

桥梁震动实验报告

一、实验目的

1. 了解桥梁基本结构，学习搭建桥梁；
2. 掌握利用数据采集器和计算机分析传感器数据；
3. 理解共振的概念，探究桥梁共振现象。

二、实验准备

本实验所需仪器主要由以下几部分构成:PASCO 系统 850 接口、计算机、机械振动驱动器、称重传感放大器，称重传感器、砝码、桥梁杆件等。

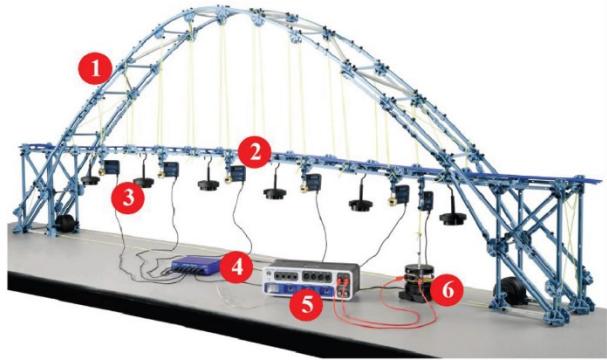


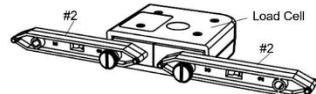
图 1 桥梁振动实验仪器图

(1: 工字梁等桥梁配件; 2: 称重传感器; 3: 配重砝码; 4: 称重传感放大器; 5: PASCO 系统 850 数据采集接口; 6: 机械振动驱动器;)

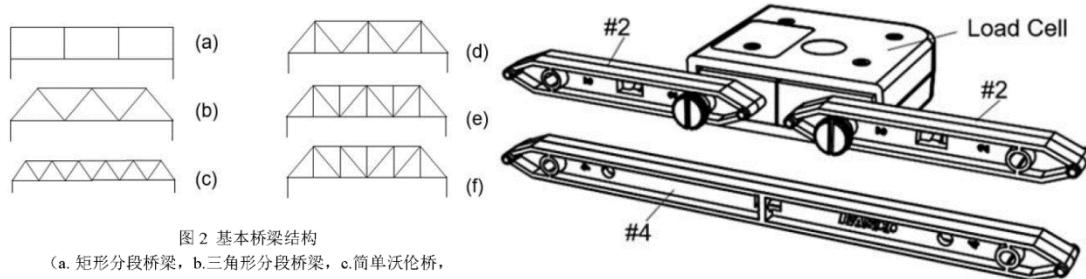
三、实验步骤

(一) 准备

1. 将称重传感放大器连接到 850 通用接口上的端口。
2. 将四个 5N 的称重传感器连接到称重传感放大器的前四个端口。
3. 在 Capstone 软件中，创建四个“数字表”，并为每个数据显示窗口选择一个称重传感器读数。
4. 在称重传感放大器的前面，按归零按钮(tare)将所有传感器归零。
5. 测试正负号：
 - a) 将两个#2 工字梁连接到一个称重传感器。
 - b) 在 Capstone 软件界面，点击“记录”。拉伸工字梁，使力传感器处于紧张状态。
 - c) 观察数字表当中的张力数值的正负性。



(二) 基础结构桥梁受力分析



a) 矩形分段桥梁

1. 用#4 和#6 工字梁建造如图 4 所示的桥梁, 用#3 梁连接两侧。
2. 将称重传感器放入桥中。(将#6 梁改为 2 个#4 梁连接一个传感器, 将#4 梁改为 2 个#2 梁连接一个传感器)
3. 在没有悬挂砝码的情况下, 按传感器放大器上的归零按钮(tare)将所有传感器设置为零。
4. 将 1.5 公斤的砝码(单个称钩与单个砝码均为 0.5 公斤)挂在图 4 显示的黑色箭头上(称钩挂在连接桥梁的#3 梁上), 并记录这些传感器的数值, 重复测量三次, 自行列表或在软件中调用表格记录数据。
5. 根据数据的正负来判断哪些梁在受压, 哪些梁在受拉, 分析矩形分段桥的主要缺点。

