**科技成果登记表**

|  |  |
| --- | --- |
| **成果名称** | 基于融合BIM与三维点阵技术的桥梁工程支架模板时空变形监控与预警研究 |
| **成果登记号** | 鲁交科评字[2023]第7号 | **知识产权** |  |
| **完成单位** |
| **序号** | **单位名称** | **通讯地址** |
| 1 | 山东交通学院 | 山东省济南市长清区海棠路5001号 |
| 2 | 山东省路桥集团有限公司 | 山东省济南市历下区经十路14677号 |
| 3 | 山东省大通建设集团有限公司 | 中国（山东）自由贸易试验区济南片区唐冶街道世纪大道9099号唐冶院士谷8号楼102室 |
| 4 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 山东省潍坊市诸城市皇华镇位井子村东岭 |
| 5 | 山东科晋软件科技有限公司 | 山东省济南市天桥区交校路号6号楼1楼112-18 |
| **完成人** |
| **序号** | **姓名** | **工作单位** | **对成果的贡献** |
| 1 | 赵瑜隆 | 山东交通学院 | 项目总负责人；负责整个项目的协调统筹与规划 |
| 2 | 杜海伦 | 山东省路桥集团有限公司 | 项目主要负责人；负责整个研究的理论基础与试验方案设计 |
| 3 | 王发强 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 负责室外试验的方案设计与工况设计 |
| 4 | 陈发明 | 山东省大通建设集团有限公司 | 负责传感器的调试与改善 |
| 5 | 任仲山 | 江苏高速公路工程养护技术有限公司 | 负责室外试验数据的检查 |
| 6 | 李晓波 | 济宁市公路管理局微山公路局 | 负责传感器的数据接收 |
| 7 | 邱玲 | 烟台市莱山公路建设养护中心 | 现场数据收据协调 |
| 8 | 管清泳 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 负责设置传感器安置点；定制试验模型箱 |
| 9 | 艾立 | 山东省大通建设集团有限公司 | 负责BIM平台建立 |
| 10 | 王正文 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 设计与加工传感器 |
| 11 | 刘娜 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 负责设置传感器安置点 |
| 12 | 赵之仲 | 山东交通学院 | 对传感器进行防水处理 |
| 13 | 马文 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 有限元模拟及理论研究 |
| 14 | 王日升 | 山东交通学院 | 有限元基础模拟及不同工况模拟 |
| 15 | 唐红刚 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 进行室外试验 |
| 16 | 杨立会 | 山东省大通建设集团有限公司 | 数据模拟 |
| 17 | 张凤瑞 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 进行室外试验 |
| 18 | 朱华 | 山东省大通建设集团有限公司 | 进行室外试验 |
| 19 | 管恩杰 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 对传感器的数据处理 |
| 20 | 崔凤坤 | 山东交通学院 | 对传感器的数据处理 |
| 21 | 王栋栋 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 对传感器的数据处理 |
| 22 | 许萌 | 山东交通学院 | 对传感器的数据处理 |
| 23 | 李冠群 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 对传感器的数据处理 |
| 24 | 李培庆 | 山东省路桥集团有限公司 | 对传感器的数据处理 |
| 25 | 苑克鹏 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 进行室外试验 |
| 26 | 张爱然 | 山东省路桥集团有限公司 | 进行室外试验 |
| 27 | 于芝斌 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 进行室外试验 |
| 28 | 王均胜 | 山东省路桥集团有限公司 | 进行室外试验 |
| 29 | 王健 | 山东舜都路桥工程有限公司 | 进行室外试验 |
| 30 | 徐海博 | 山东省路桥集团有限公司 | 进行室外试验 |
| 31 | 梁浩 | 山东科晋软件科技有限公司 | 进行室外试验 |
| 32 | 庞志强 | 山东省交通运输厅工程建设事务中心 | 对传感器的数据处理 |
| 33 | 侯小风 | 山东公路技师学院 | 有限元建模分析 |
| 34 | 张文涛 | 山东高速济南鲁达交通服务有限公司 | 协调现场试验 |
| 35 | 展玉华 | 山东交通学院 | 有限元建模分析 |
| 36 | 董舒静 | 山东交通学院 | 有限元建模分析 |
| **成果公报内容** |
