

文章编号: 1002-0268 (2004) 12-0062-04

桥梁灌注桩基础钻芯检测浅探

郝红卫

(河南省鹤壁市公路管理局, 河南 鹤壁 458030)

摘要: 桥梁灌注桩基础是隐蔽在地下的深基础, 又是在施工现场浇灌制成的, 其质量问题就显得尤为重要, 但因受地质、水文等情况及施工中的各种因素影响, 易造成桩基断桩、扩孔、缩径、混凝土离析等质量缺陷。如何准确检测灌注桩的施工质量是关系桥梁安危的重要问题, 目前常用的桥梁灌注桩基础质量检测方法主要分无破损检测和局部破损检测法, 本文重点对局部破损检测法中的钻芯检测法进行介绍并通过一工程实例进行探讨。

关键词: 灌注桩; 钻芯; 质量检验

中图分类号: U443.15⁺4

文献标识码: A

A Brief Introduction to Core-drilling Test to Cast-in-place Pile of Bridge

HAO Hong-wei

(Hebi Bureau of Highway Management, Henan Hebi 458030, China)

Abstract: Located deep under ground and cast-in-situ, the quality of the cast-in-place piles of bridge is very important. Due to geologic and hydrogeologic conditions as well as constructional factors, quality defects would occur, including broken pile, expanded or shrink hole, concrete dissociation etc. Therefore, how to accurately test the quality of pile is the key point, for it has direct relation to the safety of a bridge. At present the basic methods are mainly divided into non-destructive and partial destructive ones. This article highlights the core-drilling test and introduces the process by a practical engineering project.

Key words: Cast-in-situ pile; Core-drilling; Quality test

随着公路建设的迅猛发展, 桥梁桩基工程被大量的应用。由于桩基属于地下隐蔽工程, 因此对桩基的质量检查尤为重要。桥梁工程中的桩基础主要有钻孔灌注桩与挖孔灌注桩。桥梁灌注桩(包括钻孔灌注桩和挖孔灌注桩)成桩质量通常存在两方面的问题, 一是属于桩身完整性, 常见的缺陷有桩基断桩、扩孔、缩径、混凝土离析及桩顶混凝土密实性较差等; 二是嵌岩桩, 影响桩底支撑条件的质量问题主要是灌注混凝土前清孔不彻底, 孔底沉淀厚度超过规定极限, 影响承载力。桩基础施工质量的检验, 随着长、大桩径及高承载力桩基础迅速增加, 传统的静压桩试验已很难实施。目前, 常用的灌注桩质量检测方法主要分无破损检测和局部破损检测法, 本文着重介绍局部破损检测法中的钻芯检测法。

1 灌注桩质量检测方法

1.1 无破损检测方法

(1) 超声脉冲检验法 该法是在检测混凝土缺陷技术的基础上发展起来的。其方法是在桩的混凝土灌注前沿桩的长度方向平行预埋若干根检测用管道, 作为超声发射和接收换能器的通道。检测时探头分别在2个管子中同步移动, 沿不同深度逐点测出横断面上超声脉冲穿过混凝土时的各项参数, 并按超声测缺原理分析每个断面上混凝土的质量。

(2) 振动检验法 所谓振动检验法又称动测法。它是在桩顶用各种方法(例如锤击、敲击、电磁激振器、电水花等)施加一个激振力, 使桩体乃至桩土体系产生振动, 或在桩内产生应力波, 通过对波动及振动参数的种种分析, 以推定桩体混凝土质量及总体承载力的一类方法。

(3) 射线法 该法是以放射性同位素辐射线在混凝土中的衰减、吸收、散射等现象为基础的一种方法。当射线穿过混凝土时, 因混凝土质量不同或因存

在缺陷,接收仪所记录的射线强弱发生变化,据此来判断桩的质量。由于射线的穿越能力有限,一般用于单孔测量,以便了解孔壁附近混凝土的质量,扩大钻芯法检测的有效半径。

1.2 局部破损检测方法

目前常用的局部破损检测方法是钻芯检验法,该法是用钻机从达到养护龄期的灌注桩的顶面竖直向下钻取混凝土芯样,检查芯样的连续性,测定桩身是否有夹层断桩,从芯样的结构鉴定其是否严重离析;将部分芯样整理,量其直径和长度,鉴定其混凝土强度。

