

特殊条件下单桩静载试验加载量取值探讨

周 元

(孝感市天安建设工程设计审查事务所有限公司,湖北 孝感 432000)

摘要:单桩静载试验是评价单桩承载力的核心方法,合理确定静载试验加载量对保障桩基安全至关重要。文章对相关规范中单桩静载试验加载量取值要求进行阐述,针对常规加载量按照单桩承载力特征值两倍取值的适用性问题,对4种特殊条件下的桩基进行受力分析,并结合具体案例展开研究,最终提出4种特殊条件下单桩静载试验加载量的取值建议。研究表明:常规按单桩承载力特征值两倍确定加载量的方式,在文中的特殊条件下会降低工程桩使用阶段安全度,研究提出的取值建议能为类似特殊条件下单桩静载试验提供参考依据。

关键词:静载试验;最大加载量;负摩阻力;抗拔桩;复合地基

中图分类号:TU473.1

文献标志码:A

文章编号:1673-8993(2026)03-0027-07

doi:10.13402/j.gcjs.2026.03.027

Discussion on the value of loading capacity for static load test of single piles under special conditions

ZHOU Yuan

(Xiaogan City Tian'an Construction Engineering Design Review Co., Ltd., Xiaogan 432000, Hubei, China)

Abstract: The single pile static load test is the core method for evaluating the bearing capacity of a single pile, and reasonably determining the loading amount of the static load test is crucial for ensuring the safety of the pile foundation. This article elaborates on the requirements for determining the loading amount of single pile static load tests in relevant specifications. Focusing on the applicability issue of the conventional loading amount, which is set as twice the characteristic value of the single pile bearing capacity, it conducts stress analysis on pile foundations under four special conditions. Combined with specific cases, research is carried out, and finally, suggestions for determining the loading amount of single pile static load tests under the four special conditions are proposed. The study shows that the conventional method of determining the loading amount as twice the characteristic value of the single pile bearing capacity will reduce the safety degree of engineering piles during the service stage under the special conditions in this paper. The proposed value suggestions can provide reference basis for single pile static load tests under similar special conditions.

Key words: static load test; maximum loading; negative skin friction; uplift pile; composite foundation

近些年,我国兴建了大量的高层建筑,桩基础和复合地基运用广泛。为了给设计提供依据并全面有效地了解工程桩质量,基桩检测是不可或缺的一个环节。单桩静载试验作为重要的检测手

段,涉及到的规范有设计规范、检测规范、验收规范等。设计单位设计时依据设计规范,不熟悉检测要求,检测单位检测时依据检测规范,不清楚设计思路,静载试验实施前双方缺乏沟通,实

收稿日期:2025-07-09

作者简介:周元(1984—),男,高级工程师、一级注册结构工程师、注册土木工程师(岩土)、注册土木工程师(水利水电工程地质),从事结构、岩土工程设计审查工作。

施过程中检测单位直接按照以往工程经验及检测规范最低要求取单桩承载力特征值的两倍作为最大加载量。若不考虑桩实际受力情况，均按上述两倍特征值要求加载，在遇到一些特殊条件时(如桩基承受负摩阻力作用时、试桩标高与工程桩标高不一致、抗拔桩静载试验、有黏结强度的复合地基增强体静载试验)，会造成试桩失败、工程桩安全度不足、工程桩检测不合格、桩被拉断等不良后果，因此科学合理的确定特殊条件下单桩静载试验加载量具有重要意义。

李文平等^[1]、刘金波等^[2]通过实际工程现场静载试验结果分析得出：在扣除开挖段侧摩阻力后，开挖卸荷导致的承载力损失达 30%。陈锦剑等^[3]采用桩周土预先堆载再卸载来模拟基坑上部土层开挖，室内模型试验结果表明：卸荷后(坑底试桩)相比卸荷前(地面试桩)桩承载能力下降 20%，桩顶沉降量增加 50%。郑刚等^[4]采用有限元软件 ABAQUS 建模分析得出：坑底试桩法相对于套管试桩法和自然地面试桩法，桩极限承载力分别降低 32.5% 和 33.3%，沉降增大 36.1% 和 27.9%；坑底试桩法、套管试桩法和自然地面试桩法的侧摩阻力桩顶处分别 7、91、86 kPa，桩端处分别为 144、180、181 kPa，坑底试桩桩侧摩阻力下降明显。郭小红等^[5]经过推导计算，对深度修正后增强体桩身强度的验算提出了与规范不同的计算公式。

