

西南交通大学

庆祝建校 95 周年

学术报告会文集

研究生专集



西南交通大学出版社

1991.5

西南交通大学建校 95 周年学术报告会文集

研 究 生 专 集

主 编 姚 先 启
副主编 于 承 训

西南交通大学出版社

257450

学术报告会文集
研究生专集

*

西南交通大学出版社出版发行
(四川 成都)

西南交通大学出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 8.625

字数: 218 千字 印数: 1—1350 册

1991 年 5 月第 1 版 1991 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7—81022—249—X/Z 016

定价: 4.30 元

前言

在欢庆西南交通大学建校九十五周年的日子里，呈献在读者面前的这套《学术报告会文集》，反映了我校在教育、科研和思想政治工作等方面所取得的成就、经验和学术领域的新进展。“七五”期间，在铁道部党组和省、市的领导下，我校的工作紧紧扣住坚持社会主义办学方向、培养造就社会主义现代化建设的合格人材这一根本，坚定不移地把德育放在首位，大力加强思想政治工作，进一步调动全校师生员工的积极性和创造性；比较平稳地实现了由峨眉到成都的过渡，改善办学条件；不断深化教育改革，提高教学质量，开拓科研工作新局面，努力建设教学、科研两个中心，各方面工作全面进展，一个主动适应经济建设的办学机制正在逐步形成。可以得出这样的结论：我们已经基本实现了“七五”规划的奋斗目标，学校规模和各项工作比以往任何时期都有较大的发展，学校进入了一个新的、上升的、关键的时期。

“八五”规划的第一年，欣逢建校九十五周年。九五老校生气勃。为了迎接校庆，一直关心、爱护、支持母校的海内外校友及全校同志以“爱校、兴校、为校争光”的校庆意识，积极参加与庆祝活动有关的各项筹备工作。校庆学术报告会的征文得到大家热烈响应，在较短的时间内报告会筹备组收到大量应征论文，内容涉及思想政治工作研究、教育研究、科学研究与高校管理等各个领域，绝大部分都是为校庆九十五周年所撰写的新作，已经公开发表的不再收入。这些文章具有广泛的代表性，所论述的问题比较深入，既紧密结合实践，又有基础理论的探索，不少论文涉及本学科、本专业或本专题当前的发展动向，一些科技论文为国家重大攻关科技项目最新研究或试验的总结。特别值得提出的是，青年同志和研究生撰写的文章占了一定比例，显示出我校年轻人在各项研究工作中成为一支生气蓬勃的生力军。限于篇幅，本《文集》收集的600多篇论文是从近千篇应征文章中评选出来的。由于文字数量较大，各篇论文要求限制在3000字以内。

《学术报告会文集》按照学科分类，共分成“社会科学及思想政治工作研究”、“教育科学研究与教育管理”、“土木工程”、“材料与机械工程”、“电气工程与计算机科学”、“交通运输与管理科学”、“应用理科”、“人文学科”及“研究生专集”等九个分册，以利于更有效地开展交流和专题研讨。由于出版时间紧迫，海内外校友的学术论文与研究成果来不及编入文集，准备在校庆报告会期间付印与交流，望广大校友与来宾踊跃参加，进行指导，为学校的学术繁荣与振兴升位献计献策。

为了做好应征论文评审工作，学校聘请了有各学科教授、专家80余人参加的论文评审组及有30余人参加的《文集》编委会，在较短的时间内对提交的各类论文进行逐篇评审，最后将评选出的文稿加工编目，交付西南交通大学出版社出版。本《文集》能如期和读者见面，要特别地对在组织征文、评审及编辑、出版等方面付出辛勤劳动的同志们致以谢意，通过他们的艰苦细致工作和无私奉献才得以向读者呈献这一套校庆文集。我们期望通过这次校庆报告会，广泛开展学术交流，学习来自各条战线的校友和朋友们的先进经验，加强与海内

外同行之间的联系与合作。这无疑对提高我校学术水平，促进教育与科技发展将起到积极、重要的作用。

回顾过去，使我们精神振奋；瞻望未来，更感到任重而道远。七届人大四次会议通过的国民经济和社会发展十年规划和第八个五年计划的纲要，规划了未来十年中国发展的宏伟蓝图。“八五”是我校历史上又一个至关重要的发展阶段。全校师生员工都要有一种强烈的紧迫感和责任感，要按照党的十三届七中全会的精神，从我校的实际出发，本着“坚持方向，控制规模，调整结构，深化改革，改善条件，提高质量”的指导思想，通过艰苦扎实的工作，使整个学校的工作能上一个新的台阶，达到一个新的水平，从而进入全国重点院校的先进行列。全校师生员工更加紧密地团结起来，同心同德，艰苦奋斗，为培养社会主义事业的建设者和接班人，为发展科学文化而努力奋斗！

