

沪杭甬高速临平段改建工程软基处理优化设计

应海见

杭州市交通规划设计研究院有限公司 浙江杭州 310012

摘要: 本文以沪杭甬高速公路临平段改建工程为依托, 结合具体地质条件与路基填土高度等因素, 通过对预应力管桩、双向水泥搅拌桩、塑料排水板、泡沫轻质土4种软基处理方案进行技术经济比较, 推荐对工后沉降或稳定安全系数不满足规范要求的东湖快速路收费站匝道桥头和收费广场路段采用预应力管桩处理, 浦运路、南大街工后沉降不满足要求的桥头路段采用泡沫轻质土换填处理。

关键词: 公路; 改建工程; 软基处理; 设计

一、工程概况

沪杭高速公路是浙江省开建的第一条高速公路, 途经嘉兴、杭州、绍兴、宁波四个地市, 全长248公里, 于1998年底全线建成通车, 2002年改扩建为双向六车道高速公路。临平城区距离杭州绕城高速仅6公里左右, 一直以来缺少进入主城区的快速通道, 虽然可以通过现状的沪杭高速能进入杭州主城区, 但高速公路收费和局部路段的通行能力瓶颈, 一直制约着临平城区与杭州主城区之间的直连直通。沪杭高速公路临平段改建工程通过将现有路基抬升为高架, 使道路两侧地块实现完全沟通。项目主线高架起点接沪杭甬高速海宁段, 将临平段现状沪杭高速公路中心线整体往南平移约50m, 平移后与老路(废止)净距约5~10米, 走向基本与现状沪杭高速公路平行, 路线从海宁段的京杭运河二通道段的起点开始往南偏, 高架桥梁依次跨越东湖南路、东湖快速路、余杭互通(迁改), 南大街、迎宾路(改地面)、规划星都大道后, 再偏回现状沪杭高速公路, 终于杭浦高速分离桥附近, 路线全长约3.04公里, 其中主线连续高架长2749米。浦运路为沪杭高速余杭段抬升后桥下的地面道路, 起点同现状高速起点与海宁段的连杭路接顺, 终点与接规划星都大道(预留)。主要交叉道路为有条, 分别为东湖路、东湖高架、南大街、迎宾路、规划星都大道。项目位于杭嘉湖冲积平原区, 沿线地势平坦开阔, 河道纵横, 高程2~5m。表部分布有厚度不一的人工填土, 大部分地区为农田, 以种植果蔬苗木为主, 土壤母质为冲湖积、冲海积亚粘土或亚砂土, 软土层广泛分布于地

表浅部。路基工程主要包括主线桥头路基过渡段、浦运路(高架下的地面道路)及迎宾路、南大街两条主要被交道路。

二、不良地质条件

路线经过地区的地貌单元属杭嘉湖冲积平原区, 地势平坦开阔, 河道纵横, 高程2~5m。一般在村庄附近因人类活动, 地势略有提高, 表部分布有厚度不一的人工填土。大部分地区为农田, 以种植果蔬苗木为主, 土壤母质为冲湖积、冲海积亚粘土或亚砂土。河道分布较密集, 局部有池塘分布, 水深一般0.5~1.50米, 底部淤泥厚0.50米左右。勘察深度范围内地层主要为第四系上更新统(Q)和全新统(Q₄)地层。全新统地层: 地表是冲湖积软~硬塑粉质粘土, 厚度2~5米, 为硬壳层; 浅部为海积和冲湖相沉积的粘性土, 下部主要是海积、冲海积沉积的淤泥质土和粉质土。上更新统地层: 上部为冲湖积沉积的粘性土(硬层)为主, 中部以海积沉积的粉质土(亚砂土)为主, 其下为冲湖积沉积的粘性土, 局部出现粉质土。沿线主要特殊性岩土为软土, 软土层广泛分布于地表浅部。软土岩性以淤泥质土为主, 按埋深从上到下主要有2层: ②₃层淤泥质粉质粘土, 一般埋深3.90~7.9m, 局部地段段软土层较厚, 最大达26.4m; ③₄层淤泥质粉质粘土, 灰色, 流塑, 含有机质及腐植质, 埋深一般14.0米, 厚约2.8米, 局部较薄, 含贝壳、腐木。(见下表1)

三、软基处理方案比选论证

1. 原有软基处理形式及使用情况

主线路改桥路段, 由于线位南移, 设计对原有路基的软基处理情况不再研究。对于终点衔接路段, 无软土分布, 经查阅竣工图, 该路段老路未进行软基处理。

2. 设计原则

考虑地质和环境等因素对路基的影响, 以及这些因

作者简介: 应海见, 性别: 男, 民族: 汉, 出生年月(1982年8月), 籍贯: 湖南武冈, 学历: 工学学士, 职称: 高级工程师, 研究方向: 公路工程设计与研究。电子邮箱: 17841273@qq.com。

