

文章编号: 1006-7329(1999)04-0117-06

· 工程与实践 ·

承重横墙上异常裂缝及成因分析

25
117-122

李义彪

(贵州财经学院 总务处 550003)

TU/46

TU/364

摘要 以某院一幢学生楼承重横墙上出现的异常裂缝为例,描述该种裂缝现象、特征及危害,分析论证温度应力是这种裂缝发生的主要原因,进而解释有关问题,为设计、施工和使用管理人员在处理类似问题时提供参考。

关键词 承重墙;温度应力;微元体;热传导;热区;冷桥;裂缝 建筑物,温度应力

某院一幢学生楼,在 4、5、6 层的承重横墙上出现异常裂缝。1997 年夏季,经有关专家考察论证,做出“温差所致、急需加固”的鉴定。为补充这一意向性的结论,展示一个较完善的问题,现就笔者一点肤浅认识介绍如下,以示读者。

1 建筑物结构特征

图 1 为其平面图。它由两部分组成,虚线部分为 1983 年竣工的第一部分,其有关参数是:

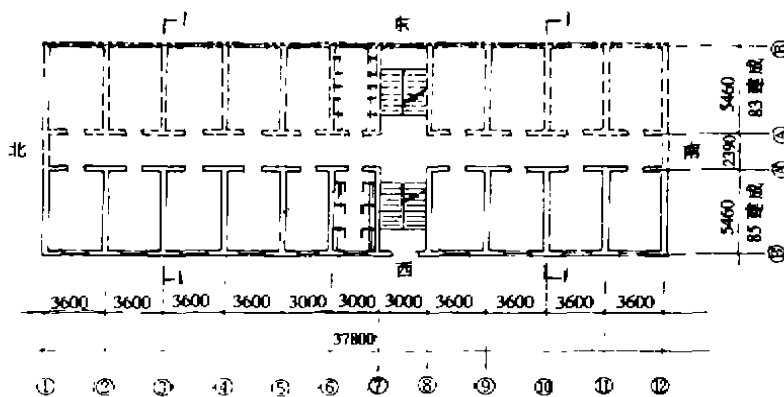


图 1 平面示意图

- 1) 尺寸要素,注于图上,以 mm 为单位;
- 2) 6 层并设地下室,1993 年在屋顶增设一层,屋盖为轻型屋盖;
- 3) 楼面除了盥洗间、厕所间为现浇板外,其他均为预制空心板,悬挑踏步,刚性防水屋面;
- 4) 1、2、3 层为 240 mm 厚实心砖墙,4、5、6 层为空斗砖墙。地下室和 1、2 层用 MU₁₀ 机制红砖、M₅ 混合砂浆砌筑,3 层用 MU_{7.5} 机制红砖、MU₅ 混合砂浆砌成,4、5、6 层用白色 MU_{7.5} 硅酸盐砖、M_{2.5} 混合砂浆;
- 5) 基础为 C₁₀ 毛石混凝土条基,置于硬塑、可塑红粘土层上,地基承载力分别为 210 kPa 和 170 kPa;

收稿日期: 1998-02-27

作者简介:李义彪(1940-),男,贵州财经学院工程师。

6) 除地基圈梁外,2、4、6层沿③、⑧轴纵墙,①、④、⑨、⑫轴横墙贯通,断面为180×240,内配4Φ12钢筋。

平面图中实线部分为1985年仿第一部份修建而成,不同之处为:

- (1) 在(A)轴线挑出250与第一部分悬挑外廊相接组成内走廊;
- (2) 无地下层,⑦、⑧两轴间为凸出屋面的上人楼梯;

(3) 圈梁为预制窗过梁相互连接而成,接头处在过梁伸出的纵筋长度中以30倍Φ12直径相互搭接现浇。

2 加固处理前建筑物状况

由第一、第二部分组成的这一长方形建筑物,面西朝东,四周开阔,阳光充足。自投入使用10多年来,其周围地面完整,墙脚未见异常。整个外墙面无“正八”、“倒八”之类的裂缝,也很少看到“门窗对角缝”、“顶层包角水平缝”、“窗间墙之间的竖向缝”等^[1]。先期建成投入使用的第一部分,在屋顶加层之后,整个结构未出现异常,呈安全可靠之势;第二部分的1、2、3层结构也依然展示稳固之态。唯独4、5、6层的西端横墙,因异常裂缝的出现,使得(B)轴纵墙处于危险状况(见图2)。

