

文章编号:1001-4179(2011)20-0035-03

南水北调中线工程组合斜梁桥受力分析

朱克兆, 赵胤儒, 史台锋

(长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010)

摘要:以南水北调中线工程中某组合斜梁桥为例, 基于梁格法理论, 建立了斜梁桥的有限元模型, 通过改变斜度和支座支承刚度, 对组合斜梁桥的受力性能进行了计算分析。结果表明, 当支座支承刚度变化时, 支座反力分布的总体趋势还是一致的, 当支承刚度较小时, 支座反力分布相对均匀些; 同时, 随着支承刚度的增大, 主梁的弯矩值有减小的趋势, 而扭矩值则相应变大。

关键词:组合斜梁桥; 斜度; 支承刚度; 南水北调中线工程

中图法分类号: U448.216 文献标志码: A

在南水北调中线工程桥梁设计中, 为了加快工程进度, 缩短工期, 桥梁上部结构多采用标准化跨径的装配式组合桥梁结构, 以便于机械化和工厂化施工。而在桥跨布置时, 应结合桥位区的总干渠渠道布置情况、地形、地质条件以及渠道两侧道路接线情况影响综合考虑, 其中又以减少水中桥墩数量, 降低水头损失问题最为关键。为了尽量减少总干渠的水头损失, 桥墩应顺水流向布置, 并尽量采用圆柱式桥墩, 以减少渠道过水断面范围内的全桥桥墩阻水面积。基于以上考虑, 斜梁桥形式在工程设计中被广泛采用, 数量约占到设计桥梁总量的 60% 以上。

斜梁桥受力较复杂, 根据广大学者的研究和分析, 其力学性能主要表现为: 弯扭耦合, 斜梁桥跨中弯矩较相同跨径的正交桥梁的弯矩要小, 并产生扭矩, 且弯矩和扭矩间是此消彼长的; 钝角处支座反力要大于锐角处支座反力, 当斜度增大到某一值时, 锐角处支座反力有可能出现负值^[1-2]。因此, 充分掌握组合斜梁桥的力学性能对桥梁设计有着极大的指导意义。

为了研究斜度和支座支承刚度对主梁结构受力性能的影响, 本文以南水北调中线工程中一座典型的 3 × 40 m 简支组合斜梁桥为研究对象, 对此类组合斜梁桥进行计算分析。

1 工程概况

某桥跨径布置为 3 × 40 m 简支组合箱梁, 各桥墩和桥台按顺水流向平行布置。桥面布置为 0.1 m (防落网) + 1.0 m (人行道) + 7.0 m (行车道) + 1.0 m (人行道) + 0.1 m (防落网), 桥面总宽 9.2 m; 设计荷载等级为公路 - I 级, 人行道人群荷载为 3.0 kN/m²。上部结构采用跨长 40 m 装配式预应力钢筋混凝土简支箱梁, 混凝土标号 C50。每孔布置 3 片箱梁, 箱梁中心距 3.2 m, 横断面布置如图 1 所示。

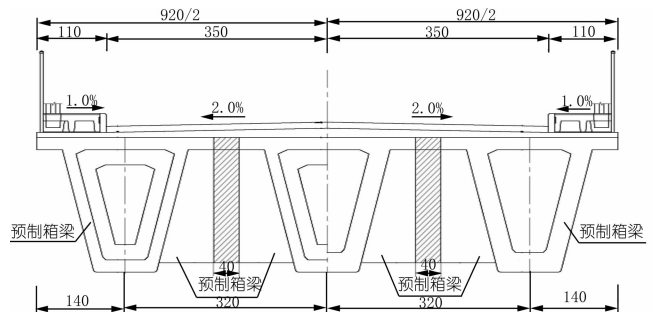


图 1 主梁横断面布置 (单位: cm)

单片箱梁顶宽为 2.8 m, 底宽为 1.0 m, 顶板厚 20 cm, 底板厚度 20 ~ 32 cm, 腹板厚 20 ~ 32 cm, 截面转角

收稿日期: 2011-08-30

作者简介: 朱克兆, 男, 工程师, 工学硕士, 主要从事桥梁结构设计工程的研究。E-mail: 9283219@qq.com

处均设倒角过渡。每片箱梁在支点处设置一道端横梁,跨中处设置一道中横梁,横梁高度均为 2.05 m,厚 0.25 m。梁体预应力体系采用高强度低松弛钢绞线($\varphi^s 15.2$), $f_{pk} = 1860$ MPa, $E_p = 1.95 \times 10^5$ MPa,预应力孔道采用塑料波纹管成孔,真空辅助压浆,夹片式锚具,两端对称张拉;翼缘板与横隔板间留有宽 40 cm 的湿接缝。桥台采用桩柱式桥台,单排双桩;桥墩采用双柱式桥墩,钻孔灌注桩基础。

