

成孔方法对灌注桩承载力的影响

靖向党 张树林 (长春工业高等专科学校 土建工程系 长春 130021)

提 要 分析桩土体系的荷载传递机理,以及桩基侧阻力、端阻力的成孔工艺影响因素,并就目前常用成孔方法对桩基承载力的影响进行了探讨,提出了增加单桩承载力的有效措施。

关键词 灌注桩 成孔方法 承载力 侧阻力 端阻力

第一作者简介 靖向党,男,1957年生,教授。1982年1月毕业于中南工业大学探矿工程专业。毕业后一直从事钻探工程、岩土与基础工程的教学、科研和教学管理工作。现任长春工业高等专科学校土建工程系主任。

灌注桩以其桩长、桩径灵活多变,噪声污染小,成本低等优点,近年来得到迅速发展,成为应用最广泛的一种深基础。但由于地基土的多变性和施工工艺因素的影响,灌注桩的承载力及成桩质量不稳定,给桩基承载力设计带来一定困难。因此,本文试图通过对桩基侧阻力和端阻力的分析,就成孔工艺方法对单桩承载力的影响进行探讨。

1 单桩总极限承载力

众所周知,单桩总极限承载力 Q 为总极限侧阻力 Q_s 与总极限端阻力 Q_b 之和。由于桩的长度、直径及桩端土层性质等不同,在极限承载状态下, Q_s 和 Q_b 发挥作用的程度也不同。因此有摩擦桩、端承摩擦桩、摩擦端承桩和端承桩之分。但无论哪种类型的桩,其承载力决定于 Q_s 或 Q_b 或两者。

1.1 总极限侧阻力 Q_s

根据成孔、灌注桩的施工工艺过程,灌注桩成桩后通过一个“水泥土带”或叫“硬壳层”与地基土紧密结合,形成一个整体,如图1所示。水泥土带是水泥或砂与地基土共存的一个区域。由于地基土性质及成孔工艺方法不同,该区域可以是砂中水泥浆渗入形成,如在砂、砾类土中;也可以是孔壁凹凸不平砂填补形成,或填补加渗透形成,而且水泥土带的宽度各异。

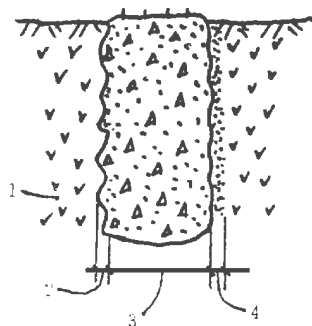


图1 灌注桩示意图

1—地基土; 2—水泥土带; 3—桩体

桩在工作时,由于荷载作用于桩头,迫使桩身压缩向下运动,对桩周介质产生剪切作用。剪切滑动面可能是桩体与水泥土带界面,也可能在水泥土带中,还可能是水泥土带与地基土界面,或在地基土中,这完全取决于它们间的内聚力 C 和内摩擦力 F_i ,即剪切强度。其中 F_i 与深度有关。一般来讲,前两种情况由于其内聚力较大,强度高,不会发生。剪切滑动面常常是后两种情况的一种。如果地基土的 C 和 F_i 小于水泥土带与地基土界面的 C 和 F_i ,则剪切滑动面产生于紧靠界面的土体中;否则剪切滑动面即为该界面。可见,水泥土带宽有利于增加桩的承载力,而且由于不同的成孔方法会引起桩周土内聚力 C 和内摩擦角 ϕ 的变化。因此,桩的极限侧阻力 q_s 不仅与地基土性质有

关,而且与成孔工艺方法和埋深等有关,即

$$q_{si} = _i [C_i + K_i (P_i + V_i z) \operatorname{tg} h_i] \quad (1)$$

式中: q_{si} ——桩周第 i 层土不同深度的极限侧阻力; $_i$ ——成孔方法对桩周不同土层的影响系数; C_i ——桩周不同地基土的内聚力(砂土为零)或桩周土与水泥土带间的内聚力; K_i ——桩周不同地基土的侧压力系数; P_i ——第 i 层土的上覆压力; V_i ——桩周不同地基土的容重; z ——第 i 层土的深度变化(见图 2); h_i ——桩周不同地基土的内摩擦角或桩周土与水泥土带间的摩擦角。

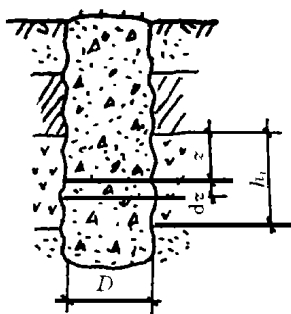


图 2 总侧阻力计算图

因此,根据图 2,每层土的总侧阻力 Q_i 为:

$$\begin{aligned} Q_{si} &= \int_0^{h_i} \pi (D + \Delta i) q_{si} dz \\ &= \int_0^{h_i} \pi (D + \Delta i) _i [C_i + K_i (W_i + V_i z) \operatorname{tg} h_i] dz \\ &= \pi (D + \Delta i) h_i [C_i + K_i (P_i + V_i h_i / 2) \operatorname{tg} h_i] _i \quad (2) \end{aligned}$$