表1 软土主要物理力学性质一览表

	含水量 ω (%)	天然密度 ρ (g/cm^3)	天然孔隙比 e	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	快剪		固结快剪	
					粘聚力 c_q (kPa)	内摩擦角 ϕ_q ($^\circ$)	粘聚力 C_q (kPa)	内摩擦角 Φ_q ($^\circ$)
② ₃	46.7	1.76	1.278	2.33	21.0	0.8	23.0	12.1
③ ₄	40.1	1.76	1.173	2.42	23.0	1.1	27.2	14.6

素的发展变化规律,路基病害整治应遵循一次根治,不留后患,安全与经济并重,兼顾景观原则,通过经济技术经济比较,因地制宜,采取合理的整治方案和有效的工程措施。

1) 应遵循“安全适用、技术先进、经济合理、质量可控”的设计原则,做到因地制宜、合理选材、节约资源、保护环境。

2) 在软土路基上修筑路堤,应进行稳定验算和沉降计算,当稳定安全系数和工后沉降不满足设计规范要求时,均应进行地基处理设计。

3. 沉降计算方法及沉降标准

采用分层总和法,利用压缩试验资料的e-p曲线或压缩模量 E_s 计算地基主固结沉降,并利用沉降系数 m_s 计算地基总沉降,最后根据地基固结度法计算路面设计使用年限(15年)工后沉降。考虑到当地路堤填料采用宕渣,填料密度采用 $20\text{kN}/\text{m}^3$ 。沉降计算的压缩层厚度按计算层底面的附加应力与有效自重应力之比等于0.15控制;对于浅、薄层软土路段,计算到相对硬层为止。根据浙江省地方标准《公路软土地基路堤设计规范》(DB 33/T 904-2013),互通匝道沉降的要求如下:桥头路基 $\leq 10\text{cm}$,收费站广场 $\leq 20\text{cm}$;地面道路(参照一级公路 $\leq 60\text{km}/\text{h}$ 的标准,桥头路基 $\leq 20\text{cm}$,涵洞路段 $\leq 30\text{cm}$,一般路段 $\leq 50\text{cm}$)。不同处理路段应设置过渡段实现差异沉降过渡,其工后差异沉降渐变率 $< 0.5\%$ 。

4. 稳定计算方法及稳定标准

采用圆弧条分法按路堤施工期及公路运营期的荷载分别计算稳定系数,路堤施工期荷载包括路堤自重、路面自重,运营期荷载包括路堤自重、路面自重和行车荷载,验算时均采用有效固结应力法(采用快剪和固结快剪指标),其稳定安全系数要求不小于1.2,否则应进行处治。

5. 天然地基沉降与稳定性验算结论

沪杭高速主线高架桥终点衔接段地基无软土分布。互通区及地面道路范围内地基分布有软土层,按埋深从上到下主要有2层:②₃层淤泥质粉质粘土,一般埋深3.90~7.9m,局部地段软土层较厚,最大达26.4m。③₄层淤泥质粉质粘土,灰色,流塑,含有机质及腐植质,埋深一般14.0米,厚约2.8米,局部较薄,含贝壳、

腐木。软土层主要分布在互通区及地面道路范围。匝道桥头填土高度为5~7m,东湖快速路收费站收费广场路段填土高度为4~7m。经计算,未经处理的条件下,匝道一般路段路基工后沉降及路堤稳定性不满足要求,需进行软基处理,桥头路基与一般路基应设置过渡段。

表2 天然地基条件下路堤工后沉降及稳定安全系数一览表(互通匝道)

路段	填土高度(m)	工后沉降(cm)	稳定安全系数
互通区——东湖快速路收费站匝道桥头路段	5.0	28.9	1.446
	5.5	30.2	1.360
	6.0	31.6	1.266
	7.0	34.9	1.121
互通区——东湖快速路收费站收费广场路段	4.5	32.9	1.944
	5.5	37.3	1.626
	6.5	41.4	1.410

根据计算,收费站匝道桥头路段工后沉降不满足规范要求,填土高度7m时,稳定安全系数不满足规范要求,需进行软基处理。地面道路(浦运路、迎宾路、南大街)路堤填土高度一般填土高度均在2.0m以下,桥头路段填土高度约2.2~2.5m,天然地基未经处理的条件下,路堤工后沉降及稳定性计算结果如下:

表3 天然地基条件下路堤工后沉降及稳定安全系数一览表(地面道路)

路段	填土高度(m)	工后沉降(cm)	稳定安全系数
浦运路1号桥	2	23.2	2.001
	2.5	30.0	1.659
浦运路2号桥	2	24.3	1.652
	2.5	31.8	1.381
南大街1号桥	2	19.5	1.909
	2.5	23.6	1.592
南大街2号桥	2	17.9	1.904
	2.5	22.2	1.610

