

隧道主体结构渗漏水预防及处理

房瑞霞

宁波市斯正项目管理咨询有限公司, 浙江 宁波 315100

[摘要] 本工程施工缝防水采用多道措施止水, 从外向内包括防水卷材、背贴式橡胶止水带、镀锌钢板止水带、中埋式钢边橡胶止水带、单组份遇水膨胀止水条、可卸式橡胶止水带, 多种形式止水有效控制施工缝渗漏。

[关键词] 防水卷材; 背贴式橡胶止水带; 镀锌钢板止水带; 中埋式钢边橡胶止水带; 单组份遇水膨胀止水条; 可卸式橡胶止水带

DOI: 10.33142/ect.v3i2.15521

中图分类号: U455

文献标识码: A

Prevention and Treatment of Water Leakage in the Main Structure of the Tunnel

FANG Ruixia

Ningbo Sizheng Project Management Consulting Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315100, China

Abstract: The construction joint waterproofing of this project adopts multiple measures to stop water, including waterproofing membrane, back adhesive rubber waterstop, galvanized steel plate waterstop, buried steel edge rubber waterstop, single component water swelling waterstop, and detachable rubber waterstop from the outside to the inside, various forms of waterstop effectively control the leakage of construction joints.

Keywords: waterproof membrane; back mounted rubber waterstop; galvanized steel sheet waterstop; medium buried steel edge rubber waterstop; single component water swelling sealing strip; detachable rubber waterstop

1 工程概况

1.1 工程简介

本工程包含中山路(芳草路以东段)、中山路下穿隧道第24至41号节段(桩号AK0+669.00~AK1+305.00)和文卫路(湖茵路-芳草路)。中山路(芳草路以东段)西起芳草路,东至规划道路,全长约325m,道路标准横断面宽43m,道路等级为城市次干路,设计速度40km/h。文卫路(湖茵路-芳草路)西起湖茵路,东至芳草路,全长约390m,道路横断面宽度36m,跨规划河道桥梁1座。道路等级为城市次干路,设计速度40km/h。工程主要建设内容:道路工程、桥梁工程、排水工程、隧道工程、路灯工程、景观工程、电力排管及其他附属配套工程。

隧道工程开挖方式采用明挖,支护结构根据不同开挖深度采取地连墙、钻孔灌注桩、TRD工法桩、SMW工法桩、水泥搅拌重力挡土墙等加第一道钢筋混凝土支撑和多道钢管支撑(0~3道),地连墙相邻幅连接处采用高喷止水,钻孔灌注桩外侧设置水泥搅拌桩止水帷幕,部分保护建筑物范围处采用TRD工法桩进行二次隔离保护。隧道地基加固采用单轴双向水泥搅拌桩(梅花型布置)、高压旋喷桩(梅花型布置)、三轴搅拌桩(裙边+抽条)方式加固。

隧道主体结构暗埋段采用双孔钢筋混凝土闭合框架结构,标准段结构净高6m,单孔净宽9.3m。局部高填土区域采用双层框架结构,底板厚0.8~1.7m,侧墙厚0.8m,最小纵向分段长度为37m,最大分段长度为46m,节段间

设置3cm宽变形缝。

敞开段AK1+160~AK1+305,总长145m。根据深度不同,结构尺寸相应调整,底板厚度有0.5m~1.2m,侧墙厚度0.5m~1.3m,纵向分段长度为20~25m。节段间设置3cm宽变形缝。本工程规划河道桥梁1座,部分与29节段桥隧共建,桥梁上部结构为钢箱梁。合同工期:1080日历天,工程造价约7亿元。

本工程主体结构施工主要分为18节段施工,24~35节段为暗埋段框架结构,其中24~32节段为双层框架,23~35节段为单层框架结构,36节段为半暗埋半敞开结构,37~41节段为敞开段U型槽。24节段包含泵站结构,28节段包含预留连接通道,29节段为桥隧共建结构,35节段包含泵站结构。

