

# 用孔压静力触探求固结系数的研究

孟高头 王四海 张德波 刘事莲

(中国地质大学工程学院, 武汉 430074)

**摘要:** 为探讨利用孔压静力触探求取土层固结系数的可行性与规律, 在珠江三角洲软土地区进行了大量孔压静力触探超孔压消散试验. 对试验场地、设备和方法作了简明扼要地介绍, 重点分析了试验机理及结果, 并将孔压消散试验估算的固结系数与室内固结试验得到的试验值以及现场沉降资料反算值作了比较, 证明它们之间有很好的规律性, 且用孔压静探所求固结系数更接近于实际值.

**关键词:** 孔压静力触探; 室内试验; 固结系数.

中图分类号: P642.25 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)01-0093-06

**作者简介:** 孟高头, 男, 教授, 1944年生, 1969年毕业于北京地质学院水文地质与工程地质专业, 现主要从事岩土工程、岩土体测试等方面的教学与研究.

在珠江三角洲等软土地区修建高路堤的高等级公路、高层建筑等大型工程时, 对地基土的时间—沉降性状的可靠估计需要对固结系数作出正确评定, 特别是用预压排水固结法处理深厚软弱土地基时更是这样. 因为地基土固结系数的正确测试与选择对地基处理设计、施工的经济性和实用性具有关键意义. 长期以来, 固结系数通常由室内试验测定, 有时也采用原位测试来获得, 如螺旋板载荷试验、扁铲侧胀仪试验. 在众多工程实践中, 室内试验是最普遍的方法, 但由于软土样易扰动等原因, 它所得固结系数与实际存在较大偏差, 当地基中有较多薄砂层或软弱夹层时, 误差可能更大, 且必须经过钻探、取样、室内试验这一复杂的过程, 费时费力, 也不经济. 而上述原位测试技术因其测试深度浅等局限性, 极少采用. 固结系数亦可以利用在施工期、预压期和营运期荷载作用下的沉降过程线、孔隙水压力(以下简称孔压)消散过程线反算求得, 该法可以较好地反映实际情况, 但是只能用来验证设计参数的正确与否. 一种近20年才发展起来的新的土体原位测试技术——孔压静力触探(以下简称孔压静探)试验的应用, 为快速有效地在原位测定土层固结系数提供了可能.

## 1 现场试验概况

### 1.1 试验设备和方法简介

本次孔压静探试验的主要设备为触探主机、孔压探头、量测仪表和饱和装置. 所采用孔压探头的锥底面积为  $10 \text{ cm}^2$ , 锥角为  $60^\circ$ , 透水滤器位于圆柱面上紧靠锥底处, 如图1所示. 该型探头为国内浙江南光地质仪器厂生产. 量测仪表为静态电阻应变仪.

孔压量测系统的饱和是获得可靠数据的关键步骤. 如果饱和不完全、系统夹气, 则会影响孔压的最大值和消散历时, 给参数计算带来较大的误差. 我们采用真空抽气法, 饱和装置为专用的轻便式真空容器, 饱和液体采用凉开水, 整个抽气持续时间超过15 min, 从而保证了孔压传递系统的饱和性.

试验时, 探头以  $2 \text{ cm/s}$  的速率被贯入土体中, 至预定深度停止贯入, 以停止瞬间作为超孔压初始消散时间, 并按一定的时间间隔记录各个时刻的超孔压消散值.

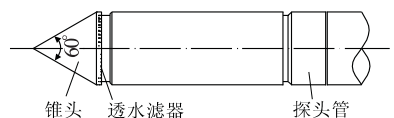


图1 孔压探头结构示意图

Fig. 1 Sketch of piezo-cone

收稿日期: 2000-05-11

基金项目: 广东省科委研究资助项目“孔压静力触探在珠江三角洲地区应用研究”(粤交科函(1998)40号).

