

讨论与建议

借鉴国际先进经验制(修)定 我国木结构技术标准

祝恩淳, 潘景龙

(哈尔滨工业大学, 黑龙江哈尔滨 150090)

摘要: 阐述了我国木结构技术标准现状, 及其与国际接轨的几个重要问题。建议按国际木结构的发展趋势, 分别制定工业化、标准化生产的木制品标准, 以及与此相应的结构技术标准; 采用强度特征值指标予以标识木材强度; 明确规定对结构可靠度及材料强度设计指标; 对构件抗力和连接承载力的计算方法作必要的改进与调整; 对规范内容作合理的取舍。

关键词: 木结构; 规范; 标准; 木制品

中图分类号: TS6; TU759 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)03-0026-04

Improving Technical Standards for Wood Structures with Reference to International Experience

ZHU En-chun, PAN Jing-long

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, Heilongjiang, China)

Abstract: Both domestic and international standards for wood structures were reviewed and several key issues for improving Chinese standards, especially for the Code for Design of Timber Structures to be consistent with the international standards, were identified. The authors suggested that the standards for industrialized wood products and the standards for design of wood structures should be separately established. Wood of various species needs to be stress-graded and identified with its characteristic strength; the reliability of wood structures and the derivation of the design strengths of wood need to be further verified and the specifications of the reliability and strength values need to be clarified; calculations of resistance of wood members and load-bearing capacities of the connections need to be necessarily improved and modified; and the contents of codes need to be reasonably selected and arranged.

Key words: wood structure; code; standard; wood product

木材具有质轻高强的特点, 且是可再生资源, 木结构房屋低碳节能, 抗震性能优越, 具有调温调湿功能, 非常适合人类居住。因此, 木结构建筑符合可持续发展要求, 具有广阔的发展前景。

木结构在我国曾与混凝土结构、砌体结构和钢结构并称为四大建筑结构, 在国民经济建设中发挥着重要作用。随着建设规模的不断扩大, 木材消耗量急剧

增大, 至 20 世纪 70 年代末, 我国木材资源严重短缺, 木材在建筑结构中的应用受到限制, 木结构的研究与应用亦停滞达数十年之久。而日本和欧美等国家和地区在木结构的研究与应用方面, 居于世界领先地位。其标志之一就是实现了木结构生产的标准化与工业化。

我国经济实力的提升以及全球经济一体化的发展趋势, 为我国引进木结构设计、制作和木制品生产技术提供了新的契机。90 年代末期, 引进北美轻型

收稿日期: 2010-11-30; 修改日期: 2011-04-14

作者简介: 祝恩淳(1963—), 男, 哈尔滨工业大学教授。

木结构,标志着我国木结构的研究与应用正在逐步恢复。一些科研单位和高校,重新开展木结构相关研究,开设木结构课程,制定一系列木结构技术标准。

目前我国与世界木结构研究与应用水平存在很大差距,广泛开展国际交流与合作,学习与借鉴世界木结构先进技术与经验,是促进我国木结构事业发展的重要途径。

如 GB 50005-2003《木结构设计规范》新增轻型木结构的内容,以及正在制定的《轻型木桁架技术规范》,主要吸取加拿大的经验;正在制定的《胶合木结构技术规范》,主要借鉴美国的经验。

借鉴的同时,也存在我国木结构技术规范与国际接轨的问题。鉴于此,笔者着重对引进和吸收国外技术和经验进行探讨,以期为我国木结构事业的发展,提供建议和参考。

1 国内外木结构技术规范的现状

1.1 我国木结构规范现状

我国于 1973 年颁布了 GBJ 5-73《木结构设计规范》,该规范是根据施工现场制作木桁架承重屋盖的工程实践,按容许应力设计法制定的。现场制作是指从林区将原木运至工地、制作木桁架、安装木屋盖的全过程,包括原木锯解成锯材、干燥、目测分等、放样、配料、制作构件、安装和防护处理的完整过程,规定了全过程各环节的技术标准。

1988 年,借鉴了原苏联木结构设计规定,和我国为数不多的几项试点工程经验,编制了 GBJ 5-88《木结构设计规范》,将容许应力设计法,改进为极限状态设计法,并新增了胶合木结构的规定。

