

文章编号:1673-9469(2010)03-0018-03

楼板不连续时的抗震设计

马彦晓¹,郭远翔²

(1.华南理工大学 土木与交通学院,广东 广州 510640;2.华南理工大学 建筑设计研究院,广东 广州 510640)

摘要:对于常规结构,楼板的平面刚度很大,竖向的抗侧力构件,通过楼板传递水平作用,协调变形。从抗震概念设计的原理出发,楼板局部开洞对结构抗震是不利的,但是规范没有明确指出工程设计时,采用何种模型更为合理。本文根据已有的工程设计资料,结合对规范的理解,提出了对于不同的钢筋混凝土结构的楼板局部开洞的处理方法。对于规则结构可采用刚性楼板假定分析计算,对于不规则结构建议采用弹性楼板假定分析计算。

关键词:钢筋混凝土结构;刚性楼板假定;弹性楼板假定

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Seismic design of floor partial discontinuity

MA Yan-xiao¹, GUO Yuan-xiang^{1,2}

(1. School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangdong Guangzhou 510640, China;
2. Architecture Design and Research Institute, South China University of Technology, Guangdong Guangzhou 510640, China)

Abstract: For the conventional structure, plane floor stiffness is very large. Vertical lateral force resisting members transfer level action for the coordination of deformation through the floor. According to the concept of seismic design principles, the floor openings to the structure of local earthquake are detrimental, but there is no clear design specification. Based on the existing engineering design information and combined with the understanding of the specification, this paper presented the treatment with floor partial discontinuity of the different R. C structures, if the structure is regular, we can use the rigid floor assumption to calculation, and otherwise we adopt elastic slab assumption to analyze the structure.

Key words: R. C structure; rigid floor assumption; elastic slab assumption

楼板作为重要的受力构件和传力构件,对结构的整体抗震性能有着不可小觑的影响^[1],从抗震概念设计的原理出发,楼板局部开洞对结构抗震是不利的,《建筑抗震规范》和《高层建筑混凝土结构技术规程》中有楼板局部开洞后采用符合楼板平面内实际刚度变化的计算模型的建议,但是没有明确的规定采用何种模型更为合理,选用这种模型后对抗震性能影响有多大,以及哪些抗震指标是更应该严格控制的。所以工程师在进行大多数结构分析计算时,仍采用刚性楼板假定,对于如何采用符合楼板平面内实际刚度变化比较困惑。

1 国内研究现状

对于平面规则对称,剪力墙布置均匀,竖向刚度规则的结构,楼板局部开洞后,结构的周期和位移变化很小,对结构整体刚度、楼层侧向刚度比和楼层层间受剪承载力比基本没有影响^[2]。而且楼板局部偏开洞时,周期比和位移比变化很小,对结构的抗扭刚度也几乎没有影响。

对于不同的结构类型,楼板局部不连续对整体结构的抗震性能影响程度也不尽相同^[3-4]。对于剪力墙结构,剪力墙布置均匀,楼板对楼层地震剪力传递的贡献很小,楼板不连续对结构整体的

抗震性能无明显影响,仅楼板出现了明显损伤;对于框架剪力墙结构,楼层地震剪力需要通过楼板进行传递,因此楼板不连续严重时甚至可能引起竖向构件的塑性破坏。

对于楼板局部开大洞结构,楼板弹性变形的影响是不可忽略的,若不考虑楼板的弹性变形,而仅简单地采用刚性楼板假定,分析结果将偏刚,而且有些竖向构件的内力可能严重失真^[5]。

陈岱林在 PKPM 结构 CAD 软件^[6]一书中指出,建筑抗震规范之所以条文说明对于扭转不规则结构,按刚性楼盖计算,是为了防止因弹性节点的局部振动而产生的计算误差。因此对于楼板开大洞的结构,或楼板错层、越层等结构,均应采用刚性板假定计算位移比。

