

波速确定在基桩反射波法检测中的应用*

江志红 汤其刚

(江苏宏建工程造价咨询有限公司,江苏 盐城 224002)

摘要:通过对桩身混凝土中应力波波速的讨论,提出了建筑场地工程桩平均波速的确定方法,为采用反射波检测方法校核工程桩长度,判定缺陷深度提供了方便。

关键词:基桩;反射波法;平均波速;影响因素;参考桩

中图分类号:TU470

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2005)04-0060-03

基桩结构完整性的反射波检测,其理论基础是一维波动理论。根据一维波动理论,竖向敲击引起的质点振动,其传播过程,可以用下式表示:

$$I(L') = C \cdot \Delta t / 2$$

公式反映了桩长 I (缺陷深度 L')、应力波传播时间 Δt 与应力波在桩身中的平均速度 C 之间的关系,其中应力波传播时间是指应力波由桩顶(检测面)至桩底(或缺陷位置)再返回到桩顶的时间。

1 影响混凝土桩身波速的因素

桩身混凝土中平均波速与多种因素有关:除与混凝土强度有关外,还与混凝土的骨料品种、粒径级配、密度、水灰比等有关;与成桩时间、养护条件、成桩方法、桩周土约束条件、桩身材料阻尼和桩身截面阻抗变化等因素有关;甚至与检测方法(高低应变)和检测手段(锤的材质、锤击方法和激振能量等)有关。可见,桩身混凝土中应力波的传播速度影响因素十分复杂,混凝土强度只是其中的一个首要因素。波速与桩身混凝土强度的整体趋势呈正相关关系,即强度高波速也高,但二者并不为——对应关系。例如,混凝土中密闭气孔的存在,使波速明显降低。某钻孔灌注桩工程,设计混凝土强度等级为C25,浇筑龄期3个月后的混凝土强度已达到或超过C30,实测波速较低(2400~2600m/s),与正常波速相差(3400~

4000m/s)较大。观察破桩后混凝土块体特征:坚硬、锐利、断面青灰亮泽,敲击声音清脆,也显示了桩身混凝土强度较高^[1]。

混凝土材料性质对波速的影响反映在许多方面:例如,应力波波速通常随混凝土中粗骨料含量的增多、粗骨料粒径的增大、粗骨料石材强度的增高而增大;随混凝土级配的改善、混凝土密实性的提高而增大。由于应力波在钢材中的传播速度(5000~5200m/s)高于混凝土中的传播速度,配筋率的改变不会对混凝土桩的波速产生明显的影响。由于钢筋本身是一根弹性杆件,对于直径较大的钢筋杆件,在地面上可以通过反射波法检测获得较理想的实测波速。然而,一旦这根钢筋与混凝土桩浇筑在一起,钢筋已与混凝土体构成整体,钢筋本身已不再是一根独立的弹性杆件,反射波法的理论基础已不能适用。因此,采用反射波法是无法检测桩身中的配筋深度的。

养护条件对波速的影响具有以下规律:自然条件养护波速最低,蒸汽养护次之,水中养护波速最高。由于混凝土灌注桩通常是处在桩周为饱和土体的环境下,其养护条件比较接近水中环境,有利于波速的测定。

成桩工艺对桩身波速的影响表现在诸多方面:例如,锤击打入土中的预制桩,由于锤击过程中可能产生的桩身晃动作用,上部桩身尤其是地表下6m之内,桩周摩阻力严重削弱,土体对桩身

* 收稿日期:2005-09-16

作者简介:江志红(1970-),女,江苏盐城人,工程师。

的阻抗明显减小,使波速有所提高。混凝土灌注桩随着成桩龄期的增长,一方面桩周摩阻力不断恢复,增大了土对桩的阻抗作用,使波速有所降低;另一方面,随着成桩龄期增长,桩身混凝土强度不断提高,应力波在桩身中的传播速度不断增大,但增大的幅度随时间呈逐渐衰减趋势。并且,对于桩基来讲,波速随混凝土桩体浇筑龄增加而提高的总趋势,是不会受其它因素的改变而变化的。例如,某模型桩场地的4根预制桩,经过10余年后,桩身混凝土的平均波速已有原来的4200m/s提高到4600~4700m/s。

检测方法对桩身混凝土波速的影响已被实践所证实。例如,敲击方向不能与检测桩顶面垂直,否则会产生横波效应。考虑横波效应时敲击桩顶引起质点振动的应力波波速 $C' = \sqrt{E/\rho - \mu^2 k^2 w^2}$, 显然小于无横波效应时的波速 $C = \sqrt{E/\rho}$ 。可见,反射波法检测中对于短桩采用短柄手锤,对于长桩或大直径桩采用力棒敲击,其目的都是为了保证敲击方向与检测桩顶面垂直。又如,在同一根桩上,采用不同材质的锤头敲击桩顶时,在同一波速(4050m/s)下得到不同的桩长,以铁锤敲击最短(7.83m),尼龙锤次之(7.95m),橡皮锤敲击最长(8.07m)^[2]。这组测试结果反映了锤头材质愈坚硬,激振主频率愈高时,应力波在桩身中的传播速度有提高趋势。由此可见,采用反射波法检测桩身结构完整性,是通过改变锤击的重量及锤头材料,以改变冲击放射波的脉冲宽度及频率,才能对不同直径的桩长采集到有用的信息,对桩的结构完整性作出正确判定。

