

# 某强夯地基处理试验监测方案与成果分析

钱建固 黄茂松

(同济大学地下建筑与工程系,上海,200092)

俞建全

(江苏省岩土工程公司,南京,210018)

**摘要** 首先介绍了强夯地基处理试验的监测方案,然后对具有代表性的孔隙水压力和地基分层沉降的监测成果加以分析并得出一些重要的结论,从而为正式的强夯地基处理施工提供了合理的施工参数。

**关键词** 强夯法 地基处理 监测 孔隙水压力 分层沉降

## 1 工程概况

某拟建场地处黄河冲洪积地层,场地地层均匀性差,厚度变化大。根据地基设计要求,场区地基变形要求严格,须进行地基处理。在优选地基处理方案时,综合考虑了地基设计要求、场区地质条件、工程费用及国内施工条件等各方面因素,最终决定采用强夯法地基处理方案。

## 2 工程地质条件

拟建场区的地下水位埋藏较浅,其稳定水位在自然地面以下2.00米左右。场区主要土层自上而下分别为粉土、粉细砂、粘土夹粉土、粉质粘土、粉砂,各层土质条件概述如下:

①粉土:该层在场区西部分布稳定,中部为粉质粘土所取代,东部为粉质粘土夹粉土。湿~饱和,软塑~流塑状态,中~高压压缩性。厚度一般为2.0米左右。

②粉细砂:饱和,中~高压压缩性。层底埋深为3.50~7.50米。该层在场区中西部厚度较大,一般为4.0米左右,稍~中密。东部厚度较小,一般为2.0米左右,松散~稍密,密实度较中西部差,局部渐变成粉土。

③粘土夹粉土:饱和,软塑状态,高压压缩,含有机质。层底埋深8.10~11.30米,中西部厚度一般为3.5米左右,东部为5.0米左右。

④粉质粘土:软塑,含有机质,中等压缩性。厚度一般为2.0米左右。

⑤粉砂~粉土:可塑~软塑,饱和,稍密~中密,中等压缩。厚度5.0~7.0米。

⑥中砂:饱和,中密~密实。该层未揭穿,最大揭露深度为26.0米,层厚大于8.0m。

## 3 强夯试验方案

### 3.1 试验目的

为了减少场区地基的不均匀沉降,消除1、2层地基土的液化,采用强夯法对地基进行处理。大面积处理前,须进行试验,以确定合理的夯击能、夯击遍数等夯击参数。

### 3.2 试验参数与监测方案

根据场区的地层分布特点,试验区分为东西2大块共6个小区,其中试验东区4个小区(T1~T4),西试验区2个小区(T5~T6)。每小区面积为30m×30m,小区与小车间隔4~5m。各小区的试验参数详见表1。