沈元

1991年5月

目 录

失速颤振的气动力模型及理论分析.....	袁向荣	1
桥梁节段模型刚度的影响.....	李明水	3
钢桥疲劳检算中低应力脉处理方法的研究.....	曾 超	5
推理控制模块 FLUIS 的建造	龚 晖	7
桥梁初步设计专家系统 ES—PDLB	龚 晖	9
管道流体的 Pitchfork 分叉和两种算法	谢建华	11
局部蠕变损伤的微观复合体模型.....	刘 彦等	13
混凝土微平面本构模型的热力学描述.....	王 昕	15
运动稳定性基本定理的一个注记.....	曹登庆	17
基于分离位移方法的杂交/混合有限元的自适应分析	崔宏江 周本宽	19
一种用于 Stokes 流动分析的 6—节点三角形罚—杂交单元	柯尊平 赵 忠	21
用于分析弹性近乎不可压缩问题的加罚杂交/混合模型	祝 兵 陈大鹏	23
算子方程(组)问题拓扑变化理论.....	鄂国康	25
悬索桥的风振研究与结构设计演变.....	陈仁福	27
日本本四连络线悬索桥设计用程序系列与悬索桥计算理论的 当代趋势.....	陈仁福	29
大跨度斜拉桥的抗风稳定性设计.....	周述华	31
桥梁颤振矩阵分析法.....	沈锐利	33
铁路钢桥疲劳寿命的评估方法研究.....	李亚东	35
铁路涵洞智能性 CAD 系统	孙林夫	37
专家系统和计算程序组合技术及其在桥梁鉴定中的应用研究	郑凯锋 唐继舜	39
预应力混凝土箱梁 CAD	柳学发等	41
FORTTRAN 语言用于开发工程 CAD 系统的字符处理	柳学发	43
试验数据的计算机自动处理.....	马忠国	45
预应力混凝土 T 构桁架桥悬拼施工的胶接缝处理	马忠国	47
结构可靠度分析的近似验算点法.....	张逸群	49
桥梁桩基可靠性分析的探讨.....	冷伍明	51
抗滑桩的合理锚固深度研究.....	冷伍明	53
岩土工程反问题理论的一般形式.....	刘维宁 徐文焕	55

可靠度方法及其在挡土墙设计中的应用	刘昌清 彭胤宗	57
粗差别除统计量个别问题	周国清	59
大轴重货车对轨道的垂向动力作用分析	翟婉明	61
$B_0-B_0-B_0$ 轴式机车采用横向连接装置的初步研究	黄志辉 金鼎昌	63
对改进的 Vermeulen-Johnson 方法进行修正的研究	李自力	65
单向阻尼减振性能的动力学分析	沈利人 严隽堯	67
语音模拟系统	赵一杰	69
列车行为仿真实时处理	江善东	71
复杂几何边界下粘性不可压缩流 $N-S$ 方程的数值解	罗志刚 刘应清	73
低周疲劳对容器残余应力分布的影响	卢 军 王元良	75
模糊推理及其并行实现	王振兴	77
线性代数方程组求解的并行算法实现	姚卫东	79
ATA 的并行算法	程国忠	81
误差反向传播算法的并行化	王 宇	83
一种最短路问题并行算法构成	鄢伶俊	85
ISDN 若干技术问题探讨	靳 迎	87
电牵引负荷概率分布建模	李群湛	89
连续系统数字仿真的一个算法	金炜东	91
电磁相吸式磁浮列车控制方案探讨	江 浩 连级三	93
AT 供电牵引网新型微机故障测距系统的研究	王 伟 贺威俊	95
电气化复线铁路“V 停反行”远动监控系统方案研究	练 兵	97
异步电机脉冲绝缘试验的改进	张卫东 李 治	99
工程图纸微机处理系统软件设计研究	李鉴庆 何洪涛	101
一种新型静止劈相机	柴书明	103
提高 GTR 开关频率与降低损耗	宋平岗 连级三	105
车辆轴温综合探测系统的探讨与研究	于 涤 刘学军	107
随机规划理论在交通运输中的若干应用	曹家明	109
旅行商问题的二次 0—1 规划模型及解法	曹家明 朱松年	111
变参数下列车编组计划问题的二次 0—1 规划法	曹家明	113
铁路车流路径选择优化模型	高旭敏 顾 炎	115
运输网络随机配流模型研究	高旭敏	117
装车地直达列车编组计划的 0—1 线性规划模型	赵 强	119
提取雷达目标自然频率的对偶空间理论	李 敬 任 朗	121
高能 $P-P(\overline{P})$ 碰撞过程的 M-C 模拟	贾焕玉 焦善庆	123
近期成都市人民消费的预测分析	周黎明	125
浅论西方经济学数学化趋向	李振锋 薄晓明	127

