

某原料场工程高层转运站优化设计研究

刘正伟¹ 蔺俊强²

1. 中冶赛迪工程技术股份有限公司 重庆 401122

2. 中国市政工程西北设计研究院有限公司 甘肃 兰州 730000

摘要: 转运站设在两台或者多台胶带机之间,其主要功能为转载,在原料场运输系统中起着重要的枢纽作用。常规的高层转运站结构设计往往采用框架结构,存在抗侧刚度小的问题,耗能能力弱,不符合结构抗震体系宜有多道抗震防线的要求;因此,当高层转运站采用框架结构时往往只能通过增大柱和梁截面或者减小层高来提高其抗侧刚度,造成高层转运站框架结构往往“肥梁胖柱”,经济性较差。本文对某原料场工程典型高层转运站H4进行了三种设计方案的优化对比研究,可供类似项目参考。

关键词: 转运站; 高层; 框架结构; 不规则; 性能化设计; 框架—剪力墙

1 问题的提出

转运站作为高架带式输送机(胶带机)的重要配套设施,多为钢筋混凝土框架结构,其中高层转运站结构高宽比较大,层高不规则,除设备层外其余各层敞开无围护,结构整体刚度较小;同时常常有较大的皮带张力等水平荷载和动力设备作用于转运站顶层;因此,高层转运站受力较一般高层结构不利。

在实际工程中,由于原料工艺转运要求和受场地限制,转运站常常不可避免的采用高层框架结构甚至是单跨高层框架结构。框架结构的优点是建筑平面布置灵活,分隔方便,设计合理时结构具有较好的塑性变形能力;但缺点是刚度较小,水平荷载作用下侧向变形大,正是这一点限制了高层转运站结构采用框架方案的优势。本文结合某原料场工程中典型单跨高层转运站H4的结构设计,从结构性能和经济性等方面综合对混凝土框架、带支撑的混凝土框架、框架—抗震墙等三种结构方案进行优化对比分析,结论可供类似项目参考。

2 工程概况及设计条件

某原料场工程H4为新建的单跨高层转运站,采用现浇钢筋混凝土结构,设备层封闭,砖墙维护。嵌固层位于承台基础顶面;地上7层,首层板面标高24.900m,其下设3构造层,标高分别为7.700m, 13.200m, 20.800m。

转运站平面主要轴线尺寸31.8×9m,总高度42.200m,结构单跨跨度为8.5m。抗震设防烈度为7度,设计基本地震加速度值为0.10g,设计地震分组为第一组,拟建建筑场地类别为Ⅳ类,丙类建筑,抗震等级为二级。

框架柱和框架梁等主要构件根据不同结构方案优化采用最经济截面;梁、板、柱混凝土强度等级均采用C40,HRB400级钢筋。楼面活荷载:按照工艺任务书取值和荷载规范较大值选用,一般为5kN/m²。屋面活荷载:0.5kN/m²(不上人屋面)。

3 高层转运站结构设计方案对比

3.1 方案一:框架—剪力墙

框架—剪力墙结构中,剪力墙刚度大,承担大部分的水平力,是抗侧力的主体,整个结构的刚度大大提高。框架则承担竖向荷载,提供了较大的使用空间,同时也承担少部分水平力。基于其结构特性,在满足本工程工艺条件下,方案一选取两端及中间榀单跨框架,沿单跨方向设置剪力墙段,截面尺寸墙长×墙厚为1800×350,混凝土强度等级C40。计算采用盈建科YJK进行多遇地震(小震)下的振型分解反应谱分析。

1)采用强制刚性楼板假定进行结构整体指标(如周期、位移角等)计算;主要结果如下:

表1 单跨框架设置钢支撑(单跨方向)整体计算

指标项	方向	YJK计算结果	备注
结构自振周期(s)	X	1.3011	X向为单跨
	Y	1.3664	
	T	1.1221	
最大层间位移角	X向	1/589 < [1/550]	X向为单跨
	Y向	1/1616 < [1/550]	

注:结构整体稳定验算和抗倾覆验算均已满足规范要求。

2) 采用弹性楼板假定进行构件设计计算。单跨框架设计中,以底层框架柱最为不利,框架柱构件设计结果如下:

表2 单跨框架设置钢支撑(单跨方向)构件设计(底层框架柱)

竖向构件	设计内容	YJK计算结果	备注
底层中柱	轴压比	0.56	X向为单跨
	X向配筋面积cm ²	32	
	Y向配筋面积cm ²	21	
底层边柱	轴压比	0.31	X向为单跨
	X向配筋面积cm ²	20	
	Y向配筋面积cm ²	28	

计算结果表明,方案一中各项结构整体指标均满足规范控制要求;构件设计满足规范各项抗震措施。

计算表明,构造措施提高一级后,方案三整体指标满足规范控制要求;通过对发现,底层框架柱内力和配筋变化不大,但轴压比限值、最小配筋率等构造措施均得到提高,结构延性改善。

3.2 方案二:带支撑的框架

根据《建筑抗震设计规范》(简称抗规)^[1],高层结构不应采用单跨框架结构,不宜采用纯框架结构;多层框架结构不宜采用单跨框架结构,当必须采用时,可设置支撑、柱子翼墙或少量的钢筋混凝土剪力墙。

