

由 O-cell 试桩结果确定整桩的性能

郑英杰, 张克绪, 张尔其, 朱占元

(哈尔滨工业大学土木工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要: 提出了一个根据 O-cell 试桩结果确定整桩性能的途径, 包括基本方法、步骤及必须的资料。以某公路大桥的 O-cell 试桩为例, 采用本文所提出的途径确定出了桩阻力参数、相应整桩的荷载沉降曲线及极限承载力。验证了桩侧阻力与接触面两侧切向位移差之间关系可以用双曲线表示。将按本文提出的方法和现有其他四种方法确定的整桩荷载沉降曲线做了比较, 并对各种确定整桩荷载沉降曲线方法的可靠性和适用性做了评价。此外, 将按本文给出的整桩荷载沉降曲线和按流行公式确定的整桩极限承载力做了比较, 指出了流行公式低估了整桩极限承载力, 并对流行公式提出了一个修改建议。强调了, 只有按某种有根据的方法确定出完整的整桩荷载沉降曲线, 才能由 O-cell 试桩结果可靠地确定出整桩的极限承载力。

关键词: O-cell 试桩法; 数值模拟分析; 桩阻力; 荷载沉降曲线; 极限荷载

中图分类号: TU473.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2008)09-1416-07

作者简介: 郑英杰(1980-), 男, 河北邯郸人, 博士研究生, 主要从事岩土工程的研究。E-mail: zhengyingjie99@tom.com。

Determination of pile behaviors based on O-cell test results of piles

ZHENG Ying-jie, ZHANG Ke-xu, ZHANG Er-qi, ZHU Zhan-yuan

(School of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: An approach to determine the pile behaviors was proposed based on the O-cell test results of piles, including the fundamental method, steps and necessary data. For example, the resistance parameters of piles, the load-settlement curves and the ultimate bearing capacity of piles of a highway bridge were determined by use of the proposed approach. It was validated that the relationship between the side resistance of piles and the difference of tangential displacement between two sides of the pile-soil interface could be expressed by hyperbola. The obtained load-settlement curves were compared with those obtained from other four methods, and the reliability and suitability of these methods to determine load-settlement curves of pile based on the O-cell test results were assessed. In addition, the ultimate bearing capacity obtained from the load-settlement curves was compared with that obtained from the popular formulas, and it was pointed out that the ultimate bearing capacity of piles was underestimated by the popular formulas, and a proposal to modify the popular formulas was presented. It was emphasized that the bearing capacity of piles could be determined reliably based on the O-cell test results of piles only when the perfect load-settlement curves of pile was determined appropriately by reasonable methods.

Key words: O-cell test of piles; numerical simulation analysis; resistance of piles; load-settlement curve; limit bearing capacity

0 概 述

自平衡法作为一种试桩新技术已在国内外得到广泛应用^[1-3]。该法将一根整桩分成上桩和下桩两段, 在上桩桩底和下桩桩顶分别施加数值相等的向上的顶力和向下的压力, 并测量上桩桩底的向上位移和下桩桩顶的向下位移。这样, 由自平衡试桩法可分别得到上桩桩底的荷载位移曲线和下桩桩顶的荷载位移曲线; 但是, 不能获得整桩桩顶的荷载沉降曲线。O-cell 试桩法的根本目的是确定相应整桩的性能。众所周知, 整桩桩顶荷载沉降曲线是描写单桩性能最可靠的资料。因此, 只有由 O-cell 试桩结果确定出相应的整桩

桩顶的荷载沉降曲线时, 才能对相应的整桩性能做出可靠地评估。目前, 由 O-cell 试桩结果确定相应整桩桩顶的荷载沉降曲线有如下 4 种方法: ①等位移法^[1]; ②等荷载法^[1]; ③简化法^[2-3]; ④精确法^[2-3]。

等位移法和等荷载法的理论根据不足, 无需进一步评述。简化法和精确法都有一定的理论根据, 但均做了与实际不符的假定, 其要点如下:

