

铁路连续梁斜交桥墩设计

尤涛宁

中国铁路设计集团有限公司 天津 300000

【摘要】：本文采用斜交桥墩的方式跨越某河流。基于规范开展斜交桥墩设计，建立有限元模型分析托盘顶帽应力分布，为类似工程提供参考。

【关键词】：斜交桥墩；连续梁；有限元

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.093

1 设计背景

随着我国铁路行业的蓬勃发展，出现了大量新建铁路与道路、河流、既有铁路斜交的情况，有些甚至与铁路线位交叉角度较小。当铁路与跨越物斜交时，常见的跨越方式有3种：

- (1) 增大桥梁跨度。
- (2) 梁与墩均与线路斜交。
- (3) 梁正交设计，墩身斜交斜做，支座与顶帽轴线斜交。

某铁路桥需跨越河道，河道与铁路法线夹角为 36° 。由于该河较宽阔，采用连续梁中跨一跨跨越河道的方法导致投资增加较多，因此采用连续梁中跨跨越主河道的方案。为满足河道管理部门对阻水比的要求，重点比较以下两种方案：

- (1) 梁与墩均与线路斜交和梁正交。
- (2) 墩身斜交斜做，支座与顶帽轴线斜交。

由于河道与线路夹角较大，采用梁与墩均与线路斜交的方案设计、施工难度大，因此本桥采用斜交桥墩的方案，上部连续梁方案为 $(40+64+40)$ m连续梁。

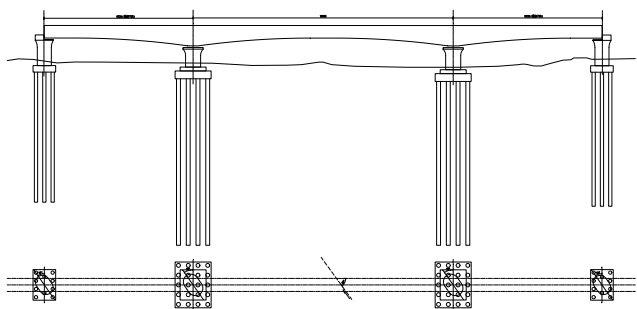


图1 连续梁布置方案

2 设计依据

- (1) 《铁路桥涵设计规范》(TB 10002—2017)，简称《桥规》。
- (2) 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》(TB

10092—2017)，简称《混规》。

(3) 《铁路工程抗震设计规范》(2009年版)(GB 50111—2006)，简称《抗规》。

(4) 《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10093—2017)，简称《地基规》。

(5) 《铁路无缝线路设计规范》(TB10015-2012)，简称《无缝线规》。

(6) 《铁路列车荷载图式》(TB/T 3466—2016)，简称《荷载图式》。

3 工程设计标准

3.1 主要技术标准

铁路等级：I级。

正线数目：双线。

设计活载：ZK 荷载。

梁体跨度： $(40+64+40)$ m连续梁，支座采用TJQZ-通桥 8361，支座型号为TJQZ-25000-0.2g。

3.2 设计荷载

恒载：梁重和二期恒载。

活载：ZK 活载。

离心力：按《桥规》4.3.9计算。

制动力/牵引力：按《桥规》4.3.10计算。

横向摇摆力：按《桥规》4.3.11计算。

风荷载：按《桥规》4.4.1计算，桥上有车时， $W=K1K2 \times 800$ ，且W不大于1250Pa；桥上无车时， $W=K1K2 \times 1400$ 。

无缝线路伸缩力：按《无缝线规》附录F计算。

地震荷载：结构位于7度震区，地震加速度 $A_g=0.15g$ ，结构自振周期 $T_g=0.55s$ 。按《抗规》附录F计算。

3.3 荷载组合

本墩为连续梁固定墩，荷载组合如下：

表1 连续梁制动墩荷载图示

荷载组合	活载图式	荷载组成
1 单线重载主力		恒载+活载+横向摇摆力+离心力
2 单线重载主力+纵向附加力		恒载+活载+横向摇摆力+一线伸缩力或挠曲力+一线制动力(或牵引力)+纵向风力
3 单线重载主力+横向附加力		恒载+活载+横向摇摆力+离心力+横向风力
4 单线轻载主力+纵向附加力		恒载+活载+横向摇摆力+离心力+一线伸缩力或挠曲力+一线制动力(或牵引力)+纵向风力
5 双线重载主力		恒载+活载+横向摇摆力+离心力
6 无车主力+特殊力		恒载+一线伸缩力或挠曲力+另一线伸缩力+另一股断轨力

