

国际结构工程与计算学术会议纪要

1. 概况

国际结构工程与计算学术会议 (ICSEC' 90) 于 1990 年 4 月 25 日至 28 日在中国北京举行。会议由中国力学学会主办, 中国土木工程学会、中国航空学会、澳大利亚工程师协会、国际土力学与基础工程学会、英国皇家航空学会、香港工程师协会结构分会等学术组织支持, 会议得到中国科协和国家自然科学基金委员会及中国力学学会的赞助。

出席会议的代表来自澳大利亚、加拿大、中国、印度、伊朗、意大利、印尼、日本、菲律宾、新加坡、瑞士、英国、美国、苏联和越南等 15 个国家的 129 名专家, 国外代表 47 名。

中国力学学会计算力学专业委员会主任钟万勰教授担任会议的国际委员会主席主持了会议并致开幕词。中国力学学会理事长郑哲敏教授、中国自然科学基金委员会副主任王仁教授出席了会议并讲话。国际委员会委员英国 F. W. Williams 教授以及加拿大著名学者 M. D. Olson 教授在闭幕式上致词。

会议邀请了三位著名学者做了大会报告。他们是:

(1) 英国 Wales 大学 F. W. Williams 教授的“Review of exact buckling and frequency calculations with optional multi-level substructuring”

(2) 中国大连理工大学钟万勰教授的“Computational structural mechanics optimal control and semi-analytical method for PDE”

(3) 中国哈尔滨建工学院王光远教授、谭东耀博士的“Global optimization of engineering large scale systems”

会议的主题是交流结构工程和计算的理论及应用的最新进展, 探讨结构工程和计算未来的发展, 促进中外学者之间的联系和沟通科技合作渠道。

会议分十六个组宣读论文, 内容涉及到 12 个专题:

- (1) 结构理论和方法;
- (2) 结构动力学;
- (3) 断裂力学;
- (4) 有限元法及其他数值方法;
- (5) 结构强度与稳定性;
- (6) 随机过程与结构可靠性;
- (7) 高层建筑、桥梁、大跨度和特种结构;

- (8) 地震工程与抗震设计;
- (9) 钢筋混凝土结构;
- (10) 土力学与基础工程;
- (11) 专家系统、应用软件与 CAD 技术;
- (12) 结构优化。

大会还组织了三个专题研讨会, 内容为:

- (1) 结构工程未来十年;
- (2) 工程计算的新进展;
- (3) 结构设计的 CAD 与专家系统。

2. 从学术交流看发展动向

(1) 本次会议反映了结构工程在设计理论上的新进展。六十年代人们集中研究结构计算方法的简化, 由于科学进步和计算机的广泛应用, 现已转向致力于创新的设计理论。主要方向是: 结构行为的自控化、设计方法的智能化和大系统多目标优化。结构行为的自控化就是在结构上附加“控制机构”来控制非通常荷载作用下结构的最大反应, 提出了从主动控制的角度来控制或调节参数的自适应结构设计与分析方法, 在正常或非正常的工作条件下能控制自己的反应。在设计方法上引入人工智能, 目前已发展了结构辅助决策专家系统, 并对工程结构试验采用仿真技术, 同时还发展了从系统科学的角度提出的大型结构的全局最优, 即综合平衡设计的质量、成本和未来效益的矛盾, 使之达到整体上的最优的设计方法。这些动向表明, 在计算机迅速发展的情况下, 对结构工程的计算和设计产生了变革性的影响。今后结构工程的理论研究和设计计算方法的研究要在系统化、智能化和自控化三个主要方面下功夫, 以取得应用上的突破。这是本次会议提供的一个重要论点。

会议所组织的三个大会报告, 集中反映了这一领域的前沿课题。这三个报告提出了改善工程设计质量, 提高设计(计算)效率, 对设计质量、成本和使用中的风险等进行全局优化等新思想、新概念和新方法; 既总结了过去的经验, 又提出了探索性的想法。钟万勰教授从主动控制的角度提出了可以控制或调节参数的自适应结构的设计与分析方法, 以及用静力分析来模拟这类结构动态响应的技巧。谭东耀博士从系统科学的角度提出了大型结构全局最优(即综合平衡设计质量、成本与未来效益的矛盾使之达到整体上的最优)的设计方法。英国的 Williams 教授对提取大型空间结构稳定性和固有频率的精确值的多级子结构法进

行了综合评述。这些新概念与新方法对与会代表有很大启迪和吸引力,中、外代表对大会报告给予了很高的评价。

(2) 当前科学技术发展的特点是各学科之间的交叉和结合日益紧密,系统科学的特征日益明显。这次会议充分体现了这一特点。“地震工程与抗震设计”分组会上,代表们着重对“随机地震响应分析的 CQC 方法”,“输运管系统的抗震分析”,“软基础近海结构的动力响应研究”等论文进行了交流和讨论,对结构随机响应分析的一般方法,不同类型工程结构的地震响应特点以及随机地震荷载如何模拟等问题甚感兴趣。

