国家建筑标准设计图集 05MR301

GUOJIAJIANZHUBIAOZHUNSHEJI 05MR301

城市道路

软土地基处理



中国建筑标准设计研究院

网易结构
co.163.com
网友上传

NATIONALGEOGRAPHIC.COM
Photograph by Thomas J. Abercrombie
© 2005 National Geographic Society. All rights reserved.

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

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

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

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

mm的砂的含量占总重的50%以上，渗透系数不小于5×10^{-5} 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：≥13kN/m

滤膜自由透水面积：≥0.15m^2/m

渗透系数：≥5×10^{-5} m/s

排水量：周围土体压力在15m深度范围内不大于250kPa或在大于15m范围不大于350kPa条件下，排水能力不低于$3\times10^{-5}m^3/s$。

塑料排水板应有足够的韧性，反复弯折（弯心直径85mm）不出现龟裂。

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、

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

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。

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。

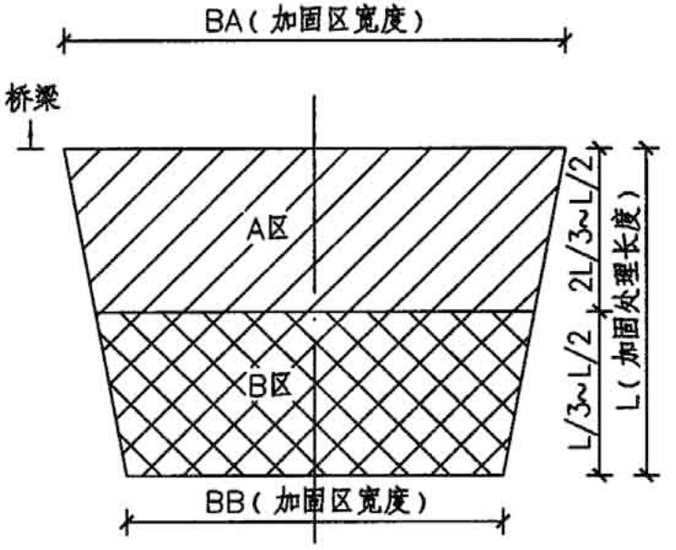
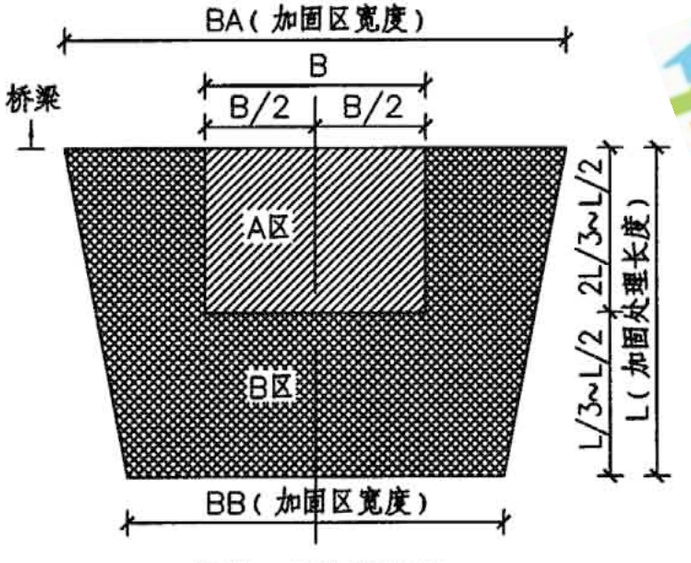


图1　桥头袋装砂井（塑料排水板）处理软基平面分区示意图



（图中B为路基宽度）

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

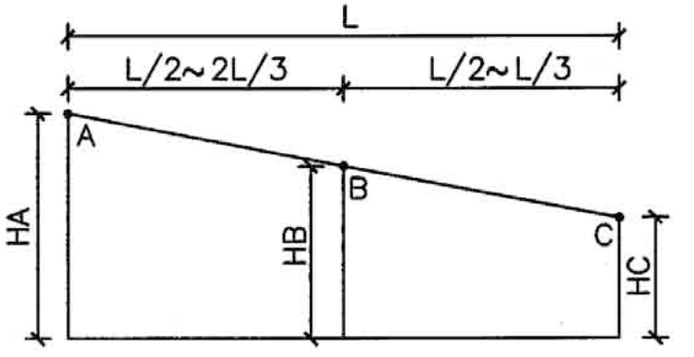


图3　计算简图

图3中：L为桥头加固段长度，HA、HB、HC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SGHa、SGHb、SGHc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SGHc不满足容许工后沉降，L需加长至SGHc满足要求为止，如果按L计算的SGHc比容许工后沉降小很多，可缩短L再重新计算。

土木工程 www.civilcn.com

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。

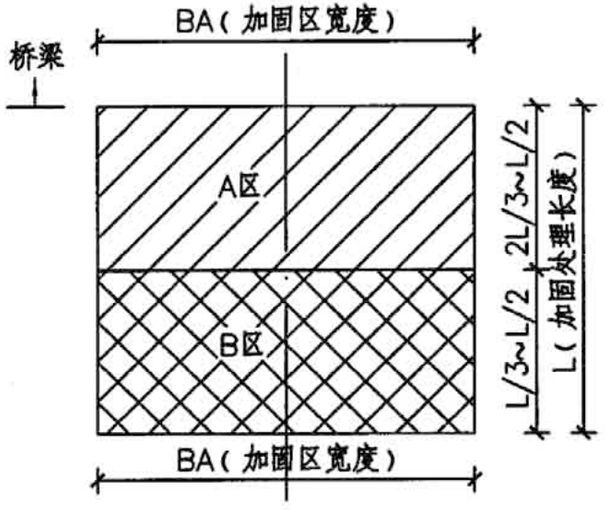


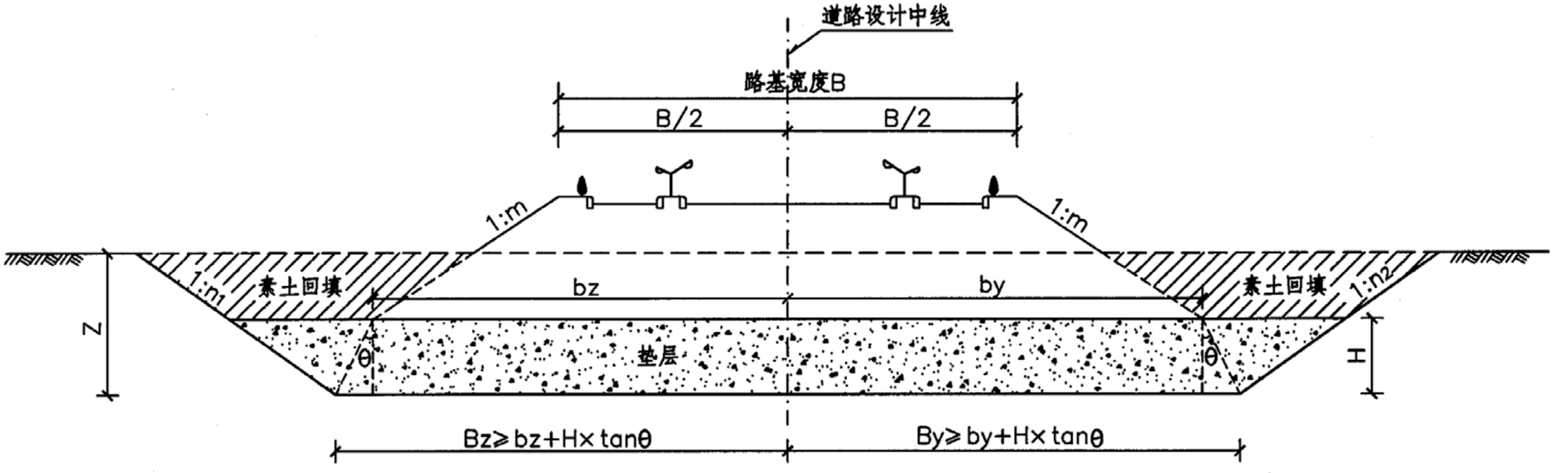
图4 桥头路基边坡设挡土墙时粒料桩、加固土桩或CFG桩处理软基平面分区示意图

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。

土木工程 www.civilcn.com



换土垫层处理软基横断面图

土木工程网 www.civilcn.com

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、n_1、n_2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。

土木工程 www.civilcn.com

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

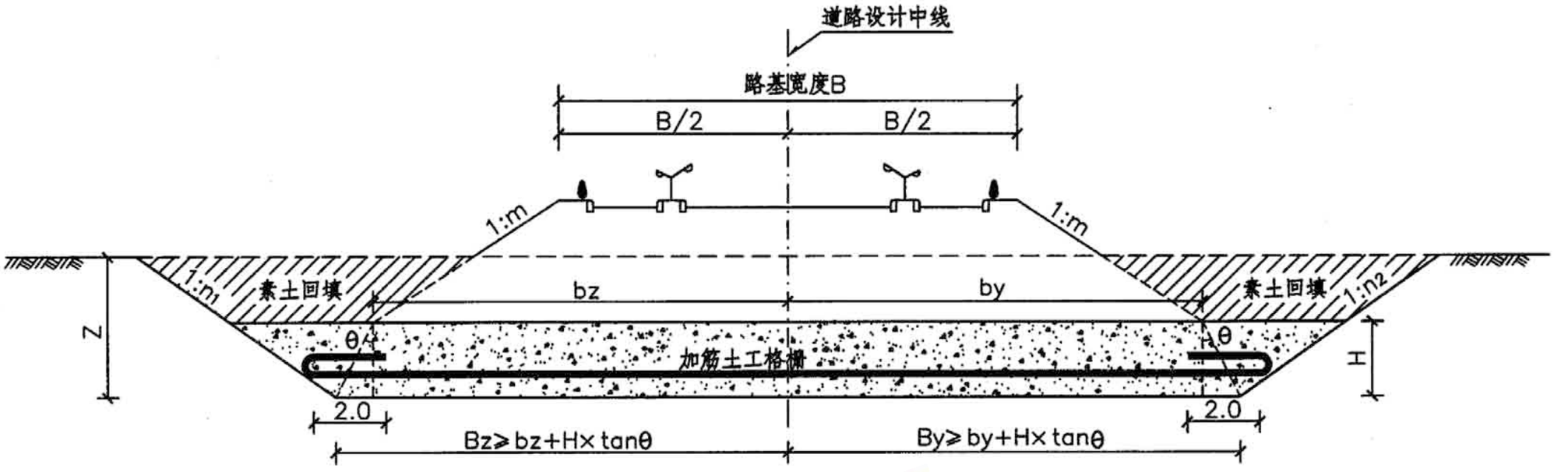
3.1 垫层的宽度及厚度应符合设计要求。

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

土木工程 www.civilcn.com



换土加筋垫层处理软基横断面图

土木工程网 www.civilcn.com

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、n_1、n_2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≤1.0m时在H/2处铺设一层土工格栅，垫层厚度H>1.0m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度现场试验确定。

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。

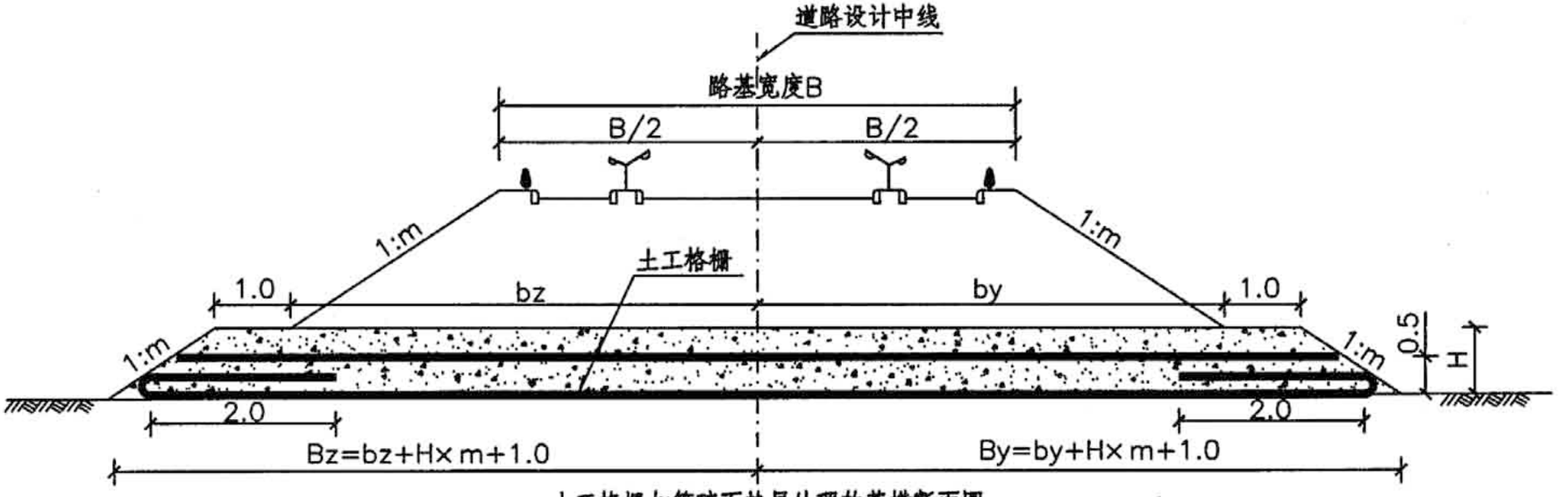
3.9 格栅上的第一层填料应采用轻型推土机或前置式装载机填筑，一切车辆、施工机械只容许沿路堤轴线方向行使。

