

包钢加固管道支架的整体性能分析

郝聪,魏翠玲

(河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:考虑加固后的管道支架参与整体受力,采用有限元软件对加固管架进行整体模拟,对比分析采用外包钢加固管道支架单片平面框架计算模型和采用相同结构特征的整体计算模型的承载力值。分析表明:管道参与整体受力,加固后的管道支架整体受力比单片平面框架计算值较小,且靠近固定管架的加固支架差值较大,可适当减小该处加固型钢截面,以减少用钢量。

关键词:外包钢;支架;有限元;承载力

中图分类号:TU398.9

文献标识码:A

Whole performance analysis of steel - encased pipe racks

HAO Cong , WEI Cui - ling

(College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: Considering that the reinforced pipe rack participates in the overall force, the overall reinforcement pipe rack was simulated by using the finite element software, the bearing capacity of the model of monolithic plane frame and the overall calculation model using the same structural characteristics were analyzed. The results showed pipeline involved in the overall force, the overall support force value of reinforced pipe was smaller than the monolithic planar frame calculation, and the difference value of reinforced rack closer to fixed tube frame was small. In order to reduce the amount of steel, we may reduce appropriately its reinforcement steel sections.

Key words: steel - encase; pipe racks; the finite element; the support force

管道支架作为冶金、化工等行业输送生产材料的重要结构形式,越来越多的接近或者超过其使用年限,对不满足承载力要求的管道支架应及时进行加固处理^[1-2]。目前对加固后管道支架的研究大都基于单片支架结构,范涛等^[1-2]从理论上及有限元模拟方面对包钢加固钢筋混凝土梁柱进行了受力性能和破坏机理分析,而相关研究发现,非结构构件对结构承载力也有影响,李永双^[6]将设备等非结构构件与建筑结构两者组装成整体模型,考虑结构与设备的相互作用的计算理论更接近实际结构的受力情况。

本文通过利用有限元软件 sap2000 对某环能

部外包钢加固后二加压管道支架进行有限元分析,建立了相应的有限元模型,比较了加固后支架单片计算和整体计算的承载力情况,为管架加固设计提供参考依据。

1 工程概况

管道支架的形式多种多样,在此选用应用比较广泛的刚性管架,该管架为双层钢筋混凝土管道支架,上下两层支架梁上都铺设多根管道,支架具体各项资料见表1,各管道横断面如图1所示,2号管道为主动管,管道跨距为7 m,工艺提交变形为 $\Delta_x = 72$ mm。

表 1 加固支架各项设计资料
Tab.1 Design information of reinforced rack

序号	安全等级	内容
1	结构材料	梁与柱经现场检测,混凝土强度等级为 C20 受力钢筋采用 HRB335 级钢筋,构造钢筋采用 HPB235 级钢筋;
2	结构尺寸及配筋	梁:250 mm × 400 mm,上下均为 2 14,箍筋为 Φ6@250 柱:400 mm × 250 mm,6 16,Φ6@250
3	自然条件	基本风压: $w_0 = 0.4 \text{ kN/m}^2$ 抗震设防烈度为 8°,设计基本地震加速度为 0.20g, 地震分组为第二组,Ⅱ类场地,系统管道支架抗震设防类别为丙类。

通过对该管道支架系统进行可靠性评测,发现其由于腐蚀或增加管道等原因,已不能符合相关规范^[7]要求,需要对该管道支架进行加固处理。该工程采用湿式外包钢加固处理,对梁柱均采用 4 L75 × 5 角钢加固,缀板均采用 40 mm × 4 mm,间距均为 200 mm,包钢加固支架示意图见图 2。

