

延安地区降雨入渗对黄土抗剪强度影响研究

张 雄¹,刘永行²,刘庆元¹

(1.延安大学 建筑工程学院;2.延安大学 基建处,陕西 延安 716000)

摘 要:延安地区土体多为湿陷性黄土,发生强降雨时,易发生滑坡、崩塌、窑洞垮塌等灾害,构成巨大安全隐患。通过室外现场试验,研究了不同日降雨量下入渗深度随入渗时间的变化规律,及含水率随深度的变化规律;通过室内直剪试验研究了含水率、干密度对粘聚力和内摩擦角的影响。结果表明:降雨对浅层土体含水率影响大,对深层土体影响较小,入渗深度随着入渗时间的增大而增大;黄土的抗剪强度随含水率的增大而减小,且是干密度越大减小的越快。

关键词:降雨入渗;入渗深度;粘聚力;内摩擦角;含水率

中图分类号:TU411 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-602X(2017)04-0081-03

延安地区位于陕北黄土高原南部,属丘陵沟壑区,土体为黄土,且多具湿陷性,当发生强降雨时,黄土抗剪强度大幅度降低,易发生滑坡、泥石流、崩塌、窑洞垮塌等严重灾害。2003年秋季因连绵阴雨造成15万孔黄土窑洞倒塌,20万窑洞居民受灾^[1]。2013年7月暴雨使延安地区逾7.8万间黄土窑洞严重受损、倒塌,滑塌地段7594处,因灾死亡42人,受灾人数达102.9万,经济损失达66.15亿元。因此,研究延安地区降雨入渗对黄土抗剪强度的影响具有十分重要的意义。

童丽萍^[2]等研究表明当含水量小于10%时,黄土具有较高的强度;当含水量大于20%时,土体粘聚力及抗剪强度都明显下降。李国荣^[3]等通过现场试验和实验室直剪试验,发现降雨入渗对黄土坡体含水量和抗剪强度的影响非常明显,表层土体含水量每增加1.01%,其粘聚力减小13.53 kPa,土体抗剪强度降低16 kPa。巨玉文^[4]等统计分析了山西西部地区黄土地质灾害与降雨类型、降雨强度、降

雨持续时间和降雨累积量的关系,研究发现黄土滑坡、崩塌等地质灾害的发生与前36 h的降雨量和降雨特征有关。张常亮^[5]等通过一年的现场监测研究了黄土的降雨入渗规律,结果表明:2 m以内的浅部土层的含水率受降雨量影响较明显,监测地区的黄土浸润带约为2 m;当日降雨量小于18 mm/d时,降雨量对地表以下(>20 cm)的含水率几乎没有影响。

1 试验设计

延安市近60年年均降雨量为507 mm,最多年降水量774.0 mm(1981年),最少年降水量仅330.0 mm(1974年),降水主要集中在5~9月,月降水量最大值一般在7月,最大日降水量为139.9 mm(1981年8月15日)^[6]。

本文采用室外现场试验,选择土质较为均匀的黄土平整地块作为试验场地,喷水模拟四种不同日降雨量来研究降雨入渗深度随入渗时间的变化规律,以及含水率随深度的变化规律。试验场地选在

收稿日期:2017-11-16

基金项目:陕西省高水平大学建设专项资金资助项目(2015SXTS03);延安大学校级大学生创新创业训练计划项目(D2016121)

作者简介:张 雄(1986—),男,陕西乾县人,延安大学实验师。

延安市区某工地内的空地,周边房屋较多,人口集中,离山距离较近,每当暴雨季节,易发生滑坡、崩塌、窑洞垮塌等灾害,具有典型性和普遍性。

根据张常亮^[5]的研究和延安地区的最大日降雨量,本试验选取了 10 mm/d、50 mm/d、100 mm/d、150 mm/d 四种不同的日降雨量来进行研究。考虑到黄土滑坡、崩塌等地质灾害的发生与前 36 h 的降雨量和降雨特征有关,故分别研究了开始降雨后 6 h、12 h、24 h 和 36 h 的降雨入渗深度。根据李萍^[7]的研究,本文测定了四种不同降雨量下,土体 0 m、0.5 m、1.0 m、2.0 m 各深度处的含水率。

