

浅谈槽壁降水辅助措施在地连墙成槽施工中的作用

金维翔

中铁二十局集团有限公司

摘要：在苏州河湖地带修建地下隧道工程，针对该地的淤泥、粉砂地质，为解决围护结构地下连续墙施工中孔壁经常坍塌，成本超支，进度滞后的问题。结合苏州独墅湖第二通道项目，通过槽壁降水理论分析和现场槽壁降水效果验证，并进一步分组进行降深试验以获取降水井最佳降深数值。采用槽壁降水成槽效果的前后对比验证，其结果表明：槽壁降水可明显提高槽壁的稳定性，随降深的增加效果愈好，且成槽后直至钢筋笼下放完成后槽壁依然保持良好。另一方面减压降水辅助成槽试验期间对周边环境影响较小。因此，在苏州地区地连墙施工中采用槽壁降水的措施是必要的和可行的。

关键词：地连墙；槽壁降水；稳定性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.015

一、前言

目前长三角地带，经济发展迅速，市政基础设施已经开始向河湖地下拓展，地连墙墙体以其刚度大、抗渗性好、噪音低、可贴壁施工、安全性能高而广泛应用，根据基坑深度不同地下连续墙的厚度可达到0.6~2.8m。地连墙槽壁出现严重塌方的现象，造成了成本超支，导致了进度滞后，常规的施工方法已难以奏效。采用高压旋喷和多轴搅拌加固施工的措施虽可确保槽壁稳定，但成本太高。采用另一种辅助措施——槽壁降水，也可达到效果，且成本较低、施工速度快，操作简单便捷。查阅相关文献，槽壁降水辅助措施也有提及，但较少。本分结合苏州独墅湖第二通道项目（穿越大运河），通过采用槽壁降水前后效果的对比分析，验证槽壁降水对保持槽壁稳定性的机理和效果，并获取最佳降深数据。

苏州地区的独墅湖第二通道项目但在一侧临近运河中的钢围堰内部进行深基坑地连墙围护结构施工时，通常的方法已难以奏效，槽壁塌方严重。

二、工程背景

苏州独墅湖地下通道项目位于冲湖积平原区，地势平坦，第四系覆盖层厚度较大。地连墙多以1.6m厚度居多，且该地连墙围护结构距运河边钢管围堰6~8m。据区域地质资料，场区内第四系覆盖层厚度可达100m以上。从上至下多为素填土、淤泥质土、粉质黏土，其中淤泥质土和粉质黏土工程特性差，摇振反应迅速。其中微承压水主要赋存于④-1a、④-2的粉砂、粉土孔隙中，赋水性较好，其补给来源主要为上部潜水垂直入渗及周围河道的侧向补给，尤其是临近运河边，水位压差较大侧向补给多，造成多副地连墙成孔过程中出现槽壁塌方，地连墙鼓包和接缝夹砂、夹泥造成渗水，造成了成本超支并增加了后续施工的安全风险。

其中1#基坑地连墙在未采取槽壁降水措施前已开累完成94幅，其中ZX-J3-S11幅2019年11月2日浇筑，超方264m³，超耗率204%；N1-J6-N01幅2019年11月3日浇筑，超方47m³，超耗率117%；选取NS-J6-N01地连墙成槽后的超声波图像示意如下：

