

重庆市工程建设标准

建筑施工临时支撑结构安全自动化监测
技术标准

Technical standard for safety automated monitoring of
temporary supporting structure in construction

DBJ50/T-515-2025

主编单位：重庆建工集团股份有限公司

重 庆 大 学

批准部门：重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期：2 0 2 5 年 8 月 1 日

2025 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2025〕17号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《建筑施工临时支撑结构安全自动化 监测技术标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、重庆高新区建设局,万盛经开区住房城乡建设局、双桥经开区建设局、经开区生态环境建管局,有关单位:

现批准《建筑施工临时支撑结构安全自动化监测技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-515-2025,自 2025 年 8 月 1 日起施行。标准文本可在标准备案后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆建工集团股份有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2025 年 5 月 26 日

重庆工程建设

前 言

根据重庆市住房和城乡建设委员会《关于下达 2023 年度重庆市工程建设标准制定修订项目立项计划的通知》(渝建标〔2023〕31 号)文件要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,参考有关国家标准,并在广泛充分征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容是:1. 总则;2. 术语和符号;3. 基本规定;4. 监测项目;5. 监测点布置;6. 监测系统;7. 现场监测;8. 数据处理与监测报告。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆建工集团股份有限公司负责具体技术内容的解释。在本标准执行过程中,请各单位注意收集资料,总结经验,并将有关意见和建议反馈给重庆建工集团股份有限公司(重庆市两江新区金开大道 1596 号,邮政编码:401122,电话:023-67680331;传真:023-63156277,网址:www.ccegc.cn

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主 编 单 位：重庆建工集团股份有限公司

重庆大学

参 编 单 位：重庆建工第九建设有限公司

重庆建工第三建设有限责任公司

中冶建工集团有限公司

重庆建工住宅建设有限公司

中铁十七局集团第四工程有限公司

上海建科工程咨询有限公司

中国建筑第八工程局有限公司

成都建工第一建筑工程有限公司

中冶建工集团重庆建筑工业有限公司

中铁十一局集团有限公司

中建三局第三建设工程有限责任公司

主要起草人：于海祥 华建民 周雪梅 黄乐鹏 徐 立

刘 敏 张 意 魏奇科 曾 勇 陈天琦

谭建国 张 勇 何华勇 瞿伦浩 李晓倩

冯 易 谭 畅 王振强 左相飞 黄紫琪

贺丽桦 蒋思材 董欣欣 周 丹 张 胜

陈 涛 张晓林 陈 波 张 永 罗齐鸣

冯 吉 魏立龙

审 查 专 家：张京街 李永强 何永春 唐 毅 张 超

袁 勇 郭长春

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	5
4	监测项目	7
5	监测点布置	9
6	监测系统	13
6.1	一般规定	13
6.2	监测设备	13
6.3	系统要求	15
7	现场监测	17
7.1	一般规定	17
7.2	监测方法	18
7.3	监测频率	21
7.4	监测预警值与报警值	22
8	数据处理与监测报告	24
附录 A	巡视检查记录表	26
本标准用词说明		27
引用标准名录		28
条文说明		29

重庆工程建设

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic provisions	5
4	Monitoring items	7
5	Arrangement of monitoring points	9
6	Monitoring system	13
6.1	General requirements	13
6.2	Monitoring equipments	13
6.3	System requirements	15
7	Site monitoring	17
7.1	General requirements	17
7.2	Monitoring methods	18
7.3	Frequency of monitoring	21
7.4	Warning value and early-warning value for monitoring	22
8	Data processing and monitoring plan	24
	Appendix A Form of inspection record	26
	Explanation of Wording in this standard	27
	List of quoted standards	28
	Explanation of provisions	29

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 为规范建筑施工临时支撑结构安全监测,保证结构安全,做到技术领先、数据可靠、经济适用,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于重庆市房屋建筑与市政基础设施工程施工过程中临时支撑结构的安全自动化监测。

1.0.3 临时支撑结构安全自动化监测除应符合本标准外,尚应符合国家、行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 临时支撑结构 temporary supporting structure

为建筑施工临时搭设的由立杆、水平杆及斜杆等构配件组成的支撑结构,简称支撑结构。

2.1.2 自动化监测 automated monitoring

对各监测点数据进行自动采集、传输,并对采集的数据进行实时处理分析,实现对支撑结构安全状态实时掌握的监测活动。

2.1.3 仪器监测 monitoring instruments

采用监测仪器对各监测点进行的定量数据采集与分析的监测方法。

2.1.4 巡视检查 walk around inspection

以目测检查为主,辅助摄像、摄影设备或其他工具等进行的、与仪器监测互为补充、相互验证的监测方法。

2.1.5 监测系统 automated monitoring system

对各监测点数据进行采集、传输,并对采集的数据进行实时处理分析,实现支撑结构安全状态实时监测的软硬件系统。

2.1.6 监测点 monitoring point

直接或间接设置在监测对象上并能反映其变化特征的控制点。

2.1.7 基准点 benchmark

为进行变形监测而布设的稳定的、不受任何施工干扰的控制点。

2.1.8 参考点 reference point

位移监测传感器安装过程中,根据安装环境事先选定的相对

稳定的点,一般位于梁、板、柱、剪力墙等建筑构件。

2.1.9 整体失稳 overall buckling

在荷载作用下,整个支撑结构或支撑结构单元以某种形态发生较大变形或屈曲的状态。

2.1.10 局部失稳 local buckling

在荷载作用下,支撑结构局部立杆或立杆局部区域发生较大变形或屈曲的状态。

2.1.11 轴力监测 axial force monitoring

用测量仪器测定与立杆轴线相重合的轴力,并对观测结果进行处理、表达和分析的工作。

2.1.12 位移监测 displacement monitoring

对监测对象受荷载作用而产生的形状或位置变化进行观测,并对观测结果进行处理、表达和分析的工作。

2.1.13 沉降监测 settlement monitoring

用位移测量仪器测定监测点在竖向产生的位移量,并对观测结果进行处理、表达和分析的工作。沉降监测包括支撑结构立杆顶部沉降监测和立杆基础监测

2.1.14 倾斜监测 incline monitoring

用测量仪器测定杆件中心线角度变化,并对观测结果进行处理、表达和分析的工作。

2.1.15 监测频率 frequency of monitoring

单位时间内的监测次数。

2.1.16 监测预警值 early-warning value of monitoring

在出现监测报警值之前,为进行提前警示,对监测对象可能发生异常或危险状态所设定的限值。

2.1.17 监测报警值 warning value of monitoring

为保证临时支撑结构及周边环境安全,对监测对象可能出现异常、危险所设定的限值。

2.1.18 实时监测 real-time monitoring

应用现代电子、信息、通信等技术,实现数据在线采集、传输、分析、管理的监测技术。

2.2 符 号

- H —— 支撑结构高度;
- H' —— 支撑结构变形后高度;
- Δh —— 支撑结构沉降值;
- L —— 相邻测点水平距离;
- S —— 支撑结构水平剪刀撑之间的距离;
- θ —— 杆件倾角;
- $F \cdot S$ —— 传感器满量程。

3 基本规定

3.0.1 建筑施工中,搭设高度 8m 及以上,或搭设跨度 18m 及以上,或施工总荷载(设计值) 15kN/m^2 及以上,或集中线荷载(设计值) 20kN/m 及以上的混凝土模板支撑工程应进行施工安全监测。

3.0.2 需进行施工安全监测的临时支撑结构,施工前应由建设单位委托具有相应资格的第三方监测单位对支撑结构进行实时安全监测。第三方监测单位应编制监测方案或依据支撑结构专项施工方案进一步细化监测方案。

3.0.3 监测工作宜按下列步骤进行:

- 1 接受委托;
- 2 现场踏勘,收集临时支撑结构专项施工方案等相关资料;
- 3 编制或细化监测方案;
- 4 监测仪器的安装、调试;
- 5 数据实时采集、分析及预警;
- 6 现场监测工作结束后,提交完整的监测资料。

3.0.4 监测单位在现场踏勘、资料收集阶段的主要工作应包括:

- 1 实地踏勘施工现场,了解具体施工条件;
- 2 收集临时支撑结构的设计图纸、计算书、专项施工方案和专家论证意见;

- 3 复核支撑结构现场搭设与专项施工方案的一致性。

3.0.5 监测方案应包括下列内容:

- 1 工程概况;
- 2 监测目的和依据;
- 3 监测内容及项目;
- 4 监测方法和监测仪器;

- 5 监测人员；
 - 6 监测周期和监测频率；
 - 7 监测预警、报警及应急预案；
 - 8 监测数据处理与信息反馈；
 - 9 作业安全及其他管理制度。
- 3.0.6 现场监测应严格按监测方案实施,当出现下列情况时,应调整监测方案,并按方案变更的程序和要求完善后方可组织实施。
- 1 现场临时支撑结构搭设与专项施工方案不符；
 - 2 专项施工方案有重大变更。
- 3.0.7 监测过程中第三方监测单位应实时向项目参建各方反馈信息,数据异常时应查明原因,出现报警信息时应及时通知委托方。
- 3.0.8 监测过程中应加强对监测点的保护,监测点宜设置保护设施。
- 3.0.9 临时支撑结构监测的巡查记录、监测项目原始数据和监测报告应进行组卷、归档。
- 3.0.10 监测实施过程中,在监测仪器安装、使用及拆除阶段的安全防护措施,应符合施工现场安全管理相关规定。
- 3.0.11 模板支撑结构预压阶段监测应符合现行行业标准《钢管满堂支架预压技术规程》JGJ/T 194 的相关规定。

