

建筑工程检测实践中两例事故分析

雷 涛¹ 单建正²

1. 浙江城乡工程检测有限公司 浙江 杭州 311100

2. 浙江中利建筑设计有限公司 浙江 绍兴 312400

【摘 要】：在建筑结构的检测实践中，发现一些简单明了的工程力学问题，往往由于施工的疏忽，引起较大的工程问题，甚至严重的质量问题，就两例工程检测案例，阐明产生问题的主要原因，以提醒施工技术管理人员提高专业能力，加强管理，避免类似事情发生。

【关键词】：建筑结构裂缝；恒荷载；活荷载；偶然作用；受力计算

Analysis of two accidents in the practice of construction engineering testing

Tao Lei¹ Jianzheng Shan²

1. Zhejiang Urban and Rural Engineering Testing Co., Ltd. Zhejiang Hangzhou 311100

2. Zhejiang Zhongli Architectural Design Co., Ltd. Zhejiang Shaoxing 312400

Abstract: In the inspection practice of building structure, some simple and clear engineering mechanics problems are found, which often cause large engineering problems and even serious quality problems due to the negligence of construction. Based on two engineering inspection cases, this paper expounds the main causes of the problems, so as to remind the construction technical management personnel to improve their professional ability, strengthen management and avoid similar things.

Keywords: Cracks in building structures; constant loads; live loads; accidental effects; force calculations

在建筑工程检测工作中，常常遇到建筑工程主体结构完工，出现现浇混凝土结构中梁、板、柱或剪力墙的工程问题，最常见的是现浇混凝土梁、柱、板的裂缝问题。现浇混凝土结构的裂缝问题，是工程领域的常见问题，已有各种文献的大量论述，本文是在工程检测中，遇到的施工不久后混凝土构件产生的裂缝，这些裂缝与受力相关，且这些裂缝完全可以避免；但是，在检测中遇到大量此类与受力相关的裂缝，且往往是施工技术管理人员与检测一般技术人员都感到不理解，有时甚至乱找原因，牵强附会，对于设计领域是简单的力学问题但设计人员一般不会被邀请处理此类问题。此类问题主要在监理、施工、检测、甲方之间处理，并未深究。但往往是此类问题一处处理完，另一处又出现了，究其原因因为处理的时候根本没找到出现问题的根源，或者是对工程结构力学体系及传力途径不理解，或是一知半解，且并不理解设计人员的设计初衷。另一案例为装修中的野蛮施工，也有一定的代表性。本文通过对案例的阐述，找到出现问题的根源，提醒施工技术人员避免犯此类失误，也对检测领域的初来业者或其他相关人员理解建筑工程中此类问题有所帮助。

案例 1：义乌市某高端小区，为某中字号国企开发的高端房产项目：叠排、排屋与多层洋房，按照规划，该项目地上总建筑面积 134574.20M²，地下总建筑面积 103906.11M²。工程位于浙江省义乌市。排屋为 1 层地下室，带夹层，地上 3 层，坡屋面带闷层的现浇异形柱混凝土框架结构。闷顶层为钢筋混凝土板作为隔热、隔断坡屋面在室内屋脊的问题，基础为局

部墩基+筏板或直接筏板，抗震设防为 6 度。本次检测为第 26 幢，为三层六排排屋，坡屋面，带闷顶层，地下一层，带夹层。建筑高度为正负零上 10.990M，占地面积 596.95M²，总建筑面积 1208.65M²。2019 年 11 月 26 日检测时，其主体已竣工 5 个多月，底层及楼层主体竣工一年多。按设计，地下 1 层与夹层梁、板、柱混凝土强度等级均为 C35，1~3 层与闷顶层梁、板混凝土强度等级为 C30，柱混凝土强度等级为 C35。按照规范 JGJT 23-2011《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》的要求，现场实检得梁、板、柱混凝土强度等级与设计相符；按规范 GB 50204-2015《混凝土结构工程施工质量验收规范》要求，检测到梁、板、柱截面尺寸，配筋、保护层厚度等与设计图纸相符。且工程仅主体完工，围护结构：填充墙、门窗、内外装修等均没有施工，设计中的大量恒载、活载都没有加上。检测中发现单体 26#楼闷顶层（标高 10.000M）楼板与梁的裂缝较多，且呈现较有规律，现场部分梁板裂缝实照如下各图：





