

文章编号:1674-2869(2014)09-0016-07

高填土盖板涵压裂加固设计

王恭兴

中南勘测设计研究院有限公司,湖南长沙 410014

摘要:在山区公路施工过程中或建成后,高填土盖板涵压裂情况时有发生.针对盖板涵压裂问题,通过工程实例简要介绍水电站库区某汽车便道高填路堤出现盖板涵洞压裂的加固设计方案,经过方案比选、设计计算.要点解析和设计参数选择建立了箱涵平面杆系模型,对不同荷载组合下的受力分析进行结构和配筋验算,提出在不影响涵洞过水断面的情况下,采用内嵌整体式箱涵加固,加固效果好,结构安全可靠,对正常运营的各等级公路旧涵加固不中断交通具有指导意义.

关键词:高填路堤;盖板涵压裂;加固设计;施工

中图分类号:U442.

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2014.09.004

0 引言

盖板涵因施工工艺简单,维修容易,相对于箱涵造价较低等诸多优点,在全国范围内得到了普遍应用.随着山区等级公路和乡乡通公路的大量修建,因填土过高导致盖板涵出现压裂破坏的情况时有发生,根据调查资料表明,运营中的盖板涵约63%出现裂缝,盖板涵填土愈高,涵洞凸出地面的高度愈大,跨度愈大,则开裂的比例越大.针对盖板涵开裂问题,国内外主要从涵洞土压力计算理论、防止涵洞开裂措施、涵洞减载措施和加固措施4个方面进行研究^[1-8].通过选取适当的土压力计算方法,提高涵洞施工质量和结构强度,改善涵洞与两侧填土刚度之间对比和开裂破坏后的加固措施来解决涵洞开裂问题.由于山区特殊的地形及地质环境,高填土涵洞开裂后及时采取安全、经济、有效的加固措施能直接影响山区公路建设的经济效益和社会效益.因此,涵洞压裂加固设计具有一定的经济价值与实际意义.通过对水电站库区某汽车便道三道盖板涵因涵顶实际覆土较高而出现不同程度的涵台变形、开裂问题,就加固设计方案和施工注意事项等作简要介绍.

1 加固设计方案

水电站库区某汽车便道在路基施工作业已完成,进入路面施工阶段时,在汛期前例行检查发现有三道高填土路堤盖板涵出现墙体开裂和变形,

浆砌石墙身镶面石严重剥落等问题.经现场勘察和设计复核,造成盖板涵发生质量问题的根本原因因为施工方实际施工时套用涵洞标准图纸不正确.三道盖板涵均为填方路堤涵洞,施工完成后三道盖板涵实际填土高度分别为13.5 m、12.9 m和11.5 m.施工方在施工时错误套用填土高度为10 m的盖板涵标准图,实际填土高度远远大于设计填土高度,填土荷载过大,是导致盖板涵涵台开裂和变形的最根本原因.盖板涵存在浆砌块石石材质量不满足规范要求,部分盖板浇筑质量较差,存在蜂窝麻面和钢筋露筋等施工质量问题是导致涵台开裂和变形的直接原因.为此对三道盖板涵进行专项处理设计.

1.1 设计方案比选

比选方案1:重新挖除路基,修复破坏墙体,根据实际填土高度加大涵洞结构尺寸.道路路面目前还未铺筑,采取重新开挖路基至涵顶,吊开涵洞盖板,根据实际填土高度加大涵洞结构尺寸,对钢筋混凝土盖板重新配筋后现浇或预制吊装,最后填土.优点:**a.**结构简单,思路明确;**b.**施工难度低.缺点:**a.**重新开挖影响整体形象和施工进度;**b.**造价成本较高;**c.**超过10 m高填土盖板涵对结构施工质量要求较高,易存在施工质量隐患,影响结构安全可靠.

比选方案2:重新挖除路基,拆除原有盖板涵,根据实际填土高度采用钢筋混凝土箱涵代替原有盖板涵.优点:**a.**结构简单,思路明确;**b.**施工难度

收稿日期:2014-06-16

作者简介:王恭兴(1981-),男,湖南桂阳人,工程师,硕士.研究方向:公路设计及岩土工程.

