

路桥过渡段复合地基差异沉降优化设计研究

刘秀丽

(江苏省阜宁县公路管理站, 江苏 阜宁 224400)

摘要:以某高速公路为工程背景,运用 Plaxis 有限元程序对路桥过渡段地基沉降特性给予分析,并提出相应处理措施验证了其合理性,这对已建高速公路运营期的维护工作具有一定指导意义,同时,对待建高速公路的设计和施工过程质量控制也具有很好的参考价值。

关键词:过渡段;差异沉降;桥头跳车;有限元

中图分类号:U416.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2010)02-0066-04

桥头跳车作为高速公路最常见的病害之一,产生的直接原因是刚性桥台和柔性路堤在荷载作用下由于刚度的较大差异而引起的显著沉降差异^[1,2]。采用桥头搭板来防止桥头跳车现象是目前一种比较常见的处置方法,陈鹏^[3]应用有限元法,对路桥过渡段模型搭板在轴载作用下的受力情况进行了分析。顾锋^[4]对桥头搭板尺寸、内力以及搭板构造和枕梁设置进行了现场测试以及模型试验研究。王淑波^[5]采用非线性有限元分析方法,对斜交搭板的受力特性及影响受力的各种因素进行了深入细致的分析。

本文以杭浦高速公路为工程背景,运用 Plaxis 有限元程序对刚性桩处理的路桥过渡段进行模拟与分析,结合工程中所出现的一系列问题,如路面开裂、搭板尾部路堤沉降过大等,对原设计地基处理方式提出优化设计方案。

1 Plaxis 计算原理与平面化问题的有限元计算

1.1 Plaxis 有限元程序

Plaxis 是由荷兰 Delft 科技大学开发的岩土工程有限元程序,该程序可用来分析岩土工程项目中的变形、固结及渗流等问题。

为了模拟土与其它材料的相互作用,Plaxis 程序引入了界面单元概念。它是用一个弹塑性模型描述界面的性质,来模拟土与其它材料的相互作用,它们之间的应力传递取决于界面的强度,而

界面单元的强度等于周围土体的强度乘以土与界面单元的摩擦系数 R_{inter} ,该参数反映了两者的相互作用的程度,可取 $R_{inter} = 1$ 、 $R_{inter} < 1$ 、 $R_{inter} > 1$ 3 种情况。

1.2 复合地基平面应变有限元简化分析

假设群桩为矩形布置,计算简图如图 1 所示。

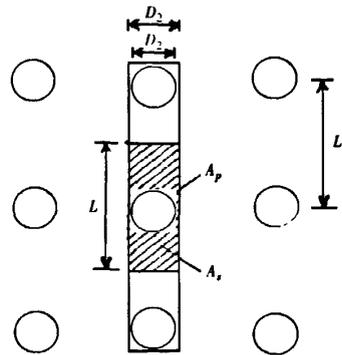


图1 群桩地基简化桩墙示意图

Fig.1 Schematic of simplified group pile foundation

沿路堤的纵向将独立分布的桩体连接转化为连续分布的桩墙,则转化前纵向单倍桩间距长度内、桩墙覆盖范围的总刚度为:

$$S_1 = A_p E_p + A_s E_s = 0.25\pi D_1^2 E_p + (LD_2 - 0.25\pi D_1^2) E_s \quad (1)$$

式中: L 为纵向桩间距; A_p 、 A_s 分别为单桩截面积和纵向单倍桩间距长度内、桩墙覆盖范围内土体

收稿日期:2010-04-12

作者简介:刘秀丽(1969-),女,江苏阜宁人,工程师,主要研究方向为路桥施工与管理。

面积; E_p 、 E_s 分别为桩体和桩间土的弹性模量; D_1 、 D_2 分别为桩体直径和桩墙厚度,一般情况下可取两者相等。

刚度等效转化后单倍间距长度范围内桩墙的总刚度为:

$$S_2 = LD_2 E_1 \quad (2)$$

式中: E_1 为等效桩墙的弹性模量。

根据等效简化前后刚度相等的原则,可求得简化后桩墙的等效弹性模量值 E_1 。

2 路桥过渡段有限元分析

2.1 工程概述

杭浦高速公路 k72 + 710 - k72 + 763 段是一桥头引道路段,软土地基主要由 3 层组成。k72 + 710 - k72 + 748 段地基,预应力管桩处理,间距 2.0 m,处理深度 25 m; k72 + 748 - k72 + 763 路段长 15 m,为预应力管桩变桩长处理过渡段,间距 2.5 m,处理长度每排递减 3 m。包括路面结构层在内,路堤设计填高 4.8 m,边坡坡比 1:1.5,路面