(1) 简化法—假定在各级荷载作用下上桩段的轴向力从桩顶到桩底按线性分布。这个假定相当于假

定上桩段的侧阻力随深度是均匀分布的。实际上, 桩侧阻力分布与桩周土层组成、荷载的大小、桩长等因素有关, 即使桩周只有一层土也不会是均匀分布的。

(2) 精确法—这个精确法实际上是相对于上述简化法而言的所谓精确法。在理论上的主要改进在于计算上桩压缩量时考虑了桩侧阻力随深度分布的不均匀性及桩侧阻力的非线性。该法在考虑桩侧阻力非线性时, 假定桩侧阻力与桩的轴向位移有关。实际上, 假定桩侧阻力与接触面两侧桩土位移差有关更为合理。由于桩的轴向位移等于桩土接触面两侧的切向位移差与桩侧土的切向位移之和, 则这个假定相当于认为接触面两侧的桩土切向位移差等于零, 或认为桩侧土为刚体, 相应的切向位移为零。另外, 在确定上桩侧阻力时, 认为在 O-cell 法试桩和常规整桩试桩中的上桩侧阻力相同, 即没考虑两种试桩中上桩段受力状态不同对桩侧阻力的影响。

因此无论是简化法还是精确法均需进一步研究, 评估它们的可靠性及适用性。当然, 最好的评估方法是在同一场地进行 O-cell 试桩和常规整桩试桩比较试验。遗憾地, 这种比较试验资料很少见报导。另外的可能评估方法是采用理论上更为完善的分析方法, 对同一 O-cell 试桩资料进行对比分析。因此, 建立一个理论上更完善的由 O-cell 试桩资料确定整桩的荷载沉降曲线的方法, 无论在理论上还是工程应用上均是一项重要工作。

1 基本方法、步骤及必须的资料

本文采用的由 O-cell 试桩结果确定桩阻力参数及整桩的荷载沉降曲线的基本方法是数值模拟分析方法。首先, 对 O-cell 试桩的桩土体系进行模拟分析, 拟合由 O-cell 试桩测得的上桩和下桩的荷载位移曲线及轴向力分布曲线, 确定桩阻力参数及桩周土力学参数。然后, 采用所确定的桩阻力参数及桩周土的力学参数对常规试桩整桩桩土体系进行模拟分析, 确定出整桩的荷载沉降曲线。

按上述方法, 由 O-cell 试桩结果确定桩阻力参数及整桩荷载沉降曲线的具体步骤如下:

(1) 收集整理试验场地土层资料和 O-cell 试桩的实测资料, 主要包括: ①场地的土层及各土层界面标高、地下水位线、O-cell 试桩的荷载箱位置、上下桩的桩底和桩顶标高及桩的直径; ②各土层及桩身材料的容重; ③上、下桩的实测荷载位移曲线, 及至少两个荷载等级下的桩轴向力的分布曲线。

(2) 选取桩周土的静力学模型, 试验测定或经验确定各层土的模型参数, 并作为初值。本文采用邓

肯-张非线性弹性模型做为桩周土的静力学模型。

(3) 选取桩土接触面力学模型及经验地确定模型参数初值。本文采用 Goodman 接触面模型, 并考虑接触面力学性能的非线性。

(4) 建立 O-cell 试桩的桩土体系的有限元模型, 并按试验的实际加载步骤进行数值模拟分析。在分析中以试验和经验确定的模型参数为初值, 进行第一次分析。然后, 逐渐调整模型中桩土接触面和桩周土层静力学参数^[4], 使分析得到的上、下桩荷载位移曲线及桩轴向力分布与实测结果相拟合, 并将满足拟合要求的参数作为所要确定的模型参数。

(5) 建立常规试桩整桩的桩土体系有限元分析模型, 并进行逐步加载的数值模拟分析。研究表明, 由于在常规试桩中上桩段受力状态与 O-cell 试桩的不同, 在常规试桩情况下上桩的侧阻力极限值高于在 O-cell 试桩情况下上桩的侧阻力极限值^[5]。因此, 在整桩模拟分析中将由上述拟合分析得到的上桩的桩侧阻力极限值除以一个小于 1 的系数 λ 作为上桩的桩侧阻力极限值。系数 λ 的数值可依据已有经验选取^[6-7]。这样, 由整桩逐级加载模拟分析就可得到常规试桩整桩桩顶荷载沉降曲线。

2 桩土体系及分析模型

2.1 O-cell 试桩和常规试桩整桩桩土体系模型

本文将桩土及加载体系简化成轴对称问题, 桩和桩周土体采用四边形等参单元集合体来模拟, 在桩土接触面设置无厚度的接触面单元, 以考虑桩土的相对变形。本文模拟 O-cell 试桩的桩土体系模型如图 1 所示, 荷载箱被处理为空单元, 并在上下边界施加荷载。本文模拟常规试桩整桩的桩土体系模型如图 2 所示。图 1 和图 2 中的右侧图为相应模型的桩体和桩土接触面单元的划分。

