

地下连续墙遇污水管时的性状分析

黄伟达^{1,2}

(1. 福建省建筑科学研究院, 福建福州 350025; 2. 福建省绿色建筑技术重点实验室, 福建福州 350025)

【摘要】 针对某基坑地下连续墙遇到深埋污水管导致开口、无法连续施工的情况, 采用土体加固和排桩相结合的方法, 使之形成土拱, 达到应力转移和隔离的目的。利用有限元对应力隔离之后的土体变形及排桩内力性状进行了详细分析, 认为排桩数量和加固宽度对控制土体变形起到关键作用, 加固范围越大, 变形越小。实测数据表明, 地下连续墙开口区域的位移小于计算值, 结果可为类似工程参考。

【关键词】 地下连续墙; 污水管; 应力隔离; 基坑; 有限元

【中图分类号】 TU 44

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2017.06.006

Properties Analysis of the Continuous Wall Encountering the Sewage Pipe

Huang Weida^{1,2}

(1. Fujian Academy of Building Research, Fuzhou 350025, Fujian, China;

2. Fujian Key Laboratory of Green Building Technology, Fuzhou 350025, Fujian, China)

【Abstract】 While the underground continuous wall of a foundation pit encounters the sewage pipe, the wall need to break off, and the opening produces. To solve the above problems, the paper uses the method of the soil reinforcement and the pile combination, and the soil arch forms between the piles for stress transfer and isolation. By using the finite element, the soil deformation and internal force characteristics of piles are analyzed in detail. The conclusion is that the pile number and soil reinforcement width is the key role to control the soil deformation, and the deformation is smaller along with the greater the scope of consolidation. The measured data shows that the displacement of the opening region in underground continuous wall is less than the calculated value, and the results can be referred to similar projects.

【Key words】 underground continuous wall; sewage pipe; stress isolation; foundation pit; finite element

0 引言

近年来, 地铁建设在各大城市如火如荼地进行, 而旧城区往往管线密布, 地铁车站的开挖支护经常会遇到既有管线的迁移和保护问题, 一般采用迁移的比较, 如果采用原位保护, 则支护结构体系要断开形成开口。

地下连续墙遇到管线开口的问题, 目前研究较少, 其变形特性和机理分析还不够成熟。马华明^[1]针对 $\phi 1000$ 的污水管, 在施工地下连续墙时采用一槽两笼的施工技术, 在污水管下方形成连续的地连墙。王剑等^[2]在一条 220 kV、埋深 1.8 m 的高压供电管线挖出保护后, 也采用平移钢筋笼的方法将高压线下方的 2 m 空间进行封闭。徐正良^[3]对管线

穿越条件下围护结构封闭、开口及缺口部位土体加固等方案时的变形和内力进行了三维模拟, 取得了良好的效果。

本文结合某地铁站遇到深埋污水管的案例, 阐述以土体加固和应力隔离的方式处理地下连续墙大开口的, 并取得了显著成效。

1 工程概况

某地铁站基坑开挖深度约为 17 m, 地层主要为粉质黏土、淤泥、淤泥质土等(见图 1、表 1), 采用 800 mm 厚地下连续墙+1 道钢筋砼支撑+2 道钢管对撑支护方式, 地下连续墙长度为 34 m。在 53 轴至 54 轴位置, 横跨有一条污水管道(见图 2), 为直径 1400 mm 的节式混凝土管, 埋深约为 7.4 m。污

基金项目: 福建省科技计划项目(2014Y0016); 福建省建设科技研究开发项目(2012K15)

