

文章编号 1001-487X(1999)04-0090-05

北海电厂重件码头基床爆夯处理

徐以鸿 李世海

(中国科学院力学研究所 北京、100080)

摘要 本文介绍了应用爆炸夯实法加密北海电厂煤港重件码头基床 35~50 m 厚的砂层工程实例,爆后标贯结果表明,采用爆炸夯实法加密原状厚砂层用于工程是可行的,可以保证工程质量。

关键词 标贯击数;饱和松散砂;爆炸夯实法;码头基床

中图分类号 TD 235.33 **文献标识码** B

Densifying Foundation of Baihai's Power Plant Heavy Dock by Blasting Compaction

Xu Yihong Li Shihai

(Institute of mechanics, Chinese Academy of Science, Beijing 100080)

Abstract The example of foundation densification of Baihai's power plant heavy dock by blasting compaction was introduced. The results of N SPT blow counts after blasting proved that densificating the original thick saturated sand strata by blasting compaction is practical, the engineering quality could be guaranteed.

Key words N SPT blow counts; saturated sand; blasting compaction; foundation of dock

1 前言

用爆炸法加密饱和松散砂,前人已作了大量的理论、试验研究,并成功地应用于工程实践上。Ivannov(1967)^[1]、Charlie(1980)^[2]、Charlie(1992)^[3]对不同时期的研究作了较为全面的总结,国内李世海等人^[4-6]从 1990 年起对爆炸密实砂基作了一系列研究。成功的工程实例有:著名的尼日利亚 Jebba 水电站砂基加密工程,前苏联的列宁伏尔加电站主坝及高尔基电站水下冲填坝的爆炸加密,格但斯克的北港防浪垫基、格登雅港的船坞基础的水下爆夯加密,深圳妈湾电厂码头抛石砂复合基床的水下爆夯,南沙港通用泊位、番禺北台联合码头的抛砂基床爆夯加密,这些工程实例表明用爆炸法加密砂基是可行的,然而,对于含粘土量较大的砂土、粉土和厚度 20 m 的原状砂基床,用爆炸法加密效果如何有待于探讨。

收稿日期:1999-07-23

北海电厂重件码头基床待处理的砂层厚度为35~50 m,砂体主要是中粗砂、细砂、粉砂、粉土,粉砂和粉土中都含有粘土,用水下爆夯法加密这么厚且含有粉土和粘土的原状砂基在国内外尚属首次。水下爆夯施工1996年10月底爆夯结束。爆后打标贯,中砂和细砂的平均击数在30击以上,粉砂的平均击数在20击左右,爆炸加密影响深度达30 m,表明采用爆炸法加密原状厚砂层用于工程是可行的,能保证工程质量。

2 工程概况

北海铁山港具有风浪小、回淤少、水深等得天独厚的地理条件,是个天然避风港。北海电厂位于铁山港工业区石头埠浅滩涂地带,其中重件码头拟建在厂区的北东侧海滩上,施工区为宽阔水域,前方航道有少量过往船只,后方200 m是当地居民区。

码头基床处理全长136 m,工程坐标 A=2376~2512, B=1988~2012,原地面为淤泥覆盖层,泥面标高在-10 m左右(当地理论高程,以下同),经开挖后基槽标高为-12.5 m,底部宽25 m,边坡1:2,处理砂层厚度35~52 m,要处理的砂层有中粗砂、细砂、粉土和粉砂(含粘土)。

3 工程设计和施工

3.1 爆夯设计

(1) 由于要处理的砂层厚度变化比较大,将爆区分为两个区段:深层段, A=2400~2455和浅层段, A=2376~2400, A=2455~2512;

(2) 加密砂层的效果与单个药包的药量爆炸次数有关,另外考虑到振动对周围环境的影响,单个药包的药量以及总药量要根据以往的工程经验和现场试验确定;

(3) 整个爆区浅层段区爆四遍,深层段区爆5遍。

3.2 爆夯施工

(1) 爆夯施工前基床开挖后有一段时间,基床回淤达1 m多,所以在爆夯前先清淤;

(2) 布药:布药船按设计要求定好位,沿船舷逆流布下一排药包,布完一排药包后,船北移或南移16 m,再布下一排;

(3) 药包布完后,人员和船只撤离到警戒区外,由两艘交通艇负责海上警戒,陆上安排警戒人员负责警戒任务。用警报器及红旗发出即将起爆的声像信号。专职爆破工检查线路,进行倒计时起爆。起爆后立即进行检查,若起爆无误,解除警戒,如发现拒爆现象,可重新引爆或由安全员根据具体情况做诱爆或作销毁处理;