较低;**c.**针对高填土涵洞,钢筋混凝土箱涵结构安全可靠。缺点:**a.**重新开挖影响整体形象和施工进度;**b.**造价成本高,拆除原有盖板涵造成浪费。

比选方案3:锚杆加钢筋混凝土面板加固^[2]。采用该方法可较大幅度的提高构件的承载能力和抗弯性能,增强其延性,既阻止了原结构继续变形和破坏,又充分发挥原结构的作用,达到共同承受外荷载。具体方案为:混凝土面板强度等级C30,锚杆20@50 cm@50 cm梅花形布置,面板厚度30 cm,按最小配筋率配筋,底部铺筑厚10 cm的C15片石混凝土增强边墙间的支持。优点:**a.**思路明确;**b.**造价成本较低;**c.**对施工整体形象和施工进度影响不大。缺点:**a.**影响涵洞过水面积,受涵洞过水面积限制;**b.**加固后结构安全性有待考验;**c.**施工复杂。

比选方案4:内嵌整体式箱涵加固。在盖板涵内嵌整体式箱涵,增加盖板涵的整体刚度,减小结构的内力和变形,阻止裂缝的继续扩展,充分利用原有结构,保证新老结构共同受力。优点:**a.**思路明确;**b.**造价成本较低;**c.**加固效果好,结构安全可靠;**d.**对施工整体形象和施工进度影响不大。缺

点:**a.**影响涵洞过水面积,受涵洞过水面积限制;**b.**施工稍复杂。

方案1和方案2需重新挖除路基,影响整体形象和施工进度,同时造价较高;方案3虽然对施工整体形象和施工进度影响不大,但加固后结构安全性有待考验;方案4改变了涵洞的结构体系,充分利用了原有结构,较为经济合理。经过经济核算及结构计算分析,综合考虑现场实际情况,决定采用方案4整体式箱涵加固方式。

1.2 加固设计方案

对于2道净宽×净高为2.1 m×2.0 m的盖板涵内嵌箱涵为1.5 m(净跨)×1.4 m(净高),对于1道净宽×净高为2.1 m×2.5 m的盖板涵内嵌箱涵为1.5 m(净跨)×1.9 m(净高),两种箱涵的材料、配筋及其他尺寸相同。截面尺寸:侧墙、底板与顶板厚30 cm,顶倒角与底倒角20 cm×20 cm(图1)。主要材料:箱涵采用C30混凝土,箱涵涵身配筋为HRB400钢筋,主筋采用20@150。为了加强与原结构的结合,对原涵盖板做梅花型植筋。同时对于盖板部分外露钢筋进行除锈处理,对侧墙及盖板裂缝采用C40号混凝土、环氧树脂砂浆填补^[3]。

