

新型防水材料飞玛度在铁路站场地下通道工程中的应用技术

陈 全

中铁四局集团第二工程有限公司 江苏苏州 215100

【摘 要】地下工程防水是设计与施工重点也是难点，同时也是无法回避的问题。长期以来地下工程因诸多因素的影响，工程竣工后均会出现不同程度的渗漏水，尤其是变形缝处。本文以嘉兴火车站站场改扩建工程为例，通过引进新型防水材料飞玛度压缩密封体及工艺技术，取得了显著的效果。本文对其工作原理及变形缝处主要几种工况下的处理工艺及控制要点进行了详细的阐述。

【关键词】新型防水材料；飞玛度；铁路站场；地下通道工程

引言

变形缝由于其非周期性和周期性不均匀沉降及热胀冷缩变形，特别是地下工程变形缝，在地质条件差、富水和地下水位高、地下流砂层等地质环境下，加之施工埋设不规范，作业导致破损等因素影响，变形缝素有“十缝九漏”之说。变形缝渗漏容易发展成为大涌水与带砂，容易造成渗漏失控。除了会导致水的泛滥，反复维修，影响建筑物正常使用及寿命，严重还会导致地下水土失衡，危及建筑物结构安全及周边公共安全。

变形缝防水，从上世纪50年代以“粘结防水，塑性防水”为主，过渡到主要防水为“线状”中埋橡胶止水带。在混凝土浇筑与中埋止水带安装期间，止水带的定位和对接，以及周边混凝土密实，直接影响止水带的水密性；止水带在安装期间人为与机械设备导致的破损和安装缺陷，在实际工程施工中发生概率非常高。一旦发生势必导致渗漏。多数是注浆止水，但变形缝注浆浆液去向难以控制，而且国内大多采用非常劣质的发泡剂浆液，封堵多数是临时，耐久性较差，时间以久反复出现渗漏，无法从根本上消除渗漏水。

变形缝外侧加强设计一道可控的密封防线，是很多设计的共识。上个世纪90年代，确立外包、背贴与中埋式止水带最高设防的三道伸缩缝止水带，现如今又在内侧探索了飞玛度圆形内嵌压缩密封条创新技术。

1 工程概况

嘉兴站站场改扩建工程位于浙江省嘉兴市南湖区境内，为沪杭铁路上二等中间站、客运站，原站规模3台5线。改造后由原来的3台5线扩建为3台6线。主要工程内容为拆除既有站房，复建1921时期老站房与观光天桥一座，新建地下站房，南北站房对称分布；设置地下进站通道、出站通

道、行包地道，增设社会通道沟通南北广场，预留有轨电车通道；改建新建信号楼、分区所、桥梁、泵站等铁路生产生活用房相关工程。鉴于嘉兴站改扩建工程的地下通道众多的特点，为确保按期开通运营，在开通前将新型防水材料飞玛度在地下通道工程中进行了应用。

2 飞玛度工作原理

飞玛度橡胶压缩密封体条，具有“圆形”截面，由均匀分布的封闭“细胞腔”微观结构组成，圆形体条柔韧像一根绳子，弯曲构型容易可靠。在其设计的压缩范围内，能够形成强大、永久、对称的气压回弹力，不会发生永久形变，进而实现缝隙长久物理密封。压缩密封最大的优点是更依赖于材料和结构，最大程度上减少对人工的依赖。

3 典型缝宽处理方案

飞玛度压缩密封规格对应最佳变形缝宽参考值表 表4-1

序号	规格	最佳设计变形缝宽度（mm）	备注
1	Fermadur S10	6~7	
2	Fermadur S12	7~8	
3	Fermadur S14	8.5~9.5	
4	Fermadur S16	10~11	
5	Fermadur S18	11~12	
6	Fermadur S20	12.5~13.5	
7	Fermadur S22	13.5~15	
8	Fermadur S24	15~16.5	
9	Fermadur S26	16.5~18	
10	Fermadur S28	17.5~19	
11	Fermadur S30	19~21	

