

宁波市工程建设地方细则

甬 DX/JS xx-2023

宁波市软土地区桥梁接坡地基处理 技术导则

Technical guidelines for bridge approach soft ground treatment in Ningbo

20xx—xx—xx 发布

宁波市住房和城乡建设局

20xx—xx—xx 实施

发布

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则（修编）》（征求意见稿）

宁波市工程建设地方细则

宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则

Technical guidelines for bridge approach soft ground treatment in Ningbo

甬 DX/JS xx-2023

主编单位：

参编单位：

批准部门：宁波市住房和城乡建设局

实施日期：年 月 日

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则（修编）》（征求意见稿）

此页为宁波市住房和城乡建设局文件

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则（修编）》（征求意见稿）

修 编 前 言

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则》(试行)(编号 2018 甬 DX-06),由宁波市城建设计研究院有限公司于 2018 年 8 月编制完成,作为宁波市软土地区桥梁接坡地基处理设计的指导性文件发挥了重要作用。为补充完善导则内容,根据宁波市住房和城乡建设局的要求,编制组经广泛调查研究,在参考其他城市的相关标准,认真总结桥梁接坡地基处理的施工和验收经验,结合宁波市城市建设需求,对原导则进行修编。

修编的主要技术内容是:补充了宁波市域范围内软土分类;增加了软土地基处理专项设计、专项论证以及建成后专项评估的要求;完善了地基处理设计、地基监测、运行维护等内容;更新了标准参考。

本导则共分 8 章。主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、桥梁接坡地基处理设计、施工、质量检测、沉降观测、养护措施。

本导则由宁波市住房和城乡建设局负责管理和解释。在本导则执行过程中,如有意见或建议,请寄送宁波市住房和城乡建设局(地址:宁波市鄞州区松下街 595 号科技和设计处,邮政编码:315040),以供今后修订时参考。

本导则主编单位、参编单位及主要起草人、主要审查人:

目 次

1 总 则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	4
3 基本规定.....	6
4 桥梁接坡地基处理设计	7
4.1 一般规定.....	7
4.2 地基处理方法.....	8
4.3 气泡混合轻质土设计	12
4.4 荷载计算.....	14
4.5 承载力计算.....	14
4.6 沉降计算.....	16
4.7 稳定分析.....	18
5 施工.....	19
5.1 一般规定.....	19
5.2 预应力管桩施工.....	20
5.3 旋挖灌注桩施工.....	21
5.4 水泥土搅拌桩施工.....	21
5.5 高压旋喷桩施工.....	22
5.6 小方桩施工.....	23
5.7 气泡混合轻质土施工	23
6 质量检测.....	25
7 沉降观测.....	27
7.1 一般规定.....	27
7.2 施工期监测.....	28
7.3 保修期监测.....	28
8 养护措施.....	30
8.1 一般规定.....	30
8.2 巡查.....	30
8.3 路面日常养护与病害处治	31
本技术导则用词说明	32
引用标准名录.....	33
附：条文说明.....	37

1 总 则

1.0.1 为了在宁波市软土地区桥梁接坡地基处理的设计、施工和质量检测中贯彻执行国家的相关技术标准及政策，做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，特制定本导则。

1.0.2 本导则适用于宁波市软土地区新建及改扩建工程桥梁接坡地基处理的设计、施工和质量验收。既有病害处治应按《宁波市城市桥梁“桥头跳车”专项处治技术导则》（试行）（甬城管[2018]93号）执行。

1.0.3 对于本导则规定之外的桥梁接坡地基处理型式，如在类似地质条件下有成熟应用经验，也可以采用；对于地基处理中的新技术、新材料和新工艺，经论证后可有条件试用。

1.0.4 桥梁接坡地基处理方法除满足本导则要求外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 软土 soft soil

天然含水率高、天然孔隙比大、抗剪强度低、压缩性高的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。

2.1.2 软土地基 soft ground

有软土层分布，在荷载作用下易产生滑移或过大沉降变形的土质地基。

2.1.3 桥梁接坡 bridge approach

与桥梁（涵洞、通道）等构筑物相接的道路。

2.1.4 地基处理 ground treatment

提高地基强度，改善其变形性质或渗透性质而采取的技术措施。

2.1.5 复合地基 composite foundation

通过置换天然地基部分土体、采用物理或化学方法处理强化地基部分土体，或设置加筋材料使天然地基的部分土体得到增强，从而形成由基体和增强体两部分组成的共同承担荷载的人工地基。

2.1.6 地基承载力特征值 characteristic value of subgrade bearing capacity

由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值，其最大值为比例界限值。

2.1.7 容许工后沉降 post construction settlement

路面结构完工后规定使用年限内的沉降量。

2.1.8 柔性桩复合地基 flexible pile composite foundation

以柔性桩作为竖向增强体的复合地基。

2.1.9 刚性桩复合地基 rigid pile composite foundation

以摩擦型刚性桩作为竖向增强体的复合地基。

2.1.10 褥垫层 cushion

设置于基础和复合地基之间用以调整桩土应力比、减小桩土不均匀沉降的传力层。

2.1.11 预应力混凝土管桩 prestressed concrete pipe pile

采用离心成型的先张法预应力混凝土圆环形截面空心桩，简称预应力管桩。

2.1.12 旋挖成孔灌注桩 rotary drilling cast-in-place pile

采用旋挖钻机钻进成孔而形成的一种灌注桩，简称旋挖灌注桩。

2.1.13 小方桩 precast square piles

桩体截面为正方形的预制钢筋混凝土构件，边长通常为20~25cm。

2.1.14 水泥土搅拌桩 cement mixing piles

以水泥作为固化剂的主剂，利用搅拌机械将固化剂和地基土强制搅拌，使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的一种桩体。