作者简介: 黄伟达, 男, 1979 年生, 福建诏安人, 工学硕士, 高级工程师, 主要从事岩土设计与研究工作。

E-mail: 50656811@qq.com

水管道无法停止运营,且有一定水压力,给基坑支护和土方开挖带来很大困难。

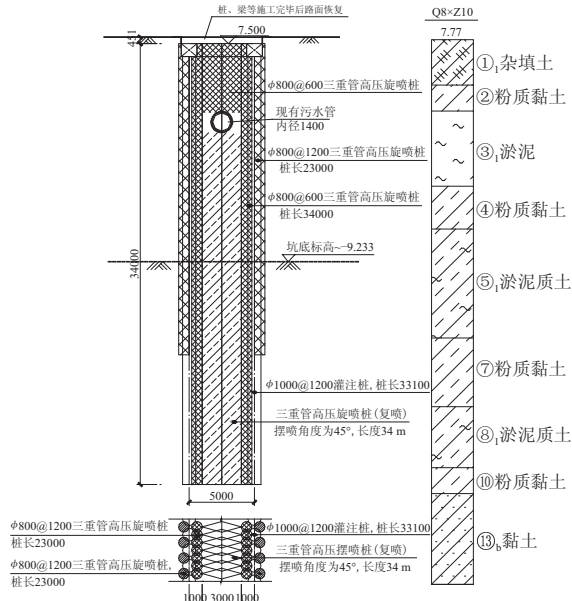


图1 污水管剖面图

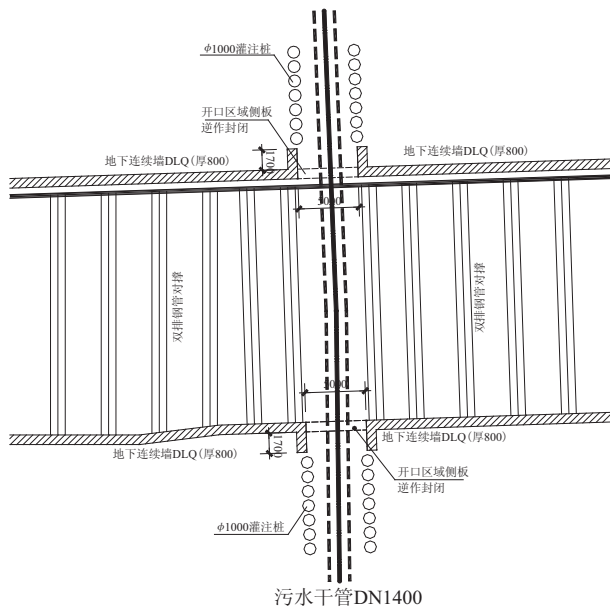


图2 污水管平面图

经多方探讨,放弃了改管方案,在原位采用外包混凝土箱涵的方式对污水管进行保护,这导致穿越地下连续墙的地方,地下连续墙必须断开,无法搭接施工。此外,由于污水管埋藏较深,无法准确获取其位置坐标,地下连续墙开口必须加大,最终定为5 m。

场地为软土地基,地连墙开口5 m影响很大,不仅会导致开口土体严重涌出、隆起,还引起污水管和地面道路的变形,特别是污水管很容易因变形而脱节渗漏,因此如何控制开口处的变形意义重大。

2 地下连续墙开口保护措施

地下连续墙开口的保护措施多种多样,但由于污水管埋藏很深,采用一槽两笼或平移钢筋笼的方法成槽显然不适用于本工程,而注浆加固方式会更适合一些^[4]。考虑到污水管直径较大,普通高压旋喷桩无法将污水管下方空间完全封闭,因此结合三重管高压旋喷和摆喷的方式进行土体加固,加固深度同地下连续墙,其中旋喷桩的直径为φ800。

土体加固长度是以滑裂面范围来定的,从基坑坑底算起以 $45^\circ + \varphi/2 = 50^\circ$ 的平均倾角确定加固长度约为11 m,宽度即为开口宽度5 m,深度同桩长。

对于17 m深的软土基坑,仅仅采用土体加固措施还不够安全,为此在污水管两侧各布设了7排φ1000@1200、长度为34 m的灌注桩,起到应力隔离作用,即将基坑外开口的土体应力通过排桩及土拱效应遮拦,有效控制开口处的土体变形,见图1。

