

# 爆破夯实技术在水下地基处理中的应用

张维正

(辽宁有色勘察研究院,辽宁 沈阳 110002)

**摘要:**以某杂货码头和集装箱重力式码头水下地基处理工程为例,介绍了其地基处理的爆夯试验过程,得出了一次性爆夯夯实厚层块石抛石基床的爆夯参数,并对其施工过程进行了监测。总结了类似工程施工的经验与教训。

**关键词:**爆夯试验;爆夯参数;爆夯监测;码头;水下地基

**中图分类号:**U655.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2006)10-0060-03

**Application of Blasting Ramming in Strengthening Underwater Foundation/ZHANG Wei-zheng** (Liaoning Nonferrous Institute of Geotechnical, Shenyang Liaoning 110002, China)

**Abstract:** Example of reinforcement to underwater foundation of the cargo and container gravity wharf is taken to introduce the blasting ramming test. The nonrecurring blasting ramming parameters for thick base made of stone-block are obtained and the construction process is monitored to sum up the experience and lessons in similar engineering construction.

**Key words:** blasting ramming test; blasting ramming parameter; blasting ramming measuring; wharf; underwater foundation

## 1 工程概况

某杂货码头和集装箱重力式码头,沉箱结构,基床为全清淤抛石基础。抛石厚度为4.0~11.0 m,坡比为1:1,抛石块石单个质量为10~100 kg,抛石量约16万m<sup>3</sup>。采用爆破夯实法对抛石基床进行夯实处理,设计夯实率≥15%。其中,杂货码头抛石基床长475 m,顶宽16.2 m;集装箱码头抛石基床长575 m,顶宽14.4 m。

## 2 工程、水文地质概况

施工区位于浅海海域,地层结构自上而下分布如下:

①淤泥质亚粘土及亚粘土层,灰色,软塑,容许承载力 $[R]=120$  kPa;

②亚粘土层,灰黄色,含粉细砂、云母,可塑,容许承载力 $[R]=200$  kPa;

③粉细砂层,灰黄色,以石英、细砂为主,含粘性土,容许承载力 $[R]=210$  kPa;

④中粗砂层,灰黄~褐黄色,以石英为主,含长石,中密状态,平均标准贯入击数 $N=30.6$ 击,容许承载力 $[R]=300$  kPa;

⑤砾砂层,灰黄~褐黄色,混圆砾、角砾,平均标准贯入击数 $N=44.5$ 击,容许承载力 $[R]=380$  kPa。

抛石基床持力层选择③层粉细砂。

爆夯区水深14.0~19.0 m,湾内海水流速最大1 m/s。平均高潮位2.29 m,平均低潮位0.45 m,平均潮差1.84 m。

## 3 爆夯试验

### 3.1 爆夯机理

爆夯是利用水中悬浮群药包发生爆炸时产生冲击效应和地震效应使抛石基床块石发生错动、啮合,原有疏松的骨架被破坏重新建立稳定的骨架结构,从而达到密实目的。同时,爆破后产生的气体膨胀压力推动水介质对抛石体再次冲击,即水锤效应,进一步夯实地基,提高承载能力。

### 3.2 爆夯试验参数的选择

#### 3.2.1 布药网度 $a$ 、 $b$

爆破夯实的布药网度与单药包的质量有密切联系,所采用的单药包的质量不同,布药网度也不尽相同。本工程抛石厚度相对较窄,且要求两侧坡肩不塌落,根据抛石体的几何尺寸及施工区周围的环境综合考虑,该工程不宜采用大网度布药,初步确定试验参数为 $a=b=3.0\sim 4.0$  m。布药网方式采用方格网形式,插档布药。

#### 3.2.2 单药包质量

$$Q_{\text{单}} = K_2 abH\eta/n$$

收稿日期:2006-04-28

作者简介:张维正(1967-),男(汉族),山西应县人,辽宁有色勘察研究院副院长、教授级高级工程师,岩土力学专业,在读博士,从事岩土设计、施工管理工作,辽宁省沈阳市和平区柳州街17号,(024)22706736,zhangwz67@126.com。

式中: $Q_{\text{单}}$ ——药包平均质量,kg; $H$ ——抛石基床夯实厚度,m; $a$ 、 $b$ ——布药网度,m; $\eta$ ——夯实率,%; $n$ ——爆夯遍数,初选 3~4; $K_2$ ——炸药单耗,4~5.5 kg/m<sup>3</sup>。

3.2.3 药包悬高

$$h = 0.5 \sqrt[3]{Q}$$

式中: $Q$ ——单药包质量,kg; $h$ ——药包悬吊高度,m。

3.3 爆夯试验

3.3.1 选取试验段

由于整个爆区抛石层厚度为 4.0~11.0 m,基床宽度又不同,因此根据不同抛石厚度和宽度,选择 10 个试验段进行爆夯参数试验;选择 3 个试验段进行爆夯遍数试验。

