

东庄水利枢纽工程西马庄坝址岩石物理力学试验研究

张相朝

(陕西省水利电力勘测设计研究院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:东庄水利枢纽工程是陕西省开发的重点工程项目,在选坝可行性研究阶段,进行了岩石物理力学试验研究工作,为该工程设计研究提供了基本数据;对西马庄坝址的岩石物理力学试验方法、试验成果作了简要介绍,重点进行了岩体力学试验,试验成果较好地反映了岩体的力学特征。

关键词:岩石试验;变形特征;抗剪强度;东庄工程

中图分类号: TU4514

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2001)07-0164-02

东庄水利枢纽工程位于渭河最大支流泾河上,是以灌溉供水为主,兼顾发电、防洪等的综合性大(I)型水利枢纽工程。在西马庄坝址勘察期间,进行了大量试验工作(试件岩性主要为三叠系中统纸坊组砂岩、泥质砂岩及泥岩),共完成室内岩块物理力学试验61组;现场岩体变形试验8个点;岩体直剪试验2组10个点,以及一定数量的波速测试和矿化分析试验。

1 室内岩块物理力学试验

1.1 试验方法

物理性质试验,用静水中称重法测定岩石密度;用真空抽气法求岩石饱和吸水率。力学性质试验采用直径为5 cm,高为10 cm的圆柱试件,用直接压环法测定岩石单轴抗压强度,用电阻应变片测定岩块应变;采用双面剪力仪测定岩石的抗剪强度。

1.2 试验成果

砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩和泥岩的平均吸水率分别为1.25、1.68、1.72和1.93;比重和密度值差异不大。岩块单轴抗压强度随岩性不同而有较大差异。砂岩、泥质砂岩单轴饱和抗压强度的平均值分别为

103.4 MPa和86.6 MPa,属坚硬岩;砂质泥岩的平均值为34.5 MPa,属较软~中硬岩;泥岩的平均值为26.1 MPa,属较软岩。砂岩、泥岩饱和弹性模量分别为 2.37×10^4 MPa和 0.78×10^4 MPa,抗剪试验结果离散性较大。

2 现场岩体变形试验

2.1 试验方法

试验采用刚性承压板法,承压板面积2500 cm²,承压面起伏差小于0.5 cm,试验面水泥浆厚度小于0.5 cm,采用逐级一次循环加荷法,设计压力4 MPa,试验压力5 MPa,分5级施加,加压方向分垂直和平行层面两种,垂直试点为饱和状态,平行试点为天然状态。试验成果见表1。

2.2 试验成果分析

根据表1所列试验成果,可获得各地层变形模量如下:砂岩10.3 GPa,泥质砂岩6~6.9 GPa,砂质泥岩2.3~3.2 GPa。压力-变形关系曲线见图1和图2。

各类岩体的变形特征如下所示:

表1 岩体变形试验成果汇总

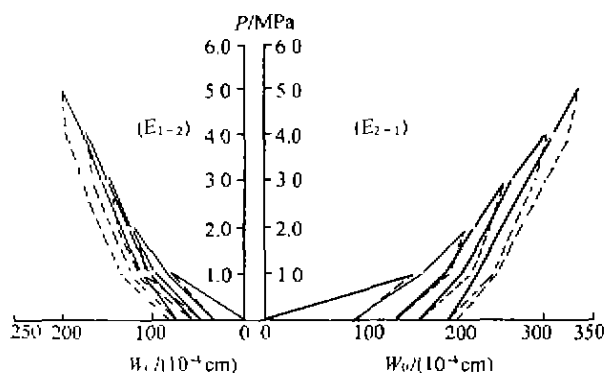
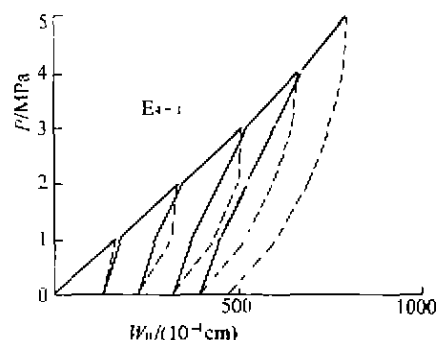
GPa

试点编号	岩石名称	各级应力下变形模量 E_d					各级应力下弹性模量 E_s				
		1.0 MPa	2.0 MPa	3.0 MPa	4.0 MPa	5.0 MPa	1.0 MPa	2.0 MPa	3.0 MPa	4.0 MPa	5.0 MPa
E ₁₋₁	砂岩 泥质砂岩	2.740	4.331	5.407	6.228	6.955	6.399	10.206	12.066	13.043	13.315
E ₁₋₂		4.991	6.919	8.458	9.561	10.319	9.153	11.697	13.823	17.010	17.596
E ₂₋₁		2.581	3.801	4.812	5.363	6.035	6.359	10.988	13.965	15.078	16.488
E ₃₋₁	砂质 泥岩	2.768	2.456	2.306	2.248	2.295	5.807	4.994	4.511	4.393	4.402
E ₃₋₂		1.712	2.223	2.596	2.876	3.156	7.703	7.666	7.356	7.423	7.469
E ₄₋₁		2.373	2.346	2.356	2.434	2.520	10.522	7.290	6.504	6.185	6.258
E ₄₋₂		1.714	2.249	2.612	3.058	3.219	11.277	8.686	8.564	7.595	8.867

