

柳梁隧道预制仰拱的设计方案

刘君强

中国公路工程咨询集团有限公司, 北京 100078

[摘要]传统的隧道仰拱衬砌, 施工采用现场人工绑扎钢筋和模板现浇混凝土的方式进行, 受到模板缺乏设计制作规范标准、现场施工养护环境较差等因素的制约, 仰拱衬砌结构施工多存在结构不密实、强度与外观质量差等问题; 且传统施工工序繁多, 对熟练工人要求高, 往往会造成施工进度慢、结构无法及时承载、材料和人工成本高昂等问题。本次调查的主要目的是通过预制仰拱提高隧道施工进度, 提早闭环确保二衬结构安全稳定, 为后续施工提供便利条件。

[关键词]预制仰拱; 隧道; 危害; 措施

The Design Scheme of Precast Inverted Arch for Liuliang Tunnel

LIU Junqiang

China Highway Engineering Capital Consulting Group Co., Ltd., Beijing, China 100078

Abstract:The traditional tunnel inverted arch lining is carried out by the method of manually binding reinforcement and cast-in-situ concrete on site. Due to the lack of standard for design and fabrication of formwork, the construction and maintenance environment on site, the construction of inverted arch lining structure has many problems such as non-dense structure, poor strength and appearance quality. In addition, the traditional construction process is numerous, and the requirement for skilled workers is high, which often leads to slow construction speed, failure to carry the structure timely, and high cost of materials and labor. The main purpose of this survey is to improve the construction progress of the tunnel through prefabricated inverted arch, ensure the safety and stability of the secondary lining structure in advance and provide the follow-up construction. Convenience.

Keywords:Precast inverted arch; Tunnel; Harm; Measures

引言

为了研究装配式预制仰拱在公路隧道中的适用性, 结合项目总体施工进度, 及隧道地质条件, 拟在本项目南湖隧道 YK40+865 ~ YK40+915 段施做一段试验段, 为后续工程项目装配式仰拱及装配式衬砌结构的推广应用打下基础。

1 南湖隧道概况

1.1 概况

南湖隧道位于庄浪县南湖镇, 隧道采用分离式, 洞高 7.5m; 左线起讫桩号为 ZK39+043 ~ ZK41+831, 隧道长 2788m, 洞顶最大埋深 224m, 右线起讫桩号为 YK39+088 ~ YK41+820, 隧道长 2732m, 洞顶最大埋深 225m; 隧道进口及出口平面线型均为圆曲线, 左线进、出口圆曲线半径分别为 1250m 和 1034.278m, 右线进、出口圆曲线半径分别为 1300m 和 974.523m; 左右线纵面线型为单向坡 (左线 -0.959% 坡长 2538.781m, -0.959% ~ -1.8% 竖曲线长 249.219m, 右线 -0.955% 坡长 2493.086m, -0.955% ~ -1.8% 竖曲线长 238.914m)。

根据隧道洞口地形地质条件, 本隧道进出口均采用端墙式洞门, 共设置 8 处人行横洞、3 处车行横洞, 左右线各设 3 处紧急停车带。

具体布置情况如下表:

隧道设置一览表 表1

隧道名称	隧道起点	隧道终点	隧道长	本标段起点	本标段终点	本标段长度	备注
南湖隧道	左线	ZK39+043	ZK41+831	2788	ZK39+043	ZK41+831	分离隧道
	右线	YK39+088	YK41+820	2732	YK39+088	YK41+820	

1.2 工程地质条件

根据本次地质调绘、钻探揭露并结合室内岩土土工试验, 隧址区地层按其时代及成因分类, 在勘察深度范围内上覆地层为第四系黄土、粉质黏土。

1.2.1 土体岩性

黄土(粉土)(Q32eol): 灰黄色, 稍密, 含大孔隙, 局部见白色钙膜, 底部偶夹少量中细砂, 具有湿陷性。厚 15.80 - 28.4.0m, $[fa_0]=80kPa$, $q_{ik}=-15kPa$ 。土、石工程分级: II 类普通土。

