

真空预压法加固吹填土的孔隙水压力试验研究*

陈允进^① 宋晶^② 夏玉斌^① 王清^② 彭湘林^② 桑伟峰^②

(^①中交水运规划设计院有限公司 北京 100007)

(^②吉林大学建设工程学院 长春 130026)

摘要 利用真空预压法处理吹填土时,孔隙水压力变化常常反映土体固结程度的好坏。通过6个模型箱试验,监测不同排水系统下孔隙水压力变化,确定有效排水体间距。研究发现0.4m间距的土内孔压下降效果比0.8m间距的土内孔压下降效果好;排水体内的孔隙水压力与排水体类型有关,且距离排水体10cm处土体内的孔隙水压力仅为排水体内孔隙水压力的1/2弱;滤膜排水系统中的吹填土孔隙水压力下降幅度最快,B型排水板系统次之,而砂井系统最慢。另外,对于吹填土而言,排水体有效间距介于0.4m与0.8m之间,其中滤膜的有效间距最大,B型排水板次之,砂井远小于前两者。

关键词 真空预压 吹填土 孔隙水压力 排水体间距

中图分类号:TU443 文献标识码:A

LABORATORY EXPERIMENTAL STUDIES OF PORE WATER PRESSURE IN DREDGER FILL CONSOLIDATION WITH VACUUM PRELOADING

CHEN Yunjin^① SONG Jing^② XIA Yubin^① WANG Qing^② PENG Xianglin^② SANG Weifeng^②

(^①CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007)

(^②College of Construction Engineering of Jilin University, Changchun 130026)

Abstract Change of pore water pressure often reflects the degree of soil consolidation when vacuum preloading method is used to treat dredged fill. This paper uses six test chambers in laboratory to monitor the pore water pressure change in the fill under three drainage pipe systems and to determine the effective drainage spacing. The results show that the drop of pore water pressure in the fill for the drainage spacing of 0.4m is than better than that of 0.8m. The pore water pressure in the soils is related to its drainage pipe system installed in the soil. The pore water pressure in the distance of 10cm to drainage pipe was half of that in drainage pipe body. The membrane drain system was the best for drainage. The B-type drain system was better than the sand drain system. In addition, in the dredged fill, the effective distance between the drain pipes was between 0.4m and 0.8m. Moreover, membranes had the largest effective horizontal spacing between drainage materials. The B-type drain system had a shorter effective spacing. The sand wells had the shortest effective spacing.

Key words Vacuum preloading, Dredged fill, Pore water pressure, Drain spacing

* 收稿日期:2010-06-06;收到修改稿日期:2010-06-28.

基金项目:国家自然科学基金项目(40372122,40672180) 国家自然科学基金国际合作项目(40911120044);成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室开放基金(GZ2004-08).

第一作者简介:陈允进,主要从事土体工程的研究、设计和监测工作. Email: chenyunjin@pdiwt.com.cn

1 引言

沿水域城市建设规模的不断扩大,不仅需要广阔的建筑用地,而且需要足够的建筑材料。采用水域中的淤积土造陆,不但降低了对现有土地资源的占有,而且可以降低工程造价^[1,2]。真空预压法是软土地基处理中普遍采用的一种方法,在吹填土加固方面有广阔的应用前景^[3]。但是,其固结效率受排水体类型、排水体间距等多种因素控制。本研究采用模型箱模拟吹填土固结过程,通过对比不同条件下孔隙水压力的变化情况,选择合适排水体,确定合理排水体间距。

2 试验概况

为了优选排水体材料,确定最优排水体间距,试验采用3种排水体材料和2种排水体间距进行正交试验。该试验为室内模拟试验,6个模型箱尺寸及检测仪器的位置如图1所示,其中参数设置见表1。