CONTENTS

The Empirical Aerodynamic Model and Theoretical Analysis of Structural Stall Flutter	Yuan Xiangrong	1
The Influences of Stiffness on Experimental Data from Wind-tunnel Test for Bridge Deck Sectional Model	Li Mingshui	3
The Research on Processing Method of Lower Stress Range in Fatigue Design of Steel Bridges	Zeng Chao	5
Structuring of Reasoning Control Module FLUIS	Gong Hui	7
Expert System ES-PDLB for the Preliminary Design of Long-span Bridges	Gong Hui	9
The Pitchfork Bifurcation of Flow in the Channel and Two Methods of its Computation	Xie Jianhua	11
A Micro-Composite Model of Localized Creep Damage	Liu Yan et al	13
Thermodynamics Description on Microplane Constitutive Model for Concrete.....	Wang Xin	15
A Remark on the Stability Theorem of Motion	Cao Dengqing	17
Adaptive Analysis of Hybrid/Mixed Finite Element Based on Split-displacement Approach	Cui Hongjiang Zhou Benkuan	19
A Six-node Triangular Penalty-hybrid Finite Element for Stokes Flow Analysis	Ke Zunping Zhao Zhong	21
A Penalty Hybrid/Mixed Model for the Analysis of Nearly Incompressible Elasticity Problems	Zhu Bing Chen Dapeng	23
Theory of Topological Variation of Operator Equation (Group) Problems	E Guokang	25
On Wind-Induced Vibration Research and Structural Design Evolution of Suspension Bridges	Chen Renfu	27
The Program Series Used in Suspension Bridge Design for Honshu-shikoku Routes and Nowadays Tendency of Suspension Bridge Theory	Chen Renfu	29
Wind-resistant Stability Design of Large Span Cable-stayed Bridge	Zhou Shuhua	31
The Matrix Method of Bridge Flutter Analysis.....	Shen Ruili	33

Study on Evaluation Procedures for Fatigue Life of Railway	
Steel Bridges	Li Yadong 35
An Intellectual CAD System for Railway CulvertsSun Linfu 37	
Technique for Combining Expert Systems with Numerical	
Computing Programs and its Use in Bridge Rating	
.....	Zheng Kaifeng Tang Jishun 39
CAD for Prestressed Concrete Box BeamsLiu Xuefa et al 41	
Character Processing by Use of FORTRAN for Engineering	
CAD Systems	Liu Xuefa 43
Automatic Test Data Processing on ComputersMa Zhongguo 45	
Adhesive Juncture Treatments for the Cantilever Construction	
of the Prestressed Concrete T-Frame Truss Bridges	
.....	Ma Zhongguo 47
Approximate Method of Checking Point for Analysis of	
Structural reliability	Zhang Yiqun 49
Discussion on Reliability Analysis for the Bridge Pile	
Foundations	Leng Wuming 51
Research on the Reasonable Depth of Antislip Piles	
.....	Leng Wuming 53
A General Approach to the Inverse Problem of Geotechnical	
Engineering	Liu Weining Xu Wenhuan 55
Probabilistic Approach and its Applications to the Design of	
Retaining Walls	Liu Changqing Peng Yinzong 57
Some Problems about Statistics of Gross DeletingZhou Guoqing 59	
On the Vertical Dynamic Interaction between Track and Freight	
Vehicles with Large Axle-load	Zhai Wanming 61
A Preliminary Study on Using Lateral Connecting Device for	
B ₀ -B ₀ -B ₀ Locomotives	Huang Zhihui Jin Dingchang 63
An Improvement on Modified Vermeulen-Johnson Method	
.....	Li Zili 65
Dynamic Analysis of Attenuational Behavior for One-way	
Damping.....	Shen Liren Yan Junmao 67
Speech Simulation System	
	Zhao Yijie 69
Real-time Processing of Train Behavior Simulation	
.....	Jiang Shandong 71
Calculation Procedure for Viscous Incompressible Flows in	
Complex Geometries	Luo Zhigang Liu Yingqing 73
Effect of Low-cycle Fatigue on Residual Stress Distribution	
of Pressure Vessels.....	Lu Jun Wang Yuanliang 75

