

GUOJI AJIANZHUBI A0ZHUNSHENJ 05MR301

国家建筑标准设计图集 05MR301

城市道路 软土地基处理

中国建筑标准设计研究院

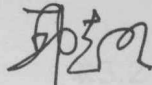
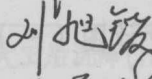
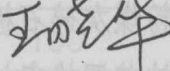
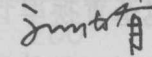
A blank, aged, cream-colored page, likely an endpaper or flyleaf of a book. The paper has a slightly textured appearance with some minor creases and discoloration, particularly along the edges. The page is set against a dark background.

“

[illegible]

城市道路—软土地基处理

批准部门 中华人民共和国建设部 批准文号 建质[2005]71号
主编单位 天津市市政工程设计研究院 统一编号 GJBT-853
实行日期 二00五年六月一日 图 集 号 05MR301

主编单位负责人 
主编单位技术负责人 
技术审定人 
设计负责人 

目 录

目录	1~2
总说明	3~10
换土垫层处理软基设计图	11
换土垫层处理软基施工说明	12~13
换土加筋垫层处理软基设计图	14
换土加筋垫层处理软基施工说明	15
加筋碎石垫层处理软基设计图	16
加筋碎石垫层处理软基施工说明	17
抛石挤淤设计图	18
袋装砂井处理软基设计图	19

袋装砂井处理软基施工说明	20
塑料排水板处理软基设计图	21
塑料排水板处理软基施工说明	22
粒料桩处理软基设计图(一)~(二)	23~24
粒料桩处理软基施工说明	25~26
加固土桩处理软基设计图(一)~(二)	27~28
水泥搅拌桩处理软基施工说明	29~30
粉喷桩处理软基施工说明	31
旋喷桩处理软基施工说明	32
水泥粉煤灰碎石桩处理软基	

目录

图集号 05MR301

审核 赵建伟  校对 刘润有  设计 蒋宏伟 

页

1

设计图 (一) ~ (二)	33 ~ 34
水泥粉煤灰碎石桩处理软基施工说明	35 ~ 36
复合地基置换率计算表	37
软基处理工程数量表 (一) ~ (四)	38 ~ 41
桥头水泥搅拌桩处理软基计算示例	42 ~ 45
水泥搅拌桩提高地基承载力计算示例	46 ~ 47

目 录				图集号	05MR301
审核	赵建伟	校对	刘润有	设计	蒋宏伟
				页	2

总 说 明

1 编制依据

本图集根据建设部建质【2004】46号“关于印发《二〇〇四年国家建筑标准设计编制工作计划》的通知”进行编制。

2 设计依据

2.1 《城市道路设计规范》 CJJ 37-90

2.2 《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》 JTJ017-96

2.3 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79-2002

2.4 《道路工程制图标准》 GB 50162-92

3 适用范围

3.1 本册图集适用于城镇各类新建、扩建和改建的快速路、主干路、次干路及支路的软土地基处理，主要用于提高地基承载力，减小不均匀沉降以及路面设计使用年限内的残余沉降（简称工后沉降）。

3.2 容许工后沉降如有特殊要求时按相关要求选用，如无特殊要求，参照《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》 JTJ 017-96选用，见表3.2。

城市道路容许最大工后沉降 表3.2

部位	容许最大工后沉降(mm)
桥头及无覆土的箱形通道及涵洞	100
有覆土的箱形通道及涵洞	200
一般路段	300

3.3 处理方法的选择要综合考虑地上、地下构筑物、施工工期、对周围环境的影响等因素。

4 处理方法

4.1 垫层法

4.1.1 垫层法属于软土地基浅层处理方法，包括换土垫层法、换土加筋垫层法及加筋碎石垫层法。

4.1.2 适用于淤泥、淤泥质土、冲填土等软弱地基的浅层处理，不适用于垫层下地基持力层土的压缩模量低于2.5MPa的地基。

4.1.3 采用换土垫层法或换土加筋垫层法处理软基时，垫层厚度一般不小于0.50m且不超过3.0m，并应与其它处理方法

总说明

图集号

05MR301

审核 赵建伟 赵建伟 校对 刘润有 刘润有 设计 蒋宏伟 蒋宏伟 页

3

进行经济比较后择优选用。

4.1.4 换土加筋垫层法的加筋材料宜选用抗拉强度不小于30kN、受力时伸长率不大于4%~5%、耐久性好、糙度大的土工格栅，当垫层厚度小于1.0m时，在1/2厚度处铺设一层加筋土工格栅，当厚度大于1.0m时，每0.5m铺设一层加筋土工格栅。也可根据工程实际情况选用其它土工合成材料。

