

# CNERC

## 通讯

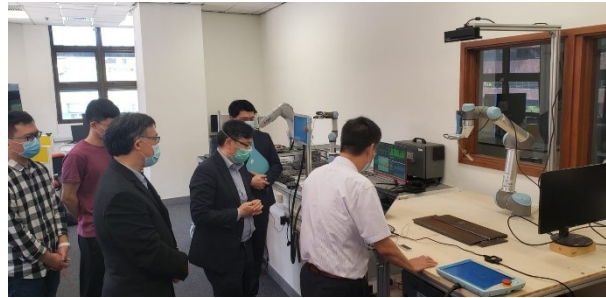
第 14 期

2020 年 5 - 8 月

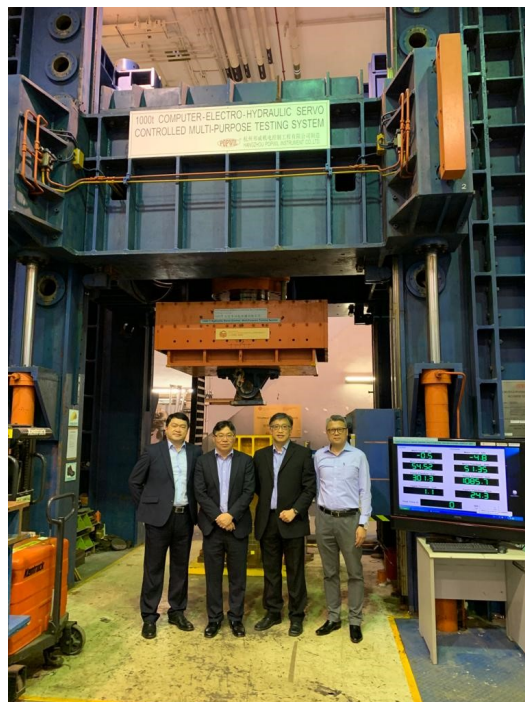
### 专题故事

## 香港特别行政区政府发展局到访香港分中心

2020年6月19日，香港特别行政区政府发展局工务科常任秘书长林世雄先太平绅士及工务科项目策略及管控处处长邝家陞先生到访国家钢结构工程技术研究中心香港分中心。



林世雄常任秘书长及邝家陞项目策略及管控处处长参观工业中心的机器人发展实验室。



左起：邝家陞先生、林世雄常任秘书长、锺国辉教授、任志浩教授  
摄于土木及环境工程学系的结构工程研究实验室

香港分中心高级项目研究员邬伟雄工程师进行了关于机器人运动的实时交互式操纵的演示。林世雄常任秘书长及邝家陞项目策略及管控处处长都对这些新开发的技术印象深刻，表示非常有兴趣探索这些技术在建筑中的潜在应用。

随后两位参观了结构工程研究实验室，期间他们极为欣赏实验室内大型测试系统的各种功能，以及它们在频繁而可靠的操作中所需要的努力。

在访问期间的会议上，锺国辉教授简要介绍了香港分中心的各项研究活动和最新发展：

1. 高强度S690焊接型钢材的结构性能，以及根据欧洲结构钢设计规范EN 1993-1的设计开发
2. 高强度S690钢的焊接技术及其在建筑中的应用
3. 高层MiC的研发需求，以应对结构上的充分性和逐步崩溃。



左起：邝家陞先生、锺国辉教授、林世雄常任秘书长、任志浩教授

## 国家钢结构工程技术研究中心香港分中心年度技术研讨会2020

首届国家钢结构工程技术研究中心香港分中心年度技术研讨会于2020年6月12日举行，并在所有参与研究人员的支持下圆满完成。

2020年年度技术研讨会是香港分中心举办的首个技术研讨会，旨在促进香港分中心项目研究人员之间的技术发展和交流。香港分中心所有研究项目的项目负责人均被邀请分享和交流其项目的技术信息。截止到目前为止，香港分中心合共资助了20多个研究项目，其中50多名研究人员隶属于香港分中心。

为了鼓励年轻研究人员的参与，技术研讨会上更举行了杰出青年研究人员竞赛，以奖励该项目的年轻研究人员。

香港分中心非常荣幸邀请到香港理工大学副校长（学生和国际事务）杨立伟教授作为主讲嘉宾，以及建造业议会行业发展总监彭沛来博士工程师作为研讨会的荣誉评审员。

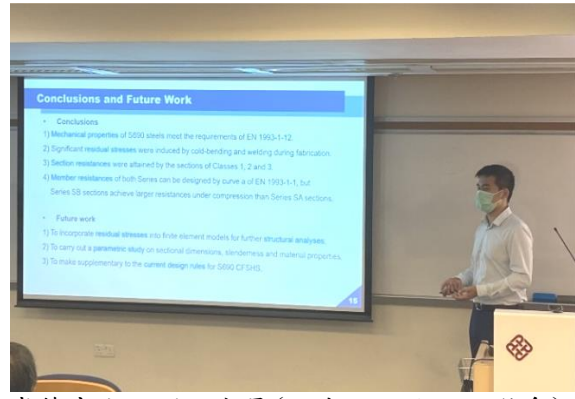


左起：陈德明博士、副校长杨立伟教授、锺国辉教授、彭沛来博士工程师

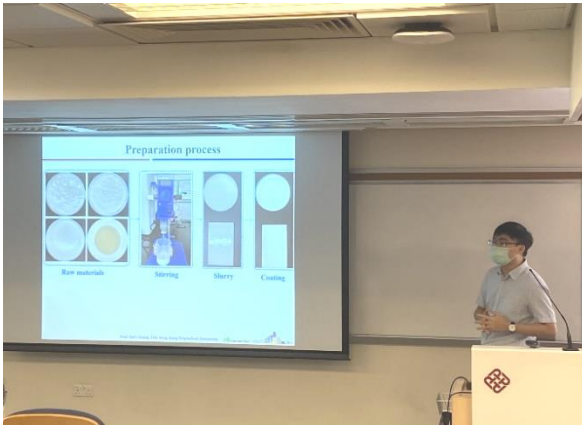
在2019/20年度由香港分中心资助的20多个研究项目和50多名附属研究人员中，项目负责人都热烈参与研讨会并对比赛踊跃提名。在24个提名中，有12位演讲者入围参与研讨会比赛。演讲者的准备都非常充足，他们的演讲也组织得条理分明，能清楚传达研究项目的主要发现。