则桩的总极限侧阻力 Q_s 为:

$$Q_s = \sum_{i=1}^n Q_{si} \quad (3)$$

由此可见,桩侧阻力的设计,除应考虑桩的尺寸和地基土性质外,还必须考虑成孔工艺方法的影响,即水泥土带的宽度 Δ_i 和成孔方法引起桩周土内聚力、内摩擦角的变化等。

1.2 总极限端阻力

桩在工作中,随荷载增加,桩的侧摩擦

阻力由上至下逐步发挥出来,从而使桩身荷载与桩身压缩变形随深度递减。当荷载大于某一值时,桩端出现竖向位移和桩端阻力,而且桩端位移加大了桩身各截面的位移,从而促使桩侧阻力进一步发挥。在一定桩端位移下,桩端阻力的大小取决于地基土的天然特性、扰动程度及孔底沉渣厚度等。一般天然结构的地基土如在施工中被扰动,则其承载力会降低,压缩性增加,对于灵敏性高的粘土更为明显;孔底沉渣会大大增加沉降量,降低桩端阻力,影响桩基极限承载力的发挥。而这些均与成孔工艺及清孔方法密切相关。因此,端阻力的确定也必须考虑施工工艺方法的影响,即:

$$q_p = T q_{pi} \quad (4)$$

式中: q_p ——极限端阻力; q_{pi} ——桩端地基土载荷试验值,可由深层平板载荷试验确定,或静力触探端阻确定; T ——成孔工艺方法影响系数。

则总极限端阻力为:

$$Q_b = \pi D_b^2 T q_{pi} / 4 \quad (5)$$

式中: Q_b ——总极限端阻力; D_b ——桩端直径。

2 常见成孔方法对 Q_s 和 Q_b 的影响

2.1 非挤土成孔法的影响

非挤土成孔法,包括螺旋钻成孔法、人工挖孔法、套管护孔法、正反循环回转钻进法,除套管护孔法的贝诺特施工法外,均由于孔内土体的排除,孔壁内的地基土产生径向应力释放和微量变形(而且孔径越大、地基土粘性越小,此作用越大),从而导致地基土的内聚力 C 和内摩擦角 h 降低。根据(1)式,如剪切滑动面发生在地基土内,则侧阻力 q_{si} 降低。其中螺旋钻、人工挖孔和套管护孔法属干作业法,均具有平整的孔壁。因此,除砂砾土层外,水泥土带均较窄,桩的位移滑动剪切面发生在靠近界面的土体内;而对于泥浆护壁的钻孔灌注桩,由于泥浆的

液柱压力作用,土体径向产生应力释放较干作业中螺旋钻和人工挖孔法小(但比套管护孔法大),且泥皮的渗透性很小,水泥浆不会渗入或通过,这样泥皮就形成一个弱剪切滑动面,引起侧摩阻力的降低。但采用该方法成孔时,往往会形成凹凸不平的不规则孔壁,尤其在不均质地层中,灌注砼后会形成宽的水泥土带,不仅增大了实际桩径,而且剪切滑动面主要在地基土内。所以,泥浆护壁钻孔灌注桩在不形成非常平滑孔壁的情况下,泥皮不会对侧阻力产生太大的影响。相反,在砂砾层中,由于孔壁的不规则性和扩径,有利于承载力的提高。图3为 $\varnothing 570 \text{ mm} \times 6 \text{ m}$ 的灌注桩在松散至致密砂层中的 $Q-S$ 曲线,其中桩3和4进行了桩底和桩周灌浆。由图可见,泥浆护孔法的承载力较全套管护孔法还高些。因此,《建筑桩基技术规范》(JGJ94-94)规定,桩的极限侧阻力取值,在各类土层中水下钻(冲)孔桩与干作业钻孔桩一样;在各种砂层中水下钻(冲)孔桩略高些。

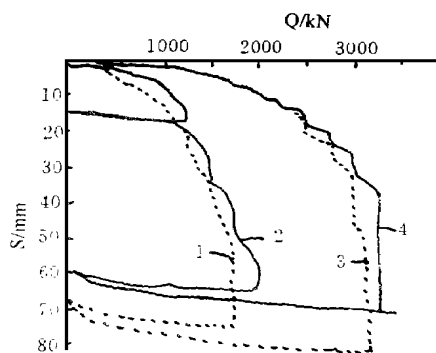


图3 桩载荷 Q 与沉降 S 曲线

1 3-全套管护孔法; 2 4-泥浆护孔法

非挤土成孔法中除人工挖孔法外,成孔后孔内必然留有扰动的土(虚土)或沉渣排不净。这些虚土或沉渣的多少因成孔方法、钻头结构、泥浆性能、操作工艺和清孔方法等不同而有所差异,沉渣或虚土量越大,则桩的沉降量越大,端阻力迟迟发挥不出来,

