

文章编号: 0451-0712(2005)03-0068-04

中图分类号: P642.24

文献标识码: B

风化岩组及其工程勘察概要

汪春桃, 赵为民, 陈希祥

(江苏省交通规划设计院 南京市 210005)

摘要: 如果岩石经受不同程度的风化作用而降低了其力学强度, 不仅给工程勘察与评价带来难度, 且在某种程度上影响了勘察成果在工程设计中的合理利用。为加深对风化岩的认识, 促进风化岩划分标志的统一, 提高工程勘察质量, 对风化岩组的形成、分带、风化类型及其组合做了概要讨论, 并对工程勘察要点提出了建设性意见, 旨在供岩基工程地质勘察时参考和应用, 也为工程设计提供宏观决策依据。

关键词: 风化岩组; 勘察; 评价

1 风化岩组的形成及制约因素

风化岩组是典型的次生岩组, 是地壳表面岩石在大气、水和生物等外力的长期联合作用(物理风化、化学风化和生物风化)下, 促使母岩的物质成分、组织结构及色泽逐渐变化而形成的岩组。不同岩性、不同的环境条件, 风化程度均不相同。一般情况下, 靠近地表者, 风化剧烈, 向深部则依次减弱, 直至新鲜岩组。风化过程是: 沿岩体表面及结构面向岩块内

部纵深发展, 表面退色泥化, 内部解体分离, 岩石大部分破碎, 局部残留硬质岩块; 当风化层达一定深度后, 则岩石微弱退色, 基本沿裂隙风化, 出现裂隙面退色、壁面矿物轻微变质现象, 并有锈染薄膜及泥质污染, 风化岩块击开后, 若断面新鲜, 结构构造清晰, 矿物晶形完好, 该岩面即为微风化岩; 如再向深处延伸, 即为新鲜岩体了。理论与实践业已证明, 岩石风化的制约因素主要有以下几种。

收稿日期: 2005-01-10

2.5 断裂带改变了地下水运移和补排条件

断裂下盘(上升侧)岩性为石英砂岩, 含有弱裂隙水, 由于断层带的隔水性, 形成了上盘(下降侧)岩溶层接受地下水、地表水补给的相对隔水边界, 截断了来自山体的地下水径流, 同时也缩短了地下水的补给、运移途径。由此可知, 在含水介质构成上, 断裂促进了岩溶发育, 在地下水补、排条件上, 断裂又抑制了岩溶继续发展。

可归为“活动性断裂”。

(3)从宏观角度分析, 断裂的存在无疑恶化了相应区段的工程地质条件。如: 基岩面深浅不一, 岩性及其力学强度差异大, 岩溶发育不均等。如果查清其发生和发展规律, 就可以扬长避短, 化弊为利。譬如, 将拟建工程置于上升盘石英砂岩上, 那就绕避了复杂的岩溶问题。当然, 最佳的布局方案尚需经综合因素比选后确定。

3 结语

(1)边缘断裂为区域纬向构造的组成部分, 根据其成生序次及规模判断为二级派生断裂, 虽然其规模较一级纬向断裂窄小, 但其对交通、工矿建设的影响更加显著。

(2)断裂赋存形态为张扭性断裂(走向正断层), 如揭开内幕, 却有不同性质、不同期次和不同活动度的发展演化阶段, 尤其是结合新构造运动形迹分析,

参考文献:

- [1] 江苏省地质矿产局. 江苏省及上海市区域地质志[M]. 地质出版社, 1984.
- [2] 工程地质手册编写委员会. 工程地质手册(第三版)[M]. 中国建筑工业出版社, 1992.
- [3] 河北省地质局水文地质四大队. 水文地质手册[M]. 地质出版社.

1.1 岩性

粗颗粒结晶岩易风化,风化带发育齐全、厚度亦大,如花岗岩类,在风化作用下先发生破裂,后经雨水渗入,形成碳酸盐分解,长石及暗色矿物被侵蚀,析出含K、Na、Mg和Fe等的可溶盐及游离的CO₂,并被地下水带走,这时岩屑、粘土及稳定的石英颗粒滞留原位,即形成残积粘土。

细粒岩石,如细粒石英砂岩,不易快速风化,风化层极不发育;石灰岩以溶解为主(喀斯特),溶解物质迁移,残余杂质及粘土滞积,即形成棕红色残积粘土;有些页岩类,易于风化干裂,遇水崩解,边风化边剥离脱落,表面貌似风化强烈,但厚度很薄;一些脉岩,构造裂隙、冷凝裂隙多,风化速度较快,如辉绿岩、煌斑岩脉等。

