

12 扁板侧胀试验

12.1 一般规定

12.1.1 扁板侧胀试验适用于软土、一般饱和黏性土、松散~中密饱和砂类土及粉土等，可用于判定土层名称与状态，确定饱和黏性土的不排水杨氏模量、静止土压力系数、水平基床系数等。

12.1.2 扁板侧胀试验孔对水平地面的垂直度偏差不应大于2%。

12.2 设 备

12.2.1 扁板侧胀试验设备包括测量系统、贯入系统和压力源。测量系统应包括侧胀板头、气电管路和控制装置。贯入系统应包括主机、探杆（或钻杆）和附属工具。压力源可采用普通或特制氮气瓶。

12.2.2 侧胀板头的技术性能应符合下列要求：

- 1 板头在平行于轴线长度内，弯曲度不得大于0.3%；
- 2 板头前缘偏离轴线不应超过1mm；
- 3 板头应用高强度不锈钢锻制，厚度15mm、宽度95mm，误差不应超过1%；长度为235mm，误差不宜超过2%；
- 4 圆形不锈钢膜片直径60mm，平装于板头一侧板面上；膜片内侧设置的三位电开关应能准确显示膜片膨胀中的三个特征压力点。

12.2.3 气电管路的技术性能应符合下列要求：

- 1 管路应由厚壁、小直径、耐高压、内部贯穿铜质导线的尼龙管组成；
- 2 管路两端接头绝缘性能良好，直径最大不超过12mm；
- 3 用于标定的管路长度宜为1m；

