

ICS.93.160

CCS P 55

江苏省水利勘测设计协会团体标准

T/JSSLKX xx-20xx

水闸与泵站地基处理技术规范

Technical code for ground treatment of sluices and pumping stations

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

江苏省水利勘测设计协会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专业的责任。

本文件由江苏省水利勘测设计协会提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：扬州市勘测设计研究院有限公司、江苏省水利工程科技咨询股份有限公司、连云港市水利规划设计院有限公司、淮安市水利勘测设计研究院有限公司、盐城市水利勘测设计研究院有限公司、镇江市工程勘测设计研究院有限公司、苏州市水利设计研究院有限公司、华设设计集团股份有限公司、扬州水利建筑工程有限责任公司。

本文件主要起草人：

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	2
4.1 荷载与设计方法	2
4.2 地基处理方法的选用	3
4.3 与堤防连接的处理	4
5 换填垫层	4
5.1 一般规定	4
5.2 设计	5
5.3 施工	5
5.4 质量检验	6
6 复合地基	6
6.1 一般规定	6
6.2 设计	7
6.3 施工	10
6.4 质量检测	10
7 桩基	11
7.1 一般规定	11
7.2 设计	11
7.3 施工	12
7.4 质量检测	12
8 沉井	12
8.1 一般规定	12
8.2 设计	12

8.3	施工	13
8.4	质量检测	13
9	地基防渗处理	13
9.1	一般规定	13
9.2	设计	13
9.3	施工	15
9.4	质量检验	15
附录 A (规范性)	按 m 法计算受水平荷载的弹性桩	16

水闸与泵站地基处理技术规范

1 范围

本文件规定了水利工程中水闸、泵站土基上的地基处理方法和技术要求，以及各种处理措施的设计、施工与质量检测的具体要求。

本文件适用于水闸、泵站地基处理，堤防护岸、地涵、套闸可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50290 土工合成材料应用技术规范

GB 50487 水利水电工程地质勘察规范

GB 50202 建筑地基工程施工质量验收标准

GB/T 50783 复合地基技术规范

GB/T 50265 泵站设计标准

GB/T 51130 沉井与气压沉箱施工规范

SL 265 水闸设计规范

SL 704 水闸与泵站工程地质勘察规范

SL 744 水工建筑物荷载标准

SL/T 792 水工建筑物地基处理设计规范

JGJ 79 建筑地基处理技术规范

JGJ 94 建筑桩基技术规范

JGJ 106 建筑基桩检测技术规范

JGJ/T 327 劲性复合桩技术规程

JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范

DB32/T 2334 水利工程施工质量检验与评定规范

DB32/T 3582 水运工程水泥土搅拌桩复合地基质量检测及评定规程

CECS 137 给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程

3 术语和定义

SL/T 792-2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 换填垫层 replacement layer of compacted fill

挖除基础底面下一定范围内的软弱土层或不均匀土层，回填其他性能稳定、无侵蚀性、强度较高的材料，并夯压密实形成的垫层。

3.2 加筋垫层 replacement layer of tensile reinforcement

在垫层材料内铺设单层或多层水平向加筋材料形成的垫层。

3.3 微型桩 micropile

用桩工机械或其他小型设备在土中打入梢径不小于 14cm 的木桩、截面不大于 30×30cm 预制混凝土桩或直径不大于 30cm 预应力混凝土管桩。

3.4 刚柔组合桩 flexible & rigid composite pile

刚性桩和柔性桩组合的桩。

3.5 刚性桩 rigid pile

预制钢筋混凝土桩、预应力管桩等。

3.6 柔性桩 flexible pile

水泥、石灰等胶结材料与土混合形成的桩（本文件指水泥土搅拌桩和高压旋喷桩）。

3.7 沉井 open caisson foundation

上、下敞开口并带刃脚的空心井筒状结构，通过井内部取土或配以助沉措施沉入地基中，经封底、封顶所形成的基础。

4 基本规定

4.1 荷载与设计方法

4.1.1 水闸、泵站地基处理设计时，作用在地基上的主要荷载有建筑物结构自重、

永久设备自重、静水压力、扬压力、动水压力、土压力、淤沙压力、风荷载、雪荷载、冰压力、浪压力、楼面活荷载、平台活荷载、桥机荷载、闸门启闭机荷载、地震荷载等。荷载（作用）取值应符合 SL 744 的规定。

4.1.2 水闸、泵站地基处理设计采用单一安全系数法或容许应力法设计。经处理后的地基应满足承载能力、稳定、变形和抗渗的要求，稳定计算安全系数及变形要求应符合 SL 265、GB/T 50265 的规定。

4.1.3 经处理后的地基，当按地基承载力确定基础底面积及埋深而需要对地基承载力允许值进行修正时，基础宽度的地基承载力修正系数应取零，基础埋深的地基承载力修正系数宜取 1.0。

4.2 地基处理方法的选用

4.2.1 在选择水闸、泵站地基处理方案前，应完成下列工作：

a) 搜集详细的岩土工程勘察资料，除按照 GB 50487、SL 704 的相关规定执行外，还需满足其地基处理设计要求；

b) 完成结构的尺寸拟定和初步稳定计算、初步防渗计算；

c) 结合工程情况，了解当地地基处理经验和施工条件，对于有特殊要求的工程，尚应了解其他地区相似场地上同类工程的地基处理经验和使用情况等；

d) 根据工程的要求和采用天然地基存在的主要问题，确定地基处理的目的和处理后需达到的各项技术经济指标等；

e) 调查邻近建筑、地上（下）工程、周边道路及有关管线等情况；

f) 了解施工场地的周边环境情况。

4.2.2 在选择水闸、泵站地基处理方案时，应考虑建筑物和地基的共同作用及相互影响，防参与地基强度加固的不同需求，进行多种方案技术经济比较，选用与结构功能相适应地基处理的方案。

