

CFG 桩及超流态混凝土灌注桩优化前后造价分析

● 宫一凡



[摘要] 为了确定合理的房屋建筑地基桩基础优化设计方案,本文依托某住宅楼项目对分 CFG 桩复合地基、超流态混凝土灌注桩地基优化前后的材料用量及工程造价进行分析。结果表明,优化前 CFG 桩和超流态混凝土桩混凝土费用占比分别为 72.5%、77.8%。优化前超流态混凝土桩总造价远远高于 CFG 桩总造价,优化后超流态混凝土桩总造价略低于 CFG 桩复合地基总造价。与优化前相比,CFG 桩和超流态混凝土桩总费用分别降低了 7.4%、27.3%。故本文建议采用超流态混凝土灌注桩作为地基桩基础。

[关键词] 房屋建筑;地基桩基础;优化设计方案;材料用量;工程造价

房屋建筑数量越来越多,建设过程中,技术人员关注建筑性能的同时,开始重视其经济成本。地基桩基础作为房屋建筑的重要组成部分,其经济成本占房屋建筑总造价的 15%左右,因此设计经济成本低的地基桩基础对于节约房屋建筑结构总造价具有十分重要的意义。目前,研究者开始设计不同类型的地基桩基础,主要包括钻孔灌注桩基础、CFG 桩复合地基、超流态混凝土灌注桩以及 PHC 管桩等类型。然而,针对不同类型桩基础的经济效益对比分析相对较少。曹晓萌等人对比分析了不同类型高层建筑桩基础的经济效益;赖琼华基于经济效益优化设计了高层建筑基础的设计方案;杨华等人对比分析了高层建筑地基基础方案的工程造价,确定了最佳的地基基础优化设计方案;吴欢军等人同样分析了建筑结构地基基础设计方案的经济效益。在此背景下,本文对比分析了 CFG 桩复合地基、超流态混凝土灌注桩地基优化前后的工程造价,确定最佳的地基桩基础设计方案。

工程概况

某住宅楼项目,地上结构总建筑层数为 33 层,层高中 3m,地下结构层数为 2 层,包括高度为 2m 的管道夹层及层高中 4m 的地下车库,建筑总面积达到 32000m²。整体建筑物结构为剪力墙结构,抗震设防烈度为 8 度,建筑场地类别为 II 类。该施工场地土层依次为杂填土、粉质粘土、中砂、粗砂、黏土及砾砂,沿桩身地基土各土层厚度及相应的极限侧阻值和极限端阻值如表 1 所示。

表 1 桩身极限侧阻及端阻标准值

土层名称	层厚/m	泥浆护壁桩桩基参数/kPa	
		极限侧阻力	极限端阻力
杂填土	1.2~3.5	—	—
粉质黏土	0.5~9.5	46	
中砂	1.2~8.3	56	853
粗砂	1.7~8.9	75	2103
黏土	1.5~7.4	83	1403
砾砂	2.5~7.2	117	2603

综合本工程场地中地层分布及各土层性状,拟提出 CFG 桩复合地基及超流态混凝土灌注桩地基两种地基桩基础设计方案。其中 CFG 桩复合地基方案的桩身黏结强度高、施工流程简单、工期短且造价低,桩体材料中掺入粉煤灰,符合我国固废资源回收的要求,其结构示意图如图 1 所示。CFG 桩的直径为 600mm,桩间距为 1250mm,桩布置方式为正三角形布桩,有效桩长 25m,桩身混凝土强度等级为 C30,持力层为粗砂层。桩顶上部为厚度为 200mm 的褥垫层及厚度为 100mm 的素混凝土垫层(混凝土强度等级为 C15),单桩竖向承载力特征值达 1100kN。

超流态混凝土灌注桩方案的桩基础承载力高、地基变形小、灌注速度快、成桩质量好且施工噪声低,无泥浆排放,对周边居民生活影响小,其结构示意图如图 2 所示。超流态混凝土灌注桩持力层同样为粗砂,桩直径为 800mm,桩长 25m,桩身混凝土强度等级为 C30 混凝土,灌注桩单桩竖向承载力特征值 1700kN,超流态混凝土灌注桩顶为刚接厚