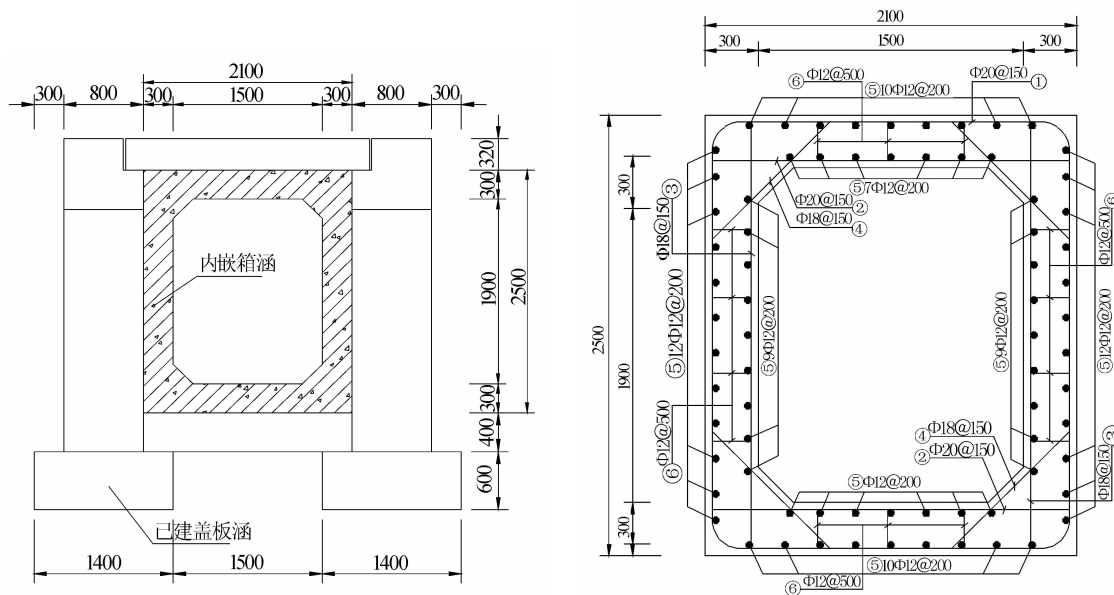


图1 箱涵内嵌加固横断面图和配筋图(单位:mm)

Fig.1 Culvert cross section and reinforcement figure(Unit:mm)

1.3 设计计算要点和参数

箱涵结构计算针对1.5 m(净跨)×1.9 m(净高)箱涵进行验算,箱涵填土高度选用三处涵洞涵顶最大覆土高度13.5 m。

a.箱涵按钢筋混凝土框架梁构件设计,并对侧板按偏心柱构件进行核算。

b.根据本箱涵特点,利用有限元软件,建立平

面杆系模型,对箱涵进行整体计算。

c.冲击系数:不计冲击效应。

根据箱涵受力的特点,结合实际的边界条件,利用Midas软件,建立平面杆系模型,对单位长度箱涵进行整体受力分析,并对箱涵截面抗弯、抗剪、裂缝宽度进行验算。箱涵采用梁单元模拟,具体模型如图2。考虑土的弹性支撑作用,对箱涵底

板采用弹性支撑模拟,并限制箱涵水平位移. 根据《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)第 P. 0. 2 条,地基竖向抗力系数为 $C_0 = m_0 \times h$ (当 $h < 10$ m 时,取 $C_0 = 10 \times m_0$),其中 m_0 为地基竖向抗力系数的比例系数,根据地基土分类、状态查表 P. 0. 2—1,取 $m_0 = 50\ 000\ \text{kN/m}^4$,图 2 中底板节点竖向弹性系数按照单元长度依次输入数据如表 1(按从左至右的顺序).

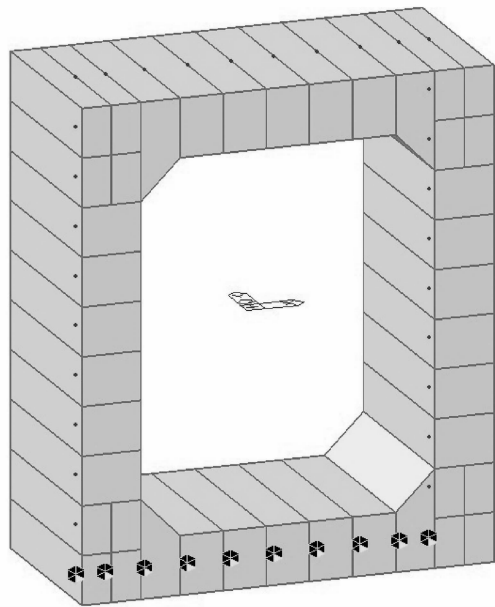


图 2 箱涵有限元计算模型

Fig. 2 Culver finite element model

表 1 节点地基竖向抗力系数

Table1 Noder vertical resistance coefficient of foundation

节点	1	2
竖向抗力系数 C_0	180 000	140 000
节点	3	4
竖向抗力系数 C_0	168 000	176 000
节点	5	6
竖向抗力系数 C_0	176 000	176 000
节点	7	8
竖向抗力系数 C_0	176 000	176 000
节点	9	10
竖向抗力系数 C_0	140 000	180 000

荷载施加^[4-5]:

箱涵覆土厚度:13.5 m;土的内摩擦角:30°;
粘聚力 C :0;填土容重:18 kN/m³

- a. 自重:考虑 1.05 的增大系数
- b. 竖向土压力: $q_v = K\gamma H = 243\ \text{kN/m}^2$
- c. 水平静土侧压力:

顶板处: $q_{H1} = (1 - \sin\Phi)\gamma H = 121.5\ \text{kN/m}^2$

底板处: $q_{H2} = (1 - \sin\Phi)\gamma(H + h) = 144\ \text{kN/m}^2$

d. 汽车荷载:

根据公路涵洞设计细则(JTG/T D65—04—2007)第 9.2.3 条规定,计算涵洞顶上车辆荷载引起的竖向土压力时,车轮按其着地面积的边缘向下作 30°角分布.当几个车轮的压力扩散线相重叠时,扩散面积以最外边的扩散线为准.

