

静力触探 P_s 值与标准贯入 击数 $N_{63.5}$ 的相关分析

机械电子工业部第三勘察研究院 温国炫

一、前言

静力触探试验和标准贯入试验在目前国内外的工程地质勘察中应用非常广泛。我国的勘察及设计规范对这些试验的设备规格、型号及试验要求都做了详细规定。它们的适用范围比其它任何一种原位测试方法都广。它们作为原位测试的方法可以弥补钻探、取样及土工试验过程的某些缺陷。对于静力触探试验与标准贯入试验之间的对比分析,国内外有不少学者都进行过研究,积累了丰富的经验。就静力触探和标准贯入两种原位测试提供的资料可靠性比较而言,静力触探试验过程中受到各种干扰因素影响的可能性要比标准贯入试验小得多,因此它提供的资料往往也比标准贯入试验可靠,所以找出这两种原位测试之间的定量关系,对于指导实际工作是有意义的。本文根据我院多年来在工程地质勘察中静力试验及标准贯入试验的部分资料,采用线性回归分析的方法,建立了粘性土包括一般粘土、亚粘土及强度较低的软土、轻亚粘土、砂土(粉砂和细砂)的静力触探实测比贯入阻力 P_s 值与标准贯入实测击数 $N_{63.5}$ 之间的相关关系。

静力触探及标准贯入试验是按《工业与民用建筑工程地质勘察规范》(TJ21-77)及《工业与民用建筑有基基础设计规范》(TJ7-74)的有关规定进行的。其具体方法与规格如下:

1. 静力触探使用的单用探头 $L=70\text{mm}$,
 $\phi=43.7\text{mm}$; 采用我院自制的JK-202型静力触探自动记录仪连续记录; 贯入速率约为 $1.5\text{m}/\text{min}$ 。

2. 标准贯入试验采用 $\phi=51$ (内径 $\phi=35$)

mm 的贯入器,重量 63.5kg 的穿心锤,落距 76cm ,试验前预打 15cm ,然后再打入 30cm ,测记击数。

二、回归分析

P_s 值与 $N_{63.5}$ 线性回归分析所采用的资料数据主要选自多年来我院在北京、上海、武汉、南京及南通等地区工程勘察过程的试验对比资料,取同一地点(相距约 1m 范围内)相同深度处的 P_s 值(取与标准贯入试验相应 30cm 范围内比贯入阻力的平均值)与 $N_{63.5}$ 作为一个数据组。在收集到的数据组中经作图比较,将离散较大者予以舍弃。

经筛选后的240组数据,分别根据不同的土类建立了8个回归直线方程式(详见表1)

对于一般粘土、亚粘土和轻亚粘土可分别采用(1)式和(2)式回归方程。其线性关系如图1和图2所示,相关系数都满足工程上要求 $r \geq 0.80 \sim 0.85$ 。

对于砂土分别进行了 P_s 值不分区和分区间的线性回归分析,通过对分析结果系数的对比表明;不分区线性回归分析的相关性较好,故可采用(3)式回归方程。其线性关系如图3,相关系数 $r=0.9289$,满足工程上要求 $r \geq 0.80 \sim 0.85$ 。

为了寻求轻亚粘土和砂土的最佳线性回归关系式,把轻亚粘土和砂类土的数据合在一起进行了 P_s 分区和不分区的线性回归分析,通过对分析结果相关系数的比较表明对轻亚粘土和砂土分开统计较好,即分别采用公式(2)和公式(3)为佳。

