维普资讯 http://www.cqvip.com

深基础，国际会议，工程技术

97—100

第4届桩与深基础国际会议综述

高大钊

TU47

（同济大学）

深基础工程技术，是当今工程建设中最具有开发潜力和影响工程质量、安全、工期和造价极为重要的环节之一。因此，1991年4月7日至12日在意大利米兰召开的第4届桩与深基础国际会议受到国际工程界和学术界的重视。与会者约260余人，其中我国有12人。

深基础工程技术

从大会论文以及会后的技术考察来看，深基础工程和暗挖技术及其设备，近年来均有长足的进步。

1. 桩基工程及其施工技术

在深基础工程中，应用桩基是最主要的手段，用得最为广泛的是混凝土灌注桩。

混凝土灌注桩的成孔技术分为钢管打进和用螺旋钻进两种方法。在这次展出中，有一种用外壁直径350毫米的波纹钢管，向管中插进一根长31～32米的有液压扩胀肋的送桩心管，将其打到设计深度后收回扩胀肋，拔出送桩心管，向波纹纲管内灌注混凝土的方法与设备。这种技术能保证在软弱土层中桩的成型质量，且侧壁摩阻力较高。但由于将钢管留在土中，造价较高，同时仍有挤土的影响。螺旋钻进的方法分为普通螺旋（即小心管大叶片，这种方法仍有坍孔的缺点而需护壁）和大心管小叶片的连续钻杆两种。大心管小叶片的螺旋是连续钻进，连续出土，钻到设计深度后在心管内浇注混凝土，同时退出钻杆，可避免护壁。从发展趋势来看，连续钻进是发展方向。

混凝土灌注桩的浇注技术分为连续式间歇式两种，间歇式浇注方法不易保证质量，连续式机具较为复杂。浇注混凝土又可分无压浇注和有压浇注两种。显然，有压浇注是一种加密混凝土、确保桩身质量的措施，但在间歇式中无法实现。从这次会上得到的信息来看，连续高压灌注混凝土是发展方向，同时在输送管道和螺杆中设置了许多传感器，可实测压力、流量和成孔的直径等控制施工质量的参数。

2. 深基础开挖的支护方法及类型

随着建设用地的紧张、环保的要求不断提高，建筑物高度也在增高，基坑开挖的深度越来越深，但离旧建筑物的距离却越来越近。因此，深基坑的开挖支护技术也随之有很大的发展。在这次会上介绍的有：

维普资讯 http://www.cqvip.com

·地下连续墙。会议报道了成功地采用了100米深度地下连续墙的工程实例。这是目前为止最深的地下连续墙，标志着成槽技术和设备、质量控制系统已达到了一个新的水平。成槽机高度为9米，宽度为3.15米，厚度为0.8米，质控系统能自动绘制100米深度范围内的开挖速度曲线，以及连续墙的变位曲线。

·柱列式或排桩式地下连续墙，采用钻孔灌注桩技术浇筑一根根相割的桩体排列组成地下墙，墙面平直整齐，此法适用于深度不太大的场合。

·深层搅拌后插入波纹管式的钢管组成的帷幕墙。

·震动射水下沉钢板桩组成的帷幕墙。

为了解决深基坑连续墙或帷幕墙的稳定支护，目前常用的方式有预应力土层锚杆和型钢组合水平支撑以及逆作法。不同方法适用于不同的场合，如在米兰的地铁工程中我们看到其明挖和暗挖结合部的基坑壁用地下连续墙，在其浅部因邻近有建筑物基础，无法打锚杆就采用钢支撑，深部则采用预应力锚杆。

3. 地下暗挖施工技术

目前世界上暗挖施工技术很多，从这次会议的信息来看，正向着综合应用多种方法的方向发展。这次在米兰参观的地铁车站拱顶覆盖土层厚度只有4米，而开挖宽度为29.2米，高21米，施工难度较大。他们采用综合各种方法的优点、分步实施的施工方法，其分九步。首先在拱顶部用直径2.1米的小盾构掘进后，布设10根钢筋混凝土预制圆管（两端带钢靴）超前支护，同时在中心开设超前小导洞，并在其中向四周静压注浆，待固结后，开挖两侧边墙导洞和作边墙衬砌，然后作起拱线以上拱部衬砌，最后边开挖边作间隔式格栅拱衬砌和底部仰拱。这在当前世界上大跨度浅埋地铁暗挖施工技术上有代表性，它综合采用了各种工艺方法，而绝非一种方法所能。

