

探析岩土工程勘察中对基岩风化层的认识

周正吉

镇江市勘察测绘研究院有限公司 江苏镇江 212000

摘要: 随着城市建设的扩张,工程建设中越来越多的岩质山体、边坡,以及城市建筑高度增加,岩土工程勘察中遇到基岩及其风化层的几率也越来越大,因此加强对基岩及其风化层的认识与研究显得格外重要,合理利用基岩及风化层的优点,规避它们的缺点与不足,可以提高工程质量,并节省工程造价。

关键词: 基岩风化;工程勘察;物理力学性质;天然地基;桩基持力层;量化研究

Analysis on the understanding of bedrock regolith in geotechnical engineering investigation

Zhengji Zhou

Zhenjiang survey surveying and mapping research institute co., ltd Jiangsu Zhenjiang, 212000

Abstract: With the expansion of urban construction, more and more Rocky Mountains, slopes, and the height of urban buildings increase in engineering construction, and the probability of encountering bedrock and weathering layers in geotechnical engineering investigation is also increasing. Therefore, it is particularly important to strengthen the understanding and research of bedrock and its regolith. We should make rational use of the advantages of bedrock and weathered layer and avoid their shortcomings and deficiencies, which can improve the quality of the project and save the project cost.

Keywords: bedrock weathering, engineering investigation, physical and mechanical properties, natural foundation, bearing layer of pile foundation, quantitative research

引言:

镇江坐落于长江之滨,素有“城市山林”之称,城中及郊区分布有众多山体,随着城市建设的扩张,工程建设中越来越多的岩质山体、边坡,以及城市建筑高度增加,岩土工程勘察中遇到基岩及其风化层的几率也越来越大,因此加强对基岩及其风化层的认识与研究显得格外重要,合理利用基岩及风化层的优点,规避它们的缺点与不足,可以提高工程质量,并节省工程造价。

1. 风化层概况

镇江市的基岩风化层母岩大部分是火成岩和沉积岩,少部分为变质岩。火成岩有石英闪长岩、安山岩、安山角砾岩、凝灰岩等,变质岩主要分布在火成岩岩体侵入带边缘处,沉积岩有白垩纪泥质粉砂岩(红层)、青龙群石灰岩、泥盆纪砂岩、志留纪砂岩、泥岩、白云岩等。

基岩风化是指在地表或接近地表的常温条件下,岩石在原地发生的崩解或蚀变,主要受控于基岩本身的岩性与矿物组成。自然界中岩石的矿物成分、化学成分和结构构造十分复杂,其抗风化能力也各不相同。岩石的风化程度及速度,风化壳的厚度及风化物的性质,在不同地区会有所不同,即使在同一地区甚至在同一建筑场地都会有明显的差异,制约岩石风化的类型和速率的因素很多,包括矿物成分、岩石结构构造、气候、水文地质条件和地形地貌条件等。

地形地貌条件对风化作用进程、风化物的积存作用显著,镇江属于典型的丘陵地区,又紧靠长江,地形起伏较大,地貌形态丰富,也决定基岩风化层的埋深、厚度变化很大。根据我院在镇江地区上万个钻孔资料显示,风化层的埋深、厚度变化往往与地貌单元有较强的对应关系^[1]。

随着人类活动的增多,对岩石风化作用的影响也越来越显著。根据岩石风化的特点可知,岩石风化过程的不同阶段其速度也是不同的,当新鲜岩石与风化作用接触初期,岩石的变化较快,经过一段时间后则作用变得

作者简介: 周正吉,1981年11月,汉族,男,江西临川,镇江市勘察测绘研究院有限公司,副高,大学本科,邮编:212000,研究方向:勘察。

缓慢。由于人类工程活动所进行的基坑、边坡、隧洞等的开挖，将已经风化的岩石或覆盖层挖除后，使得风化程度较弱或者新鲜岩石裸露，从而也会加剧岩石的风化。

2. 风化层的垂直分带

基岩风化层一般是垂直分带，可按岩体风化程度的差异划分为若干层。基岩风化后一般可分成残积土、全风化层、强风化层、中风化层、微风化层，因母岩岩性的不同，存留下来的风化层按垂直分层也会有很大的差别，如砂岩、泥岩风化后的垂直分层不完全，石灰岩风化后也并非所有的风化层都具备，具有五层风化层的基岩一般是火成岩，而在长江漫滩区处，由于长期的冲刷作用，往往顶部的残积土和全风化层很薄或者缺失^[2]。