黄土(粉质黏土)(Q32eol): 灰黄色, 坚硬, 结构较致密, 局部见白色钙膜, 偶夹少量钙质结核, 不具湿陷性。厚 5.30 - 10.80m, $[fa_0]=150kPa$, $q_{ik}=40kPa$ 。土、石工程分级: III 类硬土。

粉质黏土(Q1al): 灰黄色~褐黄色, 硬塑, 土质较均, 偶见粒径 2 - 20mm 的钙质结核, 切面稍有光泽, 干强度、韧性中等。厚 6.80 - 10.20m, $[fa_0]=250kPa$ 。土、石工程分级: III 类硬土。

1.2.2 岩体岩性

中风化泥岩(Ngn): 浅灰色、兰灰色、砖红色, 泥质结构, 中厚层状。岩质软, 指甲可刻痕, 裂隙局发育, 岩体较完整, 岩芯多呈柱状。遇水易软化, 风干易龟裂, 属极软岩。该层未揭穿层底, 最大揭露厚度 94.10m。 $[fa_0]=350kPa$, $q_{ik}=80kPa$, 土、石工程分级: IV 类软石。

1.2.3 试验段地层岩性

选取的隧道试验段, 洞身穿越地层岩性为泥岩, 中厚层状, 极软岩。裂隙局部发育, 岩体较完整。围岩强度及稳定性较差, 隧道开挖易产生侧壁掉块。

1.3 水文地质条件

拟建隧址区西侧地表河流为南河及曹湾水库。南河位于隧道出口附近, 为葫芦河支流, 流向由西向东, 河流平时流量较小, 遇雨水期流量较大, 河水浑浊; 曹湾水库位于隧道出口附近, 水库水主要用于灌溉。

隧址区无地表水体, 距隧道出口约 50m 西侧冲沟谷底为南河, 南河位于隧道出口附近, 为葫芦河支流, 流向由西向东, 河流平时流量较小, 遇雨水期流量较大, 河水浑浊, 对隧道工程影响轻微。

场区附近及上游无工厂、企业, 地表水污染源主要为沿线村庄生产、生活产生的污染。地表水与地下水有一定的水力联系, 丰水期入渗, 补给地下水, 枯水期地下水溢出, 补给补给地表水。

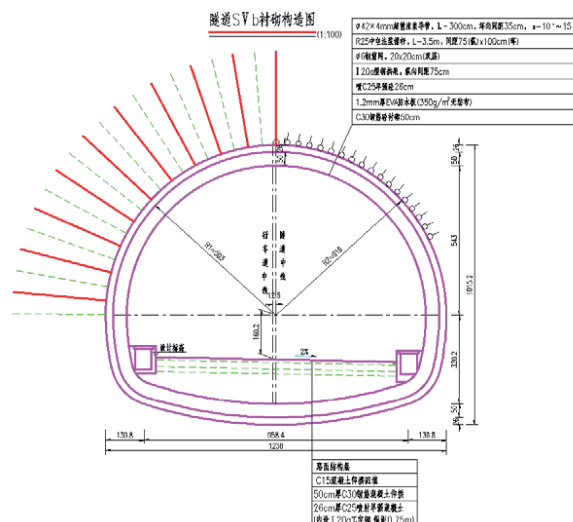
根据含水介质及水动力条件, 拟建隧址区地下水类型可分为松散层孔隙潜水和基岩裂隙水。

第四系松散层孔隙水: 该类型地下水主要分布于黄土层中, 黄土具有针状孔隙及垂直节理, 透水性较好, 场区地势高陡, 地下水易于流失, 补给来源差, 一般含水少, 甚至不含水。第四系松散层孔隙水的补给来源主要是大气降水和农田灌溉水的回归补给。排泄方式主要为蒸发、补给底部基岩裂隙水。基岩裂隙水: 下伏基岩为泥岩, 为极软岩, 局部破碎, 为地下水的渗流、储存提供了场所, 其强风化化裂隙发育, 属弱透水层, 主要接受第四系松散层孔隙潜水的补给, 一般含水量较贫。本次勘察期间, 勘察深度内未见地下水稳定水位。

