

地下工程使用的膨润土防水技术新发展

鞠建英

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100045)

摘要: 简要介绍国内外用膨润土(天然纳米材料)作为防水材料的技术发展概况. 重点介绍膨润土毯、膨润土板的应用技术及其优点、特性. 这些产品已在国内外大量使用, 并已代替或可能代替地下工程防水的其他材料.

关键词: 膨润土; 蒙脱石; 天然纳米材料; 膨润土板; 膨润土毯; 止水条

中图分类号: TU57⁺6

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)04-0059-04

继美国瓦楞纸板装膨润土的防水板、两层无纺布中间夹膨润土的防水毯和日本一层无纺布一层塑料板中间夹膨润土的双重防水板后, 韩国利用中国的膨润土生产的膨润土毯、板, 已在地铁、垃圾填埋场等地下工程中大量使用, 几乎代替了地下工程防水的其他材料. 2001 年, 韩国膨润土株式会社在中国海城建合资企业(专门生产膨润土防水材料), 并已在南京地铁工程中铺设, 北京地铁 5 号线也将铺设, 我国许多垃圾填埋场也用其铺设防渗层. 其产品所用的防渗膨润土为天然纳米材料.

1 膨润土——天然纳米防水材料

1.1 膨润土的一般特性

膨润土一般由火山灰形成层状岩石, 大部分是由第三纪火山灰或者流纹岩变质而形成. 最有名的是美国俄亥俄州的膨润土, 推测是由白垩纪的火山活动而形成的. 膨润土的矿物学名称为蒙脱石, 虽然在法国发现, 但是由于在美国蒙大拿州的福塔蒙脱附近首次发现了矿脉, 所以叫做蒙脱石.

膨润土具有遇水膨胀的特性, 钙膨润土膨胀时, 约为自身体积的 3 倍; 钠膨润土膨胀约为自身体积的 15 倍, 能吸收 5 倍于自身重量的水. 膨胀后的膨润土所形成的胶体具有排斥水的性能. 利用这个性能, 人们用膨润土来作防水材料.

膨润土的矿物学名称叫蒙脱石, 其粒径为 $10^{-10} \text{ m} \sim 10^{-8} \text{ m}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 国外称其为天然纳米($10^{-9} \text{ m} \sim 10^{-7} \text{ m}$)材料.

1.2 钠膨润土在防水工程中应用的特性

钠膨润土在 40 年前就应用于大坝底部的防水,

其方法是用纸或者土工布将膨润土包住. 膨润土具有高度的水密性和自身修补复原的功能, 具有以下防水特性.

a. 具有高度的密实性. 钠膨润土在水压状态下形成横隔膜, 厚度约 5 mm 时, 它的透水性为 $\alpha \times 10^{-9} \text{ cm/s}$ 以下, 相当于 100 倍 30 cm 厚度粘土的密实度.

b. 自保水性能好. 钠膨润土和水反应时, 具有 13 ~ 16 倍的膨胀力, 因此能修补 2 mm 以内混凝土表面的裂纹.

c. 具有永久的防水性能. 因为钠膨润土系天然无机材料, 不会发生老化或腐蚀现象, 因此防水性能持久.

1.3 用膨润土防水的优点

a. 自保水性. 膨润土因其独有的膨胀力, 具有渗透到防水施工结束后发生的裂纹(2 mm 以内)内部的能力, 与其他防水方法对施工完成以后发生的缺陷无能为力相比, 能持久发挥其防水性能.

b. 能永久发挥其防水能力. 因为膨润土是天然无机物, 时间的变化和周边物质的影响对其化学性质的影响很小, 并且不发生老化和腐蚀现象, 因此可以永久保持其防水能力.

c. 施工简单, 工期短. 只用钉子和垫圈就可以施工, 施工相对比较简单, 与其他防水方法相比工期比较短. 在防水施工工期上, 与沥青防水相比, 大约缩短 50% 的工期.

d. 对人体无害. 因施工的简便性和材料的特性, 在施工时纳米材料对人体没有影响, 特别是没有加热和粘贴等作业, 减少了施工事故.

e. 容易检测和确认.防水施工结束后,可以立即检查出施工不足的地方或者施工上有问题的地方,以及防水材料的损伤等,可以减少防水施工中可能发生的失误.

f. 容易维修和补修补强.防水施工结束后即使发生了缺陷,水也无法在结构物和防水材料之间流动,所以只要补修漏水部位就可以重新发挥其完美的防水作用,并且在防水施工过程中就可以发挥防水作用.如果在防水施工过程中发现了防水材料的破损,也可以马上简单地进行追加施工,所以防水补强非常容易.

