

新疆焉耆县七个星佛寺遗址结构病害分析

赵冬,屠冰冰,王玉兰

(西安建筑科技大学,陕西 西安 710055)

摘要:新疆焉耆县七个星佛寺遗址作为全国重点文物保护单位,经过1700多年的自然与人为破坏,遗址本体发育有多种病害,损坏坍塌严重。本文通过现场勘察和详细的资料搜集,总结出严重影响遗址安全的四种结构病害,并归纳和分析了其现状、成因及可能引起的进一步破坏,同时,提出了有效的保护加固措施。本文旨在说明结构病害严重威胁遗址稳定性,是加固保护工作的首要任务和当务之急,而非结构病害只需适当处理甚至不处理,以达到对土遗址本体“最小干预”的目的。

关键词:土遗址;结构病害;稳定性;整体性

文章编号:1003-8035(2013)02-0111-05

中图分类号:P694

文献标识码:A

七个星佛寺遗址是“丝绸之路”链条上的重要节点,是佛教传播的真实写照,具有极强的地域文化特色,并是重要的文化教育基地。因此,七个星佛寺遗址的保护工作具有重要的社会意义。

经调查发现,遗址病害较严重,个别单体濒临倒塌。本文对影响遗址稳定性的四种主要结构病害进行分析,以期相应的保护工作提供参考。

1 概况

七个星佛寺遗址位于新疆巴音郭楞蒙古自治州焉耆回族自治县(图1),由地面寺院建筑和洞窟建筑两部分组成^[1],寺院残存大小建筑93处,分南、北两大部分,以遗址中部的泉沟为界,总面积约40300m²;洞窟残存11窟(图2)。



图1 遗址在新疆的地理位置图

Fig.1 Site geographic location plan in Xinjiang

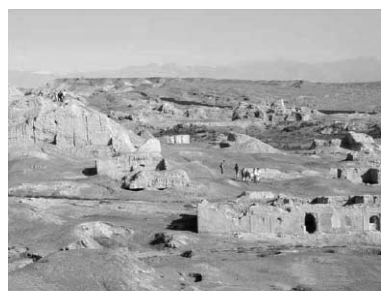


图2 遗址全景图

Fig 2 Site panorama

2 主要结构病害分析

遗址病害形成包括两方面因素:自然因素和人为因素,其中,自然因素是七个星佛寺遗址破坏的主要原因。焉耆县存在多种气象灾害,如冻害、冰雹、沙尘暴和集中式降雨等,其中风沙和集中式降雨是七个星佛寺遗址损坏的主要外因之一;焉耆县周围及境内共有四条地表水系:开都河、黄水河、霍拉山沟、博斯腾湖,地表径流充沛,致使掏蚀病害较普遍;同时,遗址所处巴州属南天山地震带东段,全境共有6条大断裂和4条壳断裂,地震较频繁,且遗址东侧紧邻218国道,因此,地震和车辆震动加剧了遗址的破坏^[1]。

收稿日期:2012-12-21;修订日期:2013-02-28

基金项目:陕西省教育厅科学研究项目(12JK0967),陕西省自然科学基金(2011JQ1013)

作者简介:赵冬(1960—),男,河北涿县人,教授,博导,主要研究领域为古建筑的保护与研究、工程结构数值计算。

E-mail:tubingbing9@126.com

七个星佛寺遗址在长期自然和人为因素的综合、反复、交替作用下,发育有多种病害:表面风化、雨蚀、冲沟、裂缝、局部坍塌、墙体根部掏蚀、生物破坏、人为破坏等^[2-5],但并不是所有病害都会在短时间内对遗址造成严重威胁。非结构病害(如风化、雨蚀、生物破坏等)对结构的影响是长期而缓慢的,而结构病害(如墙体根部掏蚀、劈裂裂缝等)直接影响遗址整体稳定性,破坏突然,后果严重,可瞬间造成大面积甚至整个遗址的坍塌。因此,结构病害是保护加固工作的重点。

本文将七个星佛寺遗址主要结构病害类型分为四种:掏蚀、劈裂裂缝、地表变形和坍塌。

2.1 掏蚀

掏蚀部位多出现在墙体根部(图3),最大掏蚀深度达0.6m,掏蚀方向与地表水流走向一致。

掏蚀形成的根本原因是地表水溶解墙体根部土体中的可溶性盐,引起土体流失。集中降雨季节,周围及境内四条地表水系与雨水汇集,遗址区内地表径流充沛,地表水经由遗址根部时,土体中的可溶性盐溶解于水中,随水流流失。长期、反复作用下,墙体根部土体中可溶性盐不断溶解、流失,土颗粒间粘结力降低,最终崩解,剩余松散土颗粒中粒径较小者随地表水流失或被风吹走,粒径较大者则原地塌落,致使墙体根部出现掏蚀凹洞。在风和水流的共同作用下,掏蚀深度不断增加。