1.4 隧道结构设计

本次拟采用预制仰拱结构段落, 原设计采用 S V b 复合式衬砌结构, 具体参数为:

超前支护采用 $\Phi 42 \times 4mm$ 超前小导管, $L=350cm$, 环向间距 35cm, 每环 35 根, 搭接长度 150cm, 斜插角为 $10^\circ \sim 15^\circ$; I20a 型钢拱架支护, 纵向间距 75cm, 每榀钢拱架之间采用 $\phi 22$ 钢筋连接, 环向间距 1m; 喷射 C25 混凝土 26cm; 拱墙铺挂 $\phi 6$ 双层钢筋网(20cm \times 20cm); R25 中空注浆锚杆, $L=350cm$, 间距 75cm(纵) \times 100cm(环); 全断面模筑 C30 钢筋混凝土二次衬砌 50cm。



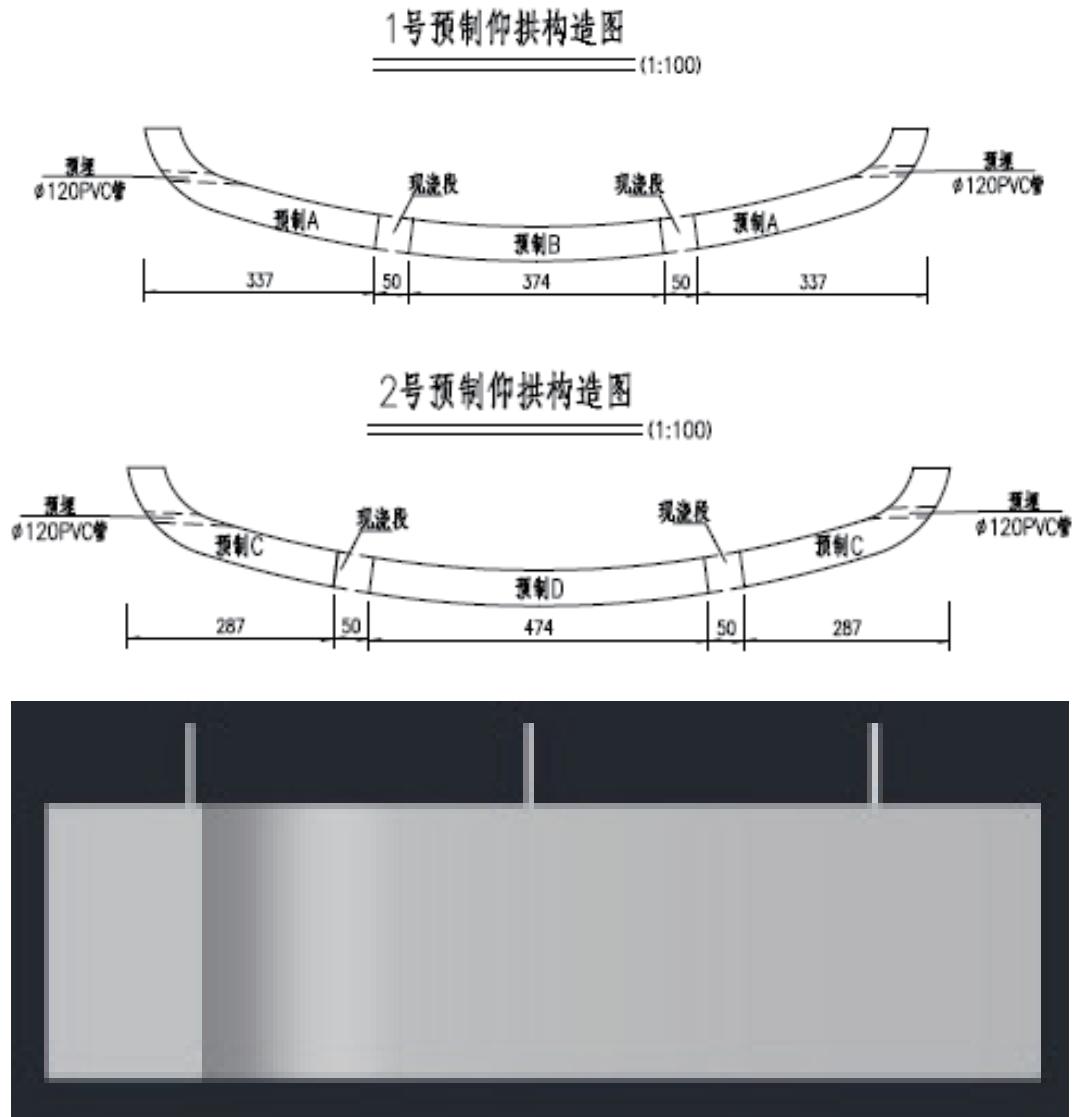
