

# 昔格达组岩土层在工程中的应用探讨

石安成

中冶成都勘察研究总院有限公司 四川成都 610061

**摘要:**我国西南部攀西地区经济建设高速发展,对该区域较为广泛分布的特殊岩土层昔格达组地层合理的利用、趋利避害,对这些地区高速发展的工程建设有着至关重要的影响。本文基于作者在该地区的多年工作经验认为,昔格达组地层岩土特性使其成为一种区域性很强的特殊岩土。本文从昔格达组岩土层成因、特性、力学性能、工程应用实例等多方面进行应用分析,对昔格达组地层在工程建设中的应用提出了部分探讨性的建议,期望对工程建设有一定的参考价值。

**关键词:**昔格达组地层; 岩土特性; 应用分析; 参考价值

## Application of rock and soil layer of Xigeda Formation in engineering

Ancheng Shi

Chengdu Survey and Research Institute of China Metallurgical Co., LTD., Chengdu 610061, China

**Abstract:** Rapid development of economic construction in the southwest of our country to the west, rational use of special rock strata Xigeda formation and rational avoidance of disaster widely distributed in the area, has a very important influence on the engineering construction of rapid development in these regions. Based on the author's work experience in this area for many years, the author thinks that the rock and soil characteristics of Xigeda Formation make it a special rock and soil with strong regional characteristics. In this paper, the origin, characteristics, mechanical properties and engineering application of Xigeda Formation rock layer are analyzed, and some suggestions on the application of Xigeda Formation in engineering construction are put forward, hoping to have some reference value for engineering construction.

**Keywords:** Xigeda Formation; Geotechnical characteristics; Application analysis; Reference value

### 一、昔格达组地层成因

昔格达组地层定名来源于攀枝花市红格镇昔格达村,当地地质工作者俗称“昔格达层”。根据勘察揭露及分析为第四系早更新统第一、二间冰期湖相沉积的地层,昔格达组岩性变化较大,以灰色、灰黄色粉砂质泥岩、泥岩、细砂岩、粉砂岩、粘土岩,水平层理、纹层极为发育,局部砂质泥岩、粉砂岩中含有黑色、黑褐色泥炭、泥炭质土,泥炭厚 0.5~2m 不等,攀西地区中还经常揭露昔格达组地层中的植物化石。据昔格达组地层的分布分析,新近纪晚期至第四纪早期,昔格达古湖形成,湖面遍及整个攀西及云南中北部。据残存的产状仍处于近水平状态的昔这组地层分布于海拔标高 950m 至 1650m 的现状推测,昔格达组地层堆积厚度达 700~800m,昔格达古湖的湖面水位曾高达海拔 1800m 左右,使该期攀枝花古地理状况成为“千岛湖”。中更新世晚期,昔格达古湖消失,攀西地区重新成为剥蚀区。<sup>[1]</sup>

### 二、昔格达组地层应用分析

昔格达组地层胶结程度差异大,成岩作用也不尽相同。

根据前期在攀西地区揭露:第四系早更新统( $Q_1$ )河湖相沉积(间冰期“昔格达组” $Q_{1-II}^{1+al}$ )地层,按成岩作用强弱分为昔格达组土层及昔格达组半成岩地层。其最为显著的特征为,遇水易软化且轻微膨胀,失水易崩解开裂。攀西地区的昔格达岩土层,在昔格达断裂带及安宁河东、西支断裂带广泛分布,地震活动对昔格达地层也有一定影响。

因此从昔格达地层的物理力学性能、化学成分组成、室内试验成果分析、原位测试分析、动力特性测试,工程实例等多方面进行分析,对昔格达组地层初步的认识。

#### 1. 物理力学性能及化学成分组成

昔格达组地层主要在湖相静水沉积中形成,水平层理明显。从已有研究成果可知昔格达组粘土矿物成份均以伊利石为主(含量达 66~82%),高岭石、绿泥石次之。此外,还含有石英和铁的氧化。物等。昔格达组细砂层主要矿物是石英、长石、方解石,其次含有绿帘石、角闪石和磁铁矿等。各粘土层和细砂层的化学成分分析成果见表 1.1-1、1.1-2 1.1-3。各层中可溶盐含量微,除灰黑色粘土中含少量有机质外,其余均无。PH 值一般为 6.7~8.8。<sup>[2]</sup>