三、与其他地区资料的对比分析

在进行本文数据的数理统计之前,曾收集到北京勘察院,铁道部第三勘察设计研究

表

序号	土类	P统计范围 kPa	子样数 n	相关系数 r	均方差 s	回归直线方程
1	一般粘土 亚粘土	300 < P < 1300	52	0.8981	± 3.032	$N_{63.5} = 0.526P_s - 0.345 \dots (1)$
2	轻亚粘土	300 < P < 13500	97	0.9165	± 23.162	$N_{63.5} = 0.163P_s + 1.380 \dots (2)$
3	粉砂 及 细砂	3500 < P < 6000	36	0.5191	± 7.380	$N_{63.5} = 0.149P_s + 0.221 \dots (4)$
		6000 < P < 13500	55	0.9095	± 20.513	$N_{63.5} = 0.213P_s - 2.869 \dots (5)$
		3500 < P < 13500	91	0.9289	± 23.137	$N_{63.5} = 0.211P_s - 2.738 \dots (3)$
4	轻亚粘土 粉砂 及细砂	300 < P < 6000	120	0.7389	± 15.713	$N_{63.5} = 0.126P_s + 2.458 \dots (6)$
		6000 < P < 13500	68	0.8757	± 20.759	$N_{63.5} = 0.196P_s - 1.261 \dots (7)$
		300 < P < 13500	188	0.9130	± 28.060	$N_{63.5} = 0.165P_s + 1.116 \dots (8)$