2 预制仰拱结构参数的拟定

2.1 试验段衬砌结构参数

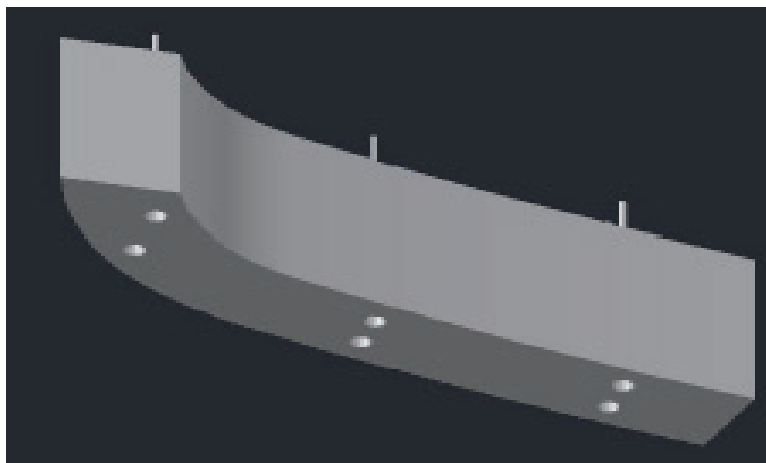
超前支护采用 300cm 长 $\Phi 42$ 超前注浆小导管，超前小导管每环搭接 120cm、斜插角 $10^\circ \sim 15^\circ$ 、环向间距 35cm；初期支护拱墙采用 I20a 型钢架，钢支撑间距 60cm，段与段之间采用螺栓连接、纵向采用 HRB400 $\Phi 22$ 钢筋连接，环间距 100cm，喷射 C25 混凝土厚度 26cm；二次衬砌拱顶及边墙采用原设计 50cm 厚现浇 C30 钢筋混凝土结构，仰拱采用 50cm 厚 C50 钢筋混凝土预制结构；为了提高初期支护的性能，对锁脚锚管进行加强设计，采用 5m 长 $\Phi 60 \times 5$ 注浆锁脚锚管，每处两根。