汽车后轮着地宽度 0.6 m,一个汽车后轮横向扩散宽度为:

$0.6/2 + H\tan 30^\circ = 8.09\ \text{m} > 1.8/2$

故横向分布宽度为(两车道): $b = (8.09 \times 2 + 1.3 + 1.8 \times 2)/4 = 5.27\ \text{m}$

汽车后轮着地长度 0.2 m,一个汽车后轮纵向扩散宽度为:

$0.2/2 + H\tan 30^\circ = 7.89\ \text{m} > 7.0/2 > 1.4/2$

故纵向分布: $a = (1.4 + 7.0 \times 2)/2 = 7.7\ \text{m}$

车辆荷载等效垂直压力: $q_{\text{车}} = \sum G/(a \times b) = 70/(5.27 \times 7.7) = 1.73\ \text{kN/m}^2$;

车辆荷载等效水平压力: $e_{\text{车}} = q_{\text{车}} \tan^2(45^\circ - \varphi/2) = 0.58\ \text{kN/m}^2$.

1.4 结构计算

a. 荷载组合.

荷载组合见表 2.

表 2 荷载组合表

Table 2 Load combination

状态	描述
承载能力 极限状态	基本组合: 1.2 恒载 + 1.2 竖向土压力 + 1.4 水平土压力
承载能力 极限状态	基本组合: 1.2 恒载 + 1.2 竖向土压力 + 1.4 水平土压力 + 1.4 可变荷载
承载能力 极限状态	基本组合: 1.0 恒载 + 1.0 竖向土压力 + 1.0 水平土压力
承载能力 极限状态	基本组合: 1.0 恒载 + 1.0 竖向土压力 + 1.0 水平土压力 + 1.4 可变荷载
正常使用 状态	基本组合: 1.0 恒载 + 1.0 竖向土压力 + 1.0 水平土压力 + 0.7 可变荷载
正常使用 状态	基本组合: 1.0 恒载 + 1.0 竖向土压力 + 1.0 水平土压力 + 0.4 可变荷载

b. 箱涵受力分析.

在最不利基本组合、短期效应组合和长期效应组合作用下,箱涵弯矩如图 3、图 4、图 5 所示.

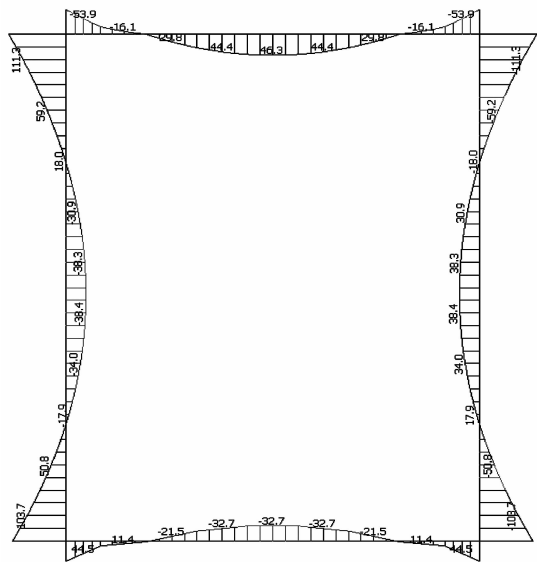


图 3 箱涵弯矩图(基本组合)

Fig. 3 Culvert bending moment diagram(fundamental combination)

