

Application and Advantage of Steel Corrugated Culvert in Baise Expressway

Hui Zhang

Beijing CCCC Highway & Bridge Engineering Supervision Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

Taking the change of culvert scheme for the North Ring Expressway in Baise City, China as an example, combined with actual data before and after the change, a comparative analysis was conducted on the construction period, cost, mechanical performance, and applicability of reinforced concrete culverts and steel corrugated pipe culverts. During the construction process, it was found that steel corrugated pipe culverts have many advantages, such as better quality assurance, effective shortening of construction period, significant reduction in material and labor costs, high strength, good ductility, strong deformation ability, and good adaptability. They have significant advantages over reinforced concrete culverts. Therefore, steel corrugated pipe culverts have high application value and wider application prospects in highway construction.

Keywords

corrugated steel culvert; scheme comparison; construction cost; mechanical properties

钢波纹管涵在百色高速公路中的运用及优势

张晖

北京中交公路桥梁工程监理有限公司, 中国·北京 100000

摘要

以中国百色市北环高速公路涵洞方案变更为例, 结合变更前以及变更后的实际数据, 将钢筋混凝土涵与钢波纹管涵在工期、造价、力学性能和适用性方面进行了对比分析。在施工过程中发现钢波纹管涵具有质量更有保障, 可有效缩短施工周期, 材料成本及人工成本明显降低, 强度高、延性好、变形能力强、适应性能好等诸多优点, 较钢筋混凝土涵优势显著。因此, 钢波纹管涵在高速公路施工建设中具有较高的应用价值以及更加广泛的应用前景。

关键词

钢波纹管涵; 方案对比; 工期造价; 力学性能

1 引言

在公路工程中, 钢波纹管作为一种柔性结构, 能较好地适应地基土的不均匀沉降现象, 另外, 钢波纹管轴线上的波纹大大增加了截面惯性矩, 提高了承载力, 又因为其周围土体能够结合钢波纹管一同受力, 可以在更大程度上将荷载的集中应力予以分散。与普通的钢筋混凝土涵洞相比, 钢波纹管涵洞具有以下显著优势: ①钢波纹管各构件由工厂预制, 标准化生产, 过程把控严格, 质量有保障; ②运输便利, 现场拼装, 施工速度快, 缩短工期; ③节约水泥、砂、石等材料成本, 并节约了人工、机械费用; ④强度高, 抗弯拉等力学性能优异; ⑤能适应多种不良地质环境, 如膨胀土、湿陷性黄土、多年冻土等地区。

2 工程概述

百色市南北过境线公路(北环线)一标段起止里程K0+000~K16+364, 线路全长16.364km, 互通2处(那满互通、机场互通)。本项目涵洞66道, 其中钢波纹管涵9道, 共计246.2m。机场互通中有一通道涵原设计为4m×4m钢筋混凝土盖板涵, 涵长39m, 涵底纵坡坡度4.5%, 涵洞轴线与路中线法向夹角为0°, 涵底一侧设60cm×60cm的排水沟。后经方案优化变更为钢波纹管涵, 涵长38.7m, 孔径5.5m, 采用环向波纹管形式, 波距200mm, 波高55mm, 壁厚5.5mm, 钢波纹管局部详图如图1所示。涵底纵坡坡度4%, 涵洞轴线与路中线法向夹角为0°, 波纹管内部铺设路面结构, 在波纹管底部, 路面结构下沿波纹管轴向铺设排水沟。

【作者简介】张晖(1985-), 男, 中国湖南娄底人, 本科, 从事公路工程研究。

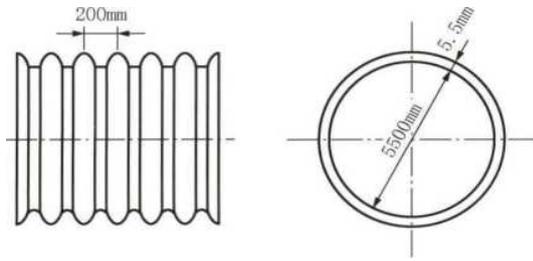


图1 钢波纹管局部详图

变更原则：①保证原盖板涵设计过水能力；②保证原盖板涵通道路面宽度与净高。盖板涵与波纹管涵断面对比如图2所示。

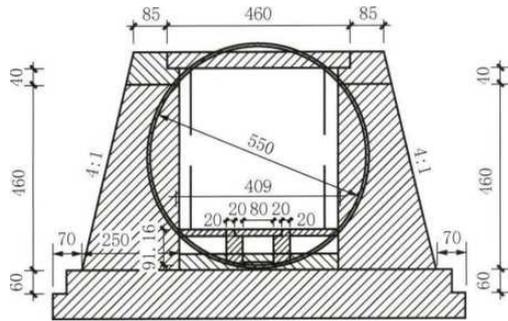


图2 盖板涵与波纹管涵断面

3 施工工艺流程

施工准备—测量放样—基坑开挖和修整—地基承载力检测—填筑砂垫层—一字墙基础浇筑—管身安装—涵背回填—一字墙墙身、八字墙基础及墙身浇筑—洞口铺砌及护坡防护—工程完工交验。

