

## 某独塔斜拉桥抗震结构体系与阻尼参数选取

黄 军, 冯继菊

林同棻国际工程咨询(中国)有限公司 广东广州

**【摘要】**国内独塔斜拉桥较多采用墩塔梁固结体系,较少采用半漂浮体系设计。本文基于某特大桥进行独塔半漂浮体系斜拉桥的结构体系分析和抗震分析研究,通过建立三维有限元模型进行非线性时程分析,寻找最优阻尼参数,给出约束体系分析结果以供参考。

**【关键词】**独塔斜拉桥; 半漂浮体系; 抗震; 阻尼参数

### Seismic structure system and damping parameter selection of a single-pylon cable-stayed bridge

Jun Huang, Jiju Feng

Lin Tylin International Engineering Consulting (China) Co., LTD. Guangzhou, Guangdong

**【Abstract】**The consolidation system of pier tower beam is widely used in single-ylon cable-stayed bridges, and semi-floating systems are rarely constructed in China. In this paper, the structural system analysis and seismic analysis of the single tower semi floating cable-stayed bridge are carried out based on the Yangjiang port extra large bridge. The nonlinear time history analysis is carried out through the three-dimensional finite element model to find the optimal damping parameters, and the analysis results of the restraint system are given for reference.

**【Keywords】** single pylon cable-stayed bridge, semi-floating system, anti-seismic, damping parameters

#### 1 工程概况

某特大桥为主跨 255+255=510m 独塔斜拉桥,桥梁为无辅助墩的双跨结构,结构体系采用半漂浮体系。主梁采用整体式单箱钢箱梁,梁高 3.5m。主梁宽度采用 1.81m(风嘴)+1.35 m(拉索区)+0.5 m(防撞栏)+3.0 m(硬路肩)+12.0 m(行车道)+1.5(中央分隔带),总宽 38.82m,如图 1。主塔为 H 形塔柱,采用钢-混混合结构体系。桥塔下塔柱采用混凝土塔柱,上塔柱采用等截面矩形带凹角钢塔柱,截面长度为 5m×6.8m。斜拉索采用平行钢丝绳。主塔基础采用承台下接桩基础设计。承台为哑铃型结构,长宽高为 52.7m×24.5m×8m。主塔承台下设 38 根直径为 2.8m 钻孔钢管复合灌注桩。

#### 2 主桥有限元模型计算分析

采用 Midas Civil 软件对主桥进行建模,建立三维有限元模型,整体结构分析模型采用空间杆系有限元模型进行计算,主梁构件以梁单元进行模拟,有限元模型见图 2 所示。本桥地处地震断裂带区域,E2 地震动峰值加速度达到 0.7439g,地震计算采用 50 年超越概率 2%时程波数据,见图 3。

#### 3 约束体系对比分析

半漂浮体系即主梁在桥塔处采用竖向支承,主梁竖向转动不受约束。其中又可分为有无纵向水平约束和横向水平约束。为限制主梁在横向风载作用下横向位移,一般在主塔和边墩处设置横向水平约束。纵向水平约束可根据结构体系实际情况进行设计。本文对大桥进行了约束体系计算分析对比。

在主塔处设置纵横向约束固定支座情况下,地震工况下支座纵向水平反力为 66670KN,横向水平反力为 102100KN,远超常规支座设计水平反力。因此考虑支座在地震工况下水平约束剪坏后可滑动。在不增设阻尼器作用下,地震工况下主梁纵向最大位移为 1147mm,横向最大位移为 787mm。为限制主梁位移,主塔处纵横向均设阻尼器。增设阻尼器后,地震工况下主梁纵向最大位移为 284mm,横向最大位移为 232mm,位移明显减小。为防止伸缩缝破坏,过渡墩处设置横向抗风支座,同时可抵抗横向地震力,约束地震作用下主梁横向位移。