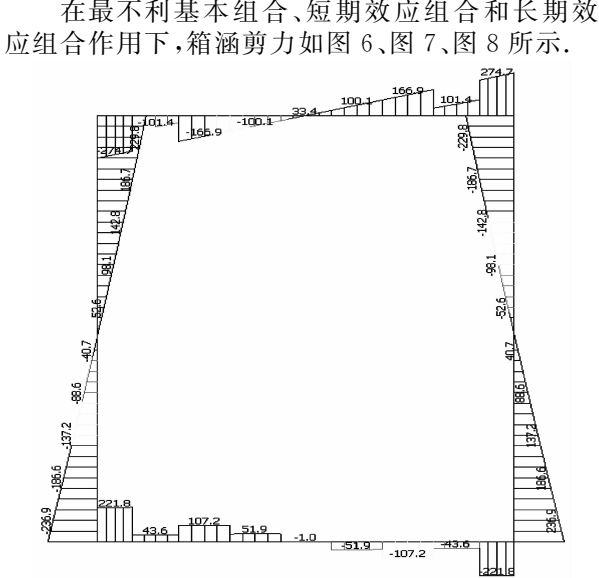


图 6 箱涵剪力图(基本组合)

Fig. 6 Culvert shear force diagram (fundamental combination)

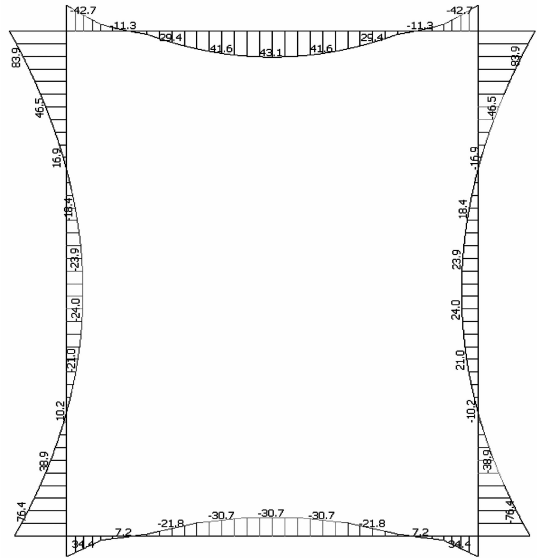


图 4 箱涵弯矩图(短期效应组合)

Fig. 4 Culvert bending moment diagram (combination for short-term action effects)

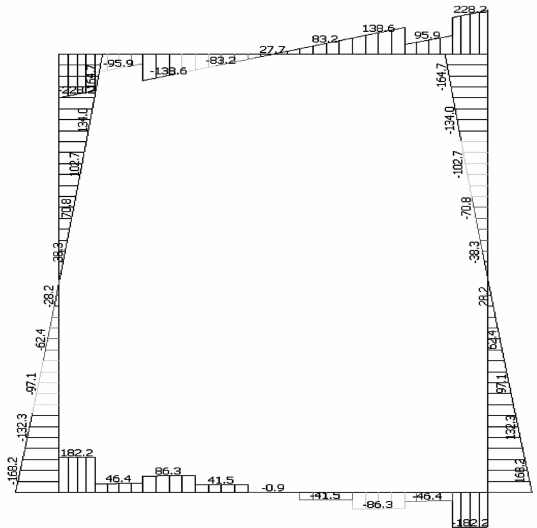


图 7 箱涵剪力图(短期效应组合)

Fig. 7 Culvert shear force diagram (combination for short-term action effects)

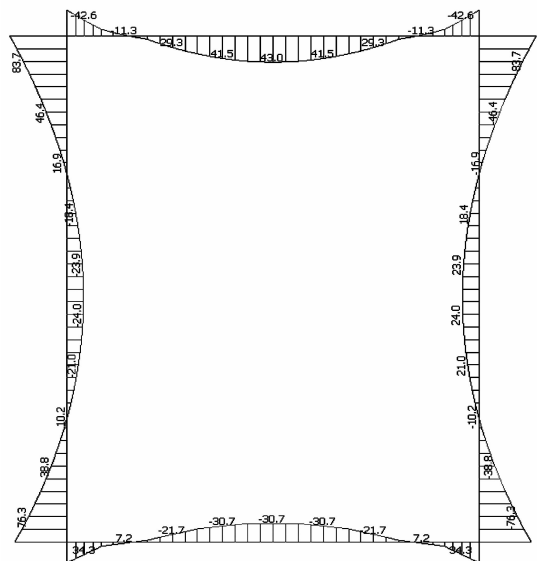


图 5 箱涵弯矩图(长期效应组合)