图 1-6 现场梁、板裂缝实照

产生的裂缝主要集中在闷顶层梁、板，即 10.000M 标高处。为了搞清产生裂缝的主要原因，按照现场实测构件混凝土强度、截面尺寸等数据，用 PM4.3.3 版，并按设计提供的荷载标准，进行结构计算复核，计算结果表明，各构件均满足要求，且与设计图纸基本相符，说明按设计要求，构件不会出现裂缝或裂缝均在规范要求的范围内，那么如此大规模的裂缝，且有规律，如何产生的？

首先现场查勘的裂缝形态：1、在梁两端，呈正八字状的斜裂缝。2、梁的变截面处，梁底横向并在梁腹先竖向后斜向裂缝。3、主次梁交接处，沿次梁两侧及交接处底部与主梁轴线平行后向上呈凹字状裂缝。4、梁跨中部位，梁底横向裂缝。其次分析裂缝部位的特性：这些裂缝的截面有一个共同特点：受力较大部位，梁两端剪力最大，梁中部弯矩最大，梁变截面处弯矩剪力均较大。主次梁交接处，梁有集中荷载作用，板跨中在两向弯矩作用下，沿板两对角线方向拉力最大。上述现象均与最大的受力相关，但从上述计算复核可知，按正常情况，梁、板是满足设计与规范要求的，正常的受力情况是不应出现裂缝，因为梁、板按正常的承载力是满足要求的。经过调查，并查阅施工日记，得知，在闷顶层梁、板混凝土浇注 7 天后，即拆除了支承闷顶层梁、板的水平与竖向支承的模板系统；从原始计算书与设计图上可知，该闷顶层梁、板本身仅承受自重，并不承受施工荷载及其他荷载，因为，设计闷顶层梁、板主要是考虑到高端房产的隔热与美观，再加上房产项目的设计，业主单位均要求设计公司按最经济的原则，所以，闷顶层仅承受自重，按规范与构造要求进行梁板配筋与厚度的设计。从本工程梁、板裂缝来判断，主要是受力引起的，即出现裂缝的梁、板承受施工时的荷载超过了设计荷载，甚至远远超设计荷载。为何会出现此种情况？主要是因为：工地施工时，按 7 天一个周期，即本层混凝土浇灌 7 天后，即拆除了模板与支撑，此时的混凝土强度为 70% 左右，另外，现在混凝土中有大量粉煤灰等的应用，7 天强度较低，正常情况，楼层设计时计入梁、板的自重，楼板面层、顶棚粉刷等自重，同时计入规范规定的活荷载，

按规范的要求设计，是能够满足模板与支撑拆除后上层梁、板浇灌后传来的部分恒载与施工活载，一般不会出现超荷载的情况，但本工程闷顶层并不存在除自重外的其它荷载，设计仅计自重，梁、板基本按构造与规范的最低要求进行设计，此种情况下，下层支撑是不应拆除的，拆除后，浇灌屋面层的大部分恒载、施工活荷载就传给了闷顶层，就存在超载的情况。会引起梁、板出现工程问题，本工程正是由于拆除支撑引起闷顶层梁、板超负荷工作而引起的受力裂缝，斜向裂缝为剪力超标，跨中为受弯正截面超标，变截面剪、弯共同作用超标，集中荷载处为附加箍筋与弯起筋不够而引起裂缝。按《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 第 3.2.3 条：由永久荷载控制的效应设计值，应按下式进行：计算： $S_d = \sum_{i=1}^n \gamma_{Gi} S_{Gi} + \sum_{j=1}^n \gamma_{Qj} \psi_{0j} S_{Qj}$ 对于本工程的闷顶层，仅存在上述计算公式的第 1 项恒载项，且恒载仅有梁板自重及板底粉刷层自重，没有其他荷载，而施工阶段增加了上述大量荷载，同时由于上述的经济原因，闷顶层梁、板的各项设计指标在规范要求的最低标准。在上述施工管理的情况下，出现裂缝也就是一定的。

