

无黏结预应力技术在超长结构水池工程施工中的应用

徐 辉¹, 邢有红¹, 姜博生², 刘志刚³
(1. 南京水利科学研究院瑞迪高新技术公司, 江苏 南京 210024; 2. 绍兴污水处理有限公司, 浙江 绍兴 311800;
3. 中国市政工程东北设计研究院, 吉林 长春 130012)

摘 要: 传统的超长混凝土防水结构设计通常需采用设置温度伸缩缝或设置后浇带来减少混凝土的收缩开裂。通过绍兴污水处理工程 185.2 m×51.8 m×11.7 m 超长结构曝气池的工程实例介绍不设温度伸缩缝和后浇带,采用无粘结预应力技术来解决超长结构钢筋混凝土易收缩开裂的问题以及该技术在施工中的注意事项。
关键词: 超长结构水池; 无粘结预应力; 温度伸缩缝
中图分类号: TU528.01 文献标志码: A 文章编号: 1002-3550(2008)01-0112-03

Engineering application of unbonded prestress technology on the super length tank

XU Hui¹, XING You-hong¹, JIANG Bo-sheng², LIU Zhi-gang³
(1. Nanjing Hydraulic Research Institute R&D High Technology Co., Ltd., Nanjing 210024, China; 2. Shaoxing Sewage Disposal Co., Ltd., Shaoxing 311800, China; 3. China Northeast Municipal Engineering Design and Research Institute, Changchun 130012, China)

Abstract: Setting temperature expansion joints or post-casting strips are the traditional design to reduce the concrete cracks on the super length concrete structure. The design method for super length concrete structure without any expansion joints or post-casting strip has been introduced based on the project of Shaoxing sewage disposal basin by size of 185.2 m×51.8 m×11.7 m. Also, the technical notice items in this construction are designated.
Key words: super length tank; unbonded prestress; temperature expansion joint

0 引言

大型混凝土水池通常均设置温度缝,其最大间距为 15~40 m,做成贯通式,即在同一剖面上连同基础或底板一起断开,一般采用橡胶止水带进行温度伸缩缝连接处理^[1]。但这种结构混凝土整体性差、抗震性能较差,同时橡胶止水带处容易漏水,因该处节点复杂,混凝土密实性很难保障,同时橡胶止水带有老化问题且易被酸、碱污水等腐蚀,结构耐久性差。当池体长度超过国家规范的要求时,通常不设温度伸缩缝,而设置 1~2 m 宽的后浇带。后浇带混凝土待其两侧混凝土浇筑完毕后两个月左右再进行浇筑。但后浇带只能解决施工期间混凝土的收缩问题,并不能解决季节温差(湿差)所产生的温度应力问题。尤其对于水池类结构,随着时间的延续,后浇带很难保证池体混凝土不发生开裂、渗水^[2]。

从 20 世纪 80 年代起,更多的防水混凝土结构工程掺用膨胀剂来补偿混凝土的收缩,并在国内众多工程中得到应用^[3-5],为解决超长结构钢筋混凝土收缩开裂的主要技术。但经过十几年的实践,发现有很多用膨胀剂解决超长结构的工程都不同程度地出现竖向温度裂缝,大型构建物的不均匀沉降也引起了裂缝进一步扩展^[6]。另外膨胀剂的掺加也可能造成延迟性钙矾石的生成,国外也已经出现了由于该现象所导致的现浇混凝土结构破坏的实例^[7]。目前国内补偿收缩混凝土出现开裂,大部分是由于对混凝土收缩补偿不够,或因对养护不够重视引起的,微膨胀混凝土的养护对其发

收稿日期: 2007-08-15

挥补偿收缩特性至关重要,在其产生体积膨胀时需要大量水分,因此及时的养护对微膨胀混凝土非常重要,这一点往往易被大多数施工单位所忽视。采用有黏结或无黏结预应力钢绞线来解决温度应力问题,当池体长度和宽度都较长时,不设温度伸缩缝,而在池壁、底板水平方向均施加预应力来解决温度应力问题,这是从根本上解决水池裂缝问题的方法^[8]。

