

复杂地质条件下市政桥梁勘察方法探究与实践

文 / 王 芳 湖南省轻纺设计院有限公司

申 龙 湖南省轻纺设计院有限公司

摘要：本文以长沙某通道建设市政桥梁勘察为例，系统阐述了复杂地质条件下市政桥梁岩土工程勘察方法。通过对场地环境、工程地质条件、岩土工程特性等进行多种方法，系统性综合分析研究，解决了复杂地质条件下市政桥梁勘察工作难题，通过综合勘察方法手段，提出合理的参数及措施，节约了投资。本文采用的勘察方法可为类似复杂条件下城市基础设施建设工程勘察工作提供借鉴和参考。

关键词：复杂地质条件；市政桥梁；工程勘察方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.060

引言

随着我国城市建设的快速发展，城市道路桥梁也大规模发展。与此同时，建设过程中所面临的条件也越来越复杂。复杂的地质条件、复杂的环境条件，给项目前期勘察工作提出了更高的要求，带来了新的挑战。在工程建设前，如何获得详实的地质勘察成果，为项目提供准确的地质情况资料已成为项目建设的关键。

一、工程概况

长沙某通道建设工程临河桥梁位于芙蓉区圭塘河与浏阳河交汇口，处于荷晏路（荷花路）与人民东路之间，为一条城市次干道重要桥梁。拟建工程以桩位 K0+670 起桥，跨浏阳河大道、圭塘河、圭塘路（清河双水湾小区进出川河路道路），于 K1+160 处落地，与支四十二路 T 型交叉，

终点位于人民路分离式立交处南侧，与人民路桥下支路 T 型交叉，主线全长 741.0m。北岸为保持现状浏阳河大道道路通畅，设置辅道 A 线下穿本桥梁北岸引桥，前后与现状浏阳河大道接顺，辅道 A 线全长 264.433m。南岸为满足双水湾小区进口需求及现状支路通畅，设置辅道 B 线下穿本桥梁南岸引桥，辅道 B 线全长 259.133m。

二、工程地质概况

通过前期踏勘，场地内分布的地层主要有① 1 杂填土、① 2 压实填土、① 3 耕植土、② 淤泥质粘土、③ 1 粉质粘土、③ 2 粉质粘土、④ 1 粉土、④ 2 粉砂、⑤ 粉质粘土、⑥ 1 粗砂、⑥ 2 圆砾、⑦ 粉质粘土、⑧ 强风化粉砂质泥岩、⑨ 中风化粉砂质泥岩。典型的工程地质剖面图如图 2.1。

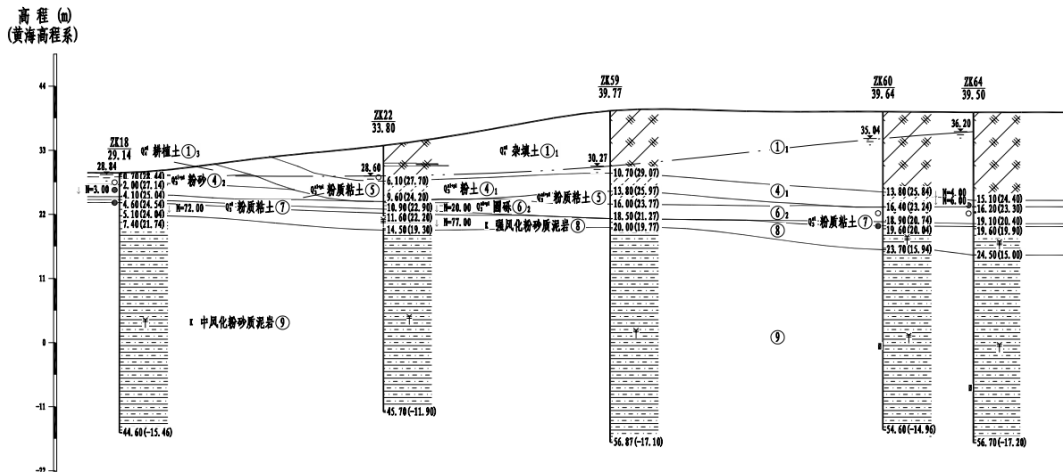


图 1 典型工程地质剖面图

三、选用的勘察方法

拟建场地位于主城区繁华地段，交通繁忙、车辆及人流量极大，周边建（构）筑物分布密集，跨现状浏阳河大道、圭塘河、圭塘路（清河双水湾小区进出川河路道路），周边下埋多条电力、下水、给水、路灯及电信等密集地下管线，场地环境条件较为复杂。

