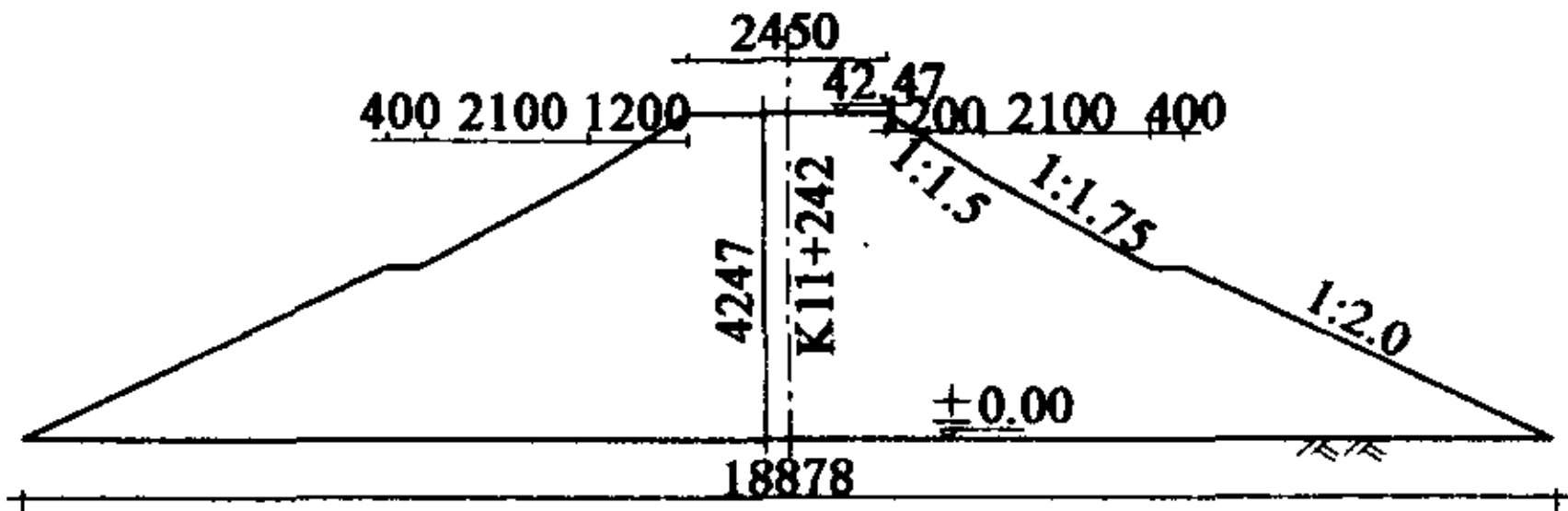


图 1 K11+242 路基断面示意图 单位: cm

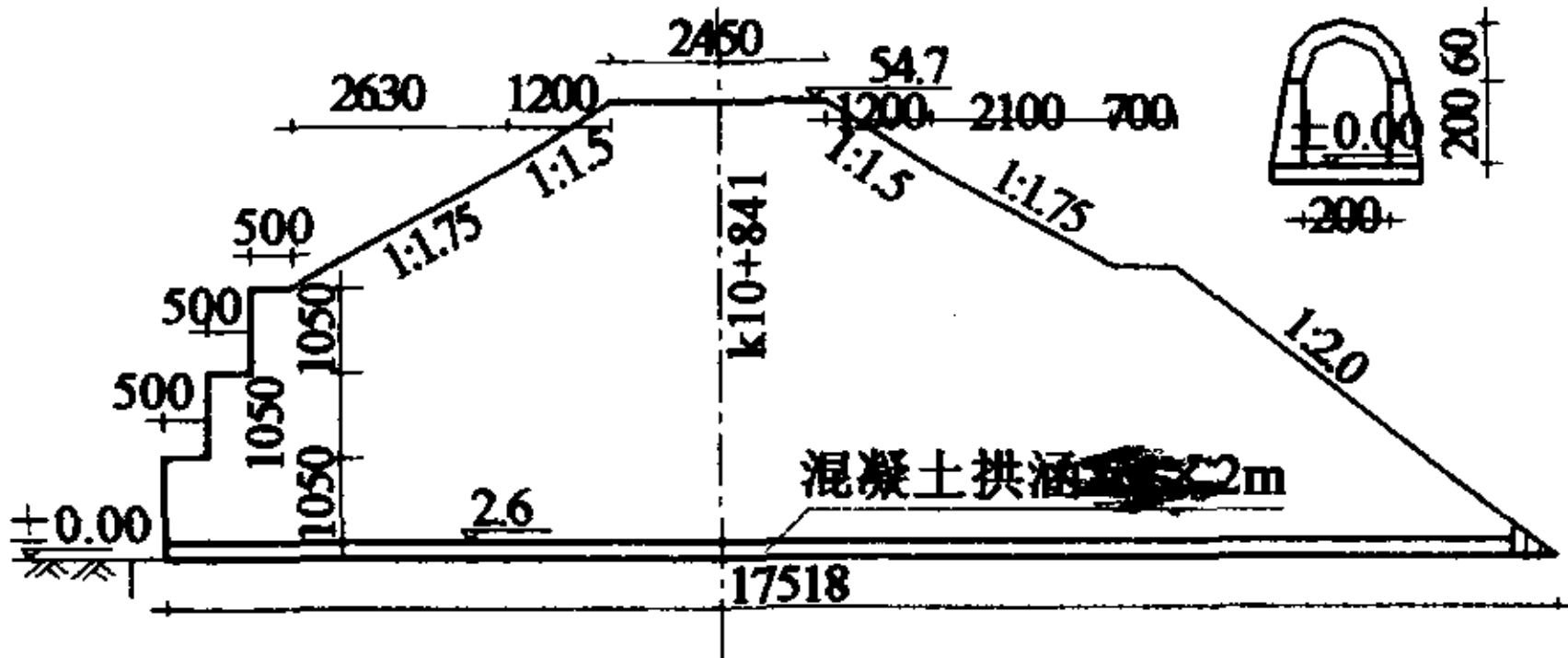


图 2 K10+841 路基断面示意图 单位: cm

## 3 测试方案

为了探寻路基沉降变形规律, 采用在填土中不同位置埋设沉降标的方法进行沉降观察。沉降标采用内外套管连续加长的方法进行水准观测, 由于测点与水准点相距较远, 用沿途设置临时水准点的方法以消除误差, 提高观测精度。

收稿日期: 2004-07-02  
作者简介: 孟宪嘎(1969-), 女, 山西太谷人, 高级工程师, 从事市政工程设计研究工作。



沉降标设置在 K10+841 及 K11+242 两处,分别沿不同高度设置四个沉降标。其中 K11+242 在道路中心线与丛沟中线相交位置沿不同高度设置三个沉降标,即 NS1、NS2、NS3。由于试验方案确定后,路基填土已完成 12.67 m,所以第一个沉降标未能埋置在沟底,而是设在 12.67 m 处。为了反映同一水平面沟中心与沟壁处不同的沉降,在 NS3 高度沟壁处埋设了 NS4 沉降标。各沉降标埋设位置及高程见图 3,图 4。

