

# 含砂姜黏土层的特殊性及其工程应用分析

朱永飞

中铁上海设计院集团有限公司徐州设计院

**摘要:** 徐州地区冲积平原区广泛分布有含砂姜黏土层, 由于之前徐州地区基坑工程普遍深度较浅, 该层砂姜含量在工程勘察中常被忽视, 根据室内渗透试验定义该层为弱透水层或不透水层, 对工程施工影响较小。随着徐州地铁工程的建设推进, 发现该土层局部富含承压水, 给地下工程建设带来一系列问题, 造成一些含砂姜黏土层导致的基坑涌水。在后续徐州地区轨道交通岩土工程勘察工作中综合采用钻探全取芯、室内土工渗透试验和现场抽水试验等方法的综合分析, 发现该层普遍具有中等透水性, 为承压含水层。同时根据不同区域含砂姜黏土层的埋深、厚度、水位地质特征, 对不同工程的地基基础方案选择、地铁深基坑支护设计有重要意义。

**关键词:** 含砂姜黏土; 渗透性; 地基基础; 基坑工程; 地铁设计

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.037

## 引言

徐州市区位于鲁南山区向黄淮海平原过渡, 整体以冲洪积平原地貌单元为主, 局部为丘陵山区, 岩层多为石灰岩或白云质灰岩, 山体坡度较缓, 高度约100米。冲洪积平原是黄淮平原的一部分, 其中黄河故道两侧河漫滩地势较高, 地面标高35~44米, 其余地势较平坦开阔, 地面标高约30~35米。根据地面形态、成因特征, 主要有丘陵(残丘)和堆积平原两类<sup>[1]</sup>。

含砂姜黏土为堆积平原普遍分布的第四系上更新统(Q<sub>3</sub>)老黏土地层, 是一种徐州地区冲洪积平原广泛分布的特殊土, 与一般黏性土不同, 一般具有一定的结构性、非均一性, 第四系上更新统地层中把该层砂姜黏土作为标志层。通常认为砂姜黏土层主要的工程特征为黏土性质, 颗粒之间没有稳定的孔隙结构和渗流通道<sup>[2]</sup>。因此对该层含砂姜黏土层的渗透性和透水性等水文地质性质在勘察工作中没有进行重点关注。根据之前徐州地区工民建勘察资料, 徐州市区的含砂姜黏土层区域上普遍分布, 垂向上分布变化较大, 埋深较深, 一般十几米以下。徐州城北贾汪区局部埋深较浅, 颜色为黄褐色~褐黄色, 塑性状态为硬塑, 砂姜大小0.5~10cm, 0.5~5.0cm居多, 砂姜(钙质结核)含量10%~50%, 大部分单粒状分布, 局部富集呈块状或窝状, 呈窝状砂姜层赋存少量孔隙水<sup>[3]</sup>。因此, 一直以来徐州工程勘察期间认为其不含水或少量含水, 与地下水水力联系较弱, 根据室内渗透试验定为弱透水层或不透水层, 视为隔水层。特别是徐州地区以前基坑工程普遍深度较浅, 对该

层含砂姜黏土层水文地质特征要求小, 工程建设中需要降水的深基坑较少, 该层砂姜含量在工程勘察中常被忽视, 对工程施工影响较小。依据经验认为基坑开挖时集水明排疏干黏土层静贮量水不存在困难, 故土的渗透系数基本上采用室内渗透试验方法确定。

自从徐州地区轨道交通工程勘察开展以来, 由于地铁基坑深度较大, 砂姜粒径大小和颗粒含量对于该层含砂姜黏土的工程性质和渗透性影响较大<sup>[4]</sup>。将该层简单的当作黏土层考虑产生了基坑突涌水等工程问题。

在地铁勘察中综合采用钻机全取芯钻进、室内土工颗粒分析及现场抽水试验等多种方法, 对比室内土工渗透试验得出的数据与现场抽水试验渗透系数的对比分析, 采用与该层含砂姜黏土层较吻合的水文参数范围。通过对该层含砂姜黏土层认识更加全面, 对徐州地区含砂姜黏土的工程勘察和不同工程的设计施工具有重要指导意义。

