

JTS

中华人民共和国行业标准

JTS 167-6-2011

港口工程后张法预应力 混凝土大管桩设计与施工规程

Port engineering technical code of design and construction for
large diameter post tensioned prestress concrete cylinder pile

2011-08-29 发布

2012-01-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国行业标准

港口工程后张法预应力 混凝土大管桩设计与施工规程

JTS 167—6—2011

主编单位：中交上海三航科学研究所有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：2012 年 1 月 1 日

人民交通出版社

2011 · 北京

关于发布《港口工程后张法预应力 混凝土大管桩设计与施工规程》 (JTS 167—6—2011)的公告

2011 年第 52 号

现发布《港口工程后张法预应力混凝土大管桩设计与施工规程》(以下简称《规程》)。本《规程》为强制性行业标准,编号为 JTS 167—6—2011,自 2012 年 1 月 1 日起施行。《港口工程预应力混凝土大直径管桩设计与施工规程》(JTJ/T 261—97)同时废止。

本《规程》由交通运输部组织中交上海三航科学研究所等单位编制完成,由交通运输部水运局负责管理和解释,由人民交通出版社出版发行。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部
二〇一一年八月二十九日

修 订 说 明

本规程是在《港口工程预应力混凝土大直径管桩设计与施工规程》(JTJ 261—97)的基础上,经深入调查研究、试验研究和计算分析,总结近年来大管桩开发、生产与应用的最新成果,吸收国内外最新的研究成果,广泛征求有关单位和专家意见,并结合我国港口工程特点和发展需要编制而成。本规程主要包括大管桩设计、管节制作、大管桩拼接、大管桩储运和大管桩沉桩等技术内容。

本规程的主编单位为中交上海三航科学研究院有限公司,参加单位为中交第三航务工程勘察设计院有限公司、中交第三航务工程局有限公司、中交第三航务工程局有限公司宁波分公司、中交第三航务工程局有限公司江苏分公司。

《港口工程预应力混凝土大直径管桩设计与施工规程》(JTJ 261—97)自发布实施以来,对控制大管桩制作和施工质量,扩大大管桩应用范围发挥了重要作用。随着水运工程建设的快速发展,采用大管桩作桩基础的新型码头结构不断出现,大管桩新品种也不断被开发研制,此外,大管桩在海洋环境下的耐久性问题也日益引起关注,原规程中的部分内容已不能适应大管桩设计、制作和施工的发展需要。为此,交通运输部水运局组织中交上海三航科学研究院有限公司等单位对《港口工程预应力混凝土大直径管桩设计与施工规程》(JTJ 261—97)进行修订。

本规程共分7章和5个附录,并附条文说明。本规程编写人员分工如下:

- 1 总则:周国然 王何汇 金建昌
- 2 术语:王何汇 周国然 王 涛
- 3 大管桩设计:吴 锋 时蓓玲 曹称宇
- 4 管节制作:丁捍东 张水涛 胡金雄
- 5 大管桩拼接:张水涛 丁捍东 胡金雄
- 6 大管桩储运:胡金雄 丁捍东 张水涛
- 7 大管桩沉桩:曹金宝 王 涛

附录A~B:吴 锋 时蓓玲

附录C:丁捍东

附录D:曹金宝

附录E:王 涛

本规程于2010年10月19日通过部审,2011年8月29日发布,自2012年1月1日起实施。

本规程由交通运输部水运局负责管理和解释。请各有关单位在使用过程中,将发现的问题和意见及时函告交通部水运局(地址:北京市建国门内大街11号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规程管理组(地址:上海市徐汇区肇嘉浜路829号,中交上海三航科学研究院有限公司,邮政编码:200032),以便再修订时参考。

目次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	大管桩设计	(3)
3.1	一般规定	(3)
3.2	计算	(3)
3.3	构造	(5)
4	管节制作	(7)
4.1	原材料	(7)
4.2	钢模	(7)
4.3	混凝土	(8)
4.4	成型与养护	(8)
4.5	起吊、堆存和运输	(9)
4.6	管节质量检验	(10)
5	大管桩拼接	(11)
5.1	钢绞线	(11)
5.2	锚具与夹具	(11)
5.3	粘结剂	(11)
5.4	拼接与张拉	(12)
5.5	压浆与放张	(13)
5.6	大管桩质量检验	(14)
6	大管桩储运	(16)
6.1	场内吊运	(16)
6.2	场内堆存	(16)
6.3	装运	(16)
7	大管桩沉桩	(17)
7.1	一般规定	(17)
7.2	沉桩工艺	(17)
7.3	质量控制	(18)
附录 A	常用大管桩型号、规格和力学性能	(19)
附录 B	常用大管桩轴力与抗弯能力关系	(20)
附录 C	粘结剂正拉粘结强度试验方法	(24)
附录 D	选锤参考资料	(26)

附录 E 本规程用词用语说明	(27)
附加说明 本规程主编单位、参加单位、主要起草人、总校人员和管理组人员 名单	(28)
附 条文说明	(30)

1 总 则

- 1.0.1** 为保证后张法预应力混凝土大管桩的设计与施工质量,制定本规程。
- 1.0.2** 本规程适用于港口工程后张法预应力混凝土大管桩的设计与施工,船厂水工建筑物工程、通航建筑物工程等可参照使用。
- 1.0.3** 后张法预应力混凝土大管桩设计与施工除应符合本规程规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 后张法预应力混凝土大管桩 large diameter post tensioned prestress concrete cylinder pile

采用复合工艺生产的后张法预应力混凝土大直径管桩,亦称大管桩。

2.0.2 管节 pile section

用于拼接混凝土管桩的单位节段。

2.0.3 复合工艺 composite technology

制作混凝土管节过程中采用的离心—振动—辊压复合成型工艺。

3 大管桩设计

3.1 一般规定

3.1.1 大管桩上的作用及作用组合应按现行国家标准《港口工程结构可靠度设计统一标准》(GB 50158)和有关标准的规定执行。

3.1.2 港口工程大管桩在海水环境中的设计使用年限应不低于 50 年,设计使用年限超过 50 年的结构应进行专项耐久性设计。有抗冻要求的大管桩的使用性能应符合国家现行有关标准的规定。

3.1.3 嵌岩大管桩设计应符合现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTS 167—4)的有关规定。

3.2 计 算

3.2.1 大管桩应对施工期和使用期进行正截面承载力计算和抗裂验算。

3.2.2 进行正截面承载力计算和抗裂验算时,应根据大管桩实际受力状况按表 3.2.2 的规定进行。如承受较大扭矩作用时,尚应对受扭状况进行验算。

大管桩正截面承载力计算和抗裂验算项目表

表 3.2.2

受 力 状 况	正截面受压	正截面受拉	正截面受弯
作用和作用效应	受压桩轴心压力、锤击沉桩压应力、受压桩轴心压力与弯矩组合	受拉桩轴心拉力、锤击沉桩拉应力、受拉桩轴心拉力与弯矩组合	吊运或其他阶段产生的弯矩

3.2.3 大管桩正截面承载力计算和抗裂验算除应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151)的有关规定外,尚应符合下列规定。

3.2.3.1 施加预应力时,混凝土抗压强度不得低于强度设计值的 75%。

3.2.3.2 结构计算不应考虑非预应力钢筋。

3.2.3.3 预应力主筋应采用高强度低松弛钢绞线,钢绞线的强度指标应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)的有关规定。其张拉控制应力宜满足下式要求:

$$\sigma_{con} \leq 0.70f_{ptk} \quad (3.2.3-1)$$

式中 σ_{con} ——张拉控制应力值(MPa),考虑各项预应力损失, σ_{con} 可提高 $0.05f_{ptk}$;

f_{ptk} ——钢绞线强度标准值(MPa)。

3.2.3.4 在计算结构截面应力和钢绞线控制应力时,钢绞线在施工阶段的预应力损失值宜根据试验确定。如无试验资料可按式(3.2.3-2)计算,并应符合现行行业标准《水运

工程混凝土结构设计规范》(JTS 151)的有关规定。

$$\sigma_L = \sigma_{l1} + \sigma_{l2} + \sigma_{l3} + \sigma_{l4} + \sigma_{l5} + \sigma_{l6} \quad (3.2.3-2)$$

式中 σ_L ——钢绞线在施工阶段总预应力损失值 (MPa), 当计算值小于 100MPa 时, 取 100MPa;

σ_{l1} ——锚具变形和钢绞线内缩引起的预应力损失值 (MPa);

σ_{l2} ——钢绞线与预留孔道壁之间摩阻力引起的预应力损失值 (MPa);

σ_{l3} ——加热养护时, 钢绞线与承受拉力的设备之间的温差引起的预应力损失值 (MPa), 对于大管桩取 0;

σ_{l4} ——钢绞线应力松弛引起的预应力损失值 (MPa);

σ_{l5} ——混凝土收缩徐变引起的预应力损失值 (MPa);

σ_{l6} ——用螺旋式预应力筋作配筋的环形构件, 由于混凝土的局部挤压引起的预应力损失值 (MPa), 对于大管桩取 0。

3.2.4 进行大管桩端部的正截面承载力计算和抗裂验算应考虑钢绞线的应力传递长度对实际预应力值的影响。预应力值在大管桩端部可取零, 在距大管桩端部 1.0m 处可取有效预应力值, 其间可按线性分布取值。

3.2.5 常用大管桩的型号、规格和力学性能可按附录 A 采用。

3.2.6 大管桩进行锤击沉桩拉应力验算时, 应满足下式要求:

$$\gamma_s \sigma_s \leq f_t + \frac{\sigma_{pc}}{\gamma_{pc}} \quad (3.2.6)$$

式中 γ_s ——锤击拉应力分项系数, 取 1.15;

σ_s ——锤击拉应力的标准值 (MPa), 该值根据锤能、锤击速度大小、桩垫软硬程度、桩长、组合钢管桩长度和地质条件等综合确定, 可取 8.0 ~ 11.0MPa, 带有较长钢管桩的组合桩应取较大值;

f_t ——大管桩混凝土轴心抗拉强度设计值 (MPa);

σ_{pc} ——大管桩混凝土有效预应力值 (MPa);

γ_{pc} ——混凝土预应力分项系数, 取 1.0。

3.2.7 大管桩进行锤击沉桩压应力验算时, 应满足下式要求:

$$\gamma_{sp} \sigma_p \leq f_c \quad (3.2.7)$$

式中 γ_{sp} ——锤击压应力分项系数, 取 1.1;

σ_p ——大管桩锤击沉桩时的总压应力标准值 (MPa), 根据桩端支承性质、桩截面大小、桩长、选用的桩锤锤击能量和地质条件等综合确定, 其上限值可取 25.0MPa;

f_c ——大管桩混凝土轴心抗压强度设计值 (MPa)。

3.2.8 大管桩的单桩轴向承载力、水平承载力的计算和试验方法, 应符合现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTS 167—4)的有关规定。