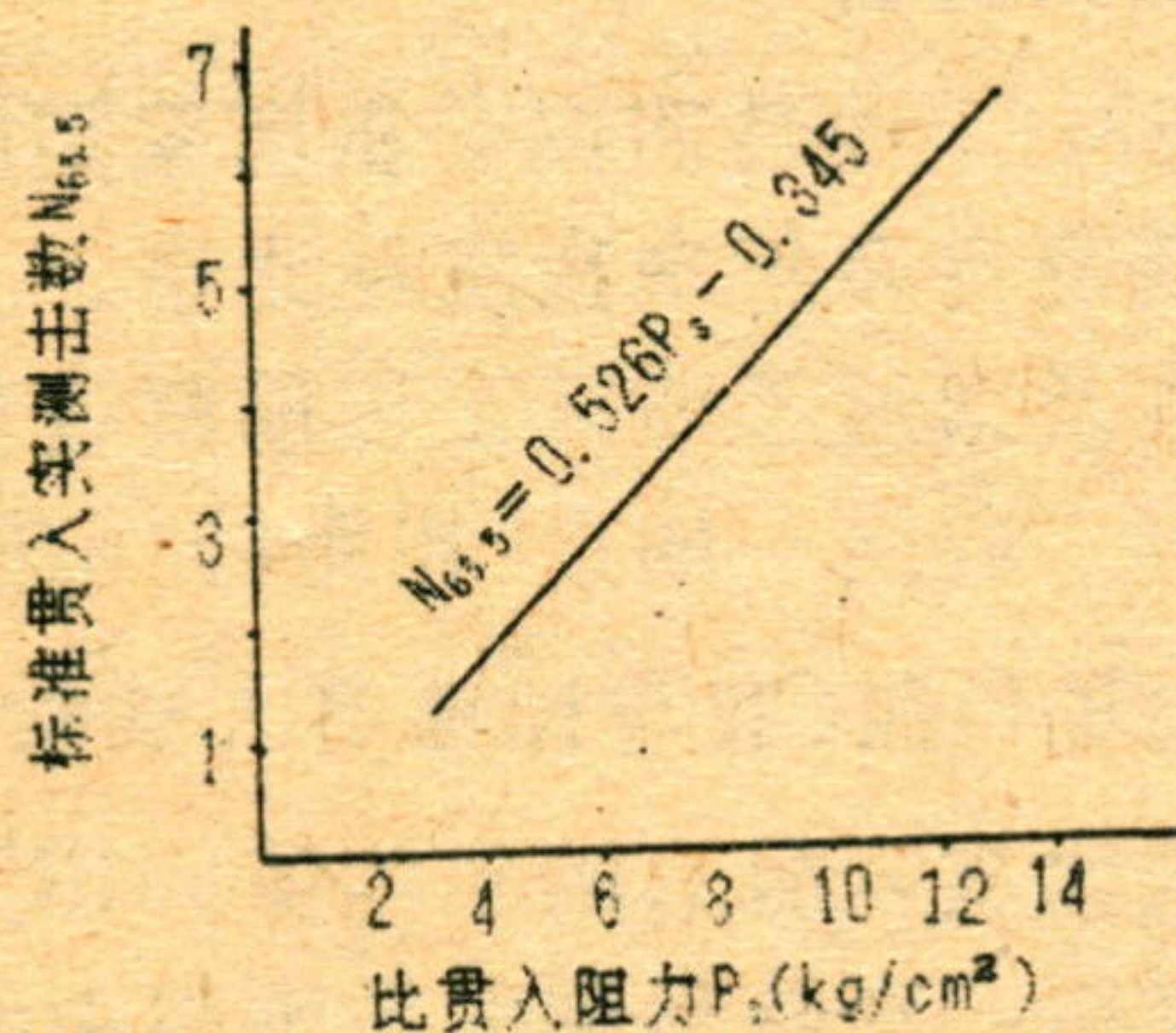


图1

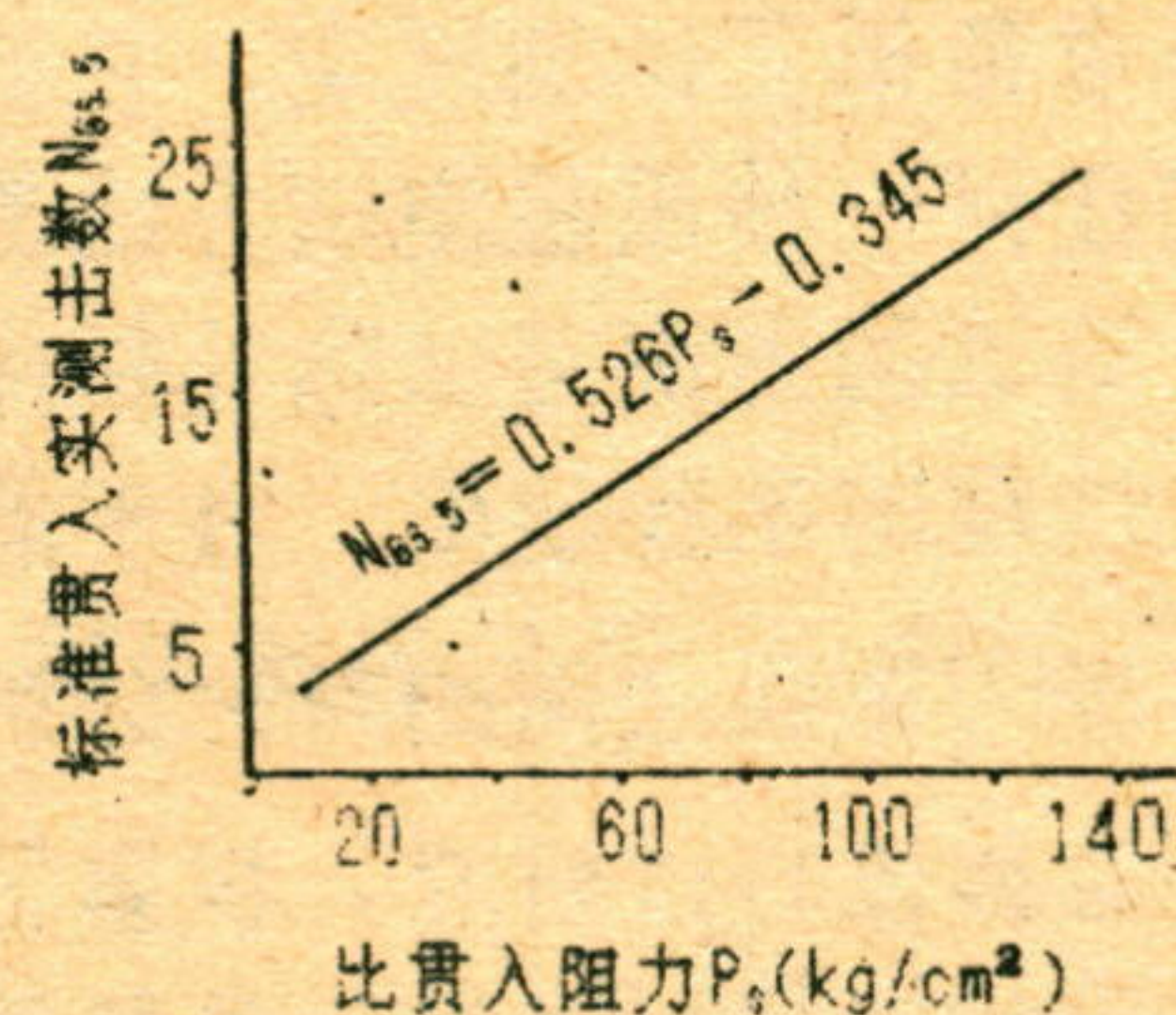


图2

院、纺织部设计院及山西煤矿院等四个单位关于砂土的 P_s 值与 $N_{63.5}$ 的线性相关关系式。现将它们与本文统计的砂类土的 P_s 值与 $N_{63.5}$ 的相关关系式进行比较如下：