3.3.2 各试验段爆夯试验

10 个试验段共进行了 12 组爆夯参数试验,其结果见表 1。3 个试验段共进行了 3 组爆夯遍数试验,其结果见表 2。

表 1 爆夯参数试验结果表

组别	位置	试验区段 /m	网度(a×b) /m	药包悬吊高度/m	药包质量 /kg	单耗 / (kg·m <sup>-3</sup> )	抛石厚度 /m	布药宽度 /m	爆夯初选遍数	一次齐爆药量/kg	夯实率 /%
1		0+0~36	3×3	1.4	18	0.51	10.2	12	3	680	12.80
2		0+42~63	3×3	1.4	12	0.43	8.1	12	3	480	10.30
3	杂货码头	0+42~63	3×3	1.4	12	0.86	8.1	12	4	728	14.66
4		0+66~87	3×3	1.3	14	0.60	6.58	12	3	728	18.08
5		0+123~167	3.5×4	0.9	18	0.77	4.0	14	3	1080	17.85
6		0+216~259	3.5×4	1.0	16	0.61	6.2	14	3	960	21.45
7		0+87~123	3×3	1.0	12	0.82	4.2	12	3	780	15.55
8	集装箱码头	0+0~0+36	3×3	1.4	18	0.45	10.2	9	3	936	10.40
9		0+0~36	4×4	1.0	24	0.76	10.2	12	4	1152	13.50
10		0+124~156	4×4	1.0	24	0.64	8.51	12	3	864	15.28
11		0+248~288	4×4	1.1	24	0.55	9.1	12	3	1056	15.70
12		0+292~392	4×4	1.2	24	0.58	10.7	12	4	576	14.90

表 2 爆夯遍数试验结果表

区段 /m	单药包质量 /kg	网度 /m	基床厚度 /cm	第一次爆后沉降量/cm	第二次爆后沉降量/cm	第三次爆后沉降量/cm	第四次爆后沉降量/cm	第五次爆后沉降量/cm
杂货码头 0+36~66	14	3×3	8.1	27.0	64.0	89.6	121	118.2
集装箱码头 0+0~36	24	4×4	10.2	41.6	66.0	101.0	107	99.8
集装箱码头 0+504~540	24	4×4	10.1	45.7	73.5	120.0	158	147.0

3.4 爆夯试验结果分析

(1)从表 1 可知,1、2、3、8、9、12 组方案由于夯实率 < 15%,被否定。分析其原因,1、2、3、8 组方案主要是布药宽度、单药包质量小,药包悬吊高度大;9 组方案主要是爆前标高测量不及时,相邻爆区影响因素未被考虑在内;12 组方案主要是一次齐爆药量较小,基床振动速度小。4、5 组方案夯实率虽然满足设计要求,但由于 4 组网度过小,工作效率和经济效益低;5 组方案单耗过高,浪费炸药,因此未被采纳。

(2)从表 2 可知,爆夯遍数到第四次时便稳定。再爆第五次,基床原有稳定骨架被破坏,有升高现象。因此爆夯遍数最终取 3~4 遍。

(3)综上所述,表 1 中 6、10、11 组方案爆夯参数适中,夯实率符合要求。因此最终爆夯参数见表 3。

表 3 杂货码头最终爆夯参数表

基床厚度 /m	基床宽度 /m	布药网度 /m	单药包质量 /kg	药包悬吊高度 /m	布药宽度 /m	单耗 / (kg·m <sup>-3</sup> )	爆夯遍数	一次齐爆药量 /kg
4.0	16.2	3.5×4	16	1.0	14	0.86	3	800
5.5	16.2	3.5×4	16	1.0	14	0.63	3	800
6.0	16.2	3.5×4	18	1.1	14	0.65	3	900
7.5	16.2	3.5×4	18	1.1	14	0.66	4	900
9.5	16.2	3.5×4	22	1.2	14	0.64	4	1100
8.5	14.4	4×4	22	1.2	12	0.63	4	880
9.0	14.4	4×4	24	1.2	12	0.65	4	960
9.5	14.4	4×4	24	1.2	12	0.61	4	960
10.0	14.4	4×4	24	1.2	12	0.58	4	960
11.0	14.4	4×4	26	1.3	12	0.57	4	1000