根据本公司以往类似工程经验,下穿隧道侧墙易出现裂缝及渗水现象,渗水面积大小不等。主体结构渗漏水容易使内部的钢筋等材料产生腐蚀,降低钢筋混凝土材料的承载能力、耐久性等,为此项目部需开展渗漏水定期巡查和裂缝监测工作,同时为保证混凝土修补质量,确保主体结构设计使用寿命。

1.2 水文地质条件

(1) 地形地貌:本工程区域位于浙北平原区,堆积地貌,为冲积、海积平原,地形总体平坦。场地内建筑物、道路密集。

(2) 工程地质条件:根据现场勘探和室内土工试验

成果,按地基土的分布,埋深、土性和工程特性及物理学性质,经综合分析,拟建场地在勘探深度范围内可分8个大层、23个亚层,现自上而下分层如下:

表1 土层力学指标

层序	土称名称	地基承载力特征值 $[f_{ak}]$ (kPa)	钻孔桩桩侧土的摩阻力值特征值 q_{sk} (kpa)
第1-1a层	杂填土		
第1-1b层	素填土		
第1-2层	黏土	60	10.8
第1-3层	淤泥质黏土	55	5.4
第2-2层	淤泥质黏土	50	4
第2-3层	淤泥质黏土	55	5.4
第3-1层	黏质粉土	100	11.7
第3-2层	粉质黏土夹粉土	70	9.9
第4-1层	淤泥质粉质黏土	60	8.1
第4-1夹层	黏质粉土	110	15.3
第4-2层	粉质黏土	90	17.1
第4-3层	砂质粉土	130	23.4
第5层	缺失		
第6-1层	粉质黏土	160	32.4
第6-2层	粉质黏土	100	25.2
第6-3层	粉质黏土	140	27.9
第6-4层	粗砂	230	43.2
第7-2层	粉质黏土	120	26.1
第7-3层	细砂夹粉质黏土	150	31.5
第7-4层	粉质黏土	130	27
第8-1层	中砂	240	45
第8-2层	粉质黏土	190	34
第9-1层	粉质黏土	180	30.6
第9-2层	圆砾	320	58.5

(3) 工程水文条件

地表水:拟建场地沿线主要分布三条河流,从东向西依次为卜嘉河、邱隘河和与方庄河,均呈南北向,北侧汇入后塘河,河面宽分别约12.00、20.00和14.00m左右,水深约1.50~2.00m左右,浮泥厚度约0.30m,勘察期间测得河水位标高约1.00m;河水位升降主要受大气降水及人工阀门控制,多雨季节水位上涨,枯水期水位下降,排泄条件良好,基本上无灾害性水患。

地下水:根据地下水的含水介质及其赋存条件,将勘探深度以内的场地地下水分为孔隙潜水和孔隙承压水两种类型。

①孔隙潜水

本工程建筑场地地下水历史最高水位约为3.00m,近3~5年最高水位约为2.80m,最低水位高程约为0.50m,

同时应考虑台风天及地下水位上升对地下室基础施工的不利影响。

②孔隙承压水

根据勘探孔揭露,场地内孔隙承压水主要赋存于第3-1层、第4-1夹层黏质粉土、第4-3层砂质粉土、第6-4层粗砂、第7-3层细砂夹粉质黏土、第8-1层中砂、第9-2层圆砾中。

第3-1层含水层顶板埋深13.80~17.80m、层厚0.40~3.60m,场地内未连续分布,含水量较少;第4-1夹层含水层顶板埋深30.20~33.60m、层厚0.80~4.80m,场地内未连续分布,含水量较少;第6-4层、第7-3层含水层场地内大部分区域相互贯通,第6-4层顶板埋深42.70~52.70m、层厚0.50~9.10米,第6-4层具一定水量,第7-3层水量贫乏;第8-1层含水层顶板埋深52.70~57.60m、层厚1.10~5.70m,场地内未连续分布,具一定水量;第9-2层含水层顶板埋深78.70~79.70m、揭示层厚2.30~3.30m,具一定水量。