2.1.15 高压旋喷桩 high pressure jet grouting piles

高压水泥浆通过钻杆由水平方向的喷嘴喷出，形成喷射流，以此切割土体并与土拌合形成具有一定强度的一种桩体。

2.1.16 气泡混合轻质土 foamed mixture lightweight soil

将制备的气泡群按一定比例加入到由水泥、水及可选添加材料制成的浆料中，经混合搅拌、现浇成型的一种微孔类轻质材料。

2.1.17 刚性桩接坡末端 the end of rigid pile ground treatment

桥梁接坡范围内刚性桩处理的终点。

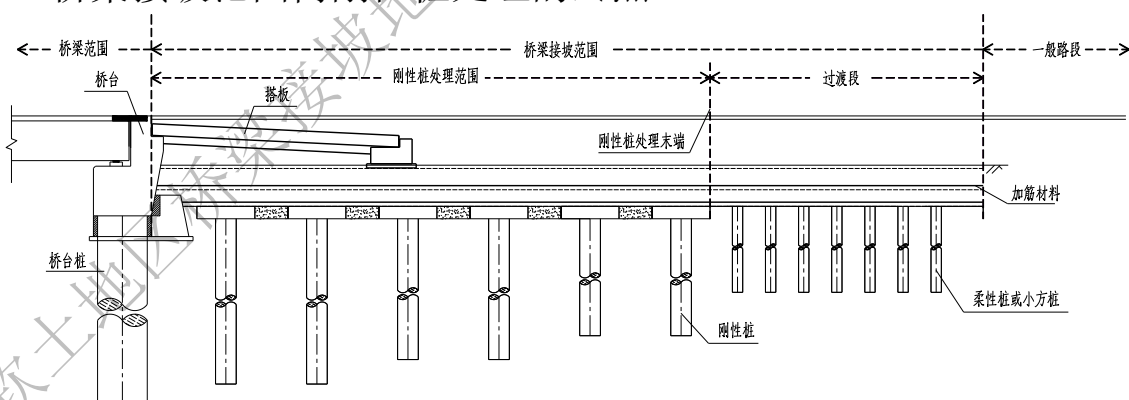


图 2.1.17 刚性桩接坡末端示意图

2.1.18 一般路段 normal road

桥涵接坡范围划分后剩余的市政道路部分。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

P ——填筑体顶部压力值；

Q ——刚性桩桩顶附加荷载；

p_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用在复合地基上的平均压力值；

$p_{k\max}$ ——相应于荷载效应标准组合时，作用在基底边缘复合地基上的最大压力值；

R_a ——单桩承载力特征值；

Δp_i ——第 i 层土的平均附加应力增量；

s ——复合地基的沉降量；

s_1 ——复合加固层的沉降量；

s_2 ——下卧层的沉降量；

T_t ——荷载效应标准组合时最危险滑动面上的总剪切力；

T_s ——最危险滑动面上的总抗剪切力。

2.2.2 抗力和材料性能

E_c ——气泡混合轻质土的弹性模量；

q_u ——气泡混合轻质土的抗压强度；

γ_d ——气泡混合轻质土的干容重；

γ_s ——气泡混合轻质土的饱水容重；

f_c ——桩体轴心抗压强度设计值；

f_{cu} ——桩体抗压强度平均值；

f_a ——复合地基经深度修正后的承载力特征值；

f_{pk} ——桩体单位截面积承载力特征值；

f_{sk} ——桩间土地基承载力特征值；

f_{spk} ——复合地基承载力特征值；

q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值；

q_{pk} ——极限端阻力标准值；

q_{si} ——桩侧第 i 层土的桩侧摩阻力特征值；

q_p ——桩端地基土未经修正承载力特征值；

γ_m ——基础底面以上土的加权平均重度，地下水位以下取浮重

度；

E_{spi} ——第 i 层复合土体的压缩模量；

E_{pi} ——第 i 层桩体压缩模量；

E_{si} ——第 i 层桩间土压缩模量；

E_p ——桩体压缩模量。

2.2.3 几何参数

D ——基底埋置深度；

A_p ——桩端横截面面积；

A_p' ——桩身或管壁横截面面积；

d ——桩体直径；

d_e ——单根桩分担的地基处理面积的等效圆直径；

l_i ——第 i 层土的厚度；

V_1 ——气泡混合轻质土填筑体体积；

V_2 ——气泡混合轻质土计算水位以下的填筑体体积；

m ——复合地基置换率；

n ——桩长范围内所划分的土层数；

u_p ——桩身外周长；

L ——刚性桩桩长 (mm)。

2.2.4 计算参数

α ——桩端天然地基土承载力折减系数；

β_p ——桩体竖向抗压承载力修正系数；

β_s ——桩间土地基承载力修正系数；

η ——桩体强度折减系数；

ψ_c ——刚性桩成桩工艺系数；

ψ_{s1} ——复合地基加固区复合土层压缩变形量计算经验系数；

ψ_p ——刚性桩桩体压缩经验系数；

ψ_{s2} ——复合地基加固区下卧土层压缩变形量计算经验系数；

F_s ——抗浮稳定性系数；

K ——稳定安全系数。

3 基本规定

3.0.1 在选择桥梁接坡处理方案前，应查明道路沿线的地形地貌、工程地质和水文条件，获取设计需要的地质土层分布及其岩土物理力学参数。

3.0.2 桥梁接坡处理设计时应收集和调查的内容：

- 1 桥梁结构型式、道路纵横断面等各相关专业的的设计资料。
- 2 道路规划等级、交通量状况、车型组成等交通荷载数据。
- 3 现状老路的地基处理方式、沉降观测、养护历史等资料。
- 4 邻近构筑物、近远期管线以及场地周边的其它限制性条件。
- 5 结合工程设计要求，熟悉类似场地地基处理经验和使用效果。

3.0.3 位于软土地区的桥梁接坡地基处理，应进行专项设计。对于条件复杂的，宜在设计阶段组织专家论证会进行专项论证。

3.0.4 宁波市市域范围内软土分布主要分为两类：

- 1 I类区：软土上覆硬壳层薄或者缺失，深厚软土出露。
- 2 II类区：软土上覆硬壳层厚，硬壳层下分布有深厚软土。

3.0.5 施工单位进场后应详细调查施工现场及其周围环境情况，编制实施性施工方案。

3.0.6 横向分幅分期修建及远期拓宽工程的地基处理和路堤填筑，在有条件时宜与前期工程同时进行。

3.0.7 地基处理所采用的材料应符合耐久性设计的相关要求。

3.0.8 施工技术人员应掌握所承担工程的地基处理目的、加固原理、技术要求和质量标准等。施工中应有专人负责质量控制和监测，并做好施工记录。当出现异常情况时，必须及时会同有关部门妥善解决。施工结束后必须按国家有关规定进行工程质量检查和验收。

4 桥梁接坡地基处理设计

4.1 一般规定

4.1.1 路基工后沉降应满足下列要求：

1 新建或改扩建工程的拓宽部分，桥梁接坡及一般路段在设计使用年限内的工后沉降应满足表 4.1.1 的要求。

2 既有路基与拓宽路基拼接时，差异沉降引起的工后路拱坡度增大值不应大于 0.5%，相邻路段差异沉降引起的纵坡变化不应大于 0.4%。

表 4.1.1 路基工后沉降控制标准

位置 道路等级	桥台与路堤相邻处	涵洞、通道处	一般路段
快速路、主干路	≤0.1m	≤0.2m	≤0.3m
次干路、支路	≤0.1m	≤0.3m	≤0.5m

注：1 可根据道路实际使用情况适当提高相关标准。

2 部分道路交叉口距河道较近，应适当提高控制标准。

3 路基下如埋设管线，应结合相应管线变形控制标准，路基工后沉降按高标准控制。

4.1.2 桥梁接坡处理方法的确定应满足下列要求：

1 结合地形地貌、地层结构、土质条件、地下水特征、邻近构筑物及管线的影响等因素综合分析，提出地基处理方案。

2 桥梁接坡处理方案还须从加固原理、适用范围、预期处理效果、耗用材料、施工机械、工期要求和对环境的影响等方面进行技术经济比较，选择最佳的地基处理方法。

4.1.3 桥梁接坡处理设计应进行承载力、沉降和稳定计算。接坡段路面变形应协调，路基刚度应连续过渡。

4.1.4 宁波地区采用的桥梁接坡处理型式有刚性桩（旋挖灌注桩、预应力管桩）复合地基、柔性桩（水泥土搅拌桩、高压旋喷桩）复合地基以及轻质填料回填等。不同类型地基处理方式的适用条件如下：

1 旋挖灌注桩可用于填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土等地基，适用于地基承载力要求高且对挤土效应敏感的区域。

2 预应力管桩可用于持力层上覆盖松软地层且无难以穿透的坚硬夹层的地基，适用于地基承载力要求高但对挤土效应不敏感的区域。

3 小方桩可用于一般填土、淤泥质土等各类软土地基，适用于对地基承载力要求不高的区域。

4 水泥土搅拌桩可用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、素填土、黏性土以及无流动地下水的饱和松散砂土等地基，适用于远期轨道下穿处或对地基承载力要求不高的区域；当土中有机质含量较高时，应根据现场试验结果确定其适用性；当土中含有较多的大粒径块石时，应慎重使用。

5 高压旋喷桩可用于处理淤泥、淤泥质土、软塑或可塑黏性土、粉土、砂土、素填土和碎石土等地基；当土中含有较多的大粒径块石、大量植物根茎或有机质含量较高，以及地下水流速过大和易涌水的工程时，应根据现场试验结果确定其适用性。

6 宁波地区常用的轻质填料为气泡混合轻质土。气泡混合轻质土回填可用于各类常见地基，尤其适用于管线、轨道上方对负荷要求严格的区域。气泡混合轻质土底标高不宜位于常水位以下。常与其它地基处理方式联合应用。

4.1.5 桥头应设置搭板，搭板长度应按《城市桥梁设计规范》（CJJ11）相关条文执行。

4.2 地基处理方法

4.2.1 根据桥梁结构类型、道路等级、台后填土高度以及是否为改扩建道路等综合确定桥梁接坡范围。一般情况下，台后填土高度不宜大于 5m。填土高度不大于 3.5m 时，桥梁接坡段长度取 30~50m，涵洞及通道接坡段取 20~40m；填土高度大于 3.5m 的高填方路段，桥头接坡宜处理至一般道路填土高度不大于 2.5m 为止，且接坡长度不宜小于 50m。

4.2.2 软土分布 I 类区桥头填土高度不大于 3.5m 时，快速路、主干路或交通繁忙的次干路宜采用预应力管桩、旋挖灌注桩等刚性桩处理；次干路和支路可采用水泥土搅拌桩、高压旋喷桩或小方桩结合气泡混合轻质土处理。

1 刚性桩处理

1) 应优先采用预应力管桩。临近有构筑物及管线时,可采用旋挖灌注桩。

2) 路侧挡墙下桩基的平面布置应为矩形,桩长根据挡墙受力计算确定。

3) 其余范围桩基平面布置可为矩形或梅花形,桩间距宜取 2.2~2.5m,桩长不宜超过 30m。

4) 根据所需地基承载力及工后沉降标准的不同,可采取桩距不变、桩长渐变来实现不同路段间的沉降过渡。

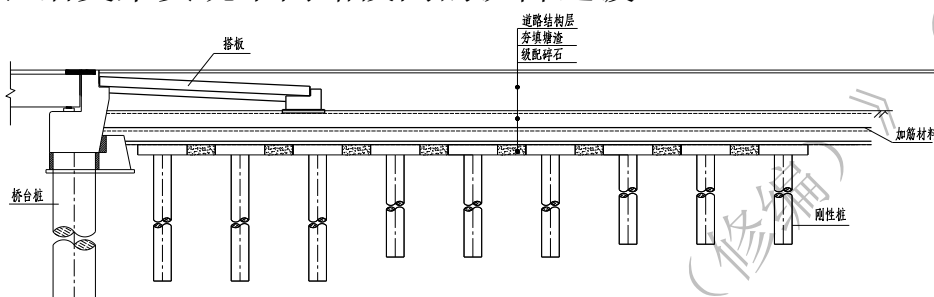


图 4.2.2-1 刚性桩处理示意图

5) 桩顶应设置矩形桩帽,桩帽边长取 1.2~1.4m,厚度不小于 0.3m,宜采用现浇钢筋混凝土结构。条件复杂时,可将桩帽纵横向连接形成整体。

6) 桩帽顶应铺设具有一定厚度、强度、刚度、完整连续的褥垫层。褥垫层材料应选择透水性好、级配碎石、砂砾等,厚度不宜小于 0.3m。褥垫层中应设置一层或多层土工合成材料加筋体。

