

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.06.027

8 m 新型组合式盖板涵的设计与施工

罗吉庆, 曾田胜

(广东高恩高速公路有限公司, 广东 广州 510600)

摘要:为解决山区高速公路山坳村道双向通行问题,同时达到减少桥跨节约造价的目的,高恩高速公路某处跨越一处山坳,提出了一种8 m跨径的超高性能混凝土(UHPC)-普通混凝土组合式盖板涵的新方案,该文详细介绍了该组合式涵洞的设计方案和施工要点,可为山区公路通道涵的设置提供参考。

关键词:山区高速公路; 超高性能混凝土; 组合式盖板涵; 设计方案; 施工要点

1 工程背景

高恩高速公路起于广东省佛山市高明区更合镇,路线在里程K18+110(中心桩号)处跨越一处山坳,该处有一条宽约5 m村道,地方要求该处必须满足车辆双向通行的要求,而普通钢筋混凝土盖板涵跨径一般不能超过6 m,设置普通涵洞不能满足双向通行要求。因此,原设计在该处设置有1×25 m的单跨简支梁桥。考虑到超高性能混凝土能提供较高的抗拉性能,故提出了一种8 m跨径的超高性能混凝土(UHPC)-普通混凝土组合式盖板涵,与桥梁跨越形式相比,经济优势明显,经过研究,将原设计25 m的简支梁桥变更为新型1-8×4.5 m组合式盖板涵。

高恩高速公路为双向六车道,设计速度为100/120 km/h,汽车荷载为公路-I级,设计洪水频率涵洞为1/100,地震动峰值加速度为0.05g,K18+110位置平均填土高度为1.3~1.7 m。

2 方案介绍

8 m超高性能混凝土(UHPC)-普通混凝土新型组合式盖板涵(图1),基础与墙身和普通涵洞一样,主要的区别是上部盖板,新型盖板充分利用了超高性能混凝土(UHPC)优异的抗拉性能,在盖板底部设置倒“π”形超高性能混凝土(UHPC)承受拉力,上部浇筑普通混凝土,提高了涵洞的跨越能力。

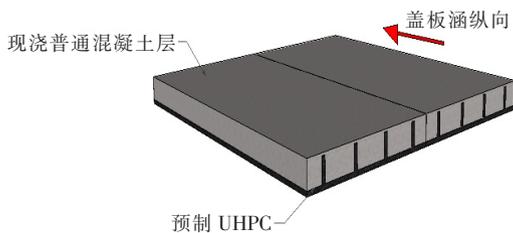


图1 盖板涵截面示意图

2.1 结构设计

(1) 基础、墙身与八字口设计

该新型组合式盖板基础、墙身及八字口与普通混凝土盖板涵一样(图2、3),无特殊要求。墙身每隔4~6 m设置一道沉降缝,墙身无需配筋;基础地基承载力达到150 MPa即可,配筋方式与普通混凝土盖板涵相同。

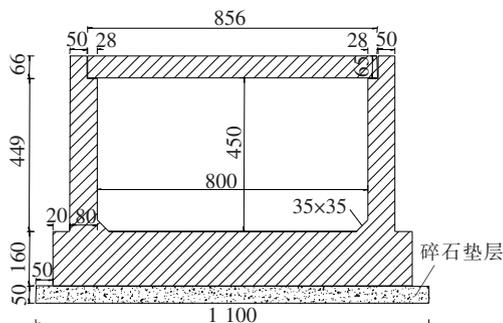


图2 盖板涵断面图(单位:cm)

(2) 盖板设计

超高性能混凝土(UHPC)-普通混凝土新型组合式盖板涵与普通混凝土盖板涵主要区别在盖板设计,即盖板由超高性能混凝土与普通混凝土两个结构层组

收稿日期:2020-03-12

基金项目:广东省交通运输厅科技项目(编号:科技2016-02-022)

作者简介:罗吉庆,男,硕士,工程师。

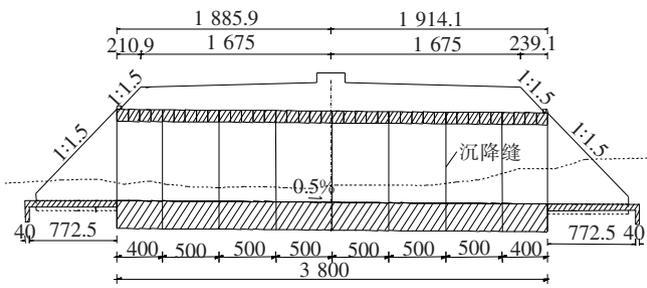


图3 盖板涵立面图(单位:cm)