K10+841 处,四个沉降标全部埋设在道路中心线与涵洞轴线相交的不同高度上。其中第一个沉降标 JS1 埋设在涵洞顶,各沉降标埋设高程见图 5。

在施工过程中,施工单位配合试验进行了路面沉降观测、挡墙变形观测、涵洞施工观测及土压实度测试等工作。

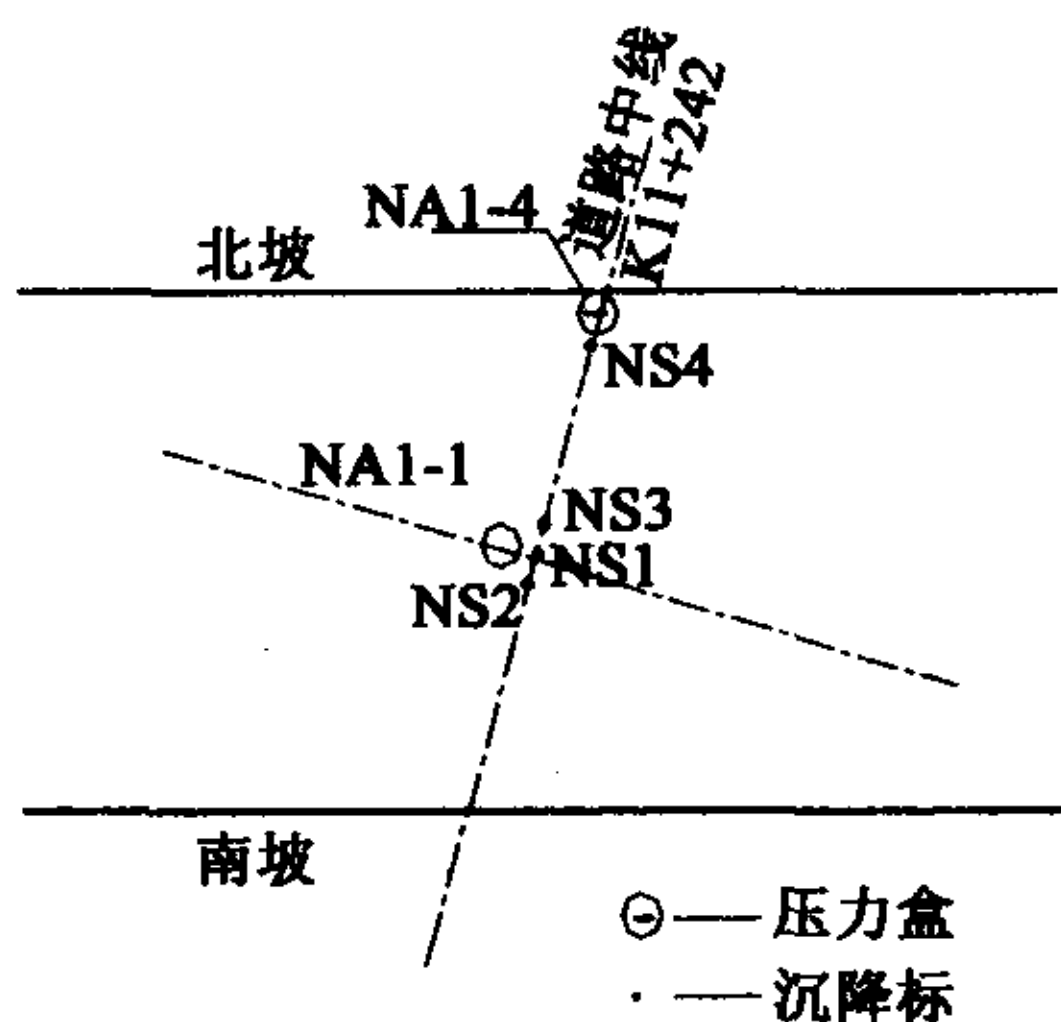


图 3 K11+242 土压力盒及沉降标平面布置图

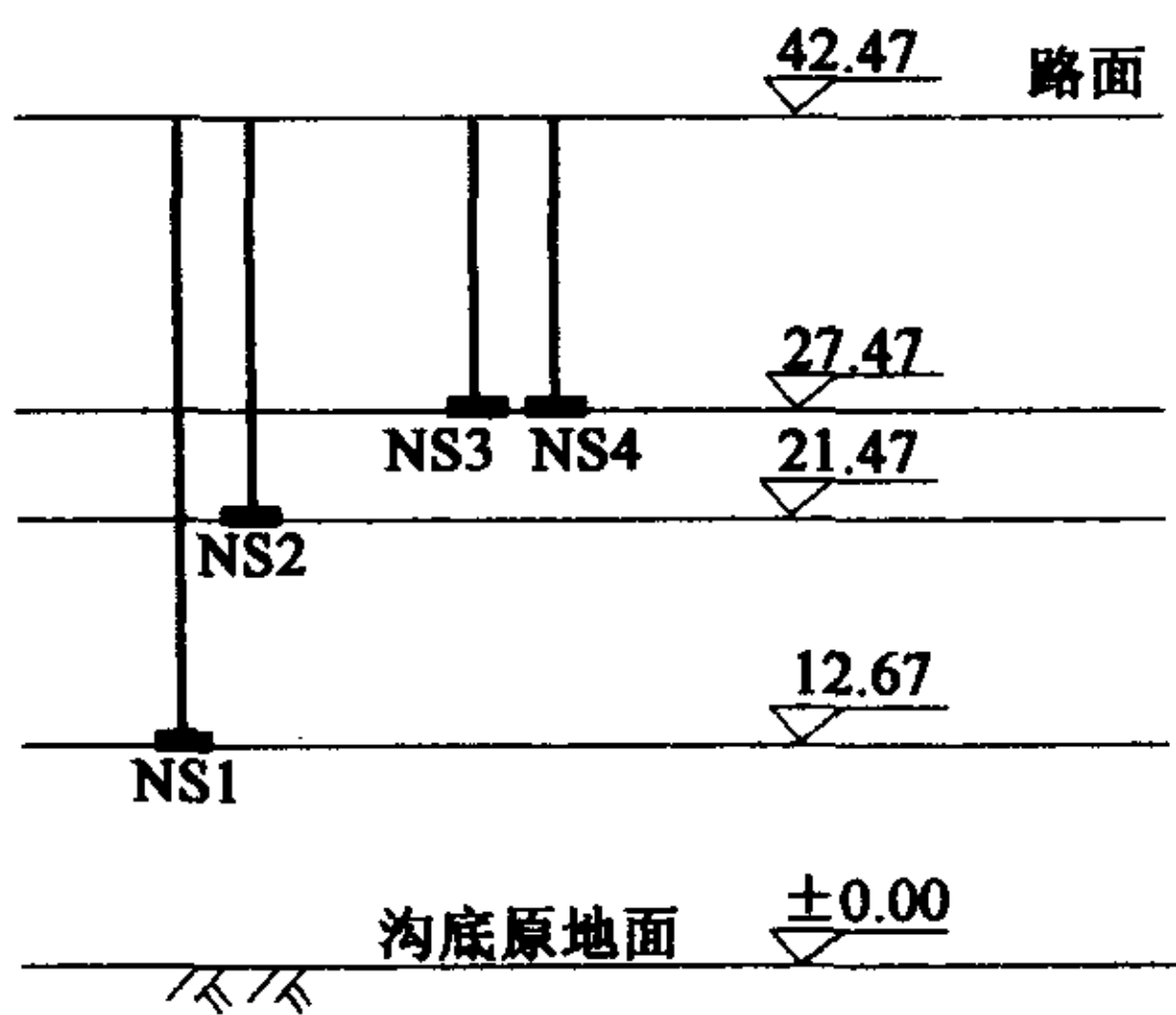


图 4 K11+242 沉降标埋设位置图

#### 4 现场试验成果

图 6、图 7 分别为 K11+242、K10+841 各沉降标累计沉降与填土高度的关系曲线。图中横轴表示填土高度,横轴原点即沟中心原地面,各曲线起点对应横轴数值即各测点(沉降标)埋设位置的高度;纵轴表示从测量之时开始的累计沉降量。

