宝顶山摩崖造像圆觉洞顶板风化剥落特征研究

王旭刚[1] 蒋晓菁[2] 李彬[1]
1. 辽宁有色勘察研究院有限责任公司；2. 大足石刻研究院

摘要：圆觉洞是大足石刻宝顶山摩崖造像中最具代表性的作品之一，具有重要的科学、历史和艺术价值。千百年来，长期自然营力致使洞窟和周边岩石强度降低、岩体风化剥蚀加速、顶板厚度逐渐变薄。为此，通过传感器在线监测与三维激光扫描数据对比，观测顶板岩石剥落情况，为圆觉洞稳定性评价和后期加固设计提供重要依据的同时，也为国内类似复杂石窟寺病害前期研究提供借鉴。

关键词：圆觉洞；三维激光扫描；大足石刻

一、研究背景

宝顶山摩崖造像位于重庆市大足区，是一座造像近万尊的大型佛教密宗道场。1961年被国务院列为全国重点文物保护单位，1999年被联合国教科文组织列为世界文化遗产。圆觉洞是宝顶山摩崖造像中最具代表性的作品之一，位于宝顶山大佛湾南崖，编号第29号。不同于大佛湾其他造像，圆觉洞极其罕见地承袭了中原北方佛教造像的洞窟形制，茕茕孑立于大佛湾。造像构思奇特，技艺精湛，巧妙将装饰、排水、采光融汇于一体，充分显示出古代雕刻大师善于运用典型环境的创造才能，具有重要的科学、历史和艺术价值。

千百年来，在长期自然引力作用下，特别是近年来大气降水、污染及游客数量增多，致使洞窟周边环境发生了一系列变化，其顶板厚度风化剥蚀至目前估测的1.9m左右，且目前顶板的几何参数与物理力学性质未知，使得对圆觉洞稳定性勘察评估的工作尤为迫切。圆觉洞文物本体及周边围岩体出现了岩石风化剥蚀加速、顶板失稳险情加重等一系列病害，为此通过多期次三维激光扫描成果对比分析结合现场调查和位移监测数据，分析顶板岩石风化剥落情况。

二、研究方法

（一）顶板病害调查

将圆觉洞病害调查工作纳入精细化勘察工作中来，最终从勘察成果的角度对圆觉洞病害成因进行合理分析。调查内容主要包括顶板表面出现的裂隙、空鼓、起翘[1]情况的分布位置、形态、面积等，同时也包含渗水和顶板剥落情况等内容；调查结果结合以往资料进行统计分析，形成病害分布图。

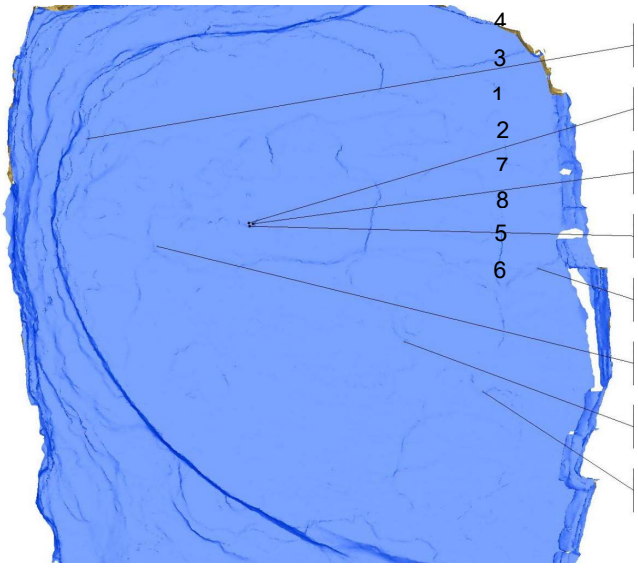

图1 变化较大8处位置图

（二）三维激光扫描成果对比

通过三维激光扫描[2]2018年5月和12月点云进行对比分析，通过颜色可以直观、简洁地显示出圆觉洞顶部的发生空鼓和剥落的位置，见图1。在图中标示出变化较大的8处，变化值为负值表示2018年12月扫描时此处有岩体剥落，变化值为正值表示2018年12月扫描时此处有岩体鼓起现象。

标识点1、2、3处变化值为正值最大约为0.012m，即此处为起鼓现象。标识点4-8变化值为负值，即此处为岩体剥落。对三维点云对比分析中选取的8处变化比较明显处选择一定范围做剖面，可以得到如下剖面线。标识点1-8处的剖面线位置图及剖面线上点云构建的剖面线，第一期三维点云构建的剖面线用青色标识，第二期三维点云构建的剖面线用红色标识。