成,超高性能混凝土(配普通钢筋)设置成带肋的倒“π”或者倒“T”形式位于盖板底部作为主要受拉构件,其上浇筑 C40 普通混凝土,充分利用超高性能混凝土(UHPC)优异的抗拉性能来提高涵洞的跨越能力。预制超高性能混凝土(UHPC)板,底板厚度 10 cm,肋板高 50 cm、厚 10 cm,倒“π”形板宽 1.99 m,倒“T”形板宽 1 m。为与墙身沉降缝相适应,将预制 UHPC 板分为 A、B 两种类型,A 形盖板(图 4)由 2 片“π”形板和上浇筑 C40 普通混凝土组成;B 形盖板(图 5)由 2 片“π”形板与一片倒“T”形板(放置中间)及其上浇筑 C40 普通混凝土组成,盖板长度为 8.56 m。为解决普通混凝土底部拉应力超限问题,在 UHPC 预制板底板配置钢筋网片(图 6 中①与②筋);为解决超高性能混凝土与普通混凝土界面抗剪问题,设置抗剪钢筋(图 6 中 4 筋,纵、横向间距 30 cm,呈梅花形布置);为提高组合式盖板的整体性,盖板顶部设置钢筋网片并与预制 UHPC 板预埋钢筋连接(图 7 中⑤、⑥、⑦筋)。

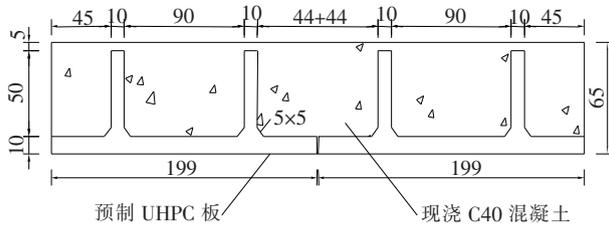


图4 A形盖板立面图(单位:cm)

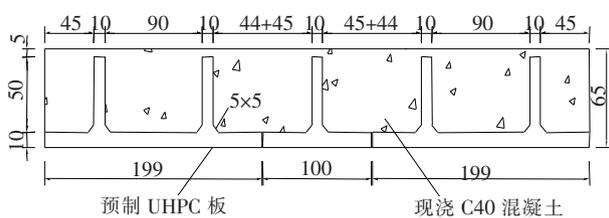
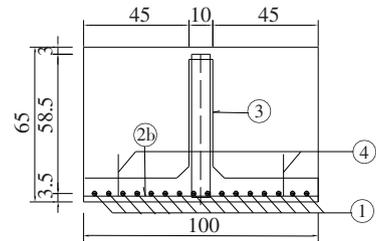


图5 B形盖板立面图(单位:cm)

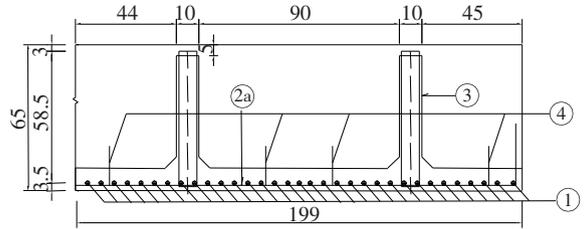
2.2 结构验算

利用 Midas/Civil 建立 UHPC 和 C35 混凝土的联合截面,建立简支梁模型,计算跨径 8.3 m,板宽 2.0

m,共 17 个节点,16 个单元,填土按 80 kN/m,活载按 25 kN/m 施加均布荷载。



(a) 倒 T 形(1 mUHPC 板)



(b) 倒 π 形(1.99 mUHPC 板)

图6 UHPC 预制盖板配筋图(单位:cm)

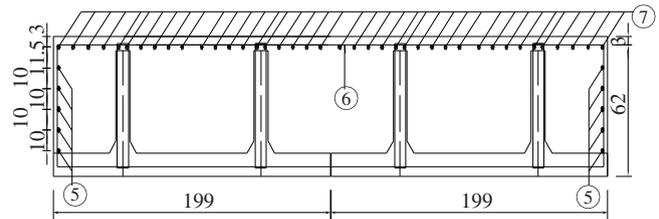


图7 盖板普通混凝土配筋图(单位:cm)

2.2.1 设计荷载

(1) 永久作用

结构重力:

一期恒载:按构件实际截面计入。

C35 混凝土重度 $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;UHPC 重度 $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$ 。

二期恒载:包括盖板涵上部填土,按 80 kN/m 的均布荷载施加(2 m 板宽)。

(2) 基本可变作用

汽车荷载:按局部加载施加,因为 2 m 填土作用轮载按 30° 扩散至组合结构上部, $q = 25 \text{ kN/m}$ 。

2.2.2 作用组合

(1) 承载能力极限状态

基本组合:组合 1: $1.2 \times$ 结构重力 $+1.2 \times$ 填土荷载 $+1.4 \times$ 汽车(含汽车冲击力)

