

文章编号: 0451-0712(2005)09-0027-06

中图分类号: U441.3

文献标识码: A

桥梁风工程研究的现状及展望

张新军

(浙江工业大学建筑工程学院 杭州市 310014)

摘 要: 桥梁结构因风的作用而遭到破坏的事故屡见不鲜。随着跨径的进一步增大,桥梁结构对风的作用更加敏感,风作用下桥梁结构的抗风性能已经成为影响其设计和施工的控制因素。本文回顾了 20 世纪国内外桥梁风致振动理论及其控制方面的研究情况,并展望了 21 世纪桥梁风工程研究的重点问题。

关键词: 桥梁风工程; 风致振动; 控制

风灾是人类危害最大的自然灾害之一,桥梁的风害事故屡见不鲜。至 1940 年,相继有 11 座桥因风的作用而受到不同程度的破坏。此外,还有一些桥梁

因风的作用产生了强烈的振动,严重威胁到桥梁结构的疲劳寿命和行车安全。

随着桥梁设计和施工水平的不断提高,现代大

收稿日期: 2005-04-07

参考文献:

- [1] 祝敏方. 山区高速公路桥梁设计探讨[J]. 公路, 2005, (5).
- [2] 尹如君, 花付南, 吕西方, 赖永星. 高墩大跨 T 构桥桥墩的有限元分析[J]. 郑州工业大学学报, 1999, 20 (3).
- [3] 王振阳, 赵煜, 徐兴. 高墩大跨径桥梁稳定性[J]. 长安大学学报, 2003, 23(4).
- [4] 方源敏, 聂卫东. 倾斜仪在变形观测中的应用分析[J]. 昆明理工大学学报, 1999, 24(1).
- [5] 徐法奎. 倾斜仪系统及测斜技术在煤矿的应用[J]. 煤矿开采, 2000, (3).
- [6] 符欲梅, 朱永, 陈伟民, 黄尚廉. 桥梁远程状态自动监测系统研究、开发及实际应用[J]. 土木工程学报, 2003, 36(2).
- [7] Holzhausen G R, H N Egan. Evaluating Structures Using Tilt (Rotation) Measurements. Proceedings, 1991 Sensors Expo West. San Jose, California.

Application of Tilt Sensor to Displacement Monitoring of High Piers

TAN Jing, FU Yu-mei, CHEN Wei-min

(Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: The pier displacement is a key parameter for analyzing the security of the high pier bridges. A novel method which can indirectly measure the pier displacement with tilt sensor is presented and experimented in the monitoring system for the No. 10 pier of Xiangjiapo Over-Bridge in Chongqing City of China. Through a long-period monitoring, much data are gained and some analyses about the change of the pier displacement effected by the environment temperature have done.

Key words: pier displacement; high pier bridge; tilt sensor; monitoring system

跨桥梁的跨径记录不断被刷新,如已建成的日本明石海峡大桥悬索桥跨度达到了1 991 m,正在建设中的最大跨度斜拉桥——苏通长江大桥跨径超越了千米大关,达到了1 088 m。进入21世纪后,世界桥梁工程将进入跨海联岛工程建设的新时期,桥梁跨径将进一步增大,预计将突破2 000 m 大关甚至达到5 000 m。随着桥梁跨径的日益增大,结构趋于轻柔,阻尼减小,对风的作用更加敏感,风作用下桥梁结构的安全性已成为人们极为关注的重要问题,同时也给桥梁风工程研究带来更大的机遇和挑战。本文回顾了20世纪国内外桥梁风振理论及其控制方面的研究情况,并对21世纪桥梁风工程研究的重点问题进行了展望。

1 桥梁风致振动理论研究

风对桥梁的作用是一种十分复杂的现象,它受到风的自然特性、结构的动力性能以及风与结构相互作用等三方面的制约。当风绕过一般为非流线型截面的桥梁结构时,会产生旋涡和流动的分流,形成复杂的空气作用力。当桥梁结构的刚度较大时,结构保持静止不动,这种空气力的作用只相当于静力作用。当桥梁结构的刚度较小时,结构振动受到激发,这时空气力的作用不仅具有静力作用,而且具有动力作用^[1]。