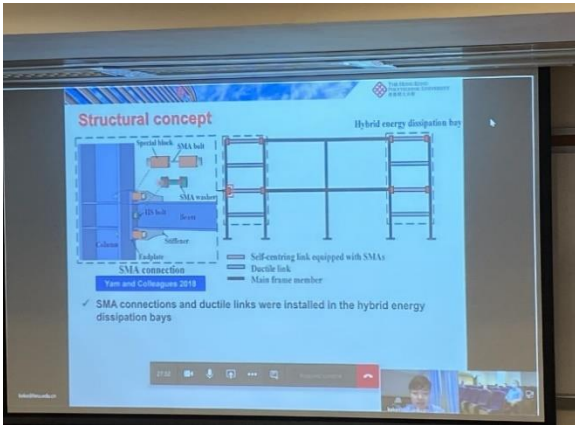
陈俊波先生，副研究员(土木及环境工程学系)，演讲题为“高强度钢八边形空心截面短柱行为的试验研究”



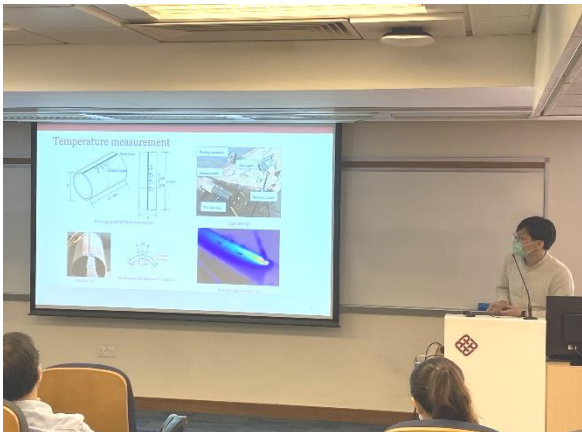
肖蒙先生，副研究员(土木及环境工程学系)，演讲题为“S690冷弯方型空心截面的试验数值研究”



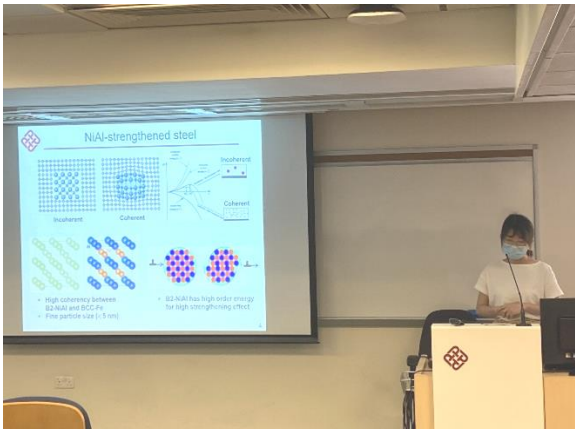
徐校博士，研究员(土木及环境工程学系)，演讲题为“减少氧化石墨烯-地聚合物涂层以增强耐腐蚀性”



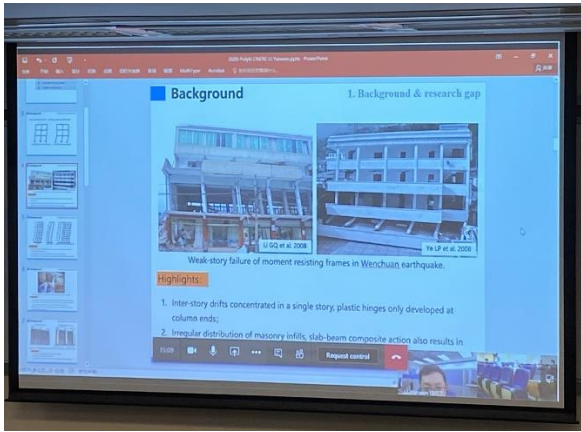
柯珂博士，博士后研究员(建筑及房地产学系)，演讲题为“部分自定心钢框架，配备SMA连接和可延展连杆，承受近场地震运动：光谱能量因子模型”



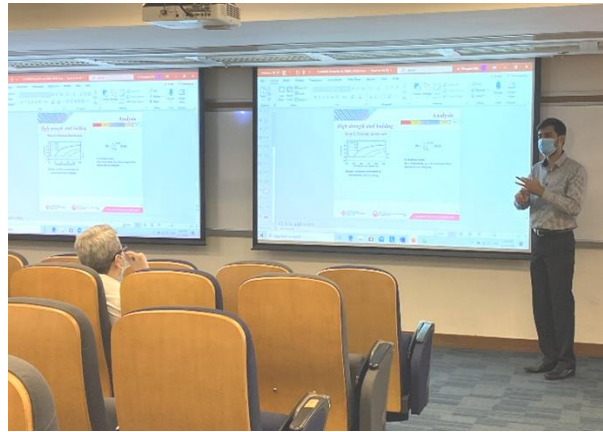
胡亦飞博士，博士后研究员(土木及环境工程学系)，演讲题为“高强度S690钢冷弯圆形空心截面中的残余应力”



