

麦积山石窟喷锚加固技术介绍

文 葆

麦积山石窟是我国四大石窟之一，始凿于 16 国后秦时期，至今尚保存着 1600 多年来我国历代的泥塑石雕 7800 余身，壁画千余平方米，大小石窟 194 个，这些珍贵的艺术品是研究我国古代雕塑、壁画的重要实物，被列为全国重点保护文物。由于麦积山岩质较差，风化裂隙严重，崖壁高陡，洞窟密集，故在地震力与重力作用下，曾造成中部石窟群全部崩坍，目前尚存的东、西崖石窟群，有的已局部开裂、剥落和崩坍，威胁着石窟和文物的安全。1975 年根据国务院文物事业管理局的指示，甘肃省组织了文物管理、科研、设计和施工单位在前人工作的基础上，着手全面研究加固维修麦积山石窟的工作，现在西崖工程已接近完成。

甘肃省建工局建筑科学研究所在兄弟单位的协作配合下，学习外地经验，结合麦积山工程地质的实况，提出采用喷锚加固技术，通过对圆钢锚杆与螺纹铜锚杆受力性能，环氧水泥、普通水泥砂浆和膨胀水泥砂浆与钢锚杆间黏结力的比较及锚杆的影响区域等试验。证明水泥砂浆螺纹钢锚杆受力性能良好，砂浆和螺纹钢之间极限黏结力较高，六根试件平均为 86.4 公斤/厘米²，最高为 101 公斤/厘米²，最低为 70 公斤/厘米²。采用环氧树脂作黏结材料，其受力性能更高。这些现场试验表明在麦积山砂砾岩中，喷锚加固技术对危石有良好的锚固力。经国家文物事业管理局审查批准在麦积山石窟修缮保护工程中采用以喷锚为主的“喷、锚、粘、托”综合治理技术，它比过去提出的大柱支顶、挡墙支护或打洞嵌梁支托等设想方案，有着明显的优越性。

工程具体做法：

1) 喷射混凝土和挂网喷射混凝土。

防止崖面风化，是一项消除岩石蚀落和裂隙坍塌成因的重要措施。以往防止岩面风化，一般都采用水泥砂浆罩面，但是在风化疏松、凹凸不平、窟洞遍布、高陡面广的麦积山崖面上，采用人工抹灰，作一层砂浆罩面，难度是很大的。麦积山工程中决定采用现代化的高压喷射工艺和快凝混凝土，使混凝土罩面高效率的、牢固地黏结在麦积山的崖面上，它的作用是：

① 防护风化。喷射的混凝土罩面与砂砾岩黏结牢固,可以防护崖面风化。

② 充填裂隙。混凝土通过压缩空气输送,经喷枪以较高的压力和速度喷射,能充填崖面的裂隙与孔洞之中,将崖面的裂隙和危岩联成整体,阻止相互之间的错动,增强岩体自身的支持力。

③ 加固危岩。块状围岩丧失稳定而脱落,有时一块一块脱落,有时一层一层脱落,所以采用喷射混凝土和挂网喷射混凝土作为防护层,使喷层与崖面联成一个整体,改善崖面疏松状况,从而制止砂砾岩个别危面的松动与坠落,加固了危岩。

2) 锚固灌浆黏结可以有效地加固裂隙危岩。

在麦积山崖面上,存在着各种裂隙危岩,随着裂隙的发展,在地震力(麦积山是地震区)和重力作用下,危岩随时都可能发生崩塌。麦积山工程中采用不同方位的非预应力锚杆加固危岩。根据锚杆承受的“悬挂理论”进行计算,和锚杆穿过裂隙危岩在稳定岩体上的锚固长度的现场测定,在确保灌浆质量的情况下,锚杆顶端应用30d(d为钢锚杆的直径)的长度深入稳定的基岩,即可达到牢固的要求,为确保安全,麦积山工程中规定为50d。锚杆灌浆材料采用无收缩的,略有膨胀的水泥砂浆,要害部位的灌浆材料准备采用环氧树脂灌浆。

3) 对岩体内部的裂隙,也准备进行灌浆黏结,填充封闭裂隙,制止裂隙的新的发展。

4) 利用伸出崖面的钢杆锚作为受力钢筋,做成钢筋混凝土悬臂梁替代古代木栈道梁。麦积山工程中采用这一方案,比古代的人工凿洞嵌梁合理,它改变了悬梁嵌固部位岩体的受力状态,有利于岩体的稳定,重建的钢筋混凝土栈道,坚固耐久。

甘肃省建工局建筑科学研究所已写出《麦积山石窟喷锚加固技术试验研究》一文,各地如果需要进一步了解麦积山喷锚加固技术的情况,可向甘肃建工局建筑科学研究所、甘肃天水麦积山石窟工程办公室或北京国家文物事业管理局文物保护科学技术研究所索取。

(原刊于《文物保护技术》辑刊1982年第二辑第22~24页)