



# 多种地基处理方式在滨海软基回填场地中的 综合使用方案

刘国宝, 陈永豪

(大连中交理工交通技术研究院有限公司, 辽宁 大连 116000)

**摘要:** 在一个大面积软基处理场区内, 对地质情况、场地使用功能进行详细划分, 有针对性地选择强夯、强夯置换、堆载预压等不同地基处理方式, 应用于不同区块以形成综合方案。此方案在保证施工可行、满足使用要求的前提下, 较单一处理方法可实现大幅节省投资的目的。通过工程实施和检测结论, 验证并总结不同地基处理方式的适用条件。

**关键词:** 软基处理; 地基处理; 强夯; 强夯置换; 堆载预压

中图分类号: TU 471.8; U 6

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2017)01-0177-04

## Multiple ground treatment methods in integrated scheme of coastal soft soil ground

LIU Guo-bao, CHEN Yong-hao

(CCCC & DLUT Institute of Communications Technology Co., Ltd., Dalian 116000, China)

**Abstract:** A large area of soft soil foundation is divided into several blocks according to the geologic conditions and the application function. Different ground treatment methods such as dynamic compaction, dynamic replacement, stacking preloading are selected to be applied to different blocks and form a comprehensive solution. On the premise of ensuring construction feasibility and satisfying the application requirement, the single solution can cut down greatly the investment. Based on the engineering implementation and testing conclusion, we summarize the adaptable conditions of different means for ground treatment.

**Keywords:** soft soil foundation treatment; foundation treatment; dynamic compaction; dynamic replacement; stacking preloading

近年来,我国实施了大量填海造地工程,其中部分工程是在原海滩软基上回填土石料形成场地。此类场地下方软弱土层厚度不均,工后总沉降量和差异沉降量较大,使用前需进行地基处理。如后期场地内规划建设建筑、场坪、道路等不同功能区,则不同区域地基处理标准不一。整个场地选择同一种地基处理方式,需要按照最软弱区域和最严格的标准进行处理,造价较高。根据场地下方地质情况差异和场地上方功能区划的不同,考虑相邻方案施工衔接可行性,对不同区域选择经济合理的地基处理方式,形成综合方案,可以在满足使用要求的前提下,达到提高工效、大幅

节省投资的目的。本文以某新校区地基处理工程为例,介绍堆载预压、强夯、强夯置换等方法组成的综合地基处理方案的应用。工后检测结果显示处理后的地基能满足不同功能区的使用要求。

### 1 工程概况

某新校区地基处理工程面积约120万 $m^2$ ,场地原为海漫滩或海水养殖池,场地内普遍存在0~12 m厚的淤泥质黏土,后经回填开山土石形成陆地。根据规划建筑方案设计,场地内布置有建筑物、道路、广场、运动场地、停车场、园林绿化等几大类型区块。

