

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2021.01-05

水利工程橡胶止水现场硫化热粘接接头强度对比分析

龙志勇¹, 宋慈勇², 柯敏勇¹

(1. 水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院, 江苏 南京, 210029;
2. 中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津, 300222)

摘要: 橡胶止水带施工因止水材料本身尺寸限制, 多数情况下需要采用硫化热粘接进行施工, 因此接头部位就成了止水的最薄弱部位。按照相关规范, 标准接头试验样品需要加工成无帮条的工况, 而现场实际情况是接头部位均采用了帮条进行强化。以涡河蒙城水利枢纽橡胶止水带施工为例, 从无帮条、有帮条工况、不同的接头形状、宽度以及不同的夹持方式, 进行了全面的对比分析试验, 为工程后期止水接头施工, 提供更优的工艺做指导。

关键词: 橡胶止水带; 接头强度; 无帮条; 增加帮条; 对比分析

中图分类号: TV442^{+.4} **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-4701 (2021) 01-0032-07

0 引言

橡胶止水带就是利用橡胶材料在受力时产生高弹形变而设置在混凝土变形缝处来阻止水的流动和扩散而制成的扁带状橡胶止水结构, 它必须在应用范围内连续不断或交圈闭合, 在浇筑混凝土时被预埋在变形缝内与混凝土连成一体^[1]。

目前水利工程橡胶止水施工, 因止水材料本身尺寸的限制, 多数情况下现场需要采用硫化热粘接^[2]进行施工, 因此橡胶止水接头^[3]是止水结构最薄弱的部位, 接头质量的好坏直接影响到了工程后期的止水效果。橡胶止水接头质量, 主要以接头抗拉强度与母材抗拉强度的比值来衡量^[4]。按照《硫化橡胶或热塑性橡胶拉

伸应力应变性能的测定》GB/T528-2009/ISO37:2005, 接头按无帮条工况进行检测(详见图 1), 但现场实际施工时多数情况增加了上下面帮条^[5]措施(详见图 2)。因此有必要开展增加帮条工况下抗拉强度试验, 进行对比分析。

1 工程实例

涡河蒙城枢纽^[6]建设工程是涡河上一座集防洪、排涝、蓄水灌溉、交通运输于一体的 III 等大(2)型水利枢纽工程, 其主要建筑物包括船闸和节制闸两部分。节制闸为大(2)型水闸, 开敞式结构, 共 8 联 16 孔, 单孔净宽 10m, 总过流宽度 160m; 船闸为 IV 级, 船型按 500t 级兼顾 1 000t 级设计, 闸室有效尺寸为 240m×23m×

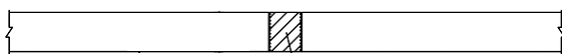


图 1 无帮条工况连接示意图

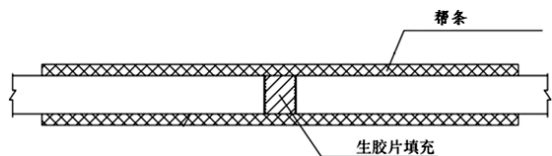


图 2 有帮条工况连接示意图

收稿日期: 2020-10-21

项目来源: 国家重点研发计划专项(2020YFC1511905)。

作者简介: 龙志勇(1985-), 男, 大学本科, 工程师。

4.20m。上闸首与 1# 闸室、闸室与闸室分缝、下闸首与 12# 闸室底板、墩墙设置双道止水(铜片止水+橡胶止水带), 闸室 12 个结构段输水廊道之间设置双道环形橡胶止水带, 船闸上、下闸首与上、下游联结段分缝设置单道橡胶止水带, 上、下游导航墙各结构段分别设置单道橡胶垂直止水带, 上游铺盖及下游护坦设置单道橡胶水平止水。节制闸闸室底板、左右岸墙、上游铺盖、下游消力池、上下游翼墙之间设置双道水平止水(铜片止水+橡胶止水带)。闸墩缝墩设置了双道橡胶垂直止水带, 上下游翼墙墙身各结构段迎水面和背水面分别设置双道橡胶止水带, 左右岸墙墙体和边墩多处设置双道橡胶止水带。

