

第六届国际地震岩土工程大会综述^①

王兰民^{1,2}

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国地震局黄土地震工程重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要:第六届国际地震岩土工程大会于 2015 年 11 月 1—4 日在新西兰克萊斯特彻奇市召开。本文介绍了大会概况; 阐述了大会设置的 21 个专题, 并综述了场地效应和小区划, 斜坡、河堤、大坝与废弃物填埋场, 地震危险性与强地面运动, 土壤液化与侧向扩展共 4 个重要专题分会的交流内容; 通报了国际地震岩土工程及其问题技术委员会 (TC203) 全委会内容和决议事项; 论述了相关领域的研究进展与亮点, 包括新西兰坎特伯雷地震灾后重建催生了岩土工程共享数据库建设取得突破性进展; 土壤液化与侧向扩展研究成为国际岩土地震工程一大热点研究领域; 提出了在液化机理、液化势评价、液化后变形和基于性能的抗液化工程设计等方面需要进一步研究的重要问题; 运动颗粒模拟方法实现了对斜坡破坏的全过程数值模拟; “Ishihara—Idriss—Finn 演讲特别分会”成为本次会议一大亮点; 2010—2011 年新西兰坎特伯雷地震序列 (CES) 发生后, 美国与新西兰开展了非常紧密的合作调查与研究, 并在地震序列认识、灾害快速评估、确保稳健恢复的政策与规划分析等方面取得了多方受益的科学进展。

关键词: 国际会议; 地震; 岩土工程

中图分类号:

文献标志码: A

文章编号: 1000—0844(2015)04—0907—08

DOI: 10.3969/j.issn.1000—0844.2015.04.0907

An Overview of the Sixth International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering

WANG Lan-min^{1,2}

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, Gansu, China;

2. Key Lab for Loessial Earthquake Engineering, CEA, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: The sixth International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering was held in Christchurch, New Zealand, from November 1 to 4, 2015. This study provides an overview of the conference. In the conference, 21 oral session topics were introduced. We summarize the contents of the academic exchange particularly in four oral sessions: those addressing (1) site effect and microzonation; (2) slopes, embankments, dams, and landfills; (3) seismic hazards and strong ground motion; and (4) soil liquefaction and lateral spreading. We also report the contents and decisions of the Technical Committee on Earthquake Geotechnical Engineering and Associated Problems (TC203) of ISSMGE and evaluate research advances and highlights in relevant fields as follows: (1) a breakthrough in the development of a shared geotechnical engineering database for the rebuilding of Christchurch, New Zealand (NZ), following the Canterbury earthquake sequence (CES); (2) soil liquefaction and lateral spreading as the hottest issue in international earthquake geotechnical engineering; (3) the need to further study key scientific problems with

① 收稿日期: 2015-12-31

作者简介: 王兰民(1960—), 男, 研究员, 陕西蒲城人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事土动力学与岩土地震工程方面的研究工作。
E-mail: wanglm@gssb.gov.cn.

respect to the liquefaction mechanism, the evaluation of the liquefaction potential, post-liquefaction deformation, and performance-based design in anti-liquefaction engineering; (4) the presentation of the moving particle simulation method for simulating the slope failure process; (5) "the special session of Ishihara—Idriss—Finn presentations" as a highlight of the conference; and (6) the close cooperation of the United States (US) with NZ, following the CES in 2010—2011, with respect to field investigation and research. Bilateral NZ-US collaborations for immediate response and long-term research have resulted in mutually beneficial scientific advancements for understanding the CES, achieving rapid damage assessment, and in policy and planning analysis to enable robust recovery.

Key words: international conference; earthquake; geotechnical engineering

0 会议概况

第六届国际地震岩土工程大会于 2015 年 11 月 1 日—4 日在克莱斯特彻奇市空军博物馆召开。本次大会由国际土力学与岩土工程学会地震岩土工程技术委员会(TC203)主办,新西兰岩土工程协会承办,新西兰地震委员会、坎特伯雷大学地震中心及 25 家参展公司共同协办。来自 30 个国家的 526 位专家学者和政府官员参加了会议,我国有 11 位代表参加了会议。本次会议是继 1995 年日本东京、1999 年葡萄牙里斯本、2004 年美国伯克利、2007 年希腊塞萨洛尼基、2011 年智利圣地亚哥会议之后,召开的一次层次最高、影响力最大、会议交流内容最为广泛的会议。经过严格审稿,会议接收了近 400 篇论文,交流了 215 篇口头报告、23 篇邀请报告、6 篇特邀报告和 2 篇特别报告(Ishihara Lecture and Schofield Lecture)。会议学术交流活动共安排了 4 天,11 月 1 日上午组织会议代表现场考察了 2010—2011 年坎特伯雷地震灾害,下午 13:00—15:00 举行了大会开幕式,开幕式之后至 11 月 4 日进行了为期 3 天半的 24 个专题分会口头报告交流及其展板交流,11 月 4 日下午 17:20—18:00 举行了简短的闭幕式。会议期间,国际地震岩土工程及其问题技术委员会(TC203)召开了全委会议,颁发了委员会青年研究奖,两位获奖者分别在会上做了获奖讲座。2015 年 Shamsheer Prakash 青年奖也在会上颁发。

