

# 高延性混凝土条带技术在瓦房店市农房抗震加固中的应用研究

文 / 程 良 瓦房店市住房和城乡建设局

**摘要:** 中国是一个地震高发国家,地震自然灾害发生时,农村自建房首当其冲的。实施农房抗震加固改造迫在眉睫,势在必行。农房抗震改造不仅是一项惠民工程,也是保障农民群众生命财产安全的必然要求,更是脱贫攻坚、乡村振兴重要途径。高延性混凝土(HDC)条带加固技术具有维修成本低、施工难度低、对既有建设物破坏性小、工期短、效果明显、技术成熟等诸多优点,在全国10个省、自治区、直辖市已有成功先例,是值得推广的一项新技术。高延性混凝土条带加固技术节省建筑材料、缩短施工工期、降低综合成本、保护生态环境、提高经济效益。高延性混凝土中掺入粉煤灰等工业废弃物替代水泥,大大减少环境污染,符合绿色建筑和可持续发展理念。高延性混凝土条带加固是一种技术的新突破,延长了老旧自建房使用寿命,让传统建筑焕发新活力,值得推广使用。

**关键词:** 农房; 抗震加固; 高延性混凝土(HDC)

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.11.055

## 引言

在中国广袤的土地上,农村占据很大的地理面积。广袤的农村土地上,分布着大量的自建房屋。而这其中以砖木结构的自建房为数量最多。早期建成的自建因历史、材料、技术等多重原因的限制,使得自建房缺乏抗震构造措施,这直接导致了自建房整体性差、抗震设防能力不足。我国又是一个地震高发国家,一旦发生地震自然灾害,农村自建房首当其冲。因此,对农房实施抗震加固改造迫在眉睫,势在必行。农房抗震加固改造不仅是一项惠民工程,也是保障农民群众生命财产安全的必然要求,更是脱贫攻坚、乡村振兴重要途径。2019年7月29日住房和城乡建设部、财政部、国务院扶贫办联合下文,支持各地区开展农房抗震改造试点工作。旨在提高农村地区农房抗震设防能力,最大程度保护人民群众生命、财产安全,不断增强群众的获得感、幸福感、安全感。

以辽宁省大连瓦房店市为例,该市自从2019年收到上级部门农房抗震改造任务指标后,至2021年上半年近两年的时间里,农房抗震加固改造任务,步履维艰一户没有得以实施。究其因,传统“地梁+构造柱+圈梁”的维修加固方式施工难度大,造价成本高,房屋破坏性大,十分不被农户接受。综上所述,使得该市农房抗震改造工作进入瓶颈期。2021年6月15日由上级部门统一组织带队赴西安建筑科技大学、陕西省咸阳市、山西省太原市考察学习高延性混凝土条带加固技术。高延性混凝土被称为“可弯曲的混凝土”<sup>[1-2]</sup>,是西安建筑科技大学邓明科教授多年探索研发的一项新技术,在国内首创高延性混凝土条带加固技术应用于农村砌体房屋抗震加固改造工程上,使加固后的农房可抵抗9度以上地震<sup>[3-5]</sup>。高延性混凝土条带加固技术通俗的解释:就是在传统的复合水泥当中加入了黏合剂、粗纤维织物。通过搅拌使三者充分结合,形成一种特殊性质的水泥胶。涂刷在房屋的内部墙上,如同“胶布”一样,把砖石牢牢固定住,

大大提高房屋整体性、抗震性。一旦发生地震,最大程度上减少人员被砖石砸伤的风险。这项技术最大的特点为,维修成本低、施工难度低、对既有建设物破坏性小、施工工期短、加固效果好、技术成熟。全国已有陕西省、山西省、河南省、云南省等10个省、市、自治区采用高延性混凝土条带内外墙加固法实施农房抗震加固改造的成功先例,是住建部大力推广的一项新技术。

