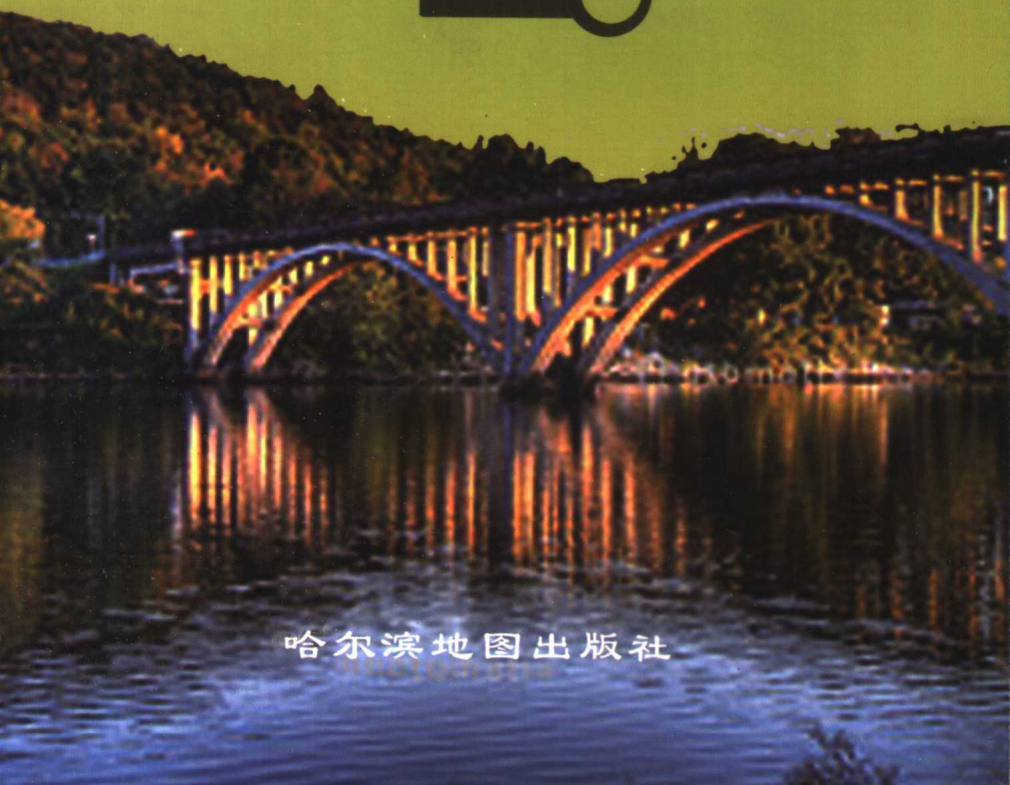


旧桥承载力模型与仿真

MOXING YU FANGZHEN

孙全胜 李伟林 尚云龙
徐庆军 白 涛 编 著



哈尔滨地图出版社

旧桥承载力模型与仿真

JIUQIAO CHENGZAILI MEXING YU FANGZHEN

孙全胜 李伟林 尚云龙
徐庆军 白 涛 编 著

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目(CIP)数据

旧桥承载力模型与仿真/ 孙全胜,等编著. —哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2007.3

ISBN 978-7-80717-552-0

I. 旧... II. ①孙... III. ①桥-承载力-建立模型②桥-承载力-仿真 IV. U441

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 039518 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址:哈尔滨市南岗区测绘路2号 邮政编码:150086)

哈尔滨市动力区哈平印刷厂印刷

开本:850 mm × 1 168 mm 1/32 印张:6.437 5 字数:186 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印数:1 ~ 1 000 定价:19.80 元