4.2 抛石挤淤法

4.2.1 抛石挤淤法适用于常年积水的洼地，排水施工困难，表土呈流动状态，厚度较薄，片石能沉达底部的泥沼或厚度小于3.0m的软土路段，尤其适用于石料丰富、运距较近的地区。采用抛石挤淤法施工的路基，需要一定的沉实稳定时间，宜修建过渡式路面。

4.2.2 抛填的片石粒径宜大于300mm，且小于300mm粒径含量不得超过20%。抛填时从路堤中部开始，中部向前突进后再渐次向两侧扩展，以使淤泥向两旁挤出。

4.3 排水固结法

4.3.1 排水固结法适用于饱和软粘土（如沼泽土、淤泥及淤泥质

土、水力冲填土等）、有机质粘土的地基处理。

4.3.2 排水固结法的排水系统由水平排水砂垫层和竖向排水体构成，主要起到改变地基原有排水边界条件、缩短地基孔隙水的排水距离、加速软土地基的固结过程。当软土层较薄且靠近地表或土的渗透性较好、施工期较长时，可仅在地面铺设砂垫层而不设置竖向排水体。

a、水平排水砂垫层

a) 砂垫层厚500mm，采用中砂或粗砂，有机质含量不大于1%，不得含有粘土块和其它杂物，含泥量(小于0.074mm颗粒含量)不得超过5%，渗透系数大于 5×10^{-5} m/s。

b) 水平砂垫层应宽出两侧路基下坡脚各1.0m，并保证排水出路的畅通。

b、竖向排水体

竖向排水体常选用袋装砂井和塑料排水板。

a) 袋装砂井

砂袋采用透水性大、抗拉强度高的聚丙烯编织布制成；

砂采用洁净的中砂或粗砂，含泥量不超过3%，大于0.5

总说明

图集号

05MR301

审核 赵建伟

校对 刘润有

设计 蒋宏伟

页

4

mm的砂的含量占总重的50%以上,渗透系数不小于

$5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 。

砂井直径采用70mm,正三角形布置,砂井长度和间距通过计算确定,最大间距按井径比不大于25控制,一般以1

~2m为宜。

b) 塑料排水板

排水板采用正三角形布置,板长和间距通过计算确定,最大间距按等效井径比不大于25控制,一般以1~2m为宜。

塑料排水板技术指标要求如下:

抗拉强度: $\geq 13 \text{ kN/m}$

滤膜自由透水面积: $\geq 0.15 \text{ m}^2/\text{m}$

渗透系数: $\geq 5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

排水量: 周围土体压力在15m深度范围内不大于250 kPa或在大于15m范围不大于350kPa条件下,排水能力不低于 $3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ 。

塑料排水板应有足够的韧性,反复弯折(弯心直径85 mm)不出现髭裂。

c、竖向排水体与水平砂垫层的连通

竖向排水体施工前应先铺300mm厚砂垫层,并做出3%~4%的横坡,然后施工竖向排水体。对塑料排水板留出的孔口长度沿流水方向弯折500mm,使其与砂垫层贯通,最后铺剩余的砂垫层。

4.3.3 排水固结法的预压系统

预压可采用堆载预压、真空预压或真空——堆载联合预压。根据当地筑路材料来源及工程实际情况,堆载预压可以采用等载预压、欠载预压或超载预压。作为预压的荷载以路堤填料为宜。采用堆载预压时,应逐层填筑路堤并加强沉降观测,保证地基的稳定。如采用真空预压或真空——堆载联合预压,则加固区分区、抽真空管路布置及密封沟应进行专门设计。