作者简介:张相朝(1952—),男,陕西咸阳人,工程师,主要从事岩石和岩体试验研究。

表 2 岩体现场直剪试验成果汇总

试件 编号	法向应力 /MPa	抗 剪 断								抗 剪			
		峰值强度 /MPa	f	c'/MPa	屈服极限 /MPa	f	c'/MPa	比例极限 /MPa	f	c'/MPa	峰值强度 /MPa	f	c/MPa
τ_{1-1}	1.0	3.40	1.15	1.85	2.60	1.04	1.25	1.40	0.8	0.55	0.91	0.70	0.15
τ_{1-2}	2.0	3.70			3.20			2.17			1.40		
τ_{1-3}	3.0	6.60			5.20			3.30			2.18		
τ_{1-4}	3.5	6.17			5.25			3.15			2.65		
τ_{2-1}	1.0	0.99	0.90	0.95	0.77	0.72	0.75	0.50	0.62	0.35	0.76	0.57	0.20
τ_{2-2}	2.0	2.44			1.99			0.91			1.27		
τ_{2-3}	4.0	4.35			3.62			2.72			2.59		
τ_{2-4}	3.0	4.16			3.27			2.24			2.31		
τ_{2-5}	1.0	3.20			2.60			1.57			0.86		

图 1 砂岩(E_{1-2})、泥质砂岩(E_{2-1})压力-变形曲线图 2 砂质泥岩(E_{4-1})压力-变形曲线

a. 砂岩因裂隙较发育,所以初压变形速率较大,曲线为下凹型。

b. 泥质砂岩在低压时变形速率大,第一循环岩体变形量占试验最大压力时总变形的一半,第二循环变形速率减小,曲线呈下凹型,从试后试点开挖知,试件上部夹一软弱泥质砂岩夹层,胶结较差,是初压变形大的主要原因。

c. 砂质泥岩因层理发育且分布均匀,岩层单层厚度 1.1~1.4 m,变形均一,各级循环变形值较接近,平行层理加压时,曲线呈近直线形。

从整个坝址区岩体变形试验成果看,岩体总的变形特点是:变形模量随压力增高而增大;弹性模量分两种情况,砂岩、泥质砂岩,随压力增高而增大,而砂质泥岩随压力增高反而减小或增加甚微,这是软

岩的特性之一。

3 现场岩体直剪试验

3.1 试验方法

试验采用平推法,剪切方向垂直于平硐轴线,指向下游。试件面积 3600 cm^2 ,剪切面面积 2500 cm^2 。设计最大法向应力 4 MPa,每组 5 个试件,其中 4 个试件分别施加不同法向荷载 1 MPa,2 MPa,3 MPa,4 MPa,另一个试块备用。法向荷载分 5 级试加,剪切荷载按预估最大荷载分 10 级施加,每 5 min 加荷 1 次,读数 2 次,直至剪断。

3.2 试验成果分析

试验成果见表 2。 τ_1 组试件岩性为泥质砂岩,微风化。岩体抗剪断参数为 $f' = 1.15$, $c' = 1.85\text{ MPa}$,抗剪参数 $f = 0.7$, $c = 0.15\text{ MPa}$;本组试件抗剪断破坏发生在剪切缝附近,属平面剪切型,剪断面的特点是高低起伏不大,形状平缓,最大起伏差 5 cm,多数试件破坏面为半斜半平面形状。由于该组各试件岩性相同,故破坏特征相似,所求摩擦系数 f' 和凝聚力 c' 值反映了坝址区泥质砂岩的剪切特性。

τ_2 组试件岩性下部为砂质泥岩,上部为泥质砂岩微风化,岩体抗剪断参数 $f' = 0.90$, $c' = 0.95\text{ MPa}$,抗剪参数 $f = 0.57$, $c = 0.20\text{ MPa}$,剪切破坏发生在软岩底部,其层间裂隙较发育;沿层间裂隙剪断的面积占剪切面积的 $1/5 \sim 1/4$ 。裂隙面平直光滑,剪断面无碎块而有薄片及泥膜。该组试块剪断面的基本特征为上游在剪切缝,下游在软岩底部,剪断面为微形弧状斜面,剪切起伏差较大,为 1~13 cm,擦痕明显。

4 结 语

西马庄坝址岩体力学试验成果较好地反映了岩体的力学特征,岩块和岩体试验成果基本相应,由于岩体试验数量偏少,资料可比性差,设计阶段对互层岩体将进行更深入的研究。

(收稿日期:2001-07-05 编辑:张志琴)