

# 第九届(2024年度)陕西省土木建筑科技 科技进步奖申报项目公示材料

## 一、项目基本情况

项目名称	既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用
主要完成人	牛荻涛, 邢国华, 李安邦, 徐善华, 魏超琪, 赵珺, 孙彬, 连晖, 文波, 董振平, 曾珂
主要完成单位	西安建筑科技大学, 陕西省建筑科学研究院有限公司, 长安大学, 中国建筑科学研究院有限公司, 西安建筑科大工程技术有限公司, 中国建材检验认证集团厦门宏业有限公司
申报等级	一等奖
联系人及电话	邢国华 13571917390

## 二、项目简介

位于高烈度地震区的大量既有钢筋混凝土结构, 其在长期服役过程中, 不断遭受环境作用与地震作用的双重威胁, 势必引起材料、构件、结构的动力行为和地震灾变机理发生变化, 从而造成既有钢筋混凝土结构抗震性能退化。对于既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升而言一直存在“耐久性损伤对混凝土结构抗震性能的影响及其地震灾变机理研究缺失”、“耐久性损伤混凝土结构抗震性能评估方法欠合理”、“耐久性损伤混凝土结构抗震性能加固技术缺乏针对性”等问题。鉴于此, 项目组在国家基金重点项目、国家杰出青年基金项目、科技支撑计划子课题等 7 项国家级项目和 4 项省部级项目资助下, 历时 20 余年, 围绕耐久性损伤混凝土材料与构件的动力行为、耐久性损伤混凝土结构的地震灾变机理、抗震性能评估方法与加固技术等开展系列研究, 形成如下创新成果:

- 1) 建立了耐久性损伤混凝土材料动力本构模型与构件恢复力模型, 突破了耐久性

损伤混凝土结构抗震性能评定的技术瓶颈。

揭示了混凝土冻融、碳化及钢筋锈蚀对钢筋混凝土材料动力行为的影响机理，建立了冻融损伤混凝土、碳化混凝土、锈蚀钢筋动力本构模型和耐久性损伤钢筋混凝土粘结-滑移动力本构模型，探明了耐久性损伤混凝土构件的地震破坏机理与抗震性能退化规律，建立了耐久性损伤混凝土构件的恢复力模型。

2) 提出了耐久性损伤混凝土结构抗震性能评估方法，实现了耐久性损伤混凝土结构抗震性能的科学评估。

提出了既有结构评估用地震作用取值方法，建立了评估用地震动功率谱密度函数以及基于改进 ARMA 模型和随机化反应谱的既有结构评估用随机地震动模型，提出了耐久性损伤混凝土结构抗震性能评估的能力谱方法、区间可靠度方法和概率地震易损性方法。

3) 创建了耐久性损伤混凝土结构抗震性能加固技术体系，解决了耐久性损伤混凝土结构抗震性能提升的技术难题。

研发了高强铝合金嵌入式加固混凝土框架结构新体系，揭示了高强铝合金嵌入式补强混凝土结构的破坏机理，建立了高强铝合金嵌入式加固混凝土框架结构抗震设计方法，开发了铝合金嵌入式加固钢筋混凝土结构设计程序；提出了高性能灌浆料-屈曲约束支撑加固混凝土结构抗震性能新技术，建立了屈曲约束支撑整体稳定性设计方法，完成了屈曲约束支撑加固混凝土结构规范化工程设计流程。

项目涵盖耐久性损伤混凝土结构地震损伤行为、抗震性能评估方法与加固技术三部分，研究尺度涉及材料、构件、结构三个层面，耐久性损伤涵盖混凝土冻融、碳化、钢筋锈蚀三种类型，研究内容层层递进，形成了完备的评估与提升技术体系。项目成果显著提升了我国耐久性损伤混凝土结构抗震性能评估与加固研究的理论水平，许多方面填补了国内外理论与技术空白；主编行业、地方标准完善了我国混凝土结构耐久性和抗震领域的标准体系，推动了行业技术进步。研究成果构建了我国耐久性损伤混凝土结构抗震性能评估与提升基础理论、方法及技术体系，对我国工程结构防灾减灾具有重大的理论意义和实际价值。

