

混凝土结构裂缝的检测与判断

梁善礼

广东广联检测技术股份有限公司

摘要：混凝土结构取材方便、施工相对简单、耐久性好，是建筑工程的主要结构形式。混凝土裂缝是设计、施工、材料、管理等各种因素综合产生的问题。本文简述了混凝土结构工程的裂缝检测，归纳裂缝产生的原因，最后通过一些工程实例，对工程裂缝性质的判断做出探究。为后续的加固设计、施工提供依据，最终保证建筑物的安全和耐久性。

关键词：裂缝检测；结构裂缝；裂缝分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.07.025

一、前言

近年来，我国经济持续发展，基建规模不断扩大。随着混凝土结构的大量应用，也逐渐暴露了一些问题，其中最突出的就是混凝土结构的裂缝问题。混凝土结构在施工及使用过程中会受到各种因素的影响，引发各种类型的裂缝。混凝土裂缝往往引起渗漏，引起有关各种质量问题的矛盾与纠纷。在笔者从事多年的设计、检测与鉴定工作中，遇到许多混凝土裂缝相关的问题，以下列举数个特别的案例。

二、混凝土结构工程裂缝的检测

（一）裂缝的调查

裂缝成因调查包括对材质与施工质量、设计计算与构造、使用环境与荷载方面的调查，为裂缝调查提供依据^[1]。与材料有关的信息包括：混凝土原材料质量、配合比设计、强度等级、外加剂、拌合物塌落度等文件^[2]；与施工有关的信息包括：施工技术方案、施工日志、隐蔽工程验收资料，混凝土实体强度的试验记录、养护记录、拆模记录、竣工验收记录等^[3]；与设计有关的信息包括：结构图纸及设计文件中的有关参数，构件的形状、尺寸、配筋构造、保护层，以及设计变更文件；与使用环境有关的信息包括：建筑的使用功能、结构的使用历史、检验维修记录等。

（二）裂缝的检测

裂缝检测的第一步工作是寻找所有的可见裂缝，并对裂缝进行现场标注，随后绘出裂缝分布图。裂缝宽度的量测可用刻度放大镜或者裂缝宽度检验卡。由于裂缝

宽度本身具有很大不确定性，追求过分精确意义不大。裂缝宽度检验卡使用方便，其精度满足大部分工程的需要。

裂缝深度的检测主要可用钻芯取样方法或无损检测方法，无损方法可用超声波法或雷达仪。

超声波法检测混凝土裂缝深度时，把换能器对称放置在裂缝两侧，超声波会从裂缝底边缘绕到接收换能器，读取该声时值，从而换算出换能器至裂缝底部的距离 S ，再通过换能器至裂缝的水平宽度 L ，经过简单的三角换算，即可计算出裂缝深度 d 。

裂缝的宽度、长度和深度随着时间可能不断发展，所以需要观测其变化规律。因此需要对裂缝宽度和长度进行定期或不定期多次检测。通常采取标点量测法、尖端标记法记录裂缝的发展^[4]。

三、混凝土裂缝的分类与形成原因

混凝土结构自身带裂缝工作是这种结构形式的固有特性，开裂是难以避免的。但不同的裂缝对结构安全、使用功能和耐久性造成的影响差别很大。混凝土结构的裂缝大概可以分为以下几种类型：

1. 承载受力裂缝。顾名思义，这是影响到混凝土结构安全的裂缝，包括混凝土构件的受弯、受压、受剪、受扭以及组合而成的复合受力裂缝。受力裂缝的出现一般预示着结构的破坏。一旦出现承载力裂缝，极易出现重大安全事故。

2. 收缩裂缝。收缩裂缝一般是混凝土收缩、温度变化、强迫位移等原因形成的混凝土裂缝。这是目前混凝土结构中最常见的裂缝。水泥胶体凝固过程中铝酸三钙胶体因结晶固化而体积缩小^[5]，即为混凝土的“收缩”。近年来商品混凝土出于各种要求，水泥颗粒细度减小，粗骨料减少，砂率及外加剂含量加大，混凝土向快硬、高强、发热大、泵送效果好等方向快速发展，最终导致混凝土的收缩变形大幅度增加。在笔者从事结构设计工作时，曾遇到过早上八点浇混凝土，中午十二点混凝土表面已经出现裂缝的情况。目前主要靠构造措施与施工工艺两方面控制混凝土的收缩裂缝，效果普遍不佳。

