

UDC

中华人民共和国行业标准



P

岩土工程勘察技术规程

Technical specification for investigation
of geotechnical engineering

YS 5203-2000	YS 5215-2000
YS 5204-2000	YS 5216-2000
YS 5205-2000	YS 5218-2000
YS 5206-2000	YS 5219-2000
YS 5207-2000	YS 5220-2000
YS 5208-2000	YS 5221-2000
YS 5213-2000	YS 5222-2000
YS 5214-2000	YS 5223-2000
	YS 5224-2000

2000 - 12 - 12 发布

2001 - 07 - 01 实施

中国有色金属工业协会发布

中华人民共和国行业标准

岩土工程勘察技术规程

Technical specification for investigation
of geotechnical engineering

主编单位：中国有色金属工业西安勘察设计院
中国有色金属工业长沙勘察设计院
中国有色金属工业昆明勘察设计院

批准部门：中 国 有 色 金 属 工 业 协 会

施行日期：2 0 0 1 年 7 月 1 日

中 国 计 划 出 版 社

2001 北 京

中华人民共和国行业标准
岩土工程勘察技术规程

☆

中国有色金属工业西安勘察设计院
中国有色金属工业长沙勘察设计院 主编
中国有色金属工业昆明勘察设计院
中国计划出版社出版发行

(北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)
北京北方印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32 19.75 印张 530 千字
2002 年 1 月第一版 2002 年 1 月第一次印刷
印数 1—1500 册

☆

统一书号:1580058·471
定价:108.00 元

关于发布《岩土工程勘察技术规程》(17 本) 的通知

中色协办字[2000]018 号

由中国有色金属工业西安勘察设计院任修编组长,昆明勘察设计院、长沙勘察设计院共同修编的《岩土工程勘察技术规程》(17 本)标准(详见附件),已通过专家审定,现发布给你们,作为有色金属工业行业标准,自 2001 年 7 月 1 日起正式执行。

请各单位在执行中认真总结经验,积累有关资料,如有修改意见和建议,请与中国有色金属工业工程建设标准规范处联系。

附件:《岩土工程勘察技术规程》(17 本)名录。

中国有色金属工业协会
2000 年 12 月 12 日

附件:《岩土工程勘察技术规程》(17 本)名录

- 1.《岩土工程勘察报告书编制规程》(YS 5203-2000)
- 2.《岩土工程勘察图式图例规程》(YS 5204-2000)
- 3.《岩土工程现场描述规程》(YS 5205-2000)
- 4.《工程地质测绘规程》(YS 5206-2000)
- 5.《天然建筑材料勘探规程》(YS 5207-2000)
- 6.《钻探、井探、槽探操作规程》(YS 5208-2000)
- 7.《标准贯入试验规程》(YS 5213-2000)
- 8.《注水试验规程》(YS 5214-2000)
- 9.《抽水试验规程》(YS 5215-2000)
- 10.《压水试验规程》(YS 5216-2000)
- 11.《岩土静力载荷试验规程》(YS 5218-2000)
- 12.《圆锥动力触探试验规程》(YS 5219-2000)
- 13.《电测十字板剪切试验规程》(YS 5220-2000)
- 14.《现场直剪试验规程》(YS 5221-2000)
- 15.《动力机械基础地基动力特性测试规程》(YS5222-2000)
- 16.《静力触探试验规程》(YS 5223-2000)
- 17.《旁压试验规程》(YS 5224-2000)

目 次

岩土工程勘察报告书编制规程(YS5203-2000)	(1)
1 总 则	(5)
2 术语、符号	(6)
2.1 术 语	(6)
2.2 符 号	(6)
3 基本规定	(7)
4 资料整理	(9)
4.1 现场资料整理	(9)
4.2 室内资料整理	(9)
5 报告书编制要求	(13)
5.1 一般规定	(13)
5.2 工业废渣堆场	(17)
5.3 井巷工程	(18)
5.4 线路工程	(18)
5.5 岸边工程	(19)
本规程用词说明	(20)
《岩土工程勘察报告书编制规程》条文说明	(21)
岩土工程勘察图式图例规程(YS5204-2000)	(31)
1 总 则	(35)
2 地层、岩石	(36)
3 图例、符号	(40)
3.1 第四系以前的地层	(40)
3.2 第四系地层及包含物	(44)
3.3 剖面图上构造岩	(47)

3.4	平面图上地质构造	(48)
3.5	平面图上地貌及不良地质现象	(50)
3.6	勘察工程及其他图例	(54)
3.7	工程地质分区图例	(60)
4	图式、表式	(61)
4.1	图式	(61)
4.2	表式	(75)
	本规程用词说明	(81)
	《岩土工程勘察图式图例规程》条文说明	(83)
	岩土工程现场描述规程(YS5205-2000)	(93)
1	总 则	(97)
2	术语、符号	(98)
2.1	术 语	(98)
2.2	符 号	(98)
3	现场描述	(100)
3.1	一般规定	(100)
3.2	岩 石	(100)
3.3	碎石土	(106)
3.4	砂 土	(108)
3.5	粉 土	(111)
3.6	粘性土	(112)
3.7	人工填土	(116)
3.8	地下水	(116)
	本规程用词说明	(117)
	《岩土工程现场描述规程》条文说明	(119)
	工程地质测绘规程(YS5206-2000)	(127)
1	总 则	(131)

2	准备工作	(132)
3	现场工作	(134)
3.1	一般规定	(134)
3.2	岩土体的测绘	(137)
3.3	地质构造的测绘	(138)
3.4	地貌的测绘	(140)
3.5	不良地质现象的测绘	(141)
3.6	水文地质的测绘	(143)
4	资料整理	(144)
	本规程用词说明	(145)
	《工程地质测绘规程》条文说明	(147)
	天然建筑材料勘探规程 (YS5207 - 2000)	(157)
1	总 则	(161)
2	术 语	(162)
3	基本规定	(163)
4	料场勘探	(165)
4.1	料场选址调查	(165)
4.2	初步勘探	(165)
4.3	详细勘探	(166)
5	取样和试验	(167)
6	资料整理和成果报告	(170)
	附录 A 储量计算方法	(173)
	本规程用词说明	(176)
	《天然建筑材料勘探规程》条文说明	(177)
	钻探、井、槽探操作规程 (YS5208 - 2000)	(187)
1	总 则	(191)
2	术 语	(192)

3 钻 探	(193)
3.1 一般规定	(193)
3.2 冲击钻进	(195)
3.3 回转钻进	(195)
3.4 振动钻进	(201)
4 井、槽探	(202)
4.1 井 探	(202)
4.2 槽 探	(203)
5 安 全	(204)
5.1 钻探安全要求	(204)
5.2 井、槽探安全要求	(205)
附录 A 取土器系列标准	(207)
附录 B 岩石可钻性分级	(208)
本规程用词说明	(210)
《钻探、井、槽探操作规程》条文说明	(211)
标准贯入试验规程 (YS5213-2000)	(221)
1 总 则	(225)
2 术语、符号	(226)
2.1 术 语	(226)
2.1 符 号	(226)
3 试验设备	(227)
4 试验方法	(229)
4.1 试验准备	(229)
4.2 试验步骤	(229)
5 资料整理	(231)
附录 A 标准贯入试验记录表	(232)
本规程用词说明	(233)
《标准贯入试验规程》条文说明	(235)

注水试验规程(YS5214-2000)	(243)
1 总 则	(247)
2 术语、符号	(248)
2.1 术 语	(248)
2.2 符 号	(248)
3 仪器设备	(250)
4 试验方法	(251)
4.1 试坑单环注水法	(251)
4.2 试坑双环自流注水法	(252)
4.3 钻孔降水头注水法	(253)
4.4 钻孔常水头注水法	(255)
5 资料整理	(256)
附录 A 单环注水试验记录表	(263)
附录 B 双环自流注水试验记录表	(264)
附录 C 钻孔降水头(常水头)注水试验记录表	(265)
本规程用词说明	(267)
《注水试验规程》条文说明	(269)
抽水试验规程(YS5215-2000)	(279)
1 总 则	(283)
2 术语、符号	(284)
2.1 术 语	(284)
2.2 符 号	(285H)
3 仪器设备	(286)
3.1 一般规定	(286)
3.2 过滤器	(286)
3.3 离心泵	(291)
3.4 深井泵与潜水泵	(291)

3.5	空压机	(293)
3.6	抽筒	(294)
3.7	量测器具	(294)
4	试验方法	(297)
4.1	一般规定	(297)
4.2	试验准备	(298)
4.3	试验工作	(298)
5	资料整理	(300)
5.1	一般规定	(300)
5.2	影响半径	(300)
5.3	渗透系数	(303)
	本规程用词说明	(310)
	《抽水试验规程》条文说明	(311)
	压水试验规程(YS5216-2000)	(331)
1	总 则	(335)
2	术语、符号	(336)
2.1	术语	(336)
2.2	符号	(336)
3	仪器设备	(338)
3.1	止水栓塞	(338)
3.2	供水设备	(338)
3.3	量测设备	(338)
4	试验方法	(340)
4.1	一般规定	(340)
4.2	试验准备	(343)
4.3	试验工作	(345)
5	资料整理	(346)
5.1	成果计算	(346)
6		

5.2 资料整理	(347)
附录 A 洗孔记录表	(349)
附录 B 水位观测记录表	(350)
附录 C 栓塞安装记录表	(351)
附录 D 仪表设备记录表	(352)
附录 E 压水试验观测记录表	(353)
附录 F 压水试验计算成果表	(354)
本规程用词说明	(355)
《压水试验规程》条文说明	(357)
岩土静力载荷试验规程(YS5218-2000)	(365)
1 总 则	(369)
2 术语、符号	(370)
2.1 术 语	(370)
2.2 符 号	(370)
3 仪器设备	(372)
4 试验方法	(373)
4.1 一般规定	(373)
4.2 稳定法平板载荷试验	(373)
4.3 快速法平板载荷试验	(375)
4.4 深井平板载荷试验	(375)
4.5 湿陷性黄土平板载荷试验	(376)
4.6 螺旋板载荷试验	(377)
5 资料整理	(378)
5.1 稳定法平板载荷试验	(378)
5.2 快速法平板载荷试验	(380)
5.3 深井平板载荷试验	(381)
5.4 螺旋板载荷试验	(382)
附录 A 静力载荷试验记录表	(384)