表 1.1-1 攀枝花地区粘土岩矿物成分<sup>[2]</sup>

样品编号	取样地点	土名	X-射线衍射		差热分析	扫描电镜
			伊利石	高岭石+绿泥石		
1	仁和老街	浅黄色粘土	82%	18%	伊利石、高岭石、石英、氧化铁	伊利石、石英
2	红格干沟	浅黄色粘土	68%	32%	伊利石、绿泥石、石英、氧化铁	伊利石、石英
3	平江大水井	灰黑色粘土	66%	34%	伊利石、绿泥石、石英、有机质、高岭石	伊利石、石英、方解石、微晶
4	红格干沟	灰黑色粘土	76%	24%	伊利石、绿泥石、石英、有机质	高岭石、伊利石、石英、方解石
备注	资料来源: 昔格达组粘土的工程地质特性研究(论文, 彭盛恩)					

表 1.1-2 攀枝花地区粘土岩化学成分<sup>[2]</sup>

编号	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	有机质
1	48.44	18.32	10.37	0.725	2.494	2.078	3.453	1.123	0.070	0.156	0.41
2	54.96	21.41	10.73	0.794	1.351	2.233	4.012	0.653	0.194	0.157	0.06
3	49.98	21.19	7.51	0.631	3.256	2.753	4.633	1.58	0.104	0.104	0.71
4	54.54	19.20	6.44	0.700	1.453	2.804	3.981	1.423	0.056	0.097	1.29
备注	资料来源: 昔格达组粘土的工程地质特性研究(论文, 彭盛恩)										

表 1.1-3 栗子坪水电站粘土岩化学成分<sup>[3]</sup>

编号	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	有机质	可溶盐	SO <sub>3</sub>	烧失量	PH
L-1	61.45	4.77	11.65	9.12	1.42	2.18	0.72	0.23	0.04	2.90	6.94	5.8
L-2	61.78	4.58	11.27	7.83	2.26	4.20	1.20	0.37	0.04	2.11	7.45	5.5
备注	L-1 为浅黄色; L-2 为青灰色。资料来源: 栗子坪水电站厂基昔格达土工程特性(论文, 李小泉)											

在勘察采取的成岩状态较好的岩芯中发现, 节理裂隙中还有石英和铁的氧化物及结核。

昔格达组粘土岩和粉砂岩的化学成份与其所分布的海拔和地形地貌密不可分。在中山斜坡、坡顶等地段基本上为灰白色、灰黄色, 在河床、沟谷及邻近沟谷和基座阶地等地段则以呈灰色、灰黑色、灰褐色、黑色等色为主, 物质成分差异变化较大。

### 2. 室内试验

根据本人参与编写的《攀钢西昌钒钛资源综合利用项目烧结工程岩土工程详细勘察报告》<sup>[4]</sup>, 通过勘察现场采取胶结程度较弱的昔格达组土层取样主要进行进行的室内试验, 测定其天然密度、天然含水率、土粒比重、天然孔隙比、孔隙度、饱和度、液限、塑限、塑性指数、液性指数、颗粒分析、直剪、渗透系数等指标。

昔格达组粘土岩粉砂岩压缩模量  $E_{s0.1-0.2}$  一般 5~9MPa,  $C_u=20\sim90\text{MPa}$ ,  $\phi_q=5\sim30^\circ$ , 弱透水~微透水性。

强风化粘土岩: 硬可塑~硬塑状, 孔隙比  $e=0.90$ , 液性指数  $I_L=0.28$ , 压缩系数  $a_{1-2}=0.23\text{MPa}^{-1}$ , 具中低压缩性, 标准贯入试验锤击数平均值  $N=15.1$  击/30cm, 力学强度较好。

中风化粘土岩: 半成岩, 天然抗压强度  $R_b=0.268\text{MPa}$ ,

具中压缩性, 压缩系数  $a_{1-2}=0.22\text{MPa}^{-1}$ , 力学性能良好。

强风化粉砂岩: 岩体强风化呈砂土状, 具中低压缩性, 标准贯入试验锤击数平均值  $N=11.8$  击/30cm, 压缩系数  $a_{1-2}=0.20\text{MPa}^{-1}$ , 力学强度较好。