3 有限元分析

地下连续墙开口处支护结构和加固体的应力应变关系是复杂的三维空间行为,因此引入FLAC3D软件对上述结构的性状进行数值分析。

3.1 基本参数和模型

有限元模型长宽高尺寸为80 m×55 m×45 m,其中基坑按对称原则取一半,即基坑内土体宽度约为10 m,基坑开挖深度17 m。

土体采用八节点六面体单元,模型四周与底面采用法向固定边界约束,本构模型采用CYsoil模型,参考文献^[5-6]的取值方法,主偏量加载刚度模量 E_{50} 和侧限压缩刚度 E_{oc} 按压缩模量取值,卸载-再加载刚度模量 E_{ur} 按压缩模量5倍取值。

表1 土体计算参数

土层	压缩模量 /MPa	重度 /($kN \cdot m^{-3}$)	黏聚力 /kPa	内摩擦角 /($^\circ$)
① ₁ 杂填土	10	17.00	8	8
②粉质黏土	20	18.20	20	10
③ ₁ 淤泥	5	15.50	10	8
④粉质黏土	35	18.90	24	15
⑤ ₁ 淤泥质土	6	16.90	12	9
⑦粉质黏土	25	18.90	25	16
⑧ ₁ 淤泥质土	7	16.70	12	10
⑩粉质黏土	30	18.60	25	16
⑬ ₁ 黏土	40	18.00	16	19
加固土	25	19.00	50	25

第一道支撑为混凝土,截面为 800×1000 ,水平间距为 8.4 m ,弹性模量为 30 GPa ,采用梁单元模拟,与冠梁刚性连接;第二道和第三道为双拼 $\phi 609 \times 16$ 钢管,水平间距为 4.2 m ,弹性模量为 210 GPa ,采用梁单元模拟,与双拼型钢腰梁焊接固定。排桩为钢筋砼,弹性模量为 30 GPa ,采用桩单元模拟。

3.2 变形和内力性状分析

图3(a)是基坑土体的Y向水平位移云图,在地下连续墙开口区域、基坑底以上 $1 \sim 3 \text{ m}$ 范围内的水平位移较大,最大水平位移值约为 38.7 mm ,而地下连续墙的最大侧向变形约为 30 mm ,可见加固土体和隔离排桩起到了很好的位移制约效果。

图3(b)是基坑的竖向(Z向)位移云图,呈“V”形分布,最大沉降量位于离地下连续墙 $8 \sim 9 \text{ m}$ 处,最大值约为 16.5 mm ;基底底部隆起量约为 97 mm ,在地下连续墙开口区域隆起量略大于非开口区域,表明通过土体加固和排桩隔离,地下连续墙开口区域的隆起得到了有效控制。

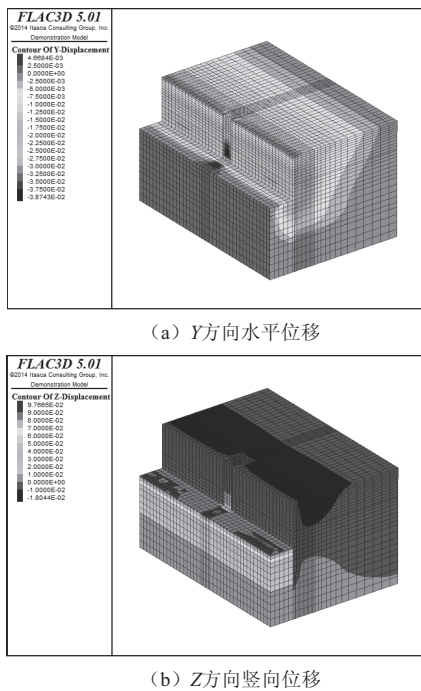


图3 基坑土体变形

为了研究排桩的隔离效果,提取了各桩的弯矩图 M_z ,从图4可以看出,各桩弯矩分布形式基本上是类似的,呈反“S”形分布,且距离地下连续墙越近,承受的弯矩值 M_z 越大,最大值约为 $335 \text{ kN} \cdot \text{m}$,位于土体深度约 14 m 的地方; 20 m 深度以下的弯矩都比较小,均小于 $100 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。另外一个方向弯矩 M_y 远大于 M_z ,在此不做详述。