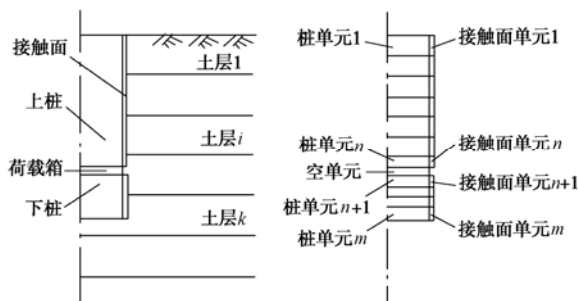


图 1 O-cell 法试桩分析模型

Fig. 1 Analytic model of O-cell tests on piles

2.2 桩和桩周土的力学模型

本文将桩体材料作为线性弹性体, 桩周土视为非线性弹性体。采用邓肯-张模型表示土的非线性性能,

土的切线模量 E_t 按下式确定:

$$E_t = K p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^n \left[1 - R_f \frac{(1 - \sin \varphi)(\sigma_1 - \sigma_3)}{2c \cos \varphi + 2\sigma_3 \sin \varphi} \right]^2 \quad (1)$$

式中 K, n 为无量纲常数, 由试验确定; p_a 为大气压力; R_f 为破坏比, c 为黏聚力, φ 为内摩擦角, 由试验确定; σ_1, σ_3 分别为最大和最小主压应力。

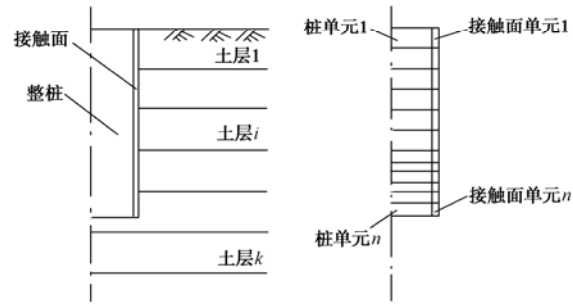


图 2 常规试桩整桩分析模型

Fig. 2 Analytic model of conventional load tests on piles

2.3 接触面力学模型

设桩土接触面的剪应力 τ 与接触面两侧切向位移差 Δu 之间符合式 (2) 所示的双曲线关系:

$$\tau = \frac{\Delta u}{a + b \Delta u} \quad (2)$$

式中, a 为初始切线刚度 $K_{\tau, \max}$ 的倒数, b 为最终剪应力 τ_{ult} 的倒数。如图 3 所示。

令

$$\Delta U_r = \frac{\tau_{ult}}{K_{\tau, \max}} \quad (3)$$

式中, ΔU_r 为参考位移。由式 (2) 可得接触面的切线刚度 $\overline{K_r}$ 如式 (4) 所示:

$$\overline{K_r} = K_{\tau, \max} \frac{1}{\left(1 + \frac{\Delta u}{\Delta U_r} \right)^2} \quad (4)$$

在此应指出, 上述桩侧阻力模型参数 τ_{ult} 与常规计算方法中桩的极限侧阻力 τ_f 之间的关系如下:

$$\tau_f = R_f \tau_{ult} \quad (5)$$

式中, R_f 为破坏比, 其取值范围为 0.8~0.9。

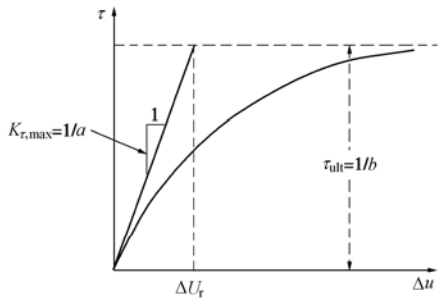


图 3 $\tau - \Delta u$ 关系曲线

Fig. 3 $\tau - \Delta u$ curves

3 某公路大桥整桩性能的确定

3.1 试桩资料^[8-9]

该公路大桥的 O-cell 试桩场地的土剖面如图 4 所示, 共包括 6 个土层。勘探给出的各土层端阻力和侧阻力见表 1。上、下桩桩径均为 1.8 m, 荷载箱位于弱风化花岗岩层中。O-cell 试桩荷载共分 9 级, 各级加载分别为 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 MN。由试验测得的上、下桩荷载位移曲线如图 5 所示, 加载到 8, 14, 20 MN 时桩身轴力分布曲线如图 6 所示。



