

文章编号:1673-9469(2012)03-0033-04

## 基础不均匀沉降引起的上部结构裂缝分析

崔立冉<sup>1,2</sup>, 孙宝山<sup>3</sup>, 鹿群<sup>1,2</sup>

(1, 天津城市建设学院 土木工程系, 天津 300384; 2, 天津市软土特性与工程环境重点实验室, 天津 300384;  
3, 天津元旭工程咨询管理有限公司, 天津 300191)

**摘要:**为了快速鉴别房屋建筑是否因基础不均匀沉降而产生的裂缝, 本文对不同原因引起的基础不均匀沉降而产生的上部结构裂缝的不同形式分别进行了描述和分析, 并且详细描述了预防地基沉降的方法和上部结构的加固措施, 对建筑结构中地基不均匀沉降的预防及上部结构的加固有一定的技术指导意义。

**关键词:**不均匀沉降; 裂缝; 长高比; 表现形式; 荷载差异

**中图分类号:** TU655

**文献标识码:** A

## Analysis of cracks caused by foundation non-uniformity settlement

CUI Li-ran<sup>1,2</sup>, SUN Bao-shan<sup>3</sup>, LU Qun<sup>1,2</sup>

(1, Department of Civil Engineering, Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, China; 2, Tianjin Key Laboratory of Soft Soil Characteristics and Engineering Environment, Tianjin 300384, China; 3, Tianjin Yuanxu Engineering Consultation and Management Co. Ltd., Tianjin 300191, China)

**Abstract:** In order to identify whether the cracks were caused by non-uniformity settlement, this thesis describes and analyses different crack types caused by non-uniformity settlement that caused by different reasons. And the method to prevent foundation settlement and the reinforcement measures of the upper structure are described in this paper. This thesis has some technical guidance significance to prevent non-uniformity settlement and to reinforce the upper structure.

**Key words:** differential settlement; crack; length to height ratio; manifestation; differential loading

近年来随着经济的快速发展, 建筑物的规模和数量也呈现不断增长的趋势。在市场经济的环境下, 人们更加关注建筑物的质量状况, 特别是投资方和商品房购买者。建筑物在使用过程中出现的变形、裂缝等问题越来越受到人们的普遍重视。因基础沉降原因造成的裂缝问题, 无疑更应引起人们的关注和警觉。裂缝产生的原因比较复杂, 尤其是在天津软土分布较多的地区, 其裂缝产生原因与其他地区有着较明显的差异。对天津市400多栋住宅建筑进行调研, 发现95%以上的住宅建筑有大小不同的裂缝, 没有出现裂缝的情况比较少。因此有必要对工程结构裂缝出现的原因及形态进行更加详细的研究。

### 1 引起上部结构裂缝的机理

上部结构的全部荷载最终通过基础传给地基, 地基在荷载作用下, 其应力随深度而扩散; 在同一深度处, 中间最大, 向两端逐渐减小。在应力作用下, 地基土层被压缩, 基础在应力扩散作用下出现不均匀沉降。基础下沉对上部结构的影响过程是一个复杂的应力重新调整过程。

基础不均匀沉降, 改变了上部结构的内力分布, 在建筑物体内产生了附加应力。建筑物因承受自重、附加荷重及地基反压力的作用而产生内力和变形, 通常在拉应力和剪应力的作用下产生裂缝。一般情况下, 地基受到上部传递的压力, 引起地基沉降变形呈凹形, 使建筑物形成中部沉降

大、端部沉降小的弯曲,状如倒置的双曲扁壳<sup>[1]</sup>,常叫“盆形沉降曲面”。这是由于中部压力相互影响高于边缘处相互影响,及边缘处非受载区地基对受载区下沉有剪切阻力等共同作用的结果。

## 2 裂缝产生的原因及表现形式

引起地基不均匀沉降的原因首先是地质勘察报告的准确性差、真实性不高。在施工前,有些工程不进行地质勘察而盲目施工,有的勘察不按规定执行,有的抄袭相邻建筑物的资料等,都会给设计人员造成分析、判断或设计错误,使建筑物可能产生沉降或不均匀沉降。其次是设计方面存在问题。建筑物长高比较大,建筑体型较复杂凹凸转角多,未在适当部位设置沉降缝,基础及建筑物整体刚度不足,建筑物层高相差较大所受荷载差异大,地基土的压缩性不同、地基的处理方法不同,以及设计方面的错误等都会引起建筑物产生过大的不均匀沉降。最后是施工方面存在问题。没有认真进行验槽,基础施工前扰动了地基土,在已建成的建筑物周围堆放大量的建筑材料或土方,对于砖砌体结构,砌筑质量不满足要求,砂浆强度低、灰缝不饱满、砌砖组砌不当、通缝多、拉结筋未按规定设置等,也会引起建筑物产生不均匀沉降。