度不一的承台。

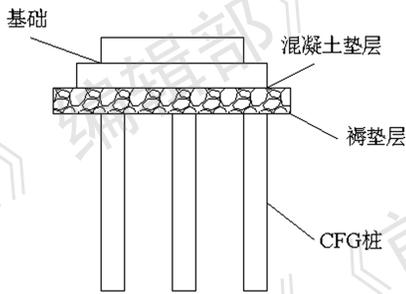


图1 CFG桩复合地基结构示意图

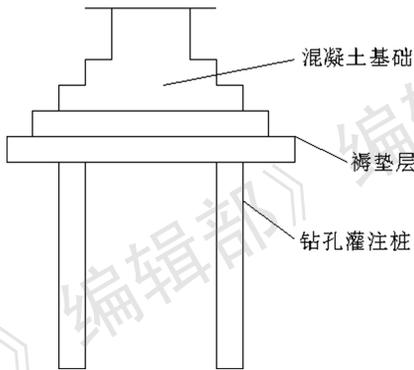


图2 超流态混凝土灌注桩地基结构示意图

Q 优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩工程造价对比分析

(一)优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩材料用量对比分析

由于两种桩的人工费及设备费相差不大，对比两种桩设计方案的工程材料费用，优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩材料用量对比分析如表 1 所示。

表 1 优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩材料用量对比分析

地基基础方案	CFG 桩复合地基	超流态混凝土桩
混凝土分项用量/ m^3	筏板 1753	承台 1419
	CFG 桩 2563	超流态桩 3036
混凝土总用量/ m^3	4316	4455
钢筋分项用量/t	筏板钢筋 123.2	承台钢筋 95.5
	—	桩身钢筋 138.5
钢筋总用量/t	123.2	234

由表 1 可知，CFG 桩复合地基的筏板混凝土用量为 $1753m^3$ ，所占总混凝土比例为 40.6%；CFG 桩的混凝土用量为 $2563m^3$ ，所占比例为 59.3%。超流态混凝土桩的承台混凝土用量为 $1419m^3$ ，所占总混凝土比例为 31.8%，超流态桩为 $3036m^3$ ，所占总混凝土比例为 68.2%；承台钢筋用量为 95.5t，所占总钢筋比例为 40.8%，桩身钢筋用量为 138.5t，所占总钢筋比例为 59.1%。对比 CFG 桩及超流态

混凝土灌注桩的工程材料用量可知，CFG 桩的混凝土总用量为 $4316m^3$ ，超流态混凝土灌注桩的混凝土总用量为 $4455m^3$ ，比 CFG 桩的混凝土总用量高了 3.2%；CFG 桩的钢筋总用量为 123.2t，超流态混凝土灌注桩的钢筋总用量为 234t，比 CFG 桩的钢筋总用量高了 89.9%。上述表明超流态混凝土灌注桩所需的材料用量均高于 CFG 桩的材料用量。

(二)优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩工程造价对比分析

结合上文的材料用量，获取优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩材料工程造价费用如表 2 所示(混凝土单价为 340 元/ m^3 ，钢筋单价为 4500 元/t)。由表 2 可知，CFG 桩复合地基的混凝土费用为 146.7 万元，占总费用比例为 72.5%；钢筋费用为 55.44 万元，占总费用比例为 27.4%。超流态混凝土桩费用为 151.5 万元，占总费用比例的 77.8%；钢筋费用为 42.97 万元，占总费用比例为 22.1%。对比 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩的工程造价可知，超流态混凝土桩的总材料费用为 256.77 万元，比 CFG 桩复合地基的总材料费用高出 1.27 倍。

表 2 优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩工程造价对比分析

地基基础方案	CFG 桩复合地基	超流态混凝土桩
混凝土总用量/ m^3	4316	4455
混凝土单价/元· m^{-3}	340	340
混凝土总造价/元	1467440	1514700
钢筋总用量/t	123.2	234
钢筋单价/元· t^{-1}	4500	4500
钢筋总造价/元	554400	1053000
总造价/万元	202.18	256.77

Q 优化后 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩工程造价分析

为提高桩单桩承载力以减少桩数量，达到有效降低桩造价的目的，采取改变持力层土质条件的方法，将持力层从砂土调整为砂砾层。CFG 桩的桩径桩长皆不变，桩距改为调整为 1500mm，布置方式为正三角形满堂方式，单桩承载力为 1400kN；超流态混凝土灌注桩桩径桩长皆不改变，单桩竖向承载力特征值达到 2300kN。调整桩持力层后，桩的数量均大量减少。

(一)优化后 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩材料用量对比分析

优化后 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩材料用量对比分析如表 3 所示。由表 3 可知，CFG 桩复合地基的筏板混凝土用量为 $1850m^3$ ，所占总混凝土比例为 47.3%；CFG 桩的混凝土用量为 $2060m^3$ ，所占比例为 52.6%。超流态混凝土

桩的承台混凝土用量为 1010m³，所占总混凝土比例为 30.2%，超流态桩为 2336m³，所占总混凝土比例为 69.8%；承台钢筋用量为 65.5t，所占总钢筋比例为 40.7%，桩身钢筋用量为 95.5t，所占总钢筋比例为 59.3%。对比 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩的工程材料用量可知，CFG 桩的混凝土总用量为 3910m³，超流态混凝土灌注桩的混凝土总用量为 3346m³，比 CFG 桩的混凝土总用量低了 14.4%；CFG 桩的钢筋总用量为 120.2t，超流态混凝土灌注桩的钢筋总用量为 161t，比 CFG 桩的钢筋总用量高了 34.2%。

