

产品介绍

建筑隔震橡胶支座的种类及应用 (一)

刘兴衡, 张志强, 韩绪年

(云南正安橡胶减震技术有限公司, 云南 昆明 650041)

摘要: 在方形和圆形两种橡胶支座中, 具有各向同性的圆形支座是其主要形式; 在不同阻尼材料的四种橡胶支座中, 铅芯叠层隔震橡胶支座是应用最广的一种。为适应各种建筑的需要, 已研发或正在研发多种其它隔震橡胶支座。橡胶支座的隔震技术比较成熟, 应用范围比较广, 其产品质量事关百年大计。

关键词: 隔震橡胶支座; 阻尼

橡胶材料具有优异的阻尼特性, 在工程技术和尖端科学中早已用作减震制品。根据“基础隔震”概念研发出来的隔震橡胶支座, 使传统的、被动的“以刚克刚”的抗震方法, 转变为主动的、积极的“以柔克刚”的隔震方法。目前采用橡胶支座是世界上研究和应用最多、技术成熟并有成效显著实例的隔震技术。本文将着重介绍建筑叠层隔震橡胶支座(下称隔震橡胶支座或橡胶支座)的种类和应用。

1 隔震橡胶支座的种类、型号和规格

橡胶支座是由薄钢板和薄橡胶板交替叠合, 经高温、高压硫化而成。本文所述橡胶支座是指建筑物或构筑物所用隔震部件的一种, 不含桥梁用橡胶支座。

1.1 种类

隔震部件分为隔震支座(隔震器)和阻尼器两大类, 前者稳定地支撑建筑物自重和荷载, 后者在地震时能抑制较大的变形, 地震结束后起到迅速终止晃动的作用。

橡胶支座目前尚未有统一的分类标准。按截面形状分有方形(含正方形及长方形)和圆形两大类(见图1和图2)。由于圆形橡胶支座具有各向同性的优点, 是目前应用的主要形式。

根据对橡胶支座阻尼比要求不同, 目前国内外的橡胶支座分为下列4种。

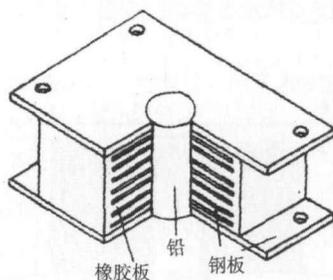


图1 方形橡胶支座剖面

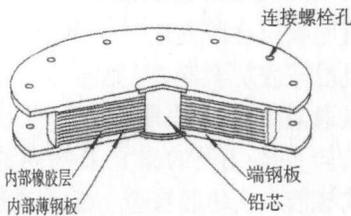


图2 圆形橡胶支座剖面

1. 标准叠层橡胶支座(MRB)。普通叠层橡胶支座是用天然橡胶或氯丁橡胶制造的, 通常把用天然橡胶制造的普通叠层橡胶支座又称为天然橡胶叠层橡胶支座或标准叠层橡胶支座(见图3)。这种支座具有高弹性, 在水平方向上起弹簧作用, 但阻尼性能较低, 一般不单独使用。为了满足隔震结构体系对阻尼值的要求, 通常与外加阻尼器(耗能装置)一起并用。

2. 铅芯叠层橡胶支座(IRB)。这种支座是在普通叠层橡胶支座中心嵌入铅棒而成(见图4)。铅棒单独使用不容易吸收能量, 而利用周围叠层橡胶的约束力和铅棒的屈服应力较低的特点, 使

橡胶支座在受力终止时具有可恢复特性,提高其吸能效果及确保有适度阻尼,而且铅芯增加了橡胶支座的早期水平刚度,对控制风反应和抵抗地基微震动有利。铅棒的直径应根据设计的阻尼值要求,通过计算确定,其阻尼比一般可达 20% ~ 30%,可以单独在隔震系统中使用。

