

大型双槽渡槽动力特性分析

杜晓伟¹ 陈 淮² 孙国钧¹

(1. 上海交通大学建筑工程与力学学院,上海 200024 2. 郑州大学土木工程学院,河南 郑州 450002)

摘 要 采用 20 结点空间块体单元剖分渡槽槽身和槽墩,分别用耦合自由度、低刚度块体单元、多个弹簧单元模拟槽身横向拉杆和加劲肋、渡槽槽内水体及盆式橡胶支座,建立大型双槽渡槽结构动力分析的有限元模型,并对南水北调水利工程某大型双槽渡槽进行了多工况动力特性分析,探讨了渡槽横向拉杆、槽内水体及盆式橡胶支座等多种因素对渡槽整体动力性能的影响.计算结果表明,渡槽横向拉杆对渡槽的横向动力特性影响不可忽略,盆式橡胶支座竖向刚度在一定范围内影响渡槽的动力特性,槽内水位的高低及分布情况对渡槽的动力特性影响很大.

关键词 :大型双槽渡槽 ;有限元法 ;动力特性

中图分类号 :TV 312 文献标识码 :A

南水北调水利工程是为缓解我国华中及华北地区的水资源缺乏而将兴建的大型水利工程,渡槽是其中重要的组成部分,其抗震安全性是关系到国计民生的重大问题,进行渡槽动力特性分析对其抗震设计非常重要.新型渡槽具有大跨、槽身薄壁、构造比较复杂等特点,以往对它的动力分析大都采取了很多简化措施,没有对影响因素进行全面分析.文献[1,2]只对具有单槽的大型渡槽进行了动力特性计算,得出了关于该种渡槽截面形式动力特性具有重要价值的若干结论.但双槽渡槽不同于单槽渡槽,它有其自身的特点,若将渡槽用等效的实心梁单元模拟,则忽略了它作为薄壁结构而具有的横向弯扭耦合振动、约束扭转变形等特点,误差较大.文献[3]采用薄壁梁单元模型对大型渡槽进行了动力特性研究,得出了一些有益的结论.本文采用 Ansys 大型结构分析程序,针对多种影响因素,对大型双槽渡槽动力特性进行分析.

1 结构计算模型

取南水北调水利工程某大型双槽渡槽中的典型一跨,槽身截面为双槽,跨长为 40 m,端部每隔 2 m、中间每隔 3 m 设有加劲肋或横向拉杆,共计 30 个.渡槽槽身由两个墙柱式槽墩支承,槽墩高

度为 18 m,槽身及槽墩之间用盆式橡胶支座相连,计算中忽略桩土动力相互作用,槽墩与地面固结,渡槽横截面如图 1 所示[4].

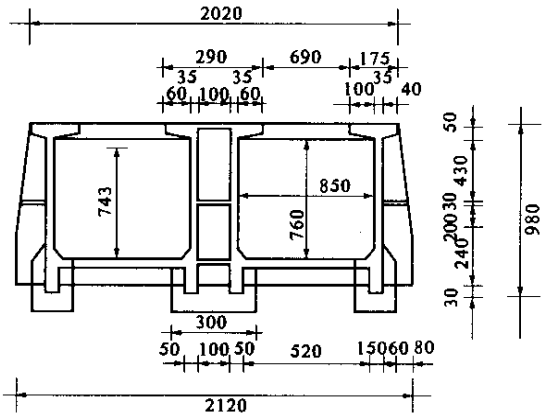


图 1 渡槽横截面简图

Fig.1 Cross section of the aqueduct

为了使有限元模型更接近于实际模型,本文采用 Ansys 大型结构分析程序,用三维块体单元剖分渡槽槽身和槽墩,用弹簧单元模拟盆式橡胶支座,用低刚度的三维块体单元模拟槽内水体,对于加劲肋和横向拉杆,则用它们相连接结点的自由度耦合来模拟.槽身和槽墩共划分了 7520 个块体单元,4 个弹簧单元,有 15560 个结点,结构有限元模型如图 2 所示.

收稿日期 2002-06-28,修订日期 2002-08-09

基金项目 河南省高校杰出科研人才创新工程资助项目

作者简介 杜晓伟(1974-)男,河南省平顶山市人,上海交通大学博士研究生,主要从事工程结构分析方面的研究.

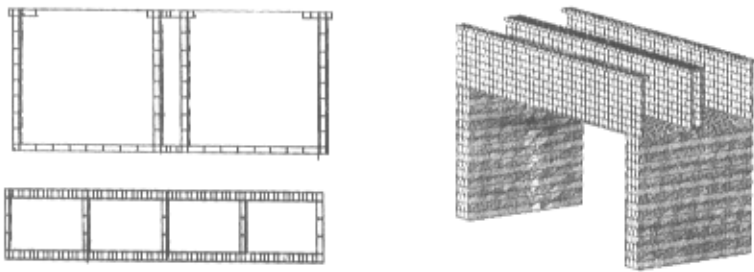


图2 槽身和槽墩单元划分图

Fig.2 Meshed elements of the trough and pier of aqueduct

根据槽内水体水位的高低,槽内水体划分的单元数在 3000 与 5100 之间.渡槽槽身和槽墩材料的参数取 C30 混凝土参数,如表 1 所示.