前 言

桥梁结构作为道路咽喉工程,其安全畅通对交通运输和国民经济的发展具有至关重要的意义。在以往逐年竣工投入运营的道路上,大量桥梁在各种作用和环境因素侵蚀下,性能逐渐退化,变成旧桥甚至危桥,这是客观的自然规律,因而,旧桥承载能力的准确验算评定和在此基础上危险状态判别和预警也就成为道路运营管理过程中的中心环节。按现有桥梁承载力评定程序和方法,需要对路网中待评的大量桥梁逐一进行加载测试,工作量巨大,不但难以有效实现且费用昂贵。因此,探索不依赖现场加载测试,而是基于更为简便经济的常规病害调查和检测手段,对待评的大量旧桥进行承载力评定、状态仿真和危态预警的科学理论和方法,显得极为迫切和重要。通过对旧桥承载状态进行评定仿真和智能预警,可为旧桥病害的及时处治、维护改造和再利用提供理论依据和技术指导。

桥梁承载力视为自身抗力与外界作用之间的动态对比关系,是一个涉及结构本身和作用两方面因素以及时间效应的复杂问题,针对某旧桥,某些因素的作用机理和不同因素影响效果之间的耦合规律尚不清楚;旧桥结构体系的整体承载力与组成构件、地基基础承载力的关系如何确定,尚难给出明确量化模型,但它们综合作用的效果大都可以通过现代检测手段、数学建模或数值方法进行观察和计算而得到近似量值。

本书共分六章,分别是绪论、影响旧桥承载力折减的综合评定、旧桥承载力计算模型的建立、旧桥承载状态的仿真系统的研究、经济和社会效益分析、应用实例。全书由孙全胜全面负责,第1章、第2章由孙全胜、徐庆军撰写,第3章由李伟林撰写,第4章由尚云龙撰写,第5章由徐庆军撰写、第6章由白涛撰写。

由于本书作者水平有限,书中的错误和疏漏在所难免,敬请读者不吝赐教。

作者

2007年1月

内 容 简 介

本书针对桥梁承载力折减的综合评定、旧桥承载力计算模型建立和旧桥承载状态仿真技术三方面问题进行了详细的论述,提出了可考虑使用性能折减、温度变化及支座位移、疲劳强度等因素下旧桥承载力计算模型的建立方法,并对不同体系桥梁承载力的仿真技术、极限状态承载力的动态仿真、桥梁性能衰变过程的动态仿真以及桥梁使用寿命的仿真技术进行了研究,开发了“加筋混凝土构件截面承载力计算及评价软件”和“桥梁结构有限元分析软件”,并给出了应用实例。

本书对于从事旧桥承载力检测评定的科技人员具有重要的参考指导价值。本书可作为从事桥梁工程设计、施工和监理等的技术人员参考,也可供土木工程专业的大学生选读。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 立项的目的和意义	2
1.3 国内外研究发展状况	3
1.4 本课题研究内容和技术路线	6
1.5 主要技术路线	8
第2章 影响承载力因素折减的综合评定	10
2.1 桥梁承载力的定义、形成和变化	10
2.2 桥梁承载力影响因素分类	14
2.3 桥梁承载力部件及整体病态程度估价	14
2.4 材料质量性能折减评定	24
2.5 结构变形及支承变异的检测评定	47
2.6 桥梁结构体系承载力折减的综合评定	50
2.7 小结	52
第3章 旧桥承载力计算模型的建立	53
3.1 考虑桥梁使用性能折减的承载力计算模型	53
3.2 温度变化及支座位移承载力计算模型	74
3.3 考虑疲劳强度的桥梁承载力计算模型	77
3.4 小结	78
第4章 桥梁承载状态的仿真系统研究	80
4.1 不同体系桥梁承载力的仿真技术	80
4.2 极限状态承载力的动态仿真	87
4.3 桥梁性能衰变过程的动态仿真	90
4.4 桥梁使用寿命的仿真分析	96
4.5 小结	109
第5章 经济效益分析	111
5.1 社会效益	111

5.2 经济效益	112
5.3 小结	113
第6章 应用实例.....	114
6.1 桥梁概况	114
6.2 桥梁详细检查	116
6.3 静载试验	136
6.4 动载试验	146
附件1 钢筋混凝土和预应力混凝土梁桥资料调查用表	161
附件2 钢筋混凝土、圬工拱桥桥梁技术资料调查用表	167
附件3 桥梁技术状况评定用表	172
结论.....	190
结束语.....	192
参考文献.....	194

