

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.04.059

综合管廊交叉口中隔壁板对框架受力影响分析

徐佳为

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 综合管廊的交叉口节点是一个典型的三维受力构筑物。不同于标准断面设计的单向截条设计法, 交叉口节点需要建立三维模型进行整体计算。以某综合管廊工程交叉口为例, 着重分析交叉口中隔壁板对单向框架受力的影响, 从而对相关工程起到一定的借鉴作用。

关键词: 综合管廊; 交叉口; 中隔壁板; 单向框架

中图分类号: TU99

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)04-0219-04

0 引言

综合管廊是21世纪新型城市市政基础设施建设现代化的重要标志之一。通过综合管廊的设计形式解决传统直埋敷设方式因管线增容造成城市道路反复开挖, 进而影响城市景观的现象。近年来对综合管廊的研究越来越多, 综合管廊主体结构设计^[1]的研究主要集中在地下结构抗震设计^[2]、预制装配式管廊技术参数^[3-4]和荷载取值^[5]等方面, 对管廊特殊节点^[6], 如通风口、吊装口、交叉口等的研究比较少。

本文将某工程交叉口节点为例, 来分析交叉口节点设计的一些难点。根据以往工程经验, 地下结构设计防水占有非常重要的地位。结构设计往往不通过强度控制, 而是通过裂缝控制, 因此结构设计都是采用正常使用极限状态下的荷载标准组合来进行分析, 满足工程的耐久性和安全性要求。

1 工程概况

某城市三条道路的地下综合管廊在道路交叉口, 相交节点采用上下两层垂直相交方案, 平面布置简图见图1。其中, 处于上层的管廊为北侧的单层单舱和南侧的单层双舱管廊。北侧单舱为综合舱, 标准断面布置见图2。南侧双舱为热力舱和综合舱, 标准断面布置见图3。位于下层的管廊为东侧的单层双舱管廊, 双舱分别为热力舱和综合舱, 标准断面布置见图4。

管廊交叉口位于绿化带下, 顶板覆土约为2.5 m。根据《城市综合管廊工程技术规范》(GB 50838—

收稿日期: 2021-06-12

作者简介: 徐佳为(1985—), 男, 硕士, 工程师, 从事结构设计工作。

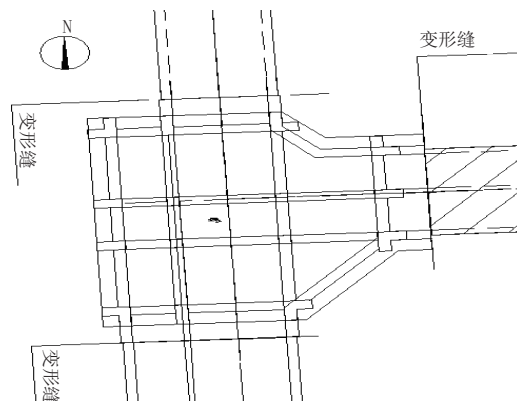


图1 交叉口平面布置简图

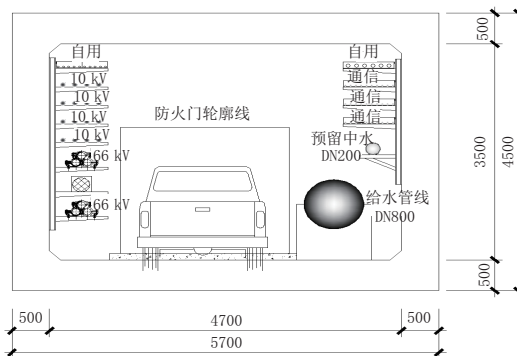


图2 综合管廊1标准断面(单位:mm)

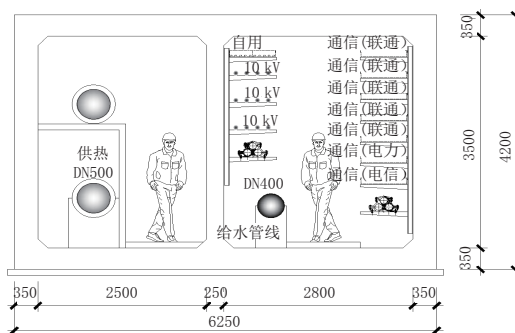


图3 综合管廊2标准断面(单位:mm)