单跨框架结构,设计上通常采用以下措施增加其抗震性能:改变单跨框架结构的形式,使结构具备多道抗震防线;比如增设框架柱变为多跨、增设钢筋混凝土剪力墙、框架柱设置翼墙、设置支撑(钢支撑、耗能支撑)等^[2]。在满足工艺条件下,本工程选取两端头及中间榫单跨框架,沿单跨方向设置十字交叉钢支撑,钢支撑采用热轧H型钢HW350×350×12×19,材质Q355B。计算采用盈建科YJK进行多遇地震(小震)下的振型分解反应谱分析。

1) 采用强制刚性楼板假定进行结构整体指标(如周期、位移角等)计算;主要结果如下:

表3 单跨框架设置钢支撑(单跨方向)整体计算

指标项	方向	YJK计算结果	备注
结构自振周期(s)	X	1.3011	X向为单跨
	Y	1.3664	
	T	1.1221	
最大层间位移角	X向	1/589 < [1/550]	X向为单跨
	Y向	1/1616 < [1/550]	

注:结构整体稳定验算和抗倾覆验算均已满足规范要求。

2) 采用弹性楼板假定进行构件设计计算。单跨框架设计中,以底层框架柱最为不利,框架柱构件设计结果如下:

表4 单跨框架设置钢支撑(单跨方向)构件设计(底层框架柱)

竖向构件	设计内容	YJK计算结果	备注
底层中柱	轴压比	0.56	X向为单跨
	X向配筋面积cm ²	32	
	Y向配筋面积cm ²	21	
底层边柱	轴压比	0.31	X向为单跨
	X向配筋面积cm ²	20	
	Y向配筋面积cm ²	28	

计算结果表明,方案一中各项结构整体指标均满足规范控制要求;构件设计满足规范各项抗震措施。

计算表明,构造措施提高一级后,方案三整体指标满足规范控制要求;通过对发现,底层框架柱内力和配

筋变化不大,但轴压比限值、最小配筋率等构造措施均得到提高,结构延性改善。

3.3 方案三:对单跨框架结构进行抗震性能化设计
抗震性能化设计是解决复杂抗震问题的基本方法。

本工程单跨转运站H4在施工图设计阶段,工艺专业要求根据生产需要要求取消钢支撑,为此,笔者采用抗震性能化设计方法进行了验算。

由于本工程位于7度区,且房屋总高度不高,按抗规和《高层建筑混凝土结构技术规程》(简称高规)^[1]的有关要求,总体抗震性能目标按D级,关键构件的性能水平及控制要求按“中震弹性”或“中震不屈服”:

1)按中震弹性设计时,在设防烈度地震(中震)作用下,不计入地震组合内力调整(取1.0),但应考虑荷

载作用分项系数,考虑材料分项系数和抗震承载力调整系数(即作用分项系数、承载力抗震调整系数均与小震弹性分析时相同,材料强度也采用设计值)。

2)按中震不屈服设计时,在中震作用下,计算中不计入作用分项系数、承载力抗震调整系数(取1.0)、内力调整系数,材料强度采用标准值(材料分项系数取为1.0)。

中震不屈服采用时程分析法计算结构及构件内力和变形,将地震影响系数最大值取为小震的3.0倍,计算构件采用盈建科YJK;中震不屈服计算结果见下表:

表5 中震弹性计算

计算内容	多遇地震(小震)		设防烈度地震(中震)		备注	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向		
最大基底剪力	1022.6kN	994.2kN	2940.1kN	2858.2kN	X向为单跨	
最大层间位移角	1/1579	1/1617	1/550	1/560	X向为单跨	
底层框架柱	轴压比	0.56		0.40		X向为单跨
	轴力	3634.5kN		2596.1kN		
	配筋面积cm ²	32	21	32	21	

3)根据以上计算得到的内力可以对目标构件进行具体验算结论如下表:

体的承载力验算,单跨框架中框架柱受力较为不利,构

表6 中震关键构件承载力验算

关键构件	设防烈度地震(中震)	验算结果	是否满足性能水准4
底层框架柱	抗弯允许部分屈服,抗剪不屈服	不屈服	是

通过以上抗震性能化设计验算表明,该单跨转运站关键构件底层框架柱性能化设计满足“中震弹性”或“中震不屈服”性能目标;满足规范要求。

以上三种方案通过不同的措施和方法对结构和重要构件进行设计,使结构整体获得更大的安全储备,提高了结构的抗震性能。

4 结论及建议

常规的高层转运站结构设计往往采用框架结构,存在抗侧刚度小,耗能能力弱,安全冗余度较低的问题,不符合结构抗震体系宜有多道抗震防线的要求;因此,当高层转运站采用框架结构时往往只能通过增大柱和梁截面或者减小层高来提高其抗侧刚度,造成高层转运站框架结构经济性较差的问题。本文通过对某原料场工程典型高层转运站H4进行了三种设计方案的优化比研究;通过计算分析和对比,现给出结论及建议如下:

1)改变单跨框架结构的形式,使结构具备多道抗震

防线。如在工艺条件允许的情况下合理增设钢筋混凝土剪力墙、框架柱设置翼墙、设置支撑(钢支撑)等。此时,可按常规设计。

2)通过对结构进行抗震性能化设计,进行结构中震阶段的设计,具体包含“中震弹性”和“中震不屈服”设计。然后根据工程实际情况指定需要包络设计的构件,进行包络设计。

3)此外,实际工程中未按抗震性能化设计的单跨框架结构,应采取更高的延性措施,抗震构造措施的抗震等级应提高一级,可以改善结构的延性。

参考文献

- [1]GB50011-2010建筑抗震设计规范(2016版)[S].
- [2]结构设计统一技术措施[M],北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [3]JGJ 3-2010高层建筑混凝土结构技术规程[S].