

浅议结构设计的“人工铰”

丁文凯¹ 杨靖韬² 盛永锡¹

1. 中外建工程设计与顾问(江苏)公司; 2. 江苏大学研究生院

摘要: 本文就人工铰(俗称, 点铰处理)的由来、工作机理、推广应用、具体做法及须注意的部位, 做了一些粗浅表述, 拟供同行者借鉴, 期盼共勉与提高。

关键词: 人为铰接; 简化计算; 效果良好

从常规概念性理解, 构件之间的连接, 认为刚结比较接的性能优越。然而在诸多大跨度、重荷载、高烈度等特定情况下, 结构体系的应力应变、强度变形适得其反, 得不到合理解决, 若把刚结人为地改为铰接, 却有令人满意的效果。

一、人工铰的由来及命名

顾名思义, 结构专业设计人员把刚节点人为地改成铰节点就称之为人工铰。在工程设计分析中的特定场合加以采用, 俗称“点铰”处理手法。

在工程结构的计算分析中, 常常出现某些连接部位因为固结(刚结)产生过大支座负弯矩, 导致超筋现象和增设附加箍筋, 甚至要扩大截面才能满足强度和变形要求。这样一来, 不仅计算工作量加大, 还影响到空间使用效果。倘若点铰处理一下, 计算分析简化, 使用功能大为改观, 何乐不为呢!

既然计算模型做了点铰措施, 当然连接构造就得基本符合铰支工作要求, 才能基本体现结构体系的工作状态和近似反映受力性能。

二、人工铰的工作机理及实践应用

人工铰的工作机理就是结构力学上的铰接计算力学模型: 构件的节点处只有剪力和轴力作用而无弯矩传递(即 $M=0$)。大大简化了力学计算过程。

人工铰在门式刚架、框剪结构、组合结构及空间结构、特种结构、钢结构中减震耗能上都有应用。

门式刚架中, 屋脊处点铰后成为单铰刚架; 柱底点铰则成为两铰刚架; 屋脊和柱底点铰就是三铰刚架。这三种计算模型, 均可各取所需为己所用。

井式楼盖结构, 当跨度 ≥ 18 米时, 一是井字梁支座处的梁柱节点及梁梁节点刚结时, 顶层边柱大偏心压弯作用, 柱子正常截面计算中往往出现超筋, 不能过关而需扩大断面。从而影响了建筑功能效果; 二是柱间边框架梁与跨中井式梁刚结作用下的支座弯矩, 均转换为整个边框架梁的扭矩, 导致边框架梁大大增加抗扭纵筋和箍筋量。当边框架梁与跨中梁设为铰接时, 则完全规避这些不必要的计算麻烦和附加用钢量。

框剪结构中框架梁与短肢剪力墙连接处, 由于固结支座负弯矩过大, 经常出现超筋现象。如若支座梁下的短肢墙上点铰处理, 这些麻烦的问题就会迎刃而解了。

钢筋砼游泳池、水族馆池、蓄水池等一系列特种结构, 在使用工况和检修工况下, 按照壳体薄膜理论进行精确应力分析, 不但繁杂难度高, 且计算工作量也大。难点出在侧壁与底板的刚结上。通常实用做法是将侧壁与底板周边设置人工铰接带。侧壁做成“L”(倒T形)板带, 底板变为矩形周边筒支板, 各自为政而不干涉从而达到计算简化、受力明确、便捷施工的优异性价比效果。

大跨度钢结构, 例如北京某体育馆。平面尺寸 60×120 米, 屋盖为正交斜放的钢桁网架, “文革”期间因缺乏电脑和计算程序, 为便于手算, 支座全部为人工铰接。边界条件简化后, 列