## 一、含砂姜黏土层成因及分布特征

在第四系老黏土中, 所含砂姜即为CaCO<sub>3</sub>结核, 由于形状似姜, 外业钻探描述为砂姜。其形成机制经研究一般认为主要由于地下水中溶解的Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>在土层沉积后, 由于土层中环境条件的改变, 形成难溶于水的CaCO<sub>3</sub>颗粒<sup>[3]</sup>。

后期由于区域地质构造运动抬升, 多次的升降运动或地下水的升降变化, 造成CaCO<sub>3</sub>结核的二次富集, 形成层状结核层, 对于黏土的性状及性质产生很大的影响, 导致力学性质显著提高<sup>[3]</sup>。

含砂姜黏土中砂姜总体呈层状分布, 垂向分布不均, 其顶部一般分布有灰绿色的黏土, 可塑~硬塑状态, 不含或含极少量的细粒砂姜颗粒, 该层向下砂姜含量增多, 有时出现砂姜富集层, 颜色变为褐黄色~黄褐色。

## 二、含砂姜黏土层的渗透性的特殊性

徐州地铁2号线二环北路站底板埋深约19.0m, 标高为18.36-19.46m, 距西侧九龙湖最近约26m。明挖施工, 地下连续墙支护。勘察工作中左德祥<sup>[3]</sup>对地层中含砂姜黏土的相关研究表明, 含砂姜黏土具有良好的透水性, 砂姜含量对黏土的性质影响较大。根据徐州地铁2号线二环北路站勘察资料, 砂姜总体呈层状分布, 垂向分布不均, 渗透性较差, 水平渗透性较好, 若是存在水平方向地下水补给, 涌水量较大, 没有水源补给是含水量较小。由室内渗透试验及砂姜含量测试成果, 局部砂姜含量较大, 渗透系数的数量级别可达到1×10<sup>-5</sup>cm/s, 与一般不含砂姜黏性土相比大2~3个数量级。砂姜



数据,分析曲线汇总成果,单桩竖向抗压极限承载力4100kN,满足设计要求。

#### 四、含砂姜黏土层对基坑工程的影响

##### (一) 工民建浅基坑工程中的处理

拟建湖尚城住宅楼小区项目地下室,基坑工程涉及上部黏土层均为弱透水层,但③层含砂姜黏土,孔隙率高,连通性好,渗透性强,在丰水季节为良好的含水层和透水层,水量大,场地内稳定水位标高27.30~28.46m,平均27.91,勘察期间测得贾汪小南湖湖水水面标高为27.76m,与距场地南侧约100m的贾汪小南湖水力联系紧密。拟建场地内无重要建筑物,距东侧206国道最近约32m,距贾柳线最近约15m,场地较开阔。本场地±0.00室内地面标高为30.30m,室外地面设计标高为30.00m,场地内地面标高27.80~30.24m,平均29.10m,基坑开挖深度1.5~4.5m,根据本工程基坑的位置、开挖深度、面积、基坑周边土层的工程性质、基坑周边环境确定本工程基坑侧壁安全等级为三级。基坑开挖深度范围涉及的土层为杂填土、黏土及含砂姜黏土。本场地周边环境开阔,基坑周侧及基底以工程性质较好的黏土为主,基坑开挖采取放坡+坡面挂网喷浆方式。降水采用集水井+明沟排水,基坑内辅以管井降水。主要降低含砂姜黏土地下水,将地下水位降至基底0.5m以下。为防止降雨和暴雨对基坑安全的影响,基坑底面及坡顶四周设临时排水沟。经过施工验槽,邻近小南湖的基坑南侧局部渗漏水,明沟排水后效果较好。

##### (二) 地铁深基坑工程的施工设计

徐州市区含砂姜黏土层广泛分布,工程经验表明局部区域具有透水性,为承压含水层。根据勘察揭示的不同区域含砂姜黏土砂姜大小和含量、渗透性、厚度、顶底埋深,结合徐州市区地铁深基坑底板埋深,针对不同的情况,采取不同的支护方式和降水设计,能有效处理该层承压水,提高基坑抗突涌稳定性。