4 垫层质量控制

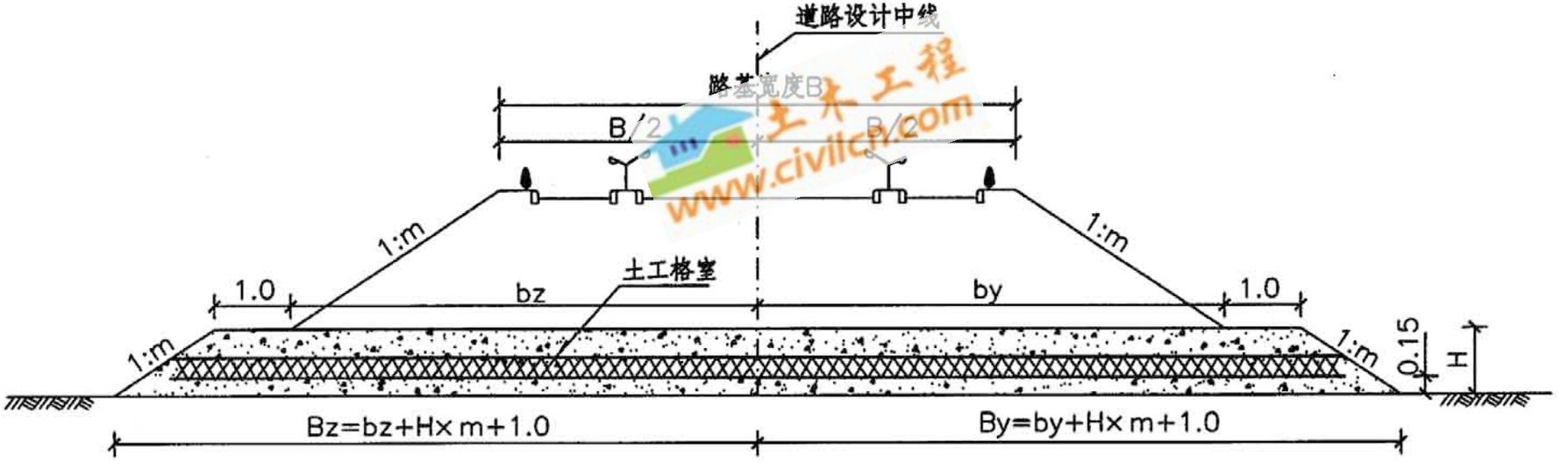
详见本册图集P13页中的垫层质量控制。

土木工程 www.civilcn.com

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



土工格栅加筋碎石垫层处理软基横断面图



土工格室加筋碎石垫层处理软基横断面图

注：
1、本图单位：米。
2、图中H一般取0.7m～1.0m。
3、图中Bz、By、H见《加筋碎石垫层处理软基工程数量表》。
4、本图路基横断面形式仅为示意。

加筋碎石垫层处理软基设计图									图集号	05MR307
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	16

加筋碎石垫层处理软基施工说明

1 材料要求

1.1 碎石垫层

采用未筛分碎石，最大粒径不超过150mm。

1.2 加筋材料

加筋材料可以选择土工格栅或土工格室，具体性能指标应满足设计要求。

2 施工注意事项

2.1 旱地段路基施工前应将原地面的草皮、树根、杂物等全部清除干净，并大致找平压实。鱼塘、水池等范围内路基施工前必须打坝、抽水并清除表层泥炭及黑色淤泥后晾晒。

2.2 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。

2.3 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。

2.4 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。

2.5 靠近格栅80mm范围内的碎石最大粒径不超过60mm。

2.6 土工格室施工前先填筑150mm厚级配碎石（最大粒径不超过30mm），排压后铺土工格室。格室间采用插销式连接，格室应充分拉伸展开，铺筑范围外侧用木桩固定。然后向格室内填筑最大粒径30mm的级配碎石，填筑时从两边向中间逐渐推进，边填筑边用静载压路机压实。碎石厚度经试填确定，既要保证格室内的碎石碾压密实，又要保证格室片材不被压弯、压坏。

3 垫层质量控制

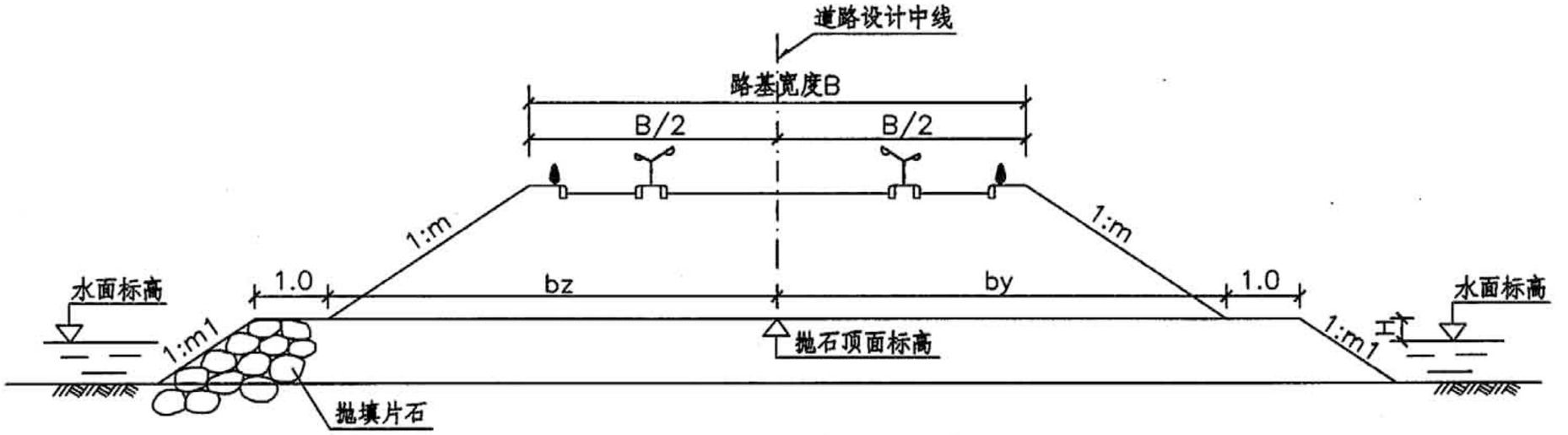
3.1 垫层的宽度及厚度应符合设计要求。

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

土木工程 www.civilcn.com

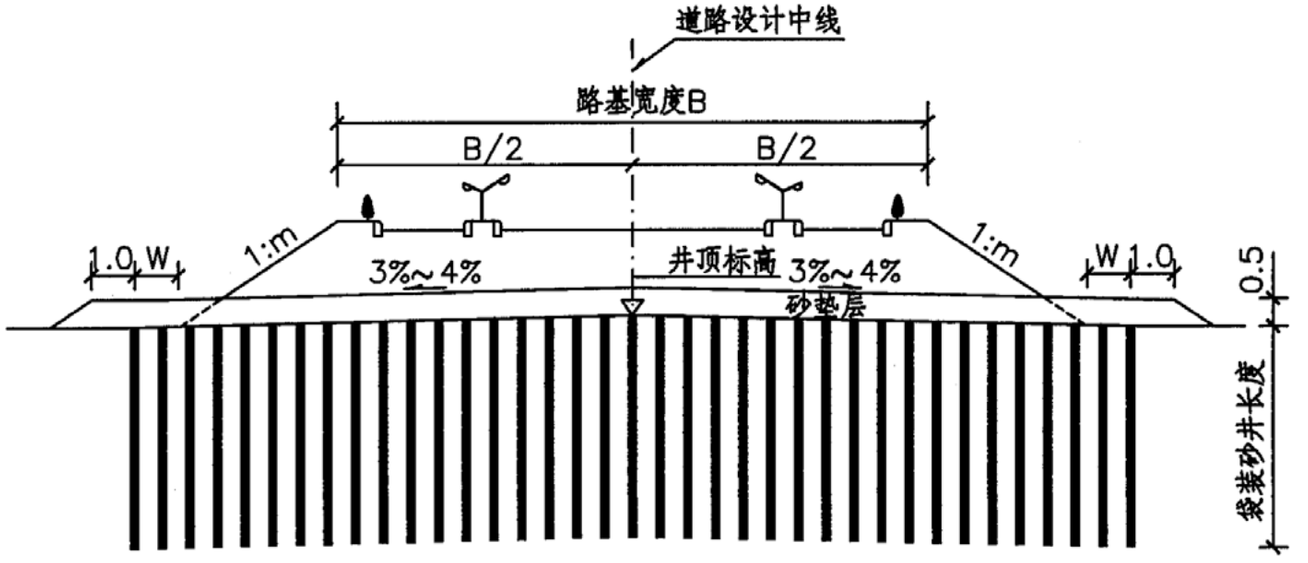


抛石挤淤处理软基横断面图

土木工程 www.civilcn.com

注：
1、本图单位：米。
2、图中H一般取0.5m～1.0m。
3、图中bz、by、m1及抛石顶面标高见《抛石挤淤工程数量表》。
4、本图路基横断面形式仅为示意。
5、抛填片石的粒径大小不宜小于300mm，且小于300mm粒径的片石含量不得超过20%。
6、抛填顺序：先从路堤中部开始，中部向前突进后再渐次向两侧展开，以使淤泥向两侧挤出。
7、片石抛出水面后宜用重型碾压机反复碾压，以使抛石密实。

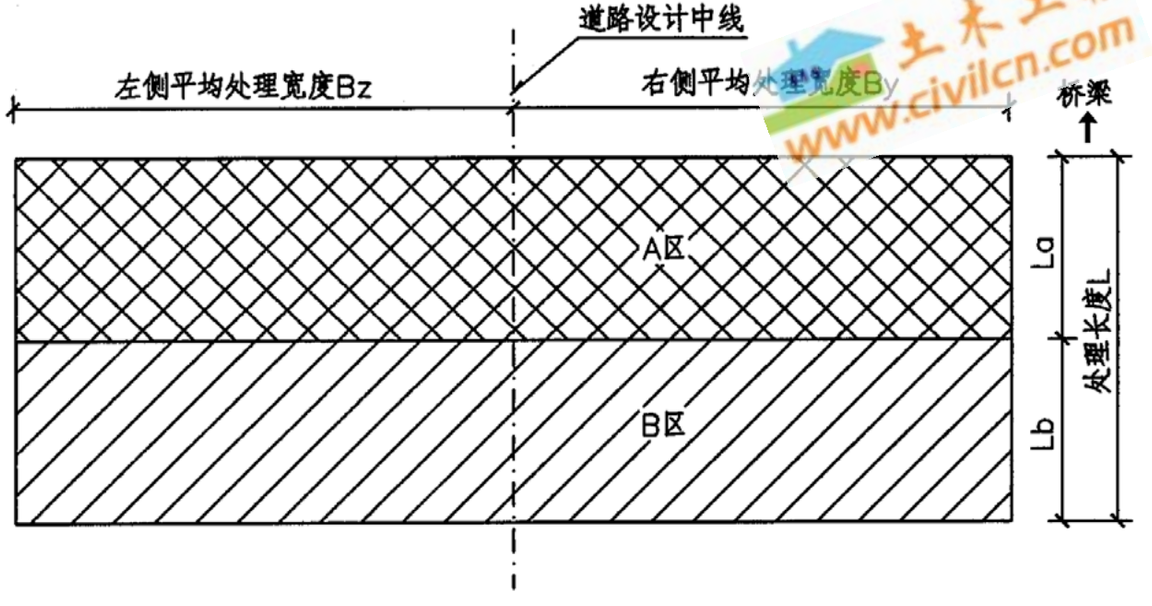
抛石挤淤设计图									图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	18



袋装砂井处理软基横断面图



袋装砂井平面布置图



袋装砂井处理软基平面分区示意图

注：

1、本图单位：米。
2、袋装砂井采用正三角形布置，砂井直径为0.07m。
3、图中Bz、By、La、Lb、板顶标高及A区、B区袋装砂井长度、间距详见《袋装砂井处理软基工程数量表》。
4、砂垫层宽出最外侧砂井1.0m，图中W不小于1.0m。
5、袋装砂井需伸入砂垫层内0.30m,并不得卧倒。
6、采用袋装砂井进行软基处理时必须进行预压，可以采用堆载（超载、欠载或等载）预压、真空预压或真空—堆载联合预压。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。
7、本图适用于桥头路基放坡时软基处理；用于路段软基处理时的分区见总说明5.2.1条。
8、本图路基横断面形式仅为示意。

