

论在钢筋混凝土课程教学中强化概念设计

钟小兵, 毛文筠

(四川理工学院 建筑工程系, 四川 自贡 643000)

摘要:本科教学中常忽视混凝土结构设计中概念设计的作用。概念设计是确保结构方案最优化的必要前提, 涉及众多相关知识和专业, 主要由4个基本要素构成。在教学中, 应该通过6个方面的训练来达到提高学生进行概念设计的能力。

关键词:概念设计; 混凝土结构; 要素; 原则; 整体

中图分类号: TU3-4

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2008)03-0083-05

由于混凝土在建设工程中大量使用, 在整个大土木专业教育中, 都将混凝土结构设计作为专业骨干课。无论从课时、师资和教学条件等方面, 都花费了很大力气。一般本科, 课程的理论学时数都在100以上, 还另有数周的课程设计。毕业设计时, 以混凝土结构为课题的也占多数。有条件的学校, 还开设有结构试验。如果将与之有密切关联的课程, 如土木工程材料、基础工程、高层建筑设计等联系起来看, 更加凸现了混凝土结构这门课程的重要性。因此, 怎样让学生学好本课程, 跟上飞速发展的工程技术步伐, 就成为摆在混凝土结构课教师面前的一个重大课题。

笔者在多年混凝土结构的教学中和研究中, 强烈地感受到, 要想使学生能较好地理解这种结构形式, 不能单纯地依靠理论计算过程, 更重要的是在设计计算之前的概念设计。只有当学生在概念设计方面有了充分理解, 才能做到从宏观上把握这种结构形式, 不致陷入“只见树木, 不见森林”的狭隘境地。

一、传统教学存在的问题

(一) 学生学习被动

在教学中, 力学、材料等先导课程都是单独进行, 而混凝土结构要大量地使用其知识。多数情况下, 学生只是被动地在本门课程的各知识点上去机械地记忆一些结论。如受弯构件正截面承载力公式的建立, 就综合应用了试验分析、应力分析、混凝土本构关系、平衡条件等内容, 这些内容之所以能联系在一起, 关键在于在试验中观察到了适筋梁的破坏形态, 如果不能理解这一点, 就只能死记公式, 而且对适用条件似懂非懂, 无法熟练掌握和应用。

收稿日期: 2008-04-14

作者简介: 钟小兵(1966-), 男, 四川理工学院建筑工程系副教授, 主要从事建筑结构教学研究, (E-mail) jgxzhxb@163.com。

(二) 不理解构造要求

不理解构造要求,进而忽视构造要求是混凝土结构设计的一个重要问题,混凝土结构设计规范中,近一半的内容用于作出这方面的规定,其目的是确保在以下各种情况时,结构完成预定功能。

(1) 工程实践证明行之有效的一些做法;

(2) 混凝土材料的不均匀性,造成构件性能的离散性较大;

(3) 节点受力复杂,影响因素繁多,不能形成简便的计算方法;

(4) 耐久性的要求。

现行教学体制下,学生对于各种构造要求,尤其是这些构造要求所体现的内涵,并不知晓,因而只能机械记忆,从而感到困惑和厌烦。

(三) 对常见的结构形式缺乏理解

目前一般的教学中,虽然各种单一的结构形式,如:梁、板、柱、墙等均建立了分析方法和承载力计算公式,但对于其内在的、统一的共同影响因素缺乏理解,特别是对于混凝土结构不同形式的受力特点、变形特点,只能各自单独分析,对于其变化过程,不能进行优化判断。如从最常见的框架结构、剪力墙结构怎样发展为各种不同的结构形式,不能理解其中的“拓扑”变化;对于钢-混凝土(SRC)结构与普通混凝土(RC)结构和钢(S)结构的差异及选择条件也不能理解;还不能理解各种力学模型建立的工程条件及其中体现出的设计概念。

(四) 对概念设计在抗震减灾中的应用认识不足

由于地震荷载的不确定性,对抗震设计的可靠性提出了怀疑。尤其是量大面广的工业、民用建筑,不太可能进行复杂且耗时耗资的弹塑性时程分析。“三水准、两阶段”的抗震设计,大多要靠概念设计来确保。对于钢筋混凝土而言,“延性”的实现,或“延性”的大小是实现抗震目标的主要指标。

二、建筑结构概念设计的概念

结构概念设计是指结构设计人员为了满足结构的概念性要求,实现优化设计,综合考虑各种因素和条件,应用多种设计手段,贯穿于整个设计过程的一种设计思维。结构概念设计主要包括以下几个方面。

