

含水率对滑带土力学特性的影响研究

李险峰

(淮北职业技术学院建筑工程系,安徽 淮北 235000)

摘要:通过 4 组不同含水率千枚岩碎屑土滑带样的三轴排水剪切试验,研究了含水率对滑带土力学特性的影响。研究表明:千枚岩碎屑土滑带样三轴剪切破坏后没有明显的剪切面;应力应变曲线总体上表现为硬化型,且呈现出明显的非线性;随千枚岩碎屑土滑带样的含水率增大,其粘聚力和内摩擦角都是减小的,但敏感性有所不同。

关键词:滑带土;千枚岩;三轴试验;含水率

中图分类号:TU 44

文献标识码:A

滑带土是滑坡体的重要组成部分。滑坡的发生与否常常取决于滑动带土体的应力状态和强度。从某种意义上讲,滑坡的形成过程也就是滑带土的变形破坏过程^[1-2],所以滑带土的研究也就成为滑坡研究的重要内容。滑坡的发生,往往是伴随着强烈的降雨,雨水的渗入,导致滑带土体强度的衰减和刚度的散失,最终造成边坡失稳^[3,4]。

目前,对于滑带土强度特性的研究,许多学者采用现场原位试验和室内土工试验、微观与宏观相结合的方法,取得了可喜的成果。李维树等^[5]对影响三峡库区滑带土抗剪强度参数的滑带土地质代表性、试验尺寸、试验数量、应力大小、含水率及剪切面形态等因素进行了详细研究,郑晓晶等^[6]研究了三峡库区万州区膨胀性滑带土的粘粒含量、含水量和应力状态与抗剪强度参数的关系并对其作用机理进行了解释。本文采用室内试验的方法,着重研究了金坪子滑坡 II 区滑带土含水率对其强度的影响。

1 工程概况

金坪子滑坡位于乌东德水电站下游 0.9 ~ 2.6 km 金沙江右岸,也是白鹤滩水电站水库库尾,由于金坪子滑坡扼守于梯级电站的敏感部位,其稳定性、变形发展趋势及可能失稳规模成为金沙江下游两个梯级电站开发中必须明确回答的问题之一。

金坪子滑坡三维地形图如图 1 所示,滑坡一共分为五个区,可研阶段的研究重点在 I 区和 II 区。滑坡 II 区

体约 2 700 万立方米,属蠕滑变形体,堆积体厚度一般 45 ~ 100 m,最厚 110 ~ 130 m(前部),厚度总体上由前至后变薄。滑坡区地形复杂,前后缘高差大,达 1100 ~ 1200 m,滑带土主要是千枚岩碎屑土。从 2005 年 5 月至 2009 年 8 月的变形监测资料看,II 区蠕滑体水平总位移在 52.4 ~ 223.5 cm 之间,后缘平均日变形位移在 0.30 ~ 0.77 mm 之间,中下部地表变形监测点日变形位移大于 1.0 mm,表现为前缘大、后缘小,可见该滑坡已有牵引式蠕滑迹象。



图 1 金坪子滑坡三维地形图

金坪子滑坡存在规模大、滑坡体坡陡层厚、滑带土千枚岩碎屑土粒粗且松散、有蠕动变形迹象等特点,而千枚岩碎屑土的强度特性与其含水率密切相关,这些都对边坡的稳定性不利。对滑带土力学特性的研究,有助于边坡的稳定性分析及支护设计。

收稿日期:2012-01-07

作者简介:李险峰,(1968-),男,硕士生,主要从事土力学与工程方面的与研究,(E-mail)lixianfeng20100@126.com

2 滑带土物理化学特性

2.1 滑带土物理特性

千枚岩碎屑土滑带样呈紫红色,现场干密度为 $2.15 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$,天然含水率为 9.2%,饱和度为 91%;滑带土的其他物理特性参数见表 1,由表 1 可知,千枚岩碎屑土滑带样液限为 27,塑限为 13.4,塑限指数为 13.6;自由膨胀率为 29,属非膨胀土。千枚岩碎屑土滑带样的颗粒累积曲线如图 2 所示,曲线平缓,级配良好。

表 1 滑带土物理特性参数

土 样	液限 $w_L/\%$	塑限 $w_p/\%$	塑性指数 IP_{17}	自由膨胀率 $d_{ef}/\%$
千枚岩碎屑土(滑带土)	27	13.4	13.6	29

