

我国桥梁橡胶支座的研究与发展

庄军生

我国公、铁路桥梁上60年代起开始使用橡胶支座。1966年在广东肇庆的一座公路桥上，首先采用了板式橡胶支座。随后于1969年在安徽固镇一座12m预应力混凝土桥上也采用了板式橡胶支座。1976年在唐山附近的滦河公路大桥和红水河铁路斜拉桥上使用了盆式橡胶支座。1991年起在上海南浦大桥开始使用球型支座。铁道部科学研究院铁建所自70年代起，对板式橡胶支座、盆式橡胶支座和球型支座等多种桥梁支座开展了系统的研究、设计和推广应用工作。

1. 板式橡胶支座

板式橡胶支座通过在橡胶中设置与橡胶粘结的钢板，来约束橡胶的变形，从而提高橡胶的承载能力。铁道部科学研究院于70年代末，通过对180多块不同规格的板式橡胶支座的抗压、剪切、转动、疲劳和破坏试验，得出了板式橡胶支座的各项设计参数。这些参数主要体现在JT/T4-93“公路桥梁板式橡胶支座”标准，和TB1893-87“铁路桥梁板式橡胶支座技术条件”标准中。其主要的参数包括抗压弹性模量 $E=66S-162$ (MPa)，式中S为支座的形状系数。剪切弹性模量为1.0MPa (公路) 及1.1MPa (铁路)。允许剪切角 $\gamma \geq 0.7$ ，抗压极限承载力为70MPa以上。目前在我国公路上板式橡胶支座分有矩形、圆形、四氟板式橡胶支座等多种类型，设计反力已达10000kN。铁路上的板式橡胶支座主要用于跨度20m以下的铁路混凝土简支梁桥上，随着列车运营速度的提高，目前正在研究板橡胶支座横

向限位装置。

关于板式橡胶支座的老化问题是目前建设单位普遍关心的问题。我国曾对支座用橡胶片及在公路桥上使用17年的支座进行解剖试验，铁路上也对使用10年的安徽固镇桥的支座进行过解剖试验和力学性能试验，试验结果表明橡胶支座在使用过程中存在一定程度的老化现象，但其老化过程是由支座表面向内层橡胶发展，使用了10~17年的支座表层橡胶存在较明显的老化，其硬度可增大10~15度，但内层橡胶变化都很小，硬度变化仅5度左右，拉伸强度变化不明显，伸长率下降约20%。94~95年又对在京包铁路上使用了16、19和22年的天然橡胶板式橡胶支座，更换下来做了成品力学性能及支座胶料解剖试验和实桥动载性能试验，结果表明支座抗压模量增长约20%，剪切模量增长19~27%，支座表面老化深度约5mm，支座仍能正常使用，初步估算支座使用寿命可达80~110年。为了对实际桥梁板式橡胶支座的使用情况进行评定，铁道部在1997年制定了TB/T2820.3“铁路桥梁支座劣化评定标准”，以做为板式橡胶支座使用性能评定的依据。

目前国内正拟参照欧洲标准化委员167技术委员会 (CEN TC167) 颁布的结构物支座标准制定统一的国家标准“桥梁板式橡胶支座技术条件”。

2. 盆式橡胶支座

国内自73年起开始从事盆式橡胶支座的研究工作。先后对盆式橡胶支座的抗压、转动、疲劳

和破坏等性能进行了系统的研究,并对聚四氟乙烯滑板与不锈钢的摩擦与磨耗性能进行了系统研究,设计成公、铁路桥梁用的盆式橡胶支座,目前国内公、铁路桥梁上广泛应用,铁路桥最大支座设计反力达50000kN,实际使用支座最大反力为27500kN(钱塘江第二大桥),公路桥最大支座设计反力也是50000kN,实际使用支座最大反力为45000kN(上海奉浦大桥主跨125m连续梁桥,支座由铁科院设计)。最近又由铁科院为南京长江大桥第二桥北汉桥设计并监制成65000kN的盆式橡胶支座(主跨165m的连续梁公路桥)。

铁科院还结合盆式橡胶支座的构造特点,先后研制成盆式橡胶抗震型固定支座、盆式橡胶测力支座等新型盆式橡胶支座,以适应不同用途的需要。

2.1 抗震型盆式橡胶固定支座

抗震型盆式橡胶支座在钱塘江第二大桥公路和铁路桥上首次使用,设计反力为27500kN,随后在奉浦大桥(45000kN)和南京长江二桥北汉桥(65000kN)上使用。该支座系在固定支座上设有一个摩擦系数大于0.2的不锈钢滑动面,顺桥向两端装有减震橡胶条。正常使用时,由于滑动面的摩擦系数大于活动支座的摩擦系数,因此在温度变化或活载作用下梁体伸缩时,起固定支座的作用。发生地震后,固定支座承受的水平力大于0.2倍的垂直反力时,滑动面产生滑移挤压