值得一提的是,本次会议的开幕式较为隆重,开幕式由组委会主席、坎特伯雷大学 Misko Cubrinovski 教授主持并首先致欢迎词;然后由克莱斯特彻奇市市长 Hon Lianne Dalziel 女士宣布大会开幕并致辞;其后新西兰地震恢复部部长 Hon Gerry Brownlee 先生、新西兰地震委员会再保险、研究和教育总经理 Hugh Cowan 先生、美国国家科学基金会工程部主任(视频讲话)和新西兰企业创新与就业

部首席工程师 Mike Stannard 先生在开幕式上讲话;最后康奈尔大学 Thomas O'Rourke 教授做了邀请报告“地下基础设施对地震引起地表变形的反应”。充分反映了 2010—2011 年克莱斯特彻奇市地震灾害和灾后重建使新西兰国家相关部门和克莱斯特彻奇市政府对本次大会给予了高度重视,并在会上积极展示了此次地震灾害的研究成果和灾后重建进展。

1 专题设置与部分专题分会综述

本次大会共设置了 21 个专题,分别为土壤液化与侧向扩展,场地效应与小区划,挡土与水工结构,近期地震实例、观测与教训,概率抗震性能分析方法,土动力学:现场与室内试验,挡土墙与斜坡的抗震设计和抗震性能,城市系统与快速恢复社区的岩土工程,土壤液化的数字与本构建模技术,生命线地震工程,土-结构-基础相互作用,液化减轻:实例与新发展,斜坡、河堤、大坝与废弃物填埋场,细颗粒对砂和尾矿行为的影响,液化对建筑物和基础设施的影响,土-场地特性与土动力建模,地震危险性与强震地面运动,综合岩土灾害,浅基础与深基础,尼泊尔地震,建立仪器观测场地和结构的国际合作框架探讨。现选择其中 4 个专题分会交流的报告和国际地震岩土工程及其问题技术委员会(TC203)会议内容综述如下。

1.1 场地效应和小区划专题分会(STFT)

该专题安排在第一天开幕式之后,共有 7 个口头报告在会上交流,其中包括作者的口头报告,约有 50 位专家学者参加了该专题分会。该专题口头报告涉及如下研究内容:意大利米兰理工大学 Roberto Paolucci 教授对 1915 年意大利中部 Marsica 地震(震级为 6.6~7.0)近断层地震动进行了具有物理意义的三维数字模拟,主要包括建立断层破裂的动力

学模型和浅层地壳结构三维模型以及地震波传播的三维模拟,其模拟结果与大地测量得到的永久地面沉降和调查的宏观震害分布非常一致;美国查尔斯顿学院 Steven Jaume 教授以美国南卡罗莱纳州查尔斯顿市 850 m 厚的近海盆地为研究对象,用观测到的微震场地反应来预测强震地面运动反应,其结果非常相似。澳大利亚莫纳什大学 Michael Asten 教授提出了一种新的波数归一化方法(krSPAC),能够更稳健地计算地脉动或非对称台阵观测数据的空间平均相关系数。日本京都大学 Hiroyuki Goto 教授提出了基于密集地震台阵观测对地面运动一致性行为和场地对场地系数进行识别的方法,从而使复杂地下结构模型构建可由地震系数和场地对场地系数的结合来实现。英国奥雅纳公司顾问 Minly So 利用澳大利亚结构抗震设计规范(AS1170.4-2007)和 2012 年澳大利亚地学中心的反应谱,对澳大利亚珀斯一个具体场地进行了反应分析,并对两个规范颁布的地震危险区划图进行对比,指出了规范方法对低、中地震活动性地区地面运动估算的局限性;美国康涅狄克大学刘兰波教授对情景地震下北京地区由三维地壳结构引起强地面运动的场地效应进行了评估,其结果与依据地脉动水平谱与垂直谱比值做出的地面运动放大效应图非常一致。作者在此专题分会中报告了黄土场地地震放大效应及其在抗震设计规范中的应用方法。