4 爆夯监测

为了检验爆夯效果,施工及运行过程中在每个沉箱的四个角设置观测点(见图 1),对杂货码头和集装箱重力式码头进行沉降监测。监测周期为 4 个

月。经监测沉箱最大沉降值为 92 mm,发生在集装箱码头区段(见图 2)。



图1 沉降观测点布置示意图

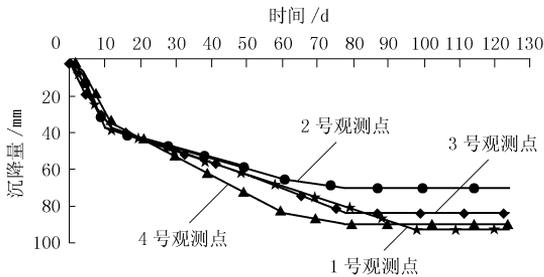


图2 沉箱沉降观测曲线图

从图 2 可以看出,沉箱在施工与运行过程中,0~10 天内沉降幅度比较大;10~60 天内沉降幅度减缓;60~100 天后沉降逐渐趋于稳定,并且沉降较均匀,满足规范要求。说明一次性爆破夯实抛石厚层基床的效果良好。

## 5 经验与建议

(1) 本文所得出的一次性爆破夯实厚层块石抛石基床的爆夯参数效果良好,值得类似工程借鉴。

(2) 爆夯工程药包尽量布置在同一平面,一是可以保证基床面平整;二是齐发爆破产生能量最集中,爆夯效果好。

(3) 雷管精度直接影响齐发效果,选择 1 段导爆管雷管三发并在一起使用,既可以降低成本又可

以保证爆破精度,是一种值得推广的方法。

(4) 药包和浮漂分开设置,既可以提高工作效率(浮漂可提前加工),又不形成聚能穴,爆能够充分利用,达到很好的爆夯效果。

(5) 相邻爆区的爆破震动对已施工爆区的影响不可忽视。一个爆区施工完毕后,马上测出结果,计算出沉降量和夯实率,这样邻近爆区的影响就没考虑在测量数据里,计算结果往往较实际低。因此爆夯效果应在相邻爆区爆后再测。

(6) 爆夯是利用水中悬浮群药包发生爆炸时产生冲击效应和地震效应使抛石基床块石发生错动、啮合而达到密实的目的。对于厚基床而言,震动作用大于冲击作用。

(7) 水下爆破受水质影响,地震波的衰减较陆地爆破慢,实测衰减指数接近于水的衰减指数,故水下爆破震动影响范围较陆地上大。

(8) 爆夯夯实法夯实抛石基床较锤夯法有较大优越性,不仅具有效率高、费用低等特点,而且所需工期短。因此采用此方法对夯实水下抛石基床是一种经济有效的方法。

## 参考文献:

- [1] JTJ/T 258-98, 爆炸法处理水下地基与基础技术规程[S].
- [2] 杨光照. 水下工程爆破[M]. 北京:海洋出版社,1992.
- [3] 吴亚顺. 爆夯夯实在处理水下抛石基床中的应用[J]. 岩土工程师,2003,(3):38-41.
- [4] 赵常州,等. 夯实地基土的微结构特性及其对工程性质的影响[J]. 岩土工程技术,2005,(2):75-79,97.
- [5] 侯文恒. 爆炸挤淤法处理铁路软土地基施工技术[J]. 西部探矿工程,2005,(1):15-17.
- [6] 张建华. 爆炸处理水下软基筑堤法[J]. 水运工程,1998,(6):29-33.

## 调查显示,我国地下水资源分布极不平衡

新华网 调查显示,我国地下水资源分布呈现南多北少基本特征,且自然分配极不平衡,资源量最少和最多的地区分布量相差 50 倍,这也是我国部分地区极度缺水的主要原因。

记者从 2006 年 10 月 9 日在北京召开的第 34 届国际水文地质大会上获悉,自 1999 年以来,中国地质调查局围绕地下水资源可持续利用和地下水环境保护,开展了新一轮全国地下水资源与环境调查评价。调查显示,我国水资源总量约为每年 28000 亿  $m^3$ ,其中 1/3 是地下水。

我国地下水资源分布呈现南多北少基本特征,分布在长

江以北的北方地区地下水资源量占全国的 32.2%,而在长江以南的南方地区地下水资源量占全国的 67.7%。因此,按人口平均分配的地下水资源量,最少的在北方。

与会专家指出,中国的水资源问题主要在北方,特别是西北。这主要是由自然区域条件所形成的,此外人为因素也加剧了北方缺水状况。

由于地形、地貌、岩石地质构造、大气降水等自然条件的影响,我国地下水资源自然分配极不平衡,最多的地方每年可达 10000  $m^3$ ,最少的地方每年不足 200  $m^3$ ,特别是在西北地区形成了一系列极度缺水的贫困区。