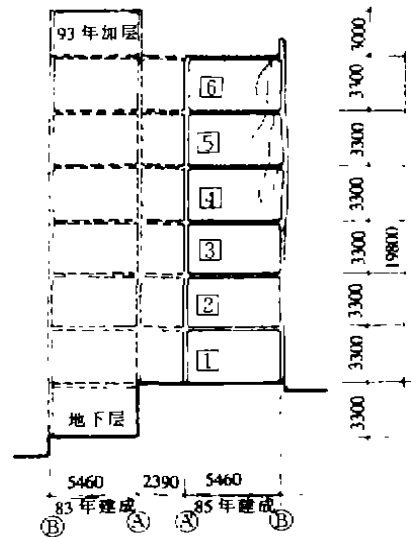


图2 1-1剖面图

3 裂缝分布及特征

裂缝的分布及特征具有下列明显规律:

- 1) 分布的楼层:4、5、6层;

2) 分布位置及形态:除了厕所、盥洗间,楼梯间的横墙外,开裂楼层的其他横墙在其西端都布有1~2条倾斜相似的主裂缝,且每条主裂缝都带有数条支缝。以纵墙面、横墙面、楼板面交汇点为坐标原点,设立空间直角坐标,那么,裂缝均从三面角处的横墙上离原点240mm左右的范围开始,斜向弯曲向下延伸,其水平影长达1200~1500mm,且部分主缝已贯通上下楼层的横墙。

3) 开裂的程度:与常见裂缝一样,其缝宽是两头小,中间大。多数裂缝中间宽0.1~1.5mm,而第五层③轴横墙,缝宽达到1.0~10.0mm,且楼面与外纵墙内表面出现10.0mm以上间隙。第②轴到第⑤轴线段,外纵墙明显外鼓。吊线检查,鼓出程度也在10.0mm以上(见图3、图4)。

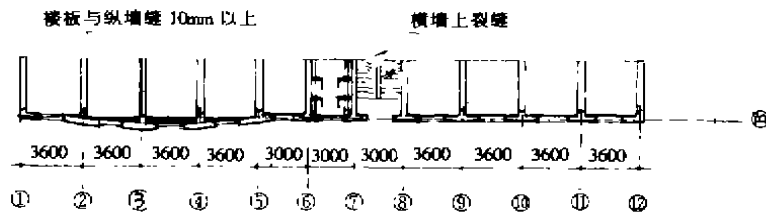


图3 第五层裂缝分布图

4) 裂缝特征:剥露表层现察裂缝,如同连续函数的折曲线段,顺灰缝而行,穿块体而过。放大缝隙检查可见:“缝边齐整,边缘附近未见碎裂条纹”。这一重要表征现象,为裂缝的成因分析和论证主要原因,提供了有力依据。

上述裂缝,破坏了纵横墙的联系,加上局部外纵墙已在外鼓,因此,该类裂缝不同于常见裂缝,

它给房屋安全造成的隐患,不可等闲视之。

4 温度应力是形成该类裂缝的主要原因

纵观该建筑物特征全貌、状况和裂缝分布规律,可以说造成这一异常裂缝现象的主要原因是温度应力常年反复作用的结果。

由“缝边齐整,边缘附近未见碎裂条纹”这一观察现象,可证实两个重要问题。其一,裂缝两边砌体在垂直方向上无相对位移发生,也就是两边没有错动。否则,裂缝就不会保持清晰齐整的可观性。由此引伸证明可排除基础不均匀沉降这一致因因素。这一点还可以从“地面无裂隙凹陷”这一基本事实得到验证。其二,“边缘附近未见碎裂条纹”这一观察结果,说明裂缝的原因不是单纯压力压坏所致,而是拉压复合作用的本质现象^[2]。这一观点,也可用实际最大荷载未超过设计荷载的方法加以检验。所以,不存在超载压裂的可能性。

分析砌体中的微元体的受力情况后可知:恒温情况下,微元体只有压应力,此压应力由其上的砌体重量产生,微元体处于单向受压状态。温度变化时,由于热胀冷缩作用,微元体上除了受垂直压应力外,水平方向

