

# 充气锚杆在软土中的力学特性试验研究

曹佳文<sup>1</sup>, 彭振斌<sup>1</sup>, 彭文祥<sup>1</sup>, 何忠明<sup>2</sup>, 吴启红<sup>3</sup>

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 湖南 长沙 410083; 2. 长沙理工大学交通运输工程学院, 湖南 长沙 410004;  
3. 成都大学城乡建设学院, 四川 成都 610106)

**摘要:** 充气锚杆是一种新型扩大头锚杆, 模型试验有利于了解充气锚杆的变形与承载特性。根据充气压力与膨胀体积关系, 分别采用清水与水泥浆作为膨胀介质, 分析橡胶膜膨胀体在软土中的变形特性, 得到充气锚杆膨胀体近似呈圆柱状。在此基础上通过改变膨胀体径向应变的大小进行一系列抗拔试验, 得出充气锚杆极限承载力随膨胀体径向应变的增加而增大, 但极限位移也增大。针对充气锚杆单以橡胶膜承担荷载时橡胶膜抗拉强度较小及位移过大的不足, 分别设计钢丝加强及灌浆固结两种改进方法, 并进行了抗拔试验对比分析, 研究结果表明: 钢丝加强型充气锚杆将承担在橡胶膜上的荷载转移到钢丝上, 提高了充气锚杆极限承载力; 灌浆固结型充气锚杆结合了充气锚杆与普通注浆锚杆的优点, 显著减小了极限位移。该两种改进方法为充气锚杆的实际应用作了有益的探讨。

**关键词:** 充气锚杆; 抗拔试验; 力学特性; 变形; 极限承载力; 位移; 软土

**中图分类号:** TU473

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4548(2011)09-1399-06

**作者简介:** 曹佳文(1979-), 男, 湖南永兴人, 博士研究生, 注册土木工程师(岩土), 主要从事工程地质、岩土工程研究。E-mail: caoao@163.com。

## Experimental study on mechanical characteristics of inflatable anchors in soft clay

CAO Jia-wen<sup>1</sup>, PENG Zhen-bin<sup>1</sup>, PENG Wen-xiang<sup>1</sup>, HE Zhong-ming<sup>2</sup>, WU Qi-hong<sup>1</sup>

(1. School of Geoscience and Environment Engineering, Central South University, Changsha 410083, China; 2. School of Traffic and Transportation Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410004, China; 3. School of Urban & Rural Construction, Chengdu University, Chengdu 610106, China)

**Abstract:** Inflatable anchor is a new type of under-reamed anchor. The pullout tests on the inflatable anchor are carried out to analyze its deformation and bearing mechanism. According to the volume-pressure relationship of the anchor, the deformation characteristic of rubber membrane is studied when being inflated with water. And the inflated shape of rubber membrane in soft soil is approximately cylindrical, which is mensurated by injected cement slurry. On such a basis, a series of scaled pullout tests are performed with various inflatable volume. The results show that the ultimate loads and displacements of inflatable anchor both increase with the increment of the volume. As for the large tensility and small tensile strength of rubber membrane to bear loads, two methods which are improved by wire or grouting are designed, and the results of pullout tests are analyzed comparatively. The results show that the inflatable anchors with wire transfer the loads from rubber membrane to wire, which enhances the bearing capacity of the anchor greatly. And the inflatable anchor with grouting has a small displacement. It combines the advantages of inflatable anchor and grouting anchor. These two improved methods are useful to the practical application of inflatable anchors.

