

开展工程结构灾难研究刍议

常连方

(武汉水利电力大学 土木与建筑学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 国内对工程结构灾难的研究甚少, 今后应开展灾难史料的收集和重现; 失事模式的研究; 灾难性质的分类及责任分级; 坏事向好事的转化; 灾难发生的规律性探讨以及灾难的预防、监测与控制等方面的工作。

关键词: 工程结构; 灾害科学; 科学技术史

中图分类号: X928.03 **文献标识码:** A

人类兴建了许多伟大工程, 取得了辉煌的成就, 但也发生过许多事故, 其中不少是灾难性的, 它给人们的生命财产造成重大损失。

10多年来, 国际上对灾害科学的研究甚为重视, 联合国及许多国家都建立了多种级别的减灾、救灾机构。我国也出版了一批有关灾害科学的著作。不过, 这些著作主要针对自然灾害, 包括干旱、地震、风暴、火山爆发以及山体滑坡等; 而且偏重于宏观, 如, 灾害动力学、灾害运动学、灾害预报学以及灾害防治和对策等。对于工程结构灾难, 我国尚很少进行深入具体的研究。我国已出版的一批研究结构事故的书, 其内容多偏重于建筑质量。我们很难看到涉及结构倒塌等重大灾难的著述。事实上, 以结构倒塌为代表的灾难性事故, 自古至今一直和人类的生活相伴。在科学不发达的时代, 世界上发生的房屋及桥梁倒塌事件不计其数。在科学高度发展的当代, 结构倒塌灾难仍时有发生。可以说, 对于结构灾难的认识和研究是人类永恒的课题。

结构灾难是坏事, 但它同时又是最严厉的教师, 它逼迫人们努力研究对策, 促进科技水平的不断提高。有鉴于此, 我们应当组织力量开展工程结构灾难的研究。其主要领域似应包括如下几个方面。

一、结构灾难史事的收集和重现

有些国家, 对结构灾难的报道比较公开, 出版的书刊也较多, 收集起来相对较易。在国内, 对于结构灾难, 往往只限于新闻报道, 很少有涉及技术层面的公开分析报告。所以, 对国内新旧史料的收集, 会遇到较大

的困难, 必须有较大的财力和人力投入。最好能创建一所结构灾难实验室, 一方面重演历史上的灾难事故以扩大其教育作用; 另一方面也可以对国际上尚有争论的灾难机理进行深入的研究, 独立地提出我们自己的见解。

二、失事模式的研究

防止结构倒塌等灾难事故是工程人员重视的中心课题之一。工程人员不仅应该明白什么可以做, 更要知道什么不可以做。为此, 研究结构物的各种可能失事模式极为重要。作为工程师, 如果在设计中漏掉对任一个失事模式的考虑, 那么, 他的再好的设计思想都有可能白费, 甚至造成意外的灾难。对历史上的失事模式掌握得越多, 他的设计就越有成功的把握。研究结构灾难, 重点之一就是要总结归纳过去发生过的失事模式并尽可能预估新材料、新体系以及新环境下将来可能发生的失事模式。

范治平先生曾发表文章^[5], 根据他对地震灾害的研究, 将建筑结构常见的破坏模式归纳为四种: (一) 松质土层和土壤液化造成地基破坏及结构沉陷、倾斜及整体倒塌; (二) 软弱楼层造成三明治式的坍塌; (三) 箍筋间距过大或钢筋搭接部位不当造成柱体或梁体混凝土压碎或断裂; (四) 桥梁滑动支承的过大位移造成桥面坍塌。

关于防止结构物倒塌灾难的关键因素, 美国众议院建筑灾难事故小组曾归纳出六大要点^[1]: (一) 建筑行业内的编制机构和部门之间相互联系及信息交流; (二) 建筑专家对工程的审查; (三) 设计的综合整体质

量；(四)联结点的细部设计及装配图纸；(五)选用设计师和建筑师；(六)适时地宣传技术参数。

显然，以上介绍的失事模式及防灾要点并不全面完整，我们应该作更深刻的研究，制订出一整套防止灾难的注意事项及禁忌条款。

三、灾难性质分类及责任分级

为了对结构灾难事故建立科学的处理法规，应将事故的责任轻重加以分级，而这又和灾难的性质分类密切相关。比如，有些灾难事故起源于偷工减料，最为恶劣，应属第一类。有些灾难事故本可避免但未能避免，它起源于粗心大意或责任心不强，应属第二类。有些灾难事故主要起源于超规范因素，应属第三类，如此等等。所谓超规范因素，是指受当时科技水平限制，人类始料未及的因素。比如早期的建筑物，设计时尚不知道风力的作用会引起颤振、涡振或驰振等强烈的动力不稳定现象，因而不可能计及。这样就长期存在着隐患。其中，有些建筑结构，由于设计保守而尚能在风力作用下保持平安，从而形成设计成功的假象。有些建筑物，由于静力安全系数不太保守而引起风振倒塌，从而得到设计错误的结论！两者对比，显然并不公平。因为两者的失误是同等的。其实，正是后者将隐患曝光，促进了人类认识上的飞跃和科技水平的进步。在国外，对这类案例，专案委员会提出的对责任者的处理建议一般都是很宽松的。

