

混凝土智能养护检测机器人系统在深中通道项目的应用

姚志安

深中通道管理中心 广东 中山 528400

【摘要】通过比较混凝土智能养护检测机器人系统与不同品牌型号的全自动电动伺服数显式液压万能试验机立方体试件抗压强度结果,研究混凝土智能养护检测机器人系统的可靠性及稳定性,通过比对以Z比分数评价试验室的检测结果,所有结果均满足 $|Z| \leq 2$,评价结果均为满意。

【关键词】智能养护; 智能抗压

水泥混凝土问世以来一直是建筑工程最重要的结构材料,因其原材丰富、价格低廉及良好的力学性能从而得到广泛的应用。对于公路桥梁建设项目,混凝土工程质量是工程项目质量最直接的体现,直接影响着结构的安全和耐久性。混凝土试件抗压强度作为评定混凝土品质的关键指标,一直是行业关注的重点,目前最广泛的试验方法人工的方式进行检测。

然而,近年来一些实际工程对混凝土试件抗压强度的质量控制有所下降,具体表现为:试件养护不及时、试验速率控制不规范、试验数据存在造假嫌疑等,这将直接导致工程项目存在较大的质量安全隐患。诸多的混凝土质量事故足以表明高品质混凝土工程的质量控制难度之大,而试件抗压强度作为评定混凝土品质的关键指标,对保证工程质量显得极为重要,必须引起足够的重视,做到过程可控、数据准确可靠,杜绝虚假数据。为了满足高品质混凝土工程的质量控制要求,更好的服务于工程建设,苏交科以深中通道项目为依托,历经14个月的研究与制造,研究出适宜于高品质混凝土工程质量控制的智能养护检测机器人系统,具有重要的理论意义和巨大的社会效益。该系统于2019年5月在深中通道项目完成安装调试,并开始为期3个月的试运行,试运行期间通过局部的优化调整,系统运行状态良好,作业过程连续、流畅,于2019年8月正式投入使用。该系统的投入使用实现了混凝土试件自动出入库,智能标准养护,智能检测,废料自动收集,数据自动采集及处理,试件信息录入系统后自动生成二维码,实现样品的自动跟踪溯源,样品自动扫码确认信息,自动分配样品库位,试件入库采用机械手进行搬运至养护垫,完全取

代了人工操作,实现了无人化。本文通过研究比较混凝土智能养护检测机器人系统与全自动电动伺服数显式液压万能试验机立方体试件抗压强度试验结果,探究混凝土智能养护检测机器人系统的可靠性与稳定性。

为研究混凝土智能养护检测机器人系统的可靠性及稳定性,依据国标GB/T 50080-2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》按同一设计强度等级、同批次规范制作混凝土试件60组,采用标准养护,采用混凝土智能养护检测机器人系统与不同试验室间的不同品牌的5台设备进行7天抗压强度试验。

1 原材料及混凝土配合比信息

1.1 试验原材料

(1) 水泥:英德海螺水泥有限责任公司P·II 42.5硅酸盐水泥(cement, C),其基本物理性能、化学性能见表1。

表1 水泥的物理性能和化学性能

密度 g/cm ³	比表面积 m ² /kg	标稠用 水量 /%	凝结时间 /min		抗折强度 /MPa		抗压强度 /MPa	
			初凝	终凝	3d	28d	3d	28d
3.09	340	28.4	179	222	7.3	8.6	39.9	56.4
安定性 / mm	/	/	/	/	/	/	/	/
0.0	/	/	/	/	/	/	/	/

(2) 矿粉:唐山曹妃甸盾石新型建材有限公司产S95级矿渣粉(slag, SG),其基本物理性能、化学性能见表2。

表2 矿渣粉的物理、化学性能

密度 g/cm ³	比表面积 m ² /kg	流动度比 /%	烧失量 /%	SO ₃ 含量 /%	含水量 /%	活性指数 /%	
						7d	28d
2.90	418	102	0.40	0.50	0.1	75	97

(3) 粉煤灰: 中国国电集团公司谏壁发电厂产 F 类 I 级粉煤灰 (fly ash, FA), 其基本性能、化学组分见表 3。

表3 粉煤灰的物理、化学性能

细度 (45μm 筛余) %	颜色	烧失量 /%	SO ₃ 含量 /%	需水量比 /%	含水量 /%
9.8	灰色	2.67	1.92	94	0.1
密度 g/cm ³	安定性 /mm	/	/	/	/
2.24	0.5	/	/	/	/

(4) 细集料: 北江砂场产河砂 (sand,S), 其基本物理性能见表 4。

表4 砂的物理性能

表观密度 kg/m ³	堆积密度 kg/m ³	空隙率 /%	含泥量 /%	泥块含量 /%	氯化物含量 /%	细度模数
2650	1560	41	0.4	0.2	0	2.7