2 钻芯检验法实施细则

2.1 钻芯检验法适用范围

对灌注桩的质量检验,当设计有规定时或对桩的质量有疑问时,包括施工过程中发现的疑问或进行无破损检测时发现的异常均应进行钻芯检验作进一步的判断。

2.2 桩身混凝土钻探取芯

在钻芯检测法中,钻取芯样是主要环节,采取的芯样质量好坏直接关系到对整个桩基质量评价的准确性。影响桩身完整性及质量的主要缺陷有:断桩、夹泥桩、缩径、桩底沉渣太厚、混凝土离析、胶结差、强度不足等。在取芯过程,遇到钻进速度突然加快,则可能钻遇断层、夹层、混凝土严重离析层、缩径层、灌注时坍落进入桩身的砂土等,遇此情况应立即停钻,测量孔深位置,记录异常情况,然后才可继续钻进穿过病害层并取出相应层位的芯样。对局部缺陷的桩,如夹泥、缩径等,因缺陷范围只占桩截面的部分,则有可能取芯孔未穿过该部分而未能发现缺陷,从而留下事故隐患。对此,当施工过程或无破损检测怀疑桩基有此类缺陷,就应增加钻芯孔数,钻孔位置布置时可将孔位偏向外侧,如按等距离布置3个钻孔取芯,这样才能比较准确反映此类桩的缺陷情况。钻孔布置一般又不能太靠近边缘,且钻孔要垂直钻进,否则易碰上钢筋笼而无法钻进或钻眼斜出桩体外而取不到芯样。钻取混凝土芯样直径宜为混凝土所用集料最大粒径的3倍,一般以100~150mm为宜。芯样采集的数量按桩基总数的3%~5%比例确定且不少于2根灌注桩。芯样的钻取一般采用国产浅孔岩心钻机及变量泥浆泵,并配有金刚石钻头,以减少对混凝土芯样的扰动。采集混凝土芯样是取芯验桩的主要环节。为了尽可能完整地反映桩身混凝土的连续性、有无质量病害事故等,要求混凝土芯样的采集率达到95%以上,并保持原始状态,无自磨、碎裂现象,取出的芯样不得以水冲洗。柱桩的芯样应超过桩底50cm。

取出的芯样要自上而下按顺序编号排列,不得颠倒、丢失、更换,芯样上写明孔号、回次数、起至深度、总块数、块号,并在取样试验前及时拍摄芯样全部照片。取芯过程及取出的芯样应由监理工程师监督检查及验收,芯样还应妥善进行保存,对和基岩胶结混凝土芯样和质量缺陷层芯样应予以蜡封,装入铁皮箱或不透气的容器内保存。

对桩基取芯后留下的钻孔,如不考虑下一步处理缺陷时利用,应立即采取水泥压浆封孔,若利用钻孔处治桩基缺陷,待处治完成应立即封孔。

2.3 芯样外观检查

应对混凝土芯样进行现象描述,作出质量记录,说明芯样的凝固情况、连续性、密实性。每个桩号的芯样,应详细描述有关裂缝(缝中不含泥)、夹层断桩(层中夹泥土)状况。同时应做密实性检查,检查芯样存在的离析状况和气孔、泥洞及其位置、尺寸与分布情况,必要时拍下照片。还应检查桩底有无沉淀土及其厚度、基岩持力层的岩性和标高、嵌岩深度、与基岩胶结情况及其他质量缺陷等。

2.4 芯样抗压强度试验

钻取芯样之后,除了对桩基的完整性作出评价外,当灌注桩施工时监理工程师或承包商制取的混凝土试块经试验后强度不足或对试块的强度结果有怀疑时,应对钻取的芯样取样进行抗压强度试验,对桩身混凝土强度作出评价。影响混凝土芯样强度的因素很多,除了原材料、施工工艺方面的因素外,芯样试件的取样位置、试件的尺寸及数量等方面也是重要的影响因素。因此,如何选择具有代表性的试件是评价桩身混凝土强度的重要条件。