第1章 绪 论

1.1 问题的提出

横跨江河数以千万计的桥梁是地面交通的咽喉和枢纽,属于投资密集、技术难度大的永久性基础设施。桥梁结构在长期重复荷载及环境灾害作用下,将遭到损伤、侵蚀,性能发生变异,承载能力下降,从而影响桥梁的正常使用,甚至危及桥梁的安全与寿命,因而需在使用、运营过程中重点加以监测和维护。

截止至2005年底,全国公路桥梁达33.66万座、1474.75万延米,比上年年末增加1.50万座、137.11万延米;特大桥梁876座、145.96万延米,大桥23290座、512.53万延米,中桥7.17万座、393.74万延米,小桥24.07万座、422.53万延米,其中危桥10443座,占总数的3.1%。截止至2005年底,黑龙江省共有公路桥梁9647座(316912.29延米),其中永久性桥梁8932座,半永久性桥梁112(69)座,临时性桥梁612(464)座。国道1417座、省道1501座、县道1466座、乡道3009座、专用公路2254座。特大桥7座,大桥491座,中桥1503座,小桥7646座,其中三、四类桥3145座、危桥1284座,危桥占整个桥梁总数的13.3%。

国内目前面临着旧、危桥数量多(达136000座以上)的状况,我省(市、区)约有3000多座,这些桥梁具有技术标准低、交通通行适应能力差等问题。这一问题在全国范围内引起了工程界专家、学者、管理人员、养护人员的重视。如何对这些桥梁进行技术鉴定?现有桥梁技术鉴定方法是桥梁静动载试验,这种试验耗资巨大,而且这种技术鉴定方法准确度不高,所以急需探讨研究简单的旧桥承载能力鉴定方法。

1.2 立项的目的和意义

桥梁建成后的检测、维护是保持桥梁正常营运、保障交通安全的必要手段,而国内目前在桥梁性能、承载力检测方面,主要有静载法、动载法两大类:静载法一般按设计荷载标准加载,并测试结构关键部位的应变、位移等指标,推算桥梁承载力;动载法是对桥梁施以激振荷载,测试其动力反应,结合结构固有振动特性推算结构刚度和承载力。这两种方法在一定程度和范围内能较为有效地反映桥梁的性能,但也存在难以克服的缺点:(1)不能反映桥梁结构在真实荷载作用下的力学行为和长期荷载作用下的损伤衰变状况;(2)耗费财力、人力、时间较多,影响桥上交通,检测成本很高,只适合于对结构进行一次性检测,无法对桥梁进行长期、随时的状态监控。因而,国内桥梁的日常管理、养护往往因缺乏简便有效的即时检测手段作为基础支撑条件,具有一定的盲目性和被动性,难以顺利开展,这成为工程界日益关注的一大难题。

桥梁结构作为道路咽喉工程,其安全畅通对交通运输和国民经济的发展具有至关重要的意义。在以往逐年竣工投入运营的道路上,大量桥梁在各种作用和环境因素侵蚀下,性能逐渐退化,变成旧桥甚至危桥,这是客观的自然规律,因而,旧桥承载能力的准确验算评定和在此基础上的危险状态判别和预警也就成为道路运营管理过程中的中心环节。按现有桥梁承载力评定程序和方法,需要对路网中待评的大量桥梁逐一进行加载测试,工作量巨大,不但难以有效实现且费用昂贵。因此,探索不依赖现场加载测试,而是基于更为简便经济的常规病害调查和检测手段,对待评的大量旧桥进行承载力评定、状态仿真和危态预警的科学理论和方法,显得极为迫切和重要。通过对旧桥承载状态进行评定仿真和智能预警,可为旧桥病害的及时处治、维护改造和再利用提供理论依据和技术指导。本项目正是针对这一紧迫现实问题,旨在以给定的交通荷载使用要求为标准,通过建立高效、准确、方便实用的旧桥承载状态评定、仿真和预警系统,取代或部分取代现有常规加载测试

