

大直径深长桩的超声检测

高亚成, 吕民康, 罗增益

(河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 详细论述了超声波法质量检测原理, 通过工程实例讨论了预埋管超声波法对大直径深长混凝土桩质量检测的分析与评判技术方法. 实践表明, 该方法具有快速、准确、经济可靠的特点, 因此具有很好的工程应用前景.

关键词 桩; 质量检测; 超声波; 波速; 波幅

中图分类号 : TU47 **文献标识码** : A **文章编号** : 1000-1980(2002)01-0063-05

随着国家基础建设迅速发展, 众多的高楼、桥梁等基础工程采用大直径钻孔灌注桩的地基基础形式. 此类桩由于是在水下钻孔和灌注混凝土, 在施工过程中常遇到工程地质问题, 如地下水渗流、流砂层、淤泥层等, 带来塌孔和缩孔等客观因素的影响, 以及混凝土灌注过程中出现停顿、拔管过快或导管拔空等原因, 使桩容易产生离析、夹泥、断裂、缩径、疏松不密实等桩身缺陷. 为了确保工程桩的施工质量, 目前常采用低应变反射波动测法来检测桩身质量. 由于低应变反射波动测法对深部缺陷反应不灵敏的局限性, 当桩直径过大或桩长与桩直径之比 (L/D) 大于 30 时, 最有效的方法就是采用预埋管超声波检测法来检测桩身质量.

由于预埋管超声波检测具有仪器轻便、抗干扰能力强、观测准确度高、结果直观可靠的优点, 还具有可以在桩身中上下移动测试, 详细查明桩内部缺陷与性质、深度位置、范围大小、严重程度等优点, 因此超声波法检测大直径深长桩是最可行的方法.

1 超声波检测方法原理及技术

超声探测技术是利用高频率的超声波 ($10 \sim 500 \text{ kHz}$) 作为信息的载体, 来对混凝土构件进行探测的方法. 因采用频率高、波长短的声源, 故该方法的分辨率高, 对缺陷的反应灵敏. 当混凝土的组成材料、工艺条件、均质性以及测试距离都一定时, 超声波在其中传播的速度、首波的幅度和接收信号的频率等声学参数的测量值应该基本一致. 如果混凝土中局部存在离析、夹泥、断裂、空洞和不密实现象等缺陷时, 则在缺陷处声阻抗率减小, 波传播速度减低, 还会产生波的反射和绕射, 与正常混凝土相比较, 就出现声时偏长, 波幅和频率降低等异常现象. 根据此类异常的大小、形态, 结合工程地质条件就能综合判定混凝土中缺陷的性质、位置、范围大小及严重程度.

超声波测试原理实质上是将电能转换为机械能, 再由机械能转换为电能的一种能量转换过程. 具体说是由一声源信号发生器 (发射系统), 向压电材料制成的发射换能器发射一电脉冲, 激励晶片振动, 发射出超声波在混凝土中传播, 后经接收换能器接收, 把声能转换成微弱的电信号送至接收系统, 经信号放大后在屏幕上显示出波形图, 从图中读出首波幅值 (dB)、初至时间 (t), 由已知的探测距离 (L), 便可计算出超声波在混凝土中传播的纵波速度 (V_p)^[2]. 计算公式为

$$V_p = L/t$$

根据超声波在混凝土中传播的波速、波幅的变化情况, 以及工程中桩混凝土试块波速与强度的实验关系 ($V_p \sim R_c$) 回归公式, 即可对桩基混凝土的均质性和强度作出分析评价, 发现局部低速异常就可以作为缺陷存在的标志.

桩身质量分析包括桩身完整性和缺陷的分析,以及桩混凝土强度的分析.为确定一个桩有无缺陷异常存在,可从以下三个方面进行分析.

a. 波速判据分析.即以波速的小概率 $\bar{V}_p - 2S_V$ 作为判断有无缺陷异常的临界值,其中:

平均波速
$$\bar{V}_p = \sum_{i=1}^n V_{pi} / n$$

波速标准差
$$S_V = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{pi} - \bar{V}_p)^2 / n}$$

式中: V_{pi} —— i 点纵波速度; $\bar{V}_p$ ——平均波速; S_V ——波速标准差; n ——测点数. S_V 的大小也是桩混凝土均质性好坏的一项评价指标.

b. 波幅的判据分析^[1].波幅(衰减量)比声速对桩身缺陷的反应更灵敏,采用接收信号能量平均值的一半作为判断缺陷的临界值,声幅值通常以分贝表示:

$$q_D = u_q - 6$$
$$u_q = \sum_{i=1}^n q_i / n$$

式中: u_q ——衰减量平均值,dB; q_i ——第*i*点的衰减量,dB; n ——测点数.

