

膨胀加强带代替后浇带施工技术的研究与应用

闵建祥

中国电建市政建设集团有限公司

摘要：随着我国经济的高速发展，生活饮用水、工业用水日益增加。为了保证正常用水，需建设大量水储存设备，一般都是采用大体积的钢筋混凝土蓄水池。大体积的钢筋混凝土水池多为配筋率高的薄壁结构，为避免产生裂缝，在结构上常设计后浇带。采用后浇带施工技术，施工工序繁多，时间跨度长，施工成本高，施工稍有疏忽极易在新旧混凝土连接处产生裂缝，防渗效果差，外观质量难以控制。连续式膨胀加强施工技术实现了大体积水池构筑物的混凝土浇筑连续施工，不需进行后浇带的凿毛、钢筋除锈等工序，不仅降低了施工成本、缩短了工期、保证了施工质量，而且对水池结构的外观质量大幅度提高，具有良好的社会效益，值得研究和推广。

关键词：后浇带；膨胀加强带；限制膨胀率；补偿收缩

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.11.033

一、膨胀加强带简介

膨胀加强带是一种通过在混凝土中添加膨胀剂等化学添加剂来提高混凝土结构自身的抗裂性能的技术措施，在工程实践中常采用膨胀加强带代替后浇带，简化施工工艺，加快施工进度，提前运营投产。膨胀加强带一般设置在原后浇带的位置，为了充分利用膨胀加强带的膨胀效果，增加长度方向的膨胀量，通常膨胀加强带的宽度比原后浇带宽度更宽些。

膨胀加强带采用的是添加膨胀剂或膨胀水泥配置的自应力为0.2~1.0MPa的混凝土，采取的“抗”的措施。在连续式膨胀加强带混凝土结构连续施工时，为提高加强带处的抗裂能力，一般在膨胀加强带部位需增设一些附加钢筋。

膨胀加强带的结构形式按浇筑的时间间歇，可分连续式膨胀加强带、间歇式膨胀加强带和后浇式膨胀加强带三种。

（一）连续式膨胀加强带

连续式膨胀加强带是膨胀加强带部位的混凝土与两侧相邻混凝土同时浇筑的一种结构形式，这种结构形式的膨胀加强带真正意义的实现了混凝土结构的无缝浇筑，简化施工工艺，缩短施工工期，是本文研究和推广的施工技术。

混凝土浇筑顺序：加强带相邻一侧微膨胀率混凝土→膨胀加强带大膨胀率混凝土→加强带相邻另一侧微膨胀率混凝土（连续浇筑）。

（二）间歇式膨胀加强带

间歇式膨胀加强带是介于连续式加强带和后浇式加强带之间的一种结构形式，施工时加强带部位的混凝土与其一侧相邻的混凝土同时浇筑，而另一侧则预留施工缝，施工缝处设置止水钢板，墙体止水钢板和底板止水钢板连续设置，不得断开。待加强带混凝土浇筑完成3天后，方可进行施工缝处混凝土浇筑。这种结构形式的膨胀加强带，非常适用于混凝土结构非常大，无法实现连续施工的超大体积混凝土结构。

混凝土浇筑顺序：膨胀加强带部位大膨胀率混凝土→加强带相邻一侧微膨胀率混凝土→加强带相邻另一侧微膨胀率混凝土（至少间隔3d）。

（三）后浇式膨胀加强带

后浇式膨胀加强带的施工方式和施工缝施工方式相似，在加强带与相邻微膨胀混凝土处预留两道施工缝，施工缝处设置止水钢板，底板止水钢板和墙体止水钢板连续设置，不得断开。待加强带两侧混凝土浇筑完成3d后，方可进行加强带部位混凝土浇筑。

混凝土浇筑顺序：加强带相邻一侧微膨胀率混凝土→加强带相邻另一侧微膨胀率混凝土（连续浇筑）→膨胀加强带部位大膨胀率混凝土（至少间隔3d）。

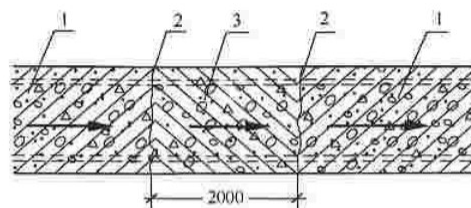


图 4.0.3-1 连续式膨胀加强带
1—补偿收缩混凝土；2—密孔钢丝网；
3—膨胀加强带混凝土

图1.1 连续式膨胀加强带结构简图

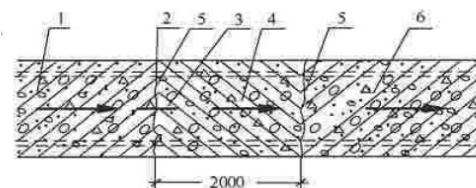


图 4.0.3-2 间歇式膨胀加强带
1—先浇筑的补偿收缩混凝土；2—施工缝；3—钢板
止水带；4—后浇筑的膨胀加强带混凝土；5—密孔钢
丝网；6—与膨胀加强带同时浇筑的补偿收缩混凝土