图 4 桩土剖面图

Fig. 4 Section of piles and soil layers

表 1 主要土层力学性能指标

Table 1 Mechanical parameters of essential soil layers

土层名称	桩端允许承载力	桩周极限阻力
	σ_0/kPa	τ_f/kPa
亚黏土	70	20
淤泥质亚黏土	70	20
亚黏土夹粉砂	75	24
粉细砂	140	45
强风化花岗岩	650	130
弱风化花岗岩	1200	200

3.2 O-cell 试桩结果的拟合分析及桩阻力参数确定

该 O-cell 试桩的荷载箱设置在下面的弱风化花岗岩层中。为考虑与上下桩相接触的弱风化花岗岩力学性能的差异, 本文以荷载箱为界将弱风化花岗岩处理为两层具有独立力学性能的岩层。

在 O-cell 试桩的模拟分析中, 由于原始资料没有提供桩周土的三轴剪切试验结果, 桩周土力学模型参数的初值是分别土类按经验确定的。

考虑到各土层位于地下水位之下, 试验时加载过程较短, 桩周土更接近不排水状态, 以及由于本文所采用的是总应力分析方法, 因此邓肯-张模型参数 c ,

φ 之值, 无论是初值还是表 3 所示的计算值, 均为固结不排水剪切总应力抗剪强度指标。接触面力学模型参数的初值按表 1 选取。

采用这组参数初值对 O-cell 试桩体系进行第一次模拟分析, 得到上桩底及下桩顶荷载位移曲线及上下桩轴向力分布, 并与实测结果进行比较。显然, 第一次分析结果不会与实测结果很好拟合。然后, 调整模型参数值, 进行下一次分析。本文采用了逐次调整模型参数, 逐渐拟合试验实测曲线的方法, 其过程如下:

(1) 首先拟合桩身轴向力曲线。由于桩身轴向力曲线与桩土接触面模型参数有密切的关系。在拟合实测桩身轴向力曲线时, 主要是调整接触面模型参数。本文拟合了低、中、高 3 个荷载等级的桩身轴向力曲线, 并首先拟合高荷载等级的桩身轴向力曲线, 以调整桩侧极限阻力参数 τ_{ult} 为主, 然后再拟合低中等级别的桩身轴向力曲线, 以调整参考位移参数 Δu_r 为主。

(2) 在桩身轴向力曲线拟合初步完成后, 再拟合荷载位移曲线。在拟合荷载位移曲线时, 主要调整桩周土的模型参数。本文在调整桩周土力学模型参数时, 施加了一个约束条件, 即各层土的参数值的比例满足一定关系。各层土参数的比例关系可由经验或试验资料确定。由于原始资料中没有提供三轴剪切试验结果, 本文是由经验确定。如果按所确定的参数比例调整参数还不能很好拟合荷载位移曲线时, 再对各土层的参数比例加以调整。

(3) 重复上述的过程, 直至模拟分析得到的桩身轴向力曲线及荷载位移曲线与试验实测的曲线相拟合为止。

关于每次调整模型参数的原则及细节, 请参见文献[4]。

在此应指出, 由于上述过程是反复进行的, 则在调整模型参数过程中, 自然地考虑了接触面模型参数的变化对确定桩周土模型参数的影响, 以及桩周土模型参数的变化对确定接触面模型参数的影响。

数值模拟得到的上下桩的 $P-s$ 曲线和轴向力分布曲线与实测曲线的比较分别如图 5 和图 6 所示。从图 5 和图 6 中可见, 无论是上下桩的荷载位移曲线还是轴向力分布, 其拟合程度很好。这说明本文所提出的数值模拟分析方法具有较强的功能。

表 2 和表 3 分别给出了满足拟合要求所确定的接触面力学模型参数和桩周土的邓肯 - 张模型参数。桩的弹性模量依据桩身混凝土强度等级为 C35 取值为 3.15×10^4 MPa。