1. 北京勘察院求得的砂土的 P_s 值与 $N_{63.5}$ 的关系式为

$$N_{63.5} = 0.2P_s + 0.74 \quad (9)$$

将(3)式与(9)式比较, P_s 值 3500~13500kPa的范围内, (3)式计算结果小于(9)式, 计算的 $N_{63.5}$ 差值为2.2~3.0击, 且随着 P_s 值增大差值减小。

2. 铁道部第三勘察设计研究院求得的砂土的 P_s 值与 $N_{63.5}$ 的关系式为:

$$N_{63.5} = 0.2P_s \quad (10)$$

将(3)式与(10)式比较, P_s 值在3500~13500kPa的范围内, (3)式计算结果小于(10)式, 计算的 $N_{63.5}$ 差值为1.5~2.2击, 且随 P_s 值增大差值减小。

3. 纺织部设计院求得的砂土的 P_s 值与 $N_{63.5}$ 的关系式为

$$N_{63.5} = 0.176P_s + 0.648 \quad (11)$$

将(3)式与(11)式比较。当 $P_s = 9700$ kPa时, 两直线相交, 当 $P_s < 9700$ kPa时, (11)式计算的 $N_{63.5}$ 大于(3)式计算的结果, 当 $P_s > 9700$ kPa时, 则相反。

