

浅析隔震建筑的节点构造设计——以西安交通大学第二附属医院新疆医院建设项目规培教学用房为例

于瑞虎

北京五合国际工程设计顾问有限公司 北京 100000

摘要：地震作为一种自然灾害，对建筑结构构成了严重威胁。本文首先概述了建筑隔震的概念及其隔震原理，介绍了常见的隔震体系，结合实际工程案例分析了隔震建筑中的构造节点措施，包括隔震沟节点、建筑出入口处节点、楼梯梯段悬挑节点、电梯井道悬挂节点、高低跨屋面隔震缝节点、管线穿越隔震缝的连接处理、隔震缝处装饰处理等节点措施，旨在为建筑隔震构造设计时提供指导和参考，以提升建筑在地震中的安全性和稳定性并达到地震时对建筑产生的损害最小化的效果。

关键词：隔震建筑；节点构造；建筑设计

引言：为了减轻地震对建筑的影响，建筑隔震设计应运而生。隔震技术通过在建筑基础和上部结构之间设置隔震层，有效隔离地震能量向上部结构的传递。本文通过实际工程案例旨在全面解析隔震建筑构造节点设计的要点，以期提升建筑的抗震性能提供科学依据和实践指导。

1 建筑隔震的概念与原理

1.1 建筑隔震的概念

建筑隔震，作为一种行之有效的抗震技术，其核心概念是通过特定的技术手段延长结构的自振周期，减小地震力向上部结构的传递，从而达到保护建筑的目的。传统的抗震设计理念，主要是通过增强建筑结构自身的强度和刚度来抵御地震力。这种方式在面对强大的地震作用时，往往会使结构承受过大的应力，导致结构损坏甚至倒塌。而建筑隔震技术则另辟蹊径，它在基础与上部结构之间设置隔震层，就如同给建筑安装了一个“隔震垫”。当地震发生时，隔震层能够有效地吸收和耗散地震能量，延长结构的振动周期，使结构的振动频率避开地震波的卓越频率，从而大幅减小传递到上部结构的地震力^[1]。

2 常见隔震体系介绍

2.1 叠层橡胶支座

叠层橡胶支座由多层橡胶片与薄钢板交替叠合硫化而成。其工作原理基于橡胶的高弹性和薄钢板的高强度。在竖向荷载作用下，薄钢板能够有效地约束橡胶的横向变形，使叠层橡胶支座具有较高的竖向承载能力。而在水平方向上，橡胶的弹性又赋予了支座良好的变形能力，能够有效地延长结构周期，减小地震力传递。叠

层橡胶支座具有诸多特点。它的竖向刚度较大，能够可靠地承担上部结构的竖向荷载；水平刚度较小，可有效延长结构自振周期。橡胶材料本身具有一定的阻尼特性，能够耗散部分地震能量。其适用范围广泛，适用于各类建筑，尤其是中、低层建筑，在一些城市的住宅小区建设中，大量采用叠层橡胶支座进行隔震设计，有效提高了住宅在地震中的安全性。

2.2 摩擦摆隔震支座

摩擦摆隔震支座的工作原理基于球面滑动摩擦。它主要由上、下球面板和摆锤组成。当地震发生时，摆锤在球面上滑动，通过摩擦耗能来减小地震力。在滑动过程中，支座的自振周期会随着位移的增大而延长，具有自适应调整周期的特性。该支座的特点在于其具有较大的水平变形能力和良好的耗能性能。由于其特殊的球面结构，在大震作用下能够提供稳定的力学性能。适用于大跨度建筑、桥梁以及对隔震要求较高的重要建筑。比如一些大型体育场馆，采用摩擦摆隔震支座，能够在地震时有效保护场馆结构，确保场馆设施的安全。

