

Zhejiang Provincial Design Guides of Highway
Embankment on Soft Ground

浙江省公路软土地基 路堤设计要点

◎ 主编单位 浙江省交通规划设计研究院
◎ 批准部门 浙江省交通运输厅



人民交通出版社
China Communications Press

浙江省公路软土地基路堤设计要点

Zhejiang Provincial Design Guides of Highway Embankment on Soft Ground

主编单位:浙江省交通规划设计研究院

批准部门:浙江省交通运输厅



人民交通出版社

内 容 提 要

本书基于现行相关公路工程技术规范,在广泛调研浙江省已建或在建公路的基础上,吸纳成熟的新技术、新工艺、新材料等应用成果,针对浙江省软土特性,对现行行业规范的有关内容作了部分补充和细化。

本书共分12章:1 总则,2 术语与符号,3 基本规定,4 浙江省软土的工程特性及勘察要点,5 浅层处理,6 土工合成材料加筋,7 排水固结法,8 水泥搅拌桩,9 桩承式加筋路堤,10 塑料套管混凝土桩,11 轻质路堤,12 动态监测与分析。

本书供浙江省公路设计、施工、监理等工程技术人员学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

浙江省公路软土地基路堤设计要点/浙江省交通规划设计研究院
设计研究院主编. —北京:人民交通出版社,2009.12
ISBN 978-7-114-08079-1

I. 浙… II. 浙… III. 公路路基-软土地基-路堤-设计-浙江省 IV. U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 215400 号

书 名: 浙江省公路软土地基路堤设计要点

著 作 者: 浙江省交通规划设计研究院

责任编辑: 卢仲贤 黎小东

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 9.25

字 数: 198 千

版 次: 2009 年 12 月 第 1 版

印 次: 2009 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08079-1

定 价: 58.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

关于发布《浙江省公路 软土地基路堤设计要点》的通知

各市交通局(委)、义乌市交通局,省公路局、厅质监局、省交通设计院、咨询公司:

为规范和指导浙江省公路软土地基路堤的设计,提高公路软土地基路堤处理水平,根据浙江省实际情况,特发布《浙江省公路软土地基路堤设计要点》。请全省所有在建及拟建公路参照执行;已建公路请结合日常养护管理及大中修工程,参照本设计要点按实际情况逐步完善。

《浙江省公路软土地基路堤设计要点》由浙江省交通运输厅委托浙江省交通规划设计研究院编制,设计要点的管理和解释由浙江省交通运输厅负责。

请各有关单位在实践中注意积累资料,总结经验,及时将有关意见函告浙江省交通运输厅建设管理处(地址:杭州市梅花碑4号,邮政编码:310009,联系电话:0571-87803719),以便修订时参考。

浙江省交通运输厅
二〇〇九年七月二十四日

《浙江省公路软土地基路堤设计要点》

审 定 委 员 会

主任委员 卞钧霁

委 员 陆耀忠 楼晓寅 唐锡军 王振民

汪银华 蔡金荣 陈海君 桂炎德

编 写 组

主 编 徐立新 杨少华

主要编写人员 袁迎捷 郑束宁 段 冰 毛 斌

刘 健 江建坤 俞 帆 陈建荣

单 君 黄天元 任 超 姜正晖

张天宝 陈 刚 陈永辉 王新泉

编制说明

《浙江省公路软土地基路堤设计要点》(以下简称《设计要点》)是根据浙江省交通运输厅要求,由浙江省交通规划设计研究院负责编写而成。

本《设计要点》在编写工程中,广泛调研了浙江省已建和在建公路的设计经验以及运营公路的路基沉降及路面质量状况,同时全面总结和借鉴了近二十年来浙江省公路建设的实践经验和大量的研究成果,吸纳了成熟的新技术、新工艺、新材料等应用成果,参考国内外相关规范及文献,经广泛征求浙江省及国家有关单位的意见,反复讨论审定,最后由浙江省交通运输厅组织专家审查定稿。