4.2.3 水闸、泵站地基处理方法的确定宜按下列步骤进行：

a) 根据结构类型、荷载大小及使用要求，结合地形地貌、地层结构、土质条件、地下水特征、环境情况、对邻近建筑的影响和工程投资等因素进行综合分析，初步选出几种可供考虑的地基处理方案，包括选择两种或多种地基处理措施

组成的综合处理方案；

b) 对初步选出的各种地基处理方案，分别从加固原理、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分析和对比，选择最佳的地基处理方法；

c) 对已选定的地基处理方法，应按建筑物设计等级和场地复杂程度以及该种地基处理方法在本地区使用的成熟程度，在场地有代表性的区域进行相应的现场试验或试验性施工，并进行必要的测试，以检验设计参数和处理效果。如达不到设计要求时，应查明原因、修改设计参数或调整地基处理方案。

4.2.4 地基处理所采用的材料，应根据场地类别符合有关标准对耐久性设计与使用的要求。

4.3 与堤防连接的处理

4.3.1 水闸、泵站与堤防连接部位及穿堤水工建筑物的地基处理设计应满足堤防的防洪（潮）要求。

4.3.2 水闸、泵站与堤防连接部位的地基处理设计需考虑沉降协调和过渡，根据荷载分布情况、地质条件、建筑物的结构布局和荷载相互作用影响，采取必要的工程措施，减小沉降差。

4.3.3 水闸、泵站的穿堤水工建筑物的地基处理范围如仅限于结构底部区域，建筑物回填荷载作用下，两侧未处理的地基沉降如大于建筑物的沉降，设计其水工建筑物时应考虑其不利影响。

4.3.4 水闸、泵站与堤防连接部位的堤防存在地震液化情况时，其水工建筑物设计时宜对一定范围内与水工建筑物连接部位的堤防液化地基进行处理。

4.3.5 水闸、泵站与堤防连接部位及其穿堤水工建筑物的回填土的压实度需同时考虑堤防和建筑物的要求。

5 换填垫层

5.1 一般规定

5.1.1 换填垫层适用于浅层软弱土层或不均匀土层的地基处理。

5.1.2 换填垫层材料宜采用黏性土、水泥土等透水性小的材料，不宜采用粉砂、细砂、轻砂壤土、轻粉质砂壤土、粉煤灰、矿渣及其他工业废渣。

5.1.3 对于工程量较大的换填垫层，应按所选用的施工机械、换填材料及场地的土质条件进行现场试验，确定换填垫层压实效果和施工质量控制标准。

5.1.4 换填垫层的厚度应根据置换软弱土的深度以及下卧土层的承载力确定，厚度宜为 0.5m~3.0m。垫层底面的宽度应满足基础底面应力扩散的要求。换填垫层的厚度超过 3.0m 时，需根据场地条件、施工方案、工程量及换填效果进行综合比较分析其可行性。

5.2 设计

5.2.1 垫层材料的选用应符合下列要求：

a) 垫层材料中不应含树皮、草根及其他杂质；

b) 水泥土中水泥的含量宜为土的天然容重的 8%~10%，土料宜选用粉质黏土，不宜使用塑性指数大于 17 的黏性土，土料最大粒径不得大于 15mm。水泥与土应搅拌均匀；

c) 土工合成材料加筋垫层所选用土工合成材料的品种与性能及填料，应根据工程特性和地基土质条件，按照 GB 50290 通过设计计算并进行现场试验后确定。土工合成材料应采用抗拉强度较高、耐久性好、抗腐蚀的土工带、土工格栅、钢塑格栅、土工格室、土工垫或土工织物等土工合成材料。当工程要求垫层具有防渗功能时，垫层材料应具有良好的不透水性。在软土地基上使用加筋垫层时，应保证建筑物稳定并满足允许变形的要求。

5.2.2 换填垫层的具体设计应按照 JGJ 79 的相关规定执行。水泥土的压力扩散角宜通过试验确定，无试验资料时，可按 28°取用。

5.2.3 黏性土、水泥土垫层宜分层摊铺、分层压实，土料的含水量应控制在最有含水量附近，大型建筑物垫层压实系数不应小于 0.96，中小型建筑物不应小于 0.93。

5.2.4 换填垫层的承载力宜通过现场静载荷试验确定。

5.3 施工

5.3.1 基坑开挖时应避免坑底土层受扰动，可保留 300mm~500mm 厚的土层

暂不挖去，待铺填垫层前再由人工挖至设计标高。

5.3.2 换填垫层施工时，应采取基坑降排水措施。垫层施工不得在浸水条件下进行。

5.3.3 黏土及水泥石垫层施工，应符合下列规定：

a) 黏土及水泥石垫层分段施工时，不得在底板分缝处接缝；

b) 水泥石拌合均匀后，应当在 4h 内铺填压实；水泥石垫层分层施工时宜连续作业，水泥石压实后，7d 内不得在其顶行走重型机机械，处理好的垫层 7d 不得受水浸泡。

