

# Rolling Test Process and Quality Control of Cement Siltstone Modified Weakly Expanded Soil

Yongjun He

China Railway No.2 Bureau Second Engineering Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610010, China

## Abstract

For the water transmission channel project of China's Anhui River Diversion Nest Project, the cement siltstone shall be replaced with the modified weak expansion soil according to the design requirements. Through rolling test construction and achievement analysis, verified the design filling standards of cement siltstone, determine the construction parameters of construction replacement rolling process, select appropriate mechanical equipment, ensure that cement siltstone construction filling and quality control, has good guiding significance, can be used as a reference for similar engineering construction.

## Keywords

cement siltstone filling; modified weak expansion soil; rolling process test; quality control

## 水泥粉砂岩改性弱膨胀土碾压施工工艺及其质量控制

何勇君

中铁二局第二工程有限公司, 中国 · 四川 成都 610010

## 摘 要

中国安徽段引江济巢工程输水河道工程, 按设计要求须换填水泥粉砂岩改性弱膨胀土。通过碾压试验施工及成果分析, 验证了水泥粉砂岩的设计填筑标准, 确定了施工换填碾压工艺施工参数, 选择适宜的机械设备配套, 确保水泥粉砂岩施工填筑及其质量控制, 具有良好的指导意义, 可作为类似工程施工提供参考。

## 关键词

水泥粉砂岩填筑; 改性弱膨胀土; 碾压工艺试验; 质量控制

## 1 试验目的

安徽段引江济巢工程——输水河道工程, 全长约 113km, 沿线膨胀土分布广泛。土壤分布主要是淤泥质重粉质壤土 ( $Q_{4al}$ ): 灰色, 软塑流塑状, 局部软可塑, 局部夹砂壤土或薄层砂壤土, 属高压缩性土。建筑物基底开挖后, 拟用水泥粉砂岩改性弱膨胀土回填。

在本工程菜子湖线, 进行水泥粉砂岩改性弱膨胀土碾压工艺试验, 拟达到的主要目的:

- ① 检验土料压实后, 是否达到设计压实干密度  $\rho_{d_0}$  和设计压实度  $\rho_{d_0}$ ;
- ② 检查压实机具的工作性能是否满足碾压工艺要求;
- ③ 根据碾压试验段获得的施工碾压工艺确定合理高效且可控的施工碾压参数, 这些工艺参数主要包含摊铺厚度、土块限制粒径、最佳含水率、压实机械及压实遍数;
- ④ 检验稳定土拌和机工作性能, 如生产能力、拌和后

混合料灰剂量及含水率;

⑤ 研究和完善水泥粉砂岩改性弱膨胀土换填施工工艺和措施;

⑥ 确定质量控制的技术指标和现场质量控制方法, 为碾压施工提供依据。

现场确定的水泥粉砂岩改性弱膨胀土工艺试验流程总体安排如下:

土料开采运输→碎土→水泥(粉砂岩)土拌制→运输→摊铺→碾压→取样检测。

按照设计要求, 水泥粉砂岩改性弱膨胀土填筑层的压实度不小于 0.96, 压实厚度不超过 25cm。

## 2 碾压试验方案

### 2.1 填料及其技术要求

土料来源于工地现场河渠边坡开挖取得的弱膨胀土; 土粉砂岩采用河道开挖出来的强风化粉砂岩, 一般暗红色, 呈碎石夹黏土状。

弱膨胀土含水率控制在 18% 左右, 填筑前需进行晾晒后破碎, 破碎后土料(土块)粒径不大于 10cm, 其中

【作者简介】何勇君(1977-), 男, 中国四川蓬溪人, 本科, 工程师, 从事工程试验检测研究。

10cm~5cm 粒径含量不大于 5%，5cm~1cm 粒径含量不大于 40%，自由膨胀率必须小于 65%；粉砂岩粒径不大于 40mm，20mm~5mm 粒径含量不大于 25%，小于 5mm 粒径含量不大于 70%，自由膨胀率 < 35%。

