

# 3号教学楼结构静力分析及 构件破坏原因初探

TU323.502  
TU244.3

王亚红, 李宗利, 冷畅俭

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西杨陵 712100)

**[摘要]** 利用结构分析软件 SUPER-SAP, 对已使用 64 年的西北农业大学 3 号教学楼空间框架结构进行静力分析, 对其安全性作出评价, 同时研究了构件破坏的原因, 分析结果表明, 该楼安全度有富余, 构件破坏均属于一些非正常荷载所致, 对其加固改造, 仍不失其使用价值。

西北农大 3 号教学楼, 构件破坏原因。

**[关键词]** 结构静力分析; 承载力校核; 修复与加固; 建筑结构**[中图分类号]** TU244.3; TU323.5 **[文献标识码]** A

西北农业大学 3 号教学楼建于 1935 年, 至今已使用了 64 年, 按照我国现行规范<sup>[1]</sup>, 其设计基准期为 50 年来衡量, 该楼已超过服役期。在这 64 年内 3 号教学楼历经多次改造, 原来的设计结构局部已有不同程度的改变, 现虽部分构件已经破坏、外墙开裂, 但作适当的加固改造仍不失其使用价值。不管是对楼的加固改造, 还是在今后的使用期内, 其安全性评估有着重要的意义。要评估结构安全性, 必须首先进行结构分析。基于此点, 笔者应用先进的、功能完善的结构分析软件 SUPER-SAP, 对 3 号教学楼进行了结构静力分析, 并探讨了部分构件破坏的原因。

## 1 静力分析模型的建立

结构静力分析时以原设计结构布置图为准, 取其空间框架结构作为静力分析基本模型, 但经实际查看, 头层的梁格因施工时取消了地窗而被取消, 分析时头层梁格根据实际情况也就不予考虑。考虑到 3 号教学楼基本为对称结构, 分析时取 1 半结构, 按空间三维梁单元进行结构分析。据此, 共剖分为 510 个结点, 863 个空间梁单元。2, 3 层梁格布置如图 1。

3 号教学楼框架结构的材料是钢筋混凝土, 经钢筋拉伸试验, 确定钢筋级别为 I 级。依据图纸上提供的施工混凝土配方, 参考有关资料, 确定混凝土强度等级为 C20。

静力分析时, 考虑的荷载主要有自重、楼面均布活荷载、隔墙荷载、外包墙荷载、屋面处理活荷载、雪荷载等, 其荷载大小参考现行荷载规范<sup>[2]</sup>取用。

**[收稿日期]** 1999-05-07**[作者简介]** 王亚红(1967—), 女, 讲师, 硕士

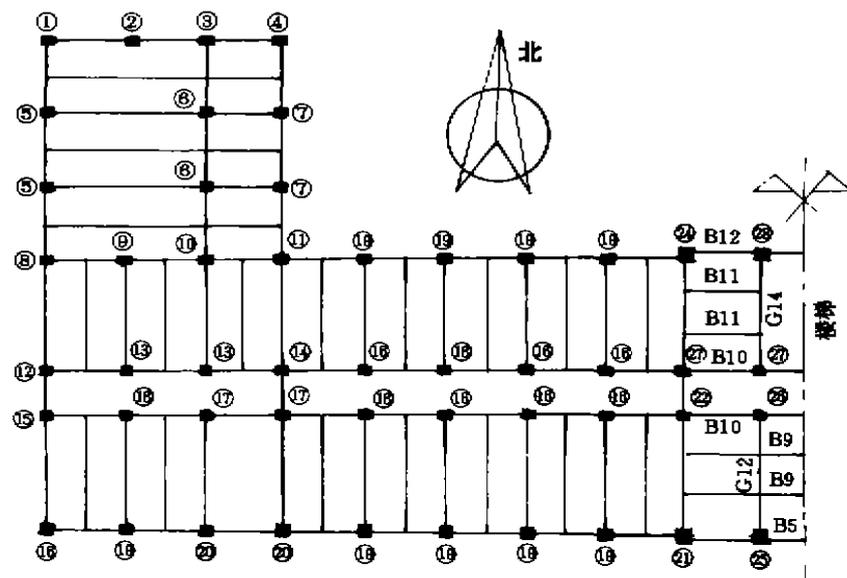


图 1 3 号教学楼 2.3 层构造平面图(取 1 半结构)

