



连云港港30万吨级航道一期工程 爆破挤淤质量控制方法

芮永强¹, 王健祥¹, 孙雨涵²

(1.上海东华建设管理有限公司, 上海 200231;

2.重庆交通大学河海学院, 重庆 300074)

摘要: 爆破挤淤法筑堤技术在工程实施过程中普遍存在重经验、轻分析研究的不足。以连云港港30万吨级航道一期工程为例, 从抓好典型段试验、规范施工行为、确定检测手段等几方面分析研究, 总结了爆破挤淤监理控制方法, 确保了爆破挤淤落底效果, 达到了工程优质目标。可为类似工程的监理工作提供参考。

关键词: 爆破挤淤; 质量控制; 监理方法

中图分类号: TU 472.9

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)10-0239-05

Quality control of explosive compaction engineering in Lianyungang port 0.3 million DWT waterway engineering phase I project

RUI Yong-qiang¹, WANG Jian-xiang¹, SUN Yu-han²

(1. Shanghai Donghua Construction Management Co., Shanghai 200231, China;

2. Chongqing Jiaotong University, Chongqing 300074, China)

Abstract: During implementation of explosive compaction of embankment, people usually rely more on the experience and lay less stress on the analysis and research on the project. Taking Lianyungang port 0.3 million DWT waterway engineering phase I as an example, this paper summarizes the supervision control method for the explosive compaction based on the analysis of the test on typical section, regulation of the construction manners and determination of the inspection means, so as to guarantee the effect of explosive compaction and achieve the target of A for the engineering quality. It can provide a reference for similar engineering supervision work.

Key words: explosive compaction; quality control; supervision method

爆破挤淤填石法的基本原理(图1)是: 在抛石体外缘一定距离和深度的淤泥质软基中埋置炸药群, 通过爆炸冲击降低淤泥结构性强度, 同时利用抛石体自重和爆炸所产生的空腔, 产生抛石体定向塌落充填和动载挤淤现象, 实现泥、石置换的目的。经多次推进爆破, 即可达到软基处理要求。爆破挤淤每一工序如控制不到位, 会导致堤身滑坡和坍塌, 因此爆破挤淤质量将直接决定围堤结构的稳定, 是工程质量控制的关键。

连云港淤泥质海岸是国内最早成功应用爆破挤淤填石法筑堤的地区, 其施工环境相对恶劣, 淤泥层厚、离岸距离远、风浪大、潮流急。作为江苏省“一号工程”的连云港港30万吨级航道一期工程必须“保省优、争国优”, 质量要求高。在该工程W1.2标段围堤工程的施工监理过程中, 监理单位在爆破技术规范、设计文件要求的基础上, 结合工程实际情况, 勇于探索, 总结了一些爆破挤淤质量控制方法, 取得了一定的经验和成果。

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 芮永强(1977—), 男, 工程师, 注册监理工程师, 从事港口及航道工程监理工作。

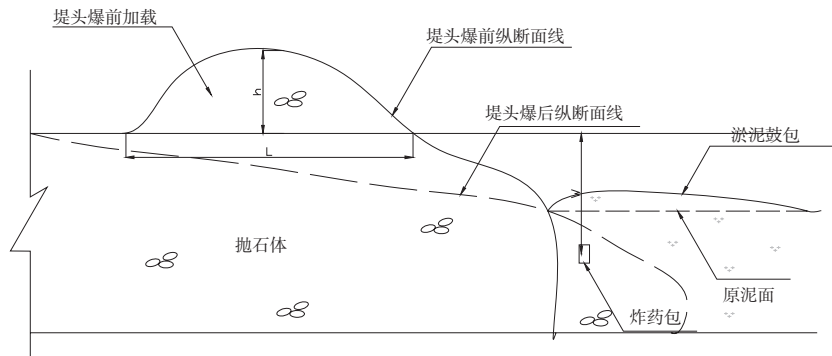


图1 爆破挤淤填石示意图

1 工程概况

连云港港30万吨级航道一期W1.2标段围堤工程位于旗台港区，围堤全长1 122 m，堤顶高程7.0 m、宽度8.9 m，堤身外坡坡度为1:1.5，内坡坡度1:1，采用水下爆破挤淤法筑堤。滩面平均高程-4.1~-3.4 m（当地理论最低潮面），淤泥底