地基不均匀沉降引起的上部结构裂缝是多种多样的,主要分为剪力裂缝和弯曲裂缝。

1) 由于上部结构的长高比较大引起的地基不均匀沉降。裂缝的分布与上部结构的长高比有密切关系,如果上部结构的长高比较大,整体刚度差,抵抗变形能力差,很容易出现裂缝。因纵墙的长高比大于横墙的长高比,所以大部分裂缝发生在纵墙上。裂缝对称地发生在纵墙的两端,向沉降较大的方向倾斜,沿着门窗洞口约成 $45^\circ$ 呈正八字形,且房屋的下部缝宽,向上逐渐缩小,在房屋建成不久就会出现,它的数量和宽度随时间而逐渐发展。当纵墙顶部有圈梁时,顶层中央顶部竖向裂缝较少。如图1所示。

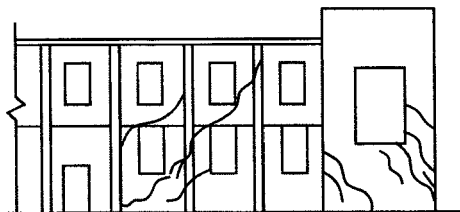


图1 长高比较大引起的正八字裂缝

Fig.1 Splay cracks caused by high length to height ratio

2) 由于地基土层分布不均匀引起的不均匀沉降。当地基土层分布不均匀,土质差别较大时,则往往在不同土层的交接处,或同一土层厚薄不一处,出现较明显的不均匀沉降,造成墙体开裂,其裂缝上大下小,向土质较软或软土层较厚的方向倾斜。当房屋两端土质压缩性大,中部小时,沉降分布曲线将成凸形,此时,往往除了在纵墙两端出现向外倾斜裂缝外,也常在纵墙顶部出现竖向裂缝<sup>[1]</sup>。

3) 由于荷载差异引起的不均匀沉降。裂缝分布与上部结构的受力特点密切相关,在房屋高差较大或荷载差异较大的情况下,当未留设沉降缝时,也容易在高差大和较重的交接部位产生较大的不均匀沉降裂缝。此时,裂缝位于层数低的荷载轻的部分,并向上朝着层数高的荷载重的部分倾斜<sup>[1]</sup>。

由于荷载相差悬殊,建筑物端部沉降大于中部时,会形成负弯矩和受到剪切作用。局部的沉降差异不仅可以引起斜裂缝,而且由于垂直沉降引起砌体中的水平裂缝,说明砌体中存在着垂直方向的下沉应力。

4) 由于底层窗台过宽引起的不均匀沉降。多层房屋在不均匀沉降过程中,建筑物沉降单元上部受到阻力作用,使窗间墙受到较大的水平剪力,产生上下部位的水平裂缝。当底层窗台过宽时,也往往容易因荷载由窗间墙集中传递,使地基不均匀沉降,致使窗台在地基反力作用下产生反向弯曲,引起窗台中部的竖向裂缝。裂缝一般在窗间墙的上下对角线处成对出现,沉降大的一边裂缝在下,沉降小的一边裂缝在上。在门窗洞口处、平面转折处、层高变化处,由于应力集中,往往也就容易出现裂缝;又因墙体是受剪切破坏,其主拉应力为 $45^\circ$ ,所以裂缝也呈 $45^\circ$ 倾斜(图2)。