3. 温差裂缝。混凝土结构具有热胀冷缩的特性，当暴露于外部环境下，季节交替或日晒雨淋下，混凝土表面与内部、结构不同区域的混凝土会出现温度差，在结构的整体约束下，以开裂的方式释放内部应力。我国七八十年代建起来的很多房子，很多年久失修，缺乏隔热构造，出现温度裂缝的概率相当高。温度裂缝往往不会造成即时的结构安全风险，但是会出现渗漏等问题，影响结构的使用性和耐久性。

4. 沉降裂缝。沉降裂缝主要出现在天然基础的结构上。由于各种原因柱间出现较大沉降差，最终把上部结

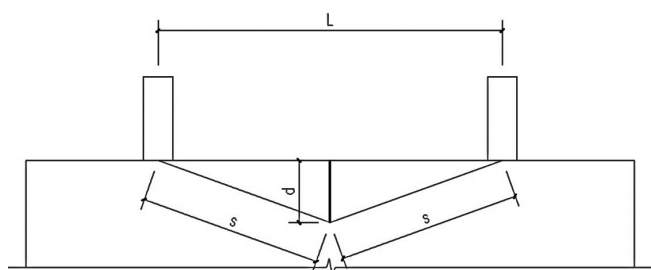


图1 超声波法测量计算示意图

构拉裂。珠三角地区正规建筑多采用桩基础，出现沉降裂缝概率较低。

5. 装饰性裂缝。装饰性裂缝通常包括不同材料之间的界面裂缝、预制构件的拼接裂缝、装饰面层的裂缝。近年来加气混凝土砌块越来越普及，砌块与混凝土之间的容易形成通缝，必须采取挂网抹灰等构造措施防止开裂。七八十年代很多预制楼板房屋，多年使用后预制楼板变形，造成了预制楼板间开裂。至于装饰面层的裂缝多是由于施工不善或者使用环境恶劣造成，只能重新装修处理。

四、实例分析

(一) 某住宅小区地下室底板及顶板裂缝检测与判断

1. 工程概况

某住宅建筑工程，拟建40层剪力墙结构，设二层地下室，局部设置人防地下室。基础采用预应力管桩，整个地下室采用后浇带划分为数个区域。该项目2017年开始施工，2018年整个地下室施工完毕，进度最快的塔楼建到五层。其后工程因故停工。2021年6月，新的开发商接手发现地下室底板大量不规则裂缝，部分柱位置底板开裂涌水；此外地下室顶板及部分人防临空墙也出现大量裂缝。为此新业主邀请本公司对整个地下室进行整体检测与鉴定。

2. 裂缝调查与检测

经现场检测，地下室底板共12个柱脚位置出现涌水。底板最宽的裂缝达到5mm，此外整个地下室底板还有很多不规则微小裂缝。地下室顶板裂缝呈不规则分布，部分上下贯通；顶板梁裂缝绝大多数与梁断面平行；人防临空墙裂缝分布较不规则。

本工程有规范的设计、审图，项目目前没有正向活荷载，顶板及临空墙初步排除承载力裂缝，上部裂缝只需要通过混凝土裂缝宽度检验卡量测宽度，辅以超声波检测混凝土内部，记录裂缝分布图。地下室底板由于已经收到极大的水浮力荷载，需要对底板作深入检测与鉴定，为此采用抽芯方法直接观测裂缝，顺便检测混凝土强度。

3. 裂缝分析与判断

通过查阅原设计图纸，该地下室设防水位为室外路面，采用预应力管桩抗浮，图纸注明地下室1.2米覆土前不得停止地下室基坑降水。由于施工已于三年前停止，但地下室顶板的覆土并没有完成，因此该地下室的抗浮不满足设计要求。柱脚附近底板混凝土钻芯结果显示，承台边缘的底板大范围开裂。通过计算验证，顶板压重不足使得水浮力大于地下室底板的承载力，最终导致了底板结构的开裂、涌水。因此底板柱脚位置裂缝为承载受力裂缝。

通过进一步了解，地下室后浇带停工前已经完成，一百多米长的地下室没有任何防护下直接暴露了三年。混凝土结构具有热胀冷缩的特性，当暴露于外部环境，季节交替或日晒雨淋下，混凝土表面与内部、结构不同区域的混凝土会出现温度差，在结构的整体约束

