

Research on Structural Design and Calculation Optimization of Horizontal Elbow Buttress of Parallel Flexible Interface Water Supply Pipeline

Lishuang Yuan Haotian Zhang Jiejun Gan Bin Guan Xiaowei Yang Changfu Feng

China Construction Third Engineering Bureau Co., Ltd., Beijing, 100089, China

Abstract

Based on a water transmission and distribution pipeline project, in view of the imprecise design of buttress structure in the drawings and the imperfection of the standard atlas, the design literature and standard atlas are consulted, and the problems that need to be considered in the design and force calculation of the buttress structure of the pressure pipeline are analyzed. Through the force analysis of software simulation, a solution suitable for the design and calculation of parallel flexible interface water supply pipeline buttress is developed, which makes the flexible interface of outdoor buried water supply pipeline get more effective protection.

Keywords

flexible interface; buttress of water supply pipeline; buttress structure

并行柔性接口给水管道水平弯头支墩结构设计及计算优化的研究

苑立双 张皓天 干杰军 管滨 杨晓伟 冯长富

中建三局安装工程有限公司, 中国 · 北京 100089

摘要

以某输配水管道工程为依托, 针对图纸中支墩结构设计不严谨的情况及标准图集不完善之处, 查阅设计文献及标准图集, 分析压力管道支墩结构形式设计以及受力计算中需要考虑的问题。通过软件模拟受力分析制定出适合并行柔性接口给水管道支墩设计及计算的解决方案, 使室外埋地给水管道柔性接口得到更有效的保护。

关键词

柔性接口; 给水管道支墩; 支墩结构

1 引言

为提高供水的可靠性和稳定性, 在市政管道工程建设与改造中多采用双管路供水, 即两条并行管线之间设置连管。日常同时使用, 发生故障时互为备用, 无需整条管线全部停止运行, 以此保证供水体系的运行。

设计规范明确指出管道中水流通过承插接头的弯头、三通支管等处产生的外推力大于接口所能承受的拉力时应设置支墩, 以防止接口松动脱节。其相关设计原则及计算一般可以参照《给排水设计手册》(第三版)《10s505+ 柔性接口给水管道支墩》《给水排水工程结构设计手册》(第二版)等资料的相关内容。

查阅以上设计资料, 其指导支墩设计是针对单根供水管道系统, 在双管路或多管路并行靠近排列时, 支墩安装空间不足导致指导性不强。支墩是保证压力管道受力风险点安全性的重要构筑物, 起到阻止管线弯头侧移的作用。为满足市政管网建设的实际需要, 提出多条并行管线支墩的结构设计与计算方案势在必行^[1]。

2 工程概况

某输配水管网工程总长 22km, 在用地红线 12m 宽的带状范围内敷设 4 条给水管线, 采用 PVC-UH 橡胶圈承插接口管道, 设计地基承载力 $\geq 100\text{KPa}$, 管道工作压力为 1.1Mpa, 试验压力为 1.5Mpa, 埋深不小于 2.2m, 如图 1, 图 2 所示。

以图4所示水平单弯管支墩为例;

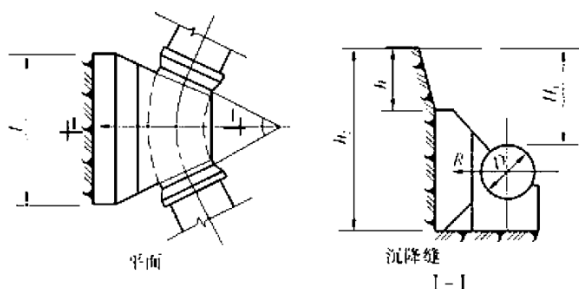


图4 水平弯管支墩计算

$$T_1 = \frac{1}{2} \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) \gamma (h_2^2 - h_1^2) l \dots (N)$$

$$T_2 = Gf \dots (N)$$

其中 ϕ ——土层内摩擦角。

γ ——支墩底面上的土层重力密度 (N/m^3)。

h_1 ——支墩顶在设计地面以下深度 (m)。

h_2 ——支墩底在设计地面以下深度 (m)。

l ——支墩长度 (m)。

G ——整个支墩的重量 (N)。

f ——支墩与土壤间的摩擦系数。

3 支墩设计中遇到的问题

查阅《给排水设计手册》(第三版)《10s505+ 柔性接口给水管道支墩》《给水排水工程结构设计手册》(第二版)等资料,资料中所有支墩结构设计及尺寸设计都基于单管道支墩。

支墩结构分成两部分,采用油毡或模板等材料隔开,形成沉降缝。第一部分为包裹管道弯头部分的混凝土墩,主要承受管道弯头的外推力、墩底摩擦力、以及支墩靠背的反推力。第二部分为原状土与第一分支墩之间的混凝土墩,主要承受第一部分支墩所给的水平推力、底面摩擦力、被动土压力。