5.3.4 垫层施工方法及其它要求应按照 JGJ 79 的相关规定执行。

5.4 质量检验

5.4.1 垫层的质量检测项目与标准应按照 JGJ 79 的相关规定执行，同时满足 DB32/T 2334 的要求。

5.4.2 换填垫层的施工质量检验应分层进行，并应在每层的压实系数符合设计要求后铺填上层。

5.4.3 加筋垫层施工过程中土工合成材料的检验应按照 GB 50290 的相关规定执行。

6 复合地基

6.1 一般规定

6.1.1 宜采用的复合地基增强体类型主要有：水泥石搅拌桩、高压旋喷桩、微型桩（预制钢筋砼桩、PHC 桩、小木桩等）、刚柔组合桩等，不宜采用振冲碎石桩和沉管砂石桩等散体材料作为水闸、泵站的复合地基增强体。

6.1.2 拟采用复合地基的场地，其工程详细勘察应包括下列内容：

a) 查明场地地形、地貌和周边环境，并评价地基处理对附近建（构）筑物、管线等的影响；

b) 查明勘探深度内土的种类、成因类型、沉积时代及土层空间分布；

c) 查明大粒径块石、地下洞穴、植物残体、管线、障碍物等可能影响复合

地基中增强体施工的因素，对地基处理有影响的多层含水层应分层测定其水位，软弱黏性土层查明其灵敏度；

d) 勘察报告应提供拟采用复合地基中增强体的侧摩阻力、端阻力及土的压缩曲线和压缩模量，对软黏土地基应查明土体的固结系数；

e) 对需要进行稳定分析的复合地基应查明黏性土层的抗剪强度指标以及不排水抗剪强度；

f) 复合地基中增强体施工对加固区土体挤密或扰动程度较高时，宜测定增强体施工后加固区土体的压缩性指标和抗剪强度指标；

g) 控制性勘探孔的深度应满足复合地基沉降计算的要求，需验算地基抗滑稳定性时，勘探孔布置和勘察孔深度应满足稳定性验算的需要。

根据拟采用复合地基中增强体类型按表 1 的要求查明地质参数。

表 1 不同增强体类型需查明的参数

序号	增强体类型	需查明的参数
1	水泥搅拌桩	含水量，PH 值，有机质含量，地下水和土的腐蚀性，黏性土的塑性指数和超固结度，地下水位及其运动规律。
2	高压旋喷桩	PH 值，有机质含量，地下水和土的腐蚀性，黏性土的超固结度
3	刚性桩	地下水和土的腐蚀性，不排水抗剪强度，软黏土的超固结度，灌注桩尚应测定软黏土的含水量。

6.1.3 复合地基施工图设计前，宜根据工程勘察报告、结构设计成果和场地环境等资料在代表性的场地上进行现场试验或试验性施工，以确定设计参数和处理效果。

6.1.4 复合地基变形、承载力计算应按照 JGJ 79、GB/T 50783 和 SL/T 792 的相关规定执行。

6.2 设计

6.2.1 水泥石搅拌桩复合地基

6.2.1.1 水泥石搅拌桩复合地基处理设计应符合下列规定：

a) 适用于处理正常固结的淤泥、淤泥质土、素填土、黏性土(软塑、可塑)、粉土(稍密、中密)、粉细砂(松散、中密)、中粗砂(松散、稍密)、饱和黄土等土层。

不适用于含大孤石或障碍物较多且不易清除的杂填土、欠固结的淤泥和淤泥质土、硬塑及坚硬的黏性土、密实的砂类土，以及地下水渗流、机械施工引起土体液化影响成桩质量的土层。当地基土的天然含水量小于 30% 时不宜采用粉体搅拌法。

b) 设计前，应进行处理地基土的室内配比试验。对竖向承载的水泥土强度宜取 28d 龄期试块的立方体抗压强度平均值；

c) 水泥土搅拌桩复合地基宜在基础和桩之间设置褥垫层，厚度可取 200mm~300mm。需考虑渗流稳定的结构褥垫层材料宜采用水泥土，其他情况可选用中砂、粗砂、级配砂石等，最大粒径不宜大于 20mm，褥垫层的压实标准参照本文件 5.2.3 条。

6.2.1.2 水泥土搅拌桩复合地基设计应符合下列规定：

a) 搅拌桩的长度，应根据水闸、泵站水工结构对地基承载力和变形的要求确定，并应穿透软弱土层到达地基承载力相对较高的土层；当设置的搅拌桩同时为提高地基抗滑稳定性时，其桩长应超过危险滑弧以下不少于 2.0m；干法的加固深度不宜大于 15m，湿法加固深度不宜大于 18m；采用双向搅拌桩机施工时不宜大于 20m；

b) 由桩身材料强度确定单桩承载力时，宜按与搅拌桩桩身水泥土配比相同的室内加固土试块，边长为 70.7mm 的立方体在标准养护条件下 28d 龄期的抗压强度平均值进行计算。