图3 墙体根部掏蚀

Fig. 3 Backoff in wall bases

墙体根部掏蚀破坏了上部土体原有支撑,使其局部外凸、悬挑,成“头重脚轻”状。随掏蚀深度增加,墙体稳定性不断降低,极易引起进一步毁灭性破坏,可能发生的破坏形式有以下四种:

(1)地震或风力作用下,因上部受力大、下部受

力小,下部支撑不对称,极易产生扭转效应,下部较细部分某一危险截面被扭断(图4),致使上部结构整体倒塌。

(2)上部悬挑土体因无良好支撑,可能发生两种破坏:竖向截面突变处在弯矩作用下,上部拉裂,悬挑部分沿断裂面从整体脱离、滑落,发生弯曲型破坏(图4);上部土体在自重作用下,沿某一滑移面发生剪切破坏,楔形滑落(图4)。

(3)自重和水平荷载作用下,墙体根部受力最大,但因掏蚀使其截面变小,弯矩作用下,易在根部某一侧发生受拉破坏,致使整个结构发生平面外倾覆。

(4)自重和水平荷载作用下,整个结构因重心与支反力作用线严重偏移而发生平面内倾覆。

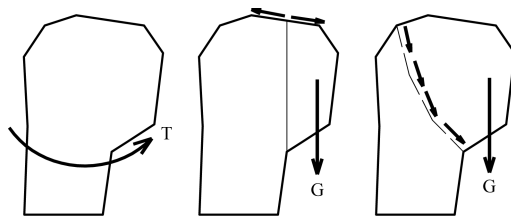


图4 扭转破坏、弯曲破坏和剪切破坏示意图
(图中T表示扭矩,G表示悬挑部分自重)

Fig. 4 Torsion failure, bending failure and shear failure sketches

(T referred torsion and G referred the gravity of the cantilever part)

对遗址进行保护时,除对已掏蚀部位补砌加固外,还应阻断地表水,采用引流或砌筑小型挡水坝的方式,使地表水绕离遗址本体,保证墙体根部土体免受水流冲刷,从根本上避免掏蚀病害的发生。

2.2 劈裂裂缝

建筑形制保存相对完好的遗址单体表面偶见大型劈裂裂缝(图5),多为上下贯通式。部分裂缝中填有风化砂土,部分无填充,多为外宽内窄式,且裂缝断面土体酥松,强度较低。

劈裂裂缝形成原因主要包括以下五种:

(1)焉耆县气温年差和日差较大,佛寺遗址在长期、反复的温度应力、冻融作用下,内部出现微裂缝,并不断积累,逐渐发育到遗址表面,形成裂缝。

(2)原施工工艺裂缝——接槎缝、结构缝、施工缝等在外力长期作用下,继续向长度和深度方向发展,成为劈裂式裂缝。

(3)焉耆县蒸发量和降水量不平衡,年平均蒸发



图 5 劈裂裂缝
Fig. 5 Cleavage fracture

量为年平均降水量的 18.5 倍,致使土体产生蒸发干缩裂缝。

(4)局部土体坍塌后,与之相邻土体因内力重分布而出现卸荷裂缝。

(5)地基不均匀沉降和地表振动产生的裂缝。

劈裂裂缝产生的根本原因是:土体内部拉应力超过土体的抗拉强度,致使相邻土体被拉裂。根据相邻土体所受拉应力的_{大小},可分别采取如表 1 所示的保护措施:

表 1 针对不同拉应力大小的保护措施

拉应力(σ_t)	裂缝情况	保护措施
$\sigma_t = 0$	未见裂缝	不采取措施
$0 < \sigma_t < f_t$	未见裂缝	采取预防措施,避免裂缝出现
$\sigma_t \geq f_t$	小型裂隙	防、治结合,可采用直接灌浆进行加固,同时应防止裂缝继续增大
$\sigma_t > > f_t$	劈裂裂缝	防、治结合,可采用锚杆拉结灌浆进行加固,同时应防止裂缝继续增大