中风化粉砂岩: 半成岩, 天然抗压强度  $R_b=0.29\text{MPa}$ , 具低压缩性, 力学性能良好。

而成岩状态相对较好的粉砂岩、粘土岩, 可进行抗压强度测试。由于昔格达组粘土岩为半成岩, 具有遇水迅速软化的特性, 因此, 采取岩芯样品进行天然抗压强度试验, 天然抗压强度 0.2~1.9Mpa。

由此可见, 昔格达组粘土岩与粉砂岩具有一定的力学强度, 在不受扰动的情况下, 是一种较好的地基土。

### 3. 原位测试

在勘察过程中主要采用标准贯入试验、重型动力触探、静力触探、深层平板载荷试验、浅层载荷试验、现场剪切试验, 地震波测试、注水试验等手段, 对昔格达组地层进行原位测试。根据本人从事的多个勘察项目, 进行了一些小结, 供大家参考。

(1) 标准贯入测试应用最为常用和广泛, 测试粘土岩、粉砂岩的指标, 一般每 30cm 锤击数 10~30 击, 最大接近 50 击。

(2) 重型动力触探主要应用于采用昔格达组土层作为填料的回填区, 评价填土密实度和均匀性; 在昔格达组原状土中进行测试时, 重型动力触探锤击数每 10cm 一般 10~30 击, 遇到胶结较好的粉砂岩团块时, 则无法探入。

(3) 静力触探应用于河谷及沟谷地段含有机质较丰富的昔格达组软弱土层。

(4) 深层平板载荷试验应用于采用昔格达组土层在场地内埋藏浅, 并以昔格达组地层作为桩端持力层时; 浅层平板载荷则用于评价昔格达组土层作为回填土, 评判压实地基持力层时。或昔格达岩土层直接出露地表的浅基础持力层时。

(5) 现场剪切试验(天然和浸水)。主要为评价坝址区地基、地下建筑物和边坡稳定性。

(6) 地震波测试。在攀枝花与云南华坪交界处某场地勘察成果显示: 昔格达组粘土岩粉砂岩横波波速  $V_s=450\sim600$  (m/s), 纵波波速  $V_p=850\sim1100$  (m/s), 动泊松比 0.29~0.30, 动剪切模量 500~620Mpa 之间, 动弹性模量 1300~1800Mpa 之间。根据波速测试成果, 一般判定昔格达组地层为中硬土、坚硬土<sup>[5]</sup>。

(7) 为评价昔格达组地层的渗透性, 也可采用现场试坑注水或钻孔注水, 对昔格达组地层的渗透性进行评价。粉砂岩的渗透性明显大于粘土岩, 低于普通的第四系粉砂土。在攀枝花地区尾矿库区初期坝址、拦渣坝址区, 心墙地段经常采用的材料就是昔格达组粘土岩。

### 三、工程经验及实例分享

#### 1. 对昔格达土层的判定

由于昔格达组地层与第四系全新统土层极为相似, 容易混淆。首先, 昔格达组地层为湖相沉积的岩土, 其层理基本上呈现出水平状, 但在部分地区受地质构造影响也会出现产状变化, 甚至陡倾。山区建设时, 挖填很普遍存在, 当采用粉砂岩作为填料回填时, 仅凭肉眼观察极易判定为原生土, 导致持力层选择错误, 影响工程安全。

#### 2. 昔格达组地层对边坡工程及基坑工程的影响

必须边挖边支护, 严禁大开挖, 处理不当极易导致滑坡, 甚至滑坡、崩塌等不利地质作用, 危及广大群众的财产人生安全。

如在攀枝花地区, 分为旱、雨两季, 昔格达土体为易滑土体, 昔格达组岩土边坡问题雨季时高频出现, 主要以浅层表层为主, 尤其在冲沟、缓坡地段, 人为开挖坡脚, 地下水沿着粘土岩的节理面缓慢渗透, 导致边坡蠕动变形。

旱季时施工不当, 同样为带来不可预估的边坡破坏变形。攀枝花市区某建设工地昔格达土边坡, 坡高超过 20m, 为超危大工程, 采用大开挖, 边坡坡率 1:0.5~1:0.75, 未及时支护。当时正值旱季, 昔格达土失水后迅速崩解, 边坡大面积垮塌, 坡脚为空旷的平坝且无人员机具, 未带来人员财产损失。

