

墩高调整对钢筋混凝土桥梁抗震性能的影响研究

曹梦强

四川建筑职业技术学院

摘要: 为了深入探究墩高调整对钢筋混凝土桥梁抗震性能的影响问题, 本文以某桥梁建设工程为例, 利用MIDAS/Civil软件构建桥梁动力计算模型, 按照墩高不同, 记为模型A、模型B、模型C。选择桥梁结构自振特性、桥梁弹性时程地震波、顺桥向、横桥向和竖桥向各截面内力响应作为影响指标, 进行数值模拟分析。分析结果表明, 桥梁抗震性能随着墩高的下降逐渐增加, 各指标影响存在较大差异。

关键词: 抗震性能; 墩高调整; 数值模拟

近年来, 连续刚构桥成了桥梁建设首选方案, 该桥梁结构不仅施工技术简单, 而且受力性能较好, 能够大大提升行车舒适度^[1]。由于我国对桥梁建设工程的要求越来越多, 导致桥梁跨径及结构长度有所增加, 并且桥墩高度需要适当增加^[2]。目前, 我国已经初步解决了跨径及结构长度改进问题, 但是在桥墩高度设置上尚未得到较为可靠的设计方案, 需要加深不同墩高调整对钢筋混凝土桥梁抗震性能影响的研究^[3]。

一、工程背景

本研究以某桥梁建设工程为例, 探究墩高调整对钢筋混凝土桥梁抗震性能的影响。该工程大桥全长450m, 按3跨布置, 跨径依次为115m、220m、115m。由于墩高较高, 为了有效控制工程造价和桥墩的稳定性, 本项目将桥墩设计为空心薄壁结构。其中, 最大主墩的高度为166m, 记为6#墩。考虑到桥面行车需求, 设计桥面宽度为9m, 控制车辆行驶最高速度为20km/h。其中, 行车道宽度为7m, 两侧人行道宽度分别为0.75m, 并在两侧设置护栏, 栏杆宽度为0.25m。按照国家标准(SJG 71), 该项目桥梁荷载为II级。

关于桥梁概况及材料选取如下:

选取C60混凝土浇筑主梁, 边跨梁高度设置为4.0m, 采用1.75次抛物线浇筑中跨跨中至箱梁根部。另外, 主墩承台长度17.5m, 宽度17.5m, 高度7.5m, 桩基按4.0m×4.0m布置, 以提高柱墩稳定性。其中, 承台和桩基混凝土分别为C30和C50。

二、钢筋混凝土桥梁模型的构建

(一) 桥梁动力计算模型的构建

本研究以某工程中的桥梁墩高作为调节指标, 分析该指标数值调节下桥梁稳定性和控制截面内力的变化情况。为了获取模拟结果, 本研究利用MIDAS/Civil软件构建桥梁动力计算模型, 如图1所示。

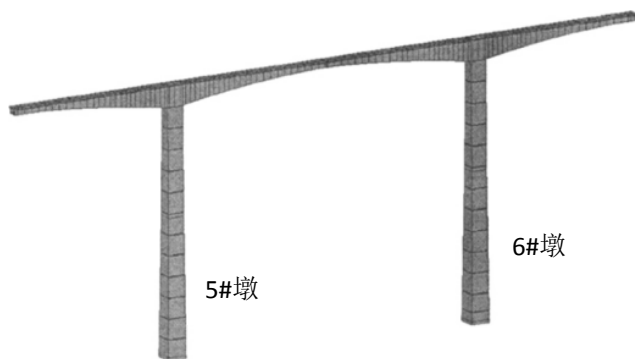


图1 桥梁动力计算模型

图1中绘制的是主墩高度为166m的桥梁模型, 记为模型A, 忽略相邻孔的影响, 探究不同墩高数值下的桥梁抗震性能。本研究通过改变编号为5#和编号为6#的墩高, 构建墩高不同的桥梁模型。其中一个模型的墩高为90m, 记为模型B, 另外一个模型的墩高为20m, 记为模型C。

(二) 桥梁控制截面标记

通过查阅大量文献资料可知, 地震发生时, 桥梁墩身受此影响较大^[4]。其中, 墩底截面内力较大, 在地震中的破坏现象最为显著。所以, 在探究本文提出的墩高指标调节条件下桥梁稳定性影响问题之前, 需要绘制桥梁控制截面, 在桥梁结构中准确标记内力较大的截面。如图2所示为桥梁控制截面标记示意图。