注:其中 σ_t 表示拉应力, f_t 表示抗拉强度。

裂缝往往是坍塌或冲沟病害发生的条件^[2]。随着裂缝的发育,外部环境对遗址的破坏逐渐深入土体内部,导致裂缝两侧相邻土体粘结性能降低,当粘结力降低到无法抵抗自重和外荷载作用所产生的拉应力时,局部土体将从整体掰裂。加固时,需根据裂缝大小采取相应的拉结措施(表 1),保证相邻土体具有足够的拉结力。

2.3 地表变形

遗址地基或下卧土层因地表水汇集,局部湿陷,发生不均匀沉降(图 6),造成上部遗址本体出现裂

缝、整体下沉或局部倾斜。

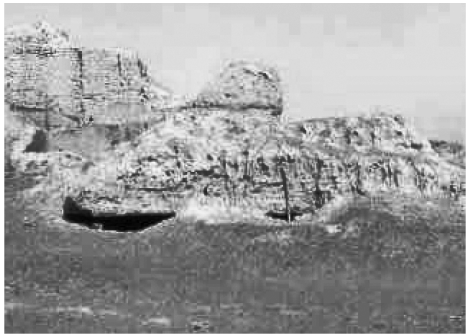


图 6 地表变形
Fig. 6 Surface deformation

七个星遗址坐落于冲积扇之上,山前低矮的山梁和坡地之间,整个遗址区被一条冲沟分为南、北两个区,遗址区内水系错综复杂,冲沟发育较多。据现场勘察,将遗址区划分为 6 个流域(表 2),水系级别的划分采用斯特拉勒(Strahler)分级法。其中,1#和 2#流域包括南区及北区部分遗址,3#、4#、5#和 6#流域仅包括北区遗址。

遗址区内地表冲沟最大宽度达 1.3m,深达 1.2m,均为上宽下窄。地表水在破损土粒间的粘结性能降低,极易造成载体局部失陷,引起地表变形。遗址载体的稳定性直接决定上部遗址的安全,应给予足够重视。

为防止地表水汇集引起地表变形,可在遗址区回填部分冲沟,并根据现有地势走向砌筑水渠,做有组织排水。

表 2 七个星佛寺遗址水系主要参数统计表

Table 2 Parameter table for river system in Shikchin Ground Buddhist Temple Site				
流域号	流域面积(m^2)	干流流向($^{\circ}$)	水系形状	流域级别
1#	8632.3	16	羽状	3
2#	10915.7	110	树枝状	3
3#	1705.1	94	树枝状	3
4#	3910.2	125	羽状	3
5#	2736.4	129	树枝状	2
6#	7286.3	184	羽状	2

2.4 坍塌

坍塌是七个星佛寺遗址最普遍的破坏形式(图 7)。各种病害相互促进,不断发育,但最终破坏形式均表现为坍塌。七个星佛寺遗址内,最大坍塌尺寸长达 3.5m,深达 2.5m。

坍塌破坏按形成原因可分为两种:强度破坏和失



图7 整体坍塌

Fig.7 Overall collapse

稳破坏。小规模局部坍塌多属于强度破坏,大规模的整体坍塌多属于失稳破坏。

强度破坏主要是指局部土体抗拉或抗剪强度不足而发生的破坏。从现场看,盗洞是引起强度破坏式坍塌的原因之一。内部某一竖井式盗洞将上部土体基础局部削弱,盗洞上部土体在自重作用下易发生剪切破坏,引起局部塌方。同时,局部悬空、局部脱离、薄弱部位失效等都易引起局部坍塌。局部坍塌破坏了土体间的有效连接,降低了墙体的整体性和协调工作能力;同时,破坏了结构原平衡受力状态,剩余土体经内力重分布后,极易造成进一步不可预料的瞬间、严重破坏,甚至是整体倒塌。

失稳破坏是由于外界作用改变了遗址原有形态,引起局部或整体高宽比增大到超过稳定性允许的限值,水平荷载作用下,遗址因丧失稳定性而发生坍塌。整体坍塌破坏性大,修复难度高,且严重破坏了遗址原貌。

针对以上两种破坏形式,秉着“预防为主”的思想,分别采取不同的加固措施:对于局部强度破坏,可采用锚杆加固,将锚杆与土体组成复合体,二者共同承担外荷载和自重应力,大大增加原有土体的抗拉和抗剪强度,避免局部强度破坏;对于整体稳定性破坏,则应及时补砌、支护,还原遗址原有稳定结构形式,避免失稳。

