

长螺旋-复合锚杆在滇西冲洪积地层中的应用

余再西¹, 何小远², 李荣玉³

1. 云南建安昆宁工程设计咨询有限公司, 云南 昆明 650000

2. 建研地基基础工程有限责任公司, 云南 昆明 650000

3. 云南邦众岩土工程有限公司, 云南 昆明 650000

摘 要 : 复合锚杆是近年发展起来的一种新型复合结构, 其力学性能与防渗、防腐及抗裂效果介于普通抗浮锚杆与大直径抗拔桩之间, 具有施工条件成熟、造价低、平面布置灵活、污染小等突出优点。对基底为粉砂、圆砾等强透水层或含承压水的桩基工程是比较经济可行的施工工艺。本文结合滇西某工程的设计、施工过程, 介绍了复合锚杆施工方法, 并通过对比试验研究滇西冲洪积地层中复合锚杆的抗拔性能, 分析了复合锚杆与常规抗浮锚杆的优劣性, 为滇西地区此工艺的推广提供了参考和借鉴。

关 键 词 : 滇西冲洪积地层; 长螺旋-复合锚杆; 原位对比试验

Application of Long Helical-Composite Anchors in the Alluvial-Fluvial Deposits of Western Yunnan

Yu Zaixi¹, He Xiaoyuan², Li Rongyu³

1. Yunnan Jianan Kunming Engineering Design & Consulting Co., LTD. Kunming, Yunnan 650000

2. CABR Foundation Engineering CO., LTD. Kunming, Yunnan 650000

3. Yunnan Bangzhong Geotechnical Engineering Co., LTD. Kunming, Yunnan 650000

Abstract : Composite anchor is a kind of composite pile developed in recent years. Its mechanical properties and anti-seepage, anti-corrosion and anti cracking effects are between those of ordinary anti floating anchor and large diameter anti pulling pile. It has many outstanding advantages, such as mature construction conditions, low cost, flexible plane layout and less pollution. It is an economical and feasible construction technology for pile foundation engineering with strong permeable layer such as silt and round gravel or confined water. Combined with the design and construction process of an anti floating pile project, this paper introduces a new construction method of composite anchor, and analyzes the advantages and disadvantages of composite anchor and conventional anti floating anchor, as well as the test detection effect.

Keywords : alluvial-fluvial deposits of West Yunnan; long helical-composite anchors; in situ contrast test

前言

随着各类建筑工程地下室空间的有效利用与开发, 在地下水较为丰富的地区, 桩基工程中均会根据相关抗浮要求布设抗浮桩, 为上部建筑结构在地下水位较高时提供抗拔力, 保证结构稳定^[1]。常规抗拔桩为钢筋混凝土灌注桩或普通抗浮锚杆(索), 钢筋混凝土灌注桩单桩抗拔力较高, 但桩身的钢筋杆体受力过程中, 容易出现桩身混凝土变形开裂、地下水侵蚀钢筋等情况, 普通抗浮锚杆(索)单桩抗拔力较小且在使用过程中, 容易出现锚杆注浆体侧壁渗水、钢绞线与注浆体间渗水等情况, 导致后期处理桩身的抗裂、防渗、防腐措施及费用较高。

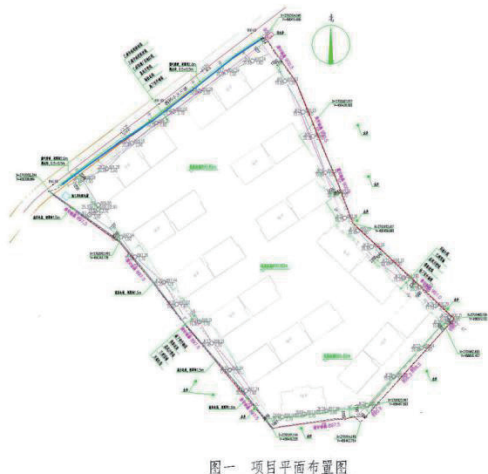
复合锚杆是将两者有效结合, 克服上述常规抗拔桩存在的隐患与缺陷, 是一种新研发的抗拔承载力高、杆体强度可充分发挥、防腐性能好、防渗效果佳的新型抗拔构件^[2]。目前国内复合锚杆主要施工方法是采用长螺旋钻孔成孔, 施工顺序是长螺旋钻孔素砼灌注桩+后插无缝钢管+管内灌注水泥(砂)浆+管内置入预制锚杆(索)。首先由长螺旋钻机在设计桩位钻进成孔至设计深度后跟进灌注细石砼成桩^[3], 随后使用平板振捣器套住已封底的无缝钢管居中、垂直插入砼桩身内至桩底标高, 施工队伍跟进向管内灌满水泥(砂)浆, 同时跟进放入预制锚杆(索), 后期待水泥(砂)浆液面初凝下沉后, 及时跟进补浆。