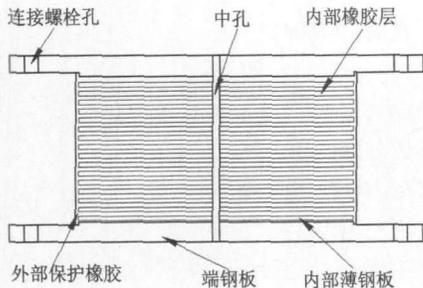


图 3 标准叠层橡胶支座结构示意图

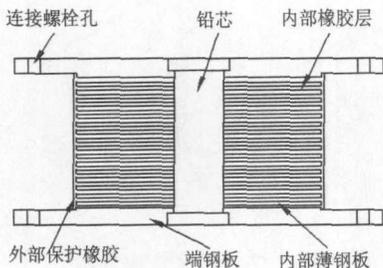


图 4 铅芯叠层橡胶支座结构示意图

3 高阻尼叠层橡胶支座 (HD-MRB)。这种支座采用高阻尼橡胶材料制造 (见图 5)。高阻尼橡胶材料可以通过下列方法取得: (1)在天然橡胶配方中加入如石墨之类的碳元素物质; (2)采用高阻尼合成橡胶 (或共混橡胶)或再添加石墨之类的配合剂。可以根据石墨加入量来调节阻尼特性,一般阻尼比可达 10% ~ 15%。华中理工大学为高阻尼叠层橡胶支座合成的高分子材料,拉伸强度达 20 MPa,支座阻尼比可达 25%。这种橡胶支座兼有隔震器和阻尼器的作用,可在隔震系统中单独使用。

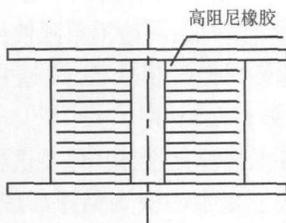


图 5 高阻尼叠层橡胶支座示意图

4 内包阻尼体叠层橡胶支座 (DRB)。在橡胶支座中央部位设置圆柱体的阻尼材料,周边仍由叠层天然橡胶包围约束 (见图 6)。这种橡胶支座的阻尼比约为 15% ~ 20%。这种橡胶支座在国内尚未见有应用的报道。

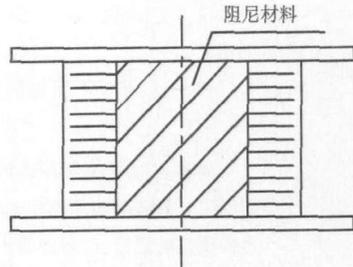


图 6 内包高阻尼体叠层橡胶支座示意图

经过几十年的实践,人们对橡胶支座的隔震技术已取得共识。为适应多种建筑结构的要求,除上述 4 种类型 (均为粘结型)外,目前国内外已开发或正在开发的新型橡胶支座主要有下列类型。

1 堆叠型 (无粘结)叠层橡胶支座。这是由华中理工大学研发的一种低成本橡胶支座 (见图 7)。它所采用的橡胶材料与粘结型相同,但内部夹层钢板较厚,且直径比橡胶板大,与橡胶接触的钢板进行表面粗糙和防锈处理。这种橡胶支座具有生产工艺简单、检查方便、安装灵活等优点。由于这种橡胶支座的橡胶板与钢板之间发生的滑移 (一种摩擦现象),表现为完全弹性的恢复力特性,而且本身能吸收能量,较粘结型优越。但这种橡胶支座的剪切变形率小 (<200%)且不适合用于有拉伸应力的隔震系统。

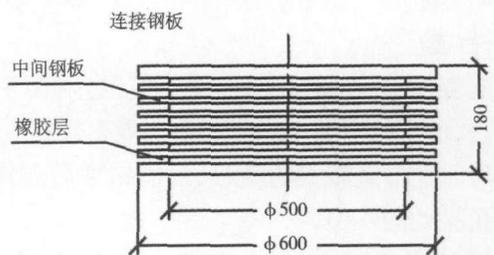


图 7 堆叠型叠层橡胶支座

2 弹性滑移橡胶支座。弹性滑移橡胶支座可以看成由刚性部分 (调整钢管)、弹性部分 (叠层橡胶支座)和滑移面 (摩擦及缝)串联组成的隔震装置 (见图 8)。这种隔震装置在橡胶支座下端装有聚四氟乙烯滑块,在地震时橡胶层先发生变形,当

支座所受的地震力超过滑动面水平屈服剪力时,滑动面开始滑动,支座的水平刚度变为零,可进一步延长结构的周期。其承压可达 $150 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,因此比普通产品体积小、节约空间、降低造价,既适用于中高层建筑,也适用于高层建筑。这种支座已在日本仙台森大厦(60 m高)和川崎 41层大厦(127.75 m高)中应用。