(2) 正常使用极限状态

① 准永久组合

组合 2: 1.0 结构重力 $+1.0 \times$ 填土荷载 $+0.4 \times$

活载

② 频遇组合

组合 3: $1.0 \times$ 结构重力 $+ 1.0 \times$ 填土荷载 $+ 0.7 \times$

活载

2.2.3 计算结果

验算结果见表 1。

表 1 组合式盖板结构验算数据统计表

| 验算项目 | | 计算值 | 允许值 | 是否满足要求 |
|----------------|------------|---|---|--------|
| 持久状况承载能力极限状态验算 | 正截面抗弯承载能力 | 1 443.5 kN·m(组合 1) | 根据法国 UHPC 设计规程计算 UHPC 梁的抗弯承载力为 2 280 kN·m | 满足 |
| | 斜截面抗剪承载能力 | 695.6 kN(组合 1) | 根据法国 UHPC 规程规定计算 UHPC 的抗剪承载力为 947.16 kN | 满足 |
| 持久状况正常使用极限状态验算 | 结构正截面抗裂 | UHPC 最大裂缝宽度 0.024 8 mm, 普通混凝土最大裂缝宽度 0.07 mm | 根据法国 UHPC 规程规定 UHPC 允许裂缝宽度 0.05 mm, JTG D62—2004《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》允许裂缝宽度 0.2 mm | 满足 |
| | 挠度验算 | 8.31 mm(该组合结构按 C80 强度等效取 $\eta=1.35$ 、组合 3) | 13.3 mm | 满足 |
| | 持久状况构件应力验算 | UHPC 下缘弯拉应力最大值为 10.8 MPa(组合 3) | UHPC150 抗弯拉强度设计值 17.2 MPa | 满足 |

3 施工技术

3.1 施工流程

超高性能混凝土(UHPC)—普通混凝土组合式盖板涵基础与墙身施工与普通涵洞无区别,不再描述,这里重点介绍盖板的施工流程,UHPC 盖板先在工厂预制养生完成,再运输到现场进行吊装。主要施工流程:安装 UHPC 预制盖板→绑扎盖板顶部钢筋→每隔 1 m 现浇 C40 普通混凝土至 UHPC 肋板上表面→第二次浇筑 C40 混凝土至 65 cm 全高→盖板上回填土和路面铺装→成桥状态。具体流程见图 8。

3.2 关键质量控制

组合式盖板的质量控制关键是 UHPC 预制盖板的质量控制,关键控制要点如下:

(1) 超高性能混凝土(UHPC)拌制

超高性能混凝土(UHPC)需严格按照配合比下料,并严格按照工序下料,控制好 UHPC 拌和时间,塌落度拓展度控制在 50~55 cm,保证超高性能混凝土(UHPC)的流动性。下料搅拌工序:水泥、核心料、石英砂同时加入搅拌缸进行干混搅拌→边搅拌边将钢纤维均匀筛入搅拌缸进行搅拌直到搅拌均匀→然后加水搅拌成砂浆。

(2) 超高性能混凝土(UHPC)浇筑

UHPC 浇筑使用料斗,每块板分两个浇筑点集中下料浇筑,拌和料下落速度不能太快,采用插入式振动器振捣,每个点振动时间以 3~4 s 为宜。

(3) 超高性能混凝土(UHPC)养生

为保证超高性能混凝土(UHPC)性能达到预期效果,采用蒸气高温养生方式,养护温度恒定为 80~90 °C 时,养护时间不少于 72 h;养护温度恒定为 90 °C 以上时,养护时间不少于 48 h。养护过程蒸气养护棚内相对湿度不低于 95%。为防止养护过程中开裂,养护升温阶段,升温速度不大于 12 °C/h;降温阶段,降温速度不大于 15 °C/h。

4 结语

超高性能混凝土(UHPC)—普通混凝土新型组合式盖板涵利用 UHPC 的高抗拉强度(弯拉强度、轴拉强度),将其设置在盖板涵受拉区,受压区则完全采用盖板涵常用的 C40 普通混凝土,结构两种不同材料各司其职,达到了提高涵洞的跨越能力(普通混凝土盖板涵跨径一般不超过 6 m),通过设计可使其跨径达到 8 m 及以上,与桥梁跨越形式相比,经济性优势明显。该文详细介绍了新型组合式盖板涵的设计与施工要点,可为山区公路通道涵的设置提供参考。