1.3 周边环境

工程周边建筑分为侵占主体结构急需动迁建筑和沿线需要保护建筑两大类。

表2 影响施工的构(建)筑物情况

建筑物	结构类型	面积 m^2	现状情况	备注
董玉娣中学	混1~混4	2868	已拆除	影响隧道A工区施工
银丰小区2期门卫室	混1	35	未拆除	影响银丰小区保通
邱一村村委+镇北社区	混3	4233	已拆除	影响隧道E工区施工
宁波弘实制衣	混3	2916	已拆除	影响银丰小区保通道施工

影响施工的建(构)筑拆除后,施工影响范围内主要单位(居民区)由西向东依次为:邱隘镇中心幼儿园分园、银丰小区、邱一香溢湾小区。

2 渗漏水原因分析及预防措施

本工程基坑围护结构主要采用三轴搅拌桩、SMW工法桩、TRD工法桩、钻孔灌注桩和地下连续墙五种形式。渗漏水的防治围绕设计、施工及混凝土供应质量进行展开。

2.1 施工层面

①混凝土浇捣质量。侧墙浇筑过程中混凝土自由落体高度超过2m及振捣不到位的现象,导致混凝土发生离析、密实度较差的情况。预防措施:后续施工过程中应严格控制泵管距离浇筑面的高度,同时加强振捣质量控制。

②坑边荷载的影响。侧墙长20m~46m,高6m,厚50~130cm,分层进行浇筑。浇筑过程中,混凝土搅拌车进出场及泵车作业时产生的荷载通过地面、围护结构传递至刚刚浇筑的混凝土侧墙上,混凝土初凝阶段在外力作用下容易产生裂缝。预防措施:泵车就位时应尽量远离待浇筑侧

墙,减少施工动荷载对混凝土质量的影响。

③结构段划分长度过长可能会容易产生干缩裂缝。目前计划划分的侧墙、中隔墙结构段长度为结构分段长度。20m~46m不等。预防措施:为减少影响因素,加强质量控制,项目部将在A号基坑侧墙施工时进行试验段施工(缩短结构段长度)以验证结构分段长度对裂缝的影响。

④拆模时间。常温时期(气温平均在10~25℃),侧墙模板通常在混凝土浇筑后24h拆除。预防措施:后续施工过程中应严格控制拆模时间。

⑤混凝土养护。高温天气,养护布失水较快且养护布与侧墙不够密贴造成混凝土养护不到位,是裂缝生成的一个关键因素。预防措施:后续施工过程中将采用塑料薄膜湿养护,保持混凝土湿润。

⑥围护结构渗漏处理不彻底。在侧墙施工前项目部应对围护结构渗漏水进行了处理。加强对围护结构漏水漏的堵漏管理工作,确保围护结构堵漏质量。

2.2 设计层面

①由于围护结构外放导致侧墙厚度增加(设计方案采用同标号混凝土进行填充处理),而在侧墙厚度增加后未对钢筋骨架尺寸进行调整,从而导致迎水面保护层过厚(局部达到10cm)。建议措施:a.以保护层厚度不大于5cm为原则对钢筋骨架尺寸进行调整;b.增加1层钢筋网片。

②通过对以往工程裂缝产生的数量及位置统计分析后发现,裂缝大多位于地下连续墙接缝处,而SMW工法桩段侧墙裂缝较少。通过对比设计方案,SMW工法桩段侧墙防水因考虑H型钢拔除影响,防水层施工前施作了20mm厚聚乙烯泡沫板外模,侧墙与围护墙之间相当于设置了1层缓冲带,在围护结构发生变形时,作用在侧墙上的外力明显小于地下连续墙段的侧墙。项目部认为侧墙产生裂缝的主要原因为围护结构变形产生的应力作用导致。建议措施:后续地下连续墙段侧墙防水施工应用厚聚乙烯泡沫板外模。

2.3 混凝土供应质量

目前商砼供应存在质量波较大的情况,一方面混凝土用砂、石原材料市场价格涨幅较大,间接导致原材料质量不稳定;另一方面混凝土从拌站到工地坍落度控制不够理想。预防措施:a.不定期到商砼厂对混凝土用原材料进行抽检,特别当原材料供应厂家发生变化后项目部应及时进行取样送检,必要时还应重新进行配合比设计验证。b.混凝土浇筑当天派专人到商砼厂监督混凝土生产过程,对原材料、配合比进行检查。c.做好混凝土现场验收工作。