本文结合滇西某工程的设计、施工过程, 介绍了复合锚杆施工方法, 并通过对比试验研究滇西冲洪积地层中复合锚杆的抗拔性能, 分析了复合锚杆与常规抗浮锚杆的优劣性, 为滇西地区此工艺的推广提供了参考和借鉴。

一、抗拔桩设计方案简介

(一) 项目简介

项目拟建11栋多层住宅，地上6层，整体设一层地下室，设计使用年限为50年，抗浮构件（抗浮锚杆）及设施的耐久性年限为不少于50年，建筑抗浮工程设计等级为乙级，抗浮设防水位绝对高程为：897.395m，地下室筏板底标高为890.95m，拟采用基础抗浮锚杆+筏板的基础形式。项目平面布置图如图1所示。



> 图1 项目平面布置图

> Fig.1 Project plane layout

(二) 工程地质与水文条件

项目区属侵蚀堆积地貌之冲洪积台地地形，西北高南东低；

(三) 抗浮构件

表1 抗浮锚杆参数对比表

Table 1 Parameters table of anti-floating pile

桩型	暂估桩数(颗)	桩径(mm)	有效桩长(m)	锚杆筋体	锚杆竖向抗拔承载力特征值(KN)	锚杆竖向抗拔承载力标准值(KN)	备注
普通抗浮锚杆	490	150	10	2束7Φ5钢筋线	160	320	原设计方案
复合锚杆	280	400+76	9	Φ76钢管+6束7Φ5钢筋线	380	760	优化变更方案

二、施工质量控制

(一) 普通抗浮锚杆

1. 施工工艺简介

原设计方案中普通抗浮锚杆施工采用锚索钻机竖向垂直双套管跟进成孔，施工至孔底标高后，拔除内钻杆，下插注浆管至孔底灌注水泥(砂)浆，随后放入预制锚杆，拔除外套管及管口补浆。

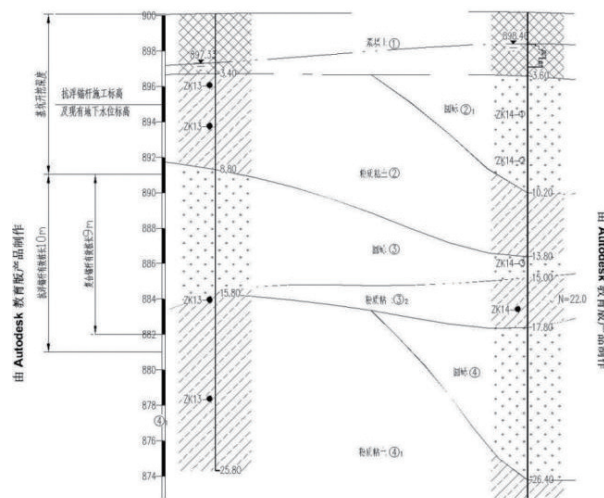
2. 施工技术要求

锚杆筋体采用极限强度标准值为1860MPa的4sΦ15.2钢筋线；锚固浆体采用1:1水泥砂浆，水灰比0.50~0.55，砂浆强度不低于30MPa；钻孔垂直度允许偏差宜小于1%，孔位允许偏差应为±50mm。

3. 施工过程质量控制

锚杆在提前预制加工时，应在硬化、干燥区域完成，并在转

场地内现状地面高程897.35~900.79m，最大高差3.44m。根据钻孔揭露、现场调查并结合区域地质资料，场地地基岩土层的构成总体上相对较复杂，主要表现为：表层覆盖一定厚度的第四系全新统人工填土(Q₄^{ml})素填土，其下为第四系冲洪积层(Q₄^{al+pl})黏性土及圆砾，其下为第三系(N)圆砾及粉质粘土。