综上所述，已有专家学者对一些特殊条件下桩基承载力及桩身强度问题进行了大量研究，但

对特殊条件下单桩静载试验加载量取值问题研究较少。本文在前人研究的基础上，结合实际项目中桩基受力计算及桩基检测资料，提出上述 4 种特殊条件下单桩静载试验加载量取值建议，以期可为相关研究提供参考。

1 相关规范要求

桩基相关设计及检测规范静载检测加载量要求如表 1 所示。通过表中各规范对比可知，仅规范五要求最大试验荷载为设计承载力特征值的 2.67 倍，其余规范均要求最大加载量为设计承载力特征值的两倍。

2 特殊条件下加载量取值

2.1 负摩阻力作用下基桩

规范二 5.4.3 条：对于端承型基桩应考虑负摩阻力引起基桩的下拉荷载 Q_g^n ，桩的竖向承载力特征值 R_a 只计中性点以下部分侧阻值及端阻值，可按公式 $N_k + Q_g^n \leq R_a$ 验算基桩承载力^[7]。式中： N_k 为荷载效应标准组合轴心竖向力作用下基桩平均竖向力，kN； Q_g^n 为负摩阻力引起基桩的下拉荷载，kN； R_a 为单桩竖向承载力特征值，kN。

从桩施工完毕到基桩静载检测前的休止时间为一个月，此时中性点以上桩周软弱土来不及固结沉降，检测时桩周土沉降远小于被检测桩的沉降，桩周软弱土产生正摩阻力 [图 1(a)]。工程桩使用时，随着时间的推移，地面荷载的增加，

表 1 设计及检测规范要求

文中简称	规范名称	试桩检测加载量	工程桩验收检测加载量
规范一	《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)	加载到极限或破坏	不应小于设计承载力特征值的两倍
规范二	《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)	按规范三要求	按规范三要求
规范三	《建筑桩基检测技术规范》(JGJ 106—2014)	加载到极限或破坏	不应小于设计承载力特征值的两倍
规范四	《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)	设计要求	不应小于设计承载力特征值的两倍
规范五	《复合地基技术规范》(GB/T 50783—2012)	设计要求	不小于设计承载力特征值的 2.67 倍
规范六	《湖北省地方标准建筑地基基础技术规范》(DB 42/242—2014)	加载到极限或破坏	不应小于设计承载力特征值的两倍
规范七	《建筑地基基础工程施工质量验收标准》(GB 50202—2018)	—	不应小于设计承载力特征值的两倍
规范八	《建筑与市政地基基础通用规范》(GB 55003—2021)	未明确	未明确

桩周软弱土固结沉降大于工程桩的沉降, 桩周软弱土产生负摩阻力 [图 1(b)]。若静载检测时最大加载量取两倍 R_a , 工程桩使用阶段会存在安全隐患, 结合案例详细分析如下。