7) 桩帽顶之上路堤高度不宜小于 1.5m。

2 水泥土搅拌桩结合气泡混合轻质土处理

1) 水泥土搅拌桩宜采用双向搅拌工艺,桩径宜取 0.5m。

2) 路侧挡墙下桩基的平面布置应为矩形,桩长根据挡墙受力计算确定。

3) 其余范围桩基平面布置可为矩形或梅花形,桩间距宜取 1.0~1.5m,桩长不宜超过 15m。

4) 可采用桩长不变、桩距渐变来实现不同路段间的沉降过渡。

5) 桩顶气泡混合轻质土厚度不小于 0.5m,可同时变化气泡混合轻质土厚度实现变形协调。

6) 桩顶与气泡混合轻质土间应设置透水性好、级配碎石、砂砾等作为过渡层,厚度不宜小于 0.3m。

3 高压旋喷桩结合气泡混合轻质土处理

1) 施工空间受限区域可采用高压旋喷桩,其加固体直径和强度

宜通过现场试验确定。

2) 高压旋喷桩布置方式同水泥土搅拌桩。

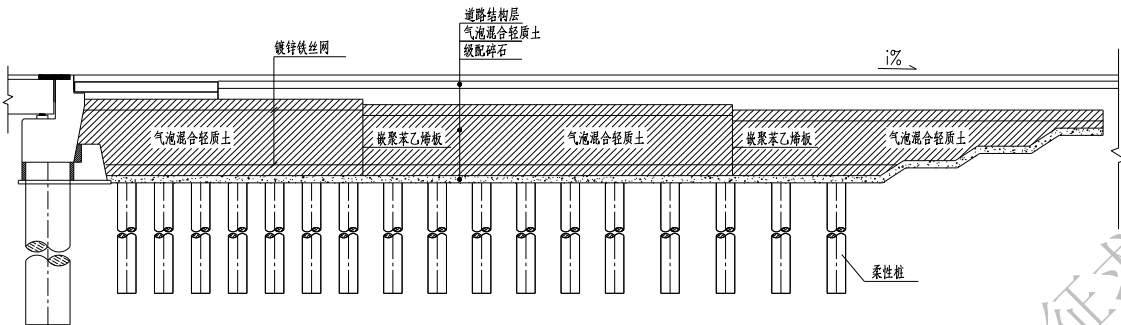


图 4.2.2-2 柔性桩+气泡混合轻质土处理示意图

4 小方桩结合气泡混合轻质土处理

1) 桩间距宜为 0.8~1.2m，桩长宜取 6-8m，桩身混凝土强度不低于 C30。

2) 可采用桩长不变、桩距渐变来实现不同路段间的沉降过渡。

3) 桩顶须填筑一定厚度的气泡混合轻质土，可对气泡混合轻质土厚度渐变实现变形协调。

4) 小方桩与气泡混合轻质土间应设置透水性的级配碎石、砂砾等作为过渡层，厚度不宜小于 0.3m。

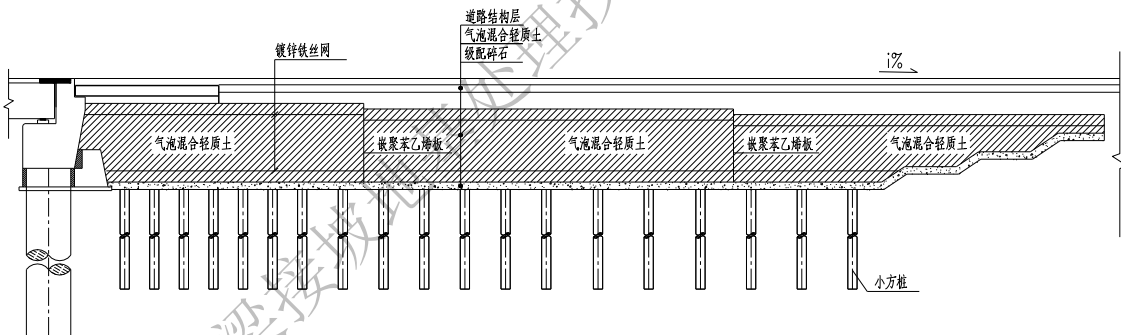


图 4.2.2-3 小方桩处理+气泡混合轻质土示意图

4.2.3 软土分布 I 类区桥头填土高度大于 3.5m 时，宜采用刚性桩结合气泡混合轻质土处理，刚性桩布置按本导则第 4.2.2 条执行，桩顶气泡混合轻质土厚度应从受力需求、经济性等方面综合分析确定。

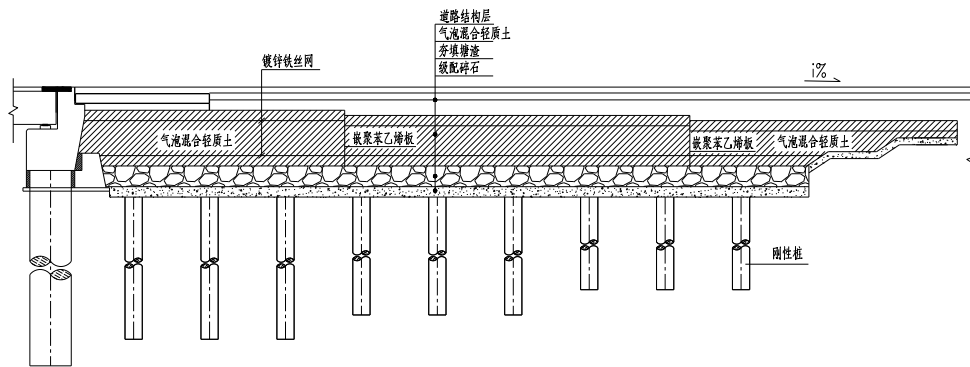


图 4.2.3 刚性桩处理+气泡混合轻质土示意图

4.2.4 刚性桩处理末端至一般路段间应进行过渡处理，过渡方式可选用水泥土搅拌桩、小方桩和气泡混合轻质土等。

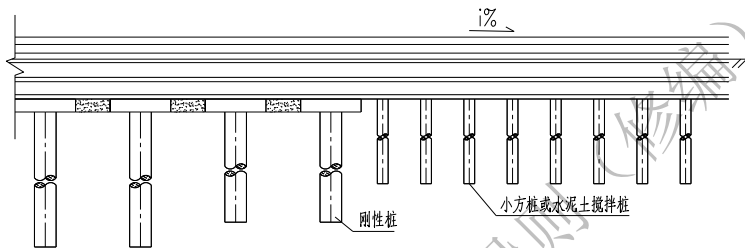


图 4.2.4-1 采用小方桩或水泥土搅拌桩过渡示意图

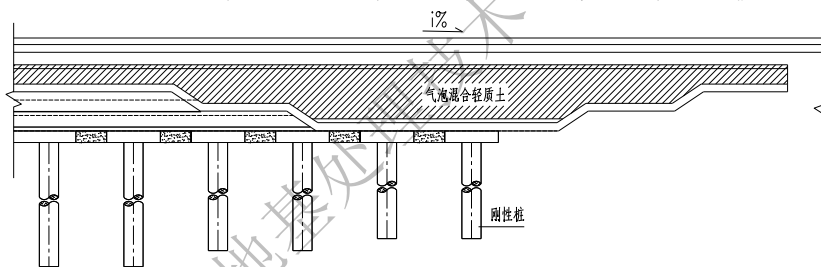


图 4.2.4-2 采用气泡混合轻质土过渡示意图

4.2.5 软土分布Ⅱ类区桥梁接坡地基处理设计，可采用气泡混合轻质土填筑处理。

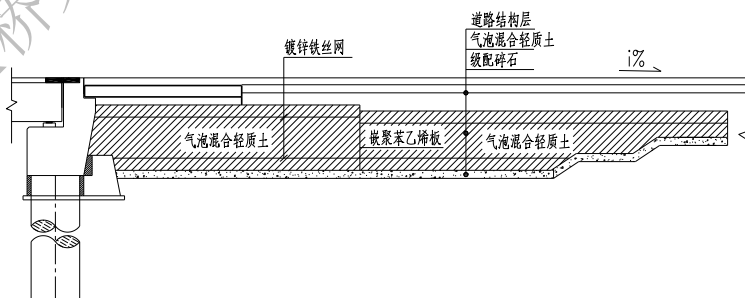


图 4.2.5 Ⅱ类区地基处理示意图

4.2.6 改扩建道路桥梁接坡地基处理设计方法的选用，应确保工后沉降及地基稳定性满足规范要求。

1 沉降稳定的老路部分，在满足老路沉降控制标准以及新、老路

间差异沉降标准的前提下，可采用气泡混合轻质土填筑处理，处理方法可按第 4.2.5 条执行。

2 新建拓宽部分，以及沉降未稳定、原路基挖除或破损严重的老路，可按第 4.2.2~4.2.4 条执行。

3 应注意新老路搭接处地基处理，可采用气泡混合轻质土进行填筑，防止出现不均匀沉降。

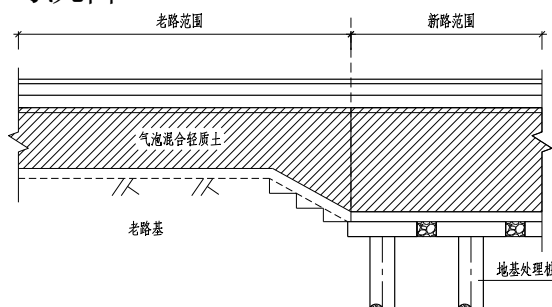


图 4.2.6 新老路横向搭接处理示意图

4.2.7 路桥接坡段的挡土墙设计应根据路基横断面、地形、地质条件和地基承载能力，合理确定挡土墙位置、起讫点、长度和高度，选择适宜的挡土墙类型。挡土墙选型及设计要求详见《城市道路路基设计规范》（CJJ 194）。