注：直线时，上述组合中取消离心力，同时制动力的取值发生变化。图示中“△”表示固定支座，“○”表示活动支座。

4 斜交桥墩设计

4.1 建筑材料

支撑垫石采用 C50 混凝土，顶帽托盘及墩身按 C35 混凝土设计。墩身主筋采用 HRB400 钢筋。

4.2 桥墩构造

支承载石及墩台顶帽尺寸满足《桥规》5.4.11 条构造要求，垫石与连续梁支座正常摆放，相对墩身斜置。垫石沿线路方向长 1.8m，垂直于线路方向宽 2.3m，支座和垫石高度之和按 0.8m 设计。

桥墩采用圆端形实体墩，墩身与线路轴线夹角 35°。垫石扭转后为满足规范构造要求，托盘及墩身尺寸如下图所示。

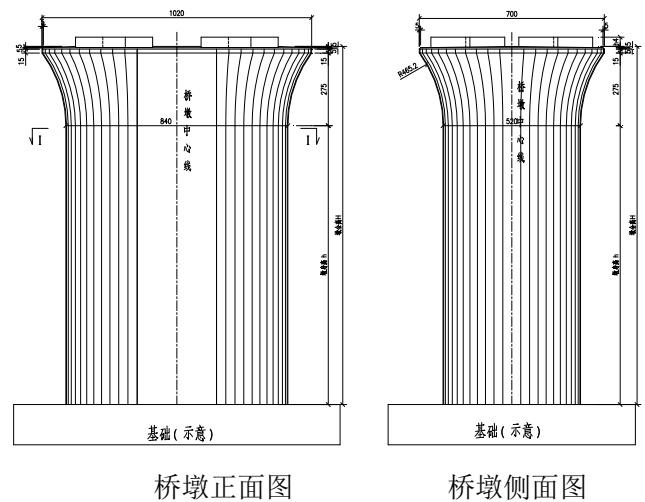
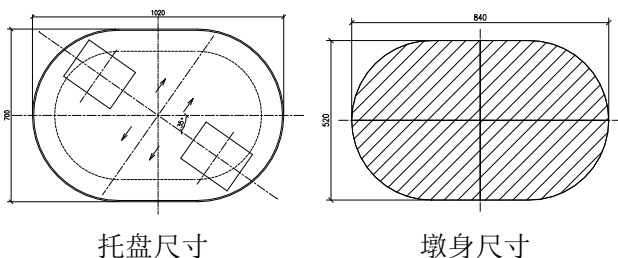


图2 桥墩立面图

4.3 检算内容

由于墩身与线路斜交，每个荷载组合计算时将与线路平行、垂直两个方向的力分解，分解后得到沿桥墩轴线及垂直接路轴线方向的力，这一点是与常规桥墩设计不同之处。

截面上合力偏心距：满足《混规》5.2.1 中关于主力、主力+附加力、主力+特殊荷载的偏心距限值要求。

整体稳定性：满足《混规》5.2.2 要求。

截面强度设计：满足《混规》5.2.3 要求。

4.4 斜交桥墩有限元模型分析

4.4.1 有限元模型建立

由于斜交桥墩垫石斜置于托盘上，垫石两个角点超出墩身范围，托盘顶帽应力分布较复杂，按常规方法检算托盘顶帽抗剪难度较大。本文采用 Midas FEA 建立桥墩三维实体有限元模型，墩顶为自由端，墩底采用刚性约束。

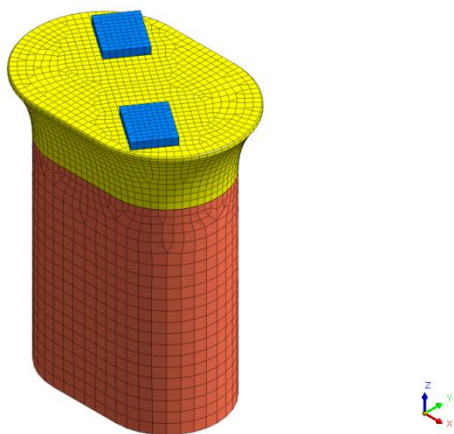


图3 斜交桥墩有限元模型

4.4.2 荷载加载

经计算，上图中6种荷载组合的墩顶荷载如下：

表2 墩顶荷载

工况 \ 荷载	N(kN)	Py(kN)	Px(kN)
单线重载主力	40467.36	0	371.71
单线重载+纵向附加力	40467.36	1569.00	371.71
单线重载+横向附加力	40467.36	0.00	895.52
单线轻载+纵向附加力	32601.66	1569.00	80.00
双线重载主力	42584.32	0	663.41
无车主力+特殊力	32749.20	2748.00	0