本《设计要点》包括三大内容:(1)总结了浙江省区域内软土的分布及工程特性,这些成果是对浙江省近二十年来公路建设过程中遇到的软弱土等不良地质情况的总结,同时也是设计中究竟采用何种处理方式的依据。(2)七类软基处理方法,这些方法是浙江省软基处理的主要方法,包括浅层处理、土工合成材料加筋、排水固结法、水泥搅拌桩、桩承式加筋路堤、塑料套管混凝土桩和轻质路堤。浅层处理、土工合成材料加筋、排水固结法和水泥搅拌桩是常规的软基处理方法,本《设计要点》主要根据现有规范及浙江省的软土分布及工程特性,规定其适用范围及常用形式,并改进了其设计计算方法;桩承式加筋路堤、塑料套管混凝土桩和轻质路堤属于新型的软基处理方法,本要点根据其在浙江省大量工程中的应用情况,在参考了相关研究课题的基础上,规定了其适用范围及适用条件,并重点介绍了其设计计算方法以及施工工艺。(3)介绍了动态监测与分析的方法。

本要点在执行过程中,如发现有需要修改和补充之处,请将意见直接寄往浙江省交通运输厅建设管理处(地址:杭州市梅花碑4号,邮政编码:310009,联系电话:0571-87803719),以便修订时参考。

前 言

《浙江省公路软土地基路堤设计要点》根据浙江省交通运输厅的要求进行编制。本《设计要点》基于现行相关公路工程技术规范,在广泛调研浙江省已建和在建公路的基础上,全面总结和借鉴了近二十年来浙江省公路建设的实践经验和大量的研究成果,吸纳了成熟的新技术、新工艺、新材料等应用成果。针对浙江省软土特性,对现行行业规范的有关内容作了部分补充和细化,体现了安全适用、技术先进、经济合理、质量可控的设计原则。

本《设计要点》共 12 章:1 总则;2 术语与符号;3 基本规定;4 浙江省软土的工程特性及勘察要点;5 浅层处理;6 土工合成材料加筋;7 排水固结法;8 水泥搅拌桩;9 桩承式加筋路堤;10 塑料套管混凝土桩;11 轻质路堤;12 动态监测与分析。

本《设计要点》重点突出了处理方法的适用性、设计方法的实用性和动态监测的重要性,补充和细化的主要内容有:

1. 总结了浙江省区域内软土的分布及工程特性;
2. 新增了桩承式加筋路堤、塑料套管混凝土桩、EPS 块体轻质路堤、EPS 颗粒混合轻质土、动态监测与分析等内容;
3. 改进了浅层处理、排水固结法、土工合成材料加筋、水泥搅拌桩的设计计算方法;
4. 细化了常用处理方法的适用条件。

目 录

1	总则	1
2	术语与符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	7
3.1	软土的界定	7
3.2	基础资料	7
3.3	工程勘察	8
3.4	沉降与稳定标准	8
3.5	设计	9
3.6	施工要求	11
3.7	设计文件的编制	11
4	浙江省软土的工程特性及勘察要点	13
4.1	浙江省软土的分布	13
4.2	浙江省软土的分类与特点	14
4.3	软土勘察要点	16
5	浅层处理	21
5.1	一般规定	21
5.2	设计	22
5.3	施工要求	25
5.4	质量检验	26
6	土工合成材料加筋	27
6.1	一般规定	27
6.2	设计	28
6.3	施工要求	30
6.4	质量检验	31
7	排水固结法	32
7.1	一般规定	32
7.2	设计	32
7.3	施工要求	36

7.4	质量检验	37
8	水泥搅拌桩	38
8.1	一般规定	38
8.2	设计	38
8.3	施工要求	41
8.4	质量检验	42
9	桩承式加筋路堤	43
9.1	一般规定	43
9.2	设计	43
9.3	桩承式加筋路堤的沉降计算	46
9.4	单桩承载力验算	47
9.5	稳定性验算	49
9.6	施工要求	49
9.7	质量检验	49
10	塑料套管混凝土桩	50
10.1	一般规定	50
10.2	选用形式	50
10.3	材料要求	50
10.4	设计	51
10.5	施工要求	53
10.6	质量检验	54
11	轻质路堤	55
11.1	一般规定	55
11.2	EPS 块体轻质路堤	55
11.3	EPS 颗粒混合土轻质路堤	58
11.4	粉煤灰轻质路堤	60
12	动态监测与分析	62
12.1	一般规定	62
12.2	沉降观测	62
12.3	侧向位移观测	63
12.4	测点保护	64
12.5	监测成果分析	64
12.6	监测控制指标	65
12.7	沉降预测和预抛高的计算	66
附录 A	浙江省软土分布图	68
附录 B	不同地基处理方法的软土试验项目	69