(1) 抽取芯样

1根桩的芯样通常都比较长,选取芯样抗压的试件只是其中的很小一部分,而桩身混凝土灌注过程受到许多不确定因素的影响,取出的芯样在各个不同的位置强度差别就可能比较大,如有些部位混凝土胶结较差、骨料较少、试样表面粗糙,这些部位强度一般都比较低,如芯样表面光滑、完整,则强度会比较高。如何取样,现行试验规程没有明确的规定,因此会出现不同的取样位置会有不同的试验结果,这样就容易出现争议。建议每根桩按不同位置采取1组或多组试件,试样长度不应小于直径的0.95倍,也不应大于直径的2.1倍,超出该范围则芯样不能做抗压强度试验。

(2) 测量芯样尺寸

在芯样的中间及两个 $1/4$ 处按两个垂直方向测量3对直径,确定芯样的平均直径,精确至1.0mm;钻

取芯样直径两端侧面的长度及端面加工后的长度，其尺寸差应在0.25mm之内，取其平均值作为试件平均长度L，精确至1.0mm。

(3) 芯样抗压试验状态要求

为了使试验结果反映实际情况，芯样放置有干法和湿法两种，采用干法时（即按自然状态进行试验），应在室内放置自然干燥3d。按湿法（即按潮湿状态进行试验），应在(20±2)℃的清水中浸没40h，当急需试验结果时可放入抽气缸中进行抽气饱和1h即可。

(4) 芯样的平整度及垂直度

由于平整度不好会引起偏心受压，在进行抗压试验时使芯样一边接触受压，而另一边仍未接触，形成局部受压，从而使强度降低。一般来讲，因偏心受压可使强度减少5%~15%，故芯样须用双面磨平机进行磨平处理或用硫磺或环氧树脂处理，中国工程建设标准化协会标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》要求芯样端面的平整度在100mm内小于0.1mm，用角尺紧靠芯样端面上，再用塞尺测量与端面的间隙，或者将芯样放在水平面上，上部放一水平尺，看气泡是否居中，如不居中，须再进行磨平处理，但这点要求在试验中常常不易做到。

芯样经过磨平后，其平整度能达到试验要求，则芯样垂直度也能达到试验要求，《钻芯法检测混凝土强度技术规程》中要求芯样垂直度用游标量角器测量，两个端面与圆柱面的夹角应小于0.1°，或者用指角尺测量一端，芯样圆柱面间隙小于1mm即可。

(5) 抗压试验

其步骤见《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)所示，建议使用YA-1000电液式压力试验机，选取20%量程，强度大于30MPa则可选40%量程。压力试验机上压板与双球座装置相连，由于试验机有双球座装置，使其具有微调功能，消除芯样平整度小于0.01mm状况的因素，从而有利于得到准确的抗压强度。根据大量对比试验得知，同样的芯样，有双球座装置的压力试验机的芯样抗压强度是无双球座装置压力试验机芯样抗压强度的1.1~1.2倍。而对于灌注桩混凝土芯样强度为25MPa左右，这个影响因素是不能忽视的。

参照《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)，芯样抗压强度小于30MPa时，选取速率为0.3~0.5MPa/s，芯样抗压强度大于30MPa时，选取速率为0.5~0.8MPa/s，据有关文献介绍，因速率不同，差异在10%~20%，见表1。主要原因是速率过大，试验机的双球座装置来不及调整，芯样与上压板

之间未完全接触，产生偏心受压，从而抗压强度偏低，故建议采取0.3MPa/s的速率。

表1 不同速率的抗压强度对比试验

编号	芯样深度 h	芯样直径 /mm	速率 $\text{MPa}\cdot\text{s}^{-1}$	芯样抗压强度/MPa	速率不同的强度差异/%
1~9	5.6~6.2	100.0	0.3	27.5	11.3
	5.6~6.2	100.0	0.8	24.4	
	15.2~15.7	100.0	0.3	26.8	11.9
	15.2~15.7	100.0	0.8	23.6	
	19.5~20.0	99.9	0.3	29.5	11.9
	19.5~20.0	99.8	0.8	26.0	

