

平面桁架在框架设计中的应用

吴晟奕 毕毅

(盐城工学院建工系, 盐城 224003)

摘要 耗能支撑框架是近年来出现的一种新型结构类型,具有良好的抗震性能。根据“强柱——中梁——弱腹杆”的设计原则,通过实际工程的应用分析,将平面杆系结构——桁架与框架相结合,解决了多层建筑中大空间问题。

关键词 平面桁架 框架 耗能支撑 大空间

分类号 TU323

现代建筑越建越高,同时其建筑空间也向着多层次多功能发展,不少多高层建筑是集商业、娱乐、办公、住宅于一体,目的在于为人们提供良好的生活环境和条件。就是在同一座建筑中,它既有住宅又要求有大空间的商场,既有办公楼又要求有大空间的停车场,这样的建筑物已成为现代建筑的一大趋势,伴随着这种建筑物的增多,在高层建筑中转换层结构则应运而生,但是在多层建筑中,要满足这种多功能的组合,普通框架结构很难满足。针对这种情况,将平面桁架引入平面框架中,多功能组合便得到解决。

1 可行性分析

工程中采用的杆系结构可分为两大类,一种为平面杆系结构,另一种为空间杆系结构。严格地讲,杆系结构都属空间的,但由于设计上的方便,以及多数工程结构所受荷载可分解为平面情况进行分析,因而产生了平面杆系结构这一工程结构。理想平面桁架的单根杆件当不考虑杆件自重影响,外荷载只作用在节点上时,杆中产生的内力只有轴力一项。因为轴力在杆件截面上引起均匀法向应力,材料的强度潜力得到了充分利用,所以桁架在工程中的应用相当广泛。

平面桁架是由众多杆件相互间联接,使其成为一个几何形状不变而能承受荷载的杆件集合体,杆件间的联结点称为结构的节点,桁架结构中的节点可分为三种:第一种为理想铰接节点,是指

联接到节点上的杆件可以无阻地绕铰轴转动;第二种为理想刚接节点,是指联接到节点的杆件彼此间不产生相对转动,始终保持它们之间原有角度;第三种为部分理想铰接和刚接节点的混合。在普通桁架中,杆件之间的联结不是铰接而是刚接,但杆件的抗弯刚度很小,因此其中产生的弯矩与纵向力相比小得可以忽略不计。

一般来说,框架结构是柔性结构,针对框架结构的不足之处,将桁架结构引入框架结构之中,就是在框架中采用结构控制技术,即将桁架中的腹杆在框架中加以应用,以耗散外来荷载输入结构的大部分能量,这种形式称为耗能支撑框架。

耗能支撑类框架在正常使用荷载和中小地震下,不产生滑移或变形极小,可作为加强框架侧移刚度的手段,在大震下,产生滑移或变形,依靠塑性变形耗散地震能量,同时由于结构变形后自振周期加长,减少了地震能量的输入,从而达到减少结构地震反应的目的。

根据 Filiatrault 和 Cherry 等人的实验,选用耗能支撑的滞回曲线为理想的弹塑性曲线,即当耗能支撑所受的剪力 F 小于其最大静摩擦剪力或滑移剪力 F_c 时,耗能支撑不发生滑动或变形,其位移为支撑的弹性伸长,刚度为支撑的弹性刚度,当耗能支撑所受和剪力 F 大于其最大静摩擦力或滑移剪力 F_c 时,产生滑移,随着位移的增加,摩擦力或滑移剪力不变,此时其刚度等于零。因此耗能支撑的恢复力模型可采用图 1 所示的双线性

模型。

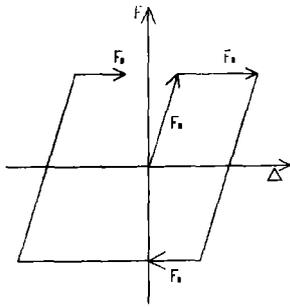


图 1 磨探耗能支撑恢复力模型

2 算例

某宾馆主体 6 层, 框架结构, 底层是餐厅、商场, 2 层为办公室、舞厅, 3~6 层为宾馆客房, 由于 2 层局部需设舞厅, 必须抽取中柱才能满足使用功能的要求。现抽取一榀具有代表性的框架进行分析、计算, 抗震设防裂度为 7^o, 框架等级为 3 级, 正常使用荷载和结构自重等均按照荷载规范采用。由于在 2 层抽取中柱, 形成 14.40 m 的大跨度, 此时在上部采用耗能支撑框架, 如图 2 所示为框架的立面和杆件的截面尺寸, 采用 TAT 结构软件计算, 框架内力图如图 3 所示。罕遇地震下薄弱层预算如图 4 所示。构件裂缝验算如图 5 所示。根据计算结果, 现分析如下:

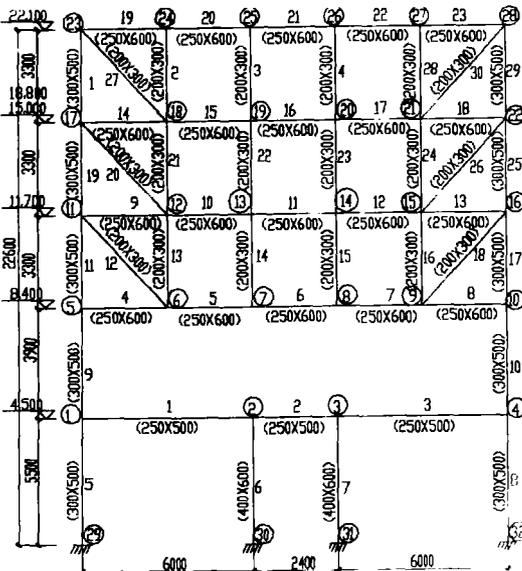


图 2 框架立面图

(1) 从内力图分析看出, 斜杆支撑的弯矩、剪力为零, 只有轴向拉力, 垂直支撑的弯矩、剪力非常小, 可忽略不计, 只有轴向压力, 这与桁架理论完全吻合。从轴力包络图可看出, 各杆件的轴压比均满足规范要求。

(2) 从罕遇地震验算分析看出, 虽然在 2 层抽取中柱, 但由于上部结构做了特殊处理, 即将平面

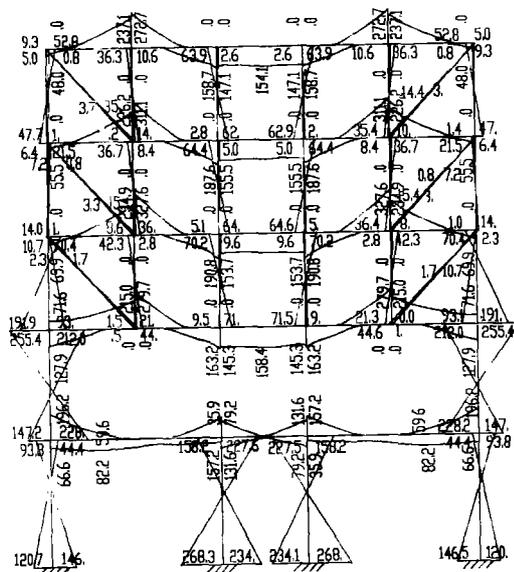


图 3(a) 弯矩包络图(KN-M)

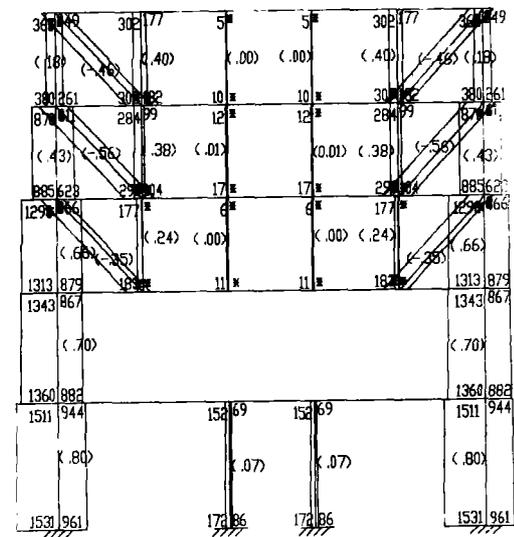


图 3(b) 轴力包络图(KN)

(图中括号内所示为轴压比)

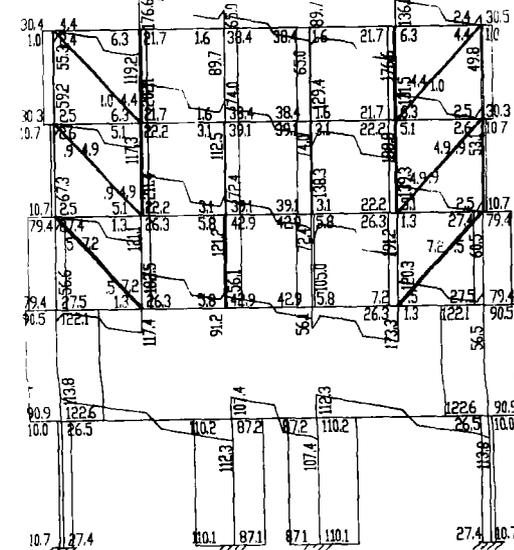


图 3(c) 剪力包络图(KN)