若参照单管道支墩标注图集布置方式,存在以下两点问题:

(1) 多条并行管道临近排列时施工空间不足,无法满足“水平支墩后背土壤的最小厚度应大于墩底在设计地面以下深度的3倍的要求”的问题。

(2) 管道截面计算外推力计算公式中未明确考虑大落差给水管道产生水锤时的安全系数。

若将多条管道水平弯头整体浇筑在一个整体支墩内则存

在以下两点问题:

(1) 在将多条管道同时浇筑至一个整体的支墩内时,必须考虑支墩平面尺寸过大会导致支墩相对于管道更不容易发生沉降,若管道和支墩之间的沉降存在不均匀沉降的情况,则容易发生弯管接头处的承插口漏水等问题。

(2) 若弯头处存在渗漏等情况,采用多管道一体支墩会造成弯头拆卸维修困难的问题。

基于以上两种结构设计思路中的几点问题分析,制定以下设计点:

(1) 分析单管道支墩的受力,保证多个单管道支墩之间的受力平衡后不影响各管道的接口稳定性。

(2) 为避免将并行管道水平弯头浇筑至一个整体的支墩内,在支墩与管道之间存在不均匀沉降的情况下造成接口渗漏等问题,应避免采用整体支墩的方案。

(3) 为方便管道弯头等容易渗漏点维修,并行相邻管道水平弯头支墩单独设置为宜。

(4) 在大落差柔性接口给水管道水平弯头支墩设计前应充分分析管网产生的最大水锤,以免在最不利的情况下导致弯头等最不利点接口松动^[2-3]。

4 相邻多管道支墩的结构设计与计算

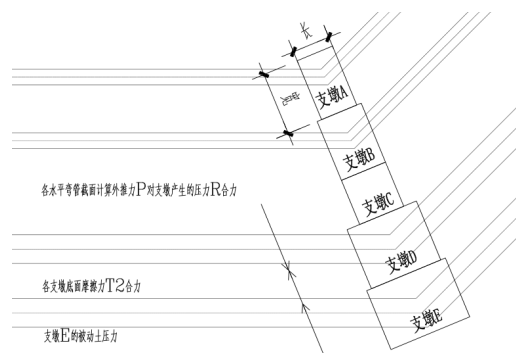


图5 并行压力管道水平弯管支墩结构设计及受力分析示意图1

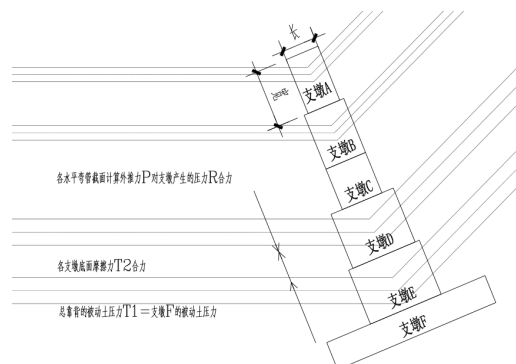


图6 并行压力管道水平弯管支墩示结构设计及受力分析示意图2

设计步骤:

(1) 支墩材料一般选择 C15 混凝土, 在支墩施工空间受限的情况下, 为保证抗压强度要求, 对管道形成有效保护, 建议采用 C20 或更高标号的混凝土。

(2) 各混凝土支墩自成整体, 浇筑时采用油毡将各支墩隔开。

(3) 支墩宽度设计应考虑与其所支撑的管道中心线对称, 以提高其垂直方向的稳定性。

(4) 支墩的长度设计应先根据管材允许受力强度完成核算, 避免因长度取值过小造成其支撑的管材所受单位面积的压力超过其承受范围而造成管材局部切应力较大而破损。

(5) 支墩的高度设计应核算, 避免各支墩保护层厚度

取值过小造成混凝土支墩强度不足而产生开裂, $\leq \text{DN}450$ 的管道保护层取 200mm。

(6) 初步完成支墩结构尺寸设计→支墩受力计算、结构强度复核→支墩尺寸调整→支墩受力计算、结构强度再复核。

(7) 支墩初步设计时不考虑设置支墩 F, 当计算不满足 $T-1.5R \geq 0$, 则考虑增加支墩 F。

经表 1 计算在未设支墩 F 的条件下, 如图 5 所示, $T-1.5R=-527.91\text{KN}$, 无法满足要求, 需增大支墩靠背尺寸以增大被动土压力。

