

爆炸法处理表面有砂层的软土地基

王 建 江礼茂 吴京平

(中国科学院力学研究所 北京中科力爆炸技术工程有限公司, 北京 100080)

摘 要 某港南、北两防波堤施工采用爆炸挤淤法处理软基。在近岸 250m 范围内, 淤泥层上表面覆盖有 0-5m 的中砂层。简要介绍施工中采用的两种不同施工方案及其检测结果, 分析了堆石体抛填参数的影响。

关键词 爆炸, 软基, 表面砂层, 抛填参数

1 引言

爆炸法处理水下软基技术是中国科学院力学研究所等单位发明的一项专利技术。应用该技术处理软基具有造价较低、施工简便、工期短、工后沉降小等特点。随着该技术应用范围的扩大, 设计和施工遇到的自然地质条件越来越复杂, 为确保工程质量和施工安全, 应根据具体情况不断改进施工方法。本文简述某海港防波堤在表面覆盖有砂层的软土地基条件下, 用爆炸法处理软基的两种施工方法及结果分析。

2 工程概况

本工程位于海南省海口市新海村西南侧, 由北、南两条防波堤形成环抱式港池。北防波堤全长 1483.9m、南防波堤全长 739.2m, 防波堤堤身均为斜坡式抛石结构, 护面采用 5~7 吨扭王字块体。近岸 250m 范围内在淤泥的表面上覆盖 0~5m, 厚的中砂层, 北防波堤从 0+0~0+124 段、南防波堤从 0+0~0+139 段的基础不做处理, 抛石基础直接落于砂层上。北防波堤从 0+124~1+1483.9 段、南防波堤从 0+139~0+739.2 段采用爆炸法处理软基, 使堤身落于淤泥下的粘土层或亚粘土层上。南、北防波堤在有砂层段的典型断面 (0+194、0+180) 形式见图 1。港区自然条件如下:

2.1 设计水位: (当地理论深度基准面)

设计高水位: +2.94m

设计低水位: +0.42m

极端高水位: +4.14m

极端低水位: -0.36m

2.2 波浪要素: (最大波高位置、五十年一遇)

$H_{13\%} = 4.48\text{m}$ $T = 8.2\text{s}$ $L = 72\text{m}$

2.3 地质条件:

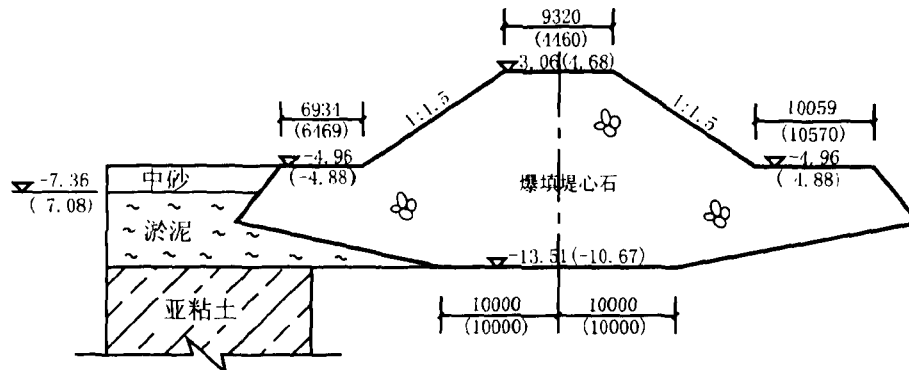


图1 北防波堤0+180、南防波堤0+194堤心断面
(括号内为北防波堤尺寸)

Fig.1 Design section 0+180 and 0+194 of core rock of the northern and southern breakwaters.

建筑场地内土质为淤泥，近岸250m范围内在淤泥的表面上覆盖0~5m厚的中砂层，标贯击数为7~10击，呈松散状态，厚度由岸边向海中逐渐变薄，淤泥下为粘土层或亚粘土层。淤泥的物理力学性质见表1。北防波堤0+180、南防波堤0+194桩号处地质分层情况见图1。

表1: 淤泥的物理力学性质

Table 1. Characteristics of the mud.

