

水利工程中复合式防渗墙试验及施工方法

陈松¹ 刘闯杰² 袁明星²

1. 泗洪县机电排灌管理总站, 中国·江苏 宿迁 223900

2. 宿迁金龙水利建设工程有限公司, 中国·江苏 宿迁 223900

摘要: 水利工程中复合式防渗墙试验及其施工方法, 水利工程用复合式防渗墙, 包括抗渗墙体和设置于抗渗墙体内部的预埋钢筋架, 抗渗墙体由抗渗混凝土固化成型得到; 抗渗混凝土包括以下原料: 水泥 80~115 份, 碎石 155~185 份, 砂子 210~240 份, 膨润土 65~85 份, 粉煤灰 15~30 份, 水 130~160 份, 减水剂 1.5~4.5 份, 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 3.5~6.6 份。防渗墙的施工方法: S1: 在开挖区挖槽, 形成施工槽; S2: 在施工槽内放置安装预埋钢筋架, 然后注入抗渗混凝土养护, 形成抗渗墙体, 完成复合式防渗墙的施工。本方法具有提高防渗墙的抗渗性的效果。

关键词: 水利工程; 复合式防渗墙; 试验; 施工方法

Testing and Construction Methods of Composite Anti-seepage Walls in Hydraulic Engineering

Song Chen¹ Chuangjie Liu² Mingxing Yuan²

1. Sihong County Mechanical and Electrical Irrigation Management Station, Suqian, Jiangsu, 223900, China

2. Suqian Jinlong Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd., Suqian, Jiangsu, 223900, China

Abstract: Test and construction method of composite anti-seepage wall in water conservancy engineering. The composite anti-seepage wall used in water conservancy engineering includes an anti-seepage wall and a pre embedded steel frame set inside the anti-seepage wall. The anti-seepage wall is formed by curing anti-seepage concrete; Impermeable concrete includes the following raw materials: 80~115 parts of cement, 155~185 parts of crushed stone, 210~240 parts of sand, 65~85 parts of bentonite, 15~30 parts of fly ash, 130~160 parts of water, 1.5~4.5 parts of water reducer, and 3.5~6.6 parts of SAP coated with glycidyl ester epoxy resin. Construction method of anti-seepage wall: S1: Dig a trench in the excavation area to form a construction trench; S2: Place and install pre embedded steel bars in the construction trench, then inject anti-seepage concrete for curing to form an anti-seepage wall, and complete the construction of the composite anti-seepage wall. This method has the effect of improving the impermeability of impermeable walls.

Keywords: water conservancy engineering; composite anti-seepage wall; experiment; construction method

0 前言

防渗墙是水利工程中常见的墙体结构, 用于提高坝体或堤岸防渗性和稳定性。基于地质或地形的影响, 水利堤岸建造所在的地层可能存在松散或土质太软的情况, 容易发生渗漏, 进而影响到坝体的结构强度及稳定, 因此防渗墙的作用极为重要。

防渗墙的施工方法一般为在预定施工地点挖槽, 挖槽后在槽底打钻孔, 钻孔后往孔内注入混凝土浆, 混凝土浆成型后形成防渗墙。

上述防渗墙结构由于需考虑墙体应力问题, 混凝土的强度不能过高, 因此一般使用塑性较高的混凝土, 但往往会导致防渗墙的抗渗性不佳, 使得防渗墙的适应场景和范围受影响。

1 技术方案

为了提高防渗墙的抗渗性, 提供水利工程用复合式防渗墙试验及其施工方法。

1.1 水利工程用复合式防渗墙设计

水利工程用复合式防渗墙, 包括抗渗墙体和设置于抗渗墙体内部的预埋钢筋架, 抗渗墙体由抗渗混凝土固化成型得到。

抗渗混凝土包括以下重量份的原料: 水泥 80~115 份, 碎石 155~185 份, 砂子 210~240 份, 膨润土 65~85 份, 粉煤灰 15~30 份, 水 130~160 份, 减水剂 1.5~4.5 份, 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 3.5~6.6 份。

