

Analysis of Influence of Constraints on Seismic Effect of Suspension Pipes of Continuous Beam Bridge

Yuxuan Fu, Zhongquan Zou

Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan
Email: fyx14313@126.com

Received: Jun. 25th, 2018; accepted: Jul. 11th, 2018; published: Jul. 19th, 2018

Abstract

This paper analyzes whether or not the lateral hanger is set under the action of earthquake by using the Midas finite element time history analysis software. Limiting the lateral restraint is much less than the seismic effect of the hangers in the case of unconstrained lateral restraints. Properly setting the lateral restraint is of great significance for the piping support and hanger.

Keywords

Earthquake Effect, Midas, Time History Analysis, The Piping Support and Hanger

约束条件对连续梁桥支吊架管道地震影响分析

付钰轩, 邹中权

湖南科技大学, 湖南 湘潭
Email: fyx14313@126.com

收稿日期: 2018年6月25日; 录用日期: 2018年7月11日; 发布日期: 2018年7月19日

摘要

本文通过Midas有限元时程分析软件在地震作用下支吊架是否设置横向约束进行对比分析, 限制横向约束比未限制横向约束情况下支吊架管道的地震作用影响要小许多, 合理地设置横向约束对于附属支吊架管道抵抗地震作用有着重要意义。

关键词

地震作用, Midas, 时程分析, 支吊架管道

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

连续梁桥支吊架管道虽然仅仅是建筑物的附属部分, 但是, 其在地震中带来的影响却不能被忽视, 在以往的城市桥梁支吊架管道设计中, 通常都是只着重考虑了一般的工况荷载效应, 对地震荷载效应考虑甚少。在我国绝大多数的主体桥梁与附属结构支吊架管道相比, 地震作用下, 附属结构破坏的可能在主体结构未破坏前就提前破坏, 为了防止地震作用下桥梁附属结构支吊架管道的破坏, 研究其在地震作用下的动力特性非常重要[1] [2] [3] [4], 国内外学者对管道系统抗震取得了一些成果, Filiatrault 等[5]通过考虑管道泄漏和开裂两种损伤状态建立了管道系统的易损性曲线, Arash [6]在大学的大型试验室里对管道系统进行了一系列的振动台试验研究, 在试验研究之前, 他还利用 SAP2000 对管道系统进行参数分析, 并结合实际管道情况, 建立了简化计算模型, 通过其分析可知, 管道系统的抗震约束会起到部分约束效果来约束其位移响应, 总体上对其加速度的影响不是特别大。近期, 国家地震局和国内相关的技术公司联合试验了抗震支吊架与承重吊架的振动台试验对比的研究, 通过试验与模型理论分析得出了抗震支吊架相对一般承重支吊架能够更多地提供抗震防护作用等一些抗震的相关结论。

总结国内外研究现状, 发现对桥梁附属结构支吊架管道分析研究的还较少, 通过改变支吊架管道系统的固有频率, 例如改变支吊架管道系统的约束条件提高支吊架管道系统刚度来减小地震作用对支吊架管道的影响。

2. 模型概况

40 + 56 + 40 m 连续梁桥侧下方随桥敷设支吊架管道, 支吊架用 C10 槽钢简化代替, 支吊架通过受拉对管道起吊吊作用, 主体桥梁的阻尼比取 0.05, 附属支吊架管道系统取 0.02; 管道的外径 300 mm, 壁厚 8 mm, 管道材料为 Q235, 支吊架高度为 0.7 m, 支吊架管道总长度 136 m, 支吊架 6 m 布置一个, 总共 24 个, 桥梁跨中间布置间距为 4 m, 桥边跨支吊架为三平动方向约束, 对比不同的支吊架约束分析情况为:

1) 支吊架仅受竖向约束;

2) 桥中跨管道位置、桥边跨管道位置、边跨 1/2 管道位置、边跨 3/4 管道位置、中墩管道位置以及桥跨中管道位置支吊架为限制横向和竖向约束, 其他位置支吊架限制竖向约束(图 1, 图 2)。