Fuzzy Reasoning & its Parallel Processing Algorithms

.....	Wang Zhenxing	77
Parallel Algorithm for Solving Linear Equations	Yao Weidong	79
Parallel Algorithm for Computing $A^T A$	Cheng Guozhong	81
Parallelization of Backward Gradient Propagation Algorithm		
.....	Wang Yu	83
A Parallel Processing Algorithm for Mini-Path Problems		
.....	Yan Lingjun	85
Investigation on Some Technical Problems of ISDN	Jin Ying	87
Modelling for Probability Distribution of Traction Loads	Li Qunzhan	89
An Algorithm for Digital Simulation of Continuous Systems		
.....	Jin Weidong	91
Control Strategies of Levitated Vehicles of Electromagnetic		
Attracting Type	Jiang Hao Lian Jisan	93
A Micro-Computer Based Accurate Fault Locator for AT		
Feeding Systems of Traction	Wang Wei He Weijun	95
The Research on "V Close Opposite Motion" Remote Supervision		
System Project for Double-track Electrified Railway	Lian Bing	97
Improvement on Impulse Isolation Test for Induction Motors		
.....	Zhang Weidong Li Zhi	99
The Design and Research on Micro-Computer Processing System		
Software for Engineering Drawing	Li Jianqing He Hongtao	101
A New Static Phase-converter	Chai Shuming	103
Increase GTR Switch Frequency and Reduce Losses		
.....	Song Pinggang Lian Jishan	105
Research and Analysis on Train Axle Synthetic Detecting		
System	Yu Di Liu Xuejun	107
Several Applications of Stochastic Programming to Transpor-		
tation Systems	Cao Jiaming	109
Binary Quadratic Programming Model of TSP and its Solution		
.....	Cao Jiaming Zhu Songnian	111
Binary Quadratic Programming Method for Train Formation Plan		
Problem with Varying Parameters	Cao Jiaming	113
Optimization Model for Choosing Vehicle Flow Path in Railway		
Networks	Gao Xumin Gu Yan	115
Research on Stochastic Assignment Model for Transportation		
Networks	Gao Xumin	117
0-1 Linear Programming Model of Formation Plan of Loading		
Area Through-running Train	Zhao Qiang	119

Extraction of the Natural Frequencies of Radar Targets by Dual Space Method	Li Jing Ren Lang	121
The M-C Simulation of High Energy P-P($\overline{P}$) Collision Process	Jia Huanyu Jiao Shanqing	123
The Citizen Consumption Prediction of Chengdu in the Near Future.....	Zhou Liming	125
Mathematics Trend of the West Economics	Li Zhenfeng Bo Xiaoming	127

失速颤振的气动力模型及理论分析

工程力学系 袁向荣

机翼在飞机作大攻角飞行时以及某些土木建筑物在风的作用下均存在着一种不稳定性现象,即失速颤振。失速颤振发生在失速角附近,从流体形态来看,它呈分离流状态。俯仰力矩与攻角的关系曲线如图 1 所示呈 8 字形,这用相位滞后的概念是无法说明的,在过去的文献中未见这方面的理论探讨,本文对此作了分析。

1. 小攻角及大于失速角范围的气动力模型及结构的响应

线性的气动力矩模型为:

$$\alpha/\alpha_0 = \sin \omega t \quad \dot{\alpha}/(\alpha_0 \omega) = \cos \omega t$$

$$M = M_0 \sin(\omega t - \psi) = M_0 (\alpha \cos \psi / \alpha_0 - \dot{\alpha} \sin \psi / (\alpha_0 \omega)) \quad (1)$$

结构的扭转运动微分方程为

$$\ddot{\alpha} + 2\xi_\alpha \omega_\alpha \dot{\alpha} + \omega_\alpha^2 \alpha = M/I_\alpha \quad (2)$$

式中, I_α 为结构单位长度的转动惯量, ω_α 、 ξ_α 分别为结构扭转振动固有频率及阻尼比。

将(1)式代入(2)式,得

$$\alpha = \alpha'_0 \exp[-(\xi_\alpha \omega_\alpha + M_0 \sin \psi / (2 I_\alpha \alpha_0 \omega)) t] \sin\{[\omega_\alpha^2 - M_0 \cos \psi / (I_\alpha \alpha_0) - (\xi_\alpha \omega_\alpha + M_0 \sin \psi / (2 I_\alpha \alpha_0 \omega))^2]^{1/2} t + \phi_0\} \quad (3)$$

式中, α'_0 、 ϕ_0 分别为 $t=0$ 的 α 的幅值及初相位。当

$$\xi_\alpha \omega_\alpha + M_0 \sin \psi / (2 I_\alpha \alpha_0 \omega) < 0, \text{ 即 } \sin \psi < -2 I_\alpha \alpha_0 \omega \xi_\alpha \omega_\alpha / M_0 \quad (4)$$

时结构失稳。

由(4)式知, $\sin \psi < 0$ 是发生颤振的必要条件。这与能量观点得到的结果一致。

(1) 式中 $M_0 \sin \psi / (\alpha_0 \omega)$ 为气动阻尼, $-M_0 \cos \psi / \alpha_0$ 为气动刚度。当 $\sin \psi < 0$ 时, 气动阻尼为负, 结构可能发生疾振。所以, 失速角之外结构的失稳性振动是疾振。

2. 失速角附近气动力矩模型及结构失速颤振理论分析

失速颤振发生在失速角附近, 这时实验所得结果呈 8 字形, 椭圆形模型显然不能符合这种情况。失速颤振时气动力矩呈周期性变化, 故可展成傅氏级数, 这里取级数的前两项, 即

$$M = B_0 \sin 2 \omega t + C_0 \sin \omega t \quad \alpha = D_0 \cos \omega t \quad (5)$$

由(5)式绘出 $M-\alpha$ 曲线如图 2。适当选择 B_0 、 C_0 及 D_0 可以拟合实验结果。由(5)式消去 ωt , 有

$$M = B_0 2 \sin \omega t \cos \omega t + C_0 \sin \omega t = -2 B_0 \dot{\alpha} / (D_0^2 \omega) - C_0 \dot{\alpha} / (D_0 \omega) \quad (6)$$

