

SMW工法水泥土搅拌桩施工期间相邻隧道的监测岩土工程师  
考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/541/2021\\_2022\\_SMW\\_E5\\_B7\\_A5\\_E6\\_B3\\_95\\_E6\\_c63\\_541538.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/541/2021_2022_SMW_E5_B7_A5_E6_B3_95_E6_c63_541538.htm)

运用SMW工法的机械设备进行土体加固具有抗渗止水、对周边土体扰动较小、成桩深度大、精度高等优点,目前在上海的深大基坑项目中运用日益增多,尤其是在环境保护要求较高的轨道交通沿线。本文在对其挤土效应分析的基础上,结合工程实例对成桩期间相邻地铁隧道结构的变形进行分析和总结。

1 SMW工法水泥土搅拌桩的挤土效应 目前常用的三轴搅拌钻机以水泥为固化剂,利用螺旋叶片强大的搅拌动力对地基土进行原位上下、左右旋转翻滚式的搅拌,然后在下沉搅拌、提升搅拌过程中喷浆,同时加入高压空气,使水泥土充分、均匀搅拌。钻进喷浆是对周围土体扰动的主要过程,施工中,注入地层的浆液会一部分携带地土体返回地面(冒浆)。下钻喷浆过程中搅拌机械的钻进不断挤压周围土体,造成孔隙水压力及土体水平向应力的增大,土层发生径向位移及垂直向隆起。浆液的不间断注入使得周边土体受到明显挤压,超孔隙水压力增大,有效应力不断减小,土体发生水平和垂直向移动。

2 盾构隧道的结构状况 软土地区用盾构法施工而成的隧道结构一般由管片拼装成环,环环串联,纵向和环向都由螺栓联接.管片厚为350mm,环宽1m,管径 6200mm。在上海地区,运营中的隧道基本位处饱和含水的流塑或软塑粘性土层。这类土层一经扰动,强度明显降低,且在长达数年的时间内发生固结和次固结。隧道结构受其影响会产生一定的结构变形,主要表现为纵向隆沉及不均匀沉降、横向水平位移、管径收敛变形。当变形超过设计承受极限时不仅会引发管片接

缝渗漏水现象,还会造成结构损坏,影响列车的正常运行。3 工程实例 某基坑工程围护结构设计为深达39.5m的地下连续墙,墙厚1m,与地铁隧道相距5.4m。为起到稳定地墙槽壁以防塌方及基坑开挖期间的防渗止水作用,地墙两侧先采用

850mm三轴SMW工法水泥土搅拌桩进行预加固,桩间距600mm,搭接250mm,桩深32.5m。外排桩中心距离地铁隧道外边线4.9m,共51幅.内排相距约6.8m,共49幅。隧道结构埋深-9~-15m,处于第 层灰色淤泥质粘土层中,土层含水量高达50%,孔隙比为1.43,内聚力为11kPa,内摩擦角 $11^{\circ}$ ,压缩系数 $1.19\text{MPa}^{-1}$ 。3.1 试桩 本工程施工前期,为了掌握对周边环境的影响程度采用不同的施工参数进行了多组试验,试桩位置4m远处均有土体测斜数据的采集。针对试桩结果进行分析可知:与桩身相距越远挤土效应呈衰减趋势。如果距离相同,则SMW工法桩挤土作用的大小与土性参数、浆压气压、施工参数(水灰比、搅拌速度)、注入与返出的量差都有关系。定性地说:土层越软弱,挤土效应越明显(第 层土体水平位移最大).浆压气压越大,挤土效应和影响范围越大.水灰比越小、搅拌速度越快则挤土效应越明显.注浆量与排出量(原状土含少量浆)之差越大则挤土作用越明显。为控制施工过程对环境的影响及保证成桩质量,钻机电流为190~240A,水灰比为1.2,钻进速度为0.25m/min,提升速度为0.5m/min,气压为0.5MPa,浆压为0.3~0.7MPa。3.2 隧道监测系统 加固区域平行于上行线隧道区段,累计长度90m为重点监测范围,在相邻隧道对应的道床及管片上每5m布设一个测点。为严密监控工法桩施工期间隧道结构的变形状况,采用以自动化监测系统为主,人工监测系统为辅的监测方案,监测内容以隧道结构垂直位移为主,辅以水平位