本规程用词说明	(385)
《岩土静力载荷试验规程》条文说明	(387)
圆锥动力触探试验规程 (YS5219 - 2000)	(401)
1 总 则	(405)
2 符 号	(406)
3 试验设备	(407)
4 试验方法	(409)
4.1 轻型圆锥动力触探试验	(409)
4.2 重型、超重型圆锥动力触探试验	(409)
5 资料整理	(411)
附录 A 圆锥动力触探记录表	(413)
附录 B 重型圆锥动力触探探杆长度校正系数表	(414)
本规程用词说明	(415)
《圆锥动力触探试验规程》条文说明	(417)
 电测十字板剪切试验规程 (YS5220 - 2000)	 (427)
1 总 则	(431)
2 符 号	(432)
3 仪器设备	(433)
4 试验方法	(434)
4.1 一般规定	(434)
4.2 用自动记录仪做十字板试验	(435)
4.3 用原位测试微机做十字板试验	(435)
4.4 用静态电阻应变仪做十字板试验	(436)
5 资料整理	(437)
5.1 用自动记录仪量测的资料整理	(437)
5.2 用原位测试微机量测的资料整理	(437)

5.3 用静态电阻应变仪量测的资料整理	(438)
附录 A 率定工作	(439)
附录 B 十字板剪切试验记录	(442)
附录 C 十字板剪切试验报告(记录仪)	(443)
附录 D 十字板剪切试验报告(微机)	(444)
附录 E 电测十字板剪切试验曲线图	(445)
本规程用词说明	(446)
《电测十字板剪切试验规程》条文说明	(447)
现场直剪试验规程(YS5221-2000)	(455)
1 总 则	(459)
2 符 号	(460)
3 仪器设备	(461)
4 试验方法	(462)
4.1 一般规定	(462)
4.2 仪器设备安装	(464)
4.3 抗剪试验	(465)
4.4 残余抗剪强度试验	(467)
5 资料整理	(468)
附录 A 现场直剪试验记录	(470)
附录 B 现场直剪试验结果表	(471)
附录 C 现场直剪试验结果汇总表	(472)
本规程用词说明	(473)
《现场直剪试验规程》条文说明	(475)
动力机械基础地基动力特性测试规程(YS5222-2000) ...	(483)
1 总 则	(487)
2 术语、符号	(488)
2.1 术语	(488)

2.2 符号	(488)
3 测试仪器与设备	(491)
4 测试方法	(493)
4.1 一般规定	(493)
4.2 试验准备	(494)
4.3 强迫振动测试	(495)
4.4 自由振动测试	(496)
5 资料整理	(498)
5.1 一般规定	(498)
5.2 强迫振动测试	(499)
5.3 自由振动测试	(505)
5.4 地基动力特性参数的换算	(508)
附录 A 强迫振动测试地基动力参数计算表	(512)
附录 B 自由振动测试地基动力参数计算表	(514)
附录 C 提供设计应用的地基动力参数计算表	(516)
本规程用词说明	(518)
《动力机器基础地基动力特性测试规程》条文说明	(519)
静力触探试验规程 (YS5223 - 2000)	(531)
1 总 则	(535)
2 符 号	(536)
3 仪器设备	(537)
3.1 一般规定	(537)
3.2 贯入系统	(537)
3.3 探测系统	(538)
4 试验方法	(541)
4.1 一般规定	(541)
4.2 试验准备	(541)
4.3 试验工作	(543)

5 资料整理	(547)
5.1 一般规定	(547)
5.2 分层资料整理	(548)
附录 A 探头标定操作步骤	(549)
附录 B 静力触探单孔成果表(记录仪)	(552)
附录 C 双桥静力触探曲线图	(553)
本规程用词说明	(554)
《静力触探试验规程》条文说明	(555)
旁压试验规程(YS5224-2000)	(565)
1 总 则	(569)
2 术语、符号	(570)
2.1 术 语	(570)
2.2 符 号	(570)
3 仪器设备	(572)
4 试验方法	(574)
4.1 一般规定	(574)
4.2 试验工作	(575)
5 资料整理	(580)
附录 A 弹性膜约束力率定	(584)
附录 B 仪器综合变形率定	(586)
附录 C 梅纳型旁压仪仪表压差数值表	(588)
附录 D 旁压试验记录及计算表	(590)
附录 E 求 P_1 标准坐标计算纸	(591)
本规程用词说明	(592)
《旁压试验规程》条文说明	(593)

UDC

中华人民共和国行业标准



YS 5224—2000

P

J 111—2001

旁压试验规程

Specification for pressuremeter test

2000—12—12 发布

2001—07—01 实施

中国有色金属工业协会发布

中华人民共和国行业标准

旁压试验规程

Specification for pressuremeter test

YS 5224—2000

主编单位:中国有色金属工业
长沙勘察设计研究院
批准部门:中国有色金属工业协会
施行日期:2001年7月1日

中国计划出版社

2001 北京

前 言

本规程是根据原中国有色金属工业总公司中色投管字[1998]04号文和国家有色金属工业局国色规字[2000]121号文下达的《岩土工程勘察技术规程》(17项)修订计划,对《预钻式旁压试验规程》(YSJ224-91、YBJ23-91)进行修订而成的。

本规程共分五章五个附录,主要内容:总则、术语和符号、仪器设备、试验方法、资料整理。对原规程作了修改和补充的主要内容有:

1. 根据建设部关于《工程建设标准编写规定》,对采用的符号给出了定义和涵义并独立成章。

2. 增加并给出了对剪切模量 G 的求取方法与计算公式。

3. 重新修改了条文说明。

本标准由中国有色金属工业协会归口管理,在执行本规程过程中,如发现本规程条文有欠妥之处,请将意见直接函寄中国有色金属工业工程建设标准规范管理处(北京复兴路12号,邮政编码100038)。其具体解释工作由中国有色金属工业长沙勘察设计研究院(长沙市韶山北路81号,邮政编码410011)负责。

本规程主编单位和主要起草人:

主 编 单 位:中国有色金属工业长沙勘察设计研究院

主要起草人:曾昭建 张栋材

1 总 则

1.0.1 为统一预钻式旁压试验方法,保证试验质量,以适应有色冶金工业工程建设发展的需要,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于有色冶金工业工程建设岩土工程勘察中粘性土、粉性土、砂类土、软质岩石及风化岩层等的预钻式旁压试验,其他行业及同类试验可参照执行。

1.0.3 旁压试验应与钻探配合交替进行,每钻进一段进行一次试验,严禁一次成孔,多次试验。

1.0.4 进行旁压试验时,除应执行本规程外,尚应符合国家和本行业现行的有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 旁压试验 pressuremeter test (PMT)

利用旁压仪,在钻孔中对测试段孔壁施加径向压力,量测其变形,根据孔壁变形与压力的关系,求取地基土的变形模、承载力等力学参数的一种原位试验方法。

2.1.2 旁压模量 modulus of pressuremeter

根据旁压试验所得的压力与变形曲线的直线段,假定土的膨胀系数为 0.33 所求得变形模量。

2.1.3 剪切模量 shear modulus

岩土体在弹性限度内剪应力与相应剪应变的比值。

2.1.4 临塑压力 critical edge pressure

旁压试验中,试验段岩土开始产生塑性平衡区时的压力值。

2.1.5 极限压力 ultimate pressure

旁压试验中,试验段岩土能够承受的最大压力值,即相当于 $V_c + 2V_o$ 时所对应的压力。

2.1.6 泊松比 poisson's ratio

岩土试样在弹性限度内受轴向荷载时模向应变与轴向应变的比值。

2.2 符 号

E ——似弹性模量

E_m ——旁压模量

G ——剪切模量

h_o ——测管水平面至孔口的高度

- h_w ——地下水位埋深
 P ——修正后的压力
 P_o ——静止水平总压力
 P_t ——旁压临塑压力
 P_i ——弹性膜约束力
 P_l ——旁压极限压力
 P_m ——压力表读数
 P_w ——静水压力
 S ——修正后的测管水位下降值
 S' ——实测测管水位下降值
 V ——修正后的体积变形量
 V' ——实测体积变形量
 $\Delta V_{(60-30)}$ ——同级压力下 30s 和 60s 之间的蠕变量
 $\Delta V_{(120-30)}$ ——同级压力下 30s 和 120s 之间的蠕变量
 Z ——旁压试验深度
 α ——综合体变系数
 γ_w ——测试用水(或防冻液)的重力密度
 μ ——泊松比

3 仪器设备

3.0.1 预钻式旁压试验的仪器应采用梅纳(Menard)型旁压仪或PY型旁压仪,也可采用同类的三腔预钻式旁压仪。

3.0.2 旁压仪由旁压器、量测装置、导管和压力源等组成。其装配如图3.0.2所示。

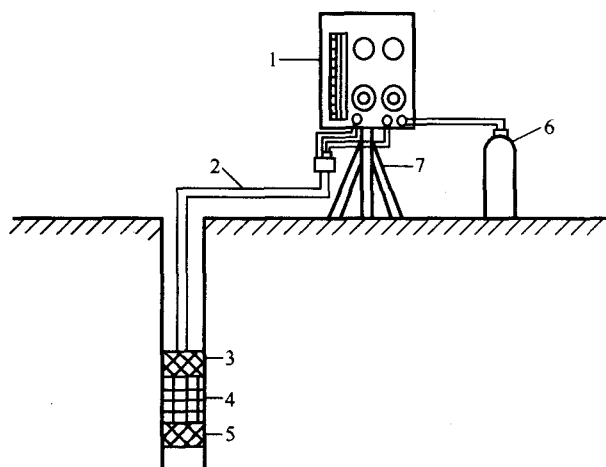


图 3.0.2 旁压仪装配示意图

1—量测装置； 2—导管； 3—旁压器上保护腔； 4—旁压器测试腔；
5—旁压器下保护腔； 6—压力源； 7—支撑三角架

3.0.3 旁压器有上、中、下三腔。上、下腔为保护腔,之间应相通；中腔为测试腔,应与上、下腔严密隔离。常见不同型号旁压器的技术规格应符合表3.0.3的规定。

表 3.0.3 常用型号旁压器的技术规格

旁压仪型号 \ 旁压器型号		规格	总长度 (mm)	测试腔 长度 (mm)	外径 (mm)	测试腔固 有体积 (cm ³)	测管截 面积 (cm ²)
梅 纳 型	G-Am	AX	800	350	44	535	15.30
		BX	650	200	58	535	15.30
		NX	650	200	70	790	15.30
P Y 型	PY ₂ -A	AP	450	250	50	491	15.28
		带金属保护套型	450	250	55	594	15.28
	PY ₃ -2	一般型	680	200	60	565	13.20

