

# 钢-混组合梁桥结构设计

李扬 李宗卫

中国公路工程咨询集团有限公司

**摘要:** 本文结合石首长江公路大桥高基庙互通B匝道桥设计, 介绍槽型钢-混组合梁的总体设计及计算过程; 详细说明B匝道的构造设计, 阐述组合梁计算要点。

**关键词:** 槽型钢-混组合梁; 钢梁计算; 混凝土板计算

随着我国高速公路建设事业的蓬勃发展, 桥梁结构形式也更加丰富。随着国家钢铁去产能的进行, 钢-混组合梁桥的应用也日渐广泛。本文以石首长江公路大桥项目为背景工程, 浅谈钢-混组合梁桥设计的计算要点。

## 一、工程概况

石首长江公路大桥是枣阳至石首高速公路的重要组成部分, 又是兴隆至阳江山道的过江通道。本项目建成后, 北连五渝高速, 南接岳宜高速, 将进一步完善我省骨架公路网建设, 同时共同构成豫鄂湘三省的路网大通道, 承担部分南北向中长途运输交通量。高基庙互通B、C匝道上跨岳宜高速部分采用(30+2×35+30)m钢-混组合梁桥。

## 二、桥梁结构选型

高基庙互通为项目终点, 上跨岳宜公路, 下穿蒙华货运专线, 实现潜石与岳宜高速联通。

结构形式对比: 与钢梁对比, 钢混组合梁具有以下特征:

(1) 减少了钢材的用量, 节约了造价; (2) 梁的刚度得到提升, 整体稳定性增强; (3) 采用钢筋混凝土桥面板, 有利于沥青面层的结合, 提高桥面铺装的耐久性。

和现浇混凝土梁对比, 钢混组合梁具有以下特征: (1) 梁体自重轻, 降低了下部结构的工程量; (2) 可快速施工, 减小对桥下交通的影响; (3) 降低了梁高, 有利于桥下净空利用率; (4) 桥面板采用工厂预制有利于质量控制。综合以上组合梁的优点, 并考虑桥下净空要求, 最终决定高基庙互通B、C匝道桥上跨高速公路部分采用钢-混组合箱型梁形式。下文以B匝道桥为例, 详述槽型钢混组合梁构造及计算过程。

## 三、设计要点

石首长江公路大桥南岸接线工程高基庙枢纽互通B匝道桥采用槽型钢混组合梁桥, 跨度布置: 30+2×35+30m。

(1) 梁总高1.61m, 其中钢槽梁高120cm, 混凝土桥面板高40cm, 在钢箱梁上翼缘板两侧边缘顺桥向黏贴1cm高可压缩的防腐橡胶条。

(2) 钢梁主要由上翼缘板、外腹板、中腹板、底板、腹板加劲肋、底板加劲肋、横隔板以及横肋板组成。钢槽梁高1.2m, 宽7.8m, 横隔板间距3m, 横肋板间距3m, 横隔板和横肋板交错布置。

根据本桥和岳宜高速的相对关系, 综合考虑临时墩位置、吊装重量等因素, 主梁划分为L1、L2、M1、M2、R1、R2 共6个梁段, 梁段长分别为20.42m、24.5m、20m、20m、24.5m、20.42m, 最大吊装重量约115.7t。根据隔板的位置, 全桥节段划分为L1-1、L1-2、L2-1、L2-2、M1-1、M1-2、M2-1、M2-2、R1-1、R1-2、R2-1、R2-2 共12个节段。

(3) 桥面板分预制和现浇两种制作, 全宽12m, 跨中厚度26cm, 在箱梁纵腹板及横隔板上翼缘处加厚至40cm, 40cm的区域横向宽分别为80cm、60cm和80cm。单侧承托横向宽210cm。

预制桥面板分成A1~A14 共8种27个板块, 纵桥向宽度是300cm、350cm、375cm、400cm 四种尺寸; 现浇桥面板分为S1~S8 共5种28个板块, 纵桥向宽度为50cm、100cm、92cm三种类型。