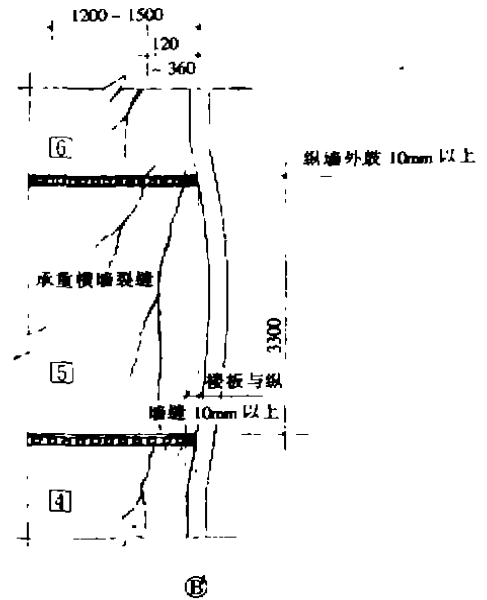


图4 第五层⑤轴处裂缝大样图

(温度梯度最大的方向)还受到温度应力的拉(压)作用以及微元体面上的剪应力作用,此时微元体处于二向受力状态。常年气温的变化是绝对的,所以微元体上作用的温度应力,随着气温的交变,周而复始地改变其大小和作用方向。由于砌体受拉能力弱,在下面的讨论中,只考虑微元体上拉应力,同时也忽略温度变化产生的剪应力影响(见图5)。

温度应力是温差的函数,温差越大,其产生的应力也应越大。为定量分析砌体中的温度应力,根据贵阳高原气候温差常在 20℃ 以上这一事实,取定 22℃ 作为讨论问题的参数,并以 $\sigma_{x,22}$ 、 $\epsilon_{x,22}$ 表示相应的应力和应变。

现以第5层楼板顶裂缝处微元体为例,计算其上的作用力。

1) 压应力 σ_y 的计算

根据《建筑结构荷载规范》(GBJ9-87)取值规定和微元体所处位置计算如下:

- (1) 恒荷载:屋面传入 $3.60 \times 3.30 = 11.88 \text{ kN/m}$
- 五层楼面传入 $3.60 \times 2.91 = 10.48 \text{ kN/m}$
- 空斗墙自重 $3.30 \times 3.66 = 12.08 \text{ kN/m}$

恒荷载小计 34.43 kN/m

(2) 活荷载:屋面、5层楼面传入并按 0.85 系数折减

$$3.60 \times 1.5 \times 2 \times 0.85 = 10.8 \text{ kN/m}$$

以上恒荷载、活荷载之和为 43.61 kN/m , 折合压应力 $\sigma_y = (43.61 \times 10^3 \text{ N}) / (240 \times 10^3 \text{ mm}^2) = 0.182 \text{ N/mm}^2$ 。同理计算其他楼层同样部位的压应力值如表 1 所示。

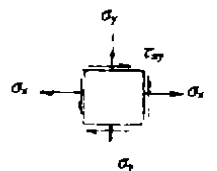


图5 微元体上应力

表 1 不同楼层垂直压应力值(N/mm²)

楼层顺序	1	2	3	4	5	6	依据
层高	3.30 m						GBJ9-87第3.1.1、3.1.2、3.3.1条有: 屋面恒载3.30 kN/m ² 活载 1.50 kN/m ² 楼面恒载 2.91 kN/m ² 活载 1.50 kN/m ² 240实心墙自重 5.16 kN/m ² 240空斗墙自重 3.66 kN/m ²
开间	3.60 m						
横墙结构	240 mm实心,双面粉刷			240 mm空斗,双面粉刷			
微元体上砌体高(m)	16.50	13.20	9.90	6.60	3.30	0.00	
活载折减数	0.65	0.70	0.70	0.85	0.85	1	
压应力 σ_v 值	0.649	0.525	0.395	0.295	0.182	0.072	

2) 温度应力 σ_{t22} 的计算:

查《砌体结构设计规范》(GBJ3-88)第 2.2.5 条得到,空斗、M_{2.5} 砂浆砌体弹性模量 $E = 1300f$,硅酸盐白色砖砌体线胀系数 $\epsilon_t = 10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。