4 监测项目

4.0.1 支撑结构现场监测应采用仪器监测与人工巡视检查相结合的方法,监测项目应根据支撑结构的工程规模、搭设形式、基础形式、周边环境及监测方法的适用性综合确定。

4.0.2 监测项目应与支撑结构专项施工方案及施工进度相匹配,针对监测对象的关键部位应做到重点监测,并应形成有效、完整、系统性、动态性的监测体系。

4.0.3 人工巡视检查应以目测为主,可辅助摄像、摄影设备或其它工具等进行,检查项目应包括支撑结构情况、立杆基础状态、施工工况、监测设备状态等内容。

4.0.4 支撑结构应根据项目特点具体分析,合理选取需进行仪器监测的项目。仪器监测项目应针对支撑结构和立杆基础按表 4.0.4 的规定确定,并应符合下列规定:

1 支撑结构沉降可根据架体实际情况确定是否监测;

2 当支撑结构基础软弱或可能产生较大沉降时,应进行基础沉降监测,基础沉降监测应包含绝对沉降监测及相邻测点差异沉降监测;

3 对于门洞支撑结构、跨空支撑结构、悬挑支撑结构,应根据支撑结构搭设形式、周边环境选择合适的监测项目;

4 当采用贝雷梁、外悬挑型钢等可能产生水平位移的转换结构作为基础时,除应进行基础沉降监测外,还应进行转换结构水平位移监测;

5 应根据支撑结构实际构造和工况选取其他监测对象。

表 4.0.4 临时支撑结构监测项目

监测对象	监测项目	备注
支撑结构	沉降(立杆顶部竖向位移)	选测
	立杆轴力	必测
	水平位移	必测
	立杆倾斜	必测
立杆基础	沉降	选测

5 监测点布置

5.0.1 支撑结构监测点应根据施工现场实际情况按下列规定进行布置：

1 监测点应具有代表性，其布置应能反映支撑结构的受力状态、变形特征和变化趋势；

2 受力和变形最大位置应布设监测点；

3 支撑结构构造薄弱及基础软弱部位应布设监测点；

4 外圈自由边中部、角部或其他具有代表性的部位应布设监测点。

5.0.2 支撑结构监测点布置应根据架体构造按下列规定进行加密或变疏处理：

1 对于架体较高、高宽比较大、周边无联系的独立支撑结构、架体无剪刀撑（斜杆）部位和内力变化显著的部位，以及悬臂构件部位，应增加监测点；

2 当有连墙件与稳定的既有结构做可靠连接时，靠近连墙件的部位可适当减少监测点。

5.0.3 支撑结构监测点平面位置宜按网格形式布设，支撑结构沉降监测点、立杆轴力监测点、立杆倾斜监测点、基础沉降监测点的水平间距宜为 10m～15m，并应在架体外侧自由边中部、角部设置监测点。上述监测点平面位置宜对应。

5.0.4 桥梁箱梁支撑结构的沉降监测点、立杆轴力监测点、立杆倾斜监测点、基础沉降监测点的平面布置除应符合本标准第 5.0.3 条的规定外，顺桥向每跨不应少于 3 个监测剖面，每剖面不应少于 3 个监测点。

5.0.5 当支撑结构设置型钢、贝雷梁等转换门洞时，应在转换横

梁跨中正上方处应设置支撑结构沉降监测点,沿通道走向相邻监测点间距不宜大于 5m。

5.0.6 立杆轴力监测点设置除应符合本标准第 5.0.3 条的规定外,还应设置在荷载较大的区域,并宜根据计算确定的最不利受力位置,选取有代表性的立杆布置轴力监测点。立杆轴力监测点平面位置宜与支架沉降监测点的平面位置相对应。

5.0.7 支撑结构整体失稳应通过架体水平位移进行监测。支撑结构水平位移监测点宜在架体外侧周圈自由边中部、角部布置,并应对水平面上两个相互垂直方向的位移变化进行测量,相邻测点水平间距宜为 10m~15m。沿竖向,水平位移监测点应布置在立杆顶部以及两层水平剪刀撑之间的 1/2 高度处,且竖向间距不应大于 6m(图 5.0.7)。

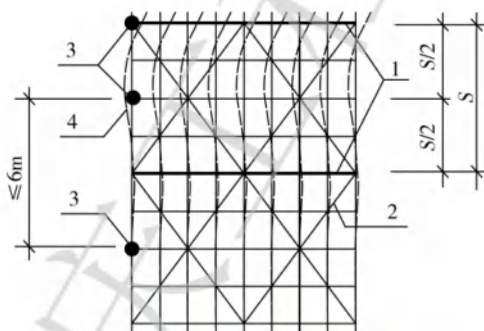


图 5.0.7 水平位移监测点布设(立面图)

1—水平剪刀撑;2—竖向剪刀撑;3—水平位移监测点;4—立杆失稳曲线;

S—水平剪刀撑间距

5.0.8 支撑结构局部失稳应通过立杆倾斜进行监测,并应对水平面上两个相互垂直方向的倾角进行测量。立杆倾斜监测点应按本标准第 5.0.3 条的规定布设,且平面布设位置宜与立杆轴力监测点的平面位置相对应。立杆倾斜监测点可在架体不同高度设置,也可只布设在立杆顶部(图 5.0.8)。

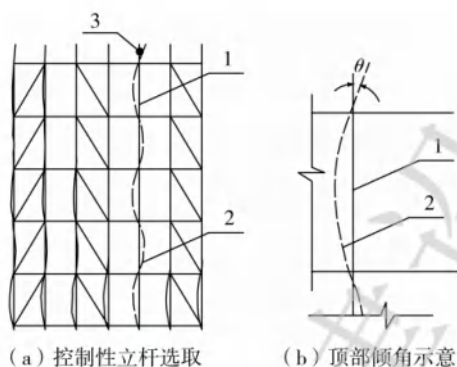


图 5.0.8 立杆倾斜监测点布设

1—控制性立杆；2—立杆失稳曲线；3—倾斜监测点； θ_1 —立杆顶部倾角

5.0.9 基础沉降监测点宜结合支架沉降监测点和立杆轴力监测点的平面位置按本标准第 5.0.3 条的规定布设,并能反映基础的整体沉降和不均匀沉降。基础软弱部位应设置基础沉降监测点。当采用贝雷梁、外悬挑型钢等可能产生水平位移的转换结构作为基础时,应在基础沉降监测点对应的位置设置水平位移监测点。

5.0.10 监测点布置应分布合理、标识明显且安装稳固。监测点安装完成后,应记录测点实际位置,绘制测点布置图。

5.0.11 监测点的布置应不妨碍临时支撑结构的正常施工,且利于监测点的保护和仪器调试。

5.0.12 各类监测点的监测设备宜按下列规定进行安装布设(图 5.0.12):

- 1 支撑结构沉降监测设备应安装在能够反映支撑结构整体沉降的部位,并宜设置在主楞靠近可调托撑的位置;
- 2 立杆轴力监测设备宜安装在立杆可调托撑与楞梁之间;
- 3 水平位移监测设备应安装在能反映支撑结构整体变形的部位,并宜安装于立杆上;
- 4 立杆倾斜监测设备宜安装在可调托撑调节螺母下方;
- 5 基础沉降监测设备宜设置在靠近立杆的扫地杆上。

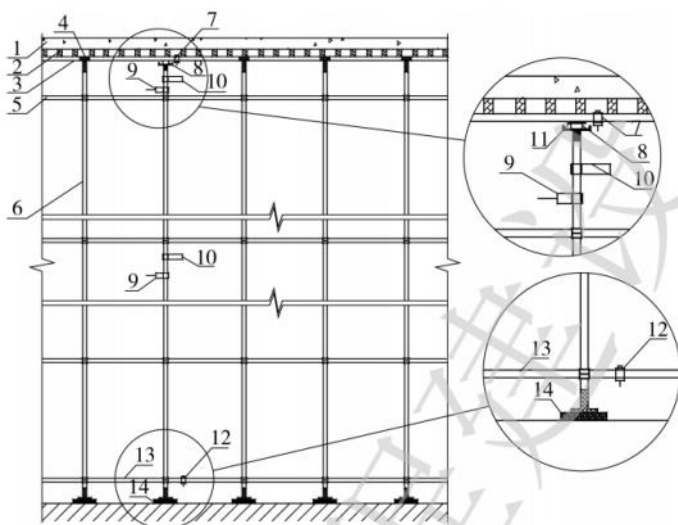


图 5.0.12 监测点布设示意图

- 1—结构层;2—次楞;3—主楞;4—可调托撑;5—水平杆;6—立杆;
 7—支撑结构沉降传感器(竖向位移传感器);8—轴力传感器;9—水平位移传感器;
 10—立杆倾斜传感器;11—刚性垫块;12—基础沉降传感器(竖向位移传感器);
 13—扫地杆;14—基础垫板

6 监测系统

6.1 一般规定

6.1.1 支撑结构进行仪器监测时,应采用自动化监测系统,自动化监测系统应由传感器、监测仪、声光报警装置、数据采集和管理软件组成。

6.1.2 支撑结构应进行连续、实时监测,并根据工程现场工况建立监测站,构建自动化监测系统,可配置网络平台实施同步远程监测。

6.1.3 监测站应符合下列规定:

1 应能满足现场监测及作业人员安全的要求,具备连续、实时监测的条件;

2 应具备防雨、防雷以及防高处坠落等安全防护功能,具有通讯、通电、通风的作业条件,且不应妨碍现场施工。

6.1.4 在确保稳定、可靠的前提下,监测系统应简单、维护方便,易于布设和安装。

6.1.5 监测设备应满足观测精度、量程和线性度的要求,且具有良好的稳定性、可靠性和可替换性。

6.2 监测设备

6.2.1 传感器主要功能应符合下列规定:

1 监测传感器应具备身份识别功能;

2 应具有与监测仪或采集仪进行通信的功能;

3 采用有线传输的传感器应具有掉电保护功能。数据无线

传输的传感器应自带电池模块,电池工作时长应不小于 72h;

4 应具备防潮、防水溅、防尘等性能。

6.2.2 监测仪的功能应符合下列规定:

1 应具有可视化用户界面,可方便地修改系统设置、设备参数及运行方式,并可根据实测数据反映的状态修改监测的频次和选择监测点等;