下，以开裂的方式释放内部应力。由此判断，强烈的温差是顶板以及临空墙大量裂缝产生的主要原因。

(二) 某办公楼楼板裂缝检测与判断

1. 工程概况

某办公楼，楼高四层，建设年代不详，无任何图纸资料及施工记录。2020年首层装修后二楼房间发现楼板及墙体发现新增大量裂缝，应业主要求，对该办公楼裂缝进行检测。

2. 裂缝调查与检测

现场调查显示，由于先前改造时发现框架梁柱，装修公司认为建筑物为整体框架结构，拆除房间隔墙，合并两个房间作为会议室。笔者到现场时会议室已经封上了天花，无法看到二层板下结构。从二楼楼面看，楼面出现向板中心的斜向裂缝，裂缝宽度在0.8~1.9mm之间，外墙位置楼板略有下沉变形迹象，二层部分墙墙体有轻微开裂，施工人员判断是装修振动引起破坏。经过无损设备对混凝土构件探测，我司检测人员最终整理出办公楼的复原平面图如图2。

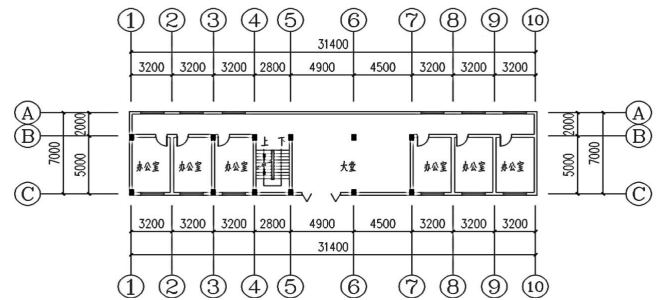


图2 办公楼首层平面复原图

3. 裂缝分析与判断

通过复原平面图显示该建筑物左边属于框架结构，右边却是砌体承重，连构造柱都没有设置，仅设置300高圈梁。由于装修拆除了9轴以及C轴交8~10轴的承重墙。这个改动对结构是致命性的，二层楼板的开裂只是房屋整体坍塌的前奏。二层楼板裂缝和墙体裂缝均为承载受力裂缝，整楼必须马上封闭及回顶加固。

(三) 某宿舍楼板及墙体裂缝检测与判断

1. 工程概况

某厂区宿舍，楼高六层，建于2005年，框架结构，有未盖出图章的“白图”施工图，无正规施工手续。2019年发现室内因大面积抹灰剥落以及楼板裂缝遭受承租方投诉，应业主要求本公司对该楼进行检测与裂缝判断。

2. 裂缝调查与检测

经调查，各层六成以上阳台梁板，部分室内楼板的混凝土，出现不同程度的钢筋锈胀剥落，其中六层楼板最为严重。几乎整个走廊天花抹灰剥落，部分区域露筋，出现滴水现象。除此之外，各层室内墙体大面积抹灰裂纹，剥离。

初步怀疑混凝土氯离子含量超标导致钢筋锈蚀。通过氯离子含量检测试验结果，发现混凝土氯离子的含量

并没有超过《混凝土结构设计规范》的限值^[6]。后来笔者建议对阳台位置进行取芯分析,取芯发现阳台位置没有做任何防水构造。钢筋混凝土上层即为“干铺”的瓷砖面层,瓷砖下的水泥沙“干铺”层全是水。钢筋混凝土质量也是相当差,肉眼可见大量裂缝。经过混凝土抗压试验,大部分抽芯试件强度低于C15,个别试件抗压强度仅C8。对墙体进行检查,该建筑隔墙使用加气混凝土砌块。抹灰砂浆强度极差,且没有在砌块上挂网就直接施工。

3. 裂缝分析与判断

在通过沉降观测排除基础问题后,确定本建筑楼板混凝土开裂渗水源自混凝土质量太差,一方面混凝土不够密实,另一方面承载力太低。在缺乏防水构造的情形下,混凝土开裂,最终导致钢筋锈胀进而加重混凝土的开裂程度。综合分析,混凝土裂缝为承载受力裂缝,而墙体裂缝为装饰性裂缝。

(四) 某车间楼板开裂检测与判断

1. 工程概况

某商品工业厂房,楼高十层,建于2019年,框架剪力墙结构。厂房有完整设计图纸资料及施工记录。六层某租户2020年3月购入一台生产机器并投入使用后,2020年9月包装机器所在楼板出现裂缝,租户邀请我司对改开裂问题进行检测与鉴定。