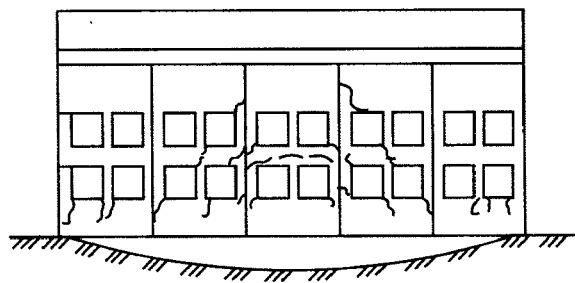


图2 局部不均匀沉降引起的正八字裂缝

Fig.2 Splay cracks caused by the partial uneven settlement

### 3 地基不均匀沉降的预防措施

1) 严格按照规定进行工程地质勘查。

2) 设计方面:采用刚度大、有利于减小不均匀沉降的基础形式:筏片基础、箱型基础和桩筏基础。此外,提高地基刚度也可以减小不均匀沉降对上部结构的影响。

为了防止地基不均匀沉降引起墙体开裂,首先应处理好软土地基和不均匀地基,但在拟定地基加固和处理方案时,又应将地基处理和上部结构处理结合起来考虑使其能共同工作;不能单纯从地基处理出发,否则,不仅费用大,而且效果亦差。为避免墙基础不均匀沉降,设计时应控制基础各部位基底反力值基本一致,防止由于基底反力悬殊,使基础产生不均匀沉降而造成墙体开裂。

在上部结构处理方面有:改变建筑物体型、简化建筑物平面、合理设置沉降缝、采用轻型结构、柔性结构;加强上部结构的刚度和整体性,提高墙体的抗剪能力如减少建筑物端部的门、窗洞口,增大端部洞口到墙端的墙体宽度、加强圈梁布置等。

3) 在施工方面:在基础施工时,应严格进行基底验槽,检验基底土质是否符合勘察报告和设计的要求,对局部松软土层及土井等进行必要的处理。

新建房屋的基础若位于原有房屋基础下,则要求新、旧基础底面的高差与净距的比值应小于0.5~1,否则,由于新建房屋的荷载作用使地基沉降而引起原有房屋、墙体裂缝。同理,在施工相邻的高层和低层房屋时,亦应本着先高、重,后低、轻的原则组织施工。

### 4 上部结构的修复加固方法

#### 4.1 修补处理

一般情况下修补处理可分为表面处理、压力灌浆、填充法等处理方法。

1) 表面处理:表面处理适用于微细裂缝(一般宽度小于0.2 mm),主要用来提高结构的防水性和耐久性。这种方法的缺点是无法深入到裂缝内部以及对延伸裂缝难于追踪变化。大面积处理时应注意防止空鼓、起皮。

2) 压力灌浆<sup>[2]</sup>:压力灌浆是将环氧树脂或其他低黏度粘结类材料在一定压力下注入到裂缝内部。压力灌浆分为低压注入和高压注入两种方式,应根据修复的结构类型和裂缝种类选择合适

的注入方式。

低压注入适合宽度较细,深度较浅的建筑物裂缝。在这种情况下,注入量可以控制,裂缝不会因压力过大而变宽,粘结材料易于渗入裂缝内部。

高压注入适用于宽度较宽,深度较深的裂缝。在这种情况下,低压注入无法将粘结材料压入较长的裂缝深处,因此只能采用高压注入的方式。

3) 填充法<sup>[3]</sup>:填充法适用于修补比较宽的裂缝(一般宽度大于0.5 mm),具体做法是沿裂缝处凿开混凝土,并在该处充填修补材料。当钢筋已经腐蚀时,应先将钢筋除锈并作防锈处理后再作填充。

作钢筋防锈处理时,应首先将已经腐蚀的钢筋锈蚀部分完全除掉,将阻锈剂直接涂抹在钢筋表面或使用掺和了阻锈剂的砂浆进行填充。目前国外正在开发一种不需要凿除而直接涂刷在混凝土表面的迁移型阻锈剂,它可以通过渗透迁移到钢筋表面形成保护膜达到阻锈的目的。

#### 4.2 加固处理

加固处理的目的在于恢复因裂缝降低的混凝土构筑物的承载力。加固处理涉及到构筑物的结构安全和使用功能的改变,因此必须在确认安全的基础上计算承载力,提出合理且详细的方案。国内目前使用的加固方法有很多种,最常用的是几种体外粘结补强材料的加固方法:粘结钢板法,粘结碳纤维布法,粘结不锈钢绞线网法。

1) 粘结钢板法<sup>[4]</sup>:粘结钢板法是将钢板作为补强材料通过结构胶粘贴在混凝土表面,主要是粘结在受拉侧的表面,使其与被加固混凝土结构形成一体共同受力,从而提高结构的承载力。

