

结构力学定性分析的研究与实践

严跃成, 申继红

(新疆大学 建筑工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830008)

摘要: 阐述定性结构力学对于工程实践的意义。同时提出结构力学定性分析能力培养的方法, 通过实例引导学生逐步增强定性分析的意识, 培养学生定性分析的习惯。

关键词: 结构力学; 定性分析; 结构

中图分类号: TU3-4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2008)04-0079-03

一、定性分析的意义

为推动土木工程、水利工程等专业相关课程教学改革和课程建设, 不断提高教学水平和人才培养质量, 教育部高等学校非力学专业力学基础课程教学指导委员会于“十五”期间组织专家重新修订了“结构力学课程教学基本要求”。其中定性分析能力的培养在新修订的结构力学教学基本要求中得到了强调和反映。在新修订的基本要求中, 将原来的计算能力分为计算能力和判断能力2条, 并对判断能力作了如下表述: 具有对计算结果进行校核、对内力分布的合理性作出定性判断的能力。首次将定性判断的能力写入教学基本要求。这是时代发展的要求, 也是力学内在性质的要求。

所谓“设计”, 是先有“设想”后有“计算”, “设想”是建立在定性分析的基础上。力学始于定性分析, 终于定性分析; 定性分析在先, 定量分析在后; 定性失准, 定量准偏。在进行工程设计和处理工程实际问题时, 需要设计人员对结构的合理形式以及相应的结构变形和内力等具有总体概念和定性分析能力, 还需要具有对工程中计算的数据、发生的现象和出现的问题能够做出迅速科学判断的能力, 这就是所谓概念设计和概念分析理念。

定性结构力学近几年引起普遍重视, 在全国力学论坛报告会上, 大家共同认为, 在学习经典结构力学和计算结构力学的基础上, 开设定性结构力学, 能使使学生从更高层次上理解、掌握和运用结构力学的核心概念和基本方法, 在此基础上掌握结构定性分析的一般方法与规律, 形成定性结构分析的意识与能力。而定性结构力学面向素质和能力培养是与教育部目前开展的质量工程建设内容相适应的。

二、定性分析研究与实践

定性和定量是相辅相成的, 许多解题方法就是以反映结构形态本质的定性

收稿日期: 2008-05-13

作者简介: 严跃成(1958-), 女, 新疆大学建筑工程学院副教授, 主要从事结构力学教学研究, (E-mail) yanyao123@sina.com。

知识为基础的;许多定性概念往往是在定量计算中被总结发现出来的。所以结构力学课堂中注重基本原理、基本方法的培养是很重要的。对定性分析的理解是:抓住本质、深化概念;理清脉络、直奔主题;删繁就简、化难为易。在教学实践中,笔者尝试着提炼出一些定性分析最基本的概念,如力的平衡、约束的作用、等效与替换、刚度与内力、对称性分析等等,引导学生逐步增强定性分析的意识,培养定性分析的习惯。

(一) 约束对结构内力和变形的影响

整个结构力学就是围绕“约束”两字展开的。约束不足,不能作结构;约束不当,不能称其为合理结构。另外,结构选型也包含了对约束条件的选择;结构内力分析也和约束条件有关,如果说力法分析是

“去约束加约束”的过程;那么位移法分析则是“加约束去约束”的过程。约束包括杆件的连接结点和支座,不同类型的约束有其内力和变形的特点,如铰结点弯矩为零,定向结点两侧的弯矩保持不变,刚性结点能传递弯矩并维持力矩平衡,这些约束就构成了结构分析的控制点,而整体结构中约束的类型和数量,决定了结构的内力分布和变形形式。

以单跨单层刚架为例,按支座及结点的约束条件可分为无铰刚架、两铰刚架和三铰刚架(见图1b、c、d)。用其中任何一种刚架与单层单跨的排架(见图1a)

经比较后可见,刚架结构的受力条件好于排架,因为刚架梁柱结点处为刚接,刚性结点传递弯矩,所以刚架结构的内力分布更加均匀,其承载力和刚度都大于排架结构。

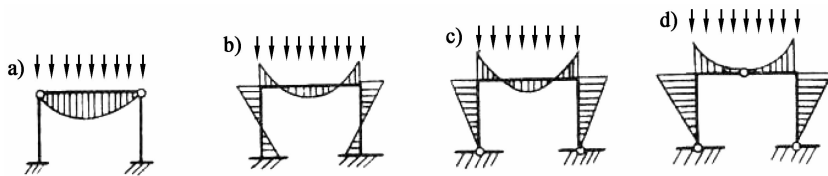


图1

另外,再从静定性上对上述3种刚架作比较:三铰刚架为静定结构,地基变形对结构内力没有影响,但三铰刚架刚度较差,内力大,故一般适用于跨度较小或地基较差的情况。无铰刚架为3次超静定,刚度好,结构内力小,但对基础要求较高。两铰刚架介于两者之间。通过比较可以总结出:约束越多,内力越分散,内力值越小;约束越多,刚度越大,变形就越小。因此,在设计中通过增加约束,可以提高结构的