图1.2 间歇式膨胀加强带结构简图

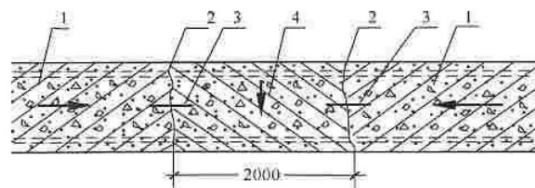


图 4.0.3-3 后浇式膨胀加强带
1—补偿收缩混凝土；2—施工缝；3—钢
板止水带；4—膨胀加强带混凝土

图1.3 后浇式膨胀加强带结构简图

本文主要通过连续式膨胀加强带的结构形式和施工技术进行探讨,进一步推广膨胀加强带代替后浇带施工技术的应用。

二、膨胀加强带代替后浇带的工艺原理

膨胀加强带代替后浇带的工艺原理就是在普通混凝土中添加膨胀剂等化学添加剂,即补偿收缩混凝土,利用其特性来提高混凝土的抗裂性能,同时实现裂缝的“自愈合”。该工艺共涉及两种型号混凝土,统称补偿收缩混凝土,膨胀加强带处大膨胀率混凝土,标号比加强带两侧混凝土大一个标号,加强带两侧混凝土比加强带处混凝土膨胀率小。

补偿收缩混凝土在凝结硬化过程中会产生适当膨胀,对其约束体施加拉应力。根据力的相互作用原理,在钢筋和邻位的约束下,在混凝土中建立一定的自应力,连续式膨胀加强带要求的预应力约为0.5MPa~1.0MPa。

钢筋混凝土结构抗裂措施主要有“抗”与“放”两种技术措施,膨胀加强带采用合适膨胀率的补偿收缩混凝土,以“抗”为主,同时体现了“抗”与“放”两种技术措施的有机结合。

通过大量的工程实践和实验研究,补偿收缩混凝土不仅具有非常强的抗裂能力,同时也有着显著的裂缝“自愈合”能力。混凝土结构施工不当产生微小裂缝时,在养护一段时间后,通过混凝土的膨胀可使断裂的两个表面重新胶合为一体,实现裂缝的“自愈合”。

三、膨胀加强带混凝土配合比设计

膨胀加强带代替后浇带施工技术的施工重难点主要膨胀加强带部位和其两侧部位的补偿收缩混凝土配合比的优化设计,二者都是补偿收缩混凝土,只不过膨胀加强带混凝土膨胀率稍大点,自应力控制在0.5MPa~1.0MPa;其两侧的补偿收缩混凝土强度第一个等级、膨胀率稍小点,自应力控制在0.2MPa~0.7MPa。

(一) 设计原则

膨胀加强带部位的补偿收缩混凝土的强度等级比其两侧补偿收缩混凝土提高一个等级,限制膨胀率 $\geq 0.025\%$ 。混凝土的限制膨胀率大于0.060%时,施工前应预先进行试验研究,重点研究混凝土的膨胀稳定期、强度变化规律等数据。

膨胀加强带及补偿收缩混凝土的限制膨胀率的取值主要考虑混凝土结构的总长度和厚度,结构总长度大、厚度越大,混凝土的限制膨胀率也越大。考虑限制膨胀率检测误差等因素的影响,在进行补偿收缩混凝土试配时,限制膨胀率的取值以0.005%的间隔为一个等级进行取值,如0.025%、0.030%、0.035%……0.060%。

膨胀加强带宽度宜为2m,并在两侧用密目钢丝网将带内外混凝土分隔开。

(二) 原材料要求

膨胀加强带混凝土和两侧补偿收缩混凝土所用的粗骨料、细骨料、拌合用水等原材料与普通混凝土的要求相同,但所用原材料不应含有影响混凝土膨胀性能的物质。

①水泥:水泥的品种、成分和品牌对添加膨胀剂含量影响加大,因此配合比试配时用的水泥品牌和品种一定要和后期混凝土拌合使用时一致。大量实验研究及工程实例表明,水泥中的铝、硫等成分对补偿收缩混凝土的膨胀性能产生较大影响,选用水泥时要选择铝、硫含量少的水泥。

②膨胀剂:选用膨胀剂时以限制膨胀率作为的主要控制指标,不同厂家、不同类型的膨胀剂质量差异较大,使用前必须对膨胀剂进行复核检验。钙矾石在80℃以上可能分解,膨胀源是钙矾石的膨胀剂使用环境不得高于80℃,膨胀源是氢氧化钙的不受限制。

