

地铁车站结构抗震设计分析

王江波

中交(西安)铁道设计研究院有限公司

DOI:10.12238/jpm.v3i9.5300

[摘要] 地震是一种常见的自然灾害,在地震灾害呈现出增长态势的当下,结构设计第一要务是保障质量。地铁车站在使用过程中,假如不能抵抗外力作用,尤其是地震所施加的力,轻则致使车站受损,丧失部分应用功能,存在安全方面问题,重则直接在地震中倒塌,使内部人员失去生命或者是残疾,且引发严重的经济损失。当前随着地震灾害率上升,需要在地铁车站结构设计期间,不断提高抗震设计水平,增强车站抵抗外力能力,增强地铁车站安全性。

[关键词] 地铁车站; 结构; 抗震设计; 分析

中图分类号: U452.2+8 **文献标识码:** A

Seismic Design Analysis of Subway Station Structure

Jiangbo Wang

CCCC (Xi'an) Railway Design and Research Institute Co., Ltd

[Abstract] Earthquake is a common natural disaster, in the present earthquake disaster shows a growth trend, the first priority of structural design is to ensure the quality. In the use of subway stations, if can not resist external force, especially the force exerted by the earthquake, light station damage, loss of some application function, there are safety problems, heavy directly collapse in the earthquake, so that the internal personnel lose life or disability, and cause serious economic losses. At present, with the increase of earthquake disaster rate, it is necessary to continuously improve the seismic design level during the structural design of subway stations, enhance the ability to resist external forces, and enhance the safety of subway stations.

[Key words] subway station; structure; seismic design; analysis

引言

我国地处多条地震带上,地震频发且强度大灾害重,为避免人员伤亡、减轻经济损失,必须对抗震设防区的所有地铁车站进行抗震设计,以抵御地震作用带来的不良影响。由于地震的不确定性和地震作用效应的复杂性,工程设计人员应依托正确清晰的抗震设计基本理论和抗震概念来开展抗震设计工作。

1 抗震设计的必要性

抗震概念设计是非常必要的,原因主要有以下几点。(1)根据地震研究者对地球上发生地震的许多记录表明,地震存在不确定性,发生地震的时间、大小等都是现有科学水平不可准确预估的。虽然在积累了大量地震、地质、地球物理资料及在地震构造环境和地震活动特征取得新认识的前提下编制了国家地震动参数区划图,但由于资料的局限性,在某些地区发生超过划定抗震设防烈度的地震是完全可能的。同时,当地使用条件、地震烈度等相同情况下,对建筑的破坏作用也不同,地震的破坏作用、结构地震破坏机理存在复杂性。综上所述,抗震设计不能简单理解为仅需对地震作用进行分析计算,还必须非常重视概念

设计,抗震概念设计在保证结构延性层面比分析计算更为重要。(2)抗震设计小震不坏、中震可修、大震不倒的“三水准”设防目标中对其中小震不坏的设防要求,地震作用计算及构件承载力抗震验算这两项抗震计算都能满足;对另两个水准目标中震可修、大震不倒的设防要求,大部分建筑则需通过抗震概念设计和抗震构造措施来满足。而对存在明显薄弱部位的一般不规则建筑或特别不规则建筑,更应通过抗震概念设计来进行薄弱部位的弹塑性变形验算,结合相应抗震措施,满足中大震的抗震要求。

2 筑抗震结构设计中需要严格遵守的设计原则

2.1 整体性原则

在抗震结构设计中,设计人员应从整体性角度实行综合分析考量,综合考虑地铁车站要求,合理规划地铁车站结构布局,以此来完善设计内容,优化地铁车站结构抗震性能,减少问题的产生。同时要注重前期试验,确定不同等级结构在地震灾害中产生的变化特征,合理选择材料种类,增强结构抗震性。此外,在设计过程中,需考虑到力传导性特点,避免应力集中在某一点致使

局部破损,影响地铁车站结构质量,威胁地铁车站安全性。抗震结构设计中涉及的子结构种类较多,若想增强抗震效果,需要开展构件及细节的优化与处理,提高地铁车站安全等级。

2.2 清晰性原则

抗震结构设计中,主要是通过传力路径的科学规划,对地震力予以分散和消耗,保障地铁车站结构的稳固性。实际设计中,应坚持清晰性原则,根据地铁车站结构特征对传力路径加以科学规划。构建三维立体模型,对整个地铁车站结构实行分析和探讨,了解结构受力特征及外力施加中可能出现的位移情况,再结合模型进行计算,承载负荷,以此对传力路径加以科学规划,降低地震灾害发生时对地铁车站结构带来的影响。

2.3 刚度与抗震能力相适应原则

刚度与抗震能力的协调处理可以保证地铁车站在地震灾害下,通过两个力的相互抵消减轻地震波带来的干扰和破坏,保证地铁车站结构的稳定性。在设计中,设计人员要充分考虑到地铁车站结构刚度和抗震能力间的关系,注重力学参数的准确计算,利用两者的相互作用力,对地震波加以分散,降低地震波对地铁车站结构带来的影响。现阶段,随着高层地铁车站数量的增多,高度的增加,对抗震结构设计要求有所提高,在抗震结构设计中,需要综合考虑地铁车站高度、结构特征,注重承力分析和研究,确定承载能力,科学选择连接构件,从而优化结构刚度和抗震性能。