案例 2：富阳场口新区某工程管理用房，位于杭州市富阳区场口镇，建筑物主立面朝南，该建筑地下室，地上 2 层局部 3 层，现浇混凝土框架结构房屋，坡屋面，坡脊标高 15.600M，檐口标高 12.056M，工程已于 2108 年竣工。检测时，已经进行过局部改造：拆除已有墙体或另加墙体，但均未进入实致装修阶段，2020 年初，业主委托给一家大型装修公司进行装修，至该年 7 月发现部分楼板有严重的结构质量问题，业主为搞清房屋整体是否有安全问题，并搞清质量问题是如何形成的，于是委托检测单位对该建筑进结构检测，以明确出现结构质量问题的原因。本工程平面图如下：

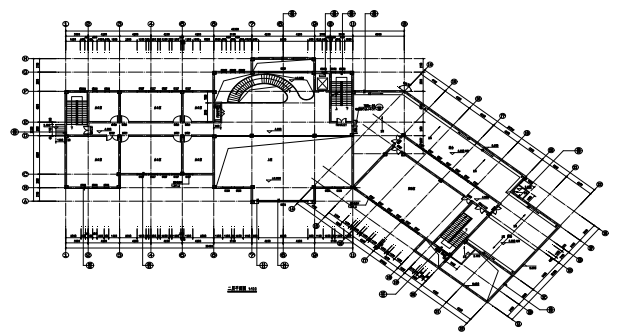


图 7 房屋平面图

现场检测发现，主要问题为 4.450M 标高 E~F 轴交 3~5 轴，B~D 轴交 15~17 轴两区域梁板出现严重开裂与下坍，现场 4~5 轴区域梁板照片，梁板跨中部位明显下坍，梁板均跨中部有受力裂缝，裂缝走向与梁、板的受弯超出承载力而出现的裂缝相同，梁裂缝为跨中横向与梁纵轴垂直的裂缝，板裂缝为板底沿对角线方向裂缝，板顶为沿梁周四角斜向裂缝，板裂缝示意如下图：

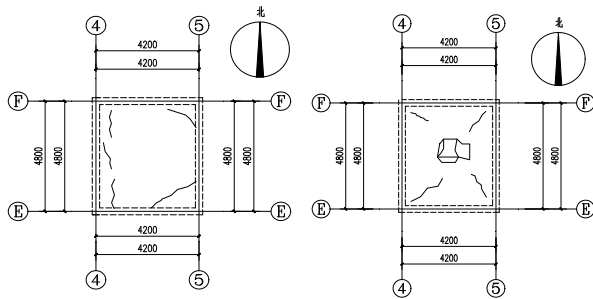


图8 轴交E~F轴板面裂缝

因B~D轴交16~17轴板、梁裂缝与上述描述情况基本相同,没放现场照片与示意图。现场对梁、板混凝土强度、配筋、截面尺寸进行检测,结果均基本满足设计图纸要求。但是现场发现的梁、板承载力不够是为何引起的?为了进一步搞清原因,用PKPM4.3.3版系列软件,按现场检测到的梁、板、柱的强度与截面尺寸进行复核,发现计算结果与设计图纸基本相符。由此排除设计与施工出现的上述问题。在现场进一步与业主单位、原房屋施工单位沟通,并从现场的一些迹象,发现原4.450M标高4轴交E~F轴、17轴交B~D轴设计时没有墙体,但在房屋竣工后,有改造加砌墙体,墙体为实砌水泥砖,3.50M高,但检测时,墙体已经不存在,仅在D轴、E轴纵向墙体上留下的砌筑痕迹可以判断出其高度。