K11+242,到施工结束即填土标高为 42.47 m 时,NS1 累计沉降为 503 mm,NS2 累计沉降为 483

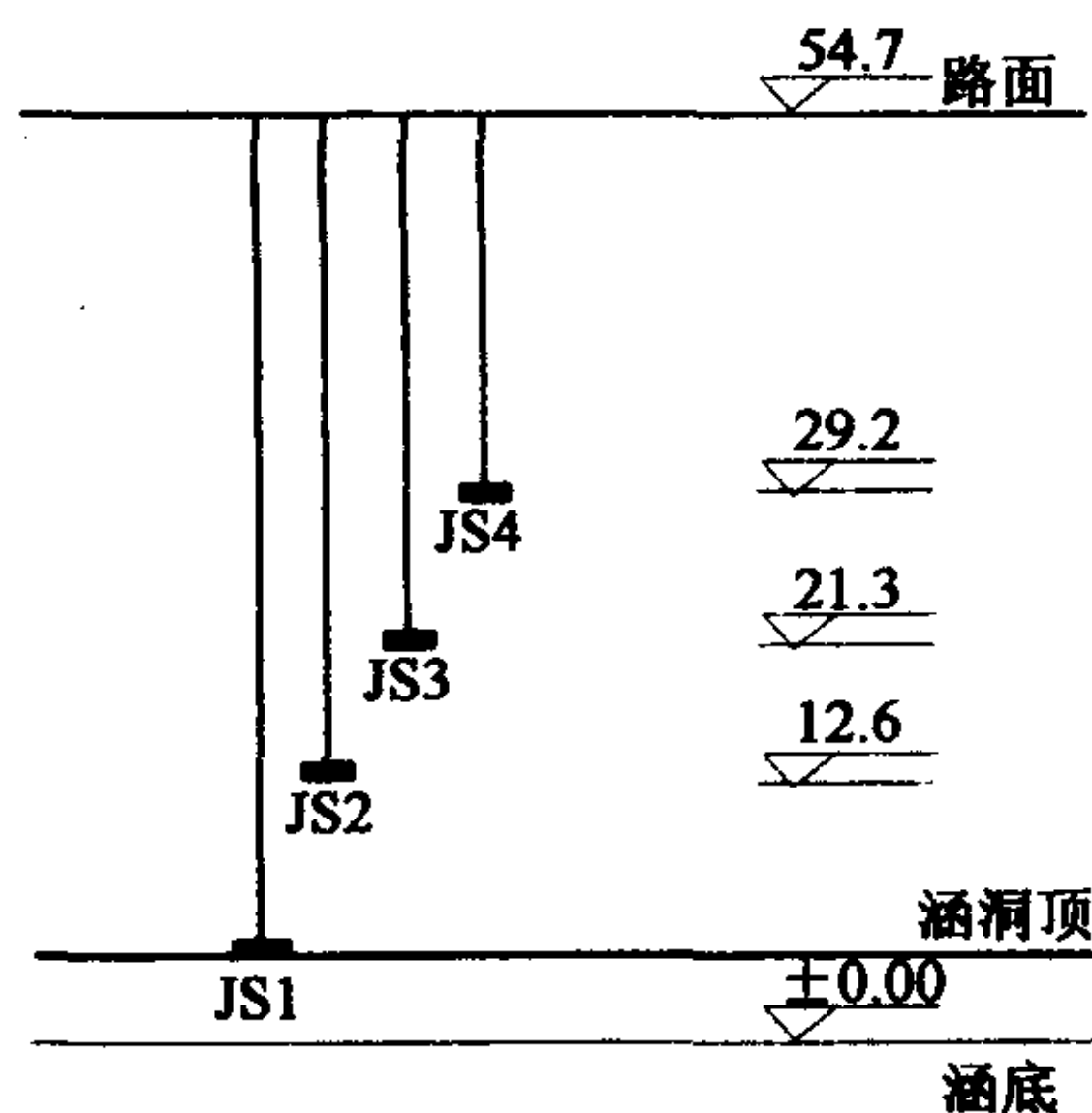


图 5 K10+841 沉降标位置图

mm,NS3 累计沉降为 382 mm,NS4 累计沉降为 103 mm。该测点由于施工完路基后,来往车辆经常将沉降杆折弯或折断,难以进行正常测量,因而未能取得竣工后各测点的沉降情况。

K10+841,从开始施工到竣工,即填土标高为 54.7 m 时,JS1 累计沉降 196 mm,JS2 累计沉降 651 mm,JS3 累计沉降 681 mm,JS4 累计沉降 398 mm。从竣工到 1997 年 1 月,半年内,JS1 累计沉降 12 mm,JS2 累计沉降 35 mm,JS3 累计沉降 17 mm,JS4 累计沉降 33 mm。竣工后 1 年内路面的最大沉降量为 60 mm。