承载力,增加结构的刚度。以上分析也总结出了所有超静定结构的基本特性。

(二) 刚度与内力

超静定结构中刚度问题将会影响内力分配的比例,一定范围内只是定量问题,并不影响内力和变形的性质,但在极端情况下可能会产生质的变化,利用这一特点,即可求出极端情况下的内力,这就为内力的估算提供了依据。

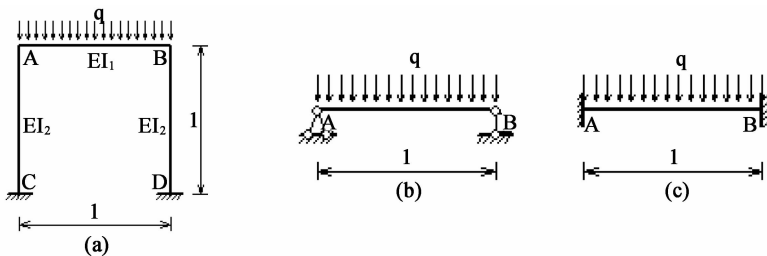


图2

以门式刚架为例(见图2a),在竖向荷载作用下,当梁的线刚度比柱的线刚度大很多时,柱对梁的转动约束很小,若取极限情况,即转动约束为零时,梁的内力分布与简支梁相同(见图2b),最大弯矩在跨中,其值为 $\frac{ql^2}{8}$ 。当梁的线刚度比柱的线刚度小很多时,柱子不仅能阻止梁端发生竖向位移,而且还能约束梁端发生转动,若柱子的线刚度趋于无穷大时,

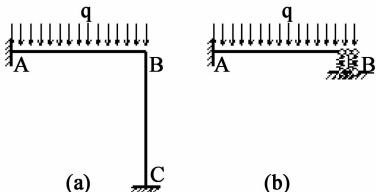
梁的内力分布与两端固定梁十分接近,最大弯矩发生在端部,其值为 $\frac{ql^2}{12}$ (见图2c)。由上述两种极限情况看到,随着柱的线刚度由零变到无穷大,横梁的杆端弯矩逐渐增大,最大弯矩小于 $\frac{ql^2}{12}$ 。

(三) 结构的等效替换

结构内力计算始终围绕着平衡这一主题展开,

在荷载作用下, 结构的整体和局部都要维持平衡, 局部平衡是以局部以外构件对局部施加约束构成的。在对结构进行内力估算时, 可取需要计算的部分为研究对象, 其余部分对研究部分的约束作用可以用支座来表示。例如图 3a 所示刚架, 估算荷载作用下刚架 AB 杆的杆端弯矩。

定性分析如下: 结构在忽略轴向变形时, B 点只能转动而不能移动, BC 杆对于 AB 杆的作用相当于链杆与抗转弹簧共同作用, 如图 3b, 取极限情况分



析: (1) 抗转弹簧刚度系数为零时, AB 杆如图 3c 所示, A 端弯矩为 $\frac{ql^2}{8}$; (2) 抗转弹簧刚度系数为无穷大时, AB 杆如图 3d 所示, A、B 端弯矩均为 $\frac{ql^2}{12}$ 。由此可知, 一般情况下, A 端的最大弯矩不超过 $\frac{ql^2}{8}$; 而结点 B 处的弯矩不大于 $\frac{ql^2}{12}$ 。

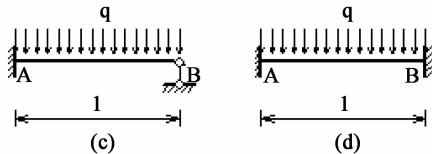


图 3

通过上述示例分析, 可以得到以下几点启示: 一是定性结构力学, 不拘泥于琐碎繁杂的计算, 而是抓住本质, 删繁就简, 化难为易。二是在定性分析过程中, 需要敏锐的观察力和分析力, 同时还需要以生活实践、工程实践、研究实践为基础。三是在学习和教学过程中, 逐步增强定性分析的意识, 培养定性分析的习惯, 建立定性分析的感觉, 探讨定性分析的技巧, 最终做到对力学最本质的理解。

参考文献:

[1] 袁驹. 一个基础, 两座大厦——结构力学课程改革的思路与实践 [J]. 力学与实践, 1998, (4): 56 - 58.
 [2] 李保德, 范小春. 定性分析在结构力学课程教学中的应用 [J]. 高等理工教育, 2007(1): 16 - 20.
 [3] 李青松. 定性结构力学在教学及工程实践中的意义 [J]. 高等理工教育, 2007(1): 20 - 23.

Research and Practice to Qualitative Analysis of Structure Mechanics

YAN Yue-cheng, SHEN Ji-hong

(College of Civil Engineering, Xinjing University, Urumchi 830007, China)

Abstract: Qualitative analysis of structure mechanics has the vital significance regarding the project practice. This article proposes the training methods of the qualitative analysis towards structure mechanics, that can guide the students by applying actual examples, thus gradually strengthen their qualitative analysis ability, and form their custom of qualitative analysis.

Key words: structural mechanics; qualitative analysis; structure

(编辑 周虹冰)