

钻孔桩的桩顶混凝土下沉冒水泛砂原因分析

骆 嘉 成

(浙江省第十一地质大队, 浙江, 温州, 25006)

摘要: 近几年来, 在温州地区钻孔灌注桩的施工与验收过程中, 桩顶混凝土常出现三种现象: 下沉、冒水、泛砂, 严重影响到基桩的工程质量。本文从环境因素、材料因素、工艺因素出发, 结合钻孔灌注桩的施工经验, 分别对上述三种现象的形成原因进行分析研究, 并作出相关解释, 同时对三种现象之间的关联也作出相应的说明, 期望对有效预防上述现象和提高基桩质量有所帮助。

关键词: 钻孔桩 混凝土 冒水 泌水效应

Causes Analysis on Concrete Sinking, Water Emitting and Sand Exuding on the Top of Bored Piles Luo Jiacheng (No.11 Geological Unit of Zhejiang Province, Wenzhou, Zhejiang, 325006)

Abstract: In recent years, three phenomena including concrete sinking, water emitting and sand exuding, are usually appeared on the top of concrete bored piles in the process of inspection and construction in Wenzhou City. These phenomena seriously affect the engineering quality of bored piles. Therefore, combining with constructing experience, the forming causes of the above mentioned phenomena respectively in view of environment, material and technology were analyzed in this article. Also, relevant explanations about the causes were made and corresponding instructions to the relationship between the three phenomena were done, which was expected to effectively prevent the above phenomena and to improve the quality of bored piles.

Key words: bored pile; concrete; water emitting; bleeding effect

0 引言

钻孔灌注桩作为基桩的重要类型之一, 被广泛应用于公民建、道路、桥梁的基础中。近几年来在钻孔灌注桩的施工与验收过程中, 桩顶混凝土经常出现下列三种现象: 下沉、冒水、泛砂, 这些现象有三个明显特征: 其一, 破坏性大, 桩顶一般是桩身受压力最大且应力集中的位置, 若出现上述问题引起质量缺陷, 将会严重影响上部结构安全与使用功能; 其二, 隐蔽性强, 若不仔细观察可能发现不了上述现象, 或者忽视上述现象与工程质量之间的关联; 其三, 欺骗性强, 即使在同一工地或同一班组所成的桩, 也不一定均出现上述现象, 这点对上述现象的原因分析及理论解释带来很大的困难, 甚至显得说服力不够。国

内有些文献涉及到上述问题，只是对可能会引起上述问题的原因进行罗列或分类，缺乏针对性与指导性。本文将从环境因素、材料因素、工艺因素三个方面对上述现象进行分析论证，期望对每种现象能作出准确、合理解释，对钻孔灌注桩的管理者和操作者有指导意义。

1 混凝土下沉

1.1 混凝土下沉现象

混凝土下沉是指桩身混凝土浇注完毕后不久桩顶混凝土突然下降，不满足设计标高，但混凝土的质量没有发生变化。这种现象发生非常隐蔽，由于大部分钻孔灌注桩因有地下室而不需要将混凝土浇注到地表，故在开挖后常出现桩顶标高不足而接桩，总误认为是混凝土欠浇而引起的，下图 1 与图 2 是典型桩顶混凝土下沉效果记录。根据我们在温州软土地区了解的桩顶混凝土下沉的经验数据：发生下沉的时间一般在桩身混凝土浇注完毕后 2 小时以内，下沉深度一般在 1~3m 范围，最大下沉深度可达 7.3m。



图 1 试桩 GB2 刚浇注完毕效果



图 2 试桩 GB2 浇注完 50 分钟后效果

1.2 混凝土下沉原因分析

混凝土不会凭空消失，在排除孔壁与孔底存在孔洞的前提下，下沉的混凝土必然是使桩身扩径变粗了。因为流态的混凝土对孔壁产生侧压力，孔壁在侧压力作用下必然发生径向变形而产生扩径效果，由于不同土层的变形能力不同，故产生扩径效果也不相同，例如砂砾层难扩径，淤泥层易扩径，而且软土变形量大，持续时间长，所以在混凝土浇注完后一段时间内软土层仍然持续扩径，导致桩顶混凝土下沉。