2015)的相关规定, 本构筑物的安全等级为一级, 结构重要性系数取1.1, 结构的设计使用年限为100 a, 混

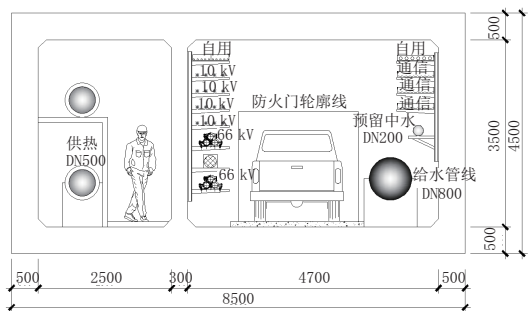


图4 综合管廊3标准断面(单位:mm)

凝土强度等级取 C35。由于交叉口埋深大于 10 m,抗渗等级取 P8。主体结构裂缝控制等级为三级(0.2 mm),综合管廊防水等级为二级。主筋采用 HRB400 级钢筋。抗浮水位采用地表下 2 m。

根据地勘报告和孔点分析,该交叉口底板所处土层为⑧层黑灰色粉质黏土夹砂,地基承载力特征值见表 1。

表 1 地基土承载力特征值

层号	土层名称	承载力特征值 f_{ak} /kPa
②	粉砂	160
③	粉质黏土	200
④	粉质黏土	130
⑤	粉土	110
⑧	黑灰色粉质黏土夹砂	140
⑨	细砂	270

2 荷载取值

管廊工程荷载主要包括结构自重、顶板覆土压力、水土侧压力、活荷载和水浮力。这些荷载可分为恒荷载和活荷载两大类。恒荷载包括自重、顶板覆土压力、水浮力和水土侧压力。活荷载包括地面超载、超载侧压力和中板活载。

根据施工阶段和使用阶段受力状态,将管廊节点的受力分为表 2 所示 3 个工况。由于地下工程基本以裂缝作为控制条件,因此主要考虑正常使用极限状态下的工况。

表 2 综合管廊荷载工况

受力工况	组合公式
高水位(正常使用)	①+②+③+④+⑤+⑥+⑦
低水位(施工阶段)	①+②+④+⑤+⑥+⑦
抗浮(未使用阶段)	①+②+③+④

注:①自重;②顶板覆土压力;③水浮力;④水土侧压力;⑤地面超载;⑥超载侧压力;⑦中板活载。

3 交叉口模板确定

由于上下层管廊内的管线有交叉需求,现将交叉需求总结如下:

(1)下层东侧热力舱的热力管 $2 \times \text{DN}500$ 需要接入上层南侧热力舱。

(2)上层北侧的综合舱电力电缆 $2 \times 66 \text{ kV}$ 、给水管 DN500 和通信线缆需要接入下层东侧综合舱。

根据管线交叉的需求,需要在交叉口中板开洞。同时由于电力电缆、热力管等转弯半径有相关规定,在满足转弯半径要求的同时,管线交叉过程中不会相互碰撞。由此得出交叉口模板图(见图 5 至图 7)。

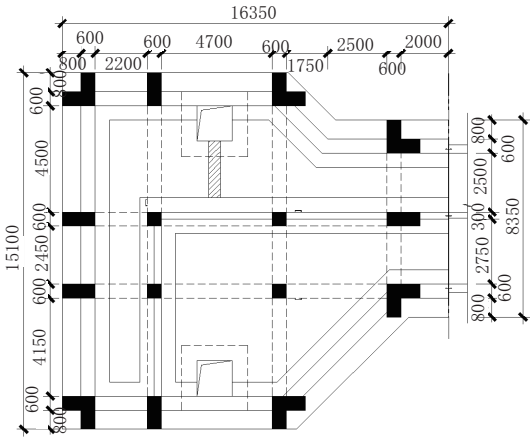


图5 交叉口底板布置图(单位:mm)

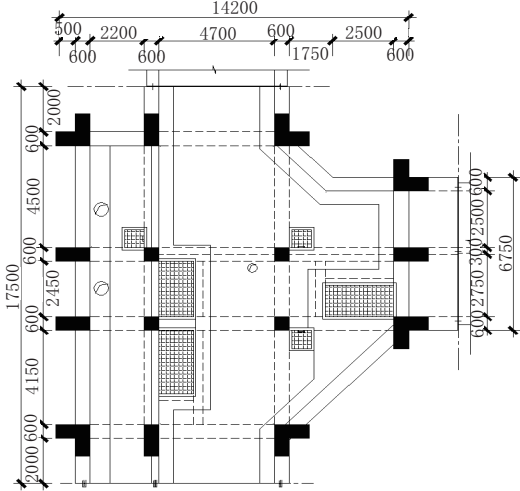


图6 交叉口中板布置图(单位:mm)