考虑到现场实际状况，决定采用 42.5 级非早强型普通硅酸盐水泥作为改性材料。

## 2.2 土料改性试验

现场取代表性土样进行室内改性试验：根据设计要求粉砂岩和土料按照 3:7（质量比）控制，按“粉砂岩+土料”总量外掺 4% 的水泥。经检测，自由膨胀率为 28%，不均匀系数不小于 5，曲率系数等于 1~3 为级配良好土，最优含水率 19.4%，最大干密度 1.70g/cm<sup>3</sup>，能够满足设计规定。并结合 EDTA 滴定试验，绘制水泥剂量标准曲线<sup>[1]</sup>。

## 2.3 试验段选择及碾压设备配套

综合现场实际情况，代表性试验段选择在河渠 9 号渣场临时堆土区内，对应河渠桩号为 65+400~65+460，平行河渠方向宽度为 10m，垂直河渠方向长度为 60m。划分 4 个区段，每个区段 10m×15m，选择铺料厚度分别为 30cm、35cm。

配套碾压设备主要有：DS16 型推土机 1 台、20t 凸块振动压路机 1 台、20t 振动压路机 1 台、日立 220 型挖掘机 1 台、SAG200-3 型平地机 1 台、25t 自卸汽车 2 台、洒水车 1 台。

## 2.4 试验步骤

### 2.4.1 清基

在选择区段清除表面浮土，整修平整，保证填筑面干燥。碾压并检测合格，基面不平整度不超过 ±5cm。

### 2.4.2 铺料前测量

场地地基碾压合格后，采用全站仪进行量测，记录各测点的高程及坐标，取得铺料前的底高程数据。

### 2.4.3 改性土拌和

土料拌和前须先将土料用破碎机进行破碎，直到达到规定粒径，筛分法检测碎土级配，根据试验结果调整碎土控

制参数。按设计比例掺加水泥和粉砂岩，并控制碎土料含水率低于最优含水率；将碎土料和水泥、粉砂岩按试验配比输入拌和机搅拌，拌和均匀后，再加总料量 4% 左右的无污染河渠水继续拌和均匀。此时，测得的含水率应高于最优含水率 1%~2%。用 EDTA 滴定法检测水泥剂量，水泥剂量不小于 4%。

### 2.4.4 铺料

碾压试验采用自卸车运输，平地机平料；以标杆标记控制摊铺厚度。卸料时须有专人指挥，以石灰线作为分区卸料的控制线，确保土料数量及位置。平料完毕，应安排人工进行辅助作业，以确保表面平整度控制在 ±5cm 以内。

### 2.4.5 碾压前测量

铺料完成后，须按照规划的分区网格进行铺料厚度测量，为碾压后的压实厚度（沉降量）提供依据。

### 2.4.6 碾压

在铺料厚度为 30cm、35cm 的各 2 个区块中，分别用凸块振动压路机和振动压路机分别碾压，先静压 2 遍，再分别激振碾压 4、6、8、10 遍，并控制凸块振动碾压压路机行进速度为 2.0~3.0km/h，振动压路机碾压行进速度为 3.0~5.0km/h，相邻碾迹的搭接宽度控制在 25cm~30cm。采用“进退法”碾压工艺，一前一退按两遍计算。

### 2.4.7 碾压后测量

碾压结束后，采用水平仪进行高程测量，确定碾压压实厚度或碾压沉降量。

### 2.4.8 检测

依据 GB/T50123—2019《土工试验方法标准》，采用环刀法检测相应遍数下的湿密度，用“烘干法”确定填筑土料的实际含水率，计算碾压遍数为 4、6、8、10 遍时的对应干密度<sup>[2]</sup>。

