混凝土结构加固设计实例

李伟民

住房城乡建设部部长倪虹表示,2025年将大力实施城市更新。一是坚持 "先体检、后更新,无体检、不更新",建立城市体检和城市更新一体化推进 机制。二是加大对城镇老旧小区改造、城中村改造、危旧住房改造等城市更新 项目的支持力度。

其中,既有建筑检测鉴定之后,需要对其进行加固设计。下面采用 YJK 软件对某一既有房屋进行加固设计,并生成加固施工图。

一. 工程概况

本工程为河北地区某一混凝土框架结构房屋,该建筑建造于 1996 年,其抗 震设防类别为丙类,抗震等级为三级,抗震设防烈度为 7 度, II 类场地,地震分 组为第三组。



业主考虑到其房屋使用年限已久,担心存在安全隐患,采用 YJK 软件已完成 安全鉴定与抗震鉴定,其鉴定报告可详见技术期刊《混凝土结构安全鉴定及抗震 鉴定实例》。

现依据该房屋的鉴定结果,结合 DWG 图纸信息及现场检测数据,采用 YJK 软件进行加固设计,并生成加固施工图。

由于鉴定阶段已经生成模型并录入了构件的实配钢筋,所以可直接在鉴定 模型基础上进行加固设计,现复制一份鉴定模型出来作为本项目的加固模型。

二. 加固依据

根据软件的鉴定结果进行加固设计,目前有两种思路:

一是根据鉴定报告,对安全鉴定评为 cu、du 的构件及抗震鉴定不通过的构件进行加固设计。

二是根据全组合下的钢筋面积鉴定(构件的钢筋计算面积大于实配面积时, 配筋简图就会显红,该构件可评定为鉴定不满足要求)进行加固设计。

以目前收集到的工程反馈来看,多数设计师习惯采用钢筋面积鉴定结果来判断是否需要加固,因此本模型依据钢筋面积鉴定结果进行加固设计。

首先,查看设计结果——配筋简图,显红的构件表示鉴定不满足。



进一步查看鉴定加固专项菜单中的**实配/计算钢筋面积比。**该项可以显示构 件具体部位的鉴定结果,如梁的顶部钢筋面积比>1,而底部钢筋面积比<1,表 示项部鉴定满足,底部鉴定不满足;

柱子的 b 边钢筋面积比>1, h 边钢筋面积比<1, 表示 b 边鉴定满足, h 边鉴定不满足。



三. 加固布置

软件对混凝土梁、柱提供丰富的加固方法,还支持三种组合加固方法。



加固方法	外粘钢板法+底部增大截面法
做法名称	
梁顶粘贴钢板宽度(mm)	100
梁顶粘贴钢板厚度(mm)	0.1
钢材型号	Q345(16Mn钢)
b向增加总值(mm)	0
h向底部增加值(mm)	100
新增截面砼强度等级	35

加固方法	梁顶碳纤维+梁底增大截面法
做法名称	
复合材类型	碳纤维单向织物高强度Ⅰ级
重要性	重要构件 🗾
梁顶粘贴复合材的层数	1
梁顶粘贴复合材的宽度(100
复合材的每层厚度(mm)	0.1
b向增加总值(mm)	0
h向底部增加值(mm)	150
新增截面砼强度等级	35

做法名称	梁底包钢+梁顶钢板
梁底角钢 (槽钢) 规格	L36x4
梁顶角钢 (槽钢) 规格	<u></u>
梁顶粘贴钢板宽度(mm)	100
梁顶粘贴钢板厚度(mm)	0.2
梁侧粘贴箍板宽度(mm)	0
梁侧粘贴箍板厚度(mm)	0.000
梁侧粘贴箍板间距(mm)	0
钢材型号	Q345(16Mn钢)

