

日本的新空间结构体系

陈志华

【提要】日本的空间结构不仅结构体系上日趋多样化,并已发展到概念设计阶段。本文就穹顶结构、膜结构、开合结构、透明结构、树状结构、索的新结构体系进行简单论述。

一、引言

平板型的网架结构七十年代初在日本已经成熟,代表性的工程是70年大阪国际博览会的大屋顶。其后,空间结构建筑表现大多为曲面形式。随着社会的进一步发展,人们相互交流所需的公共场所与日俱增,所以以穹顶结构为代表的空间结构近来又有了较大的发展,无论从结构体系、建筑材料还是从设计概念及施工方法都呈现出多样化的局面。以下就穹顶结构等六种新结构体系进行简单论述。

二、穹顶结构

穹顶结构从原来的天空穹窿状结构的涵义已经延伸为非平面型的屋顶结构。自从1988年东京穹顶成功建成以来,日本的穹顶建设逐渐升温,1997年达到一个高潮,除两个超级穹顶(大阪穹顶及名古屋穹顶),四个大型穹顶(小松穹顶、大馆树海穹顶、熊本穹顶及札幌穹顶)建成外,还有数个各种规模的穹顶结构相继建成。

商业性穹顶建筑以营利为目的,要求座位多、空间大,因此其跨度较大,如大阪穹顶和名古屋穹顶的跨度均超过了150米,虽结构形式各有不同,大阪穹顶为双层网壳式,而名古屋穹顶却是单层网壳,但二者均采用了提升类的施工方法。市民公用性的穹顶建筑是日本穹顶结构盛行的一个最重要的因素。1997年建成的穹顶中除两个超级穹顶外,跨度100米以上的大型穹顶均为此类。日本社会的各种团体、协会成千上万,一个团体或协会少则十几人多则数万人。这些团体或协会要进行各种各样的文化、体育活动甚至仅仅是座谈活动。为了使市民的这些活动不受天候的干扰,如今,在日本各地市,就象图书馆一

样,穹顶建筑正渐成为必备的设施。特别是在寒冷地区,市民公用性的穹顶建筑普及很快。因为市民公用性穹顶建筑没有商业性要求,一般在预算许可的范围内,都尽量地反映当地的文化特色,所以建筑及结构形式更是多样化。如小松穹顶做成了机械控制中间龙骨梁支承的开启式屋顶,而熊本穹顶则是组合的充气膜结构。

新型的穹顶结构体系也在不断的探索试验中。1997年日本建筑大会上就展出了近十种穹顶的模型建筑。川口卫基于施工考虑提出的攀达穹顶结构体系(Pantadome System)又有了新的应用,如奈良大会堂的攀达穹顶体系。以往的攀达穹顶体系多用于双层网壳结构中,而奈良大会堂的攀达穹顶则是把从基础到屋顶的结构墙作为了攀达构件,并且在长条形的结构中间部位设置与整体结构同步顶升的攀达墙。

现在仍有多项大型的穹顶结构在设计施工中。

三、膜结构

八十年代末,当日本的100多位各行业专家,经过三年多时间论证,使膜材作为永久性建材可在日本使用的时候,由于一些事故的原因,美国等一些地区的膜结构使用已大大降温了。与西方的建筑市场正相反,由于东京穹顶的膜结构取得了巨大的成功,膜结构从此便有了更迅速的发展,以至于太阳工业把Birdair公司买归属下。

东京穹顶(对角线201m)的膜结构在正常天候时,仅鼓风所用电费每天就花30万日元,遇大风等恶劣天候情况时,为增加内压所花费用还要多。鉴于西方及东京穹顶的经验,日本的膜结构发展方向也定在张拉膜结构上了。到目前为止,

世界上最大的气胀式膜结构(air-inflated)仍是川口卫设计的富士馆,最大的气承式膜结构(air-supported)是东京穹顶。

把膜结构仅用做屋面材料的工程也很多,特别是在寒冷地区。在双层膜材间送热风是处理大雪地区屋面化雪的常用的手段之一。

四、开合结构

日本已成为具有开合结构最多的国家之一,大小共有几百座。不象美国的某些地区,因为气候好而在住民投票表决开启结构的建设时会遭否决,日本的大多数地区均需要开启式的公共建筑。不仅如此,许多民宅的大空间也采用了开启的屋顶结构。

日本的公司在与加拿大人合作建成了加拿大的多伦多天空穹顶之后,很快在福岗建成了更大的可开启福岗穹顶,连同水上世界的宫崎穹顶等,日本的大型开启穹顶已有数座。值得一提的是,一向追求高新技术的日本,却在最新建的小松开启穹顶中,采用了更简洁的技术。

开启穹顶的技术是建筑结构、机械及自动化三者结合的题目。一方面,日本仍在花大量人力物力研究更新更好的开启体系,如前田工业就新提出了轨道折叠式开启屋顶,还准备采用太阳工业的新技术连同屋面膜一同折叠开启。另一方面,小松穹顶却采用了机械关闭,仅靠自重开启的结构体系,这种简洁的技术手段克服了许多高科技带来的复杂、非人控环节,值得我国开启结构研究者的借鉴。

五、透明建筑

透明建筑的结构含义就是用玻璃作为主要结构构件的建筑。众所周知,玻璃的透光性使室内外融于一体,使人们更接近自然,而受建筑师的青睐。早在半世纪前就开始了玻璃幕墙的建筑尝试。现在,用较大的结构来支承的玻璃幕墙已不能满足人们的需要。

东京会议中心(Tokyo Forum)的建成在日本引起了轰动,不仅仅因为其独特的船体造型,更主要是玻璃成为主要结构构件,玻璃+索+杆的结构体系不仅使东京会议中心室内外一体化,

而且白天采用全自然光,晚上的灯光效果更成为一种地标象征。由于玻璃的脆性、易碎及低受弯强度,玻璃建筑的关键就成为结构工程师的工作,日本已有一些人申请玻璃+索+杆结构的专利。

玻璃材料的性能已有相当大的改善,如在抗冲击破碎方面。玻璃板做为结构受压构件已较多,玻璃的其它截面形式值得研究。

六、树状结构

顾名思义,树状结构为形状象树木构造的结构,象仿生学得到的其它结构体系一样,树木具有强大的生命力,树状结构的开发研究也应有相应的价值。德国在树状结构的研究上起步较早,已有象斯图加特机场候机大厅这样规模的工程,日本目前树状结构的研究仅处于形态学分析及静力性能的研究阶段上。

由于大断面集成材的使用及木材特有的亲近、柔和感,真正的木材也越来越多地作为空间结构的构件。

七、索的新结构体系

索做为一种结构单元,不仅最富于变化,也最具有活力,因此是最有生命力的结构形式之一。特别在超大跨度的结构中,如悬索和斜拉结构,索将扮演更为重要的角色。

近来日本发展了两种有特色的索结构形式,一种是索与梁、拱、壳等的组合(杂交)结构,有叫做张弦梁结构及弦支穹顶等;另一种是从桁架(平面的或空间的)发展而来,用拉索取代桁架结构中的拉杆,并对新结构施加预座应力使拉索在任何荷载下都不松弛,再将部分多余杆件去掉后,就成为所谓的不完整桁架结构,以上两种新的索结构体系均有工程应用。

八、结论

日本的空间结构不仅结构体系上已日趋多样化,而且已发展到概念设计的阶段。所谓的概念设计不仅把结构的安全、效率及经济做为结构设计的目标,而且更重要地是把结构美表现出来,即在结构上体现出文化的内涵,也就是结构哲学的研究范畴。