③化学添加剂:要求和普通混凝土基本相同,不宜选用收缩率偏大的化学外加剂。高钙粉煤灰中的游离氧化钙对体积稳定性具有很大的不确定性,难以精确的控制混凝土的膨胀,在膨胀加强带及其两侧的补偿收缩混凝土中严禁使用。

(三) 配筋要求

膨胀加强带部位采用双排双向配筋,钢筋间距符合表3.3-1的要求。地下部分结构外墙的净高度超过3.6m时,墙体高度的水平中线部位上下500mm范围内,膨胀加强带部位的水平筋的间距不大于100mm。

混凝土结构配筋不满足要求时,需设置加强筋以满足要求。

表3.3-1 膨胀加强带部位钢筋间距要求

构件部位	钢筋间距 (mm)
底板	150~200
楼板	100~200
屋面板、墙体水平筋	100~150

(四) 配合比设计

膨胀加强带及其两侧补偿收缩混凝土的强度等级应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010的规定,膨胀加强带部位混凝土的强度等级应比其两侧混凝土提高一个等级。

膨胀加强带及其两侧补偿收缩限制膨胀率 $\geq 0.025\%$,试配时限制膨胀率的取值应以0.005%的间隔为一个等级取值。使用混凝土的限制膨胀率大于0.060%时,施工前应预先进行试验研究,重点研究混凝土的膨胀稳定期、强度变化规律等相关数据。

混凝土试配时限制膨胀率的取值应以0.005%的间隔为一个等级,膨胀剂参量根据试验确定的限制膨胀率进行添加。混凝土试配时,每立方米混凝土膨胀剂用量可按表3.4-1进行选取,根据试验情况进行调整。

表3.4-1 每立方米混凝土膨胀剂用量

用途	混凝土膨胀剂用量 (kg/m ³)
用于补偿收缩混凝土	30~50
用于后浇带、膨胀加强带和工程接缝填充	40~60

补偿收缩混凝土的水胶比不大于0.50,单位胶凝材料用量应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119的规定,膨胀加强带部位的补偿收缩混凝土单位胶凝材料用量不宜小于350kg/m³,加强带两侧补偿收缩混凝土单位胶凝材料用量不宜小于300kg/m³。

对设计的配合比,至少进行一组限制膨胀率试验,试验结果应满足设计、规范及施工方案要求。

四、施工工艺流程及操作要点

膨胀加强带施工工艺流程为:混凝土结构钢筋制安、模板支护→膨胀加强带钢筋制安→密目钢丝网安装→仓面清理→膨胀加强带两侧混凝土浇筑→膨胀加强带混凝土浇筑→混凝土养护。

1. 混凝土结构钢筋制安、模板支护

混凝土结构普通部位钢筋制安和模板支护要求同普通混凝土结构要求。

2. 膨胀加强带钢筋制安

混凝土结构普通部位钢筋制安和模板支护完成后,按设计、规范及方案要求安装膨胀加强带处附加加强筋,钢筋间距符合表3.3-1要求。

3. 密目钢丝网安装

膨胀加强带两侧各设置一道孔径为 $0.5\text{mm}\times 0.5\text{mm}$ 的密目钢丝网,底板、顶板及梁等水平构件每间隔 $20\text{cm}\sim 30\text{cm}$ 设一根 $\phi 14\text{mm}$ 的竖向钢筋加以加固,上下与底板主筋固定牢固;墙体等竖向构件每间隔 $20\text{cm}\sim 30\text{cm}$ 设一根 $\phi 14\text{mm}$ 的水平钢筋加以加固,左右与墙体主筋固定牢固。密目钢丝网必须固定牢固,不得松动,防止浇筑混凝土时被冲开,造成两种混凝土混合使用。

4. 混凝土浇筑

混凝土浇筑前,将仓面清理干净,并经验收合格后方可进行混凝土浇筑。混凝土浇筑时,先浇筑膨胀加强带两侧混凝土,在混凝土初凝前浇筑膨胀加强带混凝土,浇筑时不慎进入膨胀加强带的普通补偿收缩混凝土要及时清除,混凝土不得混合施工。

混凝土严格按照试验确定的配合比进行拌制,混凝土浇筑时分两个批次取样制作试块进行限制膨胀率试验,各批次试件的试验结果均应满足设计的限制膨胀率的要求。

5. 混凝土养护

混凝土浇筑完成后,要及时对混凝土表面进行覆盖保湿养护,养护时间不得低于14d。

常温施工时,水平构件可采用塑料薄膜覆盖洒水养护;储水池等结构底板可直接采取蓄水养护;墙体等竖向构件,可待墙体混凝土强度达到脱模条件后,在其顶部安装多孔淋水管,先松动对墙体模板的拉螺栓,使墙体表面与模板之间有 $2\sim 3\text{mm}$ 的间隙,确保淋水管的水能进入模板和墙体之间进行淋水养护。