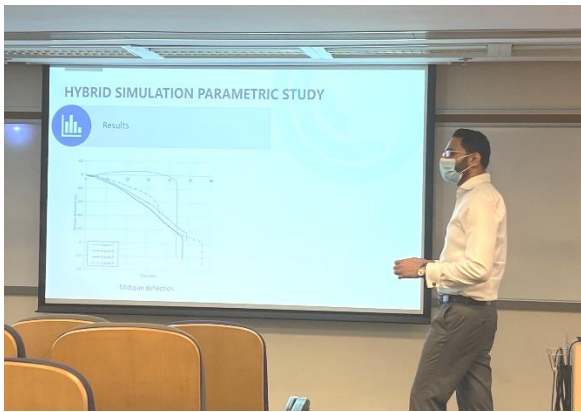
周冰清女士，博士生(机械工程学系)，演讲题为“铜对高强度钢纳米结构和力学性能的影响”



李現文博士，博士后研究员(建筑及房地产学系)，演讲题为“镍钛合金形状记忆合金抗拉支撑杆在循环荷载作用下的耗能摇杆研究”



Ghazanfar Ali ANWAR先生，博士生(土木及环境工程学系)，演讲题为“使用高强度钢的钢结构的抗震性能和回弹力”



Mustesin Ali KHAN 博士，研究助理教授(屋宇设备工程学系)，演讲题为“暴露于火灾的结构混合模拟”



王宣鼎博士，博士后研究员(土木及环境工程学系)，演讲题为“高强钢预制组合式桥梁的研究”



王董先生，博士生(建筑及房地产学系)，演讲题为“MiC起重机选择和选址模型的综合研究”

最后经过评审团成员，包括彭沛来博士工程师的严格讨论，以下名单为青年研究员竞赛的获胜者：

#### **CNERC杰出青年研究奖2020**

柯珂博士，建筑及房地产学系

Mustesin Ali KHAN博士，屋宇设备工程学系

#### **CNERC青年研究员奖**

陈俊波先生，土木及环境工程学系

胡亦飞博士，土木及环境工程学系

肖蒙先生，土木及环境工程学系

周冰清女士，机械工程学系

## 研究活动

从本期开始，CNERC通讯将包含我们的研究人员分享他们研究工作中的最新发现。若对这些研究工作中有任何疑问或意见，欢迎发送电子邮件至：[cnerc.steel@polyu.edu.hk](mailto:cnerc.steel@polyu.edu.hk) 或直接与研究人员联系。研究人员的联系资料可见于每篇文章的末段。

本期总共提供以下4篇研究文章：

1. 用以确定S690高强钢真实应力应变特性的高级瞬时面积法 - 何浩祥博士
2. 高强钢螺栓节点的净截面强度的研究进展与成果 - 林雪妹女士
3. S960高强钢韧性断裂本构模型的建立 - 陈成博士
4. 高性能剪力连接系统预制复合桥 - 王宣鼎博士

## 用以确定 S690 高强钢真实应力应变特性的高级瞬时面积法

为了精准分析、预测 S690 高强钢试件及节点在大变形条件下的结构行为，2016 年至 2019 年间开展了一项试验-理论-数值相结合的研究来描述该材料的全域本构模型。众所周知，标准拉伸试验是获得材性试件前颈缩段主要机械指标的有效手段。然而，材料试件颈缩截面的应力、应变不均匀分布应当被纳入考虑，从而得以精准预测后颈缩段的力和位移。

瞬时面积法便因此被提出，同时被用以校准了 30 支 S690 圆柱形标准拉伸试件。描述该方法的变量均是标准拉伸试验中获得的主要力学指标。试验中会拍摄变形试件的高像素数码相片，从中可以分析得出颈缩截面的瞬时尺寸。借助理论公式的变换，便可借此推导出后材性试件颈缩段的真实应力-应变曲线。再由数值方法进行进一步的调整、迭代、校正。将全部校正后的曲线标准化后，最终得出了一套用以描述 S690 高强钢全域本构模型的公式。该模型适用于 S690 高强钢及其构件在小变形、大变形直至断裂条件下的解析和数值分析。