正所谓:“淮南为橘 淮北为枳”,为验证高延技术适应瓦房店市农房抗震加固要求,考察学习归来后,按照上级部门的统一工作部署安排,在大连瓦房店市某乡镇选取了两处具有代表性的农房进行试点改造试验。试点改造工程通过了上级部门组织的专家论证。

农房抗震加固试点改造工程的成功,充分认证了高延性混凝土条带加固技术的可行,为帮助完成农房抗震加固改造任务提供了一条重要的途径,现系统介绍高延性混凝土条带加固技术在农房抗震加固实践中的应用。

## 一、目标农房选择

目标农房的选择是农房抗震加固改造工作中十分重要的一个环节。选择目标农房有两个需要特别注意的事项:一是,房屋安全等级只限定在A、B、C三个安全等级,D级农房不适宜采用高延性混凝土条带加固技术。对于A级、B级、C级、D级四个房屋安全等级的确定,需要委托第三方专业房屋鉴定机构进行房屋安全鉴定。实践发现,D级房屋中高延性混凝土条带技术很难适用。因此对D级房屋不再采用此加固技术。二是承重墙体为土坯材质的农房不宜选择。实践证明,高延性混凝土与土坯墙体很难形成有效黏结。挂网铆钉虽能一定效果,但对房屋破坏性加大,又增加了施工成本和施工难度。因此,不选取土坯房为目标农房。最终,确定以砖石材质墙体的农房作为目标农房。

## 二、农房抗震鉴定

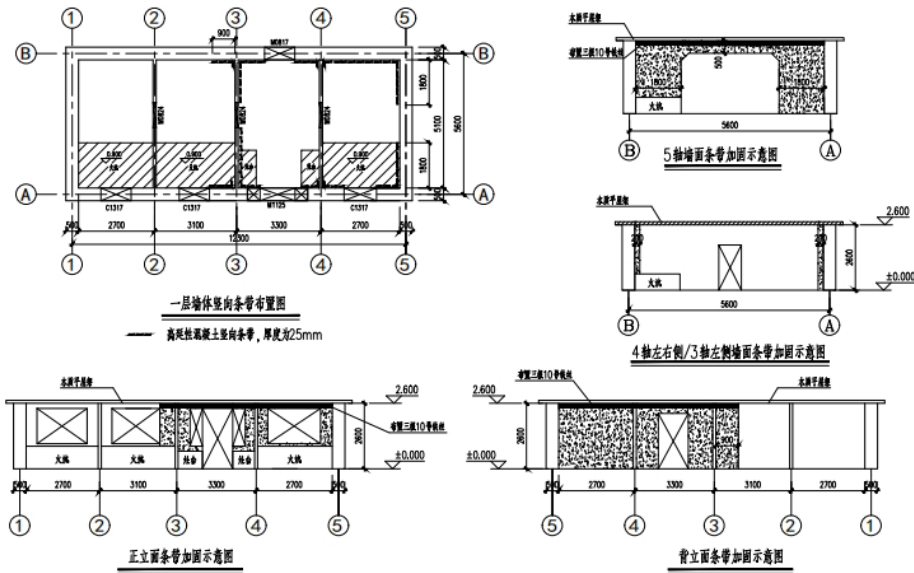
农房抗震鉴定分“事前”和“事后”两次鉴定,鉴

定标准依据《农村住房安全性鉴定技术导则》、《建筑抗震鉴定标准》等技术文件。“事前”鉴定涉及对房屋的结构、材料、设计以及地基等多方面进行细致的检查和评估，对农房结构中是否设置地梁、构造柱、圈梁等抗震构件进行判断，以确保房屋在地震发生时能够保持稳定性和安全性。“事后”鉴定是在高延性混凝土条带加固验收环节，综合判断高延性混凝土条带能否将墙体有效联结形成框架结构。上述两个鉴定环节，都是依托第三方机构而开展进行的。