1

实际操作时可以根据实配/计算钢筋面积比的结果对鉴定不满足的构件布置加固做法。

左上角的柱子可采用非对称增大截面法加固,即只加大右侧与底侧。 上排中部的柱子可采用增大截面法对三面加固,即加大左侧、右侧与底侧。 中间的柱子可采用外包型钢和外贴纤维复合材料两种加固方法。 柱子加固方案见下图。



对于只有项部钢筋面积比<1 的梁,可采用外粘钢板法,只在项部布置钢板。 对于只有底部钢筋面积比<1 的梁,可采用增大截面法,只在底部增高截面。 对于底部与侧面钢筋面积比都<1 的梁,可采用外粘钢板法,在底部布置钢板,侧面布置箍板。

- 对于顶、底与侧面钢筋面积比都<1 的梁,可采用外贴纤维复合材料法,在顶、底与侧面均布置纤维复合材料。
 - 梁加固方案见下图。



在布置加固做法时,要按照加固规范规定的加固构造要求去布置,如新增混 凝土层按现浇施工时,最小厚度不应小于 60mm。粘钢板的宽度不宜大于 100mm 等。

5.5.3新增混凝土层的最小厚度,板不应小于40mm;梁、柱,采用现浇混凝土、自密实混凝土或灌浆料施工时,不应小于60mm,采用喷射混凝土施工时,不应小于50mm。

9.6.1 粘钢加固的钢板宽度不宜大于100mm。采用手工涂胶粘贴的钢板厚度不应大于5mm;采用压力注胶粘结的钢板厚度不应大于10mm,且应按外粘型钢加固法的焊接节点构造进行设计。

6.5.6 湿式外包钢的构造,应符合下列规定:

1 加固用型钢两端应采取可靠的锚固措施;

2 沿梁、柱轴线方向应采用缀板与角钢焊接, 缀板间距不

应大于 20 倍单根角钢截面的最小回转半径,且不应大于

500mm; 在节点区, 其间距应加密;

四. 加固计算

根据《既有建筑鉴定与加固通用规范》第4.2.2条的要求:"结构加固按现 行规范与标准的规定进行验算",在鉴定加固参数中,选择2010系列规范进行 加固计算。

4.2.2 既有建筑承重结构、构件的承载能力验算,应符合下列规定:

1 当为鉴定原结构、构件在剩余设计工作年限内的安全性时,应按不低于原建造时的荷载规范和 设计规范进行验算;如原结构、构件出现过与永久荷载和可变荷载相关的较大变形或损伤,则相关性 能指标应按现行规范与标准的规定进行验算。

2 当为结构加固、改变用途或延长工作年限的目的而鉴定原结构、构件的安全性时,应在调查结构上实际作用的荷载及拟新增荷载的基础上,按现行规范与标准的规定进行验算。

	抗雷整定	与加固	> 拾雪整完的	5 to 181					
输入关键字搜索 清空	☑ 鉴定加固(原钢筋在施工图菜单中生成或录入) 鉴				定加固手册				
	- 抗震鉴:	定规范系							
- 蒲何忌体信息 - 计管控制信息	 国标 								
控制信息	○ 北京地标其他参数								
利度信息	鉴定加	司标准一							
高级万切 非线性屈曲分析	○建筑	抗震鉴	2 标准	○ 1989系列	规范				
分析求解参数	(GB5	0023-20	109)(A类) 	(₿类)					
以何载信息	0 2001 (IRC	条列规》 举)	Ċ	② 2010系列 ③ (C米)	觇范				
指定风荷载	たの生	ar +zrzts		(0,940)					
地震信息	が展開	吧1%旦 公防光星	i .	西米 、					
	12-554	メドバラモバ	2	N¥ *					
时域显式随机模拟法	机炭	百.肥 恢 重	<u>[</u>						
地震作用放大条颈 性能设计	☑加固	时考虑:	二次受力影响	加固前列	受力模型				
性能包络设计	加固前	和加固度	最响系数 —						
隔震減震 	塔数	1		重设塔数	☑ 计算时	採用加固后顯	影响系数(用于	上部设计)	
设计信息	屋是	长星	前、向局部	前小句局部	后x向休系	后小向休系	后x向局部	后动局部	
活荷载信息 物件设计信自	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	ла - э	- HIGHING HIP	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	2.0			лаларын	
构件设计信息	1		1	1	0.8	0.9	1	1	
边缘构件设计信息	2	1	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	
材料信息			1						
材料変数 钢筋品度									
地下室信息			-						
荷载组合	<								>
组合表									
自定义工况组合									
抗震釜定与加固									
抗震鉴定(构件验算)									
钢结构加固	I								

