

# “填石层”对施工的影响分析及勘察要点

李新元

(深圳市工勘岩土集团有限公司,广东深圳 518063)

**【摘要】** 填石属于填土层中的“特殊分子”,对建设项目的投资、设计、施工均存在较大影响。充分理解其存在的“危害性”,经济、合理、针对性的设计和施工措施,能达到避免设计变更、节约工期、控制成本的效果。勘察是最重要的基础性工作,资料的准确与否可直接导致不同的结果。通过实际工程经验分析了填石层对工程施工的具体影响,明确了勘察工作除应满足相关规范要求外,还应明确关注的重点和采用的措施,对勘察、设计、施工有一定的借鉴。

**【关键词】** 填石;施工影响;勘察要点

**【中图分类号】** TU441

**【文献标识码】** B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2019.02.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Influence Analysis of “Rockfill Layer” on Construction and Main Points of Engineering Investigation

Li Xinyuan

(Shenzhen Geokey Group Co., Ltd., Shenzhen 518063, Guangzhou, China)

**【Abstract】** Rockfill belongs to the “special molecule” of the soil-filling, it has a great influence on investment, design and construction of engineers projects. Fully understanding the “harmfulness”, economic, reasonable and targeted design and construction measures can achieve the effect of avoiding design change, saving time and controlling cost. Engineering investigation is the most important basic work, whether the data is accurate or not, It can directly lead to different results. Through the practical engineering experience, this paper analyzes the influence of the rockfill layer on the construction of the project, and clarifies that the engineering investigation work should not only meet the requirements of the relevant standards, but also should pay attention to the key points and adopt measures, which can be reference in engineering investigation, design and construction.

**【Key words】** rockfill; engineering investigation; main points of engineering investigation

### 0 “填石层”的概念

填土层在很多建筑场地中的普遍存在,厚度不一,从几十公分到数米深度最为常见,一些特殊场地填土层深达十几米甚至数十米。回填物的成分多样,有黏性土、砂土、风化岩等一种或几种组合;也有建筑、生活垃圾、泥浆、淤泥、甚至工业废渣、污染土等特殊土类杂乱混填形成。因填土层带来的工程问题不甚枚举,其中的填石成分又属于填土中的“特殊分子”,对工程的影响巨大。

顾名思义,填石就是人工后期回填的以“岩石”或“石头”为主要成分的回填物。根据《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)等现行规范

的规定,填土属于特殊性土大类,分素填土、杂填土、冲填土及压实填土四个亚类<sup>[1]</sup>,而没有“填石”这一单独的亚类。那么“填石”又属于填土大类中的那一亚类呢?按四个亚类各自的定义,除回填石方路基及少数经压实的特殊场地外,其绝大多数应属于“素填土”亚类(素填土定义为:由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成,不含杂物或含杂物很少)。勘察报告中如将填石定名为素填土,是符合现行的相关规范。但在很多的勘察中因此定名带来居多麻烦。因为非岩土专业、不了解岩土定名亦或没有仔细地分析勘察报告的招投标方、施工方、设计方多对填石成分的素填土常做如下理解:“素”有

**作者简介:**李新元,男,1981年生,汉族,大学本科,高级工程师,从事岩土工程勘察、设计技术工作。

E-mail:459981804@qq.com

“纯”“单一”地意思,且定名中含“土”这一关键字样,就理解为回填物为质地均匀、成分较单一的黏性土,和实际大相径庭,结果可想而知。

### 1 填石层对工程施工的影响

填石层的厚度、成分、范围、密实度对工程施工均会造成不同的影响。如深圳盐田港码头大范围回填10~35 m厚度不等的中、微风化花岗岩、凝灰岩石方;又如福建宁德核电生活区场地,由海边台地挖方形成各级风化程度的渣土(石)回填,成分混杂,最大厚度达50多米。这些场地基础施工困难大、耗时长、成本大、工艺要求高、质量控制难。

#### 1.1 对基础施工的影响

因填石层多由中、微风化硬质岩石回填,其具有质地坚硬、难以破损或挤开的特性,对基础施工会造成如下居多不良影响。

1)偏桩、断桩或桩头破损:深圳前海某项目10#地块,平面范围内填石层分布无规律,厚度0.5~3.5 m不等,直径0.2~2.5 m不等,个别直径达5 m以上<sup>①</sup>;设计选用 $\phi 600$ 预应力管桩基础,结果是偏桩、断桩及桩头破损率共计达到10%以上,最后采取了较大范围的引桩、补桩措施。根据深圳地区多个预应力管桩工地经验总结,如填石层厚度达0.8~1.0 m以上,最大直径达1.0~1.2 D(D为桩径)以上,则易造成沉桩困难,建议采用引桩措施或选用其它桩型。

