

爆炸—强夯联合加密饱和砂基的工程实践

燕琳 李世海 张加华

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘 要 爆炸加密饱和砂是近年来码头建设中采用的一种新方法, 加密深层饱和砂效果尤为明显; 强夯法是传统的加密松散介质方法, 但其有效影响深度一般不超过 6 m。通过试验, 将两种方法结合起来用于加密陆域推填的饱和砂层取得了很好的效果。本文结合南方某电厂陆域推填饱和砂的加密工程, 介绍了这一新工艺的施工方法及检测结果, 说明该工艺用于饱和砂的加密是完全可行的。

关键词 爆炸 强夯 饱和砂

1 前 言

爆炸加密饱和砂基早在 50 年代, 苏联人就已作过尝试^[1], 取得了丰厚的资料, 我国近几年对机理, 已有过相当多的探讨^[2-3]。爆炸加密饱和砂体的主要环节在于排出孔隙水, 这种方法也只能限于饱和介质, 而在实际工程中, 如码头陆域推填的砂体上部常常有 1~2 m 是干的或不饱和砂, 单纯用爆炸法对于上部这些松散的砂体就无法实现加密。强夯法是加密松散介质的常规方法, 由于施工简单、造价低廉, 得到广泛的应用。但这一方法是在表面夯实, 其有效影响深度一般只有 6 m, 对于深层砂的加密就显得无能为力了。

为此, 中科院力学所于 91 年在南方某电厂进行了四期试验, 最终确定了用爆炸—强夯联合加密陆域饱和砂的方法, 并将这一方法成功地应用于 5 000 m² 的正式施工。本方法具有施工简单、造价低廉的优点。

2 地层条件

该电厂位于南方某市, 厂区地基主要是由清淤后人工回填的砂石形成的陆域, 其中 12 × 10⁴ m² 为填砂区, 填砂厚度 7~16 m, 此次爆炸—强夯联合加密区域为厂区坐标 A = 930~980 m, B = 150~250 m, 面积 5 000 m²。

经钻孔揭示, 土层由上至下为:

1) 新近人工回填砂

中粗砂黄褐色, 稍湿饱和, 松散, 粒径 < 0.25 mm 的占 19.5%; 0.25~0.5 mm 占 35.8%; 0.5~2.0 mm 占 29.5%; > 2.0 mm 为 15.2%。上部颗粒级配较好, 下部有粒径大于 20 mm 的园砾(含量 2~4%), 层厚 10.10~14.20 m, 经爆前标贯检测, 该层标贯击数在 2~9 之间。

2) 第四系海相沉积物

收稿日期: 1997-03-16

淤泥质粘土,黑色或灰黑色,软塑,可见少量贝壳,厚度 0.2~1.0 m。

3 工程方案与实施

根据砂层厚度,将作业区分成两个区段:

A 区:A=930~986,B=150~178

B 区:A=930~986,B=178~250

表 1 爆炸布药参数

区域	A 区	B 区
药包间距	3~6 m	4~8 m
单药包药量	5~12 kg	5~12 kg
药包埋深	3~9 m	5~9 m

3.1 爆炸施工顺序及参数

施工首先用钻机在设计位置钻孔至设计高度,

然后根据需要布 1~2 层药包,撤出钻机后至下一个布药位置,一般布 5~6 个药包后进行起爆。起爆时按顺序逐排逐个引爆炸药。布药参数见表 1。

爆后自检表面沉降 A 区平均沉降 0.72 m,B 区平均沉降 0.64 m。

3.2 强夯部分

在爆炸施工完成后,进行了强夯作业。强夯参数见表 2。

表 2 强夯参数表

遍数	一	二	三
夯击形式	点夯	点夯	点夯
锤 重	192 kN	192 kN	192 kN
锤 径	2.2 m	2.2 m	2.2 m
挂 高	18.6 m	18.6 m	18.6 m
单点夯击能	3 573 kN·m	3 573 kN·m	3 573 kN·m
单点夯击次数	15 次	12 次	3 次
夯点间距	8 m×8 m	8 m×8 m	1.65 m×1.65 m
每遍间歇	—	3 天	5 天

