

钢 - 混凝土组合结构的振动特性测试与计算分析结构工程师  
考试 PDF 转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/535/2021\\_2022\\_\\_E9\\_92\\_A2\\_EF\\_BC\\_8D\\_E6\\_B7\\_B7\\_E5\\_c58\\_535770.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/535/2021_2022__E9_92_A2_EF_BC_8D_E6_B7_B7_E5_c58_535770.htm)

为满足交通运输日益增长的需要，不但各种交通车辆的数量有迅速的增长，而且车辆的行驶速度和载重量也大大提高。并且近年来随着计算理论不断完善，以及新结构开工和轻质高强材料的应用，都促使桥梁结构逐渐轻型化。因此，车辆荷载和其它动荷载对桥梁结构的冲击和振动影响，已成为桥梁结构计算分析中不容忽视的重要因素之一。桥梁的振动问题，影响因素复杂，只靠理论分析不易达到实用的结果。一般需采用计算与试验相结合的手段，而动态测试正是解决工程问题必不可少的手段。桥梁的动载试验与静载试验相比具有其特殊性。首先，引起结构产生振动的振源（例如车辆、人群、阵风和地震力等）和结构的振动响应都是随时间而变化的，而结构在动荷载作用下的响应与结构本身的动力特性有密切关系。动荷载的动力效应一般大于相应的静力效应时；有时，甚至在一个不大的动力作用下，也可能使结构受到严重的损坏。因此，动载试验通过测定结构的动力特性（包括结构自振频率、阻尼比、模态振型）和结构动荷载作用下的强迫振动响应（包括振幅、冲击系数和疲劳性能等）来初步分析桥梁的工作状态。众所周知，钢 - 混凝土组合梁是组合结构体系的最基本构件之一，它是通剪力连接件把钢筋混凝土板与钢梁组合在一起，使之成为整体而协同工作的受弯构件。由于它受力合理且施工方便，并且具有良好的延性与抗震性能，因此，在我国的桥梁结构尤其是特大路径结构中得到了越来越广

泛的应用。某立交因跨越铁路，其跨径达97m，采用了钢 - 混凝土组合结构。本文以该立交为例，对这种结构的支力特性进行了较为详细的论述。

1 工程概况 某立交桥是由主桥、2号匝道（Z2）和3号匝道（Z3）3部分组成，3座桥均为跨越铁路的大跨度连续桥梁，上述3桥在Y - 16号墩处合并为主桥，Z2、Z3为曲线桥，结构异形，构造复杂。其中，主桥为3孔预应力钢 - 混凝土组合梁结构，其跨径组合为60m + 90m 61.45m，桥梁横断面分为3个钢箱，桥梁全宽21.2m。Z2为3孔钢 - 混凝土组合梁结构，跨径组合为65.37m + 97.20m 73.44m，桥梁横断面为单箱单室结构，桥梁全宽8.2m。Z3为3孔钢 - 混凝土组合梁结构，跨径组合为55.04m + 82.08m 45.91m，桥梁横断面为单箱双室结构，桥梁全宽10.2m。3座桥结构厚度均为3.07m，钢箱高度为2.7m。该立交桥的下部结构为钢管混凝土圆柱，墩梁固结，基础为钢筋混凝土钻孔灌注桩。

2 模态试验测点布置 模态分析要求被测对象的测点尽量多。综合该桥的结构尺寸和传感器的数量，分别对该立交桥、Z2和Z3进行模态测试。主桥和Z2、Z3都是三跨连续结构，Z2、Z3中的一个边跨都与主桥连接，这跨的扭转模态可以不考虑。对主桥考虑到其对称性，仅在单侧布置测点，由于Z2、Z3是弯桥，在两侧分别布置测点（分为12等份，Z2和Z3各26个测点），测试其扭转效应。

3 测量结果及分析 3.1 环境（脉动）激励下的模态试验 3.1.1 测量数据分析 对主桥、Z2和Z3分别测量，并进行数据分析得到该桥的前六阶模态。模态频率和阻尼系数如表1所示。

表1 实测的各阶模态频率及阻尼系数		
模态阶数	模态频率/HZ	阻尼比1%
1	1.25 (Z2中跨)	
1.80	2 1.50 (Z3中跨)	
1.94	3 1.54 (主桥中跨)	
2.35	4 1.87 (Z2	

边跨) 2.25 5 2.31 ( Z3边跨 ) 1.87 6 2.35 ( 主桥西边跨 ) 2.24

3.1.2 实测各阶振型模态分析 第一阶频率1.25HZ，振动为以Z2匝道桥中跨一阶弯曲模态为主，由于受桥墩约束限制，形成以桥墩为节点的三跨连续波浪状弯曲，但是由于与主桥连接部受主桥的约束，该处弯曲幅度较小。第二阶频率1.50HZ，振型为以Z3匝道道桥中跨一阶弯曲模态为主，振型与Z2桥相似，但是中跨有轻微的扭转。第三阶频率1.54HZ，|百考试题|振型为以主桥中跨一阶弯曲模态为主，振型分析与第一阶同。但是由于主桥与2个匝道桥在其中1个边跨处相联接，所以在某一阶主要频率都是受其它2部分的限制而产生的，即其中1跨在以其固有频率振动时，其他2个分支桥面也由于连接部分的传递而以该频率作小幅度的振动。第四阶频率1.87HZ，振型为以Z2匝道桥展开方向的边跨一阶弯曲模态为主，同时Z2匝道桥的中跨做与该边跨同向的一阶弯曲，形成以桥墩为节点的同向弯曲，但是由于与主桥连接部位受主桥的约束，该跨的弯曲幅度很小。第五阶频率2.31HZ，振型为以Z3匝道边跨的一阶弯曲模态为主，同是地Z3匝道桥的中跨做与该边跨同向一阶弯曲，形成以桥墩为节点的同向弯曲，原因同上，与主桥连接部的弯曲幅度相比很小。第六阶频率2.35HZ，振型为以主桥展开方向的边跨一阶弯曲模态为主。

3.2 动力响应特性 因为该立交跨越铁路，故测试了火车在桥下通过时对该桥的激励。火车在桥下通过时，车轮的不规则跳动和轨道面的不平整以及车体的固有振动都可以通过桥墩传到桥面，对桥产生一个随机的激励，这个激励环境会随车速、车重的提高而加大。国内外大量的测试资料表明，道订低频加速度的频率范围为30 ~ 60HZ，高频加速度的频率范围为200

~ 700HZ，并含有1000HZ以上的频率成分。从目前的测试结果可知，火车经过时信号频带较宽，其激起的桥面响应约为汽车响应的1/10，对桥产生的随机激励高、低频段都落在自振频率范围之外。试验测得火车通过时，主桥以Z2、Z3的响应特性分述如下：（1）主桥通过对火车经过时间段桥面响应信号的分析，发现火车激起的主桥固有频率在8HZ以下有几个峰值，其中3.90HZ的响应相对较大。另外，从时域上看主桥的信号幅值，在中断桥面交通夜间测试时，无火车通过时最大振幅为0.017mm，有火车通过时最大振幅为0.059mm。（2）Z2匝道桥从时域上看Z2匝道桥的信号幅值，在没有火车通过时最大振幅为0.027mm，有火车通过时为0.071mm。（3）Z3匝道桥 Z3匝道桥在没有火车通过时最大振幅为0.017mm，有火车通过时为0.093mm，经过实时测量可以得出桥面的响应峰值与列车的重量关系很大，0.093mm是在一列运载坦克的火车经过时的振动最大时域幅值，而一般的货物列车经过时的最大振动时域幅值为它的一半左右。100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)