土木工程 www.civilcn.com

袋装砂井处理软基设计图									图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	19

袋装砂井处理软基施工说明

1 材料要求

1.1 袋装砂井

砂采用洁净的中砂或粗砂，含泥量不超过3%，大于0.5mm的砂的含量占总重的50%以上，渗透系数不小于5×10^{-5} m/s，砂袋采用透水性大、抗拉强度高的聚丙烯编织布制成，要求具有良好的透水性，装砂后砂袋的渗透系数不得小于砂的渗透系数。

1.2 砂垫层

应采用洁净的中砂或粗砂，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%，渗透系数不小于5×10^{-5} m/s。在缺少中、粗砂的地区，可以用洁净的石屑代替砂垫层。

2 袋装砂井施工注意事项

2.1 由于砂袋延伸率较大，施工前必须提前试装以确定合适的砂袋直径。

2.2 砂井施工长度应考虑袋内砂体积减小、井内的弯曲、超深以及伸入水平砂垫层内的长度等因素，通过试验确定，要防止砂井全部沉入孔内，造成顶部与排水垫层不连接，影响排水效果。

2.3 砂袋内的砂应采用风干砂，含水量控制在1%以下。

2.4 现场存放的砂袋应覆盖，避免阳光曝晒和雨淋，存放期不超过一周。

2.5 砂袋入口处的导管应装设滚轮，下放砂袋要仔细，防止砂袋破损漏砂。

2.6 施工中要经常检查桩尖与导管口的密封情况，避免管内进泥过多造成井阻，影响加固深度。

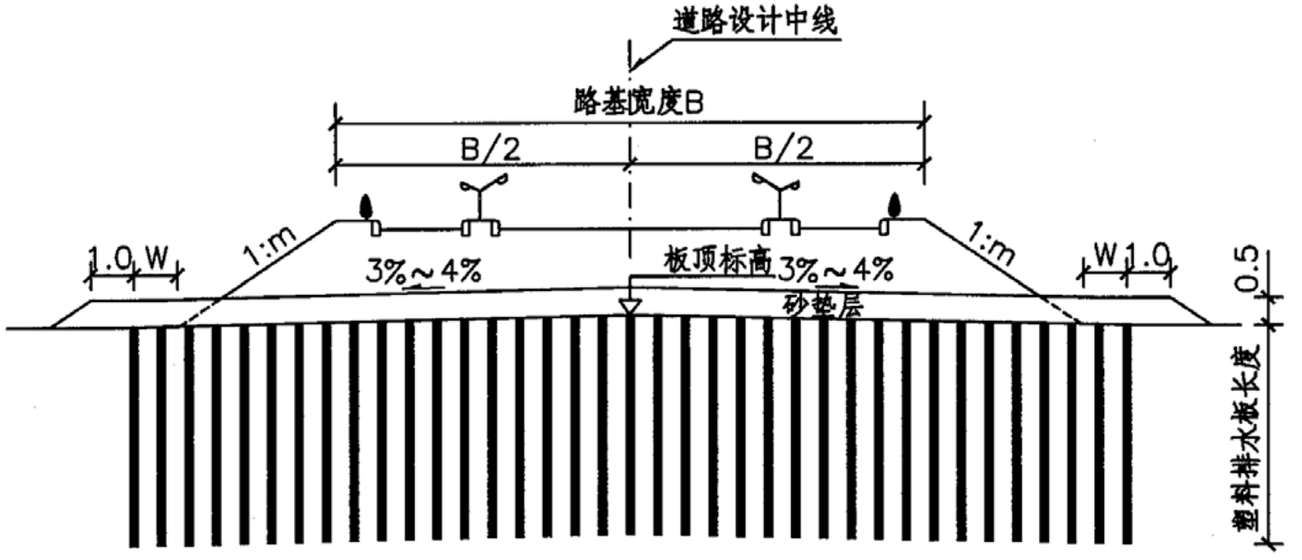
2.7 袋装砂井灌砂率及施工偏差应符合规范要求。

3 预压

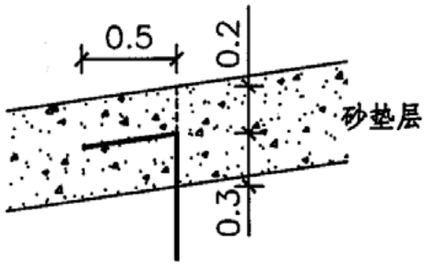
3.1 袋装砂井施工完成后必须施加预压荷载进行预压，填土预压期不得少于设计要求，并不小于6个月。预压可以按设计要求采用堆载预压、真空预压或真空——堆载联合预压。

3.2 预压荷载应分级施加以适应地基强度的增长，荷载施加过程中要加强监测，防止施工过程中发生地基失稳。

袋装砂井处理软基施工说明								图集号	03MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟	页	20



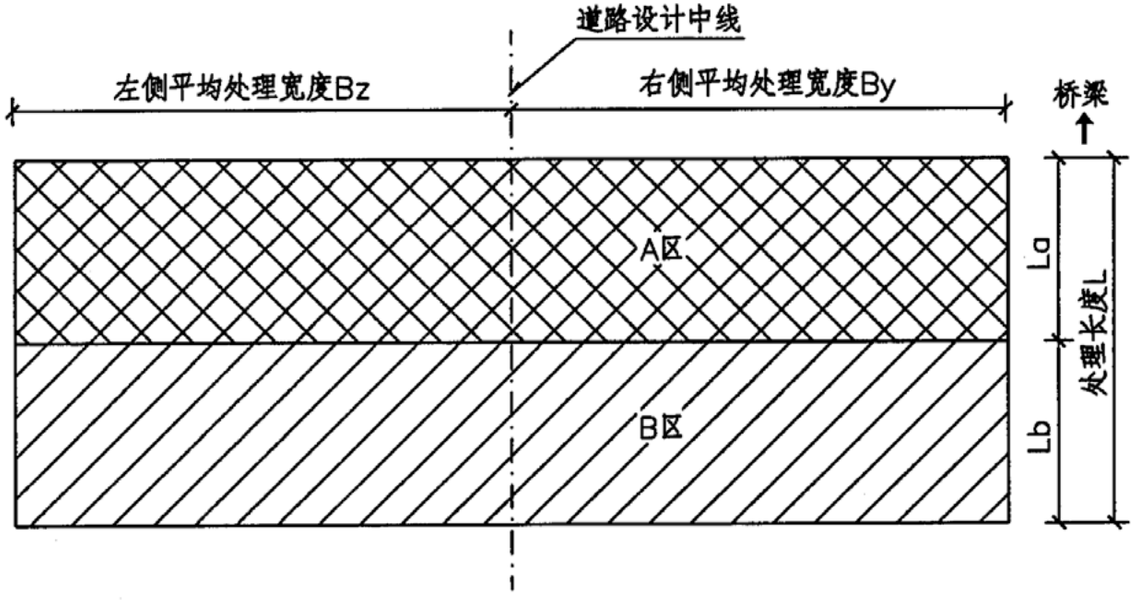
塑料排水板处理软基横断面图



砂垫层内塑料排水板弯折大样



塑料排水板平面布置图



塑料排水板处理软基平面分区示意图

注：

1、本图单位：米。
2、塑料排水板采用正三角形布置。
3、图中Bz、By、La、Lb、板顶标高及A、B区塑料排水板长度、间距详见《塑料排水板处理软基工程数量表》。
4、砂垫层宽出最外侧排水板1.0m，图中W不小于1.0m。
5、采用塑料排水板进行软基处理必须进行预压，可以采用堆载（超载、欠载或等载）预压、真空预压或真空—堆载联合预压。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。
6、本图适用于桥头路基放坡时软基处理；用于路段软基处理时的分区见总说明5.2.1条。
7、本图路基横断面形式仅为示意。

塑料排水板处理软基设计图									图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	21

塑料排水板处理软基施工说明

1 材料要求

1.1 塑料排水板

技术指标要求见本册图集总说明P5页的塑料排水板技术指标要求。

1.2 砂垫层

与袋装砂井的砂垫层要求相同。

2 塑料排水板施工注意事项

2.1 必须按照我国现行《塑料排水板施工规程》JTJ/T 256-96进行施工。

2.2 每批排水板到场后，生产厂家必须提供出厂质量检验合格单，经抽样复测达到要求的质量标准后方可使用。

2.3 施工现场堆放的塑料排水板盘带应覆盖，以防暴露在空气中老化。

2.4 在平整好的场地上先填筑300mm厚砂垫层，然后进行塑料排水板施工。所有排水板施工完毕后，填筑剩余200mm砂垫层。

2.5 排水板留出孔口长度应保证伸入砂垫层不小于500mm，使其与砂垫层贯通；并将其保护好，以防机械、车辆进出时受损，影响排水效果。

2.6 排水板在插入过程中导轨应垂直，钢套管不得弯曲，透水滤套不应被撕破和污染。

2.7 排水板搭接应采用滤套内平接的方法，芯板对扣，凹凸对齐，搭接长度不小于200mm，滤套包裹，用可靠措施固定。

2.8 排水板施工过程中应防止泥土等杂物进入套管内，一旦发现需及时清除。

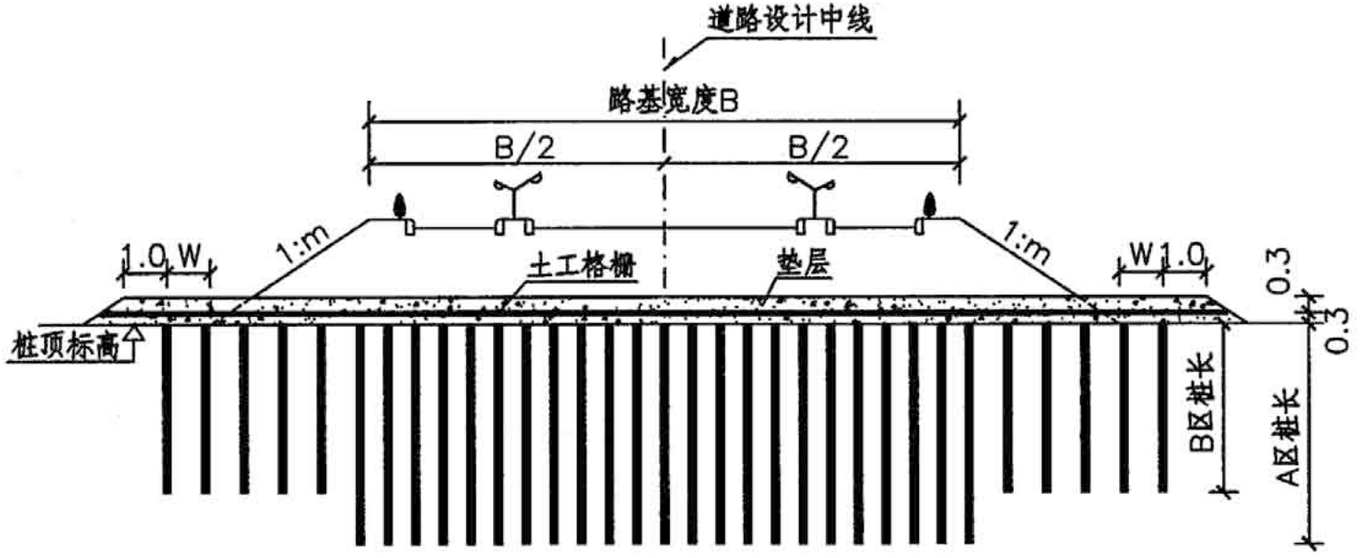
2.9 排水板与桩尖锚固要牢固，防止拔管时脱离将排水板带出。

3 预压

3.1 塑料排水板施工完成后必须施加预压荷载进行预压，填土预压期不少于设计要求，并不得小于6个月。预压可以按设计要求采用堆载预压、真空预压或真空——堆载联合预压。

3.2 预压荷载应分级施加以适应地基强度的增长，荷载施加过程中要加强监测，防止施工过程中发生地基失稳。

塑料排水板处理软基施工说明									图集号	07MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	22