2)无法穿越:钻孔灌注桩、搅拌桩、长臂螺旋桩在填石地区适用均受限,类似桩型均靠钻头旋转的磨损填石达到穿越成孔,当填石硬度达较硬岩以上级别,合金钻头根本无法磨损填石层,出现无法施工的事故。偶有钻穿成孔,也极易出现垂直度不能满足规范要求的质量事故,故慎用。

3)垮孔:填石层多属无规律的堆架结构,空隙大,充填不完全,密实度不一,穿越填石层后,受施工震动、扰动影响,垮塌下掉的岩块堆积于旋转钻头上或钻头与孔壁间,卡死钻头,导致无法旋转和钻进。

4)破坏钻头:旋挖钻机目前在市场上应用较广,功率较大的旋挖钻机(型号一般选择360以上)可以克服厚度约2 m以内的填石层,但无论是采用筒钻或锥钻,遇填石层则易导致镶嵌于钻头上的“合金牙”损耗过大或掉落,导致成本过大;根据类似场地

经验比较,旋挖填石比旋挖稳定中、微风化岩石成本还要高,是旋挖普通黏性土层的10倍以上的成本。

总之,填石母岩成分达中硬以上、厚度大于1 m、最大块径大于0.8 m以上的填石层,应慎用预应力管桩、沉管灌注桩,不宜采用钻孔灌注桩、长臂螺旋桩等,可选用冲孔灌注桩;当采用旋挖桩时,不可野蛮施工,避免经济成本过大,可合理调配设备和安排场地,选用冲孔设备或潜孔钻设备引穿填石层再旋挖,以达到经济、高效的目的。

#### 1.2 对土方开挖影响

土方和石方的开挖难度、方法不尽相同,故价格差异较大。根据实际经验,按《土壤及岩石(普氏)分类表》土方一般多划分为Ⅱ类土壤,少数为Ⅲ类土壤;而填石层一般分为Ⅳ类土壤或Ⅴ类松石、Ⅵ类次坚石<sup>[2]</sup>;价格差异一倍到数倍不等。同时在挖方设备配置、人员安排、工期计划、弃土场地选择等方面均应不同,否则将导致设计变更、现场停工、工期延误、造价异常增加等不利于工程顺利开展的情况发生。

#### 1.3 对基坑支护设计影响

填石层对很多基坑支护除涉及前面所述桩基施工、土方开挖等影响外,还可能涉及截水帷幕的类型、稳定性计算等问题。一般填石层的空隙均较大,为地下水径流的良好通道,多属强透水地层;雨季地表水通过填石层可以快速、大量地渗透进入基坑内,同时携带黏性土、砂土等细颗粒的流失,严重者可导致基坑侧壁局部坍塌的风险。如深圳某房地产沙井项目,设置两层地下室,基坑侧壁局部地段含填石层<sup>②</sup>,设计采用适度放坡加复合土钉墙支护措施,未采取截水措施。支护方案较经济,并经专家评审和第三方审图机构通过。6月份基坑挖至坑底并及时浇筑底板,时值雨季,大雨当天就发现基坑侧壁渗水严重,并伴有流泥、流砂,第二天在南侧基坑局部发生长20米余、宽约4.5 m、高约5 m垮塌范围,方量约500余,同时导致红线外道路开裂。经专家分析,其垮塌原因正是由于局部存在填石层,短时间地表水下渗、冲刷、携带泥砂和浸润等多重作用导致事故发生。此事故造成工期延误35天、经济损失近100万元。

填石层中截水帷幕的方式选择也是设计考虑的重点因素,很多基坑设计采用搅拌桩帷幕进行截水,

①深圳市工勘岩土集团有限公司. 深圳地铁前海上盖物业10、11号地铁岩土工程勘察报告[R]. 2008.

②深圳市工勘岩土集团有限公司. 深圳沙井翡逸郡岩土工程勘察报告[R]. 2009.