3.2.9 大管桩同时承受轴力和水平力作用时应考虑轴力对桩抗弯能力的影响, 常用的大管桩轴力与抗弯能力的关系见附录 B。

3.3 构造

3.3.1 大管桩(图 3.3.1)主筋应采用在每个预留孔道中设置高强度低松弛钢绞线的形式。

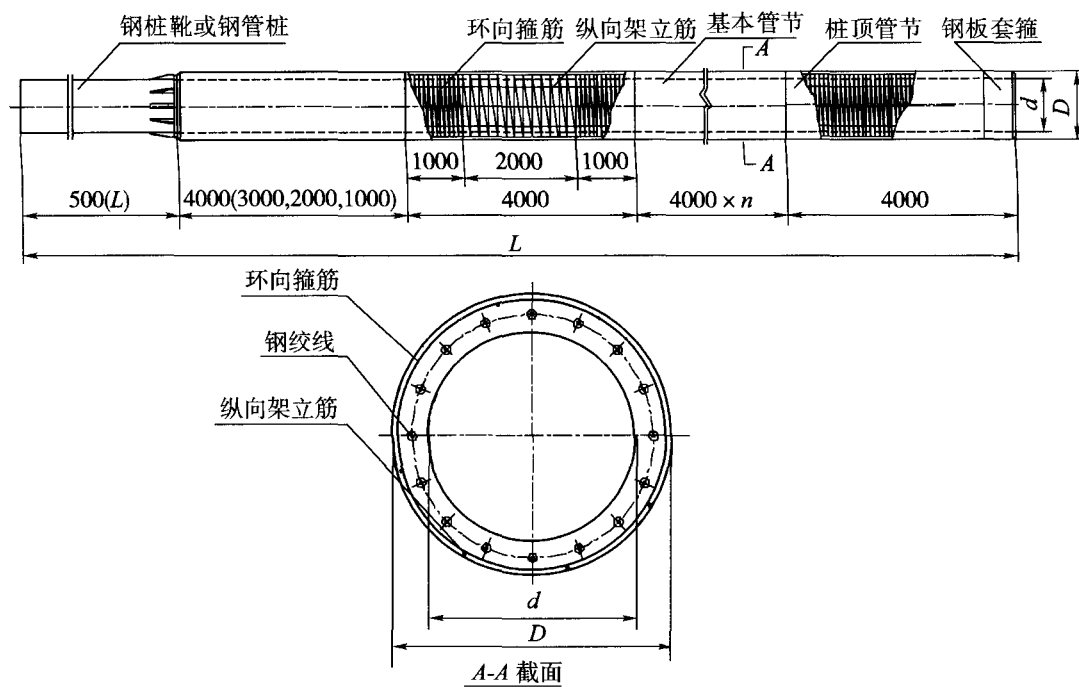


图 3.3.1 大管桩结构图(mm)

d -大管桩内径; D -大管桩外径; n -管节数目; l -钢管桩长度; L -桩长

3.3.2 大管桩主筋应沿周边均匀布置,且不宜少于 16 根。

3.3.3 预应力钢筋的预留孔应符合下列规定。

3.3.3.1 钢绞线预留孔截面积应按钢绞线截面积的 2.3 ~ 3.5 倍控制。

3.3.3.2 预留孔中心间距不应小于 160mm。

3.3.4 管节纵向架立钢筋和箍筋应采用 HPB235 钢筋,其材质应符合现行国家标准《低碳钢热轧圆盘条》(GB/T 701)的有关规定。

3.3.5 管节纵向架立钢筋冷拔后直径不应小于 7mm;箍筋直径不应小于 6mm。箍筋两端圈应为平圈,中间圈应为螺旋环向圈,桩顶管节环向筋螺距可取 50mm,基本管节两端 1m 范围内螺距可取 50mm,中间范围可取 100mm。

3.3.6 混凝土强度等级不应小于 C60。

3.3.7 管节壁厚不得小于 130mm。

3.3.8 大管桩预应力钢筋保护层厚度不应小于 50mm。

3.3.9 大管桩拼接应采用粘结剂。拼接接缝处粘结后的强度应高于管节混凝土设计强度。

3.3.10 预留孔道应采用压力灌注水泥浆体,浆体应密实,其立方体抗压强度不应小于 40MPa。

3.3.11 根据工程的需要,大管桩桩端可采用不超过 500mm 的钢桩靴或采用组合桩型式(图 3.3.11)。钢桩靴或组合桩的钢管直径、长度、钢板厚度与材质、桩端结构型式和锚具保留数量应根据施工和地质条件确定。

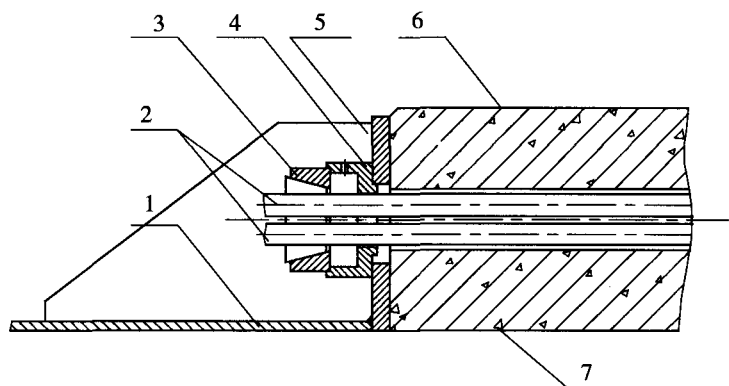


图 3.3.11 大管桩钢桩靴、组合桩型式

1-钢管桩或钢桩靴;2-钢绞线;3-钢绞线锚具;4-锚垫板;5-加筋板;6-管桩外壁;7-管桩内壁

3.3.12 桩顶管节宜设置钢板套箍,也可采用纤维混凝土制作。

3.3.13 桩顶管节适当部位应设置排气、排水孔。

4 管节制作

4.1 原材料

4.1.1 管节混凝土所用水泥强度等级不得低于 42.5。水泥品种可采用硅酸盐水泥 P·II 型、普通硅酸盐水泥等。水泥的质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175)等的有关规定。熟料中铝酸三钙(C_3A)含量不应大于 10%。

4.1.2 细骨料应采用质地坚硬的天然河砂。河砂应为细度模数 3.0~2.6 的中砂。细骨料杂质含量应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

4.1.3 粗骨料应采用质地坚硬的碎石,石料的抗压强度应大于 2 倍所采用的混凝土强度等级。碎石的粒径应为 5~20mm,且应采用二级配,其中 5~16mm 与 10~20mm 粒径的比例应按混凝土配合比设计和试验确定。粗骨料的物理性能与杂质含量应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的规定,其中压碎值不宜大于 8%,粒径 5mm 以下含量不宜小于 6%。

4.1.4 外加剂可经试验选定,也可根据经验确定,外加剂的质量应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

4.1.5 拌和用水应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

4.1.6 管节采用的构造钢筋应符合第 3.3.4 条和第 3.3.5 条的规定。

4.2 钢模

4.2.1 管节钢模制作应符合下列规定。

4.2.1.1 钢模应满足成型混凝土管节的相应尺寸要求,制作简单,装拆方便,定位准确,固定可靠。

4.2.1.2 结构应满足强度和刚度要求,模板应平整光滑,筒体应选用弹性和焊接性能好的材料,筒体合缝口应平顺严密,自然放松时能张开 40~50mm。

4.2.1.3 钢模端盖宜采用铸钢,且应有足够的刚度,表面应平整光滑;钢模锁紧端盖的拉杆,宜选用抗拉强度高且质轻的合金钢。

4.2.1.4 钢模制作完毕,应进行静平衡力矩试验,不平衡力矩不应大于 $2N \cdot m$ 。

4.2.1.5 钢模制作完毕,应对各项技术要求进行检验,合格后方可投入使用。

4.2.2 钢模允许偏差应符合表 4.2.2 的规定。

钢 模 允 许 偏 差 表 4.2.2

序号	项 目	允许偏差 (mm)
1	钢模筒体长度	±2
2	钢模内径	+4 -1
3	钢模内径圆度	1
4	钢模跑轮圈、振动圈外径同轴度	1
5	合缝口间隙	0.3
6	钢模板面纵向直线度	3/m
7	钢模端盖端面平面度	0.15
8	钢模端盖面相对于钢模内径的垂直度	0.4

4.3 混 凝 土

4.3.1 管节混凝土应满足下列要求：

- (1)强度等级不小于 C60；
- (2)胶凝材料用量 400 ~ 500kg/m³；
- (3)混凝土拌合物水胶比不大于 0.35；
- (4)混凝土拌合物维勃稠度 25 ~ 35s；
- (5)混凝土密度大于 2500kg/m³。

4.3.2 管节混凝土耐久性应满足下列要求：

- (1)有抗冻要求的抗冻等级不低于 F350；
- (2)电通量不大于 1500C；
- (3)氯离子扩散系数不大于 3.0 × 10⁻¹²m²/s。

4.4 成型与养护

4.4.1 钢筋笼的制作应符合下列规定。

4.4.1.1 钢筋笼应采用冷拔钢筋,并应采用钢筋笼自动编织机按设计尺寸制作成型。

4.4.1.2 每一管节长度的钢筋笼脱焊点不得多于 4 个。如发现有两圈脱焊应停止生产并对设备进行维修。

4.4.2 钢筋笼制作、安装的允许偏差和检验方法应满足表 4.4.2 的要求。

钢筋笼制作、安装的允许偏差和检验方法 表 4.4.2

序号	项 目	允许偏差 (mm)	检验单元和数量	单元测点	检 验 方 法
1	钢筋骨架长度	±5	每类构件抽查 10%,且不少于 3 件	2	用钢尺量直径两端处
2	钢筋笼直径			6	用钢尺量两端及中部垂直两直径

续上表

序号	项 目	允许偏差 (mm)	检验单元和数量	单元 测点	检 验 方 法
3	箍筋间距	±10	每 类 构 件 抽 查 10%,且不少于3件	3	用钢尺量两端及中部连续三档 各取大值
4	纵向钢筋间距			4	用钢尺量侧面
5	钢筋保护层	±5			
6	钢筋笼离端盖距离				