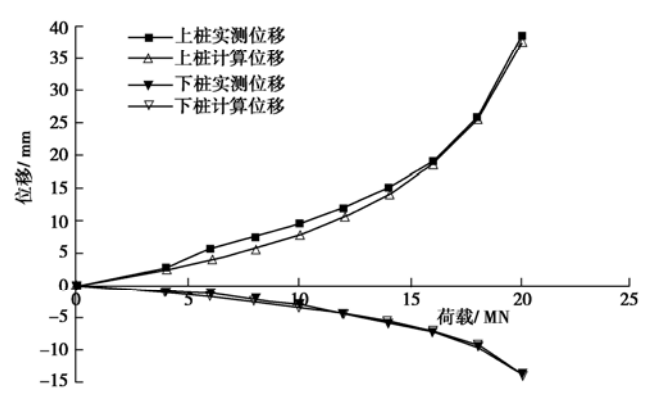


图 5 荷载位移曲线拟合

Fig. 5 Fitting of load-displacement curves

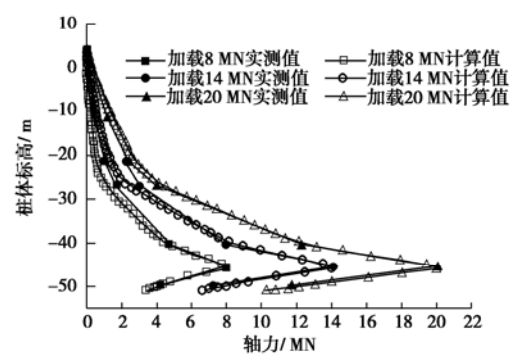


图 6 轴向力分布曲线拟合图

Fig. 6 Fitting of distribution of axial force

表 2 接触面的力学模型参数

Table 2 Mechanical parameters of pile-soil interfaces

土层名称	桩周极限阻力 τ_{ult}/kPa		参考位移 $\Delta u_r/\text{m}$	
	拟合值	验证值	拟合值	验证值
亚黏土	23	20	0.002	0.0016
淤泥质亚黏土	23	20	0.002	0.0016
亚黏土夹粉砂	27	25.6	0.002	0.0017
粉细砂	55	56	0.003	0.0033
强风化花岗岩	130	124	0.007	0.0076
弱风化花岗岩(上)	345	338	0.008	0.0087
弱风化花岗岩(下)	390	397	0.0015	0.0017

拟合分析表明, 桩土接触面力学模型参数对桩身轴向力分布曲线及荷载位移曲线的影响要显著地大于桩周土力学模型参数的影响。本文采用的桩土接触面力学模型含有两个参数, 在理论上必须有两个条件才能确定。本文在确定接触面力学模型参数时选择了 3 个荷载等级的桩身轴向力作为拟合目标, 其中两个主要用以确定接触面模型参数, 另一个主要用于校核, 满足上述理论的要求。此外, 在第 3.3 节中将对选用的接触面模型及参数做进一步验证。如前述, 在本文桩周土力学模型参数是以拟合荷载位移曲线为目标确定的。在理论上, 根据一条荷载位移曲线确定桩周土

力学模型参数是不充分的。因此,在确定桩周土力学模型参数时施加了各土层的参数值满足一定比例关系的约束条件。各土层的参数值的比例是根据经验或试验结果确定的,因此是有一定的根据的,并且在拟合荷载位移曲线时还可适当调节。勿需回避,这样确定出来的桩周土力学模型参数会有相当的误差,但按前述,其影响较少。

表 3 邓肯-张模型的计算参数

Table 3 Duncan-Chang parameters of essential soil layer					
土层	c/kPa	$\phi/(\text{^\circ})$	R_f	K	n
亚黏土	23	15	0.85	110	0.5
淤泥质亚黏土	21	15	0.85	110	0.5
亚黏土夹粉砂	23	20	0.85	130	0.5
粉细砂	0	30	0.85	150	0.5
强风化花岗岩	100	24	0.85	3000	0.5
弱风化花岗岩	275	28	0.85	6300	0.5

3.3 桩侧阻力模型及参数的验证

如上所述,本文假定桩侧阻力 τ 与接触面两侧切向位移差 Δu 之间服从双曲线关系式,并采用拟合桩轴向力分布方法确定出了各层土的侧阻力参数 τ_{ult} 及 Δu_r 。假定 $\tau-\Delta u$ 之间服从双曲线关系,以及所确定出的侧阻力参数合理性需要验证。为此,根据指定三级荷载下的轴向力分布确定出了各土层相应的平均侧阻力 τ ,再根据模拟分析结果确定出各土层相应的平均切向位移差 Δu ,然后再确定出 $\Delta u/\tau$ 值。这样,相应于指定的3个荷载等级每层土可得到3对 $(\Delta u/\tau, \Delta u)$ 。如果将每对 $(\Delta u/\tau, \Delta u)$ 点在以 $\Delta u/\tau$ 为纵轴、以 Δu 为横轴的坐标中,则得到3个点,如图7所示。由式(2)可知,通过这3个点应是条直线。从图7可见,各层土的3个散点均可用直线来拟合,表明了以双曲线表示桩侧阻力 τ 与接触面两侧切向位移差 Δu 之间的关系是适宜的。