橡胶止水材料的母材料质量和接头质量直接影响枢纽工程止水效果。由于橡胶止水带本身尺寸的限制, 实际工程使用中需要连接。枢纽主体使用的橡胶止水带规格为 350mm-12mm-20mm(宽-厚-圆孔半径)。根据设计要求, 橡胶止水带母材性能指标应满足《高分子防水材料第 2 部分止水带》(GB18173.2-2014) 要求。橡胶止水带现场连接的方法采用硫化热粘接。为了增强接头效果, 本工程橡胶止水带现场粘结工艺是在采用 10mm 生胶进行硫化热粘接的基础上, 在橡胶止水带的两面还增加了 150mm 的帮条。

为了分析研究橡胶止水带增加帮条的接头效果, 我们开展了橡胶止水带接头强度的室内试验, 分别对无帮条、增加帮条两组工况下的橡胶止水带接头强度进行试验分析, 对比分析两组工况下的接头效果, 验证增加帮条工况下橡胶止水带接头效果的可靠性。

2 试验方法及工况

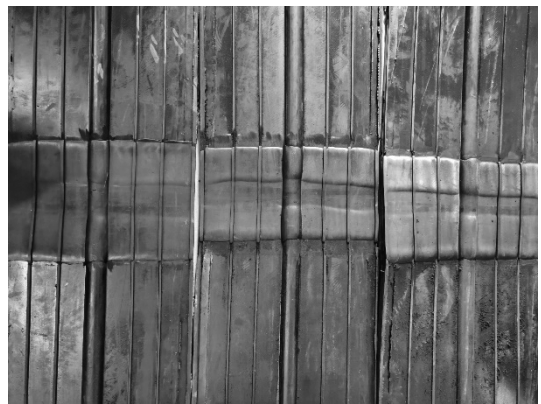
试验采用 SANS 生产的万能试验机, 如照片 1 所示, 最大量程为 5kN, 配有多种类型的夹具及大变形测量系统, 可以进行橡胶止水带各个形状试样的拉伸试验。

对无帮条和增加帮条两组不同工况橡胶止水带接头强度开展试验:

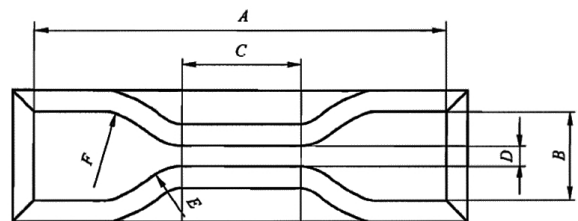
(1) 无帮条工况, 橡胶止水带的母材及接头取三种类型试样: 哑铃状试样^[7]、条状试样和片状试样(试验材料见照片 2)。条状试样取样方向为宽度方向, 片状试样取样方向为厚度方向, 试样如图 3、图 4、图 5、图 6 所示。