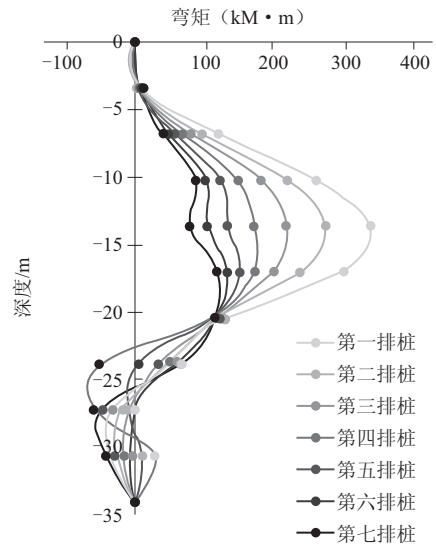


图4 排桩深度-弯矩 M_z 曲线

3.3 现场实测分析

图5是地下连续墙开口区域和非开口区域的变形实测数据,其中开口区域最大位移约 29.6 mm ,小于3.2节的计算分析值 39.7 mm ,但是基坑底部的位移也较大,反映了开口区域整体外移的趋势;非开口区域的变形受支撑梁约束,呈鼓出分布形式,基坑底部以下部分位移明显减少,最大值约为 27.5 mm ,与3.2节的分析数据较为接近,就是在基坑底以下实测值要小于计算值。

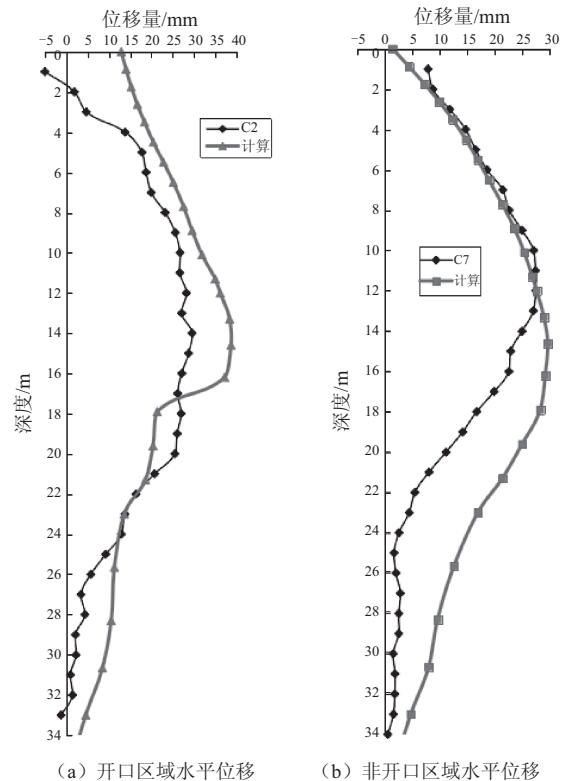


图5 现场实测位移

3.4 加固范围影响分析

为了研究土体加固宽度和排桩数量的隔离效果,分别取3排桩、5排桩、7排桩三种工况对土体变形进行分析,土体加固宽度相应地随桩数变化。

图6为不同桩数时的地面沉降曲线,可见桩数越多、土体加固越宽,地表土体的沉降量越小,最大

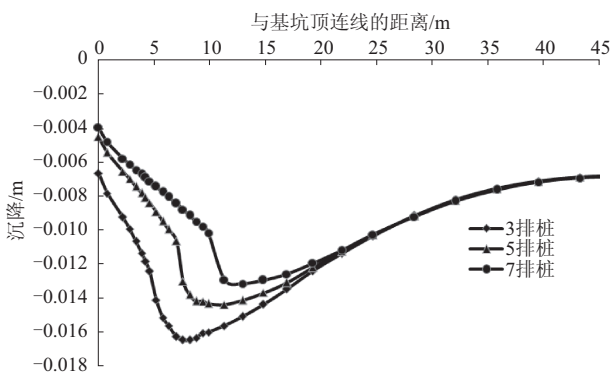


图6 不同桩数时的地面沉降曲线

图8为不同桩数时的地下连续墙开口处侧壁水平位移曲线,随着桩数及土体加固宽度的增加,水平位移显著减少,最大位移分别为66 mm、47 mm、38 mm,排桩对土体应力的隔离效果很明显。