$Q-S$ 曲线为陡降型。因而,对端承桩、摩擦端承桩,以及对沉降要求严格的桩基,必须采取有效措施控制或清除沉渣。

2.2 部分挤土成孔法的影响

部分挤土灌注桩会在成孔或灌注过程中对桩周土产生一定的挤压,如冲击钻成孔、螺旋钻压注成桩。其中冲击钻成孔法只在钻孔过程中由于钻头对孔底的冲击产生对孔底和孔壁的挤压,而且因有护孔泥浆存在,也会在孔壁上形成泥皮。该法一般用于含砾、卵石的不均质地层,孔壁往往是凹凸不平的。因此,其成孔工艺方法对桩侧阻力和端阻力的影响基本同非挤土泥浆护壁法。

螺旋钻压注成桩法是在螺旋钻成孔基础上,从钻头底压注水泥浆(或砼),边压注边上提直至水位以上或地面桩顶,然后下放钢筋笼、填碎石、补浆成桩。由于压注作用使桩底虚土胶结、压密,端阻力提高,沉降量减小;同时水泥浆的压密、渗透和胶结作用,使桩周土,尤其是粒状地层的内聚力和内摩擦角提高,再加上压注的扩径作用,可使侧阻力增加。因此该法依据注浆压力和地层的不同,桩基承载力均有不同程度的提高,一般可提高1倍以上。

2.3 挤土成孔法的影响

挤土成孔法是将桩孔的土体全部挤入桩周而成孔,使桩周土密实,其内聚力和内摩擦角有明显提高。但由于孔壁致密、平滑,水泥浆不可能渗入,水泥土带宽几乎为零,桩在工作时的剪切滑动面即为光滑的孔壁。因此,桩土间的内聚力小,桩侧阻力较低。如《建筑桩基技术规范》(JGJ94-94)中规定:沉管灌注桩的极限侧阻力标准值均比水下钻(冲)孔桩和干作业钻孔桩小。但该法因挤密作用而端阻力提高。

3 结论与建议

(1)灌注桩成孔工艺方法对其承载力的影响,根据桩径与地基土性质不同而影响不

同。对桩侧阻力的影响主要是不同成孔方法会引起桩周土发生不同的应力、应变场变化和产生不同类型与宽度的水泥土带或扩径现象。在同样条件下,螺旋钻压注成桩法的总极限侧阻力最大,其次是非挤土成孔法和冲击钻孔法,最小的是沉管法。对于端阻力的影响主要是桩底虚土或沉渣厚度、扰动和压实程度等。在相同条件下,挤土法沉管灌注桩端阻力最大,其次是螺旋钻压注成桩法,再次是干作业人工挖孔法,最小的是干作业螺旋钻、泥浆护孔回转钻及冲击钻成孔法。

(2)泥皮虽然是弱的剪切滑动面,但泥浆护孔施工法往往会产生凹凸不平的孔壁和扩径,使剪切滑动面主要产生于桩周土中,因而不会引起桩侧阻力降低。

(3)根据桩基荷载传递机理,为了充分

利用桩侧阻力,提高桩基承载力,建议采用成桩后桩周注浆的工艺方法,或在砼中掺加膨胀剂制成膨胀桩孔灌注桩。

(4)应采用合理的成孔方法、钻头结构和加工工艺,减小对孔底的扰动并有利于排粉。采用有效的清孔方法,尽量减少孔底的虚土或沉渣。采用桩底注浆工艺可收到很好的效果。

4 参考文献

- [1] 中国建筑科学研究院.建筑桩基技术规范.中国建筑工业出版社,1995.
- [2] P. A. Thompson.基础灌注桩和树根桩.探矿工程译丛,1997,(2).
- [3] 叶作仁.福州市高层建筑桩基承载力的影响因素.地基基础工程,1993,(2).
- [4] 张波.膨胀桩孔灌注桩.岩土工程师,1994,(4).

Effect of Drilling Methods on Bearing Capacity of Bored Pile

Jing Xiangdang Zhang Shulin

(Changchun Advanced College of Industry Changchun 130021)

Abstract The load transfer mechanism in the pile-soil regime is analyzed with the drilling aspects which affect the pile shaft and end resistance. The effect of the commonly used drilling methods on the bearing capacity of bored pile is explored, and the effective measures to increase the bearing capacity of the stand-alone pile are proposed.

Key words drilling methods, bored pile, bearing capacity, shaft resistance, end resistance