

堤防软基电化学处理的施工方法

孙佳 郭君志 吕雷

南京明瑞建设集团有限公司, 中国·江苏 南京 211100

摘要:一种既有堤防软基电化学处理的施工方法,属于堤坝软基加固工程技术领域,通过在电极周边注入化学溶液,增加了电化学反应的胶凝物($\text{Fe}(\text{OH})_3$)和沉淀物($\text{Mg}(\text{OH})_2$)含量,提高了土体的加固效果和缩短了加固时间;采用加入化学溶液结合电化学反应的方式,可以增大两排电极之间的间距,从而节约试验用材;通过在电极周边留有凹槽,方便了在施工过程中进行电极周边土体中化学溶液的注入,方便了测量电极周边土体中化学溶液的浓度;通过转换电源正负电极和进行化学溶液的更换,使得电极在土体中的电化学反应更为充分,加固范围和效果更为均匀,采用该方案施工工艺简单,可操作性强,经济效益明显,处理效果显著。

关键词:堤防软基;电;化学处理;施工方法

Construction methods for electrochemical treatment of soft foundation on embankments

Sun Jia, Guo Junzhi, Lv Lei

Nanjing Mingrui Construction Group Co., LTD., China Jiangsu Nanjing 211100

Abstract: A construction method for electrochemical treatment of the soft foundation of existing embankments belongs to the technical field of embankment soft foundation reinforcement engineering. By injecting chemical solutions around the electrodes, the content of cementitious substances ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) and precipitated substances ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) in electrochemical reactions is increased, improving the reinforcement effect of the soil and shortening the reinforcement time. By adding chemical solutions in combination with electrochemical reactions, the distance between two rows of electrodes can be increased, thereby saving experimental materials. By leaving grooves around the electrode, it is convenient to inject chemical solutions into the soil around the electrode during construction and to measure the concentration of chemical solutions in the soil around the electrode. By switching the positive and negative electrodes of the power supply and replacing the chemical solution, the electrochemical reaction of the electrode in the soil becomes more thorough, the reinforcement range and effect are more uniform. The construction process of this scheme is simple, it is highly operable, the economic benefits are obvious, and the treatment effect is remarkable.

Keywords: Soft foundation of embankment; Electricity; Chemical treatment; Construction method

0 引言

目前用于已经运营道路、堤防工程软基沉降处理的技术手段主要有:基底注浆技术、土体置换技术和桩基加固技术等。堤防工程的软基处理,与一般公路软基的处理存在一定的差异性,堤防工程除了沉降控制标准外,堤身在洪水期和枯水期的稳定性也是值得关注的重点,因此在软基处理过程中需要能够有效的提高软基本身的强度,达到控制变形的目的。

现有技术中,有如下方法:(1)在已通车公路路基上进行沉降控制的施工方法,该方法在实施过程中需要对原有路堤进行开挖,破坏已有路堤的稳定性,施工过程中需

要向路堤底部插入注浆管,施工复杂,未能有效解决软体本身的强度;(2)通过利用一种轻质土置换原有路堤填土,来减小对地基的附件应力,达到减小路堤沉降的目标,未能达到提高软体地基强度的目的;(3)在江河堤防软弱地基中依次交替布置电动土工塑料排水板作为阴阳电极,配合在电极周边分别灌入硅酸钠溶液和氯化钙溶液,进行地基加固的施工方法,该方法在施工过程中需要布置专门的化学溶液测试仪器施工难度较大,施工过程中只是单一的通过化学溶液中的阳离子形成胶凝物质,形成的胶凝聚合物较少,地基承载能力提高不明显;(4)在软岩中布置铁质电极进行软岩加固的方法,该方法采用单一的电极电解

加固方案, 未能重复考虑电解与化学溶液联合作用的加固效果, 处理时间较长。

1 技术方案

目的在于提供一种既有堤防软基电化学处理的施工方法, 该方法对既有堤防破坏小, 可实施性好、质量易于控制且能够在较短时间内施工。

技术方案: 为实现上述方法目的, 本方法采用如下技术方案:

一种既有堤防软基电化学处理的施工方法, 包括如下步骤:

(1) 进行既有堤防的软土层的地质勘查, 确定软土层的加固范围;

(2) 根据勘察结果, 按照设计要求在既有堤防两侧分别向堤防底部插入若干排电极到需要加固的软土层中; 该电极的主体为圆柱体结构, 电极的顶部为圆锥形; 在电极上沿其轴向设有两个凹槽, 在其中一个凹槽内嵌入注液管, 在另一个凹槽内安装化学溶液浓度测量仪; 电极插入完成后, 按照每排正、负电极间隔的要求连接导线, 接通直流电源, 电源的电压为 0~220 伏, 电流为 0~300 安培;