通过采用上述技术方案, SAP 是高吸水树脂的简称, 具有良好的吸水性, SAP 应用于混凝土中, 可以吸收混凝土中的自由水, 减少自由水在混凝土的硬化过程中不断蒸发而形成孔隙的情况, 从而减少混凝土中渗透通道, 但在实践中发现, SAP 过早与水接触并吸水, 会导致用于保持混凝土流动性的自由水不足, 影响混凝土的和易性, 另外 SAP 吸水后会释水萎缩, 同样会给混凝土内部带来一些孔洞, 影响混凝土的强度。

因此, 采用缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP, 在混凝

土搅拌和养护的初期, 缩水甘油酯型环氧树脂阻碍 SAP 吸水, 从而有效避免出现混凝土初期自由水不足的情况, 提高混凝土的和易性, 而且在混凝土养护进程中, 缩水甘油酯型环氧树脂受碱性环境的影响而分解, 不再阻碍 SAP 吸水, 此时 SAP 树脂可以吸收混凝土中的自由水, 减少混凝土中渗透通道, 提高混凝土的抗渗性; 另外缩水甘油酯型环氧树脂的包覆使得 SAP 的吸水时机推迟, SAP 吸水时附近水泥已进行较为充分的水化硬化, 抑制了 SAP 的过度膨胀, 从而减小 SAP 释水微缩后形成的孔洞的大小, 提高混凝土的强度。

可选的, 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 的制备原料包括以下组分: SAP 树脂、缩水甘油酯型环氧树脂、2,5-己二醇和固化剂, 其中 SAP 树脂、缩水甘油酯型环氧树脂、2,5-己二醇和固化剂的重量比为 10 : (15~19.5) : (0.86~1.23) : (0.05~0.15)。

通过采用上述技术方案, 2,5-己二醇与缩水甘油酯型环氧树脂的部分环氧基反应连接, 提高缩水甘油酯型环氧树脂与 SAP 树脂的相容性, 使缩水甘油酯型环氧树脂更好的包覆 SAP 树脂, 并且限制缩水甘油酯型环氧树脂固化后的交联程度, 从而控制缩水甘油酯型环氧树脂被分解的难易程度, 使缩水甘油酯型环氧树脂在合适的时机分解, 从而控制 SAP 的吸水时机, 因此提高混凝土的强度和抗渗性。

1.2 水利工程用复合式防渗墙的施工方法

水利工程用复合式防渗墙的施工方法, 包括以下步骤:

S1: 在开挖区挖槽, 形成施工槽。

S2: 在施工槽内放置安装预埋钢筋架, 然后注入抗渗混凝土, 养护 28d 或 28d 以上, 形成抗渗墙体, 完成复合式防渗墙的施工。

抗渗混凝土的制备方法为: 将碎石、砂子、膨润土和粉煤灰混合搅拌, 然后加入水泥和缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP, 继续搅拌, 然后加入水和减水剂, 继续搅拌, 得到抗渗混凝土。

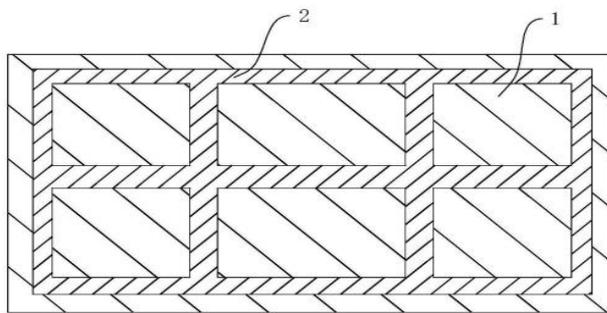
通过采用上述技术方案, 制备得到抗渗混凝土, 实现预埋钢筋架与抗渗墙体, 完成复合式防渗墙的施工。

可选的, 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 的制备方法: 将缩水甘油酯型环氧树脂、2,5-己二醇和乙酸乙酯在 45℃~55℃下搅拌反应 1~1.5h, 然后加入 SAP 树脂, 升温至 60℃~65℃后再缓慢加入固化剂, 继续搅拌 1~1.5h, 过滤, 干燥, 获得缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP。

通过采用上述技术方案, 先利用 2,5-己二醇对缩水甘油酯型环氧树脂进行改性, 然后再包覆 SAP 树脂, 获得缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP^[1]。