(5) 粗集料: 深中通道专供石场产 (5-10mm)(20%) 与 (10-20)mm(80%) 二级配碎石组成的 (5-20)mm 连续级配碎石 (gravel,G), 其基本性能见表 5。

表5 碎石的物理性能

表观密度 kg/m ³	堆积密度 kg/m ³	压碎值 /%	含泥量 /%	泥块含 量/%	针片状颗 粒含量/%	级配
2630	1500	6	0.3	0.1	2	(5-25) mm

(6) 外加剂: 江苏苏博特新材料股份有限公司产 PCA-I 聚羧酸高性能减水剂 (缓凝型), 减水率 27%, 泌水率比 18%, 含气量 2.8%, PH 值 5.42。

(7) 水: 自来水。

1.2 混凝土配合比

混凝土设计强度等级 C50, 具体配合比掺配比例见表 6。

表6 混凝土配合比

强度等级	水泥 kg	矿粉 kg	粉煤灰 kg	砂 kg	大石 kg	小石 kg	减水剂 kg	水 kg
C50	305	78	78	688	898	225	5.53	148

1.3 混凝土开盘通知单

编号: S07-2020-HNT-GL-00092

施工日期: 2020年7月28日

工程名称	横门东陆域 40m 引桥							设计标号	C50
浇筑砼部位	左 160# 混凝土盖梁							设计坍落度 (mm)	160-200
砂含水率 (%)	4.5 0.5	碎石含水率 (%)		碎石 5-10mm		碎石 5-20mm		水泥强度等级	42.5
		0.3		/		/			
材料名称	水泥	粉煤灰	矿粉	砂	碎石 5-10mm	碎石 10-20mm	水	外加剂	
砼理论配合比 (配比用量)	305	78	78	688	225	898	148	5.53	
砼调整配合比 (理论用量)	305	78	78	706	221	884	148	5.53	
砼施工配合比 (实际用量)	305	78	78	738	222	887	112	5.53	
搅拌机设置校核	/	/	/	/	/	/	/	/	/
现场准备情况描述	/							搅拌时间	150
材料检测情况	水泥	罐号: 1-1	批号:	BAG4Q20040	自检报告编号:	S07-2020-SNJ-00033	抽检报告编号:	/	
	粉煤灰	罐号: 1-3	批号:	20200526-500-1	自检报告编号:	S07-2020-FMH-0011	抽检报告编号:	/	
	矿粉	罐号: 1-4	批号:	DJKZ1-T200526	自检报告编号:	S07-2020-KFFKB-0028	抽检报告编号:	/	
	细集料	仓号: 7#	批号:	SZS07-2020-XJL-0069	自检报告编号:	SZS07-2020-XJL-0069	抽检报告编号:	JC-S07-2020-XJL-0006	
	碎石	仓号: 9#/3#	批号:	SZS07-2020-CJL-0117	自检报告编号:	SZS07-2020-CJL-0117	抽检报告编号:	JC-S07-2020-CJL-0007	
拌合站及试验负责人签字									
监理签字									
备注	由于河砂 5-10mm 颗粒含量超过 5%, 调整砂率由 38%调整 39%。								

注: 该通知单一式三份, 工地试验室、拌合站、驻厂监理各存一份。需经三方认可后方可开盘, 试验室留存一份后附自检和抽检的材料检测报告, 以备检查。

2 试验结果分析及运行状况

2.1 抗压强度试验

选取深中通道项目桥梁工程 S07 合同段盖梁施工其中一盘混凝土成型 60 组试件, 混凝土智能养护检测机

器人系统分别为深中通道项目桥梁标段中交二航局、广东长大、中交二公局、中铁大桥局工地试验室的混凝土抗压设备进行混凝土立方体抗压强度试验, 测得的试验结果如见表 7。