对采用昔格达土作为填料的人工边坡, 勘察设计单位均应引起高度重视。如攀西地区某厂区内, 均为昔格达地

层所覆盖, 山区建设不可避免的进行了很多挖填改造, 厂区某处有一高约 10 米的填土边坡, 填料采用昔格达土层, 边坡支护采用加筋土挡墙, 坡顶建有厂区水池、厂房。正值雨季, 持续降雨后, 边坡开始鼓肚, 孔隙水压力增大, 主动土压力持续增大, 凌晨时整段加筋土挡墙失效垮塌, 坡顶水池倾覆, 厂房部分受损。雨季暴雨是主要诱因, 其次厂区地坪的地表水下渗及昔格达土湿陷下沉, 加筋土无法发挥正常功能导致。

#### 3. 昔格达组地层岩土参数取值

如果岩土参数偏保守, 虽然更能保证工程安全, 导致工程造价增加, 不经济, 增加了建设单位的负担。虽然成因相同, 但是所处地区及环境、气候差异, 昔格达组地层物理力学性能也存在一定差异, 不能一刀切, 采用统一的岩土参数。攀西地区昔格达组地层承载力特征值  $f_{ak}$  一般取值 200~300kpa, 前人在攀枝花红格地区进行的静载试验, 承载力特征值  $f_{ak}$  可达到 300~400kpa。应注重按现场原位测试和室内试验相结合的方式, 提出适宜的岩土参数。攀西地区某高速公路昔格达组泥岩的容许承载力  $[f_{a0}]$  取值 400kpa, 因此, 勘察中在保证安全的前提下, 根据试验结果分析, 采取经济合理的岩土参数也是勘察单位需要重视的。



图一、隧洞内的钢拱架变形



图二、冒顶后洞顶的昔格达地层

事故发生后, 各方勘察现场后, 采取先从外围进行回填固结灌浆, 后进行洞内开挖、衬砌和回填固结灌浆, 方保证了后续施工。

由此可见, 昔格达土的破坏性在地表和地下均不容小觑。加强区域地质资料的收集和现场地质调查, 仔细判别现场采取岩芯, 综合作出分析判定, 避免勘察事故的发生。

#### 4. 地下水对昔格达组地层的影响

由于其受水影响较大,且具有一定的膨胀性,与贵州地区收缩破坏特性的红黏土有着较大的差异。粉砂岩与黏土岩互层状结构的特性,导致其透水性不同。通过室内渗透性试验和现场注水试验,其渗透系数  $k$  在  $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-6}$  (cm/s) 之间,为微透水~弱透水地层。

在昔格达组地层基坑施工时,除天然工况,还应充分考虑各种不利工况的叠加对工程的不利影响,控制开挖深度,分层支护,分段开挖,避免工程事故的发生。

还有一种情况就是用昔格达组地层作为填料(经过强夯处理)的深厚回填区,在工程实践中经常遇到受到车轮碾压后,在受到地表水下渗及地下水影响时,回填区内地表仍然出现下陷严重,凹凸不平,填土含水率达到饱和,形成的“橡皮土”、“弹簧土”等,影响建构建筑物的正常使用,并带来安全隐患。

#### 四、结束语

昔格达组地层是一种特殊岩土,对工程地质而言,在判定岩土性质物理化学性质的基础上,更应采取各种技术手段,仔细查明其岩土参数、适用条件、不同条件下的设

计安全系数等来指导施工。昔格达组地层作为四川和云南地区特有的岩土层,在现有的规范和地方规范中尚未对其开展更进一步的调查研究工作,随着科技进步,勘察手段的不断完善,室内试验和原位测试手段的更新,对昔格达组岩土层将有更进一步的认识,使其更好的服务于我们人类社会的生活。

#### 参考文献:

- [1] 马玉孝等.攀枝花地质.330页.四川科学技术出版社,2001年8月。
- [2] 彭盛恩.昔格达组粘土的工程地质特性研究.水文地质工程地质,1986年,第2期。
- [3] 李小泉.栗子坪水电站厂基昔格达土的工程特性.广西水利水电,1996年,第1期。
- [4] 中冶成都勘察研究总院有限公司.攀钢西昌钒钛资源综合利用项目烧结工程岩土工程详细勘察报告[R],成都:中冶成都勘察研究总院有限公司,2009年11月,第11-12页。
- [5] GB50011-2010,《建筑抗震设计规范》(2016年版)[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.