**Key words:** inflatable anchor; pullout test; mechanical characteristic; deformation; ultimate load; displacement; soft clay

## 0 引言

我国软土地层分布广泛, 且多为经济发达地区, 基坑工程朝深、大、周边环境复杂方向发展。软土地地区基坑支护中, 普通锚杆常常不能达到预想的锚固效果。端头扩大型锚杆以承载力高而得到了广泛应用, 是这些年来锚固工程的热点之一。端头扩大型锚杆的

发展一方面体现在扩大头施工工艺上<sup>[1-2]</sup>, 另一方面体现在扩大头类型上<sup>[3-5]</sup>。

充气锚杆是一种全新概念的锚杆, 源于海洋工程中, 为在海底施工作业和机器(机器人)提供抗浮锚

基金项目: 国家自然科学基金项目(50878212)

收稿日期: 2010-12-16

固力, 国外研究刚刚起步。澳大利亚 Dundee 大学 Tim Newson 博士等 2000 年进行了充气锚杆的简单室内试验<sup>[6]</sup>, 分析了充气锚杆抗拔承载力的主要影响因素, 并通过与螺旋锚杆的对比试验, 得出相当条件下充气锚杆的极限抗拔承载力是螺旋锚杆的 4 倍; Newson T A 博士等 2003 年进行了充气锚杆在近海岸软土中的试验研究<sup>[7]</sup>, 对在排水与不排水条件下抗拔力与位移的关系进行了较深入的研究, 得出超孔隙水的消失可以使锚杆承载力提高 30%; 2007 年加拿大西安大略大学 Hinchberger S 博士和 Lang Y 博士利用 Tim Newson 博士的试验数据, 对充气锚杆进行了有限元数值分析<sup>[8-9]</sup>, 得出充气压力与锚杆长度是影响充气锚杆承载力的最主要因素, 并进一步提出了锚杆的有效长度问题; 国内彭文祥等<sup>[10-11]</sup>对充气锚杆的发展进行了回顾与展望, 并通过建立充气锚杆的数值模拟单元, 探讨了锚杆充气长度和充气压力对于锚固力的影响。

充气锚杆的实质是一种端头扩大型锚杆。已有的研究主要以空气为膨胀介质, 重点分析充气压力等因素对极限承载力的影响, 对压力作用下的膨胀体积及其力学特性研究较少。空气容易压缩, 难以估算橡胶膜膨胀体积的大小及形状, 而扩大头锚杆的力学机制主要体现在体积尺寸与承载力的关系上<sup>[12]</sup>。因此, 本文从试验着手, 以水作为膨胀介质, 通过实测膨胀体积大小与形状, 分析充气锚杆的膨胀变形特征, 在此基础上研究充气锚杆在软土中的力学特性, 并针对充气锚杆橡胶膜弹性变形大、承载力低的不足, 采用钢丝加强与灌浆固结两种方法, 探讨充气锚杆实际应用的发展方向。

## 1 充气锚杆的结构与特性

充气锚杆是针对软土在压力作用下可产生挤压变形的特性而研发的。简单地说, 充气锚杆就是在锚杆端部外套高强度、高气密性橡胶膜, 杆体采用钢管, 橡胶膜上下两端用钢环紧固在钢管上, 在包橡胶段的钢管段钻适量小孔以供充气, 将锚杆安置在软土中后, 从钢管口对其进行高压充气, 锚杆端部橡胶膜在高压气体下膨胀, 挤压周围土体形成一个圆柱或腰鼓状的扩大头, 充当锚固段, 如图 1, 2 所示。

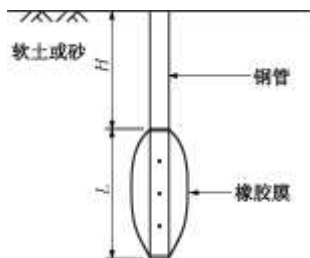


图 1 充气锚杆示意图

Fig. 1 Schematic diagram of inflatable anchor

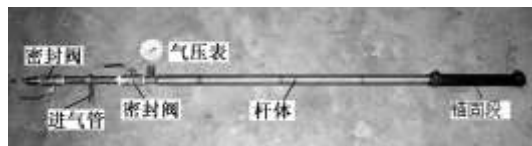


图 2 充气锚杆实物图

Fig. 2 An inflatable anchor

与其它类型锚杆相比, 充气锚杆有它自身的特点<sup>[7-8, 11]</sup>, 主要表现在: ①可广泛应用于软土地质条件中, 能提供较大的抗拔力; ②用材简单, 并可回收利用, 能大大节约工程成本; ③锚杆施工完毕可立即提供全部锚固, 不必像其它注浆锚杆那样需要等达到强度, 大大节约了施工工期; ④施工简便, 快捷, 易操作; ⑤无废液、废气、无噪音、施工环保; ⑥可在水下施工, 为海洋、港口水下作业机器提供抗浮锚固力。