3.1 基础开挖

基坑开挖必须严格按照设计要求进行，并且保证地基土有足够强度、稳定性和均匀性。本工程地基状况良好，地基承载力检测值为0.268MPa，为优质地基土，因此可以直接进行砂土垫层施工。软土地基则必须先进行软基处理，可采用回填或者基桩加固方法。

3.2 砂垫层和预拱度

由于埋设后的波纹管在自重和外界荷载作用下会产生一定的下沉，因此管涵要设置纵向预拱度。本工程直接利用砂垫层找坡来完成预拱度设置要求。根据地基承载力报告，并综合考虑地质条件、涵长、涵径等因素，计算确认管涵中部最大预拱度为15cm。由于管涵直接置放在砂垫层上，为使管涵受力均匀，砂垫层的施工质量是控制要点。

3.3 管身安装

管身采用Q235热轧钢板，先安装底片，然后分别从两侧自下而上安装，6块波纹钢板拼接一圈，再纵向连接成管身，如图3所示。波形钢板接口叠合紧密并用螺栓连接，叠合处夹弹性防水泡沫垫。每安装5m对管涵截面和安装位置进行检测并使用千斤顶进行纠偏。安装完成并检测合格后，

对管节的外侧管壁喷涂乳化沥青两道，加强防腐蚀作用。



图3 管身安装

3.4 管侧楔形部位回填

由于钢波纹管涵与周围土体结合成一体承受荷载，为使侧面的抵抗土压发挥作用，应充分并均匀地进行压实，因此其楔形部及两侧的回填土密实与否关系到波纹管涵与土体是否能联合受力，进而发挥波纹管的柔性结构的性能优势。由于楔形部位空间小，无法采用机械施工，为控制楔形部位回填质量，采用人工捣实配合小型夯机夯实。管身两侧回填应分层填筑压实，确保压实度和压实遍数，同时满足同步对称的原则。为避免施工过程中涵管两侧土压不一致而导致结构变形，两侧回填高差不得大于30cm。

3.5 台背回填

台背回填遵循分层填筑分层压实的原则，注意管顶填土小于50cm时仅可用小型夯实机具施工，不得使用重型或振动压路机。待管顶填土满足设计要求或规范规定的最小厚度后，才允许施工机械通行。

4 钢波纹管涵与钢筋混凝土涵方案对比

论文以百色北环线高速公路钢波纹管涵洞方案变更为例，论证钢波纹管涵在工期、造价、力学性能及适用性四个方面较钢筋混凝土涵的优势。原设计钢筋混凝土盖板涵截面为4m×4m，涵长39m；变更后钢波纹管涵截面孔径5.5m，涵长38.7m。

4.1 工期对比

变更前钢筋混凝土盖板涵与变更后钢波纹管涵施工流程及对应的工期见表1。

钢筋混凝土盖板涵需做刚性基础，从支模板、绑钢筋到浇筑、养生等一系列施工工序烦琐耗时，尤其是养生阶段需要达到一定的混凝土强度才能进行下一步，并且材料消耗大，机械配备多，施工组织较复杂；而钢波纹管涵的管身钢板片为工厂集中化生产，现场螺栓拼接，施工简单、迅速。本工程方案变更后，工期从原方案的78d缩短为45d，节约率44.9%，工期主要节约在盖板涵基础施工和涵身浇筑养生施工阶段。可见，钢波纹管涵施工与钢筋混凝土盖板涵相比能大幅缩短工期，加快施工进度。

表 1 变更前钢筋混凝土盖板涵与变更后钢波纹管涵施工参数表

钢筋混凝土盖板涵 (截面 4m×4m, 涵长 39m)		钢波纹管涵 (孔径 5.5m, 涵长 38.7m)	
施工流程	工日 /d	施工流程	工日 /d
基础开挖	3	基础开挖	3
基础浇筑	15	基础回填	6
涵身砌筑	30	波纹管拼装、防腐	7
盖板安装	7	楔形部位回填	4
洞口砌筑	10	台背回填压实	8
砂浆抹面	5	洞口砌筑	10
回填压实	8	砂浆抹面	5
合计	78	合计	43
工期缩减 /d	35(44.9%)		

4.2 工程造价对比

变更前钢筋混凝土盖板涵工程量主要为开挖土方、台背回填土方、盖板钢筋、洞身钢筋和混凝土、基础混凝土、洞口混凝土等；变更后钢波纹管涵工程量主要为结构物台背回填和钢波纹管的采购、运输、安装。经过对变更前后两种不同涵洞结构工程量的核算，计算出工程造价金额的差额，以对比两种涵洞结构的经济性，工程变更前后造价对比见表 2。