(3) 通过电极上的注液管, 向阴极注入碳酸钠溶液, 其浓度为 10%~20%, 向阳极注入氯化镁溶液, 其浓度为 10%~20%; 通过化学溶液浓度测量仪测量电极周边碳酸钠溶液和氯化镁溶液的浓度, 当其浓度低于 4% 时, 通过注液管分别注入碳酸钠溶液和氯化镁溶液, 使其浓度达到 15%;

(4) 当电极的输出电流小于 20 安培, 化学溶液的浓度低于 4% 时, 将原有的正、负电极进行互换, 并分别在转换后的正电极 N 和负电极 S 注入相应的化学溶液, 重复步骤 3), 使其浓度达到 15%;

(5) 重复 (3)~(4) 直到软土层的强度达到设计要求, 停止通电和注入化学溶液, 拔出电极。

所述的电极外径为 3~10cm, 长度为 200~1000cm。相邻的电极之间的距离为 300~500cm。所述的电极的铁质材料形^[1]。

2 附图说明



图1 既有堤防软基电化学处理时的结构示意图

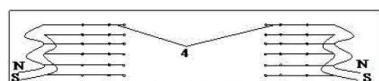


图2 图1的横剖面示意图



图3 电极的横断面示意图

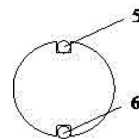


图4 电极的纵断面示意图

3 具体实施方式

如图 1~4 所示, 图中 N 是直流电源的正极 (负极); S 是直流电源的负极 (正极); 既有堤防 1 设置在软土层 2 上, 在堤防 1 两侧分别向堤防 1 底部插入多排电极 3, 保证电极 3 插入到需要加固的软土层 2 中, 相邻的电极 3 之间的距离为 300~500cm。

实施例 1

既有堤防软基电化学处理的施工方法, 包括如下步骤:

(1) 进行既有堤防 1 的软土层 2 的地质勘查, 确定软土层 2 的加固范围;

(2) 根据勘察结果, 按照设计要求在既有堤防 1 两侧分别向堤防底部插入若干排电极 3, 保证电极 3 插入到需要加固的软土层 2 中, 两排电极 3 之间的距离为 400cm; 电极 3 为铁质材料, 电极 3 的主体为圆柱体结构, 电极 3 的顶部为圆锥形; 在电极 3 上沿其轴向设有两个凹槽, 在其中一个凹槽内嵌入用于注入化学溶液的注液管 5, 在另一个凹槽内安装测量电极 3 周边化学溶液浓度的化学溶液浓度测量仪 6, 电极外径为 7cm, 根据软土层的厚度进行确定长度为 600cm; 电极 3 插入完成后, 按照每排正、负电极间隔的要求连接导线 4, 接通直流电源, 电源的电压为 0~220 伏, 电流为 0~300 安培;

(3) 通过电极 3 上的注液管 5, 向阴极注入碳酸钠溶液, 其浓度为 15%, 向阳极注入氯化镁溶液, 其浓度为 15%; 通过电极 3 上的化学溶液浓度测量仪 6, 测量电极 3 周边碳酸钠溶液和氯化镁溶液的浓度, 当其浓度低于 4% 时, 通过注液管 5 分别注入碳酸钠溶液和氯化镁溶液, 使其浓度达到 15%;

(4) 当电极 3 的输出电流小于 20 安培时, 化学溶液的浓度低于 4% 时, 将原有的正、负电极进行互换, 并分别在转换后的正电极 N 和负电极 S 注入相应的化学溶液, 使其浓度达到 15%;

(5) 重复 (3)~(4) 直到软土层 2 的强度达到设计要求, 停止通电和注入化学溶液, 拔出电极 3。

实施例 2

既有堤防软基电化学处理的施工方法, 包括如下步骤:

(1) 进行既有堤防 1 的软土层 2 的地质勘查, 确定软土层 2 的加固范围;

(2) 根据勘察结果, 按照设计要求在既有堤防 1 两侧分别向堤防底部插入若干排电极 3, 保证电极 3 插入到需要加固的软土层 2 中, 两排电极 3 之间的距离为 300cm; 电极 3 为铁质材料, 电极 3 的主体为圆柱体形结构, 电极 3 的顶部为圆锥形; 在电极 3 上沿其轴向设有两个凹槽, 在其中一个凹槽内嵌入用于注入化学溶液的注液管 5, 在另一个凹槽内安装测量电极 3 周边化学溶液浓度的化学溶液浓度测量仪 6, 电极外径为 3cm, 根据软土层的厚度进行确定长度为 200cm; 电极 3 插入完成后, 按照每排正、负电极间隔的要求连接导线 4, 接通直流电源, 电源的电压为 0~220 伏, 电流为 0~300 安培;