Fig. 5 Culvert bending moment diagram (combination for long-term action effects)

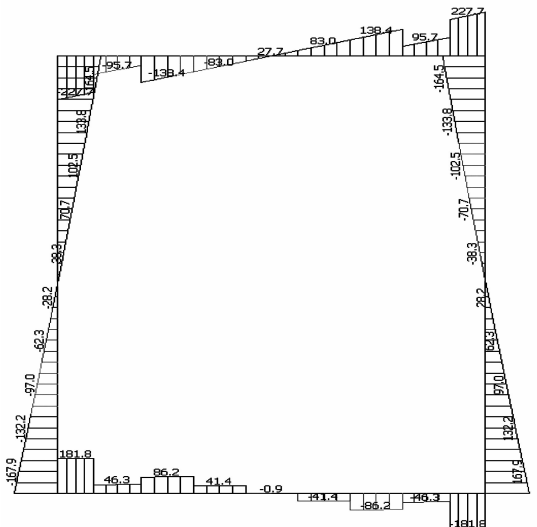


图 8 箱涵剪力图(长期效应组合)

Fig. 8 Culvert shear force diagram (combination for long-term action effects)

在最不利基本组合、短期效应组合和长期效组合作用下,箱涵剪力如图 6、图 7、图 8 所示。

在最不利基本组合、短期效应组合和长期效应组合作用下,箱涵轴力如图 9、图 10、图 11 所示。

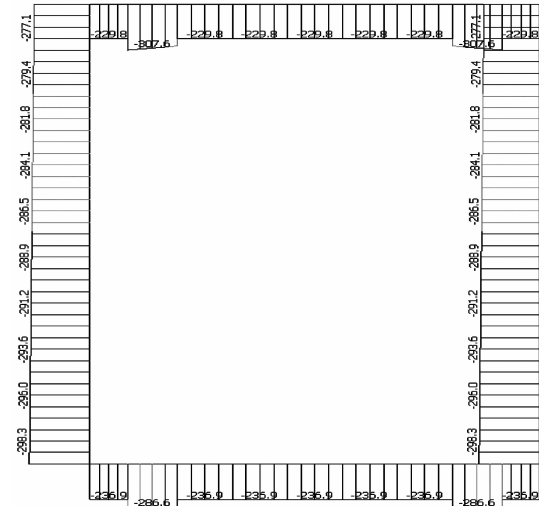


图 9 箱涵轴力图(基本组合)

Fig. 9 Culvert axial force diagram (fundamental combination)

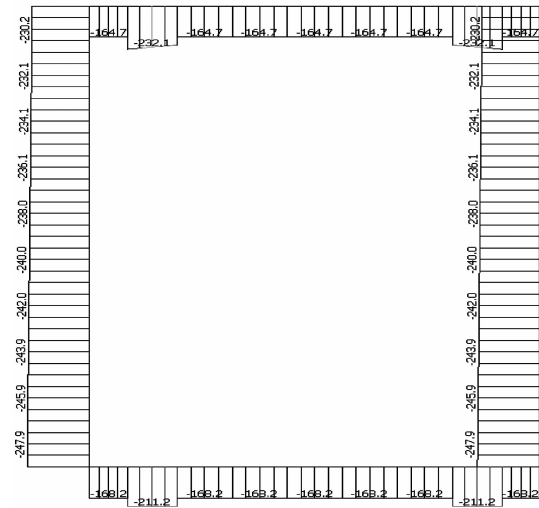


图 10 箱涵轴力图(短期效应组合)

Fig. 10 Culvert axial force diagram (combination for short-term action effects)

