

土层浅埋暗挖法地下通道施工 出现地面塌方的分析及处理措施

摘 要：本文对土层浅埋暗挖法隧道施工时造成地面塌方根据现场实际地层及施工方法进行了分析,得到了土层浅埋暗挖法施工时主要质量控制要点及施工方法和塌方后的处理措施。

1. 工程概况

1.1. 工程简述

本工程为位于 A 市 L 大街下方,地下通道为南北走向,南侧是风筝广场,北侧是国贸大厦和商业银行等 4—6 层楼房建筑群,南北侧均有地下建筑。本通道穿越 L 大街,道路两侧属繁华地带。地下通道工程为浅埋七连跨单层地下连拱式结构,南北向长约 67.8m,宽为 43.4m。跨距 $6\times 6\text{m}$,纵向柱距为 6m,采用复合式衬砌;通道顶板上部的覆土厚度约为 3.782m。

由于本通道施工断面大,顶板埋深浅,地质条件和地下管线复杂等,对于隧道施工方法根据不同断面及其地质条件而变化,主要采用 CD 法、中洞法、台阶法。

1.2. 工程地质与水文地质

本地下通道处于 A 市主要街道 L 大街下部,场地地形较为平坦,地面标高在 29.55—29.93m 之间,主要地貌单元属冲洪积平原,场地地质条件所揭露地层为素填土,第四系全新世和更新世冲洪积粉土、砂土地、和粘土。各地层性质分述如下:

①层素填土,稍湿,稍密—密实,主要由粉土和粉质粘土组成,含少量砖屑和砂粒,顶部为厚约 50cm 灰土、沥青路面。该层场区普遍分布,厚度 1.8—4.9m,平均 3.1m,层底标高 24.8—28.1m。

②层粉土地,稍湿,密实,厚度 3.3—6.5m,平均 5.00m,层底标高 20.9—22.2m。

③层粉土,稍湿—很湿,密实,分布厚度 7.4—9.6m,平均 8.9m,层底标高 12.5—12.9m。

④层粉质粘土,可塑—硬塑,分布厚度 1.1—5.7m,平均 3.00m,层底标高 6.8—11.5m。

⑤层中砂，饱和密实，厚度 6.7m（未穿透）。

施工区静止水位埋深 15.00—15.5m，勘察深度范围内主要含水层为⑤层中砂，属第四系孔隙潜水，水位年变幅 2.0m。

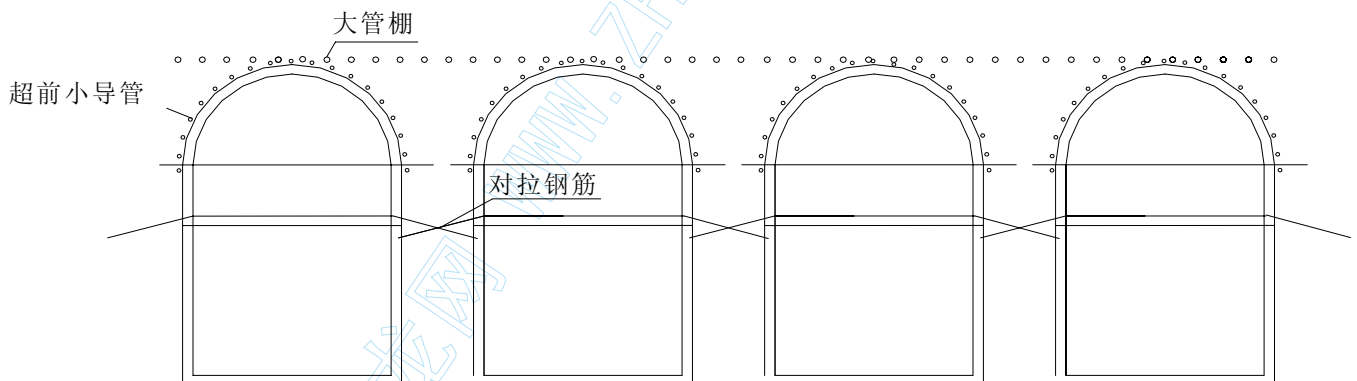
1.3. 地下通道环境状况

本地下通道北侧国贸大厦，已建成使用，南侧正在施工的地下广场；L 大街为东西向，路宽约 50m，为市区交通要道，车流量大，路面为沥青混凝土，白天通行大小客车，交通繁忙，车流量密度大，夜间开行货车，车流并不密集，但大吨位重车出现的频率较高，现在场地为夜间建筑施工载重车辆较多。

2. 施工方法

2.1. 施工采用方法

各洞施工采用浅埋暗挖工法，上下导洞分部开挖，中间加设临时钢支撑。在各洞开挖前已在拱顶上部已全部施工完大管棚，但由于施工时遇到障碍物管棚没有完全贯通；施工过程中局部采用超前小导管注双液浆法加固。



2.2. 采用其它措施

多连拱通道施工时应错开掘进施工，先施工部分通道的初支封闭并达到设计强度后开挖其它、剩余相邻通道，以减小对相邻通道的影响。在相邻通道净距最小的地段，需对土体进行注浆加固，并加设一定数量的对拉钢筋，增加中间土体的稳定性。

