

# 软土地区小桥涵桥台路基沉降拟合处理方法

陈少平

(武汉地质勘察基础工程总公司,湖北武汉 430030)

**摘要:** 软土地区桥台与桥涵之间产生较大的差异沉降,影响使用. 提出采用沉降拟合方法,即根据复合地基的设计思想,通过在桥台与桥涵部位采用不同置换率,调整沉降量,使其相近,以达到减少沉降差的目的.

**关键词:** 软土;桥台;桥涵;沉降拟合.

中图分类号: TU441 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)04-0365-03

**作者简介:** 陈少平(1961—),男,高级工程师,1981年毕业于中国地质大学岩土工程专业,长期从事岩土工程设计与研究工作.

软土地区路基存在固有的沉降特性,在路基荷载及交通车辆动荷载作用下产生持续下沉,长期不均匀沉降损坏路面结构,影响汽车行驶速度及行车安全性,增加路面维护处理难度. 常见的不均匀沉降发生在路基桥涵的桥台地带,表现为桥台路基下沉,桥涵相对上抬,桥涵、桥台之间形成叠坎,不得不经常维修,成为软土地区公路的主要岩土工程问题之一. 本文对于软土地区小桥涵及桥台路基提出沉降拟合处理方法,以沉降变形主控制原则作为地基处理设计依据,拟合桥基和桥台地基的沉降一致,以期消除桥台叠坎的不利影响.

## 1 桥台沉降原因

地基沉降通常的表达式<sup>[1,2]</sup>:

$$S = K \frac{p}{E} h, \quad (1)$$

式中: $p$ 为作用的附加荷载; $E$ 代表土的压缩性参数,如变形模量等; $h$ 为软土地基厚度; $K$ 为沉降计算修正系数.

比较路基桥台桥涵3个区段的附加荷载、地基变形模量及软土层厚度,其附加荷载桥台最大,桥涵最小,地基变形模量桥涵最大,路基和桥台段等同,软土地基厚度各区段均相同,其受力条件及沉降纵向断面见图1.

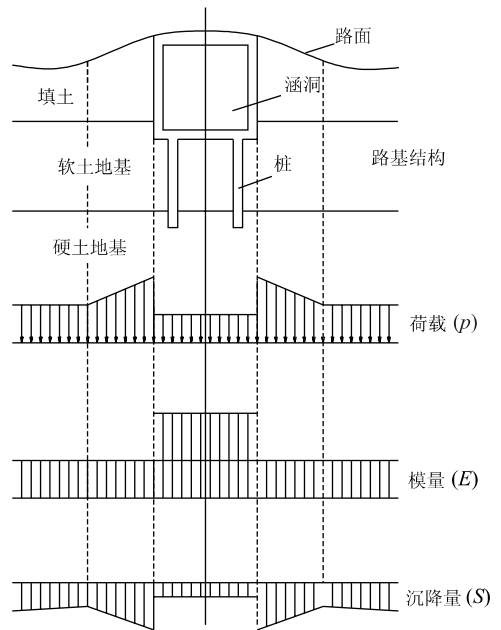


图1 小桥涵桥台  $pES$  相关图

Fig. 1  $pES$  correlogram between small bridge abutment and bridge culvert

由于桥涵路面通常高于公路路面,桥台路基的荷载高于下延的路基荷载,而桥涵自身为空洞构造,其附加荷载最低. 桥涵为钢筋砼结构,必须选择可靠的地基基础型式,以保证安全. 设计师通常沿用大中型桥梁的基础处理方法,如采用刚性桩将结构荷载直接传递深部的硬土层,软土地基不再承受人为的荷载,也不会产生附加沉降. 而按承载力安全系数进

行的基础设计其沉降量很小,软土地基的变形模量与刚性桩的变形模量比较几乎可以忽略不计.小桥涵如采用刚性桩基础时,附加荷载和地基变形模量在桥涵与桥台之间的逆向差异导致桥台沉降量大,桥涵沉降量小,地基越软弱,差异沉降也就越大.

## 2 沉降拟合方法

沉降拟合<sup>[3]</sup>方法对软土地基小桥涵基础不是选择刚性桩消除沉降的方法,而是选择软土地基处理,将桥涵和桥台路基的软土进行加固,通过加固范围和加固强度的调整,使得桥台和桥涵沉降趋于一致.