收稿日期:2002-02-05

第一收者简介:钱建固,男,1972年10月生,1999年毕业于同济大学岩土工程专业,现为岩土工程专业博士研究生。

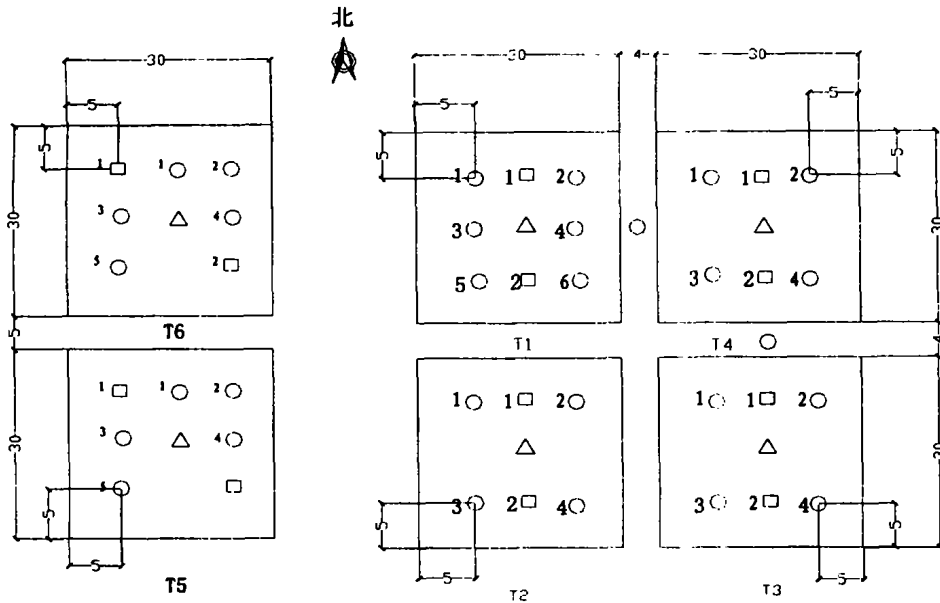
表 1 各试验区夯击试验参数

Table 1 Dynamic consolidation test parameters in each test field

夯 区 编 号	主夯点布置 (mm × mm)			夯击次数 (击)				单击夯能 (kN·m)			
	第 一 遍	第 二 遍	第 三 遍	第 一 遍	第 二 遍	第 三 遍	满 夯	第 一 遍	第 二 遍	第 三 遍	满 夯
T1	6.0 × 7.5	6.0 × 7.5	6.0 × 7.5	8 ~ 10	7 ~ 8	7 ~ 8	2	2000	2000	1500	800
T2	6.0 × 5.2	6.0 × 5.2		8 ~ 10	7 ~ 8		2	3000	2000		800
T3	3.5 × 7.0	3.5 × 7.0		8 ~ 10	7 ~ 8		2	2000	2000		800
T4	7.0 × 7.0	7.0 × 7.0	6.0 × 3.5	8 ~ 10	7 ~ 8	7 ~ 8	2	2000	2000	1500	800
T5	5.0 × 3.5	5.0 × 3.5		8 ~ 10	7 ~ 8		2	3000	2000		800
T6	8.0 × 8.0	8.0 × 8.0	5.7 × 4.0	8 ~ 10	7 ~ 8	7 ~ 8	2	2000	2000	2000	1000

注: T4 区的预夯采用 1000kN·m 的单击夯能, 布点方式为 3.0 × 3.0 (行距 × 列距), 夯 3 击; T5 区的预夯采用了 1000kN·m 的满夯方式 (即搭接 1/4 锤径), 夯 3 击。

根据各试验区的布置, 采取相应的试验监测方案如图 1



图例: ○孔压仪 △分层沉降管 □分层沉降板: 1 代表 1.5 米沉板, 2 代表 2.5 米沉板

图 1 各试验小区监测布置图

Fig 1 Monitoring location map of each test field

(1) 孔压计的埋设与观测

孔隙水压力计在每试验小区各埋设一组, 在 T1、T2、T3 和 T4 区分别在夯间离填土面约 5m、7m、10m 和 13m 处布置孔隙水压力计各一只; 在 T5 和 T6 区分别在夯间离填土面约 4.5m、6m、7.5m、9.5m 和 13m 处布置孔隙水压力计各一只; 另外, 分别在 T1 ~ T4 试验区和 T5 ~ T6 试验区的公共边界区离填土面 5m 和 7m 处各埋设一只孔压计。孔压计埋设

的具体位置见图 1。对每组孔压计进行定时跟踪观测, 施工期间, 对夯点附近的孔压计每击测 1 次, 以便确定强夯有效影响范围并确定单点夯最佳击数; 其它孔压计强夯施工期间每天不少于 3 ~ 4 次; 施工间隙期间每天测 1 ~ 2 次。对已测到的孔压数据进行及时的反馈分析, 以便了解强夯加固效果、加固影响深度, 从而及时调整最大夯击能、两个夯击点之间的间距, 确定最佳夯击击数和相邻两遍的间隔时间。

(2)地面沉降板与分层沉降管的埋设与观测

于原填土面埋深1.5m、2.5m(相当于原地面)分别埋设沉降板,沉降板标高每遍夯后测1次;每试验区布置一根分层沉降管,分别于第①(缺失时取第②)、③、④层软土层顶面和第③层的中部、原土面、夯击面设置沉降标。在强夯施工时进行实时监测,

夯后每天测1~2次,以得到地基沉降的整体效果,以次推算强夯的影响深度和工余沉降量。

4 部分监测成果分析

4.1 孔压成果分析

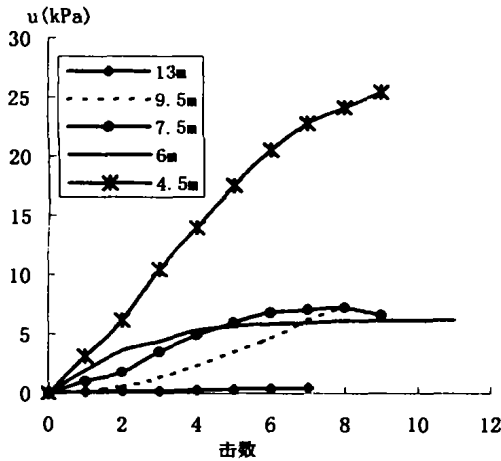


图2 超孔压随夯击数变化曲线(2000kN.m)

Fig 2 Changing curve of extra pore water pressure with number of dynamic consolidation