2.4 结构规则原则

结构规则原则要求在在设计过程中增大地铁车站结构刚度,利用刚度加强地铁车站结构的稳定性,降低地铁车站在地震作用下的风险系数。在地铁车站结构设计中,大部分设计人员都忽略了地铁车站结构刚度的重要性,这使得地铁车站在外界压力增加或地震波作用下,出现位移、破损等问题,破坏了结构的稳定性。为此,设计中就需做好结构刚度的科学把控,尤其要合理计算抗侧移刚度,并利用专业软件加强计算的准确性,增大结构承载力,继而达到规范标准的要求。

3 建筑抗震结构设计理念

3.1 选择对抗震有利的场地和地基

地铁车站的抗震能力和现场要求有密切联系。对多次地震的研究已经证实,对于同类别的地铁车站,因为施工地点不同,损坏程度也会存在较大差异。因此地铁车站的选址应该尽量避免在地貌上有活动断层通过或断裂交叉的地区,尤其是在有活动断层的区域进行施工。

3.2 通过合理规划,防止地震时出现的次生灾害

地震所引起的次生灾难,有时也会造成大于地震直接带来的社会经济损失,防止地震时出现更强烈的次生灾害,是防震工作的一项重要方面。在震中区域的建设规模上应使地铁车站分散建立,以便为在抗震时人员撤离和救援以及为抗震修筑临时性工程留出余地。防止抗震时因为坍塌将道路阻断,公共建筑更应充分考虑抗震避难问题,通常可和消防避难一起考虑。

3.3 选择合理的抗震结构方案

地铁车站的基本结构制度,必须根据建筑物抗震设防类型、抗震设防力度、建筑标高、施工条件、地基材料、结构构造建筑材料与施工条件等各种因素,经科学技术、经济价值与实际使用条件的综合评估对比后而制定。所选择的结构构造系统,应该具备明确的计算简图和合理的地震作用传导路径,并具有必要的抗震强度、正常的变化力量以及消耗抗震能量的能力,可以防止由于部分结构或构件损坏而造成整体构件缺乏抗震能力以及对重力荷载的承受能力。

3.4 非结构构件的处理

非结构构件分为建筑物非结构构件和建筑物内部附带机械设施,包括与建筑物结构基础之间的机械连接等。但是,由于在强烈抗震影响下,地铁车站中的这部分构件会或多或少地参与其中,因此可以改善整个构件或部分结构的强度、承载力和传力路径,从而形成意想不到的耐震效应。所以,有必须参照以往每一次震害经历,妥善处理这种非结构构件,以降低震灾,并增加地铁车站的耐震可靠程度。

4 地铁车站结构抗震设计应用分析

4.1 确定好抗震等级

地铁车站结构抗震设计过程中,必须确定好建筑结构的抗震等级。一般情况下,先判断建筑的抗震设防类别。甲类建筑属于重大工程和地震时可能发生严重灾害的建筑,乙类建筑属于地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑,丙类建筑属于一般建筑,丁类建筑属于抗震次要建筑。确定好抗震设防类别后,再结合本地区抗震设防烈度来确定建筑结构的抗震等级。合理设置抗震等级,可保证在地区发生地震以后,车站不受破坏,或者是破坏小,轻易不会出现坍塌的问题,起到保护生命安全的作用。这个主要针对的是常规地震,而地铁车站结构抗震设计中需要考虑到异常情况,也就是说地震等级大的问题,必须要保证具备一定的抗震能力,至少也能够为群众逃离争取时间,使其不至于在瞬间倒塌。地铁车站结构抗震设计应从当地实际状况出发,搜集地震数据信息,明确历年来发生地震等级和周期性,在此基础上根据抗震需要,合理确定抗震等级。

4.2 选择合适的结构体系

根据承重结构材料划分,适用于地铁车站的结构体系包括钢筋混凝土结构、钢结构、型钢混凝土组合结构,其中,后者由于钢材的优越性能,具有抗震性能好、变形能力强的优点。根据承重体系划分,适用于地铁车站的结构体系包括框架结构、剪力墙结构、框剪结构、筒体结构。其中,框架结构平面布置灵活,但侧向刚度较小,容易产生非结构性构件损坏;剪力墙结构侧向刚度大,但平面布置不够灵活;框剪结构集合了框架结构与剪力墙结构的优点;而筒体结构是抵抗水平荷载最有效的结构体系,适用于高度较高的建筑。在抗震设计时,应该充分考虑不同结构体系的抗震性能,根据实际情况,合理设置多道防线,提高地铁车站结构的安全性能。