4.3.4 采用排水固结法处理软基必须有不小于6个月的填土预压期,应通过计算及实测资料的分析确定,以达到严格控制工后沉降的要求。

4.4 粒料桩

为提高地基承载力,在需进行地基处理的范围内,由碎石、

总说明

图集号

05MR301

审核 赵建伟

校对 刘润有

设计 蒋宏伟

页

5

砂砾等松散粒料做桩料,采用专用机械设置成较大直径的桩体,对地基土起置换作用。本册图集的粒料桩包括碎石桩和砂桩。

4.4.1 碎石桩适用松散砂土、粉土、粘性土、素填土、杂填土以及对变形控制要求不十分严格的饱和软粘土地基的加固或置换,对十字板抗剪强度小于10kPa的饱和软粘土地基应慎用。

a、碎石桩宜采用正三角形布置,桩径采用400~1000mm。处理宽度应保证路基下坡脚外侧至少有2排碎石桩,当碎石桩用于防止砂土液化时,则每边放宽不小于处理深度的1/2并不小于5m。桩长及桩间距通过计算确定,最大桩距不超过5倍桩径。

b、成桩材料以粒径30~70mm的硬质岩的碎石或卵石为主,可部分掺砂,含泥量小于10%,不得采用强风化岩或软质岩石料。

c、桩顶设置600mm厚垫层,应采用级配良好的碎石或砂砾,不含植物残体、垃圾等。垫层的最大粒径不大于30mm。

4.4.2 砂桩适用松散砂土、粉土、粘性土、素填土、杂填土以及对变形控制要求不十分严格的饱和软粘土地基的加固或置换,对十字板抗剪强度小于10kPa的饱和软粘土地基应慎用。

a、砂桩宜采用正三角形布置,桩径采用400~1000mm。处理宽度应保证路基下坡脚外侧至少有2排砂桩,当砂桩用于防止砂土液化时,则每边放宽不小于处理深度的1/2并不小于5m。桩长及桩间距通过计算确定,最大桩距不超过5倍桩径。

b、成桩材料主要是工程砂,采用中粗混合砂,含泥量不大于3%。为了增大桩体的摩擦角,可以加入角砾混合,但最大颗粒粒径不得超过50mm,含泥量不大于5%。

c、桩顶填筑600mm厚砂垫层,采用中砂或粗砂,有机质含量不大于1%,不得含有粘土块和其它杂物,含泥量不得超过5%,渗透系数大于 5×10^{-5} m/s。

4.5 加固土桩

用带有回转、翻松、喷粉与搅拌功能的机械,将软土地基

总说明

图集号

05MR301

审核 赵建伟

校对 刘润有

设计 蒋宏伟

页

6

局部范围的某一深度、某一直径内的软土用固化材料予以改良、加固，形成加固土桩体。本册图集的加固土桩包括水泥搅拌桩、粉喷桩和旋喷桩。

4.5.1 水泥搅拌桩或粉喷桩适用于处理正常固结的淤泥、淤泥质土、饱和粘性土地基。当地基土天然含水量小于30%、大于70%或地下水的PH值小于4时不宜采用粉喷桩。当水泥搅拌桩或粉喷桩用于处理有机质土、塑性指数大于25的粘土、地下水具有腐蚀性时以及无工程经验的地区必须通过现场试验确定其适用性。

a、水泥搅拌桩和粉喷桩的固化剂均为水泥，其中水泥搅拌桩采用浆喷，粉喷桩采用粉喷。作为固化剂的水泥采用强度等级为32.5级及以上的普通硅酸盐水泥，如果地下水具有腐蚀性时应采用抗腐蚀水泥（如抗硫酸盐水泥）。水泥掺入量根据拟加固场地的水泥加固土室内配比试验及其单桩承载力确定，一般掺入量为13%~16%。

