

文章编号: 0451-0712(2003)12-0041-04

中图分类号: U418.5

文献标识码: B

珠江三角洲地区高速公路 工后不均匀沉降问题初步分析

马传明

(中国地质大学工程学院 武汉市 430074)

摘 要: 论述了珠江三角洲地区高速公路工后不均匀沉降造成的病害及其危害,分析了工后不均匀沉降的特点,初步研究了路堤工后不均匀沉降、堤桥(涵)衔接处工后不均匀沉降的形成原因。最后,提出了控制工后不均匀沉降的措施。

关键词: 珠江三角洲地区; 高速公路; 不均匀沉降

20 世纪 90 年代中期以来,软土广泛分布的珠江三角洲地区修建了大量高速公路,采用了许多新技术,如:采用袋装砂井、塑料排水板或超载预压等措施加快软土地基排水固结;选择轻型路堤填料,减轻路堤自重;喷粉桩加固软土形成复合地基等等。所有这些措施对提高路堤稳定、减少路堤工后不均匀沉降起到了相当大的作用,但不可否认的是,如此仍然难以完全避免高速公路通车后的继续沉降(亦即工后沉降)。过大的工后不均匀沉降不仅破坏行车的平顺性及乘车的舒适性,而且使车辆无法快速行驶,从而达不到高速公路“快速、安全、舒适”的目的。同时,工后不均匀沉降问题亦是影响高速公路路面质量、使用寿命、工程造价的关键性问题,必须引起重视。

1 工后不均匀沉降造成的病害及其危害

1.1 工后不均匀沉降造成的病害

珠江三角洲地区高速公路工后不均匀沉降对路堤造成的病害主要体现在对路面、路基、桥涵的损坏。

1.1.1 对路面的损害

工后过大的不均匀沉降对路面造成的病害主要表现为:引起沥青混凝土路面的不均匀沉降、裂缝、开裂、错台;导致水泥混凝土路面路拱变形,结构层开裂,板底脱空,路面错台、翻浆、坑洞、裂缝、断裂。

1.1.2 对路基的损害

工后过大的不均匀沉降对路基造成的病害主要

表现为:导致路基整体性差、易发生剪切变形破坏,高路基时尤为危险;路基地面横向产生盆形沉降曲线,使横坡变缓,影响排水。

1.1.3 对桥涵的损害

工后过大的不均匀沉降对桥涵造成的病害主要体现在:(1)桥堤在纵断面产生的高差引起汽车车轮的反复冲击荷载,加速了桥台台背、桥头伸缩缝以及桥头路面及桥梁伸缩缝的冲击破坏以及搭板断裂;(2)车辆通过桥堤过渡段产生的跳跃和冲击,极易使车辆撞向桥两侧的栏杆,使得桥两侧栏杆被撞毁;(3)桥台背软基不均匀沉降,增加桥台承受的水平推力,严重的有可能导致桥台的位移或断裂、甚至桩基浮移;(4)过大的工后不均匀沉降导致通水管涵错位、过水断面减小,降低了管涵的过水能力。

1.2 工后不均匀沉降带来的危害

实践表明,35%的交通事故与路面凸凹不平有关。而过大的工后不均匀沉降是造成路面凸凹不平最重要的原因之一。而且工后绝对沉降量越大,不均匀沉降量也越大。

由于高速公路工后过大的不均匀沉降导致路面断裂而形成的台阶对交通造成的影响如下。

(1)台阶对行车速度有显著的影响,台阶越高,对车速影响越大。汽车遇到路面台阶,一般会提前 150~200 m 减速慢行,驶达台阶以后还需在大约相同的距离进行加速以恢复正常速度。珠江三角洲地区河网密布、交通发达,高速公路上平均每 100 m

就有一座构筑物,路面断裂而形成的台阶多,导致司机频繁换档、加减速,增大其劳动强度;车辆通过台阶产生的跳跃和冲击,使得司机掌握方向的难度增大。

(2)路堤顶面沉降高差达到 1 cm,即使得行车产生明显的颠簸,使司机和乘客感到不适。桥涵和路堤顶面沉降高差大于 10 cm,车辆通过时,将产生跳跃和冲击,极大地破坏了乘车的舒适性及行车的平顺性。