检算方法,达到节省旧桥承载力评定费用、提高道路运营管理效率和减小社会环境冲击等多重目标,具有巨大的经济、社会和环境效益。此外,通过全面深入地探索成桥承载状态演化规律,对桥梁工程学科的理论发展亦具有重要的指导意义和参考价值。

《旧桥承载能力模型与仿真系统的研究》就是在这种情况下提出的,它可以克服现行旧桥承载力加载评定过程中人力、物力消耗大、中断交通,评定结果仍不能获得极限指标;为加快评定过程、简化评定程序、不中断交通、节省测试费用,并获得确切的评价结果,为一大批中小桥梁加固、改造利用提供科学决策依据,以适应交通事业可持续发展的迫切需求;为促进桥梁现代化目标管理与交通系统监控提供科学依据,为桥梁安全营运提供技术保证。本项目的研究具有很大的理论意义和实用意义。

1.3 国内外研究发展状况

国外,在涉及本项目的研究中,已见采用不同方法对桥梁承载力进行评定以及相关机理的研究,其中包括有采用数学模型、断裂试验、加载试验、结构分析以及弹塑性分析等方法 and 所采取的相应安全措施的报告。例如,英国 Ponniah 等针对英国各种跨度的砖石结构的拱桥,通过数值模拟的三维模型对桥梁的承载能力进行了评定和大约 90 种试验,其中包括对荷载能力、破坏分析、填料、衰减分析以及粒度尺寸分析等研究;美国 Berger 综述了对美国伊利诺斯等 5 个州的 140 座有缺陷的桥梁检查结果。这些桥梁的类型有混凝土、钢和木桥,并重点介绍了桥梁的承载力的提高技术,其中包括:(1)采用轻型桥台;(2)结构系统的改进;(3)采用加固技术,以达到延长桥梁使用寿命的目的;美国 Nazmy 综述了采用多种长跨度钢拱桥的三维模型,对其桥梁结构的强度和稳定性设计参数进行了评估,得出了优化设计的结果,并采用有限元分析方法检验了临界弯曲载荷和桥梁承载力的设计方案,其目的是增加桥梁承载能力;荷兰 Davies 发表的一篇会议论文中介绍了砖石结

构拱桥承载能力的评定,研究了相关的机理和索多边形分析方法以及给出的基本假定;日本 Numata 等介绍了日本 Makawa 桥的承载力试验和振动试验,并描述了该桥的安全性,空间结构、结构分析以及剩余强度;日本 Nishimura 等阐述了通过现场加载试验对钢筋混凝土 T 形梁桥承载力的评价和校验,包括断裂试验和加载试验;日本 Yokomizo 等在针对日本 Shioya 桥的承载力试验中,对该预应力混凝土结构桥梁的毁损、变形和弯曲进行了研究;加拿大 Bakht 介绍了加拿大 Manitou 拱桥安全承载力的检测试验;日本 Sakimoto 等对日本 Higashi 大跨度悬索桥的桥梁承载力进行了分析,并通过对该桥动态响应的分析、弹—塑性分析和位移分析,以改进其抗风和抗震的能力;英国 Ponniah 的一篇会议论文针对英国多种跨度的拱桥的评定中,采用模型试验并选定各种参数,以确定桥梁的承载力;日本 Suzuki 等介绍了日本现有的桥梁承载力评价中的承载因素。

国内,对旧危桥的改造利用越来越重视。在涉及本项目的研究中,已见针对桥梁承载力的评定、加固机理、安全措施、构建数学模型、疲劳可靠性、弹—塑性分析以及相应软件开发等内容,为利用、改造旧桥提供有力的依据。例如,中南大学邹中权等结合凤滩大桥承载力评定研究探讨了结合荷载试验和理论计算对既有桥梁进行承载力评定的方法,研究了如何根据荷载试验的结果对桥梁的损伤及其损伤部位进行判定,并利用试验数据对桥梁承载力进行理论计算,提出了利用这种方法对既有桥梁进行承载力评定所应进一步深入研究的问题及今后的发展方向;重庆交通学院周建廷等剖析了桥梁加固机理,阐述了桥梁加固的 3 个准则及执行程序;西安公路学院顾懋清等报道了桥梁承载力评定受主客观模糊性和随机性诸因素的错综影响,采用极限状态设计原理,并通过模糊评判与随机分析的综合,确定桥梁承载力计算中 Z_1 (检算系数)的评定方法,给出桥梁承载力的安全范围及数值,从而为利用、改造旧桥提供有力的依据;沈阳建筑工程学院交通运输工程研究所李明飞等通过挖掘桥梁构造上的承载潜力、材料上的强度储备,以及对桥梁承载力进行折减或提高,综合确定桥梁承载力。考虑超限车辆的通行方式和特点,更科学、更准确地评定桥梁在超限车辆荷载下的安全