b、水泥搅拌桩或粉喷桩桩顶设置600mm厚垫层，应采用级配良好的碎石或砂砾，不含植物残体、垃圾等杂质。垫层

的最大粒径不大于30mm。

c、水泥搅拌桩或粉喷桩桩径500mm，宜采用正三角形布置，桩长及桩间距通过计算确定。最大桩距不超过5倍桩径。

4.5.2 旋喷桩适用于处理淤泥、淤泥质土、流塑、软塑或可塑饱和粘性土地基，特别适宜在施工场地狭窄、净空低、上部土质较硬而下部软弱时采用。当用于处理有机质土、地下水具有腐蚀性时以及无工程经验的地区必须通过现场试验确定其适用性。

a、旋喷桩的固化剂为水泥浆。水泥采用强度等级为32.5级及以上的普通硅酸盐水泥，如果地下水具有腐蚀性时应采用抗腐蚀水泥（如抗硫酸盐水泥）。水泥掺入量根据拟加固场地的水泥加固土室内配比试验及其单桩承载力确定，最小水泥用量不低于130kg/m。

b、桩顶设置600mm厚碎石褥垫层，应级配良好，不含植物残体、垃圾等杂质。碎石的最大粒径不大于30mm。

c、旋喷桩桩径400~1000mm，宜采用正三角形布置，桩长及桩间距通过计算确定。最大桩距不超过5倍桩径。

总说明

图集号

05MR301

审核 赵建伟

校对 刘润有

设计 蒋宏伟

页

7

4.6 水泥粉煤灰碎石桩 (CFG桩)

4.6.1 水泥粉煤灰碎石桩适用于处理软弱粘性土、粉土、砂土和已自重固结的素填土地基。对于淤泥质土、淤泥、有机质土、地下水具有腐蚀性时应按地区经验或通过现场试验确定其适用性。

4.6.2 水泥粉煤灰碎石桩成桩后桩身强度等级应达到C15混凝土强度。材料技术要求如下：

- a、水泥：采用强度等级为32.5级及以上的普通硅酸盐水泥，如果地下水具有腐蚀性时应采用抗腐蚀水泥（如抗硫酸盐水泥），同时可添加防腐剂。
- b、粉煤灰：粒径应在0.001~2mm之间，小于0.074mm的颗粒含量应大于45%，烧失量应小于12%。
- c、碎石：级配良好，不含植物残体、垃圾等杂质。碎石的最大粒径不大于50mm。
- d、混合料配比：根据桩身强度要求（达到C15混凝土强度）进行配合比试验后确定。

4.6.3 水泥粉煤灰碎石桩桩顶设置600mm厚碎石褥垫层，应级

配良好，不含植物残体、垃圾等杂质。碎石的最大粒径不大于30mm。

4.6.4 水泥粉煤灰碎石桩桩径400~600mm，宜采用正三角形布置，桩长及桩间距通过计算确定。最大桩距不超过5倍桩径。

5 加固段分区

5.1 桥头加固处理段分区

5.1.1 桥头路基边坡采用放坡形式时加固处理段分区

- a、桥头采用袋装砂井或塑料排水板进行软基处理时，加固处理段分区见图1。
- b、桥头采用粒料桩（碎石桩、砂桩）、加固土桩（水泥搅拌桩、粉喷桩、旋喷桩）及CFG桩进行软基处理时，加固处理段分区见图2。

