

⑤

16-30

结构性粘土研究综述

蒋明镜 沈珠江 邢素英

徐锡荣

(南京水利科学研究院 南京 210024)

(河海大学 南京 210098)

T1143

T11442

摘要 从结构性粘土微观结构、形成机理、力学特性、数学模型、人工制备技术及其剪切带的性状几个方面,介绍国内外学者的研究工作与结论。分析表明:天然土体结构性的成因是多种多样的,结构性土体有其独特的力学特性,常规数学模型已无法描述。反映土体微观结构变化的定量指标有待建立,宏观本构模型需进一步与微观力学模型相结合。结构性土体人工制备方法的突破,扫描电镜技术和微观定量技术的应用,将为土体性质的深入研究建立结构性模型,从而为完善现代土力学理论创造有利条件。

关键词 结构性粘土;微观结构;力学特性;数学模型;人工制备;剪切带

土体的结构性,是指土体颗粒和孔隙的性状和排列形式(或称组构)及颗粒之间的相互作用。绝大多数天然土都有一定的结构性^[1],这种结构性对土的工程性质有强烈的影响^[2]。结构性粘土具结构强度,即土的固体颗粒的特定排列及相互接触处由于孔隙水中析出的沉淀物引起的胶结作用等产生的附加强度。结构性会使土具有较大的孔隙比和较高的含水量。如加拿大的 Louiseville 粘土,含水量高达 69%,孔隙比为 1.9^[3]。结构性粘土的大部分力学特性与超压密土相类似,但它呈脆性破坏,其破坏应变较小。在工程中,结构性土地基往往会在缺乏预兆情况下,产生突然性破坏。人们就自然地很想预估天然土受荷后的变形规律及可能的破损区域,从而为结构物的设计、地基加固设计提供依据。尽管人们对这一问题很重视^[4],但仍缺乏合理的本构模型来描述它。沈珠江认为:21 世纪土力学的核心问题是土体结构性的数学模型^[5],以及与其相应的破损理论。

从广义上讲,正常压密土、超压密土、欠压密土都可能具有结构性^[6]。砂性土也可具有结构性^[7],并且对其动剪模量、动剪强度等有很大影响^[8],使得天然砂土能形成较陡的开挖边坡^[9]。就结构强度而言,按其破损后能否恢复又可分为触变型和非触变型^[10]。本文言及的,主要是指非触变型结构性欠压密粘土。这里就其微观结构与形成机理、力学特性、数学模型、人工制备技术和剪切带的研究现状进行描述。

1 结构性粘土的微观结构及形成机理

Terzaghi^[11]最早注意到土的结构性并提出蜂窝结构,后来 Goldschmit^[12]和 Casagrande^[13]提出了卡片或书本结构。这些都是以单个颗粒的几何排列为基础,用以解释天然沉积土的结构形成作用。Lambe^[14,15]和 Seed^[16]则从压实土着手,强调颗粒定向排列的作用。这些都是从一般化学原理和土的工程性质的不同表示间接推断的。Yong 和 Mitchell 借助于电子显微镜及其它测试手段,将单粒结构发展到团粒结构。Brewer 第一次提出“组构”(fabric)概念。因此,从现代结构概念看,土的微结构主要由结构单元特征、颗粒的排列特征、孔隙性和结构连结四个方面的特征来描述^[17]。Tovey^[18]提出了液氮冻干技术和电镜扫描胶带剥离技术等,为原状土结构的研究创造了有利条件。天然土是各种各样的,谭罗荣^[19,20]对结构性较强的湛江粘土的微观结构特性作了深入的研究。Chandler 等^[21]研究了伦敦土的结构。高国瑞^[22~24]对具有湿陷性的结构性土——中国黄土的微结构与湿陷性进行了研究。肖树芳^[25]对某天然土进行了多角度量化研究。吴义祥^[26]应用计算机图像分析技术从信息熵角度对结构性粘土的结构排列状态作定量分析。刘松玉^[27]则采用粒度分维分析方法进行研究。从这些研究,我们可以看出:天然土体的结构性的成因是多种多样的,土颗粒的矿物成分、沉积条件及孔隙水中的化学成分都会影响土的结构性。在地层形成以后,由于物理、化学、生物

