

钻孔灌注桩的可靠性设计方法分析

郭增强¹⁾ 李昕炜²⁾

(石家庄铁道学院土木分院¹⁾ 石家庄 050043 石家庄铁路分局建设项目管理部²⁾ 石家庄 050000)

【摘要】用“校准法”对现行《桥规》桩基可靠度水准进行了校核计算,并确定了桩的目标可靠指标;提出了单桩承载力的表达式和设计参数。
【关键词】桩基可靠性 校准法 可靠指标 分项系数
【中图分类号】TU 473 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1006-3226(2001)04-0027-03

按现行《桥规》^[1]钻孔灌注桩的极限承载力 P_u 可由经验公式得到。但经验公式在计算桩基承载力时只用了各变量的均值,忽略了变量的随机特性,如分布类型、方差及其它参数,这样就不能反应桩基承载力的随机性。本文将讨论可靠性理论在铁路桥梁桩基设计中的应用。

1 钻孔灌注桩极限承载力的统计

在进行桩基可靠性分析研究中,对现场试桩资料的拥有量很重要。收集到的 107 根现场试验钻孔灌注桩资料和 49 根 CPT 试桩分析资料来自不同地区,有不同土类、不同桩长、桩径,基本上满足了桩基可靠性分析的需要。由试验资料整理出钻孔灌注桩实测承载力、端阻和侧阻,并由《桥规》经验公式计算其承载力、端阻和侧阻。分析中利用《桥规》经验公式计算得到的极限承载力的标准值 P_k ,将试桩极限承载力归一化,引入无量纲随机变量试计比 λ_p ($\lambda_p = P_u/P_k$; P_u 为试桩极限荷载, P_k 为规程极限承载力标准值)。同样,对桩的实测极限侧阻 Q_s 和端阻 Q_p ,也可利用《桥规》经验公式中计算相应的侧阻 Q_{sj} 和端阻 Q_{pj} 来归一化,其试计比分别表示为 λ_{Qs} 和 λ_{Qp} 。同理,试计比 λ_{Qs} 和 λ_{Qp} 由桩端阻、侧阻的实测值与计算值求得,这样就通过试桩资料获得桩的极限承载力的特征,作为设计的依据。经统计得 λ_p 均值和均方差分别为 1.104 2, 0.195 2, 变异系数为 0.177; λ_{Qs} 均值和均方差分别为 1.082 2, 0.227 3, 变异系数为 0.210 0; λ_{Qp} 均值和均方差分别为 1.299 3, 0.530 0, 变异系数为 0.407 9。用 $K-S$ 方法检验得三者的分布类型均符合对数正态。

2 钻孔桩的可靠指标计算

由校准法^[2]来计算可靠指标 β ,使桩基安全水准大致与《桥规》用安全系数法的大致相当。钻孔灌注桩承载力的功能函数为:

$$Z = P_u - G - Q \tag{1}$$

式中, Z 为功能函数; P_u 为桩的极限承载力; G 为永久荷载效应或作用; Q 为可变荷载效应或作用。当承载力为极限状态时:

$$Z = 0 \tag{2}$$

为便于比较和利用试桩统计资料, 将(2)式转换成以试计比 λ_p 与荷载效应系数表示的极限状态方程为:

$$\lambda_p - \frac{\lambda_G}{K(1+\rho)} - \frac{\rho\lambda_Q}{K(1+\rho)} = 0 \quad (3)$$

式中, λ_G 为永久荷载效应系数, 其值为 G/G_k , G_k 为永久荷载标准值; λ_Q 为可变荷载效应系数, 其值为 Q/Q_k , Q_k 为可变荷载标准值; $\rho = Q_k/G_k$ 为可变荷载与永久荷载的比值, 简称荷载效应比; $k = 2.0$ 为安全系数。根据《桥规》桥梁主要荷载统计结果, λ_G 、 λ_Q 均服从正态分布。由 JC 法计算可靠指标, 得可靠指标 β 与荷载效应比 ρ 的关系如图 1 所示。

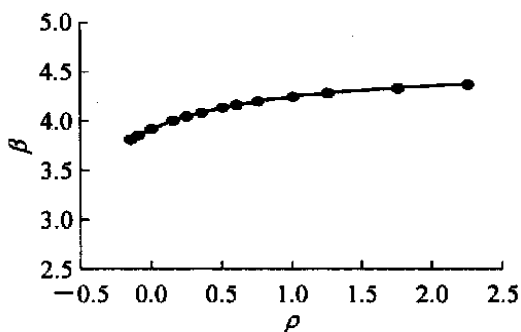


图 1 可靠指标与荷载效应比

3 分项系数

为便于在桩基的设计计算中能分别考虑可变荷载、永久荷载、侧抗力和端抗力的随机分布及统计特征, 桩的设计可采用隐含目标可靠指标 β 的分项系数以及标准值和结构重要性系数组成的设计表达式来计算, 且设计表达式的形式和现行《桥规》的也相类似。但两者的内涵是不同的。因为分项系数能够全面考虑目标可靠指标, 同时反映各变量的敏感度与变异性质, 就可以对不同变量分别进行研究。

