



# 强夯处理黄土湿陷性的机理分析

詹祥元

(陕西铁路工程职业技术学院, 陕西 渭南 714000)

**摘要:** 目前, 强夯法以其造价低且施工简单的特点, 在黄土湿陷性处理应用中得到了较大发展。本文从强夯对黄土湿陷性影响出发, 分析了强夯消除黄土湿陷性的机理, 为此法的设计应用提供借鉴。

**关键词:** 强夯; 地基; 黄土; 湿陷性

中图分类号: TU47 文献标识码: A 文章编号: 1674-5078(2012)05-0037-03 DOI: 10.3969/j.issn.1674-5078.2012.05.013

强夯法一般通过重锤在一定的落距自由落下来冲击地基, 重锤的巨大冲击能在地基土产生很大的动应力和冲击波, 使一定范围内的土体结构发生破坏或排出土体中的水, 从而在有效影响深度范围内使土体密实, 提高地基承载力。该方法具有原理直观、设备及施工工艺简单、适用条件广、工程造价低等特点。目前, 强夯法以其加固地基速度快、效果好、投资省等优点, 使处理湿陷性黄土地基的方法得到了较大发展。作为一种典型非饱和土, 黄土具有湿陷性, 强夯对黄土湿陷性处理是决定地基处理成功与否的关键, 也是进行强夯参数设计的重要依据。<sup>[1]</sup>

## 一、强夯法的加固机理

到目前为止, 强夯法对于地基的作用机理还没有形成统一认识。但是, 很多学者对于强夯所产生的冲击波是加固地基的主要原因都持赞同意见。已有的工程实践资料和实验表明, 强大的夯击能在地基中会产生强烈的冲击波, 由夯击点向四周传播, 这种冲击波根据其在土中的作用特性可分为体波和面波。体波从夯击点向地基深处传播, 根据其传播方式不同对地基起到压缩和剪切作用, 是引起土体孔隙水变化和土体重构的主要原因。面波由夯击点沿地表传播, 对地基不起加固作用, 并且还引起地基表面松动, 从而引起地表隆起。根据夯击能在地基不同区域的影响, 可将地基土在沿深度方向划分为 3 个区: 地表松动区、影响深度范围内的加固区和影响深度范围外的弹性区。松动区主要以面波影响为主, 面波以夯坑为中

心向四周传播, 使土体振动。面波以下一定深度范围内为加固区, 土体主要受压缩波和剪切波的作用, 压缩波使土体空气得以排出, 孔隙减小, 剪切波使土体结构破坏, 土体中出现裂缝, 使孔隙水消散, 由于粘性土的触变性, 使得降低了的强度得到恢复并进而加强; 加固区下面冲击波已衰减, 其作用不足以使土体产生塑性变形, 形成弹性区。

强夯的加固机理可归纳为: 对非饱和土地基, 地基加固主要体现为地基土的挤密振密, 其过程基本上同实验室中的击实实验相同。对饱和和无粘性土地基, 土体在冲击波作用下可能会产生液化, 其压密过程同爆破和振动密实的过程相同。对饱和和粘性土地基, 夯击能会在土体中产生超静孔隙水压力, 地基土固结主要体现为孔隙水的逐渐消散, 孔隙比减小而引起土体强度提高。

## 二、黄土湿陷性机理分析

黄土是在干旱或半干旱气候条件下形成特殊沉积物的。黄土在沉积过程中, 在干燥少雨的条件下, 大气降水浸湿带的厚度常少于蒸发影响带的厚度, 而黄土颗粒组成以粉粒为主, 富含可溶盐, 黄土在形成过程中, 由于蒸发作用使土体中水分减少, 易溶盐处于微晶体状态, 并附着在颗粒表面形成胶结物, 产生了加固内粘聚力, 同时, 黄土在含水量低时, 细颗粒(主要是粘粒)表面上会形成一层结合水膜, 结合水膜一般很薄, 溶解在其中的阴、阳离子的静电引力较强, 将表面带负电荷的粘粒连接起来, 形成一定的粘聚强度。这些因素加大了黄土颗粒之间的凝聚强度, 阻止了土体颗粒在