(1) 充分搜集工程条件:如地区规划和自然环境。建筑意图和使用功能需要的理解,以及对资金状况、材料来源和建造条件的了解。

(2) 熟练应用各种手段:对力学概念、材料性能、结构体系和建造技术的娴熟运用。同时,还要有审美眼光、工程意识和丰富实践经验,要进行整体思考、全面比较、快速估算、综合评价和果断选择。

(3) 明确设计目的:在初步设计前为所设计的工程项目设想一个概念性的总体方案,使今后的设计、施工和使用都能做到又好、又快、又省。

(4) 转变思维方式:一是从习惯于纵向思维(结构的方案、体系、布置、计算、构造到施工图),转变为兼有横向思维(规划、建筑、结构、设备、施工的结合);二是从习惯于重视设计规范,转变为更重视实践(工程经验积累和多观察工程实际现象);三是从习惯重视理论分析,转变为重视综合考虑(人、财、物、时间、空间等);四是从习惯于追求“绝对的确切”,转变为注意“相对的比较”(在比较中求相对的好、快、省);五是 从习惯于标准、定型、传统,转变为改革和创新。

(5) 综合性的人员素质:一个建筑物的建设过程,是由建筑师、结构工程师、设备工程师、施工工程师共同合作完成的。在概念设计中,要求结构工程师不仅要完成属于自己分内的工作,也要充分理解其他工程师的工作,并做到“功能、结构、美观、建造的统一”,这就要求结构工程师具备很高的综合素质。

三、混凝土结构概念设计的要素

(一) 概念设计的元素——基本构件

建筑结构概念设计的一个重要成果,就是确定一个由基本结构构件集合成的合理的主体结构体系,并将其有效地联系起来,形成某种需要的特征。要想有效地进行概念设计,必须对基本构件有充分的、独特的认识。

一般分类中,混凝土结构可分为12种:板、梁、柱、框架、桁架、网架、拱、壳体、墙、索、薄膜结构、基础。

这12类构件中,大学阶段一般只介绍板、梁、柱、基础,多数的构件要在今后的工作中进一步学习。因此,就要求在教学中,充分利用涉及到的这几种构件,阐明一般构件的设计思路。

一般的构件设计过程为:首先,试验分析和工程实践经验的总结。在这个环节中,必须寻找足够的案例来探寻构件的受力形态、破坏过程,从而为提出力学模型提供依据;其次,建立简便可靠的力学模

型。根据足量的试验成果和工程实践,对构件的破坏形态充分研究后,抓住问题主要矛盾,做出既有足够精度,又便于进行设计计算的力学模型,进而建立各种设计公式;第三,确定构造措施。一些不便于进入计算公式的因素,均作为构造措施考虑。

除了对基本构件的设计过程有认识以外,充分理解各种构件之间的区别与联系是做好概念设计的又一个重要方面。

(二) 概念设计的外因——作用与效应

外界各种物理现象对建筑结构的影响,称之为作用。各种作用在建筑结构中引起的变化(内力、应力、变形)称为效应。作用中最常见的类型就是荷载,通常叫做“外力”。结构设计时,设计人员必须对各种荷载的物理特性和统计特性有深入了解,不能只停留在按荷载规范选定设计值的水平上,而更应该从其本质上来把握它对结构的影响。如风荷载对一般多层建筑可视为“静载”;对于高层建筑,必须考虑其动力特性。另外,由于各种作用的同时存在,要做到既要抓住主要矛盾,又要重视次要矛盾,完整、准确地理解“荷载组合”和各种荷载代表值的概念。

(三) 概念设计的支点——结构失效的判定

结构设计的任务可以这样描述:以最小的代价,确保结构在约定的条件下完成预定的功能。如果结构不能完成其功能,就是“失效”。结构失效即意味着其功能的丧失和不能继续正常工作。

结构失效通常表现在以下5个方面^[4]:一是破坏:结构全部或部分因材料的应力、应变大于其自身的限值而丧失承载力;二是失稳:结构或构件因截面过小而被压曲,或因连接处失效而成为可变体系;三是变形过大(裂缝过宽):结构或构件发生使用者无法承受的变形(裂缝);四是耐久性丧失:结构的主体材料在长期环境中,受各种破坏因素的影响,丧失其使用功能;五是倾覆和滑移:结构本身没有破坏,然而作为一个刚体发生较大的运动。