在 Midas FEA 中分别建加载六种工况，采用均布荷载的方式模拟水平力和竖向力，力和弯矩以均匀分布的方式作用到垫石顶面支座下底板范围内。

4.4.3 有限元分析计算结果

分别提取各工况的第一主应力和第三主应力，汇总结构的最大拉、压应力，应力分析结果如下：

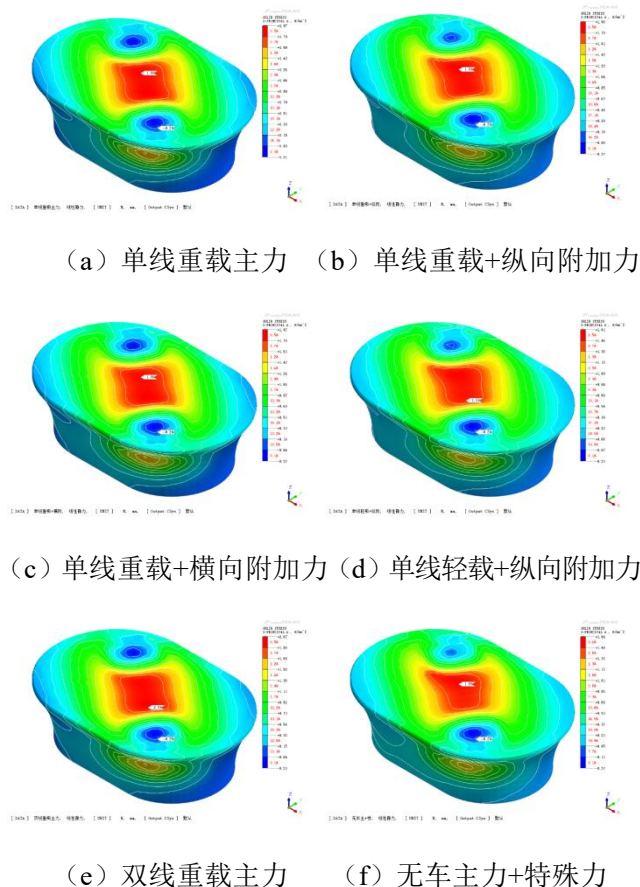


图4 托盘顶帽应力分布

表3 应力分析结果汇总 (MPa)

工况 \ 应力	最大拉应力	最大压应力	C35 混凝土容许拉应力	C35 混凝土容许压应力
单线重载主力	1.96	-7.56	2.25	11.8
单线重载+纵向附加力	1.99	-7.57	2.93	15.34
单线重载+横向附加力	1.97	-7.55	2.93	15.34
单线轻载+纵向附加力	1.57	-6.22	2.93	15.34
双线重载主力	2.09	-8.13	2.25	11.8
无车主力+特殊力	1.65	-6.25	3.15	16.52

通过计算结果和应力分布云图可知，墩顶荷载加载后，顶帽顶面位于两支座之间的单元拉应力较大。虽然单元最大拉应力未超过混凝土容许应力，为保证顶帽结构安全，应在顶帽顶面加密设置普通钢筋，普通钢筋布置方向宜平行、垂直于线路方向，与墩身直段斜交。

4.5 墩身刚度

桥墩斜置后,按斜向尺寸计算顺线路方向和垂直线路方向的刚度,结果如下:

表4 桥墩刚度

墩身刚度	扭转前	扭转后
纵向	96330kN/cm	142059kN/cm
横向	235327kN/cm	189599kN/cm

墩身尺寸不变,扭转墩身后的桥墩顺线路方向的

刚度加大,垂直线路方向刚度减小,扭转后纵横向刚度更均匀。

5 结论

本文基于《通规》、《混规》等规范要求设计一个连续梁斜交桥墩,斜交连续梁桥墩是在受线路走向限制,斜交跨越河流、道路的较好解决方案。通过建立有限元模型,分析斜交桥墩托盘应力分布,建议在斜交桥墩设计时加强顶帽顶面普通钢筋设置,钢筋布置方向宜与线路方向平行、垂直。

参考文献:

- [1] 许见超,陈浩瑞,班新林,等.客货共线铁路40m跨度混凝土简支箱梁桥墩设计[J].铁道建筑,2021,61(2):24-28.
- [2] 徐贤德,李杨.铁路正交连续梁桥斜交墩的设计与应用[J].铁道工程学报,2010,8:62-66.
- [3] 孙金坤,谢治英,何鑫,等.地震对斜交桥墩稳定性影响的有限元分析[J].四川建筑科学研究,2011,37(3):172-179.
- [4] 国家铁路局.铁路桥涵设计规范:TB 10002-2017[S].北京:中国铁道出版社,2017.
- [5] 中华人民共和国铁道部.铁路无缝线路设计规范:TB10015-2012[S].北京:中国铁道出版社,2013.
- [6] 国家铁路局.铁路桥涵混凝土结构设计规范:TB 10092-2017[S].北京:中国铁道出版社,2017.
- [7] 国家铁路局.铁路桥涵地基和基础设计规范:TB 10093-2017[S].北京:中国铁道出版社,2017.
- [8] 国家铁路局.铁路列车荷载图式:TB/T 3466-2016[S].北京:中国铁道出版社,2017.
- [9] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.铁路工程抗震设计规范:GB 50111-2006[S].2009年版.北京:中国计划出版社,2009.