4.4.3 管节所使用的钢筋笼垫块宜采用高密度聚乙烯塑料压制成卡式垫块。

4.4.4 钢模组装时应符合下列规定。

4.4.4.1 装模前,合缝口杂物、残留在钢模内侧、端盖内侧及内环面和橡胶套管外表面的混凝土和浮浆应清除干净,脱模剂应涂刷均匀。

4.4.4.2 端盖内侧与筒体外侧之间应紧密配合。

4.4.4.3 塑料垫块与钢筋笼必须卡紧,钢筋笼纵向架立钢筋与制孔拉杆必须错开,严禁钢筋笼触及预留孔胶管。钢筋笼的端头与端盖应保持 20~30mm 的间距。

4.4.4.4 拉杆螺母上紧扭矩应为 0.25~0.30 kN·m。

4.4.5 管节混凝土布料及成型应符合下列规定。

4.4.5.1 混凝土布料应均匀、饱满、连续进行、一次完成。

4.4.5.2 管节成型应采用复合工艺。

4.4.6 管节成型后,吊离成型机座时,应平稳、轻放,严禁碰撞,并应对管节内壁面进行收面处理。

4.4.7 管节采用蒸汽养护时,选择立式方法应在钢模外套保温罩,在管节内通蒸汽养护;选择卧式方法应在坑池加盖通蒸汽养护。蒸汽养护制度应根据各地区不同条件、不同季节经试验后确定。管节不采用蒸汽养护时,应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS202)的有关规定。

4.4.8 脱模应在专用平台上进行,脱模时混凝土强度应不小于设计强度标准值的 70%。

4.4.9 管节脱模后应根据各地区条件水养 7d 或潮湿养护 10d。水养池养护管节应使用淡水,水面应高于管节最高处 20mm 以上。

4.5 起吊、堆存和运输

4.5.1 管节堆存场地应平整、坚实。

4.5.2 堆存和运输时管节间应采取防止碰撞的缓冲措施。

4.5.3 管节多层堆存时,堆存层数应根据地基承载力、垫木强度和堆垛稳定性确定。 $\phi 1200\text{mm}$ 的管节堆存层数不宜超过 4 层, $\phi 1400\text{mm}$ 的管节堆存层数不宜超过 3 层。各层的垫木应位于同一垂直面。

4.5.4 管节起吊宜采用起吊专用工具,吊运应保持平稳、减少震动、避免碰撞。

4.5.5 管节装船或装车运输时,应在船舶或车辆底层及层间设置垫木,垫木材料应相同,各层垫木应上下对齐。长途运输时,尚应进行整体加固。船舶运输管节堆放层数,

$\Phi 1200\text{mm}$ 的管节不宜超过 4 层, $\Phi 1400\text{mm}$ 的管节不宜超过 3 层。

4.6 管节质量检验

4.6.1 管节成型过程中必须留样制作试件测定混凝土立方体的抗压强度。试件的留样和养护条件应与管节相同。

4.6.2 混凝土试验方法应按现行行业标准《水运工程混凝土试验规程》(JTJ270) 的有关规定执行。混凝土的合格标准应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS202) 的有关规定执行。混凝土强度试件的留取样每工班应取 3 组, 其中一组测定管节脱模强度, 一组测定管节所需张拉强度, 一组测定管节龄期 28d 的强度。

4.6.3 管节外壁面严禁出现裂缝。

4.6.4 管节内壁面的干缩裂缝宽度不得超过 0.2mm, 深度不得大于 10mm, 长度不得超过管节外径的 0.5 倍。

4.6.5 管节制作的允许偏差和检验方法应满足表 4.6.5 的要求。

管节制作的允许偏差和检验方法 表 4.6.5

序号	项 目	允许偏差 (mm)	检验单位和数量	单元 测点	检 验 方 法
1	外周长	± 10	每节	2	用钢卷尺测量两端
2	长度	± 3			用钢尺测量
3	壁厚	$+10$ 0			用钢尺测量两端
4	管节端面倾斜	$D/1000$			用钢角尺测量
5	管壁端面倾斜	$\delta/100$			用钢角尺测量
6	管节圆度	5		4	用钢尺测量两端

注: δ 为壁厚, D 为管节外径, 单位均为 mm。

5 大管桩拼接

5.1 钢 绞 线

5.1.1 钢绞线的质量要求、检验规则和试验方法等均应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)的有关规定。

5.1.2 钢绞线材料应保持清洁,存放和搬运过程中应避免机械损伤和锈蚀。进场后需长时间存放的应安排定期的外观检查。仓库内保管时,仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀性气体等;室外存放时,时间不宜超过 180d,不得直接堆放在地面上,应采取垫枕木并用油布覆盖等有效措施。

5.1.3 钢绞线的下料长度应通过计算确定,计算时应考虑大管桩的孔道长度、锚夹具厚度、切割块长度、千斤顶长度和外露长度等因素的影响。钢绞线的下料,宜采用高速砂轮机切割,不得采用电弧或乙炔—氧气切割。严禁将扭曲或折弯的钢绞线调直后使用。

5.2 锚具与夹具

5.2.1 钢绞线锚具和夹具应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适用性,检验规则和试验方法等应符合现行国家标准《预应力筋锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)的有关规定,同时其结构型式应满足大管桩设计构造要求。

5.2.2 钢绞线锚具应按设计要求采用。锚具应满足二次张拉以及放松预应力的操作要求。夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。切割块应按设计图纸加工验收,应满足锚具、夹具放置的要求,同时应设置压浆孔或排气孔,压浆孔截面面积应保证浆体的畅通。

5.2.3 锚具、夹具的存放、搬运均应妥善保管,避免锈蚀、玷污、遭受机械损伤或散失。临时性的防护措施应不影响安装操作的效果和永久性防锈措施的实施。

5.3 粘 结 剂

5.3.1 粘结剂固化后,龄期 14d 的粘结剂胶体抗压强度不应小于 70MPa,抗拉强度不应小于 30MPa,试验应按现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》(GB/T 2567)的有关规定执行。

5.3.2 粘结剂拉伸强度不应小于 10MPa,试验应按附录 C 执行。接头固化后,其胶接处的正拉粘结强度应大于管节混凝土本体劈裂抗拉强度。

5.3.3 粘结剂配比应根据气温的变化及时调整。粘结剂的适用期应控制在 60 ~ 120min,固化时间宜控制在 5h。20 ~ 24h 粘结剂抗压强度应不小于 30MPa。

5.3.4 粘结剂在下列情况下应进行胶体抗压强度、对接接头拉伸强度的测定：

- (1) 选用新的粘结剂类型；
- (2) 选用新批量粘结剂；
- (3) 特殊情况下进行自行配置粘结剂；
- (4) 粘结剂适用期已过；
- (5) 粘结剂质量不确定的其他情况。

5.4 拼接与张拉

5.4.1 张拉所用的拉伸机与油压表应配套使用,并应定期维护和校验,确定张拉力与油压表之间的关系曲线。油压表精度不宜低于 1.5 级,校验设备仪表精度允许偏差为 $\pm 2\%$ 。校验时拉伸机活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。张拉设备的校验期限不应超过 6 个月且张拉次数不得超过 200 次。张拉设备出现不正常现象或检修后,必须重新校验。

5.4.2 管节拼接时混凝土抗压强度应达到设计要求,且龄期应大于 14d,管节应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS257)的有关规定。

5.4.3 管节拼接时应将管节端面表层水泥浮浆磨除,端面应平整、无明显缺损和油污。预留孔道应洁净畅通。

5.4.4 管桩拼接前应对拼接台车进行检查和调整。拼桩时管节的预留孔应按标识一一对应。管节的胶接面和外侧倒角应进行表面清洁处理,干燥的状态下粘结剂应均匀饱满刮涂在胶接面上。管节合拢后应将管节端面内外侧用粘结剂补平,并采取防粘结剂流淌的措施。

5.4.5 钢绞线张拉应符合下列规定。

5.4.5.1 钢绞线应采用应力控制法张拉,同时校核钢绞线的伸长值。

5.4.5.2 钢绞线的张拉控制应力应符合设计要求。钢绞线超张拉时,控制应力值应不大于 0.75 倍钢绞线强度标准值。

5.4.5.3 钢绞线张拉应对称、同步、缓慢进行。

5.4.5.4 预应力钢绞线的张拉应分 2 次进行。管桩第 1 次张拉后、第 2 次张拉前不得吊运或移动。

5.4.5.5 第 2 次张拉时粘结剂抗压强度值应大于 30MPa,且第 2 次张拉力控制值与设计张拉力的偏差不得大于 3%。

5.4.5.6 张拉过程中预应力钢绞线不应出现断丝或滑丝现象。

5.4.6 钢绞线伸长值应符合下列规定。

5.4.6.1 理论伸长值与实际伸长值的差值应满足设计要求,设计无要求且实际伸长值与理论伸长值偏差大于 6% 时,应暂停张拉,并应查明原因,采取调整措施。

5.4.6.2 预应力钢绞线的理论伸长值可按下列公式计算：

$$\Delta L = \frac{P_p L}{A_p E_p} \quad (5.4.6-1)$$

式中 ΔL ——预应力钢绞线的理论伸长值(mm);

P_p ——预应力钢绞线的张拉力(N);

L ——预应力钢绞线的长度(mm);

A_p ——预应力钢绞线的截面面积(mm²);

E_p ——预应力钢绞线的弹性模量(N/mm²)。

5.4.6.3 预应力钢绞线张拉的实际伸长值可按式计算:

$$\Delta L' = \Delta L'_1 + \Delta L'_2 + \Delta L'_3 \quad (5.4.6-2)$$

式中 $\Delta L'$ ——预应力钢绞线张拉的实际伸长值(mm);

$\Delta L'_1$ ——第1次张拉时从初应力至第1次张拉间的实测伸长值(mm);

$\Delta L'_2$ ——第2次张拉时从第1次张拉应力至最大张拉应力间的实测伸长值(mm);

$\Delta L'_3$ ——初应力以下的推算伸长值(mm),可根据初应力和产生 $\Delta L'_1$ 的张拉应力的比值推算确定。

5.4.6.4 预应力钢绞线的锚固应在张拉控制应力稳定状态下进行。张拉端预应力钢绞线的回缩值与锚具变形值之和不应大于6mm。

5.4.7 钢绞线锚固后张拉力的作用线应与孔道中心线重合。

5.5 压浆与放张

5.5.1 预应力钢绞线张拉后孔道应及时压浆。

5.5.2 水泥浆体材料应符合下列规定。

5.5.2.1 水泥质量应符合国家现行标准的有关规定,强度等级不得低于42.5。水泥品种可采用硅酸盐水泥P·II型、普通硅酸盐水泥等,其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB175)等的有关规定。熟料中铝酸三钙(C₃A)含量不应大于10%。

5.5.2.2 拌和用水和经试验选定的外加剂、膨胀剂应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS202)的有关规定。

5.5.3 水泥浆体的制备应符合下列规定。

5.5.3.1 水泥浆体在使用前和压浆过程中应连续搅拌,宜采用不低于1000r/min高速搅拌机拌和,且采用不低于100r/min的低速拌和筒储备。因延迟使用所致的流动度降低的水泥浆不得通过加水来增加其流动度。