由图7可确定出各层土相应的直线的截距 a 和斜率 b 值,进而可求出各层土侧阻力参数 τ_{ult} 和 Δu_r ,为了便于比较也列于表2。与前面拟合桩轴力得到的侧阻力参数相比较,两者相当一致。

3.4 整桩荷载沉降曲线的确定及与各种方法结果的比较

在整桩的模拟分析中,上桩段接触面的极限侧阻力值取表2所示的极限侧阻力值除以系数 λ ,以考虑在O-cell试桩与常规试桩中上桩段受力状态不同的影响^[3]。各土层的 λ 取值如下:亚黏土0.8,淤泥质亚黏土0.8,亚黏土夹粉砂0.8,粉细砂0.7,强风化花岗岩0.8,弱风化花岗岩(上)0.88,弱风化花岗岩(下)1.0。由整桩模拟分析得到的整桩荷载沉降曲线如图8所示。为了便于比较,在图8中还给出了上述4种方

法所确定的整桩的荷载位移曲线。

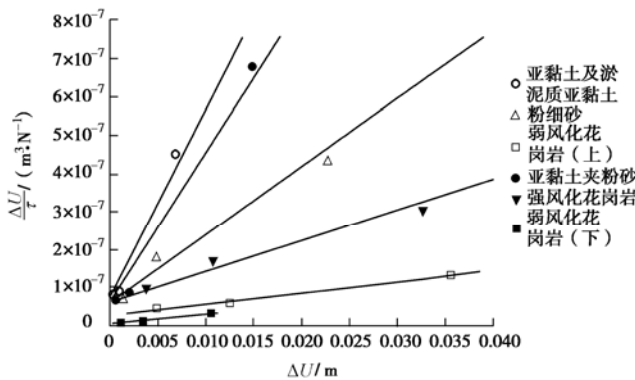


图 7 桩侧阻力的双曲线关系的验证

Fig. 7 Validation of the hyperbolic expression for lateral resistance of pile

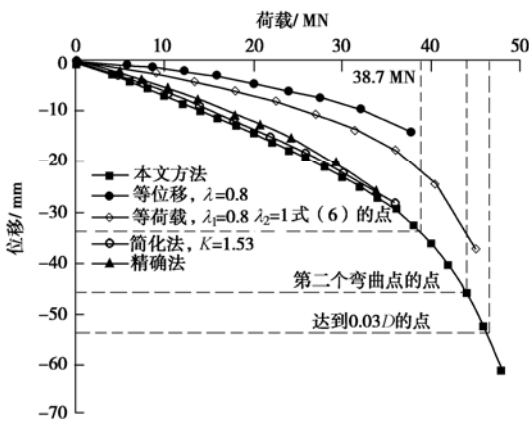


图 8 本文方法与其它方法确定的 $P-s$ 曲线的比较

Fig. 8 Comparison of $P-s$ curves between the proposed method and other methods

比较各种方法确定的整桩荷载位移曲线可指出:

(1) 由等荷载法和等位移法确定的整桩荷载沉降曲线明显地低估了桩顶沉降值,其原因在于这两种方法理论根据不足。因此,不宜采用这两种方法确定整桩的荷载位移曲线。

(2) 由简化法和精确法确定的整桩荷载位移曲线,两者很接近。另外,也与本文方法确定的整桩荷载位移曲线的相应段相接近;但是,这一点似乎需更多的实例分析进一步验证。

(3) 由简化法和精确法确定的整桩荷载位移曲线不够完整,其最大荷载或变形取决于O-cell试桩时所施加最大轴向荷载。从图8可见,由这两种方法确定的整桩荷载沉降曲线刚进入弯曲段就终结了,终点所对应的桩顶沉降值较小。

(4) 本文提出的确定整桩荷载沉降曲线方法可以提供一条从线性段经过渡段到破坏的完整的荷载沉降曲线,完全能适用于按有关规范规定的标准确定

桩的极限承载力。

3.5 整桩极限承载力的确定及比较

根据 O-cell 试桩结果，通常采用下式确定整桩的极限承载力^[7]：

$$Q_{uk} = \frac{Q_u^+ - G_p}{\lambda} + Q_u^- \quad (6)$$

式中 G_p 为上桩自重； Q_u^+ 为上桩极限荷载； Q_u^- 为下桩极限荷载； λ 通常按经验取值，砂土为 0.7，黏土为 0.8。不难看出，这是一种简单的迭加法。按照该方法确定的该工程的极限荷载为 38.72 MN^[8]。