2 应具有自动触发声光报警器报警功能;

3 应具有运行日志功能。

6.2.3 监测设备应结合临时支撑结构的各监测参数容许值来确定其量程,量程和监测精度应符合现行国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 的相关规定,并应符合下列规定:

1 沉降传感器量程宜为控制值的 3 倍~6 倍,监测精度不应低于 1.0mm;

2 压力传感器量程宜为荷载设计值的 2 倍~3 倍,其精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$;

3 水平位移传感器量程宜为控制值的 3~6 倍,监测精度不应低于 1.0mm;

4 倾斜传感器的量程宜为变形控制值的 3 倍~6 倍,观测精度不应低于 0.01 度。

6.2.4 监测设备应选择安全、干燥、开阔的场地放置,与临时支撑结构距离不宜小于 1 倍支撑结构高度。监测设备应有可靠的防水及防晒措施,并应设置短路和漏电保护装置。

6.2.5 数据采集和管理软件应具有下列基本功能:

1 监测软件应能接收、处理、显示现场各项监测数据,并应具备超限预警功能及数据存储、传输功能;

2 应能基于通用的操作环境工作,具有可视化、图文并茂的用户界面,可方便地修改系统设置、设备参数及运行方式;

3 应能显示监测主体的总体布置、监测各测点时程曲线、窗口显示报警状态等;

4 应具有报表制作及编辑功能；

5 远程管理软件应具有在线监测、离线数据分析、数据库管理、数据备份、图形报表制作和信息查询、系统管理、安全保密、运行日志等功能。

6.2.6 传感器、监测仪和软件应指定专门人员进行管理并建立设备台账，监测过程中宜适时进行监测仪器、传感器和软件的检查和维护。监测设备应进行期间核查、校准或检定。

6.3 系统要求

6.3.1 根据工程规模和设备特点，自动化监测系统可由一个或多个基本采集系统组成。

6.3.2 自动化监测系统应具有下列功能：

- 1 监测系统的采样频率满足连续、实时的监测要求；
- 2 具有数据采集、传输、处理及显示监测结果的功能；
- 3 具有仪器、通讯设备的状态判别及监测预警、报警功能；
- 4 具有数据查询、数据分析功能；
- 5 具有电源管理保护、网络及防雷安全保护功能。

6.3.3 监测系统应按规定的方法或流程进行参数设置和调试，并应符合下列规定：

1 监测正式实施前，应进行系统调试，确保传感器、通讯设备、显示器等设备正常工作；

2 监测前，宜对传感器进行初始状态设置或零平衡（率定）处理；

3 应对干扰数据进行来源检查及可靠性鉴别，并应采取有效数据处理措施。

6.3.4 当采用有线方式传输数据时，现场线路布置不得影响现场施工正常进行。当采用无线传输方式传输数据时，应避免现场强电磁场对无线通信的干扰。

6.3.5 自动化监测系统应配备后备电源,交流掉电运行时间不应小于 2h。自动化监测系统应具有现场和远程通信功能。

7 现场监测

7.1 一般规定

7.1.1 支撑结构监测方法的选取应根据支撑结构专项施工方案、场地条件等因素综合确定,监测方法应合理易行。

7.1.2 在仪器安装调试前宜进行首次巡视检查,监测过程中应定期进行巡视检查,并按本标准附录 A 记录临时支撑结构施工工况、监测设施工作状态等情况。巡视检查如发现异常或危险情况,应及时通知现场负责人和相关单位负责人。

7.1.3 当采用仪器监测时,应确定基准点、参考点,其布设及稳定性措施应符合下列规定:

1 使用全站仪监测时,变形监测网的基准点应设置在施工影响范围外,并结合场地条件埋设稳固,且基准点数量不少于 3 个。变形监测网的稳定性观测周期宜与监测点观测周期一致;

2 使用位移传感器监测时,参考点应稳定可靠,可设置在混凝土柱、梁、板、剪力墙等稳定的结构上或其他稳固的结构上;

3 使用全站仪监测时,监测过程中宜检查变形监测网和参考点的稳定性。

7.1.4 监测点安装完成后,宜采取必要的保护措施并设置明显的监测点标识。监测站及监测人员活动区域应安全、通视,并应方便巡查、撤离。

7.1.5 监测项目初始值采集前,应对监测仪器、传感器、通讯硬件和数据系统的稳定性和可靠性进行检查并调试合格。

7.1.6 监测项目初始值应在混凝土浇筑前测定,并在现场工况稳定情况下获取监测初始值。

7.1.7 除采用本标准规定的监测方法以外,也可采用满足监测要求的其他监测方法。

7.2 监测方法

I 沉降监测

7.2.1 支撑结构沉降监测宜采用位移传感器或静力水准仪对立杆顶部竖向位移进行自动化观测。立杆基础沉降可采用位移传感器进行监测,并应将差异沉降作为控制指标。

7.2.2 当通过设置位移传感器对支撑结构沉降进行监测时(图 7.2.2),可同时监测水平位移量,并按下式计算支撑结构的沉降变形:

$$\Delta h = H - H' \quad (7.2.2)$$

式中: Δh ——支撑结构沉降值;

H ——支撑结构高度;

H' ——支撑结构变形后高度。

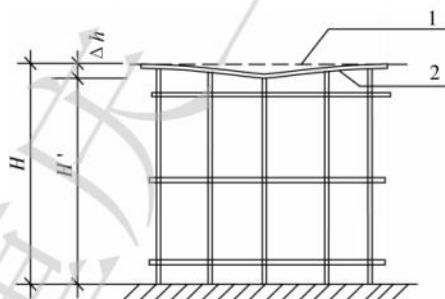


图 7.2.2 支撑结构沉降监测示意

1—变形前立杆顶部位置;2—变形后立杆顶部位置

7.2.3 位移传感器的参考点应选择在不受支撑结构影响的稳固可靠的位置,并应符合下列规定:

1 当采用拉线式位移传感器监测支撑结构顶部沉降时,可选择监测点下方坚固的支承面或基准桩作为基准点,同时拉线应保持垂直、紧绷(图 7.2.3-1);

2 当支撑结构立杆安装在基土上时,可采用基准桩提供沉降监测参考点,基准桩桩深应不小于 1m,参考点应与架体顶部沉降监测点在垂直方向上对应(图 7.2.3-2)。

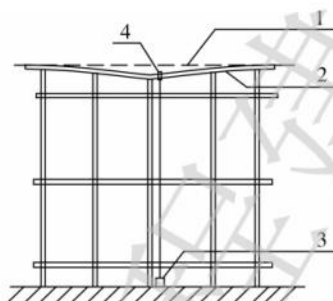


图 7.2.3-1 拉线式位移传感器监测支撑结构顶部沉降示意

1—变形前立杆顶部位置;2—变形后立杆顶部位置;3—拉线式位移传感器;
4—支撑结构沉降监测点

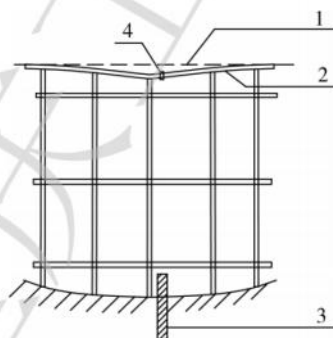


图 7.2.3-2 采用基准桩的支撑结构顶部沉降监测示意

1—变形前立杆顶部位置;2—变形后立杆顶部位置;3—基准桩;
4—支撑结构沉降监测点

7.2.4 沉降位移传感器的设置应符合下列规定:

- 1 传感器的安装应稳定可靠；
- 2 传感器初始安装位移值应根据沉降的控制值及位移方向综合确定，量程余量应满足监测要求。

7.2.5 当通过设置静力水准仪对支撑结构沉降进行监测时，静力水准传感器的安装应符合下列规定：

- 1 传感器应安装稳固，安装位置应能够体现被监测对象的变形；
- 2 应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的相关规定。

II 立杆轴力监测

7.2.6 立杆轴力监测宜用压力传感器，对模板主楞施加在立杆上的压力进行自动化监测。

7.2.7 压力传感器的设置应符合下列规定：

- 1 立杆受压的轴心力与传感器受力重合，受力面应与压力方向垂直；
- 2 传感器与可调托撑顶托板及楞梁间应保持紧密接触，接触面应平整、坚固；
- 3 传感器安装完成后应处于受压状态。

III 水平位移监测

7.2.8 水平位移监测宜采用位移传感器进行自动化观测。

7.2.9 水平位移传感器的设置应符合下列规定：

- 1 位移传感器测量方向应与水平杆设置方向一致；
- 2 位移传感器初始安装位移值应根据支撑结构水平位移的变形控制值及位移方向综合确定，量程余量应满足监测要求。

7.2.10 采用全站仪进行监测时，变形监测网的设置、检核应符合

合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

IV 立杆倾斜监测

7.2.11 立杆倾斜监测宜采用倾斜传感器进行自动化观测。

7.2.12 倾斜传感器的设置应符合下列规定：

- 1 倾斜传感器倾斜测量方向应与水平杆设置方向一致；
- 2 倾斜传感器初始安装位移值应根据支撑结构倾斜控制值及位移方向综合确定，量程余量应满足监测要求。

7.3 监测频率

7.3.1 支撑结构仪器监测频率应满足能连续反映监测对象所测项目的实时变化过程的要求。

7.3.2 支撑结构实时安全监测应贯穿混凝土浇筑施工全过程。监测周期应从混凝土浇筑施工前进行初始值采集，至混凝土施工完成且初凝后，并将施工机械、人员清场，且监测数据无持续增大趋势为止。对有特殊要求的模板工程，可根据专项施工方案要求确定监测结束时间。

7.3.3 仪器监测中应保证监测过程的连续性。监测项目的监测频率应综合支撑结构工程的规模、周边环境、自然条件、施工阶段等因素综合确定，并应符合下列规定：

- 1 在无数据异常和事故征兆的情况下，混凝土浇筑期间监测频率不宜低于 2 次/min；

- 2 当部分监测项目受现场条件限制无法实施时，可采用满足监测精度的相关仪器进行辅助监测及对比测量，但监测频率不宜低于 1 次/10min，同时应加密其他监测项目的测点布设。