5.5.3.2 水胶比不应大于0.35。

5.5.3.3 水泥浆可使用时间应控制在30min内,稠度宜控制在16~20s。

5.5.3.4 水泥浆拌和后3h的泌水率应小于2%,且泌水应在24h内重新全部被水泥浆吸收。

5.5.3.5 通过试验后水泥浆中可掺入适量膨胀剂,自由膨胀率宜控制在5%~10%。

5.5.4 高温季节拌浆时应采取适当降温措施。大管桩温度低于5℃或以后48h内可能降至5℃以下时应对大管桩加热,且拌浆应采取保温措施。

5.5.5 孔道压浆应符合下列规定。

5.5.5.1 压浆前应在大管桩的预留孔道两端安装阀门,并采用0.2MPa压力水检查桩

身与接缝是否漏水,同时清洁孔道。压水检查后应使用不含油的压缩空气将预留孔道内积水吹出。

5.5.5.2 压浆顺序宜从下层孔道逐渐向上层孔道进行。水泥浆由桩的一端向桩的另一端压送,压浆应缓慢、均匀地进行,不得中断,待出浆口流出浓浆后关闭出浆口阀门,并应保持 0.4~0.6MPa 压力不少于 2min。

5.5.5.3 保压阀门应在水泥浆体初凝后方可拆除。

5.5.6 压浆后应从检查孔抽查压浆的密实情况,如不密实应及时处理。压浆时,每 1 工班应留取不少于 2 组试件,其中 1 组标准养护 7d,其余标准养护 28d,其抗压强度分别应不小于 28MPa 和 40MPa。试验应按现行行业标准《水运工程混凝土试验规程》(JTJ270)的有关规定执行。

5.5.7 压浆后水泥浆抗压强度达到 28MPa 或水泥浆体与钢绞线的粘结力达到 0.2 kN/mm 之前,大管桩不得以任何方式移动或吊运。

5.5.8 放松锚具、夹具可采用乙炔—氧气切割的方法,但其切割点应距锚具 50mm 以上,并应采取防止产生退火或回火现象的措施。退火或回火的锚具、夹具不得再次使用。

5.5.9 切割放张钢绞线应对称、相互交错进行。

5.5.10 桩顶管节切割后的钢绞线不得突出大管桩端面,低于大管桩端面时宜用环氧胶泥补平。

5.6 大管桩质量检验

5.6.1 大管桩的质量应满足设计要求,并应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS257)的有关规定。

5.6.2 大管桩制作的允许偏差、检验数量和方法应符合表 5.6.2 的规定。

大管桩制作的允许偏差、检验数量和方法 表 5.6.2

序号	项 目	允许偏差 (mm)	检验单元和数量	单元 测点	检 验 方 法
1	大管桩长度	±100	每根桩检查	2	用钢卷尺测量
2	桩顶面倾斜	5D/1000			用直角尺测量垂直两方向
3	拼缝处错台	6	每根桩抽查 50% 拼缝	1	用钢尺与塞尺测量
4	拼缝处弯曲矢高	8			在拼缝处两侧,沿管节各 4m 处拉线,用钢尺测量

注: D 为大管桩外径,单位为 mm。

5.6.3 大管桩应进行抗弯性能检验,每 1000 根或至少每年在产品中应随机抽样 1 根进行检验。检验应按现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》(GB 50152)的有关规定执行。

5.6.4 大管桩外观质量应符合下列规定。

5.6.4.1 大管桩外壁面不得出现裂缝。

5.6.4.2 大管桩内壁面的裂缝宽度不得超过 0.2mm,深度不得大于 10mm,长度不得

超过大管桩外径的 0.5 倍。

5.6.4.3 大管桩顶端应平整,不得有突出物。

5.6.5 每根桩应经检验合格后方可出厂,并应交付《后张法预应力混凝土大管桩合格证》。

5.6.6 合格证应包括下列内容:

- (1) 型号、长度和桩的编号;
- (2) 灌浆日期;
- (3) 混凝土抗压强度;
- (4) 预留孔水泥浆体抗压强度;
- (5) 出厂日期;
- (6) 制造厂厂名;
- (7) 质检、审核、监理人员。

6 大管桩储运

6.1 场内吊运

6.1.1 吊运宜采用钢桁架多点起吊,钢桁架应具有足够的刚度,吊索应与桩纵轴线垂直。当不采用钢桁架吊运时,吊索与桩纵轴线夹角应大于 45° 。

6.1.2 吊运时桩身可采用钢丝绳扣捆绑,其吊点位置应符合设计要求,允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ 。

6.1.3 吊运时各吊点应同时受力,保持平稳,避免震动、碰撞。

6.2 场内堆存

6.2.1 堆存场地应平整、坚实。

6.2.2 大管桩堆存应采用多点支垫,支垫间距不宜大于 4m 。

6.2.3 多层堆存时堆放层数应根据地基承载力、垫木强度和堆垛稳定性等确定,并定期检测垫木的水平度。堆放层数不宜超过3层,各层垫木应上下对齐。

6.3 装运

6.3.1 大管桩装船应采取间距不大于 4m 的多支点垫木搁置。底垫木顶面应在同一平面上。桩身两侧应垫置楔形垫木。楔形垫块支点位置和管桩截面圆心的连线与铅垂线夹角不应小于 40° 。

6.3.2 甲板面为弧形的驳船,底层管桩无法使用多支点底垫木时,可沿桩身两侧间断垫置楔形垫木,垫木应平整并固定牢靠、垫紧。

6.3.3 底层以上各层大管桩采用木方支垫,各层支垫应上下对齐。

6.3.4 短途运输时应按沉桩顺序装船。大管桩搁置的悬臂长度超过规定时,应作高位支撑,支撑应坚实牢固。

6.3.5 长途运输选用的驳船吨位较大时,宜按驳船的平面尺寸合理布置装船。大管桩装驳层数不宜超过3层,各层之间应支垫牢固,并应作可靠加固。

6.3.6 大管桩装运应绘制配载图和加固图。

6.3.7 装船、卸船时应从船的两侧依次对称吊桩。

7 大管桩沉桩

7.1 一般规定

- 7.1.1 大管桩沉桩应符合现行行业标准《港口工程桩基规范》(JTS 167—4)的有关规定。
- 7.1.2 大管桩沉桩时替打应设置排气孔,水位超过桩顶时应立即停锤。
- 7.1.3 大管桩锤击沉桩应控制总锤击数,总锤击数可根据桩、地质条件、桩锤能量和桩垫材料等综合确定。

7.2 沉桩工艺

- 7.2.1 沉桩工艺应根据地质条件、单桩极限承载力和桩身强度确定。
- 7.2.2 大管桩沉桩工程宜安排试沉桩和高应变动测验证沉桩工艺,确定沉桩控制标准。
- 7.2.3 试沉桩和高应变动测试验宜利用工程桩进行,试沉桩的桩长可根据测试要求适当加长。
- 7.2.4 大管桩吊桩时吊点位置应符合设计要求,并应采取避免钢丝扣滑动的措施。
- 7.2.5 沉桩工艺可采用锤击沉桩和水冲锤击沉桩。粘性土地基宜用锤击沉桩。砂性土地基沉桩有困难时,宜采用内冲内排法水冲锤击沉桩,且冲水管的位置不应超出桩端。
- 7.2.6 锤击沉桩应根据地质条件和单桩极限承载力等情况选择合适的锤型。缺乏经验时可按附录 D 选用。
- 7.2.7 锤击沉桩所用的替打、桩垫和锤垫应符合下列规定。
 - 7.2.7.1 替打制作应保证加工质量,用钢板焊接加工的替打应作回火处理。
 - 7.2.7.2 桩垫宜采用纸板箱垫、棕绳或麻绳盘根垫,也可采用其他经试验后确认为合适的桩垫。
 - 7.2.7.3 锤垫宜采用钢丝绳等弹性和刚度适宜的材料。
- 7.2.8 锤击沉桩的控制应根据地质条件、设计承载力、锤系统、桩长和试桩高应变动测结果综合考虑,停锤标准应符合下列规定。
 - 7.2.8.1 设计桩端持力层为一般粘性土时应以标高控制。
 - 7.2.8.2 设计桩端持力层为硬塑状的粘性土、粉细砂和砾砂土时应首先以标高控制;沉桩贯入度比较小且达不到设计桩端标高时,应以贯入度控制,并以最后一阵 10 击平均贯入度达到 5~10mm 为停锤标准;桩端标高仍高出设计标高 2m 时应会同设计部门研究解决。
 - 7.2.8.3 设计桩端持力层为风化岩时应以贯入度控制,当最后一阵 10 击平均贯入度

不大于控制贯入度时即可停锤。

7.2.8.4 当桩端打到设计标高,而贯入度仍较大,则应继续锤击,直至最后一阵 10 击平均贯入度达到或接近控制贯入度为止。贯入度不满足停锤标准而继续沉桩将造成桩顶标高过低时,应会同设计单位协商解决。

7.2.9 锤击沉桩时应保持桩锤、替打和桩的中心线在同一轴线上。

7.2.10 水冲锤击沉桩当桩端距设计标高 1 倍桩径时,应停止冲水改用锤击。

7.2.11 水冲锤击沉桩除持力层为风化岩地基外停锤标准应以设计桩端标高控制。桩端持力层为风化岩地基时应以贯入度控制。

7.3 质量控制

7.3.1 沉桩前应对大管桩进行逐根检查,核实大管桩出厂合格证与施工用桩是否相符,检查大管桩外观质量和运输中有无损伤。

7.3.2 锤击沉桩的允许偏差应符合表 7.3.2 的规定。

锤击沉桩允许偏差 表 7.3.2

允许偏差(mm) 区域	桩位	排架桩		墩台桩			
		直桩	斜桩	边桩		中间桩	
				直桩	斜桩	直桩	斜桩
有掩护水域		100	150	100	150	150	200
无掩护近岸水域		150	200	150	200	200	250
无掩护离岸水域		250	300	250	300	300	350

注:①沉桩允许偏差是指设计的平面位置,与夹桩铺底板后所测桩位置数值之差,夹桩时严禁拉桩;
②近岸指距岸 500m 以内,离岸指距岸超过 500m;
③掩护条件较差的河口港沉桩可按“无掩护近岸水域”标准执行;
④沉桩区有柴排、木笼、抛石棱体等障碍物和浅层风化岩,以及采用水冲桩或长替打送桩,其允许偏差可会同设计单位研究确定。

7.3.3 桩的纵轴线倾斜度偏差不宜大于 1%。桩的纵轴线倾斜度偏差超过 1%,但不大于 2% 的桩数不应超过 10%。

7.3.4 锤击沉桩时,桩身外表面不得出现裂缝。

7.3.5 锤击沉桩时应采取防止断桩的有效措施。

7.3.6 截桩时不应出现纵向裂缝,并应选择对预应力传递长度影响小的方法进行。

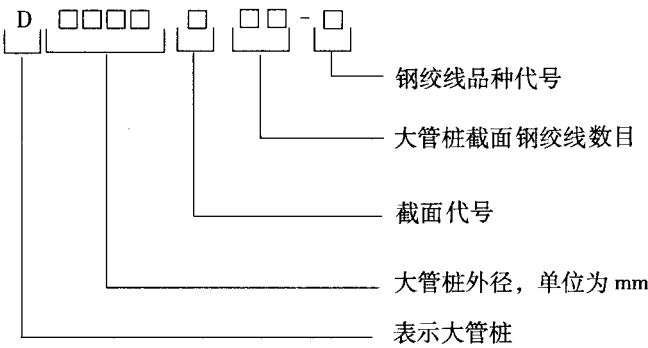
7.3.7 沉桩期间可分期分批进行高应变和低应变检测。高应变检测数量宜取总沉桩数的 2% ~ 5%,且不得少于 5 根。低应变检测数量宜取总桩数的 10%。高应变和低应变检测应符合国家现行有关标准的规定。