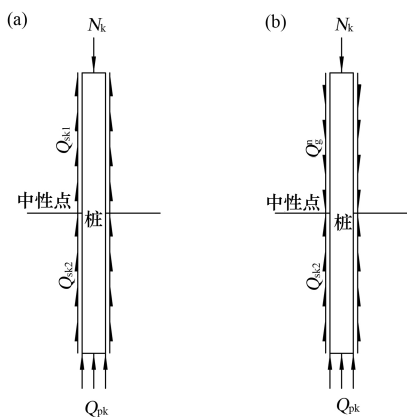


图 1 检测阶段和使用阶段桩受力

湖北安陆某厂区项目, 地层分布自上而下为杂填土、粉质黏土、强风化砂岩、中风化砂岩, 采用 600 mm 直径的钻孔灌注桩, 桩长 20 m, 桩端持力层为强风化砂岩。根据地勘参数计算得出桩端土极限承载力标准值 $Q_{pk} = 800$ kN, 中性点以下桩侧土总的极限承载力标准值 $Q_{sk2} = 1\ 600$ kN, 根据规范 2.5.2.2 条单桩竖向承载力特征值 $R_a = (1\ 600 + 800) \div 2 = 1\ 200$ kN, 中性点以上杂填土下拉荷载 $Q_g^n = 200$ kN, 作用在桩顶的竖向荷载标准值 $N_k = 950$ kN, $950 + 200 = 1\ 150$ kN $< 1\ 200$ kN, 设计满足上述公式要求。若静载检测时最大加载量取 2 倍 R_a 为 2 400 kN, 检测阶段杂填土产生的是正摩阻力 Q_{sk1} , 本工程为嵌岩桩, 中性点深度等于杂填土的深度, 根据规范 2.5.4.4 条计算所得杂填土的负摩阻力标准值大于正摩阻力标准值, 则负摩阻力标准值等于正摩阻力标准值, 即 $Q_{sk1} = Q_g^n = 200$ kN, 检测得到的中性点以下的极限承载力标准值 $Q_{pk} + Q_{sk2} = 2\ 400 - 200 = 2\ 200$ kN, 换算成特征值 $R_a = 2\ 200 \div 2 = 1\ 100$ kN, $950 + 200 = 1\ 150$ kN $> 1\ 100$ kN, 则不满足上述公式要求, 使用阶段则存在安全隐患。为满足桩使用阶段要求的静载检测最大加载量应为 $2R_a + Q_{sk1} = 2 \times 1\ 200 + 200 = 2\ 600$ kN。

2.2 试桩标高与工程桩标高不一致

由于工期、造价、检测条件等因素影响, 为设计提供依据的试桩检测, 通常会在基坑未开挖

的自然地面上进行, 造成试桩标高与工程桩标高不一致的情况, 这时应考虑工程桩桩顶标高以上土的有利作用, 有经验的设计单位会在试桩时考虑工程桩桩顶标高以上土侧摩阻力 Q_{sk1} , 取最大加载量为 $2R_a + Q_{sk1}$ [图 2(a)]; 或试桩施工时采用双套管法, 隔离工程桩桩顶标高以上土的侧摩阻力, 最大加载量为 $2R_a$ [图 2(b)]。

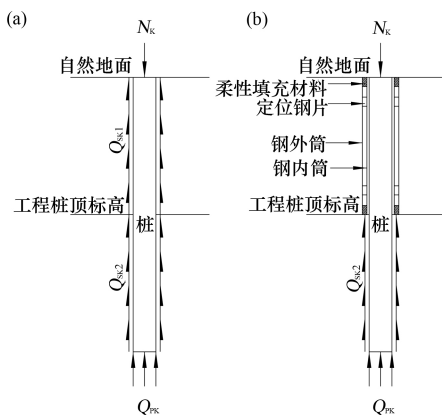


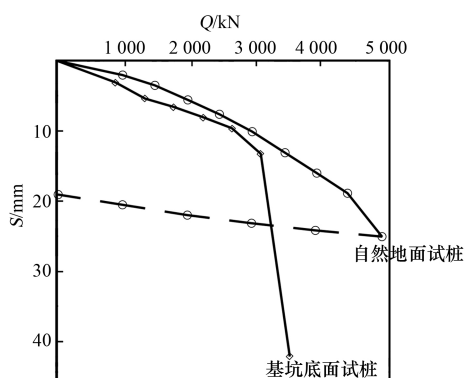
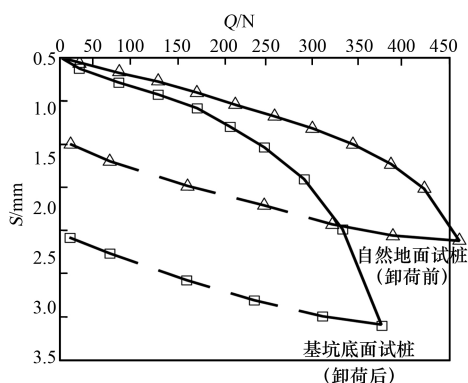
图 2 试桩与工程桩标高不一致时桩受力

以上两种方法均考虑了工程桩桩顶标高以上土的侧阻力影响, 对于标高相差不大的开挖深度浅的基坑是可行的, 但对于开挖较深的基坑, 由于忽略了桩侧阻力的深度效应^[6]影响, 会造成自然面试桩静载检测满足设计要求, 在开挖后的基坑内做工程桩的验收检测时出现静载检测不合格的异常情况。