(3) 地下通道施工为多种工法的综合运用，比较复杂，台阶法、中洞法、CD 法等都会用到，将大断面分割成多个独立洞室分别施工是基本的原则，这样可以比较快的速度封闭各个开挖小断面，利用临时支护、支撑体系，增大支护结构的刚度，有效和最大限度的减少开挖施工时对通道周边围岩的扰动，从而达到控制沉降的目的。

(4) 精心细致的组织施工过程中的监控量测，做到及时、准确、可靠，对量测到的各种数据及时整理、分析、反馈，预测发展趋势，判断变形发展趋势，确定洞室的稳定性、安全性状态，及时调整施工参数，若发现异常情况，立即与有关各方联系，及时采取有效措施，保证工程安全、正常进行，系统完整地实现信息化施工。

(5) 根据施工进度，在通道暗挖过程中，特别是在主路面以下施工时，应及时与甲方、交通部门进行联系，对主路交通实行管制，禁止重型车辆通过该路段。

3. 塌方位置及现场情况

3.1 塌方位置

地下通道于 10 月 7 日正式开始施工，至今已完成 6 个中洞中上导洞的全部暗挖初期支护工作，各洞施工采用浅埋暗挖工法，上下导洞分部开挖法，中洞里面加设临时横向和竖向钢支撑。现场每天有专人进行测量监控，及时反馈地面沉降和位移情况，指导地下施工，但在事发前沉降一直趋于稳定；根据施工安排与场地施工条件，1#中洞是 6 个中洞最后施工的一个，上导洞已贯通，下导洞再向前开挖近 10 米也即将贯通，但在 11 月 28 日凌晨 3 点左右，在 1#中洞上部出现了面积大约 30 平米的塌方，塌方位于 L 街南侧西向东主车道，事故发生后，造成胜利东街南侧交通全部中断。

3.2 现场情况

塌方后现场立即组织人员对路面通行车辆进行了拦截，疏导马路过往车辆，同时通知相关部门；塌方四周用围挡全部围住。

4. 造成塌方主要原因分析

经过后期的现场勘察和分析，最终造成此次事故的主要原因可归纳为两点：

4.1 洞内施工方法不正确

大管棚没有完全贯通，但开挖时没有按要求进行超前小导管注浆；下导洞上台阶土方开挖进尺多，下台阶进尺少，形成上下台阶距离过大；没有达到尽快封闭成环，形成一个整体钢结构。根据现场施工地层，地层比较理想（如粉质粘土）上下台阶距离不宜超过 3m；上台阶进尺后下台阶没有及时跟进，使上台阶格栅底部悬空，拱顶土体的压力没有有效被分散。

4.2 洞内钢性支撑强度不够

两榀钢格栅间距过大，混凝土喷射厚度、强度不够；严格来将间距不得大于 60cm，格栅保护层为 4cm，并且保证喷射混凝土厚度达到设计要求；钢格栅之间连接筋没有按

设计要求进行连接，部分焊接不牢固；中部 I 20 型工字钢进横向钢支撑没有及时与上导洞跟进，使上导洞承受弯曲力减弱。在施工时可以根据现场实际地质条件设置竖向钢支撑和调减工字钢支撑间距。

浅埋暗挖隧道要求初期支护封闭及时，在暗挖过程中由于混凝土喷射不够及时，并且现场质量监控不到位，施工时混凝土没有按配合比进行搅拌，没有形成有足够强度的混凝土支护结构；边墙钢格栅主筋连接的 U 型筋没有按设计要求施工，使钢格栅承受轴向弯曲力减弱等因素的综合影响下，造成塌方事故的发生。

5. 处理措施

- 5.1 当出现大面积塌方时应及时上报相关部门，立即启动紧急预案，检查是否造成人员伤亡，组织进行人员抢救。
- 5.2 及时清理现场塌方区的结构物，在塌方区四周安装了防护围栏，防止人员进入塌方区受到伤害。
- 5.3 对局部塌方土体坡面进行挂 $\Phi 8200 \times 200$ 钢筋网喷射混凝土加固，坡面内砸入钉子铁用钢筋将网片固定，使塌方坡面稳定，防止塌方面积增大。
- 5.4 在通道拱顶上部开挖标高面以上顺通道方向和纵向铺设了 14 钢管网，并用 $\Phi 16$ 的钢筋网进行了加密，后浇筑 500mm 厚的商品混凝土层作为隧道拱顶部的受力层。
- 5.5 在浇筑完混凝土后呈梅花型竖向安装注浆管，当回填到地面时进行高压注浆加固。
- 5.6 混凝土凝固后在上部用三七灰土进行了分层回填夯实，至路基处时用高标号混凝土浇筑进行沥青铺设。

6. 结束语

- 6.1 通过此次事故让我们更清楚的认识到超前支护的重要性，当地层为砂土或回填土时必须重视注双液浆对地层的改良作用。
- 6.2 根据事故后现场勘察的情况，上下台阶及时跟进，支护结构强度是确保开挖顺利进行,防止塌方发生的重要因素。
- 6.3 塌方后在拱顶实施管棚支护，对拱顶土压力进行支撑是确保后期塌方处理的重要方法之一。进一步验证了管棚在浅埋暗挖法隧道施工中的重要作用。
- 6.4 现场每一步施工工序严格控制更是整个工程质量的保证。