若 $q_i < q_D$,即判定桩基在此深度处可能存在缺陷.

c. 混凝土强度分析^[1].以往在特大工程中一般按混凝土龄期 7,14,28 d 三组对桩混凝土灌注时制作的试块进行抗压强度前测定抗压面的波速(V_p),而且每组不少于 30 块,然后进行数学分析,得出适用于该工程的速度随时间的变化规律($V_p \sim t$),速度随强度的关系函数($V_p \sim R_c$).最后根据各桩超声波平均波速来推测桩体混凝土平均强度.

2 超声检测钻孔灌注桩工程实例分析

2.1 完整桩

完整桩的波速、波幅特征见图 1,该图为一桩长 68 m、桩径 2 m 的钻孔灌注桩超声波检测图.该桩平均波速 4 384 m/s,平均均方差小于 115 m/s,平均变差系数小于 5%,平均波幅 102 dB.检测图中三条曲线波速、波幅均大于临界值,在平均波速、波幅附近上下波动,非常直观地反映出该桩是混凝土均质性较好的优质桩.

2.2 缺陷桩

a. 夹泥离析断桩的波速、波幅特征见图 2,该桩长 56 m,桩径 1.2 m.从图中可以看出 21.5 m 处三条波速曲线均出现与波幅(衰减值快)相对应较好的低速异常.对照工程地质钻孔情况,此深度为亚粘土,不可能引起缩径,以此推断为断桩.后经施工方证实确为导管拔出拔空引起的夹泥离析断桩.

b. 缩径桩的波速、波幅特征见图 3,该桩长 30 m,桩径 1.5 m.从图中可以看出 18.5 m 处存在一低速异常区.后进一步采用多点发射,不同深度接收(扇形测量),又参照工程地质勘探资料表明此深度为流塑状淤泥层,因此推断为缩径桩.钻探三孔取芯查证确为缩径桩,桩中部混凝土连接较好,桩径 $1/4d$ 部位缩径厚度 80 cm.

c. 桩底部松散离析波速、波幅特征见图 4,该桩长 29 m,桩径 1.5 m.在桩底部均出现 1.2 m 左右低速异常区,由图推断为桩底部松散离析.经施工单位证实清孔过程中发现中细石英砂砾,清孔不易清干净,加上第一斗混凝土料斗太小,不易把桩底沉渣上翻浮起引起混凝土松散离析现象.

d. 局部缩径桩波速、波幅特征见图 5,该桩长 29 m,桩径 1.5 m.由于一预埋管堵塞,仅测到一支超声波波幅曲线在 23.5 m 处发现异常;后补低应变动测,低应变曲线在 11.7 ms 处出现缺陷反射,桩底反射清楚,桩平均波速 4 030 m/s.两种方法综合判定在 23.5 m 处缩径.施工方证实该深度混凝土灌注时,拔管不太顺利.