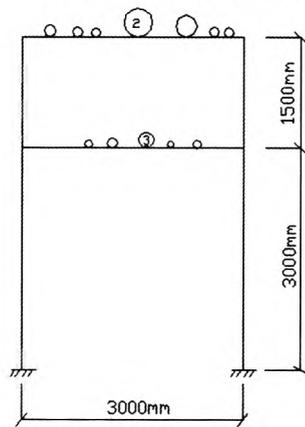


图1 管道横断面图

Fig.1 The pipe cross sectional view

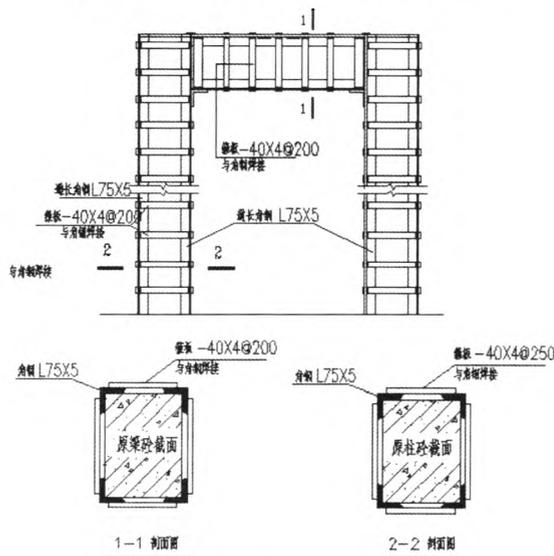


图2 包钢加固支架示意图

Fig.2 The schematic diagram of steel-encased pipe racks

2 基于结构的承载力计算

加固后管道支架在进行承载力计算分析时采用单片支架模型,模型中梁与柱连接假定为刚性连接,基础与柱连接为固接。加固管道支架在进行内力计算时,平面内采用单片平面框架计算模型,平面外按下端固定、上端自由的受弯构件进行分析。加固支架梁按两端固定计算水平推力作用下构件的平面外扭矩,平面外弯矩则按两端简支进行计算。计算时忽略管道的管线温度荷载以及两端补偿器弹力,纵向水平荷载根据各个活动管道支架的区别分别计算管道摩擦力和加固管道支架位移反弹力后施加。为对比分析中避免其他因素引起的误差,在此采用 sap2000 软件对整体计算模型进行建模分析。

包钢加固支架的计算荷载除了考虑原设计荷载外,对于加固所用角钢和扁钢箍的自重设计值,以及加固焊接型钢后其表面水泥砂浆保护层的自重也应考虑在内。内力计算时按未加固管架计算简图进行计算。原管道支架结构设计时,采用标准值作为荷载的基本代表值,管道荷载由相应的工艺设计方提供并按荷载标准值加以考虑。对于加固管道支架平面内的风荷载,分别对管道和支架两部分进行计算,支架计算风荷载忽略包钢加固对截面的影响。由于铺设管道直径不同,在计算其风荷载时要考虑不同管道之间以及上下层之间的相互影响,通过查询计算手册上相应表格进行确定。根据上述内容和实际工程的适当简化,对包钢加固后的管道支架进行计算荷载统计,具体数值见表 2。

根据荷载计算结果,对包钢加固后管道支架施加的荷载作用简图如图 3。根据荷载作用对加固后管道支架进行结构内力计算,内力计算结果详见表 3。

表2 管道支架荷载计算汇总表
Tab.2 Summary table of the pipe racks load calculation

项目	内容	实际计算的荷载值	
垂直荷载	恒荷载	1)管道及其管道附件等	上层梁:8.747 kN/m 下层梁:6.613 kN/m
		2)管架自重	上层梁:2.5 kN/m 下层梁:2.5 kN/m
		3)加固所用角钢和扁钢箍自重	上层梁:0.32 kN/m 下层梁:0.32 kN/m
水平荷载	纵向	1)管道补偿器弹力	$p_2 = 12.46 \text{ kN}; p_3 = 5.13 \text{ kN}$
		2)活动管道支架管道摩擦力	梁: $P_{m上} = 1.21 \text{ kN/m}; P_{m下} = 0.82 \text{ kN/m}$ 柱: $P_{m上} = 0.95 \text{ kN/m}; P_{m下} = 0.72 \text{ kN/m}$
	横向	1)风荷载	管道: $w_{k上} = 1.9 \text{ kN}; w_{k下} = 1.22 \text{ kN}$ 管架: $w_{k上} = 0.39 \text{ kN}; w_{k下} = 1.95 \text{ kN}$

表3 加固后基于管道支架结构的构件内力
Tab.3 The structure internal force of steel - encased pipe racks

构件	平面内弯矩 /(kN·m)	平面内轴力 /kN	平面内剪力 /kN	平面外弯矩 /(kN·m)	平面外剪力 /kN
Z1	-8.4	43.1	3.82	11.6	3.01
Z2	-6.5	49	2.78	11.6	3.01
L1	7.04	-9.1	-19.2	1.11	1.48
L2	8.84	-5.7	-18.6	1.63	2.18

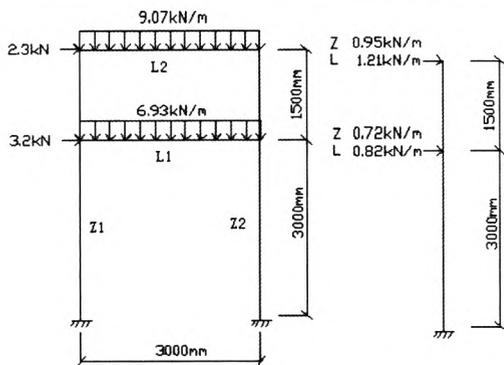


图3 荷载作用简图

Fig.3 The schematic diagram of loads

3 加固管道支架系统的整体承载力计算

在对包钢加固后的管道支架进行整体计算时,选取管道支架系统中两补偿器之间的区段为一个整体计算单元。模型中加固管道支架结构的梁、柱采用框架线单元,包钢加固后的混凝土梁柱截面采用 sap2000 软件内置截面设计器进行设计,管道则采用与工艺设计要求相同的标准型钢的框架线单元。考虑管道与支架梁之间存在的摩擦力,我们通过绘制两点间的摩擦摆隔振连接单元对管道与加固支架梁模拟连接,管道支架上的节点与加固支架梁通过梁束缚约束。管道附件及管