经表 2 计算在增加支墩 F 的条件下, 如图 6 所示, $T-1.5R=43.11\text{KN}$, 满足要求。

表 1 支墩试算表

位置	管径	管道试验压力	允许内水压力	安全系数	管道截面外推力标准值	弯头角度	弯头	土壤等效内摩擦角	支墩后背处的土壤重度	支墩底在设计地面以下深度	支墩顶在设计地面以下深度	支墩长度	砼容重	支墩宽度	支墩高度	支墩体积	支墩总重	土对砼底部摩擦系数	被动土压力	底面摩擦	支墩水平总阻力	判断条件
	DN(mm)	Po(MPa)	Ps(MPa)	≤ 1	P(MPa)	α	R	φ	γ_s	h2	h1	L	γ_d	B	H	V	G	f	T1	T2	T	
	mm	Mpa	Mpa		Mpa	(°)	KN	(°)	KN/m ³	m	m	m	KN/m ³	m	m	m ³	KN					$T-1.5R \geq 0$
支墩 E	450	1.5	0	0.75	238.44	45	182.50	35	18	2.89	1.96	1.34	24	1	0.93	1.03	24.79	0.4	200.73	9.92	210.65	-527.91
支墩 D	450	1.5	0	0.75	238.44	45	182.50	35	18	2.89	1.96	1.18	24	1	0.93	0.91	21.83	0.4	0.00	8.73	8.73	
支墩 B	280	1.5	0	0.75	92.32	45	70.66	35	18	2.89	2.16	0.75	24	1	0.73	0.50	12.03	0.4	0.00	4.81	4.81	
支墩 A	280	1.5	0	0.75	92.32	45	70.66	35	18	2.89	2.16	0.6	24	1	0.73	0.40	9.63	0.4	0.00	3.85	3.85	
支墩 C	280						0	35	18	2.89	2.16	0.75	24	0.75	0.73	0.36	8.75	0.4	0.00	3.50	3.50	

表 2 支墩试算表

位置	管径	管道试验压力	允许内水压力	安全系数	管道截面外推力标准值	弯头角度	弯头	土壤等效内摩擦角	支墩后背处的土壤重度	支墩底在设计地面以下深度	支墩顶在设计地面以下深度	支墩长度	砼容重	支墩宽度	支墩高度	支墩体积	支墩总重	土对砼底部摩擦系数	被动土压力	底面摩擦	支墩水平总阻力	判断条件
	DN(mm)	Po(MPa)	Ps(MPa)	≤ 1	P(MPa)	α	R	φ	γ_s	h2	h1	L	γ_d	B	H	V	G	f	T1	T2	T	
	mm	Mpa	Mpa		Mpa	(°)	KN	(°)	KN/m ³	m	m	m	KN/m ³	m	m	m ³	KN					$T-1.5R \geq 0$
支墩 E	450	1.5	0	0.75	238.44	45	182.50	35	18	2.89	1.96	1.34	24	1	0.93	1.03	24.79	0.4	0.00	9.92	9.92	
支墩 D	450	1.5	0	0.75	238.44	45	182.50	35	18	2.89	1.96	1.18	24	1	0.93	0.91	21.83	0.4	0.00	8.73	8.73	
支墩 B	280	1.5	0	0.75	92.32	45	70.66	35	18	2.89	2.16	0.75	24	1	0.73	0.50	12.03	0.4	0.00	4.81	4.81	
支墩 A	280	1.5	0	0.75	92.32	45	70.66	35	18	2.89	2.16	0.6	24	1	0.73	0.40	9.63	0.4	0.00	3.85	3.85	
支墩 C	280						0	35	18	2.89	2.16	0.75	24	0.75	0.73	0.36	8.75	0.4	0.00	3.50	3.50	
支墩 F	450						0	35	18	3.28	1.78	3	24	0.5	1.5	1.77	42.55	0.4	754.73	17.02	771.75	43.11

5 软件模拟及验证

对以上满足水平弯头受力要求的混凝土支墩模拟受力分析,进一步验证支墩抗压强度是否满足要求。模拟软件采用Solidworks,建模数据采用“支墩试算表2”的数据以及C20混凝土的张力强度、屈服强度等技术参数。模拟验证结果如图7、图8、图9所示。