3.0.4 量测装置应包括压力表、调压阀、水箱、测管和辅管等。压力表量测试压力的刻度规定如下：

- 1 PY 型旁压仪不应小于 0.010MPa。
- 2 梅纳型旁压仪当试验压力小于等于 2.5MPa 时，不应小于 0.025MPa；当试验压力大于 2.5MPa 时，不应小于 0.100MPa。
- 3 量测水位下降值的刻度不应小于 1mm。
- 4 量测体积变形量的测管刻度不应小于 5cm³。

3.0.5 导管有同轴软管和单管两种。导管两端接头应密封，拆卸应方便。

3.0.6 压力源宜采用高压氮气或手动气泵，并带有测压表。

3.0.7 成孔设备宜采用勺钻、提土钻、冲击钻、回转钻机，以及与其配套的钻杆、泥浆泵等。

4 试验方法

4.1 一般规定

4.1.1 旁压试验应在收集和分析已有岩土工程资料的基础上,根据试验要求确定试验方案和试验方法。试验孔及试验段应根据工程需要确定,一般情况下,每一个建筑场地不宜少于 3 个试验孔;每一个主要地层不宜少于 6 个试验段。

4.1.2 同一个试验孔中的相邻试验段,其间距不应小于 1m;试验孔与相邻钻孔或原位测试孔的水平距离不应小于 1m。

4.1.3 试验前,应根据岩土的类型和状态选择适宜的钻机、钻具及成孔工艺,对于容易发生孔壁坍塌的试验段,应采用泥浆护壁钻进。

4.1.4 试验段的钻孔应圆整、垂直、光滑,孔壁岩土不得受到扰动。

4.1.5 试验孔径应比旁压器外径大 2~8mm。当采用大直径钻具钻进时,必须从试验段以上不小于 1m 处按试验段的要求进行成孔。成孔后,应立即进行测试。

4.1.6 进行旁压试验时,必须保证旁压器的三腔在同一地层上,且不得在取过土或进行过标准贯入试验的部位进行。

4.1.7 在试验结束及旁压器取出钻孔前,试验孔内宜保持注满水或泥浆。

4.1.8 旁压仪应进行率定,并应符合下列要求:

1 每一项工程试验前,均应按本规程附录 A 和附录 B 对旁压仪进行率定。

2 第一次使用的旁压仪或旁压器,应按本规程附录 A 和附录 B 进行率定。

3 更换弹性膜时,应按本规程附录 A 进行率定。

4 当弹性膜累计试验次数达 20 次,或在旁压临塑压力 $P_l \leq 0.1\text{MPa}$ 的地层中进行过 10 次试验时,均应按本规程附录 A 进行率定。

5 接长或缩短导管及更换测压管或注水管时,均应按本规程附录 B 进行率定。

6 率定工作应在环境温度接近试验点地层温度的条件下进行。

4.2 试验工作

4.2.1 注水应按下列步骤进行:

1 摆平支撑三角架,将量测装置置于其上,校正水平,拧紧支撑三角架与控制组件的连接螺杆。

2 检查管路,将旁压器的注水管和导压管的接头对号插入。对于 PY 型旁压仪,应将两根注水管和两根导压管的快速接头对号插入量测装置的插座。

3 向水箱注满蒸馏水或纯净的冷开水。在气温低于 0°C 的条件下进行试验时,应采用浓度为 50% 的乙二醇溶液。

4 将旁压器竖立地面,打开各路阀门,向水箱施加 $0.1 \sim 0.2\text{MPa}$ 的压力,向注水管和旁压器充水,待旁压器中的注水量达到 300cm^3 时取下注水管接头,并用手拍打旁压器,直到手捏旁压器无气泡冒出时为止。

5 当测管水位上升到测管刻度的零位或稍高于零位时,应终止注水,关闭注水阀。

4.2.2 水位调零应按下列步骤进行:

1 将旁压器垂直举起,使测试腔中点与测管刻度的零位齐平。

2 打开调零阀,待水位下降到零位时,立即关闭测管阀、辅管阀和调零阀。

3 静待 $1 \sim 2\text{min}$,检查水位是否归到零位,满足要求时即调

零结束。

4.2.3 当压力源采用高压氮气,且最高试验压力小于等于 2.5MPa 时,高压氮气瓶内的压力应比最高试验压力大 0.1~0.2MPa;当最高试验压力大于 2.5MPa 时,高压氮气瓶内的压力应比最高试验压力大 0.5~1.0MPa。

4.2.4 采用梅纳型旁压仪进行试验时,应根据试验深度和预计试验最高压力按本规程附录 C 确定,并调好旁压器测试腔与保护腔的仪表压差。

4.2.5 旁压器放入孔内之前,严禁阳光直接照射。当气温低于 -5℃ 时,应采取防冻措施。

4.2.6 准确量测测管水位至孔口的高度及地下水位深度。将旁压器置于预定深度后应再进行一次试验深度的量测和校正。

4.2.7 施加的第一级压力,应取试验所承受的静水压力。静水压力可参照图 4.2.7 按式(4.2.7-1)和式(4.2.7-2)确定。

地下水以上:

$$P_w = (h_o + Z)\gamma_w \quad (4.2.7-1)$$

地下水以下:

$$P_w = (h_o + h_w)\gamma_w \quad (4.2.7-2)$$

式中 P_w ——静水压力(kPa);

h_o ——测管水平面至孔口的高度(m);

Z ——旁压试验深度(m);

h_w ——地下水位埋深(m);

γ_w ——测试用水(或防冻液)的重力密度(kN/m³)。

4.2.8 试验压力增量等级,应按旁压临塑压力 P_f 的 1/7~1/5 或旁压极限压力 P_l 的 1/14~1/10 确定。一般情况下可按表 4.2.8 确定。

4.2.9 加压试验应符合下列规定:

1 低压试验(小于等于 2.5MPa)可用高压氮气或手动气泵加压。加压前应关闭有关阀门及旋扭,加压时应缓慢有规律地按

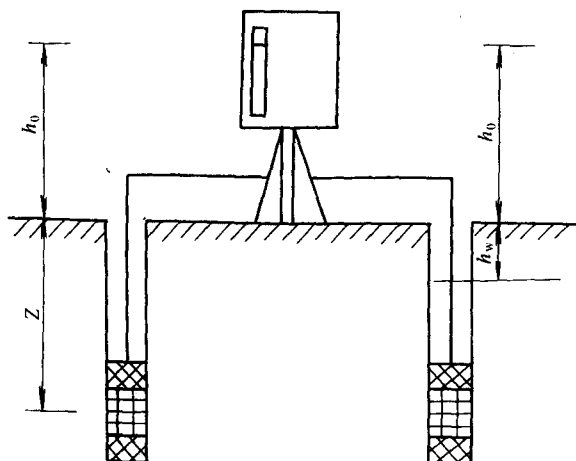


图 4.2.7 静水压力计算示意图

表 4.2.8 试验压力增量等级表

岩 土 特 性	试验压力增量等级 (kPa)	
	小于旁压临塑压力	大于旁压临塑压力
淤泥、淤泥质土、流塑状态的粘性土、松散的粉细砂	≤ 15	≤ 30
软塑状态的粘性土、新近沉积的黄土、稍密饱和的粉土、稍密的粉细砂、稍密的中粗砂	15~25	30~50
可塑至软塑状态的粘性土、马兰黄土、中密至密实的饱和粉土、中密至密实的粉细砂、中密的中粗砂	25~50	50~100
硬塑至坚硬状态的粘性土、密实的粉土、密实的中粗砂	50~100	100~200
软质岩石的强风化带	≥ 100	≥ 200
软质岩石、硬质岩石的强风化带	≥ 200	≥ 500

顺时针方向旋转调压阀至所需压力。

2 高压试验(大于 2.5MPa),应用高压氮气加压,同轴导管宜使用耐高压涤纶软管。把备有插入式快速接头的压力表插入仪

器面板压力表上方的辅助压力表插座内,更换压力调节器弹簧和差压阀弹簧,然后加压调至所需压力。

4.2.10 各级压力应在 15s 内加完。各级压力下的稳定时间宜采用 1min 或 2min。

当稳定时间采用 1min 时,实测体积变形量 V' (或实测测管水位下降值 S') 可按 30s、60s 观测;当稳定时间采用 2min 时, V' (或 S') 可按 30s、60s、120s 观测。观测结果应按本规程附录 D 记录并进行计算。

4.2.11 符合下列条件之一时应终止试验:

- 1 实测体积变形量达到 600cm^3 或实测测管水位下降值为 40cm。
- 2 土体达到极限压力,即蠕变量大于 50cm^3 。
- 3 试验压力达到仪器的额定压力。

4.2.12 试验结束后,应对旁压器进行消压、回水或排净工作,其操作方法应符合下列规定:

1 梅纳型旁压仪:

- 1)按逆时针方向拧松调压阀,使压力降到零,但不应改变气路压力。
- 2)气压控制开关调整至排放位置,使气路压力降低,但不得小于试验水压力 0.2MPa,同时关闭气压控制开关。
- 3)将试验控制开关调至试验位置,使水回流储水箱,达到初始试验的水位时,关闭试验控制开关。
- 4)排放管路内的所有气压,使气压表恢复到零位,同时关闭所有开关及阀门。

2 PY 型旁压仪:

- 1)当试验深度小于 2m,并尚需继续进行试验时,应将调压阀按逆时针方向拧到最松位置,使整个管路消压。利用弹性膜的约束力,迫使旁压器里的水回流到测管和辅管内。

2)当试验深度大于 2m,并尚需继续进行试验时,先打开水箱安全盖,再打开中腔注水阀和排水阀,利用试验终止时管路内处于高压的条件,迫使旁压器里的水回流到水箱内,然后拧松调压阀,使整个管路消压。