## 2 试验设计

### 2.1 试验内容

本试验内容主要包括 3 部分: 一是橡胶膜膨胀体的大小及形状的测定, 二是膨胀体积与承载特性关系, 三是充气锚杆的改进对比试验。

### 2.2 试验场地土层特性

试验在中南大学西侧左家垅菜地一废弃鱼塘边进行, 场地内为软塑状黏粉质土, 厚约 1.2~1.5 m。实测土层的物理力学性质如下: 含水率 58.1%, 密度 1.61 g/cm<sup>3</sup>, 比重 2.69, 孔隙比 1.642, 饱和度 95%, 液限 35.3%, 塑限 21.1%, 黏聚力 17.5 kPa, 内摩擦角 10.1°。

### 2.3 试验装置

图 3 为试验装置图。试验用到的主要仪器设备有: 用于测定抗拔力的 WTP301S 形拉力传感器与 PY500 智能数字压力表, 用于测量位移的 JMDL-2100 智能数码位移计及采集位移数据的 JMZX-3001 综合测试仪, 用于测量充水体积的特制有机玻璃量筒, 以及其他诸如试验架、高压气筒、加载滑轮组、砂袋等辅助设备。



图 3 试验装置图

Fig. 3 Model test set-up

2.4 抗拔试验的规定

- (1) 试验基本条件: 锚杆埋深 60 cm, 橡胶膜(锚固段)长度 30 cm, 厚度 2 mm, 外直径 29 mm。
- (2) 锚杆采用直接插入方式到预定埋置深度, 在等待约 15 min 后开始加压充水膨胀, 膨胀至预定体积静止约 15 min 后开始加载。
- (3) 加载方式采用定时分级加载法, 每隔 3 min 加载一次, 每级荷载约为极限荷载的 1/10~1/15, 加载后每隔 1 min 读数一次。
- (4) 破坏标准: ①锚杆被拔出; ②橡胶膜爆破; ③一级荷载作用下的锚头位移增量达到或超过前一级荷载作用下锚头位移增量的 2 倍。

3 压力、体积与变形分析

3.1 压力与体积关系曲线

通过高压管将装满清水的量筒底部与锚杆相连, 当锚杆管径内注满清水后关闭锚杆上端阀门, 记录量筒内的初时水位, 然后量筒上端连接气压源, 量筒内清水在气压作用下进入锚杆内使得橡胶膜膨胀。按量筒内水位下降值 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15 cm 等记录对应的充气压力, 根据量筒内水位下降值即可求得橡胶膜膨胀体积, 其关系曲线如图 4 所示。

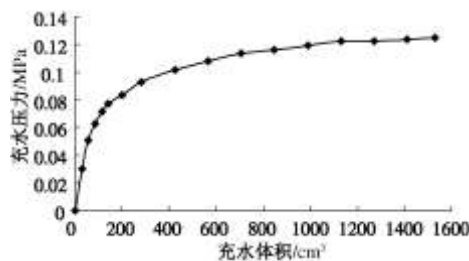


图 4 压力与体积曲线  
Fig. 4 Typical pressure/volume curve

由上图可知, 当充水体积的超过某一值时, 随着体积的进一步增加, 充水压力增幅迅速减小并趋向于一恒定值, 即土体存在极限压力值, 如本试验的极限压力值约为 0.125 MPa。