总说明

图集号

05MR301

审核

赵建伟

校对

刘润有

设计

蒋宏伟

蒋宏伟

页

8

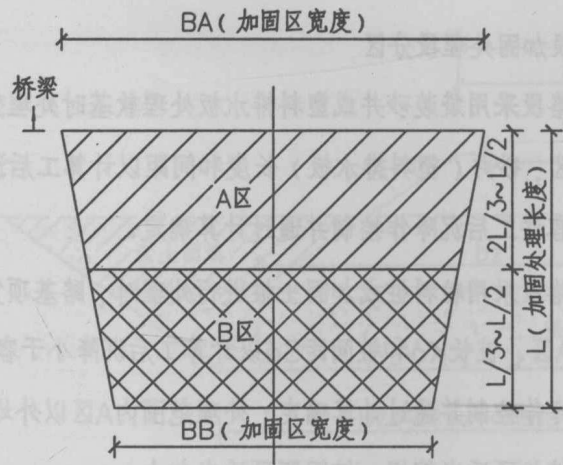


图1 桥头袋装砂井(塑料排水板)处理软基平面分区示意图

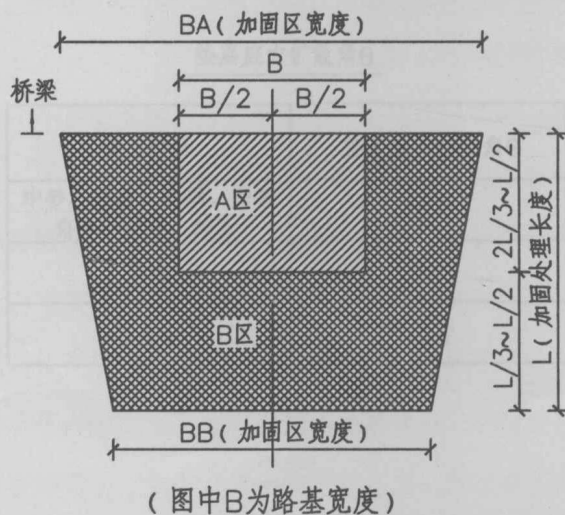


图2 桥头粒料桩、加固土桩、CFG桩处理软基平面分区示意图

c. 加固段长度L及分区桩长、桩间距计算

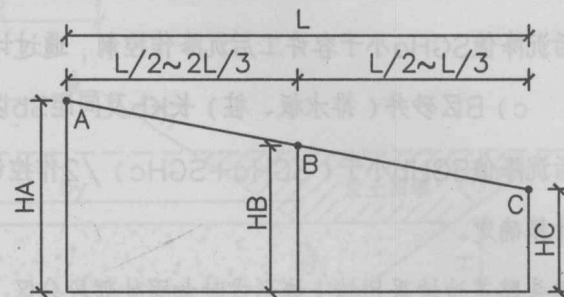


图3 计算简图

图3中: L 为桥头加固段长度, H_A 、 H_B 、 H_C 分别为A、B、C三点对应的填土高度(A点对应桥头, B点对应A、B区分界处, C点接路段), A、B、C三点处的计算工后沉降分别用 SGH_a 、 SGH_b 、 SGH_c 表示。

a) 加固段长度 L 可参照《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》JTJ017-96的规定并结合桥头填土高度选取(填土高度较高时可取长一些), 如果按 L 计算的 SGH_c 不满足容许工后沉降, L 需加长至 SGH_c 满足要求为止, 如果按 L 计算的 SGH_c 比容许工后沉降小很多, 可缩短 L 再重新计算。

总说明

图集号

05MR301

审核 赵建伟

校对 刘润有

设计 蒋宏伟

页

9

b) A区砂井(排水板、桩)长 Ka 及间距 Sa 以A点工后沉降值 $SGHa$ 小于容许工后沉降作控制,通过计算确定。

c) B区砂井(排水板、桩)长 Kb 及间距 Sb 以B点工后沉降值 $SGHb$ 小于 $(SGHa+SGHc)/2$ 作控制,通过计算确定。

5.1.2 桥头路基边坡采用挡土墙形式时加固处理段分区

桥头路基边坡采用挡土墙形式时,不宜采用袋装砂井或塑料排水板进行软基处理,宜用粒料桩、加固土桩或CFG桩进行处理,其加固处理段分区见图4,具体计算同上。

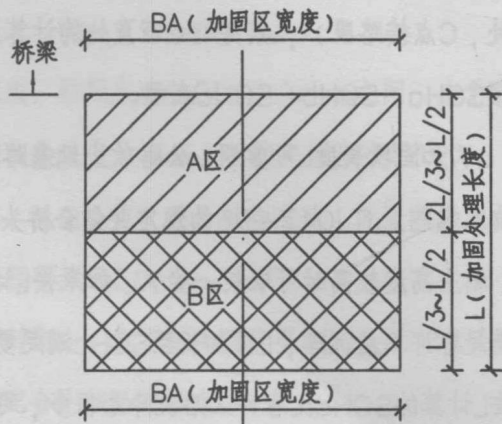


图4 桥头路基边坡设挡土墙时粒料桩、加固土桩或CFG桩处理软基平面分区示意图

5.2 路段加固处理段分区

5.2.1 路段采用袋装砂井或塑料排水板处理软基时处理范围不分区,砂井(塑料排水板)长度和间距以计算工后沉降小于容许工后沉降作控制并通过计算确定。

5.2.2 路段采用粒料桩或加固土桩进行处理时,路基顶宽范围为A区,桩长 Ka 和桩间距 Sa 以计算工后沉降小于容许工后沉降作控制并通过计算确定;处理范围内A区以外均为B区,桩长可适当缩短,桩间距可适当加大。