表 4 极限承载力和相应的沉降量及简化法和精确法确定的荷载沉降曲线所能达到的最大沉降量

Table 4 Ultimate bearing capacity and corresponding settlement, and max-settlements of load-settlement curves from the simplified and the accurate methods

极限承载力/MN（相应沉降）/mm			荷载沉降曲线最大沉降值/mm	
按标准 1	按标准 2	按公式(6)	简化法	精确法
46.3(54.00)	44(45.70)	38.72(33.70)	28.17	25.70

毫无疑问，由整桩的荷载沉降曲线确定的极限荷载是更可靠的。采用 O-cell 方法试验的桩通常为大直径的桩。有关规范对确定大直径桩极限承载力的标准做了规定^[6]。本文采用如下两个标准确定整桩的极限承载力：

- （1）沉降等于 0.03 倍桩直径时相应的荷载。
- （2）第二个弯曲点相应的荷载。

图 8 给出了由整桩荷载沉降曲线按上述两个标准所定的极限荷载相应的点。为了便于比较，还给出了由式（6）确定出的极限荷载在整桩荷载沉降曲线上的点。表 4 给出了按上述标准所确定的极限荷载相应的沉降值，及按上述简化法和精确法所确定的荷载沉降曲线终点相应的沉降值。比较可见：

（1）按上述两个极限荷载取值标准由整桩荷载沉降曲线确定的极限荷载分别为按式（6）确定的极限荷载的 1.14~1.2 倍，式（6）低估了整桩的极限承载力；按式（6）确定的极限荷载在整桩的荷载沉降曲线上相应的沉降值明显地小于有关规范规定的极限荷载取值标准所要求的沉降值。

（2）由上述简化法和精确法所确定荷载位移曲线终点相应的沉降值明显地小于有关规范规定的极限荷载取值标准所要求的沉降值。对于确定整桩极限荷载的目的，按简化法和精确法所确定荷载位移曲线的长度不够，即完全整性不够。

4 结 论

- （1）O-cell 试桩测得的资料包含有桩阻力和承

载性能的丰富信息，本文建立了一个由 O-cell 试桩结果确定整桩性能的途径，采用这个途径可由 O-cell 试桩结果确定出桩阻力参数、整桩的荷载沉降曲线及极限承载力。对一个 O-cell 试桩实例的分析表明，本文所提供的方法是可行的。

（2）本文验证了以双曲线表示桩侧阻力与接触面两侧切向位移差之间的关系是适宜的，关系式中的参数可采用拟合试桩的轴向力分布合理测定。由于所采用双曲线关系式包括两个参数，需拟合的桩轴向力分布曲线不应少于 2 级。

（3）等位移法和等荷载法由于缺乏理论根据，不适合用于由 O-cell 试桩结果确定整桩的荷载沉降曲线；虽然简化法和精确法都有相当的理论根据，然而这两种方法只能确定仅包括直线段和部分过渡段的不完整的整桩荷载沉降曲线，其终点相应的沉降值显著地小于有关规范规定的确定极限承载力准则相应的沉降值，因此难以根据它们确定极限承载力；本文方法能提供一条整桩完整的，包含直线段、过渡段和破坏段的荷载沉降曲线，完全适用于按有关规范规定的准则确定整桩的极限承载力。

（4）由 O-cell 试桩结果确定整桩极限荷载的流行公式（6）低估了整桩的极限荷载。按本文的初步研究，建议将由式（6）确定的极限承载力乘一个修正系数，并可在 1.14~1.2 范围内取值。

最后，笔者认为收集并分析更多的 O-cell 试桩实例，进一步验证上述结论是必要的。

参考文献：

[1] 鲍育明, 刘亚文, 李志成, 严少华. 自平衡法在桩基承载力检测中的应用[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2003, 4(3): 49 - 52. (BAO Yu-ming, LIU Ya-wen, LI Zhi-cheng, YAN Shao-hua. Application of self-balanced method for pile bearing capacity test[J]. Journal of PLA University of Science and Technology, 2003, 4(3): 49 - 52. (in Chinese))

[2] 龚维明, 戴国亮. 桩承载力自平衡测试技术及工程应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 4 - 43. (GONG Wei-ming, DAI Guo-liang. Technology and application of self-balanced loading test for pile bearing capacity[M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2006: 4 - 43. (in Chinese))