表 1 台山二标试验段淤泥的物理力学性质指标统计

Table 1 Statistical geotechnical properties of silts in Taishan testing section

项目	含水量 $\omega/\%$	容重 $\gamma/$ ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	土粒 比重 $G$	液限 $\omega_l/\%$	塑性 指数 $I_p$	压缩系数 $a_{v1-2}/\text{MPa}^{-1}$	压缩模量 $E_{s1-2}/\text{MPa}$	固结系数 $C_v/$ ( $10^{-3} \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )	凝聚力 $C/\text{kPa}$	摩擦角 $\Phi/(\circ)$
(统计数)	(29)	(29)	(29)	(27)	(27)	(29)	(29)	(32)	(28)	(28)
最大值	102.70	16.20	2.75	64.50	32.20	4.53	1.63	2.78	17.90	8.00
最小值	66.40	14.40	2.69	46.30	17.30	1.84	0.66	0.42	3.10	0.00
平均值	84.30	15.30	2.72	54.90	24.70	3.09	0.94	0.70	10.50	3.70
均方差	11.50	0.60	0.02	5.30	3.70	0.90	0.22	0.42	4.20	2.30
变异系数	0.14	0.04	0.01	0.10	0.15	0.89	0.25	0.60	0.40	0.62

注:室内试验固结系数对应的荷重为 200 kPa,下同。

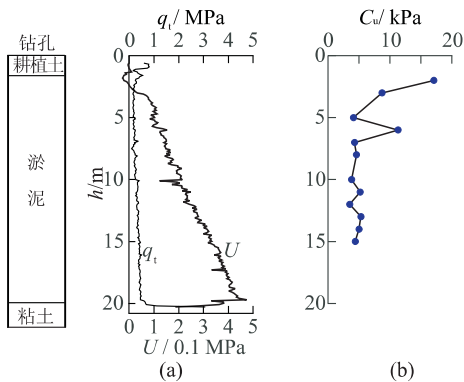


图 2 台山二标 C 断面原位测试试验曲线

Fig. 2 In-situ test curves in section C

a. 孔压静探曲线; b. 十字板剪切试验曲线; U. 超孔隙水压力;  $q_t$ . 锥尖阻力;  $C_u$ . 土的不排水剪切强度。

## 1.2 试验场地

所有试验场地均位于珠江三角洲地区。根据不同地段的工程地质条件和工程特性,将其分成两大部分作简要介绍。

(1) 广东西部沿海高速公路台山二标试验段。台山二标试验段位于广东省台山市田头镇境内,里程起讫号为:K22 km+90 m~K22 km+390 m,全长约 300 m。勘察资料显示,该段地层由上至下大致可分为:①耕植土。褐黑色,夹有植物根系,厚度约为 1.0~2.0 m;②淤泥层。其性质极差,含水量高,压缩性大,强度低,厚度由东向西逐渐变薄,厚度约为 15~20 m;③砂土层。该试验段淤泥的物理力学性质指标见表 1,其 C 断面的原位测试试验曲线见图 2。

(2) 京珠高速公路广珠段。该场地包括灵山、横沥试验段等,范围为 K23 km+670 m~K42 km+550 m。

灵山试验段位于番禺市灵山镇庙南村,试验段全长 353.43 m,地基处理方法主要为砂井堆载预压固结排水法,其中袋装砂井作竖向排水体。为进行对

比研究,作了如下工作:钻探取样(2 孔)、孔压静力触探(4 孔)、十字板剪切试验(2 孔)及原位监测。据钻探及原位测试结果,可将本场地地层自上而下依次划分为:①耕植土。厚 0.7~1.2 m;②淤泥。厚 8.4~16.0 m;③淤泥质粘土夹少量中细砂。厚 3.4~6.4 m;④淤泥质粘土。

横沥试验段地处番禺市横沥镇新兴村,起讫桩号为 K28 km+765 m~K29 km+70 m。地基处理方法同灵山试验段。钻探取样(3 孔)及大量的孔压静力触探、十字板剪切试验的结果表明,该场地地质条件较为复杂,存在大量薄砂夹层,淤泥中含较多粉细砂粒。地层大致可分为:耕植土,淤泥,粘土,粉质粘土,砂土。横沥试验段和灵山试验段相比,淤泥层明显变薄。

本次试验范围很广,文中仅列出部分数据采集地点的里程及断面号:K23 km+670 m, K23 km+850 m, K28 km+765 m, K28 km+995 m, K35 km+305 m, K37 km+947 m 以及 K41 km+105 m。

在这些断面中,均已进行了钻探取样室内试验、孔压静力触探、十字板剪切试验。表 2 是其中一个典型断面(横沥试验段)土层的物理力学性质试验值。

## 2 试验机理及结果

### 2.1 孔压消散的基本理论

当孔压静探头贯入土层时,其周围土层中的应力、应变及孔隙水压力均产生重分布,分布规律很复杂,其机理相当复杂,而且透水滤器位于探头的不同部位,都将引起超孔压值及其消散过程的变化,亦将导致不同的理论解释。本次所用孔压静探探头的透水滤器位于圆柱面上锥头之后,超孔压量测值比较稳定。此时超孔压的消散接近于水平径向扩散(因此孔压静探在土层中所估算的为水平向固结系数  $C_h$ ),