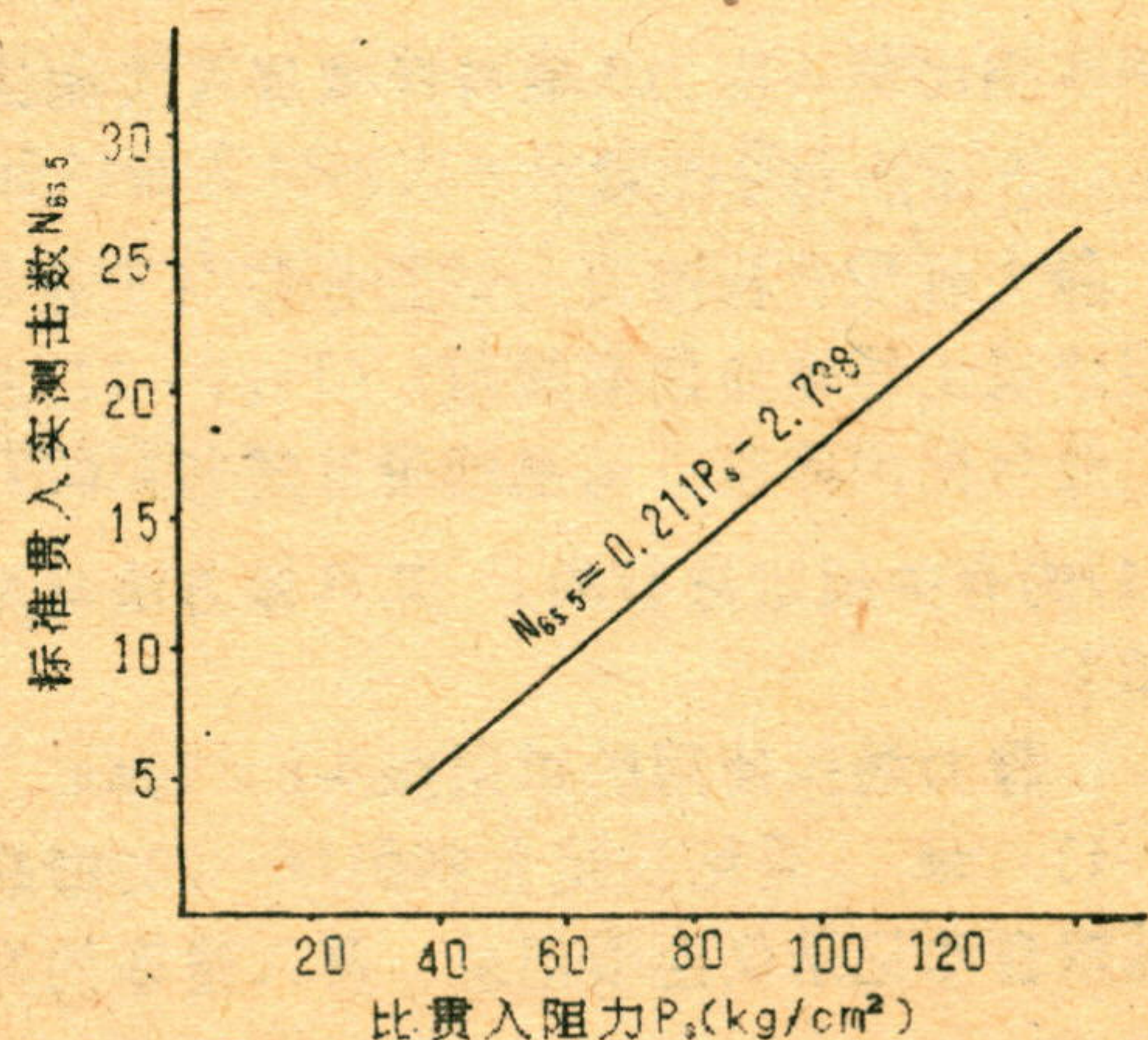


图3

4. 山西煤矿院求得的砂土的 P_s 值与 $N_{63.5}$ 的关系式为

$$N_{63.5} = 0.153P_s - 1.765 \quad (12)$$

将(3)式与(12)式比较, P_s 值在3500~13500kPa的范围内, (3)式计算的结果大于(12)式, 计算的差值为1.3~6.5击, 且随 P_s 值增大差值也增大。