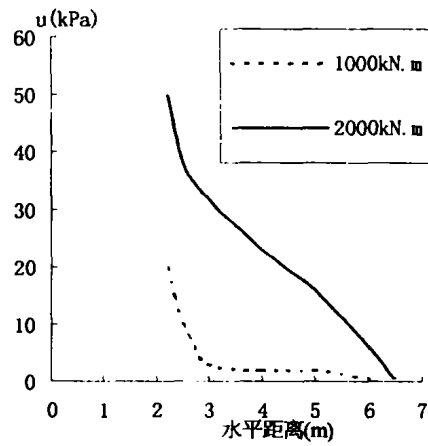


图3 强夯对7m深超孔压的水平影响范围

Fig 3 The horizontal effective range of dynamic consolidation to the extra pore water pressure under 7m

由图2表示在2000kN.m单击夯能下夯间超孔压随夯击数的增长趋势,该图表明当夯击数达到某临界值(约5~7击)时,深6m和7.5m处的超孔压分别达到饱和,4.5m深的孔压增长速率随着夯击数的增加也有明显的减缓趋势,而9.5m深的孔压在前几击变化不大,随着夯击数的增加而加速增长,13m深的超孔压2000kN.m单击夯能作用下,几乎没

有变化。由此可以判别,2000kN.m单击夯能最大影响深度不大于13m,本地基要求有效加固深度为6~7m,则最佳击数为5~7击。图3反映了不同夯能水平影响范围,图中曲线表明,1000kN.m的单击夯能对7m深孔压水平向有效影响范围小于3m,2000kN.m的单击夯能对7m深孔压水平向有效影响范围约6m,由此可以确定不同夯能对应的夯点间距。

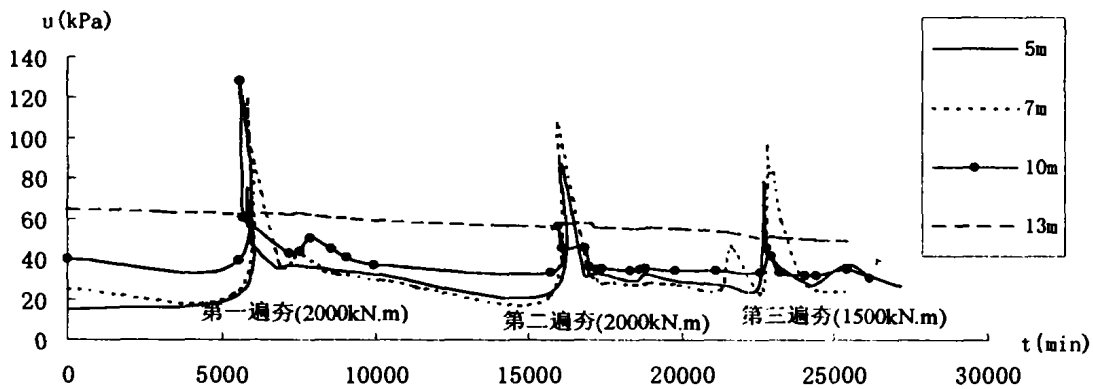


图4 某试验区超孔压消散曲线

Fig 4 Curves of extra pore water pressure dissipation

图 4 曲线表示不同深度超孔压消散规律,显然在第一遍单击夯能为 2000kN.m 作用下,10m 深的孔压增幅最大,而深 7m 孔压增幅也大于 5m 处,在第二遍单击夯能为 2000kN.m 作用下,7m 处孔压增幅最大,而 10m 处孔压增幅较第一遍明显减小,且小于 5m 处,第三遍单击夯能为 1500kN.m 作用下,不同深度孔压增幅规律类似于第二遍,但增幅略小于第二遍。另外可以看出,深 13m 处的孔压增幅在施

工全过程都没有多大变化。消散曲线整体呈锯齿型,超孔压消散速率较快,1 天时间超孔压消散达 70% 左右。综合以上规律,可以得出结论:单击夯能小于等于 2000kN.m 时,最大影响深度不大于 13m;随着夯击遍数的增加,同样的单击夯能,影响深度随之减小;两遍施工间歇期不宜小于 1 天。