表 2 K28 km+765 m 断面土层的物理力学性质

Table 2 Statistical geotechnical properties of soils in K28 km+765 m section

土名	层厚/ m	$\omega/\%$	$\gamma/$ ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ )	$e_0$	$I_p$	$a_{v1-2}/$ $\text{MPa}^{-1}$	$E_{s1-2}/$ $\text{MPa}$	$C_v/$ ( $10^{-3}\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ )	$C/\text{kPa}$	$\Phi/(\text{^\circ})$	$q_u/$ $\text{kPa}$	$C_u/$ $\text{kPa}$	$q_t/$ $\text{MPa}$
耕植土	0.8										9.6	0.70	
淤泥	1.8	41.2	17.8	1.73	17.0	0.75	2.40	0.32			6.4	0.34	
淤泥质粉质粘土	2.0										20.0	0.81	
砂土	0.4											3.20	
淤泥质粘土	13.6	45.7	17.6	1.42	17.6	1.15	4.19	3.57	6.8	3.1	41.7	10.6	
淤泥质粉质粘土	5.2	40.3	17.8	1.09	10.1	0.90	2.23	0.82	11.9	6.5	56.6	1.20	

注:  $C_u$  为十字板不排水抗剪强度,  $q_t$  为锥尖阻力; 其余参数意义同表 1.

表 3 时间因数的确定

Table 3 Time factor

刚性指数 $I_r$	$T_{50}$				
	10	50	100	200	
破坏	1/3	1.145	2.487	3.524	5.025
孔压系数	2/3	1.593	3.346	4.761	6.838
$A_t$	4/3	2.095	4.504	6.447	9.292
	4/3	2.622	5.931	8.629	12.79

注:  $I_r$  土的刚度指标;  $A_t$  土破坏时的孔隙水压力系数.

其过程可视为周围土体的固结, 按 Terzaghi 固结理论, 孔压消散的轴对称固结方程为:

$$C_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (1)$$

式中:  $u$  为孔隙水压力,  $C_h$  为水平向固结系数,  $r$  为任一点距探头中心的水平距离,  $t$  为消散时间.

上述的固结微分方程, 在满足超孔压的初始条件以及边界条件下, 可以求解, 即得到式  $C_h = T r_0^2 / t$ , 这就是由孔压静探超孔压消散曲线估算出的某一深度土层的固结系数, 其中,  $r_0$  为探头半径,  $T$  为时间因数. 当然用 Terzaghi 固结理论推导固结微分方程时, 有一系列简化假设: 土是均质各向同性线弹性介质; 完全饱和; 土粒与水的压缩忽略不计; 固结过程总压力不随时间变化; 渗透系数保持为常数.

但由于超孔压初始分布的不确定性、土为非均质各向异性的非线性介质, 在固结过程中固结系数、渗透性不是一成不变的, 所以用上述理论计算也是近似的估算. 另外, 超孔隙水压力的初始分布对计算结果具有一定影响, 这种影响随着固结时间的增加越来越明显<sup>[1]</sup>; 而另一方面, 探头停止贯入后锥尖周围土体中的应力松弛对固结初期的超孔压的消散也有一定影响, 因而作为计算点的固结时间又不宜过短. 目前国内外均倾向于取  $U=50\%$  时的  $t_{50}$  和  $T_{50}$  值以计算固结系数, 见下式:

$$C_h = T_{50} r_0^2 / t_{50} \quad (2)$$

式中:  $t_{50}$  是对应于固结度为 50% 的消散时间, 可从实测曲线中求得;  $r_0$  为探头半径, 在本文中,  $r_0 = 1.784\text{cm}$ ;  $T_{50}$  为对应于固结度为 50% 的时间因数,  $T_{50}$  按表 3 确定.

### 2.2 固结系数的计算

为求取土层的固结系数, 可先将所得孔压消散曲线归一化, 得到归一化超孔压消散曲线(图 3), 从图中可直接读取  $t_{50}$ , 按式(2)即可计算出固结系数. 具体计算步骤可参见文献[2].

### 2.3 孔压消散过程曲线

孔压静探探头在某一深度停止贯入, 超孔压立刻开始消散. 不同的土层, 其性质各异, 如渗透性、压缩性、强度等, 从而导致孔压消散特性亦有所不同, 主要表现在两方面: 消散历时和消散速率. 两者可分别用消散时间  $t_{50}$  和孔压对时间的一阶导数  $du/dt$  表示.