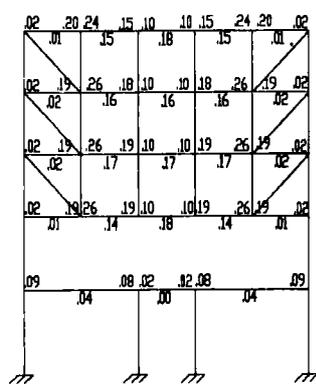
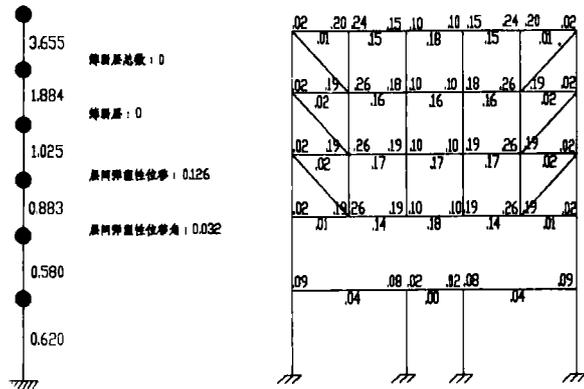


图4 各楼层屈服强度系数 图5 框架梁最大裂缝宽度图
桁架引入平面框架中加以应用,第2层同样能够满足抗震规范的要求。

(3)从杆件裂缝验算看出,并没有因为2层中柱的抽取使8.40 m标高处大梁的裂缝宽度超过规范规定,这是因为耗能支撑在框架中的合理运用,使本来应该由8.40 m标高处大梁来承担的荷载,通过耗能支撑而使其分散,从而使大梁裂缝宽度小于规范规定的0.3 mm。

从对以上计算结果的分析可以发现,在多层框架结构中,为使中间某层或底层满足建筑上大空间的功能要求而抽取中柱,采用高层建筑中常用的转换层结构,既不合理又不经济,采用预应力结构,虽然可满足使用要求,但在很多小城市,

甚至乡镇中,施工力量很难得到保证,现在将平面桁架结构加以巧妙应用形成耗能支撑框架结构,大空间问题便迎刃而解。

3 结论

(1)耗能支撑框架模型在地震波激振下裂缝出现晚,在振动过程中支撑体系保持完好,一旦支撑内力达到滑移荷载,将产生滑移,结构自振周期随之加长,自动避免共振效应,大大提高了结构阻尼,从而明显地降低了结构的地震反应,有效增强了结构的抗倒塌能力。

(2)耗能支撑框架结构体系具有典型的多道抗震防线特征。表现为弹性阶段以桁架斜杆为主要承受侧向力作用,斜杆随着裂缝的发展逐渐退出工作,地震作用力逐渐向框架部分转移,使整体结构仍具有较好的抗震能力。

(3)采用耗能支撑框架结构体系,在设计中可以实现“强柱—中梁—弱腹杆”的抗震原则,结构受力明确,便于在设计中控制刚度的分布和塑性铰出现的部位及顺序,裂缝的出现首先在斜杆,然后发展到梁,到相当程度后柱子才开裂直至破坏,最后整个结构丧失承载能力。

参 考 文 献

- 1 朱宝华. 杆系结构理论. 上海:同济大学出版社,1993
- 2 邓秀泰. 框-桁架结构抗震性能试验研究. 建筑结构学报,1996(6):22
- 3 刘伟庆. 磨擦耗能支撑钢筋砼框架结构的振动台试验研究. 建筑结构学报,1997(3):16
- 4 A. Fiarault and S. Cherry. Parameters influencing the design of friction damped structures,1989
- 5 A. Fiarault and S. Cherry. Efficient Numerical Modeling for the Design of Friction Braced Steel Plane Frames. Canada Journal of Civil Engineering,1989:28
- 6 方祥. 平面杆系模型分析耗能支撑框架. 工程抗震,1998(1):18

The use of plane truss in frame design

Wu Shengyi Bi Yi

(Department of Construction Engineering of Yancheng
Institute of Technology, Yancheng 224003, PRC)

Abstract Consuming energy bracing frame is a new structure type in recent years and of good anti-seismic performance. According to the design principle of “strong column-middle beam-weak web member” and its applying analysis in practical project, combining plane pole series structure truss with frame has solved the large space problem in multistory building.

Keywords plane truss; frame; consuming energy bracing; large space