影响系数: 分为体系影响系数Ψ1与局部影响系数Ψ2。

加固阶段,需勾选"计算采用加固后影响系数",按后x体系、后y体系与后 x局部、后y局部四项系数执行。此系数根据加固后的建筑情况按规范查询手动 输入。

加固时考虑二次受力影响:

《既有建筑鉴定与加固通用规范》第 6.1.3 条第 5 款规定: "*验算结构、构件* 承载力时,应计入应变滞后的影响,以及加固部分与原结构共同工作程度"。

软件依据《混凝土结构加固设计规范》,对梁正截面采用外粘钢板加固与外 贴纤维复合材料加固时设置相关参数,可计入二次受力的影响。

☑ 加固时考虑二次受力影响 加固前受力模型	_
加固前受力模型	
二次受力计算模型 C:\Users\10142.YJKSOFT\ 二次受力计算组合	打开
1.3 × 恒 + 1.5 × 活 注:二次受力计算模型中的工况 □ 输出所有混凝土梁加固前弯矩标准值MOK	

考虑二次受力影响时需要读取加固前受弯构件验算截面上原作用的弯矩标 准值 Mok。软件可通过链接模型的方式获取准确的 Mok。此链接模型就是加固前 的模型,即鉴定阶段的模型。

分项系数:

按照《既有建筑鉴定与加固通用规范》4.2.2条,结构加固后在承载能力验 算时按现行规范与标准的规定进行验算,则非地震组合的分项系数为1.3(恒载) 与1.5(活载)。

4.2.2 既有建筑承重结构、构件的承载能力验算,应符合下列规定:

1 当为鉴定原结构、构件在剩余设计工作年限内的安全性时,应按不低于原建造时的荷载规范和 设计规范进行验算;如原结构、构件出现过与永久荷载和可变荷载相关的较大变形或损伤,则相关性 能指标应按现行规范与标准的规定进行验算。

2 当为结构加固、改变用途或延长工作年限的目的而鉴定原结构、构件的安全性时,应在调查结构上实际作用的荷载及拟新增荷载的基础上,按现行规范与标准的规定进行验算。

按照《既有建筑鉴定与加固通用规范》第6.4.2条规定,结构加固后在地震 作用下的抗震能力验算,可不低于原建造时的抗震要求。由此,本模型对于地震 组合的分项系数可设置为1.2(重力荷载代表值)与1.3(地震)。

6.4.2 结构加固后的承载能力验算和结构抗震能力验算应符合下列规定:

1 应对永久荷载与可变荷载下的承载能力进行验算。

2 对地震作用下的结构抗震能力验算,应按下列规定进行,且不应低于原建造时的抗震要求:

在软件参数中不勾选"通用规范",勾选"建筑结构可靠性设计统一标准" 即可实现1.3 恒+1.5 活的非地震组合与1.2x(恒+0.5 活)+1.3 地震的地震组合 进行加固设计。

