

嘉峪关关城墙体残损现状及成因分析研究

刘晓萌¹ 吴 鹏² 吕 晶³ 付 军¹

(1. 西安文物保护修复工程有限公司, 陕西 西安 710075; 2. 陕西省文物保护研究院, 陕西 西安 710075; 3. 长安大学建筑工程学院, 陕西 西安 710061)

摘 要: 本文通过对嘉峪关关城墙体的残存现状进行现场调研, 并对墙体发生破坏的成因机制进行分析, 初步掌握了嘉峪关关城墙体的残存现状及成因, 提出了沿用传统材料、保留基本做法、增强土体夯筑强度、提高结构自身抗渗性能、对局部残损严重的部位重点加固等科学合理的保护加固措施。

关键词: 嘉峪关关城 残存现状 成因分析

ABSTRACT: Through the onsite survey to the damaging status of the wall body of the Jiayuguan Pass Fortress and the analyses to the mechanisms causing the damaging, this paper put forward the preservation and reinforcement suggestions of using the traditional materials, keeping the basic methods, increasing the strength of the rammed earth body and the impermeability of the earthen structure, partly reinforcing the severely damaged positions, and so on.

KEY WORDS: The Jiayuguan Pass Fortress; Damaging Status; Cause Analyses

概述

嘉峪关是万里长城最著名的关城之一, 地处甘肃河西走廊中部, 嘉峪关市西南隅祁连山脉嘉峪山麓, 因山而名。嘉峪关长城是现存长城中保存比较完整、形势最为险要的地段之一, 关城巍峨雄宏, 被称为“天下第一雄关”。嘉峪关关城是长城上的最大关隘, 也是全国规模最大的关隘, 始建于明洪武五年(1372), 整个建筑由内城、外城、护城壕三道防线组成重叠并守之势, 形成五里一燧, 十里一墩, 三十里一堡、一百里一城的军事防御体系^[1]。

嘉峪关关城(图一)位于嘉峪关市西南6公里处最狭窄的山谷中部, 地势最高的嘉峪山上, 关城中心位置东经98°13′4″、北纬39°48′1″, 是明长城西端的第一重关, 也是古代“丝绸之路”的交通要冲。关城两翼的城墙横穿沙漠戈壁, 向北8公里连黑山悬壁长城, 向南7公里, 接天下第一墩, 是明代万里长城西端主宰, 自古为河西第一隘口^[2]。

嘉峪关关城建成后, 曾多次保护修缮与重修, 才使这一人类文化遗产保存至今。但是由于受自然条件的影响和文物本身的脆弱性, 目前关城文物现状仍不容乐观^[3]。

一、残损现状

关城墙体现存主要病害有墙体裂缝、表面风化、墙基掏蚀凹进、片状剥落、基础酥碱及雨水冲蚀。同时, 嘉峪关关城墙体顶部有多处坑洼积水的现象, 若不及时采取措施, 长期下去, 文物本体材质劣化加剧、结构不断松弛, 会对遗产本体带来损坏, 会增大坑洼的面积, 增加墙体的裂缝和垛口的错位等, 外城墙外侧局部由于地势低洼和排水无序, 雨水无法及时排出, 日久后对城墙根部冲刷较为严重。

关城城墙整体保存较完整, 但墙体表面和部分城墙段存在不同程度的风化剥落、墙基掏蚀、酥碱、水



图一 嘉峪关关城

泥抹面、开裂及雨水冲蚀等病害类型。

(一) 结构性病害

由于城墙本身材料的收缩和劣化,城墙墙体满布裂缝,特别在墙角、墙根应力集中的部位,出现压剪裂隙、局部坍塌和墙基掏蚀现象(图二)。

(二) 水蚀病害

墙体裂缝及排水孔部位,在自然降水作用的影响下,在墙体裂缝处有明显的冲蚀沟槽发育,内城排水孔处雨水冲刷痕迹明显。外城墙顶雨水漫流现象较重,墙体表面局部也存在漫流现象(图三)。

