

高层混凝土建筑抗震结构设计关键要素探究

梁孟松 贾莉莉

北京新华创空间建筑工程设计研究院有限公司济南分公司

摘要：随着我国城市化的快速发展，人们对住宅及其实用性的要求也在不断提高。目前，城市土地资源的日益紧张，高层混凝土建筑结构越来越受到人们的重视，并逐渐成了城市中的一种主要结构形态。高层混凝土建筑有别于传统的建筑物。而在建筑工程建设阶段，由于其牵涉到高空作业，因此对结构的稳定性有较高的要求。由于高层混凝土的建造困难，使得其抗震能力备受人们的重视，并已成为评价高层混凝土建筑的一个重要指标，也是衡量高层混凝土建筑安全性的一个重要指标。所以，设计人员在建造高层混凝土结构时，必须从多方面来分析其地震品质。在此基础上，本文对高层混凝土建筑物的抗震设计关键要素进行了探讨，以期为提高我国高层混凝土建筑物的抗震水平提供参考。

关键词：高层混凝土；建筑；抗震结构设计；关键要素

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.24.103

中国地域广阔，各区域自然条件、地质条件各不相同。在有些地方，由于地震的影响，建筑物会受到不同程度的损坏。地震频发，对人们的生命和财产造成了极大的威胁。因而，建筑工程质量与安全问题日益受到人们的重视。因此，在我国，高层混凝土结构的抗震设计中，应充分重视其抗震性能，并积极开展建筑抗震技术的研究工作。建筑物的抗震技术是设计者必须研究的

课题。在混凝土建筑设计中，结构的控制是房屋抗震设计的关键环节。当建筑物的总体抗震性能满足规范要求时，就可以抵御地震的破坏。为此，有关设计人员应充分考虑其抗震性能，在进行设计工作前，对其进行结构分析，从而有效地提升其整体质量与安全水平。

一、高层混凝土建筑抗震结构设计的特点与必要性

（一）高层混凝土建筑震害特点

高层混凝土建筑在地震作用下的损伤可分为四个主要方面，即基础损伤、结构体系损伤、刚度损伤和构件损伤。当建筑物的整个结构都建在软弱土层上时，地基在地震作用下极易受损。建筑整体建造于松散的土壤中，其基础容易受到地震的影响。地震时，由于土的液化，将引起基础的沉陷，从而使高耸的混凝土建筑物发生上部的倾斜。在施工过程中，因基础不均匀沉降而产生裂缝。在地震作用下，由于地震作用而引起的地震作用，使地震作用更加明显。当房屋为框体时，框体的柱子将产生剪力失效。当一栋建筑处于一种抗震状态时，其抗震性能将受到极大的影响。同时，在窗台下部墙的影响下，部分窗台发生了短柱破坏。在高层建筑中，如电梯井道等如果出现了不合理的偏心现象，则会产生扭振，从而导致更大的震害。另外，在地震过程中，L型、三角形等不对称的平面结构在地震作用下更易发生扭振破坏。但在采用框剪结构的情况下，对柱的破坏比对板和墙的破坏更严重。

表1 不同类型的结构的抗震强度

建筑结构	使用位置	抗震强弱	造价成本	施工难易
多层砌体结构	楼层较低的房屋	低	低	易
多层内框架结构	适合有较大空间和大厅的轻厂房或者非商用的低层性质的公共建筑	低	低	易
框架结构	基本用于有较大房间的多楼层和非大高层民用性建筑和层数较多的工业性建筑	高	高	难
框架—抗震墙结构	用于有高楼层的建筑	更高	更高	更难
抗震墙结构	用于有高楼层的建筑	最高	最高	最难

（二）高层混凝土建筑抗震结构设计的必要性

在高层建筑的建设中，抗震构造的设计是一项非常重要的工作。只有有效地设计抗震结构，才能很好地保证后续高层建筑的安全稳定。在目前的建筑建设项目中，混凝土作为一种最普遍的材料已得到广泛应用。在以混凝土为主的高层建筑中，应重视其抗震性能。如此，才能使高层建筑在以后的投资与使用中，充分发挥其功能、使用与性能，达到稳定与安全的目的，从而持续提升建筑项目的质量与性能。

