

地基处理试验的应用与优化研究

文 / 刘朱平 上海建工集团股份有限公司

摘要: 本论文聚焦于改造工程中地基处理试验,以建工负责的A1区域强夯试验施工为研究对象,详细阐述强夯施工准备、施工过程中的各项参数及数据变化,分析强夯效果,提出优化建议。研究结果表明,强夯试验满足设计要求,通过对施工过程的分析总结,为大面积施工提供了科学合理的方案建议。

关键词: 改造工程;地基处理;强夯试验;参数优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.013

引言

在改造工程建设中,地基处理是保障工程质量和稳定性的关键环节。强夯法作为一种常用且有效的地基加固方法,因其具有施工速度快、成本相对较低、加固效果显著等优点,被广泛应用于各类工程地基处理中。本研究针对具体改造工程项目的A1区域,开展强夯试验,旨在通过对试验数据的分析,优化强夯施工工艺,为后续大面积施工提供可靠依据。

本研究目的在于深入探究强夯法在该改造工程地基处理中的应用效果,分析不同试验方案和施工参数对地基加固的影响,总结经验并提出优化建议。通过本研究,

不仅能够当前改造工程的地基处理提供直接指导,还能为类似工程的强夯施工提供参考,推动强夯法在地基处理领域的进一步发展和应用。

一、项目概况

(一) 试验区域基本信息

建工负责A1区域强夯试验施工,试验区域总面积4200m²,其中按设计要求试验900m²(S1区域),自选方案试验面积3300m²(S2-S4区域)。该区域均为挖方区,场地地质条件复杂,存在杂填土等情况,对地基处理提出了较高要求。

(二) 试验方案对比

	试验方案一	试验方案二
区域位置	A1区设计指定	A1区自选方案区域
区域特性	挖方区	挖方区
试验面积	900m ²	3300m ²
具体方案	真空排水+强夯(四遍点夯一遍满夯)+震动碾压	真空排水+强夯(三遍点夯一遍满夯)+震动碾压
强夯夯能/回填碾压	第一遍点夯:1000~1500kN.m 第二遍点夯:1500~2500kN.m 第三遍点夯:2500~3000kN.m 第四遍点夯:4000~5000kN.m 满夯:1000kN.m	第一遍点夯:2000kN.m 第二遍点夯:4000kN.m 第三遍点夯:5000kN.m 满夯:2000kN.m
夯击击数	第一遍点夯:1~2击 第二遍点夯:5~6击 第三遍点夯:7~8击 第四遍点夯:4~8击 满夯:2击	第一遍点夯:4~5击 第二遍点夯:5~7击 第三遍点夯:6~8击 满夯:2击
夯点间距	第一遍点夯:纵横3*3m 第二遍点夯:梅花6*6m 第三遍点夯:正方形6*6m 第四遍点夯:正方形6*6m 满夯:搭接1/4锤径	第一遍点夯:正方形5*5m 第二遍点夯:正方形5*5m 第三遍点夯:梅花形5*5m 满夯:搭接1/4锤径

二、强夯施工准备情况

(一) 土方清表及挖方碾压

自3月8日进场至3月14日完成A1试验区场地清表工作。随后在3月15日至4月19日完成场地挖方至标高7.10m,土方运至堆载区用于土方回填。完成挖方后,采用LSS216A震动压路机稳压2遍、振动碾压6遍,确保场地平整度和压实度满足后续施工要求。

(二) 井点插管插设及集水管井埋设

1. 井点管插设

4月1日至4月2日完成S1区井点管插设施工。设计施工区域采用深度4m、7m单双排管间隔布置,单排井

点间距3.5m,双排井点间距1.75m,行距3.5m(双排管强夯点位影响区域稍做调整),外围2m设置封管,封管采用4m、7m双排管布置,间距1.75m。自选区域采用深度6m单排管布置,井点间距2m,行距7.2m,外围设封管,封管深度6m,间距2m。由于表层3m左右均为杂填土,采用震动沉孔式沉管方式进行井点管沉管,孔洞采用砂性滤料填充,上口1m左右采用黏土封口,以保证井点管的稳定性和排水效果。