这一专题分会的目标主要是通过交流三维数字模拟技术在近场地面运动模拟和场地沉积层厚度引起的场地效应评估方面的应用进展,基于地震台网和地脉动观测资料的场地效应研究方法,对抗震设计规范在场地效应方面考虑的合理性进行评估,并在此基础上提出改进的方法和建议。

1.2 斜坡、河堤、大坝与废弃物填埋场专题分会

该专题有 6 个口头报告,约有 40 多人参加了此专题交流。口头报告主要涉及如下内容:澳大利亚 PSM 公司 Jeremy Toh 先生在新西兰惠灵顿北部传谷项目的高速公路设计中,提出了考虑地形放大效应进行陡峭地形大规模岩石切坡地震稳定性评价的方法。加州大学洛杉矶分校 Dong Youp Kwak 博士提出了能够与分段脆弱性模型相结合的河堤分段破坏状态相关模型,研究了河堤系统地震破坏的空间相关性。以色列理工学院研究生 Noam Lloyd 介绍了他与 Klar 副教授基于拟静力分析和塑性流动概念,对高于斜坡滑动破坏临界加速度的更高加速度作用下进行滑坡机制和滑坡体积评估的准动力

分析方法。新西兰大坝监测工程公司 Jonathan Harris 主任工程师介绍了通过蜂窝结构体系在基础加固中的应用以减轻大坝地震安全风险的两个工程实例。意大利岩土数据公司高级岩土与隧道工程师 Heidy Sanchez Lizarraga 提出了使用桩基和主动筋加固斜坡的抗震设计方法,并通过调查发现,在强震作用初期,除了桩基,主动筋也发挥了非常重要的作用。日本东京城市大学 Ikumasa Yoshida 教授通过离心机振动台试验,给出了运动颗粒模拟斜坡破坏分析方法的破坏判据。

这一专题分会的主要目标是交流相关国家在地震区大型边坡工程抗震设计与加固技术、强震作用下斜坡失稳后滑坡体运移机制与运移体积评估方法和斜坡动力学破坏机理与准则等方面的研究与工程应用最新进展,以便统筹兼顾安全和经济两个方面对边坡进行科学合理的抗震设计和加固。

1.3 地震危险性与强地面运动专题分会

该专题论文较多,故大会安排了两次口头报告分会交流,参加人数均为 50 多人。在 11 月 2 日下午的第一次分会包括 5 个口头报告,主要内容如下:土耳其安兹耶因大学 Atilla Ansal 教授提出了一个估算归一化地面加速度谱的概率方法,并用蒙特卡罗方法给出了一定程度的验证。AECOM 新西兰 URS 公司主任工程地震工程师 Paul Somerville 以澳大利亚和新西兰对比,论述了低地震活动性地区大坝设计地震动的评估方法,认为对高地震活动性的新西兰,使用确定性地震危险性方法给出的设计地震动,与概率性危险性分析方法给出的 1 万年重现周期的设计地震动相比并不保守,而对低地震活动性的澳大利亚,前者与后者相比过于保守;同时指出,对于低地震活动性地区,要给出基于情景地震的震源模型(震级、位置)是很困难的。巴黎东区大学 Jean Francois Semblat 教授提出了一种基于标准化内部结果新的时频分析方法,以从三分向地震记录中提取和识别面波。意大利米兰理工大学 Ezio Faccioli 教授对概率性场地地震反应计算的不确定性进行了评价和对比分析,结果表明这一不确定性主要来自局部地质条件和震源参数。加州大学洛杉矶分校 Jonathan Steward 教授提供了对地面运动标准差进行估算的表达式,这些表达式中的关键分量是场地放大系数的标准差。

11 月 3 日该专题的第二次分会也由 5 个口头报告组成。主要内容如下:AECOM 新西兰 URS 公司主任工程地震工程师 Paul Somerville 介绍了