当吹填土从大窑湾地区取来之后,搅拌均匀倒入试验箱内,设置竖向排水体。然后检测孔隙水传感器工作正常后,将孔压传感器埋设在模型箱的三个位置,即排水体内、距排水体10cm、两个排水体之间,其深度均距离泥面0.6m。之后,立即观测孔隙水压力的变化,直至读数稳定,确定此读数为孔隙水压力初始读数。

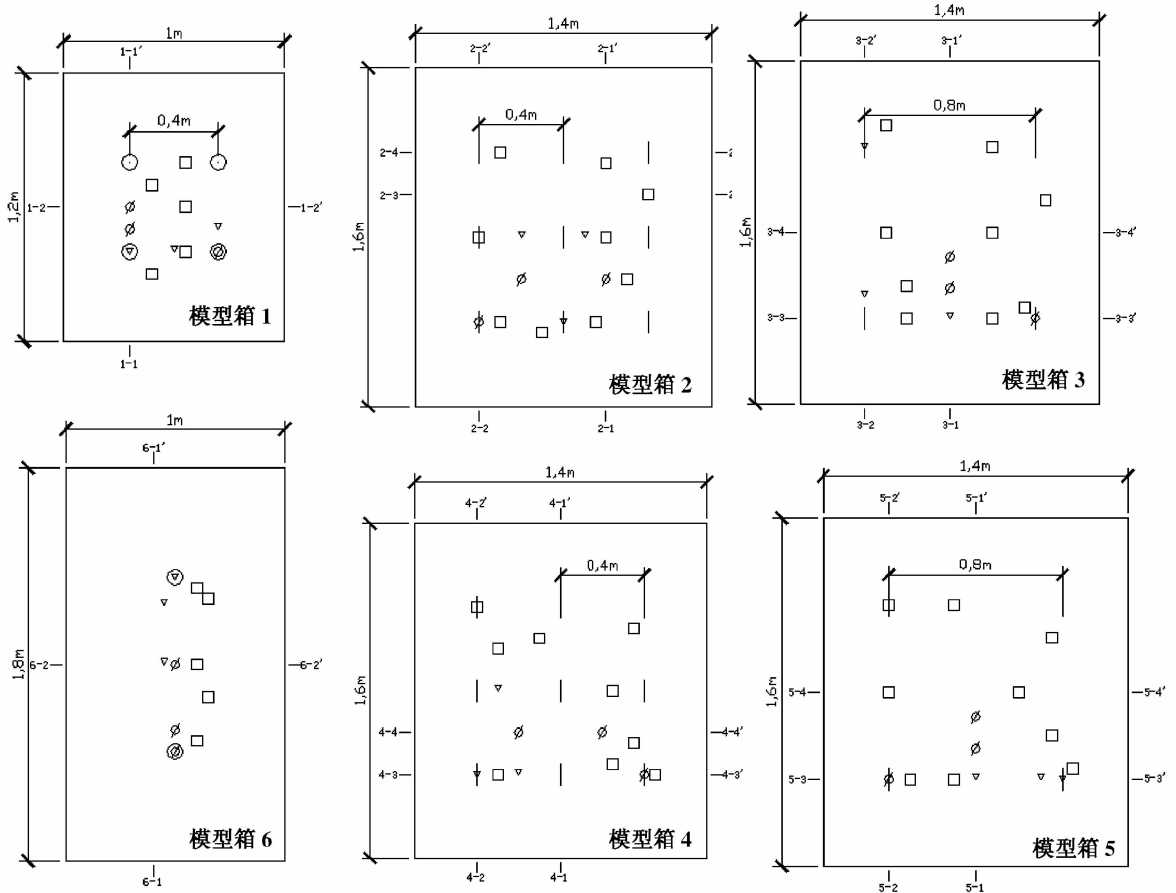


图1 吹填土模型试验装置图

Fig. 1 The dredger fill test installation

□. 沉降标; ▽. 孔隙水压力测头; ∅. 真空度测头; ○. 袋装砂井; |. 排水板;
1-1-1-1', 2-1-2-1', 3-1-3-1', 4-1-4-1', 5-1-5-1', 6-1-6-1' 均为表层沉降剖面线