(三) 表层劣化

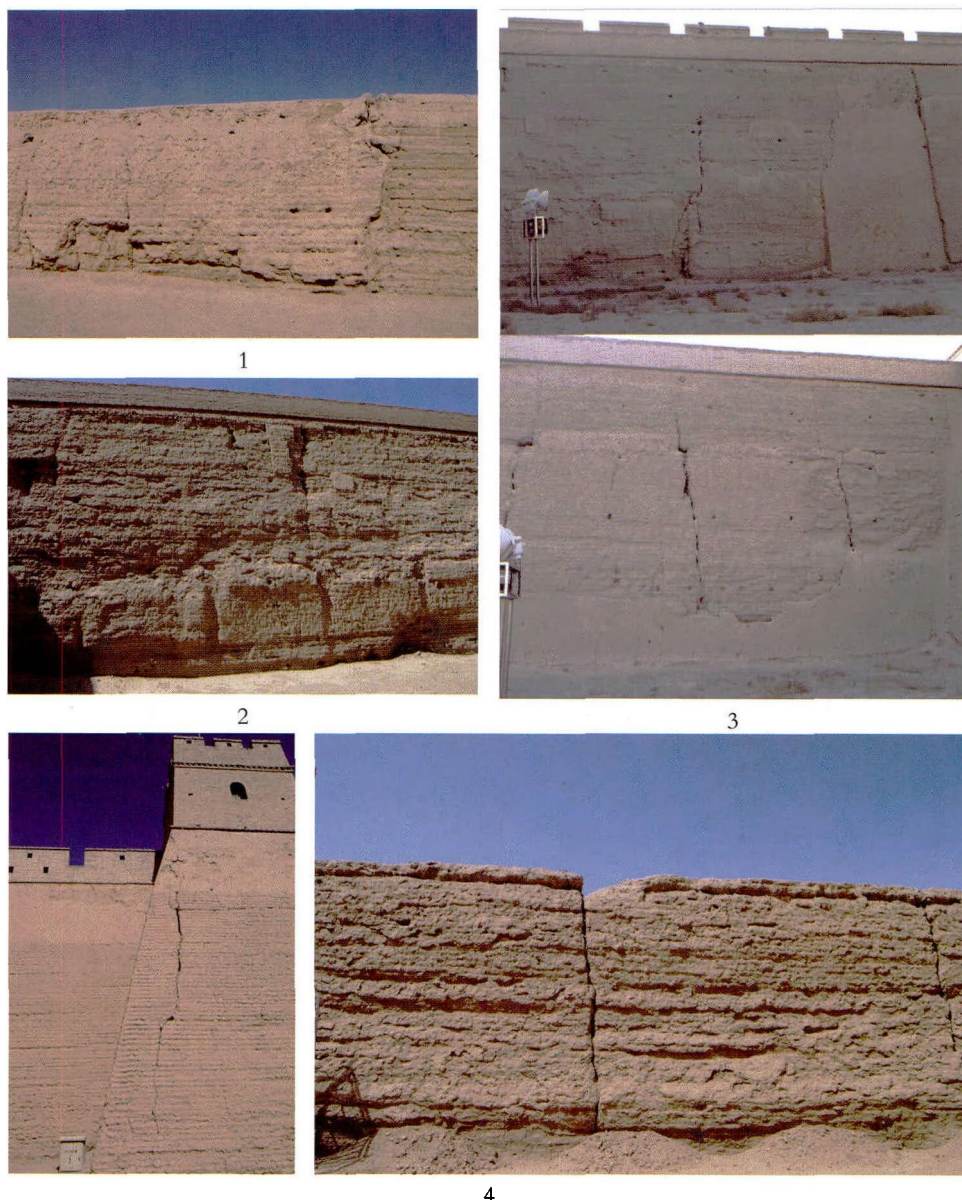
墙体表面风化、剥落、抹灰层脱落和风蚀病害普遍存在,风蚀病害尤以迎风面较重(图四)。

(四) 生物病害

外城南侧东段局部墙顶上长有杂草,特别在树荫处长势旺盛。

(五) 人为因素

后期维修时对柔远楼酥碱砖体表面采用水泥材料对缝隙进行的粘接、加固和酥碱砖体修补及在内城西面墙体顶部铺设混凝土垫层等措施,不同程度地改变了文物原貌。



图二 墙体病害

1. 内城背阴面城墙墙根掏蚀 2. 墙根掏蚀 3. 柔远楼两侧墙体底部坍塌,后期维修时补夯又缺乏与原墙体的有效拉结,现补夯墙体向外倾斜约150mm 4. 内城墙表面收缩裂缝及卸荷裂隙

水、融雪、自然降水和冻融循环的共同影响下,进一步促进了墙体裂缝和墙基掏蚀的发育。

城墙土体本身黏聚力不高,再加上夯土层或灰土层存在不密实、不均匀、甚至没有灰土层的问题,一旦海墁在裂缝活动下开裂就形成渗水通道,发生渗水后,夯土的含水量会增高(增湿)土的强度(C 、 Φ 值)会出现快速而剧烈的降低。同时由于夯土体的裂缝纵横切割,而且具备完整性条件,即存在潜在的滑动面,发生渗水后将弱化潜在滑动面抗滑强度,造成墙体的坍塌和卸荷裂隙的发育,同时裂缝渗水冻融,也会造成墙体的二次破坏。

