

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2021.07.071

# 地下箱涵大开洞节点结构分析

李雪峰, 徐辉, 孙晨然

(中国市政华北设计研究总院有限公司, 天津市 300000)

**摘要:** 以一个实际工程案例为背景, 利用 Midas/Civil 软件, 对 3 种通道交叉处开洞的处理方式(增设上翻梁和地梁、增设壁柱、不补偿但利用剩余结构局部加配钢筋来抵抗土体荷载效应)进行了分析。通过对板受力情况的改善、地基反力的调整、施工难易性以及经济性方面的比较, 得出不补偿但利用剩余结构局部加配钢筋来处理厚板结构开洞是优选方式。

**关键词:** 地下通道; 开洞; 上翻梁; 壁柱

**中图分类号:** U449

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)07-0269-03

## 0 引言

近年来, 随着地下结构建设的兴起, 特别是地下综合管廊的大规模建设, 纵横向地下通道相连接区域的处置是否合理决定着结构设计的成败。传统的地下通道相互连通区域设计将主通道侧壁开孔, 然后用伸缩结构与次要通道相连, 这就势必造成主通道相连部位出现大开孔的问题。针对主通道侧壁开孔的处理, 现阶段设计大体上按照 3 个思路进行设计: (1) 开洞区域上部设置过顶的上翻梁<sup>[1]</sup>, 底板处设置地翻梁, 通过梁的受力来补偿因开洞造成的顶底板支撑的缺失; (2) 侧壁设置壁柱, 通过局部调整配筋, 按照无梁楼盖<sup>[2]</sup>进行局部受力计算分析; (3) 直接按照现有剩余结构情况, 通过顶底板自身刚度配设钢筋, 以满足结构受力要求。其中第 1 种方法多应用于手算方法, 计算受力明确, 也是多数资深工程师习惯选用的设计方法; 第 2 种方法也经常采用; 第 3 种方法为结构有限元兴起后常采用的设计方法, 计算相对简单。本文通过华北平原一个地下通道分支点结构处理情况对上述 3 种设计方法进行详细分析, 给出合理的设计理念。

## 1 模型的建立

### 1.1 项目资料

项目位于河北省一处地下通道。为满足办公区域要求, 地下通道需要引出一个次通道进入。通道

平面和断面见图 1。其中主通道侧壁和顶底板厚度为 0.7 m; 次通道顶底板和侧壁厚度亦为 0.7 m; 主通道上覆土厚度为 3 m。

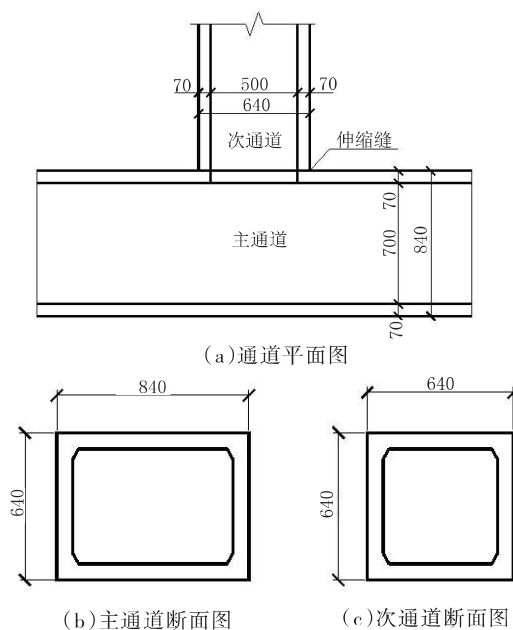


图 1 通道示意图(单位: cm)

根据地勘并按照《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3369—2019)鉴定, 项目地质情况为粉土, 地基承载力为 140 kPa, 地基弹性系数为 10 000 kN/m<sup>4</sup>。根据《公路桥涵地基与基础设计规范》第 4.3.4 条对地基承载力进行修正, 其中  $k_1$  根据规范取值为 0,  $k_2$  根据规范取值为 1.5, 得出地基承载力  $f_a$  为:

$$f_a = f_{a0} + k_2 \gamma_2 (h - 3) = 140 + 1.5 \times (6.4 + 3 - 3) \times 18 = 312.8 \text{ kPa}。$$

式中:  $\gamma_2$  是地基以上土层的加权平均重度, 本文取为 18;  $h$  取地下通道高度(6.4 m)+ 上覆土厚度(3 m), 故

收稿日期: 2020-12-02

作者简介: 李雪峰(1976—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事道路桥梁的设计研究工作。

$h=6.4\text{ m}+3\text{ m}$ 。

### 1.2 模型建立和参数选取

本文采用 Mdias/Civil 软件,建立结构三维模型。结构采用梁板单元混合模拟,由于次通道与主通道为接缝连接,建模时未考虑次管道对主管道受力的影响。主体结构采用 C35 混凝土,其弹性模量取为  $3.15 \times 10^7\text{ kN/m}^2$ ;地基采用弹性地基,比例系数为  $10\ 000\text{ kN/m}^4$ 。为避免不必要干扰,本次分析时车道荷载统一按照  $0.5\text{ m}$  覆土计算,不考虑侧面土压力影响,土体容重取为  $18\text{ kN/m}^3$ ,混凝土容重为  $26\text{ kN/m}^3$ 。本文共采用 4 组模型进行对比。4 组模型分别为原始主通道、开洞口后采用上翻梁和地梁加强、开洞口后采用侧壁柱加强、不补偿但采用剩余结构加配局部钢筋来抵抗荷载。计算模型以开洞口补偿梁的模型为例,选取了其中一段(标准长度为  $20\text{ m}$ )进行建模。全部模型共包括 16 个梁单元和 780 个板单元。4 组计算模型见图 2。