高程平均为-13.77~-11.31 m。该工程距岸5 km处于开敞水域，全部滩面在平均低潮位以下，最大潮差4 m，地基主要为淤泥，软土层厚度达到9.2~9.6 m，含挤淤隆起包时厚度可达10 m以上，具有易触变性、高压缩性和易剪切滑动等不良特性。爆破挤淤堤断面结构见图2。

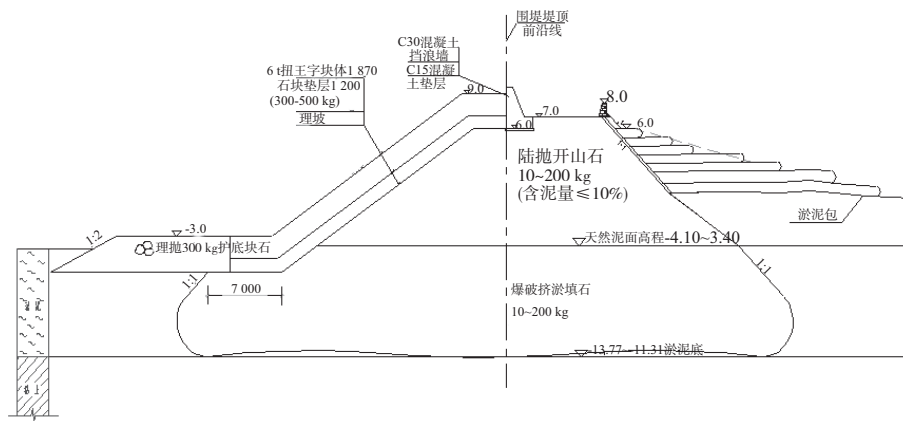


图2 爆破挤淤断面结构

2 监理控制要点分析

影响爆破挤淤施工质量的因素是多方面的，根据爆破挤淤工艺原理分析以及爆破技术规范要求，结合本工程实际情况，监理对爆破挤淤质量控制要点主要如下：

1) 确定施工参数。

包括抛填参数（包括石料质量，抛填高度与

宽度和循环进尺）、爆破参数（包括药量、布药位置和埋深等）。在施工图纸中爆破设计参数虽有明确，但由于地质勘探钻孔资料的有限性以及爆破参数计算公式的经验性，需要根据实际施工环境，通过典型试验来验证爆破参数的适用性、确定实际施工参数。典型段爆破设计参数见表1和表2。

表1 设计端部爆填参数

推进量/m	埋药深度/m	单孔药量/kg	埋药宽度/m	埋药孔距/m	起爆水深/m	抛填宽度/m	抛填高度/m
5	5.6~5.8	32	30	2	3	26	≥7

表2 设计两侧爆填参数（外侧两次侧爆，内侧一次侧爆）

部位	单孔药量/kg	布药长度/m	埋药孔距/m	埋药深度/m	起爆水深/m	抛填长度/m	抛填高度/m
内、外侧	32	20	2	5.6~5.8	3	20	≥7

2) 规范施工行为。

爆破挤淤施工单位经验丰富,但往往重视以往工程经验的运用,而忽视本工程实际情况的分析研究,甚至出现为抢工期而擅自调整爆破施工参数等现象。

3) 选定质量检测手段和频率。

爆破挤淤填石是多循环的施工工艺,如何根据工程实际来合理选定质量检测手段和频率,解决前循环质量检验与后循环施工的矛盾。

3 监理控制方法

3.1 方案审查与现场调研相结合

施工方案的审查是监理事前控制的关键。除了常规的审查项目外,针对爆破挤淤施工的特点,监理着重审查实际工况条件的分析、抛填石料料源的选定、典型施工组织安排以及施工参数的拟定、爆填落底情况的检测等。强调施工方案必须经过典型施工总结后进一步完善,使施工方案真正起到指导施工的作用。