6.2.1.3 水泥土搅拌桩的具体设计应按照 JGJ 79 和 SL/T 792 的相关规定执行。

6.2.2 高压旋喷桩复合地基

6.2.2.1 高压旋喷桩复合地基处理应符合下列规定：

a) 对土中含有较多的大直径块石、大量植物根茎和高含量的有机质，以及地下水流速较大的工程，应根据现场试验结果确定其适应性；

b) 在制定旋喷桩方案时，应搜集邻近建筑物和周边地下埋设物等资料；旋喷桩的平面布置可根据水闸、泵站的基础特点确定；旋喷桩加固体强度和直径，应通过现场试验确认；旋喷桩方案确定后，应结合工程情况进行现场试验，确定施工参数及工艺；

c) 基础和桩之间褥垫层的设置可参照 6.2.1.1 的要求执行。

6.2.2.2 高压旋喷桩的具体设计应按照 JGJ 79 和 SL/T 792 的相关规定执行。

6.2.3 微型桩复合地基

6.2.3.1 微型桩复合地基适用于小型水工建筑物处理黏性土、粉土、砂土；对淤泥质土应通过现场试验确定其适用性。

6.2.3.2 微型桩复合地基，桩与基础不连接。在基础和桩之间设置褥垫层的厚度宜为 150mm~250mm，基础和桩之间褥垫层的设置可参照 6.2.1.1 的要求执行。

6.2.3.3 设计采用微型桩时宜选择相对较好的土层作为桩端持力层，微型桩进入持力层深度不宜小于 5 倍的桩径或边长。

6.2.3.4 微型桩复合地基承载力的计算可参照 JGJ 79 的复合地基规定执行，其中单桩承载力发挥系数和桩间土承载力发挥系数可按经验取值，无经验时单桩承载力发挥系数可取 0.8~0.9；桩间土承载力发挥系数可取 0.9~1.0；处理后桩间土的承载力允许值，对一般黏性土可取天然地基承载力允许值；对松散砂土、粉土可取天然地基承载力允许值的（1.2~1.5）倍，原土强度低的取大值。桩端端阻力发挥系数可取 1.0。

6.2.3.5 微型桩的具体设计应按照 JGJ 79 的相关规定执行。

6.2.4 刚柔组合桩复合地基

6.2.4.1 刚柔组合桩复合地基适用于处理淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土以及人工填土等地基。刚柔组合桩用于泥炭土、有机质土、PH 值小于 4 的土、塑性指数大于 17 的黏性土，或地下水渗流影响成桩质量以及在腐蚀性环境中和无工程经验的地区时，应通过试验确定其适用性。

6.2.4.2 刚柔组合桩作为复合地基增强体时应符合下列规定：

a) 刚柔组合桩复合地基设计时除在基础范围内布桩外，基础范围外宜各增加一排；

b) 刚柔组合桩的置换率应根据设计要求的复合地基承载力、地基土特性、施工工艺等确定，桩间距不宜小于 4 倍内芯直径；

c) 刚柔组合桩的长度应根据上部结构对承载力和变形的要求确定，宜穿透软弱土层到达承载力相对较高的土层；为提高抗滑稳定性而设置的劲性复合桩，其桩底标高应低于处理后最危险滑动面以下 2m。

6.2.4.3 刚柔组合桩单桩竖向抗压承载力的计算可参照 JGJ/T 327 的规定执行，桩侧破坏面位于内、外芯界面，按经验公式估算承载力时，宜按与柔性桩桩身水泥土配比相同的室内加固土试块，边长为 70.7mm 的立方体在标准养护条件下 28d 龄期无侧限抗压强度的(0.04~0.08)倍作为劲性复合桩复合段内芯侧阻力特征值。

6.2.4.5 刚柔组合桩桩顶与水工结构基础之间应设置褥垫层。褥垫层材料宜用水泥土，水泥土的水泥含量宜采用 8%~10%。褥垫层的厚度宜取 200mm~300mm，当桩径大或桩距大时褥垫层厚度宜取大值，褥垫层的压实度可参照 6.2.1.1 的要求执行。

6.2.4.6 刚柔组合桩的具体设计应按照 JGJ/T 327 的相关规定执行。

6.3 施工

6.3.1 水泥土搅拌桩、高压旋喷桩的施工应按照 JGJ 79 和 GB/T 50783 的相关规定执行。工程施工前应先进进行室内配合比试验和工艺性试桩，以确定合适的配合比，水泥土的性能指标宜以 28 天龄期试验结果为准，室内配合比试验满足要求后方可进行工艺性试桩。