7.3.4 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1 基础条件差异较大，采用门洞转换横梁、型钢悬挑支撑结

构等作为基础时；

2 采用跨空或悬挑支撑结构时,或支撑结构的高宽比超过 3 时；

3 周边环境复杂、人流较多、交通繁忙、存在重要保护建(构)筑物等情况时；

4 监测数据达到预警值或监测数据变化较大时；

5 存在可能影响基础安全的沟槽开挖等施工情况时；

6 出现其他影响监测对象及周边环境安全的异常情况时。

7.4 监测预警值与报警值

7.4.1 监测开始前应确定监测预警值和报警值。

7.4.2 各监测项目的监测预警值可取对应项目监测报警值的 80%。

7.4.3 监测报警值应由监测项目的累计变化量控制。

7.4.4 监测报警值应根据支撑结构专项施工方案确定,可按表 7.4.4 采用,并应符合下列规定：

1 根据项目具体情况,支撑结构变形监测项目(水平位移、沉降、倾斜)报警值可适当调整,调节系数宜为 0.7~1.5；

2 对于门洞支撑结构、悬挑支撑结构等特殊支撑结构,应与支撑结构设计方沟通确定报警指标；

3 当使用既有梁板为立杆基础时,沉降报警值需综合考虑梁板的挠度变形。

表 7.4.4 临时支撑结构监测报警值

监测对象	监测项目	报警值
支撑结构	立杆轴力	后加荷载设计值
	水平位移	12mm 与 2S‰的较小值
	沉降	8mm
	立杆倾斜	4‰

续表7.4.4

监测对象	监测项目	报警值
立杆基础	差异沉降	$L/1000$

注:1 “后加荷载设计值”为轴力传感器安装调试完成并初始化后增加的荷载的设计值,一般包括混凝土、施工人员、振捣机械、冲击荷载及风荷载等,不包括模板、钢筋自重和施工荷载等可变荷载;

2 S 为支撑结构水平剪刀撑之间的距离(图 5.0.7), L 为相邻测点距离。

8 数据处理与监测报告

8.0.1 监测数据的处理与信息反馈宜通过自动化监测系统实现数据采集、传输、处理、分析、查询、管理以及监测成果可视化等一体化功能。

8.0.2 第三方监测单位应实时处理、分析监测数据,将监测结果与现场施工工况实时对比分析,并将监测结果和评价等信息及时向委托方及相关单位反馈。

8.0.3 现场的监测数据反馈应使用系统实时显示的电子数据及图表,并能进行系统实时自动报警提示。

8.0.4 监测数据或巡查发现异常时,应及时对监测系统进行核查,进行针对性的现场巡查,并应加密监测、综合分析、及时反馈。

8.0.5 监测结果应综合各监测项目的监测数据、支撑结构专项施工方案、施工工况及相关经验等情况综合分析,并形成监测报告。

8.0.6 现场监测人员应对监测数据的真实性负责,报告编写人员应对监测报告的可靠性负责。监测记录和监测报告均应有责任人签字,监测报告应加盖报告专用章或公章。

8.0.7 监测值超预警值时,应在分析原因、复核监测数据后方可恢复施工,并应按监测方案继续开展监测。

8.0.8 当出现下列情况之一时,必须立即进行危险报警,立即通知现场负责人及相关单位负责人,并应立即启动应急预案。

- 1 监测数据达到报警值;
- 2 巡检发现临时支撑结构出现明显变形、结构松动、有异常响声等情况时;
- 3 临时支撑结构的杆件出现过太变形、倾斜、断裂或弯曲等

明显破坏迹象；

- 4 模板断裂，混凝土泄漏；
- 5 基础开裂或下陷；
- 6 根据当地工程经验判断，出现其他必须进行危险报警的情况。

8.0.9 监测报告提供的内容应真实、准确、完整，并宜用文字阐述与绘制变化曲线相结合的形式表达，监测报告应包括下列内容：

- 1 项目概况；
- 2 监测依据；
- 3 监测项目；
- 4 监测点布置；
- 5 监测仪器及监测方法；
- 6 监测周期及频率；
- 7 监测报警值；
- 8 监测结论；
- 9 监测点变化与时间关系曲线图。

8.0.10 监测完成后，第三方监测单位应向委托方提供下列资料，并按档案管理规定进行组卷归档：

- 1 支撑结构安全监测方案；
- 2 监测报告；
- 3 其他需要留存的资料。

附录 A 巡视检查记录表

项目名称：

施工区域：

天气：

日期：

分类	巡视检查内容	巡视检查记录	巡查时间
支结构撑	整体外观是否有倾斜		
	是否存在节点松动、扭曲现象		
	支撑结构几何尺寸、构造参数是否符合 支撑结构专项施工方案要求		
	其他		
立杆基础	有无裂缝、下陷情况		
	有无积水		
	其他		
施工工况	浇筑部位		
	浇筑方量		
	堆载情况		
	其他		
监测设施	基准点、参考点是否完好		
	传感器是否完好		
	保护标志是否完好		
	远程信号干扰情况		
	其他		

巡查人：

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982
- 2 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 3 《钢管满堂支架预压技术规程》JGJ/T 194

重庆市工程建设标准

建筑施工临时支撑结构安全自动化监测
技术标准

DBJ50/T-515-2025

条文说明

2025 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	33
2	术语和符号	35
2.1	术语	35
3	基本规定	36
4	监测项目	39
5	监测点布置	42
6	监测系统	48
6.1	一般规定	48
6.2	监测设备	48
6.3	系统要求	49
7	现场监测	51
7.1	一般规定	51
7.2	监测方法	52
7.3	监测频率	55
7.4	监测预警值与报警值	56
8	数据处理与监测报告	59

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 临时支撑结构是指用于现浇混凝土施工的模板支撑体系,或用于钢结构、装配式建筑预制混凝土构件安装施工的临时支撑架体。其中应用最广泛的是各类模板支撑体系,现浇模板支撑结构根据待浇筑混凝土构件的规格尺寸在现场进行模板拼装和支撑的搭设,在混凝土达到预定强度后拆除。混凝土结构形式的多样性,决定了模板支撑系统的复杂性。随着社会经济的迅速发展,城市化进程的不断加快,现代建筑的规模越来越大,高净空、大跨度的现浇混凝土结构也越来越多。高大模板支撑结构具有通用性强、施工方便、整体刚度较好、承载能力较大等优点,广泛应用于各种高净空、大跨度的现浇钢筋混凝土结构的施工过程中。

由于高大模板支撑系统具有搭设高度高、荷载大、稳定性控制难度大及影响因素多等特点,容易发生失稳倒塌事故,给施工现场带来巨大的安全威胁。施工过程中模板工程发生坍塌是工程建设的主要事故类型之一,往往会带来严重的后果。近年来,高层与高耸、大跨度空间、异型结构在我国不断发展,施工安全自动化监测技术也取得了长足的进步。随着我国工程建设规模的快速增长和监测技术的进步,除了传统的光学仪器监测外,自动化监测方法也应用到实际工程中,起到很好的效果,一定程度上解决了原有光学仪器或人工巡检存在的一些监测盲区。目前我国对建设工程模板支撑系统的设计和施工有相应的规范标准和法律法规,但缺少针对施工过程中的监测技术标准,具体实施监测时,监测方法、监测项目、布点、监测报警值等随机性较大,使得监测环节不能很好地起到应有的作用,急需制定相应的监测技

术标准。

1.0.2 本条是对本标准适用范围的界定。本标准适用于建筑施工中的临时支撑结构的实时自动化安全监测,对于钢结构、装配式建筑混凝土预制构件的临时支撑应根据其具体条件酌情参考本标准相关内容。对临时支撑进行监测目的是通过对支撑结构的变形和受力情况进行实时监测,发现临时支撑结构的安全隐患,预防事故的发生。

1.0.3 除本标准外,有关国家、行业现行标准中对临时支撑结构监测也有一些相关规定,因此本条规定除本标准外,还需符合国家现行有关标准规定。与本标准有关的国家、行业现行标准主要包括:《建筑施工模板安全技术规范》JGJ 162、《钢管满堂支架预压技术规程》JGJ/T 194、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 130、《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ 166、《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ/T 231、《建筑施工临时支撑结构技术规范》JGJ 300、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《建筑变形测量规范》JGJ 8 等。

2 术语和符号

2.1 术 语

本标准给出的术语是为了在条文的叙述中使得与施工临时支撑结构安全监测所示有关的俗称和不统一的称呼在本标准及今后的使用中形成单一的概念,并与其他标准有关称呼趋于一致,利用已知的概念特征赋予其涵义,但不一定是术语的准确定义。所给出的英文译名是参考国外资料和专业词典拟定的。

3 基本规定

3.0.1 本条是对本标准应用对象的界定。本标准中规定的需进行施工安全监测的临时支撑结构与住建部《关于实施〈危险性较大的分部分项工程安全管理规定〉有关问题的通知》(建办质〔2018〕31号)中附件2第二条中第二款关于超过一定规模的危险性较大的混凝土模板支撑工程的规定对应,具体为:搭设高度8m及以上,或搭设跨度18m及以上,或施工总荷载(设计值) 15kN/m^2 及以上,或集中线荷载(设计值) 20kN/m 及以上的混凝土模板支撑工程。对于上述支撑体系,施工过程中的安全监测需按本标准严格要求严格执行。对于钢结构安全支撑体系、预制混凝土构件安装所使用的临时支撑结构的安全监测可参照本标准相关要求执行。

对于《关于实施〈危险性较大的分部分项工程安全管理规定〉有关问题的通知》(建办质〔2018〕31号)中附件1第二条中第二款关于未超过一定规模的危险性较大的混凝土模板支撑工程,若施工过程中进行实时安全监测时,可参考本标准相关要求执行。