4. 主要施工机械设备

为了适应和满足各种基础工程和地下工程施工技术工艺的需要，各类相匹配的机具设备和监控测试设备也有很大的发展，高效率、高精度的施工机械设备日益增多，欧洲厂商纷纷利用这次会议展出自己的产品。我们除收集资料外，还有选择地与部分厂家进行技术座谈，进一步了解其产品。不少机械设备的整机性能、结构以及监控装置都有我国学习可取之处。如意大利的SOILMEC的SM－48长螺旋钻机和SM－305锚杆钻机，还有HYDRAUICDRILLING T40型履带式小型钻机等都是较好机型。

先进的工艺技术，必须有先进的机械设备与之相配套，才能使技术工艺发挥其先进性，目前不少桩工机械上已将计算机用于成孔、成桩的检测监控记录、报警等，并提高其自动化程度，这是机械设备的发展趋势。

桩基础设计

这次国际会议上还专门讨论了桩基础设计新进展问题，共有论文22篇。

关于轴向单桩极限承载力，对于打入桩取值标准为S/D＝0.10；对于灌注桩为S/D＝0.25～0.30。但此值太大而无实用意义，故灌注桩可用临界承载力，其取值标准为S/D＝0.05，此标准可适用于大直径灌注桩。

维普资讯 http://www.cqvip.com

预估单桩承载力的方法通常用原位测试结果，常用的标准贯入试验(SPT)，静力触探试验(CPT)，旁压试验(DMT)等。分别按打入桩和灌注桩采用不同的经验公式来预估，由于较难取得灌注桩侧摩阻力的实测资料，可建立打入桩桩侧摩阻力和灌注桩桩侧摩阻力之间的关系，采取间接办法来预估。

关于置桩方法的影响，提出三个方面的影响：第一是置桩施工技术，包括挤土效应、钻入速度和残留应力；第二是桩的形状；第三是混凝土质量，由于混凝土流动性的丧失而起拱效应，影响承载性状，在不能加大水灰比以免降低强度的条件下可采用添加剂。报道了置桩时打入桩对周围土体应力影响的范围，根据一些实测结果认为大约为 6 倍桩径。

用长螺旋钻机钻进时，为了将挤土效应降到最小，推导了计算最小钻进速度的计算公式。对于打入桩，给出了估计沉桩挤土效应所引起的孔隙水压力的公式，在距桩中心 10 倍桩径处，超孔隙水压力接近于零，并认为打桩完成后，由于再固结的作用，桩身所受的水平应力降到起始应力的 30%左右。

关于桩的承载力分项系数，Franke 建议按 $\beta=4.7$(即失效概率 $P_f=10^{-6}$)，对正常使用极限状态，建议 $\beta=3.0$(即失效概率 $P_f=10^{3}$)。但此值均高于国际化标准组织建议的数值。

体会及建议

1. 关于欧洲规范第七卷

讨论并形成欧洲统一的岩土工程规范，成立欧洲深基础工程学会是本届桩与深基础国际会议的重要目标。尽管由于欧洲各国代表对于欧洲规范第七卷尚有较大分歧，但是作为岩土工程的一般技术规定，我们认为欧洲规范第七卷是一个不错的文件，特别是它提出的岩土工程分级管理的思想，对于我国岩土工程的勘察、设计与施工都有重要的借鉴意义。不考虑工程性质和重要性的不同，按照一样的要求来进行勘察、设计与施工，必然造成无谓的浪费或发生工程事故。我国是否可以考虑参照欧洲规范第七卷制订相应的规定，按照工程的重要程度和复杂程度划分岩土工程等级，提出不同的勘察、设计和施工的要求。

2. 关于桩与深基础的测试

岩土工程由于其研究对象的材质不均匀性，至今还处于半经验状态，因此试验在岩土工程中占有极为重要的地位，一些重大工程的基础问题最终还是要拿到测试结果才能决定。这届会议关于测试的论文有 24 篇，约占总数的 1/4。不少发达国家在桩的静测和动测方面做了大量对比试验，测试技术和测试精度都达到很高的水平。从会上发表的论文看，国外动测技术已经成为桩测试的主要方法。目前，我国桩与深基础的测试技术还比较落后，在相当程度上拖了设计与施工的后腿，特别是动测技术应用面窄，一些动测方法缺乏理论依据和实践的验证，可靠性差。建议召开全国性的会议，探讨桩与深基础的动测问题，交流和鉴定现有的动测方法，建立全国桩与深基础测试网络，为我国岩土工程设计与施工提供可靠技术数据。

