

# 强夯法施工及注意事项

王 兵

(河北省交通勘察设计研究院, 河北 石家庄 050011)

**摘要:** 以强夯法处理湿陷性黄土为例, 介绍强夯法适用的地段、强夯试验、最佳夯击能与控制标准的确定、施工步骤、试验检测及施工应注意的事项, 对强夯法的施工具有一定的指导作用。

**关键词:** 强夯法; 施工步骤; 试验检测; 注意事项

中图分类号: U416.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-4786(2005)08-0117-03

## Heavy Pounding Method and Its Attentions

WANG Bing

(Hebei Communications Survey & Design Institute, Shijiazhuang 050011, China)

**Abstract:** Taking the example of collapsed loess dealt with heavy pounding, some things about heavy pounding is introduced, such as application place, pounding test, confirmation of the best pounding energy and its control, construction steps, test checking, attentions in construction. All of above has guidance for construction of heavy pounding.

**Key words:** heavy pounding; construction steps; test checking; attention

强夯法又称动力固结法, 是将很重的夯锤吊至较大高度, 然后使其自由落下, 强大的冲击能量将使地基土产生强烈的振动和很高的动应力, 且产生较大的瞬时沉降, 从而在一定范围内使土体承载力提高, 压缩性降低, 并消除黄土的湿陷性和改善土的均匀性。邯长公路更乐至冀晋界段高速公路, 全长13.09km, 其中有7km的湿陷性黄土, 故在设计中采用了强夯法进行处理。

### 1 强夯地段的划定

从强夯的夯实机理来看, 强夯适用于局部路段及特殊路基处理。路基大面积施工土石方的压实还必须靠压路机械来保证。为有的放矢, 合理使用强夯, 现划定其使用范围如下:

a) 填方路段清表整平压实验收后, 经实验后确定为湿陷性黄土的路段;

b) 挖方路堑挖到路床标高时, 确认为湿陷性黄土的路段;

c) 湿陷性黄土、重力式小桥涵基础及桥头引道20m原地面;

d) 凡路堤填筑高度达5m以上的路段;

e) 填挖交界路段及土石混填路段;

f) 旧路利用段, 现有路面不需挖除, 但加宽部分需采用强夯处理, 结合部位应按规范要求开挖台阶, 以免出现纵向裂缝。

### 2 强夯处理设计

路线穿越区为黄土状亚砂土, 其分布较广, 但不连续, 具有垂直节理、大孔隙特征, 并且具有一定程度的湿陷性, 适于采用强夯法处理。

本段夯点布置见图1。

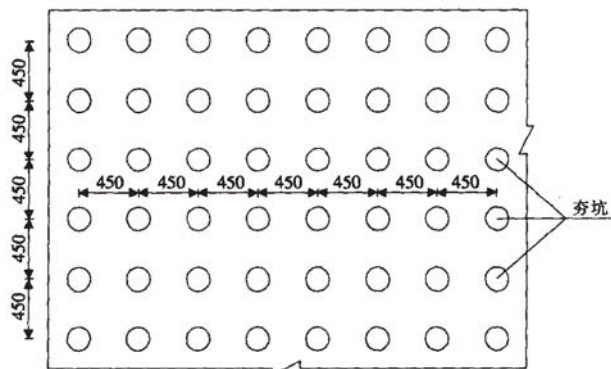


图1 夯点布置图

夯点采用正方形布置, 夯点间距为4.5m, 锤重

采用200kN, 夯锤底面积为4m<sup>2</sup>(锤的底面宜对称设置若干个与其顶面贯通的排气孔, 孔径可取25cm~30cm), 落距为15m, 能级为3000kN·m, 夯击2遍, 两遍点夯的间歇时间不少于21d, 夯击击数以最后两击沉降量不大于5cm为准, 然后满夯; 点夯与满夯间歇时间不少于15d, 满夯锤印搭接1/2, 夯击能采用1000kN·m, 满夯击次为最后一击夯沉量小于5cm。