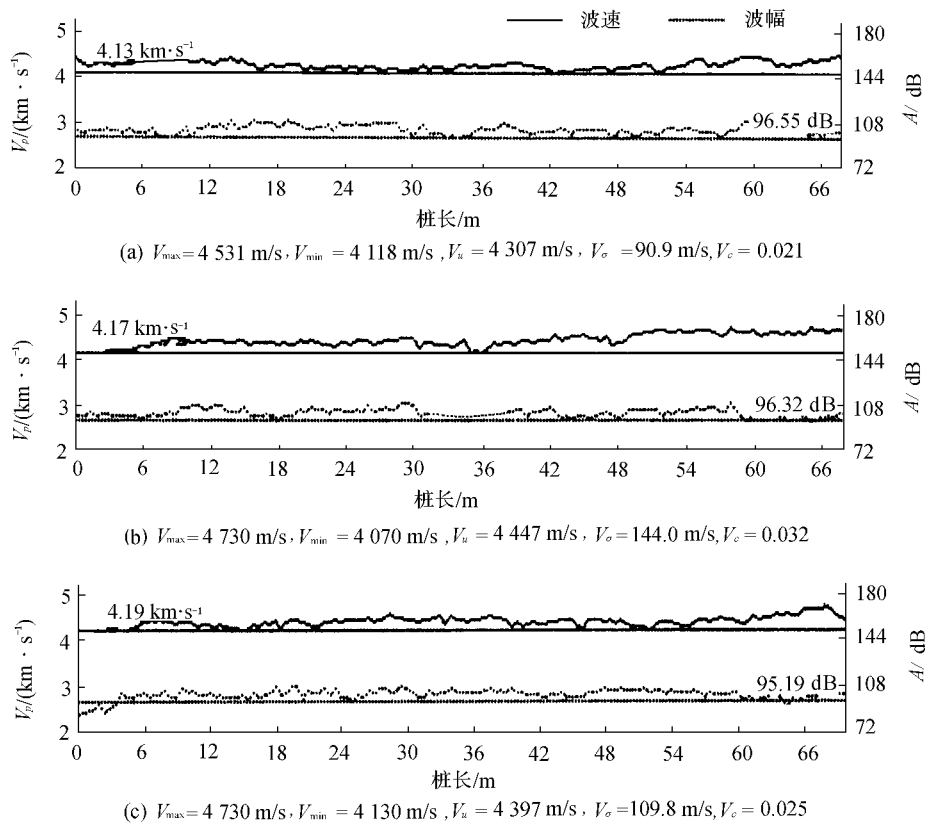


图 1 完整桩的超声波检测结果(桩号 21-3-4)

Fig.1 Results of ultrasonic inspection of complete piles(pile number : 21-3-4)

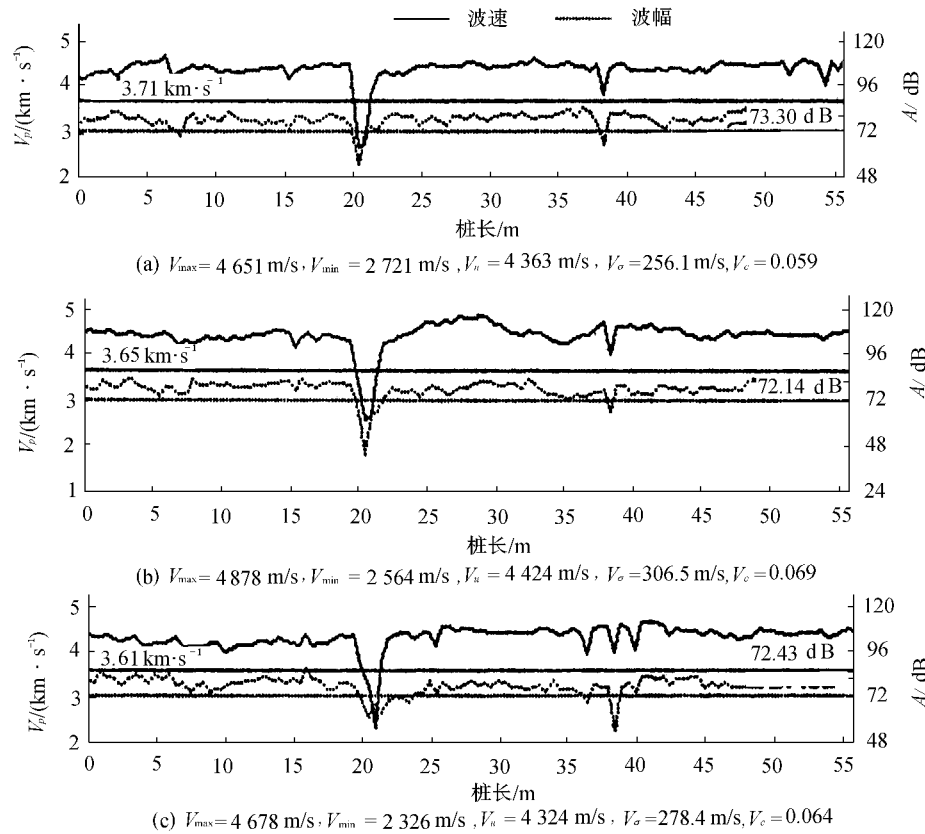


图 2 夹泥离析断桩波超声波检测结果(桩号 44B4)

Fig.2 Results of ultrasonic inspection of mud mixed separate break piles(pile number : 44B4)