2.3 弹性滑板支座

弹性滑板支座由橡胶弹性体和聚四氟乙烯滑板组成。在竖向荷载作用下，橡胶弹性体提供竖向刚度；在水平地震作用下，聚四氟乙烯滑板与不锈钢板之间的低摩擦系数使得支座能够产生较大的水平位移，从而延长结构周期，减小地震力^[2]。弹性滑板支座的优点是水平摩擦力小，能够提供较大的水平位移能力。它适用于一些对水平位移要求较高、对竖向刚度要求相对较低的建筑结构，如一些轻型工业建筑或对变形适应性较强的公共建筑附属结构。

3 隔震建筑的节点构造设计 - 以西安交通大学第二附属医院新疆医院建设项目规培教学用房为例

3.1 项目概况

2024年作者设计了西安交通大学第二附属医院新疆医院建设项目规培教学用房的建筑施工图。改项目位于乌鲁木齐市经济技术开发区白鸟湖新区，总建筑面积：17905.28m²，地上6层，地下2层。本建筑主楼6层部分为隔震建筑，裙房2层为非隔震建筑，地下一层为隔震层兼做设备用房、汽车库。建筑的主要功能包括报告厅、教学、考站、模拟培训。

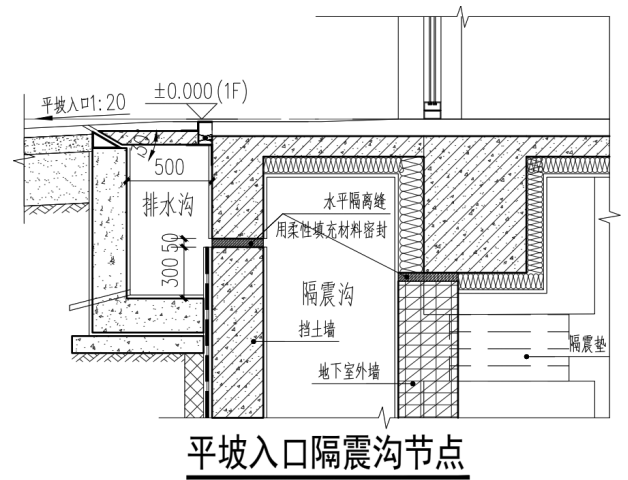
3.2 隔震沟节点设计措施

地震力是一种极强的水平力，建筑隔震层在地下一层，经过结构模拟计算，建筑的上部结构需要留500mm的位移空间且不能与周围土壤接触挤压，地震发生时才能够使隔震垫发挥作用，因此隔震垫下部结构连接的挡土墙需要向外扩展至少500mm净宽，这样上部结构和挡土墙之间就形成了明沟，如何对明沟封闭处理，就成了设计的重要环节。传统隔震设计可以采用混凝土隔震沟盖板做法进行封堵四周设置截水沟，防止雨水倒灌隔震沟。而本建筑设计时另辟蹊径采用隔震沟兼做采光通风窗井的做法，将隔震沟宽度加宽到1600mm（局部加宽到3000mm），这样既满足了隔震沟的功能也可以使地下室获得充足的天然采光和自然通风。因加大了地下室的自然通风面积，经过计算地下室原本设计的机械排烟设施可以取消改为自然排烟设施，节省了项目成本。隔震沟兼做窗井时，承托窗井上部玻璃采光顶盖的钢构件采用和建筑上部结构固定悬挑的方式，钢构件不与下部的挡土墙固定，而与挡土墙上下错开30mm的缝隙，缝隙采用柔性填充材料密封。当地震产生的水平力使建筑上下部结构产生不同程度位移时窗井钢构件和玻璃采光顶盖随着建筑上部结构一同位移不与地下结构接触，不被挤压损坏，使得地震对建筑的破坏最小化。