2 局部不连续的一般问题

2.1 楼板局部不连续的定义

楼板是量大面广的水平构件,一方面作为重要的受力构件承受竖向荷载,另一方面作为传力构件把水平荷载(风、地震作用等)传递给竖向构件。

建筑抗震设计规范^[7-8]规定,楼板局部不连续属于平面不规则的类型,它是指楼板的尺寸和平面刚度急剧变化,例如,有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%,或开洞面积大于该层楼面面积的 30%,或较大的楼层错层。

2.2 楼板刚度的各种假定^[9]

刚性楼板假定(侧刚法计算)。假定楼板平面内刚度无限大,平面外刚度为 0,并考虑板对梁的翼缘作用。可以简化计算并有较高的准确度,适用于绝大多数工程的楼面假定。

弹性楼板假定(总刚法计算)。对于复杂楼板,弹性楼板假定充分考虑了楼板平面内刚度的削弱和不均匀性,采用符合楼板平面内和平面外的实际刚度进行计算分析,结果更真实的符合结构的计算模型。在 SATWE 中弹性楼板有弹性板 6,弹性板 3 及弹性膜假定楼板三种。

SATWE 软件分析时对楼板做的四种简化假定^[5]:(1)假定一层的楼板整块平面内无限刚,平面外刚度为 0。适用于多数常规结构。(2)假定一层的楼板分块平面内无限刚,平面外刚度为 0。适用于多塔或错层结构。(3)假定一层的楼板分块

平面内无限刚,平面外刚度为 0,并带有弹性板带。适用于楼板局部开大洞、塔与塔之间上部相连的多塔结构及某些平面布置较特殊的结构。(4)假定楼板为弹性楼板,用平面薄壳单元来模拟其弹性变形。模型化误差最小,但计算量最大,可用于特殊楼板结构或要求分析精度高的高层结构。

3 规范对采用模型的建议

建筑抗震设计规范 3.4.3 条中规定,凹凸不规则或楼板局部不连续时,应采用符合楼板平面内实际刚度变化的计算模型,当平面不对称时尚应计及扭转影响。

高层建筑混凝土结构技术规程^[8]4.3.6 条中规定,当楼板平面比较狭长、有较大的凹入和开洞而使楼板有较大削弱时,应在设计中考虑楼板削弱产生的不利影响。

其说明指出,目前在工程设计中应用的多数计算分析方法和计算机软件,大多假定楼板在平面内不变形,平面内刚度为无限大,这对于大多数工程来说是可以接受的。但当楼板平面比较狭长、有较大的凹入和开洞而使楼板有较大削弱时,楼板可能产生显著的面内变形,这时宜采用考虑楼板变形影响的计算方法,并应采取相应的加强措施。

4 计算分析

4.1 计算模型

采用 10 层高层建筑模型,平面布置为 40m × 24m 的规则矩形(图 1)。柱距均为 8m,层高 3.6m,总高 36m,钢筋混凝土框架结构。

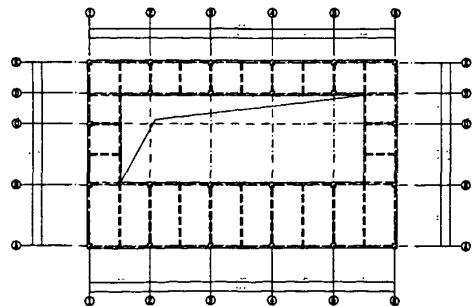


图1 结构平面布置图

Fig.1 Structural floor plan

采用中国建筑科学研究院 PKPM CAD 工程部

编制的“SATWE”程序进行结构计算。抗震设防烈度为7度,设计基本地震加速度值为0.1g,地震分组为第一组,场地土类别Ⅱ类,框架抗震等级三级。计算结果如表1。

表1 位移指标的计算结果
Tab.1 Deflection calculations

计算模型	最大弹性层间位移角		最大位移比与层间位移比的较大值	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
弹性楼板	1/1189	1/1106	1.11	1.14
刚性楼板	1/1189	1/1106	1.11	1.14

