

基于现代混凝土结构模板体系研究进展分析

杨金道

火箭军士官学校

DOI:10.12238/bd.v6i2.3897

[摘要] 混凝土是建筑工业的主要建筑材料。模板在混凝土构件的几何形状实现和强度发展中起着重要的作用。它也是混凝土结构建设的主要成本之一。模板的使用历史悠久,在不同的工程中使用了不同的模板体系。在模板体系的设计选型中,需要考虑安全性、成本、结构几何、施工时间、表面质量等要求。本文综述了混凝土建筑中各种模板体系,包括其原材料、柔性、制作方法、在混凝土结构中的应用以及对环境的影响。比较和讨论了不同模板体系的优点和目前存在的局限性,并给出了建议。

[关键词] 模板体系; 混凝土结构; 混凝土施工; 数字化制造

中图分类号: TF081 文献标识码: A

Analysis of research progress based on modern concrete structure template system

Jindao Yang

Rocket NCO School

[Abstract] Concrete is the main building material in the construction industry. Template plays an important role in the geometry realization and strength development of concrete elements. It is also one of the major costs in the construction of concrete structures. The use of templates has a long history, and different template systems are used in different projects. In the design and selection of the template system, it is necessary to consider the requirements of safety, cost, structural geometry, construction time, and surface quality. This article reviews various template systems in concrete buildings, including their raw materials, flexibility, fabrication methods, applications in concrete structures, and their impact on the environment. The advantages and current limitations of different template systems are compared and discussed, and suggestions are given.

[Key words] template system; concrete structure; concrete construction; digital manufacturing

引言

混凝土是建筑工业的主要建筑材料。由于其结构性能、可持续性、可达性和低成本等优异的建筑性能,它被广泛应用于住宅、商业建筑和基础设施的建设中,而且由于它的可成形性可以实现任何形状,而不考虑几何复杂性^[1]。模板在混凝土结构的施工中是必不可少的。一方面,它可以将混凝土塑造成所需的几何形状;另一方面,它允许新混凝土逐渐发展强度,以支持结构。本文就各种模板的材料、特点、制作工艺及应用等方面进行了综述。模板系统设计的一般要求将在第二节中首先讨论。传统模板和用传统模板建造的结构将在第三部分简要分析。近几十年来,随着科学技术的进步,各种柔性模板体系在工程建设中得到了发展和应用。在本研究中,柔性模板系统的详细分析将在第四节提出。最后,对各模板体系的优点和目前存在的局限性进行总结,并对模板体系未来的发展提出建议。

1 现代混凝土结构模板设计的要求

模板是混凝土结构施工的临时支撑,主要用于塑造和维护

新混凝土,直至其达到足够的强度^[2]。最终完成的混凝土结构的几何形状和表面质量高度依赖于施工中使用的模板系统。因此,施工前应充分考虑模板体系的选择准则和基本要求。首先,模板体系应具有良好的强度、耐久性和刚度质量,保证施工过程的安全性。这需要仔细分析可能的荷载,特别是施加在模板上的侧压力。然后选择合适的模板材料和有足够强度的脚手架系统来承受荷载。一般来说,刚性材料,如木材和金属具有高强度,可以直接用于容纳新混凝土,而软材料,如纺织品将需要额外的支撑,如钻机和框架,以保持所需的形状的混凝土浇筑。在模板体系的选择中,成本也是一个重要的因素,其中包括材料成本;制作、组装、拆除模板的人工成本;处理模板所需的设备费用;以及拆模时脱模剂的成本,模架系统的成本可能占到现浇混凝土结构总建筑成本的一半。

木头和钢这样的刚性材料传统上被用作混凝土建筑的模板材料。然而,传统的模板通常需要熟练的工匠,这是耗时和昂贵的,应用大多是规则的形状。柔性模板系统已被用于创建广泛的

混凝土结构。采用织物等柔性材料的模板提供了许多实用优势,也为提高结构效率提供了机会。织物模板的主要优点之一是它允许制造具有复杂几何形状的混凝土结构。但是面料的浪费和起皱是面料面临的挑战。在过去的几十年里,数字制作模板系统有了很大的发展。减法和加法技术都可以用来制造各种形状的模具。然而,可能会产生很高的成本和材料浪费。因此,一种具有成本效益的模板系统,可以用于浇筑任意几何形状的混凝土构件,但材料浪费最小,已成为非常可取的。因此,在模板系统的选择和设计中,材料的减少和模板可能的重复使用具有重要的意义。此外,对天气条件敏感的模板材料也会导致维护成本的增加和使用寿命的降低。一般建议使用具有足够抗严重损坏和腐蚀能力的材料。例如,在经常下雨的地区,胶合板模板被认为比钢模板更合适,因为锈蚀的钢材不仅会降低模板体系的使用寿命,还会对混凝土表面造成损伤。