总说明

图集号

05MR301

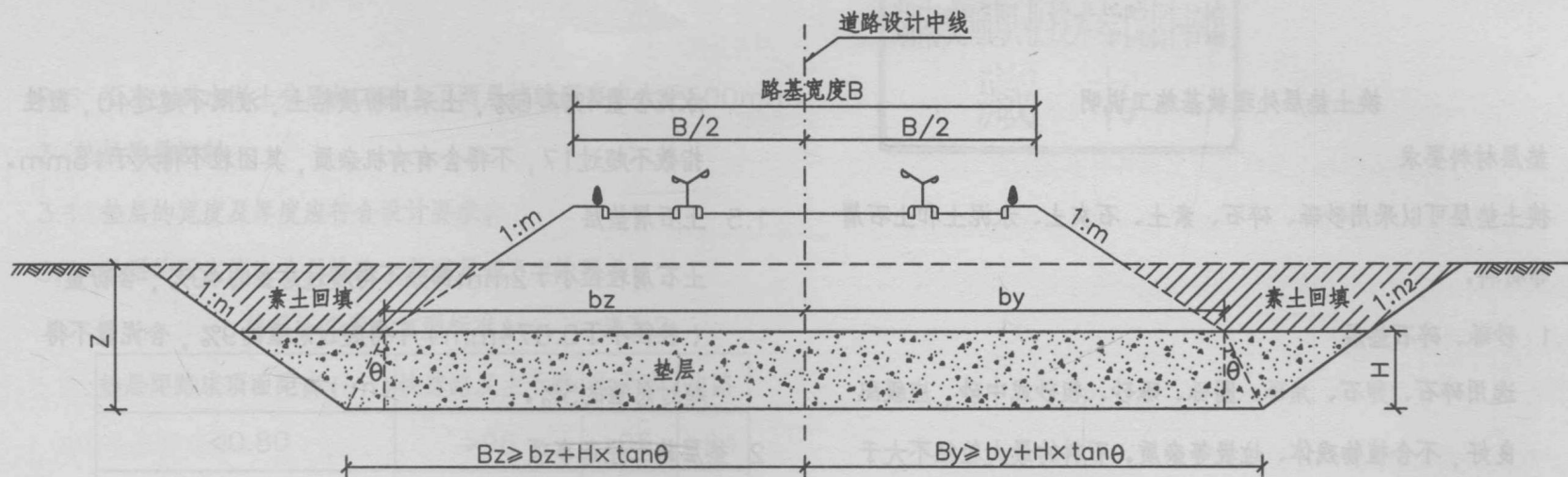
审核 赵建伟

校对 刘润有

设计 蒋宏伟

页

10



换土垫层处理软基横断面图

垫层应力扩散角 θ

垫层材料	垫层应力扩散角 θ
中砂、粗砂、砾砂、圆砾、角砾、卵石、碎石	20°
素土	6°
石灰土	28°

注：

- 1、本图单位：米。
- 2、图中Z一般不超过3.0m。
- 3、图中Bz、By、Z、H、n1、n2见《换土垫层处理软基工程数量表》。
- 4、如H小于Z，路基两侧应用素土回填至原地面。
- 5、本图路基横断面形式仅为示意。
- 6、垫层厚度根据软土层厚度或由地基应力决定。