图 3 为孔压静探归一化超孔压消散曲线. 从曲

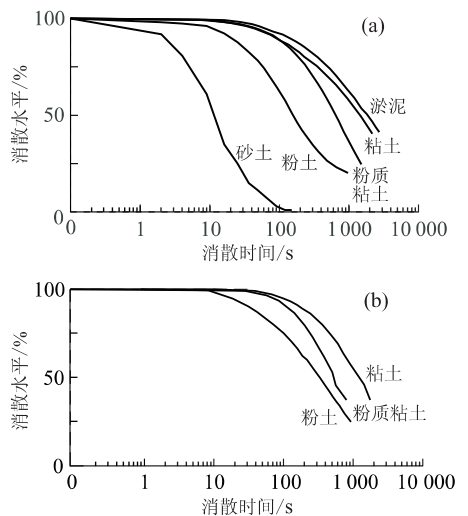


图 3 归一化超孔压消散曲线

Fig. 3 Dissipation curves of excess pore pressure  
a. 横沥试验段 D 断面试验曲线; b. 横沥试验段 E 断面试验曲线

表 4 孔压静探消散试验及室内固结试验所求固结系数

Table 4 Consolidation coefficients determined by CPTU and laboratory test

消散点号	深度/m	$C_h$	土样编号	土层	深度/m	$C_v/(10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$			
						$C_{v50}$	$C_{v100}$	$C_{v200}$	$C_{v400}$
74-3	7.8	12.7	ZK6-4	淤泥	7.7		1.20	1.25	
74-7	17.8	4.41	6-9	粘土	18.1		0.44	0.501	
76-4	13.0	16.5	ZK7-4	粘土	13.4		28.04	9.03	
76-6	16.0	21.2	7-6	粉质粘土	16.4		3.19	3.09	
76-7	19.0	11.7	7-7	粘土	19.1		1.52	1.69	
76-8	21.0	17.7	7-8	粉质粘土	21.1		2.53	2.94	
76-9	22.6	28.3	7-9	粉质粘土	22.7		2.06	2.37	
78-2	7.1	76.5	ZK9-5	粉土	7.2	6.09	7.72	7.42	4.14
78-6	14.0	7.65	9-10	粘土	14.4	3.00	0.56	1.17	0.67
78-10	21.0	71.7	9-15	粉土	21.4	8.48	6.61	6.24	5.38
80-4	10.2	31.5	ZK10-7	淤泥	10.1	3.37	4.06	4.68	3.07
80-6	17.0	14.7	10-9	粉质粘土	16.9	3.20	1.46	1.76	3.12
80-10	24.6	13.0	10-13	粘土	24.7	1.35	3.38	1.36	
81-3	5.6	12.0	ZK11-4	淤泥	5.7	5.27	3.13	2.96	6.42
81-4	6.6	7.17	11-5	淤泥	6.9	3.30	3.64	3.33	4.34
81-5	9.0	4.63	11-6	淤泥	9.4	1.45	1.31	2.50	3.17
83-2	6.6	8.69	ZK12-3	淤泥	6.6	1.28	0.89	1.07	0.99
83-3	9.4	3.82	12-4	粘土	9.1	0.91	0.76	1.18	2.23
83-8	21.6	10.2	12-9	粉质粘土	21.9	0.36	1.29	0.69	
84-4	15.0	3.28	ZK13-7	淤泥	15.1	0.38	2.32	0.73	0.68
84-7	21.5	11.5	13-11	粉质粘土	24.3	2.09	1.69	1.89	2.38

注:  $C_{v50}$  表示室内固结试验压力为 50 kPa 时所求固结系数,  $C_{v100}$ ,  $C_{v200}$ ,  $C_{v400}$  依次类推。

线中可以看出,同一种土的孔压消散性质大致相似,而不同土差别就较大。

为了更好地探究软土的特性,我们在研究中将软土划分出来。珠江三角洲软土中的孔压消散很慢,  $t_{50}$  介于 600~3 400 s, 整个消散时间长达几小时,如图 4 为广珠段 CPTU43 在 6.5 m 处的超孔压消散曲线。