本项目通过分析场地周边环境条件、工程地质条件确定勘察方法有：工程地质测绘，工程地质钻探，原位测试，水文地质测试，室内试验等。

（一）工程地质测绘

拟建场地地质条件软复杂，采用地质、工程地质理

论对与工程建设相关的各种地质现象进行详细观察和描述，并按照精度要求将他们如实地反映在一定比例尺的地形图上。项目开工前，通过搜集区域地质资料、遥感资料、气象资料、水文资料、水文地质资料、地震资料、地球物理勘探和矿藏资料、工程地质勘察资料、建筑经验等，在搜集资料的基础上进行工程地质测绘。

通过对资料的整理、分析、研究，区域内地势起伏较大，地貌类型多样，地表水系发育。地震上属弱震少震区，本地区无全新活动断裂通过，区域上相对稳定。根据区域地质资料（1:5 万榔梨幅区域地质图），褶皱不发育，断层不发育，岩层面较稳定、产状较平缓，

勘察场地及其附近未见有影响场地稳定性的构造。

(二) 工程地质钻探

本次勘察的钻孔布置根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009年版)来进行,全场地采用冲击和回转跟管钻进,土层在水位以上用冲击钻进,采用圆筒形钻头的刃口借钻具冲击力切削土层钻进,采集岩土样本或获取流体数据;回转钻进是利用钻具使钻头的切削刃或研磨材料研磨岩土使之破碎,钻进时采用泥浆护壁。在钻探的过程中用薄壁取土器取原状样,扰动土样采用岩土芯样,岩石试样利用钻探取芯制作。

土层名称	统计个数	实测击数平均值	标准差	变异系数
① ₃ 耕植土	6	7.00	1.79	0.26
② 淤泥质粘土	3	2.67	0.58	0.22
③ ₁ 粉质粘土	12	10.83	1.47	0.14
③ ₂ 粉质粘土	20	19.10	2.02	0.11
④ ₁ 粉土	9	5.67	1.00	0.18
④ ₂ 粉砂	20	7.60	1.19	0.16
⑤ 粉质粘土	6	2.40	0.55	0.23
⑥ ₁ 粗砂	6	14.33	1.97	0.14
⑦ 粉质粘土	20	21.25	1.97	0.09
⑧ 强风化粉砂质泥岩	22	73.73	3.91	0.05

再根据平均击数查表初步判定地基承载力特征值 f_{ak} (kPa)。

2. 重型圆锥动力触探

现场对①₁ 杂填土、①₂ 压实填土、⑥₂ 圆砾进行了重型圆锥动力触探,重型圆锥动力触探(DPT)是以质量63.5kg的重锤,从76cm的高度自由下落,记录贯入土层10cm所需的锤击数 $N_{63.5}$ 。

土层名称	统计个数	修正击数平均值	标准差	变异系数
① ₁ 杂填土	160	3.86	0.87	0.23
① ₂ 压实填土	75	8.23	1.52	0.19
⑥ ₂ 圆砾	120	6.28	0.87	0.14

再根据修正后的平均击数查表初步判定地基承载力特征值 f_{ak} (kPa)。

(四) 剪切波速测试

根据现场实际选取代表性六个钻孔进行剪切波速测试工作。测试时横向敲击井口一定距离压有重物的木板两端,使其激振产生正反两方向横波,激振波向下传播,达到井中一定深度的检波器,并传到仪器保存。仪器记录整个过程并计算出深度位置波速值。

