

# 已有建筑结构受弯构件加固补强设计研究

贺国礼

珠海市晶艺玻璃工程有限公司

**摘要：**当已有建筑的使用功能发生改变时，对其原有的建筑结构进行优化，相应的结构内力也会随之发生改变，且既往建筑结构构件在老化的作用下导致混凝土构件的承载能力下降，难以满足全新使用功能的基本要求。基于此，本文对已有建筑结构受弯构件加固补强设计进行分析与研究。本文从增大截面法、粘贴钢板法、外贴纤维复合材料法、间接加固补强技术等一系列加固补强技术着手，对本文论点进行阐述分析，以供参考与借鉴。

**关键词：**已有建筑；受弯构件；加固补强；设计研究

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.105

**引言：**已有建筑在长时间投入使用运营后，会受到气候自然环境、建筑内部使用情况等因素的影响，产生如构件表面剥落、裂缝和空洞等一定程度的老化问题。基于控制建筑维护成本，提高土地利用率的的目的，根据国家规范要求，当已有建筑结构存在老化现象，或依据发展需要调整使用功能时，需对其结构加固处理。目前，针对混凝土受弯构件的加固方法有很多种，常用的方法有加大截面法、粘钢加固法、碳纤维增强复合材料（CFRP）粘贴法等。

## 一、增大截面法

### （一）技术机理

受弯构件加固补强技术，是当前建筑结构加固技术的重要组成部分，在当前建筑结构补强施工中得到了广泛的应用。受弯构件加固是一种直接补强技术，作为建筑工程中相对较为常见的技术形式，可以在不损坏建筑原始结构的情况下，最大限度地维护和保持建筑结构的承载能力，并为后续的施工奠定坚实基础。

增大截面加固补强技术的使用原理，要求基于增大混凝土构件截面积的需要，以增强配筋的方式，提高已有建筑结构的实际承载力。该项加固补强技术常见于受弯及受压构件的加固作业。但在实际作业中，也需要考虑加固补强的结构受力单独作用在新建加固结构上的情况。这一情况容易导致建筑结构受到一定的破坏，则剩余结构再次单独受力，往往会进一步加剧已有建筑结构的破坏程度，使得其无法对建筑架构进行有效支撑。因此，在施工中，技术人员需要使得建筑新老结构进行结合，从而保障二者可以共同受力。

在施工中，应用增大截面加固法，需要通过卸除或卸载的形式，降低作用于已有建筑结构上的活荷载。在

加固的过程中降低荷载，受到应力应变滞后问题影响，若降低的荷载消失，则新老结构可以同时处于应力状态，提高已有建筑结构的整体承载力。

已有建筑构件需要根据不同的受力条件，甄选合适的加固形式。受弯受压构件需要承载建筑的纵向荷载，当明确纵向荷载后，技术人员在提升建筑构件承压的过程中，可以从以下两个方面着手进行：一方面，通常情况下，建筑混凝土结构的密度提升较为困难，技术人员需要切实做好施工规划，提升构件单位面积的实际承载力，增强建材密度。同时，对已有构件进行约束，从而提升承载能力。例如橡皮泥受到压力后，其表面会扩大，但是将橡皮泥放在模具之中，那么其表面便会被模具边缘所约束，从而承载更大的压力。另一方面，技术人员可以进一步扩大结构构件的受力截面积，从而扩大受弯构件受压或是受压面积的甄选范围，并在受拉区提高受拉材料的强度<sup>[1]</sup>。

### （二）技术特点

技术人员在对增大截面法进行应用时，需要从设计构造方面对已有建筑混凝土构件实际承载能力进行考量，会出现拉压弯剪等一系列应力状态，例如剪力以及拉力。基于弹性阶段，结合面的法向拉应力以及剪应力，需要通过新旧结合面的实际黏结强度来判断。倘若其处于开裂或是极限状态时，其会借助穿过结合面的锚固螺栓或是锚固钢筋产生的被动剪切力来进行传递。



图1 增大截面法

### （三）设计要求

在实际施工中，已有建筑的混凝土强度，不能低于加固应用的混凝土最低要求，倘若已有建筑混凝土构件的强度相对较低，亦或是密实性较低，甚至存在空洞或是蜂窝等问题时，设计人员需要对不满足加固条件的

混凝土构件进行置换，从而完成加固作业。设计人员在已有混凝土构件表面进行处理设计的过程中，需要对涂刷结构界面胶以及种植剪切销钉等形式进行设计，从而保证新老混凝土构件可以共同受力。在已有建筑结构的截面受拉区进行增补主筋的过程中，倘若已有建筑构件主筋的极限拉应力可以满足现行《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）中的有关规定。新增主筋根据规范使用了热轧钢筋，当正截面受弯被破坏时，便会使得一次受力以及二次受力所增加的主筋屈服。所以设计人员需要从结构安全的角度出发，对新增主筋的强度进行科学折减。

