

SJP 型浆材在地基加固中的应用

张佳兴¹, 裴向军¹, 靖向党²

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 长春工程学院, 吉林 长春 130021)

摘要:对贵城道路设施公司厂房地基不均匀沉降成因分析,认为地基承载力不足、地基土固结和地下水影响是主要原因,应采用以充填为主,渗透、压密劈裂联合作用的注浆加固方式进行地基加固。通过 SJP 注浆材料和纯水泥浆 2 种浆材的室内实验和工程注浆试验,证明 SJP 浆材具有初配流动性好、可灌性强、初凝与终凝时间可控等良好特性,用于大孔隙性、不均质地基的加固优于传统纯水泥浆,解决了普通水泥浆漏失量大、加固效果差或无法加固的问题。该加固工程采用 SJP 浆材注浆 72 个孔,消耗浆材 173 m³,消耗水泥 173 t,节约水泥约 108 t,取得了很好的经济效益。

关键词:SJP 注浆材料;注浆;地基加固;不均匀沉降

中图分类号:TU472.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)04-0072-04

Application of SJP Slurry in Foundation Reinforcement/ZHANG Jia-xing¹, PEI Xiang-jun¹, JING Xiang-dang²
(1. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 2. Changchun Institute of Technology, Changchun Jilin 130021, China)

Abstract: The analysis was made on the uneven settlement causes of a workshop foundation, it was considered the insufficient bearing capacity of foundation, the consolidation of foundation soil and the influence of ground water are main reasons. The foundation reinforcement should be made by mainly grouting with combination of permeability and compaction fracture grouting. By the indoor experiments and engineering grouting tests on the grouting materials of SJP and pure cement slurries, it is proved that SJP slurries have the features of good initial fluidity, strong groutability and controllable initial and final setting time etc., which is superior to the traditional pure cements for the application in the foundation reinforcement of large porosity and heterogeneity. 72 holes were grouted with SJP in the reinforcement project, 173m³ grouting materials and 173t cements were used, with about 108t cement being saved.

Key words: SJP grouting material; grouting; foundation reinforcement; uneven settlement

0 引言

注浆,是将一定的材料按比例配制成浆液,在压送设备作用下,将其灌入岩体裂隙或地层孔隙中,使其扩散、渗透、胶凝和固化,从而达到填充、封堵裂隙或加固地层,降低地层渗透性的目的^[1]。随着注浆材料和技术的发展,注浆广泛应用于水利工程防渗帷幕、基础工程地基加固^[2-3]、基坑支护等岩土工程中。一般注浆加固均采用普通水泥浆,对于宽大裂隙或复杂地层,由于其凝固时间不可控,耗浆量大且效果不明显。

笔者研制的 SJP 注浆材料作为一种新型水泥浆外加剂,使浆材具有粘度时变性,可泵期、初凝与终凝时间可控,初配流动性好,可灌行强,有效提高岩土体强度等特点^[4],用于大孔隙地基加固能有效减

少浆材用量,控制或阻止地基变形。本文论述了 SJP 注浆材料成功用于贵州贵城道路设施工业厂房地基加固,在填充裂隙、加固地层,提高地基承载力,控制不均匀沉降中取得了好的效果。

1 工程概况

贵城道路设施有限公司厂房车间地处贵州省黔南龙里县北部工业园区内,属于龙里岩溶盆地中部,厂房车间采用混凝土独立基础,基础埋置深度 2.0 m,宽 1.5、1.8 m,基础混凝土强度 C20、C25。自厂房钢结构施工结束 6 个月后,1、2 号厂房北侧基础发生沉降,3、4 号厂房南侧基础发生不均匀沉降,最大沉降量 30 cm,最小沉降量为 5 cm,严重影响了厂房的正常建设和使用。

收稿日期:2014-11-20

作者简介:张佳兴,男,汉族,1992 年生,硕士研究生在读,从事地质工程方向的研究,四川省成都市成华区二仙桥东 3 路 1 号, zjx1992@outlook.com。

根据地勘报告,拟加固区自上而下地层为:素填土,含有碎石及块石,松散,孔隙性大,平均厚度 8.44 m,自重作用下固结尚未完成;红粘土层,碎块状,孔隙性大,平均厚度 0.08 m;基岩为强风化层,厚度 1.47 m,节理裂隙及岩溶发育。各地层基本物理力学参数见表 1。