换土垫层处理软基设计图

图集号

05MR301

审核 赵建伟 校对 刘润有 设计 蒋宏伟

页

11

换土垫层处理软基施工说明

1 垫层材料要求

换土垫层可以采用砂砾、碎石、素土、石灰土、水泥土和土石屑等材料。

1.1 砂砾、碎石垫层

选用碎石、卵石、角砾、圆砾、砾砂、粗砂或中砂，应级配良好，不含植物残体、垃圾等杂质。石料的最大粒径不大于100mm，含泥量不大于5%。

1.2 素土垫层

素土采用砂性土、粘土或粉质粘土，土中有机质含量不得超过5%，不得含有冻土或膨胀土，含有碎石时其粒径不超过100mm。

1.3 石灰土垫层

石灰含量为8%~20%，土采用塑性指数12~20的粘性土，其团粒不得大于15mm；石灰采用Ⅲ级及以上消石灰（或生石灰粉），技术指标应符合规范要求。

1.4 水泥土垫层

水泥含量4%~6%，土采用粉质粘土，液限不超过40，塑性指数不超过17，不得含有有机杂质，其团粒不得大于15mm。

1.5 土石屑垫层

土石屑粒径小于2mm部分不得超过总重的40%，含粉量（粒径小于0.074mm）不得超过总重的9%，含泥量不得超过总重的5%。

2 垫层施工注意事项

2.1 素土垫层、石灰土垫层及水泥土垫层施工时，地形起伏之处即垫层与天然土交接处，应修筑1:2台阶型边坡，每台阶高可取500mm，宽1000mm。

2.2 砂砾、碎石垫层及土石屑垫层底面标高不平时，土面应挖成阶梯或斜坡搭接，并按先深后浅的顺序施工。

2.3 垫层分层夯实、碾压的厚度、最佳含水量及夯实碾压遍数根据夯实、碾压机具及设计要求的压实度现场试验确定。

2.4 施工中每班所铺筑的石灰土或水泥土必须夯实碾压完毕，不得隔日碾压。压实后的石灰土和水泥土30d内不得受水浸泡。

2.5 石灰土和水泥土配合比应符合设计规定，并拌和均匀。

换土垫层处理软基施工说明

图集号

05MR301

审核 赵建伟

校对 刘润有

设计 蒋宏伟

页

12

2.6 石灰土或水泥土分段施工时上下两层接缝距离应大于500mm。

3 垫层质量控制

3.1 垫层的宽度及厚度应符合设计要求。

3.2 垫层的压实度应分层检验，并满足表3.2的要求。

垫层压实度(重型标准) 表3.2

垫层距路床顶面距离(m)	快速路及主干路	次干路	支路
<0.80	≥96	≥95	≥94
0.80~1.50	≥94	≥94	≥93
>1.50	≥93	≥92	≥90