3 建议

土遗址一般规模较大,短期内不可能全部整修。在各方面条件允许情况下,为了将遗址随时间的破坏程度降到最低,有效的保护遗址,整个保护过程应有轻重缓急和主次之分。结构病害——掏蚀、劈裂裂缝、地表变形、坍塌,严重影响遗址稳定性,可使遗址

瞬间发生毁灭性破坏。依照《中华人民共和国文物保护法》中“保护为主,抢救第一”的原则,应将结构病害的“防和治”作为土遗址保护的首要任务。非结构病害——表面风化、雨蚀、小型冲沟、小型裂缝、生物破坏、人为破坏等,对遗址的破坏是一个长期、缓慢的过程,秉着最小干扰、保持原貌的原则,应酌情、适当地加以处理,对结构稳定性无明显影响的病害可不作处理,保留遗址历史信息,便于学习和观瞻。

参考文献:

- [1] 马长振. 七个星佛寺遗址地面寺院保护研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2010.
MA Changzhen. Research on protection of Shikchin Ground Buddhist Temple Site [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture & Technology, 2010.
- [2] 孙满利, 李最雄, 王旭东, 等. 干旱区土遗址病害的分类研究[J]. 工程地质学报, 2007(6): 772 - 778 + 765.
SUN Manli, LI Zuixiong, WANG Xudong, et al. Classification of deteriorations associated with many earthen heritage sites in arid areas of northwest China [J]. Journal of Engineering Geology, 2007(6): 772 - 778 + 765.
- [3] 梁涛. 新疆地区土遗址病害类型及成因初步分析[J]. 考古与文物, 2009(5): 103 - 106.
LIANG Tao. Preliminary analysis of the type and reason for earthen heritage sites in Xinjiang [J]. Archaeology and Cultural Relics, 2009(5): 103 - 106.
- [4] 赵海英, 李最雄, 韩文峰, 等. 西北干旱区土遗址的主要病害及成因[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(S2): 2875 - 2880.
ZHAO Haiying, LI Zuixiong, HAN Wenfeng, et al. Main diseases and their causes of earthen ruins in arid region of northwestern China [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2003, 22(S2): 2875 - 2880.
- [5] 张卫喜, 陈平, 赵冬, 等. 高昌故城西南大佛寺结构病害分析与加固[J]. 工业建筑, 2007, 37(8): 86 - 88 + 106.
ZHANG Weixi, CHEN Ping, ZHAO Dong, et al. Analysis and strengthening of structural defects of the southwestern big temple in ancient city of Gaochang [J]. Industrial Construction, 2007, 37(8): 86 - 88 + 106.

Analysis of structure defect of shikchin ground Buddhist Temple site

ZHAO Dong, TU Bing-bing, WANG Yu-lan

(Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Shikchin Ground Buddhist Temple Site located in Xinjiang province, which is listed as national cultural heritage site, has developed a variety of diseases and serious collapse during more than 1700 years of natural and man-made destruction. This paper summarized four kinds of main structured diseases, based on field work and proposed data. And the current situation, the cause and the results are analysis and more effective protective measures are proposed here. The main object is to emphasis the importance of structured disease, which is serious threat to the integrity of the structure and is the primary task for the strengthening protection work. On the contrary, the unstructured disease should have proper even no treatment, in order to realize minimum intervention to the earthen heritage sites.

Key words: earthen heritage sites; structured defect; stability; integrity

(上接第 110 页)

Under the action of acid and alkali solution of tailing deposit soil compression characteristics of the experimental research

LIANG Bing¹, LIU Yong-wei¹, JIN Jia-xu²

(1. School of Mechanics and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China;

2. School of Resources and Civil Engineering, Dongbei University, Shenyang 110000, China)

Abstract: This study compares the results from compression ratio of mine tailing in different pH values of acid solutions. By employ of self designed consolidation and osmotic device from Hongyin Mine Tailing Dam, Tieling City, Liaoning Province, China, examination of samples over the scale of void ratio by depositing tailings into acid-based solutions in different pH values revealed patterns in terms of compression ratio and compression modulus factors. Experimental results indicate that: Under consolidation pressure, the pressure level of tailings that were soaked in acid solutions varied fast at beginning and became stabilized after certain time. In addition, the pore ratio of the tailings were lower than the one soaked in distilled water; the compression coefficient monotonically decreases while pH value of acid solution increases; And the compression modulus ratio of the soaked tailing was larger than the original ones. Therefore, these experimental results provide ground theoretical reference in the study of overall stability of tailing dam.

Key words: tail grit; compression characteristic; compression coefficient; compression modulus; hydrochemistry