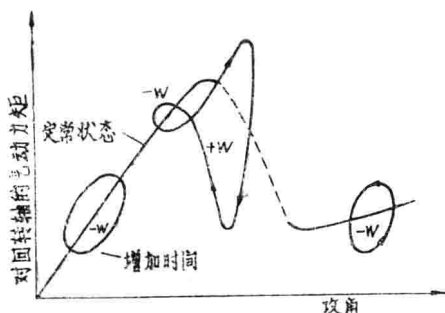


图 1

将(6)式代入(2)式, 得

$$\ddot{\alpha} + \omega_a^2 \alpha = \mu f(\alpha, \dot{\alpha}) \quad (7)$$

$$\text{式中 } f(\alpha, \dot{\alpha}) = -2\omega_a \dot{\alpha} \left(1 + \frac{C_0 + \frac{2B_0\alpha}{C_a D_0 \omega}}{C_a D_0 \omega} \right) \quad (8)$$

$\mu = \xi_a \ll 1$, 为无量纲小参数。由慢变振幅与相位法(平均法), 令

$$\alpha = a(t) \cos(\omega_a t + \phi(t)) \quad (9)$$

$$= a(t) \cos \psi$$

则

$$\begin{aligned} \dot{\alpha}(t) &= (-\mu/(2\pi\omega_a)) \int_0^{2\pi} f(a \cos \psi, -a\omega_a \sin \psi) \sin \psi d\psi \\ &= -\xi_a a \omega_a (1 + C_0/(C_a D_0 \omega)) \end{aligned} \quad (10)$$

$$a(t) = a_0 \exp[-\xi_a \omega_a (1 + C_0/(C_a D_0 \omega)) t] \quad (11)$$

$$\dot{\phi}(t) = (-\mu/(2\pi a \omega_a)) \int_0^{2\pi} f(a \cos \psi, -a\omega_a \sin \psi) \cos \psi d\psi = 0 \quad (12)$$

$\phi = \phi_0 = \text{const}$ 取初始条件使 $\phi_0 = 0$, 则

$$\alpha = a_0 \exp[-\xi_a \omega_a (1 + C_0/(C_a D_0 \omega)) t] \cos \omega_a t \quad (13)$$

$$\text{临界状态下 } C_0/(C_a D_0 \omega) + 1 = 0 \quad \alpha = a_0 \cos \omega_a t \quad (14)$$

$$\text{比较(5)式与(14)式, 知 } D_0 = a_0, \omega = \omega_a \quad (15)$$

(15) 式表明失速颤振极限频率与纯扭转振动频率接近, 这一点与实际情况相符。失稳判别式为

$$\frac{C_0}{C_a D_0 \omega} + 1 < 0 \quad (16)$$

由(16)式知 (i) $C_0/D_0 < 0$ 是发生失速颤振的必要条件。(ii) 结构的稳定性与 B_0 无关, 即与气动力矩表达式中的二次谐波无关。

从能量观点看, 气动力矩在结构的一个振动周期作的功

$$W = \oint M d\alpha = \int_0^{2\pi} (B_0 \sin 2\omega t + C_0 \sin \omega t)(-D_0 \sin \omega t) d(\omega t) = -C_0 D_0 \pi \quad (17)$$

当 $C_0 D_0 < 0$ 时, $W > 0$, 结构从气流中吸收能量, 当吸收的能量大于结构阻尼耗散的能量时, 结构的振幅逐渐增大, 发生失速颤振。这个结论与(16)式一致。

3. 对非线性气动力矩模型(5)式的讨论

在 $M-\alpha$ 图上, 曲线与 α 轴有三个交点:

$$\alpha = \pm D_0, \alpha = -C_0 D_0 / (2B_0)$$

$C_0 = 0$, 有一个交点在原点, 曲线为李萨如图形。这时一个周期里气动力矩做功为零。 $C_0 \neq 0$, 一个周期里气动力矩做功不为零。功的正负由交点的位置及曲线的走向决定。由结构疾振的气动力矩模型、本文提出的失速颤振气动力矩模型及 Tamura 涡激振动气动力矩模型, 可推知, 一个较一般的气动力矩模型为

$$M = (H_0 + H_1 \alpha + H_2 \alpha^2 + \dots) \dot{\alpha} \quad (18)$$

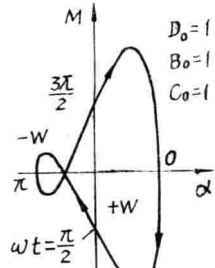


图 2

桥梁节段模型刚度的影响*

工程力学系 李明水

研究节段模型刚度的减小对实验测定颤振导数的影响。不但关系到实验技术本身,也关系到桥梁节段模型风洞实验所提供的数据的可信度。本文是我们就此所做研究工作的论述。

实验装置和模型 实验所用风洞其实验段长 2.8 m, 截面为 $1.4 \times 1.4 \text{ m}^2$ 的切角正方形。空风洞稳定风速最高可达 50 m/s, 来流湍流度小于 0.14%, 模型为木质, 长为 1140 mm; 横截面的几何形状和轮廓尺寸见图 1 (模型 A)。