垫层距路床顶面距离(m)	压实度(%)
<0.80	≥96
0.80~1.50	≥94
>1.50	≥93

换土垫层处理软基施工说明

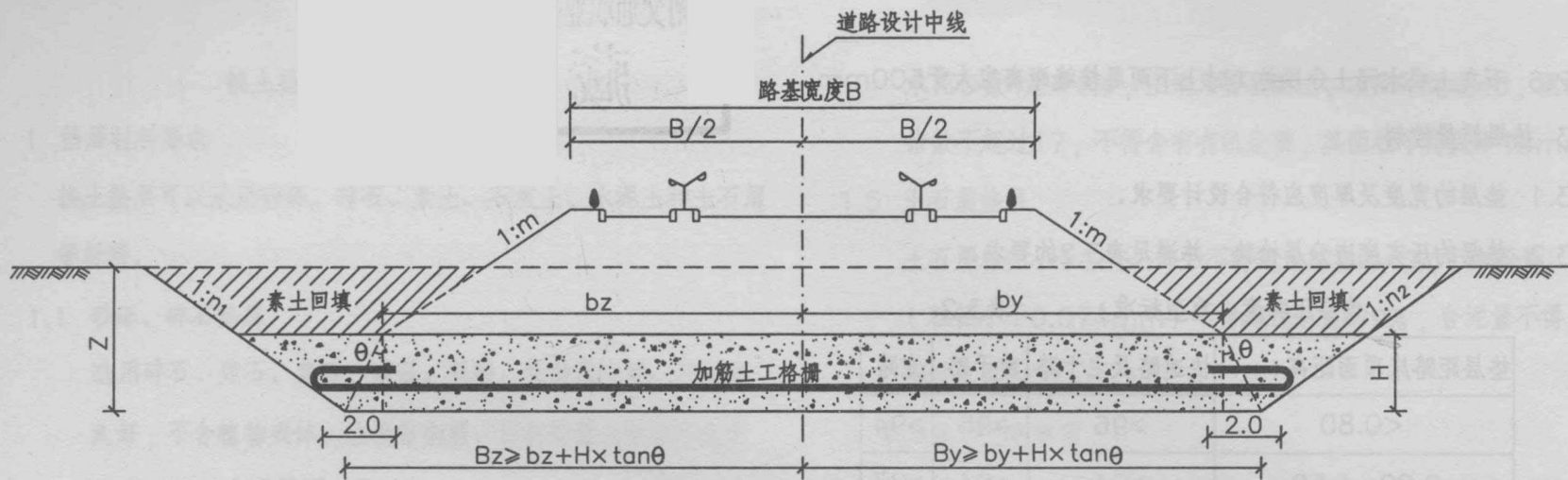
图集号

05MR301

审核 赵建伟 赵建伟 校对 刘润有 刘润有 设计 蒋宏伟 蒋宏伟

页

13



换土加筋垫层处理软基横断面图

垫层应力扩散角 θ

垫层材料	垫层应力扩散角 θ
中砂、粗砂、砾砂、圆砾、角砾、卵石、碎石	20°
素土	6°
石灰土	28°

注：

- 1、本图单位：米。
- 2、图中Z一般不超过3.0m。
- 3、图中Bz、By、Z、H、n1、n2见《换土加筋垫层处理软基工程数量表》。
- 4、如H小于Z，路基两侧应用素土回填至原地面。
- 5、本图路基横断面形式仅为示意。
- 6、垫层厚度根据软土层厚度或由地基应力决定。
- 7、垫层厚度 $H \leq 1.0\text{m}$ 时在H/2处铺设一层土工格栅，垫层厚度 $H > 1.0\text{m}$ 时每0.5m铺设一层土工格栅。

换土加筋垫层处理软基设计图

图集号

05MR301

审核 赵建伟 校对 刘润有 设计 蒋宏伟

页

14

换土加筋垫层处理软基施工说明

1 垫层材料要求

详见本册图集P12页中的垫层材料要求。

2 加筋材料要求

鉴于土工格栅的广泛应用,加筋材料采用抗拉强度不低于30kN、受力时伸长率小、耐久性好、抗腐蚀的土工格栅,具体性能指标应符合设计要求。

3 施工注意事项

3.1 素土垫层、石灰土垫层及水泥土垫层施工时,地形起伏之处即垫层与天然土交接处,应修筑1:2台阶型边坡,每台阶高可取500mm,宽1000mm。

3.2 砂砾、碎石垫层及土石屑垫层底面标高不平时,土面应挖成阶梯或斜坡搭接,并按先深后浅的顺序施工。

3.3 垫层分层夯实、碾压的厚度、最佳含水量及夯实碾压遍数根据夯实、碾压机具及设计要求的压实现场试验确定。

3.4 施工中每班所铺筑的石灰土或水泥土必须夯实碾压完毕,不得隔日碾压。压实后的石灰土和水泥土30d内不得受水浸泡。

3.5 石灰土和水泥土配合比应符合设计规定,并拌和均匀。

3.6 石灰土或水泥土分段施工时上下层接缝距离应大于500mm。

3.7 格栅之间的联结应牢固,在受力方向联结处的强度不得低于材料设计抗拉强度,且其叠合长度不应小于150mm。

3.8 格栅摊铺以后应及时填筑垫层填料,避免其受到阳光过长时间曝晒,间隔时间不应超过48h。

3.9 格栅上的第一层填料应采用轻型推土机或前置式装载机填筑,一切车辆、施工机械只容许沿路堤轴线方向行使。

4 垫层质量控制

详见本册图集P13页中的垫层质量控制。

换土加筋垫层处理软基施工说明

图集号

05MR301

审核 赵建伟

校对 刘润有

设计 蒋宏伟

页

15