表 1 部分地层物理力学性质

地层	容重/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	承载力特 征值/ kPa	粘聚力/ kPa	压缩模 量/ MPa	内摩擦 角/ $(^\circ)$
素填土	16	80	25	2	2
可塑红粘土	17	150	35	5	6
强风化白云岩	22	500			

2 不均匀沉降原因分析

根据勘查结果和现场踏勘,分析认为引起不均匀沉降的原因如下。

(1)基础底部承载力不足。进行基础设计时,未充分考虑到杂填土结构松散、孔隙性大的特点,而选择该层为持力层,因此由于基础底部承载力不足,从而产生不均匀沉降。

(2)地基土固结影响。该场地由粘性土、碎石土杂填而成,在自重作用下短时间内未能完成固结,施工前又未进行夯实等处理,所以,一是厂房建筑荷载的施加加速了地基土的固结;二是基础周围土体的固结下沉,对基础施加向下的负摩阻力,也加速了不均匀沉降。

(3)地下水影响。由于厂房建设区上覆土层孔隙性大,透水性强,下伏基岩已形成汇水区,使厂区北侧地下水位升高。当水体存在时作用在土体上的有效应力小,孔隙水压力消散后,有效应力增加,土体在应力作用下发生附加沉降。

3 注浆加固原理及浆材性能对比

3.1 注浆加固原理

注浆加固技术按照注浆压力可分为静压注浆和高压喷射注浆两类。根据地质条件、浆材与土体作用机理、注浆压力又可分为渗透注浆、压密注浆和劈裂注浆等。由于地质条件、施工条件等因素作用,浆液往往以多种方式联合作用^[5-6]。本工程中,加固的地层主要是杂填土层,含有大量碎石,孔隙性大。所以,该地层的注浆加固具有填充、渗透、压密劈裂等效应,但以填充为主。浆液在压力作用下,首先克

服水压,向钻孔周围扩散,进入孔隙填充;随着浆液的胶凝,完成孔隙的填充和固体颗粒的胶结加固。当注浆压力大于软弱结构面的强度时,即进行劈裂注浆和细小孔隙的渗透注浆,最终完成地层的加固。

3.2 SJP 浆材与纯水泥浆性能对比

本工程拟采用 SJP 浆材和纯水泥浆材进行地基加固。SJP 浆材是一种粘度时变性浆材,由水泥、助剂 1、2、3 号,水,按一定配合比配合而成^[4,7]。SJP 浆材是在纯水泥浆基础上依次掺入助剂 1、2、3 号,拌合后形成的水泥-化学浆液。其中,助剂 1 号为纤维素类有机材料,用于打破水泥颗粒被水化产物隔离的状态,使其快速参与反应,同时在水泥颗粒间生成致密的胶结物;助剂 2、3 号主要用于控制水泥水化的反应速度与反应程度。3 种助剂的配合使用实现了浆材的粘度时变性、可泵期与初凝、终凝可控性的特点。

根据工程实际地质情况及文献[4]、[7],确定 SJP 浆材各助剂占水泥百分比见表 2。普通纯水泥浆按水灰比 0.6 进行配制,水泥均采用 425 普通硅酸盐水泥。

表 2 各助剂百分含量

注浆材料	水灰比	助剂 1 号/%	助剂 2 号/%	助剂 3 号/%
SJP 浆材	0.6	0.33	2.2、2.4、2.5	0.6
	0.6	0.33	2.5	1.0

按照上述配方,分别配制纯水泥浆和 SJP 浆材,并对其可泵期、流动度等基本性能进行测试,测试结果见表 3。

表 3 纯水泥浆与 SJP 浆材性能对比

注浆材料	助剂 2 号/%	助剂 3 号/%	初始流动 度/mm	可泵期/ min	初凝/ min	终凝/ min
纯水泥浆	—	—	220	260	400	480
SJP 浆材	2.0	0.6	200	45	117	321
	2.2		190	32	70	205
	2.4		195	30	65	180
	2.5		210	36	79	238
	2.5	1.0	190	105	215	430

由表 3 可知,相同水灰比情况下,SJP 浆材的初始流动度与水泥浆相近,这一特征保证了注浆的有效扩散半径;此外,相同流动度下,SJP 浆材的初凝时间是水泥浆的 1/4 ~ 1/6,这一特性能有效增加浆材封堵裂隙的能力,减少了漏失,起到节省浆材用量的作用。