现场实际情况与爆破挤淤施工组织密切相关,监理审查施工方案的同时,注重对施工现场实际工况条件的调查研究来验证施工方案的针对性、可行性。

3.1.1 施工滩面进行工前测量

爆破挤淤施工前必须进行工前测量,一是为了检查施工区域水下地形情况,二是将测量成果作为设计地质勘察资料的补充。工前测量由监理、施工双方联合进行,监理全程参与测量的内、外业工作,通过测量掌握了施工滩面地形、水深等情况,同时将测量成果作为爆破施工参数的确定以及施工组织的依据之一。

3.1.2 选定典型施工段

爆破挤淤典型施工段的选取原则,一是要结构断面具有代表性,二是施工组织条件要相对便利。监理通过现场踏勘,本工程起始端(桩号E0+000)与已完工的连云港区旗台作业区南防波堤垂直相交,爆破挤淤施工顺序从南防波堤外坡向海侧单头推进,南防波堤可作为施工运输通道。且通过查询地质勘察报告可知,本工程起始段200 m范围内淤泥层厚度最厚。因此决定典型施工段选在E0+000~E0+100段,全长100 m。

3.1.3 确定抛填石料料源

选取合格的抛填石料,就是从源头上控制了爆破挤淤施工质量。监理组织对施工单位拟定的抛石料源连云港金港湾石场进行实地考察,并取样检测。经过考察和检测,金港湾石料质地坚硬,无风化,水饱和抗压强度达到50 MPa以上,含泥量<10%,各项指标均满足设计要求,可用于本工程爆破挤淤施工。

3.2 抓好典型试验施工

典型爆破试验的主要目的是:根据典型试验及检测结果验证爆破参数的适用性,进一步调整、优化施工参数,为后续施工提供依据。

本工程典型试验段定为100 m,起讫桩号E0+000~E0+100。分两个阶段实施:第1阶段50 m按照爆破设计参数实施,经过检测后验证适用性,并提出调整建议供设计、业主商讨决定;第2阶段50 m按照调整后的施工参数实施,经检测合格后推广。

通过第1阶段试验,钻孔检测报告显示:端爆落底效果良好,能力有富余,抛石层全部穿透淤泥层,进入稳定土层1~2 m;侧爆落底虽然合格,但抛石底部有0.57~0.67 m厚淤泥层未穿透。外侧爆后堤身内侧抛石有扰动、滑塌现象,内侧爆前需要重新加抛石料,而且滑塌的石料影响内侧布药作业。

监理与施工单位经过反复分析研究,认为端爆的爆填能力有富余,具备延长循环进尺的条件,同时调整埋药方式,即总药量、埋药宽度不变,埋药孔距和单孔药量加倍,利于集中边缘部位爆炸作用力;侧爆的施工参数和施工顺序需要优化,外侧两次并一次侧爆,相应药量加倍,布药长度延长到40 m,内、外侧同时爆破;结合爆破参数的调整优化抛填参数,端爆抛填宽度不变、侧爆抛填长度延长至40 m,抛填压载高度加高2.5 m,以提高抛石体的自重,加大动载挤淤效果。经与设计、业主共同商讨后同意了施工参数调整。调整后的典型段爆破施工参数见表3和表4。

按照调整后的爆破施工参数实施第2阶段典型施工,经钻孔检测,端爆部位抛石层全部穿透淤泥层,内、外侧爆部位石层落底效果明显提高,抛石底部淤泥层减小至0.3~0.4 m。后续施工区段

表3 调整后的端部爆填参数

推进量/m	埋药深度/m	单孔药量/kg	埋药宽度/m	埋药孔距/m	起爆水深/m	抛填宽度/m	抛填高度/m
6	5.6~5.8	64	30	4	3	26	≥9.5