(3) 通过电极 3 上的注液管 5, 向阴极注入碳酸钠溶液, 其浓度为 10%, 向阳极注入氯化镁溶液, 其浓度为 10%; 通过电极 3 上的化学溶液浓度测量仪 6, 测量电极 3 周边碳酸钠溶液和氯化镁溶液的浓度, 当其浓度低于 4% 时, 通过注液管 5 分别注入碳酸钠溶液和氯化镁溶液, 使其浓度达到 15%;

(4) 当电极 3 的输出电流小于 20 安培时, 化学溶液的浓度低于 4% 时, 将原有的正、负电极进行互换, 并分别在转换后的正电极 N 和负电极 S 注入相应的化学溶液, 使其浓度达到 15%;

(5) 重复 (3)~(4) 直到软土层 2 的强度达到设计要求, 停止通电和注入化学溶液, 拔出电极 3。

实施例 3

既有堤防软基电化学处理的施工方法, 包括如下步骤:

(1) 进行既有堤防 1 的软土层 2 的地质勘查, 确定软土层 2 的加固范围;

(2) 根据勘察结果, 按照设计要求在既有堤防 1 两侧分别向堤防底部插入若干排电极 3, 保证电极 3 插入到需要加固的软土层 2 中, 两排电极 3 之间的距离为 500cm; 电极 3 为铁质材料, 电极 3 的主体为圆柱体结构, 电极 3 的顶部为圆锥形; 在电极 3 上沿其轴向设有两个凹槽, 在其中一个凹槽内嵌入用于注入化学溶液的注液管 5, 在另

一个凹槽内安装测量电极 3 周边化学溶液浓度的化学溶液浓度测量仪 6, 电极外径为 10cm, 根据软土层的厚度进行确定长度为 1000cm; 电极 3 插入完成后, 按照每排正、负电极间隔的要求连接导线 4, 接通直流电源, 电源的电压为 0~220 伏, 电流为 0~300 安培;

(3) 通过电极 3 上的注液管 5 向阴极注入碳酸钠溶液, 其浓度为 20%, 向阳极注入氯化镁溶液, 其浓度为 20%; 通过电极 3 上的化学溶液浓度测量仪 6, 测量电极 3 周边碳酸钠溶液和氯化镁溶液的浓度, 当其浓度低于 4% 时, 通过注液管 5 分别注入碳酸钠溶液和氯化镁溶液, 使其浓度达到 15%;

(4) 当电极 3 的输出电流小于 20 安培时, 化学溶液的浓度低于 4% 时, 将原有的正、负电极进行互换, 并分别在转换后的正电极 N 和负电极 S 注入相应的化学溶液, 使其浓度达到 15%;

(5) 重复 (3)~(4) 直到软土层 2 的强度达到设计要求, 停止通电和注入化学溶液, 拔出电极 3^[2]。

4 有益效果

(1) 通过在电极周边注入化学溶液, 增加了电化学反应的胶凝物 ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) 和沉淀物 ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) 含量, 提高了土体的加固效果和缩短了加固时间;

(2) 采用加入化学溶液结合电化学反应的方式, 可以增大两排电极之间的间距, 从而节约试验用材;

(3) 通过在电极周边留有凹槽, 方便了在施工过程中进行电极周边土体中化学溶液的注入, 方便了测量电极周边土体中化学溶液的浓度;

(4) 通过转换电源正负电极和进行化学溶液的更换, 使得电极在土体中的电化学反应更为充分, 加固范围和效果更为均匀, 采用该方案施工工艺简单, 可操作性强, 经济效益明显, 处理效果显著^[3]。

参考文献:

[1] 吕雪芬, 毛石根, 舒实等. 一种既有堤防软基电化学处理的施工方法: CN201410689765.0[P].CN104452738B[2025-11-10].

[2] 王臻华. 复合固化剂固化淤泥路用性能及机理研究[D]. 中国地质大学, 2020.

[3] 古文博, 童立元, 闫鑫等. 电化学注浆-碳化联合加固软土地基试验研究[J]. 岩土工程学报, 2025, 47(7):1464-1473.DOI:10.11779/CJGE20240365.