

# 水泥基高效环保防水材料在工程中的应用

张斌

(上海市丛鑫建设咨询有限公司,上海市 200083)

**摘要:**简要介绍了水泥基渗透结晶型防水材料在清华大学跳水馆工程中的实际应用,通过对抗渗压力试验的研究和现场取芯试件渗透能力的测定分析,得出一些有益的结论,可作为工程应用的参考。

**关键词:**防水材料;渗透性能;环保;清华大学跳水馆

中图分类号:TU57 文献标识码:A 文章编号:1009-7716(2006)05-0184-03

## 1 工程概况

清华大学跳水馆是世界大学生运动会专项比赛场馆之一,位于清华大学校园内东北区,总建筑面积约为9500 m<sup>2</sup>,设备管廊面积约为1700 m<sup>2</sup>,观众座席近1000个。该跳水馆分地上二层和地下一层。地上首层为比赛大厅,其内设有国际标准游泳池(50 m×25 m×2 m)、十米跳台的跳水池(25 m×25 m×5 m)各1个,两池相距为10 m,并配有相应的淋浴、休息、会议、新闻电视、运动员宿舍等用房。地上二层为观众坐席和其他用房。地下室为设备用房,包括机房、水循环处理系统、锅炉房等。

本工程防水内容包括3个部分:一是泳池(含跳水池、游泳池)防水;二是地下室防水;三是其他附属建筑的防水。防水的主要内容为前两项,其防水面积约为10000 m<sup>2</sup>。

在对不同类型防水材料的应用范围、性能特点,以及对同种类型不同生产厂家产品的内在技术参数指标和施工服务质量的综合考核前提下,本着

经济、安全、可靠的原则,采用水泥基类防挡水(Formder)系列防水材料,确定了刚柔结合、符合防水布置形式,保证达到设计规定的一级防水标准。

## 2 防水布置的基本思路及原则

### 2.1 基本思路

跳水馆位于清华大学校园东北部,地处老水洼、池塘的区域范围,地下水位较高,其地下室防水标准高。另外,由于工程工期要求紧迫,工程结构出地面(±0.00)后马上回填,立刻进行上部结构的施工,其地下室的防水布置只能采用内防水(背水面)方式,防水难度加大。另外,立墙施工缝、结构阴角、基础孔洞、液压升降台基础、内墙及柱的根部等节点薄弱环节需进行特殊防水处理。

泳池沿内壁布置防水层,为迎水面挡水。泳池结构长期处于承受水压状态,荷载较大,特别是跳水池,深度达5 m。而且泳池在使用过程中(比赛、训练)会形成附加的动水荷载,其防水措施要考虑适应可能的结构变形的因素,也要考虑对可能产生裂缝的防治。泳池在放水工程中会产生相对于水压正方向的负压荷载,因此也要求防水层与主体结构、与面砖的粘结效果良好。另外两池均设4

收稿日期:2006-05-24

作者简介:张斌(1970-),男,上海人,工程师,从事工程造价咨询工作。



(d) 上海中环北虹路隧道

图3 卡索板在隧道中应用

表6 卡索板在国内隧道工程中的使用情况

工程名称	面积(m <sup>2</sup> )	年份
重庆石黄隧道	13000	1999
南京玄武湖隧道	27000	2002
南京集庆门隧道	5200	2003
杭州滨路隧道	12000	2003
成都红星路隧道	12000	2003
成都东城根隧道	4600	2003
四川绵阳隧道	5000	2004
上海复兴路隧道	23000	2004
广州市快速路环线隧道	21000	2005
上海中环北虹路隧道	18000	2005
南京鼓楼隧道	10000	2005
南京九华山隧道	30000	2005
武汉阅马场地下通道	9000	2006

个水下观察窗、水下灯及很多穿结构埋管,这些节点等薄弱环节都需要进行防水处理。

经过上述情况的分析,从根本上否定了使用卷材防水的可能性,确定的防水布置基本思路是:地下室为背水面防水,以刚性材料为主,辅以柔性材料等;泳池为迎水面防水,采用刚柔结合的防水方式。

## 2.2 基本原则

(1)在保证功能要求的前提下,寻求最优的性能价格比。

(2)采用符合防水方法,发挥各防水材料的优势特性,使之形成一个防水整体,达到综合防水的目的。

(3)重视节点部位的防水处理,选择对复杂表面适应性好的材料,保证节点密封严密、设防完整。

(4)材料要求无毒无害,满足环保要求。特别是泳池防水,要保证对跳水、游泳者皮肤、眼睛无伤害。

## 2.3 施工步骤

按照上述的基本思路和原则,该工程选定了水泥基类防挡水(Formdex)系列防水产品,该系列产品以硅酸盐水泥、无机物等为基材,能与硅100%相融,是专门用于硅防水和保护的材料。具体主要有两种材料:其一为粘性防挡水(Formdex Plus),属刚性防水材料;其二为超级弹性防挡水(Formdex Uniflex),属柔性防水材料。