3 多样化防水施工技术研究

3.1 防水卷材施工

(1)结构表面清理干净,平整度应满足 $D/L \leq 1/20$,D:相邻两凸面间的最大深度,L:相邻两凸面间的最小距离。凹凸起伏部位应圆滑平缓。所有不满足上述要求的凸出部

位应凿除,并用1:2.5的水泥砂浆进行找平;凹坑部位采用1:2.5水泥砂浆填平。基面应洁净、坚实,不得有疏松、起砂、起皮现象。

(2)底板所有阴角部位应用1:2.5水泥砂浆做成50mmX50mm钝角,阳角做成20mmX20mm的钝角,所有阴阳角部位加铺防水层的加强层,加强层宽度为60cm,转角两侧各30cm。隔离层为无纺布隔离层(肥槽处为2cm聚苯板保护隔离层)

(3)底板防水层铺设完毕,除掉卷材的隔离膜,并立即浇筑50mm厚C20细石混凝土保护层。

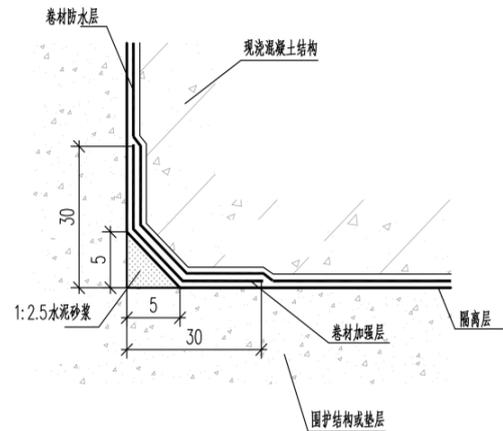


图1 防水卷材阴角做法

(4)侧墙设置找平层,保证平整度,钻孔桩区域为C20喷射混凝土找平,工法桩、地连墙处为砂浆找平。

(5)分段铺设防水层前,在铺设防水层的基面上不得有明水,否则应采取堵漏的方法将水堵住后才可进行下道工序的施工。

(6)防水卷材下部采用水泥钉固定,水泥钉距离卷材顶部2cm,间距不大于50cm,水泥钉外侧用水泥砂浆包裹严密,侧墙防水采用上压下搭接,搭接长度12公分(有效搭接长度10cm)。

(7)侧墙相邻两幅卷材的有效搭接宽度为10cm(不包括钉孔),搭接时搭接缝范围内的隔离膜必须撕去,并用滚杠或橡皮锤压实,压不实处必须采用手持式喷灯烘烤卷材后黏结牢固,卷材搭接位置不允许存在空隙。

(8)侧墙相邻两幅卷材接头位置错开20cm以上。

3.2 施工缝防水施工

3.2.1 水平施工缝

(1)隧道主体结构施工缝采用背贴止水带+钢板止水带+水泥基渗透结晶型防水涂料进行防水处理

(2)墙体水平施工缝应高出底板表面不小于500mm的墙体上,施工缝外侧设背贴式橡胶止水带,与变形缝橡胶止水带搭接处采用热压机硫化搭接胶合法连接,搭接长度不小于10cm。

(3)施工缝浇灌混凝土前,应将其表面浮浆和杂物

清除,先铺净浆,涂刷水泥基渗透结晶防水材料,最后安装遇水膨胀橡胶止水胶条并及时浇灌混凝土。

(4) 遇水膨胀橡胶止水条应与接缝表面密贴,遇水膨胀橡胶止水条施工时应外涂缓胀剂,缓胀剂缓胀时间>8小时,在浇灌新混凝土前应严防防水浸泡失效。其搭接长度为10cm,7天缓胀率应不大于最终膨胀率的60%,最终膨胀率宜大于220%,遇水膨胀橡胶应牢固地安装在缝表面或预留槽内。

(5) 止水钢板用铁丝绑扎固定于结构钢筋上,纵向固定点间距不小于25cm,固定点距止水带边缘不得大于5mm,固定点应牢固可靠,浇灌混凝土时应对应施工缝部位的混凝土进行充分振捣,有利于止水带和混凝土密实粘贴。