检测学研究和中心	荷载组合 > 组合系数			
和八大键子授系 有空	结构重要性系数	1	☑ 执行《建筑结构可靠性设	计统一构
	恒活荷载 恒荷载分项系数	1.3		Ĩ
利度信息 京祝八哲	活荷载分项系数	1.5	重力荷载分项系数	1.2
高级力机 非线性屈曲分析	活荷载组合值系数	0.7	水平地震作用分项系数	1.3
分析求解参数 风荷载信息	活荷载频遇值系数	0.6	竖向地震作用分项系数	0.5
基本参数 指定风荷载	活荷载准永久值系数	0.5	☑ 考虑竖向地震作用为主的:	组合
地震信息 地震信息	考虑结构设计使用年限的恒荷载调整系数	1	温度作用	
自定义影响系数曲线	老虎结构设计使用年限的活荷载调整系数	1	仅恒活荷载参与的组合系数	0.6
地震作用放大系数	日本		风荷载参与的组合系数	0
性能设计 性能包络设计	中中1938 吊车荷载重力荷载代表值系数	0	地震作用参与的组合系数	0
隔震減震 減震性能包络设计	早生荷载组合值 乏物	0.7	温度作用频遇值系数	0.5
设计信息 沃荷载信息	P	0.7	温度作用准永久值系数	0.4
构件设计信息 构件设计信息	中手的戰殃區直示到	0.6		
边缘构件设计信息 钢构件设计信息	日本社			
包络设计	风荷载分项系数	1.5		
材料参数	风荷载组会值系数	0.6		
111的 通度 地下室信息	四荷栽榆里有炙粉	0.4		
荷载组合				