利用当地三分向 P 波记录计算浅层剪切波速度结构的方法,这种方法类似于远震 P 波接收函数分析法。美国 Golder Associates 国际集团公司高级地质专家 Eric Cannon 通过对阿拉斯加州阿克雷奇地区 10 个场地 v_{s30} 实测值与地形给出的 v_{s30} 值的对比分析,改进了两者的相关性,使地形导出的 v_{s30} 值能够更准确地评价场地抗震性能。美国奥雅纳集团有限公司高级地震工程师 Jongwon Lee 基于 142 条方向性强震记录建立了一个经验性的方向性脉冲型强震地面运动持时模型,以便对近断层效应进行更好的评价。新西兰坎特伯雷大学博士生 Karim Tarbali 通过对近断层区域基于情景地震的强震地面运动选择的研究,提出了能更准确反映目标危险性和方向性地面运动特征的方法。AECOM 新西兰公司 Andreas Skarlatoudis 博士对克莱斯特彻奇市商业中心在 2010—2011 年坎特伯雷地震中地面运动反应谱与震前该区所做的概率性地震危险性分析结果对比研究发现,两者之间存在显著差别的主要原因在于所用时变模型中的长周期分量,并提出用实际地震得出的放大系数进行修正的方法。

这一专题的主要目标是交流在地震危险分析方法、设计地震动参数确定、近断层效应评价、场地抗震性能评价等方面研究和工程实践中取得的最新进展,以便为各类建设工程和城市建设提供更加科学、准确的抗震设防参数。

1.4 土壤液化与侧向扩展专题分会

本次大会接收的该专题论文最多,口头报告安排了 5 次分会,分别交流了 31 个口头报告。每次分会约有 40~60 人参加。现就本人参加的 11 月 4 日第 4 次分会的情况做一汇报。国际土力学与岩土工程协会副主席、日本东京大学 Ikuo Towhata 教授通过对日本东北部大地震的液化破坏调查,论述了从液化势角度对剩余可利用土地实行认证的必要性。日本港口与机场研究所 Takaaki Kobayashi 先生基于日本东北部大地震液化现象调查,通过振动台试验,研究了用于液化评价的序列地震动特征,揭示了余震引起孔隙水压力产生的原因。日本爱媛大学 Mitsu Okamura 教授通过离心机试验,研究提出了薄砂层在部分排水条件下液化的评价方法。日本地岛大学 Ryosuke Uzuoka 教授利用有效应力法研究了非均匀材料对天然沉积层液化行为的影响,结果表明,传统的层状模型在液化和沉陷的评价上过于保守。美国弗吉尼亚理工大学研究生 Brett Maurer 利用坎特伯雷地震引发的 7 000 多个液化实例,从

误预测经济学角度标定液化指数,以检验液化评估方法,给出了误预测经济正负代价相同的液化指数阈值(15.4)。新西兰坎特伯雷大学岩土工程师 Merrick Taylor 通过现场测试和室内试验,对克莱斯特彻奇市商业中心区场地的抗液化能力进行了评价。美国加州大学 Christine Beyzaei 博士通过现场观测和室内动三轴试验,对克莱斯特彻奇市 Ricarton Road 场地粉土抗液化能力进行了评价。

这一专题分会的主要目标是通过日本东北部大地震和新西兰坎特伯雷地震序列触发的大量液化实例调查研究,来改进完善现行的土壤液化及其危害的评价方法和抗震设计。

1.5 国际地震岩土工程及其问题技术委员会 (TC203)会议

11 月 2 日晚上 18:15—19:30,国际地震岩土工程及其问题技术委员会举行了全体会议,近 30 位委员出席了本次全会。作者参加会议,并参与讨论了有关事项。会议由技术委员会主席、希腊塞萨洛尼基大学 Kyriazis Pitilakis 教授主持,Pitilakis 教授首先致欢迎词,然后报告了国际土力学与岩土工程协会对所属技术委员会新的组织方案,涉及组织机构、会员和活动;该技术委员会 2009—2015 年的活动;本次大会的筹备情况;Ishihara 讲座报告人的确定方式和时间间隔;该委员会未来学术大会和研讨会有关组织问题。会议讨论了该委员会与国际土力学与岩土工程协会的其他技术委员会、相关组织、协会 (IAEE, EAEE 等)、国家的和国际的相关倡议和建设机构之间的互动合作问题。最后,会议决定,2016 年在加拿大温哥华召开第三届国际基于性能的岩土地震工程设计大会;2017 年在韩国首尔召开第 19 届国际土力学与岩土工程大会期间,该委员会召开岩土地震工程卫星会议,并举行 Ishihara 讲座;2017 年在智利召开第 16 届世界地震工程大会,期间召开岩土地震工程特殊分会;2018 年在希腊塞萨洛尼基协助举办第 16 届欧洲地震工程大会;2019 年在意大利罗马召开第 7 届国际地震岩土工程大会。