在概念设计中,以上几种失效形式,要用不同的设计方法加以防止。

(四) 概念设计的表现——可靠性设计

结构在规定的时间内和规定的条件下,完成预定功能的程度,称为结构的可靠度,取决于作用效应(S)和结构抗力(R)的比较关系: $R > S$,结构安全; $R = S$,临界状态; $R < S$,结构失效。 R, S 均为随机变量,因此,结构失效的概率(P_f)也是随机变量,结构

的可靠性也是随机变量。由于 P_f 比较小,一般用可靠度指标(β)来度量。这时的 P_f 为标准正态概率分布中距离平均值为 β 倍标准差($\beta\sigma$)时对应的概率,一般取 $\beta = 2.7 - 4.2$ 。

由于可靠度指标较为抽象,设计中均转化为各种“系数”,因此,要做好概念设计,必须理解各种系数包含的概率意义。

四、教学中体现概念设计的几个方面

(一) 突破旧思维模式,树立整体结构概念

现有的教学方法,容易在学生头脑中引起各个结构互不相关的错误认识,不能有意识地将各种构件作为一个完整的整体结构加以考虑。比如,最简单的简支梁,就因在墙体(柱)上的支承方式不一样,其受力分析和构造配筋都完全不同。因此,设计简支梁时一定要与竖向构件综合考虑。在授课时,每介绍一种构件,一定要向学生反复强调:习题练习中所使用的条件,只是一种极端简化的模型,仅用于帮助理解原理和计算过程。真实的工程设计,力学模型要自己建立,而且不是唯一的。在建筑的各个部分,从屋盖、楼盖、柱、墙直到基础,每一种构件的设计,都必须兼顾其他,否则,就不能从概念上形成一个整体,各个部分就难于做到最佳配置。各部分构造措施要相当。“等强度”理论的概念一定要体现,局部过强不仅不能改善整体的性能,反而有可能加剧失效。

(二) 以最优化的设计概念,选择结构形式

结构设计的任务,就是以最低的代价安全地实现空间划分。每一种建筑都应该根据其功能要求,在众多可用的结构形式中反复比较,选择最恰当、最合理、最“省”的结构形式。在这个过程中,将用到所学过的知识,如:建筑学、材料学、力学、施工、管理等。虽不要求精确计算,但快速估算是一项必不可少的基本功。重点考虑优化结构体系,优化结构布置,合理规划构造措施。做到面向需求、力争可能,努力创新、保持特点,质量第一、兼顾速度,效能为先、也要效益,常规合理、优化选择。

(三) 明确结构概念设计的原则

1. 三维构思的原则

在建筑方面,体现在空间、尺度、联系等使用要求,采光、通风、防火等功能要求以及美学、形式、风格等美观要求的高度统一。

在结构方面,综合了整体和关键部位受力、变形

的合理性,主要构件连接、构造的牢固性,所选择的结构体系形式的可靠性、经济性和新颖性以及结构所用材料的耐久性。

在施工方面,体现在取材的现实,成型的可能,做法的合理。

这是一个从三维(空间)到二维(平面)再到一维(杆件),最后返回空间体系的闭环过程,在这个过程中,设计者完成初步设计、方案设计和施工图设计。

2. 功能协调原则

做概念设计时,一定要尽可能做到结构、建筑、设备和施工手段的功能协调,以便取得尽可能大的效能和尽可能多的效益。

3. 实际出发原则

结构概念设计时必须从实际出发处理所遇到的各种问题,认真考虑当地固有的自然条件、人文条件和资源条件等客观因素,切忌不求实际地考虑问题。

4. 减轻自重原则

结构承受的竖向荷载85%以上是自重,水平荷载中的地震荷载直接取决于自重,所以,减轻自重是一条重要的设计原则。其效益是多方面的,如降低造价,缩短工期等。具体措施有:采用轻质高强的材料;采用高效能的结构型式;选择优化的结构体系;合理选择结构布置。

5. 空间作用的原则

一般设计计算中,往往将结构分解在各个平面计算,在概念设计时,考虑其空间作用,会更加接近结构的原有受力状态,如能有意识地利用或构成结构的空问关系,就能够起到增大结构刚度和减少结构内力、变形的作用。

6. 合理受力的原则

结构概念设计时,要经常利用力学原理来处理结构、构件的一般受力分析问题,要培养学生能够从基本力学原理出发,与具体结构相结合,尽可能使结构处于最简化、最直接的受力状态。

(四)正确认识标准、规范、规程

国家的标准、规范和规程,是以当今科学技术水平和一般的工程实践综合成果为基础,由有关部门具体制定,在全国一般工程中执行的最低要求,通常每10年修订一次。对于标准、规范和规程,要认真执行,但切忌生搬硬套,尤其要注意其使用条件,除了正文条款,应该多关注每一条款制定的背景知识。