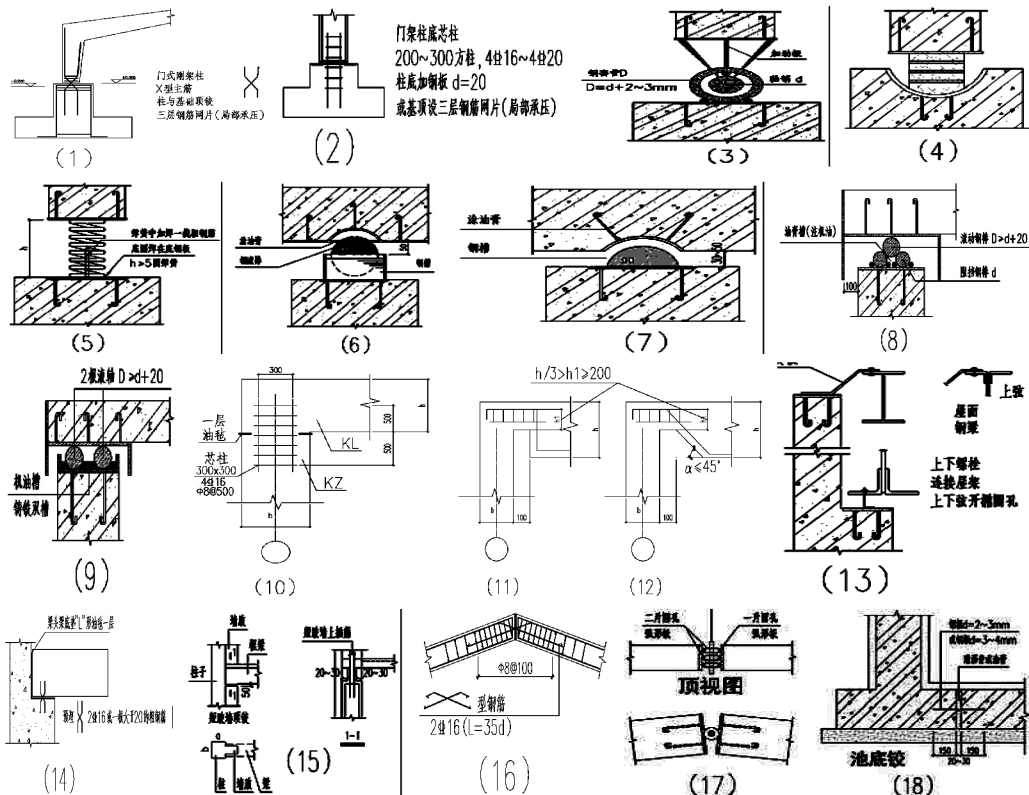


图1 人工铰相关部位图示


了240个节点方程进行了强度和变形分析验算,取得了满意的效果。这可谓“点铰”处理手法一大佐证。


高烈度区的高层建筑结构,从柱底到上部的框架梁柱节点(抗震)塑性区域,也常用铰接型的减震器件来削减地震力和耗损振动能量,延长坍塌时间,降低财物损毁和人员伤亡。

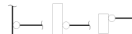
三、人工铰的构件表达及相关部位补强措施


人工铰的做法名目繁多,为方便设计人员选取,我们将常用的不同部位的节点构造,以图块形式表达如下。


计算简图及构造详图:


①柱底铰模型: ; 节点图: (1)~(4)


②柱墙梁顶铰模型: ; 节点图: (4)~(10)

③柱、墙、梁侧铰模型: ; 节点图: (11)~(12)

④阶形柱,牛腿柱的顶铰模型: ; 节点图: (13)~(15)

⑤坡屋面梁的屋脊铰模型: ; 节点图: (16)、(17)

⑥泳池及蓄水槽的人为铰模型: ; 节点图: (18)

⑦山墙抗风柱,摇摆柱顶铰模型: ; 节点图: (13)

⑧其他型式铰:圆球型、弧面状、转轴式、滚轮式、伸缩杆钢弹簧和钢板胶皮错层叠合等支座。

2、值得关注的部位及补强做法:

①承受压力的部位,没有钢板时,应设三~五层钢筋网片 $\phi 6@100$ 双向,上下片间距为60~100。否则须验算砼局部承压强度是否满足规范。

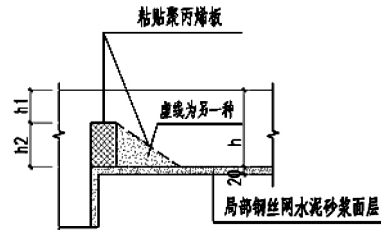
②以缩小截面,削减刚度来做人工铰时,应验算其抗剪强度和跨中受弯产生的拉力或地震下的水平拉力是否满足要求,否则