二、高层混凝土抗震结构设计的要求分析

为使高层混凝土建筑的抗震性能得到充分发挥，必

须遵循一定的设计要求。首先就是对建筑结构刚性的需求。在地震作用下，考虑到高层建筑的基本构造特点，需要对其进行动态维护与修复，使其保持原有的结构不变，进而提升其抗震性能。其次，考虑到建筑物的受力状况，在地震作用下，因层数较大，可能引起主体结构发生倾斜，造成建筑物持续坍塌破坏，造成了高层建筑的严重破坏与缺陷。因此，为防止地震对高耸结构的破坏，需要在工程实践中对结构构件及节点进行合理的抗震设计。最后是建筑的延性设计。在工程实践中，重点在于如何改善结构的抗震性能。在此基础上，采取有效的加固措施，并进行合理的设计，可有效地强化其加固

效应，达到对高耸混凝土结构抗震性能的优化与改善。

三、高层混凝土结构抗震设计的关键因素

(一) 合理选材和优化结构设计

在高层建筑的规划设计中，材料的选用通常是一个很重要的因素。要使建筑物自身的地震能力得到很大的改善，就必须保证适当的选材。为使建筑物的抗震性能达到最优，在选用材料时要遵循“适用性”原则，并要控制造价。在选用建筑材料时，要清楚地说明建筑材料的各项参数。为保证其自身的抗震性能，除了考虑其自身的承载力外，还需考虑其结构的抗震性。在选择材料时，应与结构的延性要求相结合，并对结构的各个因素进行综合考虑。若选用轻量化的墙材，则可减轻建筑物的总重量，可有效地减小其地震效应，增强其抗震能力。若采用高强混凝土及高强钢，则可显著改善梁柱连接的抗震性能，并可降低耗钢量，且便于施工，可为现浇梁的安全生产提供保障。因此，通过对建筑材料的合理选用和结构的优化，可以使建筑物的抗震性能得到进一步的提高。

(二) 进行适当的选址

高层建筑周围的环境条件、地基等因素与建筑安全密切相关。所以，在确定建设地点时，必须对其所处的震害及周围的环境做出合理的评价。尤其是在有泥石流、滑坡等地质环境条件处于断裂带附近的工程项目，更要尽量避免。在选择时，如果不能避开湿陷性、液化等特殊土层，其中包含了软弱下卧层，那么就必须要根据地基处理技术规范的有关要求，对地基进行合理的加固和设计。在此基础上，对高层建筑的地层分布、厚度、类型和性质进行了详细的调查，并在各个阶段完成了对高层建筑的地质调查。在建筑工程详细设计图前，应提交建筑工程的详细地质勘察报告，以供设计使用。只有有了详尽、完备和精确的实测资料，才能更好地确定高层建筑的基础位置，从而更好地进行沉降计算。在此基础上，从根本上确保了建筑物的总体抗畸变能力。

(三) 抗震结构参数应进行精确的计算

在对高层建筑进行地震数据分析时，为了保证对复杂结构数据的精度，一般采用计算机软件。在突发地震情况下，利用该软件可对结构在地震中的受力、变形进行快速、精确的分析。在地震作用下，高层建筑结构的地震反应分析是结构设计者必须考虑的问题。从整体角度出发，对高层建筑的抗震结构进行科学设计，并对其关键参数进行严格的控制，如轴压比、剪力比、刚度比、位移比、循环率、刚重比、层间抗剪能力比等。在此基础上，通过多个理论模型的对比，采用高效的计算机软件，对关键控制参数进行优化，使其在地震作用下具有更大的适用性，从而使其在地震作用下更趋合理。

(四) 严格控制扭转效应

一般地，在地震之后，较大的作用力会在房屋的水平或纵向上发生，而扭力则会在房屋的内部形成。房屋在多种外力作用下，如坍塌、倾斜等，造成了极为严重的破坏。由于地震的发生是突然的、偶然的，所以对其