附录 C 浙江省典型软土物理力学指标表 70

附录 D 桩体荷载分担比系数 η 75

附录 E 主要桩型选用表 76

附录 F 本要点用词说明 77

附件 《浙江省公路软土地基路堤设计要点》条文说明 79

3 基本规定 81

4 浙江省软土的工程特性及勘察要点 88

5 浅层处理 93

6 土工合成材料加筋 97

7 排水固结法 102

8 水泥搅拌桩 109

9 桩承式加筋路堤 113

10 塑料套管混凝土桩 117

11 轻质路堤 123

12 动态监测与分析 128

主要参考文献 131

1 总则

1.0.1 为规范和指导浙江省公路软土地基路堤的设计,提高公路软土地基路堤设计的技术水平,特制定本设计要点。

1.0.2 本设计要点适用于浙江省境内新建、改扩建的各等级公路软土地基路堤的设计。

1.0.3 软土地基路堤设计应遵循“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、就地取材、节约资源、保护环境。

1.0.4 应重视软土地地区地质选线工作,有条件时对深厚软土区尽可能避绕;软土地基处理方案应从技术、经济等方面进行比选,以确定合理的处理方案。

1.0.5 结合工程项目的建设条件,提倡积极应用新技术、新工艺、新材料。

1.0.6 软土地基设计宜采用动态设计方法,重视施工监测与分析。

1.0.7 公路软土地基路堤的设计,应符合国家及行业现行有关标准、规范的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 软土 soft soil

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。

2.1.2 极限填筑高度 limited height of filling

在天然软土地基上用快速施工的方法修筑一般断面的路基所能填筑的最大高度,称为极限填筑高度。

2.1.3 堆载预压 preloading

在软土地基上施加荷载,促使地基排水、固结、压密,以提高地基强度,减少在使用荷载作用下产生的工后沉降量。若预压荷载等于路基荷载与路面等效荷载之和,称为等载预压;若预压荷载大于路基荷载与路面等效荷载之和,称为超载预压;若预压荷载小于路基荷载与路面等效荷载之和,称为欠载预压。