**（四）技术对比**

以某建筑工程为例，该建筑工程东西跨距48.17m，南北跨距41.8m，结构为框架剪力墙结构，主体建筑结构混凝土构件居多，因建筑使用功能调整，根据业主方要求，对该建筑进行加固补强。下表为框架板内力及配筋数据表，下表中的 $qk$ 代表着建筑活载<sup>[2]</sup>。

表1 框架板内力及配筋数据表

$qk/$ $kN \cdot mm^{-2}$	厚度 /mm	$M/kN \cdot m \cdot m^{-1}$		$As/mm^2 \cdot m^{-1}$			备注
		支座	跨中	支座	跨中	跨中Y	
3.4	90	4.0	2.1	301	276	276	小配筋 275
5.9	90	5.3	2.9	411	275	275	小配筋 275
8.0	90	6.4	3.6	465	304	275	最小配筋 275
10.0	90	7.6	4.3	550	369	312	

设计人员在施工作业之前，决定采用增大截面法进行加固补强，并从设计安全性、经济性以及适用性等角度，甄选加固补强设计方法，并对以下加固补强技术进行对比分析，具体如下：（1）粘钢加固技术：设计人员需要对施工过程中机械设备应用不便的问题进行考量。所以在设计中，设计人员可以借助黏接剂将钢板与混凝土进行连接，使二者构成一个整体，并借助钢板的抗拉强度提升混凝土构件的承载能力。（2）置换加固技术：设计人员需要在已有建筑中承载力不足的混凝土构件进行置换，选用承载力满足设计要求的混凝土进行浇筑。但是就上述项目而言，由于混凝土置换的成本过高，且无法使用机械施工，使得工程预算高于业主要求，所以该项加固技术不适用于本次设计。（3）增大截面技术：由于混凝土构件的承载力与截面面积为正比例关系，设计人员可以在已有建筑结构的基础上增加新的受力钢筋以及混凝土，使得新老结构可以共用受力，从而提高已有建筑结构承载力，较为适用于本次施工设计。因此，经过技术对比，上述加固补强技术虽然可以取得一定成效。但是增大截面技术的优势更为明显，更

加适用于本次作业及同类型施工作业之中<sup>[3]</sup>。

**二、粘贴钢板加固补强技术**

粘贴钢板加固技术在具体应用过程中，可以在一定程度上提升已有建筑混凝土构件的抗拉性能以及弯曲性能。设计人员从钢结构特点角度着手分析，粘贴钢板加固技术可以有效的提升混凝土结构强度，从而规避因混凝土建材承载力不足所导致的开裂问题。设计人员在对粘贴钢板加固技术进行应用的过程中，可以借助钢板建材承受开裂结构侧面的拉力以及剪力，以此来有效的提升建筑结构的承载能力。该种加固补强技术的操作时间相对较短，且占据施工空间相对较小。同时可以取得相对较为明显的加固补强效能。但是该项加固补强技术并不适用于承载能力疲劳荷载或是设计年限相对较长的新建工程加固作业中，这是因为加固胶的耐候性以及耐久性相对较弱，长期使用中比较容易出现老化问题，使得钢板与加固结构的截面出现错位问题。该项加固补强技术具有相对较好的经济优势，但对于施工作业的环境问题以及湿度的要求相对较高，与增大截面法相比较而言，前者的操作难度较高。所以在设计过程中，设计人员需要保证钢板背面胶体的质量，保证其不会受到高温作用而失效。总而言之，在实际使用过程中设计人员需要根据实际情况来进行技术甄选与设计，从而保证已有建筑结构的稳定与安全性。

**三、外贴纤维加固补强技术**

该种加固补强技术可以有效的提升已有建筑结构的抗震性以及弯曲性能。设计人员可以甄选高强度纤维复合材料，并且借助黏结剂将其与需要加固补强的混凝土构件进行连接，从而提升已有建筑混凝土构件的受弯以及受剪性能，对其原始结构荷载力进行改善。由于高强度纤维复合建材主要由纤维材料以及胶粘树脂等原材料构成。材料本身质地轻薄，使用时间相对较长，可以在一些潮湿等环境中适用，且维护成本相对较低。但其并不适用于一些高刚度的混凝土结构之中，因而设计人员在对其进行应用设计的过程中，需要对高强度纤维复合材料的耐火性以及受力极限进行考量，使用时也务必对比防火性进行处理。除此之外，碳纤维布在受拉时能够形成一个加强层，增加了混凝土的受拉承载力和刚度，所以可以采用碳纤维布来提高混凝土受弯构件的抗弯能力。通过有限元模拟分析可知，当采用“三折线”法进行抗弯承载力计算时，碳纤维布与混凝土界面应力分布较为均匀，并且界面黏结力较大；当采用“四折线”法进行抗弯承载力计算时，碳纤维布与混凝土界面应力分布不均匀，且界面黏结强度较低。因此，采用“三折线”法进行抗弯承载力计算更为合理，能够为工程实际中提供了技术依据<sup>[4]</sup>。