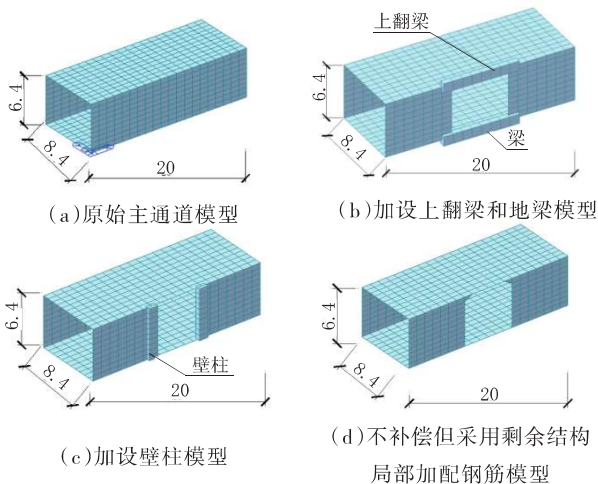


图 2 计算模型(单位:m)

## 2 结果分析

### 2.1 主体结构以及地基应力状况

无论是增设上翻梁和地梁,或是增加壁柱,均是为了改善主体结构开洞后剩余板结构的受力状况。本文针对板结构受力情况进行了详细分析,图 3 为荷载效应对应的点位示意,其中 1、4、7 和 3、6、9 点位为开洞垂直线对应的位置,1、2、3 点位为未开洞处结构位置。

本文主要考察弯矩  $M$  的增量情况。由于顶板弯矩与底板弯矩的变化规律相差不大,本文选取了顶板弯矩进行研究,其中弯矩方向按照右手螺旋规则确定,结果见图 4。图 4 中:横坐标标值 2 表示点位 2 处按照右手螺旋规则确定的纵向弯矩,以此类推;

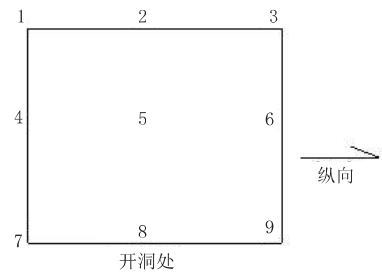
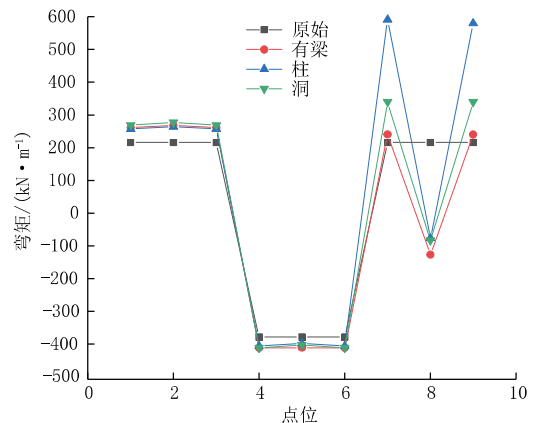
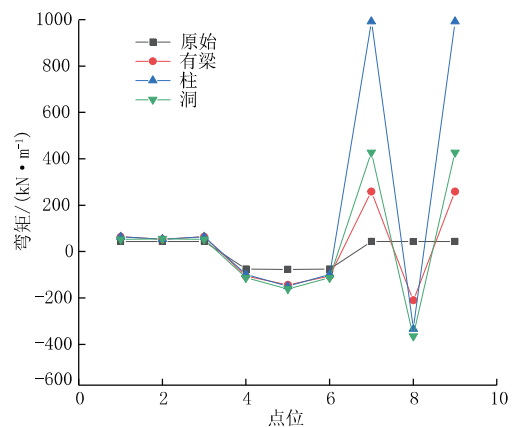


图 3 点位示意图

“有梁”指增加了补充梁,“柱”表示补充了壁柱,“洞”表示洞口未加固;左侧为  $M_{\text{纵}}$  方向,右侧为  $M_{\text{横}}$  方向。



(a)顶板纵向弯矩图



(b)顶板横向弯矩图

图 4 顶板弯矩图

经过对比可知,开洞处增设上翻梁和地梁或壁柱后,虽然能局部改善顶底板的受力性能,但对于地下通道这种厚板结构,梁或柱的刚度不足以成为板结构的支撑点,这与薄板结构采用梁作为支点是有区别的。由图 4 可见,梁和壁柱对板受力性能改变有限,整个板的变形与不补偿但采用剩余结构加配局部钢筋模型的变形趋势一致;增设壁柱后的结构局部受力情况更不理想。基于此种情况,本文建议采用开洞后不补偿但采用剩余结构加配局部钢筋设计这种开洞结构。