作用等,都会改变原来的结构而形成新的结构.粘性土的微结构具有自相似性,可采用分形几何学的有关理论和方法去研究.应特别说明的是,土体微结构自相似是有条件的,存在着尺度范围低放大倍数下的 SEM(扫描电镜)图片结构,与高放大倍数下的结构迥然不同.然而就结构性欠压密土而言,有两个必要条件:一是微观不稳定结构,如原始絮凝结构^[20];二是颗粒间的胶结强度.

2 结构性粘土的力学特性

2.1 结构性粘土的压缩特性

结构性粘土的压密曲线上,有着明显的结构屈服压力(又称准先期固结压力),它们都大于有效上覆压力.在低于结构屈服压力的范围内,土的压缩性较小,超出结构屈服压力,则压缩性显著增大,最后趋于重塑土的压密曲线^[28~30].这个特点在等向压密曲线上也十分明显^[31~35].在现场,也存在这一现象^[36,37].这种由于结构性而引起的超越现象,与应力历史引起的超压密土、长期荷载作用下的二次压缩形成的老粘土的区别,在于同一应力状态下,前者的孔隙比大于重塑样的孔塑比^[13,30,38].

2.2 结构性粘土的应力应变关系

对结构性强度较高的结构性粘土,在三轴固结排水压缩试验中,当固结压力低于其结构屈服压力时,应力应变关系呈“应变软化型”;当固结压力高于结构屈服压力时,应力应变关系呈“应变硬化型”.在固结不排水压缩试验中,孔隙压力的变化规律亦随固结压力与结构屈服压力两者之间的大小关系不同而不同,会出现 Skempton 系数大于 1 的情况.而对结构强度低的结构性粘土,应力应变关系呈双曲线型^[28].

2.3 结构性粘土的极限面和初始剪切模量

结构性粘土具有明显的极限面,它是由单向、等向压密试验的结构屈服压力和三轴固结不排水压缩试验中的峰值应力决定的.在极限面内,土体性质近乎弹性^[3,34].初始剪切模量不是常量,其值受极限面形状等因素的强烈影响.

2.4 结构性粘土的各向异性

结构性粘土有较强的各向异性,这种各向异性是在其初始沉积时形成的,一直到结构的形成仍然存在.这种各向异性,在其单向和等向压密试验上得到反映^[3],并且造成抗剪强度的各向异性^[28].这在实际工程中也有反映^[29,30,39].

2.5 结构性粘土的固结系数和渗透系数

Yong 等^[40]和张诚厚^[28]的研究表明:结构性粘土在应力小于结构屈服应力时,其固结系数基本为

一常数,当应力增大到结构屈服应力附近,其固结系数急剧降低,最后与重塑样的固结系数接近,也基本为一常数.

以往人们认为,结构性粘土比重塑土具有更开放的结构,其渗透系数应大一些. Delege^[29]通过扫描电镜技术, Lapierre 等^[41]通过水银注入法,对结构性粘土固结过程中的渗透性研究表明:同样孔隙比时,结构性粘土的渗透系数与重塑土基本相同,这与以往人们的理解不同.

3 结构性粘土的数学模型

3.1 微结构模型

微结构模型实质上是对土体颗粒及孔隙的排列、形状、接触关系的组合形式的一种类型划分^[17].比较著名的有 Qsipov^[42]归纳的八种类型的微结构模型,以及高国瑞^[43]提出的综合分类方案.这些仅用于对土体作定性分析,而要想对土体作定量化分析,则需借助于直接手段和间接手段,建立结构要素的量化形式^[44].刘松玉^[27]提议基于土工试验的粒度分维表示法:

$$D = 3 - b \quad (1)$$

其中 b 为双对数坐标下 $M(r)/(M-r)$ 的直线段的斜率,而 M 为土样的总质量, $M(r)$ 为粒径小于 r 的颗粒累计质量.