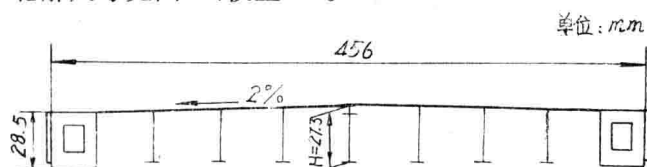


图 1 节段模型横截面示意图

实验在专门为桥梁动态实验设计的二元实验装置上进行。两个框架将约束系统固定于左右两侧洞壁上, 由洞壁直接形成二维流场。模型由两个悬吊约束系统悬吊于二维流场中, 并通过盘轴与悬吊和约束系统相联。实验中采用两种方式加固模型: ① 加固桥面——在桥面板上涂环氧树脂并辅以分段加厚桥面, 以增强模型的刚度(模型 B); ② 加强整个悬吊构件的刚度——将模型和与之联结在一起的挡板作为一个整体加固, 即在挡板的适当位置对称布置四根加固杆, 加固杆的拧紧和松开造成三种加固状态(保持其对称性): 四根全拧紧(模型 C)、松开两根(D)和四根全松开(E)。这种加固方式从一定意义上讲改变了模型 A 的气动外形, 引起了气动力上的改变。本次研究也考察了转轴支承位置对颤振导数测量的影响。实验分为两种工况: 转轴位于 $H/2$ 处(按惯例)和位于桥面以上 12 mm 处(接近扭转中心, 模型 F)。

基本理论和实验方法 研究限于有竖向运动 h 和扭转运动 α 两个自由度的节段模型的平面效应。模型运动的方程可表示为:

$$m(\ddot{h} + a\ddot{\alpha} + 2\xi_h\omega_h\dot{h} + \omega_h^2h) = L_h \quad (1)$$

$$I(a\ddot{h}/r_g^2 + \ddot{\alpha} + 2\xi_a\omega_a\dot{\alpha} + \omega_a^2\alpha) = M_a \quad (2)$$

式中, a 为扭心到重心的距离, r_g 为扭转惯性半径。非定常气动力 L_h 和非定常气动力矩 M_a 可用颤振导数表示为:

$$L_h = 0.5\rho V^2(2B)[KH_1^*\dot{h}/V + KH_2^*B\dot{\alpha}/V + K^2H_3^*\alpha] \quad (3)$$

$$M_a = 0.5\rho V^2(2B^2)[KA_1^*\dot{h}/V + KA_2^*B\dot{\alpha}/V + K^2A_3^*\alpha] \quad (4)$$

* 本研究工作在奚绍中教授指导下进行。

由于扭转颤振导数 A_2^* 单个突出的现象对大多数桥梁来说是它的自然反应, 因而单自由度的扭转不稳定是桥梁的固有倾向, 研究其动力稳定性问题时, 可仅研究单自由度扭转运动。为此, 在实验中将竖向运动锁住。那么由方程(2)和(4)得到齐次运动方程的形式为:

$$I(\ddot{\alpha} + 2\zeta_{\alpha E}\omega_{\alpha E}\dot{\alpha} + \omega_{\alpha E}^2\alpha) = 0 \tag{5}$$

从而可知方程(4)中的 A_2^* 为

$$A_2^* = \frac{2I}{\rho B^4} \left(\zeta_{\alpha} \frac{\omega_{\alpha}}{\omega_{\alpha E}} - \zeta_{\alpha E} \right) \tag{6}$$

式中, $\omega_{\alpha E}$ 和 $\zeta_{\alpha E}$ 分别为有效频率和有效阻尼比, 它们均由实验测定。

值得注意的是, 由自由衰减法获取颤振导数必须满足两个条件: ① 小扰动; ② 无集中涡存在。

实验结果和分析 由实验获取的颤振导数 A_2^* 随折算风速 $V/(\omega B)$ 变化的情况见图2和图3。从图中看出: 模型B较之模型A, 扭转颤振导数 A_2^* 为零(临界位置)的折算风速由3.27提高到3.84; 随着加固杆的减少, 即节段模型的刚度相应地减小, 模型C、D、E的临界折算风速顺次减小, 分别为3.75、3.42、2.94(见表)。