另外,根据执行的严格程度不同,各条款可划分为以下4种情况。

一是强制性条文,具有法律属性,一经查出,不论是否发生事故,都要追究责任。

二是要严格遵守的条文,表示非这样做不可,正面用词“必须”,反面用词“严禁”。

三是应该遵守的条文,表示正常情况下均应这样做,正面用词“应”,反面用词“不应”。

四是允许稍有(有)变化的条文,表示一般条件下的优先权,正面用词“宜”,反面用词“不宜”。

以上4种条文,在概念设计时,一定要充分理解,这样才能使结构设计既安全又经济。

(五)强化抗震设计的基本概念。

在进行结构抗震设计时,要注意如下几个方面的概念。

(1)对于难于确定的地震作用,应该从震中距、上覆土层、基岩等几个方面把握地震作用的大小、强弱。

(2)地震作用下的结构反应,应从建筑物的质量、动力特性、地震特性、地基与结构的相互作用等方面考虑。

(3)正确理解抗震设计的3项原则,“小震不坏,中震可修,大震不倒”,反映的是人们对结构的震害期望。

(4)选择良好的抗震结构体系,使结构具有良好的变形能力和耗能能力,尤其注意设置多道抗震防线。

(5)注意新兴的抗震减灾技术:隔震、减震、耗能,增加延性,设置阻尼系统等。

(六)正确理解“预力”的概念

预力技术是预应力技术的扩展,指主动地给予结构体系施加的影响力,包括外力、内力、应力、位移、变形和应变在内的广义力。它是人们为了改善结构受力状态和结构构件截面特性而主动给予结构体系的影响力。预力的施加,在时间、空间以及数量上和可调性等方面完全由人们在设计施工时,按概念目标有效控制,因此,预力是一种主动力、可调力和确保结构安全使用、经济耐久的一种广义力。预力技术是人们有目的、有手段对结构体系有效施加预力技术方法的总称,它既是一种设计原理,又是一种施工手段,还是一种监测方法。

(七) 多看案例,拓展思路

国内外大量成功的工程实例真实地反映了设计大师的成果,对这些案例进行认真的分析,从中汲取营养,蕴育灵感,就能拓展思路,开拓视野。具体在教学中,可以要求每个学生收集1~2个案例,并进行分析,写出案例分析论文,这种方法,能够综合锻炼学生的创新能力,是提高概念设计能力的最有效途径。

五、结语

概念设计是结构设计的一个首要课题。如果不加以很好的解决,将使后续设计过程陷入一种劳而无功的境地。概念设计又是结构设计的一个困难的课题,它不仅需要结构专门知识,而且同时要兼顾建筑、材料、地质、施工、管理、力学等方面的内容。不仅要分别考虑,更要综合分析。这恰恰是目前高校土木工程教育的一个薄弱环节。有意识地提出概念设计并强化其教育,是培养具有良好创新能力,适应

新世纪发展需要人才的必经之路。在钢筋混凝土课程教学中摸索强化概念设计的方法,是摆在广大高校土木工程专业教师面前的重大课题。

参考文献:

- [1] 罗福午, 张惠英, 杨军. 建筑结构概念设计及案例[M]. 北京:清华大学出版社, 2003.
- [2] 方鄂华. 高层建筑钢筋混凝土结构概念设计[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [3] 本格尼.S. 塔拉纳特. 高层建筑钢、混凝土、组合结构设计[M]. 北京:建筑工业出版社, 1999.
- [4] 过镇海. 混凝土的强度和本构关系——原理与应用[M]. 北京:建筑工业出版社, 2004.
- [5] GB50010-2002. 混凝土结构设计规范[S]. 北京:建筑工业出版社, 2002.
- [6] GB50009-2002. 建筑结构荷载规范[S]. 北京:建筑工业出版社, 2002.
- [7] GB50011-2001. 建筑抗震设计规范[S]. 北京:建筑工业出版社, 2001.

How to Strengthen the Conceptional Design in the Teaching Course of RC Structure

ZHONG Xiao-bing, MAO Wen-jun

(Department of Civil Engineering and Architecture, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: Usually, In general undergraduate teaching, we overlooked the role of the conceptional design which being applied with concrete structural design. Conceptional design is a necessary prerequisite that ensure optimization of structural scheme, it is concerned with numerous related knowledge and special field, major from 4 basic essential factor form. In teaching should pass through 6 aspects train, reach raising the ability that student carries out conceptional design.

Key words: conceptional design; concrete structure; factor; principle; whole

(编辑 周虹冰)