

采用屈曲约束支撑加固医院门诊楼实例研究

田保川

北京安贞医院

摘要：部分既有建筑物建设年代较早，不能满足现行抗震设防相关规范要求，需进行抗震加固处理才能保障使用安全。抗震加固方法既有外包钢等传统方法，也有屈曲约束支撑等新型方法。本文结合北京某医院门诊楼改造工程，针对屈曲约束支撑抗震加固方法，重点阐述了设计技术方案、实施场地条件和现场安装要点，并提炼形成了既有建筑物抗震加固工作的启示，以期为同类医院既有建筑物进行抗震加固提供借鉴。

关键词：抗震加固；屈曲约束支撑；门诊楼

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.08.031

一、工程概况

北京某医院位于北京市朝阳区，占地面积约7.85万平方米。门诊楼建于20世纪80年代末，依结构缝划分为北段、中段和东段三部分。2012年12月进行了抗震检测鉴定，根据鉴定报告需对结构进行抗震加固。工程概况详见表1。

北京为抗震设防8度地区，按照相关规范要求，医院的抗震设防等级还需再提高一度。因北京某医院的医疗服务不能暂停，且门诊楼一层安装有多台大型医疗设备。为尽量减少结构加固对医院正常运行的干扰，结合现场实际情况，采用以屈曲约束支撑等新型加固技术为主、以外包钢等传统加固技术为辅的混合抗震加固方法。本文重点探讨屈曲约束支撑抗震加固方法在北京某医院门诊楼改造工程中的应用。

二、技术方案

(一) 工程内容

屈曲约束支撑加固工程主要包含三个部分，一是梁柱节点钢围套，用于构造安装屈曲约束支撑的梁柱节点，采用钢板和对穿锚栓制作钢围套，作为屈曲约束支撑的安装埋件，钢板为10mm或20mm厚，螺栓为M20；二是连接板制作，用于连接梁柱节点与屈曲约束支撑，连接板采用16mm厚钢板制作，周边焊接10mm或20mm厚加劲板，整套连接板焊接在梁柱节点钢围套上；三是屈曲约束支撑安装，屈曲约束支撑作为主要耗能构件，两端焊接在连接板上，通过连接板与建筑结构形成连接关系。

(二) 安装部位

门诊楼改造工程共布置屈曲约束支撑86根，其中北段34根、中段40根、东段12根，详见表2、表3和表4。

(三) 技术要求

屈曲约束支撑不可采用普通钢结构支撑替代，应由专业厂商直接供货，并提供国家建设主管部门认可的产品论证报告书。屈曲约束支撑外观截面为正方形，其面尺寸为300×300mm，芯板厚度为16mm，屈服承载力最大为2500KN和2000KN两种。屈曲约束支撑制造商应对产品进行力学性能试验并提供相关的检测试验报告。屈曲约束支撑部件应能表现出稳定的、可重复的滞回性能，要求依次在1/300、1/200、1/150及1/100支撑长度的拉伸和压缩往复各三次变形下，支撑有稳定饱满的滞回曲线。屈曲约束支撑在1/150长度位移幅值下往复循环30圈后，主要设计指标误差和衰减量不应超过15%，且不应有明显的低周疲劳现象。屈曲约束支撑应保证具有

表1：工程概况

工程名称	北京某医院门诊楼改造工程												
地理位置	北京市朝阳区												
规模	总建筑面积约12564.35m ² ，地上5层，局部6层，建筑高度21.1m，建筑物最高处距地24.6m												
结构形式	钢筋混凝土框架、剪力墙结构												
基础形式	梁式筏板基础												
使用性质	集门诊和病房为一体的综合医疗建筑												

表2：门诊楼北段屈曲约束支撑布置表

位置 层数	2-A轴 /7~9轴	2-A轴 /10~11轴	2-C轴 /10~11轴	2-E轴 /7~9轴	2-H轴 /7~9轴	2-J轴 /10~11轴	2-K轴 /7~9轴	2-K轴 /10~11轴	11轴/ 2-A~ 2-B轴	11轴/ 2-F~ 2-H轴	7轴/ 2-C~ 2-E轴	7轴/ 2-J~ 2-K轴	小计
二层	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
三层	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
四层	1	1			1	1	1	1					6
五层	1	1					1	1					4

表3: 门诊楼中段屈曲约束支撑布置表

位置 层数	12轴/2- D~ 2-E轴	12轴/2- F~ 2-G轴	13轴/2- F~ 2-G轴	19轴/2- F~ 2-G轴	19轴/2- D~ 2-E轴	22轴/2- D~ 2-E轴	23轴/2- D~ 2-E轴	23轴/2- F~ 2-G轴	2-F轴 /13~ 14轴	2-E轴 /15~ 16轴	2-G轴 /16~ 17轴	2-F轴 /16~ 17轴	2-E轴 /19~ 20轴	小计
二层	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	16
三层	1	1	1	1	1	1	1	1	2		1	1	2	14
四层	1	1	1			1	1	1						6
五层	1	1					1	1						4