[3] 龚维明, 戴国亮, 蒋永生, 薛国亚. 桩承载力自平衡测试理论与实践[J]. 建筑结构学报, 2002, 23(1): 82 - 88. (GONG Wei-ming, DAI Guo-liang, JIANG Yong-sheng, XUE Guo-ya. Theory and practice of self-balanced loading test for pile

- bearing capacity[J]. Journal of Building Structures, 2002, 23(1): 82 - 88. (in Chinese))
- [4] 胡庆立. 竖向荷载作用下大直径桩的承载性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学, 2002: 16 - 98. (HU Qing-li. Research on bearing behavior of large diameter pile under vertical load[D]. Harbin: Harbin University of Architecture and Engineering, 2002: 16 - 98. (in Chinese))
- [5] 龚维明, 蒋永生, 翟晋. 桩承载力自平衡测试法[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(5): 532 - 536. (GONG Wei-ming, JIANG Yong-sheng, ZHAI Jin. Self-balanced loading test for pile bearing capacity[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2000, 22(5): 532 - 536. (in Chinese))
- [6] JGJ94—94 建筑桩基技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994. (JGJ 94—94 Technical code for building pile foundations[S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 1994. (in Chinese))
- [7] DB32/T291—1999 桩承载力自平衡测试技术规程[S]. 1999. (DB32/T291 — 1999 Technical code for self-balanced measurement method of pile bearing capacity[S]. 1999. (in Chinese))
- [8] 戴国亮, 龚维明, 蒋永生. 桥梁大吨位桩基新静载试验方法的工程应用[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2001, 31(4): 1 - 4. (DAI Guo-liang, GONG Wei-ming, JIANG Yong-sheng. Engineering applications of a new static load testing method for piles with large bearing capacity in bridge[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2001, 31(4): 1 - 4. (in Chinese))
- [9] 戴国亮, 吉林, 龚维明, 王峻, 夔峰. 自平衡试桩法在桥梁大吨位桩基中的应用与研究[J]. 公路交通科技, 2002, 19(2): 63 - 67. (DAI Guo-liang, JI Lin, GONG Wei-ming, WANG Jun, SUI Feng. Application and study of self-balanced method in heavy bearing capacity of bridge pile[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development. 2002, 19(2): 63 - 67. (in Chinese))

第五届全国基坑工程学术讨论会 第三号通知

由中国建筑学会建筑施工学术委员会基坑工程专业委员会和天津市建筑学会地基基础学术委员会共同主办, 由天津大学主办的第五届全国基坑工程学术讨论会将于 2008 年 10 月 16 日至 18 日在天津召开。本次会议将邀请大陆、香港、台湾等地的著名专家做学术报告, 并将分为设计、施工、监测等若干专题进行深入的分组研讨。

天津正处于高速发展时期, 投资 80 余亿元、基坑开挖深度达 32.5 m 的天津站枢纽工程已部分开挖到底, 多条地铁正在建设, 高度近 600 m 的中国第一高楼 117 大楼、高度 360 m 左右的津塔、中钢大厦均已开工和即将开工, 超高层建筑云集的响螺湾也正在火热建设中。大量的深基坑工程正在等您来参观指导。

会议组委会热诚邀请全国同行来天津畅谈我国基坑工程的技术与发展, 也热情邀请您给天津的基坑工程给予指导。

为提前安排好代表的食宿, 请拟参加本次会议的代表在接到本通知后至 9 月 20 日前将《参会回执》传真、EMAIL 或信

寄至组委会秘书处。

会议有关事宜通知如下:

(1) 会议时间: 2008 年 10 月 16~18 日, 10 月 15 日报到。

(2) 会议地点: 天津市天宇大酒店(天津市和平区电台道 19 号)。住宿宾馆: 天津市天宇大酒店, 天伦瑞嘉晋滨大酒店(天津市和平区鞍山道 135 号)。

(3) 会议收费标准: 正式代表 900 元(含资料费、餐费), 家属 600 元, 住宿费用自理。

大会秘书处联系方式:

天津大学土木工程系: 刘畅, 徐激抒, 陈文立; 地址: 天津市南开区卫津路 92 号; 邮编: 300072; 联系人: 刘畅, 徐激抒, 陈文立; 电话: 022-27402341, 13821202109, 13920990790, 13821162221; 传真: 022-27402341; 电子信箱: jikengtj@yahoo.cn。

(天津大学 供稿)