查第 2.2.1 条,得 MU_{7.5}、M_{2.5} 空斗砌体抗压强度设计值 $f = 0.54 \text{ MPa}$ 。则 $E = 1300f = 1300 \times 0.54 = 702 \text{ MPa}$,而膨胀系数是温变 1°C 时的相对变形值。当温变 22°C 时, $\epsilon_{t22} = 10 \times 10^{-6} \times 2.2 = 2.2 \times 10^{-4}$ 。根据二向应力状态的应力应变关系,有:

$$\sigma_{t22} = \epsilon_{t22} E + \gamma \sigma_v \quad (1)$$

式中 γ 为砌体的泊松比,当空斗砌体近似当作各向同性体时,又有下列关系式^[1]:

$$G = E / [2(1 + \gamma)] \quad (2)$$

式中 G 为空斗砌体的剪切模量。查 2.2.5 条,得 $G = 0.4E$,代入第(2)式得:

$$\gamma = E / [2 \times 0.4 E] - 1 = (1/0.8) - 1 = 0.25$$

再将以上所得代入第(1)式,有:

$$\sigma_{t22} = 2.2 \times 10^{-4} \times 702 + 0.25 \times (-0.182) = 0.109 \text{ N/mm}^2$$

按上述计算方法,得到各楼层相同部位处砌体的温度应力如表 2 所示。

表 2 不同楼层的温度应力(N/mm²,温差 22°C)

楼层	1	2	3	4	5	6	
砌体情况	MU ₁₀ 、M _{2.5} 实心粘砖		MU _{7.5} 、M _{2.5} 实心粘砖	MU _{7.5} 、M _{2.5} 空斗、硅酸盐砖	MU _{7.5} 、M _{2.5} 空斗、硅酸盐		
泊松比 γ	0.25						
膨胀系数 ϵ_t	5×10^{-6}	5×10^{-6}	5×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}	
弹性模量 E	$1500f$	$1500f$	$1500f$	$1300f$	$1300f$	$1300f$	
抗压设计值 f	1.58	1.58	1.37	0.62	0.54	0.54	
垂直压应力 σ_v	0.649	0.525	0.395	0.295	0.182	0.072	
温度应力 σ_{t22}	0.098	0.129	0.127	0.104	0.109	0.136	
抗拉设计值	沿齿缝破坏	0.14	0.14	0.14	0.14	0.10	0.10
	沿块体破坏	0.20	0.20	0.20	0.18	0.18	0.18

通过表 2 对比发现,在 22°C 温差条件下,第 1、2、3 层的温度应力均未超过抗拉设计值的两种指标。这一结果,表明了 1、2、3 层砌体达到设计要求而具有抵抗温变能力,进而说明了 1、2、3 层不裂的本质原因。而第四层的温度应力虽然也未超过设计指标,但该层已是空斗砌体,结构上有质的变化。第 5、6 层不仅是空斗结构,而且温度应力又超过沿齿缝截面破坏的设计抗拉值 0.1 N/mm^2 ,故其抗温变能力已显不足。但从设计安全储备考虑,它们确有这种抵抗温变的能力,不应发生裂缝。然而,施工中的随意性和砌体材料的不均匀性等多种因素的影响,难以确保砌体内任意点都能满足设计抗拉的要求。砂浆和砌体强度的不均匀,就足以说明砌体中确实存在着十分脆弱的点域。如第 5 层的空斗砌体横墙,既无圈梁又无结点加强措施,其抵抗温变的能力就更显薄弱。这种抗

力薄弱的地方,面临温度急剧变化时,首先受拉冲击遭到破裂而形成裂缝之源。产生的裂缝源头,在下次应力峰值以来时,由于间隙的存在,将发生应力集中效应,使源头缝隙迅速沿最薄弱的地方扩展。在反复交变的温度应力作用下,裂缝越扩越大,越伸越长,于是形成了本文描述的那种异象可以断言,随着时间推移,裂缝将愈演愈烈,对此不可等闲视之。

以上讨论忽略了微元体上的剪应力。若考虑它的存在,则微元体上的主拉应力作用平面是倾斜的。所发,本文裂缝也呈倾斜之状。

5 对有关问题的探讨

1) 裂缝为何都集中出现在横墙的西端?