照片 1 CMT6503 型万能试验机



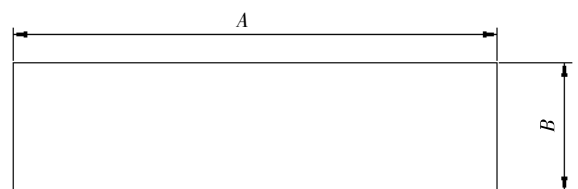
照片 2 试验材料



$$A=115\text{mm}, B=25.0\text{mm}, C=33.0\text{mm}$$

$$D=6.0\text{mm}, E=14.0\text{mm}, F=25.0\text{mm}$$

图 3 哑铃状 1 型试样示意图



$$A=150\text{mm}, B=25.0\text{mm}$$

图 4 条状试样示意图

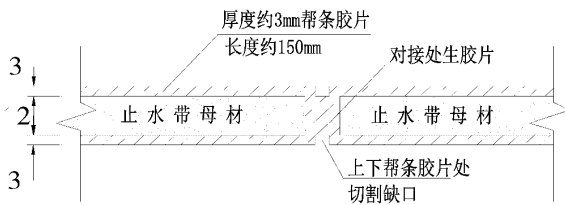


图5 片状切口型试样示意图

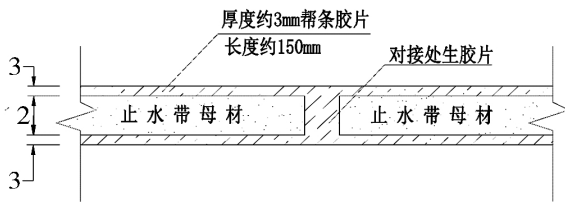


图6 片状全断面试样示意图

(2)增加帮条工况,橡胶止水带的母材及接头取片状试样,宽度分别取2mm和5mm,试样如图3。此外采取两种夹持方式开展试验,第一种是两端夹具夹持在帮条部位,进行全断面拉伸试验;第二种是两端夹具夹持在母材部位,真实反映帮条对橡胶止水带接头的增强效果。

为了真实反映橡胶止水带硫化热粘结接头效果,接头试样和对比的母材试样取自同一截面。哑铃型试样按照《硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定》(GB/T528-2009/ISO37:2005)进行试验,条状试样和片状试样参照《土工合成材料测试规程》(SL 235-2012)进行试验。

两组工况的试验项目汇总表如表1所示。

表1 各工况试样数量、试样形状及试样尺寸

试样编号	工况	试验部位	试样数量/个	试样形状	试样尺寸(宽×厚)/mm
1	无帮条	母材	3	哑铃型	6×2
		接头	3	哑铃型	6×2
2	无帮条	母材	3	条状	25×2
		接头	3	条状	25×2
3	无帮条	母材	3	片状	2× δ
		接头	3	片状(切口)	2× δ
4	增加帮条	母材	3	片状	2× δ
		接头	3	片状(夹持帮条)	2× δ_B
5	增加帮条	母材	3	片状	5× δ
		接头	3	片状(夹持帮条)	5× δ_B
6	增加帮条	母材	3	片状	2× δ
		接头	3	片状(夹持母材)	2× δ_B
7	增加帮条	母材	3	片状	5× δ
		接头	3	片状(夹持母材)	5× δ_B

注: δ 为橡胶止水带原始厚度, δ_B 为橡胶止水带增加帮条后厚度。

3 试验结果分析

3.1 无帮条工况橡胶止水带拉伸试验结果

哑铃型试样母材拉伸和接头拉伸试验结果见表

2。

由表2可知,哑铃型试样橡胶止水带的母材断裂强度平均值为14.9MPa,断裂伸长率平均值为487%,符合规范 $\geq 380\%$ 的要求。哑铃型试样橡胶止水带的接头断裂强度为8.4MPa,满足不小于7.5MPa的要求值。我们定义接头效率=接头强度/母材强度,可计算得到哑铃型试样接头效率,见表3。

表 2 哑铃型试样母材及接头拉伸试验结果

试样编号	宽度/mm	厚度/mm	断裂强力/N	断裂强度/MPa	断裂伸长率/%
1-M1	6	2.06	186	15.0	484
1-M2	6	2.02	182	15.0	505
1-M3	6	1.98	173	14.6	473
1-J1	6	2.06	100	8.3	280
1-J2	6	2.02	104	8.7	296
1-J3	6	1.98	94	8.1	275

表 3 哑铃型试样接头效率

试样编号	1-1	1-2	1-3	平均值
接头效率	0.55	0.58	0.55	0.56

条状试样(25mm×2mm)母材拉伸和接头拉伸试验结果见表 4,计算的接头效率见表 5。

表 4 条状试样(厚度 2mm)母材及接头拉伸试验结果

试样编号	宽度/mm	厚度/mm	断裂强力/N
2-M1	25.0	2.03	665
2-M2	25.0	2.01	658
2-M3	25.0	1.98	632
2-J1	25.0	2.06	351
2-J2	25.0	2.02	358
2-J3	25.0	1.98	353

表 5 条状试样(厚度 2mm)接头效率

试样编号	2-1	2-2	2-3	平均值
接头效率	0.53	0.54	0.56	0.54

片状试样(宽度 2mm)母材拉伸和接头拉伸试验结果见表 6,计算的接头效率见表 7。

3.2 增加帮条工况橡胶止水带拉伸试验结果

片状试样(宽度 2mm, 两端夹持帮条部位)母材

表 6 片状试样(宽度 2mm)母材及接头拉伸试验结果

试样编号	宽度/mm	厚度/mm	断裂强力/N
3-M1	1.96	12.2	315
3-M2	1.98	12.2	321
3-M3	2.02	12.2	321
3-J1	1.96	12.2	177
3-J2	1.98	12.2	168
3-J3	2.02	12.2	172