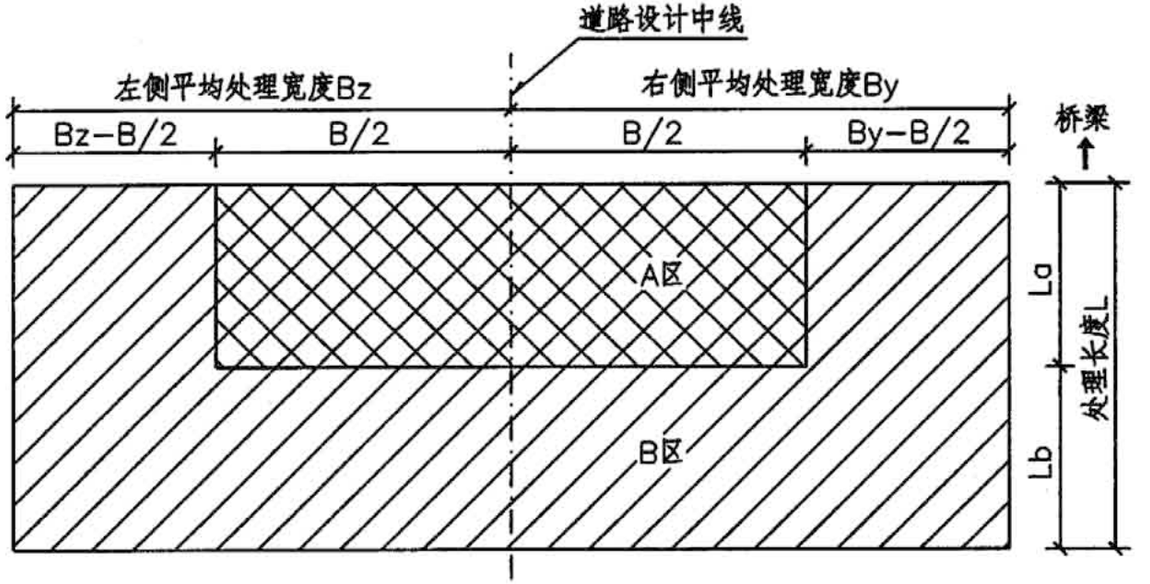
粒料桩处理软基横断面图



粒料桩断面图



粒料桩平面布置图



粒料桩处理软基平面分区示意图

注：

1、本图单位：米。

2、粒料桩包括碎石桩及砂桩，采用正三角形布置。

3、图中Bz、By、La、Lb、桩顶标高及A、B区粒料桩桩长、桩间距详见《粒料桩处理软基工程数量表》。

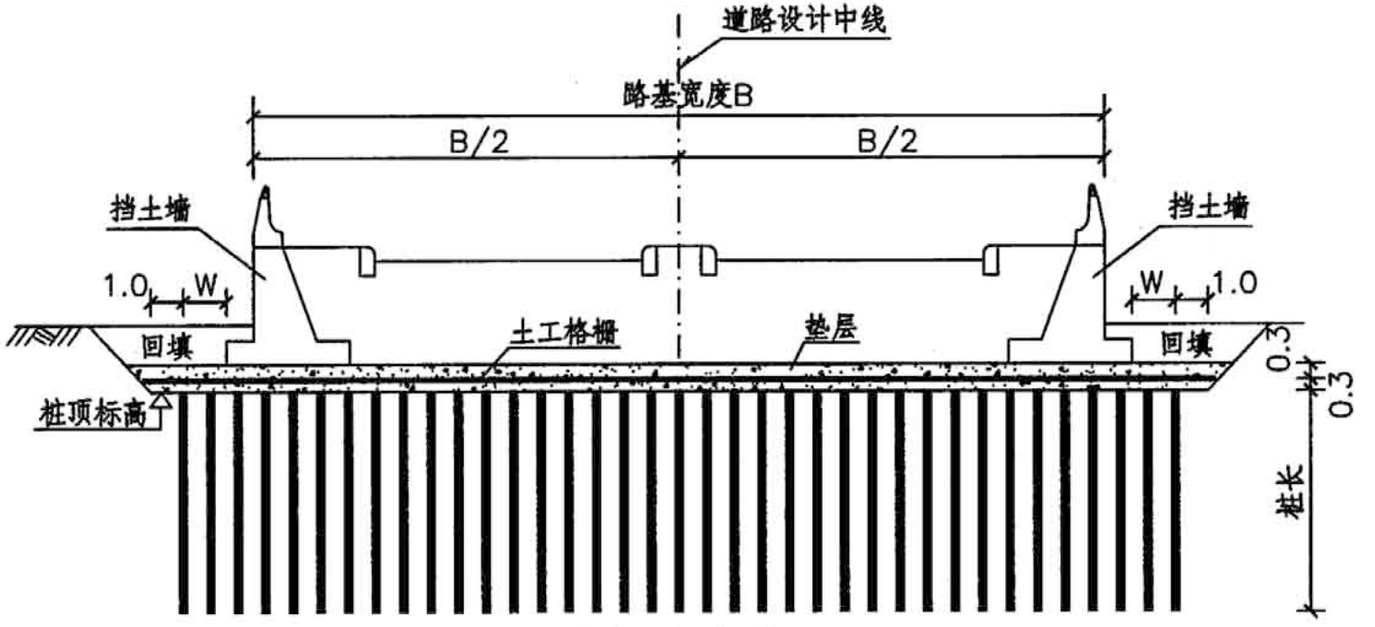
4、垫层宽出最外侧桩1.0m，碎石桩采用碎石垫层，砂桩采用砂垫层。

5、图中W宽度内应保证至少有两排粒料桩，如粒料桩用于防止砂土液化，则W不小于1/2桩长并不小于5.0m。

6、本图适用于桥头路基放坡时软基处理；用于路段软基处理时分区设计见总说明5.2.2条。

7、本图路基横断面形式仅为示意。

粒料桩处理软基设计图（一）								图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟	页	23



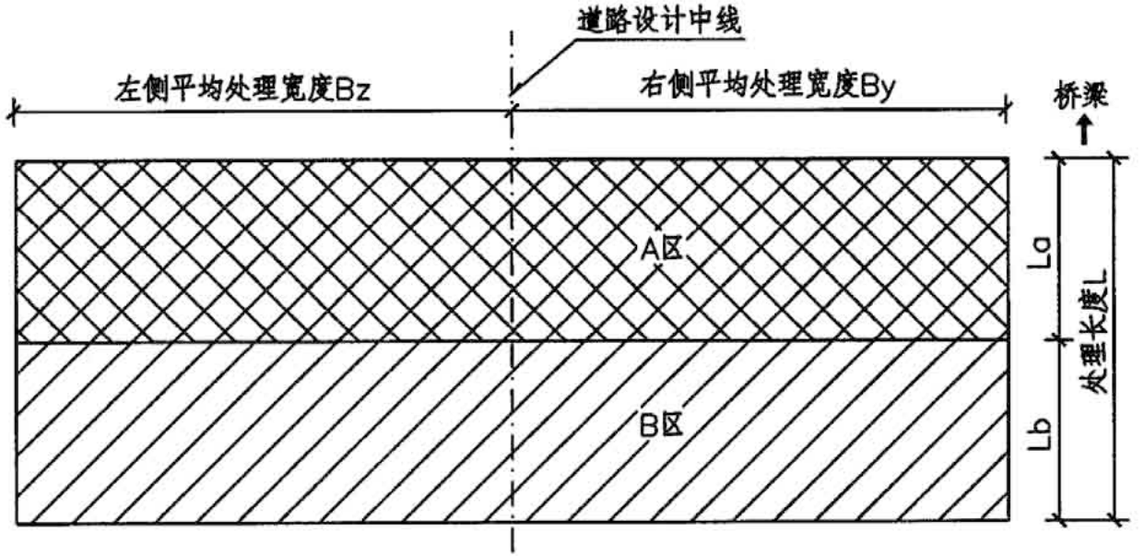
粒料桩处理软基横断面图



粒料桩断面图



粒料桩平面布置图



粒料桩处理软基平面分区示意图

注：1、本图单位：米。
2、粒料桩包括碎石桩及砂桩，采用正三角形布置。
3、图中Bz、By、La、Lb、桩顶标高及A、B区粒料桩桩长、桩间距详见《粒料桩处理软基工程数量表》。
4、垫层宽出最外侧桩1.0m，碎石桩采用碎石垫层，砂桩采用砂垫层。
5、图中W宽度内应保证至少有两排粒料桩，如粒料桩用于防止砂土液化，则W不小于1/2桩长并不小于5.0m。
6、本图适用于桥头路基设挡土墙时软基处理；用于路段软基处理时分区设计见总说明5.2.2条。
7、桩顶标高根据挡土墙基底标高推算，挡土墙下的桩长及间距通过挡土墙验算后确定。
8、本图路基横断面及挡土墙形式仅为示意。

粒料桩处理软基设计图（二）									图集号	15MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	24

粒料桩处理软基施工说明

1 材料要求

1.1 成桩材料

1.1.1 碎石桩成桩材料以粒径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。

1.1.2 砂桩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%。

1.2 垫层

1.2.1 碎石桩顶垫层应采用级配良好的碎石或砂砾，最大粒径不超过30mm，不含植物残体、垃圾等杂质。

1.2.2 砂桩顶垫层应采用洁净的中砂或粗砂，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。

2 粒料桩施工注意事项

2.1 每个作业点施工前必须先打不少于5根的工艺试验桩，以检验机具性能及施工工艺中的各项技术参数。

2.2 粒料桩多采用振动沉管法施工。根据设计桩长按松方系数计算每根桩的用料量，施工中应严格控制填料量。

2.3 采用逐步拔管法将钢管拔出，拔管速率一般控制在1.2～1.5m/min。

2.4 设备就位后必须平整，确保施工过程中不发生倾斜和移动，机架和钻杆的垂直度偏差不得大于1.0%，如发现偏差过大，必须及时调整。

2.5 桩机桩位对中偏差不得大于20mm，成桩直径不小于设计桩径的95%，成桩长度不小于(设计桩长－100mm)，孔内填料量不少于设计填料量的95%。

3 质量检验

3.1 施工结束一周后由专门的检测单位进行质量检测。

3.2 密实度检测

密实度检测频率为总桩数的5%。用重II型动力触探检验，贯入量100mm时击数不小于5次。

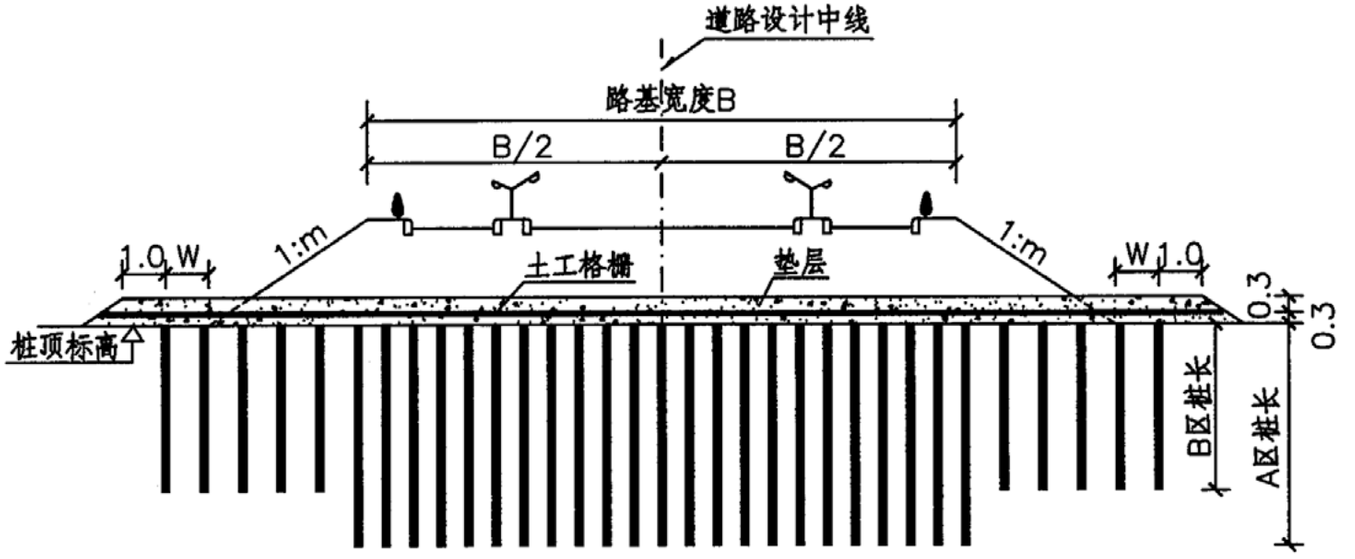
3.3 单桩载荷试验

粒料桩处理软基施工说明									图集号	DSMR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	25

