

T63高强度钢筋在结构减震设计中的应用与分析

邹诗恩

成都城市天地工程设计咨询有限公司 四川 成都 610000

摘要：自《建筑工程抗震管理条例》与2021年5月12日国务院第135次常务会议通过并公布后，于2021年9月1日开始实施。条例第十六条规定位于高烈度设防区、地震重点监视防御区的新建学校、幼儿园、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等建筑应当按照国家有关规定采用隔震减震等技术，保证发生本区域设防地震时能满足正常使用要求^[1]。本文主要探讨T63高强度钢筋在减震设计中如何发挥效能满足设防地震正常使用要求，以及T63高强度钢筋在成都7度设防区的适用性。

关键词：结构设计；减震设计；性能设计；T63高强度钢筋

引言

在减震设计中，增强关键构件的性能，能有效提升结构的抗震性能。故在控制有效截面的前提下提高关键构件的性能是结构设计的关键点。

1 成都地区（7度设防）的减震目标

据《建筑抗震设计规范》GB50011-2010（2024版）附录M可知，关键构件在设防地震下性能目标不低于性能2，即在结构设计中关键构件按中震弹性、大震极限承载力、小震弹性做包络设计。据《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010第3.11.1条，关键构件是指该构件的失效可能引起结构的连续破坏或者危及生命安全的严重破坏。在框架结构中，关键构件为连接阻尼器的框架、框架角柱、楼梯间框架柱。在框架剪力墙结构中，关键构件为连接阻尼器的框架、框架角柱、楼梯间框架柱以及底部加强区的剪力墙。故有效提升关键构件的抗震性能是实现既定减震目标的核心。

2 提高关键构件的承载力实现减震目标在项目中的应用

2.1 关键构件承载力极限状态验算

据《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2024年版）第3.3.2条 $r_0 S < R$ ；即承载力极限状态下的组合作用的效应设计值小于结构构件的抗力设计值。关键构件的承载力设计值有正截面抗弯承载力、斜截面抗剪承载力、扭曲截面抗扭承载力，而对于结构底层的关键构件效应设计值随着楼层增高而增大，故在中震弹性和大震极限承载力工况下承载力计算值也随之增大^[2]。在满足建筑功能使用和保障最优截面尺寸的前提下，有效的提高关键构件的承载力尤为重要。

2.2 T63/E/G高强钢筋的性能分析及实际应用

钢筋替换的潜在节能效果在建筑领域，钢筋作为关

键的结构材料，其性能的优化直接影响着工程的经济效益和环境影响。T63/E/G高强钢筋的引入，相较于传统的HRB400钢筋，提供了一种更为高效的解决方案。这种新型钢筋由于其高强度的特性，能够在保持或提升结构安全性能的同时，减少所需的钢筋用量。具体来说，T63/E/G钢筋的使用，可以在设计中采用更细的钢筋或更少的钢筋数量，以满足相同的结构要求。这种替换不仅减少了钢筋的绝对用量，而且减轻了结构自重，进而减少了对混凝土等其他建筑材料的需求。例如，在板类构件中，使用T63/E/G钢筋后，可以降低最小配筋率，从而减少钢筋的使用量，这不仅直接降低了材料成本，也减少了施工过程中的能耗和碳排放。由于T63/E/G钢筋的高强度特性，可以设计更合理的截面尺寸，这在不降低结构性能的前提下，进一步降低了材料的使用量和施工成本。以下引用成都地区一重点设防类养老院项目作为参考。

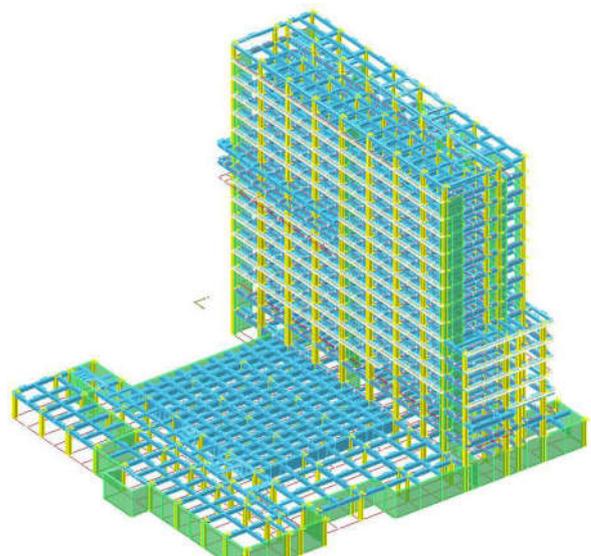


图1 结构模型示意图

表1 成都一养老院工程概况

工程等级	一级	建筑使用性质	养老医疗	建筑类别	一类高层建筑
设计使用年限	50	层高	4.5/3.6	二次供水	有
建筑耐火等级	一级	结构类型	框架剪力墙	喷淋及联动系统	有
总层数	15	抗震设防烈度	7	防雷级别	二级
地下建筑层数	1	结构抗震等级	剪力墙一级 框架二级	人防工程	有
地上建筑层数	14	场地类别	II	抗渗等级	P8
建筑高度	52.80m	建筑抗震类别	重点设防类	基础埋深	5.5m