3. 支吊架管道系统动力特性分析

改变支吊架的约束情况, 分析两种不同约束情况支吊架管道系统不同模态下的固有频率, 如表 1。

通过改变支吊架约束条件, 支吊架管道系统的固有频率有所变化, 限制横向约束与未限制横向约束的支吊架管道系统比较, 其限制横向约束的固有频率整体有所提高, 这是因为通过增加管道约束提高了支吊架管道系统的刚度。刚度与系统振动频率成正比, 所以设置横向约束, 其固有频率有所增大。

以下列出支吊架管道前 6 阶自振模态约束与未约束条件下对比振型图(a)~(f)。

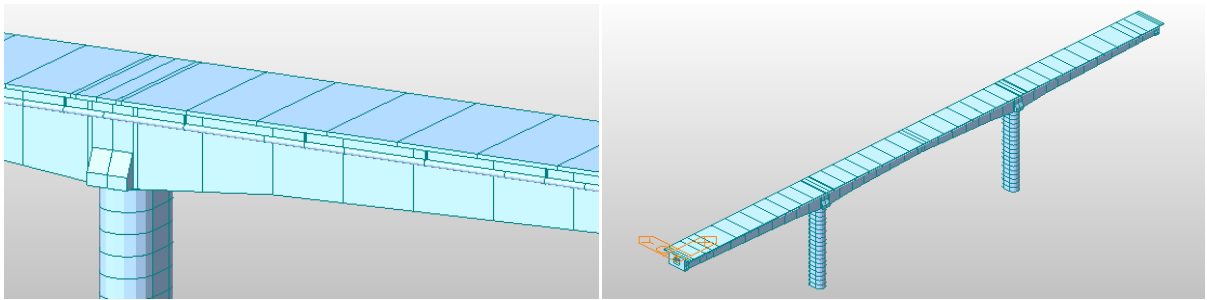


Figure 1. The continuous modeling of pipe bridge models
图 1. 连续梁桥支吊架管道整体模型

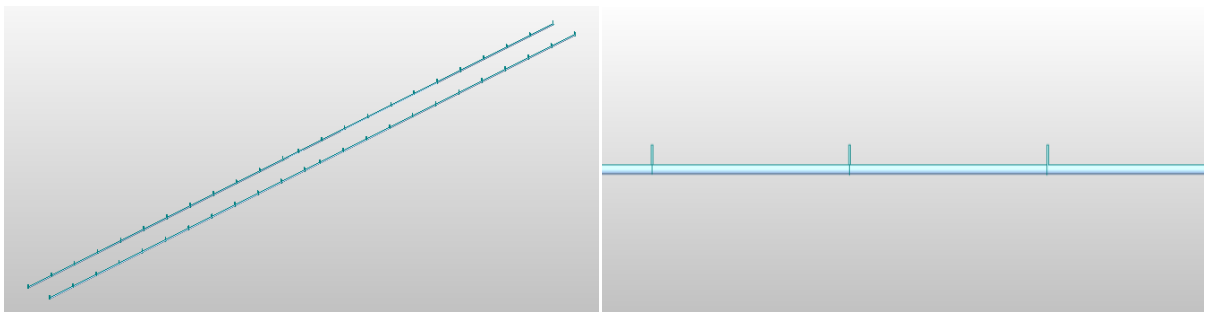


Figure 2. The pipeline of Continuous beam bridge part model
图 2. 支吊架管道系统局部模型

Table 1. Hanger pipe system natural frequency
表 1. 支吊架管道系统固有频率(Hz)

模态阶次	未限制横向约束	限制横向约束
1	0.554	0.555
2	0.555	1.303
3	0.577	1.493
4	0.582	1.557
5	0.626	2.279
6	0.638	3.326
7	0.733	3.733
8	0.744	3.929
9	0.905	4.238
10	0.944	4.256

从图 3 可以分析得到, (a)为纵向平移, 由于两个体系的纵向约束没有变化, 管道纵向模态没有变化; (b)~(f)可以看出限制横向约束条件的支吊架管道体系的弯曲特点较未约束的管道体系的摆动波形数增加, 总体来说, 横向约束比未限制横向约束支吊架管道系统的频率大、振型分布分散以及横向刚度大。

4. 连续梁桥支吊架管道时程分析

支吊架通过输入宁河天津波, 以 220 cm/s^2 水平 Y 向的加速度地震作用来得到支吊架管道的地震响应分析, 取支吊架与管道相连位置的几个关键节点(取桥梁边跨位置、桥梁 1/2 边跨位置桥梁、3/4 边跨位置、