4.3 气泡混合轻质土设计

4.3.1 气泡混合轻质土设计项目应包括性能设计、结构设计和附属工程设计，主要设计与设计指标应符合表 4.3.1 的要求。

表 4.3.1 主要设计与设计指标

设计项目	主要设计内容	主要设计指标
性能设计	确定物理力学指标	湿容重、抗压强度、弹性模量
结构设计	断面设计和衔接设计	强度验算，抗滑动、抗倾覆稳定性验算，抗浮稳定性验算
附属工程设计	面板、抗滑锚固、补强	—

4.3.2 当路基填筑时，强度等级、容重等级应根据填筑部位按表 4.3.2 确定。

表 4.3.2 用于路基填筑的性能指标

路面底面以下深度 (m)	最小强度等级		最小容重等级
	城市快速路、主干路	其他等级道路	

0.0~0.8	CF0.8	CF0.6	W5
0.8~1.5	CF0.5	CF0.4	W3
>1.5	CF0.4		

4.3.3 当计算水位以下部位填筑时，容重等级、强度等级应按表 4.3.3 确定。

表 4.3.3 用于计算水位以下部位填筑的性能指标

计算水位以下 (m)	最小容重等级	最小强度等级
≤3	W6	CF0.8
>3	W8	CF1.0

4.3.4 气泡混合轻质土填筑体底宽应不小于浇筑体高度的 0.2 倍，且不得小于 2m。填筑高度最小不应小于 0.5m，单层浇筑厚度按 0.3~0.8m 控制。填筑体与路基或斜坡体间的衔接宜采用台阶型式。

4.3.5 当气泡混合轻质土填筑体顶面有坡度要求时，宜在填筑体顶层分级设置台阶。当填筑体在某一方向长度较大或底面形态有突变时，宜设置变形缝。变形缝间距宜为 10~15m，填缝材料可采用聚苯乙烯板，厚度 20mm~30mm。

4.3.6 弹性模量可按现行国家标准《蒸压加气混凝土性能试验方法》(GB/T 11969) 试验确定。当无试验资料时，可按下式计算取值：

$$E_c = 250q_u \quad (4.3.6)$$

式中： E_c ——气泡混合轻质土的弹性模量 (MPa)；

q_u ——气泡混合轻质土的抗压强度 (MPa)。

4.3.7 气泡混合轻质土用于软土地基路段填筑时，应进行沉降计算，还应对填筑体进行抗压强度验算和稳定性验算。

4.3.8 当浇筑体位于计算水位以下部位时，其接触面宜采取防水措施。

4.3.9 用于计算水位以下部位填筑时，应按下式进行抗浮稳定性验算：

$$F_s = \frac{\gamma_d V_1 + P}{\rho_w g V_2} \geq 1.2 \quad (4.3.9)$$

式中： F_s ——抗浮稳定性系数；

γ_d ——干容重 (kN/m³)， $\gamma_d = 0.95 \gamma_s$ ；

γ_s ——饱水容重 (kN/m³)；

V_1 ——填筑体体积 (m³)；

V_2 ——计算水位以下的填筑体体积 (m^3);
 P ——填筑体顶部压力 (kN);
 ρ_w ——水的密度;
 g ——常数, 取 9.8N/kg。

4.4 荷载计算

4.4.1 作用在复合地基上的压力应符合下列规定:

1 轴心荷载作用时:

$$p_k \leq f_a \quad (4.4.1-1)$$

式中: p_k ——相应于荷载效应标准组合时, 作用在复合地基上的平均压力值 (kPa);

f_a ——复合地基经深度修正后的承载力特征值 (kPa)。

2 偏心荷载作用时, 作用在复合地基上的压力除应符合公式 4.4.1-1 的要求外, 尚应符合下式要求:

$$p_{k\max} \leq 1.2f_a \quad (4.4.1-2)$$

式中: $p_{k\max}$ ——相应于荷载效应标准组合时, 作用在基础底面边缘处复合地基上的最大压力值 (kPa)。

4.4.2 车辆荷载的作用效应按《城市桥梁设计规范》(CJJ11) 和《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63) 相关条文执行。

4.5 承载力计算

4.5.1 复合地基承载力特征值应通过复合地基竖向抗压载荷试验或综合桩体竖向抗压载荷试验和桩间土地基竖向抗压载荷试验, 并结合工程实践经验综合确定。初步设计时, 复合地基承载力特征值也可按下列公式估算:

$$f_{spk} = \beta_p m R_a / A_p + \beta_s (1-m) f_{sk} \quad (4.5.1-1)$$

$$m = d^2 / d_e^2 \quad (4.5.1-2)$$

式中: A_p ——桩端横截面面积 (m^2);

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值 (kN);

f_{sk} ——桩间土地基承载力特征值 (kPa);

m ——复合地基置换率;

d ——桩体直径 (m);

d_e ——单根桩分担的地基处理面积的等效圆直径 (m);
 β_p ——桩体竖向抗压承载力修正系数, 应按当地经验或试验结果取值。无经验时, 对于刚性桩可取 0.8~1.0, 对于柔性桩可取 0.75~0.95;

β_s ——桩间土地基承载力修正系数, 应按当地经验或试验结果取值。无经验时可取 0.5~0.9, 褥垫层较厚取大值。

4.5.2 刚性桩的单桩承载力应按现场单桩静载试验确定。初步设计时也可按下列公式估算单桩竖向承载力特征值:

$$R_a = 0.5(u_p \sum_{i=1}^n q_{sik} l_i + q_{pk} A_p) \quad (4.5.2)$$

式中: R_a ——单桩竖向承载力特征值 (kN);

u_p ——桩身外周长 (m);

n ——桩长范围内所划分的土层数;

A_p ——桩端横截面面积 (m²);

l_i ——第 i 层土的厚度 (m);

q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值 (kPa);

q_{pk} ——极限端阻力标准值 (kPa)。

4.5.3 刚性桩应验算桩身承载力, 混凝土桩轴心受压正截面受压承载力应符合下式要求:

$$R_a \leq \psi_c f_c A_p' \quad (4.5.3)$$

式中: ψ_c ——刚性桩成桩工艺系数, 取 0.6~0.8;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值 (kPa);

A_p' ——刚性桩桩身或管壁横截面面积 (m²)。

4.5.4 水泥土搅拌桩或旋喷桩的单桩承载力特征值应按现场单桩静载试验确定。初步设计时也可按下列公式进行计算, 取其较小者:

$$R_a = u_p \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + \alpha q_p A_p \quad (4.5.4-1)$$

$$R_a = \eta f_{cu} A_p \quad (4.5.4-2)$$

式中: R_a ——单桩承载力特征值 (kN);

u_p ——桩身横截面周长 (m);

n ——桩长范围内所划分的土层数;

A_p ——桩端横截面面积 (m²);

l_i ——第 i 层土的厚度 (m);

α ——桩端天然地基土承载力折减系数, 与桩长、土层土质情况有关, 宜按当地经验确定; 如无经验时可取 0.4-0.6, 承载力高时取低值;

q_{si} ——桩侧第 i 层土的桩侧摩阻力特征值 (kPa);

q_p ——桩端地基土未经修正承载力特征值 (kPa);

f_{cu} ——桩体抗压强度平均值 (kPa);

η ——桩体强度折减系数 (kPa)。

4.5.5 复合地基承载力的基础宽度承载力修正系数应取 0; 基础埋深的承载力修正系数应取 1.0。修正后的复合地基承载力特征值应按下列式计算:

$$f_a = f_{spk} + \gamma_m(D-0.5) \quad (4.5.5)$$

式中: f_{spk} ——复合地基承载力特征值 (kPa);

γ_m ——基础底面以上土的加权平均重度 (kN/m³), 地下水位以下取浮重度;

D ——基底埋置深度 (m), 从天然地面标高起算。

4.6 沉降计算

4.6.1 地基沉降计算应符合下列要求:

1 沉降计算的土层深度应以其底面附加应力与自重应力之比值不大于 15% 确定。

2 软土地基上的低填路基, 当重载车型较多时, 还应计入行车荷载产生的路基永久变形。

3 路基预压或超填时, 沉降计算的路基高度应包含预压高度或超填高度。

4.6.2 复合地基的沉降由垫层压缩变形量、加固区复合土层压缩变形量 (s_1) 和加固区下卧土层压缩变形量 (s_2) 组成。当垫层压缩变形量小, 且在施工期已基本完成时, 可忽略不计。复合地基沉降可按下列式计算:

$$s = s_1 + s_2 \quad (4.6.2)$$

式中: s_1 ——复合地基加固区复合土层压缩变形量 (mm);

s_2 ——加固区下卧土层压缩变形量 (mm)。

4.6.3 复合地基加固区复合土层压缩变形量 (s_1) 宜根据复合地基类型分别按下列公式计算:

1 柔性桩复合地基可按下列公式计算:

$$s_1 = \psi_{s1} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i l_i}{E_{spi}} \quad (4.6.3-1)$$

$$E_{spi} = mE_{pi} + (1-m)E_{si} \quad (4.6.3-2)$$

式中: Δp_i ——第 i 层土的平均附加应力增量 (kPa);

l_i ——第 i 层土的厚度 (mm);

m ——复合地基置换率;