表 1 模型试验设置一览表

Table 1 Set of model test

试验编号	模型箱	长×宽×高/m×m×m	装泥厚度/m	排水体类型	排水体间距/m
砂井 D0.4	模型箱 1	1.60×1.40×1.20	1.10	袋装砂井(直径 10cm)	0.4
B 型 D0.4	模型箱 2	1.60×1.40×1.20		国产 B 型板等效孔径 $\leq 75\mu\text{m}$	0.4
B 型 D0.8	模型箱 3	1.60×1.40×1.20		国产 B 型板等效孔径 $\leq 75\mu\text{m}$	0.8
滤膜 D0.4	模型箱 4	1.60×1.40×1.20		滤膜等效孔径 80~100 μm	0.4
滤膜 D0.8	模型箱 5	1.80×1.00×1.20		滤膜等效孔径 80~100 μm	0.8
砂井 D0.8	模型箱 6	1.20×1.00×1.20		袋装砂井(直径 10cm)	0.8

3 数据分析

吹填土进行真空预压过程中,每天 2 次监测孔隙水压力变化,及时发现、调整出现异常的孔压。为了减小温度、气压等环境因素对孔隙水压力的影响^[5],仅在每天上午 9 点到 10 点采集 1 个数据用于分析。

3.1 排水体内孔隙水压力

6 个模型箱中排水体内孔隙水压力变化如图 2 所示。

同一种排水体,不同排水体间距比较:

砂井排水体中,有 2/3 的时间段内 0.4m 间距的排水体内孔隙水压力都低于 0.8m 间距的排水体内孔隙水压力;B 型排水板中,0.4m 间距的排水体内孔隙水压力在可监测范围内都低于 0.8m 间距的排水板内孔隙水压力;滤膜中,0.4m 间距的排水体内孔隙水压力在固结过程中持续高于 0.8m 间距的排水板内孔隙水压力。可见,排水体内孔隙水压力与排水管间距关系不大,其影响因素主要与排水体类型有关。

不同排水体比较:

三种排水体内孔隙水压力都逐渐达到-90kPa,其中“B 型”排水板中孔压下降最稳定,与排水板间距无关;其次是“滤膜 D0.4”排水板中孔压下降趋势稳定,但“滤膜 D0.8”排水板中孔压在固结后期出现较大波动,这可能与排水体本身被黏粒包裹或者排水不畅通有关;而“砂井”排水体内孔隙水压力持续波动,且幅度很大,这可能与砂料本身的气密性相关。

3.2 距离排水体 10cm 的孔隙水压力

6 个模型箱中与排水体水平距离 10cm 土体内

孔隙水压力变化如图 3 所示。

同一种排水体,不同排水体间距比较:

砂井排水体中,间距 0.4m 的土体中孔隙水压力下降速度远远大于 0.8m 间距土体中孔隙水压力下降速度;B 型排水板和滤膜中,间距 0.4m 的土体中孔隙水压力下降速度也都远远大于 0.8m 间距土体中孔隙水压力下降速度。可见,距离排水体 10cm 土体内的孔隙水压力下降速度与排水管间距密切相关,0.4m 间距的土内孔压下降效果比 0.8m 间距的土内孔压下降效果好。

不同排水体比较:

间距 0.4m 的三种排水体加固的土体中,砂井 D0.4m 的土体内初期孔压急剧下降后期略有上升,B 型 D0.4 的土体内孔压持续下降,滤膜 D0.8 的土体内孔压持续不断大幅度下降,因此认为间距 0.4m 的滤膜排水体排水效果最好。间距 0.8m 的三种排水体加固的土体中,三者都持续下降,其中滤膜 D0.8 的土体内孔压持续下降的曲线最陡,因此认为间距 0.8m 的排水系统中其排水效果最好。但值得注意的是,距离排水体 10cm 处,土体内的孔隙水压力都只达到-40kPa,仅为排水体内孔隙水压力的 1/2 弱。