3)当需排净旁压器内的全部水时,可打开中腔注水阀和排水阀,利用试验终止时管路内处于高压的条件,排净旁压器里的水,然后拧松调压阀,使整个管路消压。

4.2.13 试验完成后,收尾工作应按下列规定进行:

- 1 旁压器消压后,必须经 2~3min 方可取出。
- 2 关闭高压氮气瓶总阀门,应轻搬轻放旁压器及高压氮气瓶,严禁震动。
- 3 旁压器及各管路应用清水冲洗,擦净后妥善装箱存放。
- 4 各种接头取下后应立即带上护套。
- 5 调压阀要保持密封,不得任意拆卸。
- 6 当一个场地的试验工作结束或近期内不使用旁压仪时,应将旁压仪中的水排净,装箱后放置于干燥通风处。

5 资料整理

5.0.1 资料整理前,应对试验记录进行各级压力下的修正和体积修正,修正公式如下:

1 压力修正式:

$$P = P_m - P_i + P_w \quad (5.0.1-1)$$

式中 P ——修正后的压力(kPa);

P_m ——压力表读数(kPa);

P_i ——弹性膜约束力(kPa),按本规程附录 A 确定。

2 体积修正式:

$$V = V' - (P_m + P_w)^\alpha \quad (5.0.1-2)$$

式中 V ——修正后的体积变形量(cm^3);

V' ——实测体积变形量(cm^3);

α ——综合体变形数(cm^3/kPa),按本规程附录 B 确定。

注:1. 梅纳型旁压仪,当试验压力大于 2.5MPa 时须进行体积修正;

2. 采用修正后的测管水位下降值 S 时,用 S' 替代 V' 即可。

5.0.2 旁压试验 $P-V$ 曲线,应绘制修正后的压力 P 和修正后的体积变形量 V 的关系曲线,也可同时绘制 P 与蠕变量 $\Delta V_{(60-30)}$ 或 $\Delta V_{(120-30)}$ 的关系曲线(见图 5.0.2)。绘制 $P-V$ 关系曲线时应按下列规定进行:

1 纵坐标表示 V ,以 2cm 代表 100cm^3 的体积变形量;横坐标表示 P ,低压试验以 1cm 代表 100kPa 的压力。也可自行选定。

2 绘制曲线的笔尖要细,点位要准,先连直线段,再向两端延长,曲线段部分应使用曲线板连接,注意与直线段的切点。

5.0.3 旁压试验特征值(P_0, P_t, P_1)应在 $P-V$ 曲线或 $P-\Delta V_{(120-30)}$ 曲线(见本规程图 5.0.2)上按下列方法确定。

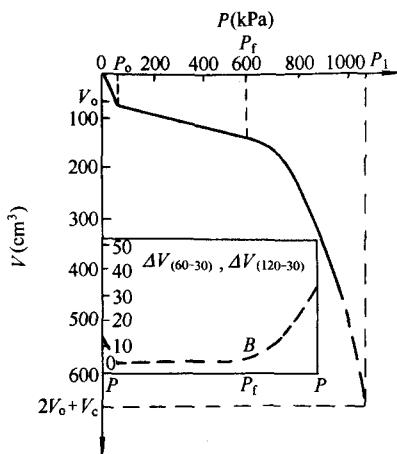


图 5.0.2 $P-V$ 曲线及 $P-\Delta V_{(60-30)}$

或 $\Delta V_{(120-30)}$ 曲线示意图

1 P_0 值:

1) 延长 $P-V$ 曲线直线段与纵坐标相交, 交点为 V_0 , 过 V_0 作横坐标 P 的平行线, 相交于曲线上的一点, 其对应的压力为 P_0 。

2) 作 $P-\Delta V_{(60-30)}$ (或 $P-\Delta V_{(120-30)}$) 曲线) 曲线下降值的最低点所对应的压力为 P_0 。

2 P_f 值:

1) $P-V$ 曲线直线变形段终点, 即曲线与直线段的切点 A 所对应的压力为 P_f 。

2) $P-\Delta V_{(60-30)}$ (或 $P-\Delta V_{(120-30)}$) 曲线直线变形段终点, 即曲线与直线段的拐点 B 所对应的压力为 P_f 。

3 P_1 值:

1) 过 P_f 对应的曲线点, 在曲线上光滑自然地作延长线, 在纵坐标上取 $2V_0 + V_c$ 值 (V_c 为测试腔固有体积), 过

此值点作横坐标 P 的平行线,两线的交点所对应的压力为 P_1 。

2) $P-V$ 曲线上取最后两级压力的对应值 $P-1/V$ 曲线 (图 5.0.3-1), 在纵坐标上取 $1/(2V_0 + V_c)$ 值, 过此值点作横坐标 P 的平行线, 两线交点所对应的压力为 P_1 。

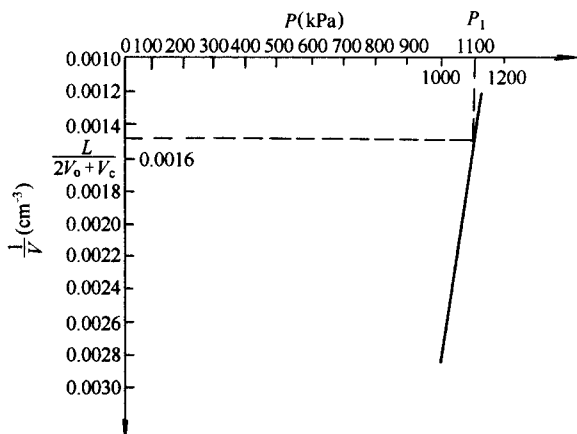


图 5.0.3-1 $P-1/V$ 曲线示意图

3) 在求 P_1 标准坐标计算纸上 (本规程附录 E), 按 $P、V$ 值展点绘制曲线, 在纵坐标上取 $2V_0 + V_c$ 值, 过此值点作横坐标 P 的平行线, 两线交点所对应的压力为 P_1 。

4) 在 $P - \ln[V/(V_c + V_0)]$ 坐标图上作曲线 (图 5.0.3-2), 在纵坐标上取 $\ln[V/(V_c + V_0)] = 1.0$, 过此值点作横坐标 P 的平行线, 两线交点对应的压力为 P_1 。

5.0.4 根据旁压试验特征值, 按式 (5.0.4-1)、式 (5.0.4-2) 和式 (5.0.4-3) 计算似弹性模量 E (MPa)、旁压模量 E_m (MPa) 和剪切模量 G (MPa)。

$$E = 2(1 + \mu)(V_c + V_0)\Delta P / \Delta V \quad (5.0.4-1)$$

$$E_m = 2(1 + \mu)(V_c + V_m)\Delta P / \Delta V \quad (5.0.4-2)$$

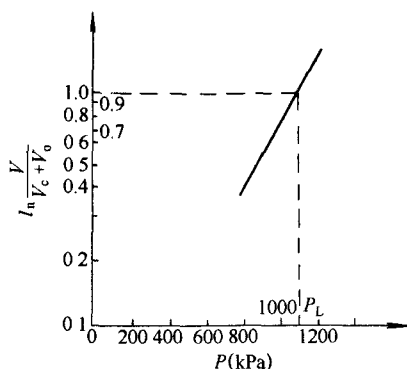


图 5.0.3-2 $P - \ln[V/(V_c + V_0)]$ 曲线示意图

$$G = E(1 + \mu) \quad (5.0.4-3)$$

式中 ΔP —— $P-V$ 曲线上直线变形段压力增量(MPa);

ΔV ——与 ΔP 相对应的体积变形增量(cm^3);

V_c ——测试腔固有体积(cm^3);

V_0 ——静止水平总压力 P_0 所对应的体积变形量(cm^3);

V_m ——平均体积变形量(cm^3), 取 $P-V$ 曲线直线段两端所对应的体积变形量之和的一半;

μ ——泊松比, 通常取 0.33。

5.0.5 资料整理应提交旁压试验综合成果图, 必要时, 也应提出静止水平总压力 P_0 , 旁压临塑压力 P_f , 旁压极限压力 P_l , 似弹性模量 E , 旁压模量 E_m , 剪切模量 G 随深度 h 的变化图。

附录 A 弹性膜约束力率定

A.1 率定步骤

A.1.1 对旁压仪注水、调零。

A.1.2 对弹性膜进行加压和退压,使之自由膨胀 4~5 次。

A.1.3 将旁压器竖立于地面,准确测量旁压器测试腔中点至测管水平面的高度,使弹性膜呈自由状态。

A.1.4 梅纳型旁压仪按 0.025MPa、PY 型旁压仪按 0.010MPa 增量逐级施加压力,并按表 A.1.4 规定的时间记录各级压力下的 V' 或 S' 。

表 A.1.4 弹性膜约束力率定记录表

工程名称					
旁压器型号		率定次数		水头高度	(m)
使用次数		率定温度	(℃)	率定日期	年 月 日
级 数	压力表读数 P_m (kPa)	总压力 $P_m + P_w$ (kPa)	实测体积变形量 V' (cm ³) 或实测测管水位下降值 S' (cm)		
			30s	60s	120s
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

试验:

记录:

A.1.5 当实测体积变形量达到 600cm³ 或实测测管水位下降值

达到 40cm 时,可终止率定并同时退压。

A.2 率定结果整理

根据记录的总压力和实测体积变形量或实测测管水位下降值,绘制 $P-V$ 或 $P-S$ 曲线,此曲线即为对弹性膜约束力 P_i 的率定结果。

附录 B 仪器综合变形率定

B.1 率定步骤

B.1.1 将旁压仪注水、调零。

B.1.2 将旁压器放入校正试验管内,并竖立于地面。

B.1.3 梅纳型旁压仪按 0.500MPa、PY 型旁压仪按 0.100MPa 增量逐级施加压力,并按表 B.1.3 记录各级压力下的 V' 或 S' 。

表 B.1.3 仪器综合变形率定记录

工程名称					
旁压器型号		率定次数			
使用次数		率定温度	(℃)	率定日期	年 月 日
级 数	压力表读数 P_m (kPa)		实测体积变形量 V' (cm^3) 或实测测管水位下降值 S' (cm)		
			60s		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