附录 A 常用大管桩型号、规格和力学性能

常用大管桩型号、规格和力学性能 表 A.0.1

序号	大管桩型号	D1200B32-2	D1200B48-1	D1200B36-2	D1400C40-2	D1400C60-1
1	大管桩外径 D (mm)	1200	1200	1200	1400	1400
2	大管桩内径 d (mm)	910	910	910	1100	1100
3	截面积 A (m ²)	0.481	0.481	0.481	0.589	0.589
4	单位长度重量 T (kN/m)	12.50	12.50	12.53	15.32	15.32
5	截面惯性矩 J (m ⁴)	0.0706	0.0706	0.0709	0.1210	0.1210
6	预留孔数	16	16	18	20	20
7	预留孔直径 (mm)	40	40	40	40	40
8	钢绞线股数	2	3	2	2	3
9	单股钢绞线直径 (mm)	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
10	钢绞线抗拉强度标准值 f_{ptk} (MPa)	1860	1570	1860	1860	1570
11	混凝土有效预压应力 σ_{pc} (MPa)	10.93	13.51	12.24	11.15	13.78
12	不含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值 (kN·m)	1130	1430	1278	1693	2144
13	含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值 (kN·m)	1640	1941	1788	2442	2892
14	抗弯强度设计值 (kN·m)	1770	2063	1877	2597	3020

注:根据大管桩直径、钢绞线股数、钢绞线强度值的不同,定义不同规格的大管桩型号,表述如下:



