

桩板式路基结构的沉降分析

高岩

(中铁二十局集团第四工程有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 本文以新建宁和高速公路项目为背景, 对桩板式路基结构的总沉降和不均匀沉降进行分析。研究表明: 桩板式路基结构基础稳定性较好, 沉降值较小, 在荷载长期效应组合下, 桩端土为黏土、中砂、圆砾层的路段, 桩基总沉降值分别为9.24 mm、6.40 mm、5.65 mm, 桩板式路基结构纵横向最大不均匀沉降分别为2.04 mm、1.54 mm, 满足施工技术要求。

关键词: 桩板式路基; 总沉降; 不均匀沉降
中图分类号: U416.1 文献标志码: A



桩板式路基结构由预制桥面板、管桩组成, 预制板梁、管桩可工厂化预制生产, 现场组装, 施工速度快, 施工质量好。在高速公路工程中, 板桩式路基相较传统路基来说, 适应性强, 在不同地段可以灵活应用。由于取消传统路基的放坡宽度, 因此节约土地资源, 提高土地利用效率。这种新型的施工技术可以有效解决在传统公路工程建设过程中的种种弊端。同时, 桩板式路基是处理深厚软土、松软土和湿陷性黄土的有效措施, 保证路基完工后沉降可控, 并且建设成本低廉, 更适合现代社会的理念要求, 是一种稳定、安全的新型路基结构。新建桩板式路基结构如图1所示。

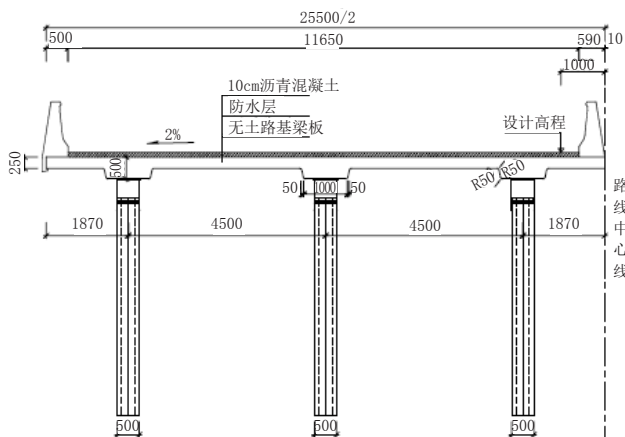


图1 新建桩板式路基结构

目前, 桩板式路基结构已在高速公路工程中有很大规模的应用, 本文旨在对桩板式路基结构进行沉降

分析。首先对区域内已建项目的试桩结果进行总结, 然后结合新建宁和高速进行纵横向沉降分析^[1]。

1 桩板式路基结构试桩试验

1.1 合安高速试桩试验

合安高速桩板式路基采用PRC-500C+PHC500 AB 100管桩, 单桩竖向承载力特征值为1300 kN, 共进行10个桩基的试桩试验。该路段以粉质黏土、粗砂、中砂为主^[2]。试验结果见表1。

表1 合安高速试桩试验数据

桩号	入土深度 (m)	贯入度 (cm/10 击)	极限承载力 (kN)	极限荷载 沉降量 (mm)	设计荷载 沉降量 (mm)
SZ-01	13	1.33	1750	7.22	3.66
SZ-02	16	1.67	1750	11.74	4.73
SZ-03	18	4.00	3500	18.80	6.59
SZ-04	16	12.17	3500	17.35	6.91
SZ-05	19	25	3500	14.58	5.36
SZ-06	19	11	3500	14.66	4.14
SZ-07	16	桩头爆裂	3500	19.13	6.91
SZ-08	20	13.67	3500	18.34	5.36
SZ-09	16	12.67	3500	18.66	6.68
SZ-10	17	12.67	3500	18.10	7.35

注: 设计荷载为极限荷载的1/2, 下同。

结果表明: 该路段地质条件适合采用管桩基础, 管桩施工较为方便, 基本不存在难以沉桩的现象, 单桩竖向极限承载力满足设计要求, 极限荷载沉降量为7.22~19.13 mm, 对应平均沉降量为15.86 mm, 设计荷载沉降量为3.66~7.35 mm, 对应平均沉降量为5.77 mm。

1.2 芜合高速试桩试验

芜合桩板式路基采用PHC600管桩，单桩竖向承载力特征值为1200 kN，共进行2个桩基的试桩试验^[3]。该路段以粉质黏土、强风化岩、碎石土为主，桩端一般进入强风化岩或者碎石土层，试桩加载最大值控制在2400 kN，试桩结果如图2所示。