(4) 重复(2)(3)步骤,直至按爆夯设计要求完成所有的爆夯施工,爆后打标贯,加密效果不好的补爆。

4 施工安全

为了较为准确地掌握爆炸引起的地基振动情况,在距爆区的最近位置安排了监测点。测点坐标 A=2358, B=1837,距爆区的最近距离为164 m。测量传感器为地质部重庆地质仪器

厂生产的 CDJ-P3 和 CDJ-P25, 采集软件为东方噪声振动研究所研制的 DASP 数据采集系统。测量结果见表 1。

表 1 不同药量下各测点处的振动速度

药量 Q(kg)	4	1	96	96	96	132	96	96	96	96
距离 (m)	190.2	186.2	191.1	200.0	209.7	220.2	164.8	167.8	175.9	185.2
振动速度 V(cm/s)	0.17	0.20	0.97	0.88	1.02	0.87	1.40	1.37	1.40	1.13

由上述结果拟合的振动速度 $V = 152.5 \left(\frac{Q^{1/2}}{R} \right)^{1.33}$, 其中 V 为最大振动速度 (cm/s), R 为测点到爆心的距离, Q 为一次起爆的总药量。当一次起爆总药量 48 kg 按公式计算, 距爆区 200 m 处的民房最大振动速度为 0.74 cm/s, 低于国家爆破安全标准 GB6722-86 规定的土坯房所要求的振动速度 1.0 cm/s。

5 爆夯施工质量检验结果及其分析

北海电厂重件码头基床于 1996 年 10 月底爆夯全部结束, 10 月 31 日~11 月 4 号打了三个爆后标贯, 爆后 1、爆后 2 和爆后 3。爆破 1 定位不对。标贯结果表明, 爆后 3 的标贯击数比爆后 2 的要好。从标贯土样中发现粉土和粉砂层都含有粘土, 与原有地质勘探资料有较大的出入。力学所建议打几个技术孔, 证明处理的砂中的确含粘土。11 月 22 日~11 月 24 日打了两个技术孔: 技孔 1 和技孔 4。技术孔表明处理的砂体中有一层含粘土的粉土, 粘粒含量在 10% 以上, 粉细砂也有一薄层粘土。含有粘性土的砂土层渗透性差, 爆夯后砂体液化, 砂土中的超孔隙水的排出需一定的时间, 所以决定过一段时间再打标贯。11 月 25 日~11 月 29 日打了五个标贯孔: 标 1~标 5。

爆夯前后标贯击数比较见表 2。爆夯前的标贯孔取 K555, K556, 爆前 1, K558, K559, 爆后取的标贯孔有标 1, 标 2, 标 3, 爆后 3, 标 4, 标 5。

1) 从爆夯处理前后的标贯结果统计对比可以看出: (1) 砂层经过处理后, 标贯击数有较大的提高, 含粘土的粉土层加密效果不明显; (2) 土层③是中粗砂, 爆后标贯平均击数是爆前的两倍, 这是因为中粗砂的透水性较好, 爆夯处理后砂体液化, 砂中超孔隙水易于排出, 砂体密实固结度就高; ③、④⑥⑦砂土是含粘土的粉细砂, 粘粒含量在 10% 左右, 爆后的标贯击数比爆前的有明显的提高, 除一点 10 击, 一点 14 击外, 其余的标贯击数均在 16 击以上, 表明砂体得到较好的加密, 处理后的砂达到中密。(4) 土层⑤是含粘土的粉土层, 爆夯密实效果不明显。

2) 标 1 孔土层⑦爆后击数偏低的原因可能是: 标 1 孔底部有上升水, 打标贯时, 砂体受到扰动, 从而降低了实际标贯的击数, 这一层的标贯击数未列入爆后标贯统计表中。

3) 图 1 是爆前 1 和爆后 3 的标贯击数随深度变化图。由图可知, 除含粘土的粉土层击数偏低, 在 10 击左右, 中砂和粉细砂的爆后击数比爆前有不少的提高, 说明水下爆炸加密粉细砂效果也较好。

4) 图 2 是标 2 孔和爆后 2 孔的不同深度的标贯击数及标贯击数随深度变化的拟合曲线

图。这两个标贯孔位置相同,爆后 2 是 11 月 2 日打的,标 2 是 11 月 26 日打的。如图所示,从 10 m 左右开始,标 2 孔的标贯比爆后 2 的要好,这说明由于处理的砂中含有一含粘土的粉土层,粉细砂中也含粘土,爆夯后立即打标贯,砂中的超孔隙水还未完全排出来,随着时间的推移,超孔隙水会慢慢地排出,砂体逐渐密实,再打标贯击数自然要高。