> 图2 典型地质剖面图

> Fig.2 Typical geological section

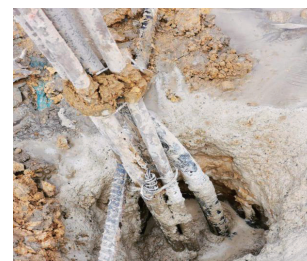
场地地下室类型主要为松散岩类孔隙水，主要含水层(透土层)有②₁圆砾、③圆砾及④圆砾，受大气降水补给，在重力作用下沿地形坡度经土体内孔隙径流，由北西向南东径流，于地形低洼处或陡坎坡脚部位排泄。地下水位埋深0.70~4.00m，稳定水位高程895.18~898.00m。

运放入过程中，严禁在施工区域进行地面拖运，防止杆体污染沾泥；抗浮锚杆正式施工前，须对预拌水泥砂浆进行取样送检，复核检测砂浆强度是否满足设计要求，并且对注浆系统进行注浆检测，防止施工过程中出现堵管等问题，影响桩身质量；因圆砾层



> 图3 普通抗浮锚杆双管成孔

> Fig.3 Double pipe drilling of common anti floating anchor



> 图4 孔口设置吊筋及补浆

> Fig.4 Providing with hanging reinforcement and grouting in hole opening

较厚，孔内砾石无法取出，根据现场实际情况，成孔深度超长施工0.5~1.0m，保证锚杆体能正常下放至设计标高；因锚杆筋体使用钢绞线制安，为保证柔性锚杆体的垂直度，等锚杆体放入、护壁套管拔除后，再将锚杆体整体向上提高100mm左右，并在孔口予以吊筋固定，保证杆体在孔内的垂直度及居中控制。

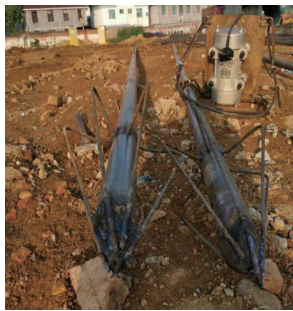
(二) 复合锚杆

1. 施工工艺简介

复合锚杆施工采用长螺旋钻机成孔，泵送灌注C30细石砼，随后振捣插入预制杆骨（无缝钢管），杆骨插至设计桩底标高后，再向管内灌注预拌水泥浆，随后在管内放置预制杆筋。

2. 施工技术要求

锚杆杆骨采用DN76钢管，壁厚3mm，锚杆杆筋采用极限强度标准值为1860MPa6sΦ15.2的钢绞线。桩身砼使用C30细石砼，锚固浆体采用P.O42.5水泥浆，水灰比0.50~0.60。



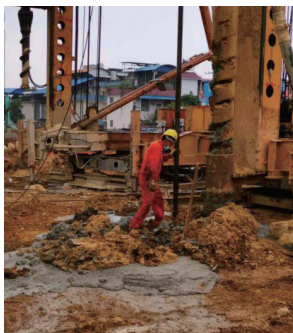
> 图5 复合锚杆杆骨制安
> Fig.5 Fabrication and installation bone of composite anchor



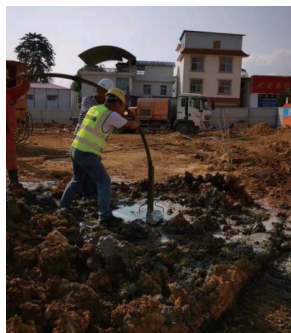
> 图6 复合锚杆杆筋制安
> Fig.6 Fabrication and installation rebar of composite anchor

3. 施工过程质量控制

锚杆杆骨、在提前预制加工时，应在硬化、干燥区域完成，并在转运放入过程中，严禁在施工区域进行地面拖运，防止杆体污染沾泥；严格控制杆骨加工垂直度，如出现杆骨接头明显弯折情况，须切除重新连接。另在杆骨底端进行杆尖封底及外侧居中定位杆架，保证杆骨在桩身砼中能正常居中振捣插入；杆筋所需的隔离架为非常规尺寸，通常使用现场Φ6钢筋废料或废弃注浆管制作简易隔离架，保证杆筋在杆骨内的居中度及侧壁水泥浆厚度满足设计要求；复合锚杆施工完毕后，应定期向杆骨内进行补浆处理，保证水泥浆液面不低于设计桩顶标高；振捣杆骨的平板振



> 图7 成孔后下插锚杆杆骨
> Fig.7 Inserting the anchor bone after drilling



> 图8 杆骨内灌注水泥浆后放入杆筋
> Fig.8 Inserting the composite rebar of anchor after perfusion cement of composite anchor bone