Matuso 等^[45]引入的基于统计方法的结构因子概念也比较有代表性:

$$M = \frac{1}{\sum n_i} \sqrt{(\sum n_i \sin 2\theta_i)^2 + (\sum n_i \cos 2\theta_i)^2} \quad (2)$$

式中: M 为结构因子,表示颗粒的定向程度; θ_i 表示所观得的第 i 组颗粒的倾角; n_i 为该组所观测到的颗粒数.

理论上,能反映结构强度的是描述结构状态的结构熵(E)^[26]:

$$E = E_{\text{排列}} \& E_{\text{颗粒}} \& E_{\text{连结}} \quad (3)$$

其中 $E_{\text{排列}}$ 和 $E_{\text{颗粒}}$ 都已给出表达式^[26],而 $E_{\text{连结}}$ 的表达式至今未见报道.

施斌^[46]借助 SEM 图片微观定量测试技术,提出了描述土体各向异性的几个指标,在此基础上,针对重塑样建议了一个蠕变微观力学模型.

需要指出,以上这些描述量,都是针对某一状态而言,或是针对重塑土,如何表述结构性土在外荷作用下其微观结构的变化,是一个尚未解决的问题,沈珠江^[47]设想了几种描述方法,如破损率、定向率等,这些都有待进一步论证.

3.2 宏观本构模型

人们一直很注意土体结构性对实际工程的影响^[4], Nagaraj 等^[48]和 Joshi 等^[49]则试图建立天然孔隙比、无侧限抗剪强度、液塑限、结构屈服压力等因素之间的关系式,应该说这种考虑是一种经验性的,实际上工程迫切需要一个反映土体结构性的本构模型。

沈珠江率先把损伤力学应用于土体,认为天然结构性土的逐渐破损,是从原状土逐渐向扰动土的变化过程。随后提出结构性粘土的弹塑性损伤模型^[50]和非线性损伤力学模型^[51],并进行了平面固结计算。接着又提出能描述脆性破坏的胶结杆元件并进行了多种结构性土的几种应变路径模拟,近来又提出了广义吸力模型来描述粒间作用力^[52],在此基础上,蒋明镜等^[53]提出了结构吸力模型,研究模型参数的测定方法,进行了一系列的常规试验与非常规试验,并与数值模拟进行了对比。研究表明该模型能同时反映“硬化”与“软化”应力应变关系特点,以及不同应力路径下土体的结构破损特点。日本的 Fusao Oka 等^[54]则仿照内时理论,建议了一个用应力张量、应力历史张量和内变量描述的弹塑性模型,试图模拟结构性粘土的“硬化型”和“软化型”应力应变关系,但它只能模拟出其中的一种,主要模型参数随应力路径不同而不同,且参数的确定也是一个问题,其它模型则未见报道。

然而,试验表明^[55]:结构性粘土在低围压情况下出现应变软化和剪切带的同时,会呈现轻微剪胀特性。为此,沈珠江^[56]提出了砌块体理论,认为原状土类似于由砌块体与粘合面组成。受力以后,在胶结薄弱处先产生裂缝,然后大块体逐渐变成小块体颗粒,最后形成剪切带。这一理论正确与否,我们将在下面进一步说明。

4 结构性粘土的人工制备

由于取土、运输、制样的过程,对土体产生了不可避免的很大扰动^[57],从而影响了人们对天然土结构性的深入研究。人们一方面努力提高取土技术,减少取样扰动^[58],另一方面则考虑这种扰动^[59]。一些学者则试图人工制备出与天然土性状相同的试样,进行分析研究。Saxena 等^[60]和 Clough 等^[61]通过在砂土中放入水泥来制备结构性砂土,并与天然结构性砂土的试验作了对比,应该说这是不完善的。Maccarini^[62]在他的博士论文中,介绍了通过在砂土中掺入淤泥的“燃烧法”,来制备结构性砂土,研究结构强度和密度的影响。Sudhakar 等^[63]则试图通过“湿干法”来制备出具有天然土湿陷性的试样,效果不太明显。蒋明镜和沈珠江则构思了一种全新的制备结构性粘土的方法^[64]:

在土料中同时混入冰粒和水泥,冰粒融化后形成大孔隙,水泥水化后形成胶结键,从而复制了天然土的高孔隙比和结构强度双重性。试验表明:人工制备样,在微观结构、压缩性质、固结系数、应力应变关系、强度包线、孔隙压力系数和试样破坏形状等方面,与天然结构性粘土的规律完全一致。这为结构性粘土的研究,创造了十分有利的条件。

近来,蒋明镜和沈珠江^[65]通过在粉土中掺入微量 CaO,与水反应形成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,再通入 CO_2 气体,从而模拟出湿陷性黄土颗粒之间 CaCO_3 胶结作用,成功地人工制备出结构性湿陷性黄土,湿陷系数达 0.07。并研制出复杂广义应力路径试验设备,对该样进行系统力学研究,又借助 SEM 采用微观定量技术,对之进行微观研究,结果表明:制备结构性湿陷性黄土的力学性质与天然黄土完全一致;流行于西方的非饱和弹塑模型不能描述天然黄土的特性;黄土的结构破损应力与广义结构破损应力,对其变形、湿陷后孔隙的分布、各向异性以及微裂缝的产生有很大影响;结构性黄土存在一“湿陷线”等等。

5 结构性粘土剪切带的研究

土体的逐渐破损理论是当今力学界和岩土力学界的焦点问题,应变软化关系在三轴剪切带试验这一边值问题中,就会出现应变局部化(剪切带)。为此各国学者都十分重视对剪切带的研究, Lade 等^[66]、Rhee 等^[67]、Viggiani 等^[68]分别研究了 Chicago 冰川土、Vallericca 硬粘土的剪切带对土体力学性状的影响。Hicher 等^[69]则研究出了压实粘土剪切带形成的边界条件、试样尺寸等影响因素。蒋明镜和沈珠江^[70]借助于常规试验、SEM 和微观结构定量测试技术,率先就结构性粘土剪切带的形成,从宏观力学条件,到微观结构变化进行分析研究。研究表明:只有在土体团粒(颗粒)间有足够的结构强度 σ_c ,并当围压 σ_3 小于 σ_c 一定程度时,进行三轴剪切试验,才会形成剪切带;剪切带的倾角不符合 Roscoe 理论,与 Mohr-Coulomb 理论较一致。结构性粘土的剪切带由两个不平整剪切面和中央“夹层土”构成。剪切带形成后,该“夹层土”团粒间、团粒内结构全部破坏,呈强烈剪缩特性;剪切面上定向性极强,大孔隙变大,小孔隙变小,剪胀与剪缩并存,该面总体呈较强剪缩特性。“夹层土”和不平整剪切面的存在,使得剪切带形成时,试样宏观呈一定的剪胀性;这些特性可用沈珠江砌块体理论解释。剪切带内外土体结构是逐渐变化的,存在一结构杂乱的过渡区,剪切带的厚度在宏观上、微观上存在差异。剪切面上各向异性极强,带外土基本各向同性,带内土介于两者之间。带外土孔

隙形状最圆滑,剪切面上最狭长,带内土亦介于两者之间;而孔隙比从大到小依次为带外土、剪切面、带内土。剪切带的形成,还使得粒径分布曲线发生很大变化。

6 结 语

天然土体具有结构性,对之进行研究怎么强调也不过分。本文介绍了国内外学者在这方面的一些研究成果与结论,同时也介绍了笔者近期一些工作。我们认为,以往土体本构模型的研究,都是针对重塑土。建立土体结构性模型是现代土力学的核心问题。土体结构性模型的建立,必须从微观结构性指标、微观结构性模型着手,最终建立宏观力学模型,其中需用到土体微观测试技术、统计力学以及微结构单元体模型。在测试方面,关键是如何拍摄到连续加荷条件下,土体微结构的变化;在数值模拟方面,有必要把大变形理论、结构性模型、剪切带数值模拟技术相结合,从而最终建立与完善现代土力学理论框架。