## 3 试验成果分析

松铺铺料厚度分别为 30cm、35cm 两种不同碾压机械的碾压成果，见表 1。

表 1 机械选型的碾压工艺试验成果

碾压设备	最优含水率 (%)	最大干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	平均铺料厚度 (cm)	沉降量		含水率 (%)	干密度 (g/cm <sup>3</sup> )		压实度
				平均值 (cm)	相对值 (%)		范围值	平均值	
20t 振动压路机	19.4	1.70	30	5.6	19	20.1	1.64~1.68	1.66	0.976
	19.4	1.70	35	7.4	21	20.4	1.62~1.66	1.64	0.965
20t 振动凸块压路机	19.4	1.70	30	5.4	18	19.8	1.63~1.68	1.66	0.976
	19.4	1.70	35	7.8	22	20.7	1.63~1.67	1.65	0.971

注：静压两遍，振动碾压 6 遍，如无特殊注明，则各项指标取值均为平均值。

松铺料厚度为 30cm 时的碾压工艺试验成果,见表 2。

松铺厚度为 35cm 时的碾压工艺试验成果,见表 3。

碾压遍数与压实度、干密度的关系曲线,见图 1、图 2。

分析表 1 得出结果:普通压路机和凸块压路机的碾压效果差别不是很大,但是通过取样数据发现采用凸块压路机碾压的土体粘聚力比普通压路机好,而且凸块碾表面粗糙可以减少表面拉毛工作,所以选择 20t 振动凸块压路机进行施工。两种铺料厚度结果相差不大,振动碾压 6 遍后经检测都满足设计压实度不小于 0.96 要求,铺料厚度 30cm 经检测压实厚度在 25cm 左右,满足设计压实厚度要求。故应选择铺料厚度 30cm 施工控制。

分析表 2、表 3 可以看出,在铺料厚度相同时,随着碾压遍数增加,沉降量和沉降率均相应地增加;碾压遍数相同时,铺料厚度增加沉降量相应增大。随着碾压遍数持续增加,沉降量趋于稳定,碾压遍数对沉降量的影响逐渐减小。

由图 1、图 2 可以看出,在同一铺料厚度时,随碾压遍数增加,压实度和干密度随之增加,继续增加碾压遍数,压实度和干密度增加减缓。当达到某固定值后压实度和干密度不再随碾压遍数增加而增加。在相同碾压遍数情况下,随着铺料厚度增加,填筑层压实度和干密度降低。

#### 4 施工过程质量控制要求

从现场实际施工情况来看,水泥粉砂岩改性弱膨胀土换填施工质量控制的重点在于原材料、拌和工艺、碾压工艺和压实效果等环节。

##### 4.1 原材料

土料和粉砂岩自由膨胀率不得大于设计要求,破碎后粒径应满足设计要求,如不满足设计级配要求应调整破碎参数。所需利用的土料碎土完成后,直接上料拌和。为防止雨水对土料含水量的影响,宜采用防雨布覆盖。

表 2 松铺料厚度为 30cm 时的碾压工艺试验成果

碾压遍数	最优含水率 (%)	最大干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	沉降量		含水率 (%)	干密度 (g/cm <sup>3</sup> )		压实度
			平均值 (cm)	相对值 (%)		范围值	平均值	
4	19.4	1.70	4.1	14	20.4	1.60~1.64	1.62	0.953
6	19.4	1.70	5.4	18	20.2	1.64~1.67	1.66	0.976
8	19.4	1.70	5.8	19	19.8	1.65~1.68	1.67	0.982
10	19.4	1.70	6.0	20	19.5	1.66~1.69	1.68	0.988

注:静压两遍后进行振动碾压。如无特殊注明,则各项指标取值均为平均值。

表 3 松铺厚度为 35cm 时的碾压工艺试验成果

碾压遍数	最优含水率 (%)	最大干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	沉降量		含水率 (%)	干密度 (g/cm <sup>3</sup> )		压实度
			平均值 (cm)	相对值 (%)		范围值	平均值	
4	19.4	1.70	6.0	17	20.8	1.58~1.63	1.61	0.947
6	19.4	1.70	7.1	20	20.4	1.62~1.66	1.64	0.965
8	19.4	1.70	7.7	22	20.0	1.63~1.67	1.65	0.971
10	19.4	1.70	8.0	23	19.8	1.64~1.67	1.66	0.976