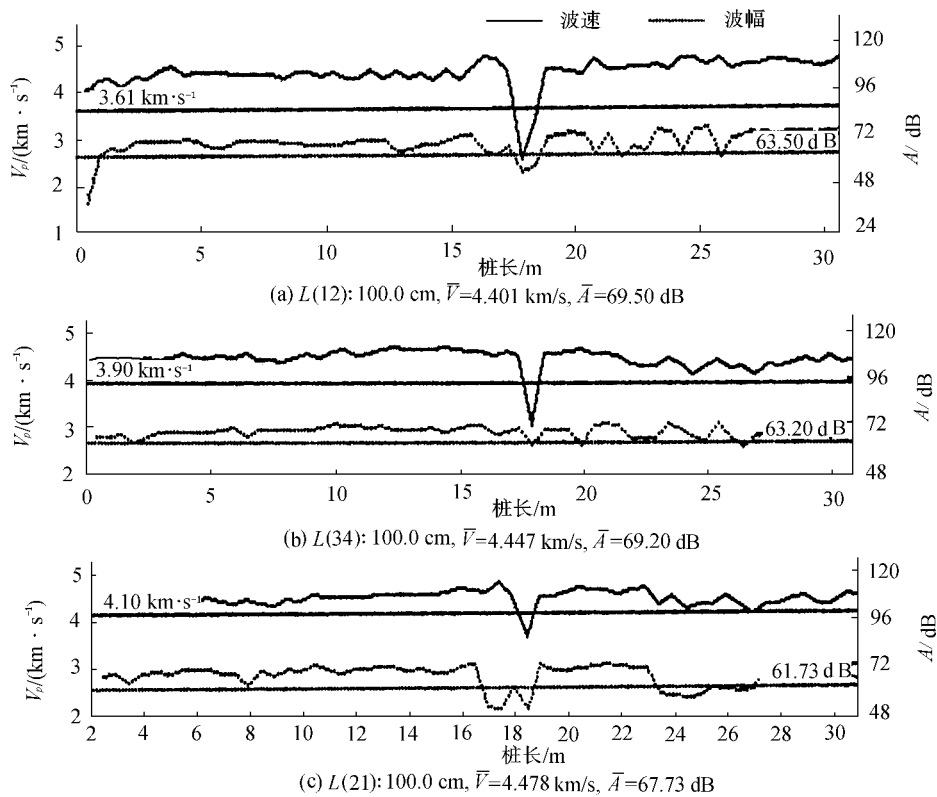


图 3 缩径桩的超声波检测结果(桩号 :16B)

Fig.3 Results of ultrasonic inspection of diameter shrink piles(pile number :16B)