(6) 遇水膨胀橡胶止水条嵌入预留凹槽内每隔1m加钉一个水泥钉。止水条连接采用搭接,搭接长度不小于50mm,搭接头应采用水泥钉钉牢。止水条应在干燥的条件下施工,止水条已遭受雨水,地下水或其他水源浸泡,则应揭起重新粘贴新的止水带。

(7) 钢板止水带采用双面焊接,焊接长度50~100mm,止水钢板焊好后,应进行自检,检查有无沙眼、断焊、漏焊或焊缝不饱满之处,不符合要求的进行返工处理。检查合格后,报质检员检查,合格后上报监理工程师检查验收。

3.2.2 环向施工缝

(1) 环形施工缝做法在水平施工缝基础上额外增加

(2) 因施工需环向施工缝,施工缝内需预埋注浆导管,中板与侧墙施工缝交界处、中隔墙与底板顶板施工缝交界处节点需预埋注浆。

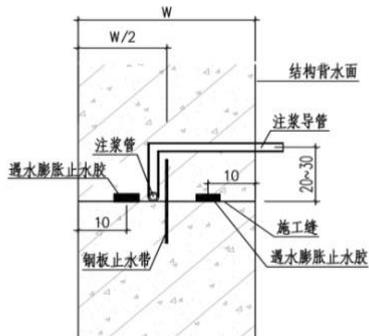


图2 换向施工缝防水构造

注浆导管敷设应严格按设计布管,沿最近的方向敷设,使走向顺直减少弯曲。严禁三层管交叉重叠;平行的两根PVC管间距应大于5cm;板内PVC管之间的交叉角必须大于45°;如果按直线布管不能满足上述要求,则布管宜适当绕行。当注浆管不足时可采用搭接的方式进行连接。在注浆导管布设3cm范围内应该清理干净,可不进行凿毛处理,凹坑部位可用防水砂浆大致找平。

3.3 变形缝防水

3.3.1 变形缝施工基本要求

(1) 变形缝部位属于防水薄弱环节,一旦发生渗漏

很难进行堵漏处理,因此在对变形缝部位进行施工时,一定要按要求精心操作,严格管理。

(2) 对变形缝部位的混凝土应进行充分的振捣,保证止水带部位混凝土的密实性,这是中埋式止水带防水密封的关键,应切实做好。

(3) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽,可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上,待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土内之后,再剃凿出凹槽。

(4) 聚氨酯的填嵌时间应尽可能拖后,在两结构完成部分沉降之后,可减少聚氨酯所负担变形量。填装聚氨酯时应保证缝内混凝土干净、干燥,并严格按照操作规程施工。

(5) 在满足制造、运输、安装要求前提下,止水带应尽量在工厂中连接整体。止水带各种交叉连接节点,应在工厂中作出配件,以保证现场连接只在直线段进行。

(6) 在绑扎钢筋和支模时止水带应采取可靠的固定措施,避免在浇筑混凝土时发生移位,以保证止水带在混凝土断面中的位置正确。

(7) 变形缝两侧混凝土应分两次浇筑,聚乙烯泡沫塑料板应在第一侧混凝土浇筑前安装在模板内侧。

(8) 止水带埋设位置应准确,采用热熔成环施工,接头位置防雨底板位置,其中间空心圆环应与变形缝的中心线重合,止水带应采取可靠的固定措施,顶、底板内止水带应成盆状安设。盆式开孔向上,保证浇捣混凝土时混凝土内产生的气泡顺利排出。

(9) 止水带部位的混凝土必须振捣充分,保证止水带与混凝土咬合密实,这是止水带发挥止水作用的关键,应切实做好。振捣时严禁振捣棒触及止水带

3.3.2 敞开段变形缝(底板)

(1) 先安装背贴式止水带,先浇断混凝土断面做企口,安装中埋式橡胶止水带,上下填充聚乙烯发泡板(斜面安装1cm油毡),最后用聚乙烯隔离膜(厚0.2mm~0.3mm)和聚氨酯隔离胶填缝。