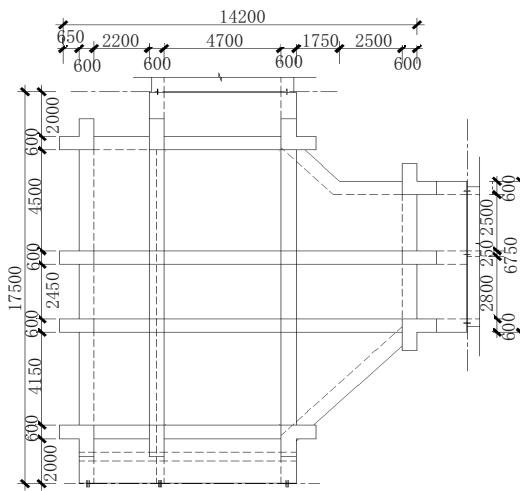


图7 交叉口顶板布置图(单位:mm)

4 节点分析计算

本文采用通用有限元设计软件进行有限元分析计算,单元网格采用自动网格划分模式,将土模拟成单向弹簧对底板进行约束。

对交叉口节点分析一般采用X向和Y向各取一榀框架获得二维简化模型来计算交叉口的梁柱配筋,通过三维精细模型来计算各壁板和顶中底板配筋。由于在二维模型中并未考虑壁板对框架的相关影响,可能使结果产生偏差。因此本文着重在三维精细模型的计算结果中提取一榀带中隔壁板的框架,与二维简化模型结果进行对比,得出壁板对框架的影响,从而对今后的设计起到一定的指导作用。

4.1 二维模型

交叉口的二维简化模型截取X向和Y向一个柱距范围内的底板、中板、顶板、壁板、底梁、中梁、顶梁和框柱,形成一榀框架,并忽略底中顶板的翼缘作用,不考虑壁板对框柱的加强作用。结构底板与地基土之间采用杆弹性地基,只提供向上反力,地基土基床系数取10 000 kN/m³,得出简化计算模型(见图8)。

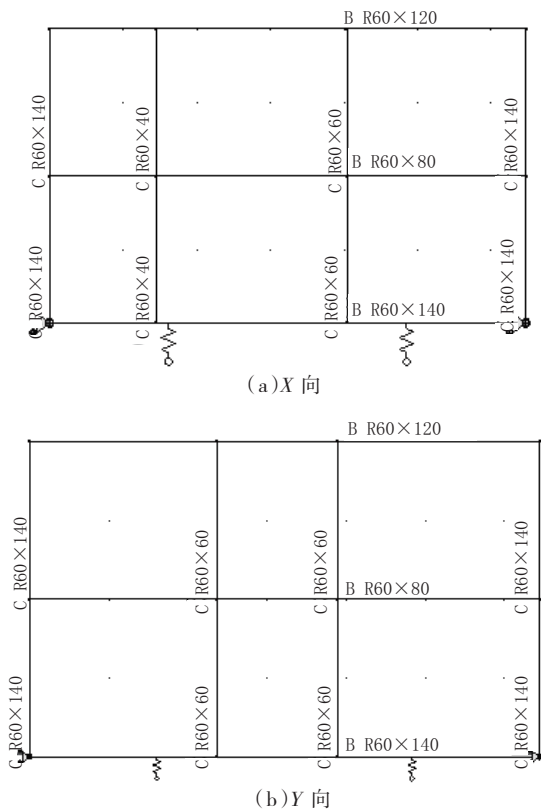


图8 交叉口二维计算模型(单位:cm)