风的静力作用会引起结构的变形,导致桥梁结构的强度和静风稳定性问题。对于大跨径桥梁而言,除了考虑风的静力作用外,还必须考虑风动力作用激发的风致振动。桥梁的风致振动包括两大类:一类是当风速达到某一临界值时,桥梁振幅不断增大直至产生使结构毁坏的自激振动,它是一种发散振动,包括桥梁的颤振和矩形断面等钝体结构的驰振;另一类是限幅振动,它所引起结构的振幅有限,不会发散,但在低风速时经常发生,包括涡激共振和抖振等。此外,大跨径斜拉桥中的长拉索因风雨的作用也会发生较大幅度的振动。

1.1 静风稳定性

所谓静风作用,主要是指静力风荷载对桥梁结构产生的效应。它所造成的桥梁破坏的特点主要是强度破坏或过大的结构变形。在日本主跨为1 991 m的明石海峡大桥的抗风试验中发现,在静风作用下该桥的钢加劲桁架梁跨中产生了高达33 m的横向位移。

所谓空气静力失稳,是指结构在给定的风速作

用下,主梁发生弯曲和扭转,这一方面改变了结构的刚度,另一方面改变了作用于其上的风荷载,并反过来增大结构的变形,最终导致结构的失稳。空气静力失稳发生前无任何先兆,具有突发性和破坏性大的特点。1967年,日本东京大学Hirai教授在悬索桥的全桥模型试验中观察到了静风扭转发散的现象,同济大学风洞实验室在汕头海湾二桥的风洞试验中,也发现了斜拉桥由于静风作用产生的弯扭失稳现象。

在桥梁的静风作用分析中,通常将风荷载换算成静力风荷载,作用在主梁、塔、缆索、吊杆等桥梁构件上,进行结构的计算分析。当结构在恒定的气流作用下振动时,结构的变位与来流会形成一相对攻角,引起静风荷载的改变及其非线性效应。方明山和程进^[2]等针对静风荷载随结构变形而变化的特点,考虑了大跨桥梁的几何非线性因素,提出了大跨桥梁静风稳定性的非线性有限元分析方法,并着重阐明了桥梁静风失稳的形态及其产生机理。

1.2 颤振

颤振是一种危险性的自激发散振动,其特点是当达到临界风速时,振动着的桥梁通过气流的反馈作用而不断地从气流中获得能量,而该能量又大于结构阻尼所能耗散的能量,从而使振幅增大形成一种发散性的振动。对于近流线型的扁平断面可能发生类似机翼的弯扭耦合颤振。对于非流线型断面则容易发生分离流的扭转颤振^[3]。由于流动的风对断面的扭转振动会产生一种负阻尼效应,当达到临界风速时,空气的负阻尼将克服结构自身的正阻尼,从而导致振动的发散。上述两种颤振分析理论可以较好地解决悬索桥的颤振问题,但对于斜拉桥,则会出现多模态共同参与的颤振,应用多模态颤振分析方法来计算。因而桥梁结构的颤振分析方法可以概括为3种,即古典耦合颤振、分离流颤振和多模态颤振分析方法。

对桥梁结构进行颤振分析可首推Bleich,他于1948年首次将以Theodorsen函数为基础的古典耦合颤振理论——Theodorsen机翼颤振理论应用于悬索桥颤振分析中。1967年,Kloppel和Thiele将Bleich悬索桥古典耦合颤振分析方法的逐次逼近过程编制成计算机程序,引入无量纲参数后制成著名的Kloppel/Thiele诺模图。1976年,Vanderput在Kloppel/Thiele诺模图的基础上,导出了平板古典耦合颤振临界风速的简化计算公式。

由于实际断面是非流线型的,当均匀气流绕过时会迎风面的棱角处产生气流的分离,同时产生旋涡的脱落,也可能产生流动再附,流态十分复杂,Theodorsen 平板古典耦合颤振理论已经不再适用。美国著名的空气动力学专家 R. H. Scanlan 于 20 世纪 70 年代初提出了桥梁结构的分离流颤振理论。此后中国学者谢舜明和项海帆于 1985 年首先提出了三维颤振分析的状态空间法,并讨论了多模态耦合颤振问题,Scanlan 也建立了三维颤振分析法。