桥梁中墩位置以及桥梁中跨位置支吊架与管道连接处)进行分析, 如图 4~图 7 所示。

从图 Midas 分析结果可以得到, 仅受竖向约束的支吊架管道在中跨位置的加速度与位移相较于其他位置的加速度与位移有相当大的突变, 这是因为中跨位置也是主体连续梁桥加速度反应最大的位置, 支吊架管道附属在桥梁上受到主体桥梁情况的影响, 未限制横向约束的中跨位置支吊架管道的加速度是

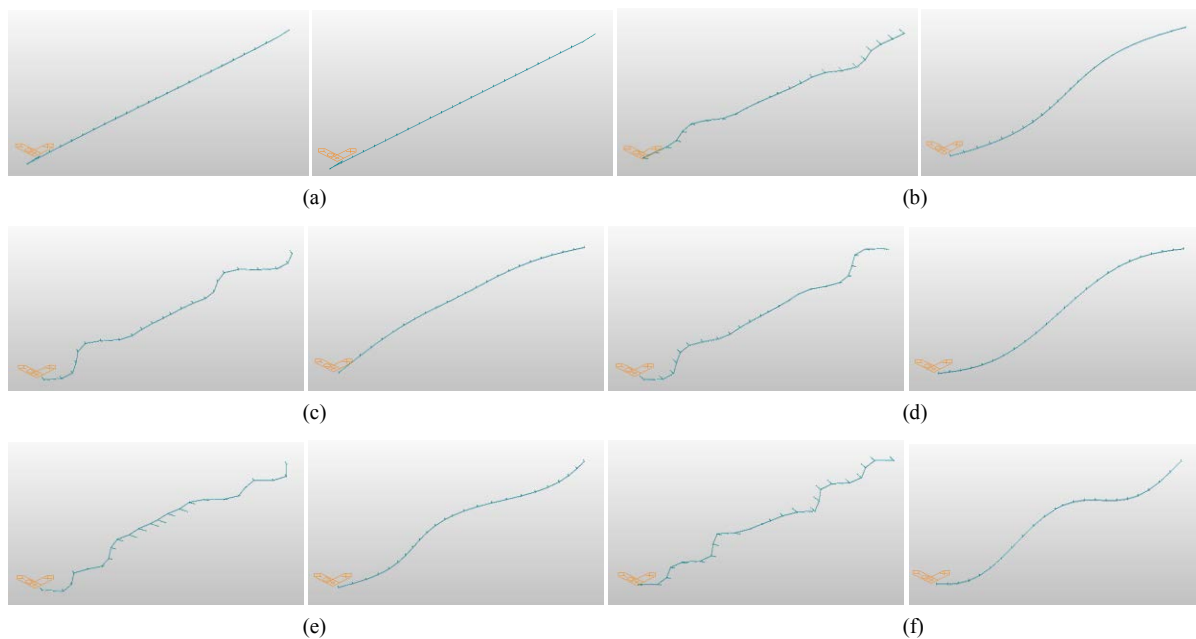


Figure 3. Contrast and unconstrained vibration mode diagrams of hanger piping system
图 3. 支吊架管道系统约束与未约束条件下对比振型图