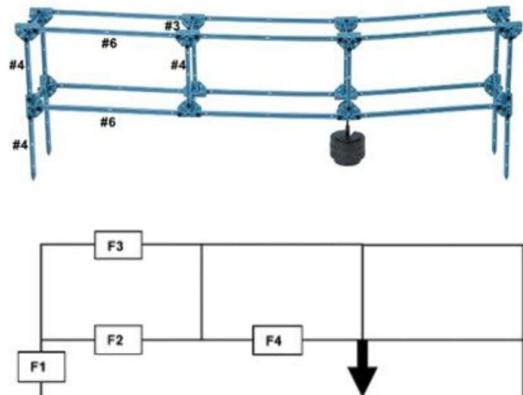


图 4 矩形分段桥梁示意图

b) 三角形分段桥梁

1. 用#5 和#6 工字梁建造如图 5 所示的桥梁, 用#3 梁连接两侧, 并把传感器放入桥中。
2. 在没有悬挂砝码的情况下, 按传感器放大器上的归零按钮将所有传感器设置为零。
3. 将 1.5 公斤的砝码挂在图 5 显示的黑色箭头上, 并记录这些传感器的数值, 重复测量三次, 自行列表或在软件中调用表格记录数据。
4. 根据数据的正负来判断哪些梁在受压, 哪些梁在受拉。

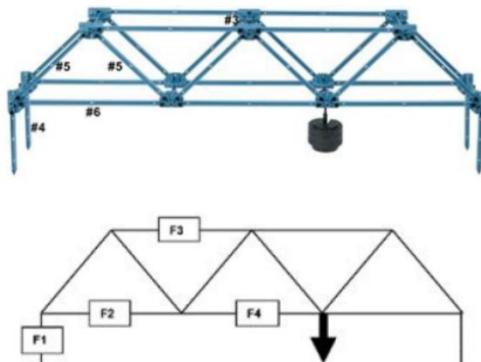


图 5 三角形分段桥梁示意图

c) 沃伦桁架桥(较小规模)

1. 用#3 和#4 工字梁建造如图 6 所示的桥梁,用#3 梁连接两侧,并将传感器放入桥中。
2. 在没有悬挂砝码的情况下,按传感器放大器上的归零按钮将所有传感器设置为零。
3. 将 1.5 公斤的砝码挂在图 6 显示的黑色箭头上,并记录这些传感器的数值,重复测量三次,自行列表或在软件中调用表格记录数据。
4. 根据数据的正负来判断哪些梁在受压,哪些梁在受拉。

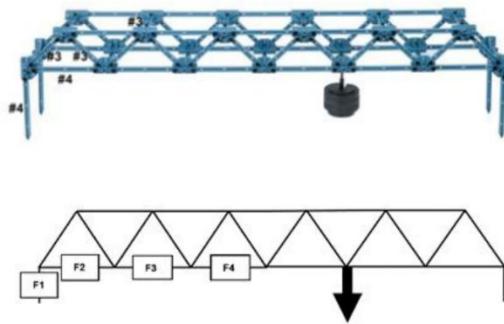


图 6 沃伦桁架桥 (较小规模) 示意图

d) 沃伦桁架桥与垂直支撑

1. 在此前建造的沃伦桁架桥(较小规模)中,增加#4 垂直。(如图 7)
2. 在没有悬挂砝码的情况下,按传感器放大器上的归零按钮将所有传感器设置为零。
3. 将 1.5 公斤的砝码挂在图 7 显示的黑色箭头上,并记录这些传感器的数值,重复测量三次,自行列表或在软件中调用表格记录数据。
4. 分析:桥上负荷如何改变,桥上加入垂直结构的原因。