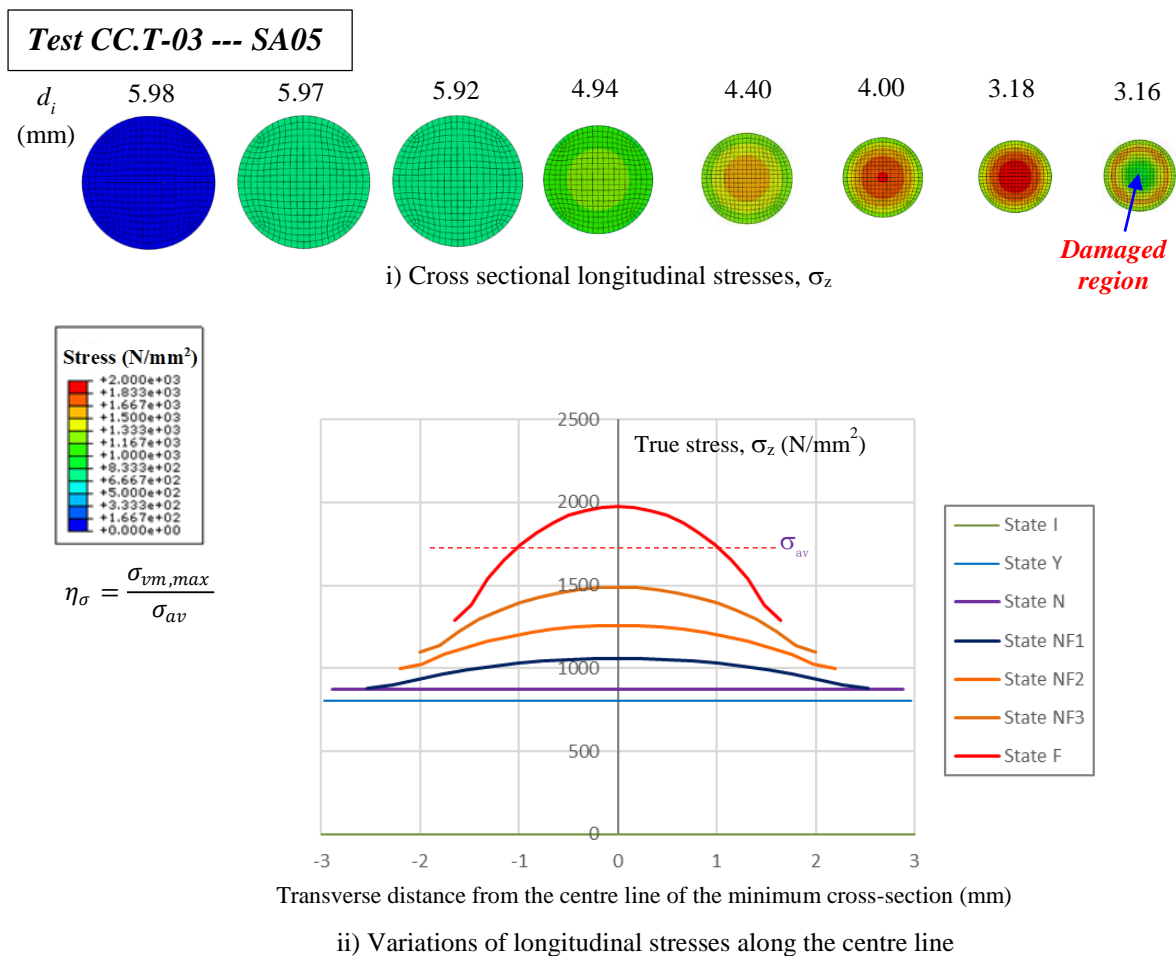


图 1 关键截面在不同变形阶段的真实应力分布：试件 CC. T-03

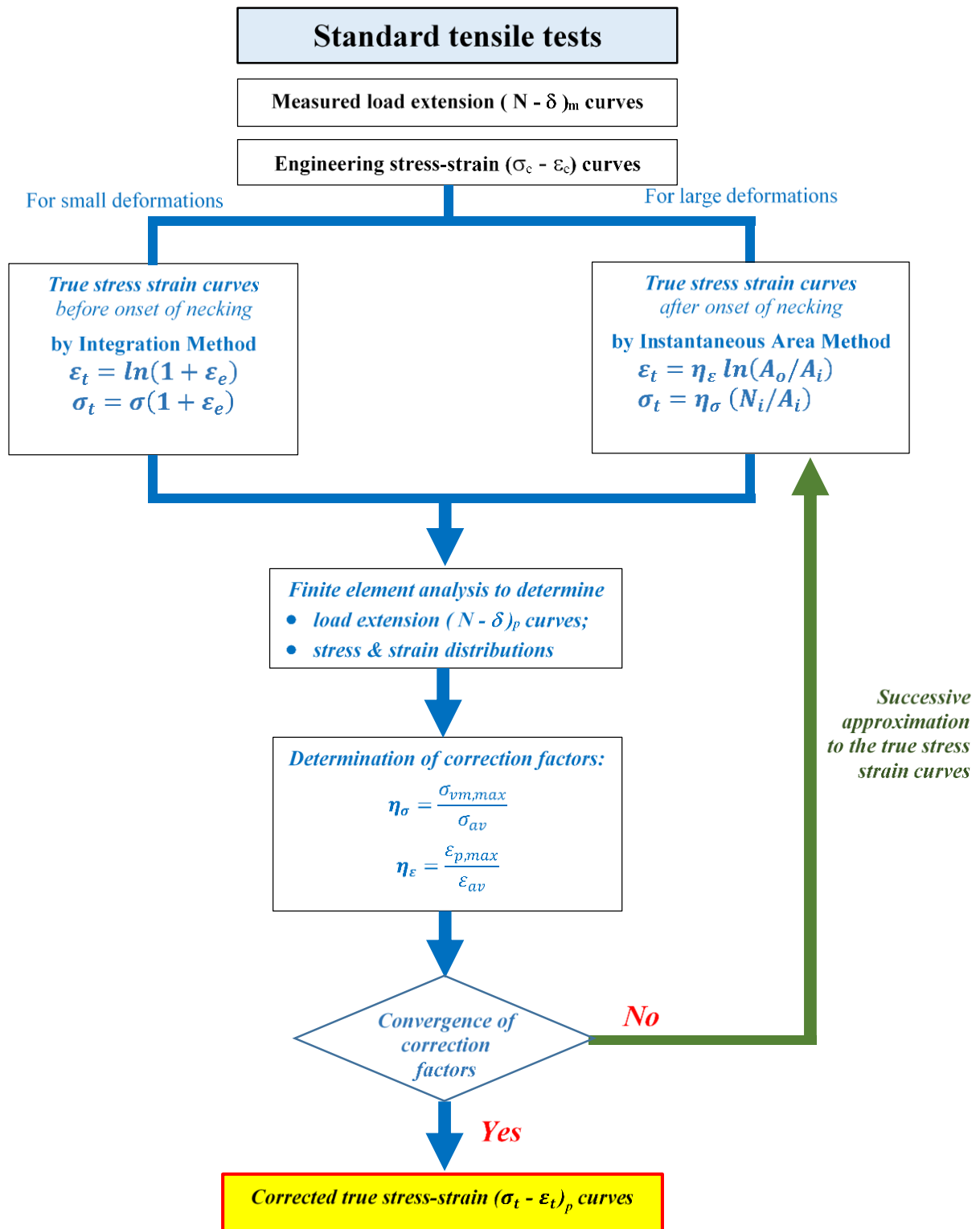


图 2 瞬时面积法与迭代数值修正系数的流程图

研究员: 何浩祥博士 (电邮: [hc.ho@polyu.edu.hk](mailto:hc.ho@polyu.edu.hk)) 及  
 锺国辉教授 (电邮: [kwok-fai.chung@polyu.edu.hk](mailto:kwok-fai.chung@polyu.edu.hk))