上述五个回归直线方程绘于图4。

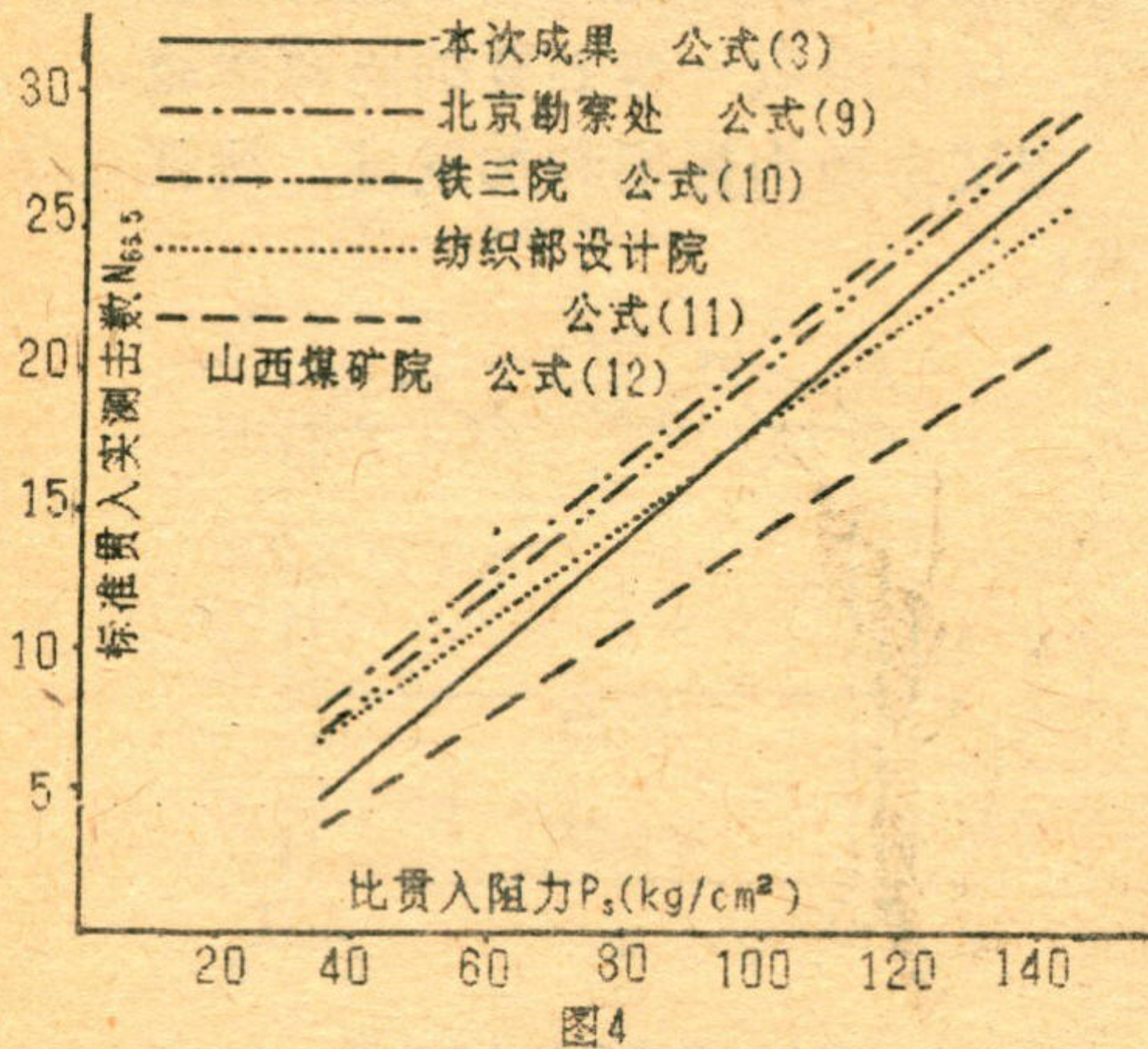


图4

(上接第12页)

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_s} + \frac{\sigma - p_0}{E_s} [1 - \exp(-\frac{E_s}{\eta_c} t)] \quad (7)$$

另外, 随着变形的增加, P_s 亦有所增大则应变值 ε 有减小趋势, 即出现硬化现象。

当 $t \rightarrow \infty$ 时, 变形达最终值, 即

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma}{E_s} + \frac{\sigma - p_0}{E_s} \quad (8)$$

六、结语

本文所提出的结构屈服限, 结构强度发挥度等概念以及结构强度对非饱和黄土强度变形等方面的研究, 在相当程度上揭示了非

四、结语

综合上述分析, 本文提出如下几点结论与建议:

1. 公式(1)、(2)、(3)作为一般粘土、亚粘土、轻亚粘土及砂类土 P_s 值与 $N_{63.5}$ 的相关关系式, 在工程地质勘察实践中于验证这两种不同原位测试方法所得资料的准确性具有一定的实用价值, 可以避免或减少工作中的错误。

2. 本文统计的砂土的 P_s 值与 $N_{63.5}$ 的关系式(3)式与(9)、(10)、(11)式虽有差别, 但比较接近, 与(7)式差别较大, 且随 P_s 值增大而增大。

3. 本文(3)、(9)、(10)、(11)、(12)式之间存在的差别说明, 不同地区的土层 P_s 值与 $N_{63.5}$ 之间的相关关系并不一致, 因此各地区应归纳出各自的 P_s 值与 $N_{63.5}$ 之间的相关关系指导工程实践。

饱和黄土结构强度的实质, 从不同的侧面反映了非饱和黄土的结构强度特性及其对工程的影响。这对全面认识非饱和黄土的本质, 指导工程实践, 将会有一定的理论和实际意义。但由于时间和条件的限制, 我们的认识也还是初步的有限的。

今后的研究方向是: 进一步研究含水量的变化对非饱和黄土工程性质的影响, 弄清饱和度与结构屈服限, 结构强度发挥度的关系另一方面, 在可能的条件下, 开展对各类黄土(包括湿陷性黄土和饱和黄土)的结构强度特性的研究, 这样可以使我们对黄土工程性质的认识更加全面一些。

参考文献

- [1] 张 炜, 非饱和黄土的工程特性及其评价, 机械电子工业部勘察研究院硕士研究生论文, 1988年5月。
- [2] 黄文熙等, 《土的工程性质》, 水利电力出版社, 1983年。
- [3] 刘祖德等, 应力路径对填土应力应变关系的影响及其应用, 《岩土工程学报》, 1982, NO. 4。
- [4] 中国科学院土工研究所, 《黄土基本性质的研究》, 科学出版社, 1961年。
- [5] H. 丹杰尼索夫, 《粘性土的工程性质》, 水利电力出版社, 1961年。
- [6] K. B. Hamamdshiev, Investigation of Pseudoverconsolidation of Soils, Proc. 10th ICSMF vol. 1, 1981.