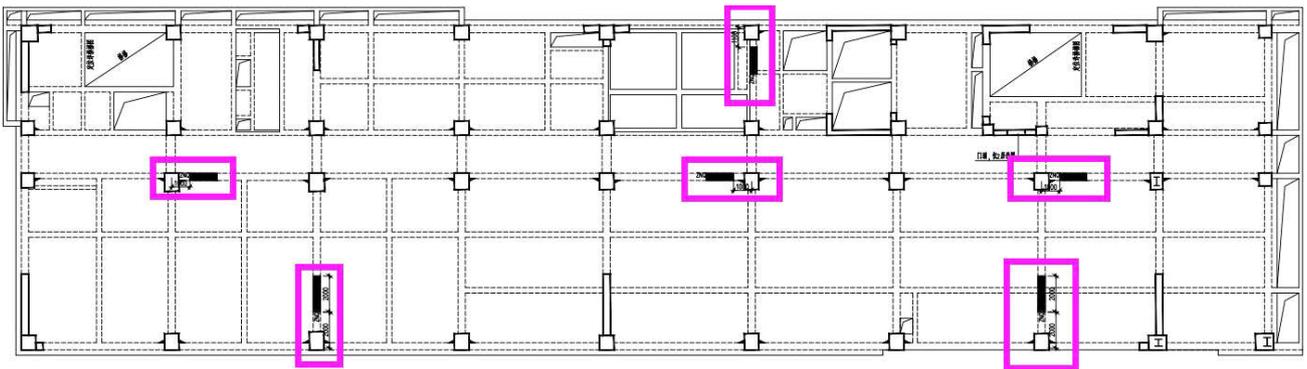


图2 减震设计阻尼器布置图

3 底部加强区剪力墙计算分析

据高规、抗规中性能设计计算要求，结构分析中关键构件按中震弹性、大震极限承载力、小震弹性做包络设计，此结构单体底部加强区部分计算结果：

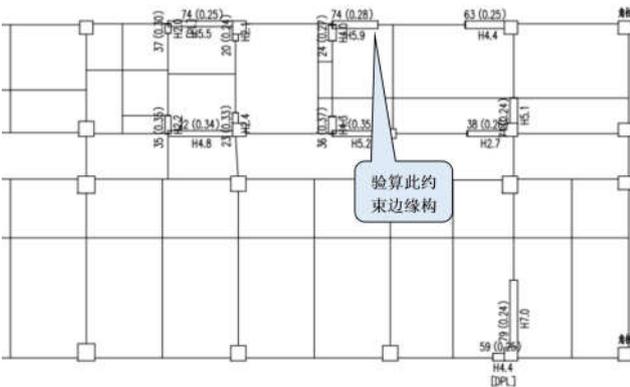


图3 一层部分剪力墙应力简图

由以上计算结果可知，计算配筋非常大，约束边缘配筋率较高，暂选取最大配筋计算值74验算，此段约束边缘构件截面尺寸为400mmx400mm， $\rho = 7400/400/400 = 4.63\% > 4\%$ 。据混凝土结构设计规范第9.3.1条条说明：配筋过多的柱在长期受压混凝土徐变后卸载，钢筋弹性回复会在柱中引起横裂，故应对柱最大配筋率作出限制。此外还规定了柱中纵向钢筋的间距，间距过密影响混凝土浇筑密实，过疏则难以维持对芯部混凝土的围箍约束。同样，柱侧构造筋及相应的复合箍筋或拉筋

也是为了维持对芯部混凝土的约束。若采用钢筋直径为25mm的钢筋，需要至少16根钢筋才能满足计算要求，但无法满足纵向钢筋最小净间距要求，且底部加强区相关节点梁钢筋需深入剪力墙锚固，必须留出足够空间保证粗颗粒混凝土浇筑密实^[3]。

故此，引入T63高强度钢筋可有效解答以上两个难点：

3.1 难点1配筋率大

解决方案：采用T63高强度钢筋，T63钢筋强度设计值为545Mpa，相较于三级钢HRB500强度设计值提高25%，故按此钢筋反算配筋率 $\rho = 7400/400/400 * 360/545 = 3.06\% < 4\%$ ，有效降低的此约束边缘构件配筋率。