### 3 强夯试验

#### 3.1 试验目的

强夯参数包括锤重、落距、加固深度、夯点布置、加固范围、最佳夯击能、夯击遍数及间歇时间、垫层厚度及材料等。鉴于目前国内外尚未形成一套确定强夯参数的理论和计算方法, 在大面积强夯施工前, 应先根据设计单位提供的施工参数及类似工程的施工经验, 在夯区范围内选点试夯, 以确定合理的强夯参数及施工工艺, 确保处理效果。

#### 3.2 确定强夯的基本参数

##### 3.2.1 有效加固深度

强夯加固地基的有效深度, 是指经过强夯处理后, 地基土体强度提高, 压缩性降低, 其加固效果均达到或超过进行加固所要求的最低值的土层深度范围。

由于强夯处理效果受多种因素影响, 即一方面受夯击能、夯点间距、夯击次数、锤底形状、施工工艺等的影响; 另一方面受需处理地层的原始结构、均匀性及地下水位等的影响。因此, 确定强夯处理的有效深度应根据地质勘察情况、当地经验及试验夯区来确定。

##### 3.2.2 单位夯击能

强夯法的有效加固深度与单位夯击能的对应关系见表1。

表1

单位夯击能(kN·m)	有效加固深度(m)	
	碎石土、砂土	粉土、粘性土、湿陷性黄土等
1 000	5~6	4~5
2 000	6~7	5~6
3 000	7~8	6~7
4 000	8~9	7~8
5 000	9~9.5	8~8.5
6 000	9.5~10	8.5~9

#### 3.3 施工方法及控制

3.3.1 点夯分两遍完成, 隔点不隔行; 满夯分两遍完成, 先夯间满夯, 再普夯。

3.3.2 控制间歇时间, 两遍点夯的间歇时间不少于

20d, 以超孔隙水压力消散大于70%以上控制; 点夯与满夯间歇时间不少于15d, 以超孔隙水压力消散大于50%控制。

#### 4 最佳夯击能与控制标准的确定

由动力固结理论可知, 使地基中产生孔隙水压力达到土的覆盖压力时的击实能称为最佳击实能, 当单击夯击能一定时, 与最佳击实能相对应的夯击次数称为最佳夯击数。故恰当选择夯击数, 是取得良好加固效果的一个重要因素。若夯点击数过小, 则达不到压实加固效果; 击数过大, 不仅费用高、不经济, 有时还会降低地基承载力。因此, 夯击点数应根据地层结构等选择最佳数值。根据国内已有强夯试验和施工经验及国内外的资料, 挖方区确定为夯点击数为6击和最后两击夯沉量平均值不超过5cm的双重标准。对填土区夯点击数定为12击, 最后两击的夯沉量平均值仍定为5cm, 最大夯击数定为20击。夯击遍数采用三遍法, 第一、二遍为主夯点, 采用隔点跳打, 主夯点完工后, 整平场地, 第三遍为夯点搭接(一夯压半夯)的满夯, 以加固地表松动层。

最佳击实能的确定可采用单点夯沉量与夯击次数关系曲线来确定, 且满足最后两击平均夯沉量 $\geq 5$ cm, 夯坑周围地面不发生过大隆起及不因夯坑过深而发生起锤困难。在试夯过程中, 对每一夯点每一击的夯沉量进行测量, 并绘出夯沉量与夯击次数的关系曲线。

一般, 夯击最初的几击, 夯击数-夯沉量曲线陡增, 各击夯沉量增加幅度较大, 此时地基受到冲击挤压, 土的密实度增加, 承载力提高, 压缩性降低, 主要表现为塑性变形。其后, 随着夯击数的增加, 每击的夯沉量逐渐减小, 此时地基土的变形包括塑性变形和弹性变形。当达到一定击数以后, 每击夯沉量显著减小(在5cm以内), 夯击数-夯沉量曲线趋于平缓, 每击夯沉百分率也 $< 5\%$ , 夯击能主要消耗于地基的弹性变形。