在 Scanlan 提出的线性自激力模型和颤振基本理论的基础上,国内外许多学者对大跨度桥梁颤振问题进行了大量的研究,并提出了许多不同的颤振分析方法,大致可以分成两种类型。第一类是基于结构的固有模态坐标,即多模态颤振分析方法,如 Agar, Namini, Jain, 陈政清等提出的颤振有限元分析方法。这些方法计算效率较高,而且分析结果具有可靠的精度,在大跨径桥梁的抗风稳定性研究中得到广泛的采用。但是,这些方法需要预先推测参与颤振的模态,分析过程中需要较大程度的人为参与,故使用比较复杂。另一类分析大跨径桥梁颤振问题的方法是基于桥梁结构有限元模型的物理坐标,通常称为直接(或全模态)颤振分析方法,如 Miyata & Yamada 和葛耀君等都提出了大跨径桥梁三维颤振的全模态分析方法。这种方法人为参与较少,但计算量大,在实际桥梁的颤振分析中使用不多。

1.3 抖振

抖振是由短周期的脉动风引起的强迫振动。根据紊流产生原因的不同,抖振又可分为来流紊流抖振和特征紊流抖振^[4]。来流紊流系指气流在遇到结构物之前已经形成的紊流,是由大气边界层空气经过起伏变化的地表所产生的,也可以是空气绕过上游或周围结构的尾流所造成的。特征紊流是指气流绕过结构物后形成的紊流。对于桥梁结构一般建在空旷的地形上,受上游结构尾流的影响较小,结构本身尾流中的紊流影响也较小。因此桥梁结构抖振主要考虑不规则的来流紊流。桥梁抖振分析目前主要有三种方法,即基于 Sears 和 Liepmann 的机翼抖振理论的 Davenport 理论,考虑自激力影响的 Scanlan 颤抖振理论以及建立在随机稳定理论基础上的 Y. K. Lin 随机抖振理论。

上述的桥梁结构颤振和抖振分析均在频域中进行,且大都基于结构的固有模态坐标,因而具有较高的计算效率。由于其简单、实用和有效等特点,桥梁

结构的颤振和抖振频域分析一直以来都被广泛应用。由于频域分析方法不能全面地反映结构的非线性行为,尤其是风与结构相互作用的非线性效应,并且在频域中研究紊流对桥梁颤振稳定性的影响也存在着较大的难度,国外学者如 Lin, Bucher, Kovacs, Boonyapinyo, Miyata, Chen 和 Matsumoto 等以及国内学者如周述华、刘春华、曹映泓等纷纷提出了大跨径桥梁颤抖振的时域分析方法。该方法通过风速时程曲线的模拟、抖振力和自激气动力的时域化表达以及结构的三维有限元动力分析,求解结构的气动响应的时程曲线,以此进行结构的抗风性能评价。该方法考虑因素比较全面,但计算量非常大,而且在自激气动力的时域处理上尚存在问题,因此在实际桥梁中广泛使用还有待进一步的改进和完善。

1.4 驰振

驰振是一种发散的横风向单自由度弯曲自激振动,一般发生在具有棱角的方形或接近方形的矩形截面结构中。根据来流的不同,驰振一般可分为横流驰振和尾流驰振^[4]。

横流驰振是由升力曲线(或升力矩曲线)的负斜率所引起的发散性自激振动。这种负斜率使得振动过程中的结构位移始终与空气力的方向相一致,从而源源不断地吸收能量,造成类似颤振的不稳定振动。横流驰振一般发生在具有棱角的非流线型截面的柔性轻质结构中,悬吊体系桥梁结构中的拉索和吊杆最有可能发生横流驰振。横流驰振研究中最常用的方法是 Den Hartog 提出的单自由度线性驰振理论。根据这一理论,Den Hartog 提出了结构驰振失稳的判据。此外, Parkinson 提出了单自由度非线性驰振理论, Blevins 建立了两自由度非线性驰振理论。当后一结构处于前一结构的尾流中时,后一结构由于受到前一结构波动尾流的激发而引起的振动称为尾流驰振。尾流驰振可以发生在包括流线型(圆形)截面在内的任意形式截面的结构中。与横流驰振相比,尾流驰振研究成果较少,一般采用 Simpson 尾流驰振分析方法。

1.5 涡振

风流经过各种断面形状的钝体结构时,在其断面背后都有可能发生旋涡的交替脱落,产生交替变化的涡激力而引起的结构振动称为涡激振动。涡激振动兼有自激振动和强迫振动的性质,它是一种发生在较低风速区内的有限振幅振动。通常情况下,涡