用于单桩载荷试验桩的数量不低于总桩数的0.3%，且每个施工作业点不少于3根。一般应按比例随机抽取，且分布基本均匀，试验得到的单桩承载力不得低于设计要求。

3.4 复合地基载荷试验

用于复合地基载荷试验桩的数量不低于总桩数的0.3%，且每个施工作业点不少于3根。一般应按比例随机抽取，且分布基本均匀，试验得到的复合地基承载力不得低于设计要求。



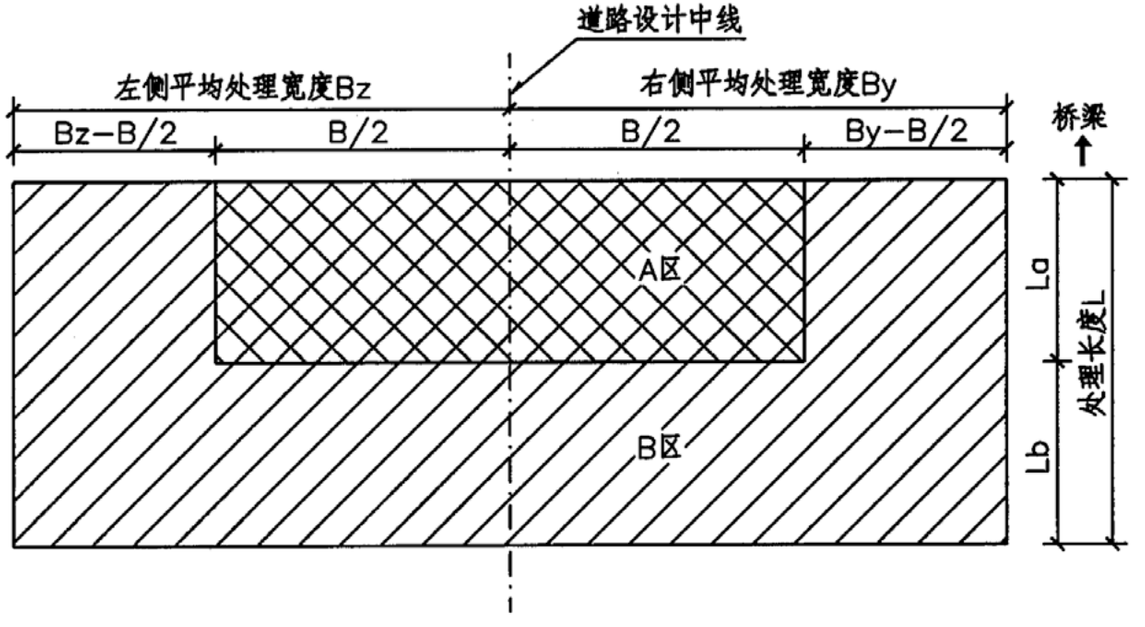
加固土桩处理软基横断面图



加固土桩断面图



加固土桩平面布置图



加固土桩处理软基平面分区示意图

注：

1、本图单位：米。

2、加固土桩包括水泥搅拌桩(粉喷桩)、旋喷桩，采用正三角形布置，其桩长为剔除软桩头后的有效桩长。

3、图中Bz、By、La、Lb、桩顶标高及A、B区桩长、桩间距详见《加固土桩、水泥粉煤灰碎石桩处理软基工程数量表》。

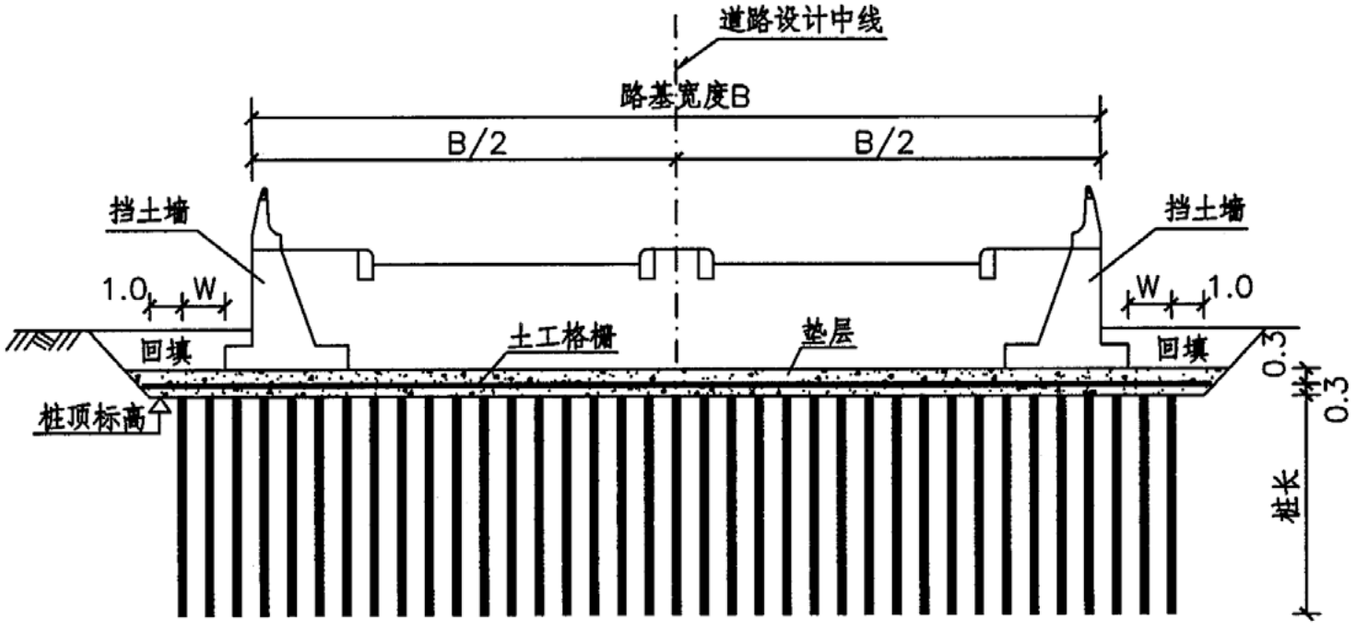
4、垫层宽出最外侧桩1.0m。

5、最外侧桩距路基下坡脚距离(图中W)不小于1.0m。

6、本图适用于桥头路基放坡时软基处理；用于路段软基处理时分区设计见总说明5.2.2条。

7、本图路基横断面形式仅为示意。

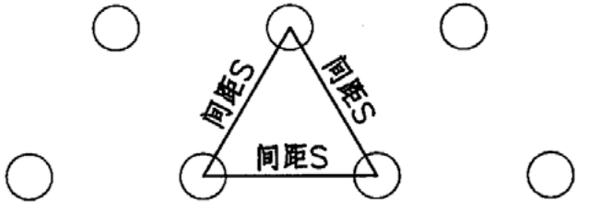
加固土桩处理软基设计图（一）								图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟	页	27



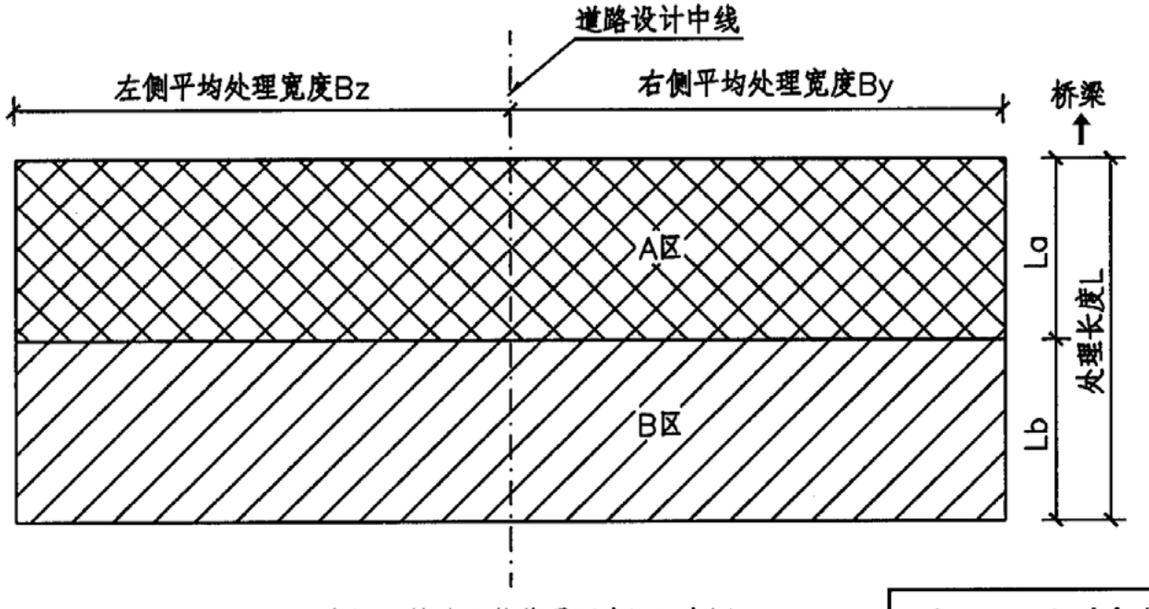
加固土桩处理软基横断面图



加固土桩断面图



加固土桩平面布置图



加固土桩处理软基平面分区示意图

注：

1、本图单位：米。
2、加固土桩包括水泥搅拌桩(粉喷桩)、旋喷桩，采用正三角形布置，其桩长为剔除软桩头后的有效桩长。
3、图中Bz、By、La、Lb、桩顶标高及A、B区桩长、桩间距详见《加固土桩、水泥粉煤灰碎石桩处理软基工程数量表》。
4、垫层宽出最外侧桩1.0m。
5、最外侧桩距挡土墙基础距离(图中W)不小于1.0m。
6、本图适用于桥头路基设挡土墙时软基处理，用于路段软基处理时分区设计见总说明5.2.2条。
7、桩顶标高根据挡土墙基底标高推算，挡土墙下的桩长及间距通过挡土墙验算后确定。
8、本图路基横断面及挡土墙形式仅为示意。

加固土桩处理软基设计图（二）									图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	28

水泥搅拌桩处理软基施工说明

1 材料要求

1.1 水泥采用强度等级为32.5级及以上的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其性能必须符合《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175—1999的规定。水泥储存时间超过3个月时应重新取样试验，并按其检验结果使用，使用前报监理工程师批准。

1.2 水宜采用饮用水。使用非饮用水时须经化验并符合下列规定：

1.2.1 硫酸盐（以三氧化硫计）含量不超过2700mg/L；

1.2.2 含盐量不得超过5000mg/L；

1.2.3 PH值不得小于4。

1.3 桩顶垫层应采用级配良好的碎石或砂砾，最大粒径不超过30mm，不含植物残体、垃圾等杂质。

2 水泥搅拌桩施工注意事项

2.1 施工前应进行水泥加固土的室内试验，根据被加固土的性质及单桩承载力要求，确定水泥掺入比。

2.2 每个作业点施工前必须先打不少于5根的工艺试验桩，以检验机具性能及施工工艺中的各项技术参数。其中包括最佳的灰浆稠度、工作压力、钻进和提升速度。

2.3 按试桩确定的配比制备水泥浆，并存放在集料斗中。水泥浆的水灰比宜为0.45～0.55。

2.4 搅拌头预搅下沉时电机的工作电流不得超过60A。如果下沉速度太慢，阻力太大，可通过输浆管适当送水稀释土体以利钻进。

2.5 施工中应采用流量泵控制喷浆速度，注浆泵出口压力应保持在0.4～0.6MPa。

2.6 设备就位后必须平整，确保施工过程中不发生倾斜和移动，机架和钻杆的垂直度偏差不大于1.0%，施工中采用吊锤观测钻杆的垂直度，如发现偏差过大，必须及时调整。

2.7 钻机桩位对中偏差不得大于20mm。

2.8 制备好的水泥浆不得有离析现象，停置时间不得超过2小时，若停置时间过长，不得使用。

2.9 严格按照试桩确定的参数控制喷浆量和搅拌提升速度。为保证施工质量、提高工作效率、减小水泥浪费，应尽量连续施工。输浆阶段必须保证足够的输浆压力，连续供浆。如因故

短时间停浆，应将搅拌头下沉到停浆点0.5m以下，待恢复供浆后再喷浆搅拌。如停浆40分钟以上，必须对输浆管路全面清洗，防止水泥浆在管路中凝结影响施工。

2.10 严格控制搅拌机的下沉和提升速度，提升和下沉速度不得超过1.0m/min，桩顶接近设计标高时，搅拌机自地面以下1m喷浆搅拌提升出地面时应采用慢速以保证桩头施工质量。当灰浆到达出口后应原位喷射搅拌30秒钟。

2.11 施工中如因地下障碍物等原因使钻杆无法钻进时应及时通知监理及设计人员，以便及时采取补桩措施。

2.12 应定期检查搅拌叶片的直径大小，如因磨损使叶片直径小于设计桩径时应更换叶片。

3 质量检验

3.1 必须由专门的检测单位进行质量检测。

3.2 N_{10}检测

成桩龄期7d内用轻便触探器进行N_{10}检测，检测频率为总桩数的10%。

3.3 抽芯检验

抽芯检验主要用于评价桩身质量，如抗压强度、含灰量、坚硬程度、搅拌均匀性等。抽芯检验桩的数量为总桩数的1%，且每个施工作业点不少于6根。一般应按比例随机抽取，且分布基本均匀。对怀疑有问题的桩及结构设计为关键部位的桩应重点抽取。抽芯检验不合格的桩应在其附近加倍进行抽芯检验，以判断是否为个别现象，如仍出现不合格桩，则应查清范围，采取必要的补救措施。