粘结钢板法使用的材料主要包括钢板和结构胶。利用结构胶的粘贴力来传导混凝土与钢板间的剪应力,将钢板作为受拉钢筋的一部分,行使受拉钢筋的职能。结构胶的强度和在各种环境下的耐久性以及钢板的腐蚀都直接关系到最终的加固效果。

2) 粘结碳纤维布法<sup>[5]</sup>:粘结碳纤维布法是使用碳纤维配套树脂将碳纤维布作为补强材料粘贴在混凝土结构表面,共同受力以提高承载力的加固方法。

3) 粘结不锈钢绞线网法<sup>[6]</sup>:粘结不锈钢绞线网法是使用聚合物砂浆把不锈钢绞线网粘贴在混凝土结构受拉区以提高结构承载力的加固方法。

粘贴不锈钢绞线网法与另外两种体外粘贴补强材料方法的加固机理基本相似。

## 5 结语

工程结构裂缝是个颇有现实意义亦颇受关注的质量通病。上部结构长高比较大、土层分布不均匀、荷载分布不均匀、底层窗台过宽等都会引起地基基础的不均匀沉降,而由于不同原因引起的不均匀沉降所产生的裂缝其形态、走向、长度和宽度均具有不同的特征。在地基基础不均匀沉降的预防方面,可以从地质勘查、结构设计及施工入手。对于上部结构的加固,可以采用粘贴碳纤维、钢板和不锈钢绞线网等方法,其中碳纤维较其他两种方法造价低、质量轻的优点而被广泛运用。

(上接第 29 页)

## 4 结论

1)大面积堆载条件下对地基变形影响深度大,要超出常规荷载作用下的影响深度,因此要引起设计重视。大面积堆载情况下土体沉降在一定时间内会趋于稳定。

2)与复合地基相比,大面积堆载地基变形要多出 25 倍左右,可见进行地基处理的必要性。对于复杂形状的大面积堆载地基变形计算,需对模型进行必要的简化。

3)大面积堆载影响深度范围内,设计时需考虑桩身土体沉降产生的负摩阻力作用。

### 参考文献:

- [1] 介玉新,高燕,李广信,等. 城市建设中大面积荷载作用的影响深度探讨[J]. 工业建筑, 2007, 37(6): 57-62.
- [2] 王燕. 大面积堆载作用下的厂房天然地基设计的探讨[J]. 南京市政, 2001, (3): 47-50.

### 参考文献:

- [1] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1997.
- [2] 韩素芳,耿维恕. 钢筋混凝土结构裂缝控制指南[M]. 北京:化学工业出版社, 2006.
- [3] 吴乃鸣,刘永钱. 住宅地基基础沉降原因和预防[J]. 建筑与预算, 2004, 25(2): 46-47.
- [4] 富文权,韩素芳. 混凝土工程裂缝分析与控制[M]. 北京:中国铁道出版社, 2003.
- [5] 张广泰,刘清,王克新. 碳纤维布加固钢筋混凝土梁的抗弯试验和数值分析[J]. 工业建筑, 2009, 39(8): 80-83.

(责任编辑 刘存英)

- [3] GB 50007-2011, 建筑地基基础设计规范[S].
- [4] 金宗川,顾国荣,韩黎明,等. 大面积堆载作用下软土地基变形特性[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(6): 1056-1060.
- [5] 王贵和,季荣生,马孝春. 碎石桩-CFG 桩组合型复合地基设计理论与工程实践[J]. 岩土工程技术, 2006, 20(5): 248-251.
- [6] JGJ/T210-2010, 刚-柔性复合地基技术规程[S].
- [7] JGJ 79-2002, 建筑地基处理技术规范[S].
- [8] 袁灯平,黄宏伟,程泽坤. 软土地基桩侧负摩阻力研究进展初探[J]. 土木工程学报, 2006, 39(2): 53-60.
- [9] 魏鉴栋,凌道盛,陈云敏. 受大面积堆载影响负摩擦桩的 Q-S 曲线分析[J]. 浙江大学学报:工学版, 2007, 41(1): 166-175.
- [10] 李玲玲,王立忠,邢月龙. 大直径钻孔灌注桩负摩阻力试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(3): 583-590.
- [11] JGJ 94-2008, 建筑桩基技术规范[S].

(责任编辑 刘存英)