该工程中施工方法采用涂刷法,两种材料的具体施工工艺过程大致相同,具体分如下4个步骤:

### (1)基面准备

确保基面结构坚固、清洁,所有疏松的基面必须铲除。基面须潮湿,但不可过湿、有明水。基面上较大裂纹和接头部分须作适当预处理。

### (2)材料配置

粘性防挡水(Formdex Plus)为纸袋包装,粉状,每袋25 kg,与清水按3:1的体积比配制。超级弹性防挡水(Formdex Plus)为双组份,A料为粉状,纸袋包装,每袋25 kg;B料为液体,桶装,每桶17 kg,按重量比1.5:1或体积比0.5:1的比例配制。用机械进行混合,搅拌均匀并形成水泥浆粘稠状。

### (3)涂刷

将配制好的材料按一定的用量标准,用特制的毛刷或滚刷分两遍涂刷在经处理好并已预湿的基面上。涂刷第二遍涂层可在第一遍涂层仍潮湿时(间隔时间为3 h,用量为0.75 kg/m<sup>2</sup>)。

### (4)养护

需空气流通,自然干燥,而且涂层表面干燥

后,必须及时喷水养护,养护时间至少3 d,避免涂层受阳光暴晒和风霜的侵蚀。

另外,粘性防挡水(Formdex Plus)材料可以采用干撒、喷涂、随捣随光的施工方法,超级弹性防挡水(Formdex Uniflex)材料也可以采用喷涂的施工方法。

## 3 防水材料渗透能力的检测

以下主要介绍粘性防挡水(Formdex Plus)系列防水产品渗透能力和毒性的检测情况。

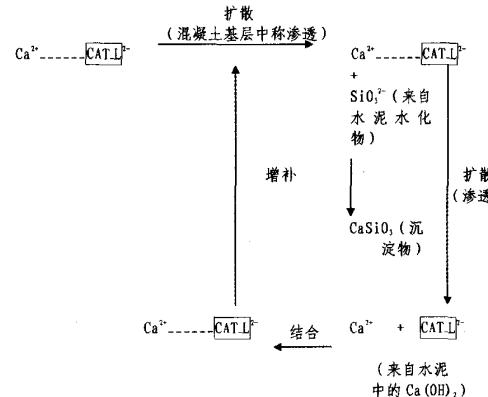
### 3.1 取样检测

水泥基渗透结晶型防水材料在国内应用比较多,国内工程应用和实验室测试中对于渗透深度文献中比较少,国外文献中试验测得的9周以上、压力16 MPa情况下的普通混凝土最大渗透深度150 mm,40 MPa压力下的硅粉混凝土可能少于25 mm。

为了检测在该项目中的使用效果,采用现场取样的方法,取样直径220 mm、长度400 mm混凝土圆柱体,将Formdex Plus按照1.2 k/m<sup>2</sup>用量涂刷在试件一端表面,打磨均匀平整,混凝土试件在成形3 d后浸在深度为试件高度3/4的水中养护(涂层表面不浸水),水温为204±3 °C。

### 3.2 检测结果与分析

水泥基渗透结晶型防水材料的活性化合物的化学反应式如下:



从水泥基渗透结晶型防水材料的渗透机理角度,只要具备适当条件,就可以一直发生化学反应,渗透效果与周围环境温度、混凝土的致密度、湿气含量、外掺剂以及环境条件有关。本次检测的结果在一定程度上反映了该材料的渗透性能,检测结果见图1。

仅就上述关系曲线,对渗透性能定性描述和简要分析。从图中可以看出,曲线近似于抛物线,在初期曲线曲率比较小,即初期渗透速度比较快,养护60 d时渗透深度已经达到25 mm左右,说明

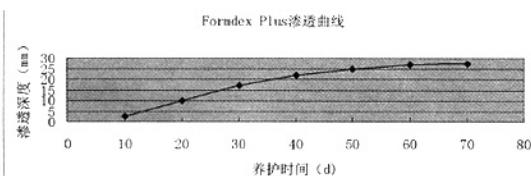


图 1 Formdex Plus 渗透深度与时间关系曲线图

Formdex Plus 具有比较强的渗透能力。随着养护时间的增加, 渗透速度有所减缓, 但仍可继续发展, 这可能与混凝土内部水分、游离钙以及毛细孔隙分布等有关。通常混凝土内部存在一定量未水化的处于惰性状态的水泥, 当 Formdex Plus 与水混合后, 形成了一种高浓度的溶液, 产生压力差, 发生渗透作用以及分子集团的化学键作用, 将其含有特殊作用的化合物顺水压或逆水压传输到混凝土内部, 与未水化的水泥发生复杂化学反应, 形成微晶体, 堵塞毛细孔道。同时试验表明 Formdex Plus 防水材料在潮湿、静水等条件下渗透效果是明显的。

