

综合管廊结构简化计算模型准确性对比分析

杨 峰

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要:以综合管廊结构设计为着力点,分析目前最常用的 3 种结构简化计算模型,通过对比试验及偏差分析比较各模型的计算准确性,并基于分析结果提出工程设计中应尽量采用模型三进行综合管廊标准断面结构的简化计算分析。

关键词:综合管廊;结构;简化模型;准确性

中图分类号: TU990.3

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)11-0266-03

0 引言

综合管廊是在城市道路下方建造一个集约化通道,将电力、通信、燃气、供水、排水、热力等各类市政管线纳入其中,通过设置多种功能单体及附属设施,改善管道运行环境,提高管道管理效率,延长管道使用寿命的一项重要市政基础设施^[1]。综合管廊在全国范围内的大规模建设为提高我国土地集约化利用、城市智能化运行作出了重要贡献。随着国内城镇化建设的进一步加快,综合管廊的建设需求和规模也不断扩大。

主体结构的受力分析计算是管廊设计最重要的环节之一,而标准断面的受力分析是其中最基本的部分。设计时,针对标准断面的受力分析常采用各种简化计算模型,但各简化模型是否都能准确地反映真实受力状况尚未十分明确。本文以 3 种最常用的简化模型为研究对象,对比其计算结果与同尺寸三维有限元模型计算结果,分析各简化模型的计算准确性及误差产生的原因,并给出相对较优的模型选择,为后续的管廊结构设计提供一些帮助。

1 常用简化计算模型

由于综合管廊标准断面为细长型结构,且通常两端无约束,管廊受力可视为沿横截面方向的平面单向应变问题^[2-3]。在工程设计中往往采用截条的方式将其简化成二维模型进行分析。如下为 3 种常用的结构简化计算模型:

(1)模型一:采用构件分解模式,假定转角处为

固定端,分别计算单位长度的顶板、侧壁(中壁)和底板的内力^[4]。

(2)模型二:采用二维闭合框架模型对标准断面单位长度截条进行计算,框架模型底边两端节点采用铰接约束^[4]。

(3)模型三:采用有限元软件,用壳单元模拟管廊结构构件,对管廊标准断面的单位长度截条进行计算,采用均布单向弹性地基约束模拟地基对结构的影响^[4-5]。

2 试验组建立

分析采用最简单的单舱管廊作为研究对象,试验设 1 个基准组(同尺寸三维有限元模型)和 3 个试验组(分别针对 3 种简化计算模型);定义基准组的计算结果为真实参照,比较 3 种简化计算模型分析结果的准确性。模型参数如下:

(1)基本尺寸:管廊净高 $h=3$ m,净宽 $b=3$ m,纵向长度 $l=30$ m;顶板、底板及壁板板厚 $d=300$ mm,覆土厚度 $a=3$ m,地下水位的相对标高为 ± 0.000 。