3.2 膨胀体变形测试

为分析充气锚杆膨胀体在土体内的变形形状, 试验设计了水泥浆凝固法进行测定。按照圆柱体等体积原则, 分别进行了径向应变约 100%与 200%的两次注浆试验, 加入早强剂, 当 3 d 强度达到 75%后拔出, 固结体形状如下图 5 照片所示:

从图中可以看出, 径向应变约 100%的膨胀体形状为标准圆柱体, 径向应变按 200%的膨胀体形状呈近似圆柱状, 中下部径向应变约 150%, 上部应变接近 250%, 其原因是膨胀的体积过大, 超过了橡胶膜的弹性范围而呈不等径圆柱状变形。由此可推断, 变

形体的形状与橡胶膜的径向应变有关, 当径向应变在约 150%之内时, 膨胀体可呈标准的圆柱体, 而当体积过大时, 膨胀体形状受橡胶膜性质影响呈上部略大中下部略小的不等径圆柱体。



图 5 膨胀体图  
Fig. 5 Photographs of expander body

3.3 变形理论分析

通过以上分析充气压力与体积的关系可知, 充气锚杆在充气压力作用下的膨胀过程为近似圆柱体状, 因此可以应用圆孔扩张理论<sup>[13]</sup>进行分析。圆孔扩张理论引入到岩土工程领域始于 60 年代, 并在随后的几十年得到了广泛的应用, 如用来分析桩的承载力<sup>[14]</sup>, 旁压试验<sup>[15]</sup>, 静力触探<sup>[16]</sup>等。

应用圆孔扩张理论, 根据土体的物理力学性质, 可以分析膨胀初期阶段的充气压力与膨胀体积关系, 分析膨胀体周围土体的应力应变状态, 可以预测极限充气压力的大小, 估算充气锚杆极限承载力的大小等。

4 体积与承载特性分析

4.1 抗拔试验 Q-s 曲线

按照圆柱体等体积原则, 分别进行了径向应变为 0 (不充水)、50%, 100%, 150%, 200% 充水膨胀抗拔试验, 其成果如图 6、表 1。

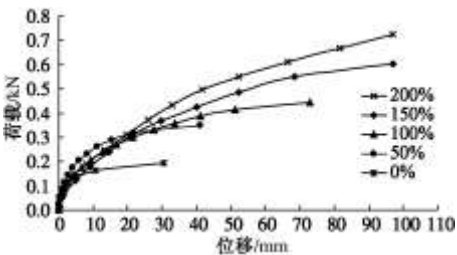


图 6 不同径向应变的荷载/位移曲线

Fig. 6 Load/displacement curves for different anchor radial strains

表 1 极限荷载与位移

Table 1 Ultimate loads and displacements				
试验序号	充水体积 /cm <sup>3</sup>	径向应变 /%	极限荷载 Q/kN	最大位移 s/mm
1	0.0	0	0.111	2.07
2	220.4	50	0.319	21.63
3	546.7	100	0.414	51.17
4	990.8	150	0.550	68.39
5	1530.1	200	0.667*	81.64*

注：表中“\*”为在径向应变 200%的抗拔试验中，因橡胶膜的突然拉断而失效，其极限值取前一级加载值与位移值。

4.2 承载特性分析

通过分析以上图表可得：

- (1) 从荷载极限值看，随着径向应变(充水体积)的增加，锚杆极限承载力增大；相对未充水锚杆承载力，各径向应变下的单位充水体积所产生的荷载增量分别为 0.94, 0.55, 0.44 , 0.36 N/cm<sup>3</sup>，增幅呈下降趋势。
- (2) 从曲线表观形态上看，荷载 - 位移曲线呈抛物线形，随着荷载的均匀加载，位移呈逐步增大趋势。
- (3) 随着径向应变的增加，锚杆达到极限承载力时所对应位移也增大，其平均值为 55.64 mm，充气锚杆的极限位移值较大。
- (4) 充气锚杆荷载全部由橡胶膜承担，橡胶膜抗拉力学强度有限，在较大荷载下易被拉断而失效。