2 附图说明

实施例 1 的平面结构图如图 1 所示。



1—抗渗墙体; 2—预埋钢筋架。

图 1 实施例 1 的平面结构图

3 具体实施方案

制备例 1: 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP, 包括以下原料:

缩水甘油酯型环氧树脂 15kg、2,5-己二醇 0.86kg、乙酸乙酯 40kg、SAP 树脂 10kg、固化剂 0.05kg。其中, 缩水甘油酯型环氧树脂为 4,5-环氧四氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯, SAP 树脂的粒径为 1mm, 固化剂为偏苯三甲酸酐。

缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 的制备方法, 包括以下步骤:

将固化剂溶于 0.5kg 的乙酸乙酯中, 获得固化剂溶液。

将缩水甘油酯型环氧树脂、2,5-己二醇和 39.5kg 乙酸乙酯加入反应釜中, 加热至 45℃并搅拌反应 1.5h, 然后加入 SAP 树脂, 升温至 60℃后再缓慢加入固化剂溶液, 1h 加入完毕, 继续搅拌 1h, 过滤并收集滤体, 滤体在 55℃的烘箱中干燥 1h, 获得缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP。

制备例 2: 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP, 包括以下原料:

缩水甘油酯型环氧树脂 19.5kg、2,5-己二醇 1.23kg、乙酸乙酯 60kg、SAP 树脂 10kg、固化剂 0.15kg。其中, 缩水甘油酯型环氧树脂为 4,5-环氧四氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯, SAP 树脂的粒径为 1.5mm, 固化剂为偏苯三甲酸酐。

缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 的制备方法, 包括以下步骤:

将固化剂溶于 0.5kg 的乙酸乙酯中, 获得固化剂溶液。

将缩水甘油酯型环氧树脂、2,5-己二醇和 59.5kg 乙酸乙酯加入反应釜中, 加热至 55℃并搅拌反应 1h, 然后加入 SAP 树脂, 升温至 65℃后再缓慢加入固化剂溶液, 1h 加入完毕, 继续搅拌 1.5h, 过滤并收集滤体, 滤体在 55℃的烘箱中干燥 1h, 获得缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP。

制备例 3: 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP, 包括以下原料:

缩水甘油酯型环氧树脂 17kg、2,5-己二醇 1.12kg、乙酸乙酯 50kg、SAP 树脂 10kg、固化剂 0.1kg。其中缩水甘油酯型环氧树脂为 4,5-环氧四氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯,

SAP 树脂的粒径为 1mm, 固化剂为偏苯三甲酸酐。

缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 的制备方法, 包括以下步骤:

将固化剂溶于 0.5kg 的乙酸乙酯中, 获得固化剂溶液。

将缩水甘油酯型环氧树脂、2,5-己二醇和 49.5kg 乙酸乙酯加入反应釜中, 加热至 50℃并搅拌反应 1h, 然后加入 SAP 树脂, 升温至 65℃后再缓慢加入固化剂溶液, 1h 加入完毕, 继续搅拌 1h, 过滤并收集滤体, 滤体在 55℃的烘箱中干燥 1h, 获得缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP。

制备例 4: 本制备例与制备例 3 的区别在于, 本对比例还加入有 0.36kg 纳米二氧化硅。纳米二氧化硅的粒径为 60~80nm。

具体的, 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 的制备方法, 包括以下步骤:

将固化剂溶于 0.5kg 的乙酸乙酯中, 获得固化剂溶液。

将缩水甘油酯型环氧树脂、2,5-己二醇和 49.5kg 乙酸乙酯加入反应釜中, 加热至 50℃并搅拌反应 1h, 然后加入 SAP 树脂和纳米二氧化硅, 升温至 65℃后再缓慢加入固化剂溶液, 1h 加入完毕, 继续搅拌 1h, 过滤并收集滤体, 滤体在 55℃的烘箱中干燥 1h, 获得缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP。