## 2 静力计算结果分析

3 号教学楼静力计算时考虑了 2 种荷载工况:工况 1 考虑荷载为正常使用时各基本荷载的组合;工况 2 考虑荷载为正常使用时各基本荷载与个别支座发生基础沉陷的特殊组合。考虑到该楼北侧地基由于各种原因,使基础发生不同程度的沉陷,尤其是厕所所在部位,裂缝清晰可见,为了探明基础沉陷引起的不良后果,特拟定工况 2。

### 2.1 基本荷载作用下静力分析结果(工况 1)

2.1.1 基本荷载作用下内力分析 综合分析框架各构件的弯矩、扭矩、轴力、剪力可知,3 号教学楼空间框架内力较大的部位有 4 处。第 1 处是楼中部外墙中的 4 根柱,如图 1 所示,在柱脚处轴力达 2 404.5 kN,这个结论与实际比较相符,因为该 4 根柱从基础一直到达该楼的最高层 8 层顶,而其他柱在不同层已结束,因而其内力较大。第 2 处是各层楼梯两侧的 G14 梁及 G12 梁,尤其以 4 层处剪力值最大。第 3 处是 4 层东西楼与南北楼的连接处,由于南北楼中部的柱⑥、⑨和⑩已在 3 层楼面结束,致使 4 层的横梁(B407)采用较大跨度(14.63 m)来支承屋面,而 B407 梁却支承于 B408 梁上,致使 B408 梁产生较大的弯矩及扭矩(图

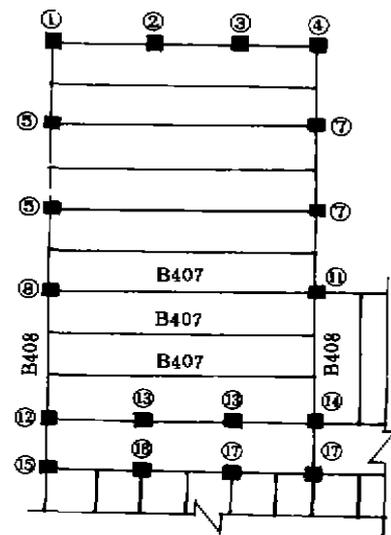


图 2 4 层部分构造平面图

2)。第 4 处是 5 层屋面板上直接支撑外墙处,支撑该板的周围梁格产生内力较大。

2.1.2 基本荷载作用下位移结果 沿东西向水平位移最大点主要位于北楼 4 层顶部,最大点是柱⑦顶部,达 3.1 mm;沿南北向水平位移最大点是 4 层 2 根柱⑨的顶部,达 5.0 mm。这两根柱在 4 层已无南北向梁格约束,在这个方向类似于悬臂构件,故位移较大;竖向位移较其他方向大,最大处达 14.1 mm,位于 4 层及 3 层的 B9 梁和 B11 梁与 G12 梁和 G14 梁上相交处。

总之,在基本荷载作用下,各个方向变位均不大,仅是部分构件在局部位置位移较大。

## 2.2 支座沉陷时静力分析(工况 2)

鉴于楼北侧外围墙裂缝主要集中在柱⑨和柱⑩附近,其他部位外围墙也有微小变形,但不明显,故具体分析时对柱⑨(厕所侧)和柱⑩的端部支座分别施加 7 和 10 mm 的竖向强迫位移(位移值是根据外包墙的裂缝大小估计的),分析其影响。

分析结果表明,柱⑨与柱⑩支座同时沉陷时,内力影响最大的是 2 层与这 2 根柱直接相连的几个横向构件。尤其是位于这 2 根柱之间的边梁 B12,梁端横向水平剪力增大近 20 倍,绕轴(南北向)弯矩增大近 60 倍,扭距增大 6.3%,其他方向内力也有所增大。这几项内力增大较大的原因是在基本荷载作用下,无水平向荷载,这两个方向内力近似为 0,支座沉陷,则相当于施加了水平向荷载,使这两个方向产生较大内力,但增大后的内力仍比主平面内(沿梁截面高度方向)的内力要小很多,越远离这 2 个支座,影响程度越低。所以支座沉陷对结构局部影响较大,影响程度将随沉陷量的增大而增大。

从整体结构来看,支座沉陷后南北向水平位移增大,最大位移点是 8 层顶,位移增大了近 8 倍,另两个方向位移变化不大。若考虑楼北侧其他柱也发生不同程度变位,则南北向位移将会更大。