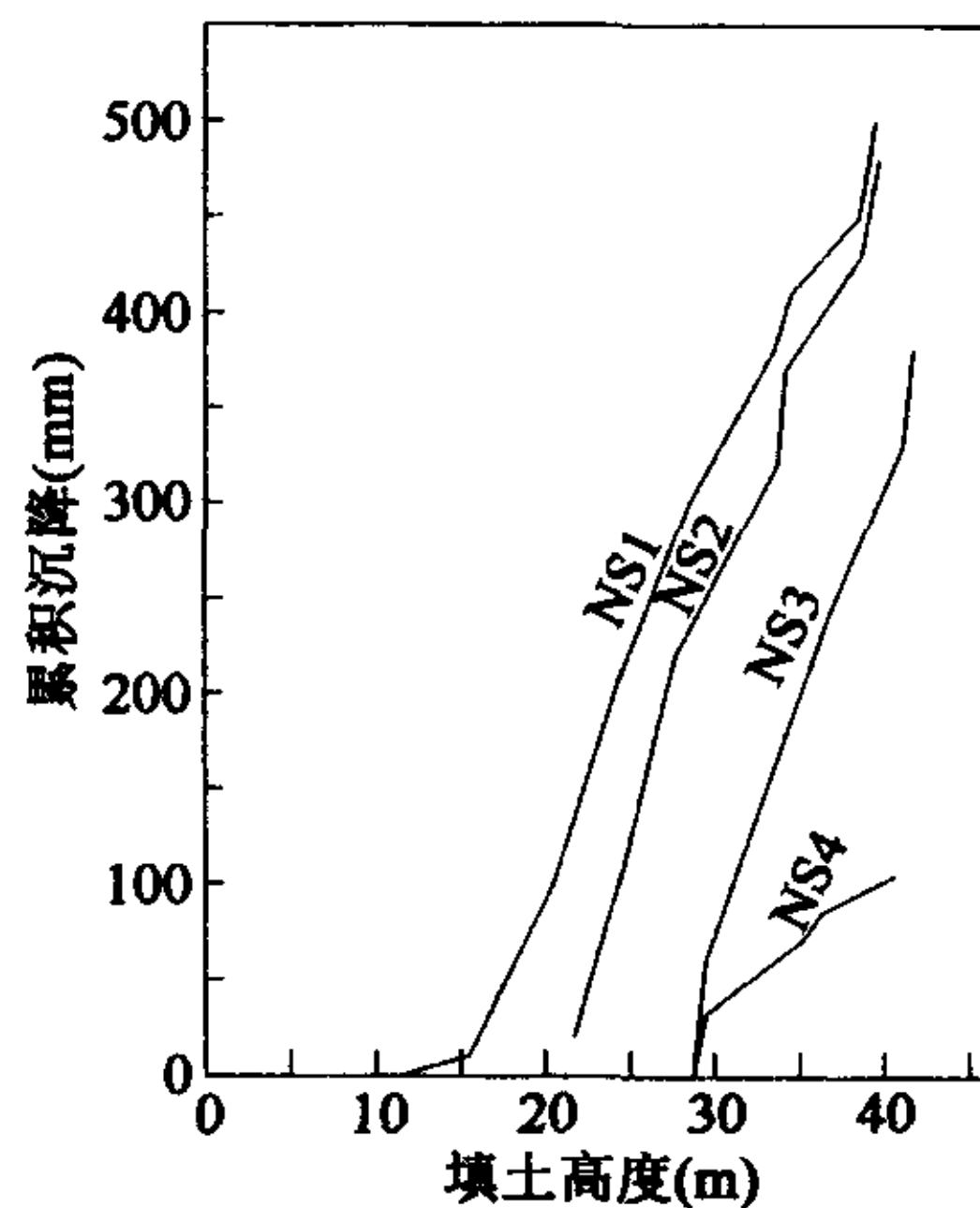


图 6 K11+242 各沉降标填土高度—累积沉降关系图

#### 5 试验结果分析

填土路基是一种典型的土工构筑物,它的沉降变形包括了地基变形与填土压缩变形两部分。从变形过程来讲,一部分在施工过程中完成,剩余的发生在运营阶段。单就沉降变形而言,施工过程中发生的沉降变形,将全部由随后的填土层给予补偿,最终影响道路工程质量和使用效果的是竣工后运营阶段的沉降变形。