表4: 门诊楼东段屈曲约束支撑布置表

位置 层数	4-A轴/16~17轴	4-C轴/16~17轴	17轴/4-C~4-B轴	19轴/4-C~4-B轴	小计
二层		1		1	4
三层		1		1	4
四层		1		1	2
五层		1		1	2

良好的环境特性，耐气候、耐腐蚀。屈曲约束耐火等级为二级，耐火极限为2小时，在火灾时应与结构共同工作。屈曲约束支撑正常维护使用年限为50年。所有与屈曲约束支撑相连接的节点板材料都为Q345B。

三、场地条件

(一) 门诊楼北段

2-A轴/7~9轴：二~五层外墙全部拆除，柱根楼面拆除600（梁宽方向）×1000（梁长方向）范围，2-D/12轴柱、2-E/12轴柱周边墙体拆除600（高）×500（宽）范围。2-A轴/10~11轴：二~五层外墙全部拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-C轴/10~11轴：二~三层楼梯墙体全部拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-E轴/7~9轴：二层柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-H轴/7~9轴：二~四层龙骨墙需拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-J轴/10~11轴：二~四层龙骨墙需拆除，下水管需拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-K轴/7~9轴：二~五层龙骨墙需拆除，污水管需拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-K轴/10~11轴：二~五层龙骨墙需拆除，污水管需拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。11轴/2-A~2-B轴、11轴/2-F~2-H轴、7轴/2-C~2-E轴及7轴/2-J~2-K轴：二~三层外墙需全部拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。

(二) 门诊楼中段

12轴/2-D~2-E轴：二~五层外墙全部拆除，外架子拉结钢管拆除，柱根楼面拆除600（梁宽方向）×1000（梁长方向）范围，2-D/12轴柱、2-E/12轴柱周边墙体拆除600（高）×500（宽）范围。12轴/2-F~2-G轴：二~五层外墙全部拆除，外架子拉结钢管需拆除，内有设备需拆除，柱根楼面拆除范围同上，

轴柱周边拆除范围同上。13轴/2-F~2-G轴：二~四层内部设备拆除，地面在柱下拆除600（梁宽方向）×1000（梁长方向）范围，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。19轴/2-F~2-G轴：二~三层电梯间墙体全部拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。19轴/2-D~2-E轴：二~三层原有台阶拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。22轴/2-D~2-E轴：二~四层原有卫生间（含墙体）拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。23轴/2-D~2-E轴：二~五层外墙全部拆除，原有卫生间（含墙体）拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。23轴/2-F~2-G轴：二~五层外墙全部拆除，原有管线拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-F轴/13~14轴：二~三层原有管线拆除，三层龙骨墙及台阶拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-E轴/15~16轴：二层柱根楼面拆除范围同上。2-G轴/16~17轴：二~三层楼梯墙体拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-F轴/16~17轴：二~三层楼梯墙体拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。2-E轴/19~20轴：二~三层地面在柱下需拆除600（梁宽方向）×1000（梁长方向）范围。

(三) 门诊楼东段

4-A轴/16~17轴：二~五层楼梯墙体需拆除，柱根楼面拆除600（梁宽方向）×1000（梁长方向）范围，4-A/16轴柱、2-F/17轴柱周边墙体拆除600（高）×500（宽）范围。4-C轴/16~17轴：二~三层柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。17轴/4-C~4-B轴：二~三层龙骨墙拆除，柱根楼面拆除范围同上。19轴/4-C~4-B轴：二~五层原墙体需全部拆除，柱根楼面拆除范围同上，轴柱周边拆除范围同上。

四、现场安装

屈曲约束支撑现场安装顺序依次为，测量放线→梁柱围套锚栓施工→梁柱围套钢结构施工→屈曲约束支撑运输及堆放→节点板安装焊接→屈曲约束支撑吊装→屈曲约束支撑焊接→防锈漆涂刷→防火涂料涂刷→验收，主要安装环节的具体操作详述如下。

（一）测量放线

根据总平面布置图确定屈曲约束支撑各层分布位置，再根据图纸测放连接板位置线。埋板安装工作结束后，应及时在埋板上确定连接板焊接位置，将连接板平面位置用激光水平仪投测到柱上，并作好红漆标记，作为安装连接板引测的依据。仪器严格对中、定平，并由专职测量员测量。