5 充气锚杆改进试验研究

针对橡胶膜不能承载较大荷载及位移过大的不足，分别采用钢丝加强法及灌浆固结法对其进行改进试验，探讨其力学特性。

5.1 钢丝加强型充气锚杆力学特性分析

试验设计 8 根φ 0.5 mm 的钢丝均匀绑扎在橡胶膜外表，钢丝长度根据膨胀体积计算确定，如图 7 所示。



图 7 钢丝加强型充气锚杆

Fig. 7 Inflatable anchor with wire

考虑到较大的体积产生的承载力与位移都较大，试验选择径向应变率 200%与 150%加钢丝后进行抗拔试验，并与不加钢丝时进行对比，成果如图 8、表 2 所示，图中 A 组为径向应变为 200%，B 组为径向应变为 150%。

从以上图可知：

- (1) 对照 A1 与 A2、B1 与 B2 曲线，钢丝加强后的抗拔曲线存在较为明显的拐点，说明在加载初期，橡胶膜仍存在一定的自由变形，当位移达到一定值后钢丝“兜”紧了橡胶膜，荷载转为钢丝承担。因此，在充气锚杆实际应用中，通过设计高强钢丝来承担锚

杆的荷载是可行的，高强钢丝的数量及总横截面积根据实际需要的承载力确定。

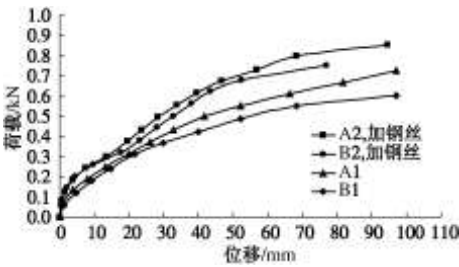


图 8 钢丝加强型锚杆荷载 - 位移曲线

Fig. 8 Load/displacement curves of inflatable anchor with wire

表 2 极限荷载与位移

Table 2 Ultimate loads and displacements

试验序号	径向应变 /%	极限荷载 $Q/kN$	最大位移 $s/mm$	备注
6	150	0.680	52.27	加钢丝
7	200	0.798	68.19	加钢丝

- (2) 通过钢丝加强后，相同位移条件下充气锚杆承载力提高 19.4%~29.0%，相同荷载条件下位移值减少了 21.6%~42.8%。

- (3) 高强钢丝亦存在一定的柔性，在达到极限承载力之前仍然存在较大的位移，实际应用中可以通过预张拉来减少工后位移。

5.2 灌浆固结型充气锚杆力学特性分析

在前述的对充气锚杆注入水泥浆膨胀测定变形试验中，仍对其按常规进行了抗拔试验，并与充水膨胀试验进行对比，成果图 9、表 3 如下，图中 A 组为径向应变为 200%，C 组为径向应变为 100%。

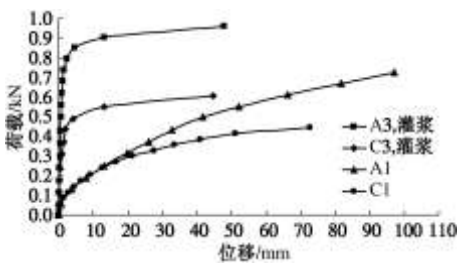


图 9 灌浆固结型充气锚杆荷载 - 位移曲线

Fig. 9 Load/displacement curves of inflatable anchor with grouting

表 3 极限荷载与位移

Table 3 Ultimate loads and displacements

试验序号	径向应变 /%	极限荷载 $Q/kN$	最大位移 $s/mm$	备注
8	100	0.491	4.18	灌浆固结
9	200	0.853	4.70	灌浆固结

由以上图表可知：

- (1) 对充气锚杆膨胀体进行灌浆固结后的抗拔极

限位移值极小,可以有效解决充气锚杆位移过大问题;该种类型锚杆结合了充气锚杆与普通注浆锚杆的优点,能有效控制扩大头体积与形状,能较为精确地估算锚杆承载力,是充气锚杆实际应用的发展方向之一;