变形缝宽要求缝的设计以及缝两侧结构表面应无钢筋牵连，钢筋（端头）保护层厚度不低于10mm，缝内表面平行光滑，物理接口密贴。按照飞玛度压缩弹性体的直径选择对应的最佳缝宽（在冬天施工时，缝隙宽度略大，夏天施工时，缝隙宽度略小），具体参考表4-1。

但由于区域温差、设计、构造、缝侧壁混凝土粗糙程度、平顺情况、密实度等因素影响，很难满足飞玛度的设置要求，那就需要对变形缝进行二次改造，使其符合要求。

3.1 符合缝宽要求设置

若设计的变形缝宽度符合要求，可按照表4-1中直接选取对应的飞玛度材料，待缝中杂物清理干净后可直接安装。弹性压缩密封体条与侧壁的接触面，称其为“物理接口”。物理接口越光滑、密实、平顺，橡胶体与接口越密贴，压缩密封的水密性越好。如图4.1-1所示。

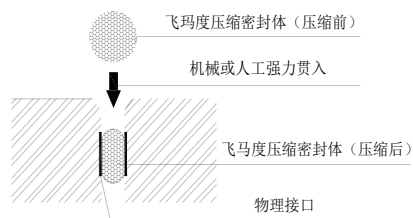


图4.1-1 飞玛度直接贯入变形缝示意图

3.2 缝宽较小处理方案

对于缝宽较小或者新老连接施工缝，可以采用缝隙切割方式造出符合要求的缝宽贯入飞玛度橡胶压缩密封体条。如图4.2-1所示。

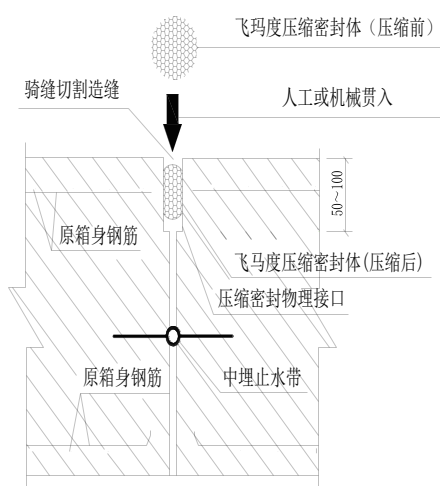


图4.2-1 飞玛度切缝后压入变形缝示意图 单位：mm

3.3 缝宽较大处理方案

飞玛度为新型材料，应用在火车站地下通道工程极少，在结构设计时大多数未考虑新型材料飞玛度的设置要

求，多为后期变更新增或维修项目的情况。嘉兴站站场改扩建地下通道工程属于为确保火车站顺利开通后期增设的情况。原设计变形缝宽30mm，没有对应常规材料。这种情况下压缩密封变形缝需要通过内侧开凿一定深度“U”或“V”槽，在缝隙中央重新立模浇筑标准20mm缝宽。模型板侧壁要求平顺、光滑，宽度符合压缩密封缝隙20mm宽度设计，重新隔缝立制模型后，采用配套RV、RL砂浆浇筑。该材料具有接缝致密、快速强度、高度防裂等性能。待材料达到一定强度后，剔除模板，即得到设计要求的压缩密封缝隙。

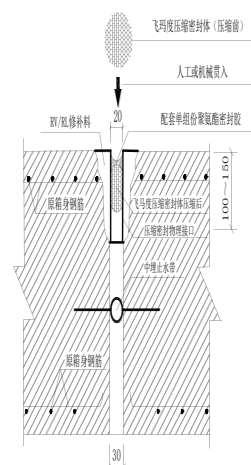


图4.3-1 既有缝宽较大处理方式示意图 单位：mm

如果有一边结构缝侧面较好，单边凿出后，对较好一边缺陷进行打磨，或者局部RV砂浆、FF双快水泥修补，暂时无水状态还可采用HT触变性亲水环氧胶泥找平后，模板紧靠好的一面，对另外一面采用单边修缝。