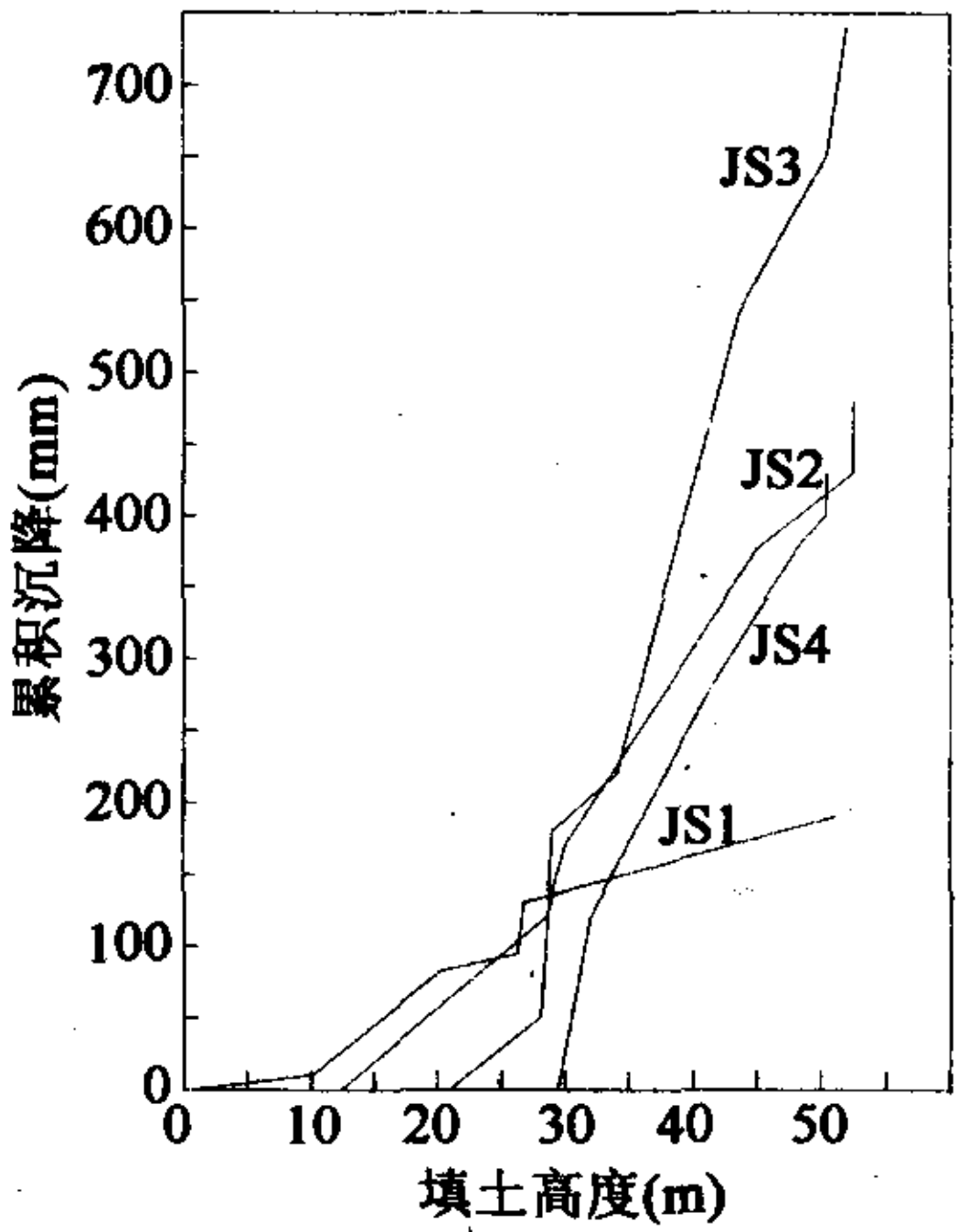


图 7 K10+841 各沉降标填土高度—累积沉降关系图

路基沉降(指新填土沉降)按发生的次序可分为:初始沉降、固结沉降和次压缩沉降,后者也可称为次固结沉降。每层填土碾压后,立即发生沉降,这称为初始沉降。固结沉降是由于土体固结而缓慢发生的,是地基中土粒骨架之间的水分逐渐排出而引起的那一部分沉降。随着时间的推移,在施工荷载的作用下,固结沉降逐渐完成。这固结沉降是地基中土粒骨架在持续荷载下发生蠕变所引起的,相对于填方路基而言,主要体现在运营荷载作用下发生的沉降。

K11+242 测点处,填土总高度为 42.47 m。NS1 埋置于 12.67 m 高度处填土中,其上填土厚 29.8 m;NS2 测杆埋置于 21.47 m 高度处填土中,其上填土厚度为 21 m;NS3 测杆埋置于 27.47 m 高度处填土中,其上填土厚度为 15 m;NS3 与 NS4 为同一高度,但其平面位置在沟壁处,其下填土层较薄,分析中近似将其填土层看作零,其上填土厚度 15 m。观察图 6,我们看到 NS1、NS2、NS3 三测杆的填土高度—累积沉降曲线斜率近似相等,说明高填方路基中,沟中心处不同高度的变形规律基本一致。将同一高度处但平面位置不同的 NS3、NS4 两测杆的测试曲线进行比较,施工期间 NS4 累计沉降仅为 NS3 累计沉降的 1/3~1/4,而从曲线上看,NS4 的变形曲线比其它三测杆的变形曲线要平缓得多,由于测点以上的填土层本身的压缩变形不影响测杆的沉降值,可将 NS4 测杆的累计沉降看作是基底沉降(老土沉降);而 NS3 的沉降值为基底沉降与填土沉降之和。

K10+841 的四个测点,JS1 位于涵洞顶,如果将涵洞认为是刚性的,那么,我们可以认为,JS1 测杆的沉降值即为基底沉降,而 JS2、JS3、JS4 三测杆

则反映测点处填土变形和基底沉降。观察图 7 中的变形曲线,我们看到,JS2、JS3、JS4 的变形速率也趋于相等,与 K11+242 测点得到的变形规律一致。而作为基底变形的 JS1 曲线平缓,而且到一定填土高度后,曲线更趋平缓,说明当填土高度达到一定值后,基底变形量将逐渐变小。从测试数据比较,JS1 累计沉降也仅为 JS3 累计的 1/4 左右。