(2)对充气锚杆膨胀体进行灌浆固结后的极限承载力提高了约 18.6%~27.9%,原因是在饱和软土中,抗拔试验是在充水膨胀 15 min 后开始,此时因膨胀产生的超静孔隙水压力尚未消散,而灌浆固结抗拔试验是在 3 d 之后进行,超静孔隙水压力基本消散,周边土体亦发生了固结作用,提高了力学强度,故锚杆的极限承载力得到了提高,这一结果与文<sup>[7]</sup>提到的超孔隙水消失可以使锚杆承载力提高 30%相接近。

## 6 结 论

通过对充气锚杆的力学特性试验研究,可得到如下结论:

(1) 充气锚杆在软土中的膨胀变形呈近似圆柱状,可以应用圆孔扩张理论分析充气锚杆充气压力与膨胀体积关系,分析膨胀体周围土体的应力应变状态,预测极限充气压力的大小。

(2) 充气锚杆随着膨胀体积增加,极限承载力增大,极限位移也增大,单位体积增量所产生的荷载增幅呈下降趋势。

(3)通过高强钢丝加强充气锚杆橡胶膜能够弥补橡胶膜抗拉性能较差的不足,在充气锚杆实际应用中可设计高强钢丝来承载充气锚杆的荷载,提高充气锚杆的极限承载力。

(4)通过对充气锚杆进行灌浆固结可以有效控制充气锚杆的位移,提高承载力,灌浆固结型锚杆结合了充气锚杆与普通注浆锚杆的优点,能有效控制扩大头体积与形状,能较为精确地估算锚杆承载力,是充气锚杆实际应用的发展方向之一。

充气锚杆作为一种新型锚杆,其力学特性与承载机理与一般锚杆显著不同,本文对其力学特性及其应用发展方向进行了一些有益的探讨,但还有待进一步的理论分析与工程实践应用研究。

## 参考文献:

- [1] 邵孟新, 曾庆义. 高压喷射扩大头锚杆的设计与施工[J]. 建筑监督检测与造价, 2008, 1(11): 55 - 60. (SHAO Meng-xin, ZENG Qing-yi. Design and construction on expansion bolt of high-pressure injection[J]. Supervision Test and Cost of Construction, 2008, 1(11): 55 - 60. (in Chinese))
- [2] 胡建林, 张培文. 扩体型锚杆的研制及其抗拔试验研究[J]. 岩土力学, 2009(6): 1615 - 1619. (HU Jian-lin, ZHANG
- Pei-wen. Development of underreamed anchor and experimental study of uplift resistance[J]. Rock and Soil Mechanics, 2009(6): 1615 - 1619. (in Chinese))
- [3] 陈浩华, 黄 铭, 葛修润. 端头扩大型土锚的新发展——船锚式注浆张开型土锚[J]. 岩土力学, 2006, 27(10): 1819 - 1822. (CHEN Hao-hua, HUANG Ming, GE Xiu-run. New development of underreamed anchor—blade-underreamed grouted anchor[J]. Rock and Soil Mechanics, 2006, 27(10): 1819 - 1822. (in Chinese))
- [4] 梅国雄, 徐 敏, 宋林辉, 等. 新型伞状抗拔锚现场试验研究[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(6): 892 - 896. (MEI Guo-xiong, XU min, SONG Lin-hui, et al. In-situ tests on new umbrella-shaped anti-float anchors[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2010, 32(6): 892 - 896. (in Chinese))
- [5] 王立明, 施鸣升, 徐雷云. 回转型可回收扩大头锚杆[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(8): 471 - 474. (WANG Li-ming, SHI Ming-sheng, XU Lei-yun. Retrievable enlarged-end anchor with looped non-sticky steel-string[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2010, 32(8): 471 - 474. (in Chinese))
- [6] NEWSON T A, SMITH F W, Brunning, et al. An experimental study of inflatable offshore anchors (Paper # 2003-JSC-127) [C]// ISOPE 2003 Conference. Honolulu, Hawaii, 2003.
- [7] NEWSON T A, SMITH F W, BRUNNING P. An experimental study of inflatable offshore anchors in soft clays[C]// ICOF2003, BGA Conference on Foundations, Dundee: 695 - 704.
- [8] NEWSON T, HINCHBERGER S, LIANG Y. A numerical study of an inflatable anchor system[C]// The 60th Canadian Geotechnical Conference and 8th Joint CGS/IAH-CNC Groundwater Conference, CD Proceedings: 1258 - 1265.
- [9] LIANG Y, HINCHBERGER S D, NEWSON T A. Non-linear analysis of pullout tests on inflatable anchors in sand (Paper # 275) [C]// GeoHalifax2009: Proceedings of the Canadian Geotechnical Conference: 1 - 8.
- [10] 彭文祥, 曹佳文. 充气锚杆的研究现状及展望[J]. 科技导报, 2010, 28(5): 111 - 115. (PENG Wen-xiang, CAO Jia-wen. A view of studies on inflatable anchor[J]. Science and Technology Review, 2010, 28(5): 111 - 115. (in Chinese))
- [11] 彭文祥, 王 苑, 曹佳文. 充气锚杆数值单元的建立与分析[J]. 工程勘察, 2010(6): 6 - 14. (PENG Wen-xiang, WANG Yuan, CAO Jia-wen. Formation and analysis of the numerical simulation element for the inflatable anchor[J].