弹性楼板假定下和刚性楼板假定下的空间整体分析和内力计算结果基本没差别,此结构楼板开洞对结构整体抗震性能影响不大。

4.2 工程实例

某多层钢筋混凝土框架结构建筑,总建筑面积5640m²,地上三层(含两个夹层),建筑高度16.3m。按7度抗震设防设计,设计基本地震加速度峰值为0.1g,地震分组第一组,场地土类别Ⅱ类,框架抗震等级二级。二、三层结构平面楼面开洞面积较大,楼板局部不连续,且一层和二层各含一个夹层,屋顶梁跨度较大为22.5m。此结构属于平面和竖向均不规则的结构,结构平面布置图如图2所示。

采用中国建筑科学研究院编制的PKPM系列软件(2008年版)的SATWE程序,利用振型分解反应谱法进行结构的地震反应分析。针对该工程实际情况,采用考虑楼板变形影响的计算方法—弹性楼板假定,并与刚性楼板假定进行对比,计算结果如表所示数据。空间整体分析比较见表2。

最大弹性层间位移角可以体现侧向刚度的大小,对于多层来说,扭转刚度可以从位移比来体

现。从表中可以得出:楼板开洞后的不同假定模型,会对计算结果有影响,对最大弹性层间位移角影响较小,对位移比的影响较大。

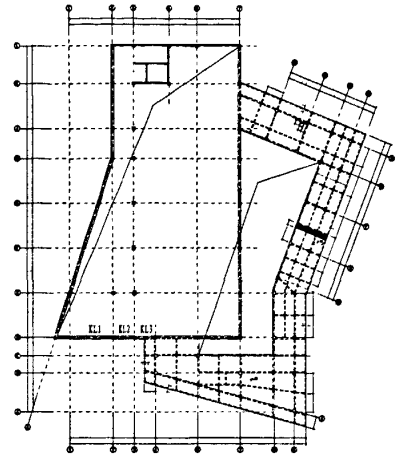


图2 结构平面布置图

Fig.2 Structural floor plan

表2 空间整体分析比较

Tab.2 Comparison of the overall analysis of space

计算模型	最大弹性层间位移角		最大位移比与层间位移比的较大值	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
弹性楼板	1/870	1/835	1.48	1.49
刚性楼板	1/927	1/840	1.33	1.29
偏差	6.15%	0.60%	10.14%	13.42%

地震内力比较见表3。

楼板开洞会导致结构存在薄弱部位,在不同的楼板假定模型下计算框架梁KL1, KL2, KL3相差很大,弹性楼板假定的计算结果明显大于刚性楼板假定的计算结果。

由空间整体分析和地震内力计算得出,此结构刚性楼板假定计算结果偏于不安全。

表3 地震内力比较

Tab.3 Comparison of seismic force

计算模型	KL1			KL2			KL3		
	支座(左)	底部(中)	支座(右)	支座(左)	底部(中)	支座(右)	支座(左)	底部(中)	支座(右)
弹性楼板弯矩/kN.m	-339	149	-293	-324	204	-250	-261	202	-469
刚性楼板弯矩/kN.m	-302	150	-290	-272	155	-230	-210	169	-423

水分的吸收,避免路面板底面发生失水收缩;其次,应及时的养护。从上述分析可知,路面板在凝结时会形成一个固有温度,固有温度的大小以及沿路面板的分布情况,决定了凝结后温度梯度值的大小。由于环境温度对板顶的影响程度要显著大于板底,因此,应及时在路表面铺覆盖物,并定时的洒水养护,避免路面板凝结是板内温度过高,温差过大。最后,应及时的锯缝,且保证足够的锯缝深度,使得路面尽早在锯缝处发生断裂。

5 结论

1)导致路面板发生早期龄期开裂的影响因素可分为触发因素和变量因素,而触发因素和变量因素的组合,是导致路面板发生早期裂缝的主导原因。

2)白天铺筑的路面板,其温度梯度值要显著大于夜晚铺筑的路面板,路面板极易发生早期开裂,而夜晚铺筑的路面板则不易开裂。

3)对比基层模量、厚度以及层间接触界面特性对路面板早期开裂的影响发现:层间接触界面状态的影响最为显著,直接加铺的路面板发生早

期开裂的概率明显大于基层表面进行减摩处理的路面板;相比之下,基层的模量和厚度对其影响要小的多,但总的来看,增加基层的模量和厚度,增大了基层对路面板的支承约束,在一定程度上增大了路面板的温度收缩应力和翘曲应力。