移及管片收敛监测。其中自动监测沉降系统采用静力水准仪系统。

### 3.3 监测数据分析

1) 加固施工前后隧道区段的垂直位移  
地墙两侧SMW工法桩累计100幅。在整个施工阶段内相邻的隧道区段基本呈沉降趋势,其沉降量介于-0.34~-2.26mm,平均值-1.51mm.施工结束后一个月内隧道结构继续沉降,沉降量介于-0.62~-1.25mm,平均值-0.82mm。

2) 单桩施工期间隧道垂直位移  
成桩时间基本为3h,其中钻进喷浆2h,提升阶段1h。每30min跟踪采集的自动监测沉降数据显示:成桩期隧道相对应的测点有一定量隆起,之后回沉且施工结束数日内都有微量沉降,累计沉降总量大于施工期间的隆起值。针对100幅桩进行统计分析,93幅施工期间隧道的竖向变形量较小,基本在 $\pm 0.5\text{mm}$ 之内,7幅施工期间隧道的垂直位移介于 $\pm 0.5\sim 3.2\text{mm}$ 之间,其中D76桩最为异常。

D46为外排桩,于2005年10月26日0 32下钻至19m深处,1 31下钻至32.5m,1 33提升,2 40结束。钻进20m范围内隧道变形十分微小。下部12m钻进过程中有4个测点(20m范围)有0.20~0.27mm的隆起。提升至21m深度隆起值最大:SJL15上抬0.19mm,SJL16上抬0.27mm,SJL17上抬0.35mm,SJL18上抬0.27mm。21m至地面略有回沉,SJL16沉降0.07mm,SJL17沉降0.16mm。

D76为内排桩,于2005年11月2 日23 37下钻至17m深处,3日0 01下钻至23m时电流异常增大达280A且持续不下,下沉速度明显减慢,0 14钻至25m后排土返浆量异常少,沟槽内无气泡返出且浆土稠土很高。此时将水灰比略为调大,相对密度约至1.43。0 50钻进至底提升。1 30提升至21m,2 13时施工结束。钻进17m范围内隧道变形微小,下部25m至底的钻进过程有10个测点50m区段(SJL11~SJL20)明显隆起,其中SJL16隆起量2.3mm,提升开始至21m深度该区段隆

起仍然相当明显。提升至距地面3m位置有4个测点20m区段(SJL15~SJL18)微量隆起,SJL16隆起达0.3mm。2 00后隧道出现沉降,至2 30,SJL16下沉1.14mm,2 30~3 00下沉0.24mm,3 00~5 20下沉0.42mm(SJL16累计下沉2.80mm)。施工过程中隆起的区段都有不同程度的回沉。施工结束后的次日用人工监测方法跟踪采集的隧道水平位移及管径收敛也明显增大,与成桩位置相距2.7m的土体测斜最大水平位移7mm

。SJL16~SJL17测点对应的管片环缝有轻微渗水现象。对D76桩的异常现象进行了分析,由于其外排桩及相邻的两幅桩均已完成,四周土体呈封闭状态并且土质已不同于未经扰动的原状土,变得较为密实,导致钻进阻力加大(电流增大),速度缓慢,沟槽内排出土量少且干稠,注入浆液方量远大于排出的土方量。施工过程中发现工况异常后虽然略微加大了水灰比,但未中止下钻,采用提升复搅的措施释放土体内聚应力,因此浆液的不间断注入使得桩周土体体积扩张相当明显,表现出与沉桩相似的挤土作用,土体发生远离桩身的水平侧移,对应的隧道结构则明显隆起。施工过后由于孔隙水压力的消散,隧道随土层固结而沉降。

#### 4 结论及建议

- 1)SMW工法土体加固后造成相邻的隧道结构持续微量沉降,持续时间与加固参数、加固面积、加固体与隧道结构的相对位置等因素有关,本工程回沉时间长达1个月。
- 2)单桩施工期间相邻的隧道结构先隆起后沉降,一般情况下施工对应的20m区段有变形显示,异常情况下影响隧道的范围及变形量明显加大。
- 3)周边有类似地铁隧道的重要保护对象时,施工参数的设定必须综合考虑其存在的挤土作用,不能忽略施工对环境的影响。
- 4)施工参数设定后,施工期间发生异常工况如不及时调整参数会加大成桩期间的挤土作用,严重者可危

及相邻的保护对象。（百考试题岩土工程师）100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问  
[www.100test.com](http://www.100test.com)