

纤维增强复合材料在建筑结构加固工程中的应用研究

王少良

中土城联工程建设有限公司

[摘要]在建筑领域，混凝土结构是目前最为传统和常见的一种结构形式。混凝土结构在经历较长的使用年限后，往往存在一定的开裂、破损、钢筋锈蚀及渗水等病害，导致承载力不足，给后续使用带来一定的安全隐患，因此，需要进行相应的加固处理，以保证结构性能符合使用要求。常见的混凝土结构加固方法较多，包括粘钢法、外包钢法、增大截面法、托梁拔柱法、碳纤维法、预应力法、套箍法等等，各种结构加固方式在工艺、造价、应用效果等方面均有优劣，适用于不同的工程场合和工况。本文主要分析纤维增强复合材料在建筑结构加固工程中的应用。

[关键词]老旧建筑；结构加固；碳纤维布；功能转换

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.1171

引言

对于FRP材料及其在加固混凝土结构领域的应用，从构件层次到结构整体，国内外众多科学者和材料生产厂家相继进行了大量的设计试验与理论研究，并取得了丰硕的成果。目前，土木工程中常用的FRP材料主要包括树脂基体的碳纤维（CFRP）、玻璃纤维（GFRP）和芳纶纤维（AFRP），其中，碳纤维（CFRP）在建筑结构加固领域得到了广泛的应用和推广。

1、纤维复合材料在建筑结构加固中应用的意义

建筑结构在长期使用过程中，受外界环境因素、人为因素等的作用，会逐渐出现功能降低、结构不稳的情况，而只有通过有效加固，才能够解决这一问题。一般情况下，我国对于建筑结构的设计使用期限多为50年，这意味着大部分建筑结构仅能够在50年内满足人们的使用需求，而超过50年后若想再继续使用，就必须再次加固建筑结构，否则存在着严重的安全隐患。另外，有时遇到一些特殊情况，例如地震破坏、外力撞击破坏等，建筑结构也许不到使用期限就需要进行加固。由此可见，加固建筑结构是一项非常重要的工作。而若想切实保证建筑结构加固效果，就必须采取一些科学有效的加固建筑结构技术。经大量实践经验表明，应用纤维复合材料来进行建筑结构加固是一项十分行之有效的方法，我们可以称这种方法为纤维复合材料加固建筑结构技术。利用纤维复合材料加固建筑结构技术，不仅可以良好解决建筑结构受损问题，大大提高建筑结构性能，并且还能够保存原本的建筑结构状态，而不必使建筑结构发生改变。同时，纤维复合材料加固建筑结构技术在实际施工过程中非常方便简单、省时省力。无论是对于工业建筑还是民用建筑，均可以应用纤维复合材料加固建筑结构技术来提高建筑结构的抗震性能；再者，在楼面板加固、钢筋混凝土梁抗弯等方面，也可以应用到纤维复合材料加固建筑结构技术。

2、碳纤维增强复合材料

碳纤维作为复合材料有其优点，也有其不足。首先，碳

纤维表面官能团较少，化学性质不活泼且表面平滑，导致其与树脂难以实现良好浸润，复合材料界面性能下降，碳纤维与树脂基体之间的界面结合力较弱，受外力作用时复合材料界面易先被破坏，无法有效地将载荷传递到碳纤维，从而限制了碳纤维复合材料的综合性能。复合材料的界面层容易在外力作用下产生微裂纹，引发应力集中并最终破裂。即使通过其他方法增强了界面层，仍无法避免微裂纹的产生。而界面破裂后不仅难以发现，且无法自行复原，因此界面破坏后材料性能将明显降低，同时大大影响复合材料的使用寿命。此外，碳纤维直径较细，存在比表面积小、活性比表面积小、碳原子数目少和表面能低等缺点，导致其表面疏水，与基体之间的接触角大，进而影响碳纤维与复合材料之间的粘结性。通过碳纤维表面改性工艺、利用化学气相沉积生长碳纳米管/碳纳米纤维，结果表明其复合材料增加了碳纤维表面粗糙度以及纤维与树脂之间的结合面积，显著改善了界面结合效果。何焯健以化学改性为主要方法增强了碳纤维与树脂基体的界面强度，并引入界面修复，从而提升了该复合材料的界面性能。鄢飞构建碳纳米管/铜/碳纤维多尺度结构，将铜粒子与碳纳米管同时沉积到碳纤维表面，起到增强界面强度的作用，通过SEM结果表明铜和碳纳米管均匀地修饰到了碳纤维表面，并实现同步沉积。郭婷婷[4]采用电聚合方法改性碳纤维，结果表明电聚合改性后的碳纤维与环氧树脂基体之间粘结性能提升。采用阳极氧化法和热压成型法制备碳纤维金属层板，指出碳纤维（CF）预浸渍工艺能增强CF与基体的界面结合，从而使得Al/CF/PA6复合层板的力学性能有所提高，其中弯曲强度和冲击强度都得到了提高。碳纤维本身具有可编织性，因此有学者通过碳纤维织物来增强复合材料，另外编织物上可以附着其他物质，因此通过加入其他物质可增强编织物的相关机械性能。碳纤维布复合材料包括碳布、树脂粘结剂以及填料，可以得到具有良好耐磨损性能的复合材料。合材料摩擦磨损性能的影响，发现SiC的加入能够提高复合材料的表面硬度。SiC填料对碳布复等人研究了不同纳米颗粒的加入对材料性能的影响，发现纳米CaCO₃、纳米TiO₂以