表 2 两种涵洞结构的经济性对比

序号	施工内容	钢筋混凝土盖板涵造价 / 元	钢波纹管涵造价 / 元	变更增减金额 / 元
1	结构物台背回填	459877	242868	-217009
2	挖土方	14130	0	-14130
3	C20 片石混凝土	209950	0	-209950
4	C25 混凝土	32658	0	-32658
5	C20 片石混凝土	359957	0	-359957
6	C25 混凝土	428	0	-428
7	C30 混凝土	58198	0	-58198
8	C20 片石混凝土	44345	0	-44345
9	光圆钢筋 (HPB300)	23994	0	-23994
10	带肋钢筋 (HRB335、HRB400)	58156	0	-58156
11	通道碎石土垫层	6233	0	-6233
12	通道面层 C25 混凝土	45416	0	-45416
13	钢波纹管涵 (新增)	0	675754	675754
	合计 / 元	1313342	675754	-394720

由表 2 可知，本工程以钢波纹管涵替代钢筋混凝土盖板涵，共计节约工程造价 394720 元，平均每单位节约 10121 元 /m。如果涵洞通道长度增加，每米涵洞公摊的人工、机械费及间接费将减少，则每米钢波纹管涵的造价将更低，与同等长度的钢筋混凝土涵相比，工程造价费用相差更大，体现出更优的经济性。

4.3 力学性能对比

钢筋混凝土涵为刚性涵洞，其通过结构的刚性抵抗外部压力，涵洞承受的主要是垂直方向荷载，因此刚性涵洞的

顶底板的受力远远大于涵洞侧面受力；而钢波纹管涵为柔性结构，首先管体的圆形截面可以将竖向荷载转化成环向应力，其次圆形截面受到竖向挤压变形导致左右两侧抵抗土压力增强，进而引起应力重新分配，钢波纹管涵的挠性使其外部压力均匀作用在整个圆周上，与同等截面的钢筋混凝土刚性涵洞相比，这种薄管柔性结构可以抵抗更大的荷载。

4.4 适用性对比

①钢波纹管涵洞整体是一个波纹伸缩节，无须设置沉降变形缝，能够适应地基的沉降和变形而不破坏，因此适用于多年冻土、膨胀土、软土、湿陷性黄土等不良岩土地基，也适用于地震多发地区；钢筋混凝土涵是刚性结构，需间隔设置沉降缝和变形缝，而这些缝会给结构主体造成一定的病害，如漏水、错台等。②钢波纹管后期如果出现病害问题也很好解决。对于管壁腐蚀或变薄的情况，可采取焊接钢筋网加喷射混凝土的方法进行锚固；管涵截面通行影响不大的情况下也可再内置一直径稍小波纹管，新旧波纹管间填充水泥砂浆。③大孔径钢波纹管涵所使用的波纹钢管生产容易实现标准化，产品生产质量容易控制，且安装容易，施工现场施工难度低。④对于软土地基和膨胀土地基，仍然可以选用大孔径钢波纹管涵，其适用范围广泛，对地基要求低。在不良地质条件中，采用钢波纹管涵能提高涵洞通道抗变形性能，解决由于基础沉降造成的错台，保证行车安全及舒适性。与传统的涵洞施工相比，钢波纹管涵施工法对周边环境影响小，污染小，施工噪声小。大孔径钢波纹管涵施工工艺简单，施工速度快，可以节省工期。

5 结语

近年来，大孔径钢波纹管涵被广泛应用在高速公路施工中，其应用优势也不断显现出来。大孔径钢波纹管涵的质量控制必须贯穿于整个施工过程中，并制定专项施工方案。在施工中进行动态施工管理，可以有效缩短工期，提高施工效率，保证大孔径波纹管涵施工质量。通过进行经济效益分析，说明钢波纹管涵较钢筋混凝土类涵洞更加经济，具有较高的推广价值。

参考文献

- [1] 冯忠居,乌延玲,贾彦武,等.钢波纹管涵洞受力与变形特性模拟试验研究[J].岩土工程学报,2013,35(1):6.
- [2] 李祝龙,刘百来,李自武.钢波纹管涵洞力学性能现场试验研究[J].公路交通科技,2006,23(3):79-82.
- [3] 李祝龙.公路钢波纹管涵洞设计与施工技术[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [4] 张毅.公路钢波纹管涵洞横截面变形及预拱设置研究[D].重庆:重庆交通大学,2015.
- [5] 任希庆.钢波纹管在公路工程中的应用[J].黑龙江交通科技,2015,15(3):127-128.
- [6] 李祝龙.公路钢波纹管涵洞设计与施工技术研究[D].西安:长安大学,2006.