这种方法采用沉降变形控制的设计原则,即自始至终均以沉降控制进行地基处理设计,桥涵基础应有许可的沉降量,这种沉降量是桥涵结构允许的,也是沉降拟合设计方法所要求的.当然桥涵和桥台地基基础亦须满足强度验算的要求,但控制设计的是沉降而非承载力.以沉降计算式(1)说明设计方法,其桥涵地基的沉降量  $S_1$ :

$$S_1 = K_1 \frac{p_1}{E_1} h_1. \quad (2)$$

桥台路基的沉降量  $S_2$ :

$$S_2 = K_2 \frac{p_2}{E_2} h_2. \quad (3)$$

调整加固的深度  $h$  和加固体变形模量  $E$ ,使  $S_1$  与  $S_2$  相等,由于桥台的荷载  $p_2$  大于桥涵的荷载  $p_1$ ,因此无论是加固体深度和强度,临近桥涵处的桥台均应超过桥涵,对桥涵地基要弱化加固处理,桥台地基要强化加固处理.强化加固处理的范围局限于紧邻桥涵的区段,由桥台向两侧再进行沉降拟合,逐渐弱化加固处理,其加固及沉降断面见图 2.

## 3 设计过程

(1)详细的地基调查,确定软土层深度、强度、变形模量;(2)附加荷载确定,以原始地面为零荷载作为起算点,计算路基、桥台及桥涵各区段的附加荷载标准值;(3)确定桥涵基础荷载设计值,以此作为复合地基承载力设计值,计算加固桩的置换率以及相应置换率下的桩土复合变形模量;(4)进行软土地基下卧层强度的验算,按长条形地基进行验算,确定满足验算要求的最短桩长;(5)计算桥涵复合地基沉降量,由复合地基自身压缩沉降和下卧软层沉降两部

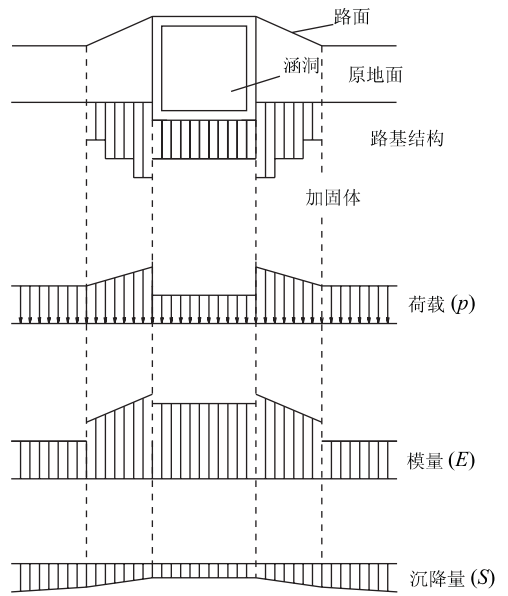


图 2 小桥涵沉降拟合处理  $pES$  图

Fig. 2  $pES$  diagram of settlement fitting of small bridge culvert

分组成;(6)沉降拟合计算,确定达到桥涵地基沉降量时,桥台地基加固处理所需的桩土置换率和地基处理深度;(7)仍采用沉降拟合方法,确定桥台与两侧路基过渡段的桩土置换率和加固处理深度;(8)绘制断面的沉降过程线,应能满足相应等级公路的坡降比要求.

## 4 工程实例

该工程位于江汉平原,原始地形平坦,自然地面标高+30.0 m,为路宽 24 m 全封闭高速公路,路基标高+35.5 m,设净高 5 m 双向过车涵道,双跨长 13 m,涵道上的路面标高+36.0 m.路基及涵道荷载分布见图 3.地基为长江冲洪积层,除表层分布厚度 1.0 m 的耕植土,下覆深厚软土层,淤泥质粉质粘土厚度 26.0 m,基底为细砂层,软土的主要力学性质