由表3可得,助剂2号对流动度、可泵期、初凝与终凝时间的影响曲线,如图1所示。

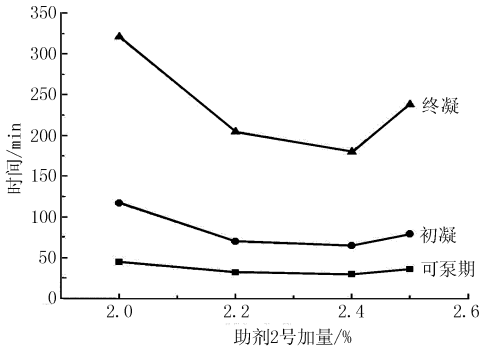


图1 助剂2号对SJP浆材性能的影响

由图1可看出,随着助剂2号的增加,可泵期、初凝和终凝时间都有所减小,当助剂2号为2.5%时均有所增加,助剂2号加量为2.4%时可泵期、初凝与终凝时间为最小值。

通过实验得出助剂2、3号对SJP浆材的流变性和粘度时变性的影响如图2、图3所示。

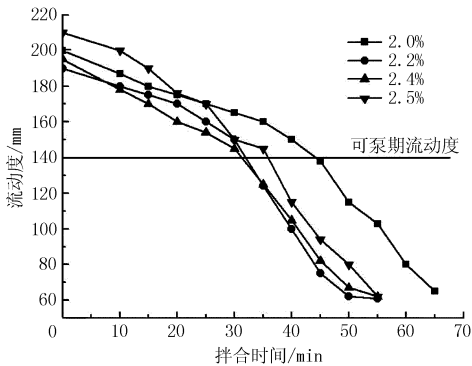


图2 助剂3号为0.6%时助剂2号含量对SJP浆材粘度时变性的影响

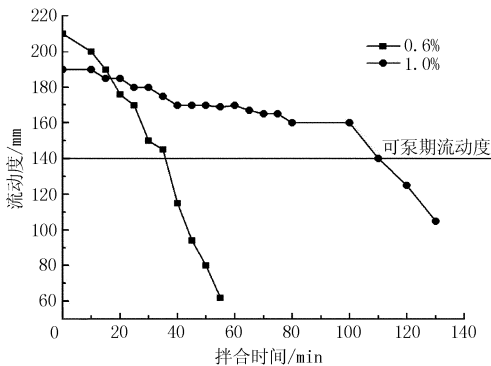


图3 助剂2号为2.5%时助剂3号含量对SJP浆材粘度时变性的影响

由图2、图3可知,SJP浆材在达到可泵期前,流

动度随时间下降缓慢;达到可泵期后,流动度迅速减小至初凝。该特性保证了浆材在土体中的有效扩散半径,其中助剂3号增加可明显延长浆材的可泵期。

依据上述实验与分析,地基加固注浆工程采用SJP浆材的助剂2号加量为水泥加量的2.2%,助剂3号加量为水泥加量的0.6%。

4 灌浆效果对比

由于场地基岩上覆均为填土,采用钻孔注浆的方式,钻孔直径110 mm,孔深11~22 m,注浆孔布置及剖面如图4所示。

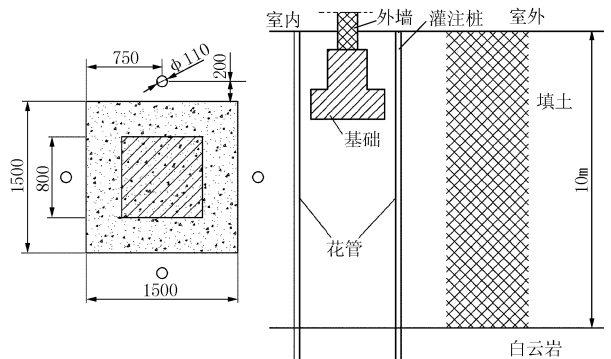


图4 钻孔布置及剖面图

4.1 普通硅酸盐水泥浆灌注加固

选用425普通硅酸盐水泥,按水灰比0.6搅拌浆液,设计注浆压力0.2 MPa,依据公式(1)计算单孔注浆量 $Q^{[6]}$:

$$Q = \pi r^2 h n \alpha (1 + \beta) \quad (1)$$

式中: r ——浆液扩散半径,m; h ——注浆厚度,m; n ——孔隙率,0.4; α ——有效灌注系数,一般为0.6~1,取0.8; $1 + \beta$ ——浆液的损耗系数,一般为1.1~1.2,取1.1。