2. 管井埋设

在场地四个角点、每边中心及场地中心各埋设一个管井集水井,共计9个。管井采用直径225mm的高强度

PE 波纹管，每口管井深度 15m。采用 JHZ155 钻机进行埋设，孔洞采用砂性滤料进行填充。埋设后立即洗井，保持管井无泥沙淤积，之后采用深井泵不间断抽水，确保地下水位有效降低。

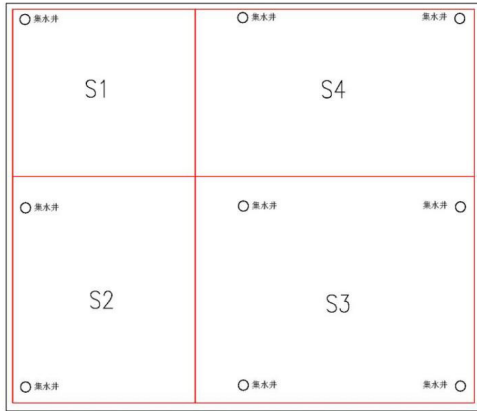


图 1 管井布置图

(三) 井点降水及数据分析

1. 井点降水设备及降水情况

井点管插设完成后，两台降水设备分别于 4 月 2 日和 4 月 24 日开始进行不间断降水施工，降水设备采用 2 台 SK-4B 型真空泵，真空度目前稳定在 -0.06MPa，保证了降水的稳定性和持续性。

2. 水位监测数据及分析

A1 试验区 S1 区于 4 月 2 日开始进行真空井点降水，布设 3 口水位观测孔，每日进行水位监测。自选方案区域于 4 月 26 日开始进行真空井点降水，同样布设 3 口水位观测孔，每日进行水位监测。根据试验区布设的水位观测监测数据显示，自 4 月 18 日开始地下水位已降至标高 3.0m，至 4 月 21 日水位已经稳定在 3.0m 标高以下 4 天，满足第一遍强夯施工要求。并按设计要求进行了夯前压实度、标贯及静力触探检测，为强夯施工提供了基础数据支持。

三、强夯施工

(一) 第一遍强夯

1. 强夯施工参数

4 月 26 日 10:00-16:00 进行 A1 试验区 S1 设计方案施工区域一遍点夯施工，施工采用 YTQH450 型强夯机，夯锤重 18.6t，落距 6.5m，夯击能 1200kNm，击数 2 击，夯点纵横间距 3.0m×3.0m 梅花形布置。4 月 27 日进行 A1 试验区自选区域的 S2、S3、S4 区域第一遍点夯施工，施工采用 YTQH450 型强夯机，夯锤重 18.6t，落距 8.4m，夯击能 1500kNm，击数 2 击，夯点间距 5m×5m 正方形布置。

2. 强夯数据分析

根据现场施工测量记录，设计区域夯坑沉降量为 77-98cm，夯坑周边 1m 处隆起量为 7.7cm，位移为 18cm，2m 处隆起量为 4cm，位移为 5cm，其余位置无明显隆起位移。A1 自选方案区域夯坑夯沉量为 35-82cm，夯坑周边 1m 隆起 5cm，位移 13cm，夯坑周边 2m 隆起 5cm，位移 4.5cm，其余位置无明显隆起位移。通过对这些数据的分析，可以了解第一遍强夯对地基土的初步加固效果和土体的变形情况。

3. 水位数据

强夯期间，对地下水位进行了实时监测，强夯施工时地下水位标高分别为 2.75m，2.78m，满足施工要求，说明降水措施在强夯施工过程中起到了有效作用，保证了强夯施工的顺利进行。

4. 夯沉量

5 月 8 日进行 A1 试验区夯坑整平及振动碾压施工，整平碾压后对 A1 试验区进行地面标高测量，共测量 235 点，平均地面标高 6.985m，较夯前标高 7.1m 对比第一遍强夯后夯沉量为 -0.115m，反映了第一遍强夯对地基的压实效果。