收稿日期: 2016-04-26

作者简介: 刘国宝(1981—),男,工程师,从事水运工程设计工作。

根据下方淤泥质土层厚度不同和场地使用功能不同，对不同区块分别采用强夯、强夯置换、堆载预压3种不同的地基处理方案。

### 2 场地规划

总平面规划如图1所示。

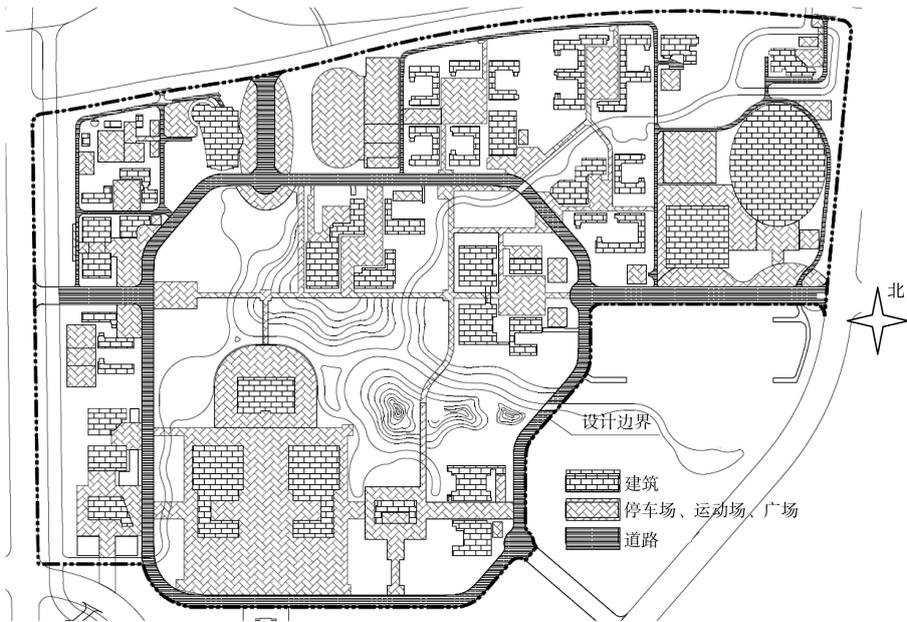


图1 场地总平面规划

场地中分散布置教学、宿舍和试验等建筑；建筑周边布置停车场、运动场地、硬覆盖广场等；道路以环形主干路为基础，向各建筑物和场地延伸；其余场地空白间隙区域布置绿化和水系。各功能区面积见表1。

表1 各功能区面积

功能区	占地面积/万 m <sup>2</sup>
建筑	18.82
停车场	2.97
运动场	4.49
广场	24.09
道路	11.41
绿化、水系	58.63
总计	120.41

### 3 地质情况

工程所在场地北邻海湾，南侧为山区。场地地貌属海漫滩与山前坡地。

根据钻孔资料，场地地层由上至下依次为：①素填土(Q<sub>4</sub><sup>ml</sup>)、②淤泥质黏土(Q<sub>4</sub><sup>m</sup>)、③粉质黏土(Q<sub>4</sub><sup>al</sup>)、③<sub>1</sub>粗砂(Q<sub>4</sub><sup>al+pl</sup>)、③<sub>2</sub>砾砂(Q<sub>4</sub><sup>al+pl</sup>)、④粉质黏土(Q<sub>2</sub><sup>el</sup>)、⑤<sub>1</sub>全风化砂岩(Q<sup>ba</sup>)、⑤<sub>2</sub>强风化砂岩(Q<sup>ba</sup>)、⑤<sub>3,1</sub>强风化角砾岩等。

场地内主要的地基处理对象为②淤泥质黏土，此土层自南向北从无到有，从薄到厚，厚度范围0~12 m。

整个场区南北方向典型地质剖面如图2所示。

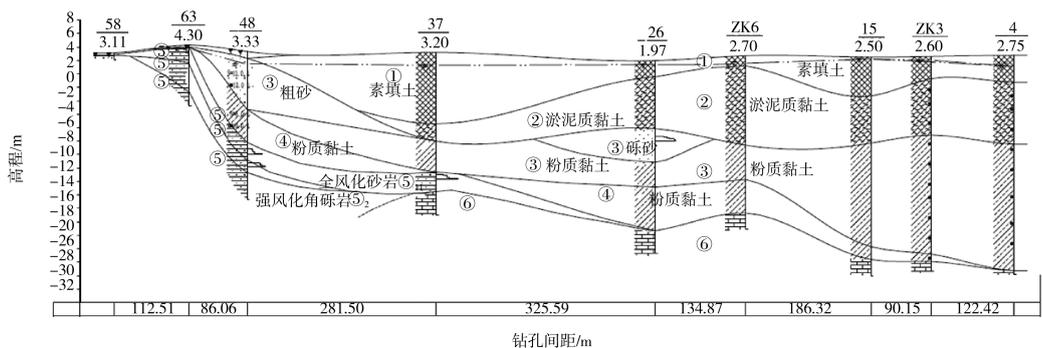


图2 场区南北方向地质剖面

## 4 地基处理技术要求

由于将来场地内需要做各种面层和建筑地梁等, 交工高程统一定为场地规划地面高程减 0.6 m。对于其他参数, 根据不同的使用要求和荷载, 对不同区域确定了不同的技术要求。