- Geotechnical Investigation and Surveying, 2010(6): 6 - 14. (in Chinese))
- [12] 张慧乐, 刘 钟, 徐葵鑫, 等. 扩体锚杆尺寸效应模型试验研究[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(7): 468 - 473. (ZHANG Hui-le, LIU Zhong, XU Yan-xin, et al. Model tests on size effect of underreamed ground anchors[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2010, 32(7): 468 - 473. (in Chinese))
- [13] 郑大同. 地基极限承载力的计算[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1979. (ZHENG Da-tong. Calculation of ultimate bearing capacity of foundation[M]. Beijing: China Building Materials Industry Publishing House, 1979. (in Chinese))
- [14] VESIC A S. Expansion of cavities in infinite soil mass[J]. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 1972, 98(3): 265 - 290.
- [15] 王长科, 马旭东, 赵国强. 对旁压仪试验基本理论和工程应用的再认识[J]. 岩土工程界, 2003, 7(6): 43 - 50. (WANG Chang-ke, MA Xu-dong, ZHAO Guo-qiang. Re-understanding of the theory and application of pressuremeter test[J]. Geotechnical Engineering World, 2003, 7(6): 43 - 50. (in Chinese))
- [16] CAO L F, CHANG M F, THE C I. Cavity expansion in modified cam clay and its application to the interpretation of piezocone tests[R]. Singapore: Geotechnical Research Report NTU/GT96-03, Nanyang Technological University, 1996.

(上接 1390 页)