状况,并使用 Microsoft VB6.0 编程语言开发了大型桌面应用程序《公路桥梁超限车辆通行安全评价系统》Brisafety4.0,介绍了该软件的设计及组成模块,总结了软件开发过程中几个关键问题的解决方法。软件使整个评价过程完全程序化、自动化,并能给出详细数据、图形结果以及主要具体加固处理方案;西南交通大学丁行义等对桥梁模型结构的相似参数进行了较深入的探讨,从结构整体运动角度出发,对简支梁桥变态相似动态模型进行分析,计算确定各因子的相似参数,供设计中应用。模型和实桥的试验结果对比说明设计中采用的相似参数与试验结果吻合较好,重庆交通科研设计院王福敏等,通过3根波形钢腹板模型箱梁的荷载试验,量测布置在跨中底板混凝土中的钢筋应力、箱梁跨中竖向位移,波形钢腹板的主应力,并观测模型梁底板裂缝的形成以及箱梁结构的破坏状态,由试验结果分析其承载能力,为建立波形钢腹板箱梁设计实用计算公式提供参数;同济大学刘兴景等以随机场为桩基土层土性参数的数学模型,探讨了桩的承载力统计规律,把桩基从容许承载力设计提高到概率极限状态设计水平,最后以交通部规划设计院提供的两座桥梁完整的地基勘探资料为算例,验证所提供的模型与方法的适用性;核工业工程勘察院何剑等介绍了荆州长江大桥试验桩单桩竖向抗压静载承载力试验未达到破坏荷载时,如何判定无特征点的缓变型 $Q-s$ 曲线的单桩极限承载力的问题,提出采用“逆变斜率法”“ $s - \beta I_g(Q/Q_{\max})$ 作图法”“测力元件数理统计法”和“高应变实测曲线拟合法”等4种方法进行解释,并将推算的结果进行综合对比分析以确定该桩的单桩竖向极限承载力;广东省工业大学姜海波等将列车荷载视为随机过程,考虑既有铁路混凝土梁的抗力劣化,采用时变的可靠性算法对川黔线一座铁路混凝土梁剩余使用期内承载力失效概率进行了计算,考虑到铁路混凝土梁的钢筋疲劳,对该梁随时间变化的疲劳可靠性指标进行了计算,最后综合这两种失效模式对桥梁安全性的影响,对该梁的体系可靠性进行了评估,预测了该梁的剩余使用寿命,并提出了整改措施;河南省交通规划勘察设计院罗清采用结构线性和非线性分析两种方法,推导出钢筋混凝土梁的弹性分析和弹塑性分析的承载力计算公式,并进行了分析比较,其结果对钢筋混凝土梁的内

力分析和安全度估计具有较大的参考价值;长沙铁道学院土建学院张国祥等,利用灰色理论中 $GM(1)$ 模型预测地基极限承载力,这种方法既具有较高的预测精度,又可充分利用现有大量没有加载到破坏阶段的荷载试验成果,从而节省了大量的试验经费;西安公路交通大学胡大琳等通过对钢筋混凝土梁进行不同荷载等级重复静载和动载的交替试验,测出结构从完整到破坏不同荷载等级作用后的频率,振型和阻尼等模态参数,考查其与梁承载力的关系,得出梁频率与荷载等级之间的关系,建议将极限频率作为评定承载力依据,由频率和荷载等级关系的经验公式进行非线性推求极限承载力,对钢筋混凝土梁进行承载力评定。