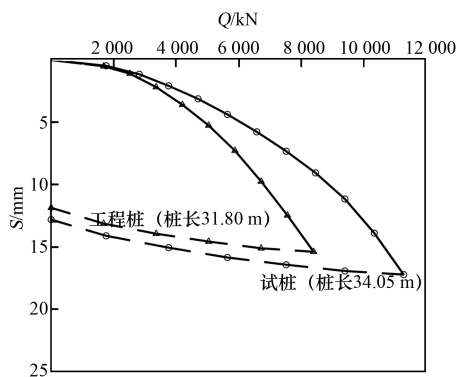
规范二表 5.3.5-1 中桩的极限侧阻力标准值 q_{sk} 仅与土的物理指标 (I_L 、 e 等) 有关, 不考虑深度影响, 这与国外的常规做法不同, 国外规范一般认为桩侧摩阻力不仅与桩-土之间的黏着力和摩擦角有关, 而且与考虑深度的有效上覆压力有密切关系, 表达式为 $\tau_s = c' + K_s \sigma'_v \tan \delta_s$ ^[7]。

由国外规范理论^[7]、现场静载试验 (图 3)^[1-2]、室内模型试验 (图 4)^[3]、有限元软件建模分析^[4]可以得出桩侧阻力的深度效应影响明显, 基坑开挖卸荷会引起坑底土回弹, 降低桩周土有效应力, 从而减小坑底工程桩的侧摩阻力。

案例一: 湖北孝感某高层写字楼, A 栋结构形式为框架核心筒结构, 地层分布自上而下为素填土、粉质黏土、细砂、含砾中粗砂、泥质砂岩, 采用 800 mm 直径后压浆钻孔灌注桩, 工程桩设计

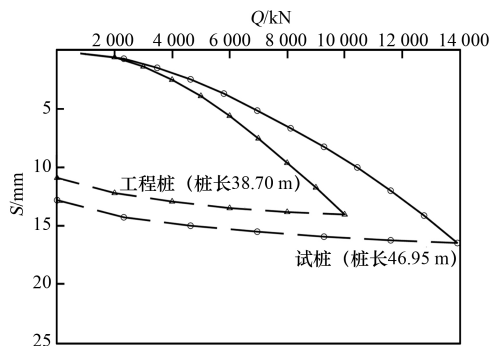
图 3 地面试桩与坑底试桩 $Q-S$ 曲线图 4 卸荷前与卸荷后试桩 $Q-S$ 曲线

桩长 31.80 m, 承载力特征值 $R_a = 4\,200$ kN。试桩施工及试桩静载检测在开挖后的地下室底板标高进行, 试桩桩长 34.05 m, 试桩 (YSZ04) 及工程桩 (A-49) 静载试验结果如图 5 所示。工程桩竖向抗压极限承载力为 8 400 kN, 对应沉降量为 15.38 mm, 试桩竖向抗压极限承载力为 11 280 kN, 对应沉降量为 17.21 mm。试桩在沉降量为 15.38 mm 时对应的承载力为 10 774 kN, 根据地勘报告提供的桩的极限侧阻力标准值, 计算得出试桩在工程桩顶标高以上桩周土提供的极限侧阻力标准值为 497 kN, 由

图 5 地面试桩与坑底工程桩 $Q-S$ 曲线

此可得在扣除筏板开挖深度以上土的侧阻力后, 在沉降量为 15.38 mm 时, 试桩的承载力比工程桩提高 22.3%。在承载力为 8 400 kN 时, 试桩的沉降量为 8.94 mm, 比工程桩减少 6.44 mm, 沉降量减小 41.9%。