参考文献

- Mesri G. Discussion. J Geotech Engng Div, ASCE, 1975, 101 (GT4): 409 ~ 412
- Leroueil S, Vaughan P R. The general and congruent effects of structure in natural soil and weak rock. Geotechnique, 1990, 40 (3): 467 ~ 488
- Lefebvre G. Contribution a l'etude de la stabilite des pentes dans les argiles cimentees: [dissertation]. Qurbec: Laval University, 1970
- Burland J B. Ninth Laurits Bjerrum Memoria Lecture "small is beautiful"—the stiffness of soils at small strains. Can Geotech J, 1989, 26: 499 ~ 516
- 沈珠江. 土体结构性的数学模型——21 世纪土力学的核心问题. 岩土工程学报, 1996, 18(1): 1 ~ 6
- 李作勤. 有结构强度的欠压密土的力学特性. 岩土工程学报, 1982, 4(1): 34 ~ 45
- Lee K L. Adhesion bonds in sands at high pressure. J Geotech Engng Div, ASCE, 1997(GT8): 908 ~ 1013
- Anderson D G, Stoke K H. Shear modulus, a time dependent soil property. In: Dynamic Geotechnical-Testing. Am Soc Testing and Materials. Special Tech Publication 654. 66 ~ 90
- Stiar N. Slope stability in coarse sediments. In: Proc Symp Geological Environment and Soil Properties, Houston. ASCE, 1983: 82 ~ 98
- 李作勤. 粘土的压密状态及其力学性质. 岩土力学, 1982, 3(1): 45 ~ 54
- 塔萨奇·泼克. 工程实用土力学. 蒋彭年译. 北京: 水利电力出版社, 1960
- Collins K, Megown A. The form and function of microfabric feature in a variety of natural soils. Geotechnique, 1974(2)
- Casagrande A. The structure of clay and its importance in foundation engineering. J Boston Soc Civil Eng, 1932, 19
- Lambe T W. The structure of compacted clay. J SMFD, ASCE, 1958, 84(SM2)
- Lambe T W. The engineering behaviour of compacted clay. J SMFD, ASCE, 1958, 84(SM2)
- Seed H B & C K. Structure and strength characteristics of compacted clays. J SMFD, ASCE, 1959, 85(SM5)
- 胡瑞林等. 粘性土微结构定量模型及其工程地质特征研究. 北京: 地质出版社, 1995
- Tovey N K. Quantitative analysis of electron micrographs of structure. Inter Congress for Soil Structure. Gethenburg, 1973
- 谭罗荣. 粘性土微结构定向性的 X 射线衍射研究. 科学通报, 1981(4): 236 ~ 239
- 谭罗荣, 张梅英. 一种特殊土微观结构特性的研究. 岩土工程学报, 1982, 4(2)
- Chandler R J, Apted J P. The effect of weathering on the strength of London clay. Q J Engng Geol, 1988, 21: 59 ~ 68
- 高国瑞. 兰州黄土显微结构与湿陷机理探讨. 兰州大学学报, 1997(1)
- 高国瑞. 中国黄土的湿陷性. 中国科学, 1980(12)
- 高国瑞. 中国黄土的微结构. 中国科学, 1980(20)
- 肖树芳等. 泥化夹层的组构及强度蠕变特性. 长春: 吉林科学技术出版社, 1991
- Wu Y X. Quantitative approach on microstructure of engineering clay. In: 6th Congress of IAEG, Amsterdam, 1990
- 刘松玉等. 试论粘土粒度分布的分析结构. 工程勘察, 1992(2)
- 张诚厚. 两种结构性粘土的土工性质. 水利水运科学研究, 1983(4): 65 ~ 71
- Deleg P, Lefebvre G. Study of the structure of a sensitive champlain clay and evolution during consolidation. Canadian Geotechnical Journal, 1984, 21: 21 ~ 25
- Quigley R M, Thompson C D. The fabric of anisotropically consolidated sensitive marine clay. Canadian Geotechnical Journal, 1996, 3: 40 ~ 45
- Mitchell J K. On the yielding and mechanical strength of Leda clay. Can Geotech J T, 1970(3): 297 ~ 312
- Sangrey D A. Naturally cemented sensitive soils. Geotechnique, 1972, 22(1): 139 ~ 152
- Crooks J H A, Graham J. Geotechnical properties of the belfast estuarine desposis. Geotechnique, 1976, 26(2): 293 ~ 315
- Graham J, Noonan M L, Lew K V. Yield states and stress-strain relationship in a natural plastic clay. Can Geotech J, 1983, 20 (3): 502 ~ 516
- Moulin G. Etat limite d'une argile naturelle—l'argile de por-nic: [dissertation]. University de Nantes France, 1988
- Pelletier J H, Olsen R E, Rixner J J. Estimation of consolidation properties of clay and field observations. Geotech Testing J, 1974, 2(1): 34 ~ 43
- Kabbaj M, Tavenas F, Leroueil S. In-situ and laboratory stress-strain relations. Geotechnique, 1988, 38(1): 83 ~ 100
- Mesri G, Rokhsar A, Bohor B F. Composition and compressibility of typical samples of Mexico City clay. Geotechnique, 1975, 25(3): 527 ~ 554
- Lo K Y, Morin J P. Strength anisotropy and time effects of two sensitive clays. Can Geotech J, 1972, 9(3): 261 ~ 277