试验:

记录:

B.1.4 当压力级数达到 7~10 级时,可终止率定并同时退压。

B.2 率定结果整理

根据记录的压力表读数与实测体积变形量或实测测管水位下降值,绘制 $P-V$ 或 $P-S$ 曲线,曲线直线段斜率 $\Delta V/\Delta P$ 或 $\Delta S/\Delta P$ 即为综合体变系数 $\alpha(\text{cm}^3/\text{kPa})$ 。

附录 C 梅纳型旁压仪仪表压差数值

表 C.0.1 试验压力小于等于 2.5MPa 时仪表压差数值表

试验深度(m)	仪表压差(kPa)
1	100
2	90
3	80
4	70
5	60
6	50
7	40
8	30
9	20
10	10
11	0
12	10
15	40
20	90
25	140
30	190
40	290
50	390
注:1. 当试验深度 1~11m 时,测试深度选择阀应置于“0~11m”处,测试腔表压应大于保护腔表压。 2. 当试验深度 12~50m 时,测试深度选择阀应置于“>11m”处,保护腔表压应大于测试腔表压。	

表 C.0.2 试验压力大于 2.5MPa 时仪表压差数值

试验深度(m)	仪表压差(kPa)
1	400
2	390
3	380
4	370
5	360
6	350
7	340
8	330
9	320
10	310
11	300
21	200
31	100
41	0
51	100
61	200
<p>注:1. 当试验深度 1~41m 时,测试深度选择阀应置于“0~11m”处。测试腔表压应大于保护腔表压。</p> <p>2. 当试验深度 51~61m 时,测试深度选择阀应置于“>11m”处,保护腔表压应大于测度腔表压。</p>	

附录 D 旁压试验记录及计算表

表 D 旁压试验记录及计算

工程名称													
试验编号								测管水面离孔口的高度				(m)	
试验深度				(m)				地下水位				(m)	
试验地层								试验日期				年 月 日	
压力表 读数 P_m (kPa)	静水 压力 P_w (kPa)	弹性膜 约束力 P_i (kPa)	修正后 的压力 P (kPa)	实测体积变 形量 V' (cm^3)或实 测测管水位 下降值 S' (cm)			综合体变 系数 α (cm^3/kPa)	体积 校正 值 V (cm^3)	修正后 的体积 变形量 ΔV (cm^3)	蠕变量 $\Delta V_{(60-30)}$ 或 $\Delta V_{(120-30)}$ (cm^3)	倒数值 $1/V$ (cm^{-3})		
				30s	60s	120s							

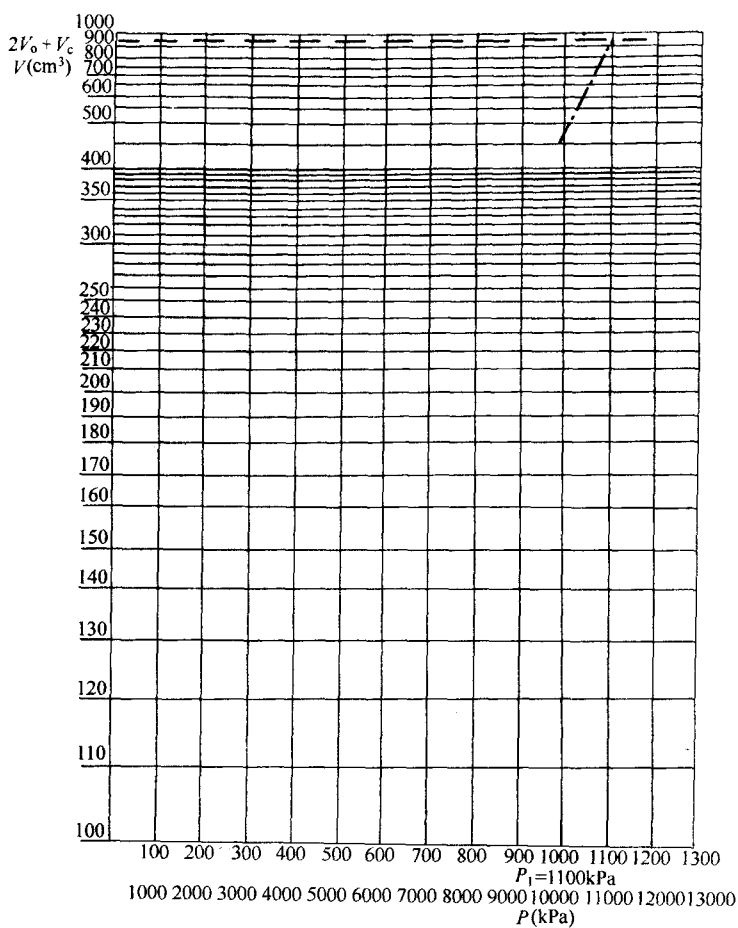
试验:

记录:

计算:

检查:

附录 E 求 P_1 标准坐标计算纸



本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指定应按其他标准、规范执行时,写法为:“应符合……的要求或规定”或“应按……执行”。

统一书号:1580058·471

定价:108.00 元

中华人民共和国行业标准

旁压试验规程

YS 5224—2000

条文说明

目 次

1 总 则	(595)
2 术语、符号	(596)
2.2 符 号	(596)
3 仪器设备	(597)
4 试验方法	(599)
4.1 一般规定	(599)
4.2 试验工作	(602)
5 资料整理	(608)

1 总 则

1.0.1 旁压试验是岩土工程勘察的一种原位测试,由于这种测试手段简单,越来越被广泛应用。在本系统,有关单位早在 70 年代已把旁压试验用于工程上,取得了一定的工作经验,原规程在某些方面已不能适应工程需要,根据各单位的工程实践和各方面的信息,特对本规程进行修订,以利于保证试验质量,适应有色冶金工业工程建设发展的需要。

1.0.2 根据全国各地各种不同型号旁压仪的试验资料,试验地层有各种不同地质时代成因的粘土、粉质粘土、粉土、砂类土、黄土、人工填土、软质岩石及其岩石风化层等。从这些资料的计算、统计对比结果表明,在上述各类岩土层中进行旁压试验是可行的。

1.0.3 用预钻式旁压仪进行试验,一般应与钻探配合进行。本条规定,每钻进一段进行一次试验,这是因为一次性成孔,实践证明岩土体结构会受到扰动,影响测试成果质量,因此在同一孔中进行不同深度的试验时,孔深必须按预定的试验深度逐次加深。

2 术语、符号

2.2 符 号

本节将本规程中出现频率较高的符号作出规定,同时在规程条文公式中也做出了相应说明,对主体涵义不变但有差别的符号用角标区分。

3 仪器设备

3.0.1 本规程融汇了国内外各种型号的三腔预钻式旁压仪的特点及优点(包括操作方法、数据处理、计算与制图及资料判释与应用),适用于三腔预钻式旁压仪。

3.0.3 旁压器是旁压仪的主要部件。

梅纳型旁压仪的旁压器工艺构造为:由一根空心金属圆柱筒作为骨架,在筒的中部用锯形铜环固定住一个橡皮内膜,在橡皮内膜与金属柱筒外壁的空间可由同轴软管的内管(水管)向内充水,称为测试腔(中腔);在内膜的外面装上比圆柱筒长度稍短一点的外膜,在外膜外装一层(约 20 片左右)可扩张的金属纵向钢条(铠装护套)以减少膜套被扎破的危险,然后用带有金属圈的硬塑料(聚胺脂)筒和带扎花铜箍,由两端将护套固定在圆柱筒上,则外膜的腔称保护腔,当测试腔内膜鼓起与外膜紧贴时,使保护腔分成上、下两腔,在金属圆柱筒内有小钢管沟通上、下腔,并与中腔严密隔离。工作时,中腔充水,上、下腔充气。水与气的压力均由高压氮气瓶内气压经过不同阀门的调节从不同的回路供给。圆柱筒中心为导水管,用以排泄和疏通地下水,使旁压器顺利的旋转到测试位置。

PY 型旁压仪的旁压器工艺构造其基本原理与梅纳型旁压器相同,但缺少内膜。旁压器有两种形式:一种是外膜带有金属保护套,即纵向钢片;另一种是未带金属保护套。

3.0.4 量测装置是旁压仪的加压和量测仪器。

梅纳型旁压仪的量测装置,又称压力体积控制器,正面装有主要压力调节器,差异压力调节器,主、差压力表;量管一根,上有刻度 800cm^3 ,最小刻度 5cm^3 ;加压、稳压阀门及插口等。背面装有各表、阀门、插口和开头之间的连续管线,形成水、气两个压力回路;

顶部有一供水用的储水箱。正面下方插口为一个连接氮气瓶的进气口接通压力源,一个与旁压器保护腔连接的通气口和一个与测试腔相连接的通水口,用同轴软管相连接通旁压器。

PY 型旁压仪的量测装置,板面基本原理与梅纳型旁压仪相同,有量管和辅管,均由有机玻璃制成,内截面积 15.28cm^2 ,量管表面有 45cm 长的刻度(相当于水容积 690cm^3),最小刻度 1mm ;量管上端接压力表,下端通旁压器中腔;辅管上端通压力表,下端通旁压器上、下腔。

本规程规定,用梅纳型旁压仪在量管上可量测体积变形量;用 PY 型旁压仪在量管上可量测测管水位下降值。

3.0.5 导管用来连接量测装置与旁压器。

梅纳型旁压仪的导管为同轴软管,其作用一是内管通水,把水压施加于旁压器中腔,外管通气,把气压施加于旁压器上、下腔;其二是由于同轴软管的外管有气压,可防止水管膨胀造成试验时测量体积不准确,保证测试质量。同轴软管规格分为两种:耐纶,用于压力小于等于 2.5MPa ;汰纶,用于压力大于 2.5MPa 。一般长度为 $25\sim 60\text{m}$ 。

PY 型旁压仪的导管由四根单管组成。两根为注水管,分别将水注入旁压器中腔和上、下腔;两根为导压管,一根将旁压器中腔与量管接通,一根将旁压器上、下腔与辅管接通。四根导管均为普通尼龙软管。