4.2 三维模型

以变形缝为界,建立整个交叉口的三维模型。结构板单元采用壳单元,梁柱采用杆单元,设定网格属性,以0.5 m作为网格划分的最小尺寸进行自动网格

划分,并进行网格平滑处理,满足工程设计的需求。变形缝处提供水平向约束,底板采用单向弹性地基,具体三维模型见图9。

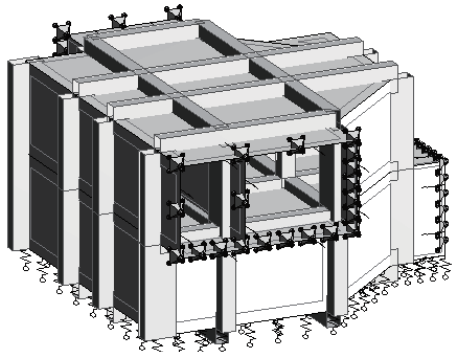


图9 交叉口三维计算模型

4.3 计算结果及分析

由于本文着重中隔壁板对框架计算的影响,因此对三维模型中的顶中底板和外壁板内力分析不再展开,仅着重分析二维框架模型和带中隔壁板的三维模型中相同位置的一榀框架的受力情况。根据X向和Y向一榀框架的荷载和约束情况,通过有限元软件计算得出在高水位、低水位和抗浮工况下一榀框架的弯矩包络图(见图10、图11)。

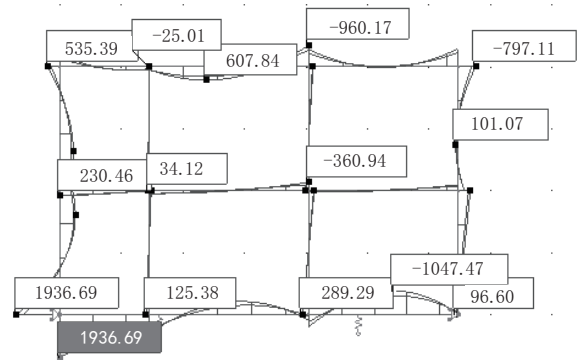


图10 交叉口X向一榀框架弯矩包络图(单位:kN·m)

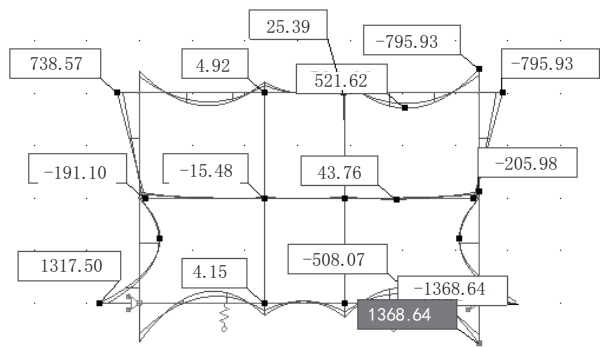


图11 交叉口Y向一榀框架弯矩包络图(单位:kN·m)

通过三维模型中截取X向和Y向的带中隔壁板一榀框架,可以得出X向和Y向框架的模型简图(见图12、图13)。由荷载和约束条件,通过有限元软件计算得出在高水位、低水位和抗浮工况下一榀框架的弯矩包络图(见图14、图15)。

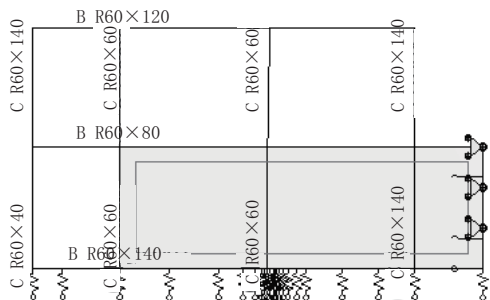


图 12 交叉口 X 向带中隔壁板一榀框架计算简图(单位:cm)

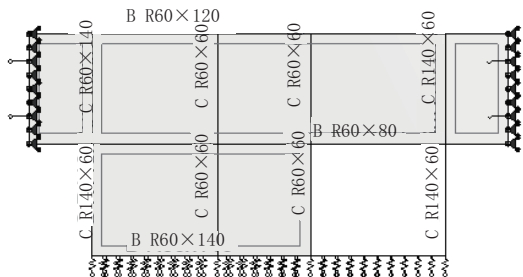


图 13 交叉口 Y 向带中隔壁板一榀框架计算简图(单位:cm)

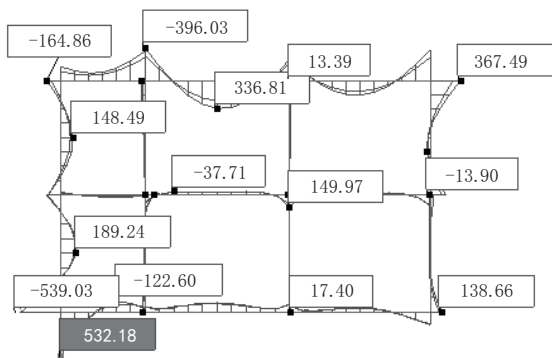


图 14 交叉口 X 向带中隔壁板一榀框架弯矩包络图(单位:kN·m)