6.3.4 预制钢筋砼桩、PHC 桩等刚性桩的施工应按照 JGJ 94 的相关规定执行。

6.3.5 刚柔组合桩的施工应按照 JGJ/T 327、JGJ 79 和 JGJ 94 的相关规定执行。

6.4 质量检测

6.4.1 复合地基的质量检测项目与标准应按照 JGJ 79 的相关规定执行，同时满足 DB32/T 2334 的要求。

6.4.2 水泥土搅拌桩、高压旋喷桩的成桩质量检测可参照 DB32/T 3582 执行。

6.4.3 刚柔组合桩质量应按刚性桩、柔性桩两种类型进行检查，可参照 JGJ/T 327、GB 50202、JGJ 94 和 JGJ 79 执行。

6.4.4 基槽开挖后，应检验桩位、桩数与桩顶桩身质量，如不符合设计要求，应采取有效补强措施。

7 桩基

7.1 一般规定

7.1.1 采用浅层处理措施、复合地基等不能满足水工建筑物地基承载能力、稳定、变形要求时，可采用桩基处理。

7.1.2 水工建筑物桩基础除应进行结构设计外，还应按下列规定进行设计：

a) 根据使用功能和受力特征分别进行桩基整体或单桩的竖向承载能力和水平承载能力的验算；

b) 对位于坡地、岸边的桩基，应验算其在最不利荷载组合效应下的整体稳定性。

7.1.3 在同一块底板下群桩基础中，不宜同时采用摩擦型桩和端承型桩，也不宜采用直径不同、材料不同和桩端深度相差过大的桩。

7.1.4 对具有下列之一情况的水利工程，应通过静载试验确定单桩承载力。

a) 一级水工建筑物、较重要的二级水工建筑物；

b) 地质情况复杂，难以确定桩的承载力；

c) 新型桩基础或采用新工艺施工的桩基础；

d) 有其他特殊要求的水利工程桩基础；

e) 采用振动工艺方法沉入的预制混凝土桩、钢管桩。

7.2 设计

7.2.1 混凝土桩的尺寸宜满足下列构造要求：

a) 钻孔桩设计直径不宜小于 0.6m；

b) 挖孔桩直径或最小边宽度不宜小于 1.2m；

c) 混凝土管桩直径可采用 0.5~1.2m，管壁最小厚度不宜小于 80mm；

d) 水利工程中需承担较大水平力的桩基础不宜采用预应力管桩。

7.2.2 桩的计算可按下列规定进行：

- a) 作用在结构底板底面以上的荷载由结构稳定计算而得；
- b) 作用在结构底板底面的扬压力由渗流稳定计算而得；
- c) 所有荷载均按照作用在水工结构底板底面处计算，假定全部由基桩承受。
- d) 桩的计算需考虑水工结构的各种工况的最不利组合。

7.2.3 桩基的具体设计应按照 GB 50007、JGJ 94、JTG 3363 和 SL/T 792 的相关规定执行。计算桩内力时，可采用 m 法（见附录 A）或其他可靠的方法。

7.3 施工

7.3.1 桩基的施工应按照 JGJ 79 的相关规定执行。

7.4 质量检测

7.4.1 桩基的质量检测项目与标准应按照 GB 50202、JGJ 94 和 JGJ 106 的相关规定执行，同时满足 DB32/T 2334 的要求。

8 沉井

8.1 一般规定

8.1.1 当基础处的河床地质、水文及施工等条件适宜时，可选用沉井基础。但在河床中有孤石、树干或老桥基等难于清除的障碍物时，或岩层表面倾斜较大及施工过程中可能出现流砂时，不宜采用沉井基础。

8.1.2 根据规模、地质条件和施工方法，沉井可采用混凝土、钢筋混凝土、钢壳混凝土等材质。混凝土沉井可用于松软土层，浮运沉井可采用钢筋混凝土薄壁或钢壳混凝土薄壁结构。

8.1.3 沉井应设置必要的构造措施确保其平稳下沉，避免下沉困难、突沉、严重倾斜等不利状况出现。

8.2 设计

8.2.1 沉井的平面布置应满足下列要求：

- a) 结合上部水工建筑物基础轮廓布置；
- b) 平面布置应简单对称，其长宽比不宜大于 3。

8.2.2 沉井的具体设计应按照 SL265、JTG 3363 和 CECS 137 的相关规定执行。

8.3 施工

8.3.1 沉井的施工应按照 GB/T 51130 的相关规定执行。

8.4 质量检测

8.4.1 沉井的质量检测项目与标准应按照 DB32/T 2334 的相关规定执行。

9 地基防渗处理

9.1 一般规定

9.1.1 水工建筑物地基防渗处理设计应根据地质条件,建筑物上下游水位差等因素,结合水工结构、消能防冲、两岸连接布置等进行。

9.1.2 防渗处理可采用垂直防渗、水平铺盖、反滤排水等方法。

9.1.3 对于砂土地基上的水工建筑物,上游宜采用铺盖和垂直防渗体相结合的防渗形式,下游渗流出口处应设置滤层和排渗设施。

9.1.4 地基处理后的水工建筑物需进行渗透压力计算,建筑物底板水平段和出口段的渗流坡降应满足相关规范要求。

9.1.5 当地基为软土时,应充分考虑水工结构底板脱空的可能性:

a) 对于可能存在底板脱空的地基,水工结构下应设置垂直防渗体,必要时侧向设置刺墙,增加侧向渗径,刺墙底部与水工主体结构(如闸室)垂直防渗体深度相同,隔离不均匀沉降造成的脱空区,并应设置通过在结构底板预留灌浆孔等方式定期对底板脱空区进行处理;

b) 防渗体与水工结构底板之间应设置有效止水措施。防止其随地基土沉降而防渗失效;

c) 垂直防渗体宜采用混凝土(钢筋混凝土)防渗墙、钢板桩、水泥搅拌桩等,如采用钢板桩作为防渗墙,应做好防腐措施。

9.2 设计

9.2.1 水工建筑物侧向防渗处理设计(包括刺墙、防渗墙等)应根据上下游水位、墙后土质、地下水位变化等情况综合考虑,并应与其地基的防渗排水布置相适应。

9.2.2 承受双向水头的水工建筑物,其防渗排水布置应以水位差较大的一向为主,

合理选择双向布置形式。

9.2.3 当翼（挡）墙墙后地下水位高于墙前水位时，应验算翼（挡）墙墙基的抗渗稳定性，不需考虑防渗的墙体应设置排水孔。

9.2.4 在地震烈度为 7 度及以上地区，对可能发生液化的粉细砂、软土地基，水工结构底板下布置的垂直防渗体宜采用四周封闭的形式，提高粉细砂、软土地基的抗液化能力。