3.3 两个排水体中心的孔隙水压力

6 个模型箱中排水体间距有 2 种,即:0.4m 和 0.8m。因此两个排水体中心与排水体的水平距离分别为 20cm 和 40cm。其孔隙水压力变化如图 4 所示。

与排水体距离 20cm 的土体中,砂井和 B 型排水板孔隙水压力变化幅度相近,且远小于滤膜孔隙水压力值;与排水体距离 40cm 的土体中,砂井和 B 型排水板孔隙水压力变化幅度也相近,也都小于滤膜孔隙水压力值。因此滤膜传递真空度的效果最好。

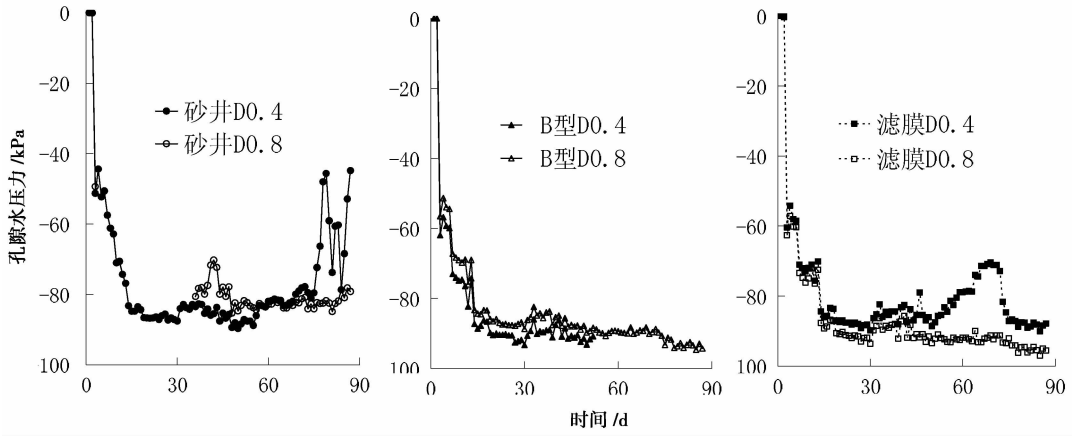


图2 排水体内孔隙水压力随时间变化曲线

Fig. 2 The curves of pore water pressure changed in drain pipes

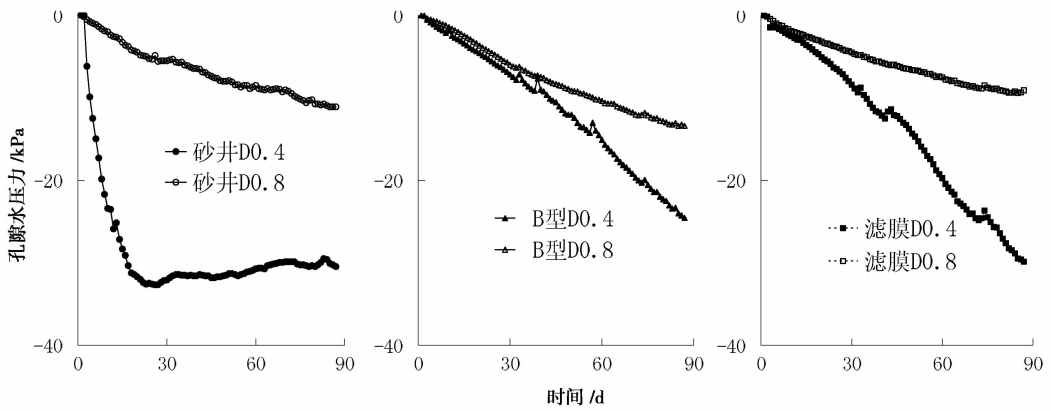


图3 与排水体水平距离10cm土体内孔隙水压力变化曲线

Fig. 3 The curves of pore water pressure from a distance of 10 cm to drain pipes

