

混凝土防渗墙与砂之间 静力剪切特性试验研究*

韩国城 邵龙潭

(大连理工大学土木系, 116023)

1 前言

自60年代开始,我国在透水地基上修建土石坝采用混凝土防渗墙的处理方式已获得广泛应用。随着水电建设事业的发展,在深覆盖层上修筑高土石坝也已经采用混凝土防渗墙处理透水地基。此时,防渗墙的应力和变形便成为设计中很重要的控制条件。

防渗墙的应力、变形分析,目前一般采用有限元数值分析方法。在计算中,由于墙体混凝土和土之间的材料性质相差很远,为了比较合理地反映变形的实际情况以及土与混凝土之间的荷载传递关系,需要在混凝土与土体的交接面上设置接触面单元^[1]。因为接触面单元的性质直接影响防渗墙的应力和变形,所以准确地确定接触面的变形性质参数(特别是剪切刚度参数)是十分重要的。

接触面的性质参数一般是通过室内试验确定的。对于土与混凝土材料接触面的剪切特性,已经做过许多试验^[2,3]。试验时一般是单独制备混凝土试样,再在三轴仪或直剪仪上进行接触面剪切试验。对于砂砾石地基上的混凝土防渗墙,因为施工中要使用膨润土泥浆固壁,这种触变性的泥浆会不同程度地渗入并挂在槽壁上,所以一般成墙以后会在墙的表面残留一些泥浆并形成泥皮,因而接触面的抗剪强度很低。在这种情况下,对地基中设有混凝土防渗墙的土(堆)石坝进行应力应变分析时,对于砂石料与墙体混凝土材料接触面的性质通常是通过混凝土与泥层之间的剪切特性试验确定。由于在成墙过程中,墙与土体交接面的性状受到许多因素的影响,因此通过室内试验确定接触面的剪切特性时,在试样制备过程中有必要模拟现场成墙条件,但目前这方面的资料尚不多见。

作为初步研究,我们取最大粒径为5mm的天然砾质砂,通过简化模拟工艺模拟实际施工过程,进行了饱和成墙条件下混凝土防渗墙与砂之间接触面的剪切特性试验。同时为了比较,还就相同的砂样,进行了模板成型混凝土试块与饱和砂以及砂与泥层之间接触面的剪切特性试验。

*高等学校博士学科点专项科研基金资助项目。

到稿日期: 1992-10-16.

2 模拟实际施工条件的混凝土防渗墙与砂之间的剪切特性试验

混凝土防渗墙的施工过程是用钻机在土层中造成圆孔或槽孔,造孔过程中在孔和槽内注入泥浆使孔壁或槽壁维持直立不坍塌。固壁的泥浆一般是带有触变性的胶体粘土,这种胶体粘土悬浮液的特点是当处于静止状态时很快成为胶体,而当受到扰动时又很快地变为液体。所以当泥浆渗入土体时会使土层具有很高的粘性从而起到固壁作用。混凝土的浇筑是用导管或混凝土罐从泥浆槽的底部开始。随着混凝土的浇筑,泥浆被挤出孔外,从而形成混凝土防渗墙^[4]。

模拟实际成墙条件的防渗墙混凝土试样的制备是在特制的与所用直剪仪剪切室尺寸相配合的有机玻璃槽中完成的。制备过程中先用挡板在槽中形成与剪力盒大小相同的空档,再在空档两侧填满试验用砂并夯实。在空档中注满调制好的膨润土泥浆,然后抽去挡板。由于泥浆的固壁作用,此时两侧的砂不会坍落从而形成泥浆槽。稳定一段时间后向泥浆槽底部注入混凝土直至将泥浆全部挤出。维持有机玻璃槽中的砂在饱和状态,养护至28天龄期。