设计有效扩散半径为0.5 m,得单孔注浆量2.4 m³,水泥需求量2.6 t。

施工中,对于深度11 m、孔径110 mm的注浆孔,现场实际注浆发现,单孔一次灌浆消耗水泥3.5~4 t,且孔内无回浆现象。采用待凝、复灌的方法,仍无回浆现象。后改用水灰比为0.5的水泥浆进行灌注,消耗水泥2.5 t仍不见回浆,间隔12 h后进行二次灌浆,仍无法完成灌注。

实践证明,由于加固地基孔隙较大,纯水泥浆的凝固时间长、不可控,造成水泥浆的大量流失,有限的材料消耗无法充填孔隙与裂隙,实现地基加固。

4.2 SJP 浆材灌注加固

在普通硅酸盐水泥浆灌注加固无效的情况下,改用 SJP 浆材进行地基加固,水灰比 0.6,设计注浆压力 0.2 MPa,单孔注浆量 2.4 m^3 。同样对深度为 11 m、孔径为 110 mm 的注浆孔进行注浆。通过现场注浆试验发现,单孔一次灌浆消耗水泥 $2 \sim 2.4 \text{ t}$,孔口即出现返浆现象,达到了设计要求。

随后采用 SJP 浆材对地基进行了加固,注浆孔 72 个,钻孔总深度 792 m,消耗浆材 173 m^3 ,消耗水泥 173 t。

4.3 注浆加固对比分析

通过 2 种浆材的实际注浆试验,不同浆材的单孔注浆耗材见表 4。可见,使用 SJP 浆材,单孔可节约水泥 $1 \sim 2 \text{ t}$ 。实践证明,采用 SJP 粘度时变性灌浆材料,对于孔隙性大,含有碎石的填土层进行地基加固,不但可以有效解决耗浆量大的问题,而且能保证注浆效果。

表 4 单孔注浆耗材

注浆材料	水灰比	孔深/m	注浆量/ m^3	水泥耗量/t
纯水泥浆	0.6	11	>3.23	>3.5
SJP 浆材	0.6	11	$1.85 \sim 2.21$	$2 \sim 2.4$

该场地主要是在强风化、中风化白云岩层上覆盖碎石、粘性土等,孔隙性大,而且场地处于低洼坡地,基岩不透水,上部地下水与雨水易在此处汇集,再加上普通水泥浆的初凝时间长,在重力作用下沿岩层面或填土层孔隙流动,产生漏失,无法注满一定范围的孔隙。而 SJP 浆材由于其具有粘度时变性,能够在可泵期满足灌注要求的条件下,缩短初凝时间,从而达到合理的扩散半径和填充孔隙,达到地基

加固、提高地基承载力的目的,同时可节省浆材,降低加固成本。

5 结语

(1) 贵城道路设施公司厂房地基不均匀沉降的原因主要是地基承载力不足、地基土固结和地下水影响,应采用以充填为主,渗透、压密劈裂联合作用的注浆加固方式进行地基加固。

(2) 通过 2 种不同浆材对贵城道路设施有限公司厂房车间基础不均匀沉降的处理,证明 SJP 浆材具有初配流动性好、可灌性强、初凝与终凝时间可控等良好特性,用于大孔隙性、不均质地基的加固优于传统纯水泥浆,解决了普通水泥浆漏失量大、加固效果差、施工效率低的问题。该加固工程总计节约水泥约 108 t,取得了很好的经济效益。

参考文献:

- [1] 靖向党,阮文军,于波. 多功能注浆测试装置的研制[J]. 地质与勘探,2004,40(2):85-89.
- [2] 杨立斌,王国瑞. 既有建筑地基注浆加固实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):65-68,81.
- [3] 葛文昌,赵辉. 石家庄市沥青厂房屋地基注浆加固实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(11):62-64.
- [4] 裴向军,黄润秋,李正兵,等. 锦屏一级水电站左岸卸荷拉裂松弛岩体灌浆加固研究[J]. 岩石力学与工程学报,2011,30(2):284-288.
- [5] 吴徽,王中奎,隋吉军. 注浆技术应用与发展[J]. 辽宁交通科技,2004,(10):82-84.
- [6] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [7] 刘一南. 粘度时变性浆材对松散地层加固的研究与应用[D]. 四川成都:成都理工大学,2014.