收稿日期: 2012-06-25

作者简介: 詹祥元(1981-), 男, 湖北孝感人, 硕士。主要研究方向为地基处理与加固。

## · 应用技术研究 ·

自重作用下的固结密实,使黄土形成了独特的垂直架空结构和肉眼可见的大孔隙。当黄土遇水侵蚀时,黄土颗粒之间的结合水膜变厚,引力减弱,粘聚强度降低,同时,黄土中的可溶盐也会溶解,进一步降低这种胶结作用所形成的内粘聚力,使黄土结构强度遭到破坏,细颗粒发生滑移,填在大孔隙中,由此产生湿陷变形。从以上研究<sup>[2]</sup>分析可知,黄土的粉粒含量高、大孔隙结构和垂直节理发育是黄土产生湿陷的内在因素,水和荷载只是诱发黄土湿陷的外部条件。强夯要消除黄土湿陷性,只能从这几个方面着手。

### 三、强夯对黄土湿陷性的影响

#### (一)含水量的影响

由于黄土在含水量小时强度较高,在强夯时往往需要较大的夯击能才对土体产生动力压密。一般在强夯时,往往需要对黄土进行增湿<sup>[3]</sup>以取得较好的夯击效果,《湿陷性黄土地区建筑规范》<sup>[7]</sup>规定:采用强夯法处理湿陷性黄土地基,土的天然含水量宜低于塑限含水量的1%~3%。在拟夯实的土层内,当土的天然含水量低于10%时,宜对其增湿至接近最优含水量。当土的天然含水量大于塑限含水量的3%以上时,宜采用晾干或其它措施适当降低。含水量对夯击效果的影响主要体现在:一定的含水量能减少黄土胶结强度,因此在强夯所产生的冲击波作用下,能更好得重构黄土土体、降低黄土空隙比、消除黄土湿陷性。由此分析可知,强夯对于黄土湿陷性的影响,是一个湿陷过程的预先完成过程,在一定的含水量下,通过夯击所产生的夯击能,使黄土湿陷过程在短时间内部分或全部完成湿陷过程以消除黄土的湿陷性。

#### (二)夯击能的影响

文献<sup>[4-6]</sup>研究表明,强夯会使黄土粘聚力增加,内摩擦角减小。根据H·捷尼索夫理论:粘性土的粘聚力可以分为原始粘聚力和加固粘聚力,前者是土体颗粒间电分子引力作用决定的,它与土颗粒大小和土体密度密切相关;后者与土体中化学物质对土体颗粒胶结作用和触变现象及土颗粒集合体中颗粒间相互作用有关。从黄土的结构特征来看,强夯所产生的冲击波虽然破坏了土体原始结构,也会破坏黄土中颗粒胶结强度,但是不会改变土体颗粒大小,只会使土体密度显著增大,随着黄土含水量恢复到自然状态,粘聚力相应增大。由此可以看出,黄土在适当的夯击能作用下,特有的架

空结构会变得密实,消除了黄土湿陷发生的条件,同时,强夯也改变了黄土中竖向连续空隙的结构,制约了黄土中水的下渗,由此消除黄土的湿陷。

#### (三)强夯加固有效深度

有效加固深度是强夯的有效影响深度,对于不同的处理目的而言其标准也不一样。对于软土、碎石土和其他杂填土而言,强夯的主要目的是提高地基承载力,而对于湿陷性黄土而言,强夯对于黄土湿陷性的消除是控制地基处理成功的关键。所以其加固有效深度应该确定为消除黄土湿陷性的深度。

根据《强夯地基处理技术规程》规定,强夯的有效加固深度对于湿陷性黄土地基,应该能消除黄土湿陷性的深度,仍按下式确定:

$$H=\alpha\sqrt{mh}$$

式中:H——消除黄土湿陷性的深度;