3.4 单桩载荷试验

要求与粒料桩的单桩载荷试验要求相同。

3.5 复合地基载荷试验

要求与粒料桩的复合地基载荷试验要求相同。

3.6 上述抽芯检验、单桩及复合地基载荷试验必须在成桩龄期28d后进行。试验前需凿除桩顶0.5m软桩头。

粉喷桩处理软基施工说明

1 材料要求

1.1 水泥

与水泥搅拌桩对水泥的材料要求相同。

1.2 垫层

与水泥搅拌桩对桩顶垫层的材料要求相同。

2 粉喷桩施工注意事项

2.1 施工前应进行水泥加固土的室内试验，根据被加固土的性质及单桩承载力要求，确定水泥掺入比。

2.2 每个作业点施工前必须先打不少于5根的工艺试验桩，以检验机具性能及施工工艺中的各项技术参数。其中包括单位桩长喷粉量、工作压力、钻进和提升速度。

2.3 当搅拌头抵达设计深度时将搅拌头反转，同时喷粉提升搅拌，严格控制搅拌速度，边喷粉边搅拌边提升，将水泥粉充分与粘土拌和均匀。提升速度控制在0.5m/min，喷粉压力一般控制在0.5～0.8MPa。钻头提升至设计停灰面（粉喷桩桩顶标高以上0.5m）时，停止喷粉，并慢速原地搅拌2～3min。

2.4 重复搅拌下沉、搅拌提升。速度控制在0.5～0.8m/min。

2.5 设备就位后必须平整，确保施工过程中不发生倾斜和移动，机架和钻杆的垂直度偏差不大于1.0%，施工中采用吊锤观测钻杆的垂直度，如发现偏差过大，必须及时调整。

2.6 钻机桩位对中偏差不得大于20mm。

2.7 预搅下沉过程中，在钻进时始终保持连续送压缩空气，以保证喷灰口不被堵塞，钻杆内不进水，保证下一道工序送灰时顺利通畅。

2.8 严禁在尚未喷粉的情况下进行钻杆提升作业。

2.9 施工中如因地下障碍物等原因使钻杆无法钻进时应及时通知监理及设计人员，以便及时采取补桩措施。

2.10 应定期检查搅拌叶片的直径大小，如因磨损使叶片直径小于设计桩径时应更换叶片。

3 质量检验

与水泥搅拌桩的质量检验要求相同。

粉喷桩处理软基施工说明								图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟	页	31

旋喷桩处理软基施工说明

1 材料要求

1.1 水泥：与水泥搅拌桩对水泥的材料要求相同。

1.2 水：与水泥搅拌桩对水质的要求相同。

1.3 垫层：与水泥搅拌桩对桩顶垫层的材料要求相同。

2 旋喷桩施工注意事项

2.1 施工前应进行水泥加固土的室内试验，根据被加固土的性质及单桩承载力要求，确定每延米水泥用量。

2.2 每个作业点施工前必须先打不少于5根的工艺试验桩，以检验机具性能及施工工艺中的各项技术参数。其中包括浆液配比、旋喷参数、钻进和提升速度等。

2.3 按试桩确定的配比制备水泥浆，水泥浆的水灰比宜为1～1.5。

2.4 高压喷射注浆时钻杆的旋转速度一般控制在10～20r/min，钻杆提升速度一般为100～250mm/min。

2.5 设备就位后必须平整，确保施工过程中不发生倾斜和移动，机架和钻杆的垂直度偏差不大于1.0%，施工中采用吊锤观测钻杆的垂直度，如发现偏差过大，必须及时调整。

2.6 钻机桩位对中偏差不得大于20mm。

2.7 制备好的水泥浆不得有离析现象，停置时间不得超过2小时，若停置时间过长，不得使用。

2.8 严格按照试桩确定的旋喷参数控制钻杆的旋转和提升速度，喷射注浆前要检查高压设备和管路系统。施工过程中要采取措施防止喷嘴和管路被堵塞。

2.9 施工中如因地下障碍物等原因使钻杆无法钻进时应及时通知监理及设计人员，以便及时采取补桩措施。

2.10 应定期检查喷嘴的磨损情况，磨损过度的喷嘴应及时更换。

2.11 喷射注浆过程中应观察冒浆情况，冒浆量超过注浆量的20%或完全不冒浆时应查明原因并采取相应的措施。

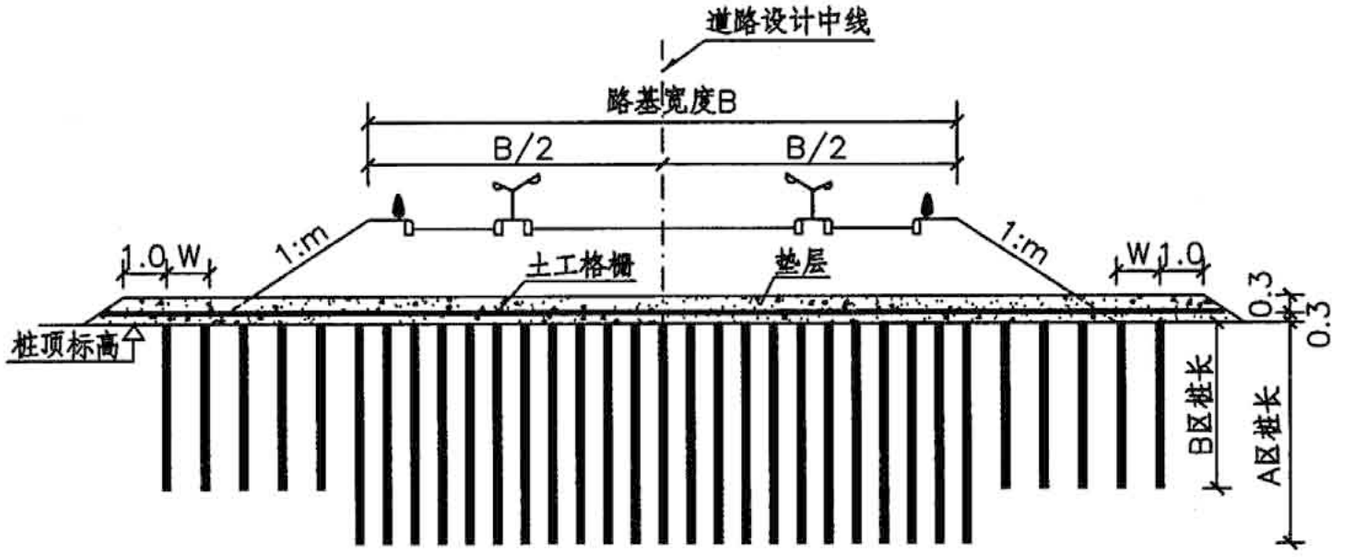
2.12 喷射注浆至设计顶面后，需待水泥浆从孔口返出后方可停止送浆。

2.13 高压泵离喷射注浆孔不宜过远，以防止高压软管过长，沿程损失增大，造成实际喷射压力过低。

3 质量检验

与水泥搅拌桩的质量检验要求相同。

旋喷桩处理软基施工说明								图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟	页	32



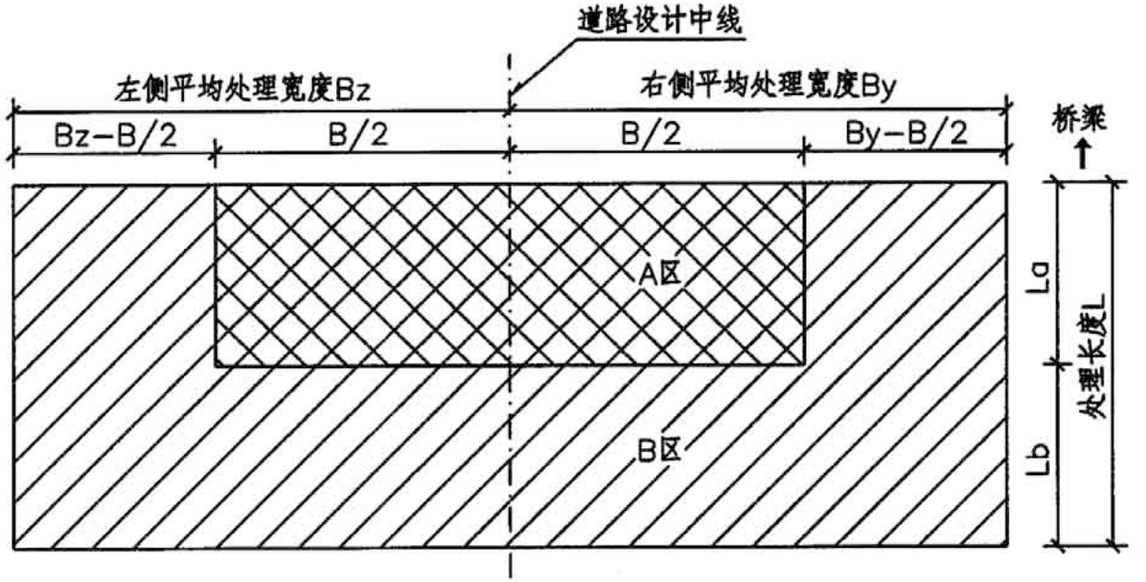
水泥粉煤灰碎石桩处理软基横断面图



水泥粉煤灰碎石桩断面图



水泥粉煤灰碎石桩平面布置图



水泥粉煤灰碎石桩处理软基平面分区示意图

注：

1、本图单位：米。

2、水泥粉煤灰碎石桩采用正三角形布置，其桩长为剔除软桩头后的有效桩长。

3、图中Bz、By、La、Lb、桩顶标高及A、B区桩长、桩间距详见《加固土桩、水泥粉煤灰碎石桩处理软基工程数量表》。

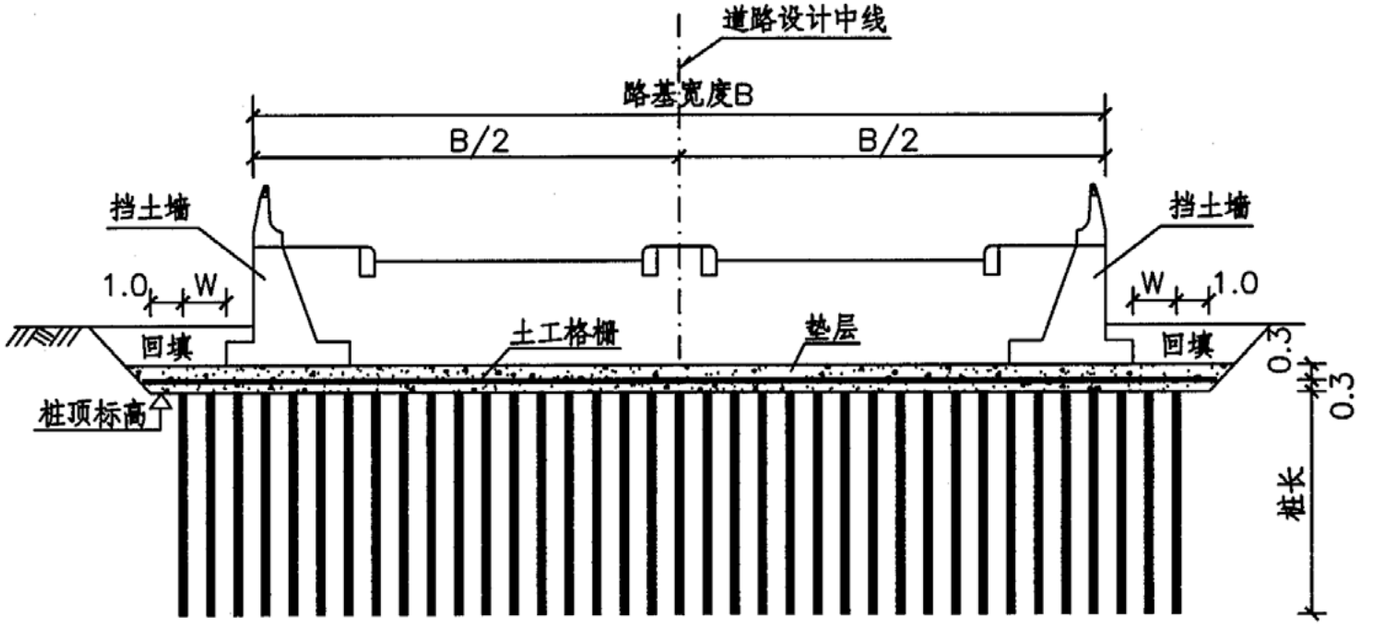
4、垫层宽出最外侧桩1.0m。

5、最外侧桩距路基下坡脚距离(图中W)不小于1.0m。

6、本图适用于桥头路基放坡时软基处理，用于路段软基处理时分区设计见总说明5.2.2条。

7、本图路基横断面形式仅为示意。

水泥粉煤灰碎石桩处理软基设计图（一）								图集号	DSMR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟	页	33