## 3 构件破坏原因分析

位于 2 层中部楼梯东侧的 2 根 B10 梁在支座附近已断裂,裂缝几乎垂直于梁轴线,裂缝从梁底部延伸直至板内,板内裂缝分别向两边延伸,位于这 2 根梁之间的板内裂缝已贯通。经查证,这 2 根梁断裂并非地震作用所致。基本荷载作用及发生支座沉陷时,这 2 个梁在断裂支座处主平面内内力的有限元结构分析结果见表 1。其他方向内力均较小,如工况 2 轴力仅为 2.4 kN,扭矩仅为 1.9 kN·m,表中不再列出。依据原设计的这 2 个根梁截面尺寸及配筋,再依据现行规范<sup>[5,4]</sup>对其承载力的校核分析,具体分析结果也列于表 1。

表 1 破坏构件承载力校核

单元号	基本荷载作用(工况 1)		支座沉陷(工况 2)		最大承载力	
	弯矩/ (kN·m)	剪力/ (kN)	弯矩/ (kN·m)	剪力/ (kN)	弯矩/ (kN·m)	剪力/ (kN)
314	-37.181	49.808	-37.966	50.165	-70.11	74.18
349	-40.17	50.558	-39.488	50.219	-70.11	74.18

注:表中抗剪最大承载力仅为混凝土项,未考虑箍筋及弯起钢筋的作用。

从表 1 可见,这 2 根梁不管在基本荷载作用下,还是在柱⑨,柱⑩端部发生支座沉陷时,荷载作用下的内力皆小于构件的承载力,说明梁的断裂不是由于承载力不足造成的。表 1 也可以看出,北部支座沉陷对远离这个支座的构件内力影响较小。

查看这 2 根梁原设计配筋图,其钢筋构造不完全符合现行规范<sup>[1]</sup>规定。究其断裂原因有以下几种:①钢筋的弯起、切断等构造不符合现行规范要求的要求,如钢筋的下弯点距支座边缘的距离为 384 mm,而容许值仅为 300 mm;同时该梁顶部 1 根方钢在钢筋弯起时切断,应力集中现象较为突出,而裂缝发生的位置正好在此附近;②从这 2 根梁的裂缝及梁附近板内的裂缝形状观察,很可能在该断裂处作用过短时较大的集中荷载,使梁承受较大的集中力,再加之构造缺陷,导致断裂。也可能是基础倾斜所致,但仔细查看头层地板,却未发现任何基础倾斜产生的裂缝,且基础不均匀变形在梁内产生的裂缝不应该是垂直的。总之,这 2 根梁裂缝不是构件本身承载力不足,而是由非荷载因素所致。不管哪种原因引起的破坏,除加固势在必行。

#### 4 结 论

1)3 号教学楼静力分析表明,该教学楼框架结构设计安全度有富余,在基本荷载作用下,其承载力足够,但钢筋及其他构造要求不完全满足现行规范要求。

2)从整体位移及内力情况看,3 号教学楼结构设计不尽合理,致使个别部位位移较大,不利于承受荷载,尤其是地震作用。

3)文中分析地基不均匀沉降影响时,按对称结构分析,分析结果将与实际有一定出入,但对 B10 梁的断裂影响不大,至于对整体结构影响需进一步分析。鉴于框架结构中部分构件的破坏及外围墙裂缝绝大多数属非正常荷载因素引起的(如温度变化、地基遇水发生基础沉降、钢筋锈蚀等),宜采取相应的加固措施。

#### [参考文献]

- [1] GBJ68-84, 建筑结构设计统一标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1986.
- [2] GBJ9-87, 建筑结构荷载规范[S]. 北京:中国计划出版社,1990.
- [3] GBJ10-89, 混凝土结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1989.
- [4] 郭继武. 混凝土结构与砌体结构[M]. 北京:高等教育出版社,1990.

### A structure statical analysis of the Third Teaching Building and primary discussion on causes of destruction member

WANG Ya-hong, LI Zong-li, LENG Chang-jian

(College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest Science and  
Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Using structure analysis software SUPPER-SAP, the structure statical analysis of space frame of the Third Teaching Building which has been used for 64 years was made, and its safety was evaluated. At same time, the member's destruction cause was studied. The study shows that the safety is enough, and that member's destruction is caused by unnomal load, and that this building will not lose its function after being repaired and reinforced.

**Key words:** structure statical analysis; bearing ability verification; repair and reinforcement; architectural structure