2 计算模型

本文计算模型按照梁格法理论建立,其主要思路为采用等效梁格代替桥梁上部结构,将分散在梁每一区段内的弯曲刚度和抗扭刚度集中于最邻近的等效梁格内,实际结构的纵向刚度和横向刚度分别集中于纵向梁格构件和横向梁格内。理想的刚度等效原则是:当原型实际结构和对应的等效梁格承受相同的荷载时,两者的挠曲将是恒等的,并且每一梁格内的弯矩、剪力和扭矩等于该梁格所代表的实际结构部分的内力。不过,由于实际结构和梁格体系在结构特性上的差异,这只是一种近似的等效,但对一般的工程设计,梁格法的计算精度是满足要求的^[3]。

主梁、端横梁及中横梁均按照各实际截面,采用空间梁单元进行模拟;各主梁间的横向联系按照小箱梁翼缘板厚度取值,同样采用空间梁单元模拟。桥梁有限元模型如图 2 所示,图中 φ 为主梁斜度,数字为支座编号。

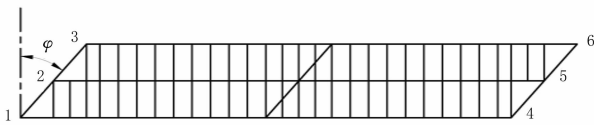


图 2 有限元计算模型

3 计算结果分析

3.1 斜交角的影响

由于南水北调中线工程中桥梁的斜度种类较多,故选取斜度为 0° (正交)、 20° 和 40° 三种典型工况进行计算。计算时支座支承刚度取刚性,在前述有限元模型上分别施加恒载、恒载 + 活载进行求解,计算结果如表 1、2 所示。

从表 1 中计算结果可以看出,仅在恒载作用时,随着斜度的不断增大,3 号和 4 号支座(钝角处)反力逐渐增大,而 1 号和 6 号支座(锐角处)反力呈减小趋势,2 号和 5 号支座反力基本不变;当斜度为 40° 时,3 号和 4 号支座(钝角处)反力约为桥梁正交时相

应位置支座反力的 1.2 倍,1 号和 6 号支座(锐角处)反力约为桥梁正交时相应位置支座反力的 0.8 倍。当恒载和活载共同作用时,与仅有恒载作用时的支座反力值对比,支座反力分布更加不均匀;当斜度为 40° 时,3 号和 4 号支座(钝角处)反力约为桥梁正交时相应位置支座反力的 1.37 倍。因此,在支座选用时,应充分考虑钝角处支座的反力的情况,保证支座结构具有足够的安全度。

表 1 支座反力

支座位号	kN					
	恒载			恒载 + 活载		
编号	0°	20°	40°	0°	20°	40°
1	1260	1120	1020	1830	1700	1640
2	1310	1310	1320	2000	2010	2090
3	1260	1410	1510	1830	2190	2500
4	1260	1410	1510	1830	2190	2500
5	1310	1310	1320	2000	2010	2090
6	1260	1120	1020	1830	1700	1640

由表 2 数据可以看出,主梁斜度 φ 越大,跨中弯矩折减越明显,当斜度 φ 由 0° 变化至 40° 时,弯矩折减达到了 11%;相反,主梁扭矩却随着斜度的增大呈增大趋势。弯矩值折减,扭矩值增加,这同时也说明了斜桥的弯扭耦合特性。

表 2 主梁内力(恒载 + 活载)

内力	kN · m		
	斜度 φ		
	0°	20°	40°
弯矩	3722	3611	3317
扭矩	211	646	936

3.2 支承刚度的影响

为了获得不同支座支承刚度下斜桥的受力状况,计算时采用斜度为 40° 的简支组合斜箱梁有限元模型,并考虑 6 种不同的支承刚度工况: 1.0×10^5 kN/m, 7.53×10^6 kN/m, 8.67×10^5 kN/m, 1.02×10^6 kN/m 和 1.24×10^6 kN/m 和刚性支承进行对比计算,其中支座支承刚度 7.53×10^6 kN/m, 8.67×10^5 kN/m, 1.02×10^6 kN/m, 1.24×10^6 kN/m 分别对应 GYZ450 × 113, GYZ450 × 99, GYZ450 × 84 和 GYZ450 × 69 四种板式橡胶支座,计算结果见表 3、4。

表 3 支座反力(恒载 + 活载)

支座位号	kN					
	支承刚度					
编号	1.0×10^5 kN/m	7.53×10^6 kN/m	8.67×10^5 kN/m	1.02×10^6 kN/m	1.24×10^6 kN/m	刚性
1	1800	1780	1765	1740	1670	1640
2	1890	1905	1920	1930	1980	2090
3	2040	2085	2170	2240	2410	2500
4	2040	2085	2170	2240	2410	2500
5	1890	1905	1920	1930	1980	2090
6	1800	1780	1765	1740	1670	1640