表4 调整后的两侧爆填参数

部位	单孔药量/kg	布药长度/m	埋药孔距/m	埋药深度/m	起爆水深/m	抛填长度/m	抛填高度/m
外侧	64	40	2	5.6~5.8	3	40	≥9.5
内侧	64	40	4	5.6~5.8		40	≥9.5

注：外侧两次并一次侧爆，内侧一次侧爆，内、外侧同时起爆。

均按此原则调整、优化了爆破施工参数，大幅度提高了爆破挤淤效果。

3.3 规范爆破挤淤施工行为

爆破挤淤属于特种作业，专业性强、资质门槛高，一般工程中均以专业分包的形式将爆破挤淤工程委托具备相应资质的单位施工。而目前从事爆破挤淤施工的单位多为专利发明人，并常年单一从事爆破挤淤施工，具有一定的行业垄断性。

监理对爆破挤淤施工单位的管理原则是：重视其常年积累的丰富经验，但决不迷信经验。施工程序必须严格遵照技术规范和设计要求进行，施工质量必须严格按照确定的施工参数控制，施工过程必须在监理的严密监控下实施。将规范施工行为作为爆破挤淤工程监理事中控制的重点。

3.3.1 严格执行施工参数

监理对每个爆破循环从炸药进场至起爆进行全过程跟踪旁站，实行爆破施工记录现场签证的方式，杜绝施工单位基于经验擅自加大循环进尺、改变布药方式、增减药量随意性大等不规范行为，确保爆破施工参数的严格执行。

1) 现场实测实量每个爆破循环抛填宽度、高度和进尺等抛填参数。要求施工单位对每个循环的抛填起始点均要设置明显的标志，便于监理实测抛填宽度和循环进尺，采用水准仪测量堤头抛填高度，相对于堤身抛填超高要求 ≥ 2.5 m。

2) 每个循环的抛填方量按过磅的实际方量统计，并与理论抛填方量比较，以保证实际抛填量不小于设计断面量。

3) 认真做好炸药进场验收。依据设计和规范要求，检查进场炸药类型、有效凭证、数量，重点是抽样称重来检查单包炸药的数量。

4) 合理选用布药设备。根据气候、潮水等实际情况合理选用水上布药船或陆上布药机，提高布药平面位置和深度的准确率。

5) 严格控制循环炸药量。单孔药量、总药量必须符合要求，杜绝“一孔多药”、“少孔少药”等现象。

3.3.2 严格控制起爆条件

爆破挤淤施工起爆条件重点是控制炸药埋设部位的起爆水深，起爆水深不足将会降低炸药爆炸力对淤泥层的扰动和破坏作用，也会影响爆破后抛石体的“流动”性，从而降低抛石体的落底效果。

监理对爆破水深控制主要采用参照当地潮位表数据与现场实测相结合的方法，根据潮位表掌握涨落潮时间，确定大致起爆时间，待抛填、布药等准备工作就绪后，监理人员对每个抛填循环前端水深进行实测，必须满足3 m以上方可起爆。

3.3.3 注重工序细节监理

细节决定成败，爆破挤淤施工过程中监理非常重视对容易忽视的工序环节进行控制，提高工程质量的保证率。主要体现在纠正一些习惯性违章作业、提高一线作业工人质量意识。

如在布药过程中，经监理查验，由于布药船是渔船简易改造而成，受外海潮流、风浪等影响，布药平面位置和深度的偏差较大；而且埋药位置仅离前循环泥、石交界面1~2 m，不能避免布药位置有块石障碍，如布药工人质量意识不强、旁站监理不到位，极易出现布药深度、位置不到位，甚至药量不足，影响爆破效果。

