

桩基清除对周边环境影响的数值模拟分析

摘要 上海某轨道交通盾构顶进时下穿一高架桥梁,穿越断面与一桥梁桩基相交,因此须将影响盾构推进的桩基拔除。利用弹塑性有限元,分析全回转钻机清除桩基及孔洞回填对已建污水总管的影响,在预计的挤土效应内,污水总管的位移跟套管挤土位移基本呈线性关系,孔洞回填使污水管位移有所恢复,污水管最大位移在套筒挤土过程中产生。

关键词 拔桩 全回转钻机 有限元 挤土效应

1 工程概况

地铁主要在城市市区中建造,其区间经常穿越建筑物,易受地下障碍物影响。桩基作为常见的地下障碍物,如果影响盾构推进施工,可作拔除处理。

上海某轨道交通盾构顶进时下穿一高架桥梁,穿越断面与一桥梁桩基相交,因此须将影响盾构推进的桩基拔除。影响盾构施工的桩基为 1 根 $\Phi 1\ 000\text{mm}$ 钻孔灌注桩,桩长 37m,C30 混凝土,上部 25m 主筋为 $8\Phi 20+8\Phi 19$,下部 12m 主筋为 $8\Phi 19$ 。该处有一根已建的合流污水总管,直径 $\Phi 3\ 500\text{mm}$,管材为钢筋混凝土预制管,结构厚度 33 cm,管节长 3m,F 型钢板接头;污水总管中心埋深约 6.2m。污水管与待拔桩基的净距约 2.6m,该污水管服务范围大,关系到周边地区不间断的污水排放,无断流条件,桩基拔除施工不能影响该管的运营。盾构、污水管及桩基的关系见图 1~图 2。



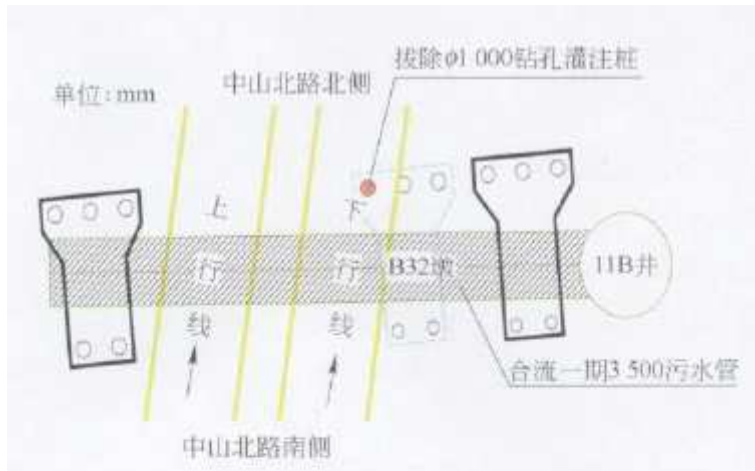


图1 盾构、污水管及桩基的关系(平面图)