- 40 Yong R N, Nanaraj T S. Investigation of fabric and compressibility of a sensitive clay. In: Proceedings International Symposium on Soft Clay, Asian Institute of Technology, Bangkok, 1977: 327 ~ 333
- 41 Lapierre C, Leroneil S, Locat J. Mercury intrusion and permeability of Louiseville clay. In: Canadian Geotechnical Conference, 1989. 23 ~ 25
- 42 Osipov V L. Physico-chemical fundamentals of soil microrheology. In: 6th Congress of IAEG, Amsterdam, 1990
- 43 高国瑞. 细粒土组构专门术语、概念和分类命名的初步方案. 水文地质工程地质, 1986(1)
- 44 谭罗荣. 土的微观结构研究概况和发展. 岩土力学, 1983, 4(1): 73 ~ 85
- 45 Matuso S, Kamon M. Microscopic study on deformation and strength of clays. 见: 第九届国际土力学和基础工程会议文集
- 46 施斌. 粘性土微观结构的定量技术与微观力学模型: [学位论文]. 南京大学, 1995
- 47 沈珠江. 当前非饱和土力学研究中的若干问题. 见: 区域性土的岩土工程问题学术讨论会论文集. 北京: 原子能出版社, 1996. 1 ~ 10
- 48 Nagaraj T S, et al. Analysis of sensitive soils. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 1990, 116(1): 105 ~ 118
- 49 Joshi R C. An approximate method for estimating the consolidation behavior of soft sensitive clays. Geotechnical Testing Journal, 1994, 17(1): 55 ~ 56
- 50 沈珠江. 结构性粘土的弹塑性损伤模型. 岩土工程学报, 1993, 15(3): 1 ~ 6
- 51 沈珠江. 结构性粘土的非线性损伤力学模型. 水利水运科学研究, 1993(4)
- 52 沈珠江. 广义吸力和非饱和土的统一变形理论. 岩土工程学报, 1996, 18(2): 1 ~ 10
- 53 Jiang Mingjing, Shen Zhujiang. A structural suction model for structured clays. In: 2nd International Conference on Soft Soil Engineering, Nanjing, China, 1996. 231 ~ 247
- 54 Fusao Oka S L, Tanenas F. A constitutive model for natural soft clay with softening. Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1989, 29(3): 54 ~ 66
- 55 蒋明镜. 结构性粘土的本构模型和土体逐渐破损分析: [学位论文]. 南京: 南京水利科学研究所, 1996
- 56 沈珠江. 现代土力学的基本问题. 见: 现代力学与科技进步——庆祝中国力学学会成立 40 周年. 北京: 清华大学出版社, 1997. 119 ~ 123
- 57 魏汝龙. 软土的强度和变形. 北京: 水利电力出版社, 1986
- 58 魏汝龙. 软粘土取土技术及其改进. 岩土工程学报, 1986, 8(6): 113 ~ 125
- 59 Baligh M M, Azzouz A S, Chin C T. Disturbances due to ideal tube sampling. J Geotech Engng Div, ASCE, 1987, 113: 739 ~ 757
- 60 Saxena S K, Lastrico M. Static properties of lightly cemented sand. J Geotech Engng Div, ASCE, 1978, 104(GT12): 1449 ~ 1464
- 61 Clough G W, Sitar N, Buchus R C, Shaffi N. Cemented sands under static loading. J Geotech Engng Div, ASCE, 1981, 107(GT6): 799 ~ 817
- 62 Maccarinic M. Laboratory studies of weakly bounded artificial soil: [dissertation]. University of London, 1987
- 63 Sudhakar M R, Asuris Konanur P R. Collapse behavior of an artificially cemented clayey silt. Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, 1995, 18(3): 334 ~ 341
- 64 蒋明镜, 沈珠江. 结构性粘土试样人工制备方法研究. 水利学报, 1997(1): 56 ~ 61
- 65 Jiang Mingjing, Shen Zhujiang. A method of artificial preparation of structured collapsible loess samples. In: Accepted by the 2nd International Conference on Unsaturated Soils, Beijing, 1998, 5
- 66 Lade P V, Tsai J. Effects of localization in triaxial tests on clays. In: Proc XXist Int Conf Soil Meth Found Eng, San Francisco, 1985. 549 ~ 552
- 67 Rhee Y. Experimental evaluation of strain softening behaviour of normally, consolidated Chicago clay in plane strain compression: [dissertation]. Evanston, IL: Northwestern University, 1991
- 68 Viggarni G, Finno R J, Harris W W. Experimental observations of stain localisation in plane strain compression of a stiff clay. In: Proc 3rd Int Workshop Localisation Theory for Soils and Rocks Aussois, Balkema, 1993. 189 ~ 198
- 69 Hicher P Y, Wahyudi H, Tessier D. Microstructure analysis of strain localisation in clay. Computers and Geotechnic, 1994, 16: 205 ~ 222
- 70 蒋明镜, 沈珠江. 结构性粘土剪切带的微观分析. 岩土工程学报, 1998, 20(2): 102 ~ 108