激振动的振幅很小,但当旋涡脱落频率与结构的固有频率接近时,流体与结构间产生强烈的相互作用引起涡激共振,同时也将产生“锁定”现象。对涡激振动响应的分析,通常采用升力振子模型、经验线性模型和经验非线性模型等来研究^[4]。

1.6 拉索的风致振动

随着斜拉桥跨径的增大,斜拉索的风致振动也越来越引起桥梁工程界的广泛关注。斜拉索风振不仅由于振动产生交变应力,引起斜拉索疲劳损伤,而且会使拉索根部的钢护管产生疲劳破坏,护管封口松动,导致锚头等处积水,加速拉索腐蚀,最终大大缩短斜拉索使用寿命。拉索风致振动的机理很多,现已认识到的主要有以下几种^[5]。

(1) 涡激振动。当风流经圆形的拉索时,在其尾流中将出现交替脱落的旋涡。当拉索的卡门涡脱落的频率接近索横风向振动的某阶固有频率时,将激起拉索该阶频率的横风向振动。由于拉索的基频较低,相应的涡振风速也小。一般观察到的都是三阶以上的涡激共振。

(2) 尾流驰振。当拉索在来流风方向前后排列时,在前排拉索的尾流区形成一个不稳定驰振区,由于前后拉索的固有频率相近,如果后排拉索位于驰振区内,其振幅就会不断加大,直至达到一个稳态大振幅的极限环。

(3) 参数共振。当桥面的振动频率和拉索的局部横向振动频率接近倍数关系时,桥面的微小振动会激发大振幅的低阶拉索振动。

(4) 结冰索的驰振。索表面结冰而形成驰振不稳定气动外形,引发拉索驰振,它与结冰电缆的驰振机理相同。

(5) 风雨振。伴随着降雨,在某种风向风的作用下,雨水沿斜拉索下流时的水道改变了拉索原来的截面形状,从圆形异化为类似于结冰电缆的三角形,这种使拉索成为空气动力不稳定的形状,在一定的临界风速下激发出类似结冰电缆的驰振,这种振动称为雨振。

2 桥梁风振控制研究

随着桥梁跨度向长大化方向发展,结构的刚度和阻尼将不断下降,对风的敏感性逐渐增强。因此如何保证桥梁的抗风稳态性,减小在风荷载作用下的振动问题,是桥梁抗风设计需要考虑的一个重要内容。桥梁的风振控制主要可以分为结构、气动和机械

措施等三种。

2.1 结构措施

结构措施的主要目的是为了提提高结构的刚度,增大结构的固有频率尤其是扭转频率,以提高结构的抗风稳定性。在大跨径桥梁的抗风设计中,主要采用的结构措施如下。

(1) 对于多数非流线型截面的大跨径桥梁,其颤振形态是以扭转为主的,提高截面的扭转刚度,可以提高其抗风稳定性,如在斜拉桥中采用易于形成斜索面的A形、倒Y形和钻石形等的桥塔结构型式,在悬索桥中采用短边跨,增大主缆失度和主梁高度等。

(2) 采用斜拉一悬吊协作体系的混合设计和混凝土与钢梁截面的混合设计、自锚和地锚混合的缆索承重体系以及空间索网体系等。

(3) 通过调整主缆同加劲梁的相对位置和增加特定的竖向和斜向的交叉索可以达到提高结构抗扭刚度和扭转振动频率的目的,以有效地提高大跨和特大跨悬索桥的抗风稳定性。

2.2 气动措施

气流绕过桥梁截面时,发生相互作用而产生空气作用力。截面气动外形的改变势必会影响到空气力。由于目前的钝体空气动力学在理论上尚不成熟,故只能通过风洞试验来识别各种空气作用力。在大量试验的基础上,人们总结出以下一些有效措施来改善截面的气动性能^[1,4,6]。

(1) 采用透空的桁架型式桥面主梁。桁架梁的优点是桥面主梁可以达到比较高的抗扭刚度,且透风性能好,所以其颤振临界风速较高,如日本的明石海峡大桥悬索桥就采用了这种型式的桥面主梁。

(2) 提高加劲梁截面的扁平度。加劲梁宽高比愈大,即扁度愈大,则气动稳定性愈好。一般要求桥梁截面的扁度 $B/h > 7$,随着跨径的增大这一要求还要进一步提高。