2. 裂缝调查与检测

经调查,原楼板设计活荷载为 6kN/m^2 。该机器尺寸约2.6米乘4米,机器铭牌显示总重约5吨。使用方表示该机器使用时不存在动力荷载,按照总重除以占地面积,平均荷载远小于设计活荷载。进一步查看商厂房设计图纸,该位置板厚100,混凝土强度等级C30,钢筋HRB400,单向板体系。板尺寸约为2.8米乘8米,受力底筋 $6@140$,短方向支座钢筋 $8@200$ 。机器为四支座着地,两支座布置在板跨中(图3),单个支座着地尺寸约为 $0.1\text{m}\times 0.1\text{m}$ 。裂缝分布在板面支座位置,裂缝宽度约为 0.5mm 。

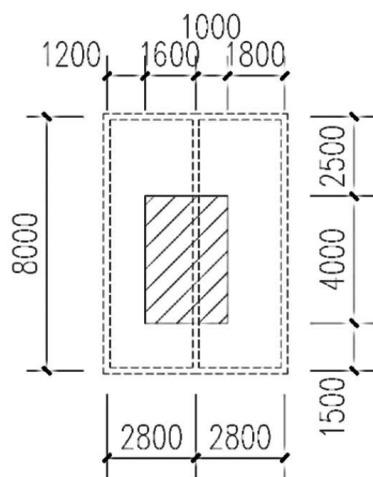


图3 机器摆放位置示意图

3. 裂缝分析与判断

有了测量数据,笔者对该楼板重新复算。首先把该集中力对楼板的局部压力及冲切进行计算,均满足《混凝土设计规范》要求。其后按照《建筑结构荷载规范》^[7]附录C计算集中力作用下的楼面等效均布活荷载。首先计算荷载的有效分布宽度 $b=b_{cy}+0.7*1$,计算值约为2.16m;再通过C.0.4-1计算该单向板等效均布活荷载 $q_e=8.6\text{kN/m}^2$ 。即在未考虑设备周边活载及设备动力系数的情况下,机器荷载已经超过了原设计使用荷载。考虑到混凝土结构非均质结构,局部超荷使用不会马上破坏,初步怀疑是该楼板支座筋施工时被踩下去导致构件有效高度变小。为了验证这个想法,对该楼板支座的保护层进行检测,部位位置钢筋深度超过了40。最后我们建议租户对机器局部移位,尽量减少机器对对楼板产生的负弯矩,该机器正常使用至今。在本案例中我们发现了几个问题1.大部分用户对结构荷载使用其实没有概念,没办法把实际活荷载对应到设计活荷载中,更有甚者,根本没有荷载概念;2.近年设计的厂房开始“沾染”上了房地产设计的“习性”,板厚取小,计算参数“紧贴”规范,配筋“紧贴”计算书。实际上工业建筑荷载本来就难以确定,商品厂房后期的墙体改造、设备更是五花八门,不留余量的设计带给工业建筑很多后期使用问题。3.虽然近年施工质量已经有较大改善,但对于施工细节,还是有很大的进步空间。

五、总结

通过以上案例可以发现,混凝土裂缝产生的原因各种各样,设计、施工、使用不当等都会令结构产生影响。在检测裂缝时,除了关注裂缝本身,更应有全局观,对裂缝的成因作综合判断,防止结构的进一步破坏。在裂缝检测中,裂缝宽度与深度的测量是分析的基础。此外还要通过各种检测手段分析裂缝产生的原因,以判明裂缝产生的原因,为后续的加固设计、加工提供依据,最终保证建筑物的安全性和耐久性。

参考文献

- [1]王逢朝,吕晓,李振宝.混凝土结构裂缝的检测与修复[J].三明学院学报,2007年第四期:460-462.
- [2]吴金权.浅谈混凝土生产和施工过程的质量控制[J].中华民居,2013,24:93.
- [3]陈小均.水工混凝土结构裂缝成因分析及其危害性评价[J].消费导刊,2017,26:103.
- [4]欧阳景峰,周庠天.某隧道拱顶纵向开裂及断面变形监测研究[J].山西建筑,2016,32:161-163.
- [5]邸小坛,关淑君,徐彦,等.混凝土结构工程裂缝的判断与处理[C].//既有建筑综合改造关键技术研究及示范项目交流会论文集.2010:64-69.
- [6]混凝土结构设计规范(2015版):GB 50010-2010[S].2010.
- [7]何波.《建筑结构荷载规范》GB50009-2012有关问题的探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2012(30).