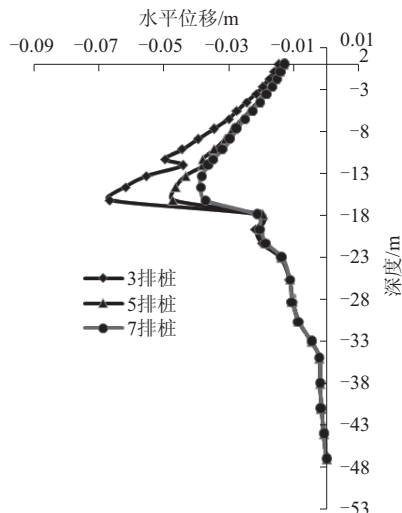


图8 不同排桩时侧壁水平位移曲线

4 结论

本文针对地下连续墙大开口情况,采用土体价格结合隔离桩的处理方法,对变形和内力性状进行了详细分析,得出如下结论:

1) 隔离桩与加固土体相结合,在地下连续墙开口范围形成土拱效应,将侧向土压力往排桩传递,防止开口区域土体外涌。

值分别为16.5 mm、14.4 mm、11.7 mm,但是距离地下连续墙20 m之后的沉降值几乎一致。图7为不同桩数时污水管位置的沉降曲线,沉降值随着桩数的增加而减少,当桩数为7排时最大沉降量约为9 mm,基本上保证了污水管不会因变形过大而脱节漏水。

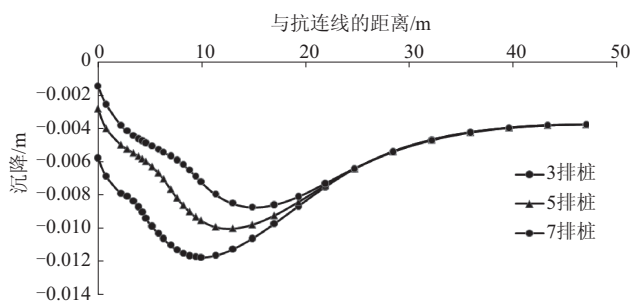


图7 不同排桩时污水管处的沉降曲线

2) 从变形来看,地下连续墙开口区域位移小于计算值,而非开口区域上部的实测位移值与计算值接近,下部相差较大。

3) 隔离桩距离开口位置越近的地方,弯矩越大,反之则越小。

4) 加固宽度越大、桩数越多,地基变形越小,有利于污水管范围土体变形控制,稳定性也得保证;但是当加固宽度落在从基坑坑底算起以 $45^\circ + \phi/2$ 的破裂角范围之外时,加固效果逐渐减弱。

参考文献

- [1] 马华明. 穿过大直径地下管道的一槽两笼地下连续墙施工技术[J]. 建筑施工, 2010, 32(6): 513-514.
- [2] 王 剑,等. 穿越地下管线的地连墙处理技术[J]. 港工技术, 2016, 53(2): 74-76.
- [3] 徐正良,刘 涛,周生华. 管线穿越条件下围护结构局部开口的可行性分析[J]. 建筑结构, 2009, 39(2): 96-100.
- [4] 谭远发. 地下连续墙及地下管线交叉处高压喷射注浆施工技术[J]. 路基工程, 1997, 18(23): 56-63.
- [5] 谢建斌,曾宪明,胡井友,等. 硬化土模型在桩锚与桩撑组合支护深基坑工程中的应用[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(S2): 56-63.
- [6] 王海波,徐 明,宋二祥. 基于硬化土模型的小应变本构模型研究[J]. 岩土力学, 2011, 32(1): 39-43.