2.2 滑带土矿物化学特性

表 2 千枚岩碎屑土滑带样矿物分析成果

土 样	矿物成分相对含量(%)							
	石英	碱性长石	斜长石	菱铁矿	赤铁矿	高岭石	伊利石	蒙脱石
千枚岩碎屑土(滑带土)	23	1	2	2	9	5	58	0

表 3 千枚岩碎屑土滑带样化学试验成果

土 样	化学成分相对含量(%)							硅铝比 SiO_2/Al_2O_3	pH 值
	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O		
千枚岩碎屑土(滑带土)	51.0	16.0	13.4	4.1	2.9	4.2	0.1	3.8	8.96

3 含水率对滑带土力学性质影响

3.1 试验设备及方法

本次试验试验设备采用 SY250 型应变式三轴仪。试验中体变的量测采用外体变量测装置,通过测量压力室内水的质量变化来换算外体变,当试样体积发生膨胀时,压力室的水进入围压控制压力室,反之当试样体积收缩时,围压控制压力室的水进入压力室,通过测量围压控制压力室质量变化,换算成试样的外体变。

本次试验试样尺寸为 $\Phi 101 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$,土料经风干碾散过 20 mm 筛,按试验要求对超过试验仪器允许的最大颗粒粒径部分进行处理,本试验仪器允许最大颗粒粒径为 20 mm,对大于 20 mm 粒径部分采用等量替代处理。进行四组不同含水率的三轴固结排水剪切试验,土样干密度为 $2.15 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$,含水率分别为 6.5%、7.8%、9.2%、10.0% (饱和含水率),试样均在 1.0 MPa 围压下排水固结,固结完成后分别卸围压至 0.3 MPa、0.6 MPa、0.9 MPa 和加至 1.2 MPa 围压下固结稳定后进行排水剪切试验。

3.2 试验结果及分析

图 3 是滑带土三轴试验前后照片,图 4 为不同含水率滑带土三轴试验应力应变关系曲线,表 4 为不同含水率滑带土的抗剪强度指标。

由图 3 可以看出,千枚岩碎屑土滑带样三轴试验后没有明显的剪切面,试样侧面发生鼓胀,且围压越低,含

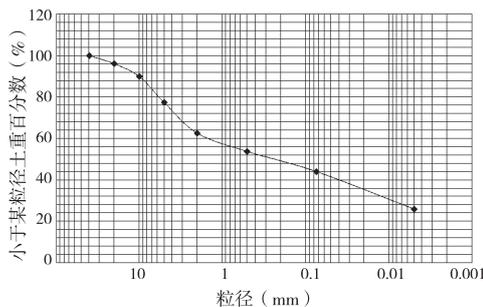


图 2 滑带土颗粒累积曲线

千枚岩碎屑土滑带样粘土矿物成分、化学成分、pH 值的试验成果见表 2 及表 3。由表 2 可知,滑带土矿物成分中,伊利石含量最高,为 58%,其次是石英,含量为 23%。矿物化学分析成果表明, Fe_2O_3 含量高达 16.0%,所以外观呈现紫红色;pH 值为 8.96,呈弱碱性。

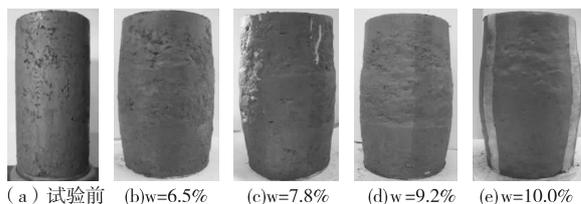


图 3 千枚岩碎屑土滑带样三轴试验前后照片

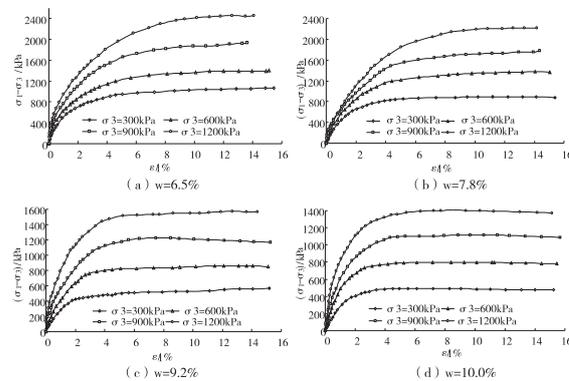


图 4 应力应变关系曲线

表 4 不同含水率滑带土抗剪强度指标

含水率	抗剪强度指标	
	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/^\circ$
$w = 6.5\%$	165	26
$w = 7.8\%$	148	25
$w = 9.2\%$	71	21
$w = 10.0\%$ (饱和)	67	20