表 7 混凝土智能养护检测机器人系统不同品牌仪器抗压试验结果

序号	品牌	名称、规格型号	抗压结果 MPa									平均值 MPa	
1	智能养护检测机器人系统	/	58.8	57.3	58.0	55.8	60.7	62.4	59.3	60.7	60.2	55.3	58.8
			58.2	57.1	61.1	58.7	55.4	53.3	57.7	57.7	60.5	57.7	
			59.6	58.5	60.6	59.9	58.9	60.3	56.9	58.2	62.9	61.0	
2	浙江华南仪器设备有限公司	TSY-3000D 恒加载压力试验机	58.3	58.3	57.4	53.5	59.4	59.3	61.3	59.2	54.6	62.2	58.9
			57.5	60.8	61.0	55.0	54.6	62.0	60.4	60.8	58.6	58.8	
			61.2	60.3	59.8	58.6	61.2	58.6	57.2	58.9	56.0	60.4	
3	浙江英松仪器设备有限公司	YAW-3000B 全自动电液伺服压力试验机	54.2	57.3	57.4	55.3	58.1	61.4	58.0	54.5	55.9	59.8	58.2
			59.6	62.6	61.2	57.5	60.0	56.5	61.5	57.9	58.8	57.2	
			57.9	59.1	57.9	60.4	57.5	54.7	56.5	59.4	56.1	60.5	
4	河北三字试验机有限公司	SYE-2000 电液式压力试验机	54.6	54.0	54.2	55.1	57.1	51.0	51.1	52.8	51.4	48.8	53.9
			53.3	53.4	54.0	55.7	51.6	56.9	54.3	57.4	57.2	56.9	
			52.2	53.7	51.3	53.5	51.1	57.2	48.3	57.4	54.2	55.8	
5	美特斯工业系统(中国)有限公司	YAW4306 微机控制电液伺服压力试验机	52.7	48.8	53.0	50.2	54.8	55.9	50.4	48.9	52.1	57.9	52.1
			55.4	56.3	51.6	53.2	50.0	49.9	54.3	51.2	48.8	53.2	
			55.4	54.3	46.4	53.7	52.6	53.3	47.2	51.2	45.7	55.1	
6	上海华龙测试仪器有限公司	WHY-2000 微机控制压力试验机	54.1	51.3	53.2	54.0	53.6	48.8	54.8	53.7	50.2	49.4	51.6
			51.2	48.6	55.2	52.6	56.1	53.9	49.9	51.4	51.2	54.3	
			49.0	49.4	57.9	46.8	51.2	49.1	52.9	50.2	51.7	49.1	

2.2 比对试验评价

本次比对试验所用混凝土立方体试件, 由深中通道项目 JC2 试验检测中心取样 6 份, 分发到各工地试验室进行比对试验。本次比对统计分析采用稳健技术处理, 即采用稳健统计的平均值作为指定值, 标准化四分位数间距为变动性度量值(目标标准偏差) 计算各试验室结果的 Z 比分数(Z 值)。

本次比对试验中, 对试验室的检测结果, 按下式计算 Z 值:

$$Z = (x - X) / \sigma$$

x—试验室检测结果;

X—指定值(平均值); σ —变动性度量值(目标标准偏差)。

本次比对以 Z 比分数评价试验室的检测结果。即:

1 $|Z| \leq 2$ 为满意结果;

2 $2 < |Z| < 3$ 为有问题结果(可疑结果);

$|Z| \geq 3$ 为不满意结果(离群结果)。

2.3 比对试验结果分析

混凝土立方体试件抗压强度比对试验结果分析详见

表 8

表 8 混凝土立方体试件抗压强度比对试验结果分析

品牌型号 比对项目	智能养护检测机器人系统	TSY-3000D 恒加载压力试验机(浙江华南仪器设备有限公司)	YAW-3000B 全自动电液伺服压力试验机(浙江英松仪器设备有限公司)	SYE-2000 电液式压力试验机(河北三字试验机有限公司)	YAW4306 微机控制电液伺服压力试验机(美特斯工业系统(中国)有限公司)	WHY-2000 微机控制压力试验机(上海华龙测试仪器有限公司)
抗压强度 (MPa)	58.8	58.9	58.2	53.9	52.1	51.6
各品牌仪器抗压试验结果的 Z 比分数 (Z 值)						
Z6 (抗压强度)	0.9	1.0	0.8	0.5	1.0	1.2
结果评定	满意	满意	满意	满意	满意	满意

通过上述分析,可见所有Z值均满足 ≤ 2 的要求,评价结果满意,表明混凝土智能养护检测机器人系统的可靠性与稳定性均可满足试验检测要求,可代替人工进行混凝土试件的立方体抗压强度试验。

2.4 运行情况

以深中通道项目为依托,应用该机器人系统对桥梁工程高品质混凝土进行质量控制研究,研究分析了该系统在样品流转管理、检测过程可控性、检测数据的公正性、检测耗时、检测时间的灵活性等方面的应用效果。

应用结果表明:智慧试验室整个作业过程连续、流畅,完全符合国家标准规范的要求,实现了混凝土试件养护及抗压试验过程的无人化、可视化、自动化,消除了人为因素对试验过程、试验结果的不利影响,保证了试验数据的公正性和可靠性;同时,还将传统的不连续

性抽查监管模式转变为连续不间断的监管模式;通过检测云收集到的大数据,还能及时发现混凝土施工质量不良变化趋势,并进行原因分析,提出相应的处置措施,知道现场施工。另外,智慧试验室的应用,降低了试验检测人员的劳动强度,且实施检测时间的灵活性较大,夜间也可进行抗压试验,尤其适合深中通道这类大项目的施工高峰期,对保证深中通道工程混凝土工程的质量具有重要意义。

【参考文献】

- [1] 中国合格评定国家认可委员会编著 .CNAS-CL03 能力验证提供者认可准则 (ISO/IEC 1703:2010).2011,01.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部、国家市场监督管理总局联合编著 .混凝土物理力学性能试验检测方法标准 (GB/T 50081-2019),2019,12.