

隧道浅埋偏压段地表处理施工技术

余伟

(中铁十二局集团第七工程有限公司, 湖南长沙 410004)

摘要 结合杭州至温州高速铁路(杭州至义乌段)前山一号隧道出口洞身浅埋偏压段施工, 本文在现场施工情况具体实施基础上, 对施工过程中采用浅埋偏压地段地表边坡上施作管棚预注浆、回填碎石土后帷幕注浆这两项施工技术, 确保工程施工进度, 保障隧道施工安全, 取得了一定的经济效益, 以便指导今后出现类似地质条件隧道浅埋偏压段施工, 汲取了成功经验和参考。

关键词 隧道; 浅埋偏压; 回填; 止浆帷幕; 板结

中图分类号: U45

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)01-0036-03

1 工程概况

在建隧道前山一号隧道为双线隧道, 设计行车速度为350km/h, 全长551.26m。本隧道地处剥蚀低山区, 地势起伏较大, 自然坡度 $15^{\circ}\sim 45^{\circ}$, 隧道最大埋深78m, 围岩分布为III级围岩85m, IV级185m, V级248m, 其中出口浅埋段起止里程DK99+345至DK99+468.27, 总长123.27m, 埋深3m~0.26m, 洞外地表处理措施为10%水泥土反压回填, 整理为台阶状, 反压回填范围上边缘铺一层浆砌片石, 厚30cm, 并采用骨架护坡防护回填土体边坡, 洞内施工 $\phi 89$ 管棚, 采用Vc型复合式衬砌, 三台阶临时仰拱开挖。

2 地质情况

本隧道表层为第四系残坡积层粉质黏土, 浅黄色, 硬塑, 主要成分为粉黏粒, 粉粒次之, 层厚约0.5m~1.0m, 下伏基岩为变质砂岩夹板状粉砂岩, 强风化, 黄褐色~青灰色, 岩层破碎, 变质砂岩夹板状粉砂岩岩层产状 $340^{\circ}\angle 55^{\circ}$, 隧道线路右侧边坡顺层, 倾向线路左侧, 视倾角 15.2° 。其中洞身DK99+380~DK99+420段偏压、埋深浅, 表层粉质黏土及强风化变质砂岩, 黄褐色~青灰色, 块状构造, 节理裂隙较发育, 岩层较破碎, 岩质较软, V级软石。

3 浅埋偏压段地表处理施工

3.1 施工技术原理

原设计地形为 45° 边坡, 施工支护措施为 $\phi 89$ 洞内管棚和地表反压回填10%水泥土, 而实际地形自然坡度 $55^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 严重偏压, 很容易引起洞外边坡滑坡, 导致隧道溜塌。

正值雨季10%水泥土回填施工质量难以保证, 改

用了回填碎石土并掺入了5%水泥, 然后在周边采用帷幕注浆法形成帷幕墙, 阻断注浆液的流失, 而后在所回填碎石土中补注浆, 起到板结作用, 达到整体反压的效果。为解决严重偏压问题, 采用洞外补打中管棚预注浆, 将上边坡挑起, 从而减轻偏压压力^[1-2]。

3.2 浅埋处理施工

3.2.1 施工技术参数

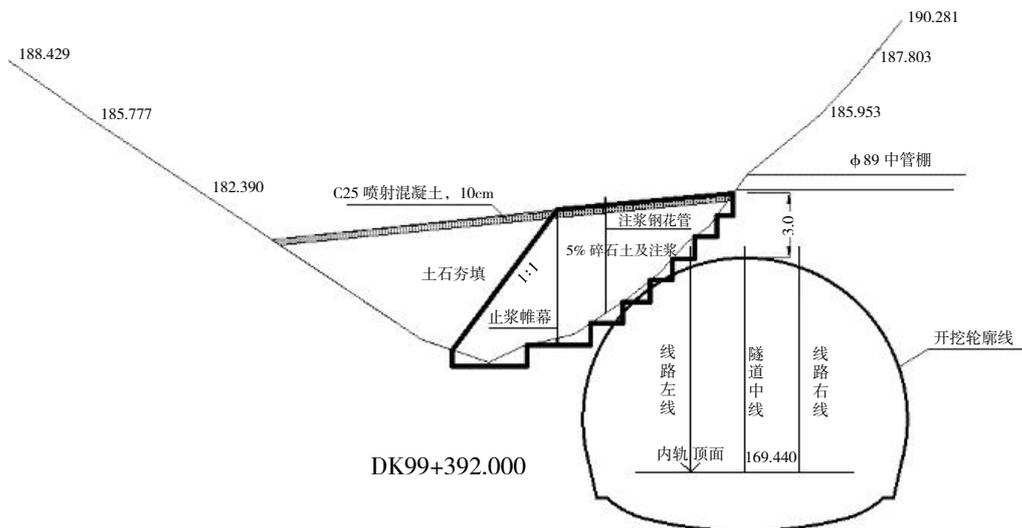
施工里程为DK99+345~DK99+468, 浅埋处理长度123m, 典型处治剖面图见图1。图1中里程为DK99+392洞外地表处理断面, 围岩为Vc级, 开挖工法为三台阶临时仰拱法, 洞内掌子面开挖过程中, 每2榀H175型钢(0.6m/榀)搭设59根 $\phi 50$ 的3m超前小导管; 洞外地表处理技术参数为: 洞顶上方3m位置搭设两排10m $\phi 89$ 中管棚及注浆, 梅花型布置; 线路左侧远离洞侧用碎石土夯填压实, 靠近洞采用5%水泥碎石土回填并注浆; 反压碎石土顶采用10cmC25喷射混凝土封闭。