水率越高,其鼓胀越明显,即其剪胀现象越明显。由图 4 可以看出,千枚岩碎屑土滑带样应力应变曲线表现出明显的非线性,且总体上表现为硬化型,随着围压的增大,硬化现象越显著。

由表 4 可以看出,千枚岩碎屑土滑带样的含水率由 6.5% 提高到 10.0% (饱和含水率),其粘聚力由 165 kPa 降低到 67 kPa,随千枚岩碎屑土滑带样的含水率增大,其粘聚力是减小的,且敏感性较大。千枚岩碎屑土滑带样粘聚力在一定界限区段内对含水率的变化比较敏感,在此区段内粘聚力随着含水率增大急剧下降,超过此界限区段上限含水率后,粘聚力变幅很小,这是由于随着含水率的增大,非饱和土的基质吸力作用逐渐减弱,基质吸力在一定程度上发挥着“假粘聚力”的作用,而当超过一定含水率后,基质吸力随含水率变化较小,粘聚力基本没有变化。而千枚岩碎屑土滑带样的含水率由 6.5% 提高到 10.0% (饱和含水率),其内摩擦角由 26° 降低到 20° ,随千枚岩碎屑土滑带样的含水率增大,内摩擦角是减小的,其敏感性明显小于粘聚力对含水率变化的敏感性。千枚岩碎屑土滑带样内摩擦角随含水率增大而逐渐降低,这是由于水渗入到细粒土与细粒土、细粒土与粗粒土接触面之间,使得相互之间的润滑作用加强,颗粒之间的摩擦作用变小,土样内摩擦角降低。

4 结 论

通过 4 组不同含水率千枚岩碎屑土滑带样的三轴排水剪切试验,叙述了含水率对千枚岩滑带土强度的影响规律,得出以下结论:

(1) 千枚岩碎屑土滑带样三轴试验后没有明显的剪

切面,试样侧面发生鼓胀,且围压越低,含水率越高,其剪胀现象越明显。

(2) 千枚岩碎屑土滑带样应力应变曲线表现出明显的非线性,且总体上表现为硬化型,随着围压的增大,硬化现象越显著

(3) 随千枚岩碎屑土滑带样的含水率增大,其粘聚力是减小的,且敏感性较大,内摩擦角也有同样的规律,随着含水率的增大,内摩擦角是减小的,但其敏感性明显小于粘聚力对含水率变化的敏感性。

参 考 文 献:

- [1] 王志荣,王念秦.黄土滑坡研究现状综述[J].中国水土保持,2004,14(16):65-71.
- [2] Wei Zuoan, Li Shihai, Wang J G, et al. A dynamic comprehensive method for landslides control[J]. Engineering geology, 2006, 84(1-2):1-11.
- [3] 骆银辉,朱春林,李俊东.云南红层边坡变形破坏机制及其危害防治研究[J].岩土力学,2003,24(5):836-839.
- [4] 陈守义.考虑入渗与蒸发影响的土坡稳定性分析方法[J].岩土力学,1997,18(2):8-12.
- [5] 李维树,鄢爱清,丁秀丽.三峡库区滑带土抗剪强度参数的影响因素研究[J].岩土力学,2006,27(1):56-60.
- [6] 郑晓晶,殷坤龙,姚林林,等.三峡库区万州区膨胀性滑带土抗剪强度参数变化规律的试验研究[J].工程勘察,2008(3):1-4,13.

Impact Study about Moisture Content on Mechanical Properties of Sliding Soil

LI Xian-feng

(Department of Civil Engineering, Huaibei Vocational & Technical College, Huaibei 235000, China)

Abstract: The impact about moisture content on Mechanical properties of sliding soil is studied through the different triaxial compression tests of sliding soil in different moisture content. The study results show that there is not remarkable shear plane in the triaxial test of phyllite sliding soil; The stress-strain relationship of phyllite sliding soil is turned into hardening and nonlinear modulus. Both of the cohesive strength and the friction angle φ decrease with the increasing of moisture content of phyllite sliding soil, but the sensitivity are difference.

Key words: sliding soil; phyllite; triaxial test; moisture content