#### 四、间接加固补强技术

间接补强加固技术是建筑补强作业中的常见技术形式，当前相对较为常见的间接加固补强技术主要涵盖预应力法、增设支点法、压浆补强以及喷射补强等，具体如下：（1）预应力法的施加方式相对较为多样，设计人员需要根据已有建筑混凝土结构的加固补强需求或是截面形式及承载力标准来对其进行甄选。当前应用相对较多的预应力法为体外预应力加固补强。设计人员可以对体外施工预应力进行设计，从而改变已有建筑混凝土结构的受力状况。同时基于等效荷载等原理对已有建筑混凝土结构进行卸力。预应力法的施工难度不高，且流程相对较为简单，对已有建筑结构不会产生巨大的影响，可以使得已有建筑结构快速恢复至使用状态。所以预应力法可以在已有建筑混凝土结构腐蚀较为严重，且建筑整体承载力较大的加固补强施工过程中进行应用，最大限度降低已有建筑外应力荷载，提升已有建筑混凝土结构的综合性能。（2）增设支点法的设计原理相对简单，且实际操作流程也较为便捷。设计人员通过增设多个支点来降低已有建筑混凝土结构的计算跨度，从而提升混凝土结构的承载性能，但增设支点属于施工难点内容，同时也可能对已有建筑构件的二次受力造成影响，所以该项加固补强技术多适用于板以及网架等水平结构，或对空间及外观效果要求不高的梁板结构作业之中。（3）压浆补强技术可选的浆液原料种类相对较多，所以该项加固补强技术可以满足多种补强作业要求。水泥作为相对较为常见的灌浆建材，在压浆补强技术中有着相对较为普遍的应用。但是在设计的过程中，设计人员需要对压浆的时间以及压力数值进行科学把控，借助专业设备进行操作。（4）喷射补强技术的操作时间相对较短，且喷射出的混凝土可以在短时间内快速成型，具有良好额定黏结能力，同时由于该项加固补强技术的应用效果较好且操作便捷，在建筑结构加固补强领域有着相对较为广泛的应用。

已有建筑混凝土构件加固补强技术种类繁多，设计人员需要根据实际情况来甄选合适的加固补强技术，并从施工时间、空间以及其他限制条件等角度对其进行对比分析，如下表所示。

表 2 加固补强技术对比表

技术类型	构件规格	时间	空间	设备	耐久性
增大截面法	大	较长	大	需要	好
粘贴钢板法	大	短	小	不需要	好
外贴纤维复合材料	相同 (原始构件)	短	小	不需要	较低
喷射补强	相同 (原始构件)	短	小	需要	好

#### 五、其他技术

除去上述四种相对较为常见的加固补强技术外，在对已有建筑混凝土构件进行加固补强的过程中，设计人员还可以加固补强技术进行优化设计：（1）锚栓锚固技术。因为锚栓的重量以及体积相对较大，所以使用起来存在一定的限制性，其不能在受损相对较为严重的混凝土结构中进行使用。该项加固补强技术多应用于承重级别相对较高的混凝土结构之中，同时其对混凝土的强度有着相对较高的要求。（2）植筋法。该种加固补强技术可以应用于已有建筑结构出现偏移，从而导致建筑结构承载力下降的情景之中。设计人员可以根据已有建筑构件的承载能力将螺栓式钢筋或是普通钢筋植入混凝土构件之中，从而提高混凝土构件的弯曲性能以及整体强度。（3）外包钢法。设计人员借助钢材将加固构件进行包裹，并对其灌注黏结剂，使得钢材与加固构件有效结合，其余增大截面法的原理相似，多用于混凝土主梁等结构中，对环境温度有着一定要求<sup>[5]</sup>。

#### 结论

综上所述，设计人员将多样化的加固补强技术充分的应用在已有建筑混凝土受弯结构补强加固作业之中。不仅可以有效的提升混凝土构件的弯曲性能以及抗震性能，还可以行之有效的增强混凝土构件实际承载力，最大限度的提升建筑结构的整体安全性，满足业主的基本要求。因此，在实际设计工作中，设计人员需要根据实际情况做好技术设计工作，全面提升已有建筑混凝土受弯构件的承载性能，保证后续施工建设安全，切实促进我国建筑行业的健康可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 付郁桐, 周靖东, 徐照鑫, 等. 某砖混结构建筑火灾后检测鉴定与维修加固技术应用研究[J]. 砖瓦, 2023, (08): 121-123+126.
- [2] 王权. 超高层建筑连梁开洞加固技术研究及有限元分析[D]. 贵州大学, 2024.
- [3] 文发勇. 高强铝合金筋嵌入式加固柱偏心受压性能与设计方法研究[D]. 长安大学, 2023.
- [4] 余家笔. 高性能防水胶粘剂在钢筋混凝土结构补强加固中的应用[J]. 粘接, 2023, 50(01): 48-52.
- [5] 王鸣, 方龙熙, 付绪峰, 等. 某多层剧院建筑改造与抗震加固分析[J]. 建筑结构, 2022, 52(S2): 1761-1765.