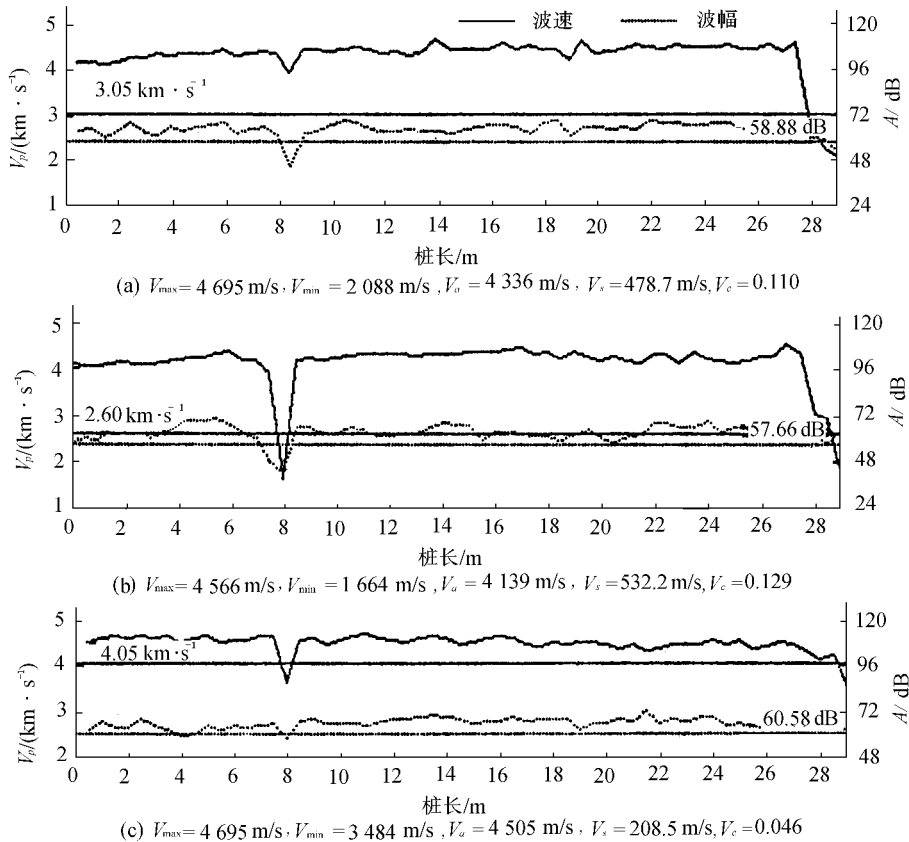


图 4 桩底部松散离析超声波检测结果(桩号 :11A2)

Fig.4 Results of ultrasonic inspection of loose separation at pile bottom(pile number :11A2)

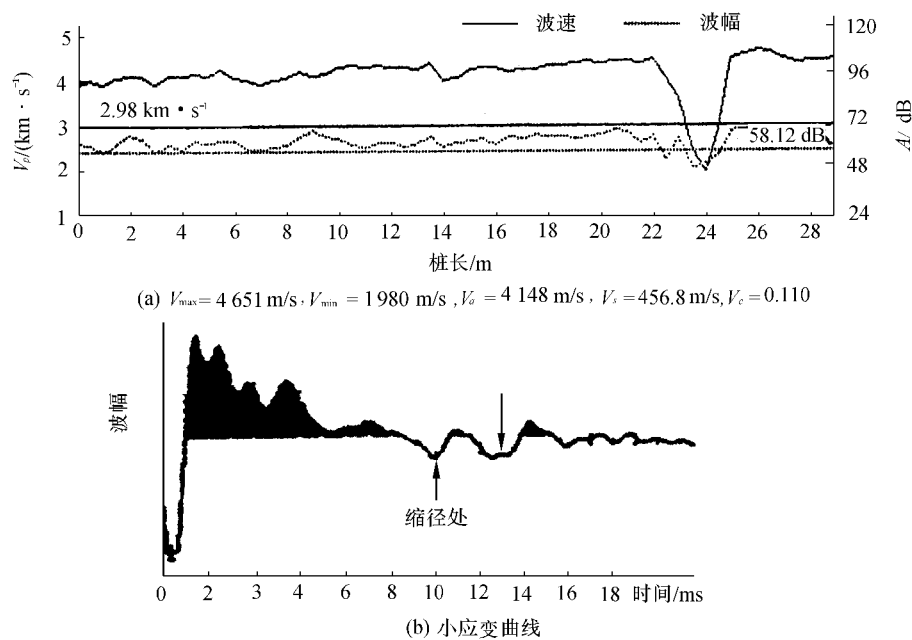


图 5 缩径桩检测结果(桩号 10A2)

Fig.5 Results of ultrasonic inspection of diameter shrink piles(pile number :10A2)

3 结 论

- a.预埋管超声检测结果充分说明,超声波法对大直径深长桩检测方法有效,准确度高,尤其适应重点工程单桩独柱的桩基础检测.
- b.超声检测不受桩长短的影响,由下而上逐点作等距离的测试,检测结果直观反映了桩身各个部位及其存在缺陷的确切位置、大小及严重程度等方面的质量信息.
- c.超声检测中发现的异常不能盲目定性,必须结合工程地质资料及施工资料综合判定,使结论更符合实际,有条件的地方可以结合低应变动测相互借鉴,互相印证.

参考文献：

[1] JGJ 93—95,中华人民共和国行业标准[S].
[2] CECS 21:90,超声法检测混凝土缺陷技术规程[S].

Ultrasonic Inspection of Large Diameter Long Piles

GAO Ya-cheng, LU Min-kang, LUO Zeng-yi
(College of Civil Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: The principle of quality inspection with ultrasonic wave is described. Through engineering projects, the embedded-pipe ultrasonic wave method is discussed for analysis and judgement of quality inspection of large diameter long concrete piles. Application shows that the present method is fast, accurate, economical, and reliable and thus has a wide scope of engineering application.

Key words: pile ; quality inspection ; ultrasonic wave ; wave velocity ; amplitude