膨润土防水方法与其他防水方法的比较见表 1.

2 膨润土防水产品的施工技术

国外使用钠膨润土防水有较长的历史,效果很好.最近引入我国的防水产品主要是美、日、德、韩等国的,其主要产品如下:

2.1 膨润土防水毯

a. 膨润土垫板是将钠膨润土填充在聚丙烯织布和无纺布之间,将上层的非织布纤维通过针压的方法将膨润土夹在下层的织布上而做成的.用针压施工方法做成的垫板可形成许多小的纤维空间,使膨润土颗粒不能向一个方向流动,在垫板内形成均匀的防水层.其产品规格见表 2.

b. 地面防水层的施工.①如果地面有积水,要先进行排水作业;②如果地面有水气时,要用 PE 胶带搭接 10 cm 后铺设,以防止膨润土防水层的早期水化;③膨润土的织布面要向着结构物表面(施工人员要看着织布面进行施工);④膨润土毯最少要搭接 10 cm 后,以 30 cm 间隔用钉子和垫圈将其固定;⑤膨润土毯施工后,施工人员一定要防止防水层的损伤;⑥为了防止因雨水而发生的早期水化,防水层施工后应铺设 3 ~ 5 cm 厚的水泥砂浆,以防止防水层接触水而早期水化;⑦在进行下道工序之前要检查膨润土防水层是否流失,如有流失或损伤的部位要用密封剂或膨润土粉末进行修补;⑧墙面的沉降缝、施工缝应先铺设 PE 胶带,然后在其上面铺设水泥砂浆保护层;⑨穿透楼地面的管根或柱子根部的缝隙应嵌填膨润土粉末或膨润土密封剂,然后在其上加铺膨润土毯;⑩为了膨润土毯搭接部位的水密性,可以使用膨润土粉末或膨润土密封剂加以补强.

c. 墙面施工.①墙面较大的凹凸不平处或模板支架、穿墙管的孔洞,应用水泥砂浆进行固定和密封处理;②膨润土毯的搭接长度不应小 10 cm,并以 30 cm 的间距用钉子和垫圈将其固定;③膨润土毯的织布面要向着结构表面(施工人员要看着织布面进

行施工);④回填土时,为了防止防水层受损伤,可以设置防护板;⑤为了下道工序的施工,将回填土的顶端预留出 30 cm 高的膨润土毯,用 PE 胶带或密封剂加以收头固定,以防止受到损伤或水化;⑥回填土时要注意不要损伤防水层,并注意夯实,以减少沉降;⑦为了加强搭接部位的水密性,可以涂抹膨润土密封剂;⑧地面和墙面防水层应重叠,连接部位用膨润土粉末或用膨润土防水条补强.

膨润土毯还可以应用于外防内贴、地下连续墙、挡土墙、泥浆护墙以及楼地面的防水层铺设.

2.2 膨润土板(双重防水板)

a. 钠膨润土和水反应时发生水化膨胀.在压实状态下形成胶状的横隔膜从而达到不透水效果.膨润土防水板就是将钠膨润土和土工膜布(HDPE)压缩成型的,具有双重防水性能,施工简便,应用范围更广泛,其产品规格见表 3.

b. 防水层施工工艺流程:施工准备→基层处理→防水层施工→防水层保护→浇筑混凝土或回填土.