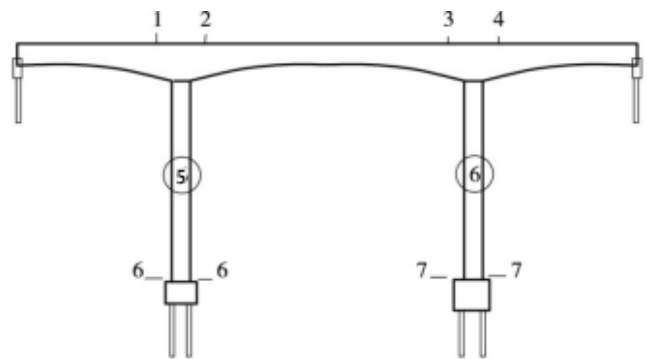


图2 桥梁控制截面标记示意图

图2中, 编号为5#桥梁的边跨、中跨截面分别记为1-1截面、2-2截面; 编号为6#桥梁的边跨、中跨截面分别记为3-3截面、4-4截面。此外, 5#桥梁墩底截面为6-6, 6#桥梁墩底截面为7-7。

本研究根据桥梁截面受力分布特点, 选择1-1、2-2、3-3、4-4、5#墩底(6-6)、6#墩底(7-7)作为主要监测截面, 利用有限元软件, 对前文创建不同墩高桥梁模型A、模型B、模型C的抗震性能进行模拟分析。

三、模拟结果分析

(一) 墩高调整对桥梁结构自振特性的影响分析

对于相同的振型, 模型A的频率最小, 其次是模型B, 最高的是模型C。因此, 当桥梁墩高下降时, 其结构整体刚度随之增加。另外, 模型A和模型B在阶数为3时, 出现了整体纵弯情况, 而模型C仍然是横弯, 且只有主梁正对称横弯, 覆盖面积相对小一些, 不存在纵弯情况。模型A在第7阶振型出现了桥墩的横向弯曲, 进一步说明墩高越高, 其稳定性越差。

(二) 地震波的选取

本研究缺少地震实地数据, 所以利用已有地震波进行模拟仿真, 对不同墩高的桥梁地震响应进行分析, 采用3条地震波进行模拟分析, 判断桥墩时程是否合理。选择与桥址相符的地震波作为输入信号, 以单点输入的方式激励桥梁结构。根据工程桥梁实地勘察情况, 具体操作为: 沿着竖直方向施加Elcentro-v波, 同时t向、h向施加地震波Elcentro-t、Elcentro-v。3条地震波的时程曲线如图3所示。

图3中, 根据桥梁实际情况, 对地震波加速度进行调整,

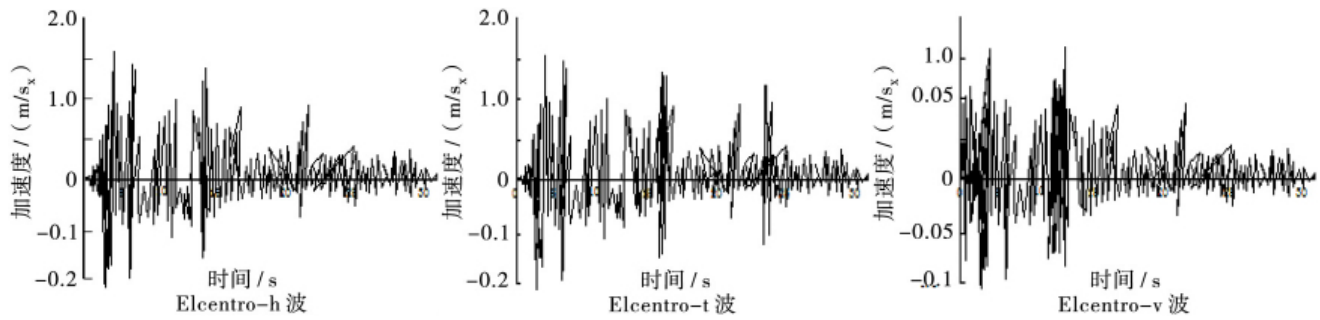


图3 地震波时程曲线

得到图中地震波加速度时程曲线，即h波和t波的最大加速度为 0.2m/s^2 ，v波最大加速度为 0.1m/s^2 。通过对比图中的不同地震波时程曲线变化规律可知，各地震波输入下得到的桥梁时程结果存在一定差异。

(三) 墩高调整对顺桥向、横桥向、竖桥向各截面内力的影响

除了上述影响以外，本研究还探讨了不同方向的地震输入对桥梁截面内力的影响，并对剪力和弯矩两个参数进行比较分析。计算结果如表1、表2、表3所示。

表1 墩高调整对顺桥向各截面内力的影响

截面	模型A		模型B		模型C	
	剪力/kN	弯矩/(kN·m)	剪力/kN	弯矩/(kN·m)	剪力/kN	弯矩/(kN·m)
1-1	6165.5	272162.7	5436.6	276203.4	9459.8	295683.1
2-2	6035.4	278553.2	4269.7	238454.8	9358.3	300398.5
3-3	5959.5	268501.3	9459.9	237114.2	9357.4	300488.6
4-4	6369.8	253882.5	5428.5	276793.5	9466.1	295402.3
5#墩底	14835.3	900325.4	15053.4	812995.2	39633.7	740998.3
6#墩底	13548.5	901664.1	15202.4	813865.4	39227.4	740998.5