案例二: 湖北孝感某高层办公楼, 主楼结构形式为框架核心筒结构, 地层分布自上而下为素填土、粉质黏土、细砂、含砾中粗砂、粉质黏土、泥质砂岩, 采用 800 mm 直径后压浆钻孔灌注桩, 工程桩设计桩长 38.70 m, 承载力特征值 $R_a = 5\,000$ kN。由于工期紧张, 试桩施工及试桩静载检测均在未开挖的自然地面进行, 试桩桩长 46.95 m, 试桩 (SZH3) 及工程桩 (Z65) 静载试验结果见图 6。工程桩竖向抗压极限承载力为 10 000 kN, 对应沉降量为 14.03 mm, 试桩竖向抗压极限承载力为 13 920 kN, 对应沉降量为 16.47 mm。试桩在沉降量为 14.03 mm 时对应的承载力为 12 710 kN, 根据地勘报告提供的桩的极限侧阻力标准值, 计算得出试桩在工程桩顶标高以上桩周土提供的极限侧阻力标准值为 1 025 kN, 由此可得在扣除地下室及筏板开挖深度以上土的侧阻力后, 在沉降量为 14.03 mm 时, 试桩的承载力比工程桩提高 16.9%。在承载力为 10 000 kN 时, 试桩的沉降量为 9.33 mm, 比工程桩减少 4.7 mm, 沉降量减小 33.5%。

图 6 地面试桩与坑底工程桩 $Q-S$ 曲线

案例一、二的静载试验 $Q-S$ 曲线与上述相关学术论文中 $Q-S$ 曲线趋势大体一致, $Q-S$ 曲线中试桩的斜率明显缓于工程桩, 在桩侧土的作用下, 试桩刚度增幅明显。通过以上两个案例可得出: 在扣除桩周土侧阻力后, 试桩承载力仍有 20% 左右的增幅, 在设计极限承载力作用下, 试

桩沉降量减小 40% 左右。由此可知, 采用双套管法时最大加载量取 $2R_a$ 或考虑工程桩顶标高以上土侧摩阻力取最大加载量为 $2R_a + Q_{sk1}$ 均存在安全隐患。

2.3 单桩竖向抗拔静载试验

一般检测人员的经验做法直接按照规范 3.5.1.2 条: 上拔荷载最大加载量取两倍 R_{ta} 。此要求旨在保证桩侧岩土阻力具有足够的安全储备, 检测人员若不了解设计条件或者认为桩身强度和裂缝要求设计阶段已经考虑, 可能会造成桩身开裂、钢筋突然拔断中断试验或出现安全事故。

抗拔桩桩身强度设计按照规范 2.5.8.7 条可得 $A_s \geq 1.35 R_{ta}/f_y$, 其中: A_s 为桩身钢筋的截面积, mm^2 ; R_{ta} 为单桩抗拔承载力特征值, N; f_y 为钢筋抗拉强度设计值, MPa。根据研究轴拉构件当满足裂缝宽度限值 0.2 mm 要求时钢筋应力不超过钢筋强度设计值的一半^[8-9], 即 $A_s \geq 2 R_{ta}/f_y$, 由此可得出抗拔桩桩身配筋由裂缝控制。验收检测若按规范要求的 $2 R_{ta}$ 作为最大加载量, 并控制检测时桩身裂缝, 桩身配筋需满足 $A_s \geq 4 R_{ta}/f_y$, 满足检测要求的桩身配筋比设计使用阶段的配筋大一倍, 为了保证检测的随机性设计时需将所有工程桩桩身配筋增大一倍, 将提高工程桩造价。有的建设单位为了节省造价要求施工单位采用增加钢筋的“特制桩”用来检测, 这又缺少了检测的随机性。

为了解决上述经济性和随机性的矛盾, 工程桩验收检测的最大加载量可取 1.35 倍 R_{ta} ^[10], 桩身配筋应满足 1.35 R_{ta} 加载量的裂缝宽度限值要求, 初步估算时可采用 $A_s \geq 2.7 R_{ta}/f_y$ 。抗拔桩验收检测若按 1.35 R_{ta} 实施时, 需与建设单位、监理单位及建设监督主管部门提前做好沟通解释工作, 避免误以为达不到“规范要求的 $2R_{ta}$ ”被认定为不合格桩。

2.4 有黏结强度的复合地基增强体静载试验

规范 4.7.1.6 条文说明: 当复合地基承载力验算需要进行基础埋深的深度修正时, 增强体桩身强度验算应按基底压力验算。规范 5.14.2.7 条: 基础埋深较大时, 尚应计及复合地基承载力经深度修正后导致桩顶增加的荷载。由此可见,

考虑深度修正后作用在桩身上的荷载会增加, 桩身实际荷载会超出计算得出的单桩承载力特征值 R_a , 规范仅要求复核桩身强度, 没有要求复核受桩周土层控制的单桩承载力, 也未对检测加载量提出额外要求, 若检测时仅按照 2 倍 R_a 加载, 会存在安全隐患。