c. 地下防水层的施工.①施工时,一般将板的膨润土面层向着结构物的表面,便于采用胶带收头;②用膨润土板作防水层时,屋面板的承载力应为 13.7 MPa,屋面板板缝处要加铺防水卷材进行补强处理;③为了墙体防水工程的后续施工,应在地面防水层两端各切割 30 cm 左右的膨润土板,用 0.05 mm 厚的 PE 胶带上下包住,以保护膨润土;④膨润土板的搭接长度应大于 7 cm,为了保证搭接部位不透水,搭接部位要以 45 cm 为间距用钉子和垫圈进行固定;⑤在铺设保护砂浆以前,要检查防水层的完好状况,如有错漏之处,应进行修补;⑥保护砂浆层的厚度应达 3 ~ 5 cm;⑦在没有保护砂浆的情况下浇筑混凝土时,浇筑高度应小于 60 cm,以防止损伤板.

d. 墙体防水层的施工.①处理好基层后,将膨润土面与墙体基层进行接触施工;②膨润土板的铺设作业可以是水平方向也可以是垂直方向,但当向水平方向施工时,要由下向上按一阶、二阶、三阶的顺序施工;③为了避免因回填土或外力碰损,板端部以 15 ~ 20 cm 为间距用钉子或密封条收头固定;④地面防水层与墙体防水层的连接处,要铺设膨润土颗粒或膨润土条;⑤墙体采用膨润土板作防水层时,回填土一般不必设置保护板,但当回填土不是均匀的沙土时,应设置保护板;⑥回填土层的夯实密度要达到 85% 以上.