（二）屈曲约束支撑运输及堆放

1. 运输。现场无塔吊，垂直运输困难。利用楼西侧门口处空地作为卸料场，材料到场后，料车停在此处，采用一台汽车吊将物料吊上相应的楼层，必要时拆除该处的窗户。楼面水平运输距离长，楼内隔墙极多，水平运输困难。物料运输到相应楼层后，采用小车人工倒运到安装地点。场内运输提前选择好线路，线路选择遵循安全、便捷的原则。运输途中保护好建筑物内的原有设备。根据屈曲约束支撑及钢结构外形，运输中进行合适的绑扎固定，保护构件涂层不受损伤，保证屈曲约束支撑及钢结构和零件不变形、不损坏、不散失。

2. 堆放。屈曲约束支撑及钢结构装卸时合理布置吊点，防止发生过大大变形或损坏，必要时采用临时加固措施。存放场地平整坚实、干燥、通风良好，杆件按类型和安装次序分区存放，支点稳固，防止下滑。构件叠放时，各层构件及屈曲约束支撑的支点在同一垂直线上，防止构件压坏或变形。平面刚度较小的构件，侧立放置并设侧向支撑保持稳定。连接板等散部件应按编号分别包装和存放。在堆放地点设置安全警告标志，防止发生擦伤等安全事故。

（三）屈曲约束支撑吊装

1. 准备。结合现场实际情况，屈曲约束支撑安装采用手动葫芦与安全性能良好的钢支架协调安装。安装属于竖向垂直吊装，为使吊起的屈曲约束支撑保持下垂，便于就位，根据钢节点板的种类和高度确定绑扎点。一般绑扎点位置为高度的2/5处，为了防止钢件边缘的锐利棱角，在吊装时损坏吊绳，应用适宜规格的钢管割开一条缝，套在棱角吊绳处，或用方形木条垫护。注意绑扎牢固，并易拆除。

2. 试吊。准备工作就绪后，首先进行试吊。吊起一端高度为100~200mm时应停吊，检查索具牢固和吊点稳定程度，再指挥构件缓慢下降。

3. 固定。屈曲约束支撑边吊装边测量，待屈曲约束支撑达到安装位置时，先做预固定安装，再慢慢调试。待屈曲约束支撑各点安装应力达到均衡后再做全面的安装。

4. 拆吊。当屈曲约束支撑起吊到位时，按照事先确定的位置焊接固定连接板和屈曲约束支撑。起吊安装过

程中可搭设临时支撑，确保安全。连接板和屈曲约束支撑焊接牢固，且达到安全标准方可摘除吊钩。

（四）屈曲约束支撑焊接

1. 设备。根据构件吊装顺序和进度安排焊接准备工作，提前合理安排焊机和手砂轮机。焊机电压应调节在正常工艺参数范围内，地线压紧牢固，接触可靠，电缆无破损，焊条包装良好，无受潮现象。

2. 准备。检查焊接平台（脚手架）及防风围护设施，布置好焊工作业环境，做好防火措施，保证焊工能安全、连续、无障碍作业。焊接前，检查节点坡口间隙，钢衬垫状况及坡口面质量等，消除影响焊接质量的局部缺陷和污物。

3. 质控。按设计文件规定的标准，在焊缝冷却后检查焊缝外观质量。焊缝表面应均匀、平滑，无折皱、间断和未焊透，并与基本金属平缓连接，严禁有裂纹、夹渣、焊瘤、烧穿、弧坑、针状气孔和熔合性飞溅等缺陷。

五、加固启示

对既有建筑结构进行抗震加固涉及的因素很多，而且目前抗震加固设计还没有现成的成熟的设计方法，这使得对建筑结构进行抗震加固的难度比新建工程还大，需要注意的问题也更多。

（一）要全面掌握待加固工程结构的实际状况，透彻理解原有工程设计，在此基础上才确定妥当的加固方案。

（二）卸载对加固结构承载力提高的影响与原结构在加固时的应力、应变水平有很大关系，原结构应力、应变水平越低，加固部分的承载力就越能发挥出来，因此，加固前尽量对原结构卸载。

（三）抗震加固要从提高建筑整体抗震性能出发，防止加固后形成楼层承载力、刚度分布不均，以保证加固后的结构在地震作用下具有较大的内力分布耗散能力。

（四）结点是结构抗震的关键部位，也是目前抗震加固的薄弱部位，对结点部位从设计到施工都要特别重视。

（五）结构的抗震加固应特别重视检测的作用，包括加固前和加固后的各项检测工作。应利用沉降观测结果指导施工工序，预防在施工过程中出现不均匀沉降，避免因沉降原因造成建筑物主体结构的破坏或产生影响结构使用功能的裂缝。

参考文献

[1]朱飞飞,肖亚明.屈曲约束支撑在钢框架办公楼抗震加固中的应用[J].工程抗震与加固改造,2016,38(6):96-101.

[2]吕西林,蒋欢军.复杂高层建筑抗震与消能减震研究进展[J].建筑结构学报,2010.

[3]熊仲明,王佳,郭瑜.基于耗能减震结构耗能装置的优化设置的研究[J].西安建筑科技大学学报,2011.