	重度 γ /kg·m ⁻³	天然含水量 w /%	孔隙比 e	三轴快剪	
				ϕ /度	C /kPa
淤泥	15.4	73.3%	1.98	0.6	5.6

3 施工方法

根据本工程防波堤断面形式及地质条件的特点，施工中主要有几个方面的问题：第一，如何破坏砂层，将砂层下淤泥挤出，使堤心石落底达到设计要求；第二，如何保证水下平台（宽度大于10m）的完整形成，并有效减少坡面多余石料；第三，我公司在施工中采用由CAT-EL240B型挖掘机改装的陆上装药机，该装药机靠液压伸缩臂将装药器中的药包压入淤泥中一定深度，因伸缩臂长度限制，为满足一定的装药深度，堤顶抛填高程不能大于+4.5m，并且不能将药包直接装入到未被破坏的砂层中；第四，根据海南省地学研究中心的现场爆炸振动测试结果，宜将一次起爆炸药量控制在300kg以内。

针对上述问题，结合以前工程经验，采用如下施工方案：在堤头抛填进尺5m时，将药包布于堤头前砂层表面爆夯，使砂层在爆炸动载及抛石体自重作用下，产生冲剪破坏，然后继续向前抛填，保持较短进尺（约5m），重复上述过程，约3~4次即可将砂层完全破坏，此时，即可用装药机将药包装至设计埋深，实施爆炸，然后按正常设计进尺继续进行抛填→埋药→爆炸→再抛填→再埋药→再爆炸的循环过程。为了研究和比较，在一次爆炸药量相近（线药量相同）的条件下，两防波堤采用不同的抛填参数。其中，北防波堤采用堤头爆堤身宽度较宽，爆后收窄的施工方案（以下称第一方案）；南防波堤采用堤头爆堤身宽度较窄，侧爆前加宽堤身的施工方案（以下称第二方案）。两防波堤基础有砂层

段的抛填参数及装药参数见表2、表3。

表2 抛填参数

Table2. Filling up parameters of core rock of the breakwater.

	堤头爆炸抛填参数		堤身两侧侧向爆炸抛填参数	
	堤顶高程 /m	堤顶宽度 /m	堤顶高程 /m	堤顶宽度 /m
北防波堤	3.5	20.0	3.5	15.0
南防波堤	4.0	14.0	4.0	19.0

表3: 装药参数

Table3. Parameters of loading charge.

		处理长度	药包数量	单个药包重量	药包平均埋深	药包间距	每炮总药量
		/m	/个	/kg	/m	/m	/kg
北防波堤	堤头爆炸	5.0~7.0	10	30	2.2	3.0	300
	侧向爆炸	15.0	10	30	2.2	3.0	300
	平台爆夯	30.0	10	20	0	3.0	300
南防波堤	堤头爆炸	5.0~7.0	8	30	2.2	3.0	240
	侧向爆炸	15.0	10	30	2.2	3.0	300
	平台爆夯	30.0	10	20	0	3.0	200

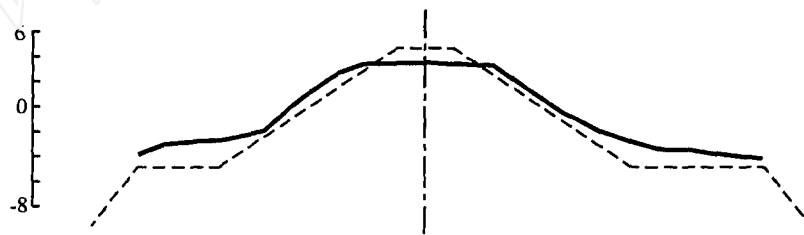


图2 北防波堤 0 + 180 爆后实测堤心断面图

Fig.2 Measured section 0 + 180 of core rock of the northern breakwater.

4 检测结果

本工程通过爆前爆后测量、体积平衡分析、钻孔检测、物探检测等方法，对两防波堤一步进行了较为全面的检测。本文针对两防波堤施工的具体特点，主要分析堤身落底、两

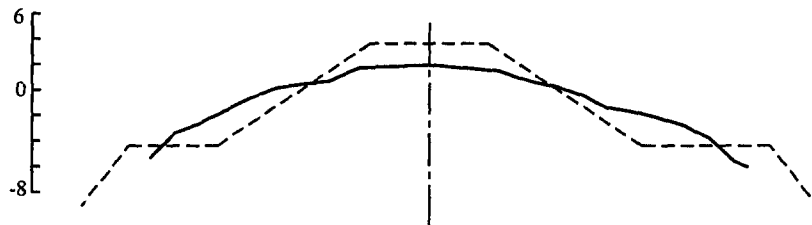


图3 南防波堤 0 + 194 爆后实测堤心断面图

Fig.3 Measured section 0 + 194 of core rock of the southern breakwater.