1. 风险最小的一种情况为含砂姜黏土层位于基坑基底以上。一般含砂姜黏土层厚度不大,该区域采用常规勘察方法进行勘察即可。含砂姜黏土层全部位于基坑开挖面以上,且地下连续墙能够隔断该层,含砂姜黏土层无突涌危险。采用地下连续墙支护,由于地连墙较好的隔水性,坑外的地下水对基坑基本影响很小,可采取坑内管井降水和集水明排疏干降水,施工风险较小。

2. 其次为构筑物的底部位于含砂姜黏土层范围内,一般砂姜黏土层埋深较大,且厚度较大。该区域勘察时宜增加现场原位测试,查明层位分布及特征,对砂姜黏土层进行抽水试验确定渗透系数等水文地质参数。这类深基坑的止水帷幕、围护桩或地连墙等结构深度有时无法做到该层底部穿透砂姜黏土层。必须采取措施降低含砂姜黏土的承压水头。基坑开挖过程中突涌、渗流,对基坑的稳定性造成较大风险。基坑开挖时,应采取减压及降水综合处理措施。并根据施工阶段进行第三方动态监测,特别是周边环境复杂时严格进行周边建筑物和地

面沉降监测,确保基坑稳定。

3. 另外一种情况是含砂姜黏土层完全位于地铁车站构筑物以下。该区域勘察时应重点确定含砂姜黏土层顶埋深,根据现场抽水试验确定承压水头等水文地质参数。这类深基坑的止水帷幕、围护桩或地连墙等围护结构深度一般也无法做到该层底部穿透砂姜黏土层。基坑发生突涌的风险大小与基坑开挖深度有关。一般坑内应布置减压降水井,并对地下水位进行连续监测,基坑开挖完成后应封闭降水井,避免后期水位上升,破坏底板结构。

##### (三) 地铁区间的施工设计

徐州地铁1号线岩土工程勘察时根据以往经验认为含砂姜黏土为弱透水~不透水层,按照地铁施工设计经验采用土压平衡盾构机,产生喷涌和区间地面沉降问题。后期地铁勘察过程中,通过对含砂姜黏土层的现场抽水试验,作为富含承压水地层,在设备选型时选用泥水平衡盾构,避免出现喷涌现象。相比较而言,泥水平衡盾构更适用于土层稳定性较差的土层和高水压环境,在沉降控制方面优于土压平衡水盾构,但施工占地面积较大。

#### 五、结论

(1) 徐州地区含砂姜黏土层广泛分布,以往仅将其作为一般黏土层,根据室内土工试验定义为弱透水层或不透水层不合适。在工程勘察时应详细描述砂姜含量和大小、垂向分布规律,结合现场抽水试验等方法确定的渗透系数范围作为设计依据较合理。

(2) 含砂姜黏土工程性质较好,在工民建设计施工时,可作为天然地基良好的持力层,在桩基方案中可作为预制桩桩端持力层。

(3) 在地铁深基坑等工程设计中应根据不同区域勘察揭示的砂姜大小和含量、渗透性、厚度、顶底埋深,结合深基坑构筑物埋深,采取不同的支护方式和降水设计,提高基坑稳定性,进行综合风险分析评价。

#### 参考文献

- [1]周献富.徐州含砂姜黏土形成机制及其富水性讨论[J].山西建筑,2021,47(04):67-69.
  - [2]耿培刚,朱明勇,郑亮亮.徐州轨道交通含砂姜黏土层基坑水处置措施研究[J].勘察科学技术,2019,02:40-43.
  - [3]左德祥.含砂姜黏土赋水性及其对地铁施工的影响[J].工程勘察,2017,02:37-40.
  - [4]耿培刚,李志明,郭嫚.徐州地区含砂姜黏土层渗透特性研究[J].水利与建筑工程学报,2018,16(5):82-86.
  - [5]李燕杰.徐州地铁6号线含砂姜黏土层透水性、富水性评价[J].产业创新研究,2022,04:108-110.
- 作者简介:朱永飞(1988-),男,江苏徐州人,工程师,硕士,主要从事岩土工程勘察设计工作。