90 年代末期,引进了以规格材和木基结构板材为主要材料的轻型木结构。GB 50005-2003《木结构设计规范》是在 GBJ 5-88 基础上,新增了轻型木结构的规定。虽然扩大了涵盖的结构材料范围,但制定规范的思路并未更新,仍是建立在现场制作方式基础上的技术标准,针对的是用原木为主要材料的木结构。

1.2 发达国家木结构规范现状

在北美、欧洲等地区,木结构设计规范已发展为以木制品为主要建筑材料的技术标准,由专业加工厂采用标准化、工业化的方式生产。木结构制品的主要种类包括:

1) 锯材——在北美地区,按截面尺寸可分为不同种类;其中规格材依据分等方法分为目测(应力)分等规格材和机械(应力)分等规格材。

2) 工程木——主要有层板胶合木、定向刨花板、结构胶合板和结构用木质复合材料 (Structural composite lumber), 包括单板层积材 (Laminated veneer lumber, LVL)、刨花层积材 (Laminated strand lumber, LSL)、单板条层积材 (Parallel strand lumber, PSL)、定向刨花层积材 (Oriented strand lumber, OSL) 等。

3) 预制木构件——主要有工字型木搁栅、定型系列木桁架,如规格材齿板桁架、LSL 木桁架等。

上述木制品的制作、分等和标识,通过专门的技术标准和产品标准予以规范,并不属于木结构设计规范所涵盖的范围。这些产品与木结构设计规范的关系,原则上由市场经济规律调节,即产品不符合木结构工程需要,就被淘汰更新,这也是林业部门和建设部门之间的配合协作。通过标准化、工业化生产,保证木制品产品的质量。

我国传统木结构建筑是在施工现场加工原木而成,而国外木结构工程以木制品为主要建筑材料,导致国内外木结构设计规范在内容选取、章节安排,以及计算方法上存在很大差异。因此,淘汰施工现场粗制加工原木的传统方法,采用工业化、标准化生产的木制品作为木结构工程的主要建筑材料,是我国木结构设计规范与国际接轨的重要前提。

2 我国木结构技术标准的主要问题

2.1 木材强度分等及强度标识

2.1.1 木材强度分等

除规格材外,无论是对国产木材还是进口木材,GB 50005-2003 均按照木材树种或树种组合确定其强度,尽管规定了某一树种木材的材质等级,例如将原木、锯材按其外观质量划分为三个等级,并规定了不同的用途,但对其强度指标不作区分,由现场的施工技术人员而非专门人员完成分等。因此,无法保证分等的可靠性。而国际上普遍采用工业化、标准化的应力分等方法。

按照我国的分等方法,通常缺陷少、纹理直的木料,用于受拉和拉弯构件,性能稍差的用于受弯构件,性能更差的用于受压或受力很小的构件。事实上,缺陷对木材强度的影响,往往超过树种对强度等级的影响。

例如美国树种云杉-松-冷杉(S-P-F),GB 50005-2003 对其规定的强度等级为较低的 TC11-A,而花旗松-落叶松(Douglas fir-larch)的强度等级则为较高的

TC15-A。但前者目测应力等级为Ⅰ_c的规格材的强度指标,远超过后者Ⅱ_c及以下等级的规格材。由此可见,依据树种确定木材强度等级的方法,不能充分地利用木材资源,采用按树种和材质等级确定木材强度等级的方法已是大势所趋,但要确保锯材由专业加工厂生产,分等必须有完善的质量控制系统,并由专人负责。

目测应力分等法可采用足尺试件试验方法,并按照非参数法或参数法,确定强度指标75%置信水平下的0.05分位值(特征值、标准值),也是目前确定规格材强度指标的基本方法。在某些情况下,采用无瑕疵小试件试验结果,并考虑不同目测等级的缺陷程度对木材强度的影响,确定其强度特征值也是可行的。例如美国即采用这种方法确定梁柱木材的强度。对于规格材,也可实行机械分等方法,但是需要专门的分等设备。

2.1.2 木材强度标识

GB 50005-2003和正在编制的胶合木结构技术规范中的强度标识尚未统一。例如在GB 50005-2003中,某针叶树材的强度等级标识为TC15,表示木材的抗弯强度设计值为15 N/mm²;而机械分等规格材某强度等级的标识为M18,抗弯强度的特征值为18 N/mm²,可见两强度指标的含义不一致。木材强度等级标识应统一,其理由有二:

首先,木材强度的特征值代表木材本身固有的基本力学性能,是客观存在的,而木材的强度设计值,则受技术政策和设计计算理论的影响,可以变更。如GBJ 5-88与GB 50005-2003,在可靠度上均有调整,从而引起了材料强度设计值的变动。若采用特征值标识,则标识可以不变,仅作设计值的变动。

其次,锯材是建材产品,按我国的目前行政管理体制,木材的强度分等原则上应属林业部门管理,木材设计强度的取值又涉及到建筑结构可靠度等诸多因素。因此,强度等级应以强度特征值标识为宜,也便于归口管理。

2.2 可靠度及木材强度设计指标的取值

木材的结构构件应统一满足GB 50068-2001《建筑结构可靠度设计统一标准》规定的可靠度指标。在GB 50005-2003中,规定的拉、压、弯、剪构件的可靠度分别为4.3、3.8、3.8和3.9,已考虑了使用周期内持续荷载对木材强度的影响。但能否保证除原木、方木构件以外的其他木构件达到同样的可靠度水准,仍需要进一步研究。

以GB 50005-2003中机械分等规格材为例,如M14的抗弯强度特征值为14 N/mm²,抗弯强度设计值为12 N/mm²。若考虑荷载持续时间对强度的折减系数为0.72,则其抗力分项系数仅为0.84,而钢结构设计规范中的钢材的材料分项系数为1.093,况且规格材的力学性能变异性远大于钢材。依据现有的机械分等规格材受弯构件的强度特征值和设计值判断,其可靠度指标不可能达到3.8,即便达到GB 50068-2001规定的指标值3.2的可能性,也几乎不存在。

另一方面,木结构构件的可靠度指标是否需要达到GB 50005-2003的规定(3.8),尚待商榷。主要原因是用规格材和木质结构板材建造的轻型木结构,部分构件是可替换的,从而可适当降低构件的使用年限,即可靠度指标,因此在可靠度及木材强度设计指标方面,木结构设计规范应作出明确统一的规定。

将进口锯材如规格材的强度指标换算为符合我国设计标准的强度设计值,应由木材出口国提供产品的基本力学性能,如木材强度的特征值、强度概率分布函数、材料强度变异性系数等,然后依据我国的结构可靠度要求,确定其强度设计指标,从而实现强度设计指标的软转换。

2.3 构件抗力和连接承载力的计算方法

木结构中的基本构件抗力和连接承载力的计算方法,除特殊情况外,应适用于各类木材产品,这是木结构技术先进国家设计规范的一个共同点。GB 50005-2003已将锯材中的规格材,包括目测应力分等和机械分等规格材,列入可使用的木材类别,但对这些木材制作的木质构件的抗力和连接承载力,仍套用针对原木、方木构件抗力和连接承载力的计算方法,该方法是否合理,尚需深入分析。

以受压木构件的抗力计算为例,稳定系数 φ 的取值对构件抗力的影响,特别是在构件长细比较大时,往往比木材顺纹抗压强度的影响更为重要,直接关系到结构的安全性及经济性。

稳定系数 φ 取决于所用木材的弹性模量 E 和顺纹抗压强度 f_c 的比值(E/f_c)。对于长细比一定的构件,该比值愈大,稳定系数愈接近1.0,即材料的强度较低,构件的承载力更趋向于由材料的强度决定。

GB 50005-2003将目测应力分等规格材划分为七级。同树种、不同等级的规格材,其顺纹抗压强度变化甚大,而弹性模量变化不大,因而比值(E/f_c)相差甚大。对同一树种不同等级的规格材,长细比相同

时,应有不同的稳定系数。但在 GB 50005-2003 中,稳定系数 φ 是以树种强度等级来区分的,即同一树种的长细比一定时,不论其目测等级是 I、II、还是 III, φ 都是相同的。

以云杉-冷杉(S-P-F)受压构件为例,假设长细比为 60,则按 GB 50005-2003 的规定, φ 的计算结果为 0.54;若该树种的规格材目测应力等级为 I、~IV、四级,按 NDS-2005《美国木结构设计规范》^[1] 计算,其稳定系数分别为 0.716、0.753、0.753 和 0.853;若按加拿大 CAS 086-01《木材工程设计》^[2] 计算,结果与上述数值接近。而我国规范与其相比,偏差达到 33%~58%。GB 50005-2003 中规定的受弯构件侧向稳定系数的计算方法,是否适用于规格材,也需深入研究。