(3) 带悬臂的截面与钝头截面相比有较好的气动性能,而且悬臂愈长,稳定性愈好。

(4) 改善加劲梁截面两端(来流分离的主要部位)的外形,如添加风嘴等,以改善气流绕流的流态,减少涡脱,使截面趋向流线型。

(5) 加劲梁中心开槽以增加透风率,减小加劲梁顶底面的压力差。试验和分析都显示中心开槽的闭口箱梁的颤振临界风速将得到一定程度的提高,而且随着开槽宽度的增加桥梁的颤振临界风速会继续上升。

(6)一些附加的抑流板、导流板和扰流板对减小抖振反应十分有效。

(7)避免采用实体栏杆和较高的缘石,增加栏杆的透风率。

(8)采用分离式闭口箱梁,在分离的箱梁间通过横梁连接成整体。通过分离箱梁间的开放空间增加透风率,减小加劲梁顶底面的空气压力差从而增加气弹稳定性。有关的计算和试验结果表明这种方案对提高特大跨径悬索桥的抗风稳定性是卓有成效的。

(9)在加劲梁断面的迎风、背风边缘安装薄平板。当加劲梁在气流作用下发生振动时,利用作用在控制面上的气动力来达到抑制颤振,提高颤振临界风速的效果。

2.3 机械措施

为了间接地提高结构的阻尼,调谐质量阻尼器(TMD),调谐液体阻尼器(TLD)在土木结构中得到了应用。这些阻尼器的制振减振原理是将主结构的振动能量传递到频率相近的阻尼器上,然后加以耗散,从而达到减小结构振幅的目的。应用被动调质阻尼器除了可以有效改善大跨桥梁的抖振和涡振性能外,还能提高桥梁的颤振稳定性。调质阻尼器的优点在于它的低造价和简便性。

2.4 拉索的抗风减振措施

拉索采用的防止或抑制拉索风致振动的方法有以下3种^[1]。

(1)增加拉索结构低阶振动模态的阻尼,从而有效地抑制拉索的振动。具体措施是附加拉索减振阻尼器。在阻尼器中,采用较多的是在斜拉索靠近梁和塔处(通常是在拉索的套筒内)安装橡胶阻尼器;也有采用液压阻尼器的,粘性剪切阻尼器的应用也较为广泛。

(2)增加拉索的刚度从而提高拉索的振动频率,避免低频率的风致拉索振动。具体措施是将拉索之间用辅助索相互连接,形成一个索网体系。

(3)改变拉索的光滑表面形状。具体措施是在拉索表面开设凹槽或打凹孔等,以防止雨线的形成,同时改善拉索表面的气动力特性,抑制风雨振的形成。

3 21世纪桥梁风工程研究展望

在20世纪桥梁工程取得巨大成就的基础上,21世纪的世界桥梁工程将进入建设跨海联岛工程的新时期。我国正在实施的五纵七横的骨干公路网建设

中将规划建设跨越长江、黄河和珠江等大河以及横断跨越沿海海湾、海峡的特大跨径桥梁,特别是在沿太平洋海岸的南北公路干线——同三线上将依次修建跨越渤海湾、长江口、杭州湾、珠江口以及琼州海峡的特大跨径桥梁,此外舟山与本土、青岛至黄岛甚至是大陆与台湾等联岛工程中也将规划建设特大跨径桥梁。这些沿海区域经常遭受强台风的侵袭,在台风多发的区域建造柔性的特大跨径桥梁,抗风安全将是最重要的控制因素,这给21世纪桥梁风工程的研究带来了更大的机遇和挑战。21世纪的桥梁风工程将集中在风振的非线性分析理论及控制、数值风洞技术、气动参数识别以及抗风对策等方面^[7],以为特大跨度桥梁的抗风设计提供重要的理论指导。

3.1 桥梁风振理论的精确化

随着跨径的增加,结构的变形和振幅都达到了米的量级,风与结构的耦合作用比较强烈,而且大气紊流对桥梁的颤振稳定性也存在着影响。因此,需要寻找更为适合柔性特大跨径桥梁风和结构相互作用及其非线性的气动力表达式,以便为实现精确的理论分析奠定更科学和坚实的理论基础。