减震橡胶条,释放部分地震能量,随着水平力的加大,减震橡胶条下的钢挡板屈服,支座卸载,由梁体和墩顶间的抗震榫承受地震水平力,从而减弱了地震引起的动力和冲击效应,降低了振动频率,使桥梁结构免遭地震引起的破坏。支座的构造型式见图1。

我国地震区较多,桥梁如何抗震是设计者非常重视的问题,抗震型盆式橡胶支座,在普通支座的基础上略作改进,成本增加有限,对桥梁结构的安全发挥了重要作用,地震区的桥梁上应推广该种支座。

2.2 测力盆式橡胶支座

连续梁桥是超静定结构,支座反力是通过力学计算确定的。由于基础的不均匀沉陷,施工阶段的体系转换及有效预应力值因素,实际支点反力很难与理论计算值吻合。支点反力直接影响梁体及墩身的受力状态,准确地测定支点反力对于分析实桥的受力状态有重要的意义。我们和铁道部第四设计院及有关厂家研制成功了测力盆式橡胶支座。在盆式橡胶支座的胶块内部设置油腔,通过油路在支座体外测读支座的反力,测定精度可达支座反力的1%。广深线石龙大桥使用了8个5000kN的测力支座,京九线卫运河特大桥,赣州贡水特大桥、石长线沅江桥和一些公路桥都使用了测力支座。石龙桥是两座40m+3×72m+40m连续梁,边支座为测力支座。南桥1993年7月21日合拢,北桥8月1日合拢,合拢后每一座桥要张

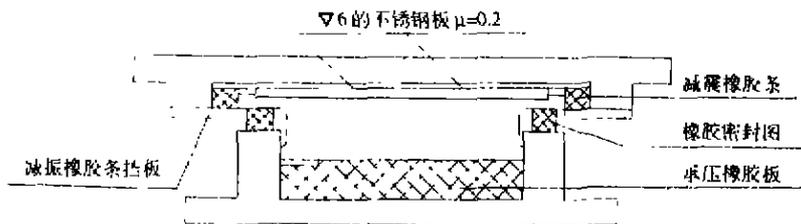


图1 抗震型固定支座的构造示意图

拉19批共239根钢绞线，每批钢绞线张拉后边支座反力的变化小者几吨、大者20多吨。实测结果与理论计算极为接近，灵敏性很好，表明测试手段准确可靠，可以验证设计计算的正确程度。支座的构造见图2。

通过测定支座的反力，不仅可验证计算的正

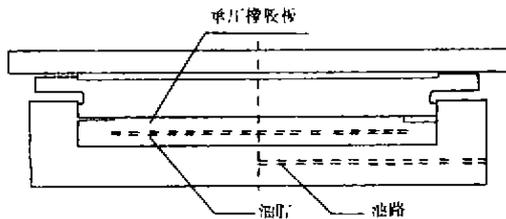


图2 测力支座的构造示意图

确与否，而且还可通过调整张拉或支座高度使支座反力与计算值吻合，以保证桥梁结构的安全。它的应用，使设计者可准确的得到支点反力，对梁体截面内力与设计计算的吻合程度了如指掌，从而在配筋上可避免不必要的浪费，为大跨度连续梁的设计带来方便。

目前盆式橡胶测力支座已在多座桥梁上使用，测力范围已达近10000kN

3. 球型支座

球型支座是铁科院和交通部新津筑路机械厂共同研制成功、填补国内空白的新型桥梁支座，它具有承载力大、转动灵活、转动反力矩小、容许转角大、适用温度范围广、养护工作量少等优点，特别适用于弯桥、坡桥和大跨度桥梁。构造特点见图3。