2.5 芯样抗压强度计算

(1) 试件直径为15cm、长度为30cm的标准试件，其抗压强度按下式计算

$$R_c = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi d_m^2}$$

式中， R_c 为混凝土芯样抗压强度，MPa； P 为极限荷载，N； A 为受压面积， mm^2 ； d_m 为芯样截面的平均直径，mm。计算结果精确至0.1MPa。

(2) 当使用芯样直径为150mm，而长度不是其2倍的非标准试件时，则所测算抗压强度应乘以表2长度与直径比修正系数，方可相当于标准试件的抗压强度。

表2 芯样试件长度与直径修正系数表

长度与直径比 L_m/d_m	2.0	1.75	1.50	1.25	1.00
修正系数	1.00	0.98	0.96	0.93	0.89

(3) 当芯样试件直径不是150mm，应按表3乘以换算系数，才相当于直径等于150mm的抗压强度。

(4) 将不同直径和不同直径长度比的钻芯按表2、表3换算成 $\Phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的抗压强度后再按表4换算成 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的标准方块试件强度。

表3 不同芯样直径的强度换算成直径150mm的强度系数表

芯样养护状态	不同直径的换算系数		
	150mm	100mm	75mm
自然养护	1	1.03	1.08
浸水养护	1	1.03	1.10

表4 圆柱体试件强度换算成方块试件强度换算系数表

混凝土等级	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55
换算系数	1.25	1.20	1.167	1.143	1.125	1.111	1.100	

3 依据检测结果判定桩基质量

3.1 芯样外观检查判定

通过混凝土芯样外观检查，判定桩基的连续性、密实性。未发现裂缝、断桩等缺陷，即可对桩基的连续性作出合格判定；未发现混凝土有离析状况和气孔、泥洞等缺陷，可对桩基的密实性作出合格判定。

3.2 芯样混凝土强度判定

通过对钻取的芯样进行抗压强度试验,如混凝土强度评定合格,可判定桩身混凝土质量合格,但因现行试验规程对取样位置没有明确的规定,因此会出现不同的取样位置会有不同的试验结果,这就需要监理、设计、检测等有关技术人员共同研究,合理确定取样位置,以使检测结果尽可能真实、准确地反映桩基混凝土质量。

4 工程实例

4.1 钻芯检测及结果

某大桥上部结构为5~30m预应力钢筋混凝土工型组合梁,下部结构为钢筋混凝土圆柱式墩台,钻孔灌注桩基础。设计要求施工过程中应对灌注桩逐桩进行超声波无损检测,并对经超声波无损检测判定桩身混凝土质量为II类、IV类、V类的桩进行钻芯检测。灌注桩施工过程中,逐桩预埋3根钢声测管,灌注桩施工完成达到养生龄期后进行超声波无损检测,计有1根桩判定为II类桩,1根桩判定为IV类桩,无V类桩。

判定为II类桩,IV类桩的灌注桩分别为大桥3号墩的1[#]桩和2[#]桩,设计混凝土强度为C25,桩径均为1.5m,桩长28m。超声波检测2[#]桩在距桩顶7m左右混凝土质量差、桩身有较重缺损,与设计、施工、监理各方共同研究后决定在1[#]桩中心布设1个钻孔,钻孔深度26m,芯样直径100mm,取芯检查桩身质量。2[#]桩在桩顶钢筋笼内侧按等距离布设3个钻孔,钻孔深度均为28m,芯样直径100mm,取芯检查桩身质量。钻芯检测严格按上文介绍实施细则进行,检测结果见表5。