1 工程概况

绍兴污水处理续建工程位于绍兴滨海工业区内,分预处理沉淀池、曝气池、水解酸化池三部分及附属设施,设计日处理污水能力 20 万 t。共有 7 座预处理沉淀池,尺寸为 37.1 m×34.4 m×9.25 m; 4 座水解酸化池,尺寸为 156.46 m×52.5 m×11.0 m; 4 座曝气池,尺寸为 185.2 m×51.8 m×11.7 m。其中曝气池和水解酸化池底板、墙板为预应力混凝土结构,无温度伸缩缝,结构形式为悬臂挡水墙结构,底板混凝土设计等级为 C35P8,墙板混凝土设计等级为 C40P8。该工程施工难度最大也是最关键的分部工程是曝气池结构,它是国内已知最长的预应力结构水池,该部分底板采用无黏结预应力专利技术,为保证预应力拉伸,要求混凝土整体强度基本一致,在 36 h 内须一次性完成约 5 000 m³ 混凝土的浇筑,在同类工程中尚属首次。

2 无黏结预应力技术

本工程采用的预应力混凝土技术是美国 Jorgensen & Close

结构设计公司的一项专利技术,它是在设计方面考虑各种因素的影响,在混凝土强度发展的不同阶段,分三次对底板、两次对墙板分别在水平和竖直两个方向对池体施加预应力,使水池的钢筋混凝土结构始终处于受压状态,目前很多发达国家大都采用预应力技术进行大型水池的设计与施工。它具有以下优点:

经济性:由于采用了预应力技术,水池的底板、池壁、顶板的厚度降低,基础的尺寸也随之降低,大大降低了工程造价。施工快速性:由于取消了温度伸缩缝,不设置后浇带,底板和墙板均可一次性浇筑成型,有效缩短了工期。优良的耐久性:由于混凝土始终处于受压状态,其渗透量显著减少,延长了池体的运行寿命。

自2000年起,中国市政工程东北设计研究院与美国Jorgensen & Close结构设计公司合作,已设计施工的大型预应力混凝土水池工程达17项。其中包括矩形、带圆角矩形、圆形、椭圆形等各种形状的大型水池。对已运行的预应力水池渗透量的观察发现,最长运行时间已达5a,采用预应力混凝土水池的渗透量比按常规工艺施工的水池大大减少,并基本达到了美国标准^[9]。

3 工程施工

3.1 预应力筋布置

表1 预应力底板、墙板混凝土

	材料用量 (kg/m³)					外加剂	坍落度 /cm		工地留试块抗压强度值 /MPa		
	水泥	粉煤灰	砂	石	水		出机	1 h 后	3 d	7 d	28 d
C35P8	360	58	845	953	184	7.9	21.0	18.2	14.0	30.4	38.8
C40P8	385	62	851	922	179	8.5	20.5	17.0	18.1	37.2	45.9

3.3 预应力张拉

曝气池底板与墙板无黏结预应力钢绞线张拉时,以控制张拉力为主,其伸长值仅作参考,但必须准确计算计量每根钢绞线的每次张拉的伸长值,作为下次张拉的参考依据。每次张拉时间由工地制作并模拟现场养护的试块的强度来控制。

3.3.1 曝气池底板张拉

曝气池底板分3次张拉。当一个方向浇筑的混凝土强度达到13.5 MPa(以工地留样试块强度为准)时,进行底板第一次张拉,一端张拉,另一端进行补拉。每根无黏结预应力筋的控制张拉力为89 kN,钢绞线为1 860 MPa低松弛钢绞线,每根钢绞线的面积为139.9 mm²。底板无黏结的张拉点从两侧向中间进行。底板另一个方向的张拉从两侧开始,一端张拉,另一端进行补拉,并对称向中间推进张拉。

当底板混凝土强度达到其强度等级的75%以上时,进行底板第二次张拉,每根无黏结预应力筋的控制力张拉力为195.2 kN。

当第二次张拉完成一个月后,对底板长度方向的钢绞线及环向钢绞线进行第三次张拉。每根无黏结预应力筋的控制张拉力为200 kN。

3.3.2 曝气池墙板张拉

曝气池墙板分两次张拉。当一个方向浇筑的混凝土强度达到13.5 MPa时,水平预应力筋进行墙板第一次张拉,一端张拉,另一端进行补拉(圆弧段两端同时张拉)。每根无黏结预应力筋的控制张拉力为89 kN。墙板无黏结的张拉点从下而上进行,张拉时多个千斤顶同时进行,从两侧开始,一端张拉,另一端补拉,对称向中间推进张拉。

当池壁混凝土强度达到设计强度的75%,水平筋进行第二次张拉,每根无黏结预应力筋的控制张拉力为195.2 kN。

池底、池壁预应力筋均采用无黏结低松弛钢绞线,其中池底板用直线筋(附加预应力筋,弧形布置),直线段水平筋与竖向筋均用直线;池壁圆弧段水平筋,沿圆弧,弧形布置,竖向筋用直线。