3.0.2 模板支撑体系浇筑过程中虽然施工单位配备相应的监测措施,但根据调研情况,目前,施工单位主要采用全站仪、水准仪、经纬仪、吊锤等人工作业方式对支架、基础的变形进行观测,观测时间间隔一般为30min。这种监测方式往往存在观测条件不具备、观测内容不完整、观测人员不安全、观测数据不连续等问题。此外,监测项目中的综合传感器应用技术、通讯组网技术、监测数据处理技术对技术人员的专业水平要求较高,要求监测数据分析人员要有结构工程、工程测量等方面的综合知识和较为丰富的工程实践经验。为了保证监测质量,国内外在监测管理方面开始走专业化道路,实践证明,专业化有力地促进了监测工作和监测技

术的健康发展。此外,实施第三方监测有利于保证监测的客观性和公正性,一旦发生重大安全事故或社会纠纷时,监测结果是责任判定的重要依据。因此本标准规定支撑结构施工前,需由建设方委托具备相应资质的第三方对支撑结构实施现场监测,但需要注意的是第三方监测并不应取代施工单位独立开展有必要的施工监测及巡视检查。

3.0.3 本条规定了第三方监测单位开展监测工作宜遵循的一般工作程序,具体可参考图 1 的操作流程。

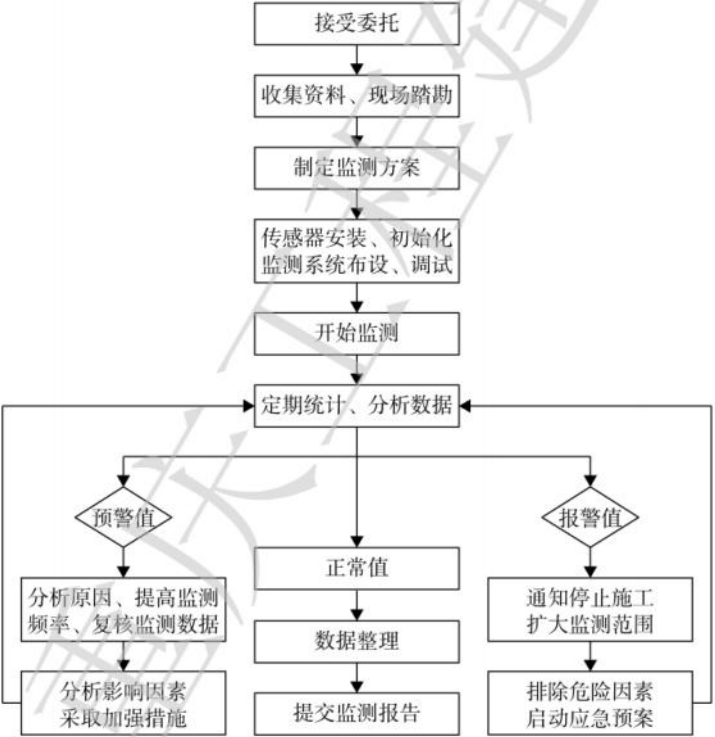


图 1 监测工作流程

3.0.4 本条对现场踏勘、资料收集阶段工作提出具体要求,其目的是为正确地对支撑结构进行监测和评价,提高监测工作的效

果,做到有的放矢,应尽可能详细地了解 and 收集有关的技术资料。另外,有时委托方的介绍和提出的要求是笼统的、非技术性的,也需要通过实地调查来进一步明确委托方的具体要求和现场实施的可行性。要求监测单位收集支撑结构的设计图纸和专项施工方案,是因为只有在这些资料收集齐全的基础上,才能把握好监测点的布设位置,才能进一步编制监测方案。要求监测单位通过现场踏勘掌握相关资料与现场状况是否属实,是因为监测对象的布设和性状由于时间、工程变更等各种因素的影响有时会出现与原始资料不相符的情况,如果监测单位只是依据原始资料确定监测方案,可能会影响拟监测项目现场实施的可行性。在现场踏勘环节,监测单位可进一步复核支撑结构现场搭设与专项施工方案是否一致,当发现支撑结构现场搭设与专项施工方案不一致,则向施工单位提出。

3.0.5 本条给出了监测方案的主要 9 个方面内容,实际操作中,也可补充相关内容。支撑结构专项施工方案应包含施工监测相关内容,《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》(住建部令第 37 号)第十条规定:危大工程实行分包的,支撑结构专项施工方案可以由相关专业分包单位组织编制。因此第三方监测实施方案需由第三方监测机构编制。支撑结构实时监测方案在整个监测过程中起到重要作用。

3.0.6 第三方监测单位需严格按照审定后的监测方案对临时支撑结构进行监测。但由于施工现场情况复杂,影响因素较多,在实施过程中可能会由于客观原因需要对监测方案作调整。

3.0.7 本条提出现场工况与监测结果建立联系,并对监测数据异常时的工作程序提出了程序性要求,以保证监测数据的有效性。

3.0.8 施工过程中往往存在水泥浆、混凝土渗漏及施工振动等因素使测量传感器出现松动、损坏等情况,导致测量数据不连续、不完整甚至失误报警等情况。因此,在测量传感器安装过程中,需在施工单位作业人员协助下开展监测点设施的维保工作。

4 监测项目

4.0.1 本条规定现场监测应采用仪器与巡视检查相结合的方法,是因为临时支撑结构,尤其是模板支撑结构的变形规律观测较为复杂,影响因素多,适当的人工巡视检查能更为直观发现隐患,多种观测方法互为补充、相互验证。仪器监测可以取得定量的数据,进行定量分析;以目测为主的巡视检查更加及时,可以起到定性、补充作用,从而避免片面地分析和处理问题。出于经济考虑,测点不可能完全覆盖整个临时支撑结构区域,通过巡视检查,可以对监测相对薄弱区域,进行补充,且能更为直观发现隐患。为提高监测有效性,监测数据的获取方式应连续、实时,以保证其时效性,达到防灾减灾之目的。

4.0.2 本条强调支撑结构监测工作的系统性和动态性,临时支撑结构监测是一个系统工作,系统内的各项目监测有着必然的内在联系。在临时支撑结构加载的过程中,其力学响应是从各个侧面同时展现出来的,如位移、倾斜、沉降、轴力之间存在着必然的相互联系,它们共存于同一个集合体。限于测试手段及现场条件,某一单项的监测结果往往不能揭示临时支撑结构的整体工作情况,必须形成一个有效的、完整的、与施工工况相适应的监测系统并持续跟踪监测,才能提供完整、系统的测试数据和资料,才能通过监测项目之间的内在联系作出准确地分析、判断,为信息化施工提供可靠的依据。在保证临时支撑结构安全的前提下,通过周密的考虑,抓住关键部位,优化监测方案,做到重点观测、项目配套。

4.0.3 巡视检查当发现有异常情况,宜采用摄像、摄影等方式及时记录,必要时,可通过图片、影像的方式向参建各方反馈异常

信息。

4.0.4 行业标准《房屋市政与基础设施工程检测分类标准》JGJ/T 181-2009 规定,高支模监测参数为:支架沉降、支架位移和基础沉降三个监测项目。本条结合实际操作要求,将临时支撑结构现场监测的对象分为三类:支撑结构、立杆基础、特殊情况下的监测对象,其中:

1 支撑结构。一般也称为支架结构,也就是临时支撑结构中的立杆、横杆、纵横杆、剪刀撑等共同搭设的临时承载结构;

2 立杆基础。立杆基础是临时支撑结构中承载总荷载的地面承载体系,一般有处理后的地基、既有水平建筑结构、贝雷梁等;

3 其它监测对象一般指与支撑结构或立杆基础变形相关的其他对象,如与支撑结构相连接的结构物、支承临时支架的建筑结构,或多层连支浇筑情况下的下层支架等。

支撑结构的监测项目的确定应根据上述支架失效的原因进行归纳,其监测项目的选取是本标准的重难点之一。本条规定支撑结构监测对象为支撑结构及立杆基础,现对相关监测对象的选取作如下说明:

1 架体沉降。该项目监测混凝土浇筑过程中支架的局部或者整体竖向位移,以提前预知因局部竖向位移过大导致的支架失稳;

2 立杆轴力。该项目对浇筑施工过程中立杆轴向受力进行监控,以提前预知因混凝土浇筑路径不符合要求、局部材料过量堆积或者其他因素引起的立杆轴向受力过大导致的立杆失稳进而发生局部坍塌事故;

3 水平位移。该项目监测混凝土浇筑过程中支架的局部或者整体水平向变形,以提前预知支架因局部或整体变形过大导致的结构失稳;

4 倾斜。该项目监测混凝土浇筑过程中支架的局部水平向变形,同水平位移互为验证、补充,特殊情况下可相互换算。通过

设置该监测项目可以提前预知立杆的局部失稳；

5 基础沉降。该项目监测支撑结构底座支撑面的竖向位移,特别是相邻点的沉降差异,是支撑结构监测中重要的监测参数。立杆基础监测项目为立杆底部的沉降。该项目包含绝对沉降和差异沉降,监测在混凝土浇筑过程中立杆基础产生的竖向位移,预防因差异沉降过大导致支架的局部或整体失稳;差异沉降由相邻沉降测点沉降差和距离计算得到。

监测项目的合理选取体现了监测的科学性和经济性,临时支撑结构的架体形式、基础形式多样,在监测项目选取时,应根据项目特点具体分析,合理选取监测项目。

5 监测点布置

5.0.1 本条是对测点布设的原则性规定,监测点的布置以掌握施工过程中支撑结构的整体工作性能为确定原则。标准编制过程中,通过收集国内多种架体类型(扣件式、碗扣式、盘扣式)的模板支撑体系坍塌事故案例,通过文献调研和工程实例分析发现临时支撑结构体系坍塌表现形式分为三种:整体失稳、整体倾覆和局部失稳。工程事故中往往也存在三种混合破坏形式。原因大致可以分为四类:

1 支撑结构立杆失稳造成的架体整体(局部)坍塌破坏。立杆的失稳破坏是由于支撑结构的整体抗侧刚度不足引起整体稳定性较差或局部立杆的约束不足,由此引起架体整体或局部立杆的荷载超出其屈曲极限承载力较差造成的。该类破坏形态包括架体整体呈现出某一空间形态的屈曲变形,或局部立杆表现出丧失保持轴向抗压稳定性能力的屈曲变形,两种情况下,失稳的波曲位置可能出现在架体(立杆)的顶部、底部失稳和中间位置,架体构造不同,则失稳形态也各异。通常情况下这种坍塌破坏形式的发生比较突然,在整体或局部坍塌破坏前没有征兆,破坏性很大;

2 支撑结构杆件连接处的整体(局部)坍塌破坏。支撑结构的架体破坏主要是由钢管的连接处、立杆与水平杆的节点、可调托撑发生破坏造成的,局部的破坏会导致局部承载能力不足,从而引发为支撑结构大范围局部坍塌或者整体坍塌;

3 支撑结构地基沉降变形造成的整体(局部)坍塌破坏。由于地基的承载力不足,发生不均匀沉降或者局部沉降过大,导致支撑结构失稳而发生坍塌;

4 支撑结构侧移过大造成的整体(局部)倾覆垮塌破坏。支撑结构发生侧移通常是在风荷载、施工活荷载等水平荷载作用下产生的。在侧向约束体系设置不够的情况下,支撑结构的抗侧刚度不足,引发坍塌破坏。

测点的位置应尽可能地反映监测对象的实际受力、变形状态,以保证对监测对象的状况作出准确的判断。支撑结构薄弱点一般为支架周边与四角、主梁与次梁相交部位、基础出现高差部位、斜坡屋面等、无连墙件等外部约束部位,以及支架顶部、中部位位置。基础薄弱点一般为处理土地基、基础承载力差异变化过渡段、悬挑型钢、贝雷架、多层连支浇筑施工下层既有结构梁板。

5.0.2 本条给出了监测点可适当加密或做适当稀疏处理的原则,直接与斜杆(剪刀撑)杆件连接的杆件,或靠近连墙件的杆件,相对处于有利受力状态,可稀疏布置监测点,如果在这些部位设置监测点,则不能准确反映架体实际危险受力状态。

5.0.3 本条为临时支撑结构测点布置指导性规定。规定同部位各监测项目的监测点宜布设于同一构件或邻近构件,是为了能更准确反映支撑结构某一部位的实际力学状态。规定同部位各监测项目宜布设于同一待浇筑的混凝土构件或邻近构件的支撑结构上,是为了数据分析、相互验证。

5.0.3~5.0.4 支撑结构沉降监测点、立杆轴力监测点、立杆倾斜监测点、基础沉降监测点按同样的平面位置进行布置,这是因为,立杆轴力较大部位,同时也是支架沉降、基础沉降的最不利位置,同时也是,最容易出现立杆局部失稳的位置。

模板支撑工程形式繁多,无法一一罗列,无梁楼盖监测点水平布置可参考图 2,桥梁监测点布置可参考图 3。

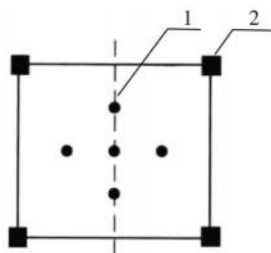


图2 无梁楼盖支撑结构沉降监测点水平布置

1—监测点;2—柱

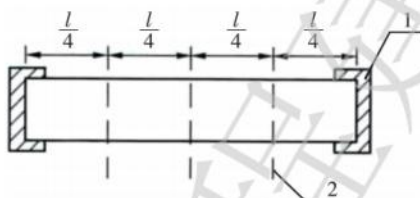


图3 桥梁支撑结构沉降监测剖面布置

1—桥墩(台);2—监测点剖面

(图中 l 为桥梁跨度)

5.0.5 门洞横梁往往是模板支架薄弱环节,其变形极易引起架体的内力重分布。

5.0.7 水平位移监测主要用于掌握支架整体水平变形情况,提前感知支架整体失稳情况。满堂支架有两种可能的失稳形式:整体失稳和局部失稳。当满堂支架以相等步距、立杆间距搭设,在均布荷载作用下,满堂支架破坏形式通常为整体失稳,当满堂支架以不等步距、立杆间距搭设,或立杆负荷不均匀时,两种形式的失稳破坏均有可能。一般情况下,整体失稳是满堂支架的主要破坏形式。整体失稳破坏时,满堂支架纵横立杆与纵横水平杆组成的空间框架,沿刚度较弱方向呈现出大波鼓曲现象,因此,支架整体失稳监测可选择支架整体水平位移作为监测参数。

有剪刀撑(斜杆)的支架整体失稳破坏时,架体以上下竖向剪刀撑交点(或剪刀撑与水平杆有较多交点)水平面为分界面,分界

面上部发生大波鼓曲,最大位移发生在上部 1/2 高度处(图 4b),因此需将整体失稳水平位移监测点设置在单元框架上部 1/2 高度处。临时支撑结构在浇筑过程中平面上具有两个方向(X、Y)变形,因此本条规定对支架的平面变形采用双向变形测量。

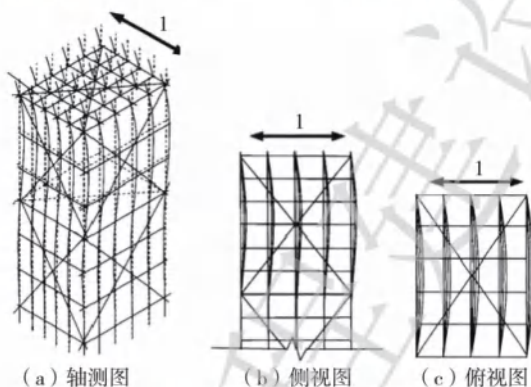


图 4 有剪刀撑(斜杆)支撑结构整体失稳

1—刚度较小方向

5.0.8 临时支撑结构倾斜监测是所有监测项目中现场实施受限最少的项目,也是最为直接的监测参数,与水平位移监测互补、互鉴。通过平面、立面的网格布设,对临时支撑结构进行立体的变形监测,结合单点和整体的数据分析,能及时发现浇筑施工过程中支架局部和整体变形。

支架倾斜监测主要用于掌握支架立杆的局部变形情况,提前感知支架局部失稳情况。根据有限元分析及现场统计,支架局部失稳破坏时,立杆在步距之间发生小波鼓曲,波长与步距相近,变形方向与支架整体变形方向可能一致,也可能不一致,如图 5 所示。因此,支架局部失稳监测应选择立杆的局部变形作为监测参数。支架发生局部失稳时,立杆顶部和中部均有可能发生变形,但由于立杆顶部为自由端,临界承载力较低,同时顶部立杆包含可调托撑,刚度较小,因此是局部失稳的薄弱部位。此外,由于局

部失稳时,无法准确判断立杆中部失稳杆段及方向,依现有的技术和理论基础难以实现有效监测,目前主要仍通过构造措施保证立杆中部的稳定。因此,建议可只对立杆顶部倾斜变形进行监测。目前,临时支撑结构自动化测量设备中倾斜测量传感器倾斜仪具备双轴测量功能,可同时实现双向测量。

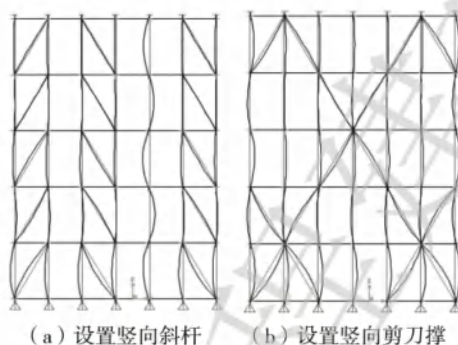


图 5 支撑结构局部失稳

5.0.9 监测轴力的立杆,往往荷载较大,也是容易引发基础沉降的部位,基础沉降监测点与立杆轴力监测点的位置对应,能便于监测数据的综合分析。规定基础沉降监测点与支撑结构上部监测点上下对齐是为了将两项监测值进行对应,一方面使得两者相互验证,另一方面通过其沉降差值可获取该部位立杆顶部的竖向位移,能从竖向竖向变形的角度了解立杆的屈曲情况。

5.1.10 因现场情况复杂多变,方案内约定测点布设位置并非与现场测点完全对应,但仍需按本标准第 5.0.1~5.0.9 条相关要求布设。现场测点布设位置可适当调整,因此,在测点安装完成后需及时绘制现场测点布设图,便于在监测出现异常时可及时查找异常部位并分析判断临时支撑结构安全状态。

5.0.11 支撑结构监测的目的是对设计参数的验证,但必须是在不影响其本身功能和安全的前提下进行。本条对监测实施过程提出具体要求,以保证浇筑结构本身不受监测实施过程影响,从

而尽量减少对施工作业的影响。

5.0.12 本条对各类监测点的监测仪器的布设位置做出了原则性规定。

1 规定支撑结构沉降传感器需安装在主楞靠近可调托撑的位置,是因为:支承面板的楞梁中部及模板容易在支架、荷载等作用下发生翘曲,因此,架体变形监测点可设置于主楞靠近可调撑的位置;

2 安装压力传感器时,立杆轴力监测装置宜安装在立杆可调托撑与楞梁之间,可通过调节可调托撑对压力传感器施加一定压力,可固定压力传感器,并确保接触紧密。

6 监测系统

6.1 一般规定

6.1.1 由于自动化监测系统的监测点数据可自动采集、传输、实时处理,效率精度高,鼓励临时支撑结构自动化监测。

6.1.2 临时支撑结构事故发生的时间延展性大大低于其他岩土类基坑工程等,本标准内所有监测参数的设置均围绕保证监测时效性这一目的。为保障监测时效性,监测信息化必不可少。通过建立监测站及自动化系统,可实现连续、实时的测量数据采集,同时,为迅速进行数据反馈及协作联动,可配置网络平台实施同步远程监测。