1.3 混凝土不下沉条件

桩顶混凝土下沉原因是桩身扩径，扩径的内因是孔壁变形，外因是桩身混凝土产生侧压力，在桩身混凝土浇注过程中对孔壁任意点的侧压力 P_i 等于该点以上的泥浆侧压力 P_n ，混凝土侧压力 P_h ，及导管捣插混凝土产生侧压力 P_d 之和(其中 L 为地表至任意点深度)， P_k 为孔壁受挤压后产生抗侧压力，其大小与土层结构和变形量有关，其任意点的力学平衡关系式为：

$$P_i = P_{n(L-i)} + P_{hi} + P_{di} = P_{ki} \quad (1)$$

当混凝土浇至地表时， $P_i = P_{hL}$ ，桩顶混凝土不下沉条件为：

$$P_{hL} \leq P_{ki} \quad (2)$$

由于孔壁软土层 P_k 值偏小，若软土层中任意点 P_{ki} 能承受混凝土侧压力 P_{hL} ，则该桩顶混凝土面不会下沉。

1.4 混凝土下沉影响因素与预防措施

由上述公式(2)可知，预防混凝土下沉有两条途径，一方面降低混凝土的侧压力 P_h ；另一方面增大孔壁抗侧压力 P_k ，这两个方面同时作用效果会更好。

(1) 降低混凝土侧压力 P_h

混凝土侧压力大小与其配合比、流动性及凝结时间相关联，故在软基地区浇注混凝土时，在能保障可灌性的条件下，不建议使用缓凝型混凝土；混凝土坍落度取下限；浇注混凝土时间不宜太快；使用轻型混凝土等措施。

(2) 增大孔壁抗侧压力 P_k

孔壁受到混凝土与泥浆侧压后变形，随着变形量的增加，孔壁抗侧压力 P_k 亦增加，但在浇注过程中 $P_{n(L-i)} + P_{hi}$ 无法达到其最大值 P_{hL} ，故需要导管捣插挤压来补偿侧压力不足，其值为 P_{di} ，相当于在浇注过程中预先完成最大侧压力扩径效果，将公式(1)变形即可得到 P_{di} 值：

$$P_{di} = (P_h - P_n)(L-i) \quad (3)$$

由公式(3)可知， P_{di} 值大小与泥浆面埋深 $L-i$ 成正比，也即是混凝土面越低，越需要插管挤压孔壁提供侧压力。具体措施：在软基中，尤其在软基深部尽量多埋管，频繁捣插，适当放慢浇注速度，让孔壁在插管作用下有足够变形时间，最终通过加大变形量来提高 P_k 值。即使混凝土质量完全相同的情况下，由于浇注时间长短、插管次数与重点部位、埋管深度等工艺因素的差别较大，也会影响桩顶混凝土下沉，这也解释了为何同一工地不是所有的桩顶混凝土下沉的原因，所以影响桩顶混凝土下沉的因素有材料因素与工艺因素。

2 混凝土冒水

桩顶混凝土冒水有两种表现形式，第一种冒水是在混凝土刚浇注完毕时至初凝前；第二种冒水是在混凝土凝固以后，一般在桩头凿除后待验收才发现的。不管是哪种冒水形式，都必须同时具备两个条件：压力与水流通道，另外，必须弄清楚这水是来自地层中还是混凝土中，这对分析冒水原因十分关键。下面分别就这两种冒水形式进行原因分析。

2.1 第一种冒水原因分析

当混凝土刚浇注完毕时，从桩孔中冒出类似泥浆的液体，象“泉眼”冒水，呈褐黄色，味臭，偶伴有气泡逸出，随着时间延长，冒水量降低，水慢慢变清澈，直到混凝土初凝时冒水结束，整个过程一般持续 8 小时左右。在冒水的同时，桩顶混凝土各组分分层沉降，造成离析，但前述桩顶混凝土下沉只是标高降低，并无冒水与分层沉降现象。

钻孔桩在成孔时，由于泥浆作用会在孔壁上形成泥皮，阻隔地层中的水与泥浆交换，否则，将会引起孔口泥浆面的变化。水下混凝土本身是防水的，地层中的水不可能渗透到混凝土中并从中冒出，而且从上述冒水的现象与过程来分析，桩顶冒水应该与混凝土有关联。温州地区钻孔桩在 2006 年以前是采用现场自拌混凝土，那时并没有出现桩顶冒水现象，自拌混凝土与商品混凝土配比成份差异是使用外加剂。

混凝土公司在保证强度前提下，尽管减少用水量与水泥用量以节约成本，同时为保证混凝土的和易性，延长混凝土凝结时间，必然要使用减水剂与掺合料等外加剂，若外加剂使用超量，必然产生明显的泌水效应，形成上述冒水现象，严重的泌水效应会影响混凝土的耐久性与各项力学性能。