道内衬等竖向荷载通过等效均布荷载布置于管道支架梁上。在此忽略管道间的相互之间影响,对风荷载采用转换计算后布置于梁柱上。管道两端进行补偿器弹力的布置时应以配管专业提供的荷载为准。进行整体计算单元建立的模型如图4所示。

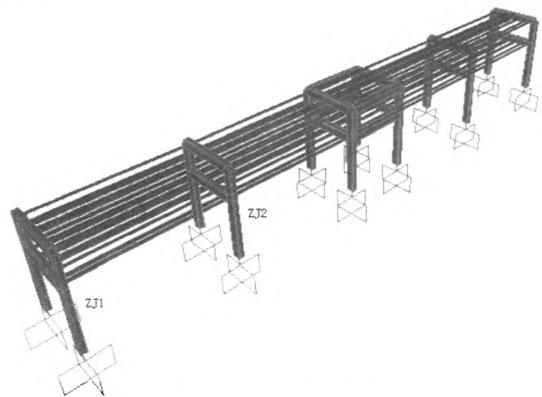


图4 整体计算模型图

Fig.4 The model diagram of overall calculation

对于加固后管道支架在考虑管道参与整体受力后的计算结果如表4所示。

从表3和表4中可以看出,采用整体建模对加固管道支架进行内力分析所得到的数值,根据不同位置的管道支架其各自的内力变换也不一样。

表4 加固后管道支架基于整体计算的构件内力

Tab.4 The internal force of steel - encased pipe racks by overall calculation

构件	平面内弯矩 /(kN·m)	平面内轴力 /kN	平面内剪力 /kN	平面外弯矩 /(kN·m)	平面外剪力 /kN
ZJ1 - Z1	-8.82	41.2	4.78	10.26	3.66
ZJ1 - Z2	-6.91	46.5	3.9	10.26	3.66
ZJ1 - L1	7.14	-	-17.9	1.11	0.97
ZJ1 - L2	8.64	-	-16.5	1.52	1.67
ZJ2 - Z1	-5.2	29.3	2.7	6.64	2.25
ZJ2 - Z2	-4.1	31.1	1.82	6.64	2.25
ZJ2 - L1	7.11	-	-13.1	0.89	0.85
ZJ2 - L2	8.23	-	-15.9	1.44	1.73

对于ZJ1和ZJ2的各项内力,支架柱平面外弯矩均有所降低,但是降低幅度不同,ZJ1降低约11.5%,ZJ2降低约42.7%,而支架柱的轴力值变化较小,说明管道对竖向荷载作用影响较小,而加固后固定管道支架的刚度比其他的支架刚度较大,管道整体计算对距离固定管道支架较近的支架的水平作用影响较大,通过管道的协同作用使得管架的水平荷载更多的分布于固定管道支架,主要因为管道参与加固后支架整体计算时,固定管道支架通过管道分担了部分相邻单片管架所承受的荷载,使得其周围的活动管架受力小于传统的基于结构单片平面框架的计算方法,该处若按单体计算的内力值进行加固处理,将造成不必要的浪费。

通过对比分析采用单片平面框架计算模型和采用相同结构特征的整体计算模型的外包钢加固管道支架的承载力值,可以得知采用整体计算方法更接近实际情况,但是整体计算时,管道对加固支架的约束以及管道参与系数等比较难得到。原管道支架由于破损、腐蚀等原因,其混凝土强度及构件承载力会有相应的折减,并且不同部位的折减情况也不尽相同,加固后各个支架的刚度差异对整体刚度也是有影响的。

4 结论

管道在实际管道系统中不只是输送介质,其

在整个管道支架系统参与整体受力,加固后的管道支架整体受力比单片平面框架计算值较小,且靠近固定管架的加固支架内力相对其他位置的支架内力较小,即可适当减少该类管道支架的加固型钢截面,从而减少用钢量。

参考文献:

- [1] 李秋英,刘丽丽,董宏伟. 湿式外包钢法加固RC-L形柱的有限元仿真分析[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2010, 27(2): 19-21.
- [2] 刘庆刚,于新奇,彭培英. 均匀腐蚀下管道可靠度及参数敏感度研究[J]. 河北科技大学学报, 2012, 33(1): 44-47.
- [3] 高永辉. 预应力混凝土连续梁桥管道摩阻实验[J]. 黑龙江科技学院学报, 2011, 21(3): 66-69.
- [4] 范涛. 外包钢加固钢筋混凝土构件的计算及有限元分析[D]. 成都:西南交通大学, 2006.
- [5] 赵海凤. 湿式外包钢柱轴心受压承载力计算及其可靠度分析[D]. 武汉:武汉大学, 2005.
- [6] 李永双,刘春明,李楚舒. 复杂工业建筑中结构与设备整体计算分析[J]. 建筑结构, 2006, 6(增刊): 72-75.
- [7] GB50009-2012, 建筑结构荷载规范[S].

(责任编辑 马立)