在长期的岩土工程勘察工作中发现，因工程建设对基岩风化层进行垂直分带主要考虑的原则如下：

2.1 要充分反应各风化层岩石变化的客观规律，反应各带岩石因风化程度不同所具有的不同特性。

2.2 分带标志视具体条件选择，应既有代表性，又明确，便于掌握，尽量避免人为因素的影响。

2.3 将定性与定量研究、宏观与微观研究结合起来，综合各种标志进行分带。

2.4 分带数目要考虑工程建设的实际需要，既不要过于繁琐，分级过多，也不能过于简化，致使同一层内的工程特性差异过大。

风化层分层、判别方法及标准特征如下所述：

基岩全风化：颜色已全改变光泽消失；岩体组织结构已完全破坏，呈松散状或仅外观保持原岩状态，用手可折断、捏碎；矿物大部分风化变质，形成次生矿物，石英晶粒除外；浸水崩解，与松软土体的特性近似；锤击声哑。

基岩强风化：颜色改变，唯岩块的断口中心尚保持原有颜色；外观具原岩组织结构，但裂隙发育，岩体呈干砌块石状，岩块上裂纹密布，疏松易碎；易风化矿物均已风化变质形成风化次生矿物，其他矿物仍部分保持原矿物特征；物理力学性质显著减弱，具有某些半坚硬岩石的特性，变形模量小，承载强度低；锤击声哑。

基岩弱风化：表面和沿节理面大部变色，但断口仍保持新鲜岩石特点；岩体组织结构大部完好，但风化裂隙发育，裂隙面风化剧烈；矿物成分沿节理裂隙面出现次生化矿物；物理力学性质减弱，岩体的软化系数与承载强度变小；锤击发声不够清脆。

基岩微风化：颜色沿节理面略有变色；岩体组织结构未变，除构造节理外，一般风化裂隙不易察觉；矿物组织未变，仅沿节理面有时有铁、锰质渲染；物理性质几乎不变，力学强度略有减弱；锤击发声清脆。

因基岩风化往往有一定的渐变性，一般随着深度的增加而减轻，且在同一风化层中也会存在风化程度差异

较大，因此对基岩风化层进行准确分层就变得难度较大。根据多年野外实践经验，野外岩芯鉴定、原位测试并结合基岩的矿物成分风化程度、结构等来对风化层分层更为可靠些。

3. 风化层的物理力学性质

风化层的最大特点就是不均一性，一是母岩岩性的不同，风化、剥蚀、埋藏条件、外力作用等的差异，导致风化层的埋藏深度、留存厚度不均一，形态产状不均一，赋存状态不均一；二风化层的物理力学性质的不均一，原位测试结果、土试成果数值离散型较大。

根据已有工程资料显示，风化层的物理力学性质特点如下：含水量较高，一般较上覆土层（下蜀组粉质黏土、黏土）要高（约5~10%），孔隙比较大，一般较上覆土层（下蜀组粉质黏土、黏土）要大（约0.100~0.300）。风化层的抗水性一般很差，遇水易软化，浸水后其强度迅速下降。

根据我院在镇江地区多年来的岩土工程勘察成果显示，镇江地区火成岩占比较高，火成岩以花岗岩（含闪长岩）、凝灰岩为主，沉积岩次之，变质岩很少。

镇江地区火成岩以花岗岩（含闪长岩）、凝灰岩为主，火成岩各风化物的工程力学性质大致相近，以花岗岩为例的火成岩风化物的主要工程力学性质指标见下表^[3]。

火成岩风化层（花岗岩）的主要力学性质表

分级	静探 P_s (MP _a)	标贯 N (击)	动探 $N_{63.5}$ (击)	变形模 量 E_0 (MP _a)	单轴饱 和抗压 强度 f_{tk} (MP _a)	承载 力 f_{ak} (kPa)
残积土	3.5-6.0	25 ±		18.0 ±		280
全风化	> 7.0	35-55		30.0 ±		350
强风化	砂砾状	> 10.0	> 60	15 ±	40.0 ±	400
	碎块状				60.0 ±	3.0-35.0
中风化					30.0 ±	3000
微风化					40.0 ±	8000

镇江地区沉积岩多为泥岩、砂岩、石灰岩，沉积岩的残积土及全风化呈黏性土夹砂砾状，层厚较薄，主要风化物为基岩强风化和基岩中风化，沉积岩主要风化层的单轴抗压强度指标见下表。

沉积岩主要风化层的单轴抗压强度（ f_{tk} ）值表

名称 分级	泥岩	粉砂质泥 岩	砂岩	石灰岩
强风化	0.25	0.35	3.0-12.0	
中风化	2.2	1.6-5.3	23.0 ±	38.0 ±
微风化		7.0-10.0	30.0 ±	60.0 ±

4. 风化层的工程地质条件评价

4.1 基岩风化层作为天然地基浅基础持力层

基岩风化层的层顶为残积土和全风化层，据前所述，其工程地质性质较土层要好，如埋深较浅，可作为多层

建筑或小高层建筑的天然地基浅基础的持力层。此种情况多出现在山体的坡体和坡脚地带，镇江市这样的实例较少，在丹徒新区和高校园区有多处建筑采用残积土和基岩全风化层为天然地基浅基础的持力层，如香格里拉庄园小区的部分楼栋、江苏大学京江学院部分楼栋等。