2.2 预制仰拱分块确定

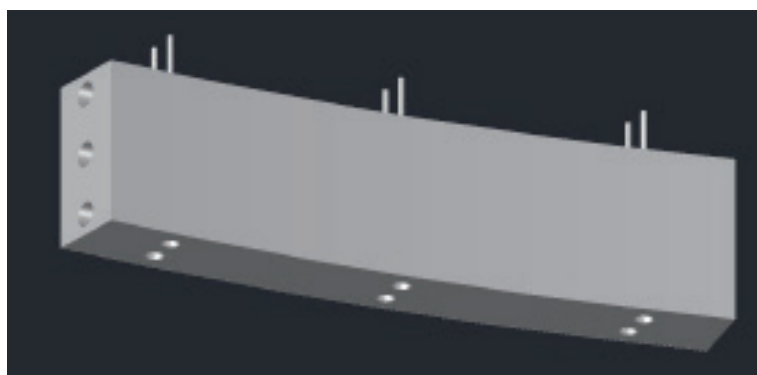
根据衬砌结构受力特性，选择弯矩较小位置，作为预制仰拱分块纵缝位置，将仰拱分为三段进行预制，确保结构受力合理。考虑到隧道洞内空间受限，难以保证大型吊装设备洞内施工，因此，预制管片纵向长度按照 1m 控制。A 型预制管片重 4.75t/片，C 型预制管片重 4t/片，B 型预制管片重 4.6t/片，D 型预制管片重 5.88t/片。



A、C 型预制管片立面模块



A、C 型预制管片侧面模块



B、D 型预制管片立面模块

2.3 预制仰拱管片连接方式

初期支护施作完成后达到一定强度，再进行预制仰拱吊装施工，1号预制仰拱连续吊装6片安装固定后，再进行湿接缝施工；仰拱管片衬砌的纵缝采用现浇50cm宽湿接缝连接，环缝采用卯榫式预埋钢筋连接，钢筋采用HRB400 Φ 32钢筋。预制仰拱与现浇边墙采用预埋钢筋连接。

2.4 管片构造要求

2.4.1 为满足防水构造要求，在管片的环缝面设有一道弹性密封垫槽及嵌缝槽。纵缝湿接缝结合桥梁现浇湿接缝具体要求进行施工。

2.4.2 由于管片拼装需要，每块管片均设有吊装孔，吊装孔兼仰拱补强注浆的注浆孔，内装逆止阀。

2.5 管片吊装

吊装孔预埋件应进行抗拔试验，抗拔力应不小于5t。具体吊装孔位及个数，应结合吊装机械合理确定。

3 施工注意事项

3.1 仰拱预制管片施工前，应认真研究结构设计方案，结合现场实际情况，充分考虑现有施工作业人员、机械水平等因素，并进行必要的专家评审后，方可进行预制施工。

3.2 吊装设备采购或自制前，应根据混凝土配合比等，对仰拱预制块重量，进行重新确定，确保吊装设备起重功率满足施工需要。吊装设备的制作，应结合预制管片形状，受力特性，研究定制，确保吊装设备吊装管片时，管片受力均匀，避免对管片结构造成应力集中，进而导致管片结构破坏。

3.3 施工前，做好准备工作，必须清理仰拱底部积水，淤泥、杂物，备好工具，尤其是仰拱底部虚渣一定清理干净，并做好找平层。隧道排水是影响隧道掘进的因素之一，排水工作一定要做好，尤其是仰拱底部的排水工作。

3.4 管片要保持清洁，在安装之前一定要冲洗干净才能安装，尤其是接缝处、预留连接孔内不得粘有泥砂，防止砂粒等存在影响拼接质量，同时砂粒将引起应力集中导致管片受力开裂。

3.5 拼装管片时吊装头必须拧紧，为避免管片安装过程中吊装头单独承受管片重量，应使吊装设备在管片上均匀受力，同时安装时小心轻放，操作要平稳，避免突停突动，吊装孔受冲击力造成吊装孔崩裂等。

3.6 各管片的相对位置应符合设计图纸要求,不可随意定位,安装管片时应认真定位,严格控制标高,保证管片安装位置准确。

3.7 对施工过程中出现的管片裂缝和其他破损,要及时观察纪录并提醒施工人员注意,并选择合适时间对管片进行修补。

[参考文献]

[1] 徐赞. 西秦岭隧道仰拱预制块施工技术[J]. 隧道建设, 2011, 8(02): 256-261.

[2] 杨书江. 秦岭1线隧道仰拱预制块施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2003, 9(05): 65-66.

作者简介: 刘君强, (1981-) 本科学历, 现任中级职称。