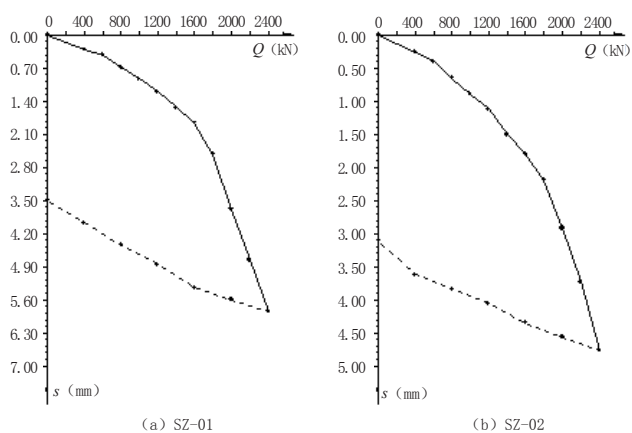


图2 Q-S荷载曲线

可以看出：所测基桩加载至2400 kN曲线时未出现陡降，承载力均满足设计要求。SZ-01#基桩在加载至2400 kN时，基桩总沉降量为5.85 mm；SZ-02#基桩在加载至2400 kN时，基桩总沉降量为4.76 mm，两根基桩在设计荷载时沉降量较小，其值分别为1.21 mm与1.12 mm。

1.3 龙塘收费站改扩建工程试桩试验

龙塘桩板式路基采用PHC500B100管桩，单桩竖向承载力特征值为1100 kN，入土深度为20~22 m，共计试桩12个。该路段以软土、黏土为主。试桩结果见表2。

表2 龙塘项目试桩试验数据

桩号	入土深度 (m)	贯入度 (cm/10 击)	极限承载力 (kN)	极限荷载沉降量 (mm)	设计荷载沉降量 (mm)
SZ-S1	21.00	6.5	2100	11.77	4.26
SZ-S2	21.00	11.9	2450	13.62	4.61
SZ-S3	20.70	6.6	2450	15.97	4.99
SZ-S4	20.60	6.5	2450	8.88	2.26
SZ-S5	23.00	8.9	2100	16.73	6.03
SZ-S6	23.00	9.0	2450	19.35	3.74
SZ-N1	21.00	7.7	3500	15.74	2.22
SZ-N2	21.00	13.2	3500	17.26	1.20
SZ-N3	21.50	8.6	3500	19.42	1.98
SZ-N4	21.00	13.9	3500	19.88	2.83
SZ-N5	22.00	9.3	3500	12.83	1.52
SZ-N6	21.50	11.8	3500	14.96	1.84

由表2可以看出：南广场管桩（SZ-S1~SZ-S6）

单桩竖向极限承载力均不小于2100 kN，基本满足设计要求。北广场管桩（SZ-N1~SZ-N6）单桩竖向极限承载力均为3500 kN，满足设计要求。极限荷载沉降量为8.88~19.88 mm，对应平均沉降量为15.53 mm，设计荷载沉降量为1.20~6.03 mm，对应平均沉降量为3.12 mm。

区域内已建工程桩板式路基试桩试验数据总结（表3）分析表明；（1）三个项目管桩承载力均满足要求，管桩的设计荷载平均沉降量分别为5.77 mm、1.17 mm、3.12 mm。（2）芜合桩板式路基管桩沉降量较其他两个项目小，主要原因是芜合项目的管桩桩端多进入强风化岩、碎石土，此类土压缩模量相比黏土、一般砂土大。

表3 试桩试验数据总结

工程	合安高速	芜合高速	龙塘收费站
管桩类型	PHC500	PHC600	PHC500
平均入土桩长 (m)	17	13	21
单桩竖向承载力特征值 (kN)	1300	1200	1100
极限承载力特征值 (kN)	3500	2400	2100~3500
地质概况	以粉质黏土、粗砂、中砂为主	以粉质黏土、强风化岩、碎石土为主	以软土、黏土为主
桩端土层	粗砂、中砂	强风化岩、碎石土	黏土
试桩极限荷载平均沉降量 (mm)	15.86	5.31	15.53
设计荷载平均沉降量 (mm)	5.77	1.17	3.12

2 桩板式路基结构沉降分析

2.1 沉降计算内容及原则

以在建宁和高速公路项目为背景。纵向标准跨径为6 m，横向跨中板厚为26 cm，加腋根部厚为50 cm。联端板为提高刚度和强度，横向跨中板厚增厚至50 cm，纵向加厚范围为联端1 m。下部采用PRC-I 500AB型管桩+PHC500AB型管桩的配桩形式。

该项目桩板式路基覆土层较厚，平均入土桩长10~12 m，桩端土层以黏土为主，少部分桩端土层为中砂、圆砾土，总体土层性质变化平缓，仅个别位置出现明显地层变化^[4]。

为全面分析桩板式路基沉降情况，应进行以下三个方面的沉降分析：（1）分别计算桩端土为黏土层、中砂层及圆砾土层结构沉降量。（2）选取地质纵向变化较大的路段，计算管桩最大不均匀沉降量。（3）计算横向不均匀沉降（应考虑管桩在恒载标准值与汽车横向偏载准永久值引起的反力差和土层性质变化两个因素）。