#### 4.2 分层沉降成果分析

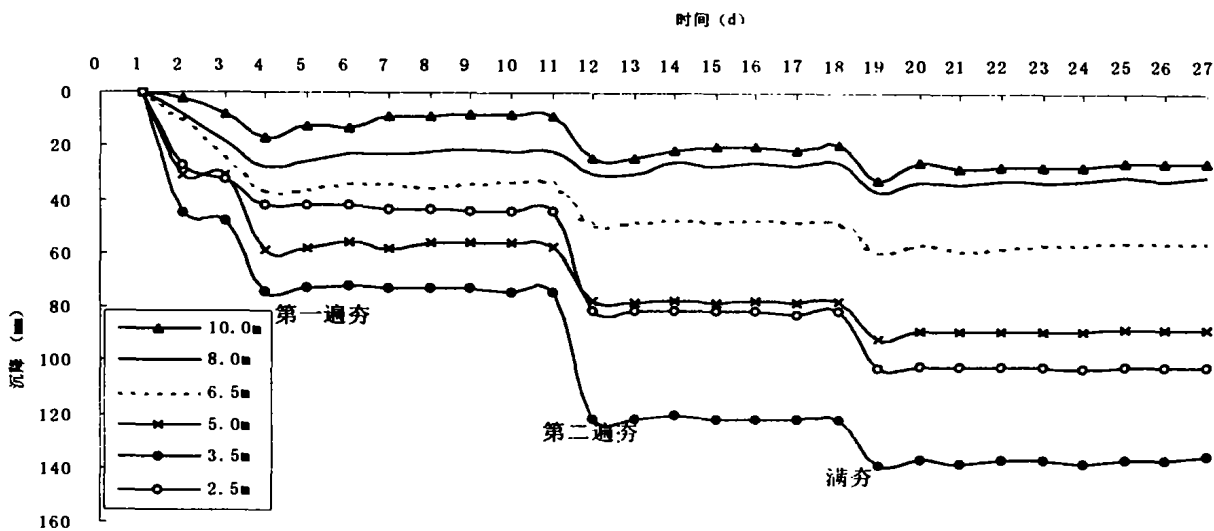


图 5 某试验区分层沉降观测曲线

Fig 5 Monitored curves of multi-layered settlement

图 5 曲线表示某试验区分层沉降观测结果,显然沉降主要发生在强夯施工期间,在施工间歇期沉降变形很小且呈回弹趋势,但相比较总沉降回弹量不大,这表明土体的瞬时压缩变形在总沉降中占相当的比例。由图 5 还可以看出,分层沉降总的规律是随深度增加沉降量递减,但 2.5m 深的沉降量小于 3.5m 处的沉降量,说明深 2.5 ~ 3.5m 间的土层产生了隆起。

### 5 结语

(1)最大影响深度:地基加固效果随平均夯击能增大而提高;单击夯能为 2000kN.m 时,最大影响深度约为 10 ~ 13m。

(2)水平影响范围:不同单击夯能其水平影响范

围也不同,在 7m 深的位置,2000kN.m 的影响范围为 6 ~ 7m;1500kN.m 为 5 ~ 6m 左右;1000kN.m 为 2 ~ 3m。

(3)间隔时间:一遍夯之后,西试验区 1 天的间隔时间固结度可达到 80% 以上,东试验区 1.5 天的间隔时间固结度也可达到 80% 以上。

#### 参考文献

[1]王铁宏,全国重大工程项目地基处理工程实录,北京:中国建筑工业出版社,1998  
 [2]叶书麟,地基处理工程实例应用手册,北京:中国建筑工业出版社,1998  
 [3]刘景政,杨素春,钟冬波,地基处理与实例分析,北京:中国建筑工业出版社,1998  
 [4]郑颖人等,强夯加固软粘土地基的理论与工艺研究,岩土工程学院,2000,vol.22.No.1:18 ~ 22

## A Scheme of soil Improvement of Dynamic Consolidation and Analysis of its results

Qian Jiangu Huang Maosong

(Geotechnical Engineering Department, Tongji University, Shanghai, 200092)

Yu Jianjin

(Geotechnical Engineering Company, Nanjing, Jiangsu, 210018)

**Abstract:** In this paper, a test monitoring scheme of soil improvement of dynamic consolidation is introduced firstly. Then the typical monitoring data of porous water pressure and multi-layered settlement is analyzed in details. From the result, It arrives reasonable conclusions, based on which, some important parameters can be supplied for upper construction.

**Key words:** dynamic consolidation, soil improvement, monitoring, porous water pressure, multi-layered settlement

---

(上接第 24 页)

[9] Guerin, W. F., Boyd, s. a., Appl. Environ. sci. Technol., 28:944 - 951(1994)

[10] 刘凌等,土壤生物处理有机污染物过程模拟研究,环境科学学报,2001

## Bioremediation Technology used to Treat Oil Contaminated Soil

Ye Weimin Sun Fenghui

(Department of Geotechnical Engineering, Tongji University, Shanghai, 200090)

**Abstract:** Bioremediation technology can be used to treat oil contaminated soils. In contrast, bioremediation includes many special features, such as high efficiency, first-rank security, no secondary pollution, easy management, and workshop about bioremediation.

**Key Word:** bioremediation biological enforcement bioreactor, microbial degradation

---