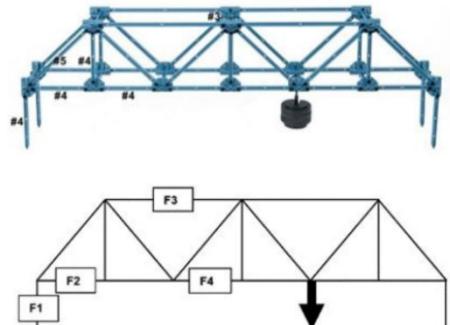


图 7 垂直沃伦桁架桥示意图

e) e/f:: 完整沃伦桁架桥与普拉特桁架桥

1. 如图 8(左)所示,构建完整沃伦架桥。
2. 在没有悬挂砝码的情况下,按传感器放大器上的归零按钮将所有传感器设置为零。
3. 将 1.5 公斤的砝码挂在图 8 显示的黑色箭头上,并记录这些传感器的数值,重复测量三次,自行列表或在软件中调用表格记录数据。
4. 将完整沃伦桁架桥更换为普拉特桁架桥,如图 8(右),重复步骤 2)和 3)。
5. 分析两桥负荷有何不同。

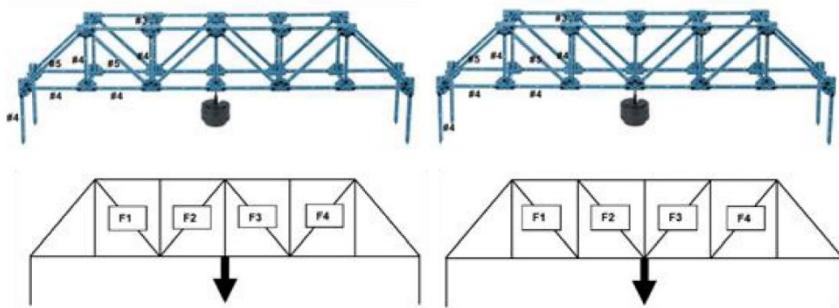


图 8 完整沃伦桁架桥 (左) 与普拉特桁架桥 (右) 示意图

(三) 复杂结构桥梁振动研究

1. 搭建桥梁与软件设置

1. 将 5 个 5N 的传感器放置在复杂拱桥的指定测量位置上，并连接称重传感放大器，如图 1 所示(先不悬挂砝码)。
2. 将 1 个 100N 的传感器悬挂在桥梁杆件上，并连接机械振动驱动器，如图 9(左)所示。
3. 使用两条香蕉型细绳将机械振动驱动器(SF-9324)连接到 850 接口的#1 输出口，如图 9(右)所示。
4. 按传感器放大器上的归零按钮将所有传感器设置为零。
5. 点击 Cpastone 软件右侧菜单栏中的 FFT 图标，创建 6 个 FFT 显示框，并为每个数据显示窗口选择一个称重传感器读数。



图 9 100N 传感器、机械振动驱动器的连接方法

2. 桥梁基频测量

a) 自由振动

1. 设置采样率为 70Hz。点开自动模式，拖拽频率轴到最大频率为 35Hz。
2. 开始记录，用手打击桥梁的横梁中间部位三次。
3. 在表格中重命名为“Hit 1”。
4. 在采样控制栏的页面底部切换到网放模式。
5. 用回放控制单步调试数据，使用 FFT 协调工具寻找共振峰。自拟表格，在表中记录每个称重传感器的共振频率，重复测量三次。

b) 受迫振动

1. 打开软件左边菜单中的信号发生器，设置信号发生器#1 端口的频率为表中的最低频率且振幅为 3V。
2. 在信号发生器关闭状态下，勾选“自动”窗格。
3. 点击记录，振动大约 5 秒钟注意观察桥振动时的形状。记录你观察的现象。
4. 改变信号发生器的频率到下一个最高，重复步 2 和步 3。对表中的所有频率进行上述操作。
5. 如果最低固有频率不是基频，试着以更低的频率驱动桥梁，看看是否可以得到更低的模式。

c) 探究桥梁基频的影响因素

1. 改变激励桥梁的振动方式，比如一阶正对称(节点为桥梁两侧)、一阶反对称(节点为桥梁跨中)等，寻找不同振动模态下的主频，自拟表格记录数据，并分析其规律。
2. 在桥梁的不同位置悬挂砝码，研究荷重的增加与质量的分布对桥梁基频的影响。