(4) 预应力布置: 在边跨永久支座中心两侧各9m范围内、

中跨永久支座两侧各11.75m范围内桥面板中布设15-5预应力钢束。

(5) 桥面板与钢箱梁上翼缘板的结合: 在钢箱梁上翼缘板两侧边缘顺桥向粘结可压缩的防腐橡胶条, 两侧橡胶条之间浇筑环氧砂浆, 在混凝土桥面板自重作用下, 橡胶条完全压紧密封, 环氧砂浆与上下接触面充分接触, 从而实现结合面密封性。

## 四、结构分析

(1) 计算模型: 匝道位于R=360m曲线上, 但曲跨对应的圆心角为6度, 平曲线对结构受力影响较小, 总体模型采用平面杆系、弹性理论进行分析。

钢梁: 钢梁均采用梁单元进行模拟, 箱梁的质量和刚度分布与实际情况相同, 截面底板、腹板、顶板的厚度变化均根据实际设计进行模拟。

混凝土桥面板: 也采用梁单元进行模拟。

全桥一共离散为516个单元, 618个节点。其中上层258个单元为混凝土桥面板, 单元号为259~516; 下层258个单元为钢槽梁, 单元号为1~258; 上下层单元节点相对应, 混凝土与钢梁之间的连接由程序自动考虑。



图4-1 结构计算模型图

(2) 荷载组合: 钢梁计算按容许应力法计算, 荷载组合如下:

组合I (主力组合): 结构恒载+活载+支座沉降

组合II (主+附组合): 结构恒载+活载+支座不均匀沉降+温度组合1

组合III (主+附组合): 结构恒载+活载+支座不均匀沉降+温度组合2

桥面板荷载组合如下:

a持久状况承载能力极限状态荷载组合

组合I:  $1.2 \times \text{结构恒荷载} + 1.4 \times \text{汽车活载} + 0.5 \times \text{支座不均匀沉降}$

组合II:  $\text{组合I} + 0.7 \times 1.4 \times \text{温度组合1}$

组合III:  $\text{组合I} + 0.7 \times 1.4 \times \text{温度组合2}$

b抗裂性验算短期效应组合

组合I:  $\text{结构恒荷载} + 0.7 \times \text{汽车活载 (不计冲击力)} + 0.5 \times \text{支座不均匀沉降}$

组合II:  $\text{组合I} + \text{体系升温} + 0.8 \times \text{梯度温度 (板梁正温差)}$

组合III:  $\text{组合I} + \text{体系降温} + 0.8 \times \text{梯度温度 (板梁负温差)}$

c持久状况应力验算荷载组合

组合I:  $\text{结构恒荷载} + \text{汽车活载} + \text{支座不均匀沉降}$

组合II:  $\text{组合I} + \text{温度组合1}$

组合III:  $\text{组合I} + \text{温度组合2}$

(3) 钢梁计算: 在施工阶段, 钢梁上缘最大拉应力为-200MPa, 最大压应力为85Mpa; 钢梁下缘最大拉应力为-72MPa, 最大压应力为74Mpa。运营阶段, 钢梁上缘最大拉应力为-169MPa, 最大压应力为99Mpa; 钢梁下缘最大拉应力为-76MPa, 最大压应力为79Mpa。钢梁计算满足规范要求。

(4) 混凝土桥面板计算: 根据计算结果得知混凝土桥面板最大压应力出现在施工阶段支座起顶阶段, 其中主梁上缘最大压应力为11MPa, 主梁下缘最大压应力为5.6MPa, 满足规范要求。

在施工阶段, 桥面出拉应力, 峰值在-1.7MPa左右, 小于混

表4.6-1 支座反力表

支座位置	恒载 (KN)	公路I级 (KN)		组合I (KN)	
		Max	Min	Max	Min
边墩	2304	1386	-173	3341	2116
次中墩	6846	2072	-229	8482	6500
中墩	7184	2029	-273	8890	6754

表4.6-2 活载作用下结构的竖向位移

项目	部位	荷载	位移值		挠跨比
			Max (mm)	Min (mm)	
竖向位移	边跨跨中	汽车活载	6	-3	1/3333
	中跨跨中		8	-4	1/2916