3.0.6 旁压仪的压力源是荷载的能源。梅纳型旁压仪的压力源采用高压氮气,一般高压氮气瓶中的压力为 $14\sim 15\text{MPa}$;PY 型旁压仪的压力源为手动气泵或高压氮气,手动气泵可用普通打气筒,其中压力可小于 14MPa ,一般 10MPa 已足够。每台仪器必须附有检查高压氮气瓶内压力的压力表。

3.0.7 在不同的岩土层中进行试验时,只有用不同的成孔设备才能保证成孔质量。

4 试验方法

4.1 一般规定

4.1.1 对每一建筑场地不宜少于 3 个试验孔,对每一主要地层不宜少于 6 个试验段,是为了满足规范及评价的要求。

4.1.2 旁压器长度一般为 450~800mm,加上一个 200~300mm 的连接接手,其总长度接近 1m,若最小试验深度小于 1m,则旁压器就不能放置到预定的深度。再者,由于横向扩张的影响,Hughel (1973)通过在实验室用放射性显示技术检验认为,旁压仪压入及操作引起土体的扰动不大,土的径向位移为圆柱体半径的 0.5%,但当旁压仪在钻进过程中压入土中时,在圆柱体周围有一环状扰动区(剪切位移区),这对土的影响是不能忽视的。旁压试验有其应力影响范围,在此应力影响范围内不应有另一旁压试验或其他原位测试存在,以保证测试成果的精确度和可靠性。北京市勘察院根据实践经验及理论推算,其应力影响范围的影响半径在水平方向约为 60cm,垂直方向约为 40cm(上、下两旁压器的端点起算)。基于上述原因,规定同一个试验孔中的相邻试验段间距或试验孔与相邻钻孔和测试孔的水平距离都不应小于 1m。

4.1.3 对于不同的岩土层要选择不同的钻探机具和施工工艺,国内大多数单位采用的成孔方法都是利用已有钻探设备和施工工艺成孔。需要时可采用泥浆护壁。

4.1.4 作此规定是因为孔壁垂直、光滑、呈完整的圆柱形可使试验在接近轴对称的平面应变条件下进行。如果孔壁岩土体受到扰动,则在旁压器与未扰动土的岩土体之间存在扰动带或有坍孔、缩孔情况,这将会影响旁压试验曲线的形态和最终成果质量,使旁压试验曲线异常的几种形状如图 1 所示。

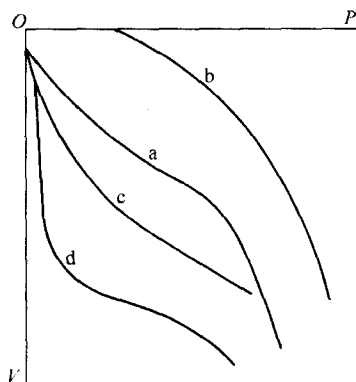


图1 几种异常的旁压试验曲线示意图

图中的曲线 a 是正常情况下标准旁压试验曲线。曲线 b 反映成孔直径太小或有缩孔现象,旁压器被强行挤入钻孔,在试验前孔壁岩土体已受到挤压,使旁压曲线前段消失,找不到静止水平总压力 P_0 点,使 $P-V$ 曲线直线段与纵坐标交点 V_0 等于零,曲线难以应用。曲线 c 反映成孔过程中孔壁岩土体被严重扰动,形成了较厚的扰动圈带,加压后在曲线上有一段呈弧形反弯,说明扰动岩土体被压密,孔壁岩土体出现压缩层,因受旁压器膨胀量所限,达不到试验要求被迫终止试验,旁压曲线难以应用。曲线 d 反映了成孔直径过大,因孔径大,旁压器与孔壁贴紧时所需的水量就多,使得 V_0 增大,这样旁压器的膨胀量有相当一部分消耗在弹性膜与孔壁接触的环形空间上,曲线后部不完整,难于确定旁压极限压力 P_1 。

4.1.5 从旁压试验曲线的几种形态可见,试验段孔径过大或过小,都将会影响其成果和判释。因此钻孔试验段的孔径应与旁压器的直径相配套,实践证明,试验段的孔径一般比旁压器外径大 2~8mm 时旁压试验质量较好。不同型号旁压器试验段的成孔直径可参照表 1 的要求。

表 1 不同型号旁压器试验段的成孔直径

<div> <div>规格</div> <div>旁压仪型号 旁压器型号</div> </div>			旁压器外径 (mm)	成孔直径(mm)	
				最 小	最 大
梅 纳 型	G—Am	AX	44	46	52
		BX	58	60	66
		NX	70	72	78
P Y 型	PY ₂ —A	AP	50	52	56
		带金属保护套型	55	57	61
	PY ₃ —A	一般型	60	62	66

4.1.6 旁压试验必须保证旁压器的三腔在同一地层中进行。若旁压器放在两种或两种以上岩土层上时,将会发生因土质条件差异,使弹性膜破裂;若不破裂,加压后,较软的岩土体会产生低模量的较陡斜率,继后的膨胀则由较硬的岩土体抵抗,于是又会获得较大模量的缓平斜率,这样的试验曲线将无法应用。另外,取土或做过标准贯入试验的部位由于其孔径或大或小,不符合试验段成孔直径要求。

4.1.7 为了保证在进行旁压试验时,试验段以上钻孔的孔壁不产生掉块或塌孔现象,以便旁压器在试验结束后能顺利的提高钻孔,因此提出了在孔内宜注水或者注浆的要求。

4.1.8 应按不同要求对旁压仪进行率定:

1 率定是旁压试验前必须进行的准备工作。率定的作用不但可以检查仪器是否完好,而且通过率定确定的压力损失与体积损失还可用来修正旁压试验结果。进行弹性膜约束力率定或仪器综合变形率定,可根据不同条件而定。

2 第一次使用的旁压仪或旁压器,因不知其压力损失与体积损失的大小,两项率定均要进行。

3 更换弹性膜后,PY 型旁压仪须进行两项率定。梅纳型旁

压仪,由试验压力确定,当试验压力小于等于 2.5MPa 时,只进行弹性膜约束力率定;当试验压力大于 2.5MPa 时,只进行仪器综合变形率定。

4 弹性膜长期使用后,要定期进行校正膜套约束力。对相同的护套和膜,法国科学家认为每进行 20 次试验后要重新校正一次约束力;当土的极限压力小,在旁压临塑压力 $P_f < 0.1\text{MPa}$ 的岩土层中进行试验时,每进行 10 次试验后需要复校一次约束力。

5 当接长或缩短导管和更换测管或注水管时,由于连接量测装置与旁压器的导管的膨胀,弹性膜和护套的压缩,以及本身选材方面的差异,都会产生不同体积损失,因此,需要进行仪器综合变形率定。

6 温度变化或仪器长期不用,要重新率定。从北京市勘察院使用型号 BX 旁压器在不同温度下对约束力的率定结果可见表 2,温度不同时约束力相差较大。因此规定率定工作应在环境温度接近试验点地层温度的条件下进行。一般情况以每一个工程开始前进行率定;同时在一个工程中,当率定时的环境温度与试验时地层温度的温差超过 4°C 以上时也应重新率定约束力。

表 2 不同温度下对约束力的率定结果

旁压器型号	率定日期	率定时温度($^{\circ}\text{C}$)	最大约束力(kPa)
BX	8月11日	28	135
	10月3日	22	160
	11月10日	14	180

4.2 试验工作

4.2.2 水位调零是为了准确测定试验段的体积变化,注水完后必须进行调零工作。为使调零准确,调零后应稍等 1~2min,再检查水位恢复是否归零,直至满足测管水位在零位为止。

4.2.3 梅纳型旁压仪的压力源必须使用高压氮气,当试验压力大于 2.5MPa 时,高压氮气瓶内的压力不宜小于 12MPa;PY 型旁压

仪的压力源有条件的可选用高压氮气,无条件时选用手动打气筒作压力源也可。

4.2.4 梅纳型旁压仪采用了两种压力系统:水压系统,用于对测头的活动部分即测试腔施加负荷;气压系统,用于对保护腔加荷,为使所试的材料产生负荷,并准确量测受荷材料的体积变化,弹性内膜必须始终与弹性外膜内衬完全接触,因此必须使测试腔内的压力始终超过保护腔内的压力且不少于薄膜的惯性,此即压差。选调压差,不仅能使保护套起到保护内膜的作用,更主要的是使上、下保护腔能同步膨胀延长测试腔的压力区,使中腔受胀的地层处于平面应变状态。

压差计算可按式(1)确定:

$$P_{dc} = P_c - \gamma_w Z \quad (1)$$

式中 P_{dc} ——量测装置仪表压差值(kPa);

P_c ——仪器固定压差值,试验压力小于等于 2.5MPa 时,取 $P_c = 100\text{kPa}$,试验压力大于 2.5MPa 时,取 $P_c = 400\text{kPa}$;

γ_w ——水的重力密度(kN/m^3);

Z ——试验深度(m)。

压差选好后,进行调压差,一般加 500kPa 压力后来调节差值,调好后,加压至 1000kPa,检验压差是否调得准确、稳定。调压差前,同轴软管中的导气管应从量测装置上拔下,调好后才能插上。当进行下一段试验时,要重新调节压力差。

4.2.7 静水压力是测管水平面至旁压器测试腔中点的垂直距离水柱产生的压力,其大小为水头高度乘以测试用水(或防冻液)的重力密度。地下水位以下,水头高度为测管水面到地下水位的深度;地下水位以上,则水头高度为测管水面至旁压器测试腔中点的深度。试验开始时,只需打开测管阀门,不需加压,此时,旁压器内产生的静水压力将会迫使水位下降,此即是第一级压力的作用。

4.2.8 试验压力增量等级过多,相当于延长在各级压力下的观测

时间;而过少则满足不了曲线精度,不易确定较精确的静止水平总压力 P_0 与旁压临塑压力 P_f 值。选择压力增量等级是一个很重要的问题,目前国内外都没有一个统一标准,但必须要满足一个原则,即 $P-V$ 曲线要有足够的试验点,同时旁压临塑压力以前的直线段也必须有一定量的点才能说明问题。目前国外按旁压极限压力 P_1 考虑,如法国的资料介绍按 10 个压力增量等级,即 P_1 的 $1/10$,最少 8 个,最多不超过 14 个;前苏联的资料介绍要求曲线上有 15~16 个点,即 P_1 的 $1/15 \sim 1/16$ 。国内一般按 P_f 考虑, PY₂-A 型旁压仪说明书规定,压力增量等级可根据预估土的 P_f 值大小而定,每级为 P_f 的 $1/5$,每处试验一般加 10 级,每级加压 50kPa 左右;《工程地质手册》(第三版)也规定按 P_f 值的不同条件取值。