项目成果显著提升了各类耐久性损伤混凝土结构的抗震性能，延长了结构服役寿命，保障了生产、交通的安全运营，取得了良好的应用效果，社会经济效益显著。

### 三、应用情况

项目成果累计被 200 余项工程采用，显著提升了各类耐久性损伤混凝土结构的抗震性能，延长了结构服役寿命，保障了生产、交通的安全运营，取得了良好的应用效果，社会经济效益显著。近 3 年累计节省维护费用超过 2.1 亿元，新增销售额超过 3.6 亿元，新增利润超过 1.2 亿元。

#### 四、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	钢筋混凝土梁近表面加固筋预应力施加装置及加固方法	中国	ZL201910740788.2	2021年10月	国家知识产权局	长安大学	邢国华, 常召群, 赵嘉华, 吴涛
2	发明专利	一种钢筋混凝土柱的加固结构及加固方法	中国	ZL201810904799.5	2020年8月	国家知识产权局	长安大学	邢国华, 常召群, 崔鹏, 王志萌, 王博, 吴涛
3	标准	屈曲约束支撑应用技术规程	中国	DB61/T 5014-2021	2022年1月	陕西省住房和城乡建设厅	陕西省建筑科学研究院有限公司	魏超琪, 赵俊贤, 韩伟, 张鹏, 柳明亮, 李皓, 郝晋升, 罗佑新, 苗晓瑜, 辛力, 邢启民, 董振平, 李德利, 贾晨, 贾明明, 南晓辉, 王晓明, 贺婷, 张航, 郭丽娟, 贺晶晶, 岳焱超, 信任, 罗冬, 卢晓岭, 黄艳斌, 邵立安, 崔延

								琬,李昕,李爽,郭盈利,迟雪晶
4	论文	Seismic performance of reinforced concrete columns after freeze-thaw cycles	中国	2016, 102:861-871	2016年11月	Construction & Building Materials	Xi'an University of Architecture and Technology	Xu Shanhu a, Li Anbang, Ji Zengyang, Wang Yan
5	论文	Bond properties for deformed steel bar in frost-damaged concrete under monotonic and reversed cyclic loading	中国	2017, 148:344-358	2019年03月	Construction & Building Materials	Xi'an University of Architecture and Technology	Xu Shanhu a, Li Anbang, Wang Hao
6	论文	在役钢筋混凝土连续刚构桥梁抗震性能评估	中国	2014,27(09):74-81	2014年04月	中国公路学报	西安建筑科技大学	赵珺, 牛荻涛
7	论文	基于区间分析的锈蚀钢筋混凝土结构使用寿命预测	中国	2012,33(06):110-115	2012年01月	建筑结构学报	西安建筑科技大学	孙彬,牛荻涛,王庆霖

8	论文	锈蚀钢筋混凝土梁承载能力分析的变角桁架模型	中国	40(1): 97-104	2018年10 月	建筑结 构学报	长安大 学、西安 建筑科 技大学	罗大明, 杨成雨, 邢国华, 牛荻涛.
9	论文	Reinforced concrete beams strengthened in flexure with near-surface mounted 7075 aluminum alloy bars	中国	2022, 148(1): 0402124 2	2022年06 月	ASCE Journal of Structural Engineering	长安大 学	Xing Guohua, Chen Xu, Huang Jiao, Zhang Yu, Ozbulut Osman E, Chang Zhaoqun
10	论文	大跨径在役桥梁随机地震动模拟方法	中国	2013,13( 01):27-3 5.	2013年01 月	交通运 输工程 学报	西安建 筑科技 大学	赵珺,牛 荻涛