对于两边结构标高相错位较大的缝隙，与缝隙对齐，达成左右隔离释放的原则，可以稍微倾斜，便于修补，缝隙两边修补面成缓斜坡。具体施作工艺如下：

3.3.1 既有缝隙开凿U槽

确定既有缝隙位置采用电镐开凿，要注意对称精准。凿缝深度一般100mm 深左右，RV、RL 接缝长度可达成密封。凿除并清理此深度的原填充弹性体，也不宜清理过深，否则重新修补浇筑缝隙时，需要底板重新回填弹性板隔离，避免浇筑填充时在新设置的模板底部空隙填充，造成变形缝结构左右相连，后面缝隙变形时势必拉裂，可能导致结构受损。

开凿缝隙尽量和原结构缝隙对齐，保证修补的缝隙与原结构对齐。如果发生偏离过大后，也容易造成左右结构无法自由沉降变形，产生应力集中无法释放，导致结构拉裂受损，如果原有的缝隙弯曲，那只能随弯就弯立模修缝，这些都要遵循变形缝左右分离，利于应力释放原则。

考虑通道底板构造保护，多凿深3cm，将飞玛度压缩密

封系统下沉 30mm, 避免在施工过程中施工车辆碾压在飞玛度上造成破坏, 或避免后期铺装层或找平层上去后, 下沉对转移结构荷载受力直接作用在新老接缝上, 很好地保护修补结构。

3.3.2 基面修缮

采用钢丝刷、硬毛刷、吹风机、高压水枪等工具对新缝侧面进行彻底清理。为了保证修补接缝致密不渗漏。接缝侧面混凝土必须致密坚固, 接缝凿毛要干净, 基面要充分润湿。

3.3.3 模板立制

选定20mm厚度挤塑板作为模板, 裁成宽度大于缝深的板条, 用于隔缝重新浇筑标准宽度的缝隙。转角特殊部位根据缝隙走向, 在现场采用美工刀削切定制。模板两侧可以采用挤塑板三角楔块插紧定位或封端。制模放置到位, 模板的位置和形状就是修好缝隙后的缝的形状位置, 因此模板的选择和放置固定至关重要, 模板厚度、表面光度、易于凿除性等要符合要求。

3.3.4 修缝材料拌制

FERMADUR RL与RV为修缝特别配制的材料。根据修缝的需要以及适应施工现场温度, 所有需要的添加剂在工厂已经试验配置, 现场只需加水即可使用。

FERMADUR RV为预制立面材料, 具有抗垂挂性。RV材料是快速材料, 现场开始还需要特别坚持“少量多次”的拌制原则, 以确定现场材料的最佳施工时间, 保证使材料在最佳的施工时间, 以及最佳和易性下施工, 能确保材料填塞、挤压密实。同时不断压抹, 和接缝压紧, 表面收光至初凝, 这样不会出现任何看不见的下坠, 特别是顶板修缝, 保证接缝密实性。

先在圆桶内放置少量的水, 快速加入适量的RV修缝材料, 采用搅拌器上下左右均匀搅拌, 后面调节材料的干湿度, 加料不宜过量, 尽量避免二次加水, 拌料一次成功。材料如偏湿, 可以略微熟化等待, 在最佳和易性时需要施工人员配合快速将材料施工到位。水和修补材料比例约为1:2.5~3(体积比)。硬化的材料切忌加水后再使用。

FERMADUR RL为特别配制的自流平材料, 用于底板缝隔缝和分仓隙浇筑。

3.3.5 浇筑转角

先浇筑修整四个转角。采用 FERMADUR RV将结构转角做好, 裁剪模板一次性将转角按照缝隙走向做好。在转角部位不存在接头, 同时向上和水平方向能连接转角出去至少100mm或更长, 不宜水平或者垂直一块板到底。

3.3.6 缝隙浇筑

沿着转角延伸, 将墙身由下至上制模修缝, 顶板也是从转角向中间延伸到最后“合拢”。制模到位后立面材料RV分层分节分段施工, 在材料最佳的施工时间将材料填充、振捣挤压密实, 采用磨刀对填充的材料压实、收光, 直至初凝, 确保新老接缝不下坠、修复体密实。