在“结构强度和稳定”分组会上,近 40 位代表宣读了论文,突出了具体工程结构中的稳定问题和分析方法,突出了已有通用分析程序在分析特殊(稳定)问题中所起的作用。来自英国的 David Cook 博士是一位老学者,他报告了对新软土层的固化过程的研究。他的研究十分细致,从观测分析到数学模型的建立,从实验室实验结果到现场的试验等。从事工程力学研究的人,不仅能从中了解到理论研究的成果,而且从他的研究态度、风格、方法上获得有益的启迪。

“专家系统和应用软件”分组会上,宣读的论文虽然不多,但反响不小。南朝鲜的学者们明确的指出中国在研制软件方面的能力很强,表示愿意寻找合作的途径。

诸如土力学和基础工程、加筋混凝土结构、高层建筑和桥梁工程以及工程计算与数值方法等分组会都进行热烈的讨论。

从讨论中可以看到结构工作涉及数学、力学、材料、计算科学和计算机等多学科知识,而且又与周围环境密切相关,因此要把结构工程本身作为一个大系统来研究,并充分利用以知识为基础的智能系统来解决难题。看清方向,组织专家协力攻关,避免把眼光局限在单一问题和简化等低层次研究上。则是尤为重要了。

(3) 结构计算方法近十年有重大发展,以有限元为代表的数值方法已在结构工程的计算中占主要地位,至今仍然是最常用的有效工具。由于结构工程的复杂化,考虑因素的多样,特别是考虑结构与周围环境的共同作用,在使用有限元法进行计算中存在着数据量大,自由度多,从而对计算机的容量、速度和稳定性等要求过高的情况,因而造成了有限元法原则上可以计算任何复杂的结构工程而实际上却无法实施的矛盾局面。目前一大突破是采用混合技术,形成了结构计算方法的一个新分支——解析与数值结合法。

(4) 结构工程的设计和计算均需依靠计算机应用软件来进行。中国科学院数学所梁国平报告了有限元程序自动生成系统,引起与会代表很大注意,这项成果使得人们数月甚至数年才能编好的程序,由自动生成

系统仅需几天即可完成。这是结构计算有限元应用软件的一大成果,具有很重要的发展前景和应用价值。

(5) 会议上反映的结构工程与计算今后发展方向,包括:

控制论和控制技术在结构工程中的应用

系统科学在结构设计中的应用

智能 CAD 和专家系统在结构设计中的应用

机器人技术在结构工程中的应用

结构工程师与建筑师的交接工作法

结构与环境的共同作用

大型复杂结构(海洋平台、航天、空间复合材料、抗震结构等等)的计算理论和方法

结构的耐久性

结构的可靠性

并行计算机和智能计算机在结构设计中的应用等

(6) 对比国外,我国在结构工程与计算领域内理论研究较深入,方法研究较多。会议论文显示了我国有很强的实力和较高的水平,得到国外代表的重视,但也反映出我国在应用研究方面份量不够,基本上停留在简单的应用上,缺乏系统的、大型复杂结构工程的应用课题,事实上,应用水平更能反映出国家的经济实力,今后亟待提倡和加强。

3. 促进国际合作增强了友谊

除学术交流外,在科技合作方面一些代表提出了合作的意向。如澳大利亚悉尼工程技术学院 J. W. Scott 教授、菲律宾的 Z. M. Cacho 以及日本代表对我国有限元自动生成系统感兴趣。J. W. Scott 表示愿意将该系统装入他们学校计算机,应用于科研和教学。南朝鲜代表探寻软件开发的合作渠道。

一些国外代表对清华大学、北京大学、北京航空航天大学及中国建筑科学研究院等单位进行了学术访问,增进了相互了解,为今后联系与合作打下了良好基础。

一些国外代表走出会场,乘坐了公共汽车到普通市民中。他们深切感到中国社会稳定、中国人民友善和朴实。

4. 会议的特点及组织工作

(1) 本次会议组织了三个前沿专题研讨,这对国际会议来说是一次尝试,研讨的主题是结构工程、工程计算和计算机辅助设计及专家系统三方面未来十年的可能进展以及人们所面临的排战、应采取的对策等。研讨的目的是统一看法,启发与会者在以上的前沿领域中开展探索性研究。事实说明这种研讨形式颇受欢迎。中、外代表均踊跃参加,有的国内代表作了准备,讨论会比较热烈,效果很好。从另一个侧面可以看出我国代表英语的口语表达能力有所提高。

(下转第 61 页)