ψ_{s1} ——复合地基加固区复合土层压缩变形量计算经验系数, 根据复合地基类型、地区实测资料及经验确定;

E_{spi} ——第 i 层复合土体的压缩模量 (kPa);

E_{pi} ——第 i 层桩体压缩模量 (kPa);

E_{si} ——第 i 层桩间土压缩模量 (kPa), 宜按当地经验取值, 如无经验, 可取天然地基压缩模量。

2 刚性桩复合地基可按下列公式计算:

$$s_1 = \psi_p \frac{QL}{E_p A_p'} \quad (4.6.3-3)$$

式中: Q ——刚性桩桩顶附加荷载 (kN);

L ——刚性桩桩长 (mm);

E_p ——桩体压缩模量 (kPa);

A_p' ——刚性桩桩身或管壁横截面面积 (m²);

ψ_p ——刚性桩桩体压缩经验系数, 宜综合考虑刚性桩长细比、桩端刺入量, 根据地区实测资料及经验确定。

4.6.4 复合地基加固区下卧土层压缩变形量 (s_2), 可按下列公式计算:

$$s_2 = \psi_{s2} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i l_i}{E_{si}} \quad (4.6.4)$$

式中: Δp_i ——第 i 层土的平均附加应力增量 (kPa);

l_i ——第 i 层土的厚度 (mm);

ψ_{s2} ——复合地基加固区下卧土层压缩变形量计算经验系数, 根据复合地基类型、地区实测资料及经验确定;

E_{si} ——基础底面下第 i 层土压缩模量 (kPa)。

4.6.5 作用在复合地基加固区下卧层顶部的附加压力宜根据复合地基类型采用不同方法。对刚性桩复合地基宜采用等效实体法计算，对柔性桩复合地基，可根据桩土模量比大小分别采用等效实体法或压力扩散法计算。

4.7 稳定分析

4.7.1 桥梁接坡处理设计应进行地基土稳定验算，其稳定安全系数应满足表 4.7.1 的规定值。

表 4.7.1 稳定安全系数容许值

指标	有效固结应力法		改进总强度法		简化 Bishop 法 Janbu 条分法
	不考虑固结	考虑固结	不考虑固结	考虑固结	
直接快剪	1.1	1.2	-	-	-
静力触探、十字板剪切	-	-	1.2	1.3	-
三轴有效剪切指标	-	-	-	-	1.4

注：表列安全系数未考虑地震影响。当需要考虑地震力时，表列安全系数减小 0.1。

4.7.2 在复合地基稳定分析中，所采用的稳定分析方法、计算参数、计算参数的测定方法和稳定安全系数取值应相互匹配。

4.7.3 复合地基稳定可采用圆弧滑动总应力法进行分析。稳定安全系数按下式计算：

$$K = \frac{T_s}{T_t} \quad (4.7.3)$$

式中： T_t ——荷载效应标准组合时最危险滑动面上的总剪切力 (kN)；

T_s ——最危险滑动面上的总抗剪切力 (kN)；

K ——稳定安全系数。

4.7.4 复合地基竖向增强体应深入设计要求安全度对应的危险滑动面下至少 2m。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 桥梁接坡处理施工应具备下列资料：

- 1 桥梁接坡处岩土工程勘察报告。
- 2 施工图及图纸会审纪要。
- 3 桥位和邻近区域内构筑物及管线等调查资料；
- 4 主要施工设备条件及对地质条件的适应性等资料；
- 5 针对性施工方案，并提出控制沉降的具体措施；
- 6 水泥、砂、石、钢筋等原材料及其制品的质检报告；
- 7 有关荷载、施工工艺的试验参考资料。

5.1.2 施工组织设计应结合工程特点编制，并应包括下列内容：

- 1 施工平面图：应标明桩位、编号、施工顺序、水电线路和临时设施的位置。
- 2 确定成孔机械、配套设备以及合理施工工艺的有关资料。
- 3 施工作业计划和劳动力组织计划。
- 4 机械设备、工具、材料供应计划。
- 5 安全、劳动保护、防火、防雨、防台风、爆破作业、文物、节能和环境保护等方面的措施，并应符合有关部门的规定。
- 6 保证工程质量、安全生产和季节性施工的技术措施。

5.1.3 施工现场事先应予平整，并应清除地上和地下障碍物。遇明浜、池塘及场地低洼时应严格按设计要求进行处理。

5.1.4 施工前宜根据设计要求进行工艺性试桩。

5.1.5 若桥梁接坡地基处理桩先于桥台施工，桥台施工时应采取有效措施确保地基处理桩的水平稳定。

5.1.6 桥梁接坡地基处理施工用的供水、供电、道路、排水、临时房屋等临时设施，应在开工前准备就绪，保证施工机械正常作业。

5.1.7 桩轴线的控制点和水准基点应设在不受施工影响之处并应在开工前复核。施工过程中应妥善保护，并应经常复测。

5.1.8 用于施工质量检验的仪表、器具的性能指标，应符合现行国家

相关标准的规定。

5.2 预应力管桩施工

5.2.1 预应力管桩的施工工艺应符合国家和行业现行相关标准、规范的规定。

5.2.2 当现状构筑物距桥梁接坡地基处理范围小于 1.5 倍桩长时,不宜采用预应力管桩。

5.2.3 预应力管桩桩身混凝土必须达到设计强度和龄期后方可沉桩。

5.2.4 施工方法可采用锤击沉桩和静压沉桩,宜优先采用静压沉桩。施工顺序应按下列要求进行:

- 1 预应力管桩应先于桥梁结构桩基施工。
- 2 当一侧毗邻现状构筑物,应由毗邻构筑物处向另一方向施打。
- 3 根据桩顶设计标高,宜先深后浅。
- 4 根据桩的规格,宜先大后小,先长后短。

5.2.5 锤击沉桩终止锤击的条件应以控制桩端设计标高为主,贯入度为辅。

5.2.6 采用静压沉桩时,场地地基承载力不应小于压桩机接地压强的 1.2 倍,且场地应平整。最大压桩力不宜小于设计的单桩竖向极限承载力标准值,必要时可由现场试验确定。

5.2.7 静力压桩施工的质量控制应符合下列规定:

- 1 第一节桩下压时垂直度偏差不应大于 0.5%。
- 2 宜将每根桩一次性连续压到底,且最后一节有效桩长不宜小于 5m。
- 3 抱压力不应大于桩身允许侧向压力的 1.1 倍。

5.2.8 静力压桩施工的终压条件应符合下列规定:

- 1 应根据现场试压桩的试验结果确定终压力标准。
- 2 终压连续复压次数应根据桩长及地质条件等因素确定,对于入土深度大于或等于 8m 的桩,复压次数可为 2~3 次;对于入土深度小于 8m 的桩,复压次数可为 3~5 次。
- 3 稳压压桩力不得小于终压力,稳定压桩的时间宜为 5s~10s。

5.2.9 可采取设置应力释放孔、隔离板桩,开挖防震沟及限制打桩速

率等辅助措施，以减少施工对周围环境的影响。施工期间应对临近构筑物和管线采取必要的监控措施。

5.2.10 挖土和截桩时应注意对桩体及桩间土的保护，不得造成桩体开裂、桩间土扰动等。

5.2.11 工程中应尽量减少接桩，接桩宜在桩尖穿过硬土层后进行，应避免桩尖接近硬持力层或桩尖位于硬持力层中接桩。任一单桩的接头数量不宜超过 3 个。

5.2.12 挖土和截桩时应注意对桩体及桩间土的保护，不得造成桩体开裂、桩间土扰动等。

5.2.13 桩体施工的垂直度允许偏差为 1%，桩位允许偏差为 100mm。

5.3 旋挖灌注桩施工

5.3.1 旋挖灌注桩的施工工艺应符合国家和宁波市现行相关标准、规范的规定。

5.3.2 旋挖灌注桩成孔方法根据场地条件可采用干作业旋挖成孔、湿作业旋挖成孔以及护筒护壁旋挖成孔等几种方式。对于松散填土或淤泥质土等成孔困难的场地，可选用护筒护壁旋挖成孔。

5.3.3 旋挖灌注桩成桩工艺应符合下列规定：

1 施工前应按设计要求在室内进行配合比试验，施工时应按配合比配置混合料。

2 桩顶超灌高度不应小于 0.5m。

3 成桩过程中，应抽样做混凝土试块。

5.3.4 灌注桩混凝土的充盈系数不得小于 1.0，也不宜大于 1.3。

5.3.5 桩体施工的垂直度允许偏差为 1%，桩位允许偏差为 100mm。

5.4 水泥土搅拌桩施工

5.4.1 水泥土搅拌桩的施工应符合国家和宁波市现行相关标准、规范的规定。

5.4.2 水泥土搅拌桩施工尚应符合下列规定：

1 搅拌头翼片的枚数、宽度、与搅拌轴的垂直夹角、搅拌头的回转数、提升速度应相互匹配，以确保加固深度范围内土体的任何一点均能经过 20 次以上的搅拌；

2 所使用的水泥均应过筛。喷浆(粉)量及搅拌深度应采用经国家计量部门认证的监测仪器进行自动记录；

3 搅拌头的直径应定期复核检查，其磨耗量不得大于 10mm；

4 停浆(灰)面应高于桩顶设计标高 300mm~500mm，开挖时应将搅拌桩顶端施工质量较差的桩段用人工挖除；

5 可采用提升或下沉喷浆(粉)的施工工艺，但必须确保全桩长上下至少再重复搅拌一次。

5.4.3 水泥土搅拌桩的水泥掺量宜为 15%~25%，水灰比宜为 0.5~0.6。

5.4.4 桩体施工的垂直度允许偏差为 1%，桩位允许偏差为 150mm。

5.5 高压旋喷桩施工

5.5.1 高压旋喷桩施工应符合国家和宁波市现行相关标准、规范的规定。

5.5.2 高压旋喷桩施工尚应符合下列规定：

1 旋喷桩的施工参数应根据土质条件、加固要求通过试验或根据工程经验确定，并应在施工中严格加以控制；单管法及双管法的高压水泥浆和三管法高压水的压力应大于 20MPa，流量应大于 30L/min，气流压力宜大于 0.7MPa，提升速度宜为 0.1m/min~0.2m/min。