1.2 软弱结构面

软弱结构面是指把岩体切割成块体、具有强度低和易变形特征的各种地质界面。概括有4类:沉积结构面(层面、层理、不整合面、假整合面、软弱夹层等)、火成结构面(流面、流线、接触面、蚀变带、原生节理等)、构造结构面(断层面、节理面、劈理面)和次生结构面(风化裂隙、卸荷裂隙、人工爆破裂隙等)。不言而喻,无论何种结构面,发育度越高、深度越大,风化带也就越发育。

1.3 地形与地貌

由于地形和地貌的空间条件不同,因而风化作用也各异。如河谷两岸阶地覆盖的基岩较现代河谷内基岩的风化层厚度大;山顶、陡坡及“V”形谷地岩石较“U”形谷地及山前坡麓带风化程度轻微。

1.4 气候

不同气候带,或同气候区不同季节的风吹、雨打、太阳暴晒、昼夜温差及年温变化影响,风化作用也明显不同。南方炎热多雨,风化壳厚度较北方大;高寒区冰冻严重,风化壳亦很厚,且具有与热带不同的内部风化结构。

1.5 构造升降运动

地壳升降、海陆变迁,相应导致陆壳沉积与侵蚀交替。构造运动上升期,侵蚀基准面下降,侵蚀作用增强,风化物多经受剥离—搬运—再沉积的过程,基岩风化壳变薄;反之,构造运动下降,侵蚀基准面上升,风化壳免遭冲蚀,厚度增加。

1.6 地下水的运动

地下水是岩石风化的催化剂,尤其是浅层裂隙—潜水,受降水直接补给,交替强烈,溶解氧充足,氧

化作用强烈,加速了岩石风化。

由上可知,不同岩体在不同制约因素下发育着不同的风化带,由于风化作用主导因素的差异,风化带厚度、深度及带与带之间的风化特征、工程性质明显不同。

2 风化岩组分带

风化岩组的分带依据,一为宏观岩性特征,二为微观测试指标。前者是通过现场实体观察描述获得,是风化带划分的基础;后者是通过仪器测试获得,是划分风化带的对比依据。

据现行工程勘察设计规范^[1~4]及有关学者论著^[5,6],对岩石风化带的划分方案及标准基本相同,唯不同者是划分级次多少的细分精度问题。如《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)分5级(不含未风化);《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85)分4级;《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7—89)分3级;我国工程界前辈——谷德振先生不仅对其进行了分级,并对其分别做了特征上的详尽描述。为此,结合谷德振先生的文献,建议采用GB 50021—94的划分方法——分5级方案。为统一划分标志,易于野外现场操作,特将宏观依据简化整理成表1、2。

3 风化带的组合及宏观岩性特征

3.1 连续分布

所谓风化带连续分布是指同一地质断面在垂向上风化带是连续的,即由残积土依次过渡到微风化岩,这类岩组以花岗岩类最多,因其结晶好、原生及次生节理发育,故风化裂隙密集。上述残积土,它是由岩石到土之间的过渡层,它的岩性必须是结构、构造全分解、破坏而成土状,受母岩影响,由表及里的物理力学性能依次增强,所有岩屑颗粒必须是母岩成分,不存在被搬运或磨圆现象,如发现外来岩块,则表明有其他成因类型土混杂。残积土向下通常分布有全风化、强风化等风化带,由于环境条件及地壳升降运动的影响程度不同,各风化带厚度与水平扩展是多变的。

3.2 相间分布

由于垂向上不同时代、不同岩性特征的层系互相叠置,风化程度差异大,致使风化带垂向分布不连续和不完整。如细粒石英砂岩抗风化能力强,而粗粒长石砂岩容易风化,它们很易形成不同程度的风化带。当石英砂岩位于长石砂岩层之上,即可能形成上

表 1 硬质岩石风化程度划分

划分标志	野外宏观特征				微观指标		
	结构、构造	破碎程度	可钻、可掘性	干湿强度	波速 V_p m/s	速比 R_V	风化系数 K_f
残积土	结构、构造全破坏	风化土状,无硬块	锹镐可掘,易干钻	湿塑,干硬,不易断	<500	<0.2	
全风化(剧风化)	结构基本被破坏	风化碎屑,含硬块	锹镐挖掘稍费力	残余碎块可折断	500~1 000	0.2~0.4	
强风化	结构、构造不太清晰	碎屑、硬块各半	锹镐挖掘较困难	风化岩块可折断	1 000~2 000	0.4~0.6	<0.4
中等风化(弱风化)	结构部分被破坏	裂隙切割呈大块(20~50 cm)	锹镐不易挖掘	锤击声哑,容易碎	2 000~4 000	0.6~0.8	0.4~0.8
微风化	结构矿物没改变	人为断面新鲜,未蚀变	需机械动力钻进	锤击声脆,不易碎	4 000~5 000	0.8~0.9	0.8~0.9