#### 四、会议报告

会议采用了当前国际学术大会流行的交流形式, 精心组织了大会主题报告和特邀报告各 8 个, 特别报告 2 个, 院士、专家论坛报告 7 个, 分会场特邀报告 25 个, 一般报告 145, 报告总数达 195 个。主题报告和报告人分别是: 郑刚, 地基处理; 滕延京, 基础工程技术的发展及面临的新课题; 刘松玉, 土工测试; 黄茂松, 软土地下工程与深基坑; 孔令伟, 特殊土与边坡研究进展综述; 姚仰平, 土的基本特性、本构描述及数值模拟; 陈云敏, 中国环境岩土工程进展; 刘汉龙, 土动力学与土工抗震研究进展。特邀报告和报告人分别是: 国际土协主席 Jean-Louis Briaud (美国), Scour of bridge foundations and erosion of levees by overtopping; 陈祖煜, 高边坡加固技术的新进展; 李广信, 关于土的本构模型研究的若干问题; 郦能惠, 高混凝土面板堆石坝变形协调新理念内涵及其工程应用; 王卫东, 城市岩土工程与新技术; 王兰民, 舟曲泥石流灾害特征、成因与重建; 何毅良 (香港), 香港城市化发展与岩土工程新进展。特别报告和报告人分别是: 马巍, 青藏铁路建设和运营中的冻土力学问题; 朱本珍, 预应力锚索长期工作性能检测与荷载补偿技术。院士专家论坛报告和报告人分别是: 程国栋, 青藏铁路运营中的热状况与变形分析; 陈祖煜, 关于可靠度分析和分析系数设计方法的讨论; 郑晓静, 散体物质多尺度力学行为的若干研究; 包承纲, 关于土力学学科发展的一些看法; 汪稔, 南海岛礁建设所面临的挑战; 刘国楠, 衡重式桩板挡墙模型试验研究; 龚晓南, 对岩土工程中几个问题的思考。

#### 五、理事会会议与专题会议

8 月 17 日晚, 召开了我国土木工程学会土力学及岩土工程分会第七届第 2 次理事会及第八届第 1 次理事会会议。由第七届理事会选举产生第八届理事会, 共 98 位理事, 第八届理事会由 68 个单位、来自不同行业和地域的 98 位专家组成, 陈祖煜院士担任名誉理事长。由第八届理事会投票产生第八届理事会常务理事 23 名: 王卫东、王兰民、叶阳升、汪稔、刘汉龙、

刘松玉、沈小克、宋二祥、杨光华、陈云敏、陈正汉、郑刚、张建民、张鸿儒、赵明华、侯伟生、姚仰平、黄茂松、谢永利、温彦锋、蔡正银、蔡袁强、滕延京, 副理事长 9 名: 王卫东、叶阳升、汪稔、刘汉龙、沈小克(常务)、郑刚、黄茂松、谢永利、滕延京, 张建民教授就任理事长。张建红担任分会秘书长。

为了鼓励和组织更多青年学者参加国内外学术交流, 给优秀青年学者提供一个施展聪明才智和熟悉学会工作的舞台, 理事会首次选举产生了 6 名青年理事, 他们是: 胡黎明(清华大学)、吴志坚(中国地震局兰州地震研究所)、钱建国(同济大学)、吴江斌(华东建筑设计研究院有限公司)、雷华阳(天津大学)、沈扬(河海大学)。成立了青年工作委员会, 组织和协调我国土力学与岩土工程研究领域的青年科技人员开展学术交流和协作。理事会还选举了上海市为下一届土力学及岩土工程学术会议举办地。

#### 六、会议成功举办的意义

十一届会议的组织和筹备工作得到了甘肃省委、省政府的大力支持, 甘肃省委常委、统战部长泽巴足和副省长李建华亲自担任大会组委会名誉主席, 并分别在会议组织的不同阶段对会议的筹备和组织做出指示。大会组委会共同名誉主席程国栋院士对会议筹备工作也提出了重要建议。大会学术委员会主席陈祖煜院士也极为关心会议, 多次听取筹备情况汇报, 并对会议的举办提出开创性的指导意见和建议。

十一届会议是中国土木工程学会和甘肃省科学技术界有史以来规模最为宏伟的一次盛会。此次会议的成功举办, 将会推动我国西北地区土力学与岩土工程的理论研究和实践的深入发展, 对于促进我国土力学与岩土工程领域相关理论、技术、试验和实践的进一步繁荣和发展具有重要的作用和意义, 为我国土力学和岩土工程科研水平的提高和建设实践能力的进步做出富有成效的贡献。第十一届全国土力学及岩土工程学术会议必将成为我国土力学及岩土工程学科发展进程中的一个重要里程碑而载入史册。

(第十一届全国土力学及岩土  
工程学术会议组委会秘书处 供稿)