2 水泥浆液的水灰比应按工程要求确定，可取 0.8~1.5。

3 对需要局部扩大加固范围或提高强度的部位，可采取复喷措施。

4 在施工过程中出现压力骤然下降、上升或冒浆异常时，应查明原因并及时采取措施。

5 旋喷桩施工完毕，应迅速拔出喷射管；为防止浆液凝固收缩影响桩顶高程，必要时可在原孔位采取冒浆回灌或二次注浆等措施。

5.5.3 桩体施工的垂直度允许偏差为 1%，桩位允许偏差为 150mm。

5.6 小方桩施工

5.6.1 小方桩的施工工艺应符合国家和宁波市现行相关标准、规范的规定。

5.6.2 小方桩运输和沉桩须符合下列规定：

1 桩身混凝土强度达到设计强度的 70% 时方可起吊，达到设计强度的 100% 时才能运输。

2 桩身混凝土强度达到设计强度的 100% 时方可沉桩，宜采用静压法沉桩。

5.6.3 沉桩顺序宜采用自中间分两边对称前进，或自中间向四周进行；如遇保护对象，则宜背离保护对象，由近及远沉桩。

5.6.4 桩位允许偏差为 100mm。

5.7 气泡混合轻质土施工

5.7.1 气泡混合轻质土的施工应符合国家和宁波市现行相关标准、规范的规定。

5.7.2 气泡群应采用发泡设备预先制作，不宜采用搅拌方式制作气泡群。

5.7.3 新拌气泡混合轻质土宜采用配管泵送。

5.7.4 气泡群应及时与水泥基浆料混合均匀，新拌气泡混合轻质土在泵送设备及泵送管道中停置时间不宜超过 1h。

5.7.5 气泡混合轻质土应采用分层分块方式进行浇筑作业。单层浇筑厚度宜按 0.3m~0.8m 控制。上一层浇筑作业应在下浇筑层终凝后进行。

5.7.6 浇筑过程中，泵送管出口应与浇筑面保持水平，不宜采用喷射方式浇筑。

5.7.7 浇筑时，遇大雨或持续小雨天气时，应对未硬化的填筑体表层进行覆盖。夏季高温时，应避免高温时段浇筑。冬季施工时，应采取保温防冻措施。

5.7.8 施工期间应制定有效的抗浮应急措施。

5.7.9 在填筑体达到设计抗压强度后，方可在填筑体顶面进行机械和

车辆作业。作业前，应先铺一层覆盖层，厚度不宜小于 20cm。

5.7.10 在浇筑完填筑体顶层后，应立即对填筑体表面覆盖塑料薄膜或土工布保湿养生，养生时间不宜少于 7d。

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则（修编）》（征求意见稿）

6 质量检测

6.0.1 地基基槽（坑）开挖到设计标高后，应进行基槽（坑）检验。

6.0.2 处理后的地基应进行地基承载力和变形评价。复合地基应进行增强体强度、桩身完整性和单桩竖向承载力检验，以及单桩或多桩复合地基载荷试验。

6.0.3 桥梁接坡处理检测应在竖向增强体及其周围土体物理力学指标基本稳定后进行，地基处理施工完毕至检测的间隔时间可根据工程特点确定。

6.0.4 旋挖灌注桩应按下列要求进行工程质量检测：

1 在成桩28天后，对桩身质量采用低应变法检测，抽检频率应不少于总桩数的10%。

2 在成桩28天后进行载荷试验检验单桩承载力，抽检频率应为总桩数的0.5%，且不应少于3处。

6.0.5 预应力管桩成桩后应进行载荷试验检验单桩承载力，抽检频率应为总桩数的0.5%，且不应少于3处。

6.0.6 水泥土搅拌桩、高压旋喷桩应按下列要求进行工程质量检测：

1 在成桩28天后进行钻探取芯，抽检频率应为总桩数的1%~2%。

2 在成桩28天或90天后进行载荷试验，检验单桩承载力和复合地基承载力，抽检频率应为总桩数的0.5%，且不应少于3处。

6.0.7 气泡混合轻质土的质量检验与验收应符合现行《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》（CJJ/T 177）的规定，以填筑体为构造单元，按单个或若干个构造单元划分为检验批。

6.0.8 气泡混合轻质土的质量检验应符合下列规定：

1 干容重质量要求应符合下列规定：

1) 每组平均值应小于相应等级湿容重标准值；

2) 单块最大值应小于相应等级湿容重变化范围的上限值。

2 抗压强度应符合现行规范的规定。

6.0.9 桥梁接坡地基处理检测抽检位置的确定应符合下列规定：

1 施工出现异常情况的部位。

2 设计认为重要的部位。

3 局部岩土特性复杂可能影响施工质量的部位。

4 当采用两种或两种以上检测方法时，应根据前一种方法的检测结果确定后一种方法的检测位置。

5 同一检验批的抽检位置宜均匀分布。

6.0.10 竣工时桥梁接坡处路面纵断高程验收标准应按《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ1）执行。

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则（修编）》（征求意见稿）

7 沉降观测

7.1 一般规定

7.1.1 软土地基桥梁接坡段应进行施工期间和保修期间变形及沉降监测，设计单位应明确监测断面、监测项目（内容）、监测点数量及其布设和监测控制标准。

7.1.2 应采用先进、成熟、科学的监测手段，真实、可靠、全面地反映路基变形及沉降过程。

7.1.3 应对监测成果进行整理、分析和保存，监测结果超相关标准时，应进行专项处治。监测结果宜接入数字城建项目管理系统。

7.1.4 施工期间动态观测工作除由施工单位自行监测外，还应由有资质的第三方专业单位进行监测。

7.1.5 既有路基改造工程施工期间应按新建路基选择监测项目，并应监测既有路基的沉降及新老路基之间的差异沉降。

7.1.6 地基处理工程施工对周边环境有影响时，应进行邻近建（构）筑物竖向及水平位移监测、邻近地下管线监测以及周围地面变形监测。

7.1.7 监测断面设置应符合下列规定：

1 表面沉降监测点应设置在道路中线、边线和人行道边。

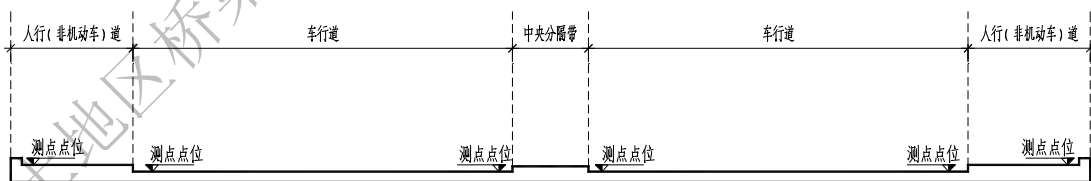


图 7.1.7 测点点位布置示意图

2 运营期监测断面、测点布设应满足维护部门的要求及其相关规定。

7.2 施工期监测

7.2.1 桥梁接坡段应进行施工期路基稳定与变形监测设计，路基填土速率应符合下列规定：

1 填筑时间不应小于地基抗剪强度增长所需要的固结时间。

2 路基中心沉降量每昼夜不得大于 10mm~15mm，边桩位移量每昼夜不得大于 5mm。

7.2.2 监测断面及监测点布置

1 为预测工后沉降差异，沉降观测断面布置应符合以下要求：

1) 搭板起、终点，搭板后间隔 10m 设置。

2) 视情况可增设观测断面。

2 表面沉降监测点应设置在车道中线、车道边线和人行道边线处。

7.2.3 监测频率

1 水平位移观测应与沉降观测同步进行。

2 路基填筑期间，每填筑一层后立即观测一次；填筑间歇期间，重点路段每 3 天观测一次，若填筑间隔时间较长，宜每 7 天观测一次。

3 路面施工期间，每层加载后应至少观测一次。若间隔时间较长，第 1 个月每 15 天观测一次，第 2 个月起每 30 天观测一次。

7.2.4 路面铺筑应在沉降稳定后进行，采用双标准控制，即要求推算的工后沉降量不大于 0.1m，同时要求连续 2 个月观测的沉降量每月不超过 5mm。

7.3 保修期监测

7.3.1 监测项目

1 尚能继续监测且能实现运行期监控目的的施工期监控项目，保修期宜继续监测。

2 保修期监测的主要内容包括：

1) 表面沉降量；

2) 相邻纵坡差；

3) 相邻横坡差；

4) 错台高差；

5) 裂缝宽度、长度和深度；

6) 既有防护及支挡结构的位移和裂缝宽度、长度及深度。

7.3.2 保修期沉降观测断面设置及监测点布置同 7.2.2 要求。

7.3.3 工程保修期到期后，宜对监测成果进行专项评估，与相关资料一并移交接管单位。

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则（修编）》（征求意见稿）

8 养护措施

8.1 一般规定

8.1.1 本导则规定的养护措施，主要针对处于施工保修期内的市政桥梁接坡段制定。保修期以外的养护措施，由接管单位按相关要求执行。

8.1.2 市政桥梁的接坡段在保修期内应进行日常巡查、检测评价，并根据评价结果制定维修计划及养护规划。

8.1.3 既有道路“桥头跳车”病害等级分 A、B、C、D 四类，详见浙江省住房和城乡建设厅发布的《城镇道路路桥过渡段工程技术导则》（试行）的相关规定。

8.1.4 当桥梁接坡段出现 B 类病害时应及时进行维修养护，并由具备相应专业能力的养护单位实施。

8.1.5 当桥梁接坡段出现 C、D 类病害等级时应进行专项处治，并建立养护档案资料进行信息化管理。

8.1.6 除本导则要求外，城镇桥梁接坡段养护尚应符合现行行业标准《城镇道路养护技术规范》CJJ 36、《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 等相关标准规定。