9.2.5 水工结构底板上、下游端均宜设置齿墙，齿墙深度可采用 0.5~1.5m。

9.2.6 铺盖长度可根据水工结构地基防渗要求确定，混凝土或钢筋混凝土铺盖最小厚度不宜小于 0.4m，在与底板连接处应加厚至 0.8~1.0m，并用沉降缝分开，缝中设止水。在顺水流和垂直水流流向均应设沉降缝，间距可采用 8~20m，靠近翼墙的铺盖缝距宜采用小值，在接缝处局部加厚并设止水。

9.2.7 垂直防渗体宜布置在挡水结构底板上游侧，并与水工结构底板之间设置止水，形成有效防渗体。穿堤水工建筑物的垂直防渗体应向两边适当延伸，洞身边墙外宜设置刺墙，刺墙应与垂直防渗体宽度对齐，防止侧向绕渗：

a) 垂直防渗体采用混凝土连续墙防时，其最小厚度不宜小于 0.3m；采用钢筋混凝土连续墙时，其最小厚度不宜小于 0.45m；

b) 预制钢筋混凝土防渗板桩厚度不宜小于 0.25m，宽度不宜小于 0.5m，板桩侧面需设置隼槽等止水构造；

c) 垂直防渗体钢板桩宜采用热轧钢板桩，锁扣不允许有破损，需进行防腐设计；

d) 搅拌桩、高压旋喷桩径不宜小于 0.5m，不宜少于 2 排，应交错布置，最小成墙厚度不宜小于 40cm；采用多头小直径搅拌桩工艺时，最小成墙厚度不宜小于 30cm。

9.2.8 滤层的级配应满足被保护土的稳定性和滤料的透水性的要求，每层滤层厚度不宜小于 15cm。滤层铺设长度应使末端地基土满足抗渗要求。

9.2.9 设计防渗方案时应同步考虑设置测压管、渗压计等地基扬压力监测设施，并及时进行监控和分析，了解基础的防渗效果。

9.3 施工

9.3.1 防渗处理施工应按照与处理方案施工工艺相关的规范执行。

9.4 质量检验

9.4.1 地基防渗处理的质量检测项目与标准应按照 DB32/T 2334 的相关规定执行。

附录 A

(规范性)

按 m 法计算受水平荷载的弹性桩

A.1 基本假定:

1 本附录所提弹性桩，即 $\alpha h > 2.5$ ，本附录计算不考虑桩底嵌岩或支承在岩基面的情况。

2 将土体视为弹性介质，其水平抗力系数随深度线性增加（ m 法），水工建筑物底板位于河床或地面以下（底板埋深满足河道冲刷深度要求），假定桩顶标高处的水平抗力系数为零并随深度增长。

3 底板底面以上的全部荷载（包括竖向荷载和水平荷载）假定全部由桩承受。桩顶与底板应采用刚性连接（固接），底板的刚度视为无穷大。

4 计算中考虑土的弹性抗力时，要注意土体的稳定性。

A.2 基本计算参数:

a) 非岩石地基水平抗力系数的比例系数 m ，宜通过试验确定，缺乏试验资料时，可根据地基土分类、状态按表 A.1 查用。非岩石地基的抗力系数随深度线性增加，桩顶以下深度 z 处的地基水平向抗力系数 $C_z = mz$ 。当桩身侧面 $h_m = 2(d+1)m$ 深度内有两层土时，应将两层土的比例系数按公式 (A.1) 换算成一个 m 值，作为整个深度的 m 值。

$$m = \frac{m_1 h_1^2 + m_2 (2h_1 + h_2) h_2}{h_m^2} \quad (\text{A.1})$$

表 A.1 非岩石类土的 m 值和 m_0 值 (kN/m⁴)

土的名称	m 和 m ₀	土的名称	m 和 m ₀
流塑粘性土，软塑粘性土，淤泥	3 000~5 000	坚硬，半坚硬粘性土，粗砂，密实粉土	20 000~30 000
可塑粘性土，粉砂，稍密粉土	5 000~10 000	砾砂，角砾，圆砾，碎石，卵石	30 000~80 000
硬塑粘性土，细砂，中砂，中密粉土	10 000~20 000	密实卵石夹粗砂，密实漂、卵石	80 000~120 000

注：本表用于基础在地面处位移最大值不超过 6mm 的情况，当位移较大时，应适当降低。

b) 桩端处的地基竖向抗力系数的比例系数 m_0 ，宜通过试验确定，缺乏试验资料时，非岩石地基可按表 A.1 查用，非岩石地基的桩端地基竖向抗力系数 $C_0 = m_0 h$ （当 $h < 10\text{m}$ 时，取 $C_0 = 10m_0$ ）。

c) 桩的计算宽度 b_1 可按下列公式计算：

当 $d \geq 1.0\text{m}$ 时：

$$b_1 = k k_f (d + 1) \quad (\text{A.2})$$

当 $d < 1.0\text{m}$ 时：

$$b_1 = k k_f (1.5d + 0.5) \quad (\text{A.3})$$

对单排桩或 $L_1 \geq 0.6h_1$ 的多排桩：

$$k = 1.0$$

对 $L_1 < 0.6h_1$ 的多排桩：

$$k = b_2 + \frac{1 - b_2}{0.6} \cdot \frac{L_1}{h_1} \quad (\text{A.4})$$

式中： b_1 ——桩的计算宽度（m）， $b_1 \leq 2d$ ；

d ——桩径或垂直于水平外力作用方向上桩的宽度（m）；

k_f ——桩形状换算系数，圆形截面取 0.9；矩形截面取 1.0；

k ——平行于水平力作用方向的桩间互相影响系数；

L_1 ——平行于水平力作用方向的桩间净距（m）；

h_1 ——地面或局部冲刷线以下的桩的计算埋入深度，可取 $h_1 = 3(d + 1)$ ，但不应大于桩的实际入土深度 h （m）；

b_2 ——平行于水平力作用方向的一排桩的根数有关系数， $n=1$ 时取 1.0； $n=2$ 时取 0.6； $n=3$ 时取 0.5； $n \geq 4$ 时，取 0.45。