GB 50005-2003 规定,对于连接承载力的计算,特别是销连接,依据木材的顺纹抗压强度进行。同一树种不同等级的木材,由于缺陷的影响,木材的顺纹抗压强度相差很大,但木材缺陷对其销槽承压强度的影响并不显著;若螺栓连接和钉连接的承载力仍按顺纹抗压强度计算,则将导致计算结果与连接的实际承载力不符。另外,现有的计算方法是假定被连接的木材完全相同,这并不适用于以规格材和木基结构板材为主材的轻型木结构。因此,销连接承载力的计算,需要从计算方法和销槽承压强度两个方面加以调整。

2.4 规范内容

在许多木结构应用较成熟的国家,均循工业化、标准化生产的木制品为主线,编制设计规范。我国若仍以原木为主来修订木结构设计规范,则无法与国际接轨。基于此,现行规范中涉及木制品加工制作方面的条款应予以删除。附录中原木、方木、规格材的分等标准、树种识别,甚至层板胶合木(也称集成材)的组坯等规定内容,应纳入相关的木制品标准。木材产品的名称,建设部门与林业部门宜协调一致,利于国内同行间和国际交流。结构工程师并不能完全掌握木制品加工生产的专业知识和技能,木制品的标准应由林产品归口管理单位,即林业部门组织编制,结构工程师的责任是,协助将产品标准制定得更符合工程建设和设计需要。

20 世纪我国第一部木结构设计规范中,普通木结构是指现场制作的木屋盖,稍加扩充后的木结构,是以原木为主要材料制作而成,也称原木、方木结构。而在国外木结构设计规范和文献中,均未出现过此类木结构,因此,国外专家无法理解中国所谓的普通木

结构的结构形式。既然木结构规范应以木制品为主材来修订,这一结构名词似应退出历史舞台。

众多木制品具有基本一致的力学性能,即木材的拉、压、弯强度不同,各向异性、蠕变、其强度受荷载持续时间影响,及含水率对强度的影响和尺寸效应等共同性能,因此,可用统一的计算模型来计算和分析木构件的力学性能,以木制品类别来区分结构类型没有意义。正如我国现行混凝土结构设计规范,并不区分普通混凝土结构、预应力混凝土结构或是高强度混凝土结构,因为所用材料具有混凝土共同的力学特性。

现行木结构设计规范中有关胶合木结构的内容,若除去本应属产品标准的条款内容后,仅有个别条款涉及到层板胶合木构件的特殊性,如可制成弧形构件,并需考虑到层板预弯对强度的影响等。基本上没有涉及胶合木结构设计方面具有实质性差别的内容。

规范中轻型木结构一章,是借鉴一些国家房屋建筑规范中关于构造要求的有关条款而来,其中许多内容不应列入木结构设计规范,而却把轻型木结构设计核心部分的剪力墙与横隔的设计计算,置于附录中,且不论这一部分照搬的是否正确。

综观木结构应用较为成熟的国家,其木结构设计规范,除设计原则、材性、材料要求、设计指标和连接设计外,主要规定各类基本构件和组合构件的设计计算和方法,基本未涉及到木结构工程的整体设计内容,甚至未包括木屋盖的空间稳定等内容。根据我国国情,应借鉴国际木结构先进技术,对木结构设计规范应涉及的内容作合理取舍与安排。

3 结语

木结构类技术规范对我国木结构的应用意义重大,应既是该领域当前的技术发展水准和工程经验的反映和总结,又需有前瞻性和导向作用。应根据我国国情,借鉴国际木结构先进技术,认真制定或修订。

本文结合我国规范和部分国外规范,探讨了与国际接轨的几个问题,有些问题并不是一蹴而就即可解决的,需要国内的高校、研究机构和生产企业长期共同努力才能完成。

参考文献:

- [1] ASD/LRFD NDS-2005, National Design Specification for Wood Construction[S].
- [2] CSA 086-01, Engineering Design in Wood[S].

(责任编辑 张一萍、姜 征)