锚具采用全封闭防腐预应力度锚具,预应力钢绞线采用标准强度F_{ptk}=1 860 MPa的270级高强度低松弛钢绞线。

3.2 混凝土浇筑

3.2.1 原材料

水泥:浙江产P·O42.5,28 d抗压强度53 MPa;

粉煤灰:宁波北仑电厂产II级灰,需水量比100%;

砂:浙江嵊州产粗砂,细度模数3.0;

石子:5~31.5 mm连续级配碎石;

外加剂:南京瑞迪高新技术公司产HLC-NAF2 B)高效减水剂,减水率22%。

3.2.2 配合比和性能

预应力曝气池底板厚度4.5 m,混凝土约5 000 m³,需一次性浇筑成型。为保证第一次预应力张拉,混凝土强度约13.5 MPa,混凝土的整体强度基本一致,经过多次试验,底板混凝土的凝结时间需控制在36~40 h,墙板的凝结时间控制在30 h左右。预应力底板和墙板的配合比见表1。

4 施工注意事项

(1) 施工前建设单位、设计单位需向施工单位进行详细的施工交底工作,充分了解施工的重点和难点,并建立完善的施工组织设计。

(2) 选用优质的外加剂,严格控制混凝土的质量,保证混凝土的凝结时间。

(3) 因池壁较高,底板较长、较宽,所以必须事先制定预应力筋的铺设和张拉方案,严格依照规定方案进行。

(4) 严格按照张拉方案进行施工,在混凝土强度达到设计规定的要求时方可进行预应力张拉,每次张拉均需有混凝土的强度报告。

5 结语

绍兴污水处理工程预应力曝气池2007年4月开始施工,采用当地预拌混凝土浇筑,施工过程中混凝土拌合物和易性良好,凝结时间适宜,混凝土强度和抗渗等级均满足设计要求。预应力张拉由杭州四建负责施工,一般3 d进行第一次张拉,7 d进行第二次张拉,混凝土未出现任何形式的裂缝,经盛水试验到目前为止几乎无渗漏。

采用预应力技术解决超长结构水池的开裂问题,其整体性、抗震性、耐久性都是传统分缝钢筋混凝土水池无可比拟的。通过无缝设计可以从根本上解决水池的渗漏问题,彻底避免分缝设计给水池管理带来的麻烦。

参考文献:

[1] GB 50069-2002,给水排水工程构筑物结构设计规范[S].北京:中国建筑

表 14 生态混凝土抗压强度试验报告单

委托单位: 青海大学生态混凝土课题组 工程名称: 西宁市湟水河河道治理工程 试验编号: 061021 检验依据 含环境条件等要求) 代码: DL/T 5150—2001

试样 编号	取样 部位	成型 日期	试压 日期	龄期 /d	受压面积 /mm ²	破坏荷载 /kN	强度值 /MPa		设计强度等级 /MPa	达到设计强度 百分数 /%
							试验值	平均值		
1	种植生态混凝土	2006.10.15	11.22	28	150×150	431	19.2		C15	125.33
2						362	16.1	18.8		
3						474	21.1			
4						517	23.0			
5	护坡生态混凝土	2006.10.15	11.12	28	150×150	613	27.2	24.9	C20	124.5
6						549	24.4			
7						503	22.4			
8						517	23.0	22.9		
9	护坡生态混凝土	2006.10.15	11.12	28	150×150	524	23.3		C20	114.5

注: 检测单位: 青海省水利水电工程质量检测中心。

5 质量管理

在生态混凝土的施工过程中, 每浇筑 1 m³, 便进行一次质量管理抽样试验。管理方法与室内搅拌试验一样。

抗压强度试验: 以 GB/T 50081—2002 为标准。

透水试验: 关于生态混凝土的透水性, 我国还没有制定标准的测定方法。本试验参考日本混凝土工学会 JISA 1218 标准。

搅拌好的混凝土密度: 以 GBJ 80—85 为标准。

6 施工管理

为使生态混凝土的表面, 不出现严重的凹凸现象, 采用金属抹子精加工。施工厚度的确认, 以框架的高度来进行管理。检测孔每 1 m² 设一个。

7 结论

(1) 生态混凝土护坡部分经过 2007 年 5、6 月两次湟水河洪水冲刷, 仍然完好无损, 证明各项技术指标满足要求。

(2) 生态混凝土与普通混凝土在护堤效果方面进行比较: 生态混凝土由于自身的特性, 其排水性和透水性都很好, 能实现自由排水, 所以岸堤自身及坡面都具有高度的安全性; 其自身多孔隙性及良好的过滤效果, 不会发生细颗粒流失或管涌现象。