$\alpha$ ——修正系数,与土体工程性质有关;

h——夯锤落距;

m——夯锤重量。

从以上公式分析可知,强夯对黄土地基处理深度与夯锤重量及落距有关,亦即与夯击能相关。但是研究表明,强夯对于土体的影响并不随夯击能的增加而增加,特别是高能级强夯。目前对于湿陷性黄土的强夯处理,都是结合规范从试夯中得到参数范围来确定。国内外许多学者根据工程实践总结了修正系数的经验值,对于湿陷性黄土,修正系数的范围为0.35~0.5。强夯地基处理技术规程也是按照此范围给出的,可参照性不强。从强夯对黄土湿陷性的影响分析来看,此修正系数的影响因素较多。单击夯击能、夯锤直径大小、土的泊松比、压缩模量、孔隙比、重度、含水量、地下水位的埋深等因素对加固深度都有影响。对于湿陷性黄土来说,强夯的加固机理主要体现为动力密实作用的结果,土体的孔隙比、天然干重度等与土体密实程度直接相关的因素对加固深度影响更为显著。

#### 四、强夯处理湿陷性黄土的建议

强夯对于黄土湿陷性的影响,主要体现为两个方面,在一定含水量条件下,强夯使土体的密实度有了很大的提高,使黄土的湿陷性部分或全部完成;夯击破坏了土体原来疏松的结构和垂直节理,改变了颗粒间的连接方式,使土颗粒重新排列成致密结构,隔断了水的下渗通道,有效阻止了湿陷变形的发生。用强夯法处理湿陷性黄土必须注

意其含水量。土的含水量过小,土体不易压实,反之则会出现“橡皮土”现象。在规范范围内,还要通过试夯确定其最佳含水量。夯击功能是影响湿陷性处理深度的主要因素,但是还需要结合黄土的初始性质来确定夯击能。

参考文献:

- [1]刘世奇,陈静曦,潘冬子.强夯法处理湿陷性黄土地基的效果分析[J].探矿工程,2004(6):20~21.  
[2]钱鸿绪,罗宇生.湿陷性黄土地基[M].北京:中国建筑工业出版社,1985.

- [3]郑翔.强夯法在处理湿陷性黄土地基中的应用研究[D].西安:西安建筑科技大学,2007:14~17.  
[4]张伯平.强夯法处理湿陷性黄土地基对抗剪强度影响的分析[J].地基基础工程,2000(3):40~44.  
[5]任瑞清.强夯法加固湿陷性黄土事故分析[J].建筑结构,1994(80):37~39.  
[6]邓可祥.强夯法处理湿陷性黄土地基的探讨[J].石家庄铁道学院学报,1995(2):130~132.  
[7]中华人民共和国国家标准.湿陷性黄土地区建筑规范[S].北京:中国建筑工业出版社.2004.

唐祥元

强夯处理黄土湿陷性的机理分析

39

晋城职业技术学院学报二〇一二年第五卷第五期(总第二十五期)

## An Analysis on Mechanism that Dynamic Compaction Eliminates the Collapsibility in Loess Foundation

ZHAN Xiang-yuan

(Shanxi Railway Institute, Weinan, Shaanxi 714000, China)

**Abstract:** At present, dynamic compaction has been greatly developing for its low cost and simple process. This paper discusses the effect of dynamic compaction in collapsible loss, analyzes the mechanism that dynamic compaction eliminates the collapsibility in loess foundation, which can provide reference for the design of similar engineering.

**Key Words:** dynamic compaction; foundation; loess; collapsibility

(上接第 15 页)

## On the Background and the Trend of the Evaluation of Higher Vocational Colleges

WANG Yin-fen

(Department of Quality Management, Wuhan polytechnic, Wuhan 430073, China)

**Abstract:** The paper has a review of the two sets of evaluation of higher vocational colleges in China, and analyses the current situation of higher vocational colleges' development and the evaluation's improvement, and finally elaborates the evaluation's future from the perspective of evaluation concepts and aims.

**Key Words:** higher vocational education; evaluation; evaluation trend