#### 4 阻尼参数分析

阻尼器两个控制参数分别为阻尼系数和速度指

数。根据桥梁用粘滞流体阻尼器规范, 液体粘滞阻尼器理论阻尼力 ( $F_{th}$ ) 与运动速度 ( $v$ ) 的关系按式 (1) 计算。

$$F_{th} = |v|^{\alpha} \text{sign}(v) \quad (1)$$

式中  $F_{th}$  为理论阻尼力,  $\alpha$  为速度指数 (通常取 0.2~1),  $v$  为运动速度。当参考速度取 1 时:

$$F_{th} = |v|^{\alpha} \text{sign}(v) = C_d |v|^{\alpha} \cdot C_d$$

为阻尼系数。本桥选用常规液体粘滞阻尼器, 在主塔纵向和横向、过渡墩纵向处设置阻尼器。通过试算对比选取合适的阻尼参数, 分别取阻尼系数为 2000KN、5000KN、8000KN、10000KN, 速度指数为 0.3、0.5、0.7、0.9, 对桥梁整体结构进行非线性时程响应分析。以下对计算结果进行整理分析。

#### 4.1 主梁梁端纵向位移

主梁梁端纵向位移随阻尼系数增大, 梁端位移减小, 随速度指数增大, 梁端位移减小, 但位移减小不明显。梁端位移主要受阻尼系数影响较大。梁端位移计算对比如图 4。

#### 4.2 主梁塔处横向位移

主梁塔处横向位移随阻尼系数增大, 横向位移减小。在低阻尼系数下, 速度指数变化对横向位移影响不明显。在高阻尼系数下, 随速度指数增大, 横向位移增大。阻尼系数与速度指数对主梁塔处横向位移均有影响。如图 5 所示为主梁塔处横向位移

计算的对比。

#### 4.3 主塔底顺桥向弯矩

主塔底顺桥向弯矩计算对比如图 6。随阻尼系数增大, 主塔底顺桥向弯矩减小, 但当阻尼系数超过某一值后, 曲线处于平缓, 且随着继续增大阻尼系数, 弯矩变化较小。随着速度指数增大, 弯矩也相应增大。

#### 4.4 主塔底横桥向弯矩

主塔底横桥向弯矩计算对比如图 8。随阻尼系数增大, 主塔底横桥向弯矩减小。随着速度指数增大, 弯矩也相应增大。

#### 4.5 过渡墩底顺桥向弯矩

过渡墩底顺桥向弯矩计算对比如图 8。在固定速度系数下, 随着阻尼系数增大, 过渡墩底顺桥向弯矩先减小至最低点后增大, 因此选择低点处阻尼系数对结构较为有利。在低阻尼系数下, 随着速度指数增大, 弯矩也相应增大, 但在高阻尼系数下, 随着速度指数增大, 弯矩反而相应减小。