3.3 建筑出入口处隔震节点措施

本建筑南侧设置了消防电梯出入口，室内外高差300mm，采用平坡入口形式。出入口处跨过隔震沟需要在建筑上部结构上悬挑出结构板，隔震沟兼做采光通风井后南侧出入口处隔震沟宽度扩大至3米，因此仅悬挑结构板不满足结构规范，必须增加悬挑梁才能保证结构安全。悬挑梁底边与下部结构的挡土墙顶保留30mm的缝隙，缝隙处采用柔性填充材料密封。为避免悬挑梁板侧边与周围地面土壤接触，在悬挑梁外侧设置大于500mm宽的排水沟，以保证上部结构地震位移时没有任何物体挤压。排水沟底部应低于下部结构挡土墙顶以下至少

300mm。如此排水沟的作用既可以满足上部结构的位移空间，也可以防止雨水倒灌至隔震沟内部而给建筑带来浸水损坏等危害。排水沟底部设置导管引导浸入的雨水自然下渗至土壤。排水沟上部设置沟盖板，而沟盖板与地面接触的一端设置成小于30度的斜面，方便滑动，当地震发生时建筑上部结构位移会碰撞沟盖板一起位移，而沟盖板的另一端因为是斜面，不与土壤相互挤压，位移较大时沟盖板直接滑出地面上，因此对结构构件不产生任何破坏，地震结束后直接将沟盖板放回原处即可得到修复。详见平坡入口隔震沟节点示意图：



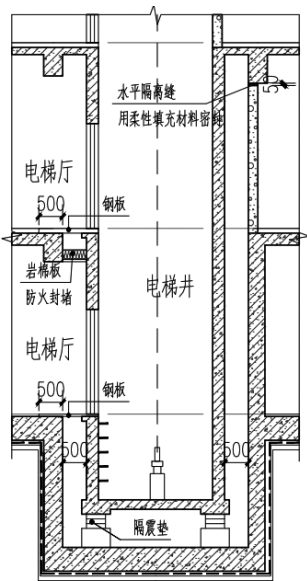
3.4 楼梯节点处理

建筑隔震的原理是隔震垫上部结构与隔震垫下部结构不产生刚性连接。楼梯作为垂直交通的重要建筑构件要达到建筑隔震的目的，就需要将梯段在隔震层的隔震垫处结构上下断开。本工程将隔震垫标高处的梯段一分为二上下结构断开50mm缝隙，断开后改变梯段的受力方式，断缝以上梯段利用上部结构形成悬挑的梯段，断缝下部的梯段利用下部结构悬挑，缝隙处则采用柔性材料填充密封。在设计时需要注意的是因为楼梯梯段是悬挑结构，为保证结构安全可靠，梯段的悬挑长度不易过长，这时需要通过调节其它梯段的踏步数和高度来均衡，以达到悬挑结构长度符合结构专业设计的要求。

3.5 电梯井道隔震处理

电梯作为建筑中垂直运输的重要设备，其井道必然垂直联通地下至地上的每层，在地震时因上下部结构产生位移极易容易使电梯井道受到剪切力产生扭曲，影响电梯运行安全。隔震建筑电梯井道设计应保证在地震后仍然可以满足电梯正常运行的要求。本建筑设计采用了悬挂式电梯井道设计，将电梯井道四周墙体设计成钢筋混凝土结构悬挂于隔震垫上部结构，隔震垫下部结构与电梯井道设置500mm宽的隔震沟，上部结构位移时地下

部分的电梯井道会随着地上结构同时位移且不与地下结构碰撞,保证电梯井道内部结构的整体完整性和电梯导轨的连接安全。同时在电梯井道下部设置隔震支座以承载电梯井道墙体和电梯轿厢传递给电梯基坑的竖向力。因隔震垫下部结构与电梯井道墙体设置了隔震沟,所以在电梯门入口处需要铺设活动钢板方便进出电梯轿厢,其余四周墙体砌筑墙体作为防火封堵。综上所述,悬挂式电梯设计的优点既避免了因隔震层上下部结构的不同位移导致电梯井道破坏还保证了地震后电梯井道内导轨的直线性和垂直度,确保地震后电梯仍能正常运行。详见电梯井隔震剖面示意图:



电梯井隔震剖面图

3.6 高低跨屋面隔震缝节点处理

本建筑主楼部分地上6层为隔震建筑,裙房部分地上2层为非隔震建筑,两者在地震时会产生不同的水平位移,需每层楼板交界处需预留出满足不同水平位移空间的板缝。本建筑经结构计算后在屋面高低跨处预留500mm宽结构板缝,因此设计重点是需要将结构板缝做好保温、防水等封堵措施。裙房屋面在隔震缝处设计上翻女儿墙和保温防水措施,在主楼外墙处悬挑结构盖板覆盖隔震沟并出挑裙房女儿墙100mm做滴水,主楼外墙与裙房女儿墙之间填充保温岩棉等柔性材料封堵。悬挑结构盖板与裙房上翻的女儿墙上下之间留50mm缝隙并采用柔性材料封堵使主楼结构与裙房结构互不影响,保证了两者的位移空间使地震时结构不产生破坏。

3.7 管线穿越隔震缝的连接处理

在建筑隔震设计中,管线穿越隔震缝的连接处理至关重要,以下为该环节的设计要点:(1)对于管线穿

越隔震缝的柔性连接,设计需确保管线能够适应地震作用下的位移。柔性连接装置是实现这一目标的关键,它通常由金属软管、橡胶软管等弹性材料制成,能够提供良好的变形能力。在安装时,柔性连接装置的位置需准确,固定方式需可靠,同时需要预留足够的变形余量,以确保其在地震作用下能够正常工作。(2)柔性连接装置的选型。设计人员需根据管线的材质、直径、工作压力等关键特性,进行合理选择,以确保柔性连接装置能够满足特定的设计要求,同时保证其在地震作用下的稳定性和可靠性。(3)对于穿越隔震缝的管线,设计还需考虑其保护措施。这些保护措施的主要目的是防止管线在地震作用下受到破坏。常见的保护措施包括金属套管和防震支架等。金属套管应具有良好的防腐性能和耐候性,以确保其长期有效性。防震支架则应根据管线的重量、长度、变形要求等因素进行合理设计,以提供稳定的支撑。

3.8 隔震缝处装饰节点的设计要点

在建筑隔震设计中,隔震缝的设置是提升建筑抗震性能的关键措施之一。而在隔震缝处的装饰装修节点设计,则需在确保隔震效果的基础上,兼顾美观与实用性。以下为该部分的设计要点:(1)隔震缝处装饰节点的设计需充分考虑地震作用对节点的影响。由于隔震缝在地震作用下会发生一定的位移和变形,因此节点设计需采用具有弹性变形能力的材料,以适应这种变化。节点的连接方式也需具备足够的柔性和可靠性,确保在地震作用下不会发生破坏或脱落。(2)节点的设计还需考虑其美观性。隔震缝通常位于建筑的显眼位置,因此节点的装饰效果直接影响到建筑的整体外观。在设计时,选用与建筑整体风格相协调的装饰装修材料,并通过巧妙的节点设计,将隔震缝融入建筑的整体美感中。(3)节点的实用性也是设计时需要考虑的重要因素。隔震缝处的装饰装修节点要美观,还需具备易于维护、清洁和更换的特点。

结束语:建筑隔震设计是一项复杂而系统的工程,涉及多个方面的综合考虑。在设计时往往会忽略细节处节点的处理,通过深刻理解建筑的隔震原理,设计时需多关注隔震层、建筑首层正负零标高处以及隔震与非隔震建筑交界处的每个节点的隔震措施。只有当各节点处都满足隔震设计时,建筑的隔震性能才能显著提升,为人们的生命财产安全提供更加坚实的保障。

参考文献

[1]舒桐. 建筑结构中的隔震减震设计分析[J]. 门窗, 2024(18):109-111.
[2]刘刚. 建筑工程减隔震设计运用研究[J]. 百科论坛电子杂志,2022(8):294-296.