施工过程中遇填石层导致无法施工,导致方案变更、工期和造价均增加;在填石分布区采取高压双管或三管旋喷帷幕截水效果较好,后期开挖过程中即使发现局部效果不达预期可进行补喷工作;当然采用咬合桩或地下连续墙效果更好,但造价高昂,不经济,当考虑双墙合一时亦是可以考虑。

另外,填石层的物理力学指标具备  $c$  小(甚至  $c=0$ )、 $\varphi$  大的特点,而土质填料具备  $c$  小(少量  $c$  值偏大)、 $\varphi$  小的特点,恰好相反,设计往往统一选用相同的指标计算土压力,如填土范围、厚度均较小亦可为之,否则就不合理。

## 2 勘察重点及措施

填石层对施工的不利影响可见一斑,轻则造价增加,重则导致质量安全事故。如何有效地解决这个问题?重点是要对场地内的填石层认识充分、调查准确、设计合理、措施可行;而勘察工作又是最重要的基础性工作。

现行《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)中对填土层的勘察有明确的要求,总结分两方面:其一是搜集资料,包括调查地形和地物的变迁、填土的来源、堆积年限和堆积方式等;其二为实物调查,包括填土层的分布、厚度、物质成分、颗粒级配、均匀性、密实性、压缩性和湿陷性以及建筑材料的腐蚀性。

填石属于填土层中的一部分,其分布范围、厚度、来源、性状、力学性能均同“包裹”其外围的填土层有明显的不同之处,按照规范对填土的要求开展工作,不足以满足设计和施工的要求,还应加强如下重点工作。

### 2.1 收集资料与实物调查并重

受钻孔间距的影响,孔间原地面起伏和准确的填土范围难以通过钻孔资料查明。尤其经过多期回填的场地,填土性状、成分可能都不相同。通过钻探芯样结合各个时间段的地形图、调查其填土的来源可以准确地推断填土成分、堆积方式等问题。深圳上水径采石矿区回填后建筑场地就是典型的代表,矿区范围地形复杂,预留的覆盖层厚度差异大,无任何规律可循。其填土最大厚度达70多米,详勘钻孔间距介于20~30 m不等,通过收集回填前的地形图查明了,矿区放坡开采预留的马道和车道位置,同时准确查明了填土范围;通过回填物质来源,查明了上部填土层成分为黏性土,下部堆填了厚度1.5~5.4 m不等的松散状中、微风化粗粒花岗岩渣石(为采矿弃渣)。有效地指导了设计桩长,准确地判定了

桩基稳定持力层,经抽芯检测桩基持力层完全合格。根据经验,原始地貌由冲沟、斜坡、坡前洪积扇、陡坎等多种微地貌单元组合的回填场地,资料收集工作往往比钻探更重要。

### 2.2 了解场地规划和回填历史

此方面貌似“社会因素”,看似和填石的调查无关,实则不然;尤其位于城区规划范围内的堆填建筑场地,在堆填伊始一般均有堆填限量要求、堆填年限、最大堆填厚度、堆填物质成分的要求、不同堆填物片区的划分、堆填物是否有分层碾压要求等设计或规划。如深圳前海片区,基本由填海造陆而成,现规划为举世瞩目的“特区中的特区”既深圳前海自贸区;约2009年以前,多属二线关沿线场地,规划不甚明确。此时,城市建设余泥渣土在此范围内无序堆填,成分复杂,建筑垃圾、淤泥、泥浆、填石、黏性土、砂土等均存在,也不存在按成分分区的堆填、分层处理的要求。但2009年以后,该区域有了明确的填海规划,对堆填成分、堆填方式、堆填厚度、堆填速度等均有了明确的要求,做到有序堆填。故在该区域进行勘察工作,如不了解场地的规划和堆填历史,仅凭有限的钻孔揭露,不足以查明无序堆填区域填石、建筑垃圾等硬物的实际情况,经常导致后期设计变更。

### 2.3 开挖、工程物探等多种手段并用

填土层中填石的含量、块径范围、厚度、分布范围、密实程度、风化程度(硬度)、充填物是填石层最重要的几个参数。目前常用的钻探手段基本可以查明填石母岩的风化程度,对其它几方面往往揭露失真,故应采用多种勘探手段综合调查。利用挖机开挖5 m或人工开挖2 m深范围内的探坑,通过辨析开挖物成分组成和探坑侧壁稳定情况,可准确地反映其块径范围、厚度、母岩风化程度和充填物等;通过工程物探手段(探地雷达、高密度电法)可较准确地查明填石层的分布范围、厚度等重要参数,弥补钻孔揭露不足的情况。