增设型钢暗梁。

③构造要求:支座处小断面上部负筋既不小于跨中筋的1/4,又要大于

④钢质支座尤其弹簧支座,应及时更换润滑油和防腐涂层,以免油膏老化和锈蚀失效,设计图上必须注明。

⑤为了消除因断面突然变小而产生恐惧感,也为了室内空间美观,建议作如下图2所示补偿。



* $h_1 > h/3$ 且不小于300.

图2 关注的部位补偿示意图

点铰处理手法,在结构设计中应用越来越广泛,但在现实中还有很多结构专业设计人员并不知道和适用部位也不清楚。本文笔者就当下了解到情况和已经亲身体会过的做法,做了上述文字和简图表达,以期与同行者共勉。欢迎同行们不吝指正,在此表示感谢。

参考文献

[1] 李国强. 多高层建筑设计中的疑难问题. 建筑工业出版社
 [2] 朱炳寅. 建筑结构设计问答及分析(第三版). 建筑工业出版社
 [3] 张维斌. 多层及高层钢筋混凝土结构设计释疑及工程实例. 建筑工业出版社
 [4] 江苏省图审中心(设计中的技术问题解答). 建筑工业出版社

作者简介:

丁文凯,男,本科;从事结构设计工作。

(上接第222页)

台开展基于BIM技术的结构协同设计。

(二) 具体设计

需首先采用Revit软件进行厂房建筑结构建模,具体设计可结合符合实际需要的样板文件进行,由此即可针对性创建楼层标高、轴网,添加结构柱、梁、板,新建基础,绘制楼层。单纯应用Revit软件进行设计将面临出图标准不统一、参数复杂化、异形构件建模困难等问题,因此设计基于BIM技术与云端建筑设计院平台,开展了结构协同设计,设计过程需保证2D平面布置与3D模型相关联,各专业的协同也需要得到保障,用于进行结构分析的模型和结构专业BIM应为同一个, BIM结构模型的更新需由多名专业人员持续跟进,并通过云端建筑设计院平台实现参数共享,模型建立过程还需要重点关注空间位置关系,以此避免模型因坐标位置不同出现错乱^[3]。

基于BIM技术的结构协同设计需保证BIM项目经理、BIM项目协调员、BIM结构专业负责人、BIM结构专业设计师、BIM结构设计绘图员之间能够实现高水平协同,这种协同的实现离不开BIM技术和云端建筑设计院平台的支持,具体设计流程可总结为:“接收专业设计资料→接收BIM初设设计模型→结构专业定案→召开综合定案会→建立结构专业中心模型(结合项目整体模型持续更新)→拆分模型→与中心模型同步→结构物理模型→结构分

析模型→模型一致性检查→结构计算→性能分析→中心模型更新→冲突检查→冲突内容解决→绘制施工图→模型、图纸校审→出图→交付→归档”,由此厂房建筑结构设计质量和效率得到了较好保障, BIM技术与云端建筑设计院平台的应用价值也得到了证明。

结论

综上所述,基于云数据的建筑设计技术具备广阔发展前景。在此基础上,本文涉及的移动设计、制图设计、数据集中管理、优化设计、云端建筑设计院平台等内容,则提供了可行性较高的云数据建筑设计路径。为更好推进我国建筑行业发展,云计算技术与BIM技术的更深入结合存在较高必要性,这同样需要得到国内业界重视。

参考文献

[1] 苗亚哲,李胜波,邓安仲,乐观,戴作球. 三维激光点云数据在既有地下人防工程BIM模型重建中的应用[J]. 测绘通报, 2019(06):100-104.
 [2] 吕风华,刘宝华,刘玉. 基于点云数据地铁站BIM模型构建[J]. 测绘通报, 2018(S1):22-26.
 [3] 赵琦,侯妙乐,解琳琳,李爱群. 基于点云数据的古建筑多层次BIM构建[J]. 遗产与保护研究, 2018, 3(09):72-78.