(二) 第二遍强夯

1. 土方换填

在 A1 试验区第二遍强夯过程中发现部分区域地下有生活垃圾存在情况，深度约 2m。针对这一情况，项目部对其进行了土方换填整平碾压施工，并在场地中增加了两条盲沟，以保证雨天场地内及时排水。一条南北向、一条东西向，呈“十”字型布置，盲沟深度 1.5m，宽度 1.2m，盲沟内填充级配碎石，有效改善了场地的排水条件和地基土的性质。

2. 强夯施工参数

5 月 9 日~5 月 14 日进行 A1 试验区第二遍点夯施工，间隔 13 天，期间有 3 天降雨。施工采用 YTQH450 型强夯机，夯锤重 18.6t，落距 9.7m，夯击能 1800kNm，击数 5 击，夯点间距 6m×6m 梅花形布置。5 月 9 日-5 月 14 日进行 A1 试验区自选方案施工区域第二遍点夯施工，施工采用 YTQH450 型强夯机，夯锤重 18.6t，落距 10.6m，夯击能 2000kNm，击数 5 击，夯点间距 5m×5m 正方形布置。

3. 强夯数据分析

根据现场施工测量记录，设计区域夯坑沉降量为 60-94cm，夯坑周边 1m 处隆起量为 3cm，位移为 3.5cm，2m 处隆起量为 2cm，位移为 2.3cm，其余位置无明显隆起位移。A1 自选方案区域夯坑夯沉量为 51-136cm，夯坑周边 1m 隆起 4cm，位移 4cm，夯坑周边 2m 隆起 3cm，位移 6cm，其余位置无明显隆起位移。通过与第一遍强夯数据对比，分析第二遍强夯对地基加固效果的进一步提升。

4. 水位数据

强夯期间，对地下水位进行了实时监测，强夯施工时地下水位标高分别为 2.78m，2.74m，满足施工要求，再次验证了降水措施的有效性。

5. 夯沉量

5 月 22 日进行 A1 试验区夯坑整平及振动碾压施工，整平碾压后对 A1 试验区进行地面标高测量，共测量 185 点，平均地面标高 7.034m，较第一遍整平标高 6.985m 对比第二遍强夯后夯沉量为 +0.049m（土方换填原因），说明土方换填对地基标高产生了一定影响，同时也反映了第二遍强夯在处理后的地基上的压实效果。

(三) 第三遍强夯

1. 检测情况

A1 试验区第二遍点夯完成后现场完成了 3 个点的静力触探（试验区 1 个，验收区 2 个）及 3 个点的标准贯入（试验区 1 个，验收区 2 个）检测，通过这些检测数据，

对第二遍强夯后的地基承载力和土体性质进行评估,为第三遍强夯施工提供依据。(黄色标贯点,红色静探点)

2. 强夯施工参数

5月24日进行A1试验区第三遍点夯施工,间隔10天,期间无降雨。5月24日-5月25日进行A1试验区设计方案施工区域第三遍点夯施工,施工采用YTQH450型强夯机,夯锤重18.6t,落距15m,夯击能2800kNm,击数6击,夯点间距6m×6m正方形布置。5月25、26、29日进行A1试验区自选区域的S2、S3区域第三遍点夯施工,施工采用YTQH450型强夯机,夯锤重18.6t,落距16.1m,夯击能3000kNm,击数6击,夯点间距5m×5m梅花形布置。5月29、30日进行A1试验区自选区域的S4区域第三遍点夯施工,施工采用YTQH450型强夯机,夯锤重18.6t,落距21.6m,夯击能4000kNm,击数6击,夯点间距5m×5m梅花形布置。

3. 强夯数据分析

根据现场施工测量记录,设计区域夯坑沉降量为120-186cm,夯坑周边1m处隆起量为4cm,位移为3cm,2m处隆起量为2cm,位移为2cm,其余位置无明显隆起位移。A1自选方案区域夯坑夯沉量为88-186cm,夯坑周边1m隆起5cm,位移3cm,夯坑周边2m隆起3cm,位移3cm,其余位置无明显隆起位移。分析这些数据,了解第三遍强夯对地基加固深度和范围的进一步拓展。

