

# 南水北调中线永定河倒虹吸工程 橡胶止水带应用模拟试验与施工安装

耿运生<sup>1</sup>,李树瑶<sup>2</sup>,张培基<sup>3</sup>,吴会琴<sup>3</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院,北京 100038;2. 华北水利水电学院,郑州 450000;  
3. 衡水丰泽工程橡胶科技发展有限公司,河北 衡水 053000)

**摘要:**介绍了南水北调中线永定河倒虹吸工程橡胶止水带应用模拟试验材料、装置及试验结果;为水利设计院在水利工程中选用橡胶止水带规格提供了可靠的依据;介绍了止水带在南水北调工程中施工要点。

**关键词:**橡胶止水带;倒虹吸;模拟试验;施工安装

**中图分类号:**TV131.61 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-1683(2006)01-0027-03

## Modeling Test and Installation of Rubber Sealing for the Yongdinghe Inverted Siphon in the South-to-North Water Transfer

GENG Yun-sheng<sup>1</sup>, LI Shu-yao<sup>2</sup>, ZHANG Pei-ji<sup>3</sup>, WU Hui-qin<sup>3</sup>

(1. China Research Institute of Water Conservancy and Hydropower, Beijing 100038;  
2. North China Institute of Water Conservancy and Hydropower, Zhengzhou 450000;  
3. Hengshui Fengze Engineering Rubber S & T Development CO., Ltd, Hengshui 053000, China)

**Abstract:** This paper introduces test materials, equipment and results in the application modeling test of rubber water sealing to inverted siphon building in South-to-North water transfer. It provided for the hydraulic design institutes with the reliable basis on selecting norms of rubber water-resistant belt in hydraulic engineering.

**Key words:** rubber water sealing; inverted siphon building modeling test; installation

### 1 概述

#### 1.1 工程概况

永定河倒虹吸工程是南水北调中线京石段应急供水工程(北京段)的重要建筑物,工程于2003年底开工建设。永定河倒虹吸工程涵身段全长2 485 m,为4孔3.8 m钢筋混凝土方涵。涵管每15 m分缝,缝内止水材料拟采用FPZ-A<sub>7</sub>橡胶止水带。

卢沟桥暗涵上游接永定河倒虹吸,采用2孔3.8 m钢筋混凝土方涵,分缝基本同永定河倒虹吸。工程各段压力水头见表1。

#### 1.2 试验目的

检验衡水丰泽工程橡胶科技发展有限公司的橡胶止水带在永定河倒虹吸工程中的可靠性以及进一步优化设计。

表1 工程压力水头

工程名称	分段	涵底压力水头/m
永定河倒虹吸	大宁水库副坝	15.2
	大宁水库	22.6
	永定河右堤	19.5
	永定河主河槽	26.5
	永定河左堤及滩地	17.5
卢沟桥低压暗涵		17.8

### 2 试验工况

由于工程荷载和地质情况不同,在工程运行期间涵管之间可能发生不均匀沉降变形,北京市水利规划设计研究院根

收稿日期:2005-09-22

作者简介:耿运生(1973-),男,河北东光人,工学硕士,高级工程师,全国一级注册结构工程师,主要从事水工结构和水工水力学方面的研究。

据计算提出以下3种可能的伸缩工程状态。

(1)正常工作状态(工况1):相邻涵管没有不均匀沉降;  
(2)孔间不均匀沉降(工况2):相邻涵管产生剪切位移30 mm;(3)单孔不均匀沉降(工况3):相邻涵管外底重合,外顶裂开至60 mm,止水带拉长23 mm。

### 3 试验材料与装置

#### 3.1 止水带应用范围

橡胶止水带广泛应用于各种类型的混凝土及现浇混凝土结构中。例如:暗渠、挡水坝、蓄水池、倒虹吸、地铁、涵洞、隧道等。在这些工程中有时不能连续浇注或由于地基变形及温度变化等原因会引起混凝土构件的热胀冷缩,因此在浇注时要留有变形缝、施工缝。这些缝的防渗、防漏问题可以通过采用橡胶止水带的办法来解决。它既能防止地下水(或外界水)渗漏到建筑结构中,又可以防止建筑内的水漏到外界,使用效果良好。

