

某大斜交角度框架地道桥的设计与分析

谢敏杰

(中铁咨询郑州设计院,河南 郑州 450001)

摘要: 林邓线焦作市界至月山段一级公路下穿新月铁路下行线5[#]框架地道桥,斜交角度为48.3°,受力情况复杂;为改善斜交扭转,提高铁路建筑物的使用寿命,保证铁路后期运营安全,地道桥与铁路线路按正交设计,左右两幅路分别采用(8.5 m+8.5 m+8.5 m)三孔连续框构形式。同时利用Sap2000有限元软件采用三维空间板壳单元对该地道桥进行分析,提出了分析时应该注意的几个问题,得到了比较合理的结果,明确了框架地道桥顶底板的结构受力特点,为以后的设计提供参考。

关键词: 大斜交角度; 框架地道桥; 正交设计; 三维空间板壳单元

中图分类号: U442.5 文献标识码: A 文章编号: 2095-0373(2012)02-0015-04

1 工程概况

林邓线焦作市界至月山段一级公路下穿新月铁路下行线5[#]框架地道桥位于小尚(K67+656)~月山(K76+709)区间,交叉点铁路下行线里程K72+029.853,公路里程K9+920.222,公路与铁路斜交,交角为41.7°。桥位处铁路为单股道,无缝线路、钢筋混凝土Ⅲ型枕60型钢轨,电气化铁路。拟建立立交处公路和铁路均位于直线段。铁路北侧路基半宽4.2 m,南侧路基半宽4.2 m,浆砌片石护坡,路基高于地面约2.5 m。铁路线路西侧有一条沿铁路方向的灌溉沟(50 cm×50 cm),铁路南侧为水运村,附近均为农田。桥位处南侧142.5 m处为既有1-0.75 m灌溉圆涵,北侧137.4 m处为既有1-1.0 m灌溉箱涵(涵200),新月下行线K72+031处有一既有1-1.0 m灌溉圆涵(涵198)与公路中线冲突,需拆除。

由于林邓线K46+683.026~K51+563.026与焦作市人民路重合,人民路断面尺寸与林邓线断面尺寸相比出入较大(林邓线路幅设计宽度24.5 m,人民路路幅设计宽度76 m,其中:中央绿化带宽12 m,两侧快车道各宽15.5 m,两侧分隔带各宽4.5 m,两侧慢车道各宽4.5 m,两侧人行道各宽4 m,两侧绿化带各宽3.5 m,为了满足使用要求,焦作市人民政府要求该段路线必须按照人民路标准修建。

2 总体布置与主体结构形式

(1) 总体布置。公路和新月铁路下行线交角为41.7°,斜交达到48.3°,为改善斜交扭转,提高铁路建筑物的使用寿命,保证铁路后期运营安全,箱体与铁路线路按正交设计,箱桥内公路断面以外的部分用混凝土墙封闭。箱体横铁路长度与既有路基等宽,在东侧预留宽2.3 m的机械化养路通道,东侧设置通信、信号电缆槽,西侧设置通信、信号和电力电缆槽,各缆分槽设置,两侧设置挡碴护栏,横铁路共长12.35 m,桥上线路两侧设置挡碴块。由于规划路面较宽,根据已定的道路中线、交叉角度、地形现状等,本设计采用2×(8.5 m+8.5 m+8.5 m)钢筋混凝土框构形式。

(2) 主体结构形式。根据总体设计单位提供的地下雨水、污水管道设计标高,为保证管道从框构非机动车道内穿过,结构高度10.2 m,结构净高7.7 m,顶板厚1.2 m,底板厚1.3 m,中墙厚1.1 m(正尺寸),边墙厚1.2 m。其中一幅路的结构构造形式如图1所示。

收稿日期: 2012-01-07

作者简介: 谢敏杰 男 1985年出生 助理工程师

3 基本原理及模型建立

大斜交角度地道桥在荷载作用下产生弯、剪、扭耦合,使得这种结构的内力和变形计算趋于复杂。地道桥结构为典型的板壳结构,平面计算已不能满足结构计算和设计的需要,采用三维空间板壳单元利用 Sap2000 有限元软件进行结构计算和分析。