|  满堂支架作为现浇桥梁临时支撑系统，其稳定性容易受到材料质量、整体形变特征与人为因素的影响。而承插式盘扣满堂支架作为空间网格代表性结构，遇到地基承载力与钢管自身材料不满足要求时，易发生失稳坍塌事故。但目前的监测指标不能完全覆盖影响因素，不能准确预测支架安全程度。伴随着信息化技术的突飞猛进，新的监控方法及指标体系研究已经具备了基本条件。为了预知支架稳定状况，有效的进行预警，本文利用角度传感器作为监测工具，综合采用理论分析、数值模拟、现场试验等方法，对承插式盘扣支架在荷载、地基沉降、材料自身性能等不同因素影响下的物理力学性能、变形规律及角度预警阈值等进行研究；以Web体系为基础的BIM平台与数据监控平台，将BIM平台与仪器监控数据平台相融合，实现了实时高效的监控和预警。课题的主要取得研究成果如下：（1）依托MIDAS-CIVIL有限元软件对具体桥梁承插性盘扣支架进行数值模拟，明确在正常使用极限状态的各个工况下各监测点在不同方向上的角度阈值，确定支架部分结构在正常使用极限状态下的变形特点与规律；确定承插式盘扣支架中挠曲最大的杆件，将杆件挠度转变为挠曲角度.（2）针对地基承载力不足与杆件材料不合格两种不利因素进行模拟分析，确定在这两种不利因素影响下的各个测点角度阈值、部分结构变形规律以及杆件挠曲角度。然后，总结针对不同构造的承插式盘扣支架的计算方法与应用模式，针对不同的桥梁进行模拟计算与现场应用。（3）采取现场原位试验方法，通过现场采集试验数据，与有限元模拟获得的角度阈值、变形规律与杆件挠曲角度进行对比分析。总结承插型盘扣支架的计算规律与应用方法，针对不同桥梁进行计算及应用，总结规律以增强普适性。（4）建立以Web体系为基础的BIM平台与数据库监控平台，将两个平台相融合，在保证工程管理各项功能顺利运行的同时，做到多个监控共同运行，达到及时预警，保证施工安全的目的。（5）项目申请专利5项，授权专利4项；发表学术论文4篇，其中EI论文3篇；获得山东省级工法1项。项目成果在山东明村至董家口公路工程第四合同段、潍坊市北海路通亭街五岔口交通环岛改造工程、小清河防洪综合治理工程济南市巨野河防洪治理工程（桥梁工程）进行了应用，具有良好的社会效益和经济效益。 |
| **验收（评价)专家名单** |
| **序号** | **姓名** | **单位** | **专业领域** | **职称** |
| 1 | 姚占勇 | 山东大学 | 公路工程 | 教授 |
| 2 | 张思峰 | 山东建筑大学 | 岩土工程 | 教授 |
| 3 | 荆玉才 | 山东高速路桥集团股份有限公司 | 土木工程 | 研究员 |
| 4 | 宋磊 | 山东省交通运输厅执法局 | 土木工程 | 研究员 |
| 5 | 辛公锋 | 山东高速创新研究院 | 桥梁工程 | 研究员 |
| 6 | 徐润 | 山东省交通规划设计院集团有限公司 | 公路工程 | 研究员 |
| 7 | 付建村 | 山东省交通科学研究院 | 公路工程 | 正高级工程师 |
| 8 | 贾学军 | 山东省交通运输厅工程建设事务中心 | 财务 | 正高级会计师 |
| 9 | 李春良 | 山东省交通规划设计院集团有限公司 | 财务 | 高级会计师 |
| **组织评价（验收、评价）单位：山东省交通运输厅、山东公路学会** |
| **验收意见** |
| 2023年2月23日，山东省交通运输厅在济南组织了“基于融合BIM与三维点阵技术的桥梁工程支架模板时空变形监控与预警研究”项目验收工作。验收专家组（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了相关技术文件和财务报告，经质询和讨论，形成验收意见如下：一、项目组提交的资料齐全，内容完整，符合验收要求。二、项目采用数值模拟、室内试验以及现场验证等方法，开展了基于BIM与三维点阵技术融合的桥梁工程支架模板时空变形监控与预警技术研究，取得主要创新成果如下：1. 揭示了桥梁承插性盘扣支架在正常使用极限状态和失稳状态下关键结构的变形规律，提出了典型工况下监测点三方向角度阈值。2. 开发了以陀螺仪角度监控为主，沉降、应力监控为辅的多仪器监测技术。3. 研发了融合BIM与三维点阵技术的桥梁工程支架模板变形监控与预警平台。三、项目申请专利5项，授权专利4项；发表学术论文4篇，其中EI论文3篇；获得山东省级工法1项。项目成果在山东明村至董家口公路工程第四合同段、潍坊市北海路通亭街五岔口交通环岛改造工程、小清河防洪综合治理工程济南市巨野河防洪治理工程（桥梁工程）进行了应用，具有良好的社会效益和经济效益。四、根据项目财务报告列示情况，该项目经费使用符合相关要求。验收专家组一致同意该项目通过技术验收和财务验收。 |
| **评价意见** |
| 2023年2月23日，山东公路学会在济南组织了“基于融合BIM与三维点阵技术的桥梁工程支架模板时空变形监控与预警研究”成果评价工作。评价委员会（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了相关技术文件，经质询和讨论，形成评价意见如下：一、项目组提交的技术文件齐全，内容完整，符合评价要求。二、项目采用数值模拟、室内试验以及现场验证等方法，开展了基于BIM与三维点阵技术融合的桥梁工程支架模板时空变形监控与预警技术研究，取得主要创新成果如下：1. 揭示了桥梁承插性盘扣支架在正常使用极限状态和失稳状态下关键结构的变形规律，提出了典型工况下监测点三方向角度阈值。2. 开发了以陀螺仪角度监控为主，沉降、应力监控为辅的多仪器监测技术。3. 研发了融合BIM与三维点阵技术的桥梁工程支架模板变形监控与预警平台。三、项目成果在山东明村至董家口公路工程第四合同段、潍坊市北海路通亭街五岔口交通环岛改造工程、小清河防洪综合治理工程济南市巨野河防洪治理工程（桥梁工程）进行了应用，具有良好的社会效益和经济效益。综上所述，项目研究成果总体上达到国际先进水平。 |