#### 3.2 止水带的设计与选用

##### 3.2.1 止水带的选择因素

应根据构筑物的重要性等级、变形缝变形量及水压、止水带的使(应)用工作环境、经济因素等条件综合考虑确定。

##### 3.2.2 止水带材质的选择

- ①一般情况下多选用天然橡胶止水带。
- ②当遇有弱酸、碱类腐蚀介质时,宜选用氯丁橡胶止水带。
- ③当遇有油类介质时宜选用丁腈橡胶止水带。
- ④当遇有霉菌侵蚀的可能时,应考虑橡胶止水带的防霉性,其等级应达到2级及2级以上。

##### ⑤当使用温度为:

- 25℃~60℃时选用氯丁橡胶止水带;
- 35℃~60℃时选用天然橡胶止水带;
- 40℃~60℃时选用三元乙丙橡胶止水带。

##### 3.2.3 止水带宽度与厚度的选择

- ①变形缝的水平及垂直方向的变形量;
- ②水压力;
- ③结构断面尺寸。

##### 3.2.4 止水带的宽度及厚度与变形缝的水平及垂直变形量的关系,见表2。

表2 止水带的宽度及厚度与变形缝的水平及垂直变形量的关系

止水带宽度 /mm	止水带常用 厚度/mm	变形缝的水平或垂直变形量/mm				
		10	20	30	40	50
202	5	●				
252	5	○	●			
302	6	○	○	●		
352	8	○	○	●		
402	10		○	○	●	
452	12				○	●
502	12				○	●

注:●合适 ○可用

本次试验采用衡水丰泽工程橡胶科技开发有限公司研制的FPZ-A<sub>7</sub>橡胶止水带。止水带物理性能指标见表3。

表3 橡胶止水带性能参数

项 目	单 位	指 标
硬度	邵尔 A	57
拉伸强度	MPa	18.5
扯断伸长率	(%)	520
撕裂强度	kN/m	58
压缩永久变形	70℃×24h	(%) 35
	23℃×168h	(%) 20
脆性温度	(℃)	<-45
热空气老化 70℃×168h	硬度变化(邵尔 A)度	+5
	拉伸强度/MPa	17.3
	扯断伸长率(%)	416
臭氧老化 50pphm, 20%, 48h		2级

注:a.规格—止水带最大宽度为356mm,最大厚度18mm;

b.特点—止水梗与带体采用圆弧设计,避免了应力集中缺陷。

FPZ型遇水膨胀止水带的防水线采用遇水膨胀橡胶(图1)制成,使之遇水膨胀后增加了止水带与构筑物的紧密度,从而提高了止水、防水性能,解决了长期困扰人们的环绕渗漏问题。本系列产品已在全国200多个重点工程中广泛采用,使用效果良好。

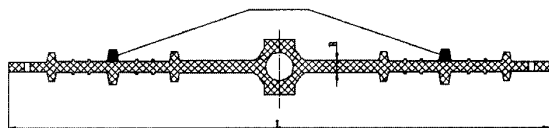


图1 遇水膨胀线

产品特点为:

①防水线采用遇水膨胀橡胶制成,遇水后自行膨胀,使其与混凝土接触更紧密,止水效果更佳。

②断面采用非等厚结构,分为强力区、防水区和安装区,使其各部分受力均匀合理。

③在安装区增设安装孔,可使其与相邻钢筋便于固定,不产生位移。施工方便,定位安装牢靠。

#### 3.3 试验装置

试验装置由中国水利水电科学研究院设计,衡水丰泽工程橡胶科技开发有限公司制作。橡胶止水带方开封闭,浇筑于混凝土块中,混凝土强度等级C30。混凝土块分上下两块,上块可升降或平移,以模拟工程原型中的剪切和拉伸。试验装置示意图2。试验时间在2003年12月。