国内外在本研究领域虽然获得了一些理论和应用成果,但还存在一些尚待解决的难题,如桥梁承载力理论、承载力衰减机理、实际承载力估计、剩余使用寿命评估乃至各种影响因素及其相互关系等。此外,寒冷地区特殊自然地理和社会经济环境,对桥梁承载力衰减的分析、评价构成和特定的约束条件,这些方面都是值得在本课题中进一步研究和探索的问题。统观国内外研究发展状况,加强对已成桥的快速、简捷、符合实际的评价,是充分利用旧桥的科学决策和重要依据,是适应现代交通迅速发展的重要途径。

1.4 本课题研究内容和技术路线

1.4.1 影响承载力因素折减的综合评定

在旧桥承载力评定之前,须对引起桥梁结构参数变化、进而对影响桥梁承载力的各种因素进行分析。决定桥梁承载力的参数主要有:构成材料的物理、力学性能指标;构件几何尺寸和形式;构件连接方式和结构体系类型;地基基础条件;荷载形式和作用方式等。

1. 桥梁承载力部件及结构整体病态程度估价

损伤度能够客观反映出结构使用承载功能的降低,是结构承载力衰减状况的标志。常见钢筋混凝土桥梁结构、部件可能遭受混凝土碳

化、氯离子侵蚀、碱—集料反应、冻融循环破坏以及上述因素引发的钢筋锈蚀等多种病害的侵袭,根据该项指标变化对于桥梁承载力影响程度大小来确定单项病态指标的权重值,然后将现场实际观察、检测得到的指标值与正常设计值或规定值进行对比,然后结合专家经验给出评分,确定单项病态指标的评分值,最终确定单个桥梁部件损伤度。应用模糊综合评价方法对桥梁结构部件和整体病态程度作出合理的评定,为准确把握桥梁当前工作性态、制订合理维护和处治方案提供科学依据。

2. 材料质量性能折减评定

综合分析影响混凝土桥梁承载能力的材料因素,包括混凝土施工偏差和缺陷;混凝土碳化;混凝土氯盐腐蚀;混凝土碱—集料反应;混凝土冻融破坏;钢筋锈蚀;混凝土锈胀开裂、脱落;钢筋应力集中、疲劳;混凝土应力集中、疲劳;混凝土与锈蚀钢筋黏结退化;材料强度折减综合效应。根据这些因素对材料参数的影响程度确定混凝土强度影响因素折减综合效应量化计算模型以及钢筋强度影响因素折减综合效应量化计算模型。

3. 结构变形及支承变异的检测

提出了结构变形及支座失效、伸缩缝失效、牛腿失效、基础遭水流冲刷、淘蚀、地基不均匀位移、地基土冻胀、融陷的检测评定方法。

4. 桥梁结构体系承载力折减的综合评定

根据桥梁体系承载力折减综合评定值与桥梁整体损伤度逻辑关系可估算出桥梁结构体系承载力折减的综合评定值。桥梁承载力折减效应综合评定值较为全面、确切地反应了各种影响因素先后对桥梁承载力削弱的综合作用效应,因而可以直接根据该值对桥梁进行定级,并推荐对应处理措施,便于在桥梁管理维护实践中进行应用。

1.4.2 旧桥承载力计算模型的建立

按照桥梁承载力折减综合评定后确定的桥梁级别来确定是否对桥梁承载力进行建模验算。对桥梁评级在“中、及格、差”的桥梁,必须进行承载力验算,以摸清桥梁承载力绝对值和差距,为桥梁改造加固提供

科学依据和必要参数;在荷载增大、特殊荷载作用等情况下也应对评级在优、良的桥梁进行承载力验算,以确保桥梁的安全正常运行。在获取旧桥结构关键指标参数后,可以在现有设计规范中承载能力极限状态计算原理和方法基础上加以修正和改进,全面考虑设计、施工和使用阶段各种因素对桥梁结构的影响,并结合承载力评定所针对的使用荷载等级和标准,进行结构的荷载效应分析和控制部件、部位的抗力计算,然后通过比较,验算桥梁承载力。