6.1.3 监测站的建设应符合三个条件:一是满足现场人员作业安全要求,二是满足现场监测作业条件要求,三是不能阻碍现场施工,本条对监测站建立根据以上三个要求提出具体措施。

6.1.4 正确的监测方法对监测结果的影响远大于传感器的精度影响,大量工程经验表明过高追求传感器的精度并不经济合理。

6.2 监测设备

6.2.1 监测仪器和设备是监测工作顺利进行的保障。支撑结构监测的目的是观测架体状态的发展趋势,及时发现安全隐患。传感器的自动识别功能便于作业人员通过设备编号查找设备现场安装位置,利于监测数据分析。

6.2.2 本条对自动监测仪的各项性能指标作了一般性规定。对于支撑结构监测中大部分监测项目,这些性能指标规定能满足工

程的应用要求。

6.2.3 本条列出了各类监测仪器的量程与监测精度规定,现对相关事宜说明如下:

1 精度与量程存在线性关系,应结合临时支撑结构的各监测参数容许值来确定其量程,再结合其线性关系来确定传感器的精度选型;

2 一般来说,临时支撑结构沉降监测控制值为 10mm~15mm,因此,传感器量程应在 30mm~60mm。目前,传感器多为满量程精度,量程与精度之间存在线性关系为: $n\% \times F \cdot S$,其中 n 为常数;

3 按现行国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 的相关规定,量程应介于监测参数估计值的 2 倍~3 倍,精度应为估计值的 1/10,为确保精度,结合工程经验,本条规定压力传感器精度应为估计值的 0.5%。

6.2.5 监测软件的应用利于实现数据实时采集和及时处理,免去过多的人工干扰,及时预警。

6.3 系统要求

6.3.1 本条为保证监测系统安全规定采用系统冗余做法。

6.3.2 本条对监测系统功能提出具体要求,需要指出的是该条 1~5 款所明确的内容均是基础性功能,在任何条件下均应满足。

6.3.3 本条规定了监测系统正式投入使用之前必须完成的程序,确保监测数据的真实性。

6.3.4 当施工现场存在大型变压器、发电机组等强电磁干扰源时,将对监测设备的无线通信产生干扰,监测过程中应采取相应措施。

6.3.5 本条对自动化监测系统的各项功能需求作了一般性规定。监测过程中,若由于电源意外中断而导致监测停止,或造成

监测数据、报警信息及传感器初始值、测点位置、监测预警值和监测报警值等参数的丢失,将无法保证监测的连贯性和有效性,因此,自动化监测系统应配备有后备电源,确保电源突然中断时,自动化监测系统应保证数据和参数不丢失。后备电源是为提升监测仪器续航能力的保障措施,避免在施工过程中出现设备因断电而无法进行数据采集的情况,从而保障监测数据实时、连续。

7 现场监测

7.1 一般规定

7.1.1 本标准给出的监测方法是施工现场较为普遍使用的方法。本标准第6章对这些监测方法中使用设备的精度指标、作业要点和限差等作出了相应规定。本条规定了实际操作中,需结合临时支撑结构的规模、作业环境、设计要求等,应因地制宜,选择适合现场的监测方法,在特殊情况下,也可选择不同监测方法相互验证。

7.1.2 临时支撑结构在失效前一般是有预兆的,巡视检查可有效发现异常情况。在临时支撑结构监测实施过程中,由有经验的监测人员对临时支撑结构进行监测巡查是必要的。本标准将巡视检查分为首次巡查和定期巡查。

7.1.3 对基准点、参考点布设及稳定性要求说明如下:

1 采用全站仪进行位移观测时,基准点是进行临时支撑结构监测工作的基础和参照,基准点的最基本要求就是在监测全过程中应保持稳定可靠,因此应尽量选择远离监测对象的稳定点。同时,基准点数量应满足稳定性观测的最低要求。基准点及工作基点的布设,应便于保护基点,同时要兼顾测量作业的安全问题;

2 采用传感器方式进行位移监测时,传感器宜设置于建(构)筑物本身的既有混凝土柱、剪力墙等固定结构或稳定设施的基准桩上。对于临时支撑结构周边有承载力满足设计要求的岩石山体、钢筋混凝土建(构)筑物,可作为位移传感器的参考点使用;

3 全站仪进行观测时,变形监测网中基准点的稳定性观测,一般通过重复观测并使用统计检验的方法进行分析。由于临时

支撑结构工作周期短,本条建议变形监测网的稳定性观测周期与监测点观测周期一致,并对其保持动态评估。

7.1.5 监测初始值的采集是全过程中的最基础工作,直接关系到监测项目累计值的可靠性,也关系到项目预警值的合理性。初始值采集工作应得到足够重视。而监测仪器、传感器、通讯硬件和数据系统的稳定性及可靠性是监测初始值采集质量的决定性因素。因此,监测硬件应通过疲劳检验、耐久检验等稳定性测试,监测软件应当通过一定时间的试运行以测试其可靠性。

7.1.6 初始值采集需满足两个条件:

1 现场工况稳定。现场支架、模板、钢筋、预压及其他工作已经完成,在无其他荷载明显增加且支架变形相对稳定情况下,可进行初始值采集;

2 初始值需多次采集。初始值应在稳定工况下进行多次数据采集,该数据不仅仅是后继监测数据的计算基准,也是工况稳定的判断依据。

7.2 监测方法

I 沉降监测

7.2.1 本条建议在条件允许情况下,优先采用位移传感器或静力水准仪对支架竖向位移进行自动化观测,在满足精度、频率等要求的前提下,新的测量技术可应用于沉降监测。

7.2.2 当支架底座支承面承载力不足时,在荷载的作用下,支承面将发生沉降。当这种沉降不均匀时,在沉降较大区域的立杆将在上部荷载作用下产生向下的位移,拉动相连的水平杆发生偏转或弯曲,模板主次楞也随之产生倾斜或弯曲,产生向下的位移量;当荷载过大或立杆强度不足时,在上部荷载作用下,立杆失稳屈曲,失稳立杆上方的主次楞及模板由于失去了支撑,在荷载和自

重的作用下产生向下的位移;当连接立杆和水平杆、剪刀撑的扣件失效时,立杆失去了水平约束,使得立杆在稳定性计算中的计算长度增加,临界承载力大幅度降低,在荷载作用下立杆极易发生失稳,导致主次楞失去支撑发生沉降。发生沉降后,模板上方的现浇混凝土在重力作用下将向模板沉降区域流动,增加沉降区域的荷载,进一步加剧架体的沉降。

上述几种模板支撑系统的破坏方式都导致了只层结构顶部的沉降,因此,架体的竖向位移是模板支撑系统稳定性最直观的反映,是模板工程自动化监测中重要的监测参数。

7.2.3 本条给出了两种情况下的支撑结构沉降监测传感器参考点的设置方法。当采用拉线式位移传感器监测面板沉降时,地基表面需经过硬化处理。

7.2.4 本条主要对位移传感器的安装过程中的关键点提出了具体要求,实际施工中需严格遵守其作业流程,以保证其安装科学合理,从根本上确保监测数据的有效性。

7.2.5 本条主要对静力水准传感器的安装过程中的关键点提出具体要求。

II 立杆轴力监测

7.2.6 本条对立杆轴力监测仪器选型给出指导性建议,一般情况下应优先选择荷载传感器。一般情况下,经强度和稳定性验算的立杆能满足上部材料和施工作业设计荷载的要求。但在实际施工中,往往会发生混凝土超量堆载,造成局部立杆失效,造成不良连锁反应。对荷载较大的重点区域的立杆轴力进行监测是防止局部区域超载,保证支架正常工作的措施。

立杆荷载监测的方法有很多种,如在立杆上贴应变片,通过监测立杆应变变化来监测立杆内力,或在立杆底座下安装压力传感器监测支座反力等。对于监测应变的方法,由于立杆会受到众

多水平杆和剪刀撑的偏心荷载的作用,使每段立杆都可能因弯曲、扭转而产生额外的应变,因此监测应变并不能准确地反映立杆的内力。对于在底座监测支座反力的方法,由于立杆实际上并非处于单轴受压状态,荷载会通过水平杆和剪刀撑在立杆间重新分布,最终传递至地面的压力与施加在立杆上的荷载可能相差较大,因此监测支座的反力也不能准确地反映立杆的内力。因此,建议在立杆顶部与面板之间设置压力传感器,监测面板直接施加在立杆上的外力。

7.2.7 本条对立杆轴力监测仪器的安装位置提出具体要求,以保证监测结果的可靠性。轴力计上下承力面若接触不均匀,会导致轴力计偏心受压、设备失稳,进而导致轴力测量值失真或者轴力计掉落的情况发生。当轴力计顶部楞梁采用钢管或其他型钢,导致轴力计与楞梁接触面不平整、受力不均匀时,可在轴力计顶部增加垫块,垫块可为预制钢板或现场木模板切割的方板。轴力计安装前,需将托撑拧松下调,轴力计、垫板放置完成后,再将托撑上调至垫板与楞梁紧密接触为止,该过程应注意托撑不应过分调高,否则会导致周边立杆与楞梁接触面松动甚至脱离,该轴力计安装立杆会过度分担其周边立杆的荷载,导致轴力监测值异常。

III 水平位移监测

7.2.8 本条对水平位移监测的监测仪器给出指导性意见,在现场条件允许时,优先采用位移传感器进行自动化观测。若现场无既有固定结构或稳定点作为位移传感器参考点时,在满足监测精度、频率等要求的前提下可采用其他方法进行观测。目前,带自动照准功能的测量机器人以及激光测距仪等也都可采用。根据现场应用环境选择合适的测量设备,有利于临时支撑结构变形的监测,也有利于多种测量方法进行互鉴、互补。