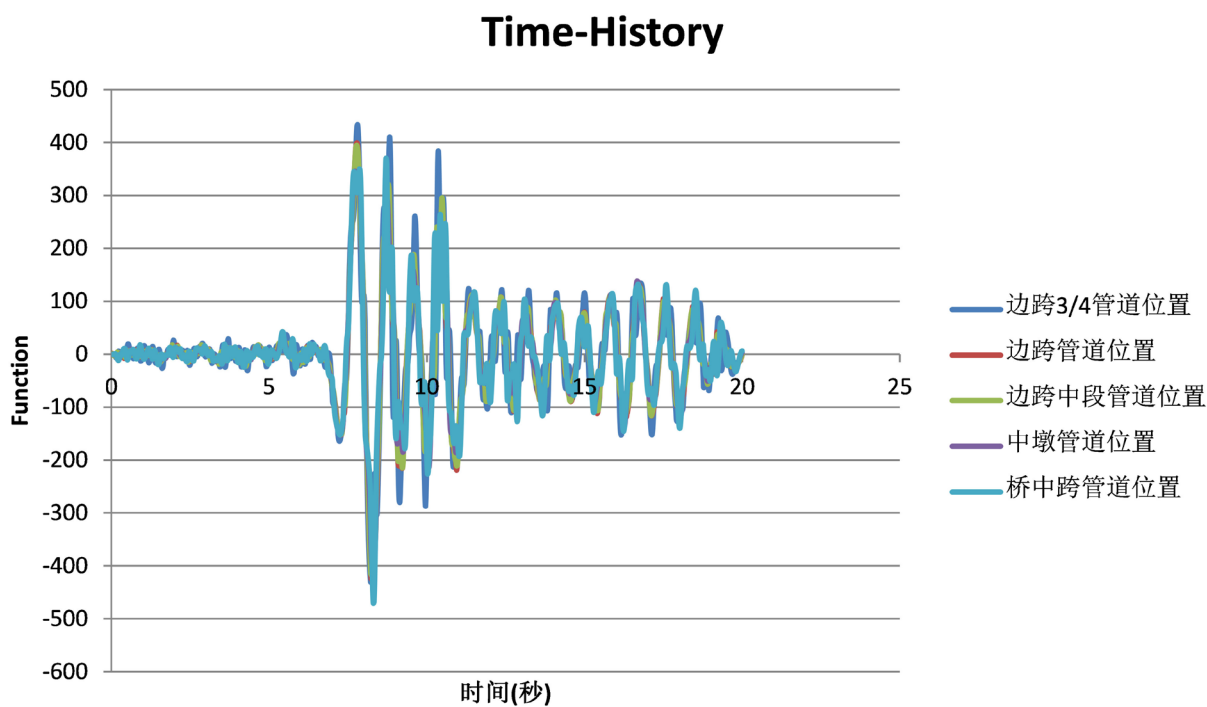


Figure 4. Five acceleration response curves of pipes for hangers with restricted constraints (220 cm/s^2)
图 4. 宁河天津波 220 cm/s^2 限制约束条件的支吊架管道五处位置加速度反应曲线