(3)频繁的减速、加速行驶,颠簸跳跃和冲击现象造成了路面和桥涵结构的破坏,同时严重影响运输工具的迅速流动,降低高速公路单位时间内的交通量,而且容易造成堵车、滑溜、追尾、翻车事故,还增加了汽车机件的磨损和燃油消耗。

(4)高速公路工后过大的不均匀沉降对国民经济的损失是巨大的。为了消除高速公路工后不均匀沉降,避免交通事故,保持良好的运营状况,养护部门往往需要花费很大的人力、物力和财力。例如,国家重点工程京珠高速公路广珠段,竣工验收获广东省已建高速公路最高分,被评为优质样板工程。其软基处理质量在广东省交通行业有口皆碑,但通车后因工后不均匀沉降所引起的路面维修费用高达 2 000 万元/年,平均 130 万元/km·年,占总运营收入的 8%。

2 工后不均匀沉降特点

珠江三角洲地区高速公路工后不均匀沉降有如下特点。

(1)珠江三角洲地区高速公路软土段路堤的工后沉降量在 1~2 年的时间内超过了规范允许的 15 年的累计沉降量。例如,京珠高速公路广珠段通车一年半后,50%的软基段路堤工后沉降量在 3 cm 以内,30%的软基段路堤工后沉降量在 5~20 cm 左右,20%的软基段路堤工后沉降量超过 20 cm,最大达 25 cm。

(2)工后沉降量较大的路段主要发生在路堤高度接近或达到极限高度且安全系数又较小的地段。

(3)施工时路堤已发生开裂、滑移,软土被扰动的地段是路堤累计工后下沉量最大的地段。

(4)路堤工后沉降的大小与软土层厚度密切相关,下沉大的地段分布在软土层厚、硬壳薄的地段。软土厚度越大,工后沉降越大,但软土厚度与工后沉降量并不是线性关系。从京珠高速公路广珠段软基

段路堤通车一年半的工后沉降结果来看,软土厚度小于 15 m 的路段工后沉降在 2 cm 左右,而广珠段十顷沥大桥至股份涌大桥之间的软土厚度超过 30 m,其路堤工后沉降超过了 20 cm。

(5)高速公路建成通车后,软基段从地表到深部,不同埋深的软土都有沉降,但深部软土在工后沉降中所占比例较大。例如,京珠高速公路广珠段新隆互通立交处软土地基在一年半的工后沉降中, -13.72 m 以下部分的沉降量占工后总沉降量的 80% 以上,而 -13.72 ~ -6.72 m 间的沉降量(路堤表面高程)仅占不到 20%。且随着时间的推移,较深处软土沉降量所占比例将越来越大。

(6)工后沉降在纵向上表现为路面的不均匀沉降,起伏较大,呈不规则的波浪形。

(7)从深汕汽车专用公路软基段路堤工后沉降的长期观测结果可知,珠江三角洲地区高含水量淤泥地基不仅沉降量大,而且持续时间很长,平均下沉速率随下沉时间的延长而减缓。

3 路堤工后不均匀沉降原因

路堤顶面工后不均匀沉降主要是地基和路基所产生的工后沉降叠加而成的。

3.1 地基工后不均匀沉降原因

3.1.1 工后沉降预测不准确

20 世纪 40~50 年代,人们对重塑土的特性进行了比较透彻的研究,尤其是英国学者在这方面取得了突出的成果。不过人们研究重塑土时,是把重塑土当成连续、均匀的介质来研究的。几十年来,由重塑粘土研究中形成的一系列概念广为流传,以至在许多人的心目中似乎这些就代表了粘土的全部。事实上,土体的宏观工程性状在很大程度上受到微观结构的系统状态或整体行为的控制,任何一种基于适度均匀化的连续处理介质模式都很难准确表达其结构的复杂性。

现有的各种本构模型(计算模型)都是针对饱和和扰动土或重塑土而发展起来的,建立在一定的假设基础上的,未能真正考虑实际土体(原状土)的结构性,因而实际的工程预测计算结果难以模拟土体的实际状态;此外,作为高速公路基础的土体受荷过程复杂(经历了加载—超载—预压—卸载—路面铺装加载—交通荷载),加载的无规律性、土体结构损伤过程等在现有的预测计算模型中都没有考虑(事实上,十分不容易考虑)。正是这些众多的不确定因素