表1 材料力学参数表

Tab. 1 Mechanical coefficients of the materials			
材料	弹性模量/Pa	泊松比	质量密度/(kg/m ³)
混凝土	2.95×10^{11}	0.3	2551
水	2.95×10^5	0.3	1000

2 多种工况下的渡槽动力特性分析

为了得出盆式橡胶支座、拉杆及槽内水体对渡槽动力特性的影响,本文进行了 10 种工况分析,计算工况如表 2 所示,10 种工况的计算结果

如表 3 所示.

表2 工况划分

Tab.2 Load cases				
工况序号	拉杆	橡胶支座刚度/ (10^7 N/m)	左槽水位 (设计水位)	右槽水位 (设计水位)
1	考虑	600	0	0
2	不考虑	600	0	0
3	考虑	6	0	0
4	考虑	60	0	0
5	考虑	6000	0	0
6	考虑	60000	0	0
7	考虑	600	1	1
8	考虑	600	1/2	1/2
9	考虑	600	1	0
10	考虑	600	1	0

表3 渡槽在 10 种工况下的自振圆频率值

Tab.3 Circular frequencies under 10 load cases										
振型	工况序号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8.220	3.621	5.963	7.996	8.236	8.238	3.673	5.327	4.973	3.992
2	8.254	5.981	6.045	8.068	8.279	8.282	3.978	5.687	5.223	4.361
3	11.138	7.087	6.189	10.227	11.237	11.247	4.345	6.031	5.659	4.584
4	13.227	11.350	8.049	11.959	13.379	13.395	4.444	6.214	5.713	4.738
5	22.796	12.138	10.985	20.693	23.018	23.040	4.465	6.392	5.740	5.104
6	34.102	12.204	11.477	26.849	35.059	35.160	4.485	6.947	5.767	5.252
7	37.377	12.669	15.489	27.878	39.058	39.239	4.971	7.594	6.234	5.403
8	38.429	14.592	18.972	29.175	40.022	40.173	5.018	7.702	6.277	5.563
9	42.408	25.611	20.298	41.573	42.671	42.718	5.058	7.918	6.933	5.762
10	52.587	25.661	21.420	42.131	52.964	53.003	5.246	7.983	6.944	5.857

综合分析以上计算结果,可以得到如下结论:
(1)对比工况 1、2 可知,横向拉杆和加劲肋对渡槽的动力特性影响很大,不能忽略其作用.

(2)对比工况 3、4、5、6 可知,在一定变化范围内,盆式橡胶支座的竖向刚度对渡槽动力特性影响较大.

(3)对比工况 1、7、9 可以看出,渡槽水位的高低对渡槽动态性能影响很大.

(4)对比工况 9、10 可以得知,渡槽槽中水位

分布情况也对渡槽整体振动特性有所影响,均载工况 10 的动力特性要好于偏载工况 9.

3 结束语

本文通过建立比较精细的大型双槽渡槽有限元模型,使用大型有限元分析软件,计算得到了大型双槽渡槽结构振动的前 10 阶模态.据此计算结果可以充分了解渡槽整体结构的动力特性,为进行大型渡槽结构的地震动力时程反应分析、渡槽

的抗震设计提供了有益的参考.文中通过多种工况计算,阐述了渡槽横向拉杆、盆式橡胶支座刚度及渡槽槽内水位变化等对大型双槽渡槽整体结构动力特性的影响,计算结果表明,可以通过设置渡槽横向拉杆和加劲肋,调节盆式橡胶支座竖向刚度及渡槽槽中水位来改善渡槽的动力特性,为在渡槽实际设计中改善其动力性能提供了较为实用的参考.

参考文献：

[1] 王 博,李 杰.大型渡槽结构模态分析[J].地震工

程与工程振动,2000,20(3):60-66.
[2] 徐建国,王 博.渡槽结构动力性能的有限元分析[J].郑州工业大学学报.1999,20(2):67-69.
[3] 陈 淮,祁 冰,杜晓伟.大型双槽渡槽结构振动特性分析[J].世界地震工程,2001,17(1):93-97.
[4] 杜晓伟.大型渡槽动力建模研究[D].郑州:郑州工业大学,2000.

Dynamic Analysis of Large – scale Aqueduct with Double Troughs

DU Xiao – wei¹,CHEN Huai²,SUN Guo – jun¹

(1. School of Civil Engineering & Mechanics ,Shanghai Jiaotong University ,Shanghai 200024 ,China ;2. College of Civil Engineering ,Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002 ,China)

Abstract :To get the dynamic properties of the large – scale aqueduct with double troughs ,brick elements with 20 nodes are used to mesh the troughs and pier for the aqueduct is a complex structure and there are some influencing factors on its dynamic properties. Coupled freedoms ,spring elements and low stiffness brick elements are used to simulate the cross linking components ,pot type rubber bearing and water in aqueduct respectively ,so a finite element model is built. Using this FEM model ,some load cases of the large – scale aqueduct with double troughs used in the project of Transporting water from South China to North China is analyzed. The results of the analysis imply that the dynamic properties of the aqueduct can be improved by setting cross linking components ,by changing the stiffness of the pot type rubber bearing and by changing the water level in the aqueduct.

Key words :large – scale aqueduct with double troughs ;finite element method ;vibration frequency