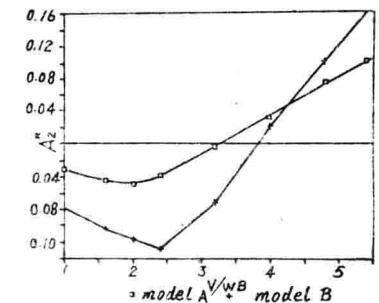


图2 模型A和B的 $A_2^* - V/(\omega B)$ 关系

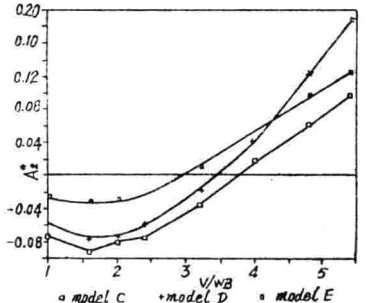


图3 三种加固状态下的颤振导数 A_2^*

参 数 \ 加固状态	四根全拧紧(C)	两根松开(D)	四根全松开(E)
f	5.875	5.39	5.00
$(V/(\omega B))_{cr}$	3.75	3.42	2.94

f : 模型本身的扭转频率 (Hz)。

转动支承中心在两种不同位置时得到的颤振导数见图4。两种工况下的颤振临界位置在实验误差允许的范围内是相同的。同样的结论可由方程(2)中得到。而且转轴位置的变化, 仅仅引起转动惯量的变化, 反映在 $V/(\omega B) - A_2^*$ 曲线上即是支承点不同时, 曲线不相互重合, 但临界位置一致。

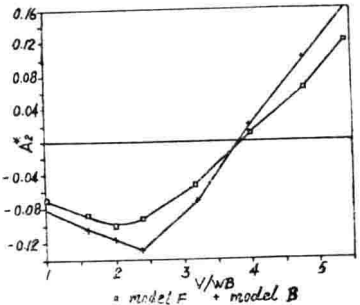


图4 转动支承中心在两种不同位置时的颤振导数 A_2^*

钢桥疲劳检算中低应力脉处理方法的研究

工程力学系 曾 超

我国铁路桥梁在运营中构造细节内的低应力脉所占比例较大,因此,在疲劳检算中如何能够更好地处理低应力脉是有一定意义的。本文对有关文献的累积损伤公式进行了修正,修正后的损伤公式适用于焊接钢桥的疲劳寿命估算。

1. 变幅循环应力下的累积损伤规则

为了计算构件在变幅循环应力下的疲劳寿命,可将多级循环应力等效到某一给定的应力脉水平。首先研究在应力脉 $\Delta\sigma_1$ 循环 n_1 次后,构件在 $\Delta\sigma_2$ 应力脉水平下的剩余寿命 $n_r(\Delta\sigma_2)$ 。如果 $n_{2(\Delta\sigma_2)}$ 是构件在 $\Delta\sigma_2$ 应力脉水平下与 $\Delta\sigma_1$ 应力脉循环 n_1 次等效的循环次数,那么

$$n_{r(\Delta\sigma_2)} = N_{(\Delta\sigma_2)} - n_{2(\Delta\sigma_2)} \quad (1)$$

而等效循环次数 $n_{2(\Delta\sigma_2)}$ 可根据等损伤原则

$$a_{[n_1(\Delta\sigma_1)]}/a_0 = a_{[n_{2(\Delta\sigma_2)}]}/a_0 \quad (2)$$

确定。利用关系式 $n = (1/A \cdot \Delta\sigma^m) [1 - (a_0/a_{(n)})^{(m-2)/2}]$ 得

$$n_{2(\Delta\sigma_2)} = (\Delta\sigma_1/\Delta\sigma_2)^m n_{1(\Delta\sigma_1)} \quad (3)$$

利用上述方法可将任意的应力历程转换为某一应力脉水平 $\Delta\sigma_2$, 并得其等效循环数

$$\bar{n}_2 = \sum_{i=1}^2 (\Delta\sigma_i/\Delta\sigma_2)^m \cdot n_i \quad (4)$$

它所相应的剩余寿命则为

$$n_{r(\Delta\sigma_2)} = N_{(\Delta\sigma_2)} - \sum_{i=1}^2 (\Delta\sigma_i/\Delta\sigma_2)^m \cdot n_i \quad (5)$$

当 $n_{r(\Delta\sigma_2)} = 0$ 时, 构件破坏。根据式 $N = C_1 \cdot \Delta\sigma^{-m} d$ 及 (5) 式可导出累积损伤公式

$$\sum (n_i/N_i) d_i = \bar{d} \quad (6)$$

式中 n_i ——应力脉等于 $\Delta\sigma_i$ 的加载循环次数;

N_i ——应力脉等于 $\Delta\sigma_i$ 按常幅加载至断裂的循环次数;

d_i ——相应于断裂循环数为 N_i 的临界损伤量, $d_i = 1 - (\Delta\sigma_i/\Delta\sigma_{lim})^{m-2}$;

$\bar{d}$ ——构件破坏时的临界损伤量, $\bar{d} = 1 - (\Delta\sigma_2/\Delta\sigma_{lim})^{m-2}$ 。