参考文献:

- [1] 刘伟. 贫混凝土基层混凝土路面结构设计研究[D]. 西安:长安大学,2003.
- [2] 张洪波. 水泥混凝土面层与贫混凝土基层界面特性研究[J]. 长沙交通学院学报,2005,21(4):27-31.
- [3] 朱梦良. 水泥混凝土路面早期病害防止技术研究[J]. 长沙交通学院学报,1998,14(2):48-53.
- [4] 吴国雄. 水泥混凝土路面开裂机理及破坏过程研究[D]. 成都:西南交通大学,2003.
- [5] 余宗明. 按混凝土强度龄期曲线推算混凝土早期强度[J]. 施工技术,1994(10):5-8.
- [6] 余宗明. 混凝土早期强度推算方法及实用分析[J]. 低温建筑技术,1996(2):6-9.
- [7] 胡昌斌. 福建省重载交通水泥混凝土路面结构研究[R]. 福州:福州大学,2007.

(责任编辑 刘存英)

(上接第21页)

5 结论

1)对于平面规则对称,剪力墙布置均匀,竖向刚度规则的结构,使用刚性楼板假定和弹性楼板假定分析结果差别不大,我们可以采用刚性楼板假定进行分析计算。

2)对于平面不规则或者竖向刚度不规则的结构,使用刚性楼板假定计算偏于不安全,但是因刚性楼板假定和弹性楼板假定计算结果相差较小,因层间位移角体现的是侧向刚度,由主要的抗侧力构件(剪力墙、柱等)提供,楼板对其贡献较小,可以采用刚性楼板假定分析计算,计算前可考虑楼板的减弱对总体刚度的影响,对总体刚度取一个合适的折减系数。但是,楼板局部开洞对位移比影响较大,且对于楼板局部开洞的R.C结构本身存在薄弱部位,应严格控制扭转,所以建议分析时采用弹性楼板假定,考虑其实际变形情况去控制位移比。

3)对于楼板局部开洞的薄弱部位,设计上应采取必要的措施保证刚度的整体性。可采取楼板局部加厚,开洞周围楼板配筋加强(双层双向配筋),增加周边梁的刚度,增设水平支撑,加大柱子

截面,避免竖向刚度的变化。

4)采用弹性楼板假定的结构,建议具体查看是否存在因弹性节点的局部振动而产生计算误差,若存在,在考虑结构分析计算时,应考虑去除个别弹性节点的各项指标。

参考文献:

- [1] GB 50010-2002, 混凝土结构设计规范[S].
- [2] 张敬书,马志敏. 楼板局部开洞对高层建筑结构整体抗震性能影响的分析[J]. 四川建筑科学研究,2009(02):189-193.
- [3] 王庆扬,胡守营. 楼板局部不连续对结构抗震性能的影响分析[J]. 建筑结构,2008(08):50-52.
- [4] 肖志斌,马跃,裘涛. 楼板局部不连续钢筋混凝土结构抗震设计[J]. 工程设计学报,2003(04):208-211.
- [5] 陈岱林,赵兵,刘易民. PKPM结构CAD软件问题解惑及工程应用实例解释[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [6] 李云贵,邵弘,陈岱林. 高层建筑结构分析中对楼板的模型简化[J]. 土木工程学报,1998(05):73-78.
- [7] GB 50011-2001, 建筑抗震设计规范[S].
- [8] JGJ3-2002, 高层建筑混凝土结构技术规程[S].
- [9] 肖奇志,蒋海云. 刚性楼板假定的工作原理及其选用方法[J]. 中外建筑,2007(09):100-101.

(责任编辑 刘存英)