因残积土和全风化层的强度差异较大，且实际生产过程中缺少准确的强度及承载力，小高层建筑如果以残积土和全风化层为天然地基浅基础的持力层，则需要进一步的研究或借鉴外地类似工程的经验。

在实际工程中，如基岩强风化层埋深较浅，亦可用作多层建筑、小高层建筑甚至是高层建筑的天然地基浅基础的持力层。我院一工程实例：丹徒区山河郡酒店式公寓楼地上28层，地下1层，根据设计标高，其基底均为砂岩强风化和花岗岩强风化，且该处基岩风化层很厚，如采用桩基础其造价较高，施工周期较长，后经研究分析其天然地基浅基础的可行性，采用载荷试验对场地基岩强风化进行地基承载力测试，测试结果显示：碎块状的砂岩强风化和碎块状的花岗岩强风化均能满足设计所需的地基承载力值450kPa；经设计方进行强度及变形验算，均能满足要求。该工程高层建筑利用基岩强风化层为天然地基浅基础持力层的成功经验，也开创了镇江工程界的先河。

4.2 基岩风化层作为桩基础桩端持力层

近年来镇江地区的高层建筑、小高层建筑越来越多，对于承载力的要求也越来越高，特别是大底盘建筑，往往需要采用桩基础，才能同时满足承载力要求和沉降变形要求。根据我院在镇江地区多年来的岩土工程勘察成果，位于长江漫滩区的场地，上部土层基本以淤泥质粉质黏土夹粉土、软塑状粉质黏土为主，难以找到合适的桩端持力层；亦或基岩风化层埋深较浅时，以土层为桩端持力层，则桩长较短，承载力较低，选取基岩强风化层、中风化层为桩端持力层，既能提高单桩承载力值，桩基沉降变形也相对上部地层的变形要小很多。

单桩承载力须根据载荷试验结果确定，根据我院在镇江地区多年来的岩土工程勘察成果，基岩风化层的桩基设计参数应结合基岩的风化程度以及胶结状况具体而定，一般情况下可参考下表^[4]。

5. 勘察工作中风化层存在的问题及对策

随着镇江地区城市建设的发展，对基岩风化层利用的机会也越来越多，根据工作中岩土工程勘察相关规范规程并结合专家意见，在岩土工程勘察时遇到基岩风化层应该做到以下几点：

5.1 查明风化层的母岩岩性、名称，搞清楚其地质年代；

5.2 查明风化层的分层，查明不同的风化层埋深及层厚；

基岩风化层的桩基设计参数表

分级	名称	桩侧摩阻力特征值 q_{si} (kPa)		桩端阻力特征值 q_{pk} (kPa)	
		钻孔 灌注桩	混凝土 预制桩	钻孔 灌注桩	混凝土 预制桩
	火成岩残积土	75	78	800	3800
火成岩全风化	82	85	850	4000	
砂岩强风化	85	88	1200	5000	
火成岩强风化 (砂土状)	90	92	1500	6000	
火成岩强风化 (碎块状)	110	120	1600	6500	
砂岩中风化	500		6500		
石灰岩中风化	800		16000		
火成岩中风化	600		9000		

5.3 查明同一风化层的均匀性及连续性；

5.4 查明风化层的含水性，地下水类型及给排条件、地下水位、水质等水文地质条件；

5.5 给出每一风化层的物理力学性质，进行岩土工程地质条件评价^[5]。

尽管在工作中经常遇到基岩风化层，工作也做了不少，但在镇江地区对基岩风化层的认识还是比较欠缺，一般都是定性的认识多，定量的判定少，经验参数较多，理论数据较少。随着对基岩风化层所做的工作的增加，我们对镇江地区基岩风化层的认识可以从以下几个方面进行进一步研究：

A. 镇江地区基岩风化层分布的基本规律、平面分布、立体赋存的分区划分，绘制各风化层的深度等值线图；

B. 基岩风化层的划分方法、划分指标的量化研究；

C. 基岩风化层的物理力学性质指标的统计、分析研究；

D. 基岩风化层作为桩端持力层的参数具体量化研究；

E. 基岩裸露区边坡的稳定性研究。

随着镇江地区岩土工程勘察工作的不断深入进行，研究程度的不断深入，对基岩风化层的认识也将不断提高，数据准确性的不断改进，将对城市建设提供更准确、更科学的支持。

参考文献：

- [1] 工程地质学（施斌，闫长虹）
- [2] 岩体力学（刘佑荣，唐辉明）
- [3] 建筑地基基础设计规范（GB 50007-2011）
- [4] 岩土工程勘察规范（GB 50021-2001）
- [5] 闪长岩强风化带做高层建筑天然地基的可行性研究（尚敏，王清，樊斛传）