荷载包括恒载和活载,恒载主要考虑结构自重和土压力,活载主要考虑列车活载、公路活载、列车活载所产生的土压力和人行道荷载。

结构自重 in Sap2000 中是自动计算的,只需输入结构密度 Δ 和各个构件尺寸。

土对侧墙的作用换算为梯形荷载作为主动土压力(考虑列车活载引起的附加效应)直接施加于侧墙单元上。 $q_v = k\gamma(h + h')$ q_v 为距填土表面高度 h 处的土体侧向土压力 k 为土体侧向土压力系数 h' 为等效的土层厚度(列车活载对侧墙的作用),由式 $h' = q_h/\gamma$ 计算 q_h 为列车活载对顶板的压力 γ 为土的重度。

列车活载对顶板竖向压力^[1]为 $q_h = 165/(2.5 + h)$,其中, q_h 为竖向压力; h 为轨底以下的深度。并根据顶板上填土厚度的不同考虑冲击系数 $(1 + \mu)$ $(1 + \mu) = 1 + 6\alpha/(30 + L)$ $\alpha = 4(1 - h) \leq 2$ L 为桥跨长度。

公路车辆活载和人行道荷载按公路一级加载^[2]。

土对底板的作用等效为等刚度的土弹簧,由式 $K_v = k_v b h$ 计算,其中, K_v 为弹簧压缩刚度, k_v 为土的基床系数, b 和 h 分别为弹簧的水平垂直向计算间距。

在 Sap2000 中,板壳对象按照受力特点可以分为三类:膜单元、板单元及壳单元。膜单元只具有平面内的刚度,承受膜力;板单元的行为与膜单元相反,只具有平面外的刚度,承受弯曲力;壳单元的力学行为是膜单元与板单元之和,是真正意义上的壳单元。本文采用壳单元。

由于钢筋混凝土堵墙是顶进就位后后期浇注的,建模时不考虑堵墙的作用。全桥共划分壳单元 2 470 个,几何规则处采用四边形壳单元,变化处采用三角形壳单元,地道桥计算模型见图 2。

4 计算结果

4.1 顶板内力计算结果

顶板顺铁路方向弯矩(M_y)云图、1-1 剖面弯矩图、2-2 剖面弯矩图分别如图 3、图 4、图 5 所示,顶板横铁路方向弯矩(M_x)云图、3-3 剖面弯矩图、4-4 剖面弯矩图分别如图 6、图 7、图 8 所示。

从云图和剖面弯矩图可以看出,此地道桥利用 Sap2000 有限元软件采用三维空间板壳单元进行计算结果较为合理,既具有足够的精度,又能反映框架地道桥的结构力学行为。顶板顺铁路方向弯矩 M_y :(1-1) 截面和(2-2) 截面有很大不同,最大弯矩位于板中心处,向两自由边逐渐减小,且两截面侧墙顶负弯矩在板中心处弯矩曲线比自由边变化平缓。顶板横铁路方向弯矩 M_x :(3-3) 截面和(4-4) 截面同样有很大不同,最大弯矩位于自由边(4-4) 截面内,而不是在板的中心(3-3) 截面内,且最大弯矩的位置由跨中向钝角部位偏移,具有明显的钝角效应。

4.2 底板内力计算结果

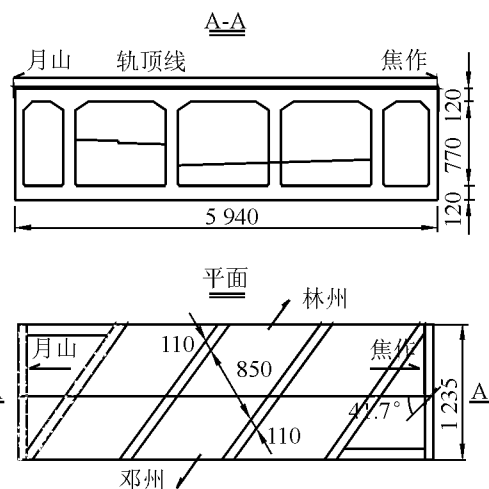


图 1 地道桥结构构造形式(单位: cm)