经剪切波分析软件处理计算,场地内六个钻孔覆盖层等效剪切波速分别为233.55(m/s)、160.99(m/s)、152.43(m/s)、151.35(m/s)、227.47(m/s)、171.89(m/s),按《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)、《中国地震烈度区划图》(GB18306-2001)中有关标准判定,本场地的场地土类型为中软土,场地建筑的场地类别为II类,场地地震动峰值加速度为0.05g。

(五) 水文地质试验

在项目钻探过程中选取了部分地层钻孔进行了注水试验,通过试验结果,判定拟建场地岩体渗透等级。

注水试验综合成果表

指标 地层	渗透系数 K (cm/s)		
	统计个数	范围值	算术平均值
粉质粘土③ ₁	6	$6.05 \times 10^{-6} \sim 7.17 \times 10^{-6}$	6.60×10^{-6}
粉质粘土③ ₂	6	$2.97 \times 10^{-6} \sim 3.65 \times 10^{-6}$	3.38×10^{-6}

(三) 原位测试

原位测试是指在自然状态下,对岩石或土层进行的一系列现场测试,如标准贯入试验、圆锥动力触探试验等,这些测试方法能够相互补充,为岩土工程师提供更加全面和精准岩土参数。

1. 标准贯入试验

标准贯入试验(SPT)是用质量为63.5kg的重锤,以76cm落距自由下落,将是标准规格的贯入器打入地层,自钻孔底部预打15cm,记录再打入30cm的锤击数。试验结果汇总表下:

锤击数 $N_{63.5}$ 按下式进行修正:

$$N_{63.5} = \alpha_1 \cdot N'_{63.5}$$

式中: $N_{63.5}$ —修正后的锤击数; $N'_{63.5}$ —实测的锤击数; α_1 —修正系数

修正结果统计如下表:

该场地地下水为潜水,场地内杂填土①₁、耕植土①₃、粉土④₁、粉砂④₂、粗砂⑥₁、圆砾⑥₂层为强透水性地层,采用常水头注水试验,试验段位于地下水位以下,孔内下部分套管,试验段下花管,孔壁与孔底进水。

通过试验推算:

(1) 渗透系数:

$$k = \frac{Q}{FH}$$

K- 试验土层的渗透系数 (cm/min); Q- 注入流量 (cm³/min); H- 试验水头 (cm);

F- 形状系数 (cm);

(2) 形状系数:

$$F = \frac{2\pi l}{\ln \frac{ml}{r}}$$

式中: $m = \sqrt{k_h/k_v}$; 其中 k_h, k_v 分别为试验土层的水平、垂直渗透系数; K- 试验段或过滤器长度 (m); 试验结果汇总如下表。

粉土④ ₁	6	$3.21 \times 10^{-3} \sim 3.94 \times 10^{-3}$	3.58×10^{-3}
粉砂④ ₂	2	$4.13 \times 10^{-3} \sim 4.57 \times 10^{-3}$	4.35×10^{-3}
粉质粘土⑤	6	$5.48 \times 10^{-5} \sim 6.02 \times 10^{-5}$	5.71×10^{-5}
粗砂⑥ ₁	2	$2.05 \times 10^{-2} \sim 2.37 \times 10^{-2}$	2.21×10^{-2}
圆砾⑥ ₂	2	$8.27 \times 10^{-2} \sim 8.65 \times 10^{-2}$	8.46×10^{-2}
粉质粘土⑦	6	$0.95 \times 10^{-5} \sim 1.31 \times 10^{-5}$	1.15×10^{-5}

场地内杂填土①₁、耕植土①₃、粉土④₁、粉砂④₂、粗砂⑥₁、圆砾⑥₂层为强透水性地层，压实填土①₂、淤泥质粘土②、粉质粘土⑤为弱透水性地层，其余各地层均为微~极微透水性地层。

(六) 岩、土、水测试

现场采取了土样、岩样进行室内土工试验，界限含水量采用圆锥仪法和搓条法，抗剪强度指标采用直接快剪法，岩石进行天然状态抗压强度试验；并采取地下水及地表水进行水质分析试验。

岩土性质的室内试验严格按《土工试验方法标准》(GB/T50123-2019)及《工程岩体试验方法标准》(GB/T50266-2013)相关规定执行。室内试验项目结合工程性质、基础类型、地基土性质及均匀性、降水设计等，具体试验项目如下：