结构刚度均小于规范规定的1/600的要求，故结构刚度满足要求。

混凝土抗拉强度设计值-1.83Mpa，满足规范。

(5) 钢梁与混凝土桥面板的层间剪力：根据施工安装阶段和运营阶段钢梁与混凝土板结合面剪力的包络值，算出最少配置的剪力钉个数，最大每米需配置的剪力钉个数为40个，设计中每米配置的剪力钉个数为52个，剪力钉的布置满足结合面抗剪的要求。

(6) 结构刚度

a 支座反力

主墩各支座反力见下表。

b 结构刚度

根据计算结果，在活载作用下的位移值下表所示。

五、施工要点

组合梁跨越岳宜高速，施工过程中不能中断交通。根据江南高速行车道间距设置临时支墩，封闭半幅高速施工。完成钢梁

焊接体系先简支后连续后，自支座处分别向两边对称吊装混凝土桥面板。接缝混凝土浇筑应先浇筑剪力钉槽，后浇筑接缝，使板和钢梁连接紧密。墩顶顶升是桥梁施工的关键，通过顶落梁使墩顶负弯矩区桥面板湿接缝混凝土达到预压效果，增加负弯矩区混凝土抗拉性能。同时由于起顶时对混凝土桥面板纵向预应力的超张拉，在落梁时，由于预应力超张拉“损失”，使后浇筑的远端湿接缝达到预压的效果。顶升墩顶钢箱梁浇筑墩顶处混凝土板湿接缝及剪力槽内混凝土，待湿接缝混凝土达到设计强度后拆除支架，张拉墩顶纵向预应力，完成桥面板施工。

六、结束语

钢混组合梁桥，把钢与混凝土两种材料的优势融合为一体，具有整体受力好、施工方便等突出优点。相信在以后桥梁设计中，钢混组合结构以其极富创新空间的结构形式，将获得更大的发展。

(上接第105页)

对常规施工安全手册进行一定程度的学习掌握，在专业技能的培训上更要如此，时刻记住安全第一，相关管理人员要根据制定的安全责任制度对施工人员进行规范教育，做到赏罚分明，对安全责任感强、工作过程认真严格的工作人员要给予一定的鼓励与支持，而对那些安全意识薄弱、工作态度不够积极的工作人员要进行一定的教育与批评。

(四) 加强实际技术质量控制

在路桥隧道的施工过程中，有时候尽管方案设计合理，但是实际操作的效果往往不够理想，需要我们对实际施工过程中的技术质量进行严格的管理与控制，以保证施工工程的最终质量。例如，在路床层维修平压工序上，不仅要根据设计方案所指定的工序进行操作，而且要实地考察，考虑工序的可行性，在路床层的铺设中，要严格控制其标准高度与纵向坡度，根据设计方案中的标准进行施工。此外，在路段施工前期对排水管道的设计要符合地势形态，预估好最大排水量，从而设计出合适的排水管道，防止出现积水现象。

结束语

总而言之，施工技术管理与质量控制对路桥隧道的建立有着不可忽视的重要作用，在路桥工程的施工过程中，我们要从预期、前期到后期全方面进行统筹，在施工技术管理上要求严格、合理分配，在质量控制上要健全控制制度，从而提升整体工程的质量水平，修建出符合要求、性能优良的交通道路，为人们出行与发展提供一定保障。

参考文献

[1] 范鹏鹏. 路桥隧道工程施工技术管理与质量控制分析[J]. 门窗, 2019(05):96-97.  
 [2] 刘殿华. 路桥隧道工程施工技术管理与质量控制探析[J]. 科技创新导报, 2019, 16(06):161+163.  
 [3] 代鹏. 浅谈路桥隧道工程施工技术管理与质量控制[J]. 四川水泥, 2019(02):80.  
 [4] 朱荣华. 路桥隧道工程施工技术管理与质量控制探析[J]. 江西建材, 2019(01):27+29.  
 [5] 梁建斌. 隧道工程施工技术管理与质量控制[J]. 交通世界, 2018(11):127-128+130.