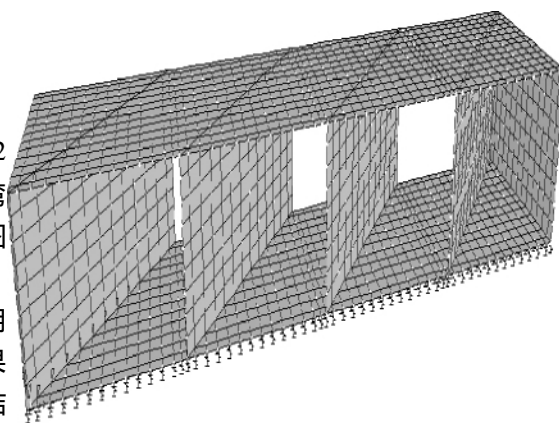


图 2 地道桥计算模型

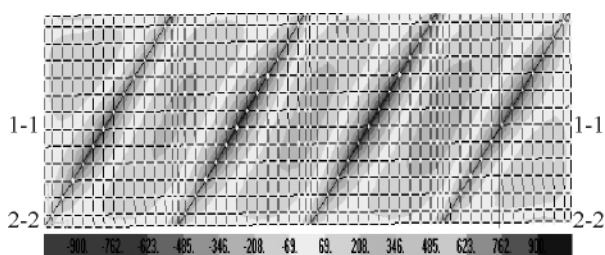


图3 顶板顺铁路方向弯矩云图

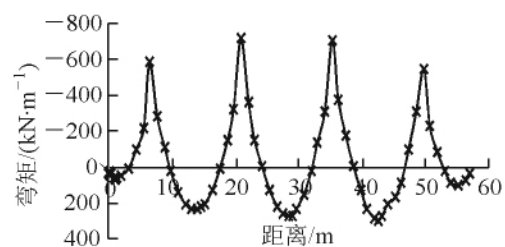


图4 1-1 剖面弯矩图

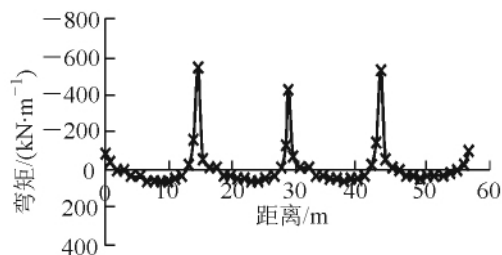


图5 2-2 剖面弯矩图

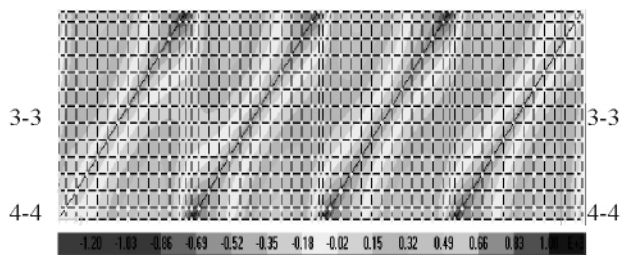


图6 顶板横铁路方向弯矩云图

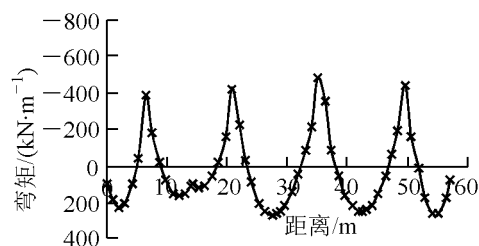


图7 3-3 剖面弯矩图

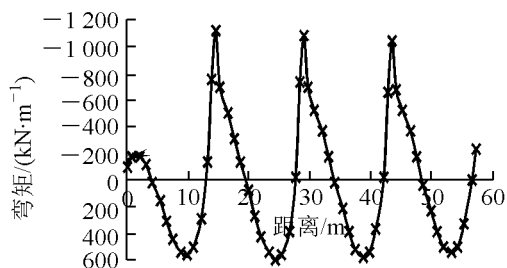


图8 4-4 剖面弯矩图

底板顺铁路方向弯矩 (M_y) 云图、1-1 剖面弯矩图、2-2 剖面弯矩图分别如图9、图10、图11所示; 顶板横铁路方向弯矩 (M_x) 云图、3-3 剖面弯矩图、4-4 剖面弯矩图分别如图12、图13、图14所示。