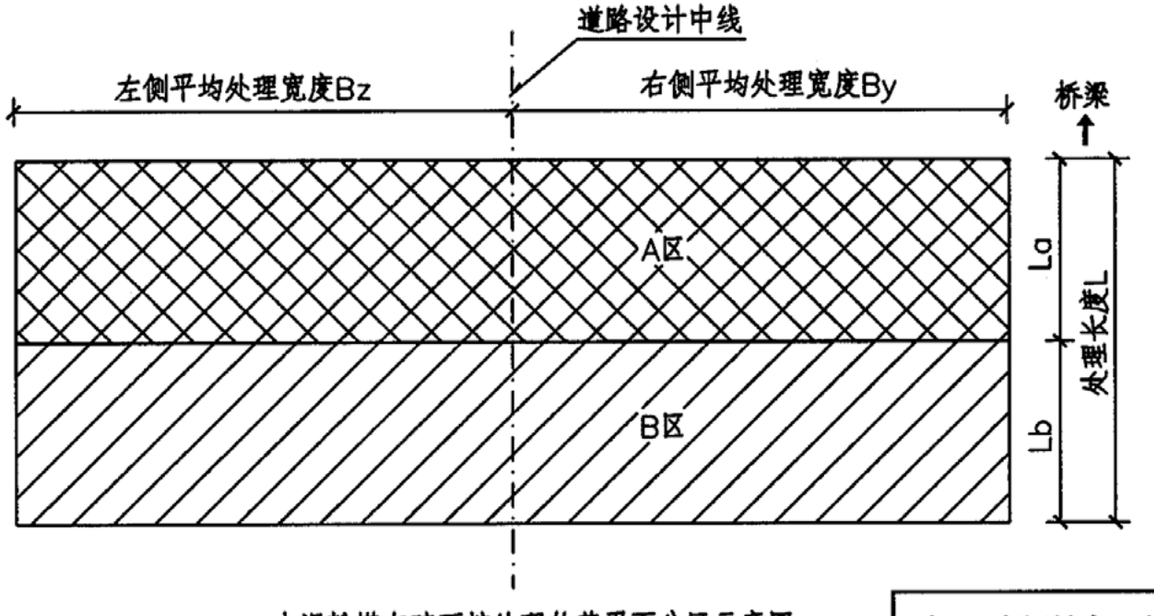
水泥粉煤灰碎石桩处理软基横断面图



水泥粉煤灰碎石桩断面图



水泥粉煤灰碎石桩平面布置图



水泥粉煤灰碎石桩处理软基平面分区示意图

注：

1、本图单位：米。

2、水泥粉煤灰碎石桩采用正三角形布置，其桩长为剔除软桩头后的有效桩长。

3、图中Bz、By、La、Lb、桩顶标高及A、B区桩长、桩间距详见《加固土桩、水泥粉煤灰碎石桩处理软基工程数量表》。

4、垫层宽出最外侧桩1.0m。

5、最外侧桩距挡土墙基础距离(图中W)不小于1.0m。

6、本图适用于桥头路基设挡土墙时软基处理，用于路段软基处理时分区设计见总说明5.2.2条。

7、桩顶标高根据挡土墙基底标高推算，挡土墙下的桩长及间距通过挡土墙验算后确定。

8、本图路基横断面及挡土墙形式仅为示意。

水泥粉煤灰碎石桩处理软基设计图（二）								图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟	页	34

水泥粉煤灰碎石桩处理软基施工说明

1 材料要求

1.1 水泥:与水泥搅拌桩对水泥的材料要求相同。

1.2 采用长螺旋钻管内泵压施工时，粉煤灰采用袋装Ⅲ级以上粉煤灰；采用振动沉管施工时，粉煤灰可采用粗灰。

1.3 采用长螺旋钻管内泵压施工时，碎石粒径多采用6～25mm；采用振动沉管施工时，碎石粒径多采用30～50mm。

1.4 砂应洁净，含泥量不大于5%。

1.5 水：与水泥搅拌桩对水质的要求相同。

1.6 垫层：与水泥搅拌桩对桩顶垫层的材料要求相同。

2 水泥粉煤灰碎石桩施工注意事项

2.1 施工前应进行配合比试验，保证成桩后桩身强度等级达到C15混凝土的强度。

2.2 每个作业点施工前必须先打不少于5根的工艺试验桩，以检验机具性能及施工工艺中的各项技术参数。

2.3 采用长螺旋钻管内泵压施工时，每盘料的搅拌时间不应小于60s，混合料塌落度控制在160～200mm。为了减小钻杆摇晃，钻进成孔时应先慢后快。钻孔至设计标高后停止钻进，开始泵送混合料，当钻杆芯管充满混合料后开始拔管，严禁先提管后泵送混合料。拔管速度控制在2～3m/min，成桩过程应连续进行，应避免因后序供料慢而导致停机待料。

2.4 采用振动沉管施工时不得跳打，每盘料的搅拌时间不应小于60s，混合料塌落度控制在30～50mm。拔管速率一般为1.2～1.5m/min，拔管过程中不允许反插、留振。如上料不足需在拔管过程中空中投料，以保证成桩后的桩顶标高。

2.5 设备就位后必须平整，确保施工过程中不发生倾斜和移动，机架和钻杆的垂直度偏差不得大于1%，施工中采用吊锤观测钻杆的垂直度，如发现偏差过大，必须及时调整。

2.6 钻机桩位对中偏差不得大于20mm。

2.7 施工过程中要随时测量施工场地标高及桩顶标高，根据地面隆起情况判断是否断桩。

2.8 桩顶上升量较大且桩的数量较多时，应采用逐个桩快速静压，以消除可能出现的断桩对复合地基承载力造成的不良影响。

3 质量检验

3.1 成桩28d后由专门的检测单位进行质量检测。

3.2 低应变检测频率为总桩数的10%。

3.3 单桩载荷试验：与粒料桩的单桩载荷试验要求相同。

3.4 复合地基载荷试验：与粒料桩的复合地基载荷试验要求相同。

复合地基置换率m计算表

桩间距S(m)	桩径D(m)					备注
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
1.0	0.145	0.227	0.327	0.444	0.580	正三角形布置
1.1	0.120	0.187	0.270	0.367	0.480	
1.2	0.101	0.157	0.227	0.309	0.403	
1.3	0.086	0.134	0.193	0.263	0.343	
1.4	0.074	0.116	0.167	0.227	0.296	
1.5	0.064	0.101	0.145	0.198	0.258	
1.6	0.057	0.089	0.128	0.174	0.227	
1.7	0.050	0.078	0.113	0.154	0.201	
1.8	0.045	0.070	0.101	0.137	0.179	
1.9	0.040	0.063	0.090	0.123	0.161	
2.0	0.036	0.057	0.082	0.111	0.145	
2.1	—	0.051	0.074	0.101	0.132	
2.2	—	0.047	0.067	0.092	0.120	
2.3	—	0.043	0.062	0.084	0.110	
2.4	—	0.039	0.057	0.077	0.101	
2.5	—	0.036	0.052	0.071	0.093	

桩间距S(m)	桩径D(m)					备注
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
2.6	—	—	0.048	0.066	0.086	正三角形布置
2.7	—	—	0.045	0.061	0.080	
2.8	—	—	0.042	0.057	0.074	
2.9	—	—	0.039	0.053	0.069	
3.0	—	—	0.036	0.049	0.064	
3.1	—	—	—	0.046	0.060	
3.2	—	—	—	0.043	0.057	
3.3	—	—	—	0.041	0.053	
3.4	—	—	—	0.038	0.050	
3.5	—	—	—	0.036	0.047	
3.6	—	—	—	—	0.045	
3.7	—	—	—	—	0.042	
3.8	—	—	—	—	0.040	
3.9	—	—	—	—	0.038	
4.0	—	—	—	—	0.036	

注：桩间距S指桩的中心距离，$m=0.907D^2/S^2$。

复合地基置换率计算表										图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟			页	37

换土垫层处理软基工程数量表

序号	桩号范围	处理长度(m)	垫层宽度(m)		处理深度Z(m)	开挖边坡		垫层材料	垫层厚度H(m)	挖方数量(m^3)	垫层数量(m^3)	素土回填(m^3)	备注
			左侧Bz	右侧By		n1	n2						
1													
⋮													
合 计													

换土加筋垫层处理软基工程数量表

序号	桩号范围	处理长度(m)	垫层宽度(m)		处理深度Z(m)	开挖边坡		垫层材料	垫层厚度H(m)	挖方数量(m^3)	垫层数量(m^3)	素土回填(m^3)	土工格栅(m^2)	备注
			左侧Bz	右侧By		n1	n2							
1														
⋮														
合 计														

注：

1、如果采用不同的垫层，则垫层数量一栏应根据垫层材料细分。

2、在备注栏中应给出土工格栅的技术指标，如抗拉强度、延伸率等。

软基处理工程数量表（一）									图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	38

加筋碎石垫层处理软基工程数量表

序号	桩号范围	处理长度 (m)	碎石垫层宽度(m)		加筋材料	碎石垫层厚度 H (m)	碎石垫层数量 (m^3)	土工格栅 (m^2)	土工格室 (m^2)	备注
			左侧Bz	右侧By						
1										
⋮										
合 计										

注：1、在备注栏中应给出加筋材料的技术指标。

抛石挤淤工程数量表

序号	桩号范围	处理长度 (m)	左侧bz (m)	右侧by (m)	抛石边坡m1	淤泥厚度 (m)	抛石顶面标高 (m)	淤泥顶面标高 (m)	片石挤入淤泥深度(m)	抛石数量 (m^3)	备注
1											
⋮											
合 计											

软基处理工程数量表（二）									图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟		页	39

袋装砂井处理软基工程数量表

序号	桩号范围	处理长度(m)		平均处理宽度(m)		砂井长(m)		井间距S(m)		砂井数量(根)		砂井总长(m)	砂垫层(m^3)	井顶标高(m)	预压期(月)	预压方式	堆载顶面标高(m)	真空度	密封膜		备注
		La	Lb	左侧Bz	右侧By	A区	B区	A区	B区	A区	B区								膜厚(mm)	层数(层)	
1																					
⋮																					
合 计																					

塑料排水板处理软基工程数量表

序号	桩号范围	处理长度(m)		平均处理宽度(m)		排水板长(m)		板间距S(m)		排水板数量(根)		塑料排水板总长(m)	砂垫层(m^3)	板顶标高(m)	预压期(月)	预压方式	堆载顶面标高(m)	真空度	密封膜		备注
		La	Lb	左侧Bz	右侧By	A区	B区	A区	B区	A区	B区								膜厚(mm)	层数(层)	
1																					
⋮																					
合 计																					

注：

1、袋装砂井长度一般在10.0m～20.0m，计算袋装砂井总长时，单根长度应增加0.3m。

2、塑料排水板长度一般在10.0m～20.0m，计算塑料排水板总长时，单根长度应增加0.8m。

软基处理工程数量表（三）								图集号	05MR301
审核	赵建伟		校对	刘润有		设计	蒋宏伟	页	40

粒料桩处理软基工程数量表

序号	桩号范围	处理长度(m)		平均处理宽度(m)		桩长(m)		桩径	桩间距S(m)		桩数量(根)		桩总长	砂垫层	碎石垫层	桩顶标高	单桩承载力(kN)		复合地基承载力(kN)		备注
		La	Lb	左侧Bz	右侧By	A区	B区	(m)	A区	B区	A区	B区	(m)	(m^3)	(m^3)	(m)	A区	B区	A区	B区	
1																					
⋮																					
合 计																					

注：1、粒料桩包括碎石桩和砂桩，在备注栏中应注明。

2、粒料桩桩径一般为0.5m～0.8m，桩长一般在8.0m～12.0m，最大不宜超过14.0m。

3、粒料桩桩间距S一般为(2.5～4.0)倍桩径，最大间距不超过5倍桩径。

加固土桩、水泥粉煤灰碎石桩处理软基工程数量表

序号	桩号范围	处理长度(m)		平均处理宽度(m)		桩长(m)		桩径	桩间距S(m)		桩数量(根)		桩总长	碎石垫层	桩顶标高	单桩承载力(kN)		复合地基承载力(kN)		备注
		La	Lb	左侧Bz	右侧By	A区	B区	(m)	A区	B区	A区	B区	(m)	(m^3)	(m)	A区	B区	A区	B区	
1																					
⋮																					
合 计																					