(2) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽,可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上,待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土内之后,再剃凿出凹槽。

(3) 变形缝两侧混凝土应分两次浇筑,聚乙烯泡沫塑料板应在第一侧混凝土浇筑前安装在模板内侧。

(4) 中埋式钢边橡胶止水带型号:BC 350x10-30,止水带埋设空心圆环应与变形缝的中心线重合,止水带应采取可靠的固定措施,顶、底板内止水带应成盆状安设。盆式开孔向上,保证浇捣混凝土时混凝土内产生的气泡顺利排出。

3.3.3 敞开段变形缝(侧墙)

(1) 先安装背贴式止水带,浇段混凝土内做传力杆,

安装中埋式钢边橡胶止水带，上下填充聚乙烯发泡板，侧墙变形缝封口用聚乙烯隔离膜（厚 0.2mm~0.3mm）和聚氨酯隔离胶填缝，外侧用不锈钢接水盒封口，接水盒用 M8 膨胀螺栓固定。

(2) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽，可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上，待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土内之后，再剃凿出凹槽。

(3) 中埋式钢边橡胶止水带型号：BC 350x10-30，止水带埋设空心圆环应与变形缝的中心线重合，止水带应采取可靠的固定措施。

3.3.4 暗埋段变形缝（底板）

(1) 先安装背贴式止水带，先浇断混凝土断面做企口，安装中埋式橡胶止水带，上下填充聚乙烯发泡板（斜面安装 1cm 油毡），最后用聚乙烯隔离膜（厚 0.2mm~0.3mm）和聚氨酯隔离胶填，封口采用可拆卸止水带，并用 C30 预制板当盖板。（可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法）

(2) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽，可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上，待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土内之后，再剃凿出凹槽。

(3) 变形缝两侧混凝土应分两次浇筑，聚乙烯泡沫塑料板应在第一侧混凝土浇筑前安装在模板内侧。

(4) 中埋式钢边橡胶止水带型号：BC 350x10-30，止水带埋设空心圆环应与变形缝的中心线重合，止水带应采取可靠的固定措施，底板内止水带应成盆状安设，采用专用钢筋或扁钢固定，底板在浇捣砼时钢边橡胶止水带应固定成上斜 15°。

3.3.5 暗埋段变形缝（侧墙）

(1) 先安装背贴式止水带，先浇段混凝土内做传力杆，安装中埋式钢边橡胶止水带，上下填充聚乙烯发泡板，最后用聚乙烯隔离膜（厚 0.2mm~0.3mm）和聚氨酯隔离胶填缝，侧墙变形缝封口采用可拆卸止水带，并用不锈钢接水槽当盖板，接水槽采用 M8 螺栓固定，并用聚氨酯密封胶填筑螺栓孔缝隙。（可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法）

(2) 变形缝内填筑聚氨酯凹槽，可以用小压条稳固在沥青油浸软木板或模板上，待混凝土浇筑后拉出压条形成凹槽。不得将整体的聚乙烯泡沫塑料板浇筑在混凝土内之后，再剃凿出凹槽。

3.3.6 暗埋段变形缝（中隔板、中隔墙）

(1) 中隔板：先浇段混凝土内做传力杆，安装中埋式钢边橡胶止水带，上下填充聚乙烯发泡板，板顶用聚乙烯隔离膜（厚 0.2mm~0.3mm）和聚氨酯隔离胶填缝。板底封口采用可拆卸止水带，并用不锈钢接水槽当盖板，接水槽采用 M8 螺栓固定，并用聚氨酯密封胶填筑螺栓孔缝

隙。（可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法）。

(2) 中隔墙：变形缝处填充聚乙烯发泡板，发泡板两侧用聚乙烯隔离膜（厚 0.2mm~0.3mm）和聚氨酯隔离胶填缝。两侧封口均采用可拆卸止水带，并用不锈钢接水槽当盖板，接水槽采用 M8 螺栓固定，并用聚氨酯密封胶填筑螺栓孔缝隙。（可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法）。