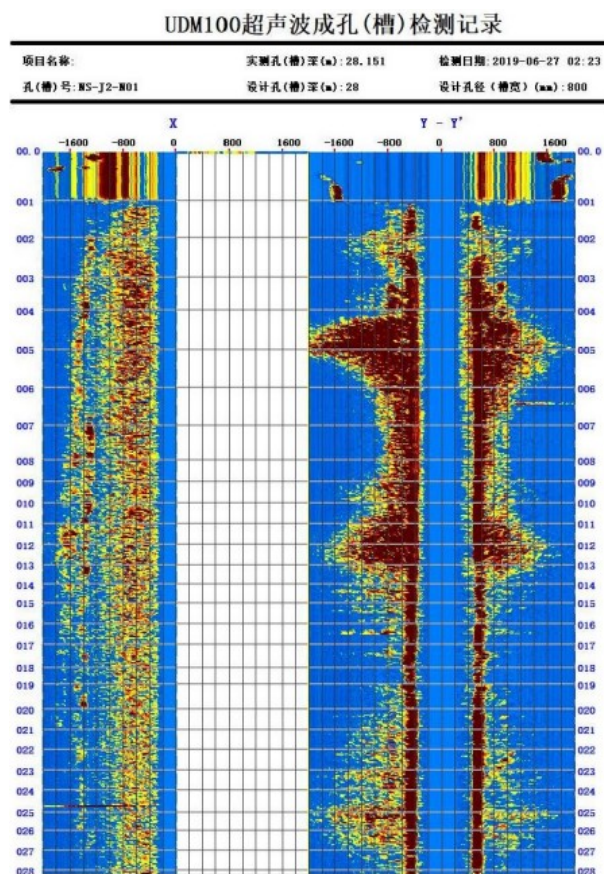


图1 NS-J6-N01地连墙的超声波示意图

超声波揭示塌方多集中在4~12米。对照地质柱状图也就是微承压水主要赋存于④-1a、④-2的粉砂、粉土孔隙中，赋水性较好的段落。

成槽后混凝土灌注情况见表1。

表1 地连墙施工成槽情况统计表

C30水下混凝土设计方量 (m ³)	C30水下混凝土实际方量 (m ³)	超耗率	备注
21462	22395	4.34%	其中岸上61副，岸下有33，累计塌方933m ³ 。岸下地质条件更差，实际岸下槽壁塌方量远大于3.15%。仅混凝土一项超支33万元。

三、槽壁降水与成槽稳定性的关系

(一) 减压降水槽壁加固技术原理

1. 泥浆护壁基本原理

成槽过程中，通过不停的泵送泥浆，泥浆从槽壁表面向地层内渗透到一定的范围就黏附在土颗粒上，其一种通过这种黏附作用行成的泥皮减少了槽壁的透水性。其二在其他因素既定时，槽内泥浆液面一般高于地下水位0.5~1m，形成由内至外的水力压差，使压力均匀作用在泥皮上，保持槽壁长时间稳定（一般在完成混凝土灌注前，大约12小时）。

2. 槽壁降水加固技术原理

根据本项目地连墙施工区域的地质情况和基坑所处位置，槽壁降水的作用主要体现在两个方面：首先也是最重要的一个方面，在成槽之前通过墙两侧的降水井使该区域的地下水位降低。尤其是在浅部砂性土和厚度较厚的粉质黏土地层条件中，通过降低粉砂土中微承压

水的水头高度，减少外侧水土压力，在后续成槽过程中增大了槽体内外水头梯度，加快了槽内泥浆渗入土体速度，有助于泥皮快速形成，快速建立稳定的槽壁受力结构。其二：通过槽外降水减压可使槽壁周围土体增强，利于槽壁稳定。

四、槽壁降水方案设计

地连墙施工区域地下水类型主要为孔隙型潜水、微承压水。其中粉质黏土具有一定的透水性，且本工程靠近京杭大运河，距离钢管围堰5~8m，基坑外侧地下水侧向补给功能强大。为解决槽壁坍塌问题，综合工期、成本考虑。

邀请设计院进行了槽壁降水井设计，布置方式：沿地连墙两侧梅花形布置，每个降水井间隔10m，井中心距槽壁3m，降水井深度20~25m（超过微承压水层1M），井套管直径均为250mm，承压含水层范围为花管，花管侧壁钻孔，孔径18mm，孔距5cm，呈梅花桩型