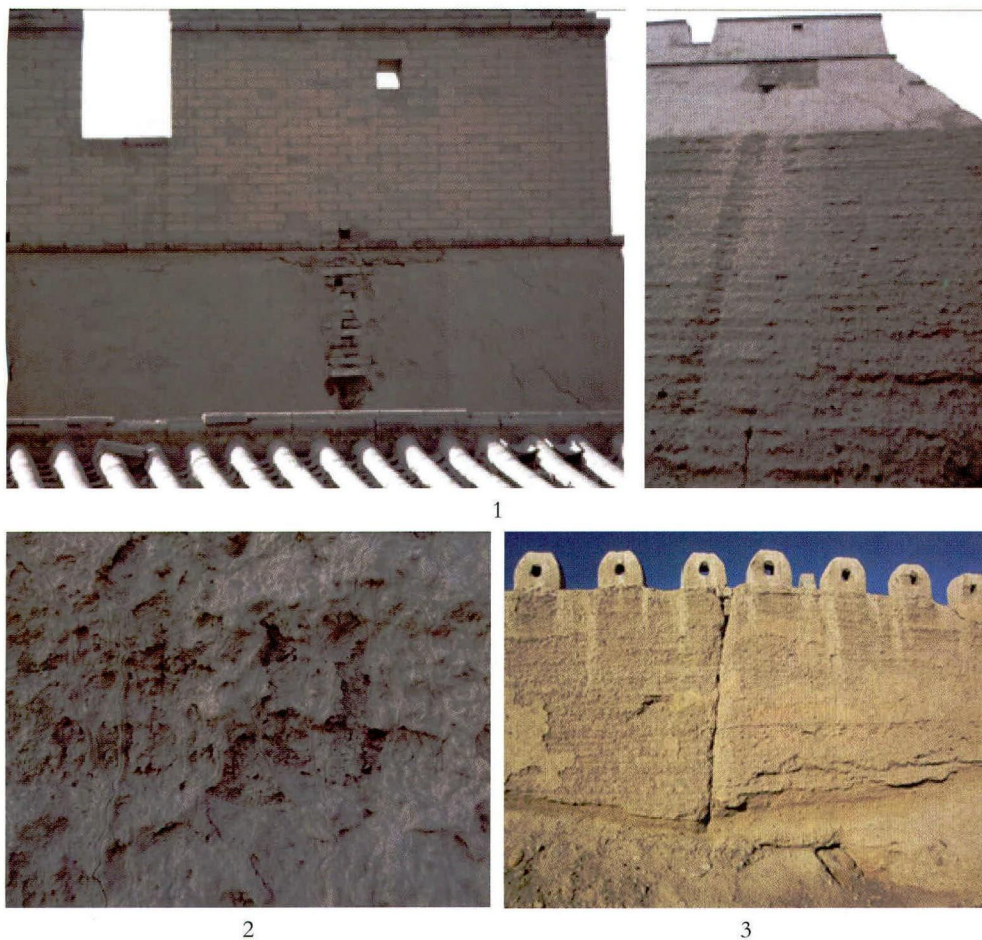
墙基被掏蚀后向内凹进形成临空面,墙体应力重

二、成因分析

嘉峪关关城户外露天保存,长期遭受环境影响的侵蚀作用特征明显;导致墙体病害发作的因素,不仅与本体材质自身有关,而且与关城所在地的环境状况有直接关系^[4]。

(一) 建筑结构因素

从城墙构造来看,应力最大部位集中在墙体底部及墙角处,在应力作用下产生微张裂缝,在地下毛细



图三 水蚀病害嘉峪关关城墙体

1. 内城墙体冲蚀 2. 外城墙面漫流痕迹 3. 外城墙顶漫流水渍

新分布，在墙体上形成卸荷裂隙，再加上其他裂隙切割卸荷裂隙，最终形成不稳地土体，在外力作用下极易产生坍塌。在长期自然作用下，夯土层沿夯土层面形成水平裂隙，在重力作用下层状塌落。

（二）建筑材料及工艺因素

关城墙体墙基掏蚀从现场调查及结合相关实验数据分析来看，夯土墙体主要成分为石英、方解石、钠长石、白云石、绿泥石，其结晶程度较弱，土颗粒间孔隙率较多，构成不稳定的胶结物，夯土体本身黏聚力不高，在加上施工因素的影响，导致夯土层或灰土层存在不密实、不均匀的问题。因此，在地下毛细水、融雪、自然降水和冻融循环的共同作用下，发生周期性的结晶与溶解破坏了土体颗

粒骨架，使土体结构松散，粘聚力急剧下降，强度降低，易形成墙体裂缝、风化、剥落和墙基掏蚀等病害^[5]。

墙体大部分裂缝为夯土材料本身收缩产生的收缩裂缝，但就是这些裂缝在水的作用下，裂隙逐渐发育，进一步延伸导致墙体开裂、坍塌。

（三）排水因素

城墙顶部起伏不平整，有积水的条件，且排水设施无法起到应有的作用，易在渗水点渗漏，水浸易造成土体松散与结构失稳，而失稳的土体又导致海墁的变形。变形开裂的海墁层更加剧了水的浸渗。