2 相关领域重要进展与亮点

本次大会交流的报告和论文在场地效应与地震小区划,液化与侧向扩展,斜坡、堤坝、大坝和填埋场的地震稳定性,土-结构相互作用,地震危险性与强震地面运动,土动力学特性的现场与室内试验,浅基础与深基础,城市系统的岩土工程与快速恢复社区,综合岩土灾害等相关领域均取得了相应的研究进

展。这里选择如下 5 个方面的重大进展和亮点进行汇报。

2.1 新西兰坎特伯雷地震灾后重建催生了岩土工程共享数据库建设取得突破性进展

2010—2011 年坎特伯雷地震后,为了尽快为克赖斯特彻奇市重建提供急需的岩土工程数据,以用于地基加固设计、建筑基础维修、新建筑物基础设计、基础设施维修以及未来自然灾害恢复、灾害损失建模和法规政策制定,新西兰商务、创新和就业部协调新西兰地震委员会、相关私营企业和公用事业公司提供岩土工程基础数据,建立了坎特伯雷岩土工程数据库——The Canterbury Geotechnical Database (CGD)。该数据库被设计为可搜索存储、经许可能够共享既有和新录岩土信息的网上在线数据库。截至 2015 年 3 月,该数据库已包含 18 000 个圆锥贯入试验记录(CPT)、4 000 个钻孔资料、1 000 组与地下水监测记录配套的孔压数据和 6 000 室内试验记录。

通过共享应用,该数据库已经获得了如下效益:

(1)利用周边地区相关信息,对一个具体工程进行高水平的评估,以获得更好的岩土工程风险信息。(2)提供地基强度和地基抗震性能数据。这些数据能够作为新西兰其他地点相似地质条件下预期地基性能的一个参照,尤其是具有复杂地下地质模型的地区。(3)确保基础设施供应商获得更多的信息来进行他们的资产管理(例如运营和资本支出的预算),更好地确定易损地区来进行加强,发布活动信息,优化维修和重建工作。(4)为监管部门和决策者提供地下数据,使他们能够更好地了解土地利用规划,以确定投资战略和解决方案的合理性。(5)实施指南编制,并评估指南和建筑规范的可能影响。(6)使专业承包商能够评估在专业设备、地基改良建筑技术等方面的投资机会。(7)帮助质量检查员和评价者评估合适的基础重建成本,以便财产所有者能够根据他们的保险政策提出合适的被保险价值的数额。(8)能够改进灾害损失模型,这一模型可用于保险、灾害管理和应急响应专家进行合适的情景响应活动。

新西兰商务、创新和就业部建立此数据库时,采用了“谁提供、谁共享”的做法,任何一个机构或公司提供有价值的岩土工程勘察、测试数据,经管理部门授权,就可以共享该数据库。新西兰地震委员会最先提供和相关私营企业和公用事业公司随后提供的数据占了场地调查数据的绝大部分,克赖斯特彻奇市政府提供了污水基础设施的信息资料。数据库由

坎特伯雷地震恢复管理局授权使用。这一共享激励机制使新西兰在坎特伯雷岩土工程数据库建设方面取得了巨大成功,为克莱斯特彻奇市地震重建提供了急需的科学依据。新西兰商务、创新和就业部已将这一成功模式推广至全国,正在建设全国的岩土工程共享数据库。同时也为其他国家建立共享数据库提供了借鉴和示范。

2.2 土壤液化与侧向扩展研究成为国际岩土地震工程一大热点研究领域

本次大会共安排了 24 个专题、38 次口头报告分会,其中“土壤液化与侧向扩展”专题就安排了 5 次口头报告分会,共 31 个口头报告,是本次大会安排报告分会次数最多、报告最多的一个专题。其原因是 2011 年日本东北部大地震和 2010—2011 年新西兰克莱斯特彻奇地震引起了广泛的液化及地面侧向变形和沉降,造成房屋地基和基础设施的破坏,其后日本、新西兰和美国学者与工程技术人员对这两次液化及其破坏进行了大量研究,取得了有价值的研究成果。本次大会日本、新西兰和美国参会的专家学者较多,使这些研究成果在会上得到了充分展示,形成了液化与侧向扩展的热点研究领域。