## 高强钢螺栓节点的净截面强度的研究进展与成果

对高强钢螺栓节点的净截面强度进行了试验和数值模拟研究，旨在评估当前设计公式对高强钢螺栓节点的净截面强度的适用性。共测试了 22 个高强钢（Q690 和 Q960 等级）和普通钢（Q345）的螺栓节点试件。主要研究成果总结如下：

- 尽管高强钢的延性和强屈比相对于普通钢而言都要低，但高强钢螺栓节点总体上可以达到相应的净截面强度。
- 通过有限元分析，进一步研究了材料延性和强屈比对节点结构性能的影响，发现高强钢螺栓节点的净截面强度能够达到原因主要有两方面：（1）高强钢较低的材料延性仍足以在净截面上实现有效的应力重分配；（2）打孔钢板的极限强度由于双轴应力效应得到增强。
- 通过可靠性分析，重新检查了当前 Eurocode 3 中用于预测净截面强度的设计公式中。结果表明，如果采用现行欧标 EN 1993-1-12 中的高强钢（S460~S700）螺栓节点净截面强度设计公式，且分项系数取值为 1.25，得出的净截面强度预测值偏保守。

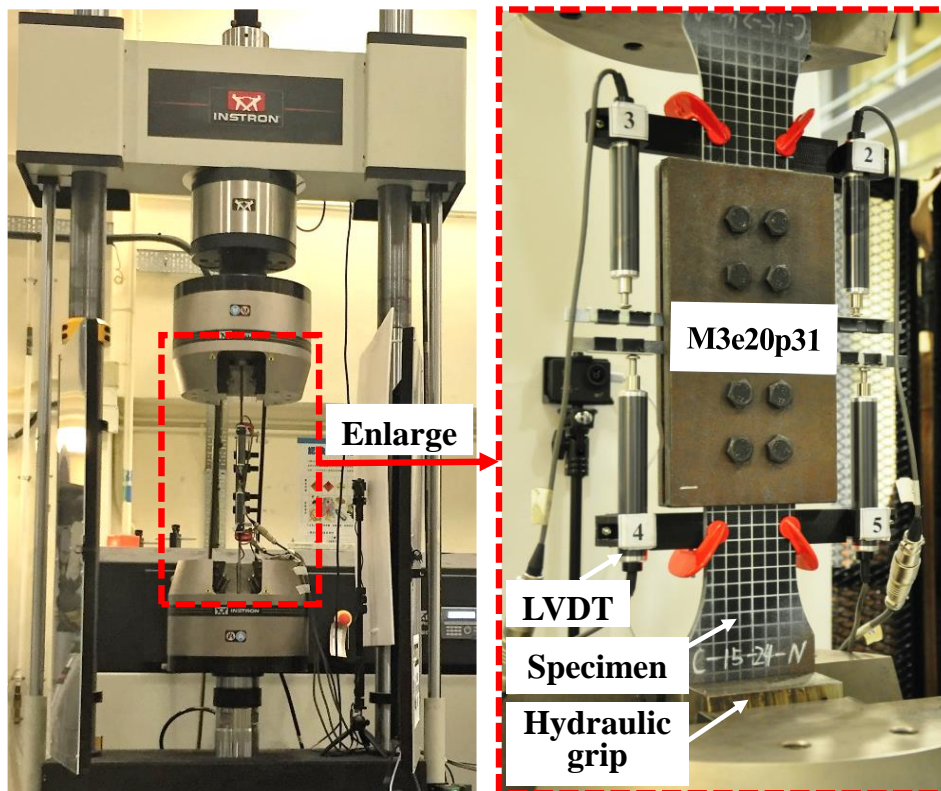
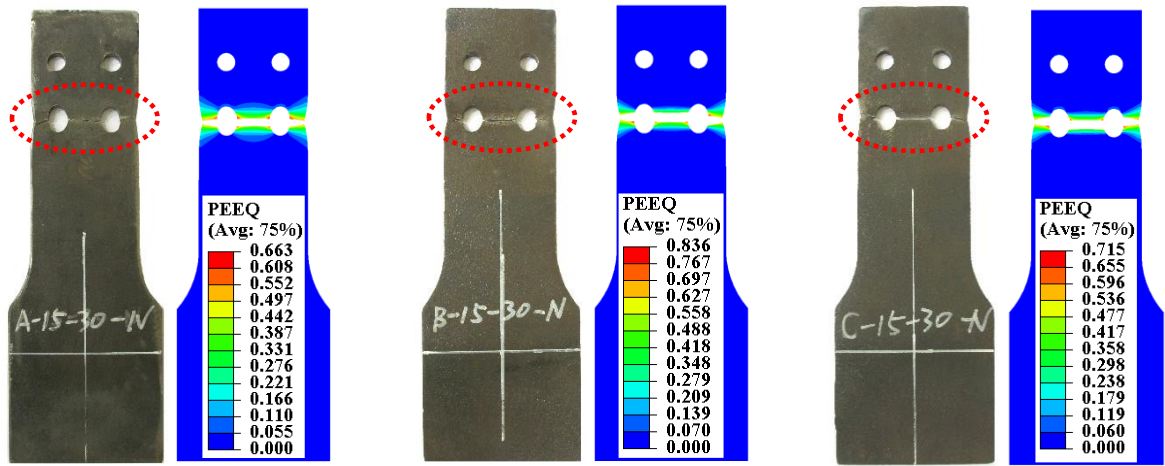


图 1. 试验安装



(a) Specimen M1e20p39 (Q345)      (b) Specimen M2e20p39 (Q690)      (c) Specimen M3e20p39 (Q960)