3.2 数值风洞技术

随着钝体空气动力学在理论和算法上的不断进步,大容量的并行计算机更为普及以后,数值风洞的发展前景是毋庸置疑的,它有可能替代风洞试验方法而成为桥梁抗风设计的主要手段。人们将在屏幕上预见大桥在灾害气候条件下的振动景象,并据此判断结构的抗风安全。因此,数值风洞将成为21世纪桥梁风工程研究的一个亮点。

3.3 气动参数识别的改进

气动参数是大跨桥梁风振数值分析的重要数据,其识别精度将直接影响到分析结果的准确性。目前一般都通过模型风洞试验方法来获得,但在风洞模拟、模型制作和相似以及识别方法等方面仍需要进一步的完善。此外,在气动导纳函数方面,除了少数几个探索性的研究外,基本还停留在1962年Davenport建立的用Sears函数(Liepmann表达式)考虑气动导纳修正的最初框架上,至今没有实用性的成果。因此,需要加紧研究气动导纳函数,提出便于实用的合理的参数值,建立精细化的抖振分析方法,使理论分析和实测结果达到一致,以满足特大跨径桥梁对风振分析提出的更高要求。

3.4 超大跨径桥梁的抗风对策

对于斜拉桥,在跨径超过千米后,悬臂施工阶段

桥面的风振和长拉索的风雨激振问题将比较突出,需要采用一些被动控制措施加以抑制。和斜拉桥相比,悬索桥的刚度要小得多。21世纪的跨海大桥工程提出了建造2 000 m以上悬索桥的要求,除了采用中央开槽的分体式桥面并配合中央稳定板和导流板等有效措施外,还应应对特大跨径悬索桥的新型结构体系如采用斜拉—悬吊协作体系、空间索网体系、多跨多缆形式以及采用碳纤维作主缆等进行抗风性能研究。

3.5 施工过程特大跨径桥梁的抗风性能

随着跨径的增大,桥梁在施工过程如斜拉桥在长悬臂状态和悬索桥在施工初期的抗风稳定性问题将更加突出。为确保桥梁安全顺利地架设,必须探索一些有效可行的施工方法和辅助措施来提高施工过程中桥梁的抗风稳定性。

4 结语

经过20余年的努力,我国在桥梁风振分析理论、风振机理及其控制等方面都取得了长足的进步。通过对国内数十座大桥的抗风研究和风洞试验实践,我国的桥梁风工程研究水平得到了国际风工程同行的认可,进入了世界先进行列。

进入21世纪后,我国将掀起修建跨海联岛的特

大型桥梁工程的热潮。为配合特大跨径桥梁抗风设计的需要,我们还应在风振的非线性分析理论及控制、数值风洞技术、气动参数识别以及抗风对策等方面进行系统深入的探索和研究,以重大桥梁工程为背景,理论联系实际,使我国的桥梁风工程研究通过创新,实现跨越式前进,达到世界先进水平。

参考文献:

- [1] 李国豪. 桥梁结构稳定与振动(修订版)[M]. 北京:中国铁道出版社,1996.
- [2] 程进. 缆索承重桥梁非线性空气静力稳定性研究[D]. 同济大学博士学位论文,2000.
- [3] 张新军. 大跨度桥梁三维非线性颤振分析博士学位论文[D]. 同济大学博士学位论文,2000.
- [4] 《公路桥梁抗风设计指南》编写组. 公路桥梁抗风设计指南[M]. 北京:人民交通出版社,1996.
- [5] 孙利民,周海俊,陈艾荣. 索承重大跨桥梁拉索的振动控制装置种类与性能[J]. 国外桥梁,2001,(4).
- [6] 杨咏昕,葛耀君,项海帆. 改善大跨度悬索桥抗风稳定性能的实践和探索[A]. 第十四届全国桥梁学术会议论文集[C]. 上海:同济大学出版社,2000.
- [7] 项海帆. 进入21世纪的桥梁风工程研究[A]. 第十届全国结构风工程学术会议论文集[C]. 2001.

Present Situation and Prospect of Studies on Wind Engineering of Bridges

ZHANG Xin-jun

(College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: The wind is an important natural phenomenon, bridges are frequently destroyed by the wind action. With span lengthened continuously, bridges are susceptible to wind action, the wind resistance becomes a governing factor of their design and construction. In this paper, the studies of bridges on wind-induced oscillation and its control are reviewed, and some important aspects of studies on bridge wind engineering in the 21st century are also prospected.

Key words: wind engineering of bridge; wind-induced oscillation; control