### 4.1 建筑

建筑下方采用桩基基础, 建筑范围内及周边的地基处理应以消除沉降为主要目的, 防止建筑物与周边场地产生差异沉降, 影响表观效果。地基承载力指标以能承担建筑施工荷载为准。

### 4.2 道路

道路为将来校区人流与车流集中区域, 对地基要求较高。地基处理以提高承载力、减少沉降和提高场地回弹模量为目的。

### 4.3 停车场、运动场、广场

此类场地无流动车辆荷载, 也不是主要人流集中区域, 因此地基处理标准可较主要道路等适当降低。

### 4.4 绿化、水系

由于该部分用地使用荷载较小, 对地基承载力和残余沉降没有要求, 因此对此类景观用地可不进行地基处理。

各区域确定的地基处理技术要求见表 2。

表 2 地基处理技术要求

功能区	承载力/ kPa	工后 沉降/cm	场地回弹 模量/MPa
建筑	≥60	≤30	无要求
停车场、运动场、广场	≥60	≤30	无要求
道路	≥120	≤30	≥60
绿化、水系	无要求	无要求	无要求

## 5 地基处理方式

本工程场地表层为 3~5 m 厚回填开山土, 下卧层为 0~12 m 厚淤泥质土, 再下层为粉质黏土等较硬土层, 将来使用要求以提高表层承载力、控制差异沉降为主。

根据地质条件和使用要求, 可行的地基处理方式有以下几种<sup>[1]</sup>: 排水固结法、强夯法、强夯置换法、碎石桩法、水泥搅拌桩法和旋喷桩法等。其中碎石桩法、水泥搅拌桩法和旋喷桩法单价较

高, 承载力较高, 本工程对承载力无特殊高要求, 因此有其他可行的处理方法时, 对这些方法暂不予以考虑<sup>[2]</sup>。排水固结法、强夯法和强夯置换法 3 种处理办法较为经济合理, 适用于本工程, 纳入比选。

### 5.1 排水固结法

排水固结法是将砂井、排水板等打入软弱土层, 形成竖向排水通道, 再通过真空预压或堆载预压施加附加荷载, 使土体内的水分通过排水通道排出, 达到土体固结、提高强度目的的处理方法。常用的有堆载预压、真空预压等。本工程工期较长, 附近有廉价土料来源, 因此选择打排水板的堆载预压方案较为合理。

堆载预压适合处理不同厚度的软弱土层, 可以达到工后沉降小于 30 cm、承载力不小于 60 kPa 的处理目标, 可满足除道路以外其他所有区块的要求。

本处理方法的缺点是: 1) 形成的场地承载力较低, 虽能满足最低要求, 但在广场、运动场等区域, 上部面层费用会较高; 2) 排水板打板机无法穿透素填土层, 需将表面 3~5 m 素填土运走后再施工, 后期还需回填, 工程单价较高, 工期较长; 3) 无下卧软弱土层区域无法打板, 不宜采用本方法。

### 5.2 强夯法

强夯法是通过提升夯锤并瞬间释放, 使夯锤在自重作用下落地, 以此冲击力使场地内土层达到密实的处理方法<sup>[3]</sup>。

强夯法适用于素填土、碎石土和砂土等。对于本工程表层有素填土, 下方存在软弱土层的场地, 可通过选择合适的强夯参数, 将表层素填土处理成一层硬壳, 达到提高承载力和回弹模量的目的, 但下方软弱土层无法得到处理。