在此方面反映出的主要进展如下:2010—2011 年坎特伯雷地震在克莱斯特彻奇市近一半的区域引起了广泛的液化,本次大会组委会主席坎特伯雷大学 Misko Cubrinovski 教授通过对雅芳河流域大量地点的详细地面测量,给出了液化侧向扩展的结果、分析和解译;基于永久地面位移幅值和空间分布,首次给出了侧向扩展的分级;进而识别和讨论不同级别侧向扩展对应的土层和地基条件的主要特征;给出了地形特征的整体效应和关键土层厚度与连续性的局部效应,为侧向扩展的工程估算提供了一个系统方法。研究发现,大位移侧向扩展发生在特殊的土层,即粉土、细砂到粉砂、粉砂三种土层。这三种土层具有低抗液化性,其规范化 CPT 值为 55~75,厚度约 2 m,位于河床底部。这主要是由于液化土层厚度和长时液化效应的地层情况加重了液化效应的程度和后续的侧向位移。大侧向位移主要发生在沿河流域的狭窄的地带。中等侧向位移发生在这三种土层的场地土层厚度在 1.0~1.5 m。而小侧向位移和无侧向位移的关键土层厚度小于 0.5 m,或没有关键土层存在及断续存在。通过此项研究,提出了估算侧向扩展最大位移、空间分布和控制因子的方法。

美国弗吉尼亚理工学院 Russell Green 教授利用

新西兰 2010—2011 年克莱斯特彻奇地震液化实例,对目前基于 *CPT* 的三种简化液化评价方法的预测能力进行了验证,结果表明,Robertson and Wride (1998)、Moss et al. (2006)和 Idriss and Boulanger (2008)等提出的三种方法的预测结果与实际液化情况均为一致。其中 Idriss and Boulanger (2008)的方法得到的预测结果与现场液化观测结果吻合更好。

智利 CMGI 公司主任工程师 Raman Verdugo 研究了剪切波速在预测液化时的局限性。研究发现剪应变阈值,尤其是弹性剪应变阈值和体剪应变阈值与砂土的行为特征有关。在很低的剪应变(10^{-5} , 即 $10^{-3}\%$)下,其应力-应变反应是很线性的;当剪应变水平达到 10^{-4} 量级时(即 $10^{-2}\%$),循环荷载下土的反应就分化为有和没有体应变积累。液化现象本质上与松散无黏性土遭受单调或循环荷载时产生正体应变(收缩)的自然趋向有关,因此当体应变达到阈值之上时液化就必定发生。而测量的剪切波速是一个与弹性范围剪应变水平直接相关的土参数,这种状态下土颗粒体并没有发生体应变,最多只是一个临界塑性应变,在砂土沉积抗液化能力的显著影响因素中,与剪切波速 v_s 有一定关系的只有土的结构或微结构、年代、超固结比、地震预应变或预振动。室内试验表明,剪切波速 v_s 对超固结比 OCR 敏感性低,与孔隙比线性相关,换言之, v_s 不能够给出土挤密的信息。剪切波速是一个在现场易于测量的指标参数,因此它对人们有很高的吸引力,但它难于与其他现场试验进行比较,当使用剪切波速预测液化时应考虑到上述局限性。

美国华盛顿大学 Steve Kramer 教授对液化发生准确时间及其在液化灾害评估中应用的研究取得重要进展。对于一个特定的地震动,确定液化发生的准确时间对于液化潜在影响的预测具有重要作用,为近年来在液化土层之下仪器能够记录到强震记录的可行性提供了一种新型的实例,即液化触发时刻的地震动强度可以被识别。Steve Kramer 教授评述了液化触发时间的识别方法,展示了如何将这个时间用于判断经验触发模型的相对表现;同时还介绍了确定时间信息用于改进液化影响评估方法的框架思路。