顶宽度 35 m。沿高速公路路堤纵向, k72 + 718 处为搭板尾部。

2.2 断面模型的建立

根据群桩问题平面化求解理论,将该路段预应力管桩群等效为纵向与横向的桩墙,利用平面有限元问题对该处复合地基进行分析和计算。由于荷载作用下桩、土间可能出现相对滑移,建立模型过程中在桩、土接触面处设置接触面单元体,以反映桩、土间的相互作用强度的折减。

从 k72 + 710 桥台开始到 k72 + 763 桥头引道段结束,长 53 m,沿路堤纵向方向,选路中一断面,建立纵向有限元模型。分别在地表向上 0.5 m 砂垫层、1.5 m 路堤、3.5 m 路堤处铺设一层土工格栅,轴向刚度取 20 000 kN/m,并在格栅两侧设置接触面单元;搭板枕梁横向长度取 16 m,计算单元采用 15 节点三角形单元,分阶段模拟路堤分层填筑、路面施工等。k72 + 718 断面地基各层土体、路堤、路面、等效桩墙等材料的物理力学性质指标见表 1,搭板枕梁物理参数选取见表 2。

表 1 断面模型计算参数

Table 1 The Parameters of sectional model

材料	参数			
	重度 $\gamma/\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	弹性模量 E/MPa	粘聚力 c/kPa	摩擦角 $\varphi/(\circ)$
面层	17.0	8.0	52.6	27.0
路堤	21.0	8.0	20.0	25.0
第 1 粘土层	19.3	4.0	38.0	6.9
第 2 粘土层	18.6	3.6	23.5	5.8
第 3 粘土层	19.7	5.8	64.8	11.2

表 2 搭板枕梁计算参数

Table 2 The Parameters of Slab and bolster

搭板枕梁参数	材料类型	轴向刚度/ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$	抗弯刚度/ $\text{kNm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$	等效厚度/m
横向方向	弹性	9.50E+05	9.50E+05	2.19
纵向方向	弹性	2.90E+08	5.10E+05	0.15

3 解决过渡段差异沉降问题的研究

3.1 不同盖板长度情况下地基沉降特性研究

在原设计桩长不变的情况下,分别取桩顶方形盖板长度为 1.1 m、1.2 m、1.3 m,模型中其他材料参数的选取和边界条件的设置与典型断面模型完全相同,分别建立不同盖板长度情况下沿路

堤纵向的有限元分析模型。沿纵向地表从 30 m 位置,即过渡段前第 4 排与第 5 排桩间开始向远离桥台的方向绘制曲线,如图 2 所示。

从曲线中可以看出,在相同盖板面积情况下,各点沉降随桩长的减小而增加;而在不同盖板面积情况下,地表同一点沉降随盖板面积的增加而增大,然而纵向各点沉降跟未改变盖板长度情

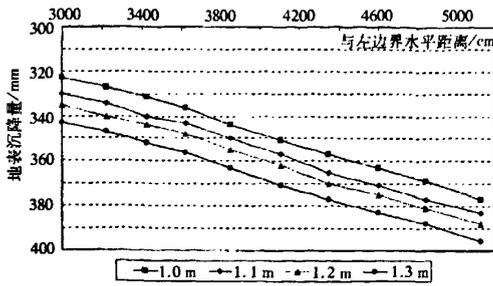


图 2 不同盖板长度下的纵向地表沉降曲线
Fig.2 Longitudinal surface settlement curve of different lengths of cover

况下各点的沉降规律性基本一致。根据这一结论,可通过改变桩顶盖板面积的方式来实现差异沉降的过渡,防止因地基刚度差异而出现过大差异沉降。

3.2 刚性桩桩顶盖板长度优化设计

目前,在设计过程中,刚性桩处理地基过渡段设计通常采用变桩长、变桩间距或两者结合的方式,但往往仍不能将差异沉降很好的过渡,这种现

象在刚性桩第 1 跨过渡位置处表现得尤为明显。通过对杭浦高速公路调查发现,路面裂缝出现在大致距桥台 35~40 m 的位置处,而设计上在距桥台 38 m 位置开始设置地基处理过渡段,在第 1 跨过渡位置桩长和桩间距都发生改变,而向路堤侧仅桩长变化,且每排递减 3 m。然而调查过程中,在过渡位置处却没有因为地基刚度差异而出现路面裂缝,说明该刚性桩处理过渡段,尤其是过渡段开始位置的设计有待进一步完善。