表 7 片状试样(宽度 2mm)接头效率

试样编号	3-1	3-2	3-3	平均值
接头效率	0.56	0.52	0.54	0.54

拉伸和接头拉伸试验结果见表 8,计算的接头效率见表 9。

表 8 片状试样(宽度 2mm)母材及接头拉伸试验结果

试样编号	宽度/mm	厚度/mm	断裂强力/N
4-M1	2.04	13.5	370
4-M2	2.07	13.5	366
4-M3	2.09	13.5	372
4-J1	2.04	19.3	324
4-J2	2.07	19.3	312
4-J3	2.09	19.3	309

表9 片状试样(宽度 2mm)接头效率

试样编号	4-1	4-2	4-3	平均值
接头效率	0.88	0.85	0.83	0.85

片状试样(宽度 5mm、两端夹持帮条部位)母材拉伸和接头拉伸试验结果见表 10, 计算的接头效率见表 11。

表 10 片状试样(宽度 5mm)母材及接头拉伸试验结果

试样编号	宽度/mm	厚度/mm	断裂强力/N
5-M1	5.08	13.5	743
5-M2	4.95	13.5	706
5-M3	4.93	13.5	726
5-J1	5.08	19.2	598
5-J2	4.95	19.2	587
5-J3	4.93	19.2	565

表 11 片状试样(宽度 5mm)接头效率

试样编号	5-1	5-2	5-3	平均值
接头效率	0.80	0.83	0.78	0.80

片状试样(宽度 2mm、两端夹持母材部位)母材拉伸和接头拉伸试验结果见表 12, 计算的接头效率见表 13。

表 12 片状试样(宽度 2mm)母材拉伸试验结果

试样编号	宽度/mm	厚度/mm	断裂强力/N
6-M1	2.05	13.5	376
6-M2	1.95	13.5	352
6-M3	2.03	13.5	368
6-J1	2.05	19.3	231
6-J2	1.95	19.3	209
6-J3	2.03	19.3	236

表 13 片状试样(宽度 2mm)接头效率

试样编号	6-1	6-2	6-3	平均值
接头效率	0.61	0.59	0.64	0.62

片状试样(宽度 5mm、两端夹持母材部位)母材拉伸和接头拉伸试验结果见表 14, 计算的接头效率见表 15。

表 14 片状试样(宽度 5mm)母材拉伸试验结果

试样编号	宽度/mm	厚度/mm	断裂强力/N
7-M1	4.97	13.5	740
7-M2	5.05	13.5	759
7-M3	4.91	13.5	721
7-J1	4.97	19.3	483
7-J2	5.05	19.3	469
7-J3	4.91	19.3	461

表 15 片状试样(宽度 5mm)接头效率

试样编号	7-1	7-2	7-3	平均值
接头效率	0.65	0.62	0.64	0.64

3.3 试验结果分析

根据 7 组试验的橡胶止水接头效率分析可知:

无帮条工况下 3 种试样形状的橡胶止水带接头效率, 哑铃型试样为 0.56, 条状试样和片状试样均为 0.54, 试样形状对橡胶止水带的接头效率几乎没有影响。

对比分析增加帮条工况 2 种试样形状的橡胶止水带接头效率, 在夹持帮条部位情况下, 宽度 2mm 试样的接头效率为 0.85, 宽度 5mm 试样接头效率为 0.80; 在夹持母材部位情况下, 宽度 2mm 试样的接头效率为 0.62, 宽度 5mm 试样接头效率为 0.64。厚度对接头效率的相关性不明显。实际上, 由于橡胶止水带制样过程中需要打磨, 在制作成宽度 2mm 试样时, 试样容易受到磨损, 可能试样会有一些的不均匀性, 因此接缝效率可