由此分析比较,可以看到,施工期间填土层的沉降主要体现在新填土的初始沉降和固结沉降上,而老土的沉降所占的比例相对较小。根据本次测试结果,基底沉降约占总沉降的 1/3~1/4 左右。

表 1 为 K11+242 测点的两测杆 NS3、NS4 的沉降观测记录表,该表的数据体现出沉降变形与时间的关系。

表 1 NS3、NS4 沉降观测记录表

观测时间(月.日)	4.1	5.5	5.18	5.29	6.8	6.29	8.10
填土高度,以沟中心计 (m)	1	7	9.1	11	13	14	15
NS3 累计沉降(mm)	41	101	152	206	247	295	382
NS4 累计沉降(mm)	35	55	70	79	88	100	103

上表反映出,填土初期,也就是荷载作用初期,无论是基底沉降还是填土压缩变形速率较大。随着作用时间的延长,初始变形已经完成,主要进行固结沉降,变化趋于缓慢。而根据竣工后的沉降记录,竣工半年后各测杆的累计沉降是施工阶段累计沉降的 2.5%~8%,说明由于施工时间较长,固结沉降在施工期间已经基本完成,竣工后,运营阶段的沉降大部分为次压缩沉降,其值小而且速率缓慢。实质上,我们真正关心的是竣工后运营阶段的沉降变形,它直接影响路基、路面的稳定。而施工期间的沉降变形,将由随后的填土补偿。竣工 1 年后,路面总沉降最大为 60 mm,约为填土总高度的 1%,此值可作为路面沉降预测参考。

6 V 形沟谷路基变形与压力之间的关系

东山过境高速公路高填方路基试验是一个较为系统的试验项目,在 K11+242 及 K10+841 两测点处均埋设了一定数量的压力盒,以观测高路基的填土压力。图 8 中看到,压力盒 NA1-1 和沉降标 NS3 埋设的平面位置相同,均在沟中心;压力盒 NA1-4 和沉降标 NS4 埋设的平面位置相同,在沟壁。且 NA1-1、NA1-4 埋设高程相同,NS3、NS4 埋设高程相同。也就是说,这两个压力盒和沉降标的测试数据,可以反映 V 形沟中两个典型位置即沟中心和沟壁的应力—应变关系。图 8 显示 NS3、NS4 的测试曲线;图 9