2.1.4 真空联合堆载预压 vacuum-surchage preloading

在真空预压的同时,结合路基填筑荷载的联合预压作用,达到加速软土地基固结,提高地基强度和稳定性的一种地基处理方法。

2.1.5 预压期 preloading period

路基初次填到设计预压高程后,至卸载开始时或路面结构层开始施工时所持续的时间。

2.1.6 浅层处理法 shallow treatment

通过置换、加筋、夯压、浅层固化、设置褥垫等方式对表层软土进行处理,以提高地基承载力的一种方法。

2.1.7 土工合成材料 geosynthetics

以塑料、化纤、合成橡胶等为原料,制成的各种聚合物产品,置于土体内部、表面或填料

之间,发挥排水、隔离、反滤、加筋等作用的材料。

2.1.8 加筋法 method of reinforcement

在土或填料中加入土工合成材料、钢筋等条带网格状抗拉材料,以改善土或填料的力学性能,提高路基稳定性和均化沉降的方法。

2.1.9 桩承式加筋路堤 pile-supported reinforced embankment

在软土地基中按一定间距打设刚性桩,在桩顶端设置相应尺寸的桩帽(或称为托板),并在桩帽顶面铺设土工合成材料加筋垫层,然后填筑形成的路堤。

2.1.10 塑料套管混凝土桩 plastic tube cast-in-place concrete pile

带塑料套管的现浇混凝土桩。由预制桩尖、塑料套管、套管内混凝土、顶部桩帽四部分组成;按一定的间距将塑料套管打入需要加固的地基中,套管内用混凝土浇筑成桩。

2.1.11 负摩阻力和中性点 negative skin friction and neutral point

桩身周围土由于自重固结、地下水位下降、地面附加荷载等原因而产生大于桩身的沉降时,土对桩侧表面产生向下的摩阻力,称为负摩阻力。

在桩身某一深度处的桩土位移量相等,该处称为中性点。中性点是正、负摩阻力的分界点。

2.1.12 轻质路堤 lightweight embankment

利用 EPS、粉煤灰等轻质材料作为路基填料,以减少沉降、增加稳定性的一种路堤形式。

2.1.13 EPS 颗粒混合轻质土 mixed lightweight soil with EPS

将原料土、EPS 颗粒、固化材料和水混合搅拌均匀后,经压实和固化作用形成的一种改性人造轻质土。

2.1.14 动态设计方法 dynamic design method

根据施工过程中的反馈信息和监测资料,对设计参数及设计方案进行验证和优化的软基处理设计方法。

2.1.15 施工动态控制技术 dynamic control technology for construction

根据施工过程中的反馈信息和监测资料,对施工方案的安全性和合理性进行判断,动态跟踪和调整施工控制技术。

2.1.16 路基填筑期预抛高 pre-flip height for subgrade settlement during subgrade filling

为了补偿预压期路基沉降,在路基填筑期内就将预压期内发生的路基沉降量作为路基填筑高度的一部分预先填筑的方法。

2.1.17 路面施工期预抛高 pre-flip height for settlement during pavement

在路面结构层施工之前预先采用路基填筑材料,或在路面施工过程中预先采用路面材料来补偿沉平控制时间内所发生的沉降量的方法。

2.1.18 预抛高沉平时间 the needed time for settlement equal to pre-flip height

路面施工期预抛高后,路面高程因地基沉降而沉至原设计高程所需的时间。

2.2 符号

2.2.1 几何参数

B ——方形桩帽的边长或汽车后轮着地宽度(m);

L ——后轮着地长度(m);

S_a ——桩的中心间距(m);

D_p ——桩径(m);

t_p ——桩帽的厚度(m);

t ——加筋垫层的厚度(m);

H ——路堤填筑高度(m);

u ——桩的周长(m);

Z_i ——自地表起算的第 i 个分层中点深度(m);

Z_n ——沉降计算深度(m);

Z ——路面及钢筋混凝土板的厚度(m);

A_j ——空心桩桩端净面积(m^2);

h_b ——桩端进入持力层深度(m);

$d、b$ ——管桩外径与空心方桩边长(m);

d_1 ——空心桩内径(m),对闭口桩为0;

θ ——扩散角($^\circ$);

m ——复合地基置换率;

d_e ——一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径(m);

h ——复合地基加固区厚度(m);

A_p ——桩的截面积(m^2)。

2.2.2 作用和作用效应

Q_u ——桩帽上部承担的荷载(kN);

- Q_s ——桩帽间单位长度土体承担的荷载(kN/m);
 R_u ——单桩极限承载力(kN);
 q_c ——路堤顶面超载(kPa);
 $M_{\max}$ ——桩帽与桩连接部位的最大弯矩值(kN·m);
 p ——桩帽上的等效平均应力或复合土层顶面附加应力(kPa);
 p_b ——复合土层底面附加应力值(kPa);
 T_s ——加筋体的设计强度(kN);
 T_{gc} ——土工合成材料的设计抗拉强度(kN);
 S ——桩顶总沉降(m);
 S_1 ——桩身压缩量(m);
 S_2 ——桩端平面以下沉降(m);
 S_c ——主固结沉降(m);
 S_d ——瞬时沉降(m);
 S_s ——次固结沉降(m);
 q_{ski} ——桩侧阻力标准值(kPa);
 q_{pk} ——极限端阻力标准值(kPa);
 σ_z ——作用于 EPS 块体表面的竖向压应力(kPa);
 σ'_z ——由活载(轮压荷载)作用在 EPS 块体上的压应力(kPa);
 P ——轮压荷载(汽车后轴重)(kN);
 $[\sigma_a]$ ——EPS 块体容许抗压强度(kPa);
 σ ——抗压强度(kPa);
 W ——EPS 路堤的总重量(kN);
 $F_{\text{浮}}$ ——作用在 EPS 路堤上的浮力(kN);
CBR——加州承载比(%).