(3) 生态混凝土具有犹如米花糖状的表面, 在河道护坡的水位变化区具有良好的消波作用。

(4) 在青海高海拔、高寒、干旱地区能在生态混凝土上实现植生, 不仅绿化景观, 又能进一步加强坡面的稳固。本研究在生态混凝土上种植了 8 种草种, 从目前的长势看, 有 4 种比较适应, 绿化效果明显; 另外 4 种由于受高原干旱和混凝土碱性的影响, 长势较差。这是今后需要进一步探讨的问题。

参考文献:

- [1] 吴中伟.绿色高性能混凝土与科技创新[J].建筑材料学报, 1998, 1(1): 1- 7.
- [2] Glavind M, Munch- Petersen C: " Green " concrete in Denmark[J].Structural Concrete, 2000, 1(1): 1- 6.
- [3] Mzuguchi H.A review of environmentally friendly concrete[J].Indian- Concrete Journal, 1998, 36(3): 257- 263.
- [4] 李湘洲.走向可持续发展的生态混凝土技术[J].中国建材, 2003, 1(1): 34- 35.
- [5] 刘荣桂, 吴智仁, 陆春华, 等.护堤植生型生态混凝土性能指标及耐久性概述[J].混凝土, 2005, 2(2) .
- [6] 陈志山.用于水污染治理的生态混凝土技术[J].建筑材料学报, 2001, 4(1): 60- 64.
- [7] 日本 JCK 株式会社《长江护岸工程的设计—护堤技法的提案、探讨》报告书[D].内部资料, 2004.
- [8] 刘荣桂, 万炜, 吴智仁, 等.淹水区边坡的生态型护坡技法及其耐久性研究[J].混凝土, 2005, 8(8): 23- 28.
- [9] 日本农林省农村振兴局.土地改良事业计划设计基准, 设计 [水库], 2003, 4(4) .
- [10] 日本 [社]农业土木学会发行.土地改良事业计划指针[溜池整備], 2005, 3(3) .
- [11] 吴智仁, 陆春华, 刘荣桂, 等.现浇护堤植生型生态混凝土性能指标及耐久性[J].江苏大学学报: 自然科学版, 2006, 27(1) 71- 74.
- [12] 吴国雄, 王晨, 王瑞燕, 等.透水混凝土结构特点及其透水性能研究[J].重庆交通学院学报, 2006, 5(5) .
- [13] 日本《土地改良事业计划设计基准设计 (水库) 计书》[Z].

作者简介: 李成凯(1951-), 男, 副教授, 主要从事水工混凝土结构优化的研究。

单位地址: 青海省西宁市宁大路 251 号 青海大学水电系 810016

联系电话: 0971- 5310565

· 上接第 113 页

筑工业出版社, 2002.

- [2] 张常涛.超长混凝土结构无缝施工技术的应用[J].建筑技术, 2007, 2(2): 104- 106.
- [3] 游宝坤.我国混凝土膨胀剂的发展近况和展望[J].混凝土, 2003, 4(4): 3- 6.
- [4] 奚松林, 王勇, 薛建伟, 等.超长无缝施工技术在上海市白龙港城市污水处理厂工程中的应用[J].混凝土, 2005, 1(1): 71- 74.
- [5] 韩全卫, 邓建平, 郭群, 等.微膨胀剂在安钢东区花苑混凝土结构自防水中的应用[J].混凝土与水泥制品, 2006, 6(6): 54- 57.
- [6] 张志峰, 张亚峰, 高家惠, 等.大型污水池防渗及耐久性设计[J].中国建筑防水, 2005, 6(6): 24- 25.

- [7] HOBBS DW. Concrete deterioration: causes, diagnosis, and minimising risk[J]. International Materials Reviews, 2001, 46(3): 117- 144.
- [8] 马立, 王可利, 卞延彬, 等.无伸缩缝预应力曝气池的结构设计与施工[J].中国给水排水, 2003, 5(5): 102- 104.
- [9] 卞延彬, 刘志刚.60 m×120 m 预应力曝气池 (无温度伸缩缝) 结构设计与施工[J].吉林大学学报, 2003, 8(8): 55- 57.

作者简介: 徐辉(1978-), 男, 工程师, 主要从事混凝土外加剂应用技术研究。

单位地址: 南京水利科学研究院瑞迪高新技术公司 210024

联系电话: 13851678703