8.2 巡查

8.2.1 桥梁接坡段巡查包括日常巡查和专项检查，日常巡查按现行规范标准执行，日常巡查初排发现“桥头跳车”病害时，应进行“桥头跳车”病害专项检查。

8.2.2 “桥头跳车”日常巡查采用桥头跳车法，排查车辆轴距为 2.5m~2.85m，以城镇道路设计车速行驶，对路桥过渡段内各车道桥头行车舒适度进行初排。

8.2.3 “桥头跳车”专项病害检查方式：

1 坡度测量法：取“桥头跳车”最明显的车道，进行坡度测量，得出相邻最大纵坡差。

2 高差测量法：取错台最大处进行高差测量，得出错台高差。

3 监测项目、监测断面及点位布置详见 7.3 节。

8.3 路面日常养护与病害处治

8.3.1 路面处治措施

1 对“桥头跳车”病害等级为 A 类区域进行定期巡查；对“桥头跳车”病害等级为 B 类区域进行路面处治。

2 “桥头跳车”病害等级 B 类区域处治措施：

沥青路面宜采用铣刨罩面处治，处治长度不宜小于 25m，且应满足相邻纵坡差不低于 A 类的要求；水泥路面可采用特种砂浆处治，处治长度不小于一个板块长度。

3 对横穿管线引起路面起拱处，应调查原管线资料，根据管线埋深情况采用沥青铣刨罩面处理或对管线整体改造以保证路面坡度顺畅。

8.3.2 “桥头跳车”病害等级为 C、D 类的桥梁接坡段，应对病害成因分析后，进行整治提升设计。

8.3.3 对于桥梁伸缩缝等其他因素引起的桥头跳车，应根据相关标准进行处治。

8.3.4 桥梁接坡段养护完成后应达到无桥头跳车现象。

本技术导则用词说明

1 为便于在执行本实施细则条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“可按……执行”或“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
2. 《公路桥涵地基与基础设计规范》 JTG 3363
3. 《城市道路路基设计规范》 CJJ 194
4. 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 CJJ1
5. 《城市桥梁设计规范》 CJJ11
6. 《复合地基技术规范》 GB/T 50783
7. 《刚-柔性桩复合地基技术规程》 JGJ/T 210
8. 《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》 CJJ/T 177
9. 《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》 JTG/T D31-02
10. 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
11. 《公路软土地基路堤设计规范》 DB33/T 904
12. 《道路路基设计规范》 DG/TJ 08-2237
13. 《城镇道路路桥过渡段工程技术导则》（试行）

宁波市工程建设地方细则

宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则

甬 DX/JS xx-2023

条文说明

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则（修编）》（征求意见稿）

目 次

1	总 则	37
3	基本规定	38
4	桥梁接坡地基处理设计	39
4.1	一般规定	39
4.2	地基处理方法	39
4.3	气泡混合轻质土设计	42
4.4	荷载计算	42
4.5	承载力计算	42
4.6	沉降计算	42
5	施工	43
5.1	一般规定	43
5.2	预应力管桩施工	43
5.7	气泡混合轻质土施工	43
6	质量检测	44
7	沉降观测	45
8	养护措施	46

1 总 则

1.0.1 宁波地区多为软土地基，在软土地基上修建桥梁应对桥梁接坡段进行处理，以免路桥衔接段不均匀沉降导致桥头跳车，影响行车的舒适性。桥梁接坡处理涉及的工程量较大、技术难度高、工期长、投资大，因此地基处理中必须认真贯彻执行国家的各种相关技术标准及政策，尽可能做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境。

1.0.2 本导则主要针对宁波市软土地区市政道路新建及改扩建工程制定。既有市政道路上出现的桥头跳车、桥梁接坡段路基路面病害处治可按《宁波市城市桥梁“桥头跳车”专项处治技术导则》（试行）（甬城管[2018]93号）执行。本导则中的桥梁接坡处理方法，也可用于箱涵、通道等处与道路的接坡段。

1.0.3 桥梁接坡段的地基处理方法很多，本导则无法全部涵盖，仅选取近来来宁波地区常用的处理方法进行阐述。对于导则以外的处理方法，在类似地质条件下有成熟应用经验，也可采用。对于地基处理中出现的新技术、新材料和新工艺，建议经过专家论证后，先进行试验段，经验证合理有效后，方可推广。

3 基本规定

3.0.1 桥梁接坡处理方法与工程沿线的地质、地貌和水文条件密切相关，设计前应掌握桥位处的地质土层分布及岩土力学参数，便于进行接坡处理的相关的计算。

3.0.2 桥梁接坡处理方法还应结合桥梁结构型式、道路的交通量和荷载等级、老路的处理方式及现状情况、同类型地基的处理经验、以及邻近的构筑物及管线情况，做到设计合理经济，施工便捷，处理成熟有效。

3.0.3 桥梁接坡范围内存在河塘、暗浜、软硬土分布不均等不良地质条件，且桥梁接坡段地基处理投资规模较大时，宜在设计阶段组织召开由相关专业专家组成的专家组，对地基处理方案进行专题论证，确保地基处理方案安全、经济。

3.0.4 宁波市市域范围内软土地貌多为滨海相淤积平原，软土覆盖面积广阔，软土厚度较厚，但不同区域内的软土也存在一定的差异性。主要区别在于软土之上有无上覆硬壳层。

如市区（海曙、江北、鄞州）大部、余慈片区等，淤泥质软土厚度有 10-40m，上覆硬壳层很薄（5m 以内）或者缺失，该部分区域划分为 I 类区。I 类区软土的物理力学性质较差，计算沉降量较大。故新建桥梁接坡段应采取地下深层处理措施，以减少工后沉降，保证地基稳定。

在杭州湾片区（慈北平原），软土厚度通常也较厚，但深厚软土之上还有大约 10m-20m 的粉土、粉砂层，即通常所说的硬壳层，该部分区域划分为 II 类区。对于 II 类区的软土，可充分利用硬壳层的承载力，采用气泡混合轻质土回填，也可获得较好的处理效果。

3.0.5 施工单位应根据桥位现场的及周边的构筑物及管线情况，编制针对性的施工方案，明确桥梁接坡段地基处理施工的有效措施，确保工程质量。

3.0.6 软土地基固结的时间长，在具备施工条件的前提下，可以先实施远期工程的地基处理和路堤填筑，尽可能减少工后沉降。

4 桥梁接坡地基处理设计

4.1 一般规定

4.1.1 路基工后沉降控制标准主要参照《城市道路路基设计规范》（CJJ 194）和《道路路基设计规范》（DG/TJ 08）制定。

4.1.2 桥梁接坡地基处理方法的确定须结合地形地貌、地层结构、土质条件、地下水特征、周边环境及邻近构筑物及管线等多种影响因素综合分析，并从多方面进行技术经济分析，选择最佳的地基处理方法。

4.1.4 归纳了宁波常用的地基处理型式，并列举了各种地基处理所适用的土质条件和适用的区域。

6 气泡混合轻质土遇水后，强度及耐久性会受影响，且重度发生变化，地基处理效果差，因此气泡混合轻质土不宜用于水位以下。

4.2 地基处理方法

4.2.1 明确了桥梁接坡地基处理范围应根据桥梁结构类型、道路等级、交通组成、桥头填土高度及是否为改扩建道路等因素综合确定。一般情况下台后填土高度也不宜大于 5m，超过此值时，建议针对路、桥方案进行比选。

根据宁波地区经验，对于填土高度不大于 3.5m 的桥梁及涵洞接坡给出了接坡长度的推荐值。对于大于 3.5m 的高填方区，桥梁接坡范围应到道路填土高度不大于 2.5m 为止，且地基处理长度不宜小于 50m，处理范围选用较大者。

4.2.2 当 I 类区填土高度不大于 3.5m 时，对于道路等级较高或者等级不高但交通繁忙的道路，应采用处理深度深、处理效果好的刚性桩。等级不高的次干路和支路，可采用柔性桩（水泥搅拌桩和高压旋喷桩）或小方桩结合气泡混合轻质土的处理方式。