使用深度修正后的复合地基承载力 f_{spa} 进行设计时, 增强体与桩周土承担的荷载相应增大, 桩土荷载分担比基本上由褥垫层材料和厚度决定, 可假定深度修正前后桩土应力比不变, 修正前后承载力的增大系数 K 为^[5]

$$K = \frac{f_{spa}}{f_{spk}} = \frac{f_{spk} + \gamma_m(d - 0.5)}{f_{spk}} \quad (1)$$

式中: f_{spa} 为深度修正后的复合地基承载力特征值, kPa; f_{spk} 为复合地基承载力特征值, kPa; γ_m 为基础底面以上土的加权平均重度, kN/m^3 ; d 为基础埋置深度, m。

$$f_{spa} = K f_{spk} = f_{spk} \left[1 + \frac{\gamma_m(d - 0.5)}{f_{spk}} \right] \quad (2)$$

基于以上假定桩土应力比 n 不变, 则单桩竖向承载力特征值 R_a 与桩间土承载力 f_s 的增大系数均为 K , 经深度修正后桩顶实际荷载及所需的单桩竖向承载力特征值为^[5]:

$$N_k = R'_a = K R_a = R_a \left[1 + \frac{\gamma_m(d - 0.5)}{f_{spk}} \right] \quad (3)$$

式中: R_a 为单桩竖向承载力特征值, kN; R'_a 为经深度修正后所需的单桩竖向承载力特征值, kN; N_k 为经深度修正后桩顶实际荷载, kN。

为满足实际使用要求, 确定加载量时, 应采用深度修正后的桩顶实际承担的荷载标准值 N_k 对应所需的 R'_a , 加载量取 2 倍 R'_a 。

湖北孝感临空区某高层住宅楼, 结构形式为剪力墙结构, 地下 1 层地上 26 层, 地层分布自上而下为耕表土、粉质黏土、强风化砂岩、中风化砂岩, 采用 500 mm 直径素混凝土桩复合地基, 桩端持力层为强风化砂岩, 单桩承载力特征值为 850 kN, 筏板持力层为粉质黏土层, 承载力特征值 240 kPa, 置换率 5.29%, 求得复合地基承载力 f_{spk} 为 422 kPa, 裙房基底压力换算的埋深为 3 m, 深度修正后的复合地基承载力 f_{spa} 为 467 kPa, 基底压

力为 467 kPa 时,承载力满足基底压力要求。深度修正后桩顶实际荷载为 941 kN,若按规范四 10.1.4 条静载加载量不小于两倍 R_a ,取 1 700 kN,则无法满足实际荷载要求,加载量应不小于 1 882 kN。

3 结论及建议

(1) 桩周存在较厚松散填土、自重湿陷性黄土、欠固结土、液化土等软弱土时,应重视负摩阻力对桩的不利影响。设计人员在设计阶段不但要考虑使用阶段软弱土产生的下拉荷载 Q_g^n 的不利作用,还需考虑检测阶段软弱土对试桩的有利作用,并在设计图纸上注明最大加载量应为 $2R_a + Q_{sk1}$ 。检测实施前应及时告知现场管理人员及检测人员,避免出现加载量取 $2R_a$ 的经验错误。

(2) 现阶段桩侧阻力的深度效应机理和变化规律还需要深入研究,现行桩基规范也未考虑桩侧阻力的深度效应,但工程实践及研究表明对于开挖较深的基坑,上覆土有效应力对桩的承载力、特别是桩侧摩阻力影响明显,条件允许时试桩静载检测应在基坑开挖至工程桩顶标高后进行,若由于条件限制采用地面试桩静载检测时应综合考虑使用状态与检测状态工作条件差异,积累工程经验数据,合理提高最大加载量,无可靠经验时最大加载量可取 $(2.2 \sim 2.4) R_a + Q_{sk1}$,原则上增大系数随基坑开挖深度增加而增大。