#### 4.6 过渡墩底横桥向弯矩

过渡墩底横桥向弯矩计算对比如图 9。随着阻尼系数的增大, 过渡墩底横桥向弯矩相应减小。随着速度指数增大, 弯矩也相应减小。

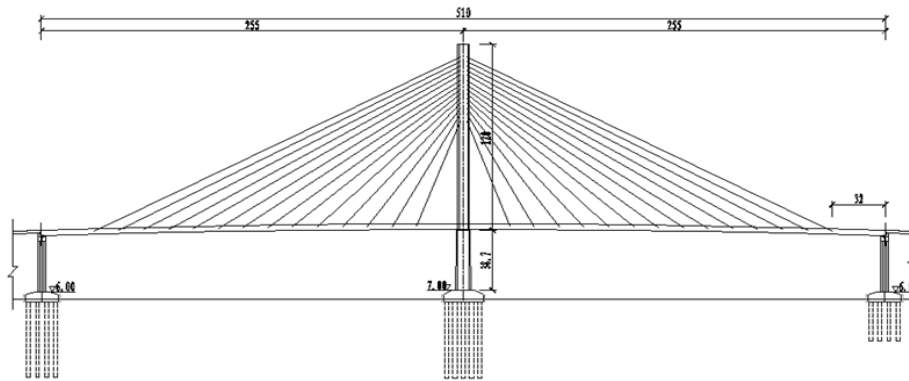


图 1 桥型布置图

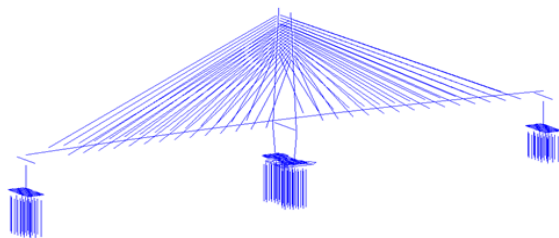


图 2 结构有限元模型

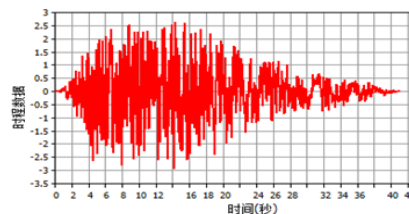


图 3 时程数据

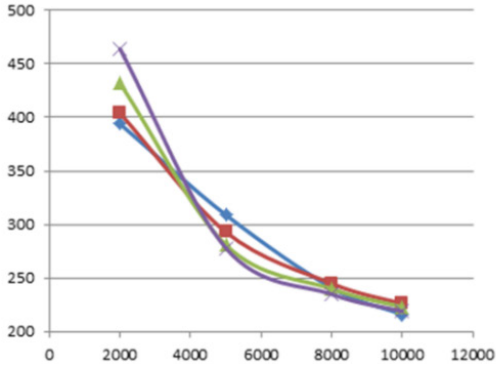


图 4 主梁梁端纵向位移

水平 X 轴为阻尼系数 (KN)，竖向 Y 轴为位移 (mm)

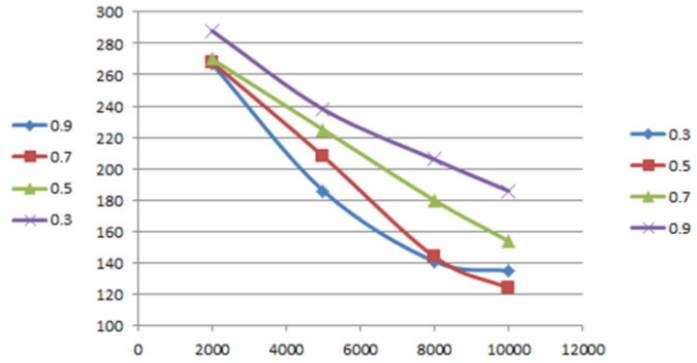


图 5 主梁塔处横向位移

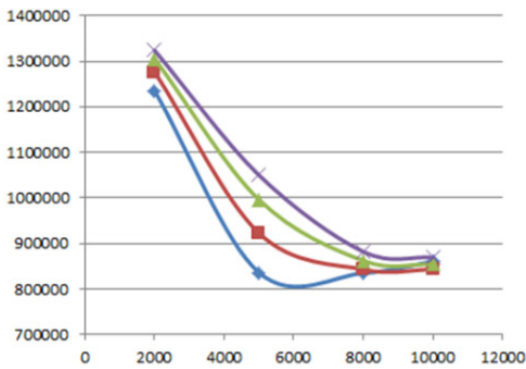


图 6 主塔底顺桥向弯矩

水平 X 轴为阻尼系数 (KN)，竖向 Y 轴为弯矩 (KN.m)