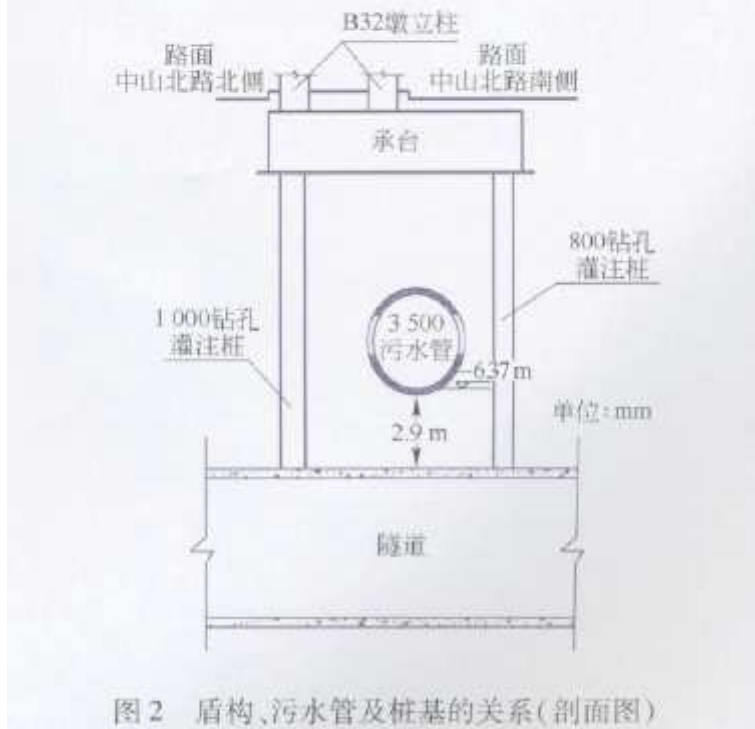


图2 盾构、污水管及桩基的关系(剖面图)

考虑到桥梁底净空及周边环境保护等各方面要求,最终采用全回转钻机清除该桩基。全回转钻机利用全回转设备产生的下压力和扭矩,驱动钢套管转动,利用管口的高强刀头对土体、岩层及钢筋混凝土等障碍物的切削作用,将套管钻入地下,去除套管内桩体,最后向套管内回填土体并逐节顶拔套管。套管为厚度48mm的钢质桶式结构,直径 $\Phi 2000\text{mm}$,其作用主要有两个方面:一是将顶部驱动设备提供的扭矩和压力传递到刀头,二是在钻进的过程中起到支护孔壁和防止孔壁坍塌的作用。

全回转设备清除桩基的优点主要是能彻底清除障碍物,对地层、土体和管道的影响较小,噪声小,对周边环境影响很小。

2 有限元模拟

由于对污水总管的保护要求很高,因此有必要在拔桩施工前研究施工对污水总管的影响。拔桩过程对周边环境的影响主要是钢套筒下沉过程中的挤土效应,以及回填拔桩留下的孔洞由于回填土不密实而产生的地基土变形。



采用弹塑性有限元对拔桩工况进行模拟,模型尺寸为 32.5m×40.0m×43.5m,桩土土体之间设置接触面单元。模型包括 7 456 个六面体实体单元、418 个壳体单元、1 250 个接触面单元、10 010 个节点、1 690 个边界条件。土体采用比较适合岩土材料的摩尔库仑理想弹塑性本构模型模拟,桩及承台采用线弹性材料模拟,土与结构的相互作用采用具有法向和切向弹簧的接触面单元模拟,污水管采用板单元模拟(见图 3)。

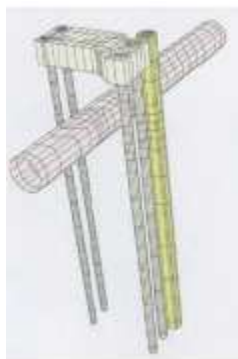


图 3 桩-承台-污水管模型

场地为滨海平原地貌类型,场地土层 40m 深度内至上而下可分为 7 个大土层,每个土层根据土性可细分为不同的亚层,土层情况见表 1。

表 1 场地土层一览表

层号	土层名称	层底标高 /m	重度 $\gamma / (\text{kN} / \text{m}^3)$	直剪固快		压缩模量 /MPa
				C / kPa	$\phi / (^\circ)$	
②	粉质黏土	2.31~0.63	19.0	28.0	22	6.05
③ ₁	黏质粉土	1.37~0.02	18.5	8.0	28	7.50
③ ₂	砂质粉土	-1.37~-4.03	18.5	6.0	30	9.50
④ ₁	淤泥质黏土	-9.07~-9.99	17.0	12.0	13	2.28
⑤ ₁	黏土	-12.37~-12.92	17.7	19.0	11	2.78
⑤ ₂	粉质黏土	-15.13~-16.49	18.2	16.0	18	3.98
⑥	粉质黏土	-21.57~-22.47	20.0	62.0	15	8.16
⑦ ₁	黏质粉土		18.9	10.0	30	10.67