(2)荷载条件:考虑自重、覆土重、侧向土压力、基底反力、水浮力、竖向活载、侧向活载^[1,6]。

(3)工况组合:仅研究正常使用极限状态,分析采用高水位标准组合工况、低水位标准组合工况、抗浮标准组合工况的计算结果包络^[1,7]。

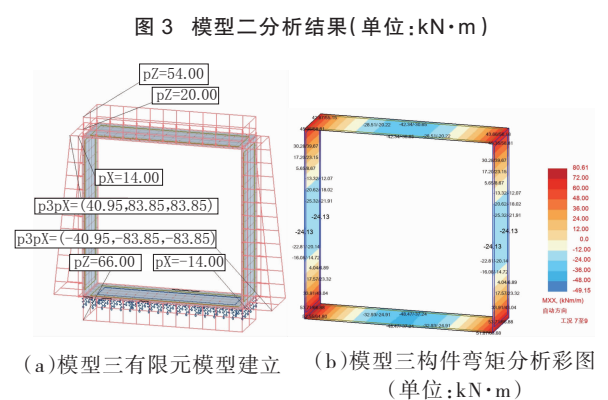
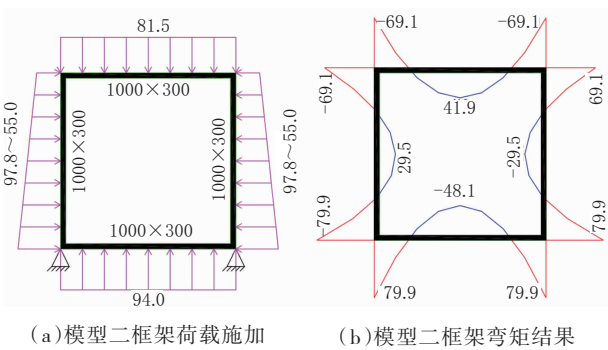
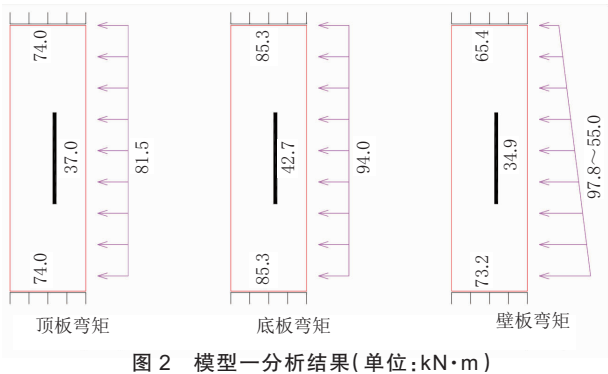
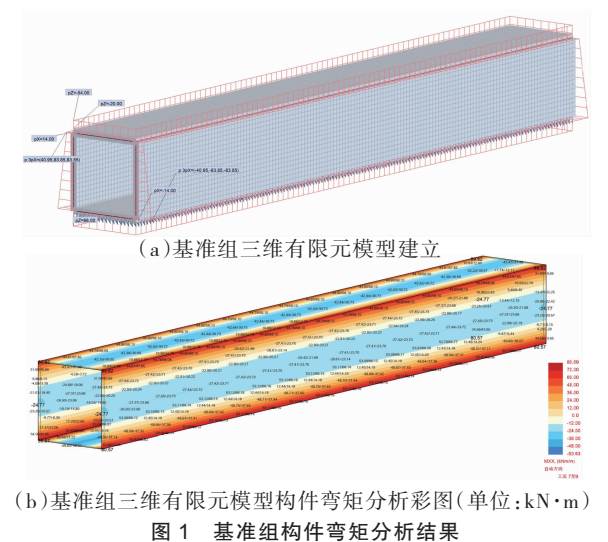
3 计算结果分析

图 1~图 4 为各计算模型及计算结果。

表 1 所示为各试验组的内力分析结果。从内力绝对值看,本文研究的 3 种结构简化模型的计算结果与基准组结果相差不大,偏差于实际工程中对壁厚及配

收稿日期:2022-12-19

作者简介:杨峰(1992—),男,硕士,工程师,从事综合管廊设计工作。



筋设计的影响有限,故认为 3 种简化模型总体上均有效。

进一步探究 3 种简化模型的准确性,以基准组

内力计算结果为参照,计算 3 个试验组的内力相对值(见表 2)。

表 1 内力分析结果					单位:kN·m
分析模型	顶板固端弯矩	顶板跨中弯矩	底板固端弯矩	底板跨中弯矩	壁板跨中弯矩
基准组	70.30	43.89	81.17	50.07	28.56
模型一	74.00	37.00	85.30	42.70	34.90
模型二	69.10	41.90	79.90	48.10	29.50
模型三	69.46	42.94	80.34	49.15	29.09

由表 2 可知,模型二和模型三的偏差较小,最大偏差不超过 4.5%。而模型一的相对偏差较大,其中,壁板跨中弯矩的相对偏差达到了 22.2%。

表 2 内力分析结果相对值					
分析模型	顶板固端弯矩	顶板跨中弯矩	底板固端弯矩	底板跨中弯矩	壁板跨中弯矩
基准组	1	1	1	1	1
模型一	1.053	0.843	1.051	0.853	1.222
模型二	0.983	0.955	0.984	0.961	1.033
模型三	0.988	0.978	0.990	0.982	1.019

通过表 2 数据得到各试验组的“计算标准差”,用以衡量各模型计算结果的总体准确性,如表 3 所示。模型二和模型三的计算标准差非常小,可认为其内力分析结果已反映了结构真实受力状态。

表 3 模型计算结果准确性分析	
分析模型	计算标准差
模型一	0.142
模型二	0.032
模型三	0.017

综合管廊根据入廊管线的不同,截面尺寸的差异也较大。而不同截面尺寸会引起构件间相对刚度的变化,且地基约束对结构的影响也会随着截面尺寸的变化而变化。因此本文以截面“高宽比”为变量,探究上述分析中较优的 2 种结构简化模型——模型二和模型三是否适用于分析各种截面尺寸的管廊。

本文共设置 5 个不同高宽比的试验组,其中,5 组管廊截面净高均为 3 m,宽度分别为 6.0 m、4.0 m、3.0 m、2.4 m、2.0 m,相应的高宽比分别为 0.50、0.75、1.00、1.25、1.50。除此以外的模型尺寸、荷载条件、约束条件、工况组合均与前述的模型参数相同。经计算,得到不同高宽比条件下模型内力分析结果(见表 4)。