### 三、一户一方案

以大连瓦房店市农村地区为例，该地区有着统一的

乡村规划要求，房屋的结构形式也大致相同，每间房屋基本以开间 3.3 米，进深 6-8 米的为主。但房屋每户的面积、间数、室内布局不尽相同。因此，该市对目标农房采用一户一方案的原则进行加固设计。加固方案设计的原始数据采集在“事前”鉴定环节进行获取。图纸设计完后，组织施工单位进行图纸交底。施工单位严格按照设计图纸进行施工，确保经抗震加固改造后房屋的质量、安全和稳定性都满足抗震要求。一户一方案，也便于监理单位对工程质量、安全的监督管理，综合提高施工效率和保证工程质量，降低施工成本。



### 四、高延性混凝土条带加固施工流程

#### (一) 墙体基层处理

施工人员对房屋内墙墙体表面进行拆除，使墙体露出砖石，处理好残留的灰粉，保留一定深度的灰缝。而后对墙体进行喷水湿润。



因农村自建房每家每户墙体材质不尽相同，填充材料质量也各有千秋。对于那些墙体基层质地相对较差的房屋，设计要求施工人员使用素水泥浆对墙体进行 2-3 遍涂抹，旨在强化高延性混凝土与墙体之间的黏合度，防止后期出现分离开裂。对于孔径过大的墙体，设计要求施工人员及时对墙体进行填充处理，直至满足高延性混凝土抹压要求。

#### (二) 高延性混凝土拌制

高延性混凝土分为 A、B 两种配料。A 料为粉料，主要是复合硅酸盐水泥，B 料是纤维。拌制时，要严格遵循产品说明书规定的操作要求进行拌制。高延性混凝土

的拌制分人工拌制和机械拌制两种。条件允许可采用强制式混凝土搅拌机进行拌制。机械拌制效率高，成品率高。高延性拌制要严格控制用水量，严禁不按配合比过量加水。



拌制时间一般控制在 10 分钟之内，目的是让纤维与粉料充分融合。拌制完成后，随即上墙使用，存放时间不应超过 30 分钟<sup>[6]</sup>。

#### (三) 条带部位抹压

高延性混凝土条带抹压要严格依据设计图纸要求进行施工。施工前 2h 进行墙体洒水润湿，使墙体保持湿润状态，严禁出现因水分过度饱和而产生成股流淌现象，破坏高延性混凝土和易性。抹压为分层抹压，先用混凝土填充砖石空隙，并高于墙表面 1 厘米厚度。等待收水后进行二次抹压。二次抹压要控制在初凝前进行。二次抹压主要是避免墙体出现空鼓、脱层、裂缝等质量问

题,使层与层之间粘接密实。高延性混凝土抹压要尽量一次完成,梁、柱、转角等关键节点部位一次抹压成型,严禁分段施工。

#### (四) 条带部位养护

高延性混凝土含有特殊纤维,因此需要采取较为细致的养护措施,确保其延展性能得到充分发挥。为防止混凝土收缩开裂,高延性混凝土抹压完成后,墙体要进行喷水养护。养护在面层终凝后开始,养护周期不少于7天<sup>[7]</sup>。喷水次数应根据能够保持混凝土湿润的状态而决定。养护期间应定期检查混凝土的湿润情况和表面状况,如发现干燥或裂缝应及时处理,以防止混凝土表面过快干燥而产生大开裂,影响混凝土与墙体之间的良好黏结。

#### 五、室内恢复性装饰装修

高延性混凝土条带加固通过质量验收后,施工单位对农房室内进行恢复性装饰装修。实践发现此装饰装修环节十分重要,这对于提升农户满意度、接受度有着至关重要的意义。鉴于农大连瓦房店市地区每户抗震加固补助标准,在装饰装修环节为农户提供两种选择:一种选择是在改造墙体重新刮大白、喷涂乳胶漆;第二种选择是在改造墙体加装饰面板材。装修过程中,如果农户对装饰装修有更高标准和个性化需求,允许农户与施工单位通过协商一致后实施。