造成了理论分析结果与实际情况出现较大的误差(这种误差有时可能高达几倍,甚至数十倍)。因此,高速公路软土地基段路堤总沉降量预测十分不准确,预测沉降与实际沉降相差甚远,少则 20%~30%,最长达 300%。如深汕高速公路四标段某断面计算沉降量 150 cm,实测沉降量 190 cm,误差为 26.7%。京珠高速公路广珠段 K21+780 断面计算沉降量 64 cm,而沉降在未稳定情况下已达到 240 cm,误差在 275% 以上。

目前,对这类问题的处理多依赖设计者的经验修正,缺乏有力的理论依据,其人为性之大、可靠性之难以判断,是可想而知的。由于软土地基总沉降量预测计算不准确,导致工后沉降控制设计、施工所依标准不准确,这是高速公路建成后不均匀沉降过大的主要原因。

3.1.2 设计施工、地基处理不当

地基在路基、路面自重和车辆荷载的作用下,会产生沉降。珠江三角洲地区地质环境条件多变,地基种类繁多,土质差异性大。若地基上部荷载相同,因地质情况和土质情况差异,则地基的沉降量具有很大的不同。在工程的地质勘察中,大约每隔 100 m 进行一次钻孔取样。而修建高等级公路时,路基宽度很大,通常路堤顶面宽度都在 30 m 以上,坡脚在 50 m 以上;同时引桥路堤的长度也可达上百米甚至更长。所以在如此大的范围内都按照一个点的地质勘察报告进行统一的设计和施工的话,不同地基条件产生的沉降必然不同,反映到高速公路路面则表现为不均匀沉降。从另一个方面说,钻孔点再密也不可能 1 m 一个钻孔,而邻近地基不均匀是不争的事实。然而地基处理在一条路段却采用同一处理方法,这样必然也会产生路堤的不均匀沉降。即使地质情况和土质情况一样,由于作用在地基上的填土荷载和车辆荷载不同,则地基的工后沉降量也不一样。

3.1.3 预压时间短

国外高速公路规划时间长,工期充足,软土地基一般都提前处理施工,利用路堤的自身荷重预压时间可达 3~5 年,基本可满足高速公路对软基段路堤的工后沉降和稳定的要求。例,德国对软土路基预压的要求非常严格,并通过预压达到控制工后沉降的目的,原联邦德国交通部 1990 年颁布的《软弱地基上道路建设规范》对预压规定为:预压荷载的高度及作用时间必须保证道路运营期由于堤身自重及行车荷载作用,不引起地基土的初期加荷。即要求预压

期末地基土中任一点处,固结后达到的孔隙比所对应的当量应力,不能被营运期该点的有效应力所突破。

而我国为适应经济快速发展的要求,修建高速公路的工期短,从开工到建成通车一般为 2~3 年,预压期一般为 1~2 年,最短仅为 6 个月。珠江三角洲地区的大多数高速公路通车 3 年后,地基仍继续产生沉降。其沉降量大于 20 cm 且沉降范围较大,从而引起桥头跳车。例如,京珠高速公路广珠段 1997 年 8 月开工,1999 年 12 月竣工,预压期最多的有 18 个月、少的仅有 6 个月,通车一年半后,20% 软基段路堤工后沉降量大于 20 cm,最大达 25 cm,超过了规范允许的 15 年的累计沉降量。工后不均匀沉降量之大,有众多方面的原因造成,而预压时间短是一个重要的原因。

3.2 路基工后不均匀沉降原因

填土路基在路基自重、路面和车辆荷载的长期作用下,仍产生压缩变形,导致高速公路路面不均匀沉降。珠江三角洲地区高速公路填土路基一般较高(平均 3~6 m),大型桥梁引道填土路基更高(最高达 14 m)。高填土路基虽然各层填土的压实度达到规范要求。可是,随着时间的推移,在车辆荷载和自然因素作用下,路基填土的压实度和路基几何形状渐渐发生变化,路基填筑高度相对降低而产生沉降。这种路基沉降范围较大,发生较晚,其沉降量与填土高度和回填土的土质有关,是一种比较难以避免的沉降。