3.1 总抗力分项系数

由验算点法^[3]求总抗力分项系数, 当极限状态方程各基本变量的统计参数确定以后, 给定相应的目标可靠指标(β 取 3.2), ρ 取 0.1~2.5, 总抗力符合对数正态分布时, 得总抗力分项系数 γ_k 与荷载效应比 ρ 的关系如图 2 所示。

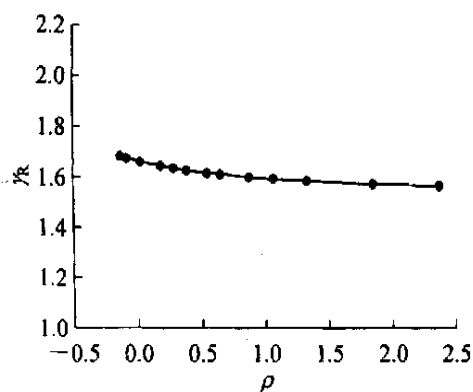


图 2 总抗力分项系数与荷载效应比

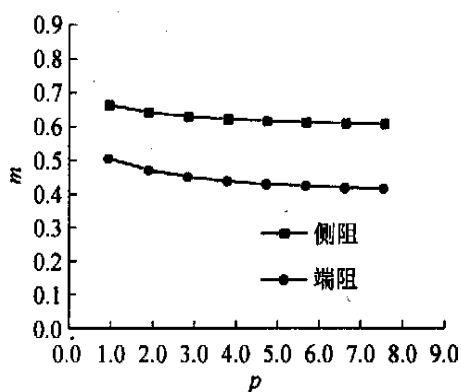


图 3 分阻力分项系数与侧端比

3.2 侧阻和端阻的分项系数

如果钻孔灌注桩的承载力由地基土控制, 由荷载抗力平衡条件可知, 桩所承受的恒荷载和活荷载与桩的侧阻和端阻平衡。根据侧阻和端阻的统计特征, 利用递推法计算桩端侧阻分项系数, 得桩的侧阻和端阻的分阻分项系数 m 与侧端比 p (桩的侧阻与端阻的比) 的关系如图 3 所示。

4 可靠性理论实用设计表达式

通过统计分析可知, 钻孔桩承载力的试计比 λ_p 服从对数正态分布, 其均值及标准差分别为 1.042, 0.195 2。钻孔桩轴向受压可靠指标随荷载效应比 ρ 的增大而提高, 经最小二乘法处理后, 可得目标可靠指标 $\beta = 3.2$, 相应的总抗力分项系数、侧阻分项系数 γ_k 、端阻分项系数 γ_p 分别为 1.620, 1.516, 2.135。则设

计表达式为:

$$R = \frac{1}{\gamma_s} U \sum_{i=1}^N \beta_i l_i f_{ik} + \frac{1}{\gamma_p} m_0 A Q_k \quad (4)$$

式中, R 为桩的轴向承载力设计值; f_{ik} 为桩侧土的极限摩阻力标准值; Q_k 为桩端土的极限承载力标准值; U 为桩身截面周长(也应引入试计比的概念进一步统计分析其分布规律及特性); β_i 为第 i 层土桩径极限摩阻力标准值的修正系数, 当为砂土或碎石土 $\beta_i = \left(\frac{0.8}{d}\right)^{1/3}$, 当为其它土时, $\beta_i = 1$; 其它系数同《桥规》。

5 结论

根据可靠性理论, 用校准法对现行《桥规》桩基可靠度水准进行了校核计算, 并求出了轴向受力钻孔桩的可靠指标 β 对桩基承载力分项系数进行了计算分析; 提供了以概率统计理论为基础的极限状态设计方法的轴向受力钻孔灌注桩的承载力设计表达式和各分项系数。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国铁道部. TBJ2-96 铁路桥涵设计规范. 北京: 中国铁道出版社, 1996: 154~177
- [2] 中华人民共和国国家标准. 铁路工程结构可靠设计统一标准(GB 50216-94). 北京: 中国计划出版社, 1994: 36~40
- [3] 高大钊. 土力学可靠性原理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989: 140~166

Analysis of Design Method Based on Reliability Theory for Bored Pile

Guo Zengqiang¹⁾ Li Xinwei²⁾

(School of Civil Engineering, Shijiazhuang Railway Institute¹⁾, Shijiazhuang 050043
Construction Project Administration Office²⁾, Shijiazhuang Railway Branch Administration, Shijiazhuang 050000)

【Abstract】Applying calibration methods, this paper estimates the reliability level of pile foundation designed by Railway Bridge and Culvert Design Code and defines target reliability index β of piles. The formula of bearing capacity of single pile is put forward.

【Key words】reliability of pile; calibration method; reliability index β ; partial coefficients

(责任编辑 张士瑛)