制备例 5: 本制备例与制备例 4 的区别在于, 本制备例中纳米二氧化硅的加入量为 0.88kg。

制备例 6: 本制备例与制备例 3 的区别在于, 本制备例中不加入 2,5-己二醇。

制备例 7: 本制备例与制备例 3 的区别在于, 本制备例中 2,5-己二醇的加入量为 2kg。

实施例 1: 如图 1 所示, 一种水利工程用复合式防渗墙包括抗渗墙体 1 和预埋钢筋架 2, 抗渗墙体 1 设置在施工槽内, 预埋钢筋架 2 安装于抗渗墙体 1 内部。

其中, 抗渗墙体 1 由抗渗混凝土固化成型得到。

抗渗混凝土包括以下原料:

水泥 80kg、碎石 155kg、砂子 210kg、膨润土 65kg、粉煤灰 15kg、水 130kg、减水剂 1.5kg、缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 3.5kg。其中, 减水剂为聚羧酸减水剂, 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 1 制得。

抗渗混凝土的制备方法, 包括以下步骤:

将碎石、砂子、膨润土和粉煤灰加入混凝土搅拌机混合搅拌 4min, 然后加入水泥和缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP, 继续搅拌 2min, 然后加入水和减水剂, 继续搅拌 1min, 得到抗渗混凝土。

水利工程用复合式防渗墙的施工方法, 包括以下步骤:

S1: 确定开挖区, 在开挖区挖槽, 形成施工槽。

S2: 在施工槽内放置安装预埋钢筋架 2, 然后注入抗渗混凝土, 养护 28d, 形成抗渗墙体 1, 完成复合式防渗墙的施工。

实施例 2: 本实施例与实施例 1 的区别在于抗渗混凝土的组成不同。

抗渗混凝土包括以下原料:

水泥 115kg、碎石 185kg、砂子 240kg、膨润土 85kg、粉煤灰 30kg、水 160kg、减水剂 4.5kg、缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 6.6kg。其中减水剂为聚羧酸减水剂, 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 1 制得。

实施例 3: 本实施例与实施例 1 的区别在于抗渗混凝土的组成不同。

抗渗混凝土包括以下原料:

水泥 95kg、碎石 168kg、砂子 223kg、膨润土 72kg、粉煤灰 20kg、水 146kg、减水剂 2.1kg、缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 6.1kg。其中, 减水剂为聚羧酸减水剂, 缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 1 制得。

实施例 4: 本实施例与实施例 3 的区别在于, 本实施例中抗渗混凝土的缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 2 制得。

实施例 5: 本实施例与实施例 3 的区别在于, 本实施例中抗渗混凝土的缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 3 制得。

实施例 6: 本实施例与实施例 3 的区别在于, 本实施例中抗渗混凝土的缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 4 制得。

实施例 7: 本实施例与实施例 3 的区别在于, 本实施例中抗渗混凝土的缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 5 制得。

实施例 8: 本实施例与实施例 3 的区别在于, 本实施例中的抗渗混凝土制备方法中, 不加入缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP。

实施例 9: 本实施例与实施例 3 的区别在于, 本实施例中的抗渗混凝土制备方法中, 用等量的 SAP 树脂替代缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP。

实施例 10: 本实施例与实施例 3 的区别在于, 本实施例中抗渗混凝土的缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 6 制得。

实施例 11: 本实施例与实施例 3 的区别在于, 本实施例中抗渗混凝土的缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 由制备例 7 制得。

性能测试: 在实施例 1~11 制得抗渗混凝土后, 取部分抗渗混凝土进行测试。

根据 GB/T50081—2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》, 对各个实施例制得的抗渗混凝土进行抗压强度测试, 抗渗混凝土养护时间 28d, 测试结果如表 1 所示。

根据 GB/T50081—2002《普通混凝土力学性能试验方法标准规范》, 对各个实施例制得的抗渗混凝土进行弹性模量测试, 抗渗混凝土养护时间 28d, 测试结果如表 1 所示。

根据 GB/T50082—2009《普通混凝土长期性能和耐久性性能试验方法标准》的电通量法,对各个实施例制得的抗渗混凝土进行抗氯离子渗透测试,抗渗混凝土养护时间 28d,电通量越小代表抗渗性能越好,测试结果如表 1 所示。