制备混凝土试样用的水泥为325*矿渣硅酸盐水泥,配合比为每立方米混凝土用砂900kg、水泥400kg,水灰比0.42。未加粘土及其它塑性剂。试验用砂为砾质砂,最大粒径5mm,经过筛分基本不含细粒土。砂样的饱和容重 $\gamma_m=20.6\text{kN/m}^3$ 。从试样的制备过程中发现:在试验条件下,混凝土墙与砂的接触面上并未形成泥皮,而是固壁的泥浆、混凝土中的水泥浆和砂胶结在一起,其强度明显高于泥皮。防渗墙与砂的交接面凹凸不平。

试验用仪器采用大型双面直剪仪,剪切室长、宽、高尺寸为 $20.25\text{cm} \times 20.25\text{cm} \times 23.30\text{cm}$ 。试验时转动手轮通过推力连杆带动中间的剪力盒移动。剪切时混凝土试件放在中间的剪力盒中,因而是上下两面同时承剪。试验依照土工试验规程SD128-018-84进行。试验中始终保持试样在饱和状态,各组试验均控制饱和砂达到相同的容重。

图1是根据试验结果点绘的剪应力 τ 与相对剪切位移 Δu 的关系曲线。可以看到曲线具有

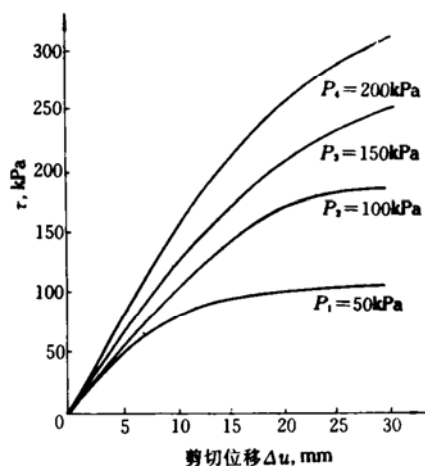


图1 模拟实际施工条件的接触面 τ - Δu 关系

明显的非线性,并且没有十分明显的屈服点出现。其剪切破坏面既不完全在砂中间也不完全

在泥浆、水泥浆和砂的胶结体内。试验得到的剪切面的抗剪强度也很高，内摩擦角 $\varphi=47.7^\circ$ ，粘聚力 $c=65\text{kPa}$ 。

假定由上述试验得到的 $\tau-\Delta u$ 关系曲线可以用双曲线拟合，进行坐标变换，点绘 $\frac{\Delta u}{\tau}-\Delta u$ 关系曲线。结果表明 $\frac{\Delta u}{\tau}-\Delta u$ 的关系很明显地接近直线，说明 $\tau-\Delta u$ 的关系可以用双曲线 $\frac{\Delta u}{\tau}=a+b\Delta u$ 近似描述。表1是试验得到的不同垂直压力 p 下参数 a 和 b 的参考值。

表1		参数 a 和 b 的试验值			
垂直压力 p (kPa)		50	100	150	200
泥质 混凝土	a	0.03	0.06	0.07	0.055
	b	7.69×10^{-3}	1.93×10^{-3}	1.00×10^{-3}	0.91×10^{-3}

3 混凝土试块与泥层以及饱和砂接触面的剪切特性

为了进行比较，还在相同条件下对纯饱和砂，混凝土试块与饱和砂以及混凝土试块与泥层之间的剪切特性进行了试验。混凝土试块的制备用有机玻璃模板完成，尺寸与剪切室的尺寸相适应。

图2给出了包括模拟实际施工条件在内的各种情况下剪切面抗剪强度 S 与垂直压力 p 的关系。从图中可以看到：在模拟实际施工过程条件下混凝土与砂剪切面的抗剪强度不仅比混凝土试块与泥层的抗剪强度高，而且也比混凝土试块与饱和砂接触面的抗剪强度高，并且具有一定的粘滞力。