根据对不同桩顶盖板长度情况下地基沉降特性的分析,利用地基沉降随盖板长度增大而增加这一规律性,设想在第 1 跨的桥台方向一定范围内增大盖板长度,以增大该范围地基沉降;而路堤方向一定范围内减小盖板长度,以减小该范围地基沉降;同时,在过渡段尾部再增大盖板长度,以实现地基沉降由刚性地向柔性地基的平稳过渡。参照 k72+718 纵向断面各有限元模型参数及边界条件设置,建立变盖板长度的有限元模型,并进行计算和分析,刚性桩长及优化前后桩顶盖板长度见表 3。

表 3 优化前后刚性桩顶盖板长度对照表

Table 3 Comparison table of length of rigid pile cap plate before and after optimization

桩与桥台距离/m	31.3	33.3	35.3	37.3	39.3	41.8	44.3	46.8	49.3	51.8
刚性桩长/m	25.0	25.0	25.0	25.0	22.0	19.0	16.0	13.0	10.0	7.0
原设计盖板长/m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
优化盖板长/m	1.0	1.1	1.2	1.3	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1

沿纵向选取起始点 A 距左边界 30 m,以该点为参照点,绘制其他各点相对起始点沉降差及与左边界水平距离的关系曲线,见图 3。其中,在盖

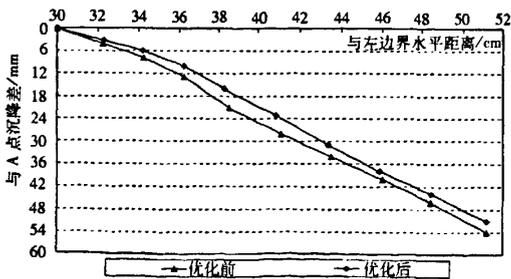


图 3 盖板长度优化前后各点相对 A 点的沉降曲线
Fig.3 Relative settlement of all points before and after optimization

板长度优化前后起始点沉降量分别为 323 mm 和 345 mm,尽管该位置盖板长度无变化,但该点沉降还是受到右侧地基沉降的影响。

从图中曲线可见,盖板长度优化后各点相对起始点的沉降差减小,且优化前 C、D、E、F4 点差异沉降产生的纵向坡度分别为 0.25%、0.35%、0.27%,而优化后纵向坡度分别为 0.20%、0.30%、0.27%,在盖板长度优化后,C、D、E3 点间纵向坡度减小;优化前 H、I、J3 点间纵向坡度分别为 0.25%、0.29%,而优化后纵向坡度分别为 0.24%、0.25%,在盖板长度优化后坡度同样有所减小,但不是非常明显,这些都反映了改变盖板长度对消除差异沉降所起的作用。

4 结论

结合现场沉降情况,根据不同桩顶盖板长度下地基沉降规律,在原设计地基处理方式基础上,

提出了桩顶盖板长度的优化设计,并对优化后纵向地表各点差异沉降进行了对比分析,得出了优化后纵向各点差异沉降坡度减小的结论,验证了优化设计的合理性。

参考文献:

- [1] 王万顺,耿与岭. 高速公路桥头跳车病害的分析与治理方法探讨[J]. 中国煤炭地质,2005,17(5):78-80.
- [2] Long, Jmaes H,Olson, Scott M, et al. Differential movement at embankment - bridge structure interafce in Illinois[J]. Transportation Research Record, n1633, Sep, 1998(2):53-60.
- [3] 陈鹏,郑传超. 路桥过渡段搭板受力分析[J]. 西安公路交通大学学报,1998,18(3):244-251.
- [4] 顾锋,邵容光,裴世保. 桥头搭板设计[J]. 公路,1996(1):1-4.
- [5] 王淑波,赖国麟. 斜交桥头搭板受力分析[J]. 中国公路学报,1996(3):49-56.

Research on Inconsistent Settlement Optimization of Embankment - Bridge Transitional Belt

LIU Xiu-li

(Funing Road Managment Station, Jiangsu Funing 224400, China)

Abstract: This thesis chosed Hang - Pu Highway for project background, and used the plaxis finite element program to analyze the settlement characteristic of embankment - bridge transitional belt, and put forward some treatment measures and furthermore verified their reasonableness. The research achievements on embankment - bridge transitional belt not only have certain guiding significance for the maintenance work of the highway during its operation period, but also they will possess very good reference value to the scheduling highways' design and quality control during their construction.

Keywords: transitional belt; inconsistent settlement; vehicle jumping at the end of bridge; finite element

(责任编辑:沈建新; 校对:张英健)