4 能输送气压和准确地传递特定信号。

12.2.4 控制装置应符合下列技术条件：

1 压力表显示的有效最小分度值不宜大于 1 kPa；

2 传送膜片达特定位移量时的信号应采用蜂鸣器和检流计显示；

3 蜂鸣器和检流计应在膜片膨胀量小于 0.05 mm 或大于等于 1.10 mm 时接通，在大于等于 0.05 mm 或小于 1.10 mm 时断开。

4 与气电管路、气压计、校正器等附件组成的标定装置应能精确测定膜片膨胀阶段，可对膜片进行标定和老化处理。

12.2.5 贯人主机和探杆应符合本规程第 10.2.3 和第 10.2.4 条规定。

12.2.6 压力源应安装压力调节器，高压气体应为干燥的氮气。

12.3 试验要点

12.3.1 贯入设备的能力必须满足试验深度的需要。试验过程中，在确认上道工序操作无误后方可进行下道工序的作业。

12.3.2 试验时应使机座保持水平状态，并始终用水平尺校验，记录每次试验中试验孔的垂直度偏差。

12.3.3 试验时应由技术熟练的人员操作控制装置，不得随意易人；记录表应逐项填写。

12.3.4 水上试验时，应有保证孔位不致发生移动的稳定措施；水底以上部位，宜加设防止探杆挠曲的装置。

12.3.5 采用静力触探贯入设备时，应备足探杆，以超过最大试验深度 2~3 m 为宜。

12.3.6 试验的准备工作应符合下列要求：

1 拉直管路，使管路滑行穿过探杆，防止管路被绞扭和弯伤；

2 将管路一端与侧胀板头连接，通过变径接头和所用探杆一次穿齐；

3 检查控制装置、压力源，并将管路的另一端与控制装置

对应的插座接上；

4 将地线接到地线插座上，另一端夹到探杆或主机的机座上；

5 可用手轻按膜片中心检查电路，蜂鸣器发出响声则电路正常；

6 标定膜片，记录标定值 ΔA 及 ΔB ；

7 标定值不在适用范围内的新膜片应事先进行老化处理，直到 ΔB 值达适用范围且相对误差小于 2% 为止。

12.3.7 膜片标定应符合下列要求：

1 用率定气压计对侧胀板头抽真空，使膜片从自然位置移向基座，蜂鸣器鸣响后缓慢解除真空，蜂鸣器响声停止瞬间读取 ΔA 值；

2 用率定气压计对侧胀板头施加正气压，待蜂鸣器鸣响瞬间读取 ΔB 值；

3 重复 3~4 次上述操作，记录 ΔA 及 ΔB 的平均值。

12.3.8 ΔA 值范围宜为 5~25 kPa, ΔB 值范围宜为 10~110 kPa。

12.3.9 膜片老化处理应符合下列要求：

1 加压至 300 kPa，蜂鸣器尚未鸣响时应先检查电路；电路正常时，用 300 kPa 气压循环老化数次；每次应从零开始，若 ΔB 达适用范围则停止老化，若用 300 kPa 压力老化后 ΔB 仍很高，可将压力增至 350 kPa 循环老化；倘仍无效，再加大压力，每次升幅宜取 50 kPa。

2 在空气中老化膜片，最大压力不应超过 600 kPa。

12.3.10 试验深度应以膜片中心为参照点。计深标尺设置在贯入主机上时，贯入深度应以板头、探杆入土的实际深度为准，每贯入 3~4 m 校核一次。记录深度与实际贯入深度不符时，应在记录表上标注清楚。

12.3.11 测读压力值应符合下列要求：

1 侧胀板头贯入至预定深度，蜂鸣器鸣响（电流计动作），关闭排气阀，慢慢打开微调阀，缓慢增加压力，在蜂鸣器和电流

计停止响动瞬间，读取压力 A 值。

2 压力从零到 A ，加压时间应控制在 15 s 内；试验土层均匀时， A 值可由既有测点值预估，低于预估值阶段快速加压，然后缓慢加压到 A 。

3 记录 A 值后，继续不停顿地缓慢加压，待蜂鸣器鸣响（电流计动作）瞬间，读取压力 B 值。

4 记录 B 值后，必须快速减压至蜂鸣器停响为止，再缓缓卸掉剩余压力，蜂鸣器再响时，读取压力 C 值。

5 试验点间距宜为 $20\sim 25\text{ cm}$ ， C 压力值可每隔 $1\sim 2\text{ m}$ 测读一次。

12.3.12 测试过程中，不得松动、碰撞探杆，也不得施加使探杆产生上、下位移的力。

12.3.13 遇下列情况之一者，应停止贯入，并在记录表上注明：

- 1 贯入主机的负荷达到其额定荷载的 120% ；
- 2 贯入时探杆出现明显弯曲；
- 3 反力装置失效；
- 4 无反应信号或测不到压力 B 值或 B 值时有时无；
- 5 气电管路破裂或被堵塞；
- 6 试验中校核 $(B - A)$ 值时出现 $B - A < \Delta A + \Delta B$ 。