面(此项技术已取得专利权)。

5. 低成本隔震橡胶支座。这种支座具有低价格的优点,适合于单户型住宅。

6. 适用于高层建筑的隔震橡胶支座。这种支座的特点是在橡胶材料中加有炭素等改进产品性能的原料(已申请专利),比普通产品的硬度更高,压缩变形及拉伸强度也有大幅度提高,承载荷载质量可达 2 000 t(一般只 1 000 左右)。产品直径可达 1 600 mm,是目前最大规格的橡胶支座,可用于纵横比 3~6 高度 60~150 m 的高层建筑,被称为 21 世纪的新产品。

7. 不锈钢网或玻璃纤维取代钢板的橡胶支座。这是联合国工业发展组织(UNDO)资助的,“NR 支座用于小型建筑物的地震保护”项目中,基于小型建筑物支承受载和荷载较轻的特点而开发的一种低成本橡胶支座。

1.2 型号和规格

1.2.1 型号

根据我国建筑行业标准《建筑隔震橡胶支座》(JG 118—2000),截面形状为圆形或矩形的建筑隔震橡胶支座可按中孔是否嵌入铅棒划分为普通型(无芯型)和有芯型两种(见图 9)。

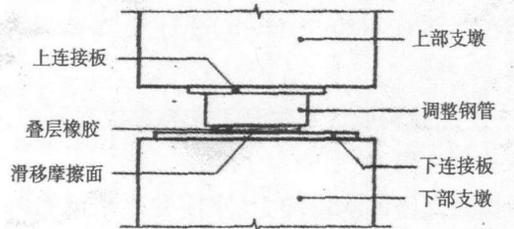


图 8 弹性滑移橡胶支座组成

3. 超高阻层橡胶支座。这种支座采用特殊橡胶配方的超高阻尼橡胶制造,其隔震效果比目前市售产品提高 20% 以上,由于不用铅芯,减少了铅对环境的污染,有利于环保。

4. 内置螺旋弹簧的隔震橡胶支座。这种支座用金属弹簧取代原来的铅芯,已用于桥梁支承方

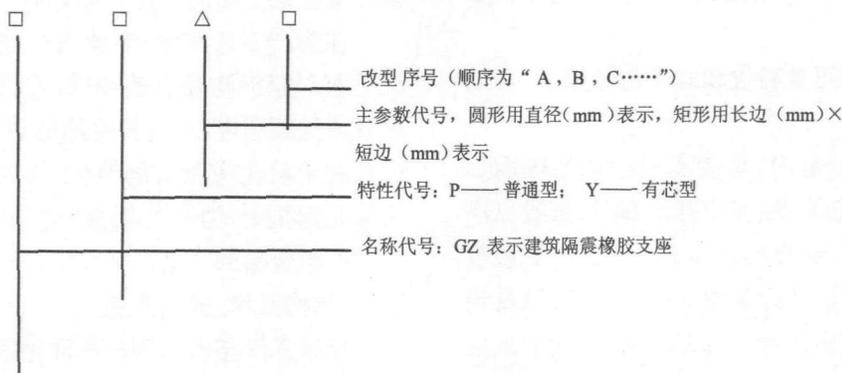


图 9 型号标志

列举目前两种型号的实例如下。

1. 普通型(无芯型)。GZP400 表示直径为 400 mm 的普通型建筑隔震橡胶支座; GZP400 × 360A 表示边长为 400 mm × 360 mm,且经第一次改型的矩形建筑隔震橡胶支座。

2. 有芯型。GZY400 表示直径为 400 mm 的有芯型建筑隔震橡胶支座; GZY400 × 360 表示边长为 400 mm × 360 mm 的矩形建筑隔震橡胶支

座。

1.2.2 规格

目前国内建筑隔震橡胶支座主要为圆柱形,规格有 $\Phi 200 \sim 1\,200 \text{ mm}$ 。其中 $\Phi 200 \sim 400 \text{ mm}$ 主要用于低层建筑物; $\Phi 400 \sim 800 \text{ mm}$ 主要用于多层建筑物, $\Phi 800 \sim 1\,200 \text{ mm}$ 主要用于中高层建筑物。日本建筑隔震橡胶支座最大规格达 $\Phi 1\,600 \text{ mm}$,隔震建筑高达 41 层(127.75 m 高)。

2 叠层橡胶支座隔震技术的成熟程度

目前国内外已经研究开发的各种隔震技术中,叠层橡胶支座隔震技术比较成熟。根据周福霖院士的论述及其他有关资料,橡胶支座隔震技术的成熟程度归纳起来主要体现在下列几方面。