表5 1[#]桩和2[#]桩钻芯检测成果表

桩号	钻芯号	取芯深度/m	芯样直径/m	抗压强度/MPa	长度与直径修正后强度/MPa	圆柱体试件强度
						换算为标准方块试件强度/MPa
1 [#] 桩 (II类桩)	1 [#] -1	6.3	100	26.5	23.6(26.5×0.89)	28.3(23.6×1.2)
		16.6	100	25.8	23(25.8×0.89)	27.6(23×1.2)
		24.7	100	25.1	22.3(25.1×0.89)	26.8(22.3×1.2)
2 [#] 桩	2 [#] -1-1	7.1	100	21.5	19.1(21.5×0.89)	22.9(19.1×1.2)
		7.2	100	22.2	19.8(22.2×0.89)	23.7(19.8×1.2)
		6.9	100	20.7	18.4(20.7×0.89)	22.1(18.4×1.2)
2 [#] 桩 (IV类桩)	2 [#] -1-2	8.3	100	26.1	23.2(26.1×0.89)	28(23.3×1.2)
		17.9	100	25.9	23.1(25.9×0.89)	27.7(23.1×1.2)
		26.2	100	26.8	23.9(26.8×0.89)	28.7(23.9×1.2)

根据钻芯检测结果,参照灌注桩施工日志及其他检测试验数据,可判定1[#]桩质量合格,可直接进入下道工序。2[#]桩钻芯检测不合格,施工日志记载混凝土浇灌过程中因交通堵塞,灌注作业曾中断近3h,从而造成继续灌注的混凝土顶破表层上升,将有

浮浆泥渣的表层覆盖包裹,形成断桩。2[#]桩必须进行补强处理方可使用。

4.2 处理缺陷

经与设计单位、监理单位、检测单位研究商定,2[#]桩补强处理利用钻芯检测的3个钻孔进行压浆处理,具体步骤为:(1)选择3个钻芯检测孔中任意2个用作压浆的进浆孔,另一个用作出浆孔。(2)用高压水泵向2个进浆孔同时压入清水,压力不宜小于0.5MPa,将夹泥和松散的混凝土碎渣从另一孔中冲出来,直到排出清水为止。(3)用压浆泵压浆,第1次压入水灰比为0.8的纯水泥稀浆(水泥采用42.5级以上标准),进浆管应插入钻孔1m以上,用麻絮填塞进浆管周围,防止水泥浆从进浆管口冒出,等孔内原有清水从出浆口压出后,再用水灰比0.5的浓水泥浆压入。为使浆液得到充分扩散,应压一阵停一阵,当浓浆从出浆口冒出时,停止压浆,用碎石将出浆口封填,并用麻袋堵实。(4)最后用水灰比0.4的水泥浆压入,并增大灌浆压力至0.7~0.8MPa,稳压闷浆20~25min,压浆工作全部结束。(5)压浆结束后,根据压浆时制取的试块试验强度,在压浆后第9d又进行了钻孔取芯检查压浆效果,仍利用原有3个钻孔位置再次钻芯检测,在原断桩处制取3个试件进行抗压强度试验,结果远大于设计强度,表明断桩处理成功。取芯后留下的钻孔用水灰比0.4的水泥浆立即封孔。

5 结语

本文对桥梁灌注桩的钻芯质量检验法作了简单的介绍,并通过一工程实例进行示范,旨在使大家对桩基的局部破损检测有一个较完整的、正确的认识,以便在工程实践中能恰当地运用这一方法为工程建设服务,同时也建议国家有关部门对桥梁桩基钻芯检测尽快制定出更科学、更详细具体的试验检测评定方法,提高钻芯检测法的准确性、可操作性。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通部.公路桥涵施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2000.
- [2] 路桥集团第一公路工程局.公路施工手册(桥涵)[M].北京:人民交通出版社,2000.
- [3] 中华人民共和国交通部.公路工程水泥混凝土试验规程[S].北京:人民交通出版社,1994.
- [4] 中华人民共和国行业标准.基桩低应变动力检测规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [5] 中华人民共和国行业标准.钻芯法检测混凝土强度技术规程(CECS 03-88)[S].北京:中国建筑工业出版社,1988.