3.2 难点2配筋密集，无法密室振捣混凝土

解决方案：采用T63高强度钢筋，T63钢筋强度设计值为545Mpa，相较于三级钢HRB500强度设计值提高25%，故按此钢筋反算钢筋根数 = $74 * 360/545/545 = 10$ 根，可满足约束边缘构件钢筋布置间距要求。

3.3 高层建筑混凝土结构受力性能

混凝土结构的受力钢筋及其性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。即对一、二、三级抗震等级的框架，规定其普通纵向受力钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于1.25，这是为了保证当构件某个部位出现塑性铰以后，塑性铰处有足够的转动能力与耗能能力；同时还规定了屈服强度实测值与标准值的比值，为实现强柱弱梁、强

剪弱弯所规定的内力调整得以奏效。要求框架梁、框架柱、框支梁、框支柱、板柱-抗震墙的柱,以及伸臂桁架的斜撑、楼梯的梯段等,纵向钢筋均应有足够的延性及钢筋伸长率的要求,是控制钢筋延性的重要性能指标。

3.4 T63高强度钢筋的性能研究

据北京工业大学城市与工程安全减灾教育部重点实验室及相关单位做的关于塑性铰区加强方式对高强混凝土剪力墙抗震性能的影响可知,HRB600级高强度钢筋与高强度混凝土协同性能良好,采用高强性能材料的剪力墙具有较强的承载力、延性与耗能能力。据河北工业大学土木与交通学院及相关单位做的配置630MPa高强度混凝土柱抗震性能试验研究的成果可知,在地震作用下,剪力墙底部首先受损且产生不可恢复的塑性变形,形成塑性铰^[4]。通过改变钢筋的微观结构等方式可以提高钢筋的强度,在提高强度的同时保证钢筋的延性。在所做的试验中,随着高强钢筋混凝土柱纵筋配筋率的提高,试件各阶段荷载均明显提高,特征位移有所减小,但增加了位移延性系数。表明适当的提高高强钢筋混凝土的纵筋配筋率可以在不降低结构延性的前提下提高试件的承载能力。据北京建筑大学土木与交通工程学院及相关单位做的配置630MPa高强度钢筋的混凝土柱抗震损伤指数模型修正可知,在试验实测损伤指数范围的基础上,对6种典型的修正Park-Ang模型评估高强钢筋柱损伤程度的准确性进行了对比;然后对偏差较大的模型进行了参数拟合和模型改进最后将修正后的模型计算结果与实测值对比,总体上看试件均为弯曲破坏。

3.5 钢筋用量与造价的对比研究

在深入分析钢筋用量与造价时,T63/E/G高强钢筋与传统HRB400钢筋之间的差异尤为明显。尽管T63/E/G钢筋的单位成本可能高于HRB400钢筋,但其高强度特性使得在特定工程应用中,所需的钢筋总量显著减少。这

种用量的减少,直接反映在材料的总成本上,即使单价较高,总体造价却因节省的材料而降低。具体到项目层面,以7#单体项目为例,采用T63/E/G钢筋后,设计中的梁板构件由于可以采用更小的截面,钢筋的总用量减少。这种设计优化不仅减轻了结构自重,还减少了支撑结构所需的混凝土量,进而在整个工程的造价中实现了成本节约。

结束语

综上所述,采用HRB630高强纵筋的竖向结构构件抗震性能没有发生太大变化,结构构件的延性有明显提升,虽然位移延性较大时的耗能性能有所下降,但纵筋代换对承载力、滞回曲线形状、刚度和强度退化均没有明显影响,配置高强纵筋能有效实现结构减震目标。在减震设计中,能有效增强关键构件的性能,能有效提升整体结构的抗震性能。介于目前高强钢筋在四川地区正处于推广阶段,高强钢筋的适用性还待广大同仁一起摸索探讨,随着科技的更新,盼望会有更完善的修正模型能真实的描述高强钢筋的非线性滞回行为,开发出即满足市场需求又用于良好性能的高强钢筋。

参考文献

- [1]左工,高立.浅谈高强钢筋在建筑工程中的应用[J].四川建材,2019,45(11):64-65.
- [2]陈琳.高层建筑钢筋混凝土梁式转换层施工技术的探讨[J].城市建筑,2019,16(08):162-163.DOI:10.19892/j.cnki.csjz.2019.08.063.
- [3]郭美灵.房屋钢筋混凝土建筑结构的设计探究[J].建材与装饰,2018(27):81-82.
- [4]陈雪慧,杨才福,王瑞珍.高强度建筑钢筋质量分析及标准修改建议[C]//第十一届中国钢铁年会论文集——S06.钢铁材料.,2017:179-190.