1. 土的试验

常规物理性质试验：测定土的常规物理性质指标，确定土定名，评价土的工程物理性质。

压缩试验：测定地基土压缩系数和压缩模量，为地

基变形设计等提供参数。

剪切试验：通过直接快剪，测定黏聚力及内摩擦角，评价岩土力学强度，为基坑开挖稳定性计算及支护设计等提供岩土参数。直接快剪试验采用应变控制式直剪仪，主要由剪切盒、垂直加压设备、剪切传动装置、测力计、位移量测系统组成。

2. 岩石试验

测定岩石的单轴极限抗压强度试验(饱和)、密度、抗剪断试验等指标，评价岩石力学强度，为桩基设计、边坡设计等提供岩土参数。

3. 水质简分析

通过测定水样中 pH 值、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HC0₃⁻、CO₃²⁻、侵蚀性 CO₂、游离 CO₂、NH₄⁺、OH⁻、总矿化度等指标，评价地下水对混凝土、混凝土中的钢筋及钢结构的腐蚀性。

四、岩土参数建议

通过以上综合勘察技术手段，根据土工试验、现场原位测试成果结合现场观察及地区经验，各岩土层主要物理力学性质取值建议见下表。

各岩土层物理力学性质指标参数建议值表

岩土名称	承载力基本容许值 f _{a0} (kPa)	岩土重度 p (KN/m ³)	压缩模量 E _s (MPa)	内摩擦角 φ (°)	凝聚力 C (kPa)	桩的极限侧阻力标准值 q _{sik} (kPa)	极限端阻力标准值 q _{pk} (kPa)
① ₁ 杂填土	70	16.0	3.0	8	10	-20	/
① ₂ 压实填土	100	18.5	5.5	14	30	10	/
① ₃ 耕植土	70	18.5	3.5	8	10	-20	/
② 淤泥质粘土	80	15.0	2.0	8	10	-20	/
③ ₁ 粉质粘土	160	19.0	5.0	15	25	60	/
③ ₂ 粉质粘土	220	19.5	5.5	16	35	80	/
④ ₁ 粉土	120	18.5	4.5	8	7	25	/
④ ₂ 粉砂	120	19.0	15*	25	4	20	/
⑤ 粉质粘土	80	18.0	3.0	8	10	40	/
⑥ ₁ 粗砂	240	20.0	16*	28	/	60	/
⑥ ₂ 圆砾	300	20.5	20*	30	/	90	/
⑦ 粉质粘土	220	19.5	5.5	18	35	80	/
⑧ 强风化粉砂质泥岩	350	20.0	50*	/	/	140	2600
⑨ 中风化粉砂质泥岩	1100	21.0	60*	/	/	200	5200

注：采用上表岩土参数时，应按相关规范要求，对地基持力层进行检验；*表示变形模量。

五、工程地质条件评价

根据场地的工程地质条件分析，结合拟建桥梁的载荷情况、设计地坪标高和场地工程地质条件，拟建桥梁持力层埋藏较深，建议采用桩基础。

对拟建桥梁南北两岸引桥边坡根据规划设计拟采用悬臂式挡墙；对持力层埋藏深，以处理后的杂填土①₁层作为地基持力层；地基处理方法如夯实地基或挤密桩复合地基或预压地基等处理方式。

结语

项目通过运用综合勘察技术手段，查明了场地工程地

质及水文地质条件，结合岩土层的时代、成因、岩性、分布特征和物理力学性质进行了深入的分析，对勘察揭露的地层进行精细分层；通过综合各类原位测试工作手段的运用和成果的相互印证，为查明相关地层的力学指标提供充分的证据，为岩土参数建议值优化，提供了可靠依据和支撑。

参考文献

[1] 工程地质手册. 中国建筑工业出版社.
 [2] 《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009年版).
 [3] 赵硕, 余永康. 复杂地质条件下城市隧道工程勘察方法及综合应用 [J]. 科学技术创新, 2023, (11): 155-158.