总之，灾难性质的分类和责任轻重的分级是一项很复杂的事。特别是，对历史上的灾难事故进行评论，还要涉及到工程材料、建筑力学、施工方法等科学技术的发展历史。

四、坏事向好事的转化

我国有句老话，失败乃成功之母。这在结构发展史中表现得也很突出。不少有名的工程都是吸收了前人的失败教训之后而得以成功的。此外，失败的教训对科学理论的发展或推广应用有明显的促进作用。例如，1846 年在英国建成的 Dee 桥，1847 年当列车通过时倒塌。它促进了工型大梁侧向失稳的研究。1905 年，Timoshenko 给出了这类问题的理论解。1907 年，施工中的加拿大 Quebec 伸臂桥的倒塌，极大地提高了广大工程人员对压杆失稳的警惕。1979 年，美国堪萨斯 Kemper 体育馆平屋顶在大雨中坍落，揭示了积水问题的严重性，唤起了人们对平板临界刚度理论的重视。根据这一理论，当板的刚度低于临界值时，积水引起平

板弯曲下垂，该下垂反过来又增加积水深度，如此恶性循环，直至坍塌。1940 年美国的 Tacoma 悬索桥竟然在风力不大的情况下倒塌，震惊了全世界的科技界，吸引了许多人进行探讨，从而在国际上为结构风振动力稳定性的研究揭开了新的一页。

以上是将坏事变成好事的部分范例。显然，这种转化是有条件的，那就是将工程详情公诸于众，让更多的人共同研究。

五、灾难发生的规律性探讨

灾难的发生往往受许多不定因素的影响。但有些灾难的发生似乎存在有某种规律性。例如有些自然灾害的发生周期有所谓的倍九数假说^[4]。认为两次发灾的间隔期和九的倍数有关。此外，还有倍七数、三次指数及黄金分割等假说。关于结构灾难，就其总体而言，发生时间可以说是非常频繁的，但具有划阶段意义的重大结构灾难^{*}的发生似乎也具有某种规律性。以桥梁为例，某种新桥型的成功，导致该桥型的普遍推广。经过一段时间之后，“成功”激发人们更大胆，向更长、更纤细、更轻、更省钱的方向发展，有意或无意地超越了某些可行性界限，使得原本不太突出的不利因素质变为危险的主要因素。这样，灾难就发生了。这似乎是历史上从成功走向失败的一条轨迹。Sibly 和 Waiker 研究了桥梁的灾难史料以后发现，具有划阶段意义的重大灾难发生的周期大约是 30 年左右。这就是所谓的“30 年假说”。其史料依据如表 1 中所示的前 4 项。表中的第 5 项资料，不知是巧合或是必然，它真的验证了这个假说。至于表中的最后一项，是 Petroski 的推论。

表 1 划阶段的桥梁失事^[2]

序号	桥名和桥址	桥型	原因	失事时间	间隔年数	
1	Dee, 英格兰	桁架加强梁	扭转失稳	1847	—	依据
2	Tay, 苏格兰	桁架	风力作用	1879	32	
3	Quebec, 加拿大	伸臂	压杆失稳	1907	28	
4	Tacoma Narrows, (美国)	悬索	气动力不稳定	1940	33	
5	Milford Haven, (威尔士)	箱梁	平板失稳	1970	30	应验证推论
6	??	斜拉?	某种不稳定性?	2000?	30?	