4 路堤、桥涵衔接处工后不均匀沉降原因

经过调查,当前珠江三角洲地区已建和在建高速公路中涵洞、通道与桥梁等构造物在公路里程中所占比例非常大,平均每公里有 10 座之多。这些结构物对提高道路的营运等级,沟通沿线两侧的交通及对沿线的环境保护等都起到了很好的保障作用。然而,也造成了许多负面问题,通道、涵洞两侧及桥头跳车就是其中的典型。

导致路堤、桥涵衔接处不均匀沉降甚至于破坏的原因如下。

(1)从结构性能看,通道、涵洞和桥梁的修建,实际上就是在软性道路结构中插入一个刚性镶嵌,而从一般路段到桥头又是一个刚性的突变,这些均改变了原来道路结构的均匀性,使得路面结构中产生应力集中和突变。

(2)桥台背的填筑、通道和涵洞两侧及顶部的填筑是在这些构筑物基本完成后进行,由于施工场地狭窄,填筑压实比较困难,而且容易积水。如果填筑不密实,导致台背后一定范围内的路堤压实度低于设计规范要求值。通车后,在车辆荷载的振动作用下,台背附近路堤填土密实度迅速增加,沉降随即发生。台背填土的沉降量一般较小,但发生得早与快,在有其他类型沉降的条件下起着加速路基沉降的作用。

(3)桥头路堤所用的材料发生变形和位移,历经数年就会造成永久性沉降。

(4)台背填料由于河水的冲刷和排水不良,冲走了桥头附近的土壤和填料,也是造成桥头跳车的根源之一。

(5)桥体结构收缩时,把整体桥台从路堤一方拉开,致使端部路面下的路堤因失土而沉降,路面自然随之下沉。

(6)桥梁伸缩缝施工方法不当或伸缩装置自身质量有问题,造成伸缩缝渗水,渗入台后填土,造成台后路基沉降加剧。

(7)沥青混凝土路面各结构层厚度、模量不够。在车辆荷载作用下,沥青混凝土路面开裂后,雨水进入路面结构层内,基层乃至土层软化,路面板脱空。

(8)搭板设计不合理。

5 控制工后不均匀沉降措施

当前,采用的各种地基处理方法,都不能从根本上解决高速公路工后不均匀沉降问题。如何减小沉降差,如何采取措施减小其影响是值得进一步研究的课题。笔者认为应该从以下几个方面综合考虑。

5.1 加强理论研究及提高预测工后沉降精度

从土体微观结构着手,建立土体的结构性本构模型,这将极大地提高各种土力学问题的计算精度,从而提高勘察、设计质量,防止或减小因预测工作失误造成的工后不均匀沉降的发生和发展。

5.2 桥梁跨越

现今,我国的建桥技术和施工水平都很成熟。架设高架桥穿越软土地基地段可以根本地解决工后不均匀沉降而带来的问题,而且占地少、毁田少,对沿线的地质环境、生态环境和社会环境影响小。在路堤较高、地价昂贵、软基承载力很低的情况下具有很大的优越性。缺点是建造高架桥一次性造价高,这是投资单位所不愿看到的。

但是,珠江三角洲地区经济发达、土地资源稀

少,而且软基多、单位长度上的构筑物多,从长远看,适宜桥梁跨越软土地段。例如,目前在建的京珠高速公路广珠西线约 50% 的路段采用桥梁跨越方式。

5.3 延长预压时间

保证合理的预压时间是保证高速公路路堤工程质量和降低造价的重要环节之一,抢工期的后果则适得其反。根据国内外高速公路长期的沉降监测资料显示,软土地基在几十年内仍有沉降。因此,在条件允许的情况下,尽可能地延长预压时间,使总沉降量中的大部分沉降在工前完成。

5.4 减轻路堤荷载

减轻路堤荷载的主要措施为采用轻质填料,如采用粉煤灰、EPS 超轻质材料等填筑路基。减轻荷载,直接减小对地基承载力的要求,可有效地减少工后沉降。

5.5 适当增加桥涵部分沉降和预加高路堤

为减小沉降差可以通过适当增加桥涵部分沉降、预加高路堤等措施来实现。

5.6 工后修补

地基处理选用优化的技术经济方案,在满足路堤稳定性要求的前提下,允许产生较大的工后不均匀沉降。把难以预测和处理的工后不均匀沉降放在养护中解决,减少一次性处理的困难和投资,又可保证工程的正常使用。据说国外某一高速公路,每年修补达 13 次之多,通过连续几年不断的修补才能达到设计要求。当然,养护工作的质量,所用机械的自动化程度必须有一定的要求,否则必然影响道路的运行效率。