1 刚性桩处理

1) 预应力管桩和旋挖灌注桩是宁波地区最常使用的两种刚性桩，处理效果都较好。预应力管桩经济性好，预制质量有保证，但存在较明显的挤土效应。当周边环境对挤土效应不敏感时优先采用预应

力管桩；当周边环境对挤土效应敏感时，推荐采用旋挖灌注桩。

2) 侧挡墙下脚趾处受力大，为了能涵盖地基应力最大区，侧挡墙下桩基应有有序布置。

3) 车道（人行道）内刚性桩的平面布置型式一般为矩形或者梅花形，桩中心间距一般在 2.2~2.5m 之间，过大的桩距不利于桩间土参与受力，容易造成路面出现“蘑菇钉”状突起。桩长宜控制在 30m 以内，桩长过长，桩基施工困难且成桩质量难以保证。

4) 根据路段间沉降控制标准的不同，建议采取桩距不变，桩长渐变的方式实现沉降过渡。若采用桩距渐变，在刚性桩处理末端，填土厚度变薄，但桩间距变大，易造成“蘑菇”病害。

5) 设置桩帽有利于桩间土参与受力，形成土拱效应，对桩帽应进行受力验算。在接坡段邻河、台后填土高 ($>4\text{m}$) 或原状土的力学特性差（如流塑状淤泥质土）时，可根据计算需要，将桩帽纵横向相连，来提高地基整体稳定。

6) 刚性桩桩帽顶上铺设土工合成材料加筋垫层，提高了地基的整体性，并充分利用桩间土的承载力。

7) 为确保土拱的形成，充分发挥土拱效应，避免桩(帽)土顶面的差异沉降反射到路面而出现蘑菇状高低起伏的现象，根据《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》(JTG/T 031)，要求刚性桩处理路段的路堤高度宜大于 1.4(桩间距-桩帽宽度)。根据我市常规桩间距以及桩帽宽度，得出桩帽顶之上路堤高度不宜小于 1.5m。

2 水泥土搅拌桩结合气泡混合轻质土处理

1) 采用单向搅拌工艺的水泥土搅拌桩，处理深度有限，处理效果欠佳，应采用处理深度深且效果好的双向搅拌工艺。

3) 根据宁波地区工程经验，15m 以上的水泥搅拌桩桩底取芯检测结果差，故建议桩长不超过 15m。

4) 搅拌桩常规中心间距 1~1.5m，间距小，一般桩顶覆土厚度 2.5m 左右，即使桩距变化，桩顶的土拱效应仍能发挥，不会造成“蘑菇钉”状突起，因此建议桩长不变，桩距渐变来实现沉降过渡。

5) 仅水泥土搅拌桩对沉降控制效果有限，应结合气泡混合轻质土联合应用。其上的气泡混合轻质土可以采用变厚的方式，来实现沉降平顺过渡。

3 高压旋喷桩结合气泡混合轻质土处理

高压旋喷桩属于柔性桩的一种，适宜在施工场地狭窄、净空低的

区域使用。

4 小方桩结合气泡混合轻质土处理

2) 因预制桩桩长短, 根据路段间沉降控制标准的不同, 宜对桩距渐进行变以实现不同路段间的平顺过渡。

3) 与柔性桩处理类似, 仅使用小方桩对沉降控制效果有限, 应结合气泡混合轻质土联合应用。

4.2.3 I类区桥头填土高度大于 3.5m 时, 为了确保桥头的工后沉降满足要求, 且提高桥台及侧挡墙的水平稳定性, 宜采用刚性桩结合气泡混合轻质土的处理方式。气泡混合轻质土的厚度应根据地基承载力、沉降变形、桥台及侧挡墙的水平稳定以及经济性等方面综合确定。

4.2.4 刚性桩处理深度较深, 工后沉降控制较为理想, 较少在刚性桩处理范围以内发生不均匀沉降。在刚性桩处理末端与普通道路衔接处, 因普通道路无地基处理, 存在竖向刚度突变, 有刚性桩一侧路基沉降变形小, 无刚性桩一侧路基沉降变形大, 常发生明显的不均匀沉降造成跳车现象。为提高行车的舒适性, 有必要在刚性桩处理末端设置一定长度的过渡段, 可选用水泥土搅拌桩、小方桩或气泡混合轻质土等实现沉降变形的平顺过渡。

4.2.5 II类区存在承载力较高的硬壳层, 应充分利用硬壳层的承载力。一般可采用气泡混合轻质土进行换填处理。

4.2.6 结合宁波地区的实际工程经验, 给出了改扩建道路桥头地基处理方法。在实际应用时, 设计单位应进行仔细的调查和计算分析, 确保工后沉降及地基稳定性满足规范要求。

1 沉降稳定的老路部分, 一般指运营时间超过一定年限 (超过 2 年), 在车辆荷载作用下, 土体固结已大致完成, 路基承载力较高的老路。在道路改建时, 可充分利用老路基, 减少桥梁台后土体开挖量, 在已开挖面内和路面加高范围内采用气泡混合轻质土换填处理。

3 老路基已沉降稳定, 新建路基沉降还未完成, 在新老路搭接处易发生不均匀沉降, 导致路面纵缝出现。可采用气泡混合轻质土盖缝处理, 防止出现不均匀沉降。

4.2.7 路桥接坡段路基的防护与支挡形式多样, 宁波地区市政桥梁的接坡段通常选用挡土墙。挡土墙的稳定与接坡段路基的稳定息息相关, 故应引起重视。因市政道路所处的路基横断面、地形、地质条件和地基承载能力都不尽相同, 挡土墙的类型众多, 且故此处不一一引

用，可参见《城市道路路基设计规范》（CJJ 194）相关章节。

4.3 气泡混合轻质土设计

现浇气泡混合轻质土是宁波地区最常使用的轻质填料，使用效果也在多个项目中得到了验证。本节列出了气泡混合轻质土的主要设计内容和相关规定，主要条文参照《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》（CJJ/T 177）制定。

4.3.9 设计时应根据计算水位及填筑体上覆盖层荷载情况，验算填筑体在运营阶段的抗浮稳定性。

4.4 荷载计算

本节列出了作用在复合地基上的荷载计算规定及要求，主要条文参照《复合地基技术规范》（GB/T 50783）制定。

4.5 承载力计算

本节列出了复合地基承载力的计算公式，其中单桩承载力特征值的计算方法按刚性桩、柔性桩分别列出。主要条文参照《复合地基技术规范》（GB/T 50783）和《刚-柔性桩复合地基技术规程》（JGJ/T 210）制定。

4.6 沉降计算

复合地基的沉降计算相关内容主要参照《复合地基技术规范》（GB/T 50783）和《刚-柔性桩复合地基技术规程》（JGJ/T 210）制定。其中复合地基加固区复合土层压缩变形量计算经验系数 ψ_{s1} 和复合地基加固区下卧土层压缩变形量计算经验系数 ψ_{s2} 需要根据复合地基类型、地区实测资料及经验确定。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.5 桥头地基处理桩（刚性桩或柔性桩）施工完成后再实施桥台，易造成地基处理桩水平偏位或已加固土体剪切破坏，影响桥头地基的处理效果。桥台施工方案选择时，应尽可能减少桥台周围土体位移，保证地基处理桩的水平稳定。

5.2 预应力管桩施工

5.2.2 根据《宁波市城市房屋使用安全管理条例》的第三十二条规定：距现状浅基础房屋 1.5 倍桩长范围内的挤土桩施工需要进行安全影响鉴定，故本条规定采纳 1.5 倍桩长作为挤土桩使用的界限。

5.2.9 预应力管桩沉桩时的挤土效应较为明显，在沉桩施工时可采取设置应力释放孔、隔离板桩，开挖防震沟及限制打桩速率等辅助措施，以有效减少施工时对周围环境的影响。市政桥梁桥位处构筑物、管线分布通常较为密集，施工期间应对临近构筑物和管线采取必要的监控措施以策安全。

5.7 气泡混合轻质土施工

5.7.8 在施工期间气泡混合轻质土上覆盖层尚未施工时，如遇暴雨、洪水等导致的突发性水位上涨，可能会导致填筑体上浮。故在施工期间应制定抗浮应急措施，确保填筑体的稳定。

6 质量检测

本章条文主要参照《复合地基技术规范》(GB/T 50783)、《城镇道路工程施工与质量验收规范》(CJJ1)以及《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》(JTG/T D31)制定。上述几本规范(细则)要求的地基处理桩检测比例有所不同,本导则在规定检测比例时从严控制。

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则(修编)》(征求意见稿)

7 沉降观测

本章主要参照浙江省住房和城乡建设厅发布的《城镇道路路桥过渡段工程技术导则》（试行）的相关规定制定。主要针对施工期间和保修期间的变形及沉降监测。

《宁波市软土地区桥梁接坡地基处理技术导则（修编）》（征求意见稿）

8 养护措施

8.1.1 本章主要参照浙江省住房和城乡建设厅发布的《城镇道路路桥过渡段工程技术导则》（试行）的相关规定制定。主要针对处于施工保修期内的市政桥梁接坡段制定。保修期以外的养护措施，由接管单位按相关要求执行。

8.1.3 浙江省住房和城乡建设厅发布的《城镇道路路桥过渡段工程技术导则》（试行）中有关“桥头跳车”病害等级，主要根据不同设计车速下相邻纵坡差来判定。本导则直接引用相关条文。