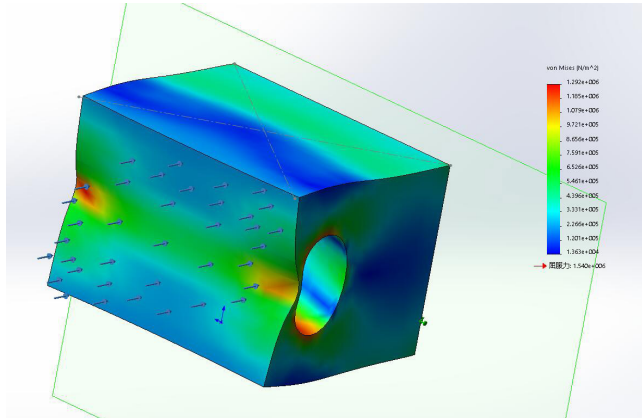


图7 支墩E强度模拟图

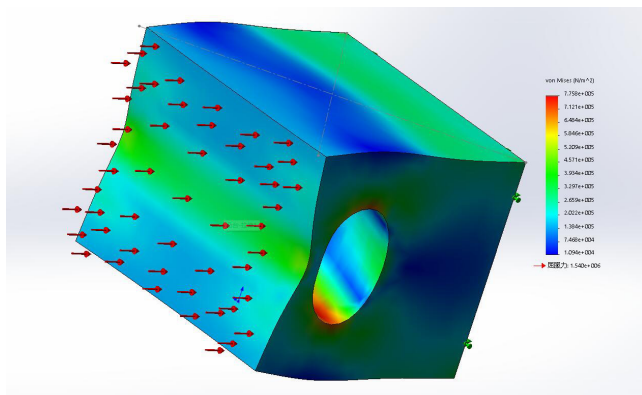


图8 支墩D强度模拟图

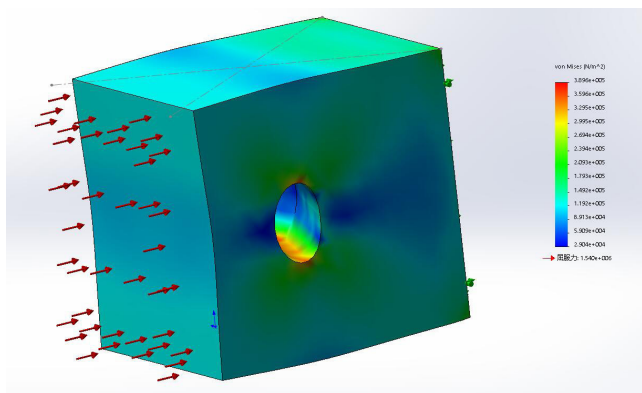


图9 支墩B强度模拟图

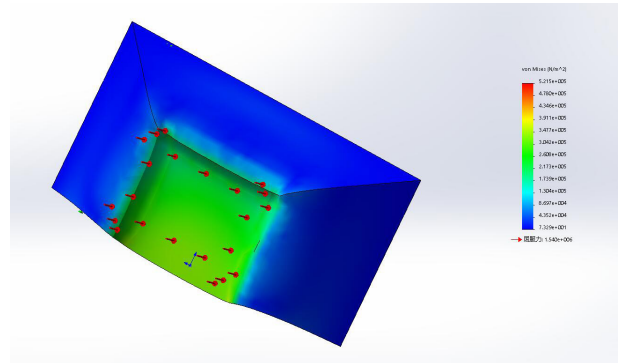


图10 支墩F强度模拟图

以上支墩强度模拟结果满足要求。

6 结语

(1) 现行设计规范及标准图集的支墩设计未考虑在并行相邻柔性接口给水管道水平弯头处的应用,存在一定的局限性。在采用以上结构设计及计算优化后更适用于工程实际。

(2) 支墩结构的强度设计需要充分考虑大落差柔性接口给水管道水平弯头处可能产生的水锤,以免在产生水锤的最不利点受力计算不足造成接头处漏水。

(3) 以上的结构设计及计算优化方案在工程实际中简单快捷、思路清晰、适用性强。

(4) 根据支墩试算表1、支墩试算表2分析稳定管道的支墩提供的水平推力主要来自于最外侧支墩的被动土压力,因此在支墩结构设计时应在满足支墩强度要求的前提下可适当将内侧支墩结构尺寸减小,将最外侧管道支墩的靠背截面尺寸加大,以适应现场条件及安全需求。

(5) 根据软件受力模拟分析,支墩内部受力主要来自于各支墩之间的挤压,应力主要集中在包裹管道的上下保护层部分,因此需适当加厚管道支墩上下保护层的厚度。

(6) 采用以上优化思路不仅满足管道运行安全要求,并且方便拆卸维修,适应发展需要。

参考文献

- [1] 给排水设计手册第三版第3册城镇给水 / 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司主编(第三版)[M]. 北京:中国工业出版社,2016.
- [2] 国家建筑标准设计图集柔性接口给水管道支墩 10S505/ 中国建筑标准设计研究院组织编制[M]. 北京:中国计划出版社,2010.
- [3] 给水排水结构设计手册 / 《给水排水结构设计手册》编委会编(第二版)[M]. 北京:中国工业出版社,2006.