护城壕遇降雨全靠

自然下渗和自由漫排，如降雨量大则造成局部积水和雨水回流冲刷、侵蚀墙体及护城壕，造成墙体风化、酥碱、基础掏蚀加剧及护城壕局部塌落。

（四）自然环境及气候因素

嘉峪关关城处于温带大陆性荒漠气候，日照长而强烈，降水少，蒸发快，多大风，温差大。比较干燥的气候环境，为关城建筑物的保护提供了良好的自然



图四 内墙及外城墙体表面风化

1. 内墙及外城墙体表面风化 2. 墙体表面块状剥落

条件;相反,由于所处自然环境的不利因素影响,也对关城墙体造成了一定的侵蚀、破坏作用。

关城所在地区大风和沙暴出现频率高,年复一年遭受风沙吹蚀作用对墙体磨蚀破坏较为严重,加上雨水侵蚀和冻融循环的交替作用,使墙体被剥蚀得凹凸不平呈蜂窝状或出现水平凹槽,以迎风面最为严重。嘉峪关地区集中式强降雨后便是强烈的蒸发作用,使在雨水中软化的墙体急剧变干,在这种强烈的干湿作用下,在墙体表面形成片状硬壳附着在墙面上,在外力作用下墙体片状剥离^[6]。

墙体长期受风蚀影响,当风遇到城墙时,由于地形突变,引起贴地气流的分离,形成涡流,增加了局部阻力,迎风面风速降低,根据伯努力定律:速度大的压力小,流体将由压力大的地方向压力小的地方流动。因此在墙基处形成二次流,对墙基造成极强的风蚀,这样进一步促进墙基掏蚀。

嘉峪关降雨主要集中在夏季且以集中式降雨为主,这种降雨历时短,降雨强度大,使墙体雨水入渗浅,致使土体表面迅速饱和,变成泥浆沿优势面在重力作用下漫流。夯土墙间的衔接处,是力学性能相对较弱的地方,冲刷破坏更强,易形成冲沟。一旦具有一定的汇水面,便会在墙体表面沿已存在的裂缝形成规模不一的冲沟^[7]。

(五) 人为因素和生物破坏因素

城墙在后期维修时,采取措施不当,在砖墙表面采用水泥补抹,水泥中的碱性材料对砖体具有一定的侵蚀性;内城西侧的混凝土带与土体材料收缩比不一,其收缩裂缝成为雨水进入通道,造成新的破坏诱因。

土蜂洞、鼠洞破坏了墙体结构,增大了其他破坏因素在墙体的发育几率;墙顶植物根系发育,进一步破坏了墙体结构,加剧了墙体破坏进程。

综合分析可知,城墙结构性损伤、土体失稳与

渗水是造成安全隐患的重要因素,各种病害既单独存在,又相互作用。周期与阶段性的干湿、冻融循环打破了土体内部的平衡,从而诱发新一轮的崩解,一旦遇到外部环境的干扰,便可能造成险情,以至出现不同面积的风化、剥落、开裂和坍塌。

结语

嘉峪关关城城墙存在多种病害,保存现状不容乐观。本文通过对各种病害的具体分析,剖析了城墙所存在的病害现状与成因机制,建议在保护加固过程中,在沿用传统材料与保留基本做法的前提下,增强土体夯筑强度,提高结构自身抗渗性能,最大限度满足建筑整体稳定的要求。对局部残损严重的部位,作为重点加固段,通过科学合理的工程技术措施,达到加固墙体自身结构和稳定性。

注释:

- [1] 嘉峪关市志编纂委员会:《嘉峪关市志》,甘肃人民出版社,1990年。
- [2] 李最雄、赵海英、韩文峰等:《甘肃境内长城保护研究》,《敦煌研究》2006年第6期。
- [3] 赵海英、李最雄、韩文峰等:《甘肃境内长城遗址主要病害及保护研究》,《文物保护与考古科学》2007年第1期。
- [4] 孙满利、王旭东、李最雄:《遗址保护初论》,科学出版社,2010年。
- [5] 张虎元、刘平、王锦芳等:《土建筑遗址表面结皮形成与剥离机制研究》,《岩土力学》2009年第7期。
- [6] 郑龙、周仲华、张虎元等:《土建筑遗址墙体温度变化规律》,《兰州大学学报》(自然科学版)2008年第S1期。
- [7] 严耿升、张虎元、王晓东等:《干旱区土建筑遗址冻融耐久性研究》,《岩石力学》2011年第8期。