7.2.9 本条对水平位移传感器的安装位置、安装方向、安装初始值等提出了具体要求。测点安装时,安装初始值应考虑支架正负变形的情况,正负方向量程余量均应满足支架变形控制值的要求,因此,位移传感器量程宜为控制值的 3~6 倍。

IV 立杆倾斜监测

7.2.11 支架顶部局部失稳时,立杆顶端为自由端,变形后水平位移最大,因此可以通过监测立杆顶端的水平位移反映支架顶部的局部变形大小。有稳固可靠的基准点时,可采用位移传感器监测立杆顶端的水平位移,水平位移监测点需靠近立杆顶端,可安装在可调托座下方;无稳固可靠的基准点时,由于立杆变形较小时仍可近似认为是直杆,因此可以通过监测顶部立杆的倾斜角度,通过三角函数近似计算出立杆顶端的水平位移,倾斜传感器可安装在可调托撑调节螺母下方。

7.3 监测频率

7.3.1 确定合理的监测频率是保持监测活动能准确、连续获取监测项目过程真实变化的关键。本条对临时支撑结构的监测频率提出原则性要求,并结合工程实际,以能够满足安全需要为前提,确定适合实际工程的监测频率。

7.3.2 本条对临时支撑结构的监测持续时间提出具体要求。混凝土浇筑完成后,支架固定荷载施加完成,支撑结构顶部荷载达到最大,但混凝土结构尚未具备强度,支撑结构变形接近峰值,整个临时支撑结构系统处于危险阶段,因此本标准规定监测时间应延续至混凝土初凝。混凝土是否达到初凝根据施工气候、混凝土等级、有无掺外加剂、工地现场具体情况等因素判断。一般情况下,混凝土初凝时间可取 1h~2h,监测参数逐渐趋于稳定。监测

频率的确定应满足系统反应监测对象所测项目的重要变化过程而不遗漏其变化时刻的要求。

本条同时规定监测周期应持续至监测数据无持续增大趋势,这是考虑到混凝土浇筑完成后,支架可能因其他因素如降雨、大风等导致的支架坍塌事故。

7.3.3 本条对临时支撑结构监测频率确定方法提出具体意见,并对监测数据未出现异常情况下的各施工节点的监测频率给出参考值。在实际工作中应切实遵守,目前普遍采用自动化测量传感器进行各参数数据采集,通过高频次的监测数据读取,能有效避免监测盲区。为达到监测数据连续的目的,本标准建议自动化测量设备监测频率不低于 2 次/min,符合安全管理要求。同时,对于因场地受限导致部分自动化设备无法使用时,采用智能型全站仪等设备进行补充量测的,监测频率建议不低于 1 次/10min,该项目测量只是特殊条件下的增补措施,不能完全替代其他监测项目采用自动化测量。

7.3.4 本章节对临时支撑结构施工环境中出现的 6 项假设性条件时,提出应在常规监测频率的前提下加密观测的规定,加密倍数应视假设性条件的严重程度而定。

7.4 监测预警值与报警值

7.4.1 监测报警是临时支撑结构监测的目的之一,是预防支架坍塌事故发生,确保作业人员安全的重要措施。

7.4.2 在出现监测报警值之前,为进行提前警示,有必要设置更为严格限值,对监测对象可能发生异常或危险状态提前掌握。

7.4.3 确定监测报警值是监测工作实施的前提,是监测期间对支撑结构正常、异常和危险三种状态进行判断的重要依据,因此监测必须确定监测报警值。监测报警值,应综合考虑不同类型支架的结构形式、几何尺寸、细部构造、模板上部的荷载及模板支架

重量等因素,根据支撑体系专项施工方案设计计算确定。对于临时支撑结构本身结构来说,其位移、沉降、轴力等参数都有变形或内力的阈值。设计方经过验算得出具体数值,按照一定比例折算后给出监测报警值。监测的累计变化量指标是实际变化量接近报警值的最直观反映,是数据分析展示环节的核心指标。

7.4.4 监测报警是临时支撑结构监测系统的核心功能,而报警值又是触发监测报警必不可少的条件。因此监测报警值必须设置且应为具体的数值,不应是一个数值区间或者模糊的表述。高大模板支撑工程的相关监测标准及支架失效时的监测数据极少。行业标准《建筑施工临时支撑结构技术规范》(JGJ 300-2013)在施工监测章节给出了支撑结构的内力和水平位移的监测报警值,并将水平位移的监测报警值规定为架体高度的 $1/300$,除此,其他无现行标准有类似的规定。通过结合国内已有的各种类型高支模的实际监测参数,并用有限元数值模拟方法对多个工程案例进行极限承载力屈曲分析,经总结这些成果,提出了支撑结构的监测报警值。其中支架水平位移报警值用变形绝对值与 $2S\%$ (S 为水平剪刀撑间距)的最小值进行控制,支架倾斜用 4% 作为报警值、支架沉降用 8mm 作为报警值,其原因是:

1 有限元模拟得到的临时支撑结构的水平变形范围是 $5.7\text{mm}\sim 13.3\text{mm}$,因此综合各种因素,取水平变形报警值的绝对值为 12mm ;

2 高支模都是设置了竖向剪刀撑(专用竖向斜杆)与水平剪刀撑的,从有限元模拟的支架屈曲失稳模态来看,架体无外部约束条件下,一阶整体失稳模态的波曲形状总是强烈依赖于水平剪刀撑的设置位置(上下两道竖向剪刀撑相接的水平位置),最大水平位移出现在两道水平剪刀撑的中间部位(图6),因此用水平剪刀撑距离的千分比来表征水平位移报警值是合理的。按照水平剪刀撑间距为 6m ,水平变形范围是 $5.7\text{mm}\sim 13.3\text{mm}$ 的条件计算,水平位移报警值的范围是水平剪刀撑竖向间距的 $(0.95\%\sim$

2.2‰)；

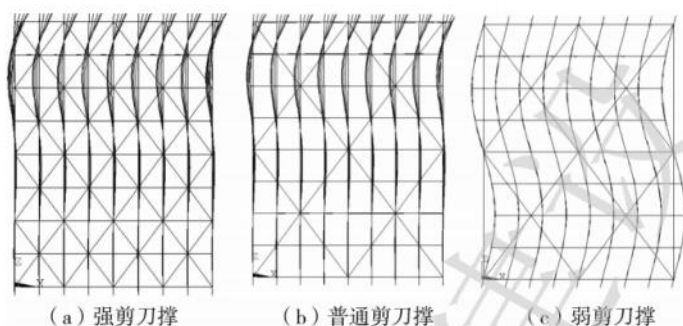


图 6 支撑结构屈曲失稳模式

3 有限元模拟揭示的立杆倾斜(节点相对水平位移与节点相对高度之比)范围是 $1/226 \sim 1/254$, 即 $3.93‰ \sim 4.42‰$;

4 在收集的监测案例中, 占比 96% 的项目支架沉降最大监测值小于 10mm; 占比 81% 的项目支架沉降最大监测值小于 6mm; 占比 48% 的项目支架沉降最大监测值小于 4mm。考虑到标准的适用性, 并结合其他标准规定及数值模拟结果, 取支架沉降报警值为 8mm。进一步分析可发现, 当基础出现不均匀沉降时, 支架竖向位移范围是 8.2mm~8.7mm 当基础无出现不均匀沉降时, 竖向位移范围是 1.9mm~3.7mm, 因此支架沉降变形基本由基础不均匀沉降引起。

8 数据处理与监测报告

8.0.2 本条规定旨在要求第三方监测单位严格依据监测方案进行监测,为临时支撑结构实施动态化管理和信息化施工提供可靠依据。实施动态化管理和信息化施工的关键是监测成果的准确与及时反馈,第三方监测单位应建立有效的信息化处理和信息反馈机制,将监测成果准确、及时地反馈到建设、监理、施工等有关单位。

8.0.3 对监测数据的获取方式提出具体要求,以保证监测数据的时效性及合理性。

8.0.4 本条对监测过程中出现异常情况时的处理措施提出具体要求,以保证临时支撑结构和周边环境安全。

8.0.5 本条对监测数据的分析环节提出具体要求,以保证监测数据分析的科学合理性,使其真正具备指导施工,保证工程安全的作用。

8.0.6 监测报告作为最终技术成果,对支撑结构施工安全起着重要决策支撑作用,本条对临时支撑结构监测工作的现场测量人员、数据分析人员岗位职责、第三方监测单位职责、技术成果的出具等提出具体要求。

8.0.8 本条提出了若干项预设性情况,实际工程中,当在其中一个或者几个情况在实际中出现时,应触发危险报警,启动应急避险措施。当监测数据达到监测报警值时,第三方监测单位需立即通报建设方及相关单位,并对现场作业人员发出区域警示,以便参建各方及时分析原因、采取措施。各参建单位需认真对待第三方监测单位的报警,以避免事故发生。

8.0.9 本条对监测报告的内容提出具体要求,需维持独立性和

完整性,以保证其存档价值。监测报告是监测工作全部完成后监测单位提交给委托单位的监测成果报告。监测报告一方面可提供完整的监测资料,另一方面总结工程的经验和教训,为以后的临时支撑结构设计、施工和监测提供参考。

8.0.10 第三方监测单位在监测结束后,需向建设方提供监测竣工资料,其中:

1 监测方案应是各方审核批准后的最终实施方案,包括方案正文、专家论证意见、修改意见以及监测方案现场各方审核流程图;

2 监测报告可以根据合同的要求按照施工进度编写。监测报告应包含各施工部位的阶段性简报及项目完工后的整体报告,监测报告应与监测方案要求内容对应。安全监测中各监测项目监测频率高,数据量庞大,可在平稳阶段增长原始数据表列间隔,但两次表列数据最长间隔不宜超过 30min;

3 建设方应按照有关档案管理规定,将监测竣工资料组卷归档。另外,监测过程的原始记录 and 数据处理资料是唯一能反映当时真实状况的可追溯性文件,第三方监测单位也应归档留存。