裂缝集中发生在横墙西端的相似位置,是本文裂缝的一大奇怪现象。为了探讨这一现象的本质原因,需从建筑围护结构关于“热区”和“冷桥”的原理说起^[4]。

根据热力学原理,可以证明:房屋外墙转角、内外墙交角、楼屋面与外墙搭接角的区域范围,在室外温度高于室内温度时,因热量传导路径的特殊性,它们相对于同房间的其他墙体,具有较高温度,热力学上称之为“热区”。反之,在室内温度高于室外温度时,它们为“冷桥”。尤其是处于西面的楼板、外墙、内横墙交汇的顶上三面角域部分砌体,在夏季或14时的西晒,经常处于“热区”而最热;冬季或晚上2时前后的气温,处于“冷桥”而最冷。“热区”或“冷桥”的尺寸界线可用电模拟试验测定,大约2倍砌体厚度的交角楼线之长,就是冷热区域的范围。处于这些特别位置的砌体,随着反复无常的气温变化而时冷时热。热时,内部膨胀产生拉应力,对邻近界面(假想的界面)做推压之功;冷时,内部收缩产生压应力,对邻近界面具有拉拢之势。这就是热胀冷缩运动,此运动较之其他任何地方,最为活泼激烈,其峰值应力往往接近乃至超过砌体的极限抗拉能力而破裂形成裂源。第5层纵横墙的交接处,抗力最弱,故裂缝都在距离纵墙轴线120 mm~360 mm的地方生成。加上使用上采取了贴壁悬挂床位关系,所以其裂缝的程度比起4层、6层的横墙缝最为严重。

上述也涉及到外纵墙的冷热界面问题。但因外表同处室外环境之中,沿墙厚方向均处于同一的等温线上,只是临近室内交角处时,等温线发生变化,冷热区域之间才有所差别。但它相互作用的温度应力始终小于横墙上作用的温度应力,这就是只裂开横墙而没有裂开纵墙的实质原因。

2) 第5层纵墙段外鼓是什么力量造成?

随着横墙裂缝的形成和发展,纵横墙的联系也在逐步削弱,严重的地方已完全分离,使纵墙在水平方向的跨度成倍地加大,极易引发跨度范围内的弯曲变形。第5层②轴到⑤轴线段的纵墙之所以外鼓,其根本原因就是内外层的砌体在热量的传导过程中因内外不同的温度作不同的形变而发生弯曲的结果。其他轴线段的外纵墙,跨度还未发生变化,虽然也有类似弯曲变形,但毕竟在弹性变形范围内。故弯而不鼓,依旧呈现原状。

3) 厕所间、盥洗间、楼梯间的横墙为什么没有开裂?而凸出屋面的上人楼梯横墙为何又开裂了?

从图1可以看到,第二部分与第一部分建筑具有对称性的布置结构。两部分的厕所、盥洗间、楼梯间的门窗是经常敞开的,其自然通风条件均优越于其他房间,难以在相同部位的顶上角区形成“特别”的气候。也就是说,虽有开裂的相同位置及环境,但不完全具备开裂的条件。凸出屋面的上人楼梯间,因四周围护,气流交换困难,内外温差大,加上日照强烈因素,故裂缝同样严重。

6 经验教训

通过以上分析讨论,横墙上出现的异常裂缝是多种不利因素作用的综合反映,也是设计、施工

和使用管理上所存在的缺陷在这一特定环境中集中交汇的后果。不利因素是客观存在的,然而,设计、施工过程中和竣工使用后,有关人员多思考一下问题,事先采取一些防患措施,以免除或分散其中一至二个不利因素的作用,不能够避免或者至少推迟本文的裂缝现象。这一经验教训的后果是:对出现的裂缝进行紧急加固处理,导致了固定资产的第二次投入,给国家造成额外负担。这一经验教训,值得人们借鉴吸取。

参 考 文 献

- [1] 建筑施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1995
- [2] 钢筋混凝土与砖石结构[M]. 南京、张家口、内蒙古建筑工程学报合编. 北京:中国建筑工业出版社,1981. 608 - 619
- [3] 实用土木工程手册[M]. 南京:人民交通出版社,1985
- [4] 建筑物理[M]. 西安冶金建筑学院、华南工学院、重庆建筑工程学院、清华大学合编. 北京:中国建筑工业出版社,1982;1 - 110
- [5] 砌体结构设计规范 GBJ3 - 88[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1988
- [6] 工程建筑标准规范汇编(四)CBJ9 - 87[S]. 北京:中国计划出版社,1991

Analysis of the Abnormal Crevices and Causes in Bearing Cross-Wall

LI Yi-biao

(General Affairs Department, Guizhou Institute of Finance and Economy, Guiyang, 550003, China)

Abstract Taking the abnormal crevice in the bearing cross - wall of a students' dormitory as an example, this article deals with the description of the phenomena, features and harm of the crevice, its main causes being the temperature stress are analysed and proved, and further explanation of the problems concerned are given. Also, this article offers a reference for the design, construction and managing personnel for handling analogous problems.

Key Words bearing wall; temperature stress; microparticles; heat conductor; heat area; cold limits; crevice