图 2. 试件破坏模式

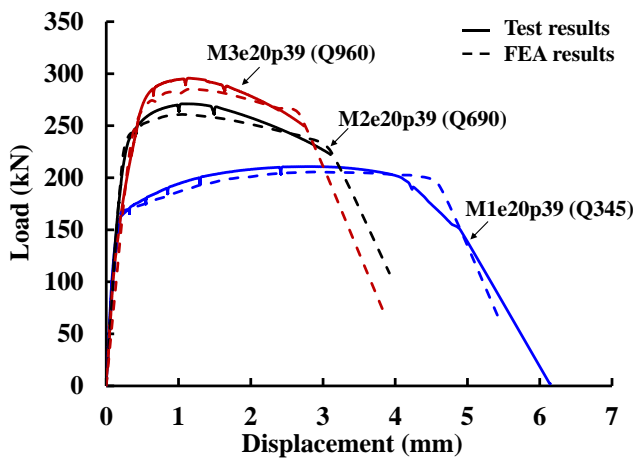


图 3. 载荷-位移曲线

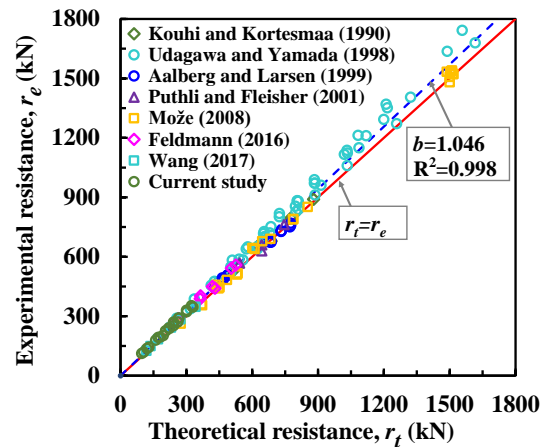


图 4. 设计模型的统计分析

研究员： 林雪妹女士 (电邮: [xm.lin@connect.polyu.hk](mailto:xm.lin@connect.polyu.hk)) ;  
 任志浩教授 (电邮: [michael.yam@polyu.edu.hk](mailto:michael.yam@polyu.edu.hk)) 及  
 锺国辉教授 (电邮: [kwok-fai.chung@polyu.edu.hk](mailto:kwok-fai.chung@polyu.edu.hk))

## S960 高强钢韧性断裂本构模型的建立

### 亮点:

通过具有韧性断裂准则的等效应力-应变曲线，建立了 S960 高强钢韧性断裂本构模型，准确揭示了高强钢在大变形甚至是断裂情况下的综合力学性能。

### 内容:

相较于低强度的普通钢材，高强钢具有更高的强质比，可大幅降低钢结构自重，提升结构的建筑表现形式。随着 S690 高强钢在土木工程领域的应用，科研人员开始将研究注意力转移到屈服强度为  $960\text{N/mm}^2$  的 S960 高强钢上。考虑到大变形情况下的钢材力学性能对于揭示某些情境下的结构性能至关重要（例如，截面冷锻成型、冲击/爆炸、地震和连续倒塌等），本研究通过 3 个圆柱形和 9 个缺口试件的标准拉伸试验，建立了 S960 高强钢的韧性断裂本构模型。首先，通过边缘追踪法获得了 S960 高强钢的真实应力-应变曲线；然后，使用颈缩区域瞬时曲率参数 ( $a/R$ ) 校准后的 Bridgman 修正系数将真实应力-应变转换为高强钢的等效应力-应变曲线；之后，基于裂纹萌生时测得的缺口试件的应力三轴性，建立 S960 高强钢的韧性断裂准则。经过有限元分析，实验获得的 S960 高强钢的韧性断裂本构模型，能够准确地再现颈缩后高强钢的力学行为，并成功模拟了测试试件断裂的发生。

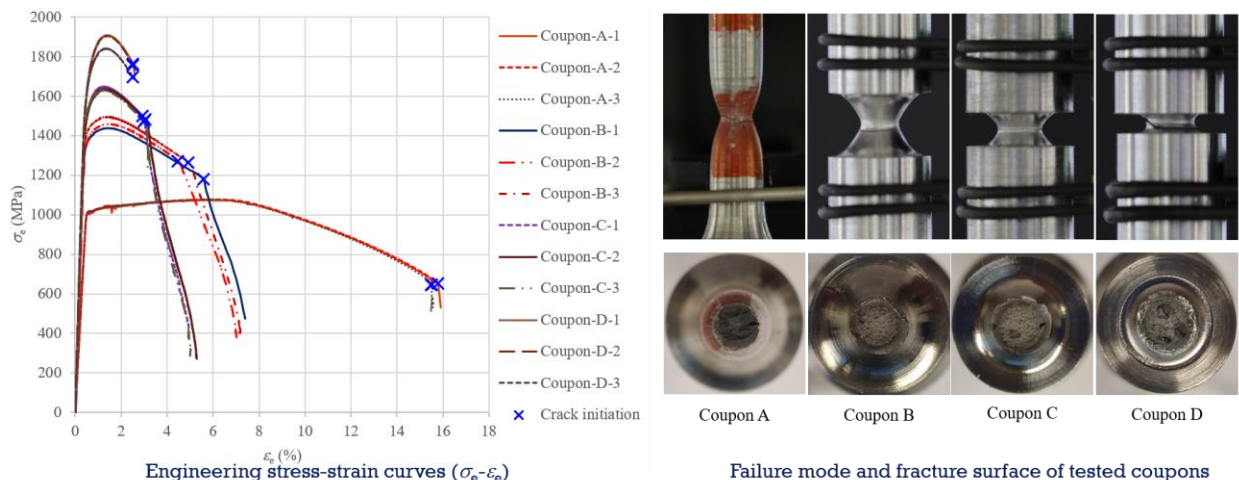
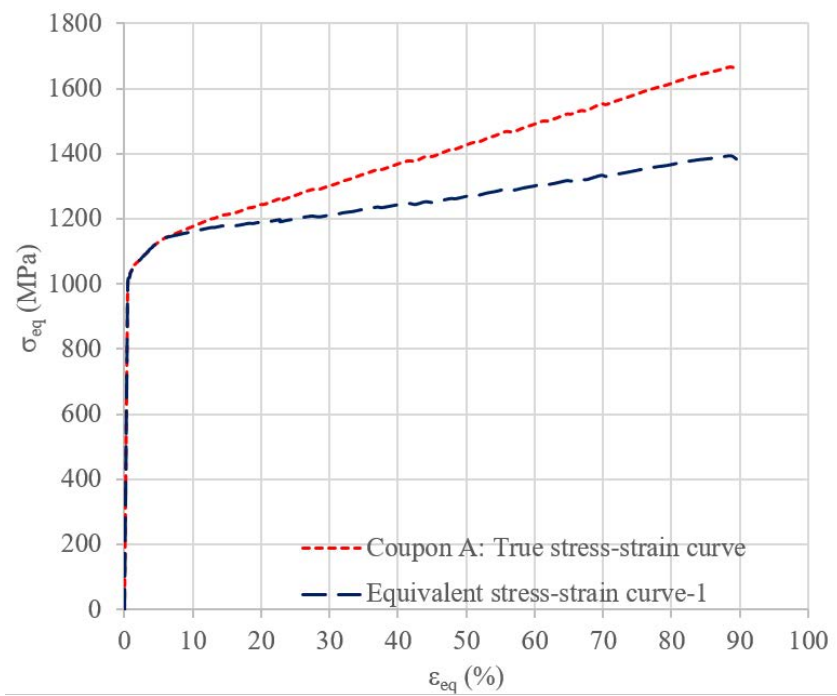