从表 3 和表 4 的计算结果可以看出,当支座支承刚度变化时,支座反力分布的总体趋势还是一致的,当支承刚度较小时,支座反力分布相对均匀些;同时,随

着支承刚度的增大,主梁的弯矩值有减小的趋势,而扭矩值则相应变大。由此可见,在主梁计算过程中,建议按实际的支承刚度来输入,以期获得较高精度的计算结果;同时,在斜桥中应尽可能的选用较大厚度的支座,使支座有足够的变形。

表 4 主梁内力(恒载+活载) kN·m

内力	支承刚度					刚性
	$1.0 \times 10^5 \text{ kN/m}$	$7.53 \times 10^6 \text{ kN/m}$	$8.67 \times 10^5 \text{ kN/m}$	$1.02 \times 10^6 \text{ kN/m}$	$1.24 \times 10^6 \text{ kN/m}$	
弯矩	3493	3415	3397	3369	3342	3317
扭矩	691	792	836	861	905	936

4 结语

通过改变主梁斜度 φ 和支座支承刚度值,对斜交组合箱梁的支座反力和内力进行计算分析,可以得到下述结论:

(1) 斜交组合箱梁支座反力成反对称规律,钝角

处支座反力要大于锐角处支座反力,随着主梁斜度 φ 增大,这种趋势越来越显著;同时,主梁弯矩减小,扭矩值则增大,反映出斜梁桥结构弯扭耦合的力学特点。

(2) 支承刚度对斜梁的支座反力有一定的影响,采用较小的支承刚度时会使支座反力分布相对均匀,因而在设计过程中建议在建立计算模型时,按照实际支承刚度输入,以期获得较高精度的计算结果。

(3) 斜梁桥的支座应选用应充分考虑钝角处支座的反力的情况,保证支座结构具有足够的安全度,并在支座老化后及时进行更换,使支座有足够的变形刚度。

参考文献:

- [1] 黄平明. 混凝土斜梁桥[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [2] 邵旭东. 桥梁工程[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
- [3] E. C. Hambly. 桥梁上部构造性能[M]. 郭文辉译. 北京:人民交通出版社,1982.

(编辑:赵凤超)

Force analysis on composite skew girder bridge in Middle Route Project of South - to - North Water Diversion Project

ZHU Kezhao, ZHAO Yinru, SHI Zhaofeng

(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: By taking the composite skew girder bridge in the South - to - North Water Diversion Project as an example, based on the theory of beam grillage method, the finite element model of skew girder bridge is established. The force performance of the composite skew girder bridge is calculated by changing the slope and support stiffness. The results show that with the slope increase, the span moment of girder reduces apparently, support reaction at the obtuse and acute angle is different sharply; when the support stiffness is little, namely using the thick support, the distribution of support reaction is uniform, while the torque value decreases; in the design process, the support stiffness should be considered for calculation accuracy.

Key words: composite skew girder bridge; slope; support stiffness; Middle Route Project of South - to - North Water Diversion Project

· 简讯 ·

长科院完成的《三峡库区复杂动水条件下岸坡变形规律研究》成果通过验收

为编制《三峡后续工作规划》的需要,三峡工程后续工作规划编制领导小组办公室委托长江科学院开展了三峡库区复杂动水条件下岸坡变形规律专题研究工作。2011年10月16日,国务院三峡办移民安置规划司在武汉主持召开《三峡库区复杂动水条件下岸坡变形规律研究》专家验收会。来自中国地质大学(武汉)、湖北省水利水电规划勘测设计院、武汉大学、中科院武汉岩土力学研究所、湖北省国土资源厅、湖北省移民局、重庆市移民局、长江委监理公司的9位专家组成专家验收委员会,听取了长科院岩土重点实验室项目组的成果汇报,查阅了技术资料。经过质询与讨论,认为项目研究报告内容翔实,依据充分,资料齐全,满足验收要求。

该项目研究所取得的主要成果包括:(1)总结了三峡水库运行期的岸坡水文地质条件及其变化规律,划分了岸坡及其含水系统结构类型,探讨了不同结构类型地下水对库水位变化的

动态响应特征;(2)采用饱和-非饱和渗流场分析方法,对降雨和库水位变动条件下岸坡渗流场进行了数值模拟,初步揭示了典型岸坡的渗流场演化规律;(3)采用渗流场与应力场耦合数值分析方法,揭示了库水位变动对典型岸坡变形的影响规律。在此基础上,采用极限平衡分析方法,给出了岸坡稳定性与库水位的关系;(4)采用不连续变形分析方法(DDA)模拟了典型滑坡的启动-变形-破坏过程,揭示了基岩顺层滑坡的启动条件及运动机理。

专家委员会认为项目成果具有重要的理论意义和应用价值,为三峡后续工作规划编制提供了依据,并为规划实施阶段进一步开展相关研究打下了重要基础,一致同意该专题研究项目通过验收。

(长江)