动器须预设1~2根定向牵引绳，在振捣插入杆骨过程中，及时纠正杆骨垂直度。

三、工程施工及效果

(一) 施工损耗

普通抗浮锚杆在成孔、管内灌注砂浆、下插锚杆工序完成后，在逐根拔除护壁套管过程中，管内砂浆液面出现明显下降，因此在拔除套管过程中须采取补充砂浆措施，待成桩后进行材料统计，三根普通抗浮锚杆试桩的M30水泥砂浆充盈系数为2.7。

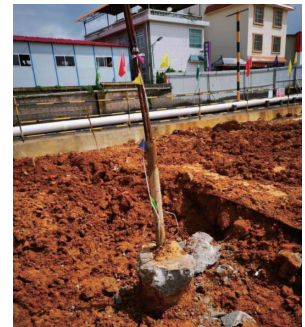
复合锚杆在长螺旋钻机施工至设计桩底标高后，开始泵送砼并提钻，待成桩后进行材料统计，三根复合锚杆试桩的C30细石砼充盈系数为1.15。

(二) 桩身完整性

各桩养护到期后，随即对桩身保护段进行凿除，其中普通抗浮锚杆部分保护段桩径大小不一，据现场统计，桩径变化范围约为：150mm~400mm，如后期在设计桩顶区域出现桩径过大情况，将造成结构施工单位防水措施无法正常开展。而复合锚杆则桩径一致，平均直径为410mm，且桩身砼密实，小应变检测结果均为I类桩。



> 图9 普通抗浮锚杆成桩外观
> Fig.9 Appearance of common anti floating anchor



> 图10 复合锚杆成桩外观
> Fig.10 Appearance of composite anchor

(三) 抗拔检测

施工完毕养护到期后，随即由业主单位委托第三方检测单位对普通抗浮锚杆与复合锚杆进行单桩抗拔承载力基本试验，各桩平均试验结果见表2。从表2可以看出两种锚杆的实测抗拔承载力极限值均大于设计值；复合锚杆有效长度比普通锚杆短1米，但其极限承载力是普通锚杆的极限承载力2倍以上。

(四) 工程效果

孔径150mm，内置2束15.2mm钢绞线的普通抗拔锚索按180元/m计算，本次设计的复合锚杆按280元/m计算，可以得出复合锚杆方案较原设计抗拔锚索方案节约造价约20%。长螺旋桩施工工艺较常规锚索施工工艺简单，施工质量更容易保证，且长螺旋桩的施工速度远大于锚索的施工速度，能有效节省工期。长螺旋-复合锚杆因保护层厚度大、均匀，主要受力杆体（钢绞线）不仅有水泥浆（砂浆）包裹且外围还有钢管保护，其耐久性远优于常规锚索。综合来看，长螺旋-复合锚杆的安全性、耐久性、适用性和经济性优于常规抗拔锚杆。

表2 桩抗拔实验结果

Table 2 Experimental results of uplift pile

抗拔桩型	桩号	设计抗拔承载力极限值 (KN)	实测抗拔承载力极限值 (KN)	终压条件	备注
普通抗浮锚杆	KFMG-1	320	510	下级无法稳压	
	KFMG-2	320	540	同上	
	KFMG-3	320	450	同上	
复合锚杆	FHMG-1	760	1120	钢绞线材料断裂破坏	
	FHMG-2	760	1200	同上	
	FHMG-3	760	1120	同上	



> 图11 普通抗浮锚杆基本试验

> Fig.11 Basic experiment of common anti floating anchor



> 图12 复合锚杆基本试验

> Fig.12 Basic experiment of composite anchor

四、结论

复合锚杆是近年发展起来的一种复合桩型，其力学性能与防渗、防腐及抗裂效果介于普通抗浮锚杆与大直径抗拔桩之间，具有施工条件成熟、造价低、平面布置灵活、污染小等突出优点。通过现场对比试验发现：（1）长螺旋-复合抗拔锚索的承载力远大于普通抗拔锚杆且施工质量稳定且可靠；（2）长螺旋-复合抗拔锚杆在滇西冲洪积地层是适用的；（3）长螺旋-复合锚杆的安全性、耐久性、适用性和经济性优于常规抗拔锚杆。

参考文献

- [1] 建筑工程抗浮技术标准 (JGJ-476-2019) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [2] 复合锚杆技术. 北京: 建研地基基础工程有限责任公司.
- [3] 建筑桩基技术规范 (JGJ94-2008) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.