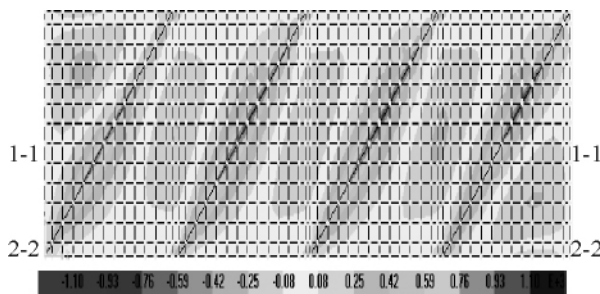


图9 底板顺铁路方向弯矩云图

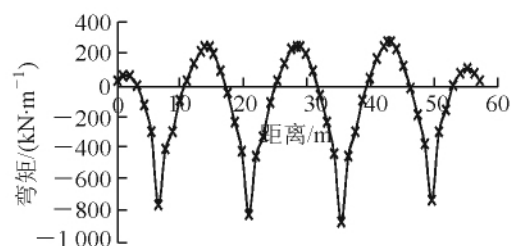


图10 1-1 剖面弯矩图

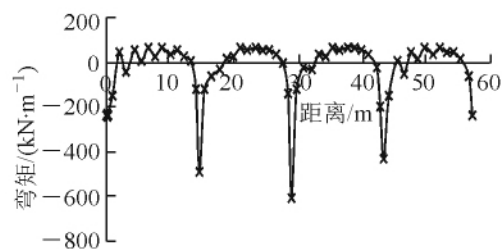


图11 2-2 剖面弯矩图

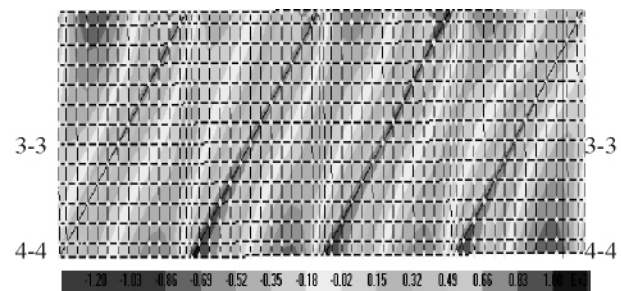


图12 底板横铁路方向弯矩云图

底板的内力计算结果与顶板具有相似的规律, 且底板的最大弯矩和地基土的性质有关。

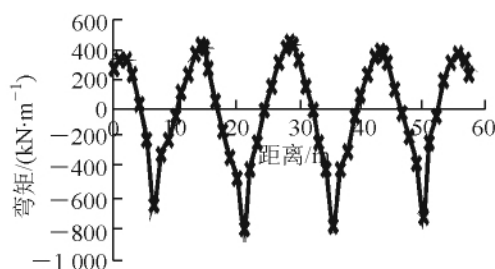


图 13 3-3 剖面弯矩图

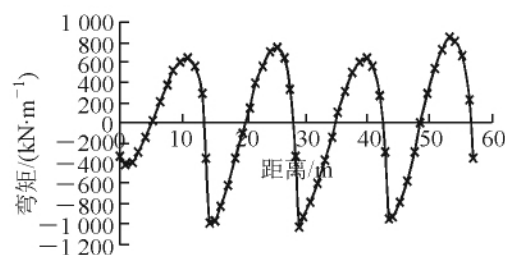


图 14 4-4 剖面弯矩图

5 结论

大斜交角度框架地道桥通常按斜交正做设计。按以上荷载取值、边界条件和单元划分,利用 Sap2000 有限元软件采用三维空间板壳单元能较好的模拟框架地道桥的结构力学行为;顶底板顺铁路方向弯矩由板中心向两自由边逐渐减小,最大弯矩位于板中心处,且板中心的弯矩曲线较自由边弯矩曲线变化平缓。顶底板横铁路方向弯矩由两自由边向板中心逐渐减小,最大弯矩位于板的自由边,且最大弯矩的位置由跨中向钝角部位偏移,具有明显的钝角效应。

参 考 文 献

- [1] 铁道第三勘察设计院. TB10002.1—2005 铁路桥涵设计基本规范[S]. 北京: 中国铁道出版社 2005.
- [2] 中交公路规划设计院. JTG D60—2004 公路桥涵设计通用规范[S]. 北京: 人民交通出版社 2004.

Design and Analysis of Large Skew Angle Framework Bridge

Xie Minjie

(China Railway Engineering Consulting Group Co. Ltd in Zhengzhou , Zhengzhou 450001 , China)

Abstract: The fifth framework bridge beneath the Xinyue Railway Down line is part of Highway from Linzhou to Dengzhou in Jiaozuo , and its oblique angle is 48.3° , thus the force state is complex. To improve the skew cross and improve the life of the railway buildings , and to ensure the safety of railway operation , the bridge and railway line is designed as orthogonal. Based on the large skew angle framework bridge , using the finite element software sap2000 and three-dimensional space plate shell unit for analysis , this paper puts forward some points that should be paid attention to in analysis and makes clear the structure mechanical characteristics of roof and floor. The conclusion can provide reference for future design.

Key words: large skew angle; framework bridge; orthogonal design; three-dimensional shell element

(责任编辑 刘宪福)