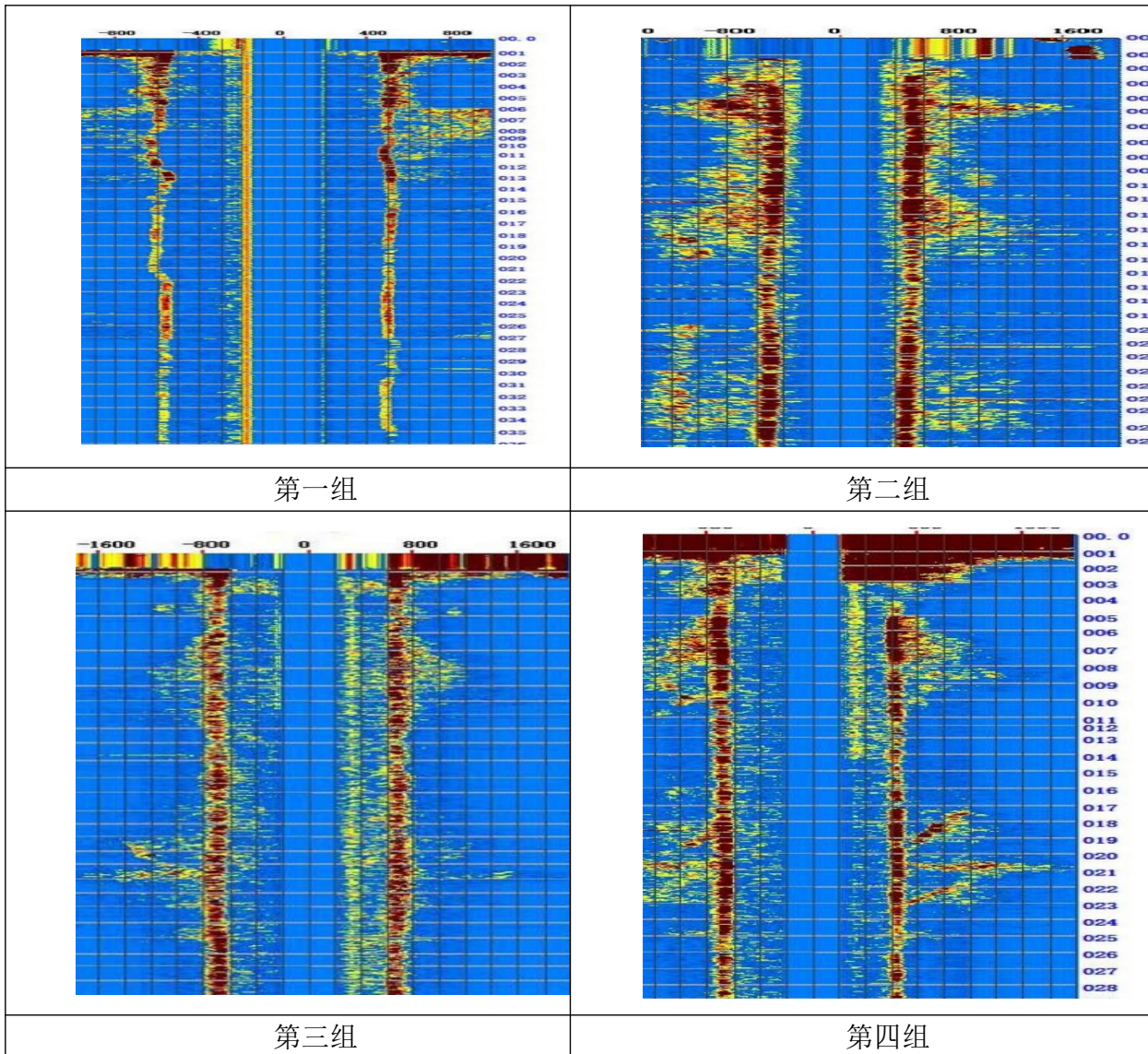


图2 超声波对比图

交错布置。滤管外包缠20目铁丝网一层，60目尼龙网三层，尼龙网包扎完后用铁丝捆绑牢实。井管与孔壁之间围填滤料，滤料为直径2~3mm的绿豆砂。在滤料围填面以上采用风干黏土球填至地表并夯实，并做好井口管外的封闭工作。

五、槽壁降水试验研究

为了获取最佳降水效果，在1#基坑岸下选取标准的36副地连墙（每个槽段尺寸6m×1.6m×45m）分成4组，该试验采用同一个成槽机、泥浆比重及其他辅助成槽的措施均不变，以使达到满足槽壁稳定性的最佳理论降深，确定四种降水深度方案。分别按照降深4m、6m、8m、10m进行试验。为了减少相邻幅段降水井对相邻试验组的影响，每个试验组间隔2幅地连墙约10~12m进行