注:岩块结构是指矿物颗粒的结晶程度、颗粒大小、形状及其空间排列特征;岩块构造是指岩块中矿物颗粒集合体之间及其与其他组成部分之间的排列充填特征。

表 2 软质岩石风化程度划分

划分标志	野外宏观特征				微观指标		
	结构、构造	破碎程度	可钻、可掘性	干湿强度	波速 V_p m/s	速比 R_V	风化系数 K_f
残积土	结构、构造全破坏	风化土状,无硬块	易挖、易掘、易干钻	湿塑,干硬,不易断	<300	<0.1	
全风化(剧风化)	结构基本被破坏	风化土状,含硬块	易挖、易掘、易干钻	岩屑、岩块可捏烂	300~700	0.1~0.3	
强风化	结构、构造不易辩	碎屑、碎块各占半	易挖,软化,易崩解	湿塑,干硬,易折断	700~1 500	0.3~0.5	<0.3
中等风化(弱风化)	结构、构造尚新鲜	碎块多	锹镐挖掘较困难	锤击声哑,易敲碎	1 500~3 000	0.5~0.8	0.3~0.8
微风化	结构、构造未改变	风化多沿裂隙面	锹镐不易,干钻难	锤击声脆,不易碎	3 000~4 000	0.8~0.9	0.8~0.9

注:岩石饱和极限抗压强度 $R \geq 30$ MPa、 $R < 30$ MPa 分别为硬质岩、软质岩。

为微风化带,下为弱或强风化带;反之,当长石粗砂岩在石英砂岩之上,则可能形成强风化带与微风化带相接。这种软、硬相间不同风化带的重复出现是不足为奇的。

3.3 囊带状分布

该类系指由断层破碎带、构造角砾岩带或侵入体接触带与围岩风化差异构成的囊带状分布。断层岩所形成的风化岩可能较围岩软亦可能硬,但它多数穿越不同围岩的不同风化带,在平、剖面上均呈条带状分布;侵入体有大有小,但与围岩多以不规则状(囊状、口袋状、楔状等)接触,其岩性不同于围岩,故其形成的风化带常以囊状裹于围岩风化带之中。

3.4 岩溶洞穴型分布

易溶盐类(灰岩、大理岩、膏盐)风化作用以化学溶解为主,被分解的物质部分随水溶液迁移,滞留岩层表面的是风化残余粘土,由于强烈氧化而呈棕红色。由于岩石留有溶孔、石牙、溶沟和溶槽,粘土物质就近填充,又类似洞穴堆积。该类土为灰岩分布区常见的残积红粘土,在其内见有同源的灰岩块,多为溶蚀壁碎块的坠落。红粘土层以下向深部即为弱风化

或微风化的岩石,虽在个别洞隙壁有溶蚀痕迹,但其断面岩质新鲜,无异于新鲜岩石。

4 风化岩勘察概要

4.1 勘察内容

- (1) 不同风化带划分及埋深、厚度变化。
- (2) 风化带的连续性、均匀性及其空间组合关系。
- (3) 孔隙、裂隙变化规律。
- (4) 风化岩土物理力学性质。
- (5) 地下水赋存情况。

4.2 风化岩评价内容

- (1) 不均匀性及可能的不均匀沉降评价。
- (2) 软弱风化带(或软弱结构面)产状与边坡产状的组合类别及其边坡工程的稳定性。
- (3) 风化岩对工程长久效用的影响度。
- (4) 特殊风化岩组合类别及不良地质特征对工程的危害。

4.3 勘察评价方法提要

风化岩中的残积土或全风化层,其土性类似于一般松散土,故勘察方法可类同土层。对强风化层来

说, 岩芯破碎成岩屑, 其内常含有相对硬质的岩块, 既不易原状样测试, 也不易提高标贯准确度。为此, 笔者建议对上述风化带优化下列原位测试方法。

4.3.1 加强重型动力触探

当风化层似土层并含硬质岩块较多时, 更适于选用重型(重Ⅱ)动力触探。该方法虽早已被采用, 但常因实际测点密度不够, 统计指标代表性不强, 加之缺少该指标的规范要求, 致使其测试数据未能被充分利用。为优化该方法成果及使用效益, 特提出几点建议: (1) 增加重Ⅱ动力触探点密度, 点距不得小于取样间距; (2) 同孔、同层增加标贯试验点, 建立重Ⅱ击数与标贯击数在不同情况下的相关性, 以利参数更大程度上的规范化。