2 传统的现代混凝土结构模板系统

传统的模板通常用刚性材料制作,如木材和金属,用于构造具有规则几何形状的混凝土结构^[3]。这些模板通常由熟练的工匠手工建造。由于传统模板的应用历史悠久,模板构件的切割、组装、架设等制作技术已经成熟。

2.1 木质模板

木质模板是工程实践中最常用的模板类型,通常采用木构件现场制作。木材作为模板材料有许多优点。它的重量相对较轻,在施工过程中很容易处理。此外,木材可以被切割和固定在一起,从而可以通过标准尺寸的木材构件的不同组合来实现不同的配置。此外,木质模板还可用于形成拱形、贝壳、穹顶等弧形结构。木模板在混凝土弧形结构施工中的成功应用,可以从一系列的壳结构中看出。以网球场为例首先建立了木质模板骨架。然后在其上铺设一层壳膜,以提高混凝土结构的表面质量。

胶合板是一种常用的木制模板材料。胶合板是一种木材产品,使用交叉层压薄单板和粘接在高温和压力下与强大的粘合剂。胶合板具有优越的尺寸稳定性和优良的强度重量比。它们还能抵抗冲击、化学物质以及温度和湿度的变化。使用胶合板作为模板材料有许多优点,例如其光滑的表面,在标准厚度和长度范围内的可用性,以及在施工期间易于处理。此外,胶合板可以很容易地拆除,翻转和使用在不同的一面,这可以增加重复使用的数量。随着房地产业的快速发展,高层住宅和商业建筑在世界各地掀起了一股热潮。在这些现代结构中,通常需要具有高承载能力和整体刚度的模板体系。为了提高木模板的质量,获得用于现代建筑的高性能胶合板,速生杨木和桉树单板因其高强度重比和低成本而被用作基材。采用低密度、高强度、高模量、化学性能稳定的碳纤维织物对复合胶合板进行加固。研究发现,与普通木材相比,使用复合胶合板可显著提高模板的抗冲击性能和抗弯性能。

2.2 金属模板

金属模板体系是另一种在世界范围内广泛应用的传统模板

体系。钢和铝是金属模板系统中常用的两种材料。与木质模板相比,钢模板有几个优点。首先,钢模板不仅可以提供足够的刚度和强度,而且可以快速安装、拆卸、移动和重新安装。其次,可以通过多次重来降低成本,特别是对于正交形状的结构。此外,钢模板浇筑的混凝土构件表面平整度通常较好。虽然钢模板最适用于制造正交混凝土构件,但它也可用于浇筑弯曲混凝土构件。此外,钢模板还适用于仓库、体育馆等大跨度结构的施工。通过适当的设计,可以将钢模板作为永久模板,从而实现大跨度的钢甲板系统,从而降低施工成本和时间。梁和墙等支撑构件的数量也可以减少,这将提供优秀的开放式设计。尽管钢模板有很多优点,但也应注意其缺点。首先,钢模板的成本会很高。除非可以重复使用,否则使用钢模板是不经济的。此外,钢模板自重较大,施工时可能需要额外的吊装设备。同时,在寒冷的天气下,钢模板可能会减缓混凝土的养护过程,在雨季也可能生锈,影响混凝土构件的强度、耐久性和表面质量。

3 柔性模板体系

与传统的刚性模板需要大量的材料和手工工作不同,柔性模板具有创建非标准几何形状潜力,同时显著降低模板材料和人工成本^[4]。在本节中,将介绍两种最常用的柔性模板系统,即织物模板系统和数字制作模板系统。

3.1 织物模板

织物模板提供了一种完全不同的浇筑混凝土的方法。与传统模板系统不同,织物模板是灵活的,可以很容易地形成复杂的几何形状。织物模板通常使用合成纤维制成的纺织板(通常是多孔的),如尼龙、聚酯和聚丙烯。织物模板材料的选择取决于不同的承重要求。例如,当需要高抗变形能力时,可以使用像碳纤维这样的坚硬纺织品。20世纪60年代,随着强度更高、成本更低的合成聚合纺织品等新型面料的出现,面料模板的广泛应用开始增长^[5]。