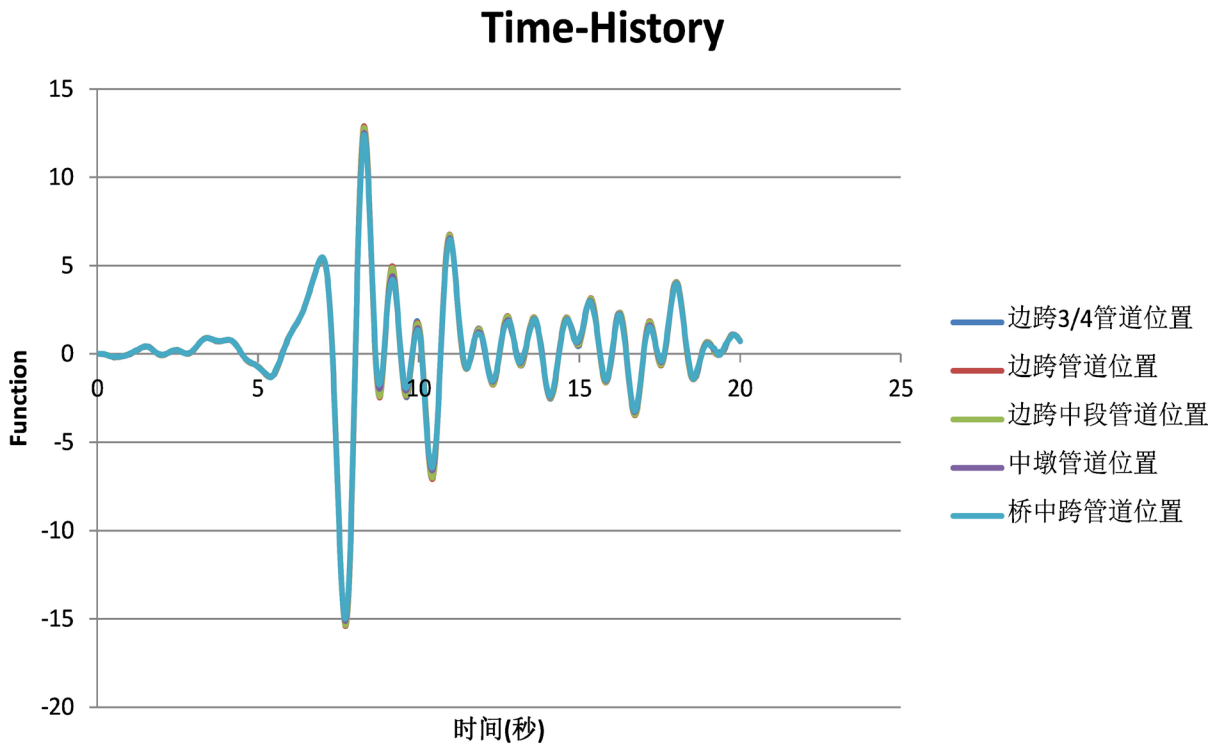


Figure 5. Five displacement response curves of pipes for hangers with restricted constraints (220 cm/s^2)
图 5. 宁河天津波 220 cm/s^2 限制约束条件的支吊架管道五处位置位移反应曲线

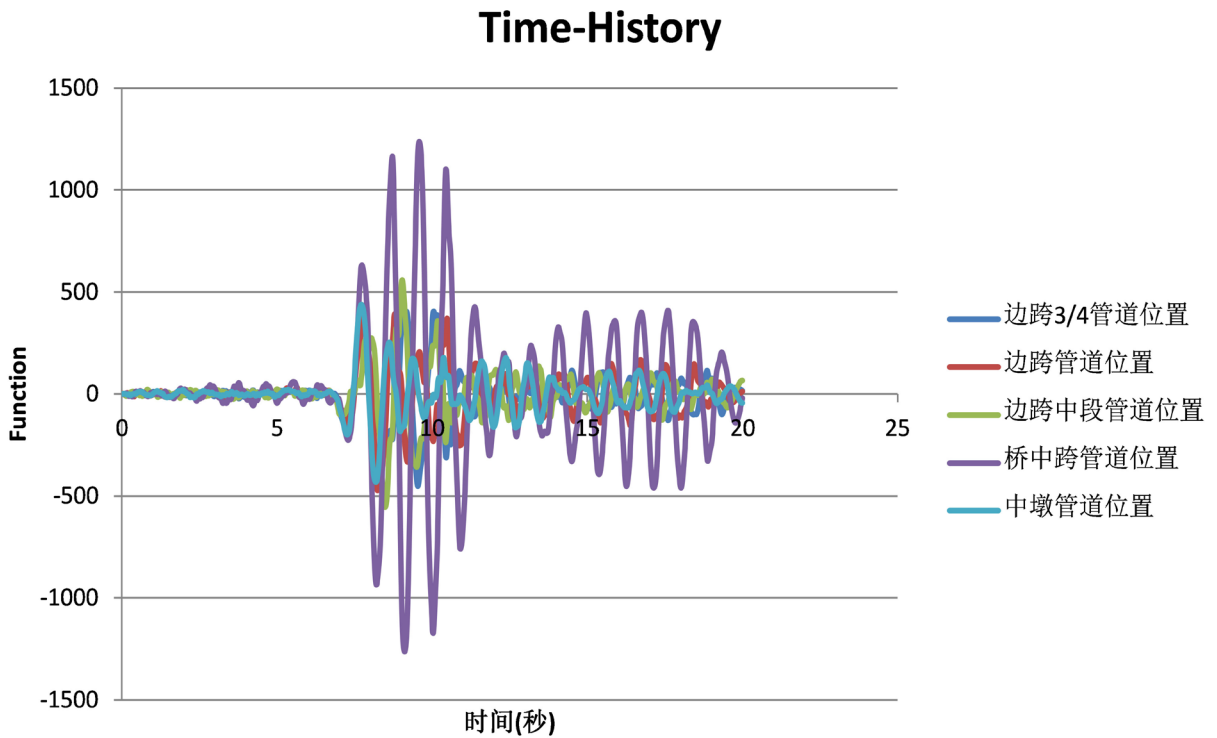


Figure 6. Five acceleration response curves of pipes for hangers without restricted constraints (220 cm/s^2)
图 6. 宁河天津波 220 cm/s^2 未限制约束条件的支吊架管道五处位置加速度反应曲线