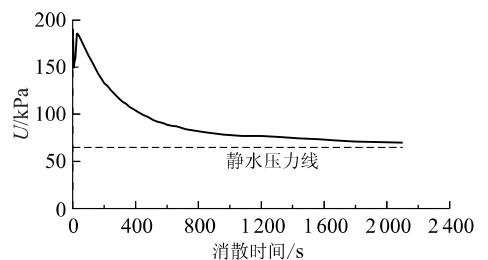


图 4 超孔压消散曲线

Fig. 4 Dissipation curve of excess pore pressure

### 3 固结系数的比较

#### 3.1 与室内试验测定值的对比

为了确定各土层的固结和压缩参数,我们还做了大量的室内固结试验,并与孔压静探超孔压消散试验的估算值作了比较。室内试验常采用时间平方根法确定土层的竖向固结系数  $C_v$  [3]。本次试验中,试样取土深度与孔压静力触探超孔压消散点深度(或所在的层位)相对应,基本上涵盖了所有的土层。表 4 列出了对比试验的原始数据。

本文基于两种不同的试验方法,对所得的  $C_h$  和  $C_v$  进行了统计分析(见表 5)。由表 5 可知,孔压静探消散试验所得固结系数值同室内固结试验结果之间

具有较好的线性相关关系,从而说明利用孔压静探消散试验求取土层固结系数的成果是可靠的;再者,我们可从回归曲线中查知,  $C_h$  值约为  $C_v$  值的 100 倍。这主要是  $C_v$  采用小块样品室内测试求得,由于取样扰动、小块样品不能反映土层宏观结构、采用  $t_{90}$  (土样固结度达 90% 的时间) 以及测试时的竖向排水等原因,造成了室内试验所求的  $C_v$  值总体上比实际土层的固结系数小很多。

#### 3.2 与沉降观测资料反算值的比较

为了从多方面验证利用孔压静探这一新技术求取土层固结系数的可靠性,我们收集了部分典型断面的现场沉降观测资料,经过反算,也得到了该地区软土层的固结系数。现对利用沉降观测资料反算土

表 5  $C_h, C_v$  线性相关关系分析结果

Table 5 Linear regression analysis results between  $C_h$  and  $C_v$

回归对象	观测点数	回归系数 $a$	回归系数 $b$	相关系数 $r$	偏差平方和 $q$	平均标准偏差 $s$	回归平方和 $p$	最大偏差 $U_{max}$
$C_h, C_v$	21	0.086 5	0.685 9	0.905 4	13.067	0.788 8	54.419	2.333 4

注:  $C_h$  是与相应自重应力下的  $C_v$  值作对比; 回归方程  $C_v = 0.086 5 C_h + 0.685 9 (10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s})$ .

表 6 孔压静探消散试验值和现场沉降实测资料反算值对比分析结果

Table 6 Comparison of consolidation coefficients determined by CPTU and the back analysis through the embankment

测定方法	广珠段							台山段		
	K23+670	K23+850	K28+765	K28+940	K28+995	K29+40	K35+305	K41+105	K22+190	K22+240
①	5.24	11.6	8.81	16.4	10.1	15.8	18.4	10.2	8.4	12.5
②	5.24	5.1	12.4	11.7	10.3	11.0	7.5	8.3	5.6	8.0
①/②	1.0	2.3	0.7	1.4	0.98	1.4	2.5	1.2	1.5	1.6

注: ①, ② 分别表示孔压静探消散试验值和现场沉降实测资料反算值 ( $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ ); ①/② 表示 ① 与 ② 的比值.

表 7 各种土的固结系数范围

Table 7 Range of consolidation coefficients

土名	$C_h / (10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$
淤泥及淤泥质粘土	6.5~32.2
粉质粘土	11.3~60.5
粉土	76.1~368.0

层固结系数的方法作简要介绍:

由渗流固结理论知, 各种排水条件下土层平均固结度的计算可归纳为如下的普遍式<sup>[4]</sup>:

$$U = 1 - \alpha e^{\beta t} \tag{3}$$

式中,  $\alpha, \beta$  为待求系数.

从实测的沉降—时间关系曲线上选取最大恒载时段内的任意 3 点  $(s_1, t_1), (s_2, t_2), (s_3, t_3)$ , 并使  $t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \Delta t$ , 则有<sup>[5]</sup>

$$\beta = \left( \ln \frac{s_2 - s_1}{s_3 - s_2} \right) / \Delta t \tag{4}$$

对于竖向和向内径向排水固结砂井地基, (3) 式中的  $\beta$  为<sup>[4]</sup>:

$$\beta = \frac{8C_h}{F(n) \cdot d_c^2} + \frac{\pi^2 \cdot C_v}{4H^2} \tag{5}$$

式中:  $C_h, C_v$  分别为土层的水平向和竖向平均固结系数(由于 Terzaghi 单向渗透固结理论假定土为均质的), 计算时可假设  $C_h = C_v$ ; 但实际上在袋装砂井处理地基中, 袋装砂井作竖向排水体,  $C_v$  值取决于砂井的固结系数,  $C_v$  值较  $C_h$  值大得多, 而未处理前的软土地层的  $C_v$  值比  $C_h$  值小得多, 特别是对于要处理的整个多层(包括薄砂夹层)软土地基的  $C_v$  平均值更是这样, 故  $C_h$  才是未处理前软土地层真正的固结系数, 所以由沉降观测资料所反算的  $C_h$  值和孔压静探所求的  $C_h$  是一致的. 再者上式(5)中  $C_h$  项

的系数  $8/F(n)d_c^2$  大约是  $C_v$  项系数  $\pi^2/4H^2$  的 110 倍, 所以  $\beta$  值还是取决于  $C_h$  项的大小.  $H$  为计算深度;  $F(n)$  是与  $n$  有关的系数,  $n$  为井径比,  $n = d_c/d_w$ ,  $d_c$  为每一个砂井有效影响范围的直径,  $d_w$  为砂井直径. 利用式(4)及(5)就可求出固结系数. 这里  $H$  取 20 m,  $d_c$  为 2.1 m,  $d_w$  为 0.07 m, 反算后得到了各典型断面软土层的固结系数. 表 6 为反算所得固结系数与孔压静探估算的固结系数的对比结果. 估算的固结系数是否合理, 最好的检验方法是与实测沉降—时间曲线反算的固结系数进行比较. 由表 6 知, 利用孔压静探估算的固结系数值与实测沉降资料反算值很接近, 二者比值接近于 1, (除广珠段 K23 km+850 m, K35 km+305 m 两断面分别为 2.3, 2.5 外), 这正说明了孔压静探技术估算土层固结系数总体上的正确性与可靠性.

### 4 结论

(1) 利用孔压静探估算软土层的固结系数是快速、经济的, 与室内试验和现场沉降资料反算值对比可知, 成果也是可靠的.

(2) 利用孔压静探技术估算软土层的固结系数, 目前一般采用经验公式  $C_h = T_{50} r_0^2 / t_{50}$  来求取.

(3) 对于同一类土, 固结系数较接近. 当消散水平为 50% 时, 孔压静探所测的水平固结系数  $C_h$  值见表 7.

(4) 孔压静探与室内固结试验求得的固结系数  $C_h$  与  $C_v$  之间存在着较好的线性相关关系, 其线性回归方程为:

$$C_v = 0.086 51 C_h + 0.685 9 (10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s})$$

(5)孔压静探估算土层的固结系数值与实测沉降资料反算值较接近,二者比值接近于 1.

#### 参考文献:

- [1] 朱小林,唐世栋. 利用孔隙水压力——静力触探探头估算软粘土固结系数的理论分析[J]. 工程勘察, 1986, (6): 11~12.
- [2] 孟高头. 土体原位测试机理、方法及其工程应用[M]. 北

京:地质出版社,1997. 3.

- [3] 土工试验规程(SDS 01-79)上册[S]. 北京:水利出版社,1980. 4.
- [4] 张诚厚,袁文明,戴济群. 高速公路软基处理[M]. 北京:中国建筑业出版社,1994. 12.
- [5] 交通部第一公路勘察设计院. 公路软土地基路堤设计与施工技术规范 JTJ017-96[S]. 北京:人民交通出版社, 1997. 10.

## DETERMINATION OF CONSOLIDATION COEFFICIENT BY PIEZO-CONE PENETRATION TEST

Meng Gaotou Wang Sihai Zhang Debo Liu Shilian

(Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The dissipation tests of excessive pore water pressure have been conducted in the soft soil region of the Zhujiang delta in order to discuss the feasibility and principle of determining the consolidation coefficient of the soft soil by means of the piezo-cone penetration test (CPTU). In this paper, the testing sites, equipment and methods are briefly described, with an emphasis on analysis of the testing mechanism and results. Moreover, the comparison is completed of the estimation of the consolidation coefficient by means of the pore pressure dissipation test with the trial values obtained from the indoor consolidation experiment and the inverse value of the in-situ subsidence records. As a result, a very good pattern is located among these three. In addition, the consolidation coefficient determined by CPTU is more approximate to the real coefficient.

**Key words:** CPTU; indoor experiment; consolidation coefficient.