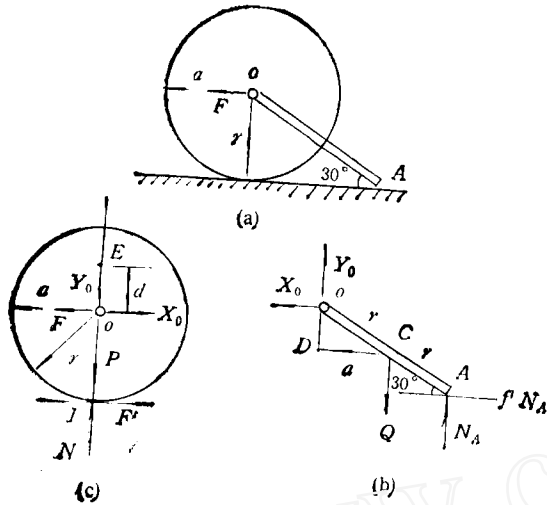


图 3

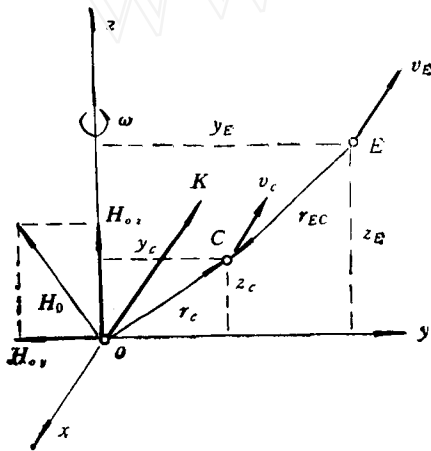


图 4

$$r_{E,C} = d = \frac{J_0}{MP} = \frac{r}{2} \equiv \text{常量}$$

由

$$\Sigma x = M\ddot{x}_c, F - x_0 - F' = \frac{P}{g} \cdot a \quad (d)$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_E(F'_i) = 0, & F \cdot \frac{r}{2} - x_0 \cdot \frac{r}{2} \\ & - F' \cdot \frac{3}{2} r = 0 \quad (c) \end{aligned}$$

解得

$$F = 45 \text{ N}$$

(上接第76页)

(2) 大会筹备工作, 由中国力学学会办公室及中国科协国际会议交流中心及计算力学专业委员会承担。分工明确、组织严密、团结协作, 做到百条不紊, 中、外代表一致认为这次会议组织工作是成功的, 给予了高度的赞扬。

与通常求解所得相同。在一般情况式(9)亦经实例验证。

(2) 刚体的定点转动

以定点 o 为原点, 作动坐标系如图 4。刚体动量向 o 点简化, 得主动量和主动量矩分别为

$$K = Mr_c, H_0 = J_0 \cdot \omega \quad (12)$$

其中 J_0 为刚体对 o 点的惯量并矢。将主动量矩写成矩阵形式, 对图示坐标系有

$$\{H_0\} = [J_0]\{\omega\} = [-J_{xx}^0\omega - J_{yy}^0\omega \quad J_{zz}^0\omega]^T \quad (13)$$

如果能合成一合动量, 则式(2.1)应成为

$$H_0 \cdot K = 0;$$

由式(8)可知这时应使 $J_{xx}^0 = 0$ 。通过合成, 可得合动量瞬心 E 的坐标

$$x_E = 0, y_E = \frac{J_{xz}^0}{M y_c}, z_E = \frac{J_{yz}^0}{M y_c} \quad (14)$$

由图可见 $v_c \times v_E = 0$, 式(9)同样适用, 并经实例验证。实际应用时应作坐标系变换。

(3) 刚体的一般运动

这时不难证明 $H_c \cdot K \neq 0$, 本文定理不适用。

3. 刚体的动量矩瞬心就是其撞击中心

既然刚体动量矩瞬心是其合动量的作用线通过点, 这相当于设想将刚体的总质量堆积在这一点上, 并使其从静止状态产生速度 v_c , 于是该点具有的动量 $K = Mv_c$ 。当与 v_c 平行的碰撞冲量 \bullet 作用在动量矩瞬心时, 它的作用将全部转化为刚体动量的转变, 从而使刚体的外约束冲量等于零。

因此, 刚体动量矩瞬心就是它的撞击中心。一刚体是否存在撞击中心重要因素之一取决于该刚体能否合成为合动量。

以理论力学中常见的刚体定轴转动的撞击中心公式为例, 它不难由式(11)导得。同理, 式(14)就是刚体定点转动撞击中心的坐标^[3]。

具有一定约束作平面运动、移动以及定轴转动或定点转动的刚体都有撞击中心。

参 考 文 献

- [1] 华东水利学院, 理论力学编写组, 理论力学(下), 高等教育出版社(1985).
- [2] 贾书惠, 刚体动力学, 高等教育出版社, (1987).
- [3] 费章惠, 定点转动刚体的打击中心, 上海力学, 22(1981).

会前由北京大学出版社出版了会议论文集, 受到中、外学者一致赞扬, 著名的英国教授 Williams 说“文集的质量是高的。中国有条件、有能力召开大规模的国际会, 如第三届世界计算力学大会”。

(傅子智 龚尧南 金和供稿)