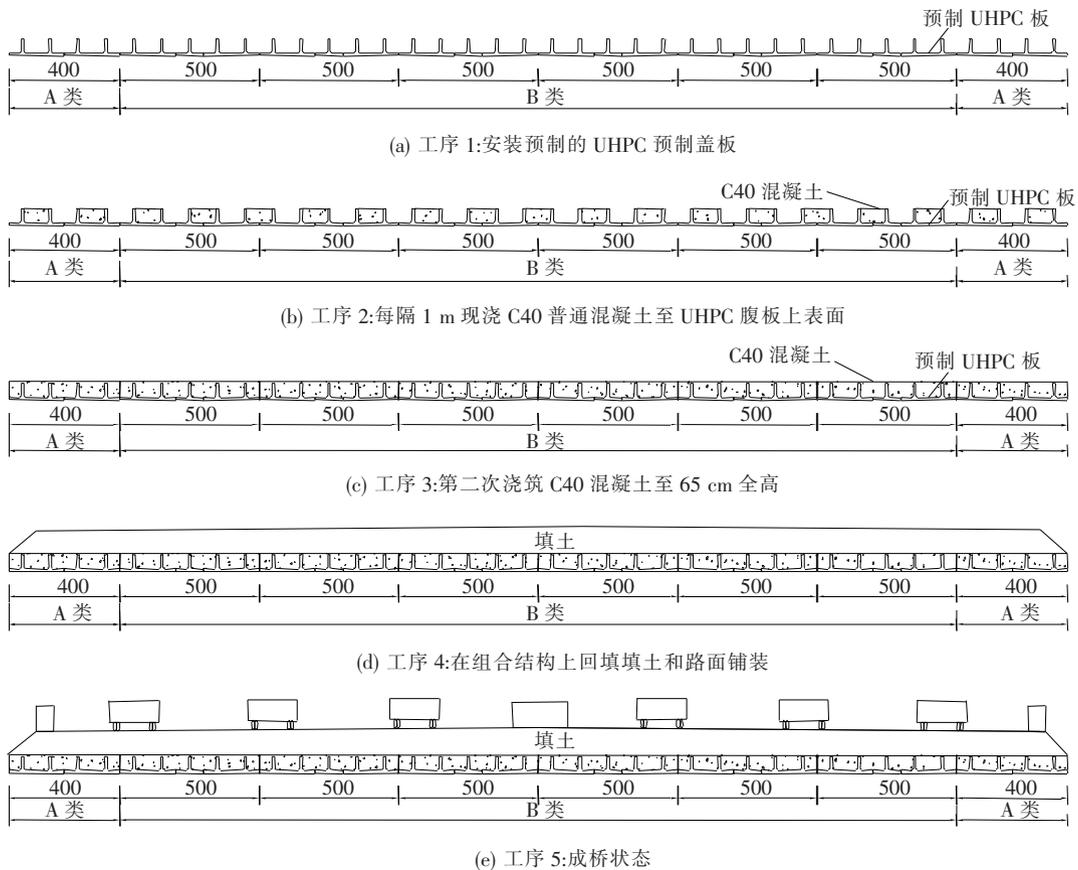


图 8 组合式盖板涵盖板施工流程(单位:cm)

参考文献:

- [1] JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [2] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].
- [3] 广东省交通规划设计院股份有限公司. 广东省交通规划设计院股份有限公司设计后服务函(ZT—S2—008)[Z],2017.
- [4] GB/T 31387—2015 活性粉末混凝土[S].
- [5] GDJTG/T A01—2015 超高性能轻型组合桥面结构技术规程[S].
- [6] FHWA—HIF—13—032 Design Guide for Precast UHPC Waffle Deck Panel System,Including Connections[S].
- [7] Behzad Nematolahi, Yen Lei Voo. Design and Construction of a Precast Ultra—High Performance Concrete Cantilever Retaining Wall[C]. First International Interactive Symposium on UHPC,2016.
- [8] Gowripalan N, R I Gilbert. Design Guidelines for Ductal Prestressed Concrete Beams. School of Civil and Environmental Engineering[R]. The University of New South Wales, May 2000.
- [9] 张阳,陈贝. 预制 NC 板现浇 UHPC 接缝的抗弯性能有限元分析研究[J]. 公路工程,2018(6).
- [10] 法国 UHPC 设计规程 AFGC 2013 Ultra High Performance Fibre—Reinforced Concretes[S].
- [11] 张哲,邵旭东,李文光,等. 超高性能混凝土轴拉性能试验[J]. 中国公路学报,2015(8).
- [12] 陈宝春,黄卿维,王远洋,等. 第一座超高性能混凝土(UHPC)拱桥的设计与施工[J]. 中外公路,2016(1).
- [13] 黄卿维,沈秀将,陈宝春,等. 超高性能混凝土桥梁研究与应用[J]. 中外公路,2016(2).