附录 B 常用大管桩轴力与抗弯能力关系

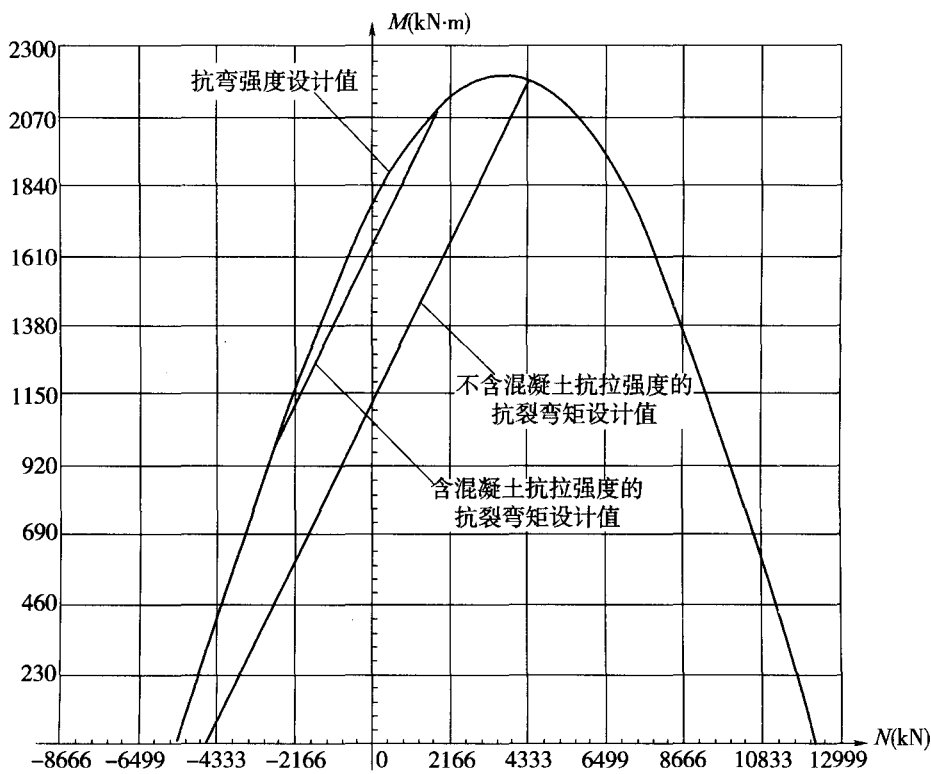


图 B.0.1 D1200B32-2 型桩轴力与抗弯能力关系图

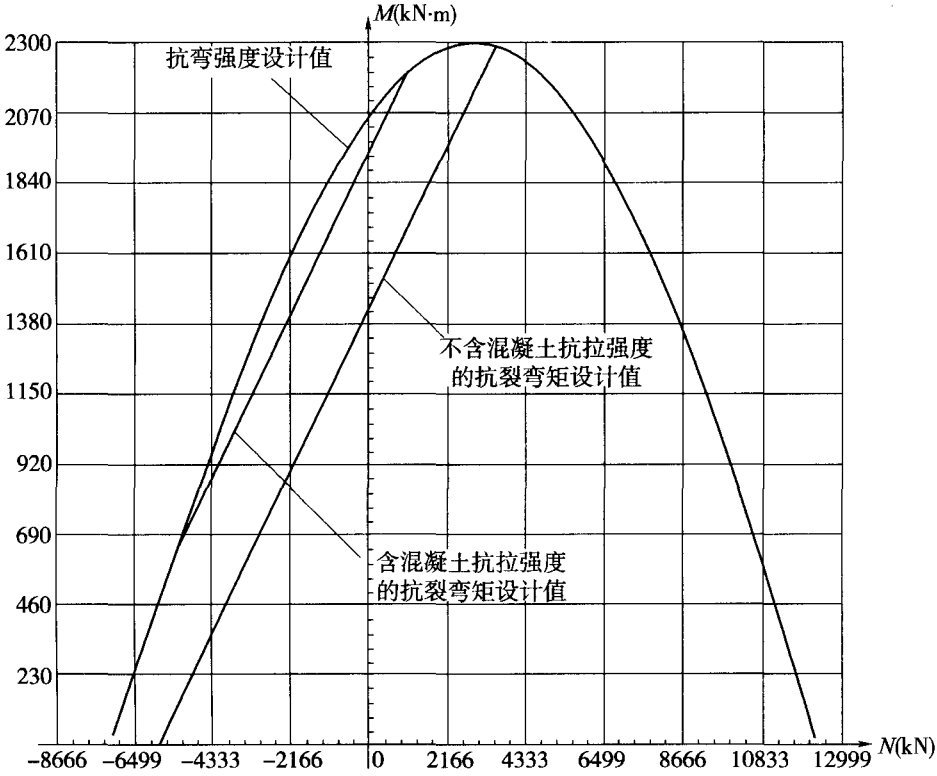


图 B.0.2 D1200B48-1 型桩轴力与抗弯能力关系图

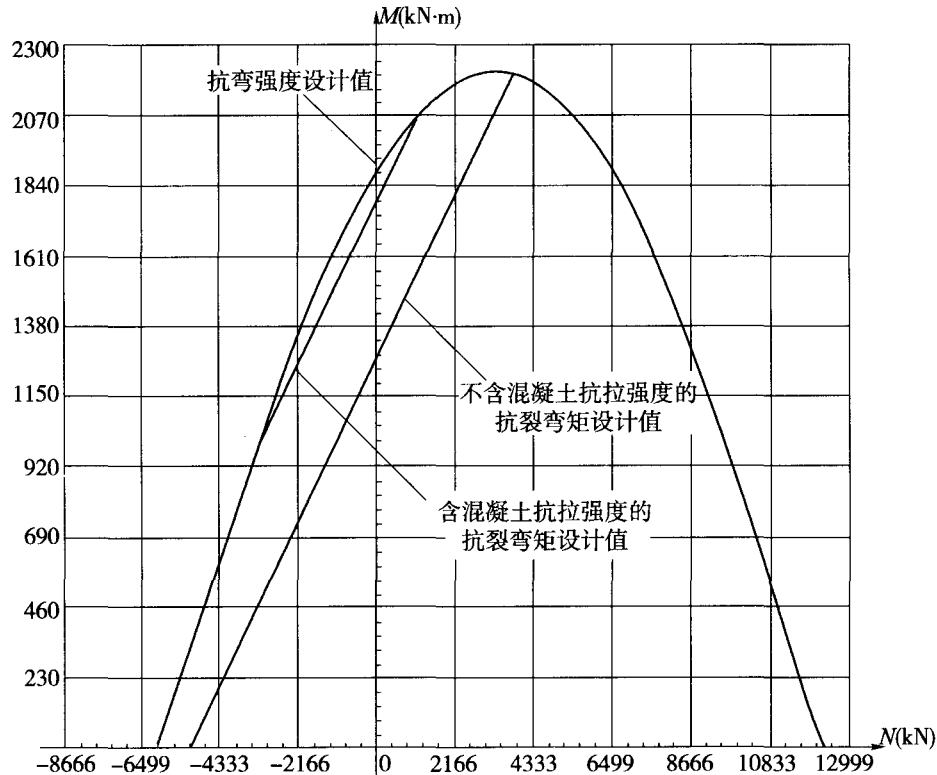


图 B.0.3 D1200B36-2 型桩轴力与抗弯能力关系图

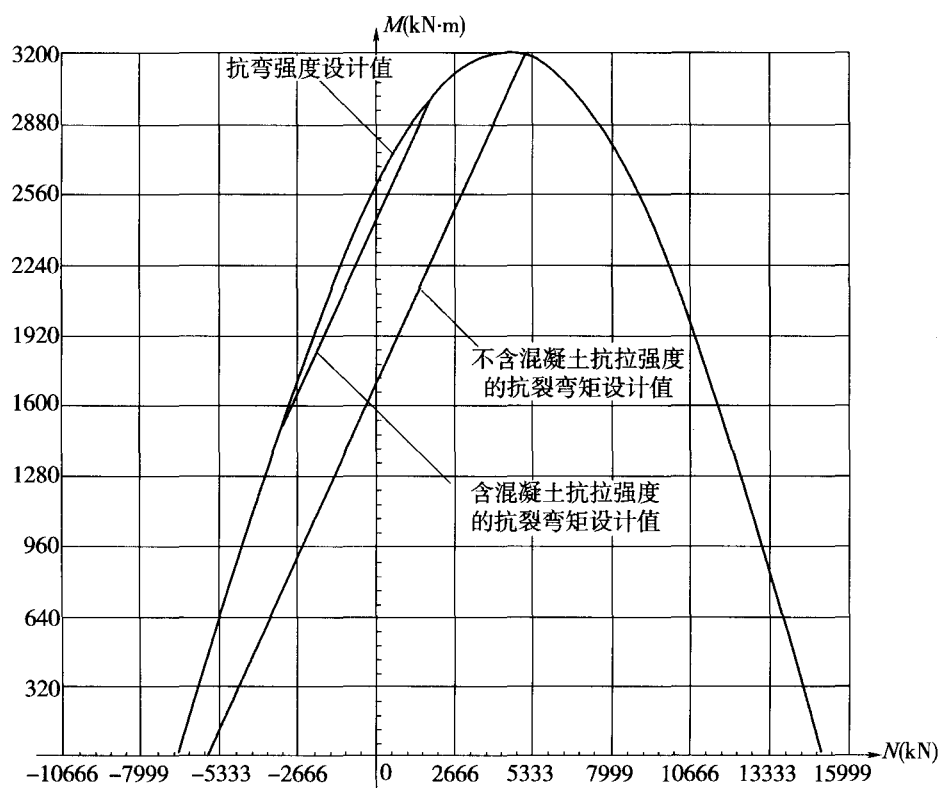


图 B.0.4 D1400C40-2 型桩轴力与抗弯能力关系图

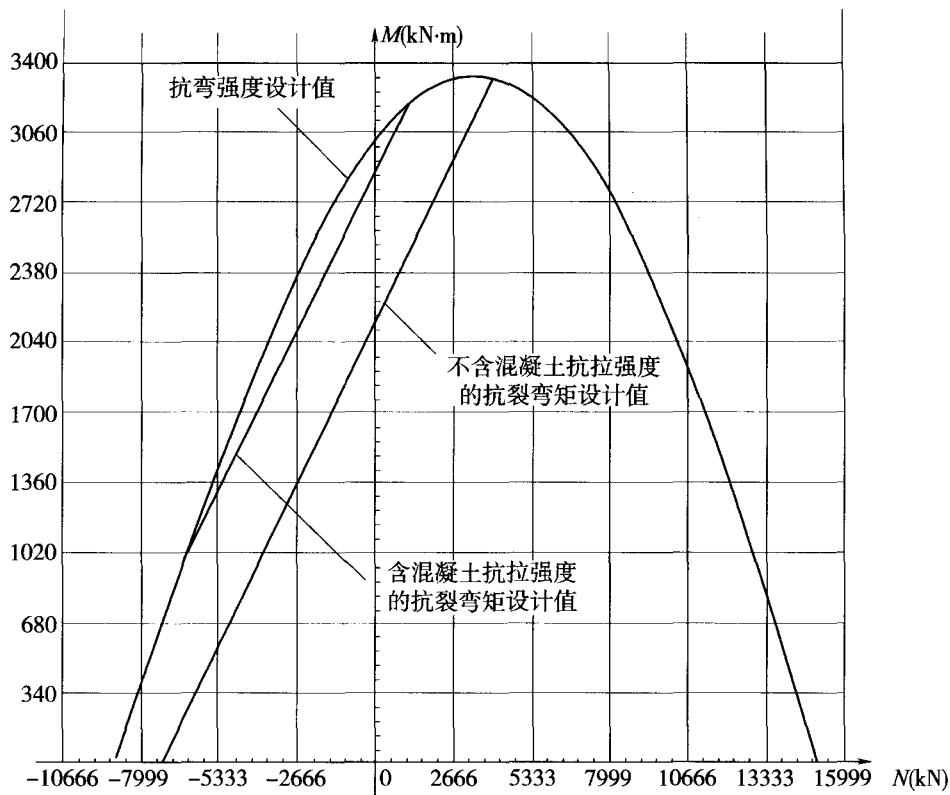


图 B.0.5 D1400C60-1 型桩轴力与抗弯能力关系图

表B.0.1

常用大管桩正截面抗裂弯矩设计值和抗弯能力设计值表

桩型编号	力学指标(kN·m)	轴 力 值 (kN)																					
		-8000	-7000	-6000	-5000	-4000	-3000	-2000	-1000	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000
D1200B32-2	不含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	—	—	143	390	636	883	1130	1376	1623	1869	2116	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	—	—	—	—	—	1147	1394	1640	1887	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	抗弯强度设计值	—	—	—	146	515	875	1212	1514	1770	1971	2112	2188	2196	2134	2006	1812	1558	1252	901	516	110	—
D1200B48-1	不含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	—	197	444	691	937	1184	1430	1677	1923	2170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	—	708	955	1201	1448	1694	1941	2187	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	抗弯强度设计值	—	45	393	737	1068	1374	1646	1878	2063	2195	2272	2291	2251	2152	1995	1784	1523	1217	873	499	104	—
D1200B36-2	不含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	—	38	286	534	782	1030	1278	1526	1774	2022	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	—	—	—	1045	1292	1540	1788	2036	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	抗弯强度设计值	—	—	26	383	736	1074	1383	1653	1877	2046	2157	2205	2189	2109	1966	1763	1505	1199	852	475	79	—
D1400C40-2	不含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	—	215	511	806	1102	1398	1693	1989	2285	2580	2876	3171	—	—	—	—	—	—	—	—
	含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	—	—	—	1555	1850	2146	2442	2737	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	抗弯强度设计值	—	—	325	759	1185	1591	1968	2305	2597	2836	3017	3138	3194	3184	3109	2969	2766	2503	2185	1818	1408	964
D1400C60-1	不含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	74	370	666	961	1257	1553	1848	2144	2440	2735	3031	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	含混凝土抗拉强度的抗裂弯矩设计值	—	—	1118	1414	1710	2005	2301	2597	2892	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	抗弯强度设计值	374	783	1185	1571	1934	2266	2561	2814	3020	3177	3280	3329	3321	3257	3137	2962	2734	2457	2133	1767	1365	933

附录 C 粘结剂正拉粘结强度试验方法

C.0.1 拉力试验机的量程选择应与试样的破坏荷载相适应。试验时所用的夹具应能使试样对中、固定,试验机应能使拉力平稳地增加。

C.0.2 试验所用机具应采用钢材加工而成(图 C.0.2)。

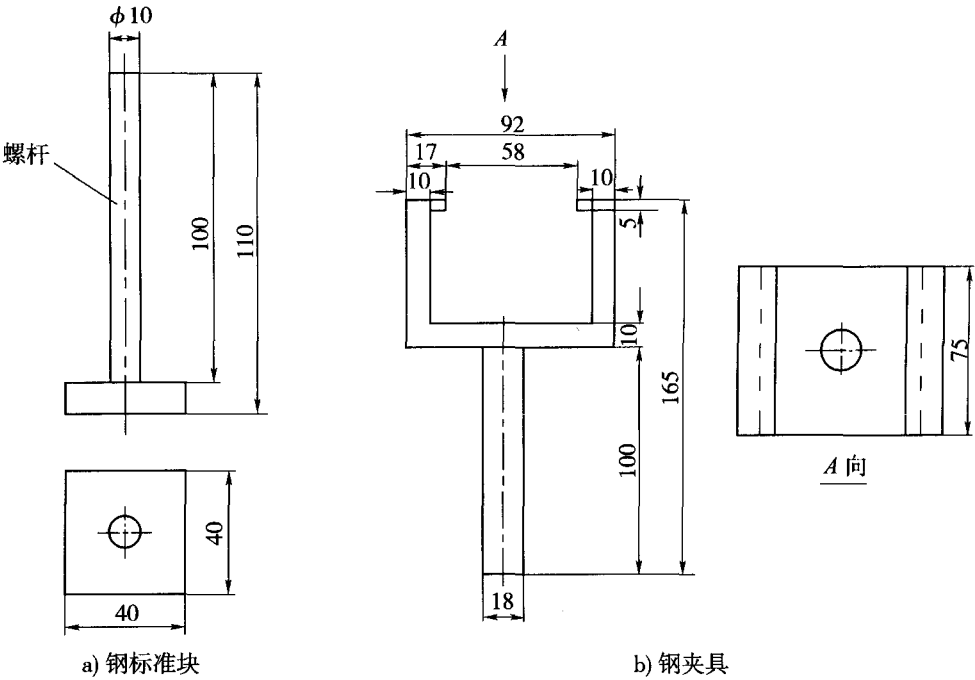


图 C.0.2 试验机具尺寸

C.0.3 试验所用混凝土试块的尺寸应为 70mm × 70mm × 40mm。预切缝深度可取 2 ~ 3mm,宽度可取 1 ~ 2mm(图 C.0.3)。

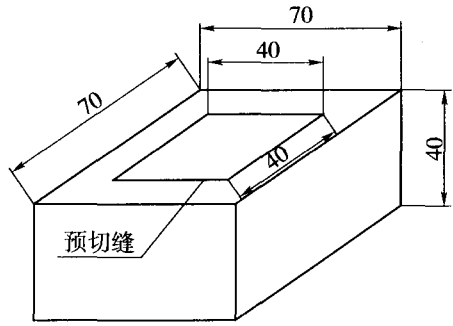


图 C.0.3 混凝土试块尺寸

C.0.4 试样应为钢标准块与混凝土试块的组合件。应在混凝土试块的中央位置将钢标准块与混凝土试块粘结(图 C.0.4)。

粘结剂的制备和固化,应按相应的粘结剂产品技术条件或粘结剂施工工艺说明书中规定的条件进行。

C.0.5 试验环境应保持在:温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度 60% ~ 70%。

C.0.6 试验时应将制备好的试样置入拉力试验机的夹具并对中,以 1500 ~ 2000N/min 的速度进行加载,直至破坏,记录试样破坏时的荷载值 P ,并观察破坏形式。

C.0.7 正拉粘结强度应按下式计算:

$$f = \frac{P}{A} \quad (\text{C.0.7})$$

式中 f ——正拉粘结强度(MPa);
 P ——试样破坏时的荷载值(N);
 A ——钢标准块的粘结面面积(mm^2)。

C.0.8 试样破坏可分为下列形式:

(1)内聚破坏,分为基材混凝土内聚破坏和受检粘结剂的内聚破坏;

(2)粘附破坏,分为胶层与基材之间的粘附破坏及胶层与钢标准块之间的粘附破坏;

(3)混合破坏,粘合面出现两种或两种以上的破坏形式。

C.0.9 每组被测试样不应少于 5 个。单个试样的 f 值与该组试样的算术平均值的误差不超过 $\pm 15\%$ 时应为有效值,至少取 3 个有效值的算术平均值作为该组正拉粘结强度的试验结果。

试验结果应由正拉粘结强度的实验结果和破坏形式共同表示。

C.0.10 试验报告应包括下列内容:

- (1)粘结剂的品种、型号、批号和来源;
- (2)取样规则及数量;
- (3)制备试样的工艺条件;
- (4)试样的编号和数量;
- (5)试验时环境的温度、湿度;
- (6)拉力试验机的型号、量程及检定日期;
- (7)加荷方式及加荷速度;
- (8)试样的破坏荷载、破坏形式和正拉粘结强度测定值;
- (9)试验中出现的偏差和异常现象;
- (10)试验日期、试验人员及审核人员。