### 4 试验结果

在模型中注满水,按工况调整混凝土块的相对位移,而后施加压力,恒压后观察止水带的破坏情况和伸缩缝的渗漏情况并记录结果,结果见表3。

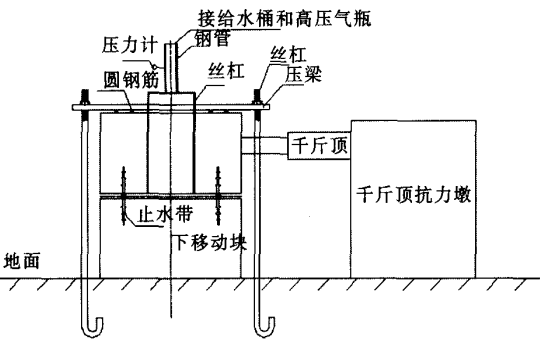


图 2 试验装置立面图

表 3 模型试验成果

工况	压力/MPa	稳压时间	止水带破坏情况	渗漏情况
工况 1	0.4	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.5	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.6	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.7	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.8	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.9	48 h	未见破坏	未见渗漏
工况 2	0.4	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.5	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.6	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.7	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.8	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.9	48 h	未见破坏	未见渗漏
工况 3	0.4	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.5	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.6	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.7	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.8	8 min	未见破坏	未见渗漏
	0.9	48 h	未见破坏	未见渗漏

5 试验结论

在各种工况下,橡胶止水带在 3 倍工作水头作用下未破坏,满足设计提出的工程使用要求。

0.9 MPa 压力下保持 48 h;在正常工作状态、剪切位移 30 mm、拉伸变形 23 mm 三种工况下未见渗漏,止水带抗绕渗能力满足设计提出的工程运用要求。

6 FPZ 型橡胶止水带在南水北调工程中的应用与施工安装

在南水北调中线永定河倒虹工程中采用了 FPZ—A3—8 型橡胶止水带,滹沱河倒虹吸工程采用了 FPZ—A 型遇水膨胀止水带,均已取得良好工程效果(图 3、图 4)完全能满足工程的抗渗止水要求。

止水带是在混凝土浇注过程中部分或全部浇埋在混凝土中。由于混凝土中有许多尖角的石子和钢筋,所以在止水带定位和混凝土浇捣过程中,应注意安装定位方法和浇捣压力,以避免止水带被刺破。由于橡胶的抗撕裂强度比拉伸强度低 3~5 倍,所以如果止水带被刺破将会大大降低止水带抵抗外



图 3 南水北调中线北京段永定河倒虹吸工程



图 4 南水北调中线河北段滹沱河倒虹吸工程

力的能力。因地要注意以下几点。

(1)在绑扎钢筋和支模时,止水带必须采取可靠的固定措施,避免在浇注混凝土时发生位移,保证止水带在混凝土中的正确位置。

(2)固定止水带时,只能在止水带的允许部位上穿孔打洞,不得损坏本体部分。

(3)止水带的固定方法应按设计要求的施工规范进行,常用的固定方法有:利用附加钢筋固定;专用卡具固定;用铅丝和模板固定等。不论采用何种固定方法,都必须保证止水带定位准确,不损坏止水带的有效部分,方便混凝土浇捣。

7 结 语

(1)在各种工况下,FPZ 橡胶止水带在 3 倍工作水头作用下未破坏,满足设计提出的工程使用要求。0.9 MPa 压力下保持 48 h,在正常工作状态、剪切位移 30 mm、拉伸变形 23 mm 三种工况下未欠渗漏,止水带抗绕渗能力满足设计提出的工程运用要求。

(2)南水北调中线永定河及滹沱河倒虹吸工程实际表明 FPZ 橡胶止水带使用性能良好、完全能满足工程的抗渗、止水要求。

参考文献:

[1] 中国水利水电科学研究院. 南水北调中线永定河倒虹吸工程橡胶止水带应用模拟试验报告[R]. 北京:中国水利水电科学研究院,2004. 1.  
[2] 北京市水利设计院. 南水北调中线永定河倒虹吸工程可行性研究报告[R]. 北京:北京市水利设计院,2003.  
[3] 中国工程建设协会,混凝土贮液构筑物变形缝设计规程,1998. 5  
[4] 中国质量技术监督局,高分子防水材料第二部部分止水带国家标准,2001. 1