本次结合工程条件和分析重点,对共计 3 个工况进行分析:①初始地应力计算达到平衡;②逐步施加套管壁的位移边界条件,计算达到平衡;③回填填充材料,计算达到平衡。

对于套筒挤土问题,采用类似“小孔扩张理论”模拟,即在套筒切土的边界施加某个特定的“挤土位移”后进行弹塑性计算。本次分析计算了挤土位移为 2~10 cm 时对污水管的位移影响,回填材料采用摩尔库仑弹塑性本构模型模拟,取变形模量为 5MPa。

3 计算结果

不同挤土效应及回填产生的污水管位移见表 2。



表 2 各个工况位移计算结果表

挤土位移 /cm	D_1 /mm	D_2 /mm	ΔD /mm
2	2.4	1.65	1.95
4	4.5	3.0	2.25
6	6.5	4.5	2.75
8	8.5	6.0	3.0
10	10.2	7.83	3.35

说明: D_1 为挤土过程污水管产生的最大水平位移; D_2 为拔桩孔回填后污水管的最终累计位移, 该数值的选取点即为 D_1 位移的发生点;
 $\Delta D = D_2 - D_1$ 为由于回填土的压缩性而引起的污水管水平回弹位移。

根据各个工况的有限元计算结果,建立套筒挤土与污水管位移的关系,如图 4~图 5 所示。

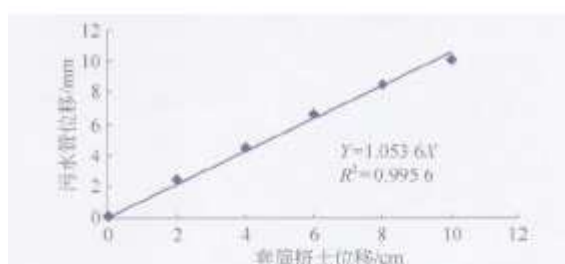


图 4 套筒挤土与污水管位移的关系

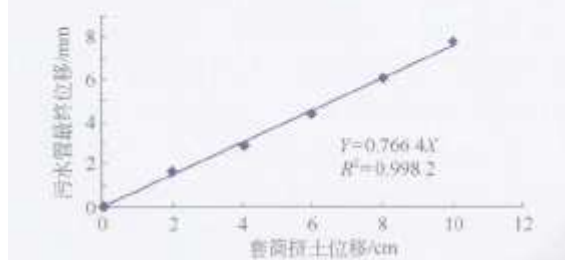


图 5 套筒挤土与污水管最终位移的关系

当套筒挤土在 0~10 cm 范围内,污水管的位移基本上呈线性关系。现采用一次多项式 $Y=AX$ 拟合曲线,系数取值为 $A=1.0536$,线性相关系数为 0.9956。

回填后污水管的最终位移也存在类似的关系,采用一次多项式 $Y=AX$ 拟合曲线,系数取值为 $A=0.7664$,线性相关系数为 0.9982。

实际套筒壁厚为 48mm,如假定向套筒外挤土一半的套筒壁厚即 24mm,采用文中拟合的公式,计算得到套筒挤土引起的污水管的最大位移为 2.70mm,而回填土后污水管的最终位移为 1.84mm,因此不会影响污水管的安全。

4 结语

综上所述,套筒挤土对污水管的影响较小。在套筒施工过程中的极端不利工况(套筒挤土位移为 10 cm)下,污水管位移小于 12mm。孔内回填使污水管位移有所恢复,但总位移还是保持远离套筒方向的趋势。通过分析可知,整个拔桩施工中污水管的最大位移出现在套筒挤土过程中,故应控制施工过程中套管的挤土位移,以减少污水管在施工过程中出现的最大位移。

参考文献

[1]钱家欢,殷宗泽.土工原理与计算[M].北京:中国水利水电出版社,2000.



- [2]唐谦,郝智明,刘洪.影响钻孔灌注桩施工的老桥基础处理[J].华东公路,2002(4).
- [3]刘广斌.拔桩法排除旧桥基础对桩基施工的影响[J].公路交通技术,2007(3).
- [4]阎耀保.四分圆组合钢套管粉喷桩拔桩工法研究[J].建筑机械,2007(10).
- [5]张健.地铁盾构隧道穿越桩基的凿除技术[J].中国市政工程,2006(4).