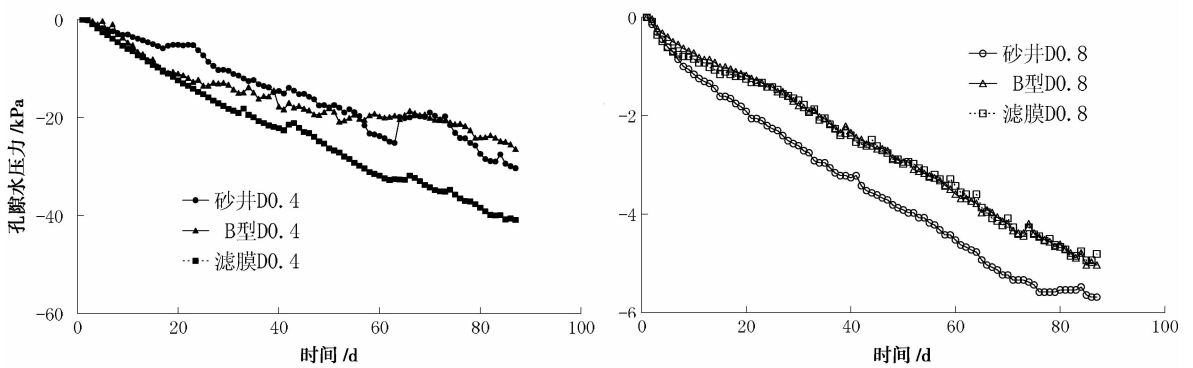


图4 两排水体中心土体内孔隙水压力变化曲线

Fig. 4 The curves of pore water pressure in half distance between two drainpipes

孔隙水压力下降地快慢直接影响土体排水速度。上述分析表明,使用滤膜的吹填土孔隙水压力下降幅度最快,使用B型排水板的吹填土孔隙水压

力下降速度次之,而使用砂井的吹填土孔隙水压力下降最慢。

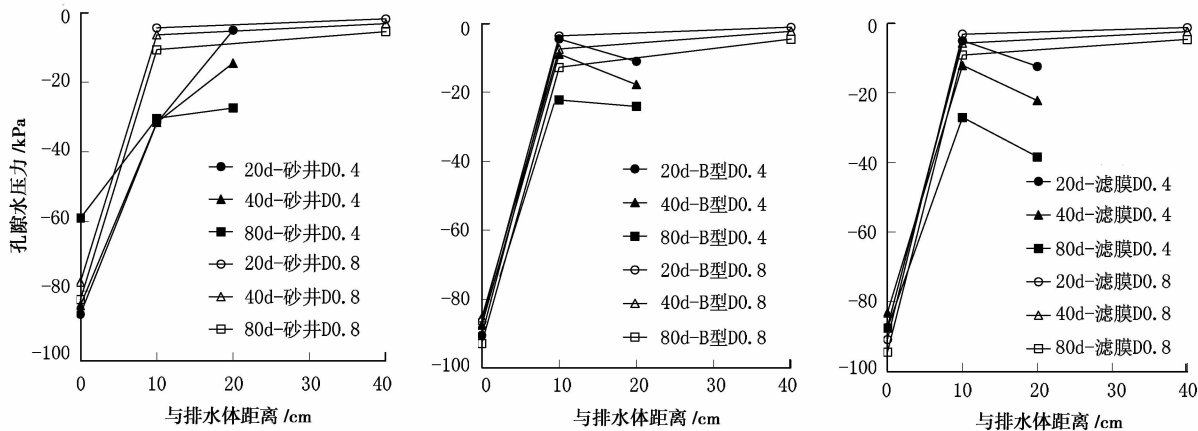


图5 排水过程中的孔隙水压力分布曲线

Fig.5 The curves of the distribution of pore pressure in drainage

4 有效排水体间距确定

土体排水固结效率不仅由排水速度影响,而且受到排水路径的制约。通过分析同一时刻吹填土孔隙水压力变化曲线,可以看出吹填土中孔压分布规律,并采用图解法确定有效排水体间距(图5)。