4 工程验收结果及其分析

标准贯入试验检测在普夯 15 天后进行,经研究确定作 10 个标贯孔,钻孔深度为打穿回填砂层,进入下部淤泥质粘土 0.5 m,标贯结果见表 3。

从检测结果看,基本上实现了爆炸加密深层、强夯加密上层的目的,说明该工艺用于加密上覆有湿砂的饱和砂基是有效可行的。这一工程结果还好于原试验区的结果,主要原因是由于大面积施工,爆炸次数多,砂基在地基区受反复的地震作用,密实效果就会较小规模试验好。

5 结 论

尽管爆炸-强夯加密砂基方法尚在探讨之中,但成功的工程实践证明了该工艺具有推广使用价值,该工艺可加密深达 14 m 厚的饱和砂基,且施工方便,经济合理,但作为新工艺它仍有不完善之处,需在进一步的生产中改进,优化爆炸、强夯参数,施工成本还可以有较大幅度的降低。

表3 爆炸-强夯加密标贯检测结果

编号及坐标		编号及坐标		编号及坐标		编号及坐标		编号及坐标	
BH-1 A=965.00 B=166.25 H=2.06 m		BH-2 A=972.25 B=189.50 H=1.99 m		BH-3 A=975.50 B=239.00 H=3.63 m		BH-4 A=959.25 B=184.00 H=1.88 m		BH-5 A=962.00 B=225.25 H=3.59 m	
深度	击数	深度	击数	深度	击数	深度	击数	深度	击数
2.0~2.3	23.5	2.0~2.3	16.7	3.0~3.3	12.7	2.0~2.3	17.6	3.0~3.3	17.6
3.5~3.8	33.0	3.5~3.8	29.8	4.5~4.8	17.3	3.5~3.8	44.2	4.5~4.8	22.6
5.0~5.3	36.7	5.0~5.3	34.0	6.0~6.3	20.0	5.0~5.3	46.9	6.0~6.3	33.7
6.5~6.8	41.9	6.5~6.8	37.4	7.5~7.8	30.3	6.5~6.8	34.7	7.5~7.8	26.4
8.0~8.3	28.7	8.0~8.3	31.0	9.0~9.3	35.7	8.0~8.3	24.9	9.0~9.3	22.1
9.5~9.8	19.3	9.5~9.8	25.2	10.5~10.8	30.7	9.5~9.8	31.9	10.5~10.8	17.4
		11.0~11.3	32.0	12.0~12.3	21.6	11.0~11.3	17.0	12.0~12.3	13.6
		12.5~12.8	11.2	13.5~13.8	13.3	12.5~12.8	17.4	13.5~13.8	16.4
						14.0~14.3	15.0	15.0~15.3	12.0
平均 击数	30.5	平均 击数	29.4	平均 击数	24.0	平均 击数	27.7	平均 击数	21.2
合格率	100%	合格率	100%	合格率	85.7%	合格率	100%	合格率	87.5%

表3(续)