2.2 第二种冒水原因分析

这种现象多发生在基桩验收时，有清水从桩顶混凝土的裂缝、空洞、松散的砂砾间冒出，且持续时间长，冒水量一般不会变化，与第一种冒水现象相比，第二种冒水现象并不是很普遍，也不是桩顶有裂缝或空洞存在就必然发生冒水现象。

由于该冒水是发生在混凝土终凝后，可以排除是混凝土内部的水，只能是地层中的水。一般在基坑开挖后，桩周土与地表土的水位存在水头差是形成冒水动力，由于各种原因（例如混凝土离析、气栓），形成桩身结构的缝隙，且该缝隙与桩顶和桩周土是贯通的，将桩周土中的水引导出来形成第二种冒水现象。

3 混凝土泛砂

混凝土泛砂是指桩身浅部有大量的松散细骨料，基本没有粗骨料，胶结物含量少，泛

砂的位置一般在桩顶、桩侧、桩中间、钢筋周围，泛砂截面明显呈湿印，剖面上存在水流纹路，胶结状态自上而下由松散变密实，强度明显偏低，下图为典型桩顶混凝土泛砂现象。



图 3 桩中泛砂现象



图 4 桩侧泛砂现象



图 5 钢筋周围泛砂现象

混凝土的泌水效应结果是粗细骨料分层离析，其中比重大的粗骨料下沉速度快，细骨料下沉速度慢，从混凝土中泌出的水分向上运动，水在向上运动过程携带出的水泥颗粒，造成细骨料中无胶结物或胶结物减少，如同被水“淋洗”过的砂子，所以混凝土泛砂是与第一种冒水情况相关联。减水剂是混凝土产生泌水作用的内因，泌水效应是产生冒水动力，并形成泌水压力，减水剂种类与加量决定泌水能力与压力。

泌水通道是由浅到深逐渐发展的，不同深度的水分向上运动的路径长短与阻力不同，其携带水泥颗粒的能力与效率有差别，故胶结物的含量自上而下也是由少变多，泛砂层密实度和强度也有相应变化。另外，泌水反应时间受初凝时间控制，初凝时间受缓凝剂种类与添加量控制，故混凝土的泌水深度也是有限的，一般泛砂深度在 10m 以内。由于泌水通道不相同，所以泛砂位置与形态也各不相同，但即使发生泌水效应，泌水通道无法形成，则混凝土只是骨料分层，并不会形成泛砂现象，所以不是每根桩都会发生泛砂现象，泌水效应是发生泛砂现象的必要条件。合理地使用减水剂与缓凝剂，是有效地控制桩顶混凝土泛砂的关键。

4 结论

(1) 混凝土下沉的内因是孔壁土软易变形，外因是混凝土侧压力对孔壁的挤压产生桩身扩径，预防措施：通过降低混凝土流动性而减少其侧压力；在浇注混凝土过程中通过插管预先对孔壁挤压扩径来消除后期混凝土再下沉。

(2) 混凝土冒水有两种形式：第一种冒水来自混凝土内部，原因是混凝土产生泌水效应；第二种冒水来自孔壁土层，原因是桩顶与孔壁土层之间缝隙贯通，且存在水头差。

(3) 混凝土泛砂原因与第一种冒水现象相关联，泌水效应导致混凝土分层离析并产生泌水压力，水流过程中携带出细骨料中的水泥颗粒，形成泛砂现象，泛砂现象与泌水效应

和泌水通道有关系。

参考文献

- [1] 孙立宝.混凝土灌注桩桩头渗水的处理及预防措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5):86-88.
- [2] 金维芬,姚建阳. 钻孔灌注桩桩顶冒水原因分析及处理[J]. 工程质量,2006,(9):40-42.
- [3] GB50164-2011,混凝土质量控制标准[S].
- [4] 胡海滨. 冲孔灌注桩顶冒浆分析与质量控制的施工技术[J]. 中国水运,2013,(8):236-238.
- [5] 王哲等. 灌注桩桩身泌水的原因分析与控制[J]. 化学工程与装备,2015,(5):114-116.
- [6] 严新华. 混凝土泌水的影响及控制——从深桩基桩头泌水危害谈起[J]. 商品混凝土,2012,(3):53-54.
- [7] GB50119-2013,混凝土外加剂应用技术规范[S].
- [8] JGJ94-2008,建筑桩基技术规范[S]