2.3 大会提出了在液化机理、液化势评价、液化后变形和基于性能的抗液化工程设计等方面需要进一步研究的重要问题

日本中央大学 Takaji Kokusho 教授在大会上

所做的 Ishihara 讲座,对目前室内液化机理试验研究与现场地震液化现象进行了对比综述,从近期地震液化实例及其相关研究,特别是日本东北部大地震液化实例的角度,指出了需要进一步弄清液化开始和液化后变形的有关问题。这些问题为:(1)除了相对密度,工程师已经认识到土的微结构对液化触发的显著影响。在此方面,土的微结构反映了包括胶结这样的长期地质作用,影响抗液化能力,但目前的水平难以定量地检测它。这些年代效应已经在近期的地震尤其是日本地震中观测到,如何基于贯入试验并结合现场测试参数对不同沉积环境下的液化势进行评价是需要进一步调查的重要课题。(2)细粒土的塑性指数 I_p 或黏粒含量 C_c 已经被认为是比细粒含量更有用的评价粉砂液化势的参数。在日本, $I_p \leq 15$ 或 $C_c \leq 10\%$ 一般被用作液化的起始判据,然而在 2011 年日本东北部地震中,广泛的液化却发生在东京湾地区与低塑性分层交互的高塑性分层土中,地面喷出了大量的非塑性喷出物。这样, I_p 和 C_c 对全球液化敏感性的作用就需要在低塑性和高塑性交合分层的液化敏感性上进一步检验。(3)一般认为,级配好的砾石土与同一相对密度 D_r 、级配不好的砂土相比,具有较高的液化势。这一观念来自于砾石土不排水剪切强度对应的应变水平远高于液化起始的应变水平。如果考虑液化触发的应变水平(5% DA),获得的循环液化应力比与相同 D_r 、级配不好的砂几乎是相同的。因此在评价砾石土的液化敏感性时,应该考虑工程设计所允许的应变水平。(4)对于建立基于性能的岩土工程设计,在触发液化后起始剪应力下土的行为需要进一步调查。考虑到状态图和循环荷载作用,必须建立一个在持续的起始应力下液化触发和液化后变形的统一评估方法。在这一方面,应该考虑非塑性和低塑性细粒土大幅度降低土的膨胀性的显著作用。(5)涉及水膜的侧向流动是因层状松散砂中孔隙重新分布所致,这一机理似乎可以被用来专门解释在如新泻这样的缓斜坡液化纯净砂沉积的流动破坏。在低渗透性粉土结合部之下形成的水膜可能对许多侧向流动破坏实例中的延时流动破坏发挥了重要作用。然而我们在工程设计中还难于考虑这种破坏,其原因是目前难于准确地构建低渗透性结合部的二维或三维模型图。还需要在现场土调查、建模和数值模拟等方面取得技术进展,以便在工程设计实践中能够定量地考虑这一作用。

2.4 大会提出了在液化机理、液化势评价、液化后变形和基于性能的抗液化工程设计等方面需要进一步研究的重要问题

日本东京城市大学 Ikumasa Yoshida 教授提出了模拟斜坡破坏过程的运动颗粒模拟-离散元方法 (MPS-DEM),也可将其称为扩展的离散元方法。该方法将基于求解动力方程的运动颗粒模拟方法 (MPS)与离散元方法相结合,进行斜坡破坏模拟。作者通过平面应变压缩试验和离心机动力斜坡破坏试验模拟,验证了该方法的正确性。在试验中,振动台的激励输入为一个正弦运动,斜坡模型的高度为 50g 加速度下 50 cm,可以模拟 1g 加速度下 25 m 高度的斜坡;激励运动的最大幅值(最大加速度)以 0.1g 的间隔逐步增大,当输入运动的最大加速度达到 0.5g 左右时,斜坡模型崩塌破坏。作者用开发的 MPS-DEM 方法进行了动力离心机试验的数值模拟。结果表明,MPS-DEM 方法的破坏判据可以沿用 DEM 方法的破坏判据,即基于剪切应力、正应力和拉张应力的简单断开和滑动开始。斜坡在激励下的崩塌模拟证明了作者建议方法对高度非线性破坏现象的适用性。模拟结果显示了与实验结果很好的一致性。

2.5 “Ishihara—Idriss—Finn 演讲特别分会”成为本次会议一大亮点

在 11 月 4 日上午安排的 Ishihara—Idriss—Finn 演讲特别分会成为本届大会的一大亮点和高潮。日本中央大学 Kenji Ishihara 教授是前国际土力学与岩土工程协会主席,他做了“地震岩土工程发展回顾与展望”的演讲;美国加州大学戴维斯分校 Izzat Idriss 教授是美国科学院院士,他做了“目前基于经验的衰减关系能够完全反映非线性场地效应吗?”的演讲;加拿大英属哥伦比亚大学 Liam Finn 教授是国际顶级刊物《土动力学与地震工程》前主编,他做了“在概率性地面运动环境下评估液化势、沉陷和侧向扩展”的演讲。这三位教授都是国际最著名的土动力学专家,也是目前国际岩土地震工程界最有影响力的权威专家。这次会议没有安排他们做特邀报告,而是别开生面地专门为他们三人安排了一场特别演讲分会。这一分会引起了与会代表的极大兴趣,并受到热捧,约有 300 多人参加了这一分会的报告和讨论,收到了很好的效果。

