

# Quality Control of Dynamic Compaction Construction for High Fill

Xiangjian Zhong Song Li Xuexiang Hu

East China Branch of China Construction Second Bureau Infrastructure Construction Investment Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210008, China

## Abstract

In the foundation pit construction of a project, the depth of the foundation pit is about 10m. The original design is that after the underground foundation construction is completed, the earth and stone in the field will be backfilled and compacted to the position of plus or minus zero, with a total backfill area of about 342,000 m<sup>2</sup>. According to the actual situation of the site, the thickness of stratified backfill should be no more than 50cm, and it is difficult to control the particle size of backfill stone within 2/3 of the layer thickness, about 30cm. Because most of the site leveling is soil mixed with stones, the mechanical rock drill after loose blasting is often used in blasting construction, the earthwork is relatively separated from the stone and the water content of the earthwork is large, so it is difficult to control the quality of backfill and the degree of compaction after backfilling. After the foundation pit is backfilled and compacted in layers, the foundation will sink, which is not conducive to the later production and operation. Combined with the actual situation of the site, after comprehensive analysis, it was changed to dynamic compaction after dumping, and then foundation construction was carried out after dynamic compaction. Using dynamic compaction method can effectively improve the backfill construction progress of foundation pit, improve the comprehensive utilization rate of blasting earthwork in the site, reduce the length of independent column foundation, and accelerate the overall construction progress of the project. The quality control of high fill dynamic compaction mainly includes backfill materials, dynamic compaction parameters, quality control and inspection.

## Keywords

backfill material; dynamic compaction parameters; quality control and inspection

# 高填方抛填强夯施工质量控制

钟香健 李松 胡学祥

中建二局基础设施建设投资有限公司华东分公司, 中国·江苏 南京 210008

## 摘要

在某工程基坑施工中, 基坑深度约 10m, 原设计为地下基础施工完毕后采用场区内土石方分层回填压实至正负零位置, 施工总回填面积约 34.2 万 m<sup>2</sup>。根据现场实际情况, 分层回填压实分层回填厚度需不大于 50cm, 回填石方粒径需控制在不超过层厚的 2/3 约 30cm 左右较困难。因现场场平大部分为土夹石, 爆破施工作业时多采用松动爆破后机械凿岩机进行解小, 土方与石方相对分离且土方含水量较大, 回填料质量控制难度较大, 回填后压实度较难控制。基坑分层回填压实后地基会存在下沉现象, 不利于后期的生产运行。结合现场实际情况, 经综合分析后变更为抛填后强夯施工, 强夯施工完成后再进行基础施工, 采用强夯法施工可有效地提高基坑回填施工进度, 提高场区爆破土石方综合利用率, 同时减少了独立柱基础长度, 加快了工程整体施工进度。高填方抛填强夯施工质量控制主要从回填材料、强夯参数、质量控制及检测几个方面进行控制。

## 关键词

回填材料; 强夯参数; 质量控制及检测

## 1 回填材料质量控制

为保证强夯施工质量及效果, 抛填过程中需控制回填粒

径大于 20cm 的颗粒质量超过总质量的 50% 以上, 最大粒径不超过 80cm; 回填土石比小于或等于 3:7; 控制回填料含水量, 天然含水量宜低于塑限含水量 1~3%; 点夯施工完成后、普夯施工前, 应清除表层大块石, 标高不足部分需进行补填, 补填料采用自然开山石料或土料, 最大粒径  $d \leq 30\text{cm}$ ; 表层 30cm 厚填料最大粒径  $d \leq 10\text{cm}$ , 当场地平整后, 再进行普夯施工<sup>[1]</sup>。

【作者简介】钟香健(1992-), 男, 中国安徽淮北人, 助理工程师。

李松(1990-), 男, 中国湖北孝感人, 助理工程师。

胡学祥(1975-), 男, 中国湖南邵阳人, 中级爆破技术员。

## 2 确定强夯参数

### 2.1 根据现场抛填厚度

根据现场抛填厚度的不同,强夯参数设计如下。

(1) 回填深度大于6m区域,采用3遍夯。第一、二遍10\*5m间距隔行跳夯,夯击能量为6000KN·m,夯击次数为8-12击,第三遍采用普夯,夯击能量为1500KN·m,搭接0.3D,每点夯击数不小于2击。第一、二遍点夯的收锤标准是:最后两击的平均夯沉量不大于10cm。

