

案例 6 迈安那斯桥坍塌事故原因分析

1. 关键词：桥梁垮塌，组合变形，偏心载荷，设计失误

2. 事件背景

时间：1983 年 6 月 27 日，地点：美国康涅狄格州迈安那斯（Mianus）河桥垮塌造成 4 辆汽车掉落桥下，3 人死亡，多人受伤。



图 1 垮塌的迈安那斯河桥

该桥梁结构属于钢结构的跨静定梁，建成于 1958 年，桥龄 25 年。大桥双向各三车道，每日车流量超过 10 万次。大桥的悬臂式的结构在建桥当时是很流行的样式：主跨为两端外伸梁，主跨两侧各有一段约 30 米长的悬吊梁垮。垮塌的是东悬吊跨的一段梁，其西端接在称为轴台的支架上，用水平销连接到中跨梁外伸段的自由端；东端以销接吊件连接在东边悬臂梁的末端，正是此悬吊组件的破坏导致了大桥的坍塌。

1983 年春末，大桥边的居民向当局反映他们听到桥身发出尖锐的声响。过去至少五六年来，这些居民陆续在河边捡到桥上掉下来的混凝土碎块或碎钢屑，每次他们都尽责地向公路局报告。而近来在轰隆的车流声中，他们又听到了新增的噪音。一位居民表示：“像是几千只鸟同时唧喳地发出刺耳的鸣叫。整个周末，都可以清楚地听到这样的声音。”

6月27日星期一凌晨1:30左右，大桥在一声巨响中发生坍塌。

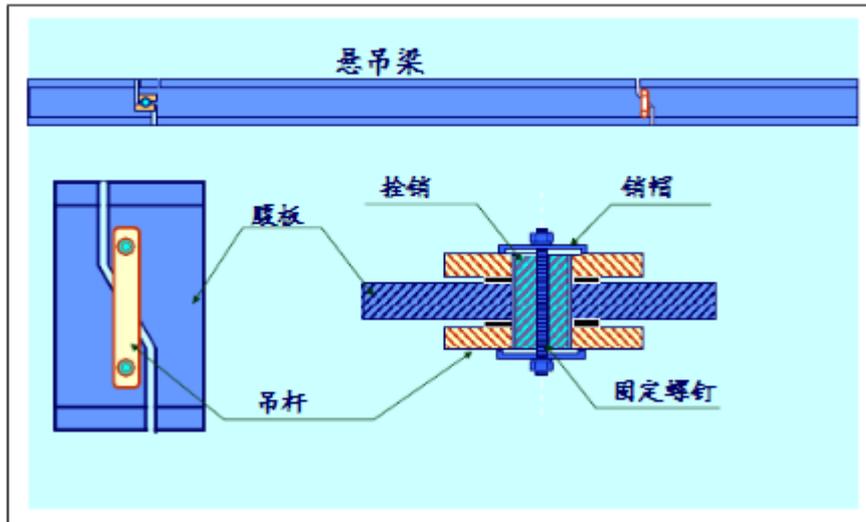


图2 悬吊梁的支撑结构

3. 事故过程与关键性细节

康州公路局长看了现场的残骸后，表示他发现了桥梁倒塌的可能线索：把掉下去的桥身和悬臂式钢梁拴在一起的栓销少了一个。这个长约18厘米的栓钉的一部分残余物最后在河里被捞起，其余的部分还在桥上，它看起来像是被剪断的。事故起因是因为栓销断裂，还是另有原因？为了解开谜团，局长请来了专家，另外还有3家独立的工程公司、国家交通安全局的代表以及法院指派的工程师都参与了事故调查，可是各方都强调不同的理由并得出不同的结论。

事故调查最终认定了事件是按照如下的过程发生的。这座桥在过去25年里，由于排水口误被铺路面的材料封掉，使得雨水不断从路面流到支撑桥体的悬吊组件里，浸入吊板和栓销中并产生锈蚀和冬季的冻胀；每一次，当汽车驶过桥面时，都会在吊板上产生侧推力，从而把吊板在栓销上的位置向外推，道桥与河流的斜交效应（54°角）增大了上述侧推力；在悬吊跨梁的东南角上，侵蚀力、冻胀力和侧推力相叠加而形成了特别大的力，使用于约束栓销的销帽向外弯曲直至被推出去；在倒塌发生的几小时前或几天前，内吊板的下部很可能已经脱离开了栓销，使整个悬吊跨梁的东南角下倾了一点。随后外吊板所受到的拉力大幅度增加，且作用方式由原来的轴向拉伸变为偏心拉伸。由于偏心载荷产生的杠杆作用使得吊板向外弯曲。桥上不断驶过的车辆的冲击力造成了上部栓销的顶端因为金属疲劳作用产生了裂缝，并有一定的扩展。事发时桥面上同时驶过的3辆汽车压弯了那

根开裂的栓销，并使它最终断裂，外吊件也随之掉了下去。此时东端的桥段仅剩下由东北角的悬吊组件单独支撑，很快也因承受不住而随之断裂，引起整段桥身向下旋转，造成了整体坍塌。

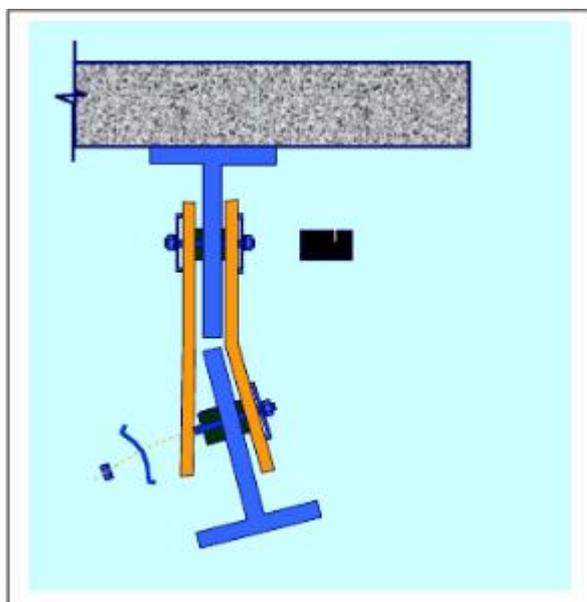


图3 悬吊组件的破坏方式

康州公路局负责监测的桥梁近 2000 座，公路局雇用了 6 个两人小组负责桥梁的安全检查，每个小组每个工作日要检查 1 个以上的桥梁。对迈安那斯河桥的最近一次检查是在 1982 年 9 月。为了检查大桥的某些关键部位，检察员们通常需要在卡车的折叠吊杆末端连接一个被称为“探测器 snoopers”的装置，该装置悬挂在桥面板以下以便队员能看到人员不能进入的部位。但这个装置已经坏了 11 个月，所以这次检测作业，他们不得不在岸边用双筒望远镜观察，他们还用梯子爬到桥墩上去观察了钢结构，并利用悬吊在桥下两车道中间的通道检查了桥身。检查员怀特（White）将检查的情况记录在笔记本上，但并没有把它附在呈送给公路局的正式报告表里。事故发生后，怀特惊慌失措地把他最后一次的检查记录拿出来偷改了 20 多处，就怕被认定为“玩忽职守”。然而，由于修改处用了较细的铅笔，还是被发现了。不过由于一贯良好的工作业绩，他只被训斥了一顿，并处以一年观察期的处分。

4. 疑难问题

(1) 桥边居民反映的桥体异常现象与破坏先兆有什么关系？

(2) 设计方面存在哪些明显的缺陷？

(3) 主要的责任在于设计问题还是管理问题（监测、维护）？