结构底板在清理好凿缝侧面后, 在两个链接块间插入一块模板, 模板插入到位后, 形成模板两边, 成为“一仓”。计算好自流平 FERMADUR RL材料用量, 根据仓位两边一次性搅拌所需材料, 均匀倒入, 快速插到两端接头, 以及模板两边, 刮平待收光完成。

RL材料成自流平状态, 最好一次浇筑到位, 避免多次浇筑分层。由于自流平材料流平面很光, 如果下层材料已凝固, 再在上面倒一层补齐到标高, 层与层之间无法有效结合, 容易产生分层。隔缝模板下部不能有空洞, 自流材料在模板底部左右连接, 没有断开, 到时沉降变形时最后必定断裂产生对修缝结构的拉裂。

现场测量计算每仓所需的材料, 一桶25Kg 材料, 约 5~6Kg 水左右(可以采用卷尺测量水的深度约 8~10cm)。w/c=0.4, w=12.5*0.4=5Kg。

根据施工经验, 一般一仓两边需要1桶料, 因此需要一桶一桶的拌制。浇筑自流平需要做好所有准备工作, 才开始浇筑。采用适当措施压住模板, 避免浇筑时模板“上浮”。上部采用钢支座, 或加重物上压避免上浮, 特别注意做好所有充足的准备工作。3~4 人分工配合, 一个拌料桶装约 5~6Kg 水准备拌料, 将一桶砂浆均匀倒入拌料桶, 边倒边搅拌, 材料呈现很稀的状态, 搅拌看着砂料在浆液里翻腾即可。有时, 阳光和风导致材料凝结很快, 可以拌料略稀, 或分工协作加快节奏和速度。天气太热, 材料反应较快, 可以略微加大用水量。

均匀快速从一侧向另一侧浇筑, 特别注意两端和连接块的接头, 注意浇筑标高, 采用模板或刮刀帮助轻拍密实和收光达到设定标高。多余少量材料直接废弃, 如果一次材料不够, 要加紧拌制材料, 在前面材料凝固前补充至要求标高。

一般初凝时间, 普通型10~15min, 快速型1~3min。1小时后强度能发展致抗压强度>20MPa, 2小时抗压强度>35MPa, 4小时抗压强度>40 MPa以上。会因环境温度在试验室先进行试验, 速度受环境温度影响较大, 现场施工进一步作适应调整。该材料接缝水密性高, 高度防裂以及强度快速。

3.3.7 养护

在材料达到初凝,手指按上去变硬后,在前面 1~2小时频繁进行水养护。底板有条件在材料初凝后,手指按上去材料硬了,即可以泡水养护,侧墙顶板可以喷水养护,也可以覆盖浸湿土工布覆盖养护。

3.3.8 缝壁修补

完成后去除模板形成标准缝隙,用角磨机加以倒角(不小于 2mm),检查缝隙侧壁是否有孔洞,清理基面后,采用FF双快水泥刮浆加以修补完善。对所有的缝隙结构孔洞等缺陷进行认真检查和修补。必须经两人检查同时确认,避免飞玛度贯入后仍发生渗漏水,又要将飞玛度取出,重新修缝。错台或竖向缝隙缺陷很容易产生渗漏,米粒小洞未必影响,但在缝隙拉宽,如FERMADUR S30到缝宽达到25mm上限时,此小缺陷可能影响密封性能,物理接口发生渗漏。

3.3.9 贯入飞玛度橡胶密封体

在经过反复检查确认结构缝隙合格后,采用飞玛度专用尼龙凿将圆形飞玛度压缩密封体条贯入。飞玛度橡胶条具有非常强大的回弹力,无法直接贯入,只能利用尼龙凿在侧壁慢慢贯入。