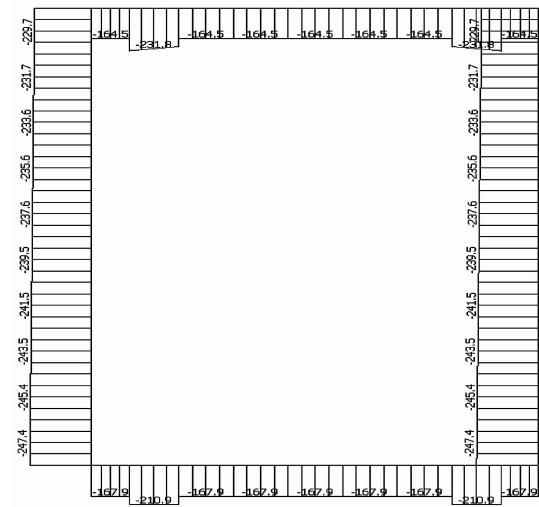


图 11 箱涵轴力图(长期效应组合)

Fig. 11 Culvert axial force diagram (combination for long-term action effects)

在基本组合、短期效应组合、长期效应组合作用下,箱涵弯矩、剪力、轴力汇总如表 3。

表 3 箱涵内力表

Table 3 Culvert internal forces

项目	最大正弯矩/ kN · m	最大负弯矩/ kN · m	最大剪力/ kN	最大轴力/ kN
基本组合	46.3	-111.3	274.7	-298.3
短期效应组合	43.1	-83.9	228.2	-247.9
长期效应组合	43.0	-83.7	227.7	-247.4

c. 结果分析。

在基本组合作用下:顶板跨中 20 号单元出现最大正弯矩值,经验算

$$\gamma M_u = 0.9 \times 46.3 = 41.7 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_u = f_{sd} A_s (h_0 - a_s') = 330.00 \times 2199.40 \times (250.00 - 50.00) \times 10^{-6} = 145.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

正截面抗弯验算满足要求^[6]。

两侧侧板顶部 20、29 号节点处最大负弯矩值,经验算

$$\gamma M_u = 0.9 \times 111.3 = 100.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_u = f_{sd} b x (h_0 - x/2) + f_{sd} A_s (h_0 - a_s') = 13.80 \times 1000.00 \times 105.19 \times (350.00 - 105.19/2) + 330.00 \times 0.00 \times (350.00 - 0.00) = 431.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

正截面抗弯验算满足要求。

箱涵正截面抗弯承载力所需主筋量估算如表 4,主筋采用 20@150,按双筋矩形截面进行配筋。

表 4 正截面抗弯主筋用量估算

Table 4 Flexural reinforcement amount estimation

项目	位置	顶板		侧板		底板	
		端点	跨中	上端点	下端点	跨中	端点
主筋估算	外侧	425.8	0	1968.0	1864.4	0	0
面积/mm ²	内侧	0	1056.3	0	0	972.8	895.5

2 加固施工要点

a. 施工前对原涵外观和破损部位做全面检查,并做好标记。

b. 分段加固施工,第一段选取道路中心线对应的涵节,分段长度根据原涵长度和沉降缝进行分段,不宜过长。

c. 为确保施工安全,施工前做好临近段墙身

的支撑,施工中采用枕木加钢管支撑。

d. 施工工序:墙身凿毛、清洗→绑扎箱涵底板及侧墙钢筋→浇注底板混凝土→立侧模→浇注侧墙混凝土→拆模(混凝土80%强度)。

e. 浇注靠近盖板侧墙时,应预留50 cm与顶板同期浇注。

f. 对原顶面盖板植筋时,钻孔应避开原板受力钢筋及盖板绞缝,植筋与受力主筋点焊形成整体。

g. 两端对称施工,直至完成整个涵洞加固。

3 结 语

高填土盖板涵因上覆填土荷载较大,应重视盖板涵施工质量,特别是因地基承载力不足导致沉降不均匀引起的压裂及由于墙台强度不满足规范要求等施工质量问题引起的盖板涵压裂变形。在不影响涵洞过水断面的情况下,采用内嵌整体式箱涵的加固方法,加固效果好,结构安全可靠,对正常运营的各等级公路旧涵加固不中断交通具有明显意义。

致 谢

感谢中南勘测设计研究院移民工程处黄列夫、昌盛、刘小明在论文撰写过程中给予的支持与帮助。

参考文献:

- [1] 董佳竹. 高填方涵洞地基处理及加筋减载研究[D]. 华中科技大学, 2012.
DONG Jia-zhu. Study on ground treatment and load-reduction by reinforcement for culverts beneath ultrahigh embankment [D]. Huazhong University of Science & Technology, 2012. (in Chinese)
- [2] 陆贤. 钢结构衬砌法病害盖板涵加固[J]. 上海铁道科技, 2007(4): 69-70.
LU Xian. Steel lining cover culvert reinforcement method of disease [J]. Shanghai Railway Science & Technology, 2007(4): 69-70. (in Chinese)
- [3] 孙忠玉. 高填土涵洞加固实例[J]. 交通科技, 2004(2): 19-21.
SUN Zhong-yu. High fill culvert reinforcement [J]. Transportation Science & Technology, 2004(2): 19-21. (in Chinese)
- [4] 林鸿洸. 大秦铁路扩能工程盖板涵加固方案比选研究[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(7): 1694-1699.
LIN Hong-guang. Comparison between two reinforcement methods to culvert of daqin railway [J]. Science Technology and Engineering, 2010, 10(7): 1694-1699. (in Chinese)
- [5] 李利峰, 宿钟鸣. 山区高填方路堤涵洞病害主因分析及工程对策[J]. 铜仁学院学报, 2013, 15(4): 120-123.
LI Li-feng, SU Zhong-ming. An analysis of main causes and engineering measures for culvert diseases of high-filled embankment in mountain regions [J]. Journal of Tongren University, 2013, 15(4): 120-123. (in Chinese)
- [6] 王成, 王春晓. 试论盖板涵结构计算的几个问题[J]. 山东交通科技, 2014(1): 50-52.
WANG Cheng, WANG Chun-xiao. Some problems on calculation of culvert structure cover [J]. Shandong Traffic Science & Technology, 2014(1): 50-52. (in Chinese)
- [7] 姜杰. 普通公路原涵加固原则与方法[J]. 北方交通, 2008(7): 102-103.
JIANG Jie. Principles and methods for reinforcement of used culvert of average highway [J]. Northern Communications, 2008(7): 102-103. (in Chinese)
- [8] 杨强. 浅埋涵洞钢筋裂纹原因分析与对策[J]. 公路, 2014(6): 162-164.
YANG Qiang. Analysis on the reasons and counter-measures for the cracks of reinforced concrete culvert [J]. Highway, 2014(6): 162-164. (in Chinese)

Design of fracturing reinforcement of high-filled embankment culvert

WANG Gong-xing

Central Southern Geotechnical Design Institute Co., Ltd., Changsha 410014, China

Abstract: Aiming at culvert fracturing occurring in construction of mountain area highway, the reinforcement design scheme of high-filled embankment culvert fracturing was analyzed taking a engineering case. The box culvert plane frame model was built by comparing design schemes, analyzing design calculation and selecting design parameters. Through analyzing the stress under different load combinations and calculating structure and reinforcement, it is suggested that the reinforcement of integral box culvert structure whose effect is good with safe and reliable structure should be adopted in the condition of not affecting the culvert water cross section, which has obvious significance to the old culvert reinforcement without stopping traffic of running highways.

Key words: high-filled embankment; culvert fracturing; reinforcement design; construction

本文编辑: 龚晓宁



(上接第 15 页)

Field test and analysis of impact of patio on indoor thermal environment in Huizhou traditional houses

LI Juan

Department of Architectural Engineering, Hefei University, Hefei 230601, China

Abstract: The indoor thermal environment was tested taking the patio hot ventilation as a pyrology impact factor. There are deviations between the test results and the actual human thermal comfort because the traditional evaluation standard includes the limited influencing factors about indoor thermal environment. Taking ISO 7730 as the standard, which was promulgated by international organization for standardization, the ventilation and cooling theory of patio was analyzed qualitatively combined with the flat surface and basic structure of patio in Huizhou traditional dwellings. Then INNOVA 1221 was used to test and analyze the predicted mean vote of different rooms in a typical Huizhou traditional dwelling (one room with one patio). The results show that, under the same conditions of the outdoor environment, thermal comfort of the room near to the patio is significantly higher than that of the room far away from the patio. Patio has a positive effect on the adjustment of thermal environment of traditional dwelling indoor.

Key words: hot ventilation; thermal comfort; field test

本文编辑: 龚晓宁