3.2.2 施工机具和材料

机具: 后八轮、挖掘机、压路机、履带式潜孔钻机、柴油发电、单杠注浆机、电焊机、湿喷机械手、空压机、1台清水泵。材料: 洞渣及黏土、P·O42.5水泥、水、C25喷射混凝土、 $\phi 89$ 钢管、 $\phi 50$ 钢花管、 $\phi 42$ 小导管及 $\phi 110$ PVC管。

3.2.3 施工参数优化

在5%水泥碎石土基础之上, 用1:1的水泥浆再进行板结, 同时为确保注浆达到预期效果, 在回填碎石土表面用C25喷射混凝土封闭顶部, 沿周边打设 $\phi 110@500$ mmPVC花管预注浆作为止浆帷幕, 防止钢管回填注浆过程中, 跑浆至碎石土边坡以外, 达到



前山一号隧道出口浅埋段断面图

图 1 DK99+392 洞外地表处理断面示意

了板结碎石土的作用^[3-5]。

3.2.4 地表处理施工过程

1. 清除地表土, 测量放样, 放出地表处理范围, 安排人工砍除地表乔木, 用挖掘机清除地表灌木及腐殖土。

2. 开挖台阶, 用挖掘机将隧道左线偏压边坡开挖成台阶状, 以便层层回填, 形成反压整体, 防止整个回填土沿边坡滑移。

3. 反压回填, 在洞口附近取黏性土, 将洞渣一起混合装运至地表处理场地, 用 1 台挖掘机掺和 5% 水泥拌和均匀后, 另外 1 台挖掘机从 DK99+345 往 DK99+468 由低往高处每层 30cm, 用 22 吨压路机层层碾压至设计标高, 再收坡整形, 确保一次性施工到位。

4. 打设管棚, 在隧道拱顶 3m 反压边坡处, DK99+370~DK99+420 范围内打设两排 10m 的 φ89 中管棚, 间距 1.5m 梅花型布置。跟常规工艺一样, 先用潜孔钻打设 φ110 孔、清孔, 用挖掘机配合人工顶 φ89 管、埋设 φ42 钢管管及管口封孔, 在管棚打设边坡范围内, 用机械手喷射 10cm 厚 C25 混凝土, 再进行注浆。

5. 止浆帷幕施工, 为防止回填土注浆无限制扩散到边坡外而流失, 在周边施作止浆帷幕。用潜孔钻机在回填土顶部, 打设 12m@0.3m 的 φ110 的孔, 直至原地面以下, 先埋设 φ110 的 PVC 管, 防止塌孔, 然后埋设 φ50 钢管注浆形成止浆帷幕。

6. 回填土注浆, 止浆帷幕施工完成后, 开始在回填土注浆范围内钻孔, 9m@1.5m 的 φ110 的孔, 打满

孔后埋设 φ89 钢管, 再封孔注浆, 直至将回填土板结为整体, 反压隧道线路左侧, 彻底解决隧道严重偏压问题。

7. 地表处理完成后, 反压回填范围上边缘铺一层 M10 浆砌片石, 厚 30cm, 并采用骨架护坡防护回填土体边坡, 在回填土坡脚做排水沟, 将地表水排至自然沟渠中。

3.3 施工中采取的技术措施

3.3.1 边坡管棚处理技术措施

在隧道拱顶 3m 反压边坡处打设管棚, 为更好地达到注浆效果, 地表不跑浆, 注浆之前边坡打设管棚范围内, 喷射混凝土覆盖地表原树根空隙, 同时封闭地表防止地表水渗入隧道内, 确保在雨季开挖洞身安全。采取常规水泥浆注浆工艺, φ89 钢管封孔进行注浆, 注浆压力 1MPa, 浆液是按 1:1 水灰比调制而成。

为起到注浆效果, 在 φ89 钢管内安装 φ42 小导管, 而且小导管上打 1cm 孔, 15cm 间距梅花型布置, 将浆液更好注入管棚底部, 增加地层注浆效果, 同时增加管棚悬挑边坡的刚度, 降低了洞身开挖期间边坡偏压导致边坡滑坡风险。

3.3.2 止浆帷幕处理技术措施

为达到反压回填土注浆效果, 用潜孔钻机在地表回填土顶部, 按 0.3m 间距钻 φ110 孔, 按跳孔顺序钻进, 直至原地面以下, 平均深度 12m。将 3 根 4m 的 φ110PVC 热熔焊接成 12m, 安放在钻好的孔里, 一是为了防止塌孔, 二是钢管注浆不向外扩散, 更好地形