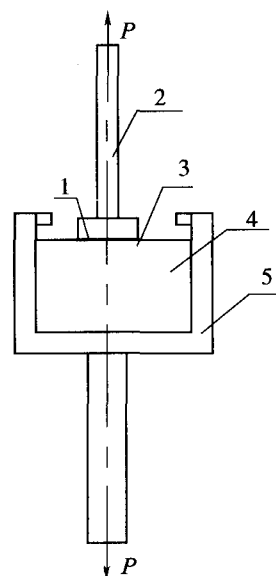


图 C.0.4 试样组成示意
 1-粘结剂;2-钢标准块;3-预切缝;4-混凝土试块;5-钢夹具

附录 D 选锤参考资料

选锤参考资料表 表 D.0.1

项 目		柴 油 锤		
		D-80	D-100	D-128
锤型参数	锤芯质量(t)	8.0	10.0	12.8
	锤总质量(t)	16.04	19.43	27.00
	常用冲程(m)	2.8~3.2	2.8~3.2	2.8~3.2
	最大锤击能量(kJ)	272	340	435
与锤相应的大管桩(mm)		Φ1200	Φ1200	Φ1200、Φ1400
锤击沉桩时打入 硬土层的能力	可贯穿硬粘土深度(m)	10~15	10~20	10~20
	可贯穿中密状砂层深度(m)	8~15	10~15	10~15
	桩端可打入密实砂或砾砂(N=50 击)深度(m)	0.5~1.5	0.5~1.5	0.5~2.5
	桩端可打入风化岩(N>50 击)深 度(m)	0.5~1.5	0.5~1.5	0.5~1.5
	所用锤可能达到的极限承载力 (kN)	6000~9000	9000~11000	≥11000
	最终 10 击的平均贯入度(mm/击)	5~10	5~10	5~10

注:①本表仅供施工单位选锤时参考,不得作为确定极限承载力的依据;
②桩打入持力层的深度不包括桩靴长度;
③采用其他锤型时,可比照表中最大锤击能量参考选用;
④若需选用更大的锤型,应经专门论证。

附录 E 本规程用词用语说明

E.0.1 为了便于在执行本规程条文时区别对待,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,在条件允许时首先这样做的:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

E.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

附加说明

本规程主编单位、参加单位、主要起草人、 总校人员和管理组人员名单

主 编 单 位:中交上海三航科学研究院有限公司

参 加 单 位:中交第三航务工程勘察设计院有限公司

中交第三航务工程局有限公司

中交第三航务工程局有限公司宁波分公司

中交第三航务工程局有限公司江苏分公司

主要起草人:周国然(中交上海三航科学研究院有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

丁捍东(中交上海三航科学研究院有限公司)

王何汇(中交第三航务工程局有限公司)

王 涛(中交上海三航科学研究院有限公司)

张水涛(中交第三航务工程局有限公司江苏分公司)

吴 锋(中交上海三航科学研究院有限公司)

时蓓玲(中交上海三航科学研究院有限公司)

金建昌(中交第三航务工程局有限公司)

胡金雄(中交第三航务工程局有限公司宁波分公司)

曹金宝(中交上海三航科学研究院有限公司)

曹称宇(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

总 校 人 员:胡 明(交通运输部水运局)

李德春(交通运输部水运局)

阚 津(交通运输部水运局)

吴敦龙(中交水运规划设计院有限公司)

周国然(中交上海三航科学研究院有限公司)

王何汇(中交第三航务工程局有限公司)

吴 锋(中交上海三航科学研究院有限公司)

时蓓玲(中交上海三航科学研究院有限公司)

曹金宝(中交上海三航科学研究院有限公司)

曹称宇(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

卓 杨(中交上海三航科学研究院有限公司)

管理组人员:周国然(中交上海三航科学研究院有限公司)

时蓓玲(中交上海三航科学研究院有限公司)

金建昌(中交第三航务工程局有限公司)

曹称宇(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

吴 锋(中交上海三航科学研究院有限公司)

中华人民共和国行业标准

**港口工程后张法预应力
混凝土大管桩设计与施工规程**

JTS 167—6—2011

条文说明

目 次

1 总则	35
3 大管桩设计	36
3.1 一般规定.....	36
3.2 计算.....	36
3.3 构造.....	38
4 管节制作	39
4.1 原材料.....	39
4.2 钢模.....	39
4.3 混凝土.....	39
4.4 成型与养护.....	39
4.6 管节质量检验.....	39
5 大管桩拼接	41
5.1 钢绞线.....	41
5.2 锚具与夹具.....	41
5.3 粘结剂.....	41
5.4 拼接与张拉.....	41
5.5 压浆与放张.....	42
6 大管桩储运	43
6.2 场内堆存.....	43
6.3 装运.....	43
7 大管桩沉桩	44
7.1 一般规定.....	44
7.2 沉桩工艺.....	44
7.3 质量控制.....	45
附录 A 常用大管桩型号、规格和力学性能	46
附录 B 常用大管桩轴力与抗弯能力关系	47
附录 D 选锤参考资料	48

1 总 则

1.0.1 后张法预应力混凝土大管桩系采用分段成型混凝土管桩、管节间涂刷粘结剂、张拉预应力钢绞线、预留孔道内压力灌注水泥浆体、使钢绞线自锚等工艺手段拼接成的管桩。

1.0.2 条文中“船厂水工建筑物工程、通航建筑物工程等可参照使用”主要考虑了地质条件和沉桩条件等因素。

3 大管桩设计

3.1 一般规定

3.1.2 本次修订针对大管桩的耐久性进行了专题研究,通过对国内服役 1~17 年的几十座大管桩码头进行的调查,未发现任何因主筋钢绞线和箍筋锈蚀引起桩身发生腐蚀破坏的情况,个别码头大管桩桩身存在裂缝,但均不是由腐蚀原因引起。根据取样的室内化学分析以及基于氯盐腐蚀模型的寿命预测分析,在海水环境下,现役大管桩在不采取防腐措施的使用寿命将不小于 50 年。

专题研究对几种提高大管桩抗氯离子侵蚀性的方法进行了调研、试验和理论分析,结果表明采用高性能混凝土制桩、玻璃钢包覆以及在灌浆材料中掺用阻锈剂的耐久性提升措施可满足 70~100 年,甚至 100 年以上耐久性要求。对于设计使用年限超过 50 年的工程,上述附加防腐措施具有比较好的效果。具体如下表:

防 腐 蚀 措 施

设计使用寿命	混凝土耐久性控制指标	防腐蚀措施
50~75 年	留样混凝土 $Q < 1300C$; $D_e < 2.5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	不需要采取防腐蚀措施
75~100 年	留样混凝土 $Q < 1500C$; $D_e < 3.0 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	普通大管桩 + 玻璃钢包覆
100~150 年	留样混凝土 $Q < 800C$; $D_e < 1.5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	(1) 高性能混凝土制桩; (2) 桩表面玻璃钢包覆

注:①表中 Q 为电通量,采用 ASTM C 1202 测试; D_e 为氯离子扩散系数,采用 NT BUILD 443 及 RCM 法测试;
②高性能混凝土制桩一般根据试验采用矿粉、粉煤灰和硅粉等矿物掺合料;
③玻璃钢包覆粗略按 2.5mm 的玻璃钢包覆层可提高使用寿命 40 年计算。

3.2 计 算

3.2.3 本条对大管桩预应力损失的规定是通过试验与理论计算对比得到的。

《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151—2011)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)、《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》(TB 1002.3—2005)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)均有针对后张法混凝土构件预应力损失的计算公式,本次修订结合实际试验进行了对比分析。

各规范具体计算结果和实测值对比如下表所示:

预应力损失试验实测值与相关规范计算结果对比 (MPa)

		实测值	JTS 151—2011	GB 50010—2010	DL/T 5057—2009	TB 1002.3—2005	JTG D62—2004
锚具回缩损失		90.56	18.75	18.75	18.75	30.00	22.50
分批张拉 预应力损失	第一批	57.14	54.67	54.67	54.67	54.18	54.46
	第二批	49.28	46.86	46.86	46.86	46.44	46.68
	第三批	43.22	39.05	39.05	39.05	38.70	38.90
	第四批	38.22	31.24	31.24	31.24	30.96	31.12
	第五批	25.72	23.43	23.43	23.43	23.22	23.34
	第六批	17.86	15.62	15.62	15.62	15.48	15.56
	第七批	7.14	7.81	7.81	7.81	7.74	7.78
	平均损失	29.82	27.34	27.34	27.34	27.09	27.23
钢绞线松弛损失		80.6	32.55	32.55	32.55	65.10	112.61
混凝土收缩徐变损失			58.43	81.41	61.78	88.90	147.83
预应力总损失		202.55	137.07	160.05	140.42	211.09	310.17

关于锚具变形和钢绞线回缩预应力损失,按照各规范计算结果与实测值相差很大。在实际工程中,预应力筋的锚固损失测试值基本都远超过相关规范规定值,具体原因可能是由于采用此类张拉设备,造成锚具变形和钢绞线回缩值偏大。

关于分批张拉预应力损失,各规范的计算结果与实测值相差不大。

关于预应力筋松弛和混凝土收缩徐变损失,《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151—2011)和《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)的计算结果与大管桩实测值比较吻合,而《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》(TB 1002.3—2005)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)的计算结果和实测值相差则比较大。

综合各规范的对比计算结果,《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151—2011)关于预应力损失的计算结果与大管桩实际损失情况比较接近。因此规程中预应力损失计算公式与《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151—2011)保持一致。

通过对大管桩的钢绞线预应力损失的长期观测及上述分析表明,预应力总损失值一般为张拉控制应力的15%。

3.2.4 经过对大管桩的钢绞线放张过程中的多次测试表明,大管桩钢绞线在混凝土中的预应力传递长度值为1.0m。故在计算和验算中将大管桩顶部预应力值取零,距大管桩顶部1.0m处取为有效预应力值,为简化计算,其间预应力值按线性分布。

3.2.6 目前工程上要求的单桩轴向承载力越来越高、沉桩使用的柴油锤越来越大,导致锤击拉应力增大,通过工艺上的改进,大管桩的最大有效预压应力已提高到13.78MPa;根据专题研究结果,工程中实测的最大拉应力达12~14MPa,而桩身仍保持完整。从技术经济综合因素考虑确定打桩拉应力标准值上限为11MPa。

3.3 构 造

3.3.1 根据调研单股钢绞线大管桩已停产,同时三股钢绞线大管桩在工程中已有应用,因此本次修订中不再强调钢绞线股数。

3.3.3 主筋预留孔径和孔距是分别根据钢绞线水泥浆体自锚握裹力和管节成型工艺要求确定的。

3.3.7 管节最小壁厚 130mm 是根据主筋保护层厚度要求确定的。

3.3.8 复合工艺制造的管节混凝土密实性和抗渗性较好,经技术论证,50mm 的保护层已可满足要求。按现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151—2011)对桩预应力钢筋保护层厚度规定亦为不小于 50mm。故本条文统一规定钢绞线保护层厚度不小于 50mm。