$\Delta\sigma_{lim}$ 是初始裂纹几乎不扩展情况下, 亦即循环数很少时的应力脉, 它相当于构件的静强度。 $\Delta\sigma_2$ 是构件断裂时的应力脉, 可以取应力谱中的 $\Delta\sigma_{max}$ 。若考虑到应力脉 $\Delta\sigma_i$ 出现的频率为 r_i , 则 $\bar{d}$ 可取 $\bar{d} = \sum r_i d_i$ 。

对于变幅疲劳, 估算寿命时必须考虑低于常幅疲劳持久极限的低应力脉。首先假定

$$(da/dn)_{min} = \text{const} \quad (7)$$

式(7)所示的 $(da/dn)_{min}$ 可与原始疲劳持久极限 $\Delta\sigma_0$ 加以如下联系:

$$\left(\frac{da}{dn}\right)_{min} = C' \Delta\sigma_0^m a_0^{m/2} \quad (8)$$

在高于 $\Delta\sigma_0$ 的循环应力脉作用下, 裂纹向前扩展至长度 a_n , 故在 $(da/dn)_{min}$ 为正常量的前提下, $\Delta\sigma_0$ 应降至某个 $\Delta\sigma_{0n}$ 值, 此时

$$\left(\frac{da}{dn}\right)_{min} = C' \Delta\sigma_{0n}^m a_n^{m/2} \quad (9)$$

从(8)、(9)两式可得

$$\frac{\Delta\sigma_{0n}}{\Delta\sigma_0} = \left(\frac{a_0}{a_n}\right)^{1/2} \quad (10)$$

下降的疲劳极限 $\Delta\sigma_{0n}$ 与 $\Delta\sigma_0$ 之比的范围为 $\beta = \Delta\sigma_{0n}/\Delta\sigma_0 \leq \Delta\sigma_{0n}/\Delta\sigma_0 \leq 1$, $\Delta\sigma_{0n}$ 是最终断裂时的疲劳极限, $\Delta\sigma_{0n} = \beta \Delta\sigma_0$ 。

在循环应力脉 $\Delta\sigma_1$ 作用下, 使 $\Delta\sigma_0$ 下降至一个给定的疲劳极限 $\Delta\sigma_{01}$ 所需的循环数 $n_{(01)}$, 可把(10)式代入 $n = (1/A \cdot \Delta\sigma^m) [1 - (a_0/a_n)^{(m-2)/2}]$ 得

$$n_{(01)} = (1/A \cdot \Delta\sigma_1^m) \cdot d_{(01)} \quad (11)$$

其中 $d_{(01)} = 1 - \left(\frac{a_0}{a_n}\right)^{(m-2)/2} = 1 - \left(\frac{\Delta\sigma_{01}}{\Delta\sigma_0}\right)^{m-2}$ 它表示为使 $\Delta\sigma_0$ 下降至 $\Delta\sigma_{01}$

所需的临界损伤量。

根据上述方法可计算图中所示应力谱块情况下相应的断裂循环数 N 为

$$N = [d_{(01)}] / \left(\sum_{i=1}^2 n_i d_i / N_i \right) + (d_{(02)} - d_{(01)}) / \left(\sum_{i=1}^3 n_i d_i / N_i \right) + (d_{(0u)} - d_{(02)}) / \left(\sum_{i=1}^4 (n_i d_i / N_i) \right)$$

式中 $d_{(0i)} = 1 - (\Delta\sigma_{0i}/\Delta\sigma_0)^{m-2}$,

$$\Delta\sigma_{01} = \Delta\sigma_3, \Delta\sigma_{02} = \Delta\sigma_4;$$

$$d_{(0u)} = 1 - (\Delta\sigma_{0u}/\Delta\sigma_0)^{m-2} = 1 - \beta^{m-2} = \bar{d}$$

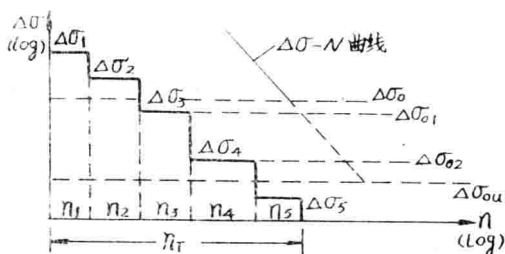
2. 疲劳检算

为了检验上述方法, 本文利用文献所提供的试验资料, 并根据文献取主板屈服极限的均值 482 MPa 作为 $\Delta\sigma_{lim}$ (计算数值略)。

从计算结果可以看出:

(1) 不计入低于 $\Delta\sigma_0$ 的应力脉所造成的损伤将过高地估计疲劳寿命, 而将 $\Delta\sigma-N$ 曲线向下延伸所估算的寿命又过于偏低;

(2) 对低于 $\Delta\sigma_0$ 的应力脉采用斜度为 $(m+2)$ 的 $\Delta\sigma-N$ 曲线, 以及根据本文所修正的积分公式所估算的疲劳寿命较接近于实测寿命。



应力谱块下疲劳寿命计算图