由上述资料可总结出大体原则都是根据岩土의旁压临塑压力 P_f 值或旁压极限压力 P_1 值来确定,都倾向按等级加荷,研究上述各种方法后,结合目前载荷试验取估计比例界限的 $1/5$ 或极限压力的 $1/10$ 标准,推荐确定试验压力增量等级的两种方法,即本规程表 4.2.8 的旁压临塑压力前的压力增量等级和旁压临塑压力后的压力增量等级。前者考虑到要较精确确定 P_0 和 P_f 值而增量等级较小;后者压力增量等级对旁压曲线线型变化影响不大,所以增量等级较大。

4.2.10 各级压力施加后的观测时间称为加荷速率或相对稳定标准,亦是旁压试验一个重要研究课题。目前,使用标准不一,总的来讲可分为快法与慢法两大类。

1 快法规定每级压力稳定时间为 1min 或 3min,以法国梅纳方法为代表。《工程地质手册》(第三版)也规定采用快法。其基本概念是因为:旁压变形是剪切变形,属于畸变,相当于不排水快剪,考虑到旁压试验成果主要用来评价建筑物地基变形和提供承载力,加荷速率对变形模量能产生较大影响,因而不能直接利用旁压试验确定变形模量,不像荷载—变形关系那样有线性部分的斜率,

也不像材料力学那样确定地基的荷载与变形关系简单。国内在计算变形模量时要根据各地经验用一个旁压系数 m 修正,法国采用旁压模量在计算基础沉降时也要引进一个流变系数(即将旁压模量算成变形模量),这些类似的经验修正系数除含有流变的意义外,还有变形机理、加荷方向等因素,因此不必要求每级荷载的变形都达到足够的稳定程度。

2 慢法规定每级加压稳定时间为 5min 或 10min,或加压后达到某种稳定后才施加下一级压力,以前苏联规范方法与我国建筑科学研究院地基基础研究所推荐方法等为代表。国内也有少数单位采用慢法,考虑到旁压试验成果判释问题,因不同的加压速率将反映不同的应力—应变机制,倾向于旁压是以塑性变形为主,要求加压速率和相对稳定时间就较长。试验采用快法还是慢法,很多单位作了对比试验,主要代表单位有:

1)原兵器工业部勘察公司一分公司,试验软塑状态土稳定时间 10min,变形占总变形的仅 65%,可塑—硬塑状态土稳定时间 10min,变形占变形的 83%~85%。可见对某些土层,稳定时间 1、3、5min 太短,孔隙水未来得及排尽,土体的变形未完全反映出来,认为稳定时间应超过或等于 10min。

2)常州市建筑设计院,分别在三种不同土上进行各种加荷速率对比试验(见表 3),结果表明不同加荷速率对 P_f 值影响极小,而对 P_1 值影响较大;淤泥层中,对旁压模量 E_m 值也有较小的影响。

3)青岛市勘测处,在砂类土、粉土中进行了各级加荷速率对比试验(表 4),结果表明对 P_f 值影响不大,对 P_1 与 E_m 值有些影响。

4)湖北省综合勘察院,在软粘土及超固结老粘土中做快慢法对比试验九组,结果快慢法的 P_f 值平均比值为 $P_{f快} = 0.95P_{f慢}$, E_m 值平均比值为 $E_{m快} = 1.11E_{m慢}$ 。表明快慢两法之结果差异不大。

表 3 不同加荷速率的对比结果

土 类	各级压力下观测时间(min)	P_f (MPa)	P_1 (MPa)	E_m (MPa)
坚硬状态粘土	1	0.450	1.240	24.5
	3	0.450	1.190	21.6
	5	0.450	0.920	19.5
	10	0.450	0.866	21.7
可塑状态粉质粘土	3	0.175	0.520	8.7
	5	0.175	0.500	9.3
	10	0.175	0.480	8.3
流塑状态淤泥	3	0.080	0.220	1.6
	5	0.080	0.193	1.4
	10	0.080	0.152	1.0

表 4 不同加荷速率的对比结果

土 类	各级压力下观测时间(min)	P_f (MPa)	P_1 (MPa)	E_m (MPa)
粉 土	1	0.310	0.800	7.1
	3	0.300	0.675	5.9
	5	0.300	0.750	7.6
	10	0.295	0.630	6.1
砂 类 土	1	0.205	0.610	7.9
	3	0.220	0.520	6.4
	5	0.195	0.575	9.3
	10	0.205	0.700	8.3

5)原纺织工业部设计院,在压实填土上作了不同加荷速率(3、5、10min)快慢法对比试验,结果表明快慢法 P_f 与 P_1 差值一般不超过 5%,快法所得值稍小。

6)陕西省综合勘察院,在西安地区作了三组对比试验,其加

荷速率为 1、3、5、10、30min。以 10min 为假定稳定时间,并
对其所取数值为基数进行逐个对比,结果表明,对 P_t 而言,
稳定标准的时间长短对其值是没有影响,或者影响不大。

综合以上各单位实测资料,旁压试验加荷速率或相对稳定标准采用快法是比较适合的。试验证明在 1~3min 之内已完成绝大部分变形,因此,本规程推荐用快法,由于进口与国产旁压仪有些差异,相对稳定时间一般按下述采取:

梅纳型旁压仪稳定时间为 1min 按 30s、60s 记录实测体积变形量 V' ;PY 型旁压仪稳定时间根据土性等具体条件采用 1min 或 2min,按 30s、60s 或 30s、60s、120s 记录实测测管水位下降值 S' 。

4.2.11 旁压试验的终止试验条件,原则上是基于试验段四周土体的应力应变状态由弹性阶段过渡到塑性极限平衡状态终止。因此,既要使土体受力接近或达到极限应力状态,又要使弹性膜和土体变形达到一定限度并保证弹性膜不致胀破。所以,终止条件与旁压仪的测管容积、调压阀的工作压力及弹性膜的耐压力程度有关。满足三个终止试验条件之一即可结束试验。

5 资料整理

5.0.1 旁压试验原始记录的各级压力和体积包含有弹性膜约束力和仪器综合体变的影响因素,因此在资料整理时,必须对此进行修正。一般情况,梅纳型旁压仪当试验压力小于等于 2.5MPa 时,只进行压力修正,不做体积修正,因为该仪器额定压力为 10.0MPa,在低压条件下,体变系数很小,对整个试验基本无影响;当试验压力大于 2.5MPa 时,两项均须进行修正。PY 型旁压仪两项均须进行修正,因为这种仪器额定压力为 1.6MPa 或 2.5MPa,本身极限压力不高,加上构造、材质等因素,即使在低压试验条件下,仪器的综合体变对体积影响也不可忽视。

梅纳型旁压仪与 PY 型旁压仪在测读体积变化时,采用的单位有时不一样,但原理是相同的,两者的换算关系可按式(2)计算:

$$V = A \cdot S \quad (2)$$

式中 V ——修正后的体积变形量(cm^3);

S ——修正后的测管水位下降值(cm);

A ——测管截面积(cm^2),按本规程表 3.0.3 取值。

5.0.2 旁压试验成果主要以曲线图表示,因此旁压试验综合成果图的比例、图幅、画法和精度应有统一规定。目前作图形式有两种:使用梅纳型旁压仪时,一般作 P — V 曲线;使用 PY 型旁压仪时,一般作 P — S 曲线,这两种方法均可用。 P — V 曲线直接表明了岩土体在压力作用下的体积变化,而 P — S 曲线中的 S 值与测管截面积有关,与土的变形是间接关系,因此,本规程推荐用 P — V 曲线表示,对 P — V 曲线的绘制作了规定。这样在一般情况下须将 S 换算成 V 。

5.0.3 确定旁压试验特征值(P_0, P_f, P_1),国内外采用的方法较多,本规程编制组在研究了国内外各种方法后,提出以下几种简便

实用方法。

1 静止水平总压力 P_0 值的确定。 P_0 的物理含义及其在旁压试验中如何确定,目前尚有争议。求 P_0 值的方法较多,但求出的 P_0 值与真正的 P_0 值是否相等,各说不一。过去采用旁压试验直线段起点所对应的压力 P_{0m} 值作为 P_0 值,在理论上应是相等的,但实际上很难精确地确定 P_{0m} 值,这是因为在旁压试验的开始阶段仅有一、二个测点,此时受孔壁扰动影响大, P_{0m} 不能真正代表 P_0 值。用这种方法确定 P_0 值的人为因素不可避免。本规程推荐用加拿大 Tavcnas 提出的简捷方法求 P_0 值,即延长 $P-V$ 曲线的直线段与纵坐标相交,其交点定为 V_0 ,然后过 V_0 作与横坐标平行线相交于曲线上的一点,该点对应的压力为 P_0 。求取的 P_0 值要考虑扰动带再缩力的影响,用上述方法求取的 P_0 值比过去用 P_{0m} 值要小一些, P_0 值可能会更接近实际值。本规程推荐的另一种方法是按照梅纳理论, P_{0m} 值可由蠕变曲线 $P-\Delta V_{(60-30)}$ 或 $P-\Delta V_{(120-30)}$ 确定,即认为蠕变曲线第一个拐点为 P_{0m} 值,此值比较接近于 P_0 值,但用此种方法比较烦琐,须画蠕变曲线图。另外,由于成孔、操作等影响,孔壁土不可避免受到扰动。贵州省建筑设计院工程地质队作了对比试验,同一土质,相同深度, P_0 值相差很大,而 P_f 值却很接近。因此,在确定 P_0 值时,不能以一种方法为标准,应将两种方法同时应用,互相参考,对比确定较好。