(收稿日期: 1997-09-27 编辑: 熊水斌)

· 简讯 ·

中国水利学会勘测专业委员会 1998 年 学术交流会在洛阳召开

中国水利学会勘测专业委员会 1998 年学术交流会于 1998 年 10 月 24 ~ 27 日在河南洛阳召开。勘测专业委员会顾问、著名水利专家、水利水电规划设计总院姜国杰, 原勘测专业委员会主任委员、湖南省水电厅厅长金德濂, 长江水利委员会勘测局技术委员会主任、国家级勘测大师陈德基, 洛阳市科协主席席家山等专家和领导出席了会议并作了讲话。勘测专业委员会主任委员、黄河水利委员会设计院席家治院长致开幕词。参加会议的有全国水利水电生产、科研及高等院校等 31 家单位的 72 位代表。会议收到论文 60 余篇, 有 15 篇论文作了大会交流。会议还邀请黄河水利委员会、长江水利委员会及成都市水利电力勘测设计院等有关专家专题介绍了小浪底、三峡及二滩三大工程的建设情况及主要工程地质问题, 并现场考察了建设中的小浪底工程。水利水电规划设计总院勘测处的领导就提高勘测质量和勘测工作地位作了专题发言。大会宣布成立勘测专业委员会物探学组和重新确认了地质、钻探、物探及测量学组的负责人及挂靠单位。本次学术交流会是一次交流新技术、新方法、新经验的会议。会议开得圆满成功。

(张勤供稿)