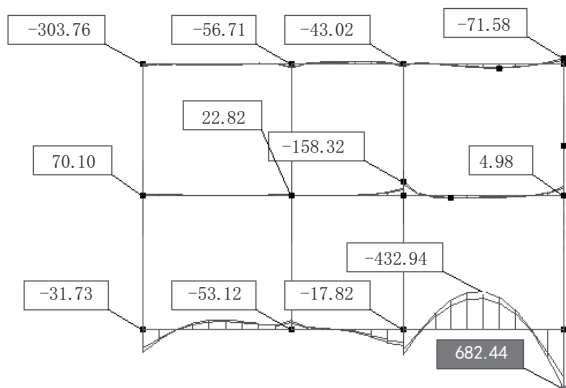


图 15 交叉口 Y 向带中隔壁板一榀框架弯矩包络图(单位:kN·m)

通过图 10、图 11 与图 14、图 15 的对比,可以发现两个问题:

(1)带中隔壁板框架中的梁柱弯矩明显小于不带中隔壁板框架中的梁柱弯矩。其中,X 向带中隔壁板的一榀框架底梁和边柱最大弯矩为 539 kN·m,Y 向带中隔壁板的一榀框架底梁和边柱最大弯矩为 682 kN·m。而不带中隔壁板的相同位置一榀框架的底梁和边柱最大弯矩分别为 1 937 kN·m 和 1 367 kN·m。X 向差

3 倍,Y 向差 1 倍。产生这一现象的原因是顶中底板在框架中可以充当框架梁的翼缘作用,可以增大梁的惯性矩,减小梁产生的弯矩。中隔壁板中的框柱在平面内变形受到壁板的制约,壁板和框柱协同作用分担了框架柱大部分的弯矩,因此框柱的弯矩也相应减小。

(2)带中隔壁板的底框架梁在中柱位置的弯矩与相同位置没有中隔壁板的底框架梁弯矩方向正好相反。其中,X 向带中隔壁板的底框架梁中柱位置的弯矩为 94 kN·m (上部受拉),Y 向带中隔壁板的底框架梁中柱位置的弯矩为 29 kN·m (上部受拉)。而不带中隔壁板的相同位置底框架梁中柱位置的弯矩分别为 553 kN·m (下部受拉)和 429 kN·m (下部受拉)。产生这一现象的原因是在没有中隔壁板时,中柱对底梁相当于支座约束,底梁在中柱位置会产生反弯点;而当有中隔壁板时,由于梁柱和中隔壁板的协同作用,中柱在平面内的刚度明显弱于中隔壁板,中柱无法起到支座约束的作用,底梁中梁和中隔壁板整体形成深梁的结构,在中柱位置不会产生反弯点,因此中柱位置在有无中隔壁板的情况下弯矩正好相反。

5 结 论

交叉口是综合管廊的一个典型的受力节点,在结构分析中不仅要采用三维空间模型进行分析,还要采用二维平面框架进行复核。通过分析可以得出如下结论:

(1)交叉口中的中隔壁板对平面框架中的梁柱受力有明显的影响,会导致梁柱弯矩变小,忽略中隔壁板的作用,仅用平面框架来计算梁柱受力偏于保守。

(2)中隔壁板会导致梁的反弯点发生变化,在设计分析中要予以考虑。

参考文献:

- [1] GB 50838—2015,城市综合管廊工程技术规范[S].
- [2] 李杰,岳庆霞,陈隽.地下综合管廊结构振动台模型试验与有限元分析研究[J].地震工程与工程振动,2009,29(4):41-45.
- [3] 胡翔,薛伟晨.预制预应力综合管廊受力性能试验研究[J].土木工程学报,2010(5):29-37.
- [4] 黄剑.综合管廊结构方案对比分析[J].特种结构,2018,35(2):27-33.
- [5] 狄东超,强健,王建.综合管廊等效均布活荷载取值研究[J].特种结构,2016,33(6):56-60.
- [6] 雷苏文,贾东林.某综合管廊通风口节点结构空间整体分析[J].特种结构,2017,34(5):24-28.