### 2.4 注重现场试验

填石层属碎石土类,且多属散体材料,常规取样困难甚至无法取样,调查其物理性状唯有进行现场试验工作。可通过重型(或超重型)动力触探试验调查其密实性,如在试验过程中遇块径较大的填石阻止下探,可中断试验,利用金刚石钻头钻穿该石块后继续试验,取得连续的试验数据,其试验数量应满足现行规范对数据统计的要求,试验数据的变异系数大于0.3,属正常现象。可通过大直径筛分试验查

(下转第96页)

真空预压加固吹填土地基的效果分析,上述直排式真空预压法达到地基处理要求,是一种高效的吹填土地基处理方法,可为类似工程提供经验。

#### 参 考 文 献

- [1] 朱超,张季超,刘晨.真空预压处理广州南沙区软土的加固深度探讨[J].岩土工程学报,2010(S2):422-425.
- [2] 赵维炳,陈永辉,龚友平.平面应变有限元分析中砂井的处理方法[J].水利学报,1998(6):53-57.
- [3] 夏玉斌,陈允进.直排式真空预压法加固软土地基的试验与研究[J].工程地质学报,2010(3):376-384.
- [4] 陈环.真空预压法机理研究十年[J].港口工程,1991(4):17-25.
- [5] 许胜,王媛.真空预压法加固软土地基理论研究现状及展望[J].岩土力学,2006(10):943-947.
- [6] 潘林有,谢新宇,用曲线拟合的方法预测软土地基沉

降[J].岩土力学,2004(7):1053-1058.

- [7] 朱建才,温晓贵,龚晓南.真空排水预压加固软基中的孔隙水压力消散规律[J].水利学报,2004(8):123-128.
- [8] 张功新,莫海鸿,董志良,等.真空预压中真空度与孔隙水压力关系分析[J].岩土力学,2005,26(12):1949-1952.
- [9] 张功新,莫海鸿,董志良.孔隙水压力测试和分析中存在的问题及对策[J].岩石力学与工程学报,2006,25(s2):3535-3538.
- [10] 刘华强,周金山,陆明志.真空预压法在连云港潮间带软基加固工程中的应用[J].岩土工程技术,2011,25(3):158-161.
- [11] 中华人民共和国行业标准. JGJ 79—2012 建筑地基处理技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

收稿日期:2018-11-21

(上接第91页)

明其组分百分比,大直径筛分网一般在市场上无法统一购置,可自制。其密度试验可采用灌砂法或灌水法在现场完成。

#### 2.5 汲取地区经验

勘察最终是要为设计和施工服务,提供的成果资料除满足现行规范要求外,还应满足施工的可行性要求;填石层对基础施工、土方开挖、地基处理等施工均存在不同程度地影响;故了解地区常用桩型、土方开挖方法、地基处理手段、施工设备、行业习惯、行业认知等因素就尤为重要。如深圳地区,早期很多单位将填石层或包含于填土中的填石亚层(实际上是非层状分布)统一定名为“素填土”层,在报告文字“特殊性岩土”章节中有专门的内容叙述,同时在钻孔柱状图中有亦有专门描述,但很多工程在设计施工过程中还是疏忽填石的存在,导致设计变更和费用增加;现在,区域勘察单位利用“填石”或“素填土(填石)”这种醒目的名字命名,在勘察成果资料中并加以特别强调,在设计伊始就起到了提醒各参建单位的作用,后期施工阶段的“填石纠纷”明显减少,起到了良好的效果。

### 3 结论

填石属于特殊性岩土地层,对工程设计、施工、投资均存在不同程度地影响;为了确保项目的顺利开展,不因填石的存在影响项目正常进行,充分、准确的认知是前提和关键。勘察单位采用合理的勘察手段、针对性的措施,准确地查明填石层的物理特性、力学特性,提出合理、可行的意见和建议能够较大地帮助设计和施工;重视填石对工程建设不利影响的问题前置到勘察阶段,有利于针对性的设计、施工准备和投资预算,对项目顺利开展起到较大的推进作用。

#### 参 考 文 献

- [1] GB 50021—2001 岩土工程勘察规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] 张国栋,全国统一建筑工程基础定额应用手册[M].北京:中国建材工业出版社,2002.

收稿日期:2019-01-17