由表 4 可知,模型三计算结果在不同高宽比下

表 4 不同高宽比条件下模型内力分析结果 单位:kN·m

高宽比	分析模型	顶板固端弯矩	顶板跨中弯矩	底板固端弯矩	底板跨中弯矩	壁板跨中弯矩
0.50	基准组	212.24	210.44	168.76	143.14	-58.01
	模型二	195.90	208.40	232.70	233.70	-110.30
	模型三	211.94	201.84	170.84	140.22	-58.66
0.75	基准组	102.00	94.29	108.43	94.00	-0.94
	模型二	97.90	90.40	115.30	102.00	-2.60
	模型三	100.96	90.48	110.11	89.84	-2.19
1.00	基准组	70.30	43.89	81.17	50.07	28.56
	模型二	69.10	41.90	79.90	48.10	29.50
	模型三	69.46	42.94	80.34	49.15	29.09
1.25	基准组	58.55	17.89	67.87	24.29	41.04
	模型二	58.10	16.10	66.10	19.50	41.90
	模型三	58.40	17.89	68.40	23.78	39.76
1.50	基准组	53.66	2.23	62.04	7.39	46.65
	模型二	53.40	0.40	60.00	2.10	47.30
	模型三	53.01	2.17	61.89	7.33	45.60

均与基准组结果相近,准确性较高。而模型二在高宽比较小时,底板、壁板的内力计算结果出现了较大偏差,底板固端弯矩、跨中弯矩结果均远高于基准组。这种偏差随着高宽比的增大出现明显下降。

同样计算各试验组的“计算标准差”。不同高宽比条件下的模型准确性分析见图 5。

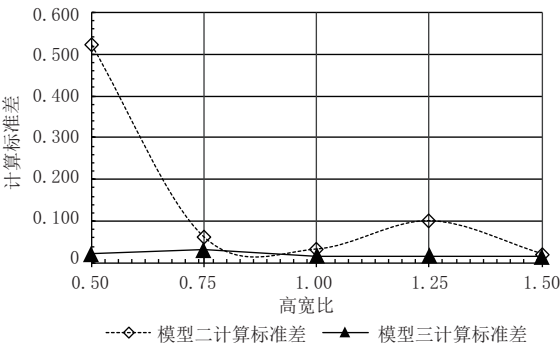


图 5 不同高宽比条件下的模型准确性分析

由图 5 可见,模型三的计算结果在不同高宽比下均具有较高的准确性。相对的,模型二的计算准确性随高宽比的变化波动较大。

本文分析,模型一因独立计算各构件内力,未实现构件间的弯矩分配,因此,计算结果偏差较大。模型二的准确性受高宽比影响主要是由于其采用的两侧节点铰接约束未对底板整体的向下变形做限制,放大了侧壁与底板交接节点的转动量,进而放大了底板及相邻侧壁的整体内力。并且,断面的高宽比越小,结构底板的相对刚度就越小,节点转动量就越大,计算结果受该约束影响产生的偏差也就越大。

模型三采用的简化模型较准确地反映了结构的真实受力状态,采用的均布单向弹性地基约束也能更好地模拟地基对结构的约束,因此计算结果准确性最高。

4 结 语

(1)3 个模型的计算结果均能较准确地反映结构的受力状态。其中,模型二和模型三具有更高的准确性。

(2)模型二由于支座约束与真实情况的差异,导致其在不同截面高宽比情况下,计算准确性有较大波动。

(3)模型三的计算结果在本文分析的各类情况下均具备很高的准确性,建议工程设计中尽量采用模型三进行综合管廊标准断面结构的简化计算分析。

参考文献:

[1] GB 50838—2015,城市综合管廊工程技术规范[S].
[2] 天津大学建筑工程系地下建筑工程教研室.地下结构静力计算[M].北京:中国建筑工业出版社,1979.
[3] 龚维明.地下结构工程[M].南京:东南大学出版社,2004.
[4] 钟远志.地下综合管廊结构计算模式及其断面结构优化—基于有限元软件应用[J].福建建筑,2016(8):128-131.
[5] 朱合华.地下建筑结构[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.
[6] CECS138:2002,给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程[S].
[7] GB 5018—2008,地下工程防水技术规范[S].

(上接第 265 页)

参考文献:

[1] GB 50838—2015,城市综合管廊工程技术规范[S].
[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2021 年城市建设统计年鉴[EB/OL].(2022-10-12)[2023-02-05]. <https://www.mohurd.gov.cn/>

gongkai/fdzdgknr/sjfb/tjxx/jstjnj/index.html.

[3] 薛伟辰,王恒栋,油新华,等.我国预制拼装综合管廊结构体系发展现状与展望[J].施工技术,2018,47(12):6-9.
[4] 马宏,应孔晋.社区空间微更新 上海城市有机更新背景下社区营造路径的探索[J].时代建筑,2016(4):10-17.