1. 考虑使用性能折减的承载力计算模型

考虑使用性能折减承载力计算模型,是指将影响桥梁结构使用承载性能的相应指标变化考虑到桥梁承载力计算模型中。包括简支梁桥、连续梁桥、拱桥等承载力计算模型。

2. 温度变化及支座位移承载力计算模型

温度在建模中被视为一种恒载,通过定义“温度”荷载来计入其效应。支座位移在建模中通过赋予边界支承节点位移来计入其效应。

3. 考虑疲劳强度的桥梁承载力计算模型

首先制定荷载谱,利用荷载谱在桥梁结构控制截面影响线上加载计算截面内力包络值,从而进行构件正截面混凝土和钢筋正应力计算,得到考虑疲劳折减后材料强度的剩余水平,最后对材料设计强度进行修正,获得考虑材料疲劳影响后的构件控制截面承载力。

1.4.3 桥梁承载力的仿真系统研究

1. 不同体系桥梁承载力的仿真技术;
2. 极限状态承载力的动态仿真;
3. 桥梁使用寿命的仿真分析。

1.5 主要技术路线

通过桥梁实际状况调查作为承载力评价的客观依据;在综合因素影响评价基础上建立各种状况的桥梁承载力计算模型;以各计算模式

的仿真系统为依托,界定承载力极限和安全利用程度。

主要技术路线如下:

(1) 理论研究与实践检验相结合,即实践—理论—实践的技术路线;

(2) 综合考察与分解剖析相结合,即综合—分解—综合的技术路线;

(3) 基于大量现场调研、检测和室内试验数据资料,利用现有工程材料和结构的成熟理论和模型,结合项目研究目标和内容建立实用计算模型;

(4) 由材料强度耗散、结构局部损伤规律,深化扩展到截面、构件和结构的承载力变化;由对象特征分析和机理剖析,到模型建构和方法形成,最后通过软件开发实现功能,即由点及面、由浅入深、由体及用的技术路线;

(5) 采用先进算法和编程技术,缩减程序代码、提高运算速度;

(6) 优化系统人机界面和操作流程,提供便捷、实用、高效的系统功能。

第2章 影响承载力因素折减的综合评定

2.1 桥梁承载力的定义、形成和变化

按照国际、国内现行的结构可靠度设计理念,桥梁结构应具备的功能要求有安全性、适用性和耐久性三个方面,其中安全性是与桥梁承载力直接相关的最基本、最重要的功能要求,即要求桥梁及其构件能够承担结构在正常施工和正常使用期间出现的各种荷载和作用。然而桥梁结构本身是一个由诸多构件按一定方式连接并受地基基础等边界条件约束的复杂体系,这个体系还会随着时间推移受各种因素影响而发生变化甚至变异;此外,桥梁承载的对象——荷载和作用,在空间分布和时间历程上随机变化,难以描述。因此,桥梁承载力首先应视为桥梁自身抗力与外界荷载和作用效应之间的动态对比关系,是一个涉及结构体系本身和荷载(作用)两方面诸多人为和自然因素、时间效应明显的复杂问题,有待深入研究;其次,桥梁结构体系的整体承载力与其组成构件、地基基础的承载力的关系如何确定,目前尚难以给出统一、明确的量化模型加以描述。

从目前设计规范中桥梁承载能力极限状态计算所涉及到的结构材料、几何尺寸、荷载(作用)等参数(视为随机变量或随机过程)的设计取值来看,乃是使用概率统计方法,根据桥梁规定的设计基准期和可靠指标,通过对各参数进行采样统计分析然后取得足够保证率的某一分位值用于设计。这一计算过程依据的是现有各设计参数的“正常”统计数据样本并排除在将来可能出现的较大偏差和难以预料的变化,是从过去引申、推知将来,对于设计工作而言,这是一条必由之路,因而通过设计计算得到的结构承载力和可靠度只能是理想化的理论值。但是,当桥梁结构服役到一定年限成为旧桥,设计阶段难以控制的施工偏