根据 DL/T 5150—2017 水工混凝土试验规程,对各个实施例制得的抗渗混凝土进行相对渗透性测试,抗渗混凝土养护时间 28d,计算相对渗透性系数,测试结果如表 1 所示。

根据 GB/T50082—2009《普通混凝土长期性能和耐久性性能试验方法标准》,对各个实施例制得的抗渗混凝土进行早期抗裂测试,计算单位面积上的总开裂面积,测试结果如表 1 所示。

表 1 各个实施例制得的抗渗混凝土进行早期抗裂测试

	抗压强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	电通量 (C)	渗透性系数 (10^{-7} cm/s)	开裂 面积 mm ² /m ²
实施例 1	1.7	810	1623	0.4	151
实施例 2	1.6	850	1505	0.28	157
实施例 3	1.8	840	1527	0.25	156
实施例 4	1.7	830	1560	0.30	160
实施例 5	1.8	830	1491	0.24	155
实施例 6	2.0	860	1352	0.14	149
实施例 7	2.1	860	1394	0.12	147
实施例 8	1.4	820	2140	1.36	196
实施例 9	1.1	810	1630	0.53	184
实施例 10	1.3	820	1937	1.05	190
实施例 11	1.2	810	1630	0.53	179

根据表 1 的测试结果分析,实施例 1~5 的抗渗混凝土的抗氯离子渗透性能和耐水渗透性能均较高,因此所成型的灌注桩抗渗性良好,并且抗裂性能良好,适用于地质环境较差的防渗墙;同时抗渗混凝土的弹性模量保持在较低水平,柔性良好,适合应用于防渗墙当中,而且抗压强度接近

2MPa,既不会因为高强度而导致高应力的问题,也保持较高的强度而提高防渗墙的稳定性的,从而使得防渗墙的抗渗、强度和耐久性综合性能更优。

实施例 6~7 与实施例 3 相比,抗渗混凝土的抗压强度和抗渗能力均有明显的提升,说明加入了纳米二氧化硅的缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 可以提高混凝土的强度和抗渗性,并且抗渗混凝土的弹性模量没有大幅增加,混凝土的柔性良好。

实施例 8 与实施例 9 相比,抗渗混凝土的抗渗能力下降明显,说明 SAP 树脂对混凝土抗渗能力提升的作用,但 SAP 树脂的加入导致混凝土强度的降低;实施例 9 与实施例 3 相比,抗压强度下降,但弹性模量降低幅度较小,即混凝土的柔性较差,而且抗裂性能较差,说明加入缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 的综合性能要优于单独加入 SAP 树脂。

实施例 10~11 与实施例 3 相比,抗渗混凝土的抗压强度、抗渗能力、抗开裂能力均较差,在制备缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 时,控制缩水甘油酯型环氧树脂、2,5-己二醇在 (15~19.5):(0.86~1.23),更好的发挥缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP 的效果^[2]。

4 有益效果

①采用抗渗墙体与预埋钢筋架结合的方式,形成复合式的防渗墙,从而形成结构稳定的防渗墙,另外防渗墙的结构不再单一,抗渗效果能更好,耐久性也得到提高。

②采用缩水甘油酯型环氧树脂包覆 SAP,在混凝土搅拌和养护的初期,缩水甘油酯型环氧树脂阻碍 SAP 吸水,从而有效避免出现混凝土初期自由水不足的情况,提高混凝土的和易性,而且在混凝土养护进程中,缩水甘油酯型环氧树脂受环境的影响而分解,不再阻碍 SAP 吸水,此时 SAP 树脂可以吸收混凝土中的自由水,减少混凝土中渗透通道,提高混凝土的抗渗性;另外,缩水甘油酯型环氧树脂的包覆使得 SAP 的吸水时机推迟,SAP 吸水时附近水泥已进行较为充分的水化硬化,抑制了 SAP 的过度膨胀,从而减小 SAP 释水微缩后形成的孔洞的大小,提高混凝土的强度。

参考文献:

- [1] 丁丹.水库除险加固工程混凝土防渗墙施工方法[J].科技资讯,2024,22(12):113-115.
- [2] 高剑,思泽山.水利工程防渗技术及施工方法[J].水上安全,2024(10):154-156.