3.3.7 暗埋段变形缝（顶板）

(1) 先浇断混凝土断面做企口，安装中埋式橡胶止水带，上下填充聚乙烯发泡板（斜面安装 1cm 油毡），上口用背贴式止水带密封好，下口最后用聚乙烯隔离膜（厚 0.2mm~0.3mm）和聚氨酯隔离胶填，封口采用可拆卸止水带，并用 C30 预制板当盖板。（可拆卸止水带详见后可拆卸止水带做法）。

(2) 顶板变形缝部位的卷材防水加强层在变形缝外贴式止水带范围的防水层隔离膜不撕掉，避免与止水带粘贴，余下宽度范围必须与基层满粘，不得空鼓。

成环式中埋止水带安装固定，为保证变形缝防水质量，减少止水带连接固定，本项目止水带一律采用成环定制，对止水带的定位和安装位置要求较高，项目部研发成环吊装保护装置，对止水带进行悬吊保护。

3.4 可拆卸止水带技术

3.4.1 可卸式止水带断面设置要求如下

(1) 内装可卸式止水带配套的压件、螺栓及配套螺母均应采用镀锌产品。

(2) 可拆卸止水带应布置成环，底部封板（接水槽）引水至边沟。

3.4.2 可拆卸止水带做法（顶板、中隔板、侧墙、中隔墙）

(1) 可拆式止水带构成：单组分遇水膨胀止水胶、组合式盖形螺母 M16、预埋角钢 160X100X10mm、21mm 圆钢、垫圈、六角头螺栓 M16X100、未硫化丁基橡胶腻子片、压条 45X12mm、压板 110X100X10mm、内装可卸式橡胶止水带。

(2) 单组分遇水膨胀止水胶、组合式盖形螺母 M16、预埋角钢 160X100X10mm（与钢筋焊接）、六角头螺栓 M16X100 需提前预埋至变形缝处，与变形缝混凝土一起浇筑，混凝土达到强度后陆续安装 21mm 圆钢、垫圈、未硫化丁基橡胶腻子片、压条 45X12mm、压板 110X100X10mm、内装可卸式橡胶止水带，安装牢固后用膨胀螺栓将接水槽固定，当做止水带封口。

3.4.3 可拆卸止水带做法（底板）

(1) 可拆式止水带构成：单组分遇水膨胀止水胶、组合式盖形螺母 M16、预埋角钢 160X100X10mm、21mm 圆钢、垫圈、六角头螺栓 M16X100、未硫化丁基橡胶腻子片、压条 45X12mm、压板 110X100X10mm、内装可卸式橡胶止水带、角钢 30X4、15X409 硬塑胶条、聚氨酯、C30 预制砗板 60X40X4mm。

(2)单组分遇水膨胀止水胶、组合式盖形螺母 M16、预埋角钢 160X100X10mm (与钢筋焊接)、六角头螺栓 M16X100 需提前预埋至变形缝处,与变形缝混凝土一起浇筑,混凝土达到强度后陆续安装 21mm 圆钢、垫圈、未硫化丁基橡胶腻子片、压条 45X12mm、压板 110X100X10mm、内装可卸式橡胶止水带,安装牢固后在角钢上部焊接封口角钢,并用预制砗板+硬塑胶条进行封口。封口部位用聚氨酯填缝,保证止水带密封。



图3 可卸式止水带安装

4 结论

明湖明挖隧道结构变形缝防水施工,较常规地下结构防水施工增加了成环定制的止水带及可卸式橡胶止水带,为保证变形缝不发生渗漏增添了多重防线,同时可卸式止水带保证了止水带老化后可随时更换,实现了百年工程质量防水目标。为地下结构变形缝防水施工提供了多样性的防水选择,具有推广意义。

【参考文献】

- [1]高桂凤.大跨公路隧道结构受力特性行为分析[D].石家庄:石家庄铁道学院,2004.
- [2]陈三强,陈虹宇,吴贤国,等.基于 Copula-云模型的地铁运营隧道渗漏水风险评价[J].土木工程与管理学报,2019(1):25.

作者简介:房瑞霞(1984.9—),女,学历:2008年毕业于河南大学民生学院,土木工程专业,工学士学位。