(2) 回填深度在3-6m区域,采用3遍夯。第一、二遍9\*4.5m间距隔行跳夯,夯击能量为4000KN·m,夯击次数为7-10击,第三遍采用普夯,夯击能量为1000KN·m,搭接0.3D,每点夯击数不小于2击。第一、二遍点夯的收锤标准是最后两击的平均夯沉量不大于5cm。

(3) 回填深度在1-3m区域,采用3遍夯。第一、二遍8\*4m间距隔行跳夯,夯击能量为3000KN·m,夯击次数为6-9击,第三遍采用普夯,夯击能量为1000KN·m,搭接0.3D,每点夯击数不小于2击。第一、二遍点夯的收锤标准是最后两击的平均夯沉量不大于5cm,如表1所示。

(4) 强夯范围应超出建筑物最外侧轴线的宽度为处理深度的1/2+2m,且不小于4.5m。

表1 强夯参数

强夯单击夯击能(kn.m)	处理深度(m)	强夯单击夯击能(kn.m)	处理深度(m)
3000	≤ 3.0	6000	> 6.0
4000	≤ 6.0		

强夯的夯击次数按现场试夯的夯击次数和夯沉量关系曲线确定,并满足以下条件:

- ① 当  $E \leq 4000$ , 最后两击的平均夯沉量不宜大于50mm( $E \leq 4000$ )。
- ② 当  $E > 4000$ , 最后两击的平均夯沉量不宜大于100mm。
- ③ 夯坑周围地面不应有过大的隆起。
- ④ 不应夯坑过深而发生提锤困难。

### 2.2 试夯

在大面积强夯前,选择有代表性的24×24m场地作为试验段按上述技术要求进行试夯,试夯结束后进行检测,取得的数据满足设计要求后,按试夯的技术参数进行大面积施工。

试夯是指导强夯作业的依据,也是对原设计的理论检验。大面积施工前,为获得符合本工程实际的强夯施工参数及施工工艺流程,根据设计提供的初步参数,进行强夯试验。试夯后进行检测并与夯前测试数据进行对比,检测强夯效果,确定下列参数:

- (1) 强夯机具、夯锤重量及夯锤落距。
- (2) 单点夯击能(或夯击次数)与单击夯沉量。
- (3) 夯击遍数、夯点间距及遍夯间歇时间。
- (4) 有效加固深度。

试夯时,每遍点夯一天完成,满夯一天完成。每遍夯间隔时间7天。现场可根据观测的孔隙水消散情况,调整两遍夯之间的间隔时间。满夯完成后间隔7天开始强夯加固效果检测。

若试夯检测结果不理想,经设计、业主、施工等相关各方确认后,决定是否进行修正。修正参数时,可调整夯击遍数、每遍单点夯的夯击能、夯点间距及布置、以及满夯遍数等参数,确保大面积强夯加固效果符合设计要求。

## 3 质量控制及检测

### 3.1 质量控制

(1) 强夯设备:本工程所用夯锤底直径为2.0~2.6m,锤重11~38t左右,试夯落距约为14~16m;1台70t强夯机(W200B型,带门架),38t夯锤,锤底面积4.5m<sup>2</sup>,点夯;15t夯锤,普夯;锤体周围均匀设置1个上下贯通的气孔,孔径约30cm,使夯锤脱钩下落时减少产生的气垫阻力,同时使锤、土接触瞬间使土体孔隙气体能立即排除,同时也减少了锤底与土的吸附力,起锤比较容易;1台挖掘机,1台装载机,1部DS3200型水准仪。

(2) 测量控制:施工前,应首先对场地进行清理、整平,对夯点放线进行复核,测量应在仪器精平和水准塔尺垂直状态下进行,确保施工过程中满足设计要求;施工过程中,检查夯锤重和落距,确保单击夯击能量符合设计要求,测量人员必须精心测量记录每点的单夯夯击能量、每个夯点夯击次数和每击的夯沉量,发现夯锤倾斜时应将夯坑底部填平后继续夯击,及时检查各项测试数据(如夯沉量、地面隆起量)和施工记录,不符合设计要求时应补夯或采取其它有效措施<sup>[2]</sup>。