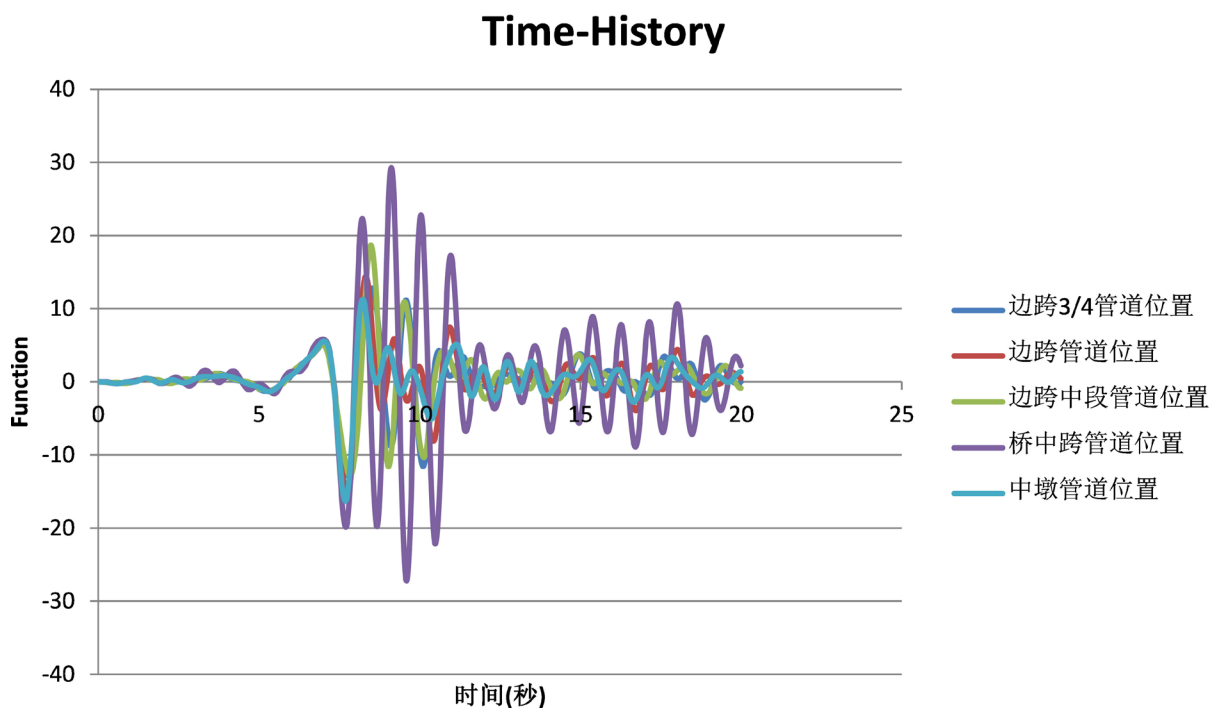


Figure 7. Five displacement response curves of pipes for hangers without restricted constraints (220 cm/s^2)

图 7. 宁河天津波 220 cm/s^2 未限制约束条件的支吊架管道五处位置位移反应曲线

限制横向约束的加速度的 2.5 倍, 未限制横向约束的中跨位置支吊架管道的位移是限制横向约束的位移的 2 倍。

通过比较支吊架管道弯矩的动内力系数以及应力情况, 可以从表 2 得出支吊架与管道的地震效应的相关结论。

从表 2 能够看出, 未限制横向约束的管道弯矩动内力系数特征是从边跨增加到边跨 3/4 位置附近, 然后减少到中跨位置, 整体呈倒 V 型分布, 而限制横向约束的管道弯矩动内力系数特征是从边跨增加到边跨 1/2 位置, 然后减小至边跨 3/4 位置附近, 再增加至中墩位置又减小至中跨位置, 整体呈 M 型分布。

从表 3 能够看出, 未限制横向约束的管道应力特征是从边跨至中跨管道的应力逐渐增大, 而限制了横向约束的管道应力特征是从边跨至中跨管道的应力逐渐减小; 从整体上看, 合理的设置支吊架约束形式, 对管道各个位置的应力有着重要的影响。

表 4 可以得出, 地震荷载作用下, 最大应力支吊架在边跨 1/2 位置处, 这是因为支吊架系统的边界约束条件的改变, 与未限制横向约束支吊架的应力在中跨位置情况不同, 通过设置限制横向约束的管道支吊架使得桥梁的各支吊架应力分布情况发生变化, 从反应最大的中跨转移到较小的边跨 1/2 位置处, 减小了管道在地震作用下的加速度与位移。设置支吊架约束的方式有很多, 虽然本文的对支吊架限制约束的方法并非最合理, 但是通过综合布置后, 设置横向约束的支吊架管道相较之未设置横向约束支吊架管道的抗震性能提高了许多, 为后续研究桥梁支吊架管道人员提供相关依据。

以上数据可以得出桥梁支吊架的应力情况需要重点分析点在桥梁边跨和中跨位置处, 桥梁管道的弯矩情况需要重点分析点在支吊架与管道连接处和两两支吊架中间位置处。设置横向约束相较未设置横向约束, 其管道的弯矩动力系数以及管道与支吊架的应力都有明显的降低。管道支吊架系统合理的约束布置有利于减小地震作用对附属支吊架管道系统的地震影响。

Table 2. Dynamic moment coefficient of moment
表 2. 弯矩的动内力系数

支吊架约束	边跨位置	边跨 1/2 位置	边跨 3/4 位置	中墩位置	中跨位置
未限制横向约束	-0.028	-0.167	-0.7	0.47	0.128
限制横向约束	-0.014	-0.062	-0.011	-0.043	0.013

Table 3. Stress at different locations of the pipeline under earthquake (Mpa)
表 3. 地震作用下管道不同位置的应力(Mpa)

支吊架约束	边跨位置	边跨 1/2 位置	边跨 3/4 位置	中墩位置	中跨位置
未限制横向约束	17.4	26	28.7	18.3	34.5
限制横向约束	12.9	7	2.8	2.1	2.9

Table 4. Stress of different positions of support and hanger under earthquake (Mpa)
表 4. 地震作用下支吊架不同位置的应力(Mpa)

支吊架约束	边跨位置	边跨 1/2 位置	边跨 3/4 位置	中墩位置	中跨位置
未限制横向约束	35.1	25.5	24.2	10.8	41.7
限制横向约束	28.3	43.1	0.6	17.0	27.8

5. 结论

管道支吊架的约束类型影响着支吊架管道的受力状态, 支吊架管道的最大应力值、应力分布状态以及弯矩动内力系数等。

通常情况下, 连续梁桥支吊架普遍只是采用了仅限制竖向位移的刚性支吊架, 来满足管道的自重荷载要求。而在某些地震作用下, 这种单纯的承重支撑系统, 完全不能承受地震作用。通过合理地设置限制支吊架管道的横向约束, 可以大大地提高支吊架管道的抗震性能, 以及管道的安全性, 在一些非强震区合理地设置支吊架约束, 能够减少抗震相关的经济成本, 降低地震作用带来的危害。

参考文献

- [1] 刘国印, 张兰青. 管道支吊架设计及注意事项[J]. 价值工程, 2010, 29(19): 83-84.
- [2] 张茂盛. 工业系统管道支架的整体分析[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州理工大学, 2011.
- [3] 蔡尔辅. 石油化工管线设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 1986.
- [4] 简明动力管道手册编写组. 简明动力管道手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [5] Zaghi, A.E., Maragakis, E.M., Itani, A., *et al.* (2012) Experimental and Analytical Studies of Hospital Piping Assemblies Subjected to Seismic Loading. *Earthquake Spectra*, **28**, 367-384. <https://doi.org/10.1193/1.3672911>
- [6] Filiatrault, A., Mosqueda, G., Retamales, R., *et al.* (2010) Experimental Seismic Fragility of Steel Studded Gypsum Partition Walls and Fire Sprinkler Piping Sub-Systems. In: Senapathi, S., Casey, K. and Hoyt, M., Eds., *Structures Congress 2010*, ASCE, Reston, Virginia, 2633-2644.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3458，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org