针对此情况，监理提出采用改装后的陆上布药机与水上布药船互补施工，正常气候条件下采用水上布药；水深不足、风浪大等气候条件较差

时采用陆上布药, 提高布药效率和正位率。如布药位置有块石障碍, 则采用小口径的空心钢圆柱装药器、圆柱封头采用圆锥形以减小摩擦力, 提高装药器下沉能力, 并适当调整布药位置, 必要时使用振动锤辅助埋药, 并在装药圆柱上醒目标注尺寸, 确保炸药埋深。将以上措施对一线作业工人进行质量交底, 在工序施工时由旁站监理员严格督促实施。

通过爆破挤淤隐蔽记录数据统计, 本工程共计153个爆破循环, 其中抛填参数合格率100%, 爆填参数合格率98.8%, 起爆水深合格率达到100%。

3.4 合理选定检测手段和频率

爆破挤淤填石是多循环的施工工艺, 必须根据工程实际来合理选定质量检测手段和频率, 避免后循环爆破施工影响前循环质量检验, 利于及

时、准确掌握爆破挤淤质量情况。监理通过对检测单位技术能力以及施工组织实际情况分析来确定检测手段和频率。

3.4.1 检测手段

本工程爆破挤淤质量以钻孔检测为主要手段, 以体积平衡法为辅助手段。

3.4.2 检测频率

本工程体积平衡法是根据实际抛填量统计与对应的设计断面量进行比较, 初步估测抛填落底情况。体积平衡法检测频率根据实际需要来调整, 典型试验和工程初期适当加密, 一个循环进尺检测一次, 施工稳定后可以放宽至一个质量检验批一次。通过过磅石料统计实际抛填量, 与对应的设计断面理论量进行比较, 其比率达到90%以上。理论抛填量与实际抛填量对比情况见表5。

表5 理论抛填量与实际抛填量对比情况

桩号	理论抛填量/m ³	实际抛填量/m ³	实际抛填率/%
E0+000~E0+157.2	43 535	39 561	90.9
E0+157.2~E0+233.2	57 920	52 107	90.0
E0+233.2~E0+463	177 934	175 525	98.6
E0+463~E0+561.9	75 728	69 944	92.4
E0+561.9~E0+860.8	218 258	218 620	100.2
E0+860.8~E1+066.3	132 618	133 683	100.8
EY0+000~EY0+050			

钻孔检测法检测频率首先要满足爆破技术规范要求, 钻孔断面间距取100~500 m, 不少于3个断面; 其次要满足与后循环施工爆炸源的安全距离要求, 本工程最小安全距离取200 m。经综合考虑, 监理确定钻孔检测频率为: 距离前次钻孔断面, 爆填施工每推进300 m检测一次。本工程共检测5个断面, 既满足了钻孔检测施工安全, 又保证了质量检测的及时性、检测数据的可靠性。

经钻孔检测, 5个断面抛石层“落底”合格率100%, 其中堤中抛石全部穿透淤泥层进入下部稳定土层、外坡抛石下部有0~0.4 m厚淤泥或泥石混合层、内坡抛石下部有0.3~0.5 m厚淤泥或泥石混合层。本工程钻孔检测情况见表6。

4 结语

1) 依据施工现场调研资料抓好典型段试验, 分段调整、优化爆破参数, 确保爆破挤淤落底效

表6 钻孔检测数据

钻孔检测断面	抛石层底部淤泥厚度/m		
	外坡	堤中	内侧
E0+093	0.4	0	0.3
E0+400	0	0	0.5
E0+695	0.2	0	0.4
E1+042.6	0	0	0.4
EY0+035	0.4	0	0.5

果, 抛填块石落底合格率100%。

2) 规范爆破挤淤施工行为, 保证了爆破参数的严格执行, 最大限度降低了人为因素影响, 大幅度提高了质量保证率。

3) 通过合理确定检测手段和频率, 确保了爆破挤淤质量检验的及时性和可靠性。

该监理方法保证了爆破挤淤施工质量, 使其满足设计和规范要求, 并达到工程创优条件, 也符合大中型水运工程精细化监理工作要求, 对今后类似工程监理工作具有一定的借鉴作用。

(本文编辑 武亚庆)