参数设置完成后,点击"生成数据+全部计算",进行加固计算。



五. 加固结果

加固计算完成后,在设计结果的鉴定加固专项里查看构件的加固结果。

首先查看梁正截面外粘钢板与外贴纤维加固的承载力提高幅度是否超过 40%。

下图中显红的梁底部承载力提高幅度为 50.34%,大于 40%,表示该梁不适合 外粘钢板法加固(详细解释可参见期刊《梁外粘钢板加固的疑难问题解析》)。



因此,需返回建模模块改变该梁加固做法,比如可对其设置增大截面法加固, 再次进行加固计算,重新查看加固结果。

	添加	修改	删除	显示	清理
加固方法 参数 外粘钢板法:000 00 増大範囲法: 0100 外粘钢板法:000 0 地面方法: 1000 外粘钢板法: 1000 外粘钢板法: 1000 外粘钢板法: 10010 小板钢法: 100100 小鼠(法定义 * 加固方法: 増大戦国法: 加固方法: 増大戦国法: 加固方法: 100100 小肉原部: 100100 小肉原節: 1001 小肉原節: 1000 小肉原節: 1001 小肉豆類: 35	1 J	顶底	当前层	去重	1995-L
外粘物販法. 0*0 増大範囲法: 0*100 外粘物販法: 100*0 外粘物販法: 100*10 増大範囲法: 100*100 増大範囲法: 100*100 増大範囲法: 100*100 増大範囲法: 単本 加固方法: 増大範囲法: 加固方法: 増大範囲法: 加固方法: 増大範囲法: 加固方法: 100 内南鹿部溢加值(mm) 100 h向頂那溢加值(mm) 80 新溢載面砼强度等级: 35	类型	加固方〉	ŧ	参数	
増大載面法: 0°100 外私窃饭法: 100°0 外私窃饭法: 250°100 増大載面法: 100°100 増大載面法: 100°100 加固仿法: 増大載面法: 加固方法: 増大載面法: 加固方法: 増大載面法: 加固方法: 増大載面法: 小向「虎部墻加值(mm) 100 h向「原部墻加值(mm) 80 新灌載面谷濃度瞭級: 35	1	外粘钢	版法:顶部	0*0	
外粘钢板法: 100°0 外皮纤维复合 250°100 増大載園法: 100°100 増大載園法: 100°100 山園傍法定义: ************************************	2	增大截	面法:	0*100	
外與計畫复合 250°100 增大範囲法 100°100 回回做法定义 × 加固方法 増大載面法 × 均固方法 増大載面法 × 均固方法 100 × 均固方法 100 × 均固方法 100 × 均同意部這加值(mm) 100 × 新讀載面砼强度等级 35 ×	3	外粘钢	版法:	100*0	
增大範囲法 100*100 回聞効法定义 × 加固方法 増大載面法 が固方法 増大載面法 砂法名称 ・ b向增加急值(mm) 100 h向廃部準加值(mm) 80 新増載面径强度等级 35	4	外贴纤维	准复合	250*10	00
ロ 開始法定义 シン シン シン シン シン シン シン シン 加固方法 増大戦両法 ご の の から	5	增大截	面法:	100*10	00
加固方法 増大載面法 加固方法 増大載面法 燃法名称 b向增加总值(mm) 100 h向應部準加值(mm) 100 h向應部準加值(mm) 80 新增載面砼强度等级 35	加固借	城法定义			
加固方法 増大載面法 加固方法 増大載面法 燃法名称 b向增加总值(mm) 100 h向應部增加值(mm) 80 新增載面砼强度等级 35	_				
加固方法 増大動面法 < (効法を称) (効素を称) (の) (の) (の) (の) (の) (の) (の) (の) (の) (の					
協法名称 100 b向增加总值(mm) 100 h向應部增加值(mm) 100 h向顶部增加值(mm) 80 新增載面砼强度等级 35	加固	防法		増オ	大截面法
b向増加急値(mm) 100 h向虎部増加値(mm) 100 h向顶部増加値(mm) 80 新増載面砼强度等级 35	做決	約称			
biji gluista (mm) 100 h向底部當加值(mm) 100 h向顶部當加值(mm) 80 新增載面砼强度等级 35					
h向虎部墙加值(mm) 100 h向顶部墙加值(mm) 80 新墙截面砼强度等级 35		增加尽值	.(mm)	10	J
h向顶部增加值(mm) 80 新增载面砼强度等级 35	h向	底部增加	值(mm)	10	0
新増載面砼强度等级 35 工	h向!	顶部增加	值(mm)	80	
新增截 <u>调证到受</u> 导效 33	新馆	■載面砕調	國實等级	35	
	0/176	a land hard in T 22	032.454X	35	
764M 66716 075-14					
新增 修改 取消					

加固结果可按新增钢筋与做法面积两种结果形式查看。

新增钢筋:梁、柱采用增大截面法加固,可查看其新增钢筋结果。 如图,梁若只有底部加高,则新增钢筋只输出底部需要增加的钢筋面积;梁 若四面全部加大截面,新增钢筋会输出底部、顶部与侧面需要增加的钢筋面积。

对柱,软件能自动识别对称与非对称增大截面。如左上角的柱子只加大了右侧与底部,则新增钢筋 700mm²只配在右侧新增混凝土范围内,400mm²只配在底侧 新增混凝土范围内;上排中部的柱子,左侧与右侧均加大截面,底侧也加大,顶 部未加大,则左、右两侧新增混凝土范围内各配置 400mm²的新增钢筋,底侧新增 混凝土范围内配置 400mm²的新增钢筋。



做法面积:梁、柱采用外粘钢板法、外包型钢法与外贴纤维复合材料加固, 可查看其做法面积结果。



以左下角的梁外粘钢板法做法面积结果为例:



括号前的数字表示计算所需钢板的面积;

括号中的数字表示输入实配钢板的面积;

第一行数字 GO[0]-0[0] ——梁侧计算与实配箍板的面积均为 0。

第二行数字 777[200]-0[200]-607[200]——梁顶计算钢板面积为 777-0-607, 实配钢板面积为 200-200-200。

第三行数字 44[0]-20[0]-0[0]——梁底计算钢板面积为 44-20-0, 实配钢板面 积为 0-0-0。

第四行文字[顶部]——梁采用的加固做法名称,该梁为顶部外粘钢板加固。

当括号前的数字大于括号内的数字,即计算所需钢板的面积大于输入实配钢 板的面积时,梁结果就会显红,表示此加固方案不合适,需要调整加固方案。钢 板面积不足,可以加大钢板的宽度或厚度,或者改变加固做法。