表 2 爆夯处理前后的标贯结果统计表

土层 序号	爆前标贯击数							爆后标贯击数							
	K555	K556	爆前 1	K558	K559	范围	平均	标 1	标 2	标 3	爆后 3	标 4	标 5	范围	平均
③			34	22	26	22~34	28				33	81 58	42 53	33~81	57.8
④	14 15	9 18	12 14	5 9	8 6	5~18	11.5	22	20	21 18	21	19 18	21 20	16~22	19.3
⑤		12	11 12	5 8	7 11	5~14	9.1	8 10	9 8	8 6	11 10	8 10	10 9	6~14	9.8
(6)		21 23 23		14 15 19	20 24 22	11~27	19.1	18 17 16	16 31 36	13 18 17	24 24 58	19 23 37	14 17	13~58	31
⑦		20 26 22	17 16 18	22 19 15	25 17 18	15~26	19.4	24 36	17 10	50 23	35 39	25 56	10~56	33.8	

5) 图 3 给出了标贯击数随深度的变化规律,模拟曲线表明,爆夯处理饱和砂的厚度可以达 30 m。

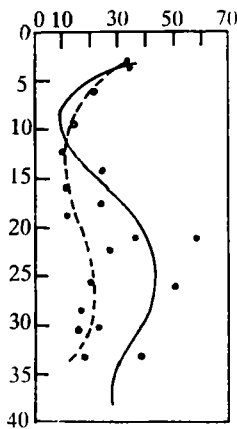


图 1 爆前 1 和爆后 3 标贯击数比较

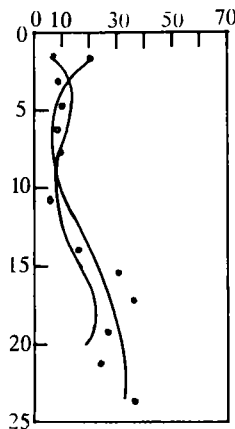


图 2 标 2 与爆后 2 标贯击数

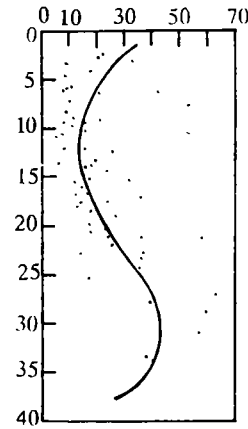


图 3 爆后标贯击数随砂层深度变化曲线

6 结论

水下爆夯处理含粘土的厚砂层在国内外尚属首次,北海电厂重件码头基床水下爆夯工程试验的成功,为以后的工程设计提供了依据,总结工程的全过程,可以得出以下几点结论:

(1) 水下爆夯加密饱和松散砂技术处理中粗砂、细砂加密效果很好,爆夯处理后的砂达到中密,砂基沉降量及承载力可以达到工程要求;

(2) 对含10%粘土的粉细砂,爆后的标贯击数比爆前的有明显的提高,砂体得到较好的加密,处理后的砂基本达到中密;

(3) 爆炸加密法对有粘土的粉土加密效果不明显,但是,爆后并未使原有砂层标贯击数降低;

(4) 爆夯处理饱和砂的厚度可以达30 m。

参考文献

- 1 Ivanov P L and Krutov P. Compaction of Noncohesive Soils by Explosions[M]. Leningrad. 1967.
- 2 Charlie W A and Martin J P. Blast Induced Soil Liquefaction Phenomena and Evaluation[J]. International Symposium On Soils Under Cyclic and Transient Loading. Swansca. UK. 1980.
- 3 Charlie W A, Jacobs P J and Doehring D. O. Blast - Induced Liquefaction of an Alluvial Sand Deposit Geotechnical Testion Journal[J]. GTJODJ. 1992.
- 4 李世海,刘以钢等. 饱和砂中爆炸地表下沉量随时间变化规律的理论研究[C]. 工程爆破文集第五辑. 武汉:中国地质大学出版社,1993.171~176.
- 5 刘以钢,燕琳等. 爆炸密实饱和砂实验研究[C]. 工程爆破文集第五辑. 武汉:中国地质大学出版社,1993.177~181.
- 6 燕琳,李世海等. 爆炸引起饱和砂地表沉降试验研究[C]. 工程爆破文集第五辑. 武汉:中国地质大学出版社,1993.182~186.