由表1统计结果可知，顺桥向各截面内力在不同墩高下产生的响应总体变化特点为：墩底截面剪力随着墩高的下降而增加，截面弯矩随着墩高的下降而减小。其中，模型B的截面3-3剪力更大一些，模型B的截面4-4剪力低于模型A截面4-4剪力。适当降低墩高，有利于提高桥梁顺桥向结构稳定性。

表2 墩高调整对横桥向各截面内力的影响

截面	模型A		模型B		模型C	
	剪力/kN	弯矩/(kN·m)	剪力/kN	弯矩/(kN·m)	剪力/kN	弯矩/(kN·m)
1-1	4359.7	141003.4	2508.9	63982.8	12807.5	263259.7
2-2	498.6	128408.8	42.1	114593.7	48.7	119594.7
3-3	4655.3	135298.5	5146.8	118057.3	6728.6	230014.8
4-4	42569.3	156431.4	2566.4	64133.7	12809.4	263342.1
5#墩底	12796.5	739855.4	9269.1	525966.3	23659.7	807894.5
6#墩底	12599.4	782005.3	9259.3	525609.5	23530.4	806321.4

表2统计结果显示，墩高调整对横桥向各截面内力影响变化较为复杂，从整体来看，随着墩高的下降，在横桥向墩底截面剪力先减小后增加。其中，3-3截面横桥向剪力随着墩高的下降逐渐增加。关于横桥向墩底截面弯矩的变化，随着墩高的下降，也是先减小后增加，模型C除了2-2截面以外其他截面弯矩数值超过了模型A弯矩数值。所以，关于横桥向截面内力的

有效控制，需要根据桥梁结构实际需求，合理设定墩高。

表3 墩高调整对竖桥向各截面内力的影响

截面	模型A		模型B		模型C	
	剪力/kN	弯矩/(kN·m)	剪力/kN	弯矩/(kN·m)	剪力/kN	弯矩/(kN·m)
1-1	4315.8	123928.4	4169.5	135022.4	4226.4	108499.4
2-2	132.4	29496.4	59.7	29498.5	53.1	19723.6
3-3	4360.3	148496.5	4859.6	118605.2	3320.4	81060.1
4-4	4459.3	132493.7	4170.3	135022.6	4119.4	110013.2
5#墩底	3579.6	136334.1	2879.6	81433.2	4751.5	43591.5
6#墩底	3866.8	148638.1	3002.3	81533.8	4603.7	43630.4

表3中，竖桥向各截面内力变化复杂，从整体来看，随着墩高的下降，竖桥向截面弯矩逐渐下降，而剪力变化没有特定的规律。截面1-1、截面3-3、5#墩底、6#墩底弯矩随着墩高的下降先减小后增加，截面2-2、截面4-4弯矩随着墩高的下降逐渐减小。

综合分析内力指标数值随着墩高调整的变化特点可知，桥梁结构各截面内力比较敏感，需要适当降低墩高，来增加桥梁抗震性能。

四、总结

墩高调整是钢筋混凝土桥梁工程设计的重要指标之一，为了提出设计可行性较高的墩高参数调整范围，本文以墩高作为模拟变量，设计不同墩高模型，对模型的抗震性能进行数值模拟计算。测试结果表明，随着墩高的下降，桥梁整体抗震性能随之提升。另外，不同桥向的截面内力受墩高调节的影响存在较大差异。其中，竖向桥所受影响最为复杂，需要根据桥梁项目建设要求，最终确定墩高，注意主梁内力变化特点。

参考文献

[1] 司炳君, 张明生, 孙治国, 等. 竖向配预应力钢筋混凝土桥墩抗震性能研究综述[J]. 世界地震工程, 2012, 28(3): 120-125.
 [2] 王会利, 秦泗凤, 张哲. 预应力度对预应力混凝土桥墩抗震性能影响[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2013(1): 27-29.
 [3] 李艳艳, 李泽高, 张学辉. 高强钢筋混凝土桥墩抗震性能试验研究[J]. 河南理工大学学报: 自然科学版, 2015, 34(2): 281-281.
 [4] 成虎, 李宏男, 王东升, 等. 考虑锈蚀黏结退化的钢筋混凝土桥墩抗震性能分析[J]. 工程力学, 2017, 34(12): 48-58.