12.3.14 试验暂停时，应打开排气阀，避免损坏膜片。

12.3.15 每孔试验结束时应立即提升探杆，取出侧胀板头，并对膜片进行再标定，将 ΔA 、 ΔB 数值记录于表中。

12.3.16 板头内未进水和泥浆、膜片表面完好、标定值在适用范围内时，清除板头上粘附的泥土，可继续使用。否则，必须拆卸、保养和清洁，重新标定使用。

12.3.17 膜片在下列情况下必须更换：

- 1 表面严重划伤、皱折及破裂；
- 2 标定值反常，达不到规定要求；
- 3 过度膨胀，曲面加力和放松时会发出“劈啾”响声。

12.3.18 试验完毕后应及时检查气电管路，做好标记，给管路

两端接头戴上盖帽，防止污物进入。

12.3.19 及时测量试验孔内地下水埋藏深度。有条件时，宜于次日核查地下水位。

12.4 资料整理与计算

12.4.1 扁板侧胀试验数据应按下列公式修正：

$$p_0 = 1.05(A - Z_m + \Delta A) - 0.05(B - Z_m - \Delta B) \quad (12.4.1-1)$$

$$p_1 = B - Z_m - \Delta B \quad (12.4.1-2)$$

$$p_2 = C - Z_m + \Delta A \quad (12.4.1-3)$$

式中 p_0 ——膜片向土中膨胀之前作用在膜片上的接触压力 (kPa)；

p_1 ——膜片膨胀 1.10 mm 时的膨胀压力 (kPa)；

p_2 ——膜片回到 0.05 mm 时受到的终止压力 (kPa)；

A ——膜片膨胀 0.05 mm 时气压的实测值 (kPa)；

B ——膜片膨胀 1.10 mm 时气压的实测值 (kPa)；

C ——膜片回到 0.05 mm 时气压的实测值 (kPa)；

$\Delta A, \Delta B$ ——空气中标定膜片分别膨胀 0.05 mm、1.10 mm 时气压的实测值 (kPa)；

Z_m ——未调零时的压力表初读数 (kPa)。

12.4.2 侧胀模量 E_D 、水平应力指数 K_D 、土类指数 I_D 、孔压指数 U_D 应按下列公式计算：

$$E_D = 34.7(p_1 - p_0) \quad (12.4.2-1)$$

$$K_D = (p_0 - u_w) / \sigma'_{v0} \quad (12.4.2-2)$$

$$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_w) \quad (12.4.2-3)$$

$$U_D = (p_2 - u_w) / (p_0 - u_w) \quad (12.4.2-4)$$

式中 σ'_{v0} ——土的有效自重压力 (kPa)；

u_w ——土的静水压力 (kPa)。

12.4.3 扁板侧胀试验成果图件应包括下列内容：

1 p_0 、 p_1 、 p_2 、 Δp 随深度的分布曲线,其中 $\Delta p = p_1 - p_0$;

2 E_D 、 K_D 、 I_D 、 U_D 随深度的分布曲线。

12.4.4 扁板侧胀试验资料分析与应用应根据场地地质情况及当地建筑经验、针对工程设计需要进行,并应作出相应评价。

12.4.5 根据 I_D 值可按表 12.4.5 确定土的分类。

表 12.4.5 判别土类的 I_D 值

土类	泥炭或灵敏黏土	黏土	粉质黏土	粉土	砂类土
I_D	<0.10	$0.1 \leq I_D < 0.3$	$0.3 \leq I_D < 0.6$	$0.6 \leq I_D < 1.8$	≥ 1.8

12.4.6 饱和黏性土的塑性状态可按表 12.4.6 判定。表中参数 m 按下式计算:

$$m = (\lg E_D + 0.748) / (\lg I_D + 7.667) \quad (12.4.6)$$

式中 E_D 的单位为 kPa。

表 12.4.6 判别饱和黏性土塑性状态的 m 值

判别式	$m \leq 0.53$	$0.53 < m \leq 0.62$	$0.62 < m \leq 0.71$	$m > 0.71$
塑性状态	流塑	软塑	硬塑	坚硬

12.4.7 水平应力指数 K_D 为 1.5~4.0 的一般饱和黏性土,静止土压力系数 K_0 可按下式计算:

$$K_0 = 0.30 K_D^{0.54} \quad (12.4.7)$$

12.4.8 膨胀压力 $\Delta p \leq 100$ kPa 的饱和黏性土,不排水杨氏模量 E_u 可按下式计算:

$$E_u = 3.5 E_D \quad (12.4.8)$$

12.4.9 饱和黏性土、饱和砂土及粉土地基的基准水平基床系数 K_{hl} (kN/m³) 可按下式计算:

$$K_{hl} = 0.2 k_h \quad (12.4.9-1)$$

$$k_h = 1817(1-A)(p_1 - p_0) \quad (12.4.9-2)$$

式中 k_h ——侧胀仪抗力系数;

A ——孔隙压力参数,无室内试验数据时,可按表 12.4.9

取值;
1817——量纲为 m^{-1} 的系数。

表 12.4.9 饱和土的 A 值

土类	砂类土	粉 土	粉质黏土		黏 土	
			OCR=1	$4 \geq OCR > 1$	OCR=1	$4 \geq OCR > 1$
A	0	0.10~0.20	0.15~0.25	0~0.15	0.25~0.50	0~0.25