



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:其一为粘性挡水(Formdex Plus),属刚性防水材料;其二为超级弹性挡水(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 $0.75 \text{ kg/m}^2$ )。

### (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。

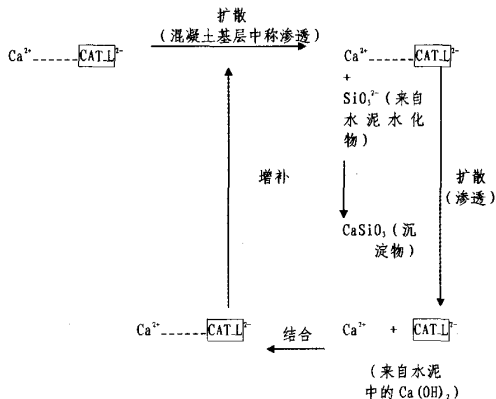
### 3.1 取样检测

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 $1.2 \text{ kg/m}^2$ 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 $20.4 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

### 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

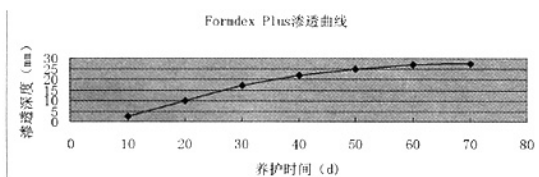


图1 Formdex Plus 渗透深度与时间关系曲线图

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  $1.5 \text{ kg/m}^2$ 。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  $25^\circ\text{C}$   $150 \text{ r/min}$  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	$\text{Cr}^{6+}$	原子吸收分光光度法
铅	Pb	原子吸收分光光度法
镉	Cd	原子吸收分光光度法
银	Ag	原子吸收分光光度法
汞	Hg	冷原子吸收法
硝酸盐氮	$\text{NO}_3\text{-N}$	异烟酸-吡啶啉酮比色法
氰	$\text{CN}^-$	紫外分光光度法
砷	As	二乙氨基二硫代甲酸银比色法
氟化物	$\text{F}^-$	离子选择性电极法

### 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  $\text{Hg}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{CN}^-$ 、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).