3.3.11 桩端设置带有法兰的钢管长度在 500mm 以内的,一般称为钢桩靴,钢管长度超过 500mm 的桩称为组合桩。

当桩打入硬土层、老粘土层、风化岩层和砾石层时,桩端设置钢桩靴能增加沉桩的穿透能力。当管桩为嵌岩桩(全断面嵌岩或锚杆嵌岩)时钢桩靴一般以 500mm 为宜,过长则可能在进入岩层时产生卷边而影响嵌岩施工。

组合桩一般是在受地质条件限制,为了满足桩的入土深度和承载能力要求或由于受沉桩设备限制而需减轻桩自重的情况下使用。

钢桩靴和组合桩的钢管直径一般按管桩的内径设置。

3.3.12 大管桩桩顶设置钢板套箍,或采用钢纤维混凝土,对锤击沉桩过程中防止桩顶打碎有明显的效果。

4 管节制作

4.1 原材料

4.1.2 标准中砂的细度模数范围是在 3.0 ~ 2.3, 大管桩对砂的要求是中粗砂, 原规程中对中砂的细度模数要求是 3.0 ~ 2.8, 标准过高, 在操作过程中较难执行, 本次修订调整为 3.0 ~ 2.6。

4.2 钢模

4.2.2 表 4.2.2 的允许偏差项目内容根据形位公差标准进行了调整, 以便于验收。

4.3 混凝土

4.3.2 本条规定大管桩管节混凝土抗冻要求不低于 F350 是指按照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082—2009) 中 4.2“快冻法”进行的抗冻试验确定的混凝土抗冻等级, 抗冻等级以相对动弹性模量下降至不低于 60% 或者质量损失率不超过 5% 时的最大冻融循环次数来确定, 并用符号 F 表示。

本条规定的管节混凝土电通量指标按照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082—2009) 中 7.2“电通量法”进行。

本条规定的氯离子扩散系数是按欧洲《硬化混凝土: 快速氯离子侵蚀试验方法》(NT BUILD 443) 或按照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082—2009) 中 7.1“快速氯离子迁移系数法(或称 RCM 法)”进行。试验所采用的试件为以正常生产工艺成型的不含钢筋的混凝土管节中经切割加工而成的试件。

以上规定基于大管桩耐久性专题研究成果中对大管桩混凝土进行的大量抗冻试验和抗氯离子渗透试验得出。研究中发现大管桩管节切割混凝土的抗冻性、抗氯离子渗透性能均达到较高的水平。

4.4 成型与养护

4.4.5 规定布料连续一次完成, 可以使整个管节断面混凝土均质, 避免混凝土分层, 混凝土密实性好。

4.4.7 采用蒸汽养护可以加速混凝土的硬化, 从而加快钢模的周转。

4.6 管节质量检验

4.6.1 根据对成型的混凝土管节取芯与标准试件取芯测定比较结果, 前者比后者抗压强

度平均约高 10% ,条文中管节混凝土采用标准试件强度是偏于安全的。

4.6.2 三组混凝土留取样所测定的强度值分别用于确定管节脱模时间(不小于设计强度的 70%)、确定管桩拼接时间(达到设计要求)、评定混凝土强度(达到混凝土设计强度)。

4.6.3 ~4.6.4 管节外壁面裂缝对桩的耐久性影响较大,故规定管节外表面不应出现裂缝。内壁面裂缝为收缩裂缝,对耐久性影响较小,因此允许一定裂缝限值。

5 大管桩拼接

5.1 钢 绞 线

5.1.3 如采用电弧或乙炔—氧气切割钢绞线,在高温下将使钢绞线的抗拉强度降低,故作此规定。

5.2 锚具与夹具

5.2.2 切割块是在管桩张拉过程中,设置于管桩端部与锚夹具之间的过渡块,一方面是替代锚垫板,另一方面是为能在孔道内灌浆,在水泥浆体达到规定强度后,能在不损坏锚夹具的情况下将钢绞线割断。

5.3 粘 结 剂

5.3.1 ~ 5.3.3 原规程对粘结剂的强度试验作出了按塑料标准试验方法进行的规定,其试验方法较难操作,现规定按照《树脂浇铸体性能试验方法》(GB/T 2567—2008)进行。由于粘结剂与混凝土的正拉粘结强度是保证大管桩抗弯强度的重要性能,固本次修订增加了该指标。

原规程中对粘结剂的湿热老化试验做了规定,根据编写组对大管桩应用 20 年以来的跟踪调查以及湿热老化试验结果,大管桩在实际应用中基本上不存在湿热老化问题,故对该项试验不再规定。

5.4 拼接与张拉

5.4.3 试验结果表明,管节端面混凝土经磨除后进行粘结,与未经磨除进行粘结相比,可提高抗拉强度 35%,因此在管节制作工艺中规定了管节的端磨工序。

5.4.4 大管桩拼接时混凝土管节端面、倒角处的清洁和干燥程度,粘结剂是否刮涂刷,缺损处是否填实,对胶接强度都有很大影响。根据试验结果,胶接表面经处理后其胶接强度可提高 38%。

5.4.5 大管桩为对称截面构件,采用对称张拉能减少构件偏心受压。

随着大管桩新品种的推出,其预压应力有增大的趋势,且大管桩是由多管节拼接而成,在拼接过程中无法保证每一个管节间的绝对平整,如一次张拉直接至设计张拉力值,就很有可能因为某一管节端部的应力集中造成其混凝土被挤碎或出现裂缝,因此采用二次张拉工艺。在第一次张拉时给大管桩较小的预压应力,使管节间的粘结剂填充至管节端面凹凸不平处,待粘结剂达到规定强度后,再进行第二次张拉至设计控制值,此时大管

桩受力均匀,能够承受该预压应力。

5.4.6 钢绞线张拉时,一般先张拉至初应力后,再分级张拉并测量其伸长值,而测量的伸长值并不包括从零张拉到初应力时的伸长值,因此在确定实际伸长值时,除测量的伸长值外,还需计入初应力时的伸长值,以便与理论伸长值相对应。由于钢绞线初始状态松紧、弯直程度不一致,故不采用测量方法,而根据伸长值推算。

5.5 压浆与放张

5.5.1 作为后张自锚的大管桩预应力钢绞线孔道压浆的具有通过其凝结后的水泥浆将预应力传递至混凝土结构中的作用,同时防止钢绞线的锈蚀。为防止钢绞线的松弛和锈蚀孔道压浆越早越好。

5.5.7 为保证水泥浆体与管节混凝土的粘结强度和浆体与钢绞线的握裹力,故作本条文规定。

6 大管桩储运

6.2 场内堆存

6.2.2 通过计算和现场测试,大管桩的堆存支垫间距大于4m时大管桩内壁容易产生细微裂缝。

6.3 装 运

6.3.6 配载图即为按打桩顺序将管桩安放至方驳的顺序图。

7 大管桩沉桩

7.1 一般规定

7.1.2 在大管桩下桩后,管桩空腔内留有气体、水体或涌入淤泥,在锤击过程中这些介质的压缩会在大管桩腔体内产生膨胀压力,从而使桩身混凝土产生切向拉应力,当该拉应力达到某一值后会使桩身产生纵向裂缝。由于水的压缩性远大于空气,因此当桩顶没入水中时,更容易因为水锤效应产生纵向裂缝。

7.1.3 因大管桩的耐锤击性能较好,经验表明,沉桩采用 D100 型锤 1 挡或 2 挡施打,桩顶管节加钢板套箍时的最大总锤击数在 2000 击以内,桩顶管节为钢纤维混凝土时的最大总锤击数在 2500 击以内是安全的。

7.2 沉桩工艺

7.2.2 目前,在大型工程中,采用长桩及大锤型沉桩的情况日益较多,工程中安排试打桩及高应变动测很有必要,有利于合理选用桩锤系统,包括桩帽、锤垫、桩垫等辅助配件,通过试打桩及动测试验,获取最佳的沉桩效果,为后期大规模沉桩,提供合适的沉桩参数。

7.2.3 试打桩利用工程桩能降低工程造价,使得试打桩数量得以保证。试打桩一般采用下列两种形式:

(1)单一试打桩,目的是验证桩的可打性,并为设计确定桩长提供参考;

(2)试打桩加以动测,并进行复打,取得单桩极限承载力,以提供停锤标准。桩长适当加长,避免因受潮位限制无法动测至要求的标高。

7.2.6 根据以往桩径 1200mm 大管桩的工程经验,当桩基持力层为粘性土或桩端虽进入砂层,但桩长较短时,选用 D-80 或 D-100 锤即可。当桩基持力层为标准贯入击数较高的密实砂层、风化岩或桩长较长时,选用 D-125 或 D-128 桩锤或其他类似能量的锤型方可。

7.2.7 替打制作需保证加工质量,主要是指焊缝质量。另外当用钢板组合制作替打时,其焊接应力较大,为消除此应力,所以要求作回火处理。

以往大管桩沉桩所用桩垫一般采用木垫,且木垫多是木板拼接制成,制作粗糙,且单薄和木质软硬不一,致使打桩时桩顶局部应力过大,桩顶易打碎。改用棕绳或麻绳垫后,效果较好。

7.2.8 本条是根据沉桩经验来考虑桩的安全,并非以贯入度控制停锤标准。因为断桩往往就在贯入度很小而继续锤击时发生。

风化岩地基沉桩的控制贯入度以动测和设计单桩轴向承载力相对应的贯入度作为工程控制贯入度。

7.3 质量控制

7.3.6 根据对不同截桩方式试验的结果表明,截桩方法对预应力传递性能有直接影响,大锤截桩和风镐截桩预应力传递长度较大,一般不使用。

7.3.7 高应变动测以检验桩的承载力为主,低应变检测用以检验桩的完整性。

附录 A 常用大管桩型号、规格和力学性能

表中大管桩抗弯能力计算时预应力总损失值按张拉控制应力的 15% 计算,抗弯承载力按现行《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151—2011)相关公式计算,表中第 12 ~ 14 项是按纯受弯情况进行计算的。

大管桩型号中,钢绞线品种代号按钢绞线强度标准值区分:1 表示 1570MPa,2 表示 1860MPa。

附录 B 常用大管桩轴力与抗弯能力关系

表中计算结果尚未考虑偏心作用的影响。

附录 D 选锤参考资料

较大质量的锤型能提供较大的锤能,从而使设备的沉桩效率提高,但是在沉桩困难时,其锤击应力可能较高,从而导致桩身损坏,因此对于锤能超过 D-128 柴油锤的锤型,需采用高应变试验等方式进行论证。