4.3 优化建筑平面和空间设计

柱子、墙体等主要受力结构的平面布置和空间设计,也直接

影响着地铁车站结构的抗震性能,在设计时,应该充分考虑工程特点、施工技术、现场条件等综合因素,尽可能使结构平面和空间布置相对简单,同时,注意分布的合理性,使各部分结构受力均匀,减少薄弱部位的出现。通常情况下,建筑的质量中心需要与刚度重心相吻合,在设计竖向结构时,应该适当降低刚度重心,控制竖向结构的错向频率,保证竖向位置平衡。另外,合理设置构造柱,可以竖向加强墙体连接,增强建筑物承受地震作用的能力,防震缝的设计也至关重要,一般从基础顶面开始设置,根据建筑高度和抗震烈度,严格控制缝宽。

4.4 整体分析与协调

通常情况下地铁车站具有一定的规则,但也有特殊状况,就是不属于规则型的。这类地铁车站结构抗震设计,必须优化防震缝的设计,将不规则结构分割成若干比较简单、规则的独立结构单元。地铁车站结构抗震设计中力的计算极为关键,但需要注意不能仅依靠计算,而是要在设计中坚持从整体出发,分析力的情况,然后做好协调工作,增强竖向抗侧力的能力,使建筑在遇到地震时各个部分能一起消减能量和外力,降低对车站的破坏性。设计中可进行模拟可靠性分析,通过掌握的材料参数,从全局出发,既要分析地铁车站结构所要承受的荷载力,又要对存在的可能性和不确定性进行研究。此外,地震涉及到了烈度的问题,与结构抗震性能有比较大关联,结构抗震分析中要掌握相关情况。在此基础上可明确地震发生之时,各项因素对结构抗震性能的影响,而且是从不同视角上得出的结果,可靠性更强。紧接着要依据掌握的信息和情况,对结构体系展开分析和研究,从抗震角度上准确客观评价,促进结构体系的优化,最终实现帮助地铁车站提高抗震性能的目的。

4.5 位移设计和消能减震设计

地铁站在遇到地震以后,在力的作用下会出现位移,使其出现严重质量问题或者是倾斜。位移反映了地铁车站结构的合理性和平衡性,位移现象越严重,就说明地铁车站结构的抵抗力越低。所以抗震设计一个重点是分析位移情况,通过科学设计减少和控制在地震力作用下进行位移,从而增强地铁车站结构抗震能力。这就需要在实际操作中以承载力入手,准确对位移展开计算,并要在期间做好限制计算,同时还要按照要求完成延性计算,这样就能在期间掌握结构耗能实际状况,综合考虑下进行设计和优化,提高结构抗震整体能力。设计人员必须要对结构足够了解,对于地铁车站来说,主要集中在框架和剪力墙两个部分。

掌握相关部分的关系,最后依据结构构件的变形要求进行设计。结构构件发生弹塑后会出现变形,应做好分析和研究,掌握其和其他变形之间存在的联系,集中在构件变形部分,最后从优化抗震和降低变形出现率出发做好地铁车站结构抗震设计。地铁车站结构抗震设计中还可采用消能减震结构进行抗震设计。相对传统抗震结构,消能减震结构具有很多优越性。消能减震结构由于设置消能装置,它们具有很强的耗能能力,在强地震中能率先消耗结构的地震能量,迅速衰减结构的地震反应,并保护主体结构和构件免遭损坏,确保结构在强地震中的安全。消能减震结构虽然增设消能装置,但主体结构所承受的地震作用大大减小,故可减少构件断面,减少构件配筋,扩大跨度,增加高度等等,结构物的总造价反而节省。

4.6 隔震技术的有效应用

应用隔震技术,能够有效延长地铁车站自身震动的周期,从而降低地震造成的破坏程度。隔震层的设计至关重要,利用隔震装置,可以将地铁车站上部结构和下部结构分割开来,在地震作用下,隔振系统能够化解较多能量,上部结构做缓慢平动,这需要隔震装置具有强大的承载能力,因此,必须保证使用高性能材料,而且为了延长使用寿命,还应该做好保护设计,避免隔震装置失效。为了提高地铁车站结构的抗震能力,可以设置反摆隔震层,如果发生地震,反摆隔震层能够产生反方向阻力,缓解地震波的冲击,隔震层的位置选择以及隔震装置的质量标准,都是隔震技术的应用要点,需要设计人员着重把控。

5 结语

改善地铁车站结构的抗震性能,可以有效减少地震造成的破坏,以增强使用的安全性,保护好人民生命,同时确保不会带来经济损失。地铁车站结构抗震设计极为重要,需提高设计能力,坚持整体性、简化、抵抗性原则,同时从整体上出发进行设计和协调,优化结构抗震性能,以增强地铁车站安全性。

[参考文献]

- [1]建筑抗震设计规范:GB50011-2010[S].
- [2]建筑与市政工程抗震通用规范:GB55003-2021[S].
- [3]建筑工程抗震设防分类标准:GB50223-2008[S].
- [4]高继红.混凝土建筑抗震结构设计有效对策探讨[J].建材与装饰,2020(04):11.
- [5]朱俊朋.建筑设计中的抗震结构设计理念[J].风景名胜,2019(06):12.