另外,也重新按加了墙体后进行结构复核,发现梁、板按实测配筋也基本未超出规范要求或仅个别截面用得较足而已,说明与裂缝、下坍与砌墙体关联性不强,即砌筑墙体不会引起梁、板出现所检的裂缝与下坍。那么,房屋并未投入使用,经现场勘察,可确定是有较大的荷载作用才会使梁、板出现上述问题,荷载从何来?进一步查勘发现,装修施工时,上述后增加的墙体在检测时并不存在,墙体是装修公司拆除的,是如何拆除的,从现场查勘来看,应该是瞬时推倒,如此推倒,产生巨大动量,其作用时间极短,引起很大的冲量,即对板与梁产生了很大的作用力,这种偶然作用力,直接使梁、板损坏。按动量与冲量公式: $m \times v = F \times s$,如4轴交E~F轴墙体,墙体

按4.5KN/m²计算,则 $m = 4.5 \times 3.5 \times 4.8 = 75.6 \text{KN}$,墙体下落速度为初始推力引起的速度 $v = v_0 + gt$,其中 v_0 为初始速度, g 为重力加速度, t 为墙体从梁上直立位置倒向楼板的时间,可假设作用于板上的速度为5m/s,墙体在楼瞬间作用时间为0.1s,则 $F = \frac{mv}{t} = \frac{75.6 \times 5}{0.1} = 378 \text{KN}$,若此偶然荷载作用于5轴交E~F轴梁跨中(梁截面为240x600,配三级钢),按《建筑结构荷载规范》GB50009-2012第3.2.6条中第2点: $S_d = \sum_{i=1}^n S_{d,i} + S_{d,j} + \varphi_{1,i} S_{d,i,k} + \sum_{i=2}^n \varphi_{1,i} S_{d,i}$ S_d 为偶然荷载标准值引起的荷载效应,则可引起弯矩约为(忽略弯矩的分配与传递,假定梁两端全刚):

$$M = \frac{1}{8} PL = \frac{1}{8} \times 378 \times 4.8 = 226.6 \text{KNm}$$

则梁配筋应增加约为:

$$A_s = \frac{M}{0.875 b_1 f_y} = \frac{226.6 \times 10^6}{0.875 \times 560 \times 360} = 1284.6 \text{mm}^2$$

约为2Φ25+1Φ20钢筋,可见增加筋相当可观,约比原设计增加约为 $\frac{1284.6}{5 \times 490.9} = 52.33\%$,当然因梁柱节点非完全刚性,实际可能弯矩还要大,远远超出其设计承载力,必定使梁板出现损坏。

因此,我们经常强调要文明施工,文明装修,实际上是与房屋结构的损坏情况是直接相关的。工程技术人员也不应小看推倒墙体等偶然荷载对建筑结构影响的问题。有时,不经意的一下,结构构件就损坏了,不可继续用了,要加固处理或直接拆除损坏的构件重新施工,其危害是巨大的,断然不能忽视。在装修施工时,技术管理人员一定要给施工人员灌输对工程施工的敬畏思想,否则会使整个工程因个别情况而全功尽弃或造成相当的不良影响。

结语

上述二例工程问题均是涉及到责任的追究问题,即是谁引起的问题,工程检测中,遇到很多工程的纠纷问题,其中很多是因施工技术人员的责任心不够或没有必需的、对设计图纸资料的基本设计思路的把握。另外,工程施工中的文明施工,安全管理并不是一句空洞的口号,是直接关系到结构构件在工程完工后,能否安全使用的问题。其次,工程检测人员如果没有对建筑物整体结体系的准确把握,是很难根据工程现象,找到现象的本质的。

参考文献:

- [1] 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,2012,000(030):1-4.
- [2] 李明顺.《建筑结构可靠度设计统一标准》GB50068-2001 对建筑结构可靠度作了适当调整[J].工程建设标准化,2002(2).
- [3] 《建筑结构静力计算手册》编写组.建筑结构静力计算手册[M].中国建筑工业出版社,1998.