第一步:采用短柄6磅(大于 2.5kg)锤子,利用凿子的楔形在缝口薄薄卡住圆形飞玛度橡胶体,强力敲打旋转贯入,左右慢慢压入飞玛度橡胶体。

第二步:飞玛度橡胶体一大半已进入缝隙,可以采用尼龙凿,楔形一边紧贴缝壁,往下插打,即可借助楔形逐渐变宽,将橡胶体贯入加深直至设计深度。一般预留 15mm深度嵌填密封胶。

紧握防止反弹,确保不伤害到人身,凿子尖端与缝平行,贯入时不要损坏混凝土结构和橡胶体结构。经常检查凿子尖端是否缺齿,出现时及时采用角向磨机砂轮片磨修。在贯入的过程中尽量避免飞玛度压缩密封体的延伸,以确保最佳的压缩度,从而达到最佳密封效果。可以分段定点贯入,然后不断取中点逐步贯入。同时也可避免细胞式橡胶棒朝一个方向不停旋转。过度拉伸和旋转都会影响压缩密封体性能的完全发挥。贯入过程中注意握稳凿子,找准角度,避免伤手,也避免破坏缝隙结构,贯入越艰难,密封效果越好。

飞玛度压缩密封体的贯通对接采用定制专用的对接胶水 Sico Met 8300,胶水最佳保存温度0~5℃。采用管剪切开两个新的粘结面。一面涂上专用胶水,快速对齐挤压 15 秒即可,1分钟后即可检查对接情况。

粘结主要要求剪开新面干净,快速涂胶,用力各个角度压紧,确保上下左右各个方向都均力挤压,特别是看

不见的下部不要有张口。不需两面涂胶,或多涂胶,挤压后就会均匀,多余的胶都会压出。快速粘结对效果最重要,胶为快速反应胶水,如果已经反应后再压,粘结会大打折扣。

最后在中间接头,剩余约1m对接后,往往橡胶体条略微长于1m,不断取中点贯入,对接处实际上处于挤压状态,这样接头会更加安全。

飞玛度本身可以弯曲,有了配套的对接胶水,各种交叉缝隙,如十字 T 型,甚至其它角度,都可以实现简单的构型,完整密封。

3.3.10 压缩密封保护

对压缩密封体表面用透明胶纸隔离后,采用 11FC 密封胶加以密封保护。侧墙外露防止阳光紫外线,底板上防止铺装层频繁挤压摩擦破坏细胞式橡胶密封体表面。同时,压缩密封后提供了干燥干净的侧壁基面,以压缩密封体为背衬,采用透明胶纸或电胶布进行隔离,可以将密封胶压实压在缝隙侧壁上,这样密封胶本身是一道很好的密封,对飞玛度密封是有效补充。密封胶厚度约12mm,宽度20mm,中间呈现月亮弯。该形状最适合变形密封的需要。可以采用手动或者电动胶枪,前面可以配置合适宽度的钢压嘴,一次性成型。

4 结束语

实施完成后,如带水修缝密封,水压马上就能带水检漏,如有渗漏立即就能调整修复。如密封施工时没有水,可以通过飞玛度针头往飞玛度背后注水,或注低粘度丙烯酸盐粘弹性浆液,或者在试图注入彩色烟气,都可以实现当场检验飞玛度压缩密封的水密性和气密性。

新型防水材料飞玛度通过在嘉兴站站场改扩建地下通道工程中的实践应用证明,只要缝隙结构达标,材料自身强大恢复力,远远大于水的渗透力,能实现密封,并且能在沉降、振动及25%范围内伸缩变形的情况下能长期保持密封。

若能根据结构变形和使用需要,在事前就和设计院沟通在结构内侧100mm深变形缝设计较小的缝宽,选择好飞玛度规格后直接切致标准缝宽,清理干净缝后直接贯入飞玛度效果会更好。

参考文献:

- [1]《铁路桥涵工程施工质量验收标准》TB10415-2018.
- [2]《客货共线铁路桥涵工程施工技术规程》Q/CR9652-2017.
- [3]《地下工程防水技术规范》GB50108-2008.