图3给出的是光面混凝土与膨润土泥层接触面直剪试验得到的 $\tau-\Delta u$ 关系曲线：当 Δu 很小时， $\tau-\Delta u$ 关系接近直线； Δu 增大， $\tau-\Delta u$ 关系曲线上可以看到明显的屈服，随后 τ 随 Δu 的增长缓慢。接触面的抗剪强度很低，试验得到的内摩擦角 $\varphi=5.6^\circ$ ，粘聚力 $c=0$ 。

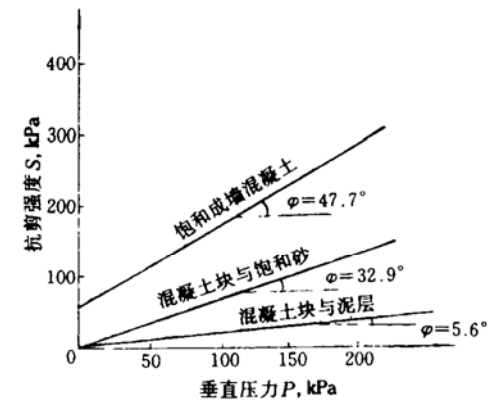


图2 剪切面抗剪强度

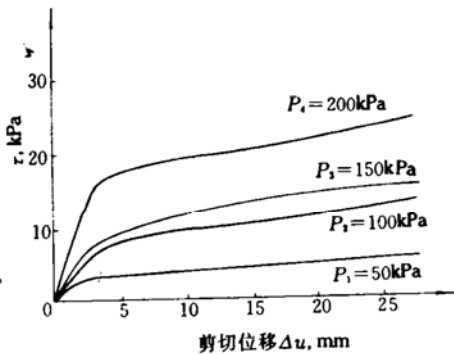


图3 混凝土与泥层接触面的 $\tau-\Delta u$ 关系

4. 结 语

通过上述室内直剪试验,初步得到以下几点结论:

(1)当饱和砂与混凝土之间有泥层时,混凝土与泥层之间接触面的 $\tau-\Delta u$ 关系在相对位移 Δu 很小时基本上呈直线变化;位移增大,曲线上可以看到明显的屈服点,过屈服点后剪应力随相对位移的增加十分缓慢。接触面的抗剪强度很低。在这种情况下接触面的 $\tau-\Delta u$ 关系可以用理想弹塑性模型模拟。

(2)在一定条件下,由于混凝土中的水泥浆向孔壁的泥和砂中扩散,所以在砂与混凝土交接处也可能不会形成永久性泥皮,而是形成水泥、泥和砂砾石的胶结物。交接面的抗剪强度有可能高于砂砾石本身的抗剪强度。此时在进行防渗墙结构数值分析时,在墙体与地基砂砾石交接处可以考虑不设接触面单元,而采用加密单元剖分的方法或采用变弹性单元模拟交接面。但由于此时墙体混凝土与土体的刚度相差仍很悬殊,所以如何合理地反映防渗墙结构与土体的相互作用、在计算模型中比较准确地模拟土与墙体之间力的传递关系仍需要进一步探讨。

需要指出的是,上述结论只是初步研究得到的结果,由于交接面的性状受到许多因素的影响,如砂砾石的颗粒组成及孔隙率、混凝土填筑方式及固壁泥浆的扰动程度等等,因此在不同条件下,防渗墙与砂砾石交接面的性状也会不同。在这方面,进一步的研究尚在进行中。

参 考 文 献

- 1 朱百里,沈珠江等编著.计算土力学.上海科学技术出版社,1990.96~98.
- 2 克拉夫 G W,邓肯 J M.挡土墙性能的有限元分析.水利水运科技情报,1973,(增刊2).
- 3 水利水电规划设计总院.混凝土面板堆石坝研究成果汇编.北京:水利水电规划设计总院出版,1991.48~50; 213~214.
- 4 顾淦臣,陈明致.土坝设计(下册).北京:水利电力出版社,1978.534~543.

因印刷原因,本刊1994年第2期77页图3模糊,谨向作者
和读者表示歉意!