桩身结构完整性对波速也有一定影响,桩身混凝土局部离析或有杂质存在,会降低桩身混凝土在此部位的密实性使波速降低。桩身在某一部位的扩颈,增大了桩周土对该截面处的阻抗作用使波速有所减小。

综上所述,影响应力波在基桩中传播速度的因素错综复杂,对一根具体的桩来讲,往往同时受多种因素影响,不能孤立地去分析。根据广大检测工作者的实践经验,正常情况下桩身混凝土达到浇筑龄期(28d)时的波速,其分布范围如表1所示。

对于某项具体工程来讲,可以根据该工程可能出现的波速影响因素,通过综合分析判定,选择适合该工程的正常波速范围。

表1 波速分布范围
Table1 distribution of wave velocity

基桩类型	混凝土强度等级	正常状态波速范围(m/s)
灌注桩	C20	3200 ~ 3800
	C25	3400 ~ 4000
预制方桩	C30	3600 ~ 4200
	C40	
PC	C60	4200 ~ 4400
PTC		
PHC	C80	4200 ~ 4500

2 桩身混凝土平均波速的确定

同一建筑场地的同一批桩型中,由于受多种因素影响,波速出现10%之内的波动是正常的。可根据工程对象、桩身混凝土的浇筑龄期,并通过参考桩的波速测定,合理确定检测场地的平均波速,以此对工程桩的结构完整性作出判定。具体做法是:同一场地检测桩数一般不宜少于10~20根,选择其中5~10根,能提供比较可靠施工桩长记录,并有明显桩底反射的完整桩作为参考桩。取参考桩的平均波速作为该批工程桩的平均波速,以核对工程桩的实际桩长,判定缺陷桩的缺陷位置。对于混凝土灌注桩来讲,由于桩的真实长度是不能预先知道的,根据施工记录确定的桩长只是一个近似数值,通过平均波速反推的缺陷位置与实际位置会有一定的误差。

当实测参考桩的平均波速严重偏离正常波速范围时,应对打桩施工记录进行详细核对。检查打桩记录是否真实。此时,应将实测的平均波速调正至正常波速范围,按调正后的平均波速估算工程桩的实际桩长。平均波速比正常波速范围严重偏低时,一般施工记录提供的桩长是真实的,实测参考桩的平均波速也是客观的,造成这种现象通常有二种可能:一是桩身混凝土强度偏低,如桩身混凝土块体松散,呈褐黄色,敲击桩顶声音浑浊;二是桩身混凝土强度虽高,但混凝土块体中分布较多肉眼可见气孔,导致混凝土波速的严重偏低。

3 结语

桩身混凝土中应力波传播速度与多种因素有关,混凝土强度是其首要因素。采用反射波法检验桩身结构完整性,能否较正确地判定混凝土灌注桩的长度和缺陷位置,取决于能否合理选择工程桩的平均波速。

参考文献：

- [1] JGJ106 - 2002. 建筑基桩检测技术规范 [S] .
- [2] 庄恒. 混凝土桩的强度检测方法论 [J]. 河北大学学报. 1999 (2) 22 - 24.

Application of Wave Velocity Determination in Stake Inspection by Reflective Waves

JANG Zhi - hong ,TANG Qi - gang

(JiangSu HongJian Engineer Cost Consultation Ltd. JiangSu YanCheng 224002 ,China)

Abstract Stress wave velocity of the concrete in a stake is discussed , and the method to determine the average wave velocity of a stake in building plot is proposed in the study. The study makes it convenient to judge the depth of a defect by employing the wave reflection method to inspect the length of the stake.

Keywords stakes ; method of reflection wave ; average wave velocity ; influence factors ; reference stakes

(上接第 31 页)

- [2] 孙振龙. 风水冷滚筒式冷渣机的研制 [J]. 电站系统工程. 2002 ,(18) 2 : 26 - 29.
- [3] 毛鸿禧. 专利产品——SC 型气槽式冷渣机的开发 [J]. 山西能源与节能. 2002 ,(26) 3 : 16 - 18.

The Application of Spatular Slag - cooler in Circulating Fluidized - bed Boiler

LIU Shi - min

(Yancheng Thermal Power Co. Ltd. Jiangsu Yancheng 224007 , China)

Abstract :Via analysis of all kind of the slag - cooler's advantages and disadvantages , a new structure is brought forward. In this machine , slag is pushed toward with spatula and heat - exchanging. In water side it has no motorial airproof , without water leakage in running. The machine uses frequency conversion timing electromotor and preserves DCS interface , which is easy to realize automatization. Through application , it effects well.

Keywords circulating fluidized - bed boiler ; slag ; slag - cooler

(上接第 42 页)

Technical Condition of Liquor - making with Uncooked Materials Established by Straight Comparison

WU Yan - dong

(Huaiyin Institute of Technology , Huaian Jiangsu 223001 ,China)

Abstract :The paper discussed the best technical conditions of liquor - making with uncooked materials. By the orthogonal experiment the technics conditions were established when the Liquor yield ratio was the highest compared with the yield ratio of raw materials. That is pH value is 5 , ferment time 10 days , koji and materials ratio with 1.0% , ferment temperature 32℃ , water and materials ratio 300% .

Keywords 万向数据 making with uncooked materials ; liquor yield ratio ; technics condition ; comparison