冬季施工时,不得对构件洒水。水平构件可采取塑料薄膜覆盖保水,再在塑料薄膜上部覆盖棉被等保温材料进行保温养护;竖向构件可采取延长混凝土结构拆模时间、对混凝土构件进行加热、拆模后及时回填等保温措施。

五、应用实例

(一) 济南市东区水厂工程

济南市东区水厂工程位于济南市历城区王,主要服务于济南市东部城区供水。初期供水规模为 $10\text{万m}^3/\text{d}$,后期供水规模为 $20\text{万m}^3/\text{d}$,水源为鹊山水库引黄水。水厂采用高密沉淀池+臭氧接触池+活性炭吸附池+V型滤池+液氯消毒为主的净水工艺流程,同时设置了粉末活性炭和高锰酸钾投加,对来水进行强化的混凝预处理,出水水质符合国家《生活饮用水卫生标准》。

该工程中高密度沉淀池、浓缩池、综合净水间、送水泵房、清水池等水池构筑物在施工时采用连续式膨胀加强带代替后浇带施工技术,构筑物普通部位和膨胀加强带部位同时施工,突破了在设计要求部位留置后浇带的施工局限性(后浇带施工在混凝土龄期42d后方可进行)。采用该施工技术不仅提前了工期,节约了后浇带浇筑时的设备、人员和周转材料的投入,降低了施工成本。据统计,整体工期提前约50d,节约成本约300万

元,取得了良好的经济效益。施工质量方面,构筑物结构良好,满水试验符合规范设计要求且未出现渗漏现象,获得了各参建单位的高度评价。

(二) 安徽(淮北)新型煤化工合成材料基地水资源分质结晶综合利用项目

安徽(淮北)新型煤化工合成材料基地水资源分质结晶综合利用项目主要实施的内容包括:污水处理厂改扩建工程、水资源分质结晶提标改造工程和高浓盐水处理工程三部分,合同总额3.5亿元。

1. 污水处理厂改建工程

对现有园区污水处理厂 $5000\text{m}^3/\text{d}$ 生化处理系统及回用系统进行改造,处理后尾水需要满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准。

2. 污水处理厂扩建工程

对污水处理厂扩建 10000m^3 应急罐、预处理等系统,各股废水经相应预处理后进入至生后续处理系统 $5000\text{m}^3/\text{d}$,有机污水主体处理工艺为两级A0+二沉+混凝沉淀+臭氧+BAF+回用砂滤+超滤+RO。处理后尾水需要满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准。

3. 水资源分质结晶提标改造和高浓盐水处理工程

水资源分质结晶提标改造工程主要包括 10000m^3 应急罐、 480m^2 杂盐库、水资源分质结晶提标改造 $4000\text{m}^3/\text{d}$ 预处理及配套 $60\text{t}/\text{h}$ 分质结晶。

高浓盐水处理工程主要包括 $20\text{m}^3/\text{h}$ 中利电厂脱硫废水处理、焦化一/二期浓盐水处理。

该工程中调节池、生化池、应急罐基础等构筑物在施工时采用连续式膨胀加强带代替后浇带施工技术,构筑物普通部位和膨胀加强带同时施工。采用该施工技术,使整体工期提前约60d,合计节约成本约200万元,取得了良好的经济效益。施工质量得到很好的控制,构筑物结构良好,外观质量优良,满水试验符合设计要求且未出现渗漏现象,获得了各参建单位的高度评价。

该工程作为园区污水处理的配套措施,使用连续式膨胀加强带代替后浇带不仅在施工期取得较大的经济效益,提前投产对园区产生的整体经济效益巨大,实现整个园区污水处理“零排放”,为建立青山绿水保驾护航,同时也为安徽(淮北)煤化工合成材料基地招商引资创造良好条件。

六、结论

大体积储水池结构采用连续式膨胀加强带代替后浇带的施工技术,有利于结构的整体稳定性,简化了施工工序,节约了大量的施工工期,同时有利于新工艺的推广和应用。不管在成本上,还是在工期和技术推广上都值得借鉴和实施。

通过大量工程实践和试验研究,膨胀加强带代替后浇带的施工技术不仅可应用于大体积储水池结构,大体量的房建结构也可推广和应用该项施工技术。

参考文献

- [1] 补偿收缩混凝土应用技术规程. JGJ/T178-2009.
- [2] 郑宗协. 膨胀加强带在超长地下室结构中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2015(20): 126.
- [3] 周志浩. 浅谈超长地下室膨胀加强带的施工技术[J]. 城市建设理论研究, 2012(10): 125.
- [4] 冯志锋. 地下室膨胀加强带施工技术探讨[J]. 房地产导刊, 2014(7): 169.