进行预报十分困难，同时也存在着诸多的不稳定因素。所以，对于地震作用下的结构，设计者必须给予足够的重视，并加以控制。《高层建筑混凝土结构技术规范》对各层垂直构件在地震荷载下的位移比值、周期比值进行了严格的规定，但对于特殊形状的结构，一般是不适用的。在建筑结构设计阶段，结构设计师应该按照规范的要求，利用计算机来构建高层结构模型，对地震情况进行模拟，并对其进行全面的计算和分析，严格控制单元循环比不超过0.9，控制位移比不超过1.5，甚至不超过1.2。通过调整高层建筑结构构件的布局，避免不规则结构，合理调整周期比和位移比参数，严格控制建筑的扭转效应，消除不合理的结构布局方案，最大限度地减少地震破坏。

(五) 强化建筑抗震结构延性设计

在高层建筑的结构设计工作中，也可以设定抗震设防线，以便能够更好地实现抗震的理想。比如，在防震设防中，就可以采用各种措施。首先，框架-剪力墙可以被建立起来，并且可以利用更好的材料来完成地震的构造。以这一结构为第一条抗震防线，采用了与横向受力有关的构造方法。第二，为了保证结构的承载力不断提升，需要加大整体剪力墙的数目。在地震来临时，能充分利用好防御工事。最终，在地震作用下，当墙体受力产生裂缝时，墙体的承载力仍可进行分配，并可藉由墙体与框架的配合，降低墙体的受力。剪力墙能与墙体进行适当、合理的联接，从而体现出多道防线的抗震性能，提高了抗震效果。

四、高层混凝土建筑抗震结构易出现的问题

(一) 结构不合理

从目前的实际情况来看，在高层建筑抗震结构设计过程中，结构设计不合理往往是一个非常严重的问题。如果不合理和科学的设计，将会造成建筑物的主体破坏，楼层的薄弱等等。此外，因地震造成的空隙，碰撞，应力集中等状况，也会使建筑的稳定变得困难。因此，在今后的结构设计中，应着重考虑加强筋的问题。

(二) 框架结构易震坏

在进行结构设计时，从当前的实际状况来看，对于建筑物的抗震结构来说，框架也是极易发生破坏的。该问题大致可分两类，即房屋整体破坏和部分破坏。从整体上看，按破坏特征可划分为脆性破坏和韧性破坏。在地震荷载作用下，建筑物有可能发生连接失效或发生剪力失效。如果今后忽略了建筑的防震设计，将会造成建筑的防震性能降低，从而使得建筑在某些强震下很难发挥其抗力。

五、高层混凝土建筑的抗震结构体系优化方案分析

(一) 优化抗震结构的功能及体系

目前，高层混凝土结构已被普遍采用，对建筑行业的发展起到了巨大的推动作用。但是，随着高层混凝土结构的发展，对结构体系的整体功能和抗震能力的要求越来越高。为了在保证地震安全的前提下，既要在保证地震安全的前提下，又要在保证工程造价的前提下，

表2 现代《高层建筑混凝土技术章程》中所规定的抗震性能水准

结构抗震效果	整体破坏	损坏部分			能否继续使用
		关键构件	普通竖向构件	耗能构件	
1	完好, 无损坏	无损坏	无损坏	无损坏	不需要修理可继续使用
2	基本完好, 轻微损坏	无损坏	无损坏	轻微损坏	稍加修理可继续使用
3	轻度损坏	轻度损坏	轻度损坏	轻微损坏, 部分中度损坏	一般修理后, 可继续使用
4	中度损坏	轻度损坏	部分构件中度损坏	中度损坏, 部分构件损坏严重	修复或加固后可继续使用
5	比较严重损坏	中度损坏	部分构件严重损坏	严重损坏	需排险大修

对建筑物进行合理的结构优化。所以, 建设单位必须从地震作用下的结构体系进行整体的改善, 以提高其抗震性能。在实际施工中, 可采取剪力墙、筒式结构、吊顶等施工方式, 从而使高层混凝土结构的抗震性能及结构体系更加科学合理。在实际工程中, 由于受力因素的影响, 在实际工程中经常会出现一些问题。如悬臂特拉斯结构在实际工程中会出现越来越多、某些结构的强度达不到工程要求等问题, 将会对结构的刚度及承载力产生不利影响。在地震作用下, 高层混凝土结构不能维持原有的结构状态。为了使建筑物的抗震性能得到最大限度地提高, 建设单位就必须对建筑物的建造费用进行有效的控制。