2 旁压临塑压力 P_f 值的确定。 P_f 值的确定方法比较统一,其物理意义也比较明确,相当于岩土临塑荷载,当压力大于 P_f 时,土体将产生塑性变形。收集和统计的资料结果表明:由不同的钻具成孔,不同的仪器设备试验,或由不同的人员操作,在同一地层中其 P_f 值基本相同,说明正常的旁压试验曲线其直线段的线性关系是很好的,因而表现为拐点明显,比较容易确定。目前国内许多单位采用直接法在旁压曲线上找出直线段的终点即拐点(或称为切点)所对应的压力为 P_f ,此种方法简便易行。另一种方法是按照梅纳理论, P_f 值由蠕变曲线图确定,亦即蠕变曲线的第二个

拐点所对应的压力为 P_f 值。用这种方法确定 P_f 值一般比较准确,与直接用切点法确定 P_f 值相差不大,有时甚至吻合。为此,本规程推荐用两种方法综合确定 P_f 值较好。

3 旁压极限压力 P_1 值的确定。 P_1 值是旁压试验曲线过 P_f 点后曲线部分的渐近线趋于与纵轴平行时的压力值,其大小相当于 $V_c + 2V_0$ (V_c 为测试腔固有体积)时所对应的压力。因为标志着试验曲线直线段起点的 V_0 代表孔隙的初始体积,当试验时膨胀的体积达到初始体积加上旁压器固有体积时(即 $V_0 + V_c$),认为土体已处于极限状态,此时的总体积 $2V_0 + V_c$ 所对应的压力即达到 P_1 值。旁压试验因受测头总变形、仪器工作压力和钻孔成孔质量等方面因素影响,试验不一定都能做到极限压力 P_1 ,往往试验的最大压力只能加到接近 P_1 值或有些还不能接近 P_1 值就结束试验,一般不大可能从试验中直接加到理论的 P_1 值,因为,当快接近 P_1 时,土体接近破坏,测管中的水位下降很快,弹性膜膨胀也迅速增大,此时若不终止试验,会使弹性膜爆裂。故求取 P_1 值一般只能辅助其他方法。

目前国内外求 P_1 值的方法很多,有外推法、倒数曲线法、半对数曲线法、双对数曲线法和新发展的数解法等。本规程推荐用前三种方法的任其一种来确定 P_1 值。

1)外推法是按 $P-V$ 曲线的发展趋势光滑自然地向外延伸,简单地将曲线尽可能地延伸到总体积为 $2V_0 + V_c$ 处,在该处所对应的压力值即为 P_1 。当试验曲线还未达到 P_f 值时,不能用此法。

2)倒数曲线法是国内外普遍提倡的方法,有范万贝克和梅纳两种形式。范氏方法认为 P_1 是 $P-1/V$ 曲线上 $1/V=0$ 的 P 值,比较合理,但应用不广。被公认为求取 P_1 值最好方法是梅纳倒数曲线法,计算简便、适用,求出 P_1 值基本合理,国内各单位已习惯使用,本规程也予推荐。利用此种方法,不但在旁压试验曲线图边或另外图纸上可随时求

出 P_1 , 也可以利用已制成的求 P_1 标准坐标计算纸直接求 P_1 值。在 $P-V$ 曲线图边求 P_1 值时, 先求出最大体积增量 $2V_0 + V_c$ 值, 然后利用每处试验最后两级数据点求每点的 $1/V$ 值, 按适当比例作 $P-1/V$ 曲线图, 将两点展入后连直线, 作 $1/(2V_0 + V_c)$ 与直线的延长线的交点, 其交点对应的压力为 P_1 值。

3) 为避免每个试验要逐个点求 $1/V$ 之麻烦, 本规程经过计算绘制了求 P_1 标准坐标计算纸, 即本规程附录 E, 其用法是: 纵坐标已变为 $1/V$ 形式, 利用每个试验的最后两级数据点, 将两点按 $P、V$ 值直接展在该图上 (其中的 V 值不必再求出 $1/V$), 将两点连一直线, 在纵坐标上找到 $2V_0 + V_c$ 值点, 过该点作水平线与直线的延长线相交, 其交点对应的压力为 P_1 值。

4) 半对数曲线法是作 $P-\ln[V/(V_c + V_0)]$ 曲线, 这种方法过去国内应用较少, 很多单位不用, 通过分析认为, 该法考虑了体积的相对变化, 有应用价值。其基本原理是, 当体积增量 $\Delta V (\Delta V = V)$ 等于原始体积 $V_{原} (V_{原} = V_c + V_0)$ 时, 也就是 $\Delta V/V_{原} = 1$, 其相应的压力为 P_1 值。

P_1 值指标是确定地基承载力的主要依据, 故一般要求每处试验都应求得, 有些单位过去不定 P_1 值, 资料缺乏完整性。在求 P_1 时, 外推法显然含主观因素; 当外推的距离增大时, 半对数曲线法比其他方法较快地降低精确度; 倒数曲线法是唯一偏低估计 P_1 的方法, 产生误差偏于安全, 因此, 求 P_1 方法要选择, 或者综合确定。当不能用上述方法求 P_1 值时, 应根据 E_m 和 P_1 以及 P_f 和 P_1 之间的经验关系估算。

5.0.4 梅纳理论要求旁压试验提供似弹性模量 E 、旁压模量 E_m 、剪切模量 G 。前苏联规范要求现场测定变形模量 E_0 。根据我国目前的实际情况和倾向性意见, 本规程推荐由旁压试验确定

似弹性模量、旁压模量和剪切模量。这三个模量都是建立在弹性理论基础上的,基本理论认为土体大致是弹性材料,其旁压曲线有很好的线性段。在求 E 和 E_m 值时要充分利用 $P-V$ 曲线直线段较长的特点来求取斜率。两式在计算中,泊松比 μ 值的选用是按梅纳旁压仪规定取 $\mu = 0.33$ 。由于影响模量的因素很多,各地区、各类土的 E 、 E_m 与 E_s 、 E_0 还建立不起完整的相关关系,这与我国现行的地基规范利用 E_s 求沉降有矛盾。各地区需要时可根据不同土类进行对比试验以确立经验公式。

目前,国内用旁压试验确定土的变形性质,大致有以下两种情况:

1 按照梅纳公式的弹性理论解求 E_m :

$$E_m = 2(1 + \mu)(V_0 + V_m) \frac{\Delta P}{\Delta V} \quad (3)$$

本规程采纳此种方法求旁压模量。但直接用 E_m 计算地基变形有一定困难,因为旁压试验由于变形机理、加荷稳定时间、荷载作用方向、孔壁处土体扰动等因素影响, E_m 值一般比载荷试验确定的变形模量 E_0 要小 1~2 倍。

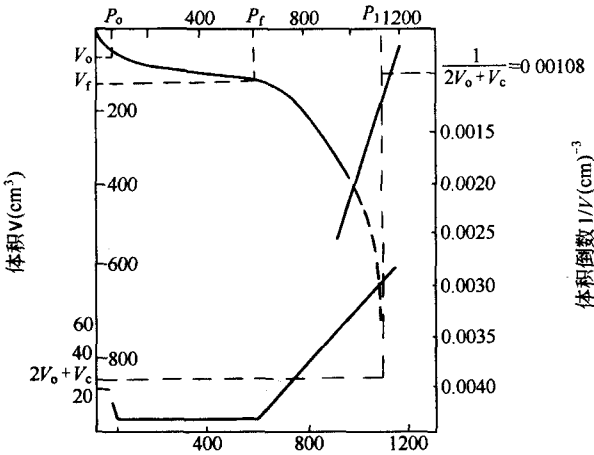
2 按照中国建筑科学研究院推荐公式求变形模量 E_0 :

$$E_0 = m(1 + \mu^2) \frac{\Delta P}{\Delta S} \gamma^2 \quad (4)$$

上式中由于旁压系数 m 值与土的性质和仪器自身条件等因素有关,各地区各类土其值的差异很大,其 m 值的确定也须通过旁压与载荷试验对比才能确定。由于 m 值没有很好得到解决,故本规程没有推荐此公式。

上述两种情况分析说明,以 E_m 与载荷试验确定的 E_0 ,以 E_m 与室内试验确定的 E_s 建立关系为妥。从发展看,利用旁压试验资料提供变形参数,按相应办法计算地基沉降是可行和合理的。

5.0.5 旁压试验的基本资料除试验文字说明外,还应有旁压试验综合成果图,图式见图 2。当一个试验孔的次数较多且能够反映随深度 h 的变化,或任务书有要求时,应提供静止水平总压力 P_0 、旁压临塑压力 P_f 、旁压极限压力 P_1 、似弹性模量 E 、旁压模量 E_m 、剪切模量 G 等随深度 h 变化图,图式见图 3。



计 算 指 标		试 验 成 果	
P_0 (kPa)	50	P_1 (kPa)	1080
P_f (kPa)	600	f_1 (kPa)	55.0
V_0 (cm ³)	67	E (MPa)	20.7
V_f (cm ³)	133	E_m (MPa)	21.5
$2V_0 + V_c$ (cm ³)	924	—	—
$1/(2V_0 + V_c)$ (cm ⁻³)	0.00108	—	—

图 2 旁压试验综合成果图

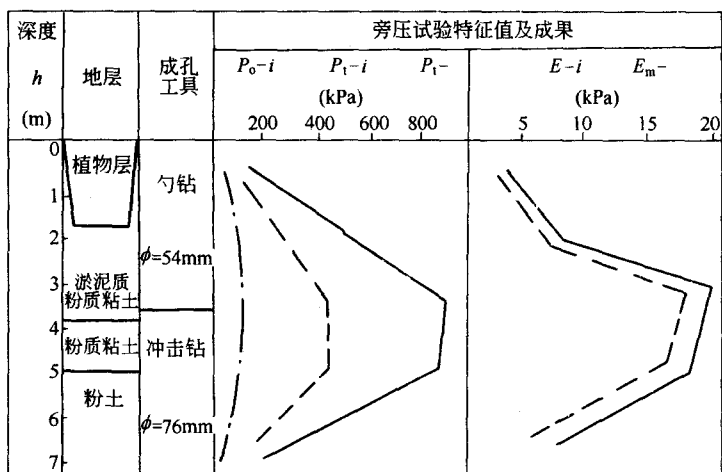


图3 P_0 、 P_f 、 P_1 、 E 、 E_m-h 变化图

统一书号:1580058·471

定价:108.00 元