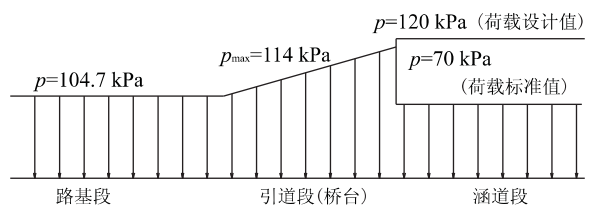


图 3 涵道路基荷载分布

Fig. 3 Loading distribution of culvert and subgrade

表1 软土物理力学性质指标

Table 1 Physical-mechanical properties of softsoils

厚度 $d/m$	含水量 $\omega/\%$	贯入阻力 $p_c/MPa$	承载力 $f_k/kPa$	压缩模量 $E_s/MPa$
26	53	0.6	80	2.3
>10		8.0	210	12.0

指标见表1.

涵道和引道采用搅拌桩加固处理,搅拌桩强度1 000 kPa,单桩容许承载力80 kPa,桩径500 mm.

复合地基强度验算:取置换率 $m=13\%$ ,

$$R_{sp} = (1-m)R_s + mR_c = (1-0.13) \times 80 + 0.13 \times 80/0.196 = 122.7 \text{ kPa} > 120 \text{ kPa}. \quad (4)$$

式中: $R_{sp}$ . 复合地基承载力,kPa; $R_s$ . 桩间土承载力,kPa; $R_c$ . 桩身承载力,kPa. 结果表明,复合地基承载力满足要求.

搅拌桩加固处理深度 $d=12$  m,对下卧层强度进行验算:

$$f = f_k + \eta_a \gamma_0 d = 80 + 1.1 \times 1.8 \times 12 = 317.6 \text{ kPa}. \quad (5)$$

式中: $f$ . 修正后的地基承载力,kPa; $f_k$ . 地基承载力标准值,kPa; $\eta_a$ . 深度修正系数; $\gamma_0$ . 土的容重, $t/m^3$ .

$$p = p_0 + p_c = 100 + 216 = 316 \text{ kPa}. \quad (6)$$

式中: $p$ . 总荷载; $p_0$ . 附加荷载标准值; $p_c$ . 地基土压力; $p \leq f$ ,下卧软层强度满足设计要求.

涵道地基沉降计算.地基沉降由复合地基自身压缩沉降和下卧层沉降两部分组成:

$$S_1 = S_{上} + S_{下} = 20.3 \text{ cm}. \quad (7)$$

按沉降拟合设计原则,引道的沉降与涵道相同,

表2 拟合处理设计参数及沉降量

Table 2 Designing parameters and settlement values of fitting treatment

	路基	引道3	引道2	引道1	涵道
区段长 $L/m$	0	10	10	10	13
置换率 $m/\%$	0	10	12	16	13
桩长 $l/m$	0	8	10	15	12
沉降量 $S/cm$	35	28	23	20.3	20.3

$S_2 = S_1 = 20.3$  cm,由此计算出引道搅拌桩长15 m,置换率 $m=16\%$ ;进一步拟合引道外侧的路段,其设计结果如表2所示.投入使用后效果良好.

## 5 结论

(1)软土地区路基存在固有的沉降特性,致使桥涵和桥台之间差异沉降形成叠坎;(2)采用地基处理方法,以沉降拟合作为设计依据,以沉降控制为主确定加固桩的置换率和加固深度,能有效地解决桥台差异沉降难题;(3)对桥涵地基弱化加固处理,桥台地基强化加固处理,能控制两者的差异沉降;(4)应基于沉降变形特点,对桥涵自身的结构安全性进行验算,采用合理的上部结构型式及构造.

参考文献:

- [1]《地基处理手册》编写委员会.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [2]《工程地质手册》编写委员会.工程地质手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [3]龚晓南.地基处理新技术[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.

## SUBGRADE SETTLEMENT FITTING BETWEEN SMALL BRIDGE ABUTMENT AND BRIDGE CULVERT IN SOFTSOIL AREAS

Chen Shaoping

(Wuhan Geological Investigation and Foundation Engineering Corp., Wuhan 430030, China)

**Abstract:** Based on the designing principle of settlement deformation control, settlement fitting has been adopted to resolve the differential settlements between small bridge abutment and bridge culvert in softsoil areas.

**Key words:** softsoil; bridge abutment; bridge culvert; settlement fitting.