当垂直于水平力作用方向上有 n 根桩时，桩的计算宽度应取 nb_1 ，但此时尚应满足 $nb_1 \leq B + 1$ （ B 为 n 根桩垂直于水平力作用方向的外边缘距离，以 m 计）。

d) 桩的变形系数 α 可按下列公式计算：

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{m b_1}{EI}} \quad (\text{A.5})$$

$$EI = 0.85E_c I \quad (\text{A.6})$$

式中：EI——桩的抗弯刚度，根据 SL191 规定采用；

E_c ——桩的混凝土抗压弹性模量。

e) 桩身轴向压力传递系数 ξ ，对端承桩取 1.0；对摩擦桩（或摩擦支承管桩），打入或震动下沉时取 2/3，钻（挖）孔时取 1/2。

f) 单桩桩底压力分布面积 A_0 ，对于端承型桩取单桩的底面积，对于摩擦型桩取下列两公式计算值中的较小者：

$$A_0 = \pi \left(htg \frac{\varphi_m}{4} + \frac{d}{2} \right)^2 \quad A_0 = \frac{\pi}{4} s^2 \quad (\text{A.7})$$

式中： φ_m ——桩周各土层内摩擦角的加权平均值；

s ——桩的中心距。

A.3 单桩基础或垂直于外力作用平面的单排桩基础：

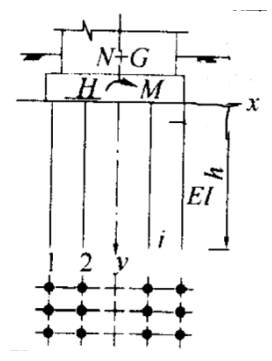
表 A.2 单桩基础或垂直于外力作用平面的单排桩基础计算用表

计算步骤			内容
1	确定荷载和计算图式		
2	确定基本参数		m 、 EI 、 α
3	求地面处桩身内力		弯矩 水平力 $M_0 = \frac{M}{n} + \frac{H}{n} l_0$ $H_0 = \frac{H}{n}$
4	求单位力作用在桩身地面处，桩身在该处产生的变位	$H_0 = 1$	水平位移 $\delta_{HH} = \frac{1}{\alpha^3 EI} \times \frac{B_3 D_4 - B_4 D_3}{A_3 B_4 - A_4 B_3} = \frac{A_f}{\alpha^3 EI}$
		作用时	转角 (rad) $\delta_{MH} = \frac{1}{\alpha^2 EI} \times \frac{A_3 D_4 - A_4 D_3}{A_3 B_4 - A_4 B_3} = \frac{B_f}{\alpha^2 EI}$
	$M_0 = 1$	水平位移 $\delta_{HM} = \delta_{MH}$	

	作用时	转角 (rad)	$\delta_{MM} = \frac{1}{\alpha EI} \times \frac{A_3 C_4 - A_4 C_3}{A_3 B_4 - A_4 B_3} = \frac{C_f}{\alpha EI}$
5	求地面处桩身的变位	水平位移 转角 (rad)	$x_0 = H_0 \delta_{HH} + M_0 \delta_{HM}$ $\varphi_0 = -(H_0 \delta_{MH} + M_0 \delta_{MM})$
6	求地面以下任一深度的桩身内力	弯矩 水平力	$M_y = \alpha^2 EI (x_0 A_3 + \frac{\varphi_0}{\alpha} B_3 + \frac{M_0}{\alpha^2 EI} C_3 + \frac{H_0}{\alpha^3 EI} D_3)$ $H_y = \alpha^3 EI (x_0 A_4 + \frac{\varphi_0}{\alpha} B_4 + \frac{M_0}{\alpha^2 EI} C_4 + \frac{H_0}{\alpha^3 EI} D_4)$
7	求桩顶水平位移		$\Delta = x_0 - \varphi_0 l_0 + \Delta_0$ $\Delta_0 = \frac{H l_0^3}{3nEI} + \frac{M l_0^2}{2nEI}$

A.4 多排桩基础:

表 A.3 多排桩基础计算用表

计算步骤		内容		
1	确定荷载和计算图式			
2	确定基本参数	m 、 m_0 、 EI 、 α 、 ξ_N 、 C_0		
3	求桩顶发生单位变位时, 在桩顶引起的内力	发生单位竖向位移时	轴力	$\rho_{NN} = \frac{1}{\frac{\xi_N h}{EA} + \frac{1}{C_0 A_0}}$
		发生单位水平位移时	水平力	$\rho_{HH} = \frac{\delta_{MM}}{\delta_{HH} \delta_{MM} - \delta_{MH}^2} = D_f \cdot \alpha^3 EI$
			弯矩	$\rho_{MH} = \frac{\delta_{MH}}{\delta_{HH} \delta_{MM} - \delta_{MH}^2} = E_f \cdot \alpha^2 EI$
		发生单位转角	水平力	$\rho_{HM} = \rho_{MH}$