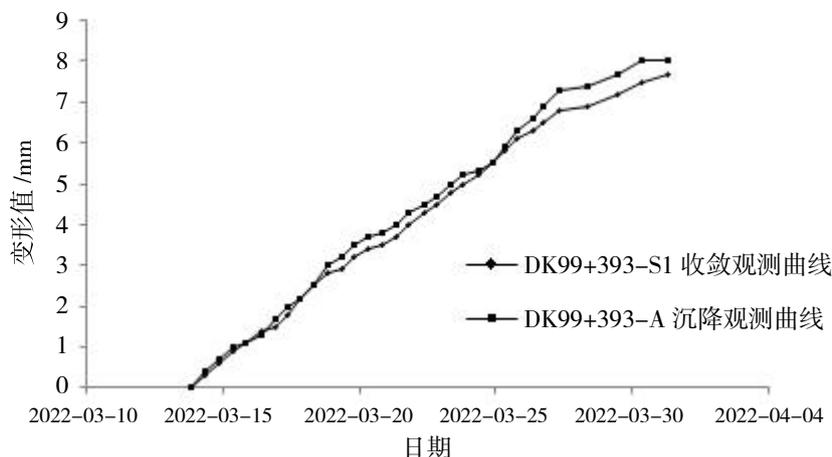


图2 施工后围岩变形监控结果

成止浆帷幕。在 $\Phi 50$ 钢管上按每个断面钻3个12mm孔,间距15cm,然后将 $\Phi 50$ 钢管放置在PVC管中注浆,注浆完成后,再进行下一排跳孔钻孔注浆作业,直到完全形成止浆帷幕墙。

3.3.3 反压土回填注浆处理技术措施

待周边止浆帷幕墙形成后,核心反压回填土范围内钻孔注浆,潜孔钻机按1.5m间距打设 $\Phi 110$ 孔,因场地限制,加快施工进度,现场采用边打孔边埋管,每打1个孔,及时埋设 $\Phi 89$ 钢管,防止塌孔。 $\Phi 89$ 钢管上同边坡中管棚一样,需要在钢管周边打孔,方便浆液最大限度扩散至周围回填土中,确保与原5%水泥碎石土形成板结体作用。注意埋管需高出顶面15cm,待表面覆盖10cm厚喷射混凝土后,采取常规注浆工艺, $\Phi 89$ 钢管封孔进行注浆,注浆压力1MPa,浆液是按1:1水灰比调制而成。

4 围岩监控量测

本段浅埋处理段布设25个断面,在洞身开挖期间,每天2次对洞内拱顶、拱腰及拱脚位置进行监测,施工后围岩变形监控结果见图2。从图2可知:地表处理措施成效明显,以DK99+393断面为例,沉降观测及周边收敛观测,根据上图经过2个月10天围岩不间断监测,即3.14~5.24期间数据显示,洞内沉降在14mm以内,同时周边收敛观测曲线累计值也小于8mm,数据反馈围岩稳定,无任何异常情况,且喷射混凝土表面无任何裂纹。

5 进度及经济效益比较

进度效益比较:按照原设计施工,计划施工周期为126d。通过此地表浅埋处理技术,不影响洞内施工,洞内仅采用超前小导管加强支护,打62环3m小导管,

每环钻孔3h,注浆2h,共计5h,则 $5 \times 62 / 24 = 13d$ 。综上所述,在进度方面,可节约工期113d。

经济效益比较:原设计 $\Phi 89\text{mm} \times 5\text{mm}$ 钢管 $45 \times 10 \times 18\text{m} = 8100\text{m}$,而地表浅埋处理所用 $\Phi 89\text{mm} \times 5\text{mm}$ 钢管 $200 \times 9\text{m} = 1800\text{m}$,从而节约了 $\Phi 89\text{mm}$ 钢管6300m,即重65.24吨。洞内超前变更设计为 $\Phi 42\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 小导管,消耗重量为22.85吨,则节约钢管 $65.24 - 22.85 = 42.39$ 吨,所需劳务费69.3万元,材料费23.3万元,共计节约92.6万元。

6 结语

经过前山一号隧道地表浅埋处理技术的应用,克服了浅埋超浅、偏压的施工难题,安全快速地完成此浅埋段的掘进。因此该地表处理过程中所采取的技术方法和措施是安全、可行的,不仅缩短了施工时间,保证了施工工期,而且节约了成本,降低了施工安全风险,为今后类似浅埋严重偏压隧道施工提供了成功施工案例。

参考文献:

- [1] 姜同虎,吴华.大跨隧道穿越浅埋偏压段处理方案探讨[J].山西建筑,2019,45(20):147-148.
- [2] 马海君,郝行舟.浅谈地表注浆加固在不良地质隧道中的应用[J].交通科技,2005(06):67-69.
- [3] 张小军.软弱围岩浅埋偏压条件下隧道施工技术[J].铁道建设,2005(03):45-49.
- [4] 许王亮.大断面隧道浅埋偏压洞洞口段施工关键技术及应用[J].工程建设与设计,2022(21):159-161.
- [5] 易代红.浅埋偏压隧道进洞钢管桩注浆预加固施工技术研究[J].交通世界,2022(24):42-44.