由于它的转动发生在球冠面和球面聚四氟乙

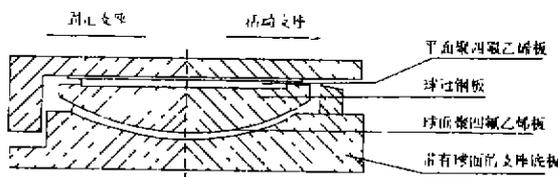


图2 测力支座的构造示意图

烯板之间，并有硅脂润滑，因此转动摩擦系数能在0.03以下，转动产生的反力矩小，对上、下部结构有利；它不使用橡胶，无橡胶老化问题，更适用于低温地区；聚四氟乙烯板做过大量的试验，其摩擦系数和磨损性能都能很好地满足设计要求，因此支座的使用寿命较长。球型支座1991年通过了技术鉴定，主要技术指标达到了国外八十年代末的先进水平。目前，在北京的机场路、西厢工程、京石公路和三环路改造工程中已大量使用，最大的支座反力达17500kN；上海的南浦大桥和杨浦大桥都使用了球型支座；在重庆、深圳、广州等市政立交桥中也使用了许多球型支座。嫩江铁路大桥也使用了球型支座。到94年底已累计使用近2000个。由于它具有诸多独特的特点，倍受桥梁设计者的青睐，在弯桥和转角较大的大跨度铁路桥梁中推广球型支座，将进一步改善桥梁结构的工作状况，延长桥梁的使用寿命。

此外在球型支座的基础上，为适应梁体单向转动的要求，我们也曾研制成柱面支座，在北京西单新建的中国银行大厦中采用了7000kN的柱面支座，满足了中央大厅井字梁屋面单向转动和位移的需要。

4. 铅芯橡胶支座

铅芯橡胶支座是在板式橡胶支座的中心预留一定的圆孔，在孔内嵌入铅芯而成。铅芯在支座内受到橡胶的紧密约束。由于铅芯有缓慢塑性变形的特点，除可象普通板式橡胶支座一样工作外，还减少动载对梁跨结构及墩台的冲击、降低地震对结构的影响。通过对铅芯橡胶支座的动力试验，表明此支座剪切滞回曲线饱满，临界阻尼比在15~25%之间，可耗散大量的能量，显著改善结构的抗震性能。在地震区使用铅芯橡胶支座作为一种减震体系是可行的。

铁科院曾对该种支座进行了必要的试验，并

已在北京首都机场扩建工程道路桥2#和4#桥上使用了反力为3000~8000kN的铅芯橡胶支座。目前正在进行在桥上采用铅芯橡胶支座后,在地震动作用下,桥梁动力响应的分析研究。经初步定性的分析,对于简支梁桥采用铅芯橡胶支座后,墩顶位移及墩底应力均可比钢支座减小一倍以上。对于连续梁桥采用铅芯橡胶支座后,可显著改善原连续梁桥固定墩和活动墩的在地震力作用下的受力状态,使固定墩和活动墩的受力趋于均衡。目前对采用铅芯橡胶支座桥梁在地震力作用下的动力性能研究工作正在继续进行中。

5. 其它

铁科院为研究高速铁路桥梁纵向传力体系及桥梁的减震抗震措施,曾开展过液压阻尼器的初步研究工作,研究表明液压阻尼器的阻尼特性,关键取决于阻尼材料——弹性胶泥的性能特点,目前上海市机械部材料研究所已研制出弹性阻尼材料,并正在致力于液压阻尼器在桥梁上应用的工作。

作者简介

庄军生:铁道部科学研究院研究员



日本安特森株式会社客人到我厂考察

2001年5月5日下午,日本安特森株式会社社长 基七先生一行五人到我厂参观考察。

我厂厂党委书记王柳平会见了来访的客人,向日本客人介绍了我厂的发展情况。基七先生对我厂的发展甚为钦佩,他由衷地说“OVM的发展很快,面貌常新”。双方在愉快的气氛中回顾了以往的合作情况及其取得的成果,并就进一步加强在日本及更广阔的国际市场的合作深入地交换了意见。参加会见的技术人员向日本客人介绍了我厂在岩土锚固方面的技术开发、产品研制、工程实践等方面取得的进展,双方就这一技术问题进行了深入的交流与探讨。随后,在王书记和其他厂领导等有关人员的陪同下参观了OVM展厅。

2001年5月20日,越南10号国道某桥梁工程项目部一行五人到我厂参观考察。该考察团由越南第四、第一交通工程建设总公司、越南北方大学有关人员组成。我厂厂长助理刘璇、进出口公司张升华经理、橡胶公司邓学奇经理、制造部梁来副部长等会见了来访的越南客人,并就某工程项目有关预应力产品的应用以及生产进度和供货情况进行了交流和洽商。越南客人表示,他们已与工程监理达成共识,鉴于OVM系列产品在质量和性能方面的优势,越南10号国道的某桥梁工程所涉及的不仅锚具产品,所有与该桥有关的预应力产品他们均可向我厂采购。随后,越南客人考察了我厂生产车间、OVM展厅等。

越南某工程项目部成员到我厂考察