2.3 膨润土防水层的辅助材料

a. 膨润土密封剂.①成分:钠膨润土和丁基橡胶的合成物,其延伸性与轻质油脂相似;②适用范围:用于各种细部节点的密封、损伤部位的补强及

表1 多种防水方法比较

防水方法	成分	一般事项	施工方法	施工性能	保护层	综合分析
膨润土防水	钠膨润土	利用高性能膨润土水化反应时体积膨胀的特点,对损伤部位以及2mm以内的裂纹能够自我补修,具有永久的防水效果、强度和延伸率,并且耐腐蚀,耐冲击。	钠基膨润土和水接触时水化膨胀形成凝胶膜,从而达到防水的目的,将其做成膨润土毯、板,用钉子和垫圈固定在结构物上。	不需特别器材或装备,施工简便,工期短。材料易得,可用较少的人员施工。在0℃以下的环境或其他恶劣环境下,使用适当的辅助材料,也可以施工。在贯通部位也能保证防水(使用辅助材料)。	地面:施工完防水层后,可施工50mm的保护砂浆。根据回填土的情况,墙壁不需要保护层。	优点:耐水压,可以耐50~70m的水压,锚位处及板贯通部位,处理比较容易;不受外部压力和冲击的影响;由于水化膨胀,能持续地填充结构物内小于2mm的裂纹;有弯曲的地方的施工也很容易;有永久的耐久性;不受气温影响,施工容易,不需要特殊的设备;对人体无害,对环境没有影响;施工后,不需要特别的检查。缺点:介绍到国内的时间不长。
沥青防水	沥青混合物,沥青涂料,沥青卷材,特殊沥青卷材。	是盖膜防水中使用最普遍的施工方法。特点是加热软化后粘贴,加上盖纸,可以在现场做大范围的防水层,融化的沥青温度下降后变硬,从而达到防水目的。	有加热方法和常温方法,反复叠加熔融的沥青毡和沥青卷以及特殊沥青卷,形成防水层。	需要加热沥青,需要丰富的施工经验,施工复杂,需要特殊的技术,容易引起公害和火灾,需要引起注意。	地面:施工完防水层后,施工50mm保护砂浆。墙壁:施工完10~18mm保护砂浆后,用砖砌保护墙。	优点:历史较长,使用普遍;多层施工,可以补充覆盖住较小的缺点;广泛适用于屋顶、地下室和蓄水池。缺点:对锚位处及板贯通部位处理较困难;需要加热设备和热源,容易引起火灾;材料的柔软性和延伸率较差;施工繁杂,工期长;低温施工较困难;对材料进行加热熔融时,材料的性质随温度发生变化;在倾斜较大部位施工比较困难;发生漏水时,难于发现漏水部位,补修范围大且费用高;容易起层,不适合地面;只有在干燥状态下才能施工。
胶板防水	合成橡胶系,合成树脂系,橡胶沥青,特殊沥青,精制焦油。	将塑料或者合成橡胶用粘剂粘贴成防水层的方法。	施工不方便,表面需要处理,如果混凝土表面湿润,则不能粘接。薄板之间最少要搭接50mm,施工完外壁,一定要用砖保护起来。	施工不方便,表面需要处理,如果混凝土表面湿润,则不能粘接。薄板之间最少要搭接50mm,施工完外壁,一定要用砖保护起来。	地面:施工完防水层后施工50mm保护砂浆。墙壁:施工完10~18mm保护砂浆后,用砖砌保护墙。	优点:防锈性能较好;延伸率较好,能承受基面的微小移动;形成严密的不透水层;对温度的变化不敏感。缺点:防水面要干燥、平坦、清洁;受外压和冲击时容易受损,管理使用时要小心;对锚位处及板贯通部位,处理比较困难;一旦漏水,水会在防水层内流动;因为是单层防水,不能失误;在搭接部位容易漏水;出现缺陷时,难以发现位置,需要另外的保护层;结束部位的施工比较困难;大部分情况,需要内部防水(液体、渗透防水等)。
液体(砂浆)防水	无机物系:钙盐,硅酸苏打混合物;有机物系:石蜡,水乳剂,沥青乳剂,橡胶乳剂,水溶性树脂。	在水泥、沙子、水的混合物中,加无机物或者有机物的防水材料,作成不透水层,涂抹在混凝土的表面。	在无法施工外墙防水的情况下,可涂抹在结构物内部的地面上,一般要求涂抹两次。作为结构物防水和薄板防水的补充作用,施工在内部。利用适当的工具细致地涂抹。	施工时要求地面保持干燥,涂抹时要保持均匀。对水压和冲击非常脆弱,涂抹时要求保持均匀。弯曲和凹凸部位容易施工。二次涂抹时,要先确认第一次施工后的干燥程度。		优点:不规划部位的施工,比较容易;价格低廉;比较容易添加和调整表面强化剂,无收缩剂等添加剂;不担心渗透。缺点:施工面必须干燥;能承受的外压和冲击非常弱;材料的柔软性和延伸率比较小,外部施工时,施工温度的范围很小;只适用于内部防水;容易引起化学变化,所以没有永久性;施工面有贯通部位时,要使用其他防水材料。
渗透防水	水发物质,水发物质的溶解和分解剂,活性聚合化学剂。	将合成树脂和水发物质的高分子乳胶涂抹在混凝土或者砂浆上,渗透和填充结构物体内的防水材料。	保持清洁和适当的湿润状态,在限定时间内,用泥铲或其他工具在结构物的表面涂抹二次以上。	为了涂抹细致,要保持平滑的表面。要求熟练工向规定的方向涂抹均匀,二次涂抹时,要调整好时间。养护时要泼水并避免直射光线照射。	有时用麻布作保护层。	优点:在高水压下,在结构物内形成渗透结晶体;抗水性和抗药性比较强;对一部分裂纹缺陷,补修比较容易;根据施工条件,可以随意选择昂贵和便宜的产品;属于反应硬化型,工程废水少;材料非常简单,在狭小空间里也可以施工。缺点:一般在-5℃以下不能施工;和其他防水材料相比,对防水面的先行处理比较严格;配合比稍微不同时,渗透的效果会有很大的差异;有通气性,外部的湿气流进来;对锚位处及板贯通部位,处理效果不明显;各生产厂家的产品,化学成分组成都不同,选择起来比较困难;有一定的干缩性。

表2 膨润土防水毯等产品规格

产 品	规 格	用 途
膨润土防水毯	1.2 m×6.0 m×5.5 mm	作地下防水材料(可以调整距离)
膨润土防水密封胶	20 kg/包	用于缝隙部位和补强
膨润土防水粉末	20 kg/包	用在边角部位的补强处理
膨润土防水条	4 cm×5 cm	用在边角地面与墙体连接部位的泛水补强

注:膨润土毯根据需要宽可达6 m,长可达40 m.