4. 水位数据

强夯期间,对地下水位进行了实时监测,强夯施工时地下水位标高分别为2.7m,2.65m,满足施工要求,持续保证了强夯施工的条件。

5. 夯沉量

6月5日进行A1试验区夯坑整平及振动碾压施工,整平碾压后对A1试验区进行地面标高测量,共测量185点,平均地面标高7.000m,较第二遍整平标高7.034m对比第三遍强夯后夯沉量为-0.034m,体现了第三遍强夯对地基的进一步压实作用。

(四) 第四遍强夯

1. 检测情况

A1试验区第三遍点夯完成后现场完成了3个点的静力触探(试验区1个,验收区2个)及3个点的标准贯入(试验区1个,验收区2个)检测,为第四遍强夯施工提供数据支持。

2. 强夯施工参数

6月12日进行A1试验区设计区域第四遍点夯施工,工期1天,期间无降雨。施工采用YTQH450型强夯机,夯锤重18.6t,落距21.5m,夯击能4000kNm,击数5击,夯点间距6m×6m正方形布置。

3. 强夯数据分析

根据现场施工测量记录,设计区域夯坑沉降量为120-186cm,夯坑周边1m处隆起量为3.5cm,位移为5cm,2m处隆起量为1.3cm,位移为2cm,其余位置无明显隆起位移。分析这些数据,评估第四遍强夯对地基加固效果的最终提升。

4. 水位数据

强夯期间,对地下水位进行了实时监测,强夯施工

时地下水位标高分别为2.82m,2.81m,满足施工要求,确保了强夯施工的顺利进行至最后阶段。

5. 夯沉量

6月17日进行A1试验区夯坑整平及振动碾压施工,整平碾压后对A1试验区进行地面标高测量,共测量237点,平均地面标高6.900m,较第三遍整平标高7.000m对比第三遍强夯后夯沉量为-0.100m,反映了第四遍强夯对地基的最终压实效果。

6. 夯后检测

A1试验区第四遍点夯完成后现场完成了1个点的静力触探及1个点的标准贯入(试验区)检测,通过最终检测数据。

结语

截止到6月18日A1试验区点夯及满夯工作已全部完成,结合施工过程中试验数据来看:

强夯试验满足设计要求,达到预期效果;

1) 自选区域采取三遍点夯方式,第三遍采用分别3000kNm及4000kNm的夯能,根据数据来看,差别不是很明显;设计区采取四遍点夯方式,第三遍夯能2800kNm,第四遍夯能4000kNm,根据检测数据,第三遍点夯完成后基本达到设计要求,第四遍点夯后,在5m~9m深度有明显增长;

2) 采取的措施

① 对部分生活垃圾填埋区进行换填处理;

② 场地中间开挖盲沟回填石子,进行滤水,降低表层土含水率,盲沟宽1.2m,深1.5m;

③ 增加深井,原来5个深井,实际施工9个,间距控制在30m左右;

④ 保证真空降水的连续性,中途不停,按设计要求保证真空度 $\geq -0.06\text{MPa}$;

3) 建议推荐大面积施工方案

① 基层面平整完成后先进行地下探摸,探摸深度2m,对填埋的生活垃圾、淤泥质土进行换填处理;

② 采取深井与真空降水相结合方式进行预降水处理,深井深度15m,间距30m;轻型井点真空度 $\geq -0.06\text{MPa}$,在点夯期间连续抽吸;

③ 开挖盲沟,盲沟深度1.5~2m,间距30m,回填246石子;

④ 采取三遍点夯加一遍满夯方式进行强夯施工,点夯夯能分别为1000kNm、2000kNm、3000kNm,满夯夯能1500kNm,每遍点夯间隙期不少于7天;

⑤ 其他要求按照设计技术要求执行。

参考文献

[1] 赵明华. 基础工程 [M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2003.

[2] 龚晓南. 地基处理手册(第三版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

[3] 中华人民共和国行业标准. JGJ 79-2012 建筑地基处理技术规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

[4] 叶书麟. 地基处理工程实例应用手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.