6 结语

在软土分布广泛、河网密布的珠江三角洲地区,修建高速公路,无论在理论上还是在实践上工后不均匀沉降问题都值得进一步研究。我们要认真总结经验,开展科学研究,提高建造高速公路的技术水平、减少因工后不均匀沉降所带来的问题。

参考文献:

- [1] 许文雪.红砂岩石路基工后沉降分析与对策[J].湖南城建高等专科学校学报,2001,10(1).
- [2] 沈珠江.软土工程特性和软土地基设计[J].岩土工程学报,1998,20(1).
- [3] 胡瑞林,李向全,官国琳,等.土体微观结构力学——概念·观点·核心[J].地球学报,1999,20(2).

文章编号: 0451-0712(2003)12-0045-06

中图分类号: P642.3

文献标识码: A

平川沟泥石流流体形成的动力机制研究

陈洪凯, 唐红梅

(重庆交通学院岩土工程研究所 重庆市 400074)

摘 要: 泥石流沟内松散物质(岩土体)在降雨作用下,由吸水→强度衰减→蠕变而构成初始泥石流流体,形成机制包括降雨冲击机制和吸水软化机制。初始泥石流流体运动诱发沟岸冲蚀、沟底掏蚀而补给构成泥石流流体,补给机制包括岸坡切割机制和沟床物质启动机制。构建了由粒径为 6.31 cm 的均质颗粒固相和均质浆体的等效泥石流流体,为泥石流运动及冲击机理研究奠定理论基础。

关键词: 泥石流; 松散物质; 降雨; 初始泥石流流体; 动力机制; 等效泥石流流体

泥石流(Debris Flow)是高浓度水砂砾复合异相混合流,是颗粒大小差异很大的块石和含砂水体的联合运动,其中砂、砾主要呈滚动及跃动状态迁移。在小流域内,滑坡和泥石流通常相伴而生、互为因果,具有强烈的冲击、破坏作用。泥石流属于典型的灾害地貌现象及过程,是山丘地区公路建设过程中普遍存在且破坏作用极其强烈的灾害类型,是毁损穿越泥石流沟的公路路基、路面及相应防治结构物的重要外在动力机制。

川西南凉山境内的西昌~木里公路途径的平川河中游地段河床比降小,为典型的宽阔河谷,是沟谷泥石流集中发育的地段,发育了 20 余条泥石流沟,

如 51 号沟(平川沟)、油房沟、黄土坡沟等。其中平川沟泥石流最具代表性(图 1),泥石流沟的流域面积 16.8 km²,较大的形成区、狭长的流通区、2 个短小而宽阔的沉积区是其基本特征,泥石流沟内大冲大淤,加积过程极其严重。流通区具有明显的沉积过程,2 个沉积区分别位于形成区出口处(宽 20 m)和沟口(宽 500 m)。流域沟长 8.2 km,沟谷平均比降 0.181,泥石流沟发育于平川河的侵蚀阶地(位于海拔 1 800 m)和两级夷平面(分别位于海拔 2 500 m 和 3 000 m)之间。平川泥石流沟的中、下游发育两级跌水:上部跌水(位于形成区至流通区上部)沟槽的平均比降为 0.32,下部跌水(位于沉积区至流通

基金项目:交通部基金项目(95060233)、交通部人才基金项目(95050508)成果之一

收稿日期:2003-09-19

Preliminary Analysis of Uneven Settlement of Expressway After Construction in Zhujiang Delta Area

MA Chuan-ming

(Engineering Department, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The expressway uneven settlement in the Zhujiang delta area resulting in diseases and bringing about endangerments are discussed, and the characteristics of the expressway uneven settlement analyzed. The causes of forming uneven settlement of embankment and joint of embankment and bridge after construction are researched. Finally, the treatment measures for controlling the uneven settlement of the expressway in the Zhujiang delta area are given.

Key words: Zhujiang delta area; expressway; uneven settlement