本文采用室内直剪试验,研究黄土的粘聚力、内摩擦角与含水率、干密度之间的关系。综合考虑延安地区黄土基本性状、日常天气和强降雨等各种情况,分别制作了含水率为 15%、17%、20%、22%,干密度为 1.5 g/cm³、1.7 g/cm³、1.9 g/cm³ 的黄土试样,制作过程严格按照《土工试验方法标准》的要求进行。本试验用土取自室外试验场地,试验仪器为南京土壤仪器厂生产的等应变控制直剪仪,试验步骤按照《土工试验方法标准》进行。

2 试验结果与分析

2.1 降雨入渗深度随入渗时间的变化规律

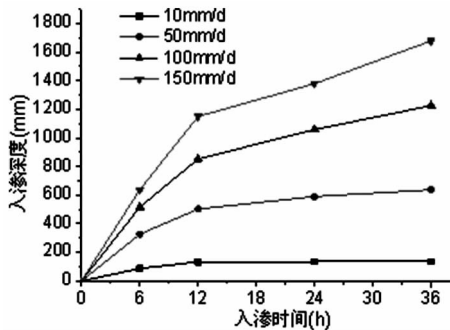


图1 不同日降雨量下入渗深度随入渗时间的变化规律

图1反映了在四种不同日降雨量 10、50、100、150 mm/d 作用下,入渗深度随时间的变化,入渗时间从开始降雨算起。从图中可以看出,总体而言,入渗深度随着入渗时间增大而增大,前期增长快,后期增长变慢。但降雨量少时入渗深度很浅,影响较小;降雨量大时入渗速度加快,曲线变陡,后期有上扬趋势。从试验数值上看,入渗深度最大达到 1675 mm,降雨入渗对深层土体的影响较小。

2.2 含水率随深度的变化规律

图2反映了在四种不同日降雨量 10、50、100、

150 mm/d 作用下,土体内部含水率的变化。可以看出,无论日降雨量大小,土体表层含水率均较大,随着深度的增大,含水率逐渐减少,在入渗深度范围内,浅层土体含水率较高,降低速度较慢,深层土体的含水率下降较快。由此可知降雨对浅层土体的含水率影响大,对深层土体的含水率影响非常有限。

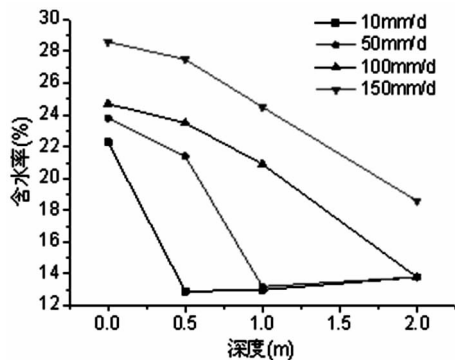


图2 不同日降雨量下含水率随深度的变化规律

2.3 干密度对粘聚力的影响

由图3可以看出,黄土的粘聚力随干密度的增大而增大,且含水率越小,曲线的斜率越大,说明增长的速度越快,影响越大。这是因为干密度越大,土体越密实,孔隙比越小,土颗粒之间的粘结作用越大,所以粘聚力越大。

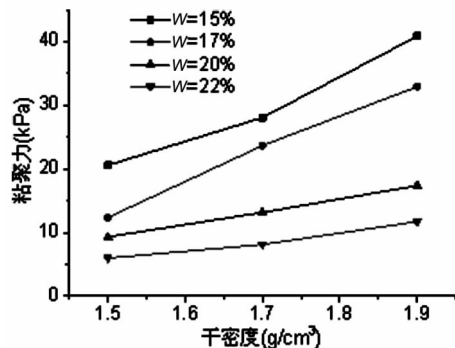


图3 黄土的粘聚力与干密度的关系

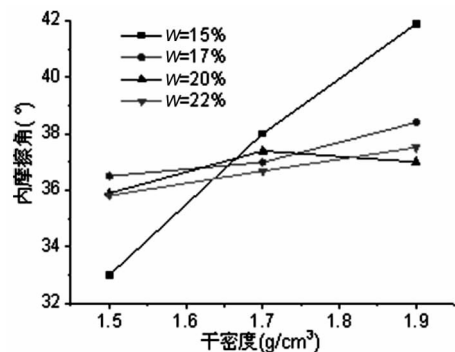


图4 黄土的内摩擦角与干密度的关系

2.4 干密度对内摩擦角的影响

由图4中的试验数据可以得出,随着干密度的增大,内摩擦角也缓慢增大,当含水率为15%时的影响明显大于含水率为17%、20%和22%时,但总体来说影响较小。对比图3和图4可看出,干密度对粘聚力的影响比对内摩擦角的影响要大一些。