(3) 抗拔桩加载量的要求应引起设计人员和检测人员共同重视。设计时不能仅考虑抗浮使用阶段,还需根据各检测阶段的加载量要求合理配置桩身钢筋,并在设计文件上注明为设计提供依据的试桩阶段和工程桩验收阶段的最大加载量。为设计提供依据的试桩应加载至 $2R_{ta}$,试桩桩身配筋需满足裂缝控制要求 $A_s \geq 4 R_{ta}/f_y$;验收检测可加载至 $1.35 R_{ta}$,工程桩桩身配筋需满足裂缝控制要求 $A_s \geq 2.7 R_{ta}/f_y$ 。检测人员不能盲目采用 $2 R_{ta}$ 进行检测,应根据图纸文件要求的加载量实施检测,若图纸未注明加载量应根据桩身配筋反算加载量并与设计人员沟通确认后方可实施。

(4) 基础埋深较大时,复合地基承载力经深度修正后会导致桩顶荷载大幅增加,规范提出了桩身强度验算公式,但此公式与复合地基的原理

存在一定偏差,建议公式修正为 $f_{cu} \geq 4(\lambda R_a)/A_p [1 + \frac{\gamma_m(d-0.5)}{f_{spk}}]$ 。规范未考虑增强体单桩竖向承载力特征值 R_a 的重新验算,对于增强体为单桩竖向承载力特征值由桩身强度控制的柔性桩是可行的,若遇到单桩竖向承载力特征值由桩周土层控制的刚性桩时,需采取增加桩长、增加桩直径、减小桩间距等措施。复合地基增强体单桩竖向抗压静载荷试验加载量不能直接采用两倍 R_a ,应采用深度修正后的桩顶实际承担的荷载标准值对应的 R'_a ,加载量取两倍 R'_a 更为安全合理。有黏结强度的复合地基作用机理复杂,特别是桩土共同作用时桩和土的应力状态及应力分配与简化计算存在偏差,正常使用荷载下桩土应力比随基底荷载增加而增大^[11-12],复合地基的破坏模式与天然地基也不尽相同,设计人员应重视检测数据收集和经验积累,为进一步深入研究奠定基础。

参考文献:

- [1] 李文平,刘金波,梁立东,等.通过地面试桩确定工程桩的承载力[J].建筑结构,2011,41(增刊1):1289-1294.
- [2] 李文平.基坑开挖对桩基承载力的影响及 β 法的工程应用[J].岩土工程学报,2010,32(增刊2):259-262.
- [3] 陈锦剑,吴琼,王建华,等.开挖卸荷条件下单桩承载力特性的模型试验研究[J].岩土工程学报,2010,32(增刊2):85-88.
- [4] 郑刚,刁钰,吴宏伟.超深开挖对单桩的竖向荷载传递及沉降的影响机理有限元分析[J].岩土工程学报,2009,31(6):837-845.
- [5] 郭小红,周载阳.深度修正后有黏结强度的复合地基增强体所受荷载的探讨[J].地基处理,2024,6(1):104-106.
- [6] 龚晓南.桩基工程手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [7] 张在明.北京地区高层和大型公用建筑的地基基础问题[J].岩土工程学报,2005(1):11-23.
- [8] 李平先,韩冲,李金昌,等.400 MPa 级钢筋混凝土轴拉构件裂缝宽度与钢筋应力关系试验研究[J].人民黄河,2022,44(12):127-130.
- [9] 罗赤字,苏恒强,蔡凤维.建筑结构设计统一技术措施/广东省建筑设计研究院有限公司[M].北京:中

- 国建筑工业出版社,2023.
- [10] 朱炳寅,娄宇,杨琦. 建筑地基基础设计方法及实例分析(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [11] 龚晓南. 复合地基理论和技术应用体系形成和发展[J]. 地基处理,2019,1(1):7-16.
- [12] 丁运鹏. CFG 桩桩头施工新方法及不同桩帽受力特征分析[J]. 地基处理,2025,7(1):69-75;100.

《工程建设》期刊投稿系统启用通告

为适应期刊发展需要,提升投稿及稿件处理效率,本刊自 2026 年 1 月 1 日起正式启用网上采编系统。即日起,所有来稿请通过以下官方网站投稿与查询:

采编系统网址: <https://gcjs.cie-cn.com>。

投稿流程说明:

- 1) 首次使用请先完成作者注册;
- 2) 注册成功后以作者身份登录;
- 3) 按系统页面提示完成投稿及相关操作。

请广大作者通过上述系统进行投稿、查稿等事宜,感谢您的支持与配合!