## 4 防水材料毒性检测

试验内容为发光细菌急性毒性测定, 淡水鱼急性致死毒性测定以及提取液的饮用水毒理学指标(铬、铅、镉、银、汞、砷、氰、氟、硝酸盐氮)测定。上述毒理学指标选自中华人民共和国生活饮用水卫生标准 GB 5749-85。

### 4.1 样品处理

将 Formdex Plus 材料按材料商提供的使用方法涂抹在玻片上, 使用量为  $1.5 \text{ kg}/\text{m}^2$ 。涂抹两层, 当第一层涂抹后 2 h 再涂抹第二层。样品在阴凉处干燥 7 d。根据我国有关固体物质毒性浸出的规定(GB/T 15555.1、GB/T 15440 和 GB 5086)确定固液比为 1:10, 在恒温摇床上  $25^\circ\text{C}$   $150 \text{ r}/\text{min}$  提取 24 h。

### 4.2 试验方法

急性毒性测定	发光细菌法 GB/T 15441
淡水鱼急性致死毒性测定	ISO 7346/1
六价铬	$\text{Cr}^{6+}$
铅	Pb
镉	Cd
银	Ag
汞	Hg
硝酸盐氮	$\text{NO}_3^-$ -N
氰	$\text{CN}^-$
砷	As
氟化物	F <sup>-</sup>

### 4.3 试验结果

浸提液毒性试验在中性条件下进行。

#### 4.3.1 发光细菌法测定

$\text{EC}_{50}$  为浸提液浓度的 14.6% (料 : 水比为

1 : 69), 误差范围为 9.6% ~ 22.1% (料 : 水比为 1 : 45 ~ 1 : 104), 无效应浓度为浸提液浓度的 0.6% (料 : 水比为 1 : 600), 误差 0.4% ~ 0.9% (料 : 水比为 1 : 1 000 ~ 1 : 2 500)。

#### 4.3.2 淡水鱼急性致死测定

$\text{EC}_{50}$  为浸提液浓度的 76% (料 : 水比为 1 : 13), 无效应浓度为 40% (料 : 水比为 1 : 25)。

#### 4.3.3 饮用水毒理指标测定

九项指标中  $\text{Hg}$ 、 $\text{NO}_3^-$ -N、 $\text{CN}^-$ 、As、Cd、Ag 六项指标在料 : 水比 1 : 10 即达到饮用水标准。Pb 在料 : 水比 1 : 50 以上,  $\text{F}^-$  在料 : 水比 1 : 10 以上,  $\text{Cr}^{6+}$  在料 : 水比 1 : 100 以上达到饮用水标准。

生物毒性试验结果表明 Formdex Plus 防水材料浸提液在料 : 水比大于 1 : 100 时, 毒理学指标符合中华人民共和国生活饮用水标准 GB 5749-85。淡水鱼急性试验结果, 该产品对微生物呈生理抑制。按使用说明操作, 对环境无不可接受的危害。

## 5 应用效果

(1) 该工程游泳池闭水试验一次通过, 并经受了世界大学生运动会的使用考验, 整个跳水馆工程达到国际先进水平, 工程防水单项也是优秀的, 28 d 抗渗压力  $\geq 1.2 \text{ MPa}$ 。

(2) 该防水材料对环境没有污染, 保证了工程的卫生环保要求。

(3) 该防水材料简化了施工工序, 节省了附加工作内容, 缩短了工期。

(4) 材料的性价比较高。

## 6 结语

通过对渗透能力的检测、毒性检测以及清华大学跳水馆的实际运用, 可以得出以下初步结论:

(1) 水泥基渗透结晶型防水材料 Formdex Plus 的耐久性防水性能是可靠的, 其防水能力不仅仅依靠涂层进行防水, 而是渗透到混凝土内部, 提高混凝土本身的抗渗性能。

(2) Formdex Plus 在潮湿环境下渗透效果是明显的。在初期渗透速度较快, 随着混凝土养护时间的增长, 向混凝土内部的渗透结晶过程可以持续发展。

(3) 材料无毒无害, 满足环保要求。

## 参考文献

- [1]薛绍祖, 朱祖熹, 等. 混凝土结构的背水面防水处理技术[J]. 地下工程与隧道, 2000, (3).
- [2]袁大伟. 再谈渗透结晶型防水剂[J]. 中国建筑防水, 2000, (2).