单点夯击同时满足以下条件1和条件2中的a)、b)两项时可以止夯。

条件1: a)同一夯位最后两击的平均夯沉量 $< 5$ cm; b)单点夯击次数 $\leq 4$ 击。

条件2: a)单位面积累计夯击能 $> 2000$ kN·m; b)夯坑深度 $> 120$ cm。

满夯结束7d后对强夯处理地基取样进行湿陷性



系数、干密度、承载力等项目的检测。强夯施工段检测频率500m钻探一处，每隔1m的深度范围取样，检测标准如下。

#### 4.1 湿陷性系数 $\delta_s$

每处的平均值 $\delta_s \leq 0.005$ ，最大值不超过0.015。

#### 4.2 干密度 $\rho_d$

强夯的平均值 $\rho_d \geq 1.58\text{g/cm}^3$ ，最小值不小于 $1.50\text{g/cm}^3$ 。

#### 4.3 地基土容许承载力

强夯的平均值大于210kPa。如果湿陷性系数的检测结果不能满足上述标准，则该钻探处所代表路段重新夯击，如干密度或承载力不能满足上述标准，则可在相邻钻探检测。

### 5 强夯施工步骤

强夯施工步骤如下：

- a) 清理并平整施工场地；
- b) 标出第一遍夯点位置，并测量场地高程；
- c) 起重机就位，使夯锤对准夯点位置；
- d) 测量夯前锤顶高程；
- e) 将夯锤起吊到预定高度，待夯锤脱钩自由下落后，放下吊钩，测量锤顶高程，若发现因坑底倾斜而造成夯锤歪斜时，应及时将坑底整平；
- f) 重复步骤e)，按设计规定的夯击次数及控制标准，完成一个夯点的夯击；
- g) 重复步骤c)~f)，完成第一遍全部夯点的夯击；
- h) 用推土机将夯坑填平，并测量场地高程；
- i) 在规定的间隔时间后，按上述步骤逐次完成全部夯击遍数，最后用低能量满夯，将场地表层松土夯实，并测量夯后场地高程。

### 6 试验检测

对强夯的整个夯击过程应有专人负责夯前、夯中、夯后三个阶段的监测控制工作。

#### 6.1 夯前检测

夯前检测应注意以下几点：

- a) 开夯前应检查夯锤重和落距，以确保单击夯击能量符合设计要求；
- b) 检测场地平整情况；
- c) 对需夯击处理范围内的地基原状土取样，分别进行物理力学性能的分析。

#### 6.2 夯中检测

夯中检测应注意以下几点：

- a) 夯锤的落距不得小于设计落距；

b) 在每遍夯击前，应对夯点放线进行复核，夯锤的落点误差不得大于15cm，夯完后检查夯坑位置，发现偏差或漏夯应及时纠正；

c) 控制单位时间内的夯击处理面积；

d) 按设计要求检查每个夯点的夯击次数和每击的夯沉重；

e) 控制夯击遍数间的间隔时间；

f) 夯击过程中的异常现象，如夯坑周围出现隆起，夯沉量异常等情况；

g) 施工过程中应对各项参数及施工情况进行详细记录，不符合设计要求时应补夯或采取其他有效措施。

#### 6.3 夯后检测

夯后检测应注意以下几点：

a) 每一遍夯击完后，应检测夯坑深度、夯点间距及处理宽度，合格后方可填平；

b) 满夯后，对场地进行平整和压实，应达到规范要求的原地面的各项指标，并测量高程，填写地面标高变化；

c) 满夯结束7d后，在夯击处理范围内垂直取样，每隔1m的深度范围取样，分别进行物理力学性能的分析；强夯施工结束后应间隔一定时间方能对地基质量进行检验：对于碎石土和砂土地基，其间隔时间可取1~2周；对于低饱和度的粉土和粘土、湿陷性黄土地基可取2~4周；

d) 质量检验的方法，宜根据土性选用原位测试和室内土工试验，一般工程应采用两种或两种以上的方法进行检验；

e) 质量检验的数量，应根据地基处理的面积确定，其检验点数量不应小于3处/1000m<sup>3</sup>，检验深度应不小于设计处理的深度。

### 7 强夯施工应注意的事项

7.1 强夯施工前，应查明场地范围内的地下构筑物和各种地下管线的位置及标高等，并采取必要的措施，以免因强夯施工而造成损坏。

7.2 当强夯施工所产生的振动，对邻近建筑物或设备产生有害的影响时，应采取防振或隔振措施。

7.3 强夯施工宜采用带有自动脱钩装置的履带式起重机或其他专用设备，采用履带式起重机时，可在臂杆端部设置辅助门架，或采取其他安全措施，防止落锤时机架倾覆；强夯施工前，组装起吊设备及辅助门式框架时，应特别注意起立机器的自身稳