注：1、加固土桩包括水泥搅拌桩（粉喷桩）、旋喷桩，在备注栏中应注明。

2、水泥搅拌桩(粉喷桩)桩长一般在8.0m～12.0m，最大不宜超过14.0m，桩间距S一般为1.0m～2.0m，最大间距不超过5倍桩径。

3、旋喷桩桩长一般在10.0m～18.0m，最大不宜超过20.0m，桩间距S一般为(2.5～4.0)倍桩径，最大间距不超过5倍桩径。

4、水泥粉煤灰碎石桩桩桩长一般在12.0m～18.0m，最大不宜超过20.0m，桩间距S一般为(2.5～4.0)倍桩径，最大间距不超过5倍桩径。

桥头水泥搅拌桩处理软基计算示例

1 基础资料

1.1 路基顶宽27.5m，路基边坡1：1.5，填土高度3.5m。

1.2 路基两侧对称设置反压护道，反压护道顶宽2.0m，高2.5m，边坡1：1.5。

1.3 路基及反压护道填土重度19.0kN/m³。

1.4 地下水位埋深2.5m。

1.5 地基各土层物理力学指标见表1：

地基各土层物理力学指标　　表1

层号	层底深（m）	重度（kN/m³）	固结系数（cm²/s）	e(0)	e(50)	e(100)	e(200)	e(300)	e(400)
1	0.7	18.8	0.00208	0.810	0.783	0.758	0.712	0.680	0.652
2	1.7	18.7	0.00357	0.945	0.901	0.861	0.804	0.764	0.734
3	2.7	17.8	0.00023	1.107	0.995	0.932	0.852	0.804	0.764
4	3.7	18.2	0.00053	1.090	0.966	0.911	0.839	0.788	0.758
5	4.7	19.0	0.00111	0.883	0.752	0.711	0.660	0.630	0.605
6	5.7	18.8	0.00145	0.874	0.749	0.706	0.654	0.625	0.601
7	6.7	18.5	0.00522	0.942	0.810	0.770	0.721	0.690	0.666
8	8.7	18.0	0.00548	0.934	0.771	0.716	0.651	0.613	0.583
9	9.7	18.5	0.00886	0.920	0.819	0.780	0.735	0.704	0.684
10	10.7	18.4	0.00608	0.928	0.811	0.768	0.717	0.682	0.657

地基各土层物理力学指标　　续表1

层号	层底深（m）	重度（kN/m³）	固结系数（cm²/s）	e(0)	e(50)	e(100)	e(200)	e(300)	e(400)
11	12.7	18.8	0.00890	0.792	0.697	0.669	0.634	0.611	0.591
12	13.7	19.3	0.00896	0.805	0.766	0.752	0.735	0.722	0.714
13	14.7	18.8	0.00653	0.897	0.794	0.760	0.717	0.690	0.670
14	15.7	19.1	0.00777	0.826	0.727	0.698	0.661	0.640	0.619
15	16.7	18.1	0.00121	1.042	0.921	0.866	0.785	0.736	0.692
16	17.7	18.9	0.00261	0.972	0.858	0.816	0.762	0.729	0.699
17	18.7	19.4	0.00549	0.768	0.682	0.658	0.630	0.610	0.598
18	19.7	19.6	0.00196	0.760	0.683	0.656	0.620	0.595	0.576
19	21.7	18.9	0.00224	0.901	0.827	0.790	0.741	0.710	0.683
20	22.7	20.4	0.00043	0.572	0.459	0.434	0.403	0.381	0.369
21	23.7	20.4	0.00181	0.595	0.528	0.505	0.473	0.451	0.438

注：表中固结系数指竖向固结系数，通过土工试验获得。

1.6 路面结构厚0.7m，结构层平均重度23.0kN/m³。

1.7 路堤加载方式为：先用3个月时间填土2.0m，停1个月，再用2个月填土0.8m，预压6个月，最后用3个月完成路面结构，从开始施工至路面完工共历时15个月。

1.8 容许工后沉降100mm，工后沉降基准期为180月。

1.9 沉降修正系数采用1.2。

2 地基不处理时沉降计算

2.1 沉降计算采用分层总和法。

2.2 施工期（15个月）末沉降计算结果见表2：

施工期末路基中心分层沉降 表2

深度（m）	自下到上沉降和（m）	深度（m）	自下到上沉降和（m）	深度（m）	自下到上沉降和（m）
0.25	0.150	8.25	0.051	16.25	0.021
0.75	0.138	8.75	0.049	16.75	0.018
1.25	0.123	9.25	0.048	17.25	0.016
1.75	0.110	9.75	0.046	17.75	0.013
2.25	0.093	10.25	0.044	18.25	0.012
2.75	0.082	10.75	0.042	18.75	0.010
3.25	0.075	11.25	0.041	19.25	0.009
3.75	0.070	11.75	0.040	19.75	0.008
4.25	0.067	12.25	0.038	20.25	0.006
4.75	0.065	12.75	0.036	20.75	0.005
5.25	0.062	13.25	0.035	21.25	0.004
5.75	0.060	13.75	0.034	21.75	0.003
6.25	0.059	14.25	0.032	22.25	0.002
6.75	0.057	14.75	0.029	22.75	0.002
7.25	0.055	15.25	0.027	23.25	0.001
7.75	0.053	15.75	0.025		

2.3 工后沉降基准期（195个月）末沉降计算结果见表3：

工后沉降基准期末路基中心分层沉降 表3

深度（m）	自下到上沉降和（m）	深度（m）	自下到上沉降和（m）	深度（m）	自下到上沉降和（m）
0.25	0.279	8.25	0.103	16.25	0.040
0.75	0.266	8.75	0.099	16.75	0.033
1.25	0.248	9.25	0.096	17.25	0.028
1.75	0.230	9.75	0.093	17.75	0.023
2.25	0.203	10.25	0.089	18.25	0.020
2.75	0.180	10.75	0.085	18.75	0.018
3.25	0.164	11.25	0.083	19.25	0.015
3.75	0.150	11.75	0.079	19.75	0.013
4.25	0.142	12.25	0.076	20.25	0.011
4.75	0.135	12.75	0.071	20.75	0.009
5.25	0.129	13.25	0.069	21.25	0.007
5.75	0.123	13.75	0.067	21.75	0.006
6.25	0.120	14.25	0.062	22.25	0.004
6.75	0.117	14.75	0.057	22.75	0.003
7.25	0.112	15.25	0.052	23.25	0.001
7.75	0.108	15.75	0.047		

注：表2及表3中某一深度对应的自下到上沉降和指该深度以下各分层沉降之和。

2.4 工后沉降计算：

$$S_{gh}=0.279-0.150=0.129\ (m)$$

计算工后沉降大于容许工后沉降（0.1m），因此必须

进行地基处理以减小工后沉降。

3 地基处理设计

拟采用水泥搅拌桩进行软基处理。搅拌桩桩长10.0m，桩径0.5m，桩间距S为1.8m，正三角形布置。地基处理后的沉降由加固区沉降S_1和加固区以下地基沉降S_2组成。

3.1 加固区沉降计算

根据《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》JTJ017－96，加固区沉降按下式计算：

$$S_1 = S_p / [1 + (n-1) \times m] \quad (m)$$

3.1.1 S_p为加固区加固前的计算沉降

根据表2及表3，加固区加固前的计算沉降为：

施工期末：$S_p = 0.150 - 0.046 = 0.104$（m）

工后沉降基准期末：$S_p = 0.279 - 0.093 = 0.186$（m）

3.1.2 n为桩土应力比，宜用当地或类似试验工程的试验资料确定。无资料时取2～5，当桩底土质好，桩间土质差时取高值，否则取低值。本示例取n＝4。

3.1.3 m为置换率，由《粒料桩、加固土桩置换率计算表》可以查得m＝0.070。

由此可计算加固区的沉降：

施工期末：

$S_1 = 0.104 / [1 + (4-1) \times 0.070] = 0.086$（m）

工后沉降基准期末：

$S_1 = 0.186 / [1 + (4-1) \times 0.070] = 0.154$（m）

3.2 加固区以下地基沉降计算

根据表2及表3，加固区加固前的计算沉降为：

施工期末：$S_2 = 0.046$ m

工后沉降基准期末：$S_2 = 0.093$ m

3.3 地基处理后沉降计算

施工期末：$S = 0.086 + 0.046 = 0.132$（m）

工后沉降基准期末：$S = 0.154 + 0.093 = 0.247$（m）

由此计算出地基处理后的工后沉降：

$S_{gh}=0.247-0.132=0.115(m)$

工后沉降S_{gh}大于0.1m，因此需对水泥搅拌桩进行重新布置。一般可采用加大桩长和改变置换率两种方法。

3.3.1 加大桩长

取桩长12.0m，按同样方法计算工后沉降S_{gh}为0.113m；

取桩长14.0m，按同样方法计算工后沉降S_{gh}为0.112m。

可见增加桩长效果并不明显。

3.3.2 改变置换率

根据上述计算分析，要保证处理后的工后沉降满足要求，应有：

$$\frac{0.186-0.104}{1+(4-1)\times m}+(0.093-0.046)\leqslant 0.1$$

可计算出$m\geqslant 0.182$

根据置换率计算公式，可以算出桩径0.5m时的对应桩间距S不应超过1.12m。

取桩间距S为1.10m。

水泥搅拌桩最终布置为：

桩长10.0m，桩间距S为1.10m，正三角形布置，处理后的工后沉降S_{gh}为0.099m。

水泥搅拌桩提高地基承载力计算示例

1 工程概况

某道路工程一高填方路段最大填土高度6.5m，通过计算，要求地基承载力不低于140kPa。根据地质钻孔资料，场地工程地质条件如下：

1.1 耕植土

深灰色，软塑～可塑，主要以粉质粘土和淤泥质粉质粘土为主，含少量植物根，层厚1.20～1.50m，含水量26%～35%。

1.2 冲积层

主要以淤泥（淤泥质土）、粉质粘土和砂组成。

1.2.1 淤泥（淤泥质土）：深灰～灰黑色，流塑～软塑，滑腻、味臭，含少量有机质，局部夹粉土。层厚7.5～9.0m，含水量45%～66%。

1.2.2 粉质粘土：浅灰～棕黄色，软塑为主，粘性较大，局部夹粉土。层厚4.0～5.5m，含水量24%。

1.2.3 砂：以粉砂、细砂和重砂为主，局部夹少量粗砂和砾砂，深灰～灰白色，较松散，层厚2.4～3.1m，标贯击数为4～7击。

根据地质报告，天然地基承载力为65kPa，容许侧摩阻力为8.2kPa。

由于天然地基承载力不满足要求，需要进行处理以提高地基承载力。

2 地基处理设计

根据场区地质条件，采用水泥搅拌桩进行加固，桩长11.0m（桩长穿过淤泥质土层），桩径0.5m。

2.1 水泥搅拌桩单桩容许承载力Rp

水泥搅拌桩单桩承载力有两种计算方法，即由侧摩阻力提供的承载力R_{p1}和由桩身强度所提供的承载力R_{p2}，取其较小值作为单桩容许承载力。

2.1.1 由侧摩阻力提供的单桩承载力R_{p1}按下式计算：

$$R_{p1}=\pi\times D\times L\times f \quad (kN)$$

式中：D —— 桩径（m），本示例D=0.5m；

L —— 桩长（m），本示例L=11.0m；

f —— 容许侧摩阻力（kPa），根据地质报告，f=8.2kPa。

由此可算出：

$$R_{p1}=3.1416\times 0.5\times 11.0\times 8.2=141.7 \quad (kN)$$

2.1.2 由桩身强度所提供的承载力R_{p2}按下式计算：

$$R_{p2}=\eta\times q_u\times A_p \quad (kN)$$

式中：q_u —— 与桩身水泥土配比相同的室内水泥土试块，在标准养护条件下90d龄期无侧限抗压强度（kPa）；

η —— q_u 的折减系数，$\eta=0.3\sim0.5$，本示例取$\eta=0.4$；

A_p —— 桩截面积（m^2），本例$A_p=0.196m^2$。

根据室内水泥土试验结果，水泥含量15%时90d龄期的无侧限抗压强度为1600kPa，计算可得：

$$R_{p2}=0.4\times 1600\times 0.196=125.4 \quad (kN)$$

由于$R_{p2}<R_{p1}$，水泥搅拌桩单桩容许承载力为：

$$R_p=R_{p2}=125.4 \quad kN$$

2.2 水泥搅拌桩间距S的确定

水泥搅拌桩加固后复合地基承载力R_{sp}按下式计算：

$$R_{sp}=m\times R_p/A_p+\beta(1-m)\times R_s \quad (kPa)$$

式中：R_{sp} —— 复合地基承载力（kPa）；

R_s —— 天然地基承载力（kPa）；

m —— 桩的置换率；

β —— 桩间土承载力折减系数，桩端为软土时可取0.5～1.0，桩端为硬土时可取0.1～0.4，本示例取$\beta=0.5$；

将$R_{sp}=140kPa$、$R_s=65kPa$代入上式可算出置换率为m=0.177，根据置换率计算公式可算出桩间距S=1.13m。

主编单位、参编单位、联系人及电话

主编单位	天津市市政工程设计研究院	刘润有	022-27811085

主管单位、联系人及电话

中国建筑标准设计研究院	张 勇	010-88361155-800（国标图热线电话）