强夯法可实现承载力大于 120 kPa、场地回弹模量大于 60 MPa 的目标, 可满足所有区域的使用要求, 且单价最低。

强夯法在本工程中使用, 由于下方软土层未得到处理, 不宜用于下方软土层厚度太大区域,

因为其会导致后期总沉降量和不均匀沉降量较大。经核算，软土厚度大于 4 m 时，强夯法工后沉降会过大，无法满足要求。

### 5.3 强夯置换法

强夯置换法是通过柱状夯锤将块石打入软弱土层中，形成块石墩体并挤压周边软土，达到提高场地承载力的处理方法<sup>[4]</sup>。

强夯置换法在软土层中也可以形成墩体，达到地基处理目的，可实现承载力大于 120 kPa、场

地回弹模量大于 60 MPa 的目标，可满足所有区域的使用要求，且单价较低。

本方法在软土层中形成的墩体长度有限，对于厚度太大的软土层不适用。经试验得知，软土层厚度大于 8 m 时，墩体难以触底，此方法不适用；形成的块石墩体普通预制桩无法打穿，因此在处理后的场地上做桩基建筑较为困难。

综合比较，各方法的处理技术经济指标见表 3。

表 3 不同地基处理方法技术经济指标

处理方法	适应地质/m	承载力/kPa	工后沉降/cm	回填模量/MPa	工程费用/(元/m <sup>2</sup> )	对后续使用影响
堆载预压	下方有软土	≥60	<30		360	
强夯	软土厚度<4	≥120	<30	≥60	35	
强夯置换	淤泥厚<8	≥120	<30	≥60	178	场地内打桩困难

### 5.4 地基处理方法选择

综合上述 3 个方案的优缺点及适用性，结合使用要求及地质情况，对不同区域地基处理方法的选择见表 4。

表 4 地基处理方法选择

功能区	淤泥厚度		
	<4 m	4~8 m	淤泥厚度>8 m
建筑	强夯	堆载预压	堆载预压
停车场、运动场、广场	强夯	强夯置换	堆载预压
道路	强夯	强夯置换	堆载预压+垫层碾压
绿化、水系	不处理	不处理	不处理

表 5 地基处理方法技术经济指标

处理方法	面积/万 m <sup>2</sup>	单价/(元/m <sup>2</sup> )	总价/万元
强夯	14.3	35	500.5
强夯置换	12.3	178	2 189.4
堆载预压	43.2	360	15 552.0
总计	69.8		18 241.9

## 6 地基处理效果

### 6.1 堆载预压区

堆载预压区域回填层厚度 0~4.5 m，上方预压荷载为 4.0 m 堆载土，下方天然软土层厚度为 8~12 m，根据实测数据，经过 3~4 个月的堆载，施工期沉降量 0.7~1.1 m，软土层固结度达到 80%以上，工后残余沉降可控制在 0.3 m 以内。卸载后经过载荷板试验测定的最终承载力大于 60 kPa。地基土达到了设计处理目标<sup>[5]</sup>。

### 6.2 强夯区

强夯处理后的回填土，通过重型动力触探与载荷板试验进行地基检测，回填土得到充分密实，重型动力触探平均击数 18 击，载荷板试验测定的最终承载力大于 120 kPa，地基承载力满足设计要求。强夯对于回填土下方的软土层无明显的处理效果。根据工后沉降观测，工后沉降量主要发生在下方软土层，残余沉降小于 0.3 m<sup>[5]</sup>。

上述方案的地基处理平面见图 3。

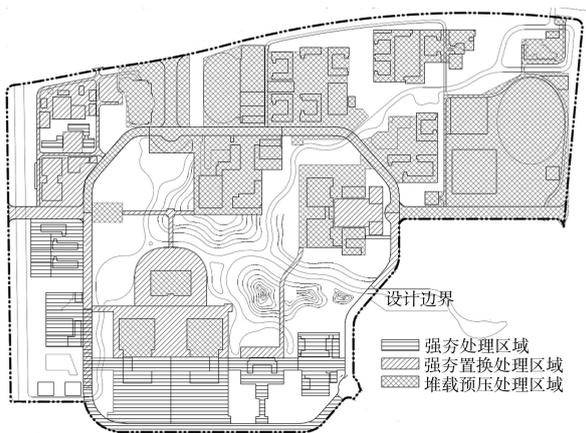


图 3 地基处理综合方案平面

不同地基处理方法技术经济指标见表 5。

(下转第 200 页)