4.3.2 加强点荷载试验

风化程度高的岩石, 如强风化~弱风化岩, 很难取到完整的长柱状岩芯, 即使有少数柱状岩芯, 做单轴极限抗压强度试验时, 其代表性亦不够。为此, 可采用点荷载法进行岩石点荷载强度试验, 求得岩石点荷载强度指数; 然后再与单轴抗压强度做相关性对比归类, 以适宜的换算系数求得岩石单轴饱和极限抗压强度的等代强度; 最后以此与规范对照, 确定岩基的容许承载力。据《岩土工程勘察规范》(GB 50021-94) 换算公式为:

$$R_c = 23.7 I_s [50]$$

式中: R_c 为岩石单轴极限抗压强度的等代强度, MPa; $I_s [50]$ 为相当于等效岩芯直径为 50 mm 的点荷载强度指数, MPa。

上式中换算系数(扩增常数)为 23.7, 与《公路工程石料试验规程》(JTJ 054-94) 中 20~25 倍相符, 为安全起见, 亦可选取低值 20 予以换算。

为提高测试质量, 增强分析成果的代表性, 对采样与测试务必做好下列工作。

(1) 保证有足够的样品数, 岩芯样每组不少于 5~10 个, 不规则块体样每组不少于 15~20 个。如岩石是各向异性的, 为求得各向异性指数, 还要满足平行于 2 个垂直亚组的样品数, 即各不少于 15 个。

(2) 现场取样中, 严格分组标准, 即不同风化带的岩芯不得归为同一组试样, 不同岩性层更不宜混合, 构造破碎带及其顶、底裂隙带不宜混合采样。

(3) 试验前应对试样裂隙的分布形态、类型、产状要素及充填情况做出初步分类, 试验中对试样的

破碎特征要随时记录, 如破裂面是新鲜的还是沿原有节理面破裂、是平直面还是弯曲面等, 最后分类做强度统计。

4.3.3 优化钻孔岩芯质量指标统计

国标 GB 50021-94 内明确岩芯质量指标以 RQD 表示, 即:

$$RQD = \frac{\sum l_a}{\sum l_b} \times 100\%$$

式中: $\sum l_a$ 为统计段内各回次岩芯中, 长度大于 10 cm 的块数总长, m; $\sum l_b$ 为统计段内各回次进尺累计总长, m。

为增强统计资料的代表性, 应满足下列条件: (1) 钻进采用金刚石钻进, 双层岩芯管, 口径 > 75 mm; (2) 回次进尺长度以 0.80~1.2 m 为宜; (3) 岩芯要以压卸方式从岩芯管内取出, 不宜用锤击法取出; (4) 对机械或人为断开的岩芯, 要复原后做长度统计; (5) 不同岩性层、不同风化带要分别统计, 不得跨层、跨带等。

5 结语

(1) 参照国标 GB 50021-94 的规定, 将风化岩组分为 5 个带, 并将各带宏观岩性标志予以口诀性通俗化, 便于记忆, 有利对比, 易于实践操作。

(2) 理论分析与实践相结合, 将岩组风化带组合归结为 4 种主要类型, 即: 连续分布、相间分布、囊带状分布和岩溶洞穴型分布, 并概略分析了形成原因, 对勘察实践具有一定的指导意义。

(3) 对风化岩组的勘察、评价方法提出了 3 个加强点, 并强调彼此关联与协调, 与有关规范建立相关性, 借以提高测试成果质量及其使用效益。

参考文献:

- [1] GB 50021-94, 岩土工程勘察规范[S].
- [2] JTJ 024-85, 公路桥涵地基与基础设计规范[S].
- [3] GB 50287-99, 水利水电工程地质勘察规范[S].
- [4] GBJ 7-89, 建筑地基基础设计规范[S].
- [5] 谷德振. 岩体工程地质力学基础[M]. 科学出版社, 1983.
- [6] 李铁汉, 潘别桐. 岩体力学[M]. 地质出版社, 1980.
- [7] JTJ 054-94, 公路工程石料试验规程[S].