除了分析结构本体受力外,本文同时研究了地基反力的分布情况,并将地基反力绘制成图(见图 5),

具体点位见图3。由于采用了弹性地基支撑,边缘处地基反力对应的区域相对较小,故反力较小,经过折算后,地基所需最大地基承载力为157 kPa,开洞区域地基反力略有减少。整体上原有地基承载力即可满足设计要求。

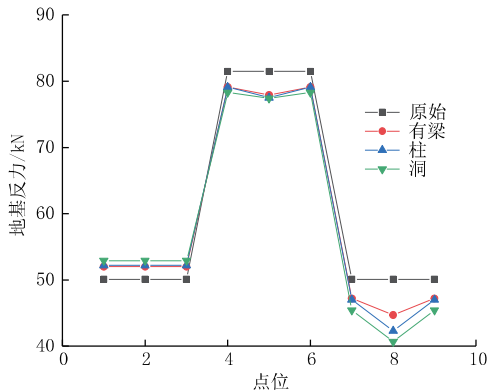
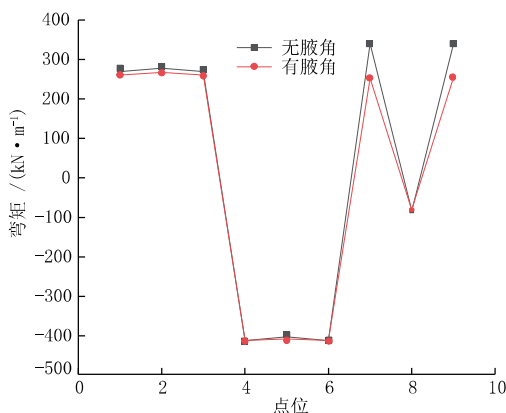
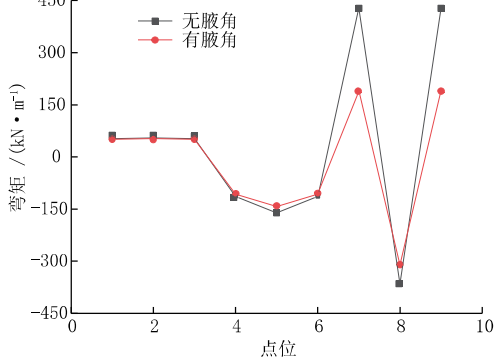


图5 地基反力分布图

对开洞结构不采用梁或者壁柱进行加固处理时,本文考虑了加腋的影响,加腋尺寸按照与次通道同样的尺寸为250 mm × 450 mm。加腋和不加腋的弯矩对比结果见图6。图6中:左侧为 $M_{纵}$ 方向,右侧为 $M_{横}$ 方向。



(a)加腋和不加腋纵向弯矩对比图



(b)加腋和不加腋横向弯矩对比图

图6 加腋和不加腋弯矩图

由图6可知,采用加腋处理后,顶板的纵向和横向最大弯矩降低40%~50%。因此,设计人员进行设计时,应尽量在开洞处增设加腋,以减少局部应

力,进而降低配筋量。

### 2.2 施工难易性和经济性

一种工艺的合理性,要从受力、结构施工难易性、经济的合理性几方面衡量。本文通过收集相关施工数据,对3种处理工艺的施工难易性进行说明,具体对比情况见表1。

表1 施工难易性

施工难易性	采用补偿梁	采用壁柱	利用剩余结构
施工难点	局部加设梁体,钢筋较密,施工复杂	增设壁柱,钢筋密度大,施工相对复杂	直接增设钢筋,加密即可,相对容易
施工难易度	难	难	容易

本文通过设计计算,对3种处理工艺相对于原有结构增加的混凝土用量和钢筋用量进行分析,具体见表2。

表2 增加的工程量

材料	采用补偿梁	采用壁柱	利用剩余结构
混凝土(C35)量/m <sup>3</sup>	8.2	10.7	0
钢筋量/kg	640.8	860.3	324.4

由表1和表2可知,利用主通道开洞口后的剩余结构加强设计可减少施工难度并节省钢筋用量,是地下通道这种厚板结构进行开洞后处理的适宜设计方法。

### 3 结语

(1)对于地下通道侧面开洞的结构,传统的处理方法是加设上翻梁、地梁或壁柱,以补偿因侧板缺失造成的支撑缺失。但由于地下通道通常采用厚板结构,使得梁的抗弯刚度不足以达到作为一个支撑点的刚度需求。

(2)随着大型有限元设计软件的推广,选用开洞后不补偿但采用剩余结构加配局部钢筋进行设计的方法,相对来说更加经济和施工方便。

(3)本文研究的主次通道相交位置,主通道开洞后采用加腋的方式可以很好地降低局部弯矩,另外洞口可以采用与次通道相同的加腋方式,不影响次通道的适用功能。

#### 参考文献:

[1] 沈世杰. 给水排水工程结构设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.  
 [2] 朱聘儒. 双向板无梁楼盖[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.