# 桥梁支座检测方法的探讨

徐忠阳, 张成全

(浙江交通职业技术学院, 浙江 杭州 311112)

**摘要:** 随着交通基础设施工程建设的飞速发展和公路等级的不断提高, 大型互通桥梁、高架桥梁日益增多, 支座被广泛地使用于桥梁中。故加强支座的现场检测, 提高支座的使用寿命, 是保证桥梁质量的关键。

**关键词:** 桥梁支座; 施工安装; 检测; 探讨

中图分类号: U443.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-4786(2005)08-0120-02

## Discussion on Checking Method of Bridge Branch

XU Zhong-yang, ZHANG Cheng-quan

(Zhejiang Vocational and Technical Institute of Transportation, Hangzhou 311112, China)

**Abstract:** With the rapid development of traffic base devices and continuous improvement of highway grade, such as large interchange bridge and viaducts are widely used in bridge construction. Therefore, it is key technique for guarantee the bridge quality to strengthen the branch at spot and prolong its using life.

**Key words:** bridge branch; construction installation; checking; discussion

现在投入使用的很多桥梁中, 往往还没到设计年限就产生了不同程度的损坏, 需要对其进行大修或重建, 这样不仅影响了正常的交通运输, 而且给交通建设与养护部门造成了很大的经济损失, 究其根源, 支座安装不当是重要原因。

### 1 桥梁支座损坏的原因分析

#### 1.1 支座内在使用因素

市场上的支座, 一方面由于价格高、利润大, 生产厂家多, 其中有许多不法厂家冒牌生产, 以次充好, 造成支座质量差, 容易过早损坏; 另一方面由于各厂家生产工艺水平的限制, 支座本身存在质量偏差, 例如普通橡胶支座的抗压弹性模量E允许的偏差为 $\pm 20\%$ , 这样势必造成在同样的纵向位移

定性, 当辅助门式框架过重时(如大于 $3\ 000\text{kN}\cdot\text{m}$ 的能量时), 这一问题尤为重要。

7.4 斜坡段路堤基底的横向或纵向坡度大于1:5的陡坡段, 须先把斜坡推出处理范围外, 开挖出满足机械作业要求的台阶后, 再进行夯击。

7.5 当原地面表层较湿或含水量较大时, 在夯击前应在该段铺垫10cm~20cm厚的碎石, 然后进行夯击。夯击时如表土过干(尤其满夯时)则应采取加水

量下承受的压力不一样, 自然造成支座受力的不均匀, 从而使支座在使用过程中过早损坏, 影响桥梁上部构造的耐久性。

#### 1.2 支座安装对中因素

桥梁的使用效果与支座的发挥有着密切的关系, 因此在安放支座时, 必须使桥梁上部构造的支点位置与支座中心对中。但在实际的支座安装过程中, 很难做到绝对对中, 所以要注意产生的偏心应在允许的范围内: 梁在安装时支座中心允许偏差5mm; 板在安装时支座中心允许偏差10mm。若控制得不好, 支座中心偏差大, 就会造成支座受力不均匀, 容易较早损坏。

#### 1.3 支座安装高差因素

等相应措施, 增加含水量。

7.6 夯锤上的通气孔如遇堵塞, 应立即开通。

7.7 冬季施工时, 当冻土层厚度 $<0.5\text{m}$ 时, 应在原夯击数上加夯2~3击, 当冻层厚度 $>0.5\text{m}$ 时, 则不宜施工。

7.8 强夯时有土块、石子等飞击, 现场人员必须戴安全帽。

收稿日期: 2005-04-04