由图5三幅图中的空心点曲线可知,间距0.8m两排水体中心点的孔隙水压力曲线呈现水平向上趋势,固结范围内土体有效应力增长缓慢,但说明0.8m略小于排水体最大影响直径。由图5三幅图中的实心点曲线可知,间距0.8m两排水体中心点的孔隙水压力曲线明显倾斜向下,说明此处受两个排水体共同作用,孔隙水压力下降非常快,但此0.4m远小于有效排水体最大影响直径。

因此对于3种类型的排水体而言,排水体有效间距均介于0.4m与0.8m之间,其中滤膜的有效间距最大,B型排水板的有效间距仅次之,砂井的有效间距远小于前两者。

5 结论

吹填土排水固结过程中,孔隙水压力可间接反映某位置土质点的应力变化情况。本文通过模型箱试验监测孔隙水压力变化,得到以下结论:

(1)排水体内的孔隙水压力与排水体类型有关,而与排水管间距关系不大;

(2)距离排水体10cm土体内的孔隙水压力下降速度与排水管间距相关,间距越小,下降速度越快;三种类型的排水系统中,距离排水体10cm处土

体内的孔隙水压力均只达到-40kPa,仅为排水体内孔隙水压力的1/2弱;间距0.8m的排水系统中,滤膜D0.8的排水效果最好;

(3)滤膜排水系统中的吹填土孔隙水压力下降幅度最快,B型排水板的下降速度次之,砂井的下降最慢;排水体有效间距均介于0.4m与0.8m之间,其中滤膜的有效间距最大,B型排水板的有效间距仅次之,砂井的有效间距远小于前两者。

参 考 文 献

- [1] 郭连营. 海河干流治理工程吹填土筑堤研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.
Guo Lianying. Investigation of Levee Construction with Hydraulic Fill Earth in Harnessing Project for Haihe River Mainstream. Tianjin: Tianjin University, 2004.
- [2] 张成良, 洪振舜, 邓永锋. 淤泥吹填处理及其研究进展[J]. 路基工程, 2007, (1): 12~14.
Zhang Chengliang, Hong Zhenshun, Deng Yongfeng. Fill treatment of dredged silt and research development. Subgrade Engineering, 2007, (1): 12~14.
- [3] 张延军, 张延洁. 国内真空预压法加固软土地基的现状与趋势[J]. 世界地质, 2000, 19(12): 375~378.
Zhang Yanjun, Zhang Yanjie. Current situation and tendency of improving soft foundation by vacuum preloading. Global Geology, 2000, 19(12): 375~378.
- [4] You ZhiXian. Flow Channeling in Soft Soils and Its Influence on Consolidation[Doctor Degree Thesis D]. U. S. A.: University of Colorado at Boulder, 1993.
- [5] 冯苍旭. 土壤孔隙水压力检测系统试验研究及关系模型建立[硕士学位论文D]. 河北: 河北农业大学, 2004.
Feng Cangxu. The Laboratorial Study and Academic Mathematics Model of A New Pore Water Pressure Instrument. Hebei: Agriculture University of Hebei, 2004.