(二) 优化抗震结构的设计方案

高层混凝土建筑的抗震设计是否科学, 对建筑物的整体性能有很大的影响。在地震作用下, 设计者必须对地震作用下的结构进行优化, 并给予足够的重视。所以, 在实际工程实施前, 设计者必须对建筑物的结构设计及设计方案进行优化, 使其更好地发挥地震作用。只有对结构进行合理的抗震设计, 才能保证在外部地震作用下, 结构仍能正常工作, 减少损伤。层次设计是当今设计中常用的一种方法。设计者必须针对高层建筑存在的缺陷, 对其进行合理的设计, 并对其结构的承载力进行调节, 使其最大限度地发挥其最大的作用。除此之外, 在具体的工作过程中, 设计者还必须要对现场的具体状况进行了解, 并与各类实际勘察数据相结合, 通过强大的数据支持, 来确定地震点, 从而提升抗震结构的承载力, 从而极大地提升高层混凝土建筑的抗震能力。

(三) 合理设置多道抗震防线

在高层混凝土结构的建造中, 设计者必须对其进行合理的地震防护, 以达到更好的抗震效果。一场地震往往伴随着一系列的余震。余震还对房屋造成了很大的破坏。若仅有一道防线, 则有可能导致建筑物垮塌的危险。这就要求设计者对建筑施工中存在的缺陷进行细致的分析, 并对这些缺陷进行有效的处理。为了降低地震对结构的影响, 设计者应在结构上选择适当的加长结构, 同时保证结构的承载力和刚度满足结构的抗震要求。

(四) 有效开展建筑平面布置

在高层建筑的混凝土结构设计中, 建筑师必须遵循

“合理”、“对称”和“统一”的基本原则, 科学合理地进行平面布置。一般地, 当地震波产生时, 各楼层均有明显的位移。具体而言, 各层结构均经历了整体变形, 整体平移, 整体扭转和剪力变形。对不同的结构, 应采取不同的控制措施, 以达到对其变形的有效控制。减少柱间间距, 减少梁间间距, 设置钢臂, 采用双向抗力体系, 设置竖向支撑等措施。通过交叉设计, 既可在不产生拉力作用的情况下, 又可在不引起结构薄弱部位产生明显位移、变形的前提下, 使其在满足国家规范要求的前提下, 使其在满足我国现行规范要求的前提下, 具有较强的抗震能力。

六、结语

综上所述, 在进行建筑结构的抗震设计时, 应着重考虑房屋的抗震性能。在此基础上, 针对高层混凝土建筑的特点, 采用合理的抗震性能分析方法, 既可对其结构体系进行优化, 又可确保其抗震性能满足相关规范要求, 又可提高其总体经济价值。高层混凝土建筑是我国建筑业的主要发展方向之一, 其抗震设计需要采用合理的抗震性能分析方法, 才能更好地推动建筑行业的健康发展。

参考文献

- [1] 王雷, 赵国良, 王诚杰等. 刍议高层混凝土建筑的抗震结构设计策略[J]. 工程抗震与加固改造, 2021, 43(01): 172.
- [2] 王明锋. 高层混凝土建筑抗震结构设计的思考与实践[J]. 城市建筑, 2020, 17(26): 82-83.
- [3] 何涛, 马青. 高层混凝土建筑抗震结构设计问题研究[J]. 中国新技术新产品, 2020(02): 98-99.
- [4] 李晓社. 高层混凝土建筑抗震结构设计存在的问题及应对策略[J]. 产业与科技论坛, 2019, 18(13): 78-79.
- [5] 王海军. 高层混凝土建筑抗震结构设计研究[J]. 建筑材料与装饰, 2018(34): 118.
- [6] 谈技威. 高层混凝土建筑抗震结构设计有效对策探讨[J]. 建筑材料与装饰, 2017(51): 128.
- [7] 王静. 高层混凝土建筑抗震结构设计分析[J]. 住宅与房地产, 2017(15): 196.