图 1 圆柱形和缺口试样的拉伸试验结果



Equivalent stress-strain curve of S960 HSS

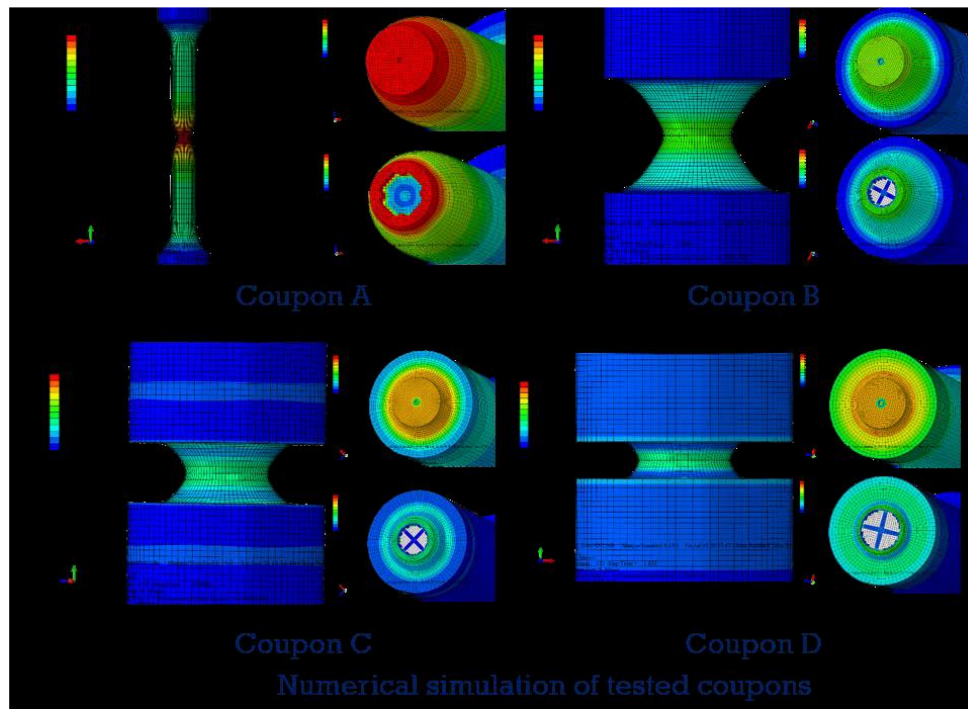


图 2 S960 HSS 韧性断裂本构模型的数值验证

研究员： 陈成博士（电邮：[cheng20.chen@polyu.edu.hk](mailto:cheng20.chen@polyu.edu.hk)）及  
 锺国辉教授（电邮：[kwok-fai.chung@polyu.edu.hk](mailto:kwok-fai.chung@polyu.edu.hk)）

## 高性能剪力连接系统预制复合桥

具有多个抗剪螺栓的剪力连接系统广泛用于预制的复合材料桥梁。由于在实际条件下需要较大的抗剪力，因此使用直径为 19 mm 的典型抗剪栓钉是无效的，因为经常需要使用许多这种抗剪栓钉。这些抗剪栓钉的物理布置可能会引起详细问题：间距，端部距离和重叠的阻力区。

为了减少剪切袋对预制混凝土面板的制造和安装的不利影响，建议开发一种创新的高性能剪切连接系统，其中包括：i) 具有双腹板的钢块连接器，ii) 多个大直径剪切 iii) 超高性能混凝土（UHPC）砂浆，以及 iv) 钢和聚合物纤维。在建议的剪切连接系统上，采用各种连接配置和材料等级进行了系统推出测试。应当指出的是，创新的加载设备是专门为这些测试而设计的，并且很容易模拟对由周围混凝土提供的 UHPC 砂浆的约束效果。

在最近对使用直径为 30 mm 的螺栓连接器的拟议剪切连接系统进行的试验测试中，成功实现了高剪切阻力，并且发现典型的破坏模式是螺栓连接器的剪切断裂。拟议中的剪切连接系统有望在具有高强度 S690 钢梁的复合材料桥梁中传递高剪切力。