- [6] 胡中雄, 潘林有. 软土地基和预压法地基处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
Hu Zhongxiong, Pan Youlin. Soil Foundation and Preloading Method. Beijing: China Machine Press, 2004.
- [7] 刘莹, 肖树芳, 王清. 吹填土室内模拟试验研究[J]. 岩土力学, 2004, 25(4): 518~521.
Liu Ying, Xiao Shufang, Wang Qing. Research on indoor scale-down test of dredger fill. Rock and Soil Mechanics, 2004, 25(4): 518~521.
- [8] 李允忠, 汪稔. 基坑开挖孔隙水压力变化规律试验研究[J]. 岩土力学, 2002, 23(6): 813~816.
Li Yunzhong, Wang Ren. Experimental research on law of pore water pressure during foundation pit excavation. Rock and Soil Mechanics, 2002, 23(6): 813~816.
- [9] 李时亮. 真空预压加固软土地基作用机理分析[J]. 岩土力学, 2008, 29(2): 479~482.
Li Shiliang. Analysis of action mechanism of treating soft foundation with vacuum preloading. Rock and Soil Mechanics, 2008, 29(2): 479~482.
- [10] 李广信. 高等土力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
Li Guangxin. Higher Soil Mechanism. Beijing: Tsinghua University Press, 2000.
- [11] 黄生根, 张希浩, 曹辉. 地基处理与基坑支护工程[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1999.
Huang Gensheng, Zhang Xihao, Cao Hui. Foundation Treatment and Retaining Project. Beijing: China University of Geosciences Press, 1999.

第十一届国际工程地质大会在奥克兰召开

(2010年9月5—10日, 奥克兰)

第十一届国际工程地质大会于2010年9月5—10日在新西兰 Auckland 召开, 来自60多个国家和地区的800余位代表出席了此次盛会, 中国代表团约100人参会。

本次大会的主题是“地质活动性”, 共有五个主题报告和十个邀请报告, 并分别围绕地质构造活动性的工程地质问题、砂土液化引起的结构破坏、工程建设风险性评价、地质模型、以及隧道建设的工程地质研究进展等进行了专题报告。中国代表伍法权、黄润秋等多人在会议做了相关报告。

国际工程地质大会是由国际工程地质与环境协会(简称IAEG)主办, 每四年召开一次。

国际工程地质与环境协会成立于1964年, 是工程地质与环境领域的国际权威学术机构, 隶属于国际地质科学联合会(简称国际地科联), 协理国际科学联合会(简称国科联)相关活动。IAEG的领导机构是执行委员会和理事会, 执委会由主席、秘书长, 以及各大洲副主席组成。IAEG理事会在9月5日举行, 中国科学院地质与地球物理研究所王思敬、伍法权作为执委、祁生文代表IAEG中国国家小组参加了本次理事会。大会选举了IAEG新一届执委会成员, 来自西班牙的 Carlos Delgado 教授当选为IAEG主席, 中国科学院地质与地球物理研究所伍法权教授当选为IAEG秘书长, 成都理工大学黄润秋教授当选为亚洲区副主席。理事会还讨论并通过了我国提出的成立“岩土体结构性”委员会的建议, 委员会挂靠中国科学院地质与地球物理研究所, 由胡瑞林研究员任本届委员会主席, 李丽慧担任秘书长。

会议期间, 中国地质科学院地质力学研究所的新构造与地质灾害专委会(IAEG-C24)于9月10日下午1:30~4:00, 在大会特别设立的专委会活动会场组织了“新构造与地质灾害专题研讨会(Workshop on Neotectonics and Geohazards)”, 专委会秘书长张永双研究员主持了会议, 并向国际同行介绍了IAEG-C24专委会一年来的工作情况及中国在该领域的研究进展。俄罗斯的 Alexander Strom 教授和石菊松博士、姚鑫博士在会上分别进行了构造地貌研究、中国滑坡制图与风险管理、玉树地震活动断裂与地质灾害等方面的学术交流。来自俄罗斯、马来西亚、德国、新西兰等国家的20余位代表参加了研讨会, 并就今后专委会的活动计划进行了讨论。

(中国地质学会工程地质专业委员会秘书组供稿)