表3 膨润土防水板等产品规格

产 品	规 格	用 途
膨润土防水板	1.2 m×7.5 m×4.5 mm	用于工业与民用建筑的地下防水工程(咸水用)
膨润土防水板颗粒	20 kg/包	泛水及施工部位的补强
膨润土防水板胶带	7 cm×25 m	搭接部位和收头用
A/L封边条	1.5 m×2 cm	密封和收头用

膨润土防水层的收头固定;③施工方法:基层处理干净后,用泥铲涂抹在基层上;④规格:20 kg/罐.

b. 膨润土粉末.①成分:将100%的优良钠膨润土粉末打成包;②适用范围:垃圾填埋场以及水池等处,与土壤混合形成一道辅助的防水层;③规格:20 kg/包.

c. 膨润土条.①成分:将天然的钠膨润土装在水溶性的无纺布管里形成的产品;②产品特征:与水接触时,无纺布管融化消失后,膨润土粉末发挥防水性能,因此可以将一定量的膨润土管铺在结构物防水的薄弱部位上;③适用范围:地面与墙体的连接部位、涂抹膨润土粉末困难的缝隙或坑道等薄弱部位的防水.

d. 收头密封条.用于膨润土防水层的收头、墙体防水层固定以及接缝部位的加固,宽度为2 cm、厚度为2 mm以上的密封条.

e. 钉子、垫圈.使用在防水层的固定上,钉子的长度一般要求在27 mm以上,垫圈要求直径为23 mm以上.

f. 膨润土止水剂.它是将膨润土和丁基橡胶合成的产品,用于混凝土伸缩缝的防水,具有柔韧性,在低温状态下防水效果较好.

3 结 语

为与国外产品加以区别,我国生产的膨润土防水产品分别称为纳米防水毯、纳米防水板等,其产品规格、材料性能指标、生产工艺、施工方法与韩国一致(韩国与美国一致),但价格仅为国外的1/2~1/3.因为我国的膨润土资源居世界第一,有些方面的性能指标比国外还好.

参考文献:

- [1] 鞠建英.特种结构地基基础工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [2] 鞠建英.实用地下工程防水手册[M].北京:中国计划出版社,2002.
- [3] 文斌.我国研制成功令人惊奇的纳米塑料[J].中国建设动态,2001.(3):46~48.

(收稿日期:2001-06-22 编辑:张志琴)

(上接第22页)(1956~1975年).7月是帕隆藏布最大月径流出现时间,其水量约占全年的26%,最小月径流出现在2月份,水量占全年的1.2%.依据各种基本参数,运用面积分割和长系列年降水距平百分率修正等方法,得到1953~1997年加马其美站和培龙站各45 a的年平均流量.由平均流量分析得知,加马其美站45年间的平均流量为421.0 m³/s,培龙站为924.4 m³/s,后者是前者的2.2倍.这是因为帕隆藏布流域内比主河集水面积还大的最大支流易贡藏布江汇入的缘故.从水文条件分析,由于河床坡降大,水流流速大,加速了对岸坡坡脚的冲刷,坡脚失稳,从而导致了两岸山体的滑坡.

5 结 语

帕隆藏布流域是雅鲁藏布5大支流中面积仅次

于拉萨河的第二大支流,水量最为丰沛.这里紧邻雅鲁藏布江大拐弯深切大峡谷,河流深切,岭谷高差大,山坡陡.在该流域内,尤其通麦以下和拉月曲,是喜马拉雅块体的东北缘接触带和板块缝合线所在地,岩层直立或倒转,断层节理密布,更有伴随板块缝合线的混杂堆积物(岩体)分布,还是青藏高原南部地震区的强地震频发地区,等等.这一切导致帕隆藏布流域是一个滑坡泥石流发育齐全、规模大、危害严重的地区,也是特殊的自然环境所造就的山地灾害“博物馆”.

参考文献:

- [1] 中国科学院地理研究所.青藏高原地图集[M].北京:科学出版社,1990.

(收稿日期:2001-09-02 编辑:马敏峰)