与刚性材料不同,织物是灵活的,可以很容易地通过适当的技术塑造成所需的几何形状。三种最常用的织物模板制作方法,即由外部支撑张紧、由气压张紧和保持原位针织。

(1) 由外部支撑拉紧。为了达到预期的形状,织物模板通常需要使用支架、框架和其他外部支撑进行拉伸。在混凝土浇筑和养护过程中,借助混凝土泵送技术,在泵送混凝土的自重和横向压力作用下,将模具压成精确形状。例如,在混凝土分支柱的建造中,一块扁平的织物薄片被张紧并装入木架的空隙中。通过将两个匹配的框架面对面地连接,得到了分支柱的织物模具。(2) 由空气压力拉紧的。织物模板也可通过气压拉伸形成气动模板。气动模板的使用是由比尼在20世纪中期引入的,用于建造壳结构(比尼谢尔系统)。该技术基于可重复使用的气动膜,由合成材料制成,如尼龙增强氯丁橡胶。在施工过程中,首先构造了带槽的环梁,允许内部气动形式的附着。然后将进气管铺设在地基下,并连接到空气泵站。通过这种方式,膜可以膨胀,以提升钢筋混凝土的新分布,并可以快速和经济地获得所需的几何结构。通过控制气压,可精确控制气动模板的形状。此外,通过数值模拟可

以预测纺织品的应变和应力,从而实现更高精度的压力控制。(3)保持原位针织。除充气模板外,针织是织物模板的另一种制作方法。在服装工业中,针织已经得到了广泛的应用,但在技术纺织品和复合材料的世界中,它已经慢慢地得到了应用。针织已经证明了在不需要裁剪纺织品的情况下创造三维几何图形、可变宽度和开口的可能性。固定编织模板,结合了纺织加固和织物模板,将允许轻量级和材料高效的混凝土结构的构建。纤维材料,如耐碱玻璃纤维和碳纤维垫,将允许更大的灵活性塑造增强。

3.2 数字制作模板

随着数字技术在建筑、工程和施工领域的影响,数字制造已经成为一种创新的模板制作方法。目前,已有文献报道了几种数字制造模板技术,包括减法制造法(如计算机数控铣削)、加法制造法(如3D打印)、智能动态铸造(SDC)、网格模具和自适应模板系统。

计算机数字控制(CNC)铣削是一种典型的数字化加工技术,它适用于创建自由曲面。数控铣削已广泛应用于金属成形行业,将金属零件成形成所需的形状。受数字化制造理念的启发,近年来数控铣削在建筑工业中的应用引起了人们的极大兴趣。数控铣削已被用于生产非现场和现场浇筑自由形混凝土构件的模板。膨胀聚苯乙烯(EPS)是数控铣削中最常用的材料之一,又称泡沫聚苯乙烯。EPS是一种超轻刚性泡沫塑料,其密度仅为土壤密度的1%左右。EPS土工泡沫材料之所以被广泛使用,是因为其具有良好的耐水性、优良的生态友好性、便于运输和安装等突出特性。外部钢筋混凝土墙板使用数控铣削制作的轻质EPS模板浇筑,以实现设计形状。

考虑到减法模板制造方法涉及大量的材料浪费,开发用于非标准结构的低浪费添加剂制造技术引起了广泛关注。轮廓工艺是一种技术,建立连贯的混凝土结构在一层接一层的方法。由于新拌混凝土的高静水压力和外层强度相对较弱,填充被限制在每小时13厘米的最大高度。该系统的其他局限性包括:

(1)需要牺牲支撑结构来创建悬挑;(2)不同层之间的粘结较弱,印刷工艺对时间敏感;(3)尖角的存在;(4)钢筋一体化的难点。混凝土模板的制作可以采用增材制作的方法,而不是直接印刷混凝土结构,这样可以自然地解决上述一些问题。混凝土模板制造的添加剂技术将被讨论,包括牺牲模板的3D打印,可持续模板的3D打印和智能动态浇筑。

4 结论

本文综述了混凝土建筑中各种模板体系的历史、应用和技术发展。讨论了各模板体系的优缺点,研究主要结论如下:传统模板最适用于正交或规则形状的结构。他们通常对熟练劳动力有很高的需求,模板的再利用仅限于类似几何形状的混凝土构件。柔性模板体系多应用于复杂几何结构的施工中。然而,材料的浪费和面料的起皱是挑战。数字制作模板系统,例如泡沫塑料的CNC铣削和3D打印模板系统,精度高,自动化程度高,劳动力参与率低。然而,材料浪费和材料成本高是问题所在。

[参考文献]

- [1]李德远.建筑混凝土结构模板施工技术[J].中外企业家,2019(15):106.
- [2]娄伟.钢筋混凝土结构模板工程施工要点研究[J].江西建材,2015(19):89.
- [3]孙美臣.浅谈混凝土结构模板工程的质量管理[J].四川水泥,2015(01):21+7.
- [4]姜鑫.浅谈高层混凝土结构模板施工[J].四川水泥,2014(12):76+79.
- [5]郑宏云.数字化刚性支撑体系在混凝土结构模板中应用[J].科技创业家,2014(02):19.

作者简介:

杨金道(1999--),男,汉族,江苏邳州人,大学本科,助讲,研究方向:工程建筑类。