(3) 施工过程控制:开夯前检查锤重和落距,以确保单

击夯击能量符合设计要求；夯击时夯锤的气孔要畅通，夯锤落地时应基本水平，夯击时，夯锤必须提高到设计高度，达到单位夯击能；夯击时落锤须平衡，如有错位或夯坑倾斜过大时须用沙石将坑填平，再进行下一步夯击，当前三击夯坑深度大于 1.5m 时，采取填料法（夯坑内回填符合要求的开山土石）工艺进行施工，填料次数根据现场实际情况确定；在每遍夯击前，应检查上次夯完后夯坑位置，发现偏位或漏夯应及时补夯，每一遍强夯完成后推平夯坑，再做下一遍夯击，两遍夯击之间不需要间歇时间；加固过程的夯坑处理非常关键，对较深的夯坑，要尽可能填硬骨料，以快速增加夯坑的密实度，强夯施工普夯夯击能量为 3000kN·m，要求锤印彼此搭接，且搭接面积不小于 30%。

（4）场地排水及雨季施工：场地排水是强夯关键，如排水不畅而积水，会影响强夯施工，场地应及时排水，大雨要停止作业，如遇雨季影响强夯作业，必要时铺 30~40 cm 厚中粗砂垫层，详视施工时的情况而定。

（5）收锤标准采用双控的办法：①采用击数控制；②按最后两击夯沉量控制。原则：施工时应分区进行，在分区施打时，应以夯沉量判断本区的每单点夯击数  $n$ 。当夯击数从 1~( $n-2$ ) 击时，夯沉量出现逐步收敛，当击数至 ( $n-1$ ) 时，夯沉量接近，且当增加至 ( $n+1$ ) 击时，夯沉量没有增加，或反而明显增加，此时  $n$  既为本区的点夯夯击数。夯沉量按下述控制：每遍点夯夯沉量为最后两击的平均夯沉量：不大于 100mm，当夯沉量不能满足要求时，应根据现场情况及时调整强夯参数。

（6）质量控制标准：施工前在施工图上对夯点进行编号，施工中对号进行夯击，防止漏夯；施工中做好现场原始施工记录，内容包括施夯日期、夯锤重量、落距、夯击数、每击夯沉量、原始地面标高、夯后地面标高、总夯沉量、记录人等；检查强夯施工记录，基坑内每个夯点的累计夯沉量，不得小于夯夯时各夯点平均夯沉量的 95%；强夯定位放线偏差，控制点允许位移  $\pm 20\text{mm}$ ，夯点定位允许偏差为  $\pm 50\text{mm}$ ，夯击时，夯击点中心位移偏差应小于 150mm；在每遍点夯施工过程中及结束后，质检人员进行严格认真地检查，及时发现并杜绝少击漏夯现象。

### 3.2 试验检测

强夯结束后，应间隔 7~14 天进行地基均匀性检测，在每 400m<sup>2</sup> 面积内在各夯点之间任选一处，自夯击终止时的夯面起至其下处理深度范围内取土进行原位测试及室内试验，测量土的干密度及压实系数等。

#### （1）取样试验

本试验主要对强夯试验前、后的现场密度检测、室内颗粒分析、比重、相对密度试验工作。

#### （2）荷载板试验

试夯完成后，进行 2 组荷载板试验（每区至少 2 个）；荷载板试验可采用 1.0m×1.0m 的承载板，按照使用荷载的级别逐级施加静力荷载，每级荷载增量可为预估地基承载力的 1/10~1/20，根据荷载—沉降关系曲线确定地基的承载能力。

（3）采用静载试验和触探试验检测地基承载力，回填区地基土（石）的承载力特征值要求达到  $f_{ak} \geq 180\text{KPa}$ 。

（4）采用室内土工法检测压缩模量，回填区地基土的压缩模量要求达到  $E_s \geq 12\text{MPa}$ ，填石的变形模量要求达到  $E_o \geq 18\text{MPa}$ 。

（5）对于回填厚度在 6m 以上的区域，要求有效加固深度  $\geq 6\text{m}$ 。

## 4 结语

本工程通过对高填方区强夯施工质量的管控，经强夯的生产车间经运行 3 年后地面未发现明显下沉现象，其他未经强夯的生产车间在经过 1 年的自然沉降与蓄水沉降后进行主体结构施工，经运行 1 年后车间内出现明显的下沉现象，最大下沉量约 30cm，严重影响车间的正常生产运行。通过对高填方抛填强夯施工质量的控制，加快了场平土石方开挖进度，增加了开挖土石方的利用率，保证了高填方地基处理质量，确保了后期生产车间的正常生产运行，本工程为类似高填方抛填区域采用强夯法施工提供了借鉴意义。

## 参考文献

- [1] 中国工程爆破协会. 爆破安全操作规程:GB6722-2014[S]. 国家质量监督检验检疫总局, 2008.
- [2] 中国工程爆破协会. 爆破设计与施工 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2011.