能存在的一定的偏差。

橡胶止水带硫化热粘接时,在无帮条工况下接头效率为0.54,在增加帮条后,全断面拉伸强度提高至母材强度接头效率的0.85,增强效果明显,但分析实际橡胶止水带在增加帮条时的增强效果,应采用母材断面的试验结果,也就是增加帮条工况,橡胶止水带的接头效率从0.54增加至0.62,增加了14.7%。

4 结 语

以涡河蒙城水利枢纽橡胶止水施工为实例,通过现场硫化热粘接接头强度试验对比分析,得到如下结论:

(1)橡胶止水带的母材断裂强度平均值为14.9MPa,断裂伸长率平均值为487%,符合规范 $\geq 380\%$ 的要求。接头强度为8.4MPa,符合规范第10.2.3条“必要时进行强度检查,拉伸强度不应低于母材强度的75%”^[9]的规定,即接头拉伸强度应不小于7.5MPa。

(2)增加帮条后,帮条部位全断面拉伸强度达到母材强度的0.80以上,增加帮条工况橡胶止水带的接头强度比无帮条工况的接头强度增加了14.7%,增加帮条对橡胶止水带接头强度有明显的增强作用。

(3)现场由于硫化热粘接条件的限制,接头效率实际难以达到0.6,在增加帮条后,接头效率增加至0.62以上,满足了规范中6.1.4规定:橡胶止水带的接头强度与母材强度之比应满足不小于0.6的要求^[10]。

建议在工程后续橡胶止水带的粘接时,注重分析总结橡胶止水带接头粘接工艺,不断提高橡胶止水带接头质量,保证橡胶止水带的止水效果和工程安全运行。

参考文献:

- [1] 李艳超. 橡胶止水带在水利工程中的应用[J]. 百科论坛电子杂志, 2020(15):1444.
- [2] 黄少华. 橡胶止水带接头搭接方法浅析 [J]. 工业 C, 2015(049): 88.
- [3] 祝强. 超深 GXJ 地下连续墙橡胶止水接头研究和应用[J]. 现代隧道技术, 2018, 55(Z2): 272~281.
- [4] 王春蕊. 浅谈水工建筑物橡胶止水带接头 [J]. 信息周刊, 2020(5): 127.
- [5] 李立红. 橡胶止水带复合连接结构: CN201921263654.8[P]. 2020-04~24.
- [6] 刘渤. 施工期安全监测技术在蒙城枢纽基坑施工中的应用 [J]. 治淮, 2020(8): 55~57.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, GB/T528-2009/ISO37:2005. 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定[S]. 中国标准出版社, 2009.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, GB18173.2-2014. 高分子防水材料第2部分止水带 [S]. 中国标准出版社, 2014.
- [9] 中华人民共和国水利部, SL677-2014. 水工混凝土施工规范 [S]. 中国水利水电出版社, 2014.
- [10] 中华人民共和国国家发展和改革委员会, DL/T 5215-2005. 水工建筑物止水带技术规范[S]. 水利电力出版社, 2005.

编辑: 张绍付

Contrastive analysis of the strength of on-site vulcanized hot-bonded joints for rubber water stop in water conservancy projects

LONG Zhiyong¹, SONG Ciyong², KE Minyong¹

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute of the Ministry of Water Resources, the Ministry of Traffic Transportation, Bureau of State Energy, Nanjing 210029, China;

2. China Water Resources Beifang Investigation, Design and Research Co., Ltd. Tianjin, 300222, China)

Abstract: In most cases, due to the limits of the size of water sealing material, rubber sealing strips need to be bonded through vulcanized thermal adhesion in engineering projects. Therefore, the joints become the weakest parts to prevent water leakage. According to relevant engineering norms, a standard joint experimental sample shall be without reinforced strips-free. For this reason, jointing parts need to be reinforced with strips according to actual conditions. Taking the application of rubber sealing strips of Mengcheng Water Control Project in the Wohe river as an example, this paper conducts thorough comparative analysis and experiments on various conditions, including reinforced strips or not and different shapes, widths and bonding methods of joints, aiming to provide better technical guidance for the bonding of water sealing joints in the later phases of the project.

Key words: Rubber sealing strips; Joint strength; Without reinforced strips; Adding reinforced strips; Comparative analysis

翻译: 龙志勇