2.2.3 抗力和材料性能

- e ——天然孔隙比;
 I_p ——塑性指数;
 w ——天然含水率(%);
 w_L ——液限(%);
 w_u ——有机质含量(%);
 a_{1-2} ——压缩系数(MPa⁻¹);
 φ_q ——直接快剪内摩擦角(°);
 C_v ——固结系数(cm/s);
 S_t ——灵敏度;
 τ ——十字板抗剪强度(kPa);

- q_c ——静力触探锥尖阻力(kPa);
 f_s ——静力触探侧壁摩阻力(kPa);
 N ——标准贯入试验锤击数;
 u ——孔隙水压力(kPa);
 τ_p ——桩体的抗剪强度(kPa);
 τ_s ——地基土的抗剪强度(kPa);
 γ_1 ——路堤填料重度(kN/m^3);
 c_i, φ'_i ——黏聚力(kPa)和有效内摩擦角($^\circ$);
 E_p ——桩体压缩模量(MPa);
 E_s ——桩间土压缩模量(MPa);
 f_{cu} ——加固土试块立方体抗压强度平均值(kPa);
 f_{spk} ——复合地基承载力特征值(kPa);
 f_{sk} ——桩间土承载力特征值(kPa)。

2.2.4 计算系数

- η ——桩体荷载分担比系数或桩身强度折减系数;
 ξ ——修正系数或冲击系数;
 λ_c ——材料强度综合修正系数;
 f_{gs} ——界面摩擦系数;
 F_B ——整体稳定安全系数;
 F_p ——抗滑稳定安全系数;
 F_{ub} ——承载力设计安全系数;
 λ_p ——桩端土塞效应系数;
 F_s ——安全系数;
 β ——桩间土承载力折减系数。

3 基本规定

3.1 软土的界定

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,淤泥,稍密粉土,泥炭质土,泥炭等,鉴别指标见表 3.1。

软土鉴别指标表 表 3.1

特征指标 名称		塑性指数 I_p	天然含 水率 w (%)		天然 孔隙比 e	直接快剪 内摩擦角 $\varphi_q(^{\circ})$	压缩系数 a_{1-2} (MPa^{-1})	十字板 抗剪强度 τ (kPa)	静力触探 锥尖阻力 q_c (MPa)	标准贯 入击数 N	有机质 含量 w_u (%)
黏 性 土	淤泥		≥ 35	$\geq w_L$	$e \geq 1.5$	宜 < 5	宜 > 0.5	宜 < 35	宜 < 0.75		
	淤泥质 黏土	$I_p > 17$			$1.5 > e$						
	淤泥质 粉质黏土	$10 < I_p \leq 17$		≥ 1.0							
	黏土	$I_p > 17$	$w < w_L$ 或 $e < 1.0$								
	粉质黏土	$10 < I_p \leq 17$									
粉土		$7 < I_p \leq 10$	> 30		$e > 0.9$		宜 > 0.3		宜 < 2	宜 ≤ 8	
有机质土											$5 < w_u \leq 10$
泥炭质土											$10 < w_u \leq 60$
泥炭											$w_u > 60$

注:当天然含水率和天然孔隙比两个指标满足时即可划为软土。

3.2 基础资料

3.2.1 软基设计应查明沿线的工程地质和水文地质条件,获取设计所需要的地质土层分布及其岩土物理力学参数。

3.2.2 软土地基路堤设计应收集和调查的内容

1. 路线纵横断面及桥梁、通道、涵洞的布设等各相关专业的的设计资料。
2. 软土路段两侧附近的已有构筑物、管线等环境状况。
3. 路堤填筑材料的来源、特性等有关情况。
4. 附近公路、铁路、水利工程的软基处理相关经验。