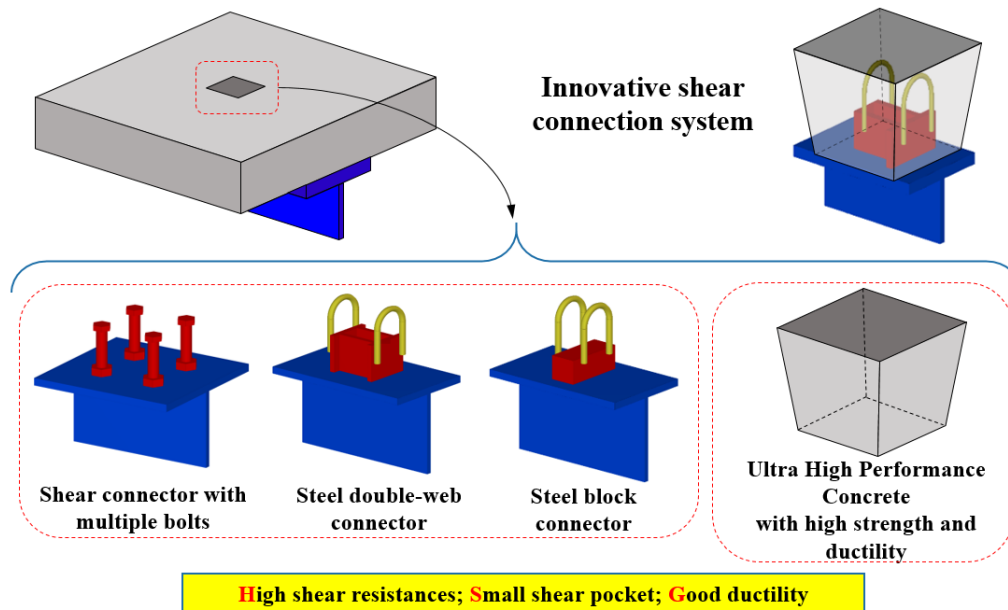
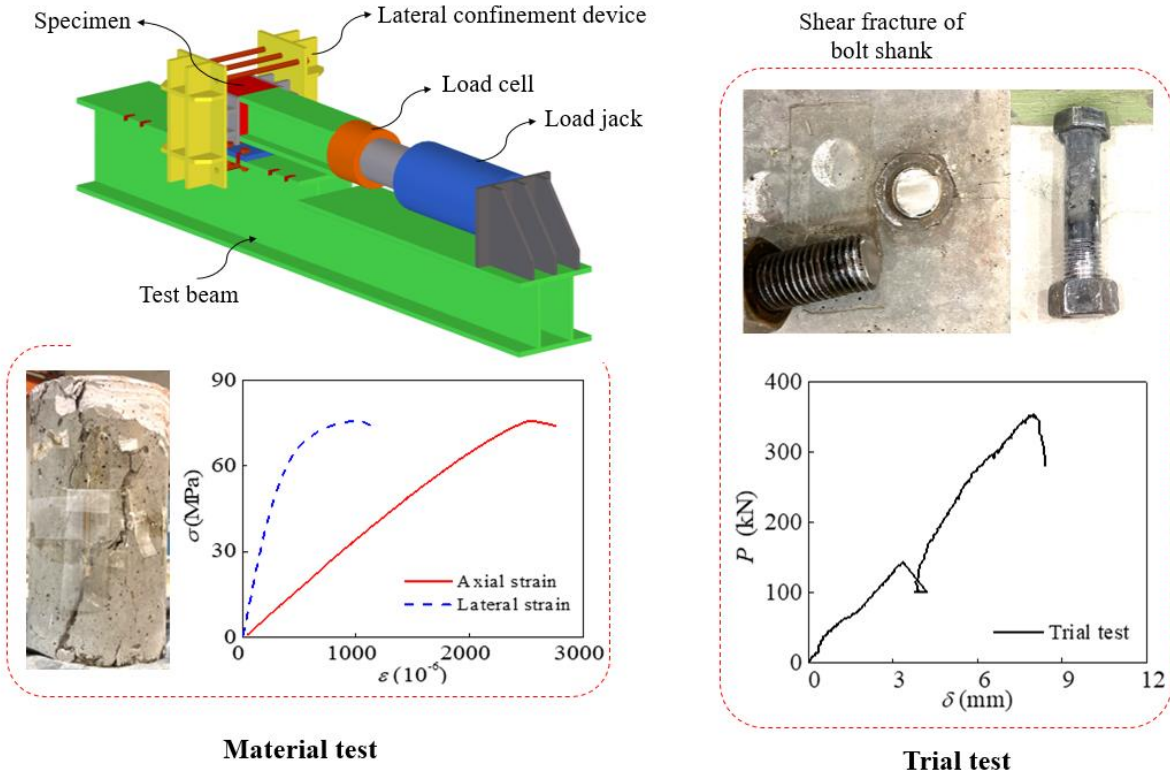


图 1 预制复合桥中的高性能剪力连接系统



### Push-out test of the proposed shear connection system

图 2 拟议的剪切连接系统的推顶测试

研究员： 王宣鼎博士（电邮：[xuanding.wang@polyu.edu.hk](mailto:xuanding.wang@polyu.edu.hk)）及  
 锺国辉教授（电邮：[kwok-fai.chung@polyu.edu.hk](mailto:kwok-fai.chung@polyu.edu.hk)）

<https://www.polyu.edu.hk/cnerc-steel/sc/news-events/upcoming-events>

地址：  
 九龙红磡  
 国家钢结构工程技术研究中心香港分中心香港理工大学 第八期 Z106室

电话: (852) 3400-8451

电子邮箱: [cnerc.steel@polyu.edu.hk](mailto:cnerc.steel@polyu.edu.hk)