侧水下平台宽度的生成情况及坡脚平台上石料的多少。北防波堤 0+180 及南防波堤 0+194 断面的测量结果见图 2、图 3。图中测量数据表明：0+180 断面水下平台宽度基本达到设计宽度，坡面及平台顶高程比设计高程高 2.04m；0+194 断面水下平台宽度比设计少 4m，坡面及平台顶高程比设计高程高出 2.60m。

北防波堤 0+180 及南防波堤 0+194 断面的堤心钻孔检测结果见表 4。从表中数据可以看出：南防波堤 0+194 断面堤身落底达到设计要求；北防波堤堤身落底标高虽然达到设计标高，但因实际地质与原设计有差异，仍残留 1.4m 的淤泥。

表 4 钻孔揭露堤心落底数据 (m)

Table 4. The quality examination result of drilling.

设计落底标高	实际落底标高	落底标高差值	实际持力层	残留淤泥厚
北防波堤 0+180	-10.67	-10.65	-0.02	淤泥 -1.40
南防波堤 0+194	-13.51	-13.722	+0.222	粘土 0

5 结果分析

以上检测数据表明：采用爆炸法处理表面有砂层的软土地基是可行的，但从两个不同的施工方案的施工结果来看，两方案各有优劣，具体分析如下：

5.1 第二方案比第一方案更有利于堤心石的落底。

北堤砂层厚 2.2m，实际淤泥厚为 4.99m，南堤砂层厚 2.4m，淤泥厚 6.15m，两防波堤砂层厚度相近，而采用第二方案的南堤的淤泥以采用第一方案的北堤厚 1.16m，但从钻孔结果来看，南堤堤心石落于亚粘土层上，而北堤堤心石却未落于该层上。分析原因：由于两方案受安全因素制约，堤头线药量均为 10kg/m，南堤堤头爆炸前堆石体高度 H 为 8.96m，底宽度 B 为 23.29m， $H/B=0.374$ ；北堤堤头爆炸前堆石体高度 H 为 8.38m，底宽度 B 为 36.76m， $H/B=0.228$ ，前者是后者的 1.64 倍，故两方案堤心石落底深度的不同应与 H/B 不同有关系。

5.2 在完整形成堤侧水下平台及有效地减少坡面多余石料方面第一方案优于第二方案。

爆炸后的断面测量结果表明：北堤堤侧水下平台基本形成，坡面高程最高处比设计高程高 2.04m，而南堤堤侧水下平台宽度设计要求缺少约 4m，坡面高程最高处比设计高程高 2.60m，二者相差 0.56m。分析原因：由于第一方案一次抛填宽度较大，堤头爆炸后将淤泥包挤到堤侧设计平台宽度以外，石料基本达到设计位置，侧爆时受淤泥包影响，虽然石料不会向外挤出太远，但可以使坡面上部分石料向下滑移，有利于保证平台厚度及减少坡面石料。而第二方案由于堤头爆炸前堤身抛填宽度较窄，堤头爆炸后，隆起的淤泥包（高约 3m）占据部分堤侧平台，侧爆前加宽堤身时，补抛石料位于隆起的淤泥包上，并且在抛填过程中自沉量很小，侧爆时，同样受淤泥包的影响，石料很难滑动到设计的宽度和深度，坡面多余石料较多。

综上所述，用爆炸法处理表面有砂层的软土地基是可行的。施工中在一次最大起爆炸药量受限制的条件下（线药量一定），增大 H/B 的数值，将有利于堤心的落底；适当增加堤头爆前堆石体底宽 B ，将有利于水下平台的形成及有效地减少坡面多余的石料。

参 考 文 献

- 1 交通部第四航务工程勘察设计院. 琼州海峡铁路轮渡工程南岸新海港区地质勘察报告. 1998.4
- 2 江礼茂, 吴京平, 屈兴元. 粤海铁路轮渡南港南、北防波堤爆炸处理软基施工组织设计. 北京: 中国科学院力学研究所. 1998.9

Treatment of a Soft Foundation With Surface Layer of Sand by Blasting Method

Wang jian Jiang li-mao Wu jing-ping

(Institute of mechanics, chinese Academy of sciences, Beijing 100080)

Abstract This paper deals with the soft foundation treatment of the northern and southern breakwaters of a harbor, by using blasting method. Within the distance of 250m near the seashore, there lies 0 - 5m layer of medium sand covering the mud. The two different constructing methods and quality examination results are present in the paper. The influence of the filling up parameter of core rock is also analysed.

Key words blasting soft foundation, surface sand layer, filling up parameter