注:静压 2 遍后进行振动碾压。如无特殊注明,则各项指标取值均为平均值。

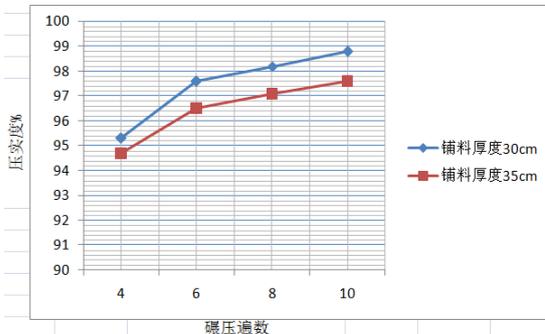


图 1 碾压遍数与压实度关系曲线

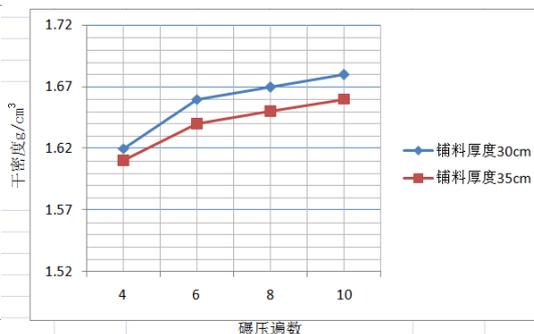


图 2 碾压遍数与干密度关系曲线

## 4.2 拌和工艺

水泥粉砂岩改性弱膨胀土须按确定配比上料。拌和时,须先干拌均匀后再加4%左右水继续拌和。用EDTA滴定法控制水泥剂量,确保水泥掺量不得小于设计掺量,设计要求水泥含量标准差不大于0.8。每工作班测定不少于4次。

## 4.3 含水率

土料生产含水率应依据最优含水率结果确定,可根据施工因素和气候条件增加1~3个百分点。每工作班测含水率不宜少于6次。

## 4.4 碾压

水泥粉砂岩改性弱膨胀土填筑过程中,从加水拌和到碾压终止时间,宜控制在4h之内完成。在碾压过程中,如发现表层出现鼓包、起层等无法碾压板结时,应适当洒水(花洒法);如发现“弹簧土”现象时,宜采用挖开晾晒、换料、补掺水泥等措施进行再处理<sup>[3]</sup>。

## 4.5 尽量避免冒雨施工

在雨季施工时,应密切关注天气变化,必要时须采用土工布覆盖,确保避免雨水冲淋。降雨前后应暂停施工,已摊铺的土料必须尽快碾压完成,并做好防护措施,必要时进行返工处理。

## 5 结论及建议

①根据碾压工艺试验,宜优先选用凸块振动压路

机,碾压行进速度为2.0~3.0km/h,碾压错距宜控制在25~30cm。铺料厚度30cm,静压2遍,振动碾压6遍。

②采用砂岩粉和弱膨胀土按比例混合后,土颗粒的级配有了很大的改善,有利于提高土的压实度,再经过掺入的水泥改良后,膨胀土的膨胀性成线性衰减,随龄期呈对数规律衰减。

③过程中应在拌和机出料口,随机取样检测水泥剂量,以水泥剂量偏差控制拌料匀质性。必要时,可在摊铺碾压前现场采样进行质量控制。

④河渠两侧所用的弱膨胀土性质存在一定的差异,在施工中应根据土质的变化情况,试验室采用室内试验并根据现场的实际情况进行取样和确定施工参数,确保其压实度满足设计及规范要求。

⑤自开始拌料至碾压完毕,应设置专人进行时间卡控,从加水拌和到碾压终了时间不宜超过4h。

## 参考文献

- [1] 刘晓博,谭颈,侯小石.泸定水电站大坝接触粘性土料碾压试验及成果分析[J].水力发电,2011(5):75-79.
- [2] SL 260—2014 堤防工程施工规范[S].
- [3] 张春茂,华夏,陈嘉,等.水泥改性弱膨胀土填筑碾压试验研究[J].人民长江,2015(3):24-26.