编号及坐标		编号及坐标		编号及坐标		编号及坐标		编号及坐标	
BH-6 A=936.00 B=173.50 H=1.51 m		BH-7 A=939.75 B=222.50 H=3.58 m		BH-8 A=939.75 B=239.00 H=3.69 m		BH-9 A=972.25 B=208.75 H=3.42 m		BH-10 A=944.60 B=208.75 H=3.43 m	
深度	击数	深度	击数	深度	击数	深度	击数	深度	击数
1.0~1.3	13.0	3.0~3.3	13.7	3.0~3.3	11.8	3.5~3.8	17.5	3.5~3.8	21.6
2.5~2.8	30.7	4.5~4.8	25.9	4.5~4.8	35.5	5.0~5.3	30.4	5.0~5.3	33.7
4.0~4.3	37.4	6.0~6.3	30.0	6.0~6.3	41.0	6.5~6.8	33.8	6.5~6.8	37.8
5.5~5.8	42.3	7.5~7.8	33.4	7.5~7.8	45.8	8.0~8.3	19.1	8.0~8.8	34.8
7.0~7.3	39.2	9.0~9.3	38.3	9.0~9.3	42.5	9.5~9.8	17.6	9.6~9.8	26.0
8.5~8.8	32.2	10.5~10.8	25.3	10.5~10.8	31.5	11.0~11.3	15.4	11.0~11.3	26.2
10.0~10.3	27.4	12.0~12.3	24.0	12.0~12.3	24.0	12.5~12.8	14.4	12.5~12.8	23.2
11.5~11.8	30.0	13.5~13.8	21.1	13.5~13.8	21.8	14.0~14.3	10.9	14.0~14.3	16.4
13.0~13.3	32.4								
平均 击数	30.8	平均 击数	26.5	平均 击数	31.7	平均 击数	21.2	平均 击数	27.5
合格率	90%	合格率	87.5%	合格率	87.5%	合格率	87.5%	合格率	100%

参 考 文 献

- 1 П.П. 依万诺夫(苏联). 亚粘土爆破压实. 水利水电爆破咨询服务部, 1988
- 2 燕琳, 李世海, 刘以纲. 爆炸引起饱和砂地表沉降试验研究. 工程爆破文集, 中国地质大学出版社, 1993
- 3 李世海, 刘以纲, 燕琳. 饱和砂中爆炸地表下沉量随时间变化规律的理论研究. 工程爆破文集, 中国地质大学出版社, 1993

A Project Report of Blasting-Ramming Combined Densification of Saturated Sand

Yan Lin Li Shihai Zhang Jiahua

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080)

Abstract Blasting densification of saturated sand is a new technique used in port construction recently, and its effectiveness for thick sand is rather distinct. Ramming is a traditional technique for densificating loose material, but its effective depth is less than 6m. By experiments, combined two technique for densification saturated fill-in sand shows a very good result. This paper, based on a densification project, introduced the new technique as well as check results. The results shows that the new technique used in densificating saturated sand is feasible.

Key word Blasting, Ramming, Saturated sand

第五届全国地基处理学术讨论会 在福建武夷山举行

第五届全国地基处理学术讨论会于 1997 年 10 月 7 日至 12 日在武夷山市举行,会议由中国土木工程学会土力学及基础工程学会地基处理学术委员会主办,福建省建筑科学研究院协办。共有来自全国各地的 215 位代表参加了会议。

地基处理学术委员会主任委员龚晓南教授在开幕式上致欢迎词,中国土木工程学会土力学与基础工程学会理事长杨灿文研究员和秘书长刘国楠研究员参加并主持了分组报告会,主持分组报告会的还有叶书麟、叶观宝、叶柏荣、王盛源、邝健政、丘镜潭、张永均、杨敏、周志道、龚一鸣、候伟生、彭大用等专家。

本届会议是继第一届(上海宝钢,1986)、第二届(山东烟台,1989)、第三届(河北秦皇岛,1992)、第四届(广东肇庆,1995)全国地基处理学术讨论会之后又一次盛会。

第五届地基处理学会讨论会论文集共收入论文 170 篇,内容有专题报告、排水固结、振密和挤密(包括强夯、强夯置换、碎石柱和灰土桩)、灌入固化物(包括深层搅拌法、高压喷射注浆法、灌浆法和石灰桩法)、加筋(包括土工合成材料)、低强度桩复合地基和刚性桩、托换与纠偏、桩基、基坑围护一般理论及其他共 10 个专题,较全面地反映了我国目前地基处理技术应用的现状及发展不平,汇集了我国科技工作者在地基处理领域的最新成果。

会议期间地基处理学术委员会决定下届会议将于 2000 年在杭州举行。

(浙江大学岩土工程研究所 徐日庆供稿)