

多伦多大学

浮动的混凝土

MTS协助知名大学实现新型混凝土材料的力学测试，洞悉材料的力学属性。

客户面临的挑战

在过去的数十年里，多伦多大学Mark Huggins结构试验室对土木工程领域的科技发展产生了深远影响。他们针对预应力混凝土开展了极端受力条件下的剪切行为研究，创新了理论基础，改变了加拿大和美国地区桥梁、楼宇建筑设计规范。同样，也影响着欧洲地区类似新型规范的创立。

将理论分析与科学试验结合起来开展研究是该试验室的结构测试工程师和研究人员的长期传统。早在1984年，Michael P. Collins教授就开发了壳体结构测试(SET)系统，该系统非常灵活，并且功能强大，可以研究大尺度(1.626m x 1.626m)预应力混凝土构件面内和面外极端受力条件下的行为。最初的时候，测试对象通常是源自大型桥梁、核电站设施、离岸海上石油平台等建筑的混凝土制件(样品)。该系统还作为用于验证“修订压缩理论”的一种手段。

最近，混凝土材料发生了巨大的进步和发展，而试验室的工程师们逐渐意识到了SET测试系统的局限性。

“在过去的二十余年里，混凝土的强度提高了三倍有余，这样就可以用比较小的制件承受较大的载荷，” Dr. Evan Bentz，多伦多大学土木工程系结构工程教授，说道，“这些方向的进步和革新让混凝土材料的力学行为变得扑朔迷离，也曝露出原有SET测试系统能力上的不足。”

在2007年，Bentz和Collins教授意识到，如果需要与现代的混凝土工业发展水平保持同步，试验室的SET测试系统就必须具有更高水平的测控能力和精度。一般情况下，混凝土的力学失效都呈现出非线性的特性，因此，升级后的测试系统需要有能精确捕获任意给定时刻的载荷、力矩等数据。

“我们对原有的SET测试系统如何工作非常了解，但是我们没有办法来实现我们所需要的新功能，因为我们没有先进控制技术和系统集成方面的专业知识。” Bentz说道。

当加拿大创新基金会决定对SET系统的升级进行投资之后，试验室开始广泛征求升级方案。“我们期望两种不同的资源来帮助我们实现测试系统的升级：一种是告诉我们什么可以实现，另外一种实际来操作它。” Bentz说的，“可是后来我们惊奇的发现有那么一个资源可以帮助我们同时达成这两个目标。这就是我们为何选择MTS的原因。”



“我们期望两种不同的资源来帮助我们实现测试系统的升级：一种是告诉我们什么可以实现，另外一种实际来操作它。” Bentz说的，“可是后来我们惊奇的发现有那么一个资源可以帮助我们同时达成这两个目标。这就是MTS，我们为何选择MTS的原因。”

– Dr. Evan Bentz
土木工程系结构工程教授

MTS的解决方案

SET测试系统的升级工作在2010年完成，将原有的高性能静态测试系统升级成为高性能的动态测试系统。为了实现这一目标，原有SET测试系统的60多个作动缸增配了伺服控制和必需的传感器。利用业内领先的FlexTest® 200型数字控制器和AeroPro™试验控制和数据采集应用软件，在客户端电脑上实现测试系统操作和实时监测。当时，该实验室是唯一利用AeroPro试验控制和数据采集应用软件将测控系统和数据采集系统无缝集成在一起的土木工程结构试验室。AeroPro试验应用软件能够有效管理大规模多通道结构测试应用，并且同步管理数量众多的数据采集通道，实现实时数据监测，并且记录样件加载测试到样件失效的详细时间历程。

因此，对比原有测试系统作动缸分组压力控制应用的方式，升级后的测试系统可以实现每个通道的独立控制和协调加载，实现了更加精准的测试，将真实世界的载荷数据用于加载测试并且获取更高的数据采样分辨率。“之前的测试系统只是控制不同组别液压千斤顶的压力，功能非常简单，但是为了实现更高强度混凝土测试过程中所需要的精确加载能力，我们需要精确控制每个通道的载荷和位移，”Bentz解释道，“AeroPro软件提供了非常灵活的手段来实现如此多通道的加载和测试，这一点非常重要。”



美特斯工业系统(中国)有限公司
MTS Systems(China) Co., Ltd.

上海
电话: 021-24151000
传真: 021-24151199

北京
电话: 010-65876888
传真: 010-65876777

电邮: MTSC-Info@mts.com
http://www.mts.com
https://www.mtschina.com/

ISO 9001 Certified QMS



图片来自加拿大多伦多大学Mark Huggins结构试验室

该系统的升级工作也包含了使用全新的液压动力分配系统，包含由两台SilentFlo™静音油源组成的液压动力系统，293系列液压伺服分油器以及硬管路等。

“凭借着全新的控制、作动缸和软件，基本上，混凝土样件被浮动在空中，我们可以在任意时刻任意方向上对其施加所需要的载荷和弯矩，”Bentz说道“现在，我们可以让混凝土壳体构件承受八种可能的受力组合，同时保持着强大的测控能力。”

MTS的解决方案还包含了完善的客户现场服务与培训，确保测试工程师能够充分发挥出SET测试系统的优势。

客户的收益

Bentz博士表示，升级后的SET系统有助于Mark Huggins结构试验室所开展的测试更加接近于真实混凝土构件所面临的工况条件。这其中就包括了研究地震事件或者爆炸冲击对混凝土的影响，以及只有经过很长时间才会显现出来的失效机制。

“我们之前的SET系统其实工作的挺好，但是其局限性也很明显就是它只是个静态加载测试系统，”Bentz说道，“现在，我们有了高性能的测控系统，实现了动态测试，我们可以了解混凝土样件在失效过程中的详细过程和信息。我们所需要做出的假设要比以往少多了。”

“我相信通过我们的研究会发现一些有趣的结论并且推动理论的发展，”Bentz接着说道，“我们比以往更加有信心，我们有能力去精确预测桥梁的寿命。”

Bentz教授认为MTS系统公司的专业知识和专业精神是获取成功的关键因素。“在项目实施的过程中，我们彼此的沟通非常顺畅。”他说道，“毋庸置疑的是，我们深深体会到了MTS所代表的专业、能力，并且愿意随时随地为我们提供我们所需要的帮助”

“整个项目工程的工作完全如我们所愿，对此我们感激不尽！”Bentz说道。

MTS、FlexTest是MTS系统公司的注册商标，AeroPro、SilentFlo是MTS系统公司的商标，这些商标在美国地区注册，在其他国家和地区也受到法律保护。RTM No.211177.

©2021 MTS Systems Corporation
100-639-898 University of Toronto 2/21