3. 关于国际深基础工程的发展动向和我国所处的地位

参加这次会议，有机会了解到当前世界上这方面的最新技术成果。从总的趋势来看，世界各国都在努力寻求开挖面小、无噪音、无振动、无泥浆污染的深基础施工技术。目前各国采用的深基础依然是以桩为主，桩的形式和成桩工艺向多样化发展。由于控制噪音的需要，打

维普资讯 http://www.cqvip.com

入桩正在更大范围内被灌注桩所取代。在桩孔护壁方面，除了钢套管和塑料套管护壁以外，越来越多的工程公司采用长臂钻杆在提杆的同时浇筑混凝土、砂浆或水泥浆，逐渐取代泥浆护壁的传统方法。基坑支护方面，采用钢板桩、连续墙的同时，各种形式和帷幕桩的锚杆技术得到广泛的应用。桩的浇筑技术正由常压浇筑向高压浇筑和水泥浆喷射技术发展。此外，地下工程的暗挖施工涌现出大量先进技术，一批大跨度浅埋地下工程成功地进行了暗挖施工。激光、电子计算机等高技术已被引入桩机及其他地下工程施工设备。

在本届会议上，我国代表的论文引起各国代表的关注，这说明我国在深基础工程的某些领域、某些方面具有一定的优势。我国地域辽阔，地质类型极为丰富。在四十多年社会主义建设过程中，我国岩土工程界积累了处理各种复杂地质条件的丰富经验，这是国外任何一个研究机构和工程公司所不能比拟的。例如，对桩基承载能力的试验资料，我国资料、数据之丰富，在国外是无法做到的。如充分发挥这些资料的作用，那么桩基的研究一定可以达到一个新的水平。又如，我国中建总公司地下工程公司的专利施工法"钻孔高压注浆成桩法"已在我国数百个工程上采用，这次在国际会议上介绍后引起了许多国家代表的兴趣，现在有必要从成桩机理、承载力计算、技术经济指标等方面作进一步的研究，形成一套与这一技术相配套的设计方法，并研制与之相适应的机械设备，我国的技术在国际市场上才会有很强的竞争力。在设计与施工方面，必须由研究单位、大专院校与设计、施工单位紧密配合，还须建筑业与机械制造业共同协作，才能充分发挥我国社会主义制度的总体优势，才能充分利用人才、技术和资料资源，提高我国桩和深基工程的水平。

与发达国家相比，我国科研、设计与施工各方面、建筑与机械两个行业之间的脱节现象还十分严重。这就需要我们综合运用经济和行政的手段，进一步发挥我国深基础学会的桥梁作用，冲破体制上条块分割的局面，促进我国桩与深基础技术的迅速发展。

作为高等学校，既要充分发挥应用研究成果和国内外信息等方面的优势，又要参与工程技术活动，与设计施工单位取长补短，这样才能在提高我国桩和深基础工程技术水平的过程中发挥应有的作用。

（上接第 103 页）

型，并以非连续体 UDEC－BB 程序计算。该文建议的岩石锚栓与纤维加强喷射混凝土体系对岩体的稳定性评价被判断是正确的。德国的 Maidl 在《隧道衬砌用钢化纤维加强混凝土做的单壳结构的技术与经济优点》中，说明利用钢化纤维加强混凝土与单壳体隧道衬砌的组合能够有效地降低隧道工程的造价，描述了这种结构的几个影响变量。在静力计算中，考虑钢化纤维的使用在于其巨大的韧性，试验结果表明：在两种不同期龄的混凝土中能够实现其剪切承受能力。几个已完工的隧道均证实了单壳体衬砌的经济效益。德国的 Sieler 和 Kluge 在"应用全断面挖掘与喷浆混凝土法在软质岩石中的隧道工程"中，说明在德国中部纽伦堡附近的下卧岩层，其中包括晚三迭纪泥灰岩和砂岩，其母岩通常是一种粘土质的，而且强度低，有较硬岩层及粘土层。在这些岩层中开挖隧道，常用喷浆混凝土法，按照新奥法 NATM 的各中心原则进行。在特殊情况下，首次开挖时，需用一种泥浆屏蔽机械，随后进行全断面挖掘和工作面的永久性支护，这种机械已经用于在地下水位以下的砂土层中。将此机械用于泥灰岩及砂岩中的钻入经验和最近一次用喷浆混凝土法的施工经验比较，效果良好。