		时	弯矩	$\rho_{MM} = \frac{\delta_{HH}}{\delta_{HH}\delta_{MM} - \delta_{MH}^2} = F_f \cdot \alpha EI$
4	求承台变位	竖向位移		$V = \frac{(N+G)}{n\rho_{NN}}$
		水平位移		$U = \frac{(n\rho_{MM} + \rho_{NN} \sum x_i^2)H + n\rho_{MH}M}{(n\rho_{MM} + \rho_{NN} \sum x_i^2)n\rho_{HH} - (n\rho_{MH})^2}$
		转角 (rad)		$\beta = \frac{n\rho_{HH}M + n\rho_{MH}H}{(n\rho_{MM} + \rho_{NN} \sum x_i^2)n\rho_{HH} - (n\rho_{MH})^2}$
5	求任一基桩桩顶内力	轴力		$N_{0i} = (V + \beta \cdot x_i)\rho_{NN}$
		水平力		$H_{0i} = U\rho_{HH} - \beta\rho_{HM}$
		弯矩		$M_{0i} = \beta\rho_{MM} - U\rho_{MH}$
6	求任一深度桩身弯矩		弯矩	$M_y = \alpha^2 EI(UA_3 + \frac{\beta}{\alpha}B_3 + \frac{M_0}{\alpha^2 EI}C_3 + \frac{H_0}{\alpha^3 EI}D_3)$

A.5 影响函数数值表:

表 A.4 计算桩身作用效应影响函数数值表一

αy	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄
0.00	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000
0.10	-0.00017	-0.00001	1.00000	0.10000	-0.00500	-0.00033	-0.00001	1.00000
0.20	-0.00133	-0.00013	0.99999	0.20000	-0.02000	-0.00267	-0.00020	0.99999
0.30	-0.00450	-0.00067	0.99994	0.30000	-0.04500	-0.00900	-0.00101	0.99992
0.40	-0.01067	-0.00213	0.99974	0.39998	-0.08000	-0.02133	-0.00320	0.99966
0.50	-0.02083	-0.00521	0.99922	0.49991	-0.12499	-0.04167	-0.00781	0.99896
0.60	-0.03600	-0.01080	0.99806	0.59974	-0.17997	-0.07199	-0.01620	0.99741
0.70	-0.05716	-0.02001	0.99580	0.69935	-0.24490	-0.11433	-0.03001	0.99440
0.80	-0.08532	-0.03412	0.99181	0.79854	-0.31975	-0.17060	-0.05120	0.98908
0.90	-0.12144	-0.05466	0.98524	0.89705	-0.40443	-0.24284	-0.08198	0.98032
1.00	-0.16652	-0.08329	0.97501	0.99445	-0.49881	-0.33298	-0.12493	0.96667
1.10	-0.22152	-0.12192	0.95975	1.09016	-0.60268	-0.44292	-0.18285	0.94634

αy	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄
1.20	-0.28737	-0.17260	0.93783	1.18342	-0.71573	-0.57450	-0.25886	0.91712
1.30	-0.36496	-0.23760	0.90727	1.27320	-0.83753	-0.72950	-0.35631	0.87638
1.40	-0.45515	-0.31933	0.86573	1.35821	-0.96746	-0.90754	-0.47883	0.82102
1.50	-0.55870	-0.42039	0.81054	1.43680	-1.10468	-1.11609	-0.63027	0.74745
1.60	-0.67629	-0.54348	0.73859	1.50695	-1.24808	-1.35042	-0.81466	0.65156
1.70	-0.80848	-0.69144	0.64637	1.56621	-1.39623	-1.61340	-1.03616	0.52871
1.80	-0.95564	-0.86715	0.52997	1.61162	-1.54728	-1.90577	-1.29909	0.37368
1.90	-1.11796	-1.07357	0.38503	1.63969	-1.69889	-2.22745	-1.60770	0.18071
2.00	-1.29535	-1.31361	0.20676	1.64628	-1.84818	-2.57798	-1.96620	-0.05652
2.20	-1.69334	-1.90567	-0.27087	1.57538	-2.12481	-3.35952	-2.84858	-0.69158
2.40	-2.14117	-2.66329	-0.94885	1.35201	-2.33901	-4.22811	-3.97323	-1.59151
2.60	-2.62126	-3.59987	-1.87734	0.91679	-2.43695	-5.14023	-5.35541	-2.82106
2.80	-3.10341	-4.71748	-3.10791	0.19729	-2.34558	-6.02299	-6.99007	-4.44491
3.00	-3.54058	-5.99979	-4.68788	-0.89126	-1.96928	-6.76460	-8.84029	-6.51972
3.50	-3.91921	-9.54367	-10.34040	-5.85402	1.07408	-6.78895	-13.69240	-13.82610
4.00	-1.61428	-11.73066	-17.91860	-15.07550	9.24368	-0.35762	-15.61050	-23.14040

表 A.5 计算桩身作用效应影响函数值表二

αy	A _f	B _f	C _f	D _f	E _f	F _f
2.40	3.5256	2.3268	2.2269	0.9137	0.9547	1.4466
2.60	3.1626	2.0482	2.0129	0.9272	0.9435	1.4568
2.80	2.9052	1.8694	1.8886	0.9480	0.9384	1.4584
3.00	2.7266	1.7575	1.8185	0.9728	0.9402	1.4586
3.50	2.5017	1.6408	1.7573	1.0312	0.9628	1.4680
4.00	2.4407	1.6210	1.7506	1.0642	0.9855	1.4838

注： αy 为换算深度，当 $\alpha y \geq 4.0$ 时，按4.0查表。