#### 六、HDC 条带加固技术监测和评估

为了确保农房抗震加固效果,对HDC条带加固技术监测和评估是必不可少的环节。为此,可以从以下几个方面对HDC条带加固技术在农房抗震改造工程进行监测和评估。通过系统的监测和评估,可以确保HDC条带加固技术的有效性和可靠性,延长结构的使用寿命。

##### (一) 监测内容

定期检查HDC条带的外观,观察是否有裂缝、剥离、鼓包等异常现象。通过敲击或超声波检测,评估HDC条带与基材的黏结情况。使用应变计或光纤传感器,监测HDC条带在荷载作用下的应变变化。通过位移传感器或全站仪,监测加固结构的位移和变形情况。使用裂缝剂或数字图像处理技术,监测裂缝的宽度和扩展情况。

##### (二) 评估方法

主要通过,通过施加荷载,测试加固结构的承载能力和变形性能,评估加固效果。采用超声波、红外热成像等无损检测技术,评估HDC条带与基材的黏结质量和内部缺陷。利用有限元分析等数值模拟方法,评估加固

结构在不同荷载条件下的应力分布和变形情况。通过长期监测,评估HDC条带加固结构的耐久性和性能退化情况。

##### (三) 评估标准

HDC条带与基材的黏结强度应满足设计要求,通常通过拉拔试验进行评估。加固后的结构应满足设计荷载要求,通过荷载试验验证。加固结构的变形应在允许范围内,通过位移监测和数值模拟进行评估。HDC条带加固结构应具有良好的耐久性,通过长期监测和加速老化试验进行评估。

##### (四) 报告与记录

定期编写监测报告,记录监测数据、异常情况和处理措施。编写评估报告,总结加固效果、存在的问题和改进建议。建立完整的监测和评估档案,便于后续维护、管理以及大规模推广使用农房抗震加固改造工程HDC条带技术作准备。

#### 结语

高延性混凝土条带加固技术可有效解决农房抗震加固改造诸多问题。通过高延性混凝土条带加固后的农房具备较高的抗震性能。相比传统施工方式,高延性混凝土条带加固技术具有对原有房屋结构破坏性更小、施工流程更加简单、施工效率更加高效。高延性混凝土条带加固技术节省建筑材料、缩短施工工期、降低综合成本、保护生态环境、提高经济效益。高延性混凝土因掺入粉煤灰等工业废弃物替代水泥,大大减少环境污染,符合绿色建筑和可持续发展理念。高延性混凝土条带加固是一种技术的新突破,延长了老旧自建房使用寿命,让传统建筑焕发新活力,值得推广使用。

#### 参考文献

- [1] 邓明科,孙宏哲,梁兴文等.延性纤维混凝土抗弯性试验研究[J].工业建筑,2014,44(5):85-90.
  - [2] 邓明科,孙宏哲,梁兴文等.延性纤维混凝土抗弯性试验研究[J].工业建筑,2014,44(10):107-116.
  - [3] 邓明科,董志芳,杨铎等.高延性混凝土加固震损砌体结构振动台试验研究[J].工程力学,2019,36(7):116-125.
  - [4] 邓明科,刘政华,马福栋等.聚乙烯醇纤维改性高延性混凝土双面剪切试验及剪切韧性评价方法[J].复合材料学报,2020,37(2):461-471.
  - [5] 邓明科,高晓军,梁兴文等.ECC面层加固砖墙抗震性能试验研究[J].工程力学,2013,30(6):116-125.
  - [6] 祁会军.农房抗震加固用高延性混凝土研究.核农学报[J],2022,09(30):155-156.
  - [7] 张道令,易鹏,岳潇潇;高延性混凝土在农房抗震加固工程中的应用.2021年全国土木工程施工技术交流会论文集(上册)[C],2021,06(3):463-465.
- 作者简介:程良(1987—)男,汉族,辽宁省瓦房店市人,研究生,高级工程师,研究方向:村镇建设与管理研究。