2.1 竖向承载力大,足够支承庞大建筑物的载荷

由于隔震橡胶支座中橡胶层和夹层钢板紧密粘结,当橡胶支座承受上部结构的自质量及使用荷载时,夹层钢板对橡胶板的横向变形产生约束,而橡胶本身又是一种不可压缩的材料,必然使橡胶支座具有非常大的竖向承载力和竖向刚度。根据云南省橡胶制品研究所和云南省地震工程研究院试验,云南省制造的橡胶支座极限承载应力可达 $14.3 \text{ kN} \cdot \text{cm}^{-2}$,分别为甲、乙、丙三类建筑竖向平均压应力(分别为 $\bar{P}=10, 12, 15 \text{ MPa}$)设计值的 $14, 12, 9.5$ 倍,即其实际安全因数分别可达 $14, 12, 9.5$ 远远大于安全因数大于6的设计要求。以中等硬度的 $\Phi 400 \text{ mm}$ 天然橡胶支座为例,设计承载能力为 $1100 \sim 1700 \text{ kN}$ ($\bar{P}=10 \sim 15 \text{ MPa}$),而实际极限承载能力可达 16000 kN 超过10倍之多,说明作为建筑物的支承部件是非常安全的。

2.2 水平刚度的可变特性和水平位移量大,可满足防震设计要求

当强风或小地震时,橡胶支座的初始刚度足以确保建筑物屹立不动;在中强地震时,橡胶支座的水平刚度变小,橡胶层产生水平拉伸,变形较大,加上橡胶的滞后特性和变形时的内摩,以及铅芯的阻尼作用,支座起到了良好的隔震、耗能减震作用。叠层橡胶支座的这种可变水平刚度特性,是其它隔震装置未能具备的。试验表明,云南产品的水平极限变形能力达到 $JG 118-2000$ 标准规定的不小于橡胶层总厚度的 350% 的要求,也大于罕遇地震的设计要求。

2.3 耐久性好,具有与建筑物同步的使用寿命

橡胶支座胶料采用优良的耐热氧化和耐疲劳配方,具有良好的抗大气老化和耐压缩疲劳性能,加上橡胶支座是大体积制品,其内部不易受环境降解作用的影响,本身耐老化性能比较优良。国

内外通过对橡胶支座及其胶料加速老化试验,以及实际调查和分析,认为橡胶支座中橡胶的老化只涉及周边部分,内部仍保持原形态,蠕变、松弛很小,且逐步趋于一个稳定值,实际使用可达80年以上,可以与建筑物使用寿命同步甚至超过。在国外,已有桥梁橡胶支座使用超过100年而保持性能稳定的先例。因此在正常使用、维护的条件下,完全能满足《建筑隔震橡胶支座》标准中规定的“具有不少于60年设计工作寿命”的要求。

2.4 产品结构设计及生产工艺技术成熟可行,便于工业化生产

橡胶支座的承载能力、刚度和水平位移等力学性能取决于支座的结构、胶料性能及生产工艺。

经过国内外学者近30年的努力,橡胶支座的结构设计已经有一套比较可靠的计算公式,专业人员可以根据橡胶支座的设计承载力、极限承载力、竖向刚度、水平位移、极限水平位移、水平刚度、阻尼比等力学性能要求,计算、分析确定橡胶支座有效承载直径、夹层钢板厚度、橡胶板厚度、层数、支座高度及主要体现薄钢板对橡胶板约束能力的形状系数(也称形状因素) S_1 和主要反映橡胶支座在受压时稳定性的形状系数 S_2 。

在生产工艺方面,专业人员完全可以根据橡胶支座对胶料物理性能要求,设计出低、中、高三种硬度的胶料配方,选择合适的热硫化胶粘剂,严格控制未硫化橡胶板的厚度、均匀度、装填量,以及硫化定型时的压力、温度、时间等工艺条件,便能生产出合格的产品。

2.5 结构简单,安装方便

橡胶支座是由薄钢板和薄橡胶板交替叠合经模压硫化而成,中间嵌入铅棒。这是一种集支承、弹性复位及阻尼于一体的隔震部件,结构比较简单。安装时只要备齐上、下连接件(也称预埋件),采用法兰或定位连接,并按施工要求的标高定位,便能进行施工安装,十分简便。

2.6 适应范围广,隔震效果显著

橡胶支座可安装在不同标高的位置上,并且受建筑物地基不均匀沉降的影响不明显,遇到不均匀沉降时,橡胶支座仍能正常工作。其明显的隔震效果已得到国内外的验证。(未完待续)