2.5 含水率对粘聚力的影响

由图5可以得出,随着含水率的增大,粘聚力明显下降,而且干密度越大粘聚力下降的速度越快。这是因为含水率越大,溶解于水的胶结物越多,土颗粒之间的胶结作用越小,所以粘聚力明显下降。因此,随着含水率的增大,土颗粒之间的粘结力减小,所以黄土的抗剪强度也随之减小,且干密度越大,减小的越快。

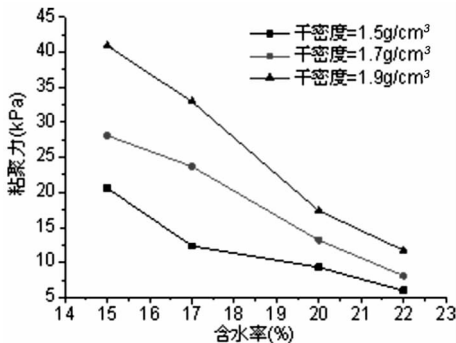


图5 黄土的粘聚力与含水率的关系

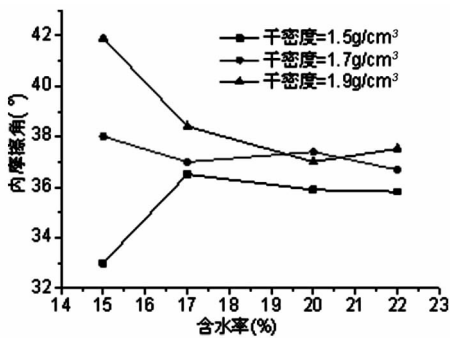


图6 黄土的内摩擦角与含水率的关系

2.6 含水率对内摩擦角的影响

由图6中的曲线可以看出,内摩擦角与含水率直接没有明显规律;从试验数据上来看,含水率对内摩擦角影响很小。当干密度为 1.5 g/cm^3 时,内摩擦角随含水率的增大先增大后略微减小;当干密度

为 1.7 g/cm^3 和 1.9 g/cm^3 时,内摩擦角随含水率的增大而减小。对比图5和图6,可以明显看出,含水率对粘聚力的影响远大于对内摩擦角的影响。

3 结论

本文通过室外现场试验,研究了不同日降雨量下入渗深度随入渗时间的变化规律,及含水率随深度的变化规律;并且通过室内直剪试验研究了含水率、干密度对粘聚力和内摩擦角的影响,得到以下结论:

(1)入渗深度随着入渗时间的增大而增大,但降雨量少时入渗的深度很浅,影响较小,降雨量大时入渗速度明显加快。

(2)无论日降雨大小,浅层的含水率均较大,随着深度的增大,含水率逐渐减少;降雨主要对浅层土体影响大,对深层土体影响较小。

(3)粘聚力随干密度的增大而增大,随含水率的增大而减小;无论是干密度还是含水率均对内摩擦角影响较小。

(4)黄土的抗剪强度也随含水率的增大而减小,且是干密度越大减小的越快。

参考文献:

- [1]刘小军,王铁行,韩永强,等. 黄土窑洞病害调查及分析[J]. 地下空间与工程学报,2007,3(6):996-999.
- [2]童丽萍,韩翠萍. 黄土材料和黄土窑洞构造[J]. 施工技术,2008(2):107-108.
- [3]李国荣,陈文婷,朱海丽,等. 青藏高原东北部黄土地区降雨入渗对土质边坡稳定性的影响研究[J]. 水文地质工程地质,2015(2):105-111.
- [4]巨玉文,齐琼,董震,等. 山西西部地区黄土地质灾害与降雨的关联性分析[J]. 自然灾害学报,2016(1):81-87.
- [5]张常亮,李萍,李同录,等. 黄土中降雨入渗规律的现场监测研究[J]. 水利学报,2014,45(6):728-734.
- [6]李斌,王莉. 延安近60年降水量的统计分析[J]. 陕西水利,2015(1):126-129.
- [7]李萍,李同录,付昱凯,等. 非饱和黄土中降雨入渗规律的现场监测研究[J]. 中南大学学报(自然科学版),2014,45(10):3551-3560.

[责任编辑 毕伟]

(下转第86页)