根据计算,所有路段稳定性安全系数均满足规范要求,一般路段及涵洞路段路基工后沉降均满足规范要求,但桥头路段路基工后沉降不满足规范要求,需进行软基处理。

6. 软土地基处理方案比选

软土地基处理方法较多,常见的处理方法有浅层换填、超载预压、轻质路堤、水泥搅拌桩、碎石桩及预应力管桩等。浅层换填、超载预压均是处理浅层软土的首要选择,施工方便、经济,但本项目均为深层软土,以上方案不适用。轻质路堤(泡沫轻质土、EPS),采用轻质材料作路堤,以减轻路堤自重,特别是对于深层软土,可减少沉降量,并增大稳定安全系数。EPS作为路堤轻质填料一方面因其造价昂贵,其次是对其路用性能和具

体的施工规程的研究还不充分,应用受到限制。泡沫轻质土在路基设计规范中已有相应的内容,同时其单价也较低,有较好的应用前景,目前国内公路工程中广泛应用,取得了较好的效果。复合地基法既可减少总沉降量,又不需较长的预压期,对提高地基承载力效果较好,是目前处理软土地基应用较多的处理方法^[1]。根据本项目的特点,将复合地基法中较常用的预应力管桩、双向水泥搅拌桩与排水固结法中的塑料排水板、轻质路堤法中的泡沫轻质土等作技术经济比较如下表所示:

表4 软基处理方案比选表

处理方案	预应力管桩	双向水泥搅拌桩	塑料排水板	泡沫轻质土
加固原理	复合地基	复合地基	排水固结	轻质路堤
技术指标	桩径400mm, 桩长一般>15m, 桩间距2.2~2.6m, 现浇C30砼桩帽尺寸1.2×1.2m	桩径500mm, 桩长≤15m, 桩间距1.1~1.3m	塑料排水板宽100mm, 打设长度5~30m, 布置间距1.0~1.3m	湿容重: 6KN/m ³ ; 配合比强度: 28天无侧限抗压强度≥0.8Mpa
费用估算(元)	781/m ²	632/m ²	386/m ²	650/m ²
预压期(月)	≥3	≥3	≥8	/
优点	刚性桩, 承载力高、成桩质量可靠、对周围环境污染小、施工快速方便, 沉降收敛快, 有效控制工后沉降。	填土高度较低时, 适用性较好, 造价经济。	施工工艺简单、成熟, 造价经济、在合理宽松的预压期里处理效果好。	自重轻、强度及稳定性高; 施工快速便捷、无污染; 边部做成直立状, 用地受限地段优势明显, 可减少处理面积; 通过改变厚度较容易实现沉降过渡
缺点	单价相对较高, 软土层底标高较深时经济性差; 存在震动影响和挤土效应;	处理深度有限; 硬壳层较厚时沉桩困难	施工预压时间长, 对于桥台等结构物部位需要采用二次开挖的施工工序	填筑厚度高时造价较高
推荐意见	软土层底深度>15m的桥头路段、收费广场推荐	不推荐	不推荐	填土较低、硬壳层较厚的桥头路段及过渡段推荐

注:(1)费用估算以软土深度15m,路基填土高度4m的软基处理路段为例;(2)由于泡沫砼可垂直填筑,实际处理面积小于其他三种方案,处理同一路段时总造价上更有优势。

通过对预应力管桩、双向水泥搅拌桩、塑料排水板、泡沫轻质土4种软基处理方案进行技术经济综合比较,推荐对沉降或稳定安全系数不满足规范要求的东湖快速路收费站匝道桥头和收费广场路段采用预应力管桩处理,浦运路、南大街工后沉降不满足要求的桥头路段采用泡沫轻质土换填处理。

四、结束语

软土是滨海、湖沼、谷地、河滩沉积的天然含水率高、天然孔隙比大、压缩性高和抗剪强度低的细粒土。主要有软塑至流塑黏土、软塑至流塑粉质黏土,淤泥质黏土、淤泥质粉质黏土,泥炭质土、泥炭等。软土路基如果处理不当,长期承载下则会出现道路路基沉降、路面开裂等病害,严重时会造成路面塌陷,道路结构失稳

等现象^[2]。随着经济发展,公路改扩建工程会进一步增加。但是在公路改扩建的工程中,尚未形成一套行之有效的标准^[3]。对于高等级公路来说,合理设计软土地区的公路路基,有效处理软土地基问题非常必要^[4]。

参考文献:

- [1]纪鹏.高速公路扩建工程软土路基设计分析[J].北方交通,2018(12):67-68.
- [2]李媛.市政道路中软土路基的设计要点分析[J].交通世界,2020(14):51.
- [3]况庆庆,王清林.改扩建新旧路基拼宽差异性沉降控制技术[J].公路,2021(1):361.
- [4]赵锐军.软土地区公路路基设计及处理方法[J].交通世界,2019(30):58.