2.6 2010—2011 年新西兰坎特伯雷地震序列 (CES) 发生后,美国与新西兰开展了非常紧密的合作震害调查与研究,取得了很好的成效

坎特伯雷地震序列主要包括 2010 年 9 月 4 日 $M_w 7.1$ 地震、2011 年 2 月 22 日 $M_w 6.2$ 地震、2011 年 6 月 13 日 $M_w 6.0$ 地震和 2011 年 12 月 23 日 $M_w 5.9$ 地震。地震造成最大地面加速度分别为 0.6g (0.3g CBD)、2.2g (0.8g CBD)、2.2g (0.4g CBD) 和 0.96g (0.25g CBD),建筑物破坏主要集中在克莱斯特彻奇市中心区和外围小商业区的老旧建筑物。地震还在克莱斯特彻奇市东郊区引起了广泛的液化破坏,造成大量民房、道路及其他基础设施的严重破坏。这次地震序列造成直接经济损失 268.5 亿新西兰元(约 1 164 亿元人民币),成为新西兰在二次世界大战后所面临的最大的社会与经济问题。

地震后,新西兰与其他国家在震害调查和灾后重建研究方面开展了许多合作,尤其是与美国的合作最为紧密。美国国家科学基金会在震后立即启动了免同行评审的快速资助机制,资助美国多个团队与新西兰合作开展现场震害调查和数据收集,其后又资助开展相关地震工程基础研究和针对克赖斯特彻奇市灾后重建需求的抗震设防应用研究。美国国家科学基金会项目主任 Richard Fragaszy 博士在会上介绍了新西兰坎特伯雷系列地震后新西兰和美国开展工程研究合作的情况和长期合作机遇展望。双方合作包括组织联合力量快速收集易于消失的地面和结构响应现场数据,开展较长周期的岩土和结构地震工程双边合作研究项目,制定地震灾区重建的设计要求等。在岩土地震工程方面取得的重要合作研究进展包括场地特性描述、液化判别与液化地基改良、液化对结构桩基的负摩阻力、生命线工程抗震性能、岩石崩塌对结构的影响等。在美国国科会和新西兰地震委员会主导下,两国的学术和政府研究人员、学生和工程咨询顾问参加了上述双边合作研究,并在地震序列认识、灾害快速评估、确保稳健恢复的政策与规划分析等方面取得了多方受益的科学进展。

3 结 语

国际地震岩土工程大会每四年召开一次。自从 2011 年在美国圣地亚哥召开的第五届大会以来,世界上发生了几次重大的地震灾害,如 2010—2011 年克莱斯特彻奇地震序列、2011 年日本东北部大地震、2015 年尼泊尔大地震等。这些地震造成了重大的人员伤亡和广泛的破坏,对社会与经济发展带来了巨大的冲击。而岩土地震灾害及其相关的工程破

坏是克赖斯特彻奇市地震的显著特征。因此,本届大会得到了国际岩土地震工程界、新西兰及其克莱斯特彻奇市政府与有关机构的高度重视和广泛参与。

本次大会精心周密的组织筹备和科学严谨的日程安排为世界各地的地震和岩土工程师、地质学家、地震学家、咨询工程师、公共和私营承包商、区域和国家政府机构以及地震岩土工程领域相关人士提供了一个很好的交流学术思想、共享新经验和新进展的机会。会议取得的实效对于推动国际岩土地震工程研究和工程实践、高级相关专业人才培养和地震

灾害防御能力提升将发挥重大的推动作用。

致谢:对中国地震局领导和国际合作司对我出国参加国际会议的支持、指导和帮助,对甘肃省地震局外事办公室给予的相关协助,一并表示衷心的感谢!

参考文献(References)

- [1] Proceedings of 6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, New Zealand's Earthquake Commission; New Zealand Geotechnical Society Incorporation; Quake Centre, University of Canterbury, 2015.

《地震工程学报》更改刊期启事

随着本刊影响力的不断扩大和众多作者的积极投稿,现行出版周期已不能满足读者和作者的需求。为了让更多的读者及时了解国内外地震工程学和地震科学研究与实践的最新成果与进展,经新闻出版部门批准,《地震工程学报》从2016年1月起由季刊改为双月刊,欢迎广大研究工作者积极投稿!

《地震工程学报》编辑部