

文章编号: 1005-0523(2007)05-0021-03

超声回弹综合法检测混凝土的抗压强度研究

陈志成, 周双喜, 王景环

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:以标准养护试块的试验结果建立无损参量“回弹值、超声声速—试块强度”的回归测强方程. 以同条件养护试块的试验结果, 采用修正系数法, 提出修正后的更接近工程实际的“无损参量—实体强度”回归测强方程. 依托某地区实体构件, 进行现场无损检测, 利用修正的回归方程推算结构实体的强度. 回归结果与工程实际符合, 可为该地区混凝土测强回归方程提供参考.

关键词:超声—回弹综合法; 回归分析; 修正系数; 抗压强度

中图分类号: TU112.7

文献标识码: A

1 前言

混凝土材料由于其抗拉强度相对较小, 可能会产生裂缝; 或因施工振捣不足, 内部易存在蜂窝狗洞; 或因建筑物使用期限过长而碳化、或预留试件不足与代表性不强、或施工期混凝土强度增长与建筑物的长期跟踪管理等, 都需要对混凝土结构物进行无损检测. 无损检测方法包括回弹法、超声法、射线法和垂直反射法等. 目前应用较多的是回弹法与超声法^[1-3].

通过实验建立超声波波速—回弹值—混凝土强度之间的相关关系, 用双参数来评定混凝土的强度, 即为超声回弹综合法, 实践表明该法是一种较为成熟、可靠的混凝土强度检测方法. 超声回弹综合法是以声速值、回弹值与混凝土强度之间的相关关系为基本依据, 在自然状态下测试出混凝土的某些物理量, 进而按相关关系推算出混凝土的特征强度. 用标养强度作为结构实体混凝土强度验收的依据有一定的局限性^[4-5], 同条件养护试块由于具有和结构实体相同的组分和养护条件, 可以比标养强度更接近构件混凝土的实际强度^[6]. 因此, 本研究通过试验建立了用超声回弹综合法测定混凝土强度的专门曲线, 并制备了与结构实体一致的同条件养护试块, 对依据标准养护建立的回归方程进行修正. 利用修正的回归方程推算结构实体的强度.

2 试验

2.1 试验仪器

试验中所采用的超声仪为: TICO 超声波混凝土检测仪, 回弹仪为 DIGI-SCEMIDT 2000 数显回弹仪, 压力试验机为 NYL-2000 型压力试验机.

2.2 试块的制作和养护

试块选用边长为 100mm 的立方体非标准试块, 三块为一组. 试块的强度等级设置为 C15、C20、C30、C40、C50、C60 六个强度等级. 根据原材料的性质及试块强度要求, 设计出符合工程实际且经济的混凝土配合比, 并在 C50 和 C60 两个等级的试块中加入减水剂, 成批打制试块前对每个强度等级进行试配, 使混凝土各项指标均达标.

试块的测试龄期分别为 28、42、56d, 每个龄期分标准养护(温度 20℃、湿度 95%)和自然养护两种. 每个龄期制作 12 组试块, 分标准养护和自然养护各 6 组, 共计 216 组.

每个龄期的试块按要求装模振捣后均放入标准养护室养护 24h, 然后编号拆模. 拆模后的试块按标准养护和自然养护分别放置. 采用标准养护的试块应放在标准养护室内架上, 彼此间隔为 10~20 mm; 采用自然养护试块应放在干燥通风的室内, 每块试块之间至少留有 10~20 mm 的间隙.

2.3 混凝土配合比

试验采用 6 组商品混凝土, 各强度等混凝土 1

m³ 中材料用量如表 1 所示.

表 1 1m³ 各原料用量

编号	配合比 (C:S:G:W)	各骨料用量(Kg)					
		水泥	水	砂子	大石子	小石子	外加剂
C15	1:2.45:3.99:0.65	288	187	705	920	230	0
C20	1:1.54:2.87:0.51	392	200	605	899.2	224.8	0
C30	1:1.95:3.46:0.56	327	183	638	906.4	226.6	0
C40	1:1.43:2.77:0.49	404	198	577	896.8	224.2	0
C50	1:1.51:3.07:0.44	401	176	605	982.4	245.6	2.406
C60	1:1.19:2.66:0.38	456	173	543	965.6	241.4	2.736

3 实验数据及结果分析

3.1 原始数据及拟合曲线

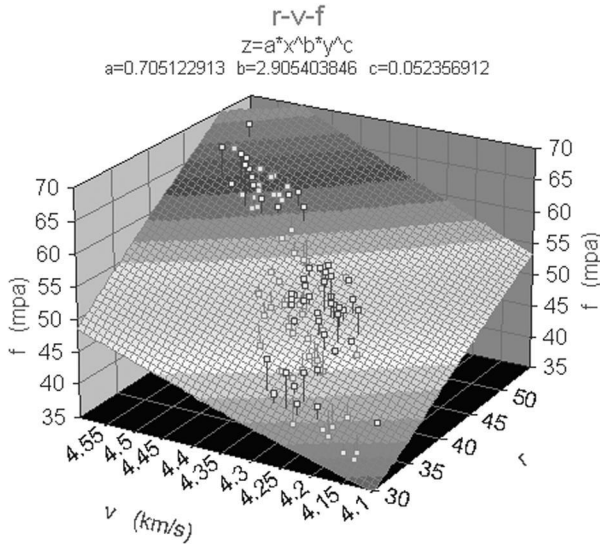


图 1 幂函数方程回归曲线图

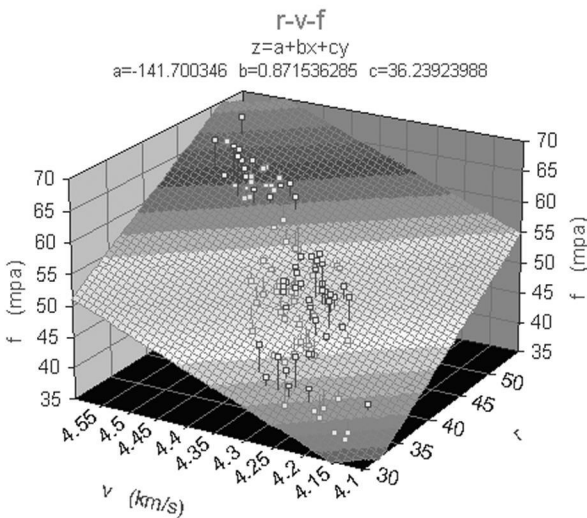


图 2 线性方程回归曲线图

本实验所制作的 216 块试块,其中 108 块为标准养护的试块,108 块为自然养护的试块.按照现行标准对数据进行处理将数据表中标准养护的 108 组回弹、声速和抗压强度值进行拟合,按规定得出线形

曲线、抛物线和幂函数曲线,得到的相关曲线如图 1~3 所示.

根据分析结果,提取相应的回归曲线方程如方程(1)~(3)所示,回归曲线的相关参数如表 2 所示.

幂函数回归方程: $z = 0.7051x^{2.91}y^{0.05}$ (1)