对比试验，以便于获取最佳经济降水深度，从而更好为后续其他基坑槽壁降水做参考和借鉴。在地下水位降低过程中同时要求密切关注钢管桩围堰的沉降位移变化，注意安全。

- 第一组：降深4m，选取9副（编号G1N1~ G1N9），
- 第二组：降深6m，选取9副（编号G2N1~ G2N9），
- 第三组：降深8m，选取9副（编号G3N1~ G3N9）；
- 第四组：降深10m，选取9副（编号G3N1~ G3N9）；

六、试验结果及分析

(1) 试验数据

四组不同深度槽壁降水试验进行后的槽内超声检测见图2. 混凝土灌注超耗统计见表3。

(2) 数据分析

表3 四组地连墙灌注效果统计分析表

组别	设计方量	实际方量	超耗率	备注
第一组	3888	4021	3.42%	钢管围堰顶竖向位移4mm，水平位移5mm
第二组	3888	4014	3.23%	钢管围堰顶竖向位移6mm，水平位移5mm
第三组	3888	3980	2.36%	钢管围堰顶竖向位移5mm，水平位移4mm
第四组	3888	3978	2.31%	钢管围堰顶竖向位移4mm，水平位移6mm
平均值		3998	2.83%	

采用槽壁降水辅助措施前后的超声波图对比，其一采用槽壁降水措施后超声波检测揭示：波面锯齿状多位于④-1a、④-2粉质黏土地层段落，但巨大声波阴影部分明显减小，槽壁质量明显改善；其二：通过混凝土灌注记录分析，四组混凝土超耗率明显下降，平均值不大于3%，说明槽壁降水辅助措施可以确保槽壁在混凝土灌注完成前是保持稳定的。其三：降水过程中对降水范围内地面构筑物的沉降影响甚小。以上对比分析充分说明在复杂地质中进行地连墙施工槽壁降水辅助措施是可行的，是安全有效的。

第二方面：通过四组数据比分析，成槽质量的好坏同降水深度成正比关系，结合抽水的经济性考虑，8m的降深是可行的，效果也是最好的。

七、结论

(1) 苏州地区粉质黏土和素填土中地连墙成槽过程中槽壁失稳的主要原因是土体黏度低，存在微承压水，另一个是土体在侧向渗流补给的情况下水头高，泥浆压力不足以使槽壁保持稳定，从而在成槽机振动的情况下位于④-1a、④-2粉质黏土槽壁大块剥落，坍塌。难以建立稳定受力界面。

(2) 槽壁降水其一可以使槽壁两侧范围内的土体含水量降低，有助于土体固结，提高槽壁附近土体稳

定；其二槽壁降水增大了槽内外的水力压差，有助于槽壁泥皮迅速形成，有利于槽内泥浆比重稳定。

(3) 在苏州地区，尤其是临近河湖地段采用槽壁降水辅助措施可以确保地连墙高效成槽，并长时间保持槽壁稳定，降低施工成本，保证了施工进度，该降水辅助措施是有效的。

八、展望

在苏州地区乃至长三角地带，将会有大量的地下空间开发，地连墙作为有效安全的防护结构，将会被大量采用和实施，其中槽壁降水措施更是确保了地连墙可以高效施工，有效的降低了成本，缩短了工期，本文仅在设计图纸的基础上进行了降水深度的对比分析，后续关于降水井的布置方式与成槽的效果之间的关系有待于进一步研究，并找出其最优值。

参考文献

[1] 翁奔哲, 王金火, 戚慧钢. 杭州地下连续墙施工实例[J]. 浙江建筑, 2010. 12.

[2] 刘正平, 杨婧. 轻型井点配合局部深井在临运河深基坑中的应用[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版), 2011. 10.

[3] 封桂泰, 赵波. 喷射井点降水在地下连续墙施工中的应用[J]. 地基与基础, 2012. 4.