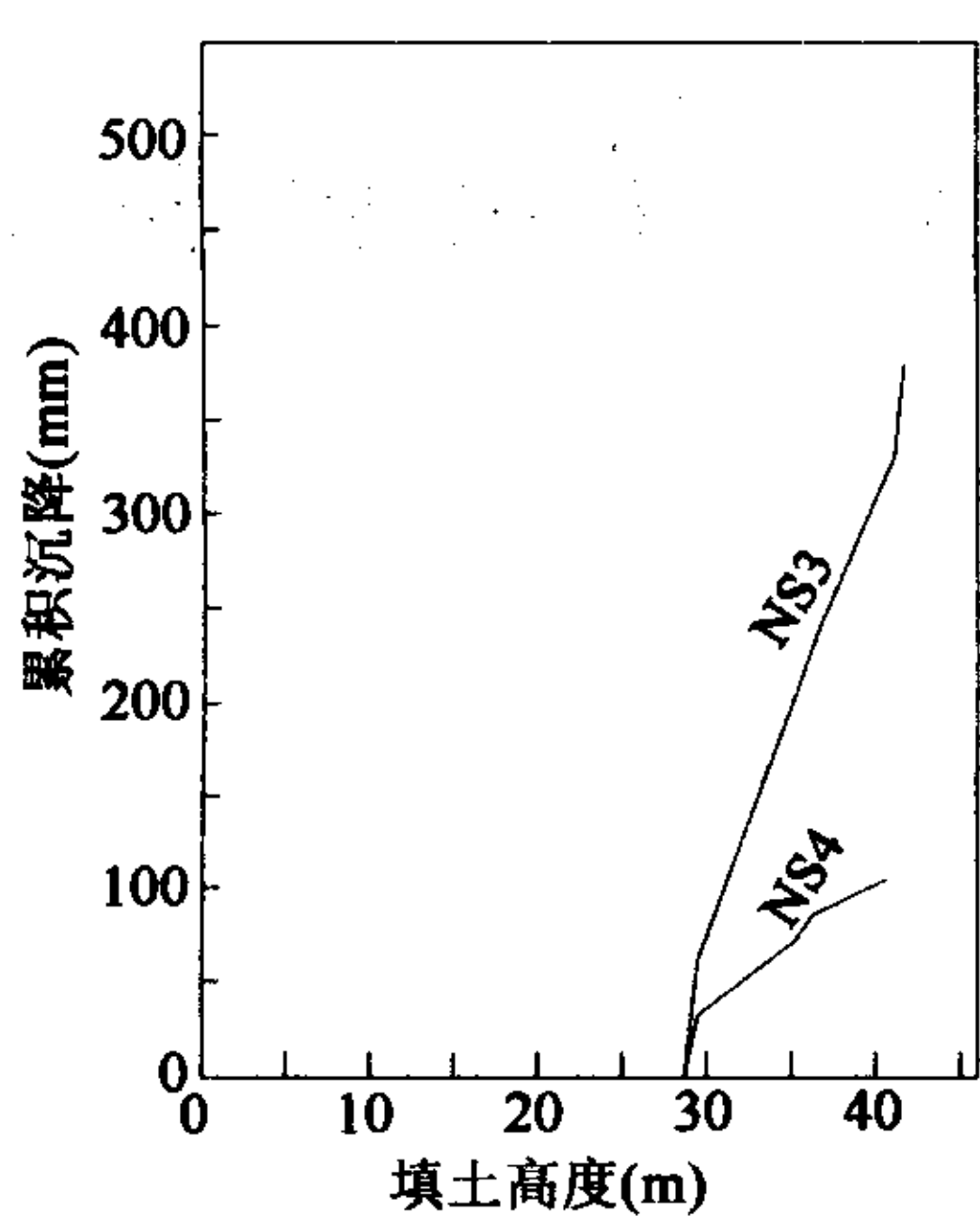


图 8 NS3、NS4 填高度—累积沉降关系图

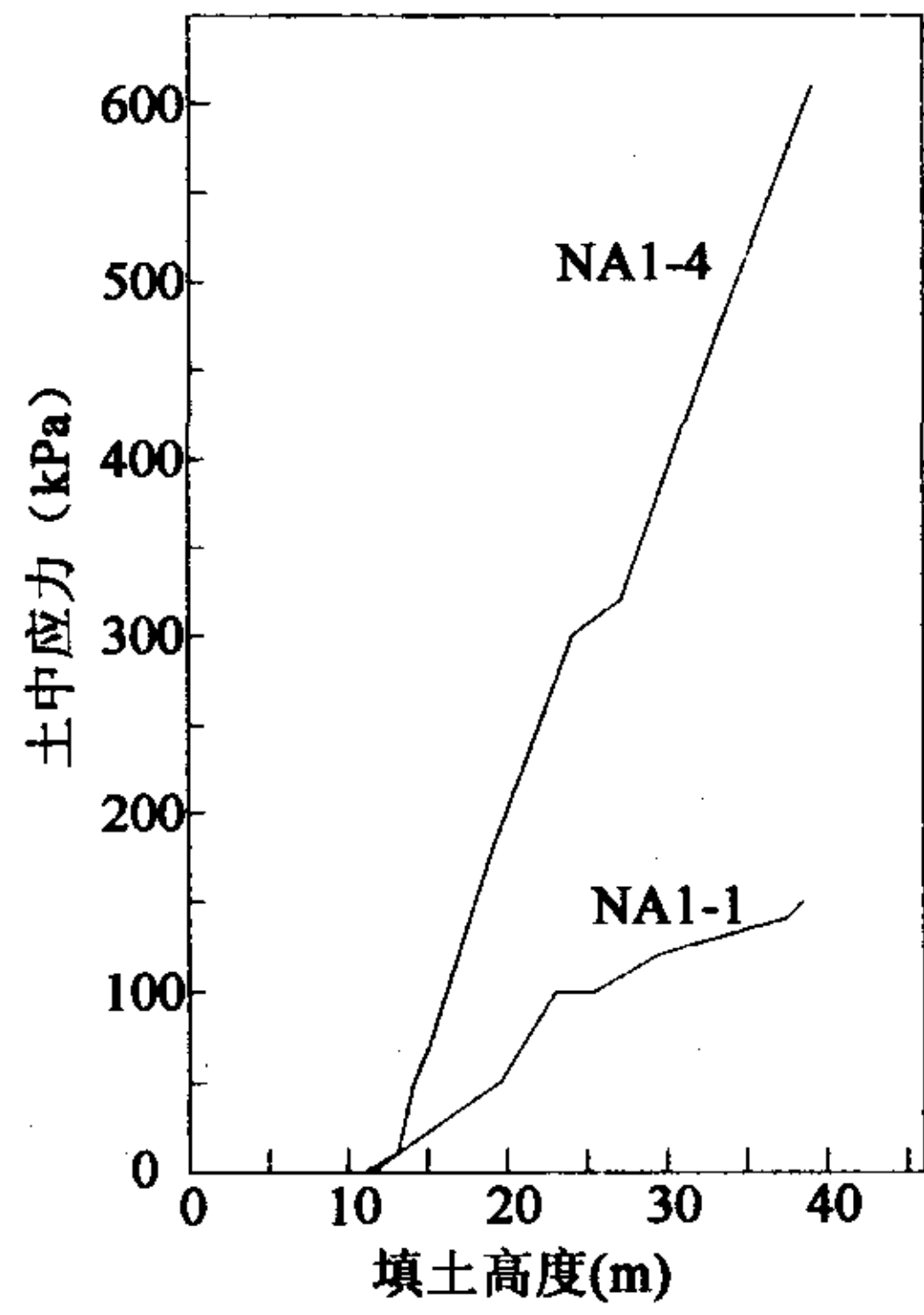


图 9 NA1-1、NA1-4 填高度—土应力关系图  
显示 NA1-1、NA1-4 的测试曲线。  
比较两图可以看出,位于沟谷中心的测点 NS3

的累积沉降比位于沟壁的 NS4 累积沉降大,而 NA1-1 的应力值小于 NA1-4 的应力值。说明沟谷中心的一部分荷载转嫁给沟壁,充分说明 V 形沟谷具有明显的卸荷作用。

7 主要结论

- (1)高填方路基沉降变形由基底沉降和填土压缩变形两部分组成。每一部分的沉降变形包括初始沉降、固结沉降、次固结沉降。根据测试结果,基底沉降约为总变形的 1/3~1/4。初始沉降和固结沉降在施工期间基本完成,竣工后的沉降主要为次固结沉降,约为施工期间总沉降 8% 左右。竣工后路面沉降约为最高填土厚度的 1‰。
- (2)规范规定的填土路基区域划分和压实度要求,主要依据车辆荷载扩散时路面以下一定范围内持力层要求而定。但对于高填方路基,它本身既是承重结构,又是主要荷载,影响路基沉降变形的主要因素是填土本身。提高填土压实度,特别是下层压实度的提高,有助于加快土体初始沉降和固结沉降,对减少后期路面沉降,保证路基稳定十分关键。另外,适当延长施工周期,有利于固结沉降的基本完成。