2.2 沉降计算荷载

利用Midas Civil建立整体模型。其中桥面板采用板单元模拟,划分约为500 mm×500 mm,桩基采用梁单元模拟。

边界条件:分析时利用节点弹性支撑建立横向和纵向的土弹簧,模拟土质对桩的作用。弹簧刚度依据“M”法计算得到土的水平作用效应^[5]。在桩底施加竖向弹簧支撑,在联端支座位置施加竖向支撑。

计算中主要考虑自重、二期荷载、均匀温度作用、梯度温度作用以及汽车荷载、汽车制动力、基础沉降等作用。沉降考虑5 mm,其余作用均依据《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363—2019)^[6]的规定取值。由整体模型最终得到的沉降计算荷载见表4。

表4 沉降计算荷载

荷载长期效应组合 (kN)	永久作用标准值 (kN)	汽车荷载准永久值 (kN)
523	317	206

2.3 沉降计算结果

2.3.1 不同桩端土的桩基总沉降计算

根据《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)^[7],桩基在不同桩端土下的沉降量进行计算,结果见表5。

表5 沉降计算结果

中心里程	桩号	桩端土	桩端土压缩模量E (MPa)	入土桩长 (m)	沉降量 (mm)
K7+811.4	64	黏土层	17.9	9.5	9.24
K7+811.4	54	中砂	26	10.3	6.40
K7+189.9	82	圆砾	32.5	10.2	5.65

2.3.2 纵向不均匀沉降计算

选取K7+189.90段76#、82#桩对纵向不均匀沉降进行计算,结果见表6。

表6 纵向不均匀沉降计算结果

桩号	桩端土	桩端土压缩模量E (MPa)	入土桩长 (m)	沉降量 (mm)	沉降差 (mm)
76	黏土层	17.4	10.2	7.69	2.04
82	圆砾	32.5	10.2	5.65	

2.3.3 横向不均匀沉降计算

选取K7+811.40段64#、54#桩, K7+189.90段82#(每个桩号位置横向有3根桩基)对横向不均匀沉降进行计算,应在计算中考虑管桩在恒载标准值与汽车横向偏载准永久值引起的反力差和土层性质变化两个因素,结果见表7。

表7 横向不均匀沉降计算结果

计算里程	桩号	桩端土	桩顶准永久荷载组合轴向力差(kN)	沉降差 (mm)
K7+811.40	64	黏土层	114	1.54
K7+811.40	54	中砂	114	1.39
K7+189.90	82	圆砾	114	1.23

由表4~表6可以看出:(1)在荷载长期效应组合下,桩端土为黏土、中砂、圆砾层的路段,桩基总沉降值分别为9.24 mm、6.40 mm、5.65 mm。(2)本项目土层性质沿纵向变化较为均匀,纵向不均匀沉降差最大值为2.04 mm。(3)考虑土层性质沿横向变化、恒载标准值和汽车荷载偏载准永久值组合引起管桩桩顶反力差而产生的横向不均匀沉降值为1.54 mm。

3 结束语

区域内已建项目的单桩竖向荷载试验数据(设计荷载下沉降量平均值分别为5.77 mm、1.17 mm以及3.12 mm)表明桩板式路基结构基础稳定性较好,沉降值较小。

宁和新建高速项目的沉降计算结果表明:在荷载长期效应组合下,桩板式路基结构纵向最大不均匀沉降分别为2.04 mm、1.54 mm,结构设计中基础不均匀沉降取值5 mm就可以满足设计要求。

同时,根据沉降分析结果,在设计管桩施工时,建议在土层性质发生较大变化的情况下,管桩桩长除应满足承载能力和正常使用极限状态要求外,应尽量使距离较近桩基的桩端土层性质一致,减小不均匀沉降对结构的不利作用。

参考文献

- [1] 许大晴,席进.桩板式梁桥在高速公路改扩建项目中的应用[J].现代交通技术,2017(6):40-42.
- [2] 丁楠,许健,李剑鸾.桩板式路基结构的合理联长分析[J].工程与建设,2021,35(3):3.
- [3] 王静,谢荣海.某高速公路桩板式路基与常规路基路面对比分析[J].建筑工程技术与设计,2018(31):3741.
- [4] 申华栋.浅析桩板式路基在公路工程中的应用[J].技术与市场,2019,26(5):2.
- [5] 邢世玲,叶见曙,姚晓励.桥梁桩基础有限元模型构建思路与应用[J].特种结构,2010(2):76-80.
- [6] 中华人民共和国交通运输部.公路桥涵地基与基础设计规范:JTG 3363—2019[S].北京:人民交通出版社,2020.
- [7] 中华人民共和国建设部.建筑桩基技术规范:JGJ 94—2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.