及纳米SiO₂的加入都能够提高碳纤维织物的力学性能和耐磨性能。其中, 纳米CaCO₃对提高材料的耐磨性最有效。

3、碳纤维加固关键工艺

3.1 施工前的准备

对施工作业人员进行技术和安全交底, 使其掌握胶黏剂调配和纤维布粘贴工艺的操作要点, 特殊作业人员需要持证上岗。同时, 准备马凳、钢丝刷、脚手架、空压机等后续可能需要加固补强的机具。在加固施工前, 保证粘贴碳纤维布的构件上面没有堆载现象, 避免其处于受载状态, 影响后续加固效果。另外, 施工前应按设计要求对需要加固构件的碳纤维布位置进行放线定位, 保证施工精度。

3.2 涂刷底胶

底胶的涂刷有利于提高构件混凝土基层的强度, 并更好地与碳纤维材料结合为整体。涂刷底胶前保证施工环境处于适宜的温湿度范围且基层干燥、无积水。底胶按产品说明书要求进行配制, 一次性不得配制过多, 以一次施工完成为准, 多余的底胶不得在超过规定时间后继续使用。采用滚筒或刷子将底胶均匀涂刷于混凝土表面上, 阴阳角或拐弯处适当涂厚点。底胶自然风干后, 应将凸出于基层表面的部分用砂纸磨平, 磨平后露出混凝土实体时应再次用底胶涂刷, 直至基层平整且底胶均匀涂抹。

3.3 纤维布粘贴

按照规定比例称重配制碳纤维胶水, 低速混合搅拌, 使胶体颜色均匀无气泡。在粘贴面上按设计要求弹出相应尺寸线, 根据尺寸准确裁剪纤维布。纤维布裁剪量以当天用完为准, 裁剪后施工中如需接长, 其接长量宜大于20cm。粘贴施工时, 应将纤维布对准划线位置, 并按照一定的顺序, 由上至下或从左向右有序进行。一边粘贴纤维布一边用压板将纤维布与基层混凝土之间的空气排出, 并实时观察严密性情况, 保证粘贴密实, 出现气泡或间隙时及时处理。粘贴时, 应保证纤维布被胶水充分浸润, 以保证粘结效果, 同时构件两端不整齐时, 可由中心向两侧方向进行粘贴。

3.4 应重视纤维复合材料的研发及技术标准制定

碳纤维材料高分子材料材料目前在国内建筑行业应用尚不十分广泛, 目前主要应用于一些专业性较高的建筑结构中。主要原因在于许多碳纤维材料产品仍然必须从国外购买, 这不仅增加了建造成本, 而且限制了新材料和新技术的应用。同时, 我国现阶段依然使用的是国外的技术标准和规范, 现有的结构加固和修复技术方法已越来越不适用。迫切需要制定适合于我国国情的技术标准和建筑加固施工作业规程, 以改善碳纤维材料和高分子材料的建筑应用技术。因此, 加强对纤维复合材料的研发力度, 提升产品质量, 并制定适合的材料生产技术标准和建筑加固施工作业规程, 是现阶段的重点

问题。

3.5 纤维艺术对建筑空间的装饰

从外在表现形式上进行划分, 可将纤维艺术纳入雕塑领域。将纤维艺术作品放置于建筑空间的中央或一角, 充分发挥其雕塑功能, 使其成为标志性装饰物。从材料上进行划分, 可将纤维艺术视为建筑空间的一部分。其承担着支撑与连接建筑结构的作用, 是建筑空间中的一种建筑材料, 但这种建筑材料会随着社会环境与建筑内部环境的变化而产生一定的艺术价值。这两种特性使得纤维艺术作品不仅具有使用价值, 还为建筑空间增添了艺术性, 既是一个具有观赏价值的装饰作品, 也是一个具有使用价值的装置作品。由于自身所具有的多变性, 纤维艺术材料与其他装饰材料有着较大的差别, 在装饰方面有着更广阔的应用空间。另外, 在不同的建筑空间中, 可以根据不同的主题选择不同的纤维艺术作品, 充分发挥纤维艺术精神表达的作用, 从视觉、听觉、触觉、嗅觉等方面向人们传达信息, 从而使观者获得良好的体验, 满足人们在不同环境下不断变化的心理需求。

3.6 碳纤维材料的粘贴

等待底层涂料涂覆完毕并干燥后, 将碳纤维材料按照受损构件表面尺寸制成碳纤维布, 使用树脂基粘结材料将碳纤维布粘贴在受损表面上, 粘贴完成后用力按压碳纤维布和受损表面, 将两者间的孔隙排出。在粘贴多层碳纤维材料时重复上述步骤。粘贴过程需要注意两点: 粘贴表面需要保持干燥和光滑状态; 粘贴表面的钢筋不能出现锈蚀状态, 需要提前打磨掉钢筋表面的氧化皮。

结束语

在建设工程中, 利用碳纤维布对老旧建筑以及受损建筑进行增强和加固的应用越来越多, 现今此项工程技术已日趋成熟。利用碳纤维对结构进行加固的方法, 具有耐久性好、施工简便、不加大截面、不增加荷载以及外形美观等诸多优势。本工程汽车库建筑由于年久失修且使用功能已不符合建设单位的需要, 因此通过采用碳纤维布进行加固补强的方法, 在加固受损楼板、墙体等构件的同时, 达到了转换建筑使用功能的目的, 避免了拆除重建带来的资源浪费和成本投入, 具有良好的社会与经济效益。

参考文献

- [1]叶列平, 冯鹏. FRP在工程结构中的应用与发展[J]. 土木工程学报, 2006, 39(3): 24-36.
- [2]孙晓燕, 黄承逵, 孙保沐. 既有桥梁外贴纤维布加固后可靠度分析[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2005, 35(3): 427-432.
- [3]张露. 碳纤维复合材料加固带缺陷木梁的试验研究[J]. 林业工程学报, 2018(3): 128-135.