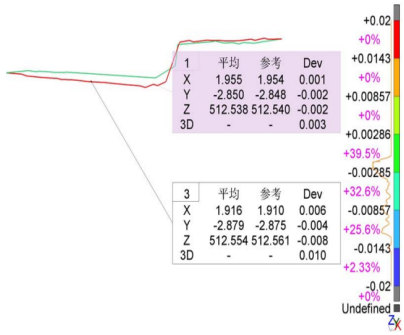

图2 标识点1和3处剖面线

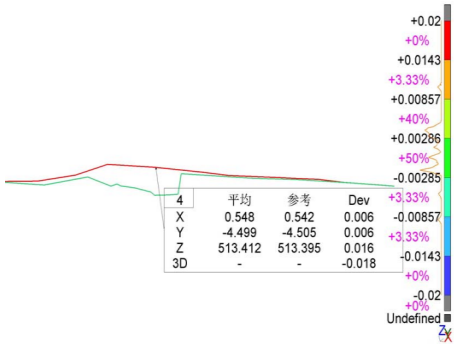

图3 标识点4处剖面线

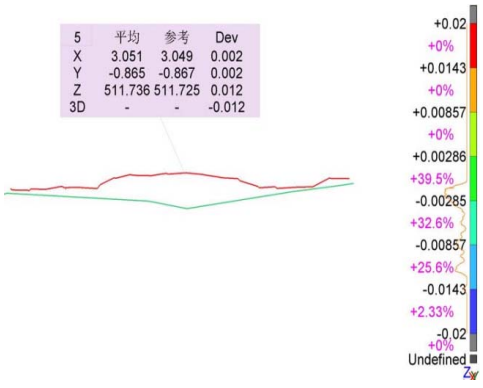

图4 标识点5处剖面线

万方数据

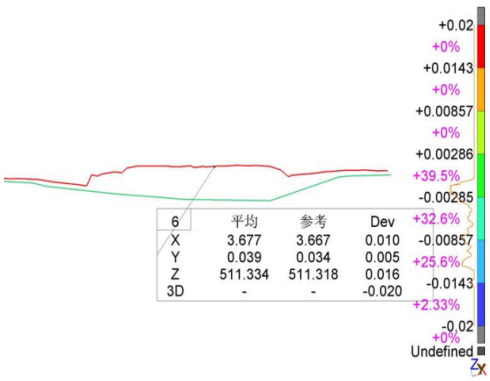

图5 标识点6处剖面线

（三）激光位移监测

顶板激光位移传感器2018年11月28日安装完成，通过sim卡传送数据至网络服务器，然后并入大足石刻监测预警平台。分析数据从2018年11月28日至2019年7月17日，包含8个激光位移传感器数据、降雨量、洞内温度和游客量合计数据65498个。通过SPSS数学统计分析软件绘制检测值变化曲线，8个点的距离均随着时间逐渐增大，总体曲线起伏与温度变化一致，但随着季节增长曲率有所变化，2018年11月-2019年4月，距离曲线增长不明显，2019年4月-2019年7月，距离曲线增长明显，曲线曲率开始大于温度增长曲率，推测该时间段进入雨季空气潮湿顶板风化加剧。截至2019年7月17日，W1累计距离变化3.0mm；W5、W8累计距离变化2.0mm；W6、W7累计距离变化1.5mm；W2、W3和W4累计距离变化0.5mm。

三、研究成果

综上所述，圆觉洞顶板病害以空鼓和起翘为主，主要分布在后室顶板，起翘空鼓面积达到7.4663㎡，起翘、空鼓病害与渗水条件具有直接关系，且渗水条件加剧了病害劣化演变的速度；无渗水区域起翘、空鼓规模及数量明显较小；风化速率呈现“南端>北端”“西侧>东侧”、西南角最为严重等分布规律。顶板剥落以起翘和空鼓片体脱落为主，2018年下半年中，有六处以上片体脱落。考虑激光位移监测的数值不能排除岩石本身热胀冷缩的因素，2019年上半年平均粉状剥落量要小于1.5mm。

参考文献

[1]李宏松.石质文物保护工程勘察技术发展现状及趋势[J].中国文化遗产，2018（04）:13-18.

[2]赵玲.三维激光扫描技术在文物建筑勘察设计中的应用探讨[J].低碳世界，2017（27）:173-174.

（上接第14页）

并记录，实验将岩土工程深基坑变形量作为实验结果，对两种方法进行对比分析，实验结果如图2所示。

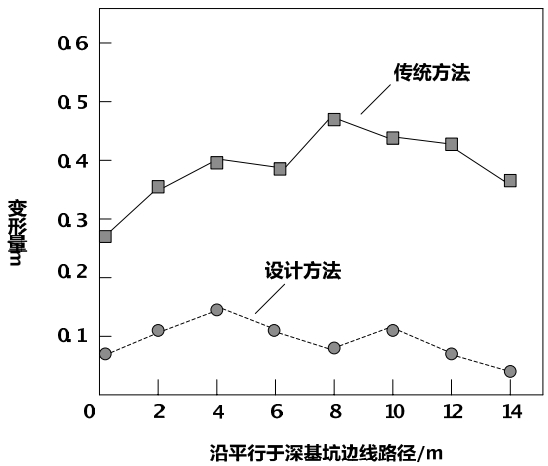

图2 两种方法岩土工程深基坑变形对比图

从图2可以看出，基于深基坑支护技术的岩土工程施工方法变形量比较小，基本可以控制在0.2m以内，而采用传统方法岩土工程深基坑变形量比较大，最大变形量可以达到0.48m，远远高于设计方法，因此实验证明了基于深基坑支护技术的岩土工程施工方法具有较高的可靠性和可行性，更适用于岩土工程施工。

三、结束语

本文为提高岩土工程施工的施工质量，将深基坑支护技术应用于岩土工程施工中，实验证明该方法有助于提高岩土工程施工安全和施工质量，同时还有助于深基坑支护技术的发展与完善。

参考文献

[1]黄德胜.建筑工程中的深基坑支护施工技术探讨[J].城市建筑，2013,(2).72.

[2]徐长发.建筑深基坑工程施工技术探讨[J].科技风，2013,(9).166.

[3]张可明,程新建.岩土锚固工程施工技术探优[J].江西建材，2011,(3).87-88.

[4]齐术京,王长龙.深基坑岩土工程施工中的监测技术的处理[J].科技信息，2011,(6).351-352.

[5]李华杰,史晓军,孙刚.岩土结合地质条件下深基坑工程施工技术[J].青岛理工大学学报，2008,(3).111-114.

[6]贾素勤,王仙伟,郭哲峰.岩土工程施工技术探讨[J].科技致富向导，2011,(30).234-234，271.