对梁、柱外包型钢与外贴纤维复合材料加固,与外粘钢板法加固的结果查看 形式是相同的,梁结果显红,表示加固方案不合适,需要调整加固方案。

同样,对做法面积显红的构件,返回建模模块,对其调整加固方案。

最终调整后的加固方案如下图。将左下方的梁由外粘钢板法改为外贴纤维复 合材料法、中部显红的梁原先纤维布置量不足,加大纤维的面积或厚度使其满足 计算纤维面积、柱子由外包型钢加固改为增大截面法。



对调整后的加固模型重新计算,查看加固结果,所有构件的加固结果均满足 设计要求,表示此加固方案通过。



六. 楼板加固

进入楼板施工图模块,可以对楼板进行加固设计。 鉴定模型已录入楼板的实配钢筋,则直接对楼板进行鉴定计算,查看鉴定结 果。对鉴定结果不满足要求即显红的楼板进行加固设计。



点击加固方法,可对显示"未加固"的楼板布置加固做法。软件提供外粘钢板、外贴纤维布与增大截面法三种加固方法。









楼板增大截面法目前只支持在楼板顶部增大截面,其新增钢筋配置在顶部 新增混凝土范围内。如新增钢筋(粉色)152mm²需配置在板顶增厚的80mm 混凝 土内。

纤维(青色)与钢板(黄色)的结果,表示每米板宽范围内需配置的纤维与钢板的面积,单位 mm²/m。目前需要用户手动选则布置方案并自行绘图。

如钢板面积显示的是 83mm²,可以在每米板宽范围内布置一道宽度 100mm, 厚度 1mm 的钢板。或者钢板宽度 50mm,厚度 1mm,每米板宽内布置两道钢板, 其间距为 300mm 也可以。

如纤维面积显示的是 20mm²,可以在每米板宽范围内布置两道宽度 100mm, 厚度为 0.167mm 的纤维布,其间距为 300mm。或者布置一道宽度 100mm,厚度为 0.167mm 的纤维布,两层叠加也可以。 下图为楼板纤维加固示例图。



与梁类似,楼板采用外粘钢板与外贴纤维布加固时,也可查看承载力提高 幅度是否超 40%。当承载力提高幅度超 40%,需改变加固方案。



七. 加固绘图

加固施工图可自动读取加固做法布置数据与加固设计结果数据,对梁、柱绘制加固平法图和加固大样图。

下图为梁加固平法施工图。



下图为柱加固平法施工图。



下图为梁增大截面法加固大样图。



下图为梁外粘钢板法加固大样图。



下图为柱增大截面法加固大样图。

截面				
	JKZ1			
标高	-3.700~-0.800			
原截面尺寸及増加厚度 bxh(b1 /b2-h1 /h2)	550x550(60/60-60/60)			
角筋	4⊉25			
b边一侧中部钢筋	3⊉20			
h边一侧中部钢筋	3⊉20			
箍筋	± 10@95(1200)/100			
拉筋				
截面示意图	\$10@95(1200)/100 3\$20 4\$25 05 05 05 06 0 550 60 60			

下图为柱外包型钢法加固大样图。



通过对河北地区某混凝土框架结构房屋的加固设计实例分析,本文详细阐述 了基于 YJK 软件的加固设计流程,包括加固依据的确定、加固方法的选择、加固 计算的执行以及加固结果的优化调整。在实际工程中,合理的加固设计不仅能有 效提升既有建筑的安全性和抗震性能,还能延长其使用寿命,满足现代城市更新 与存量提质改造的需求。随着我国城市化进程的不断推进,既有建筑加固设计的 重要性愈发凸显。希望本文的实例分析能为相关从业者提供参考与借鉴,推动混 凝土结构加固技术的进一步发展与应用。