- (3)“V”形沟壁的侧限作用,很大程度上提高了填土路基的整体稳定性,从而降低了高路堤边坡滑坍病害发生的机率。
- (4)V 形沟谷中沟壁处沉降远小于沟中心处的沉降,说明 V 形沟谷具有明显的土拱作用,土中应力重分布,具有明显的卸荷作用。

上海明年将试行交通影响评估体系

上海市建委和市府有关部门正联手推动建立交通影响评估制度。今后交通评估将和现在大工程上马前的环境评估一样,特别是在市内的敏感区,交通评估将作为基本评估,具有“一票否决”的权力。

上海市建委有关领导透露,该评估体系 2005 年可能在中心城区的十字路口、主干道周边的大型房地产开发等项目前试行。计划把交通影响评估作为城市交通敏感区域项目建设的基本程序和规划控制的基本原则,并推动立法,明确交通影响评估的地位。

据参与此项目研究的同济大学教授孙立军表示,交通影响评估制度是指在工程建设的项目审批阶段,对该工程项目一旦建成后将影响到的交通状况进行评估。如果这个项目的建设会对后期交通产生很大的影响,那么有关方面就必须提出改进的措施,否则该项目就有可能被直接取消。“比较理想的状态是通过提出改进的措施,包括相关道路的改造等方面,使该区域原有的交通拥堵状况不进一步恶化”。

• 短讯 •

今后 10 年乃至更长一段时间,我国物流业将接近或赶上发达国家的物流发展水平。