表 1 中所示桥梁的共同特点都是当时正在发展的新兴结构形式；它们的倒塌基本上都是由于超规范因素；它们发生的间隔都是 30 年左右。（下转第 18 页）

* 文献[2]称之为 Landmark Failures

理、教室调度与管理、排课与调课、教材选用与订购、教学档案保管等制度。另外,对教师和教学管理人员建立了岗位责任制及奖惩制度,对学生制订了学生守则、课堂守则、课外活动规则等学生管理办法。

这些教学管理制度,特别是教学质量监控组织保障系统及畅通的信息反馈系统,确保了教学全过程的良性循环,有力地促进了教学质量的提高。

(1)加强对教学工作的领导,定期召开全校教学工作会议,研究和讨论教学中的重大问题。

(2)建立干部听课制度,组织校领导和院、系、部、处负责人深入教学第一线,参加听课、考试巡视、检查学生毕业论文答辩等。

(3)组织了稳定的学生队伍,根据课表安排,随机抽查课堂教学情况,避免教师随意调课、停课和学生不遵守课堂纪律。

(4)实行学生对任课教师评分制和任课教师对学生班学风评分制,作为教师考核和学生先进班集体的评比依据。

(5)成立由学术造诣深、教学经验丰富的老教师组成的教学督导组,对教学进行全面的督导,并在宏观上加强了教学管理。

(二)加强教学管理队伍建设

为加强教学管理队伍建设,完善管理体制,适应教学工作需要,提高干部素质及工作效率,学校教务处坚持实行岗位职责制。结合定编定岗,明确规定教务处职责范围和教务处长、副处长、各科室人员的岗位职责,定期检查,各负其责。并且实施教务处考勤工作实施细则,建立了严格的干部考核制度和干部考核档案,建立了服务公约,转变工作作风,提高工作效率。

为了提高教务处干部和各院(系)教学秘书的素质和教学管理水平,教务处多次举办全校教学管理人员参加的高等教育教学管理研讨班和计算机技术、网络技术学习班,共培训近 200 人次。为了推动和提高学校现代化管理水平,各院(系)添置了教学管理专用计算机,教务处办公室及各科室配备了现代办公设备,实现了教学计划编排、教学评估系统管理、教学组织过程的计算机管理,极大地提高了工作效率,使现代化教学管理迈上了新台阶。

参考文献:

- [1] 王冀生. 试论现代大学的教育理念[J]. 中国高等教育, 1999, (4): 7-9.

(责任编辑 涂文迁)

(上接第 15 页) 人们不禁要问,这个“30 年假说”果真永远成立吗? 果真在 2000 年左右会有某座斜拉桥失事吗? 这是一个很难确定的具有挑战性的课题。

研究历史资料时有可能找到某些带规律性的现象,其必然性也可以在根源上、道理上给出合情合理的解释。但对以后的发展讲,这种规律不一定永远正确。因为意识到这种规律的人们就会更加警惕。当然,没有意识到这种规律的人们则很可能重蹈覆辙。这里涉及到某些社会、自然规律的“自在性”向“自为性”转化的问题。懂得历史现象,就有可能从发展进程的自在状态转变成发展进程的自为状态。任何规律都是有条件的,在原来条件下成立的社会、自然规律,当科技水平及人的认识水平提高后就不必成立。不过,当前全球性的楼高大比拼^①以及桥长大竞赛^②倒是一件使人们既惊喜又担忧的事。它会不会再次应验“30 年假说”的可靠性或孕育着某种“30 年假说”之外的新型灾难?

以上各点,只是笔者的若干浅见。实际上,应研究的课题并不限于此,还有灾难的预防、监测与控制等,有待相关领域的科学技术工作者作深入、系统的探索。注释:

①楼高大比拼——芝加哥西尔斯大楼高 442 米,1974 年建

成,其世界第一高楼的地位于 1996 年被吉隆坡的双子塔打破,其高度为 452 米。芝加哥不甘落后,拟建高度为 470 米的大楼,但香港拟建更高的大楼,其高度为 580 米。

②桥长大竞赛——英国汉巴悬索桥主跨长 1410 米,1981 年建成,其世界最长悬索桥的地位于 1998 年被日本明石海峡悬索桥取代,其主跨长为 1991 米。另有外电报道,英国一位专家建议,将悬索桥加翼,提高抗风能力后可使其长度比现时世界上最长的还长两倍。法国的 Normanda 斜拉桥主跨长 856 米,1995 年建成,其世界最长斜拉桥地位于 1999 年被日本的 Tatara 斜拉桥取代,其主跨长 890 米。

参考文献:

- [1] Petroski H. To engineer is human—The role of failure in successful design[M]. New York: Barnes & Noble Books, 1994.
- [2] Petroski H. Design paradigms—Case history of error and judgment in engineering [M]. U.S.A. Cambridge University Press, 1998.
- [3] Timoshenko S P. History of strength of materials [M]. New York: Dover Publications, INC., 1983.
- [4] 罗祖德,徐长乐. 灾害科学[M]. 杭州:浙江教育出版社, 1998.
- [5] 范治平. 谈大纽约地区结构建筑的抗震性[N]. 新象周刊(纽约), 1999-10-09.

(责任编辑 陈闻晋)