表 3 优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩材料用量对比分析

地基基础方案	CFG 桩复合地基	超流态混凝土桩
混凝土分项用量/m ³	筏板 1850	承台 1010
	CFG 桩 2060	超流态桩 2336
混凝土总用量/m ³	3910	3346
钢筋分项用量/t	筏板钢筋 120.2	承台钢筋 65.5
	—	桩身钢筋 95.5
钢筋总用量/t	120.2	161

(二)优化后 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩工程造价对比分析

结合上文的材料用量，获取优化后 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩材料工程造价费用如表 4 所示。

表 4 优化前 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩工程造价对比分析

地基基础方案	CFG 桩复合地基	超流态混凝土桩
混凝土总用量/m ³	3910	3346
混凝土单价/元·m ⁻³	340	340
混凝土总造价/元	1329400	1137640
钢筋总用量/t	120.2	161
钢筋单价/元·t ⁻¹	4500	4500
钢筋总造价/元	540900	724500
总造价/万元	187.03	186.21

由表 4 可知，CFG 桩复合地基的混凝土费用为 132.9 万元，占总费用比例为 71.1%；钢筋费用为 54.1 万元，占总费用比例为 28.9%。超流态混凝土桩费用为 113.76 万元，占总费用比例的 61.6%；钢筋费用为 72.45 万元，占总费用比例为 38.4%。对比 CFG 桩及超流态混凝土灌注桩的工程造价可知，超流态混凝土桩的总材料费用为 186.21 万元，略低于 CFG 桩复合地基的总材料费用。对比优化前 CFG 桩复合地基及超流态混凝土灌注桩的工程造价，CFG 桩总费用降低了 7.4%；超流态混凝土灌注桩总费用降低了 27.3%。这说明调整桩基持力层后，桩基的承载力提升，CFG 桩及超流态混凝土灌注桩的工程造价均有所下降，但超流态混凝土灌注桩的工程造价节约费用更多。因此，调

整完持力层后，本工程采用超流态混凝土灌注桩作为地基桩基础。

Q 结束语

综上所述，通过依托某住宅楼项目对分 CFG 桩复合地基、超流态混凝土灌注桩地基优化前后的材料用量及工程造价进行分析。得出 2 点结论。(1)优化前超流态混凝土灌注桩所需的材料用量均高于 CFG 桩的材料用量；CFG 桩复合地基的混凝土费用占比最高，达到 72.5%；超流态混凝土桩费用混凝土占比最高，占比为 77.8%；超流态混凝土桩的总材料费用为 256.77 万元，远远高于 CFG 桩复合地基的总材料费用。(2)调整桩基持力层后，超流态混凝土桩的总造价略低于 CFG 桩复合地基的总造价。与优化前相比，CFG 桩总费用降低了 7.4%；超流态混凝土灌注桩总费用降低了 27.3%。故本工程采用超流态混凝土灌注桩作为地基桩基础。

参考文献

- [1]郑刚,龚晓南,谢永利,等.地基处理技术发展综述[J].土木工程学报,2012,45(02):130-143
- [2]毛进宇,陈长伟,王小东.浅谈影响基础方案选择的有关因素[J].中国水运,2008,8(06):252-254
- [3]张波,周春雷,丁永刚.CFG 桩复合地基和预应力混凝土管桩桩基方案比较研究[J].河南科技,2015(01):103-105.
- [4]杨光华,李德吉,官大庶.刚性桩复合地基优化设计[J].岩石力学与工程学报,2011,30(04):818-825
- [5]廖世江.桩基设计选型的灰靶决策分析[J].科技创新导报,2010(03):41-43.
- [6]吕恒柱.预应力管桩复合地基在高层建筑中的应用[J].建筑技术开发,2012,39(08):43-45
- [7]唐益林.建筑设计优化方法在房屋结构设计中的应用[J].建材与装饰,2017(01):93-94.
- [8]曹晓萌,陈强.杭州某复杂场地高层建筑桩基优化设计[J].浙江建筑,2021(04):038.
- [9]赖琼华.高层建筑基础设计方案优化[J].广东水利水电,2004(06):46-48.
- [10]杨华宝.高层建筑地基基础方案优化设计分析[J].四川水泥,2019(06):61-61.
- [11]吴欢军.建筑结构地基基础设计的优化改进[J].居舍,2020(23):115-116.

作者简介:

宫一凡(1991-),女,汉族,山东烟台人,本科,工程师,宁夏建投城市运营管理有限公司,研究方向:工程概预算。