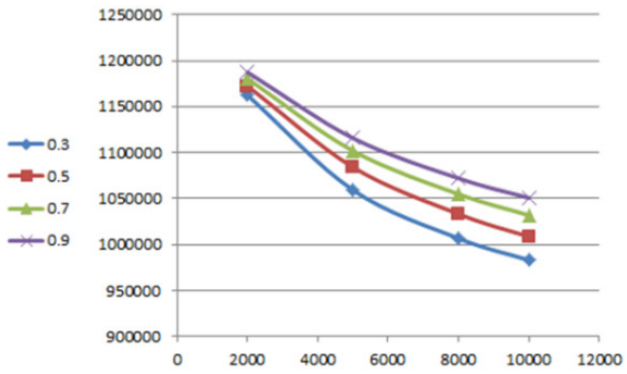


图 7 主塔底横桥向弯矩

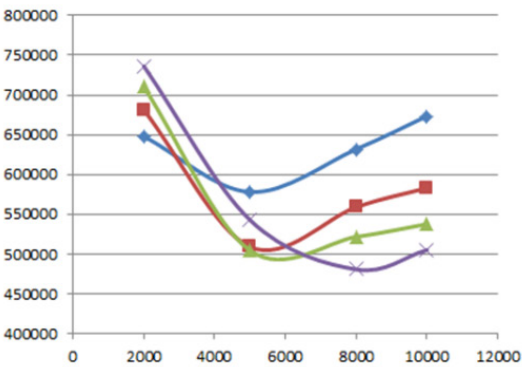


图 8 过渡墩底顺桥向弯矩图

水平 X 轴为阻尼系数 (KN)，竖向 Y 轴为弯矩 (KN.m)

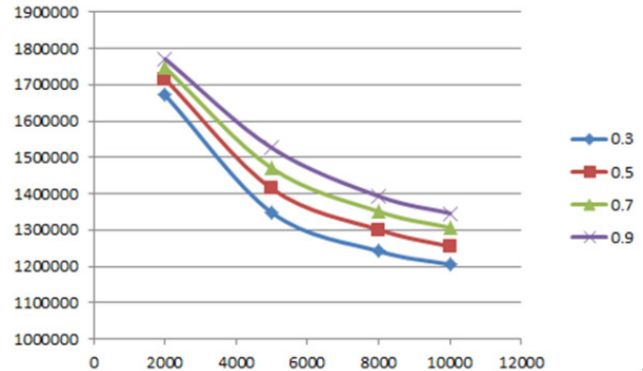


图 9 过渡墩底横桥向弯矩

随着阻尼器参数的变化，主梁梁端位移和横向位移、主塔柱和过渡墩弯矩均有不同程度的变化。考虑位移控制需求和结构承载力要求，如何合理选取阻尼参数，较好的做法是折中取值，阻尼器的速度指数  $\alpha$  取为 0.5，阻尼系数  $C$  取为 5000 较为合适，此时各控制截面弯矩相对最小，主跨梁端位移减小值也基本达到最优。

### 5 结论

通过建立三维有限元模型，对塔梁分离半漂浮体系的独塔斜拉桥进行约束体系分析计算，以及阻尼参数分析计算，得出以下结论：

- (1) 高烈度地震作用下，支座横向水平反力达 102100KN，采用横向抗风支座构造困难，设置横向阻尼器能有效降低地震作用，减小地震内力。
- (2) 通过对阻尼参数计算优化，控制梁端位移与主梁横向位移，避免塔梁碰撞与伸缩缝破坏，达

到设计要求。

(3) 桥塔与边墩结构在地震作用下内力与阻尼参数并非线性关系, 通过试算以寻找最优阻尼参数, 以降低结构地震效应, 满足结构设计。

#### 参考文献

- [1] 范立础. 桥梁抗震[M].上海: 同济大学出版社, 1997.
- [2] 车刚刚. 城市独塔斜拉桥抗震性能研究[D].兰州交通大学, 2022.
- [3] 李建. 独塔斜拉桥抗震分析与优化[D].东南大学, 2016.
- [4] 陈启. 结构体系对独塔斜拉桥抗震性能影响分析[J].西安市浐灞河发展有限公司, 2021
- [5] 姜盼. 独塔双索面斜拉桥动力及抗震分析计算[J]. 吉林长春: 中国市政工程东北设计研究院总院有限公司,2018.

**收稿日期:** 2022年9月10日

**出刊日期:** 2022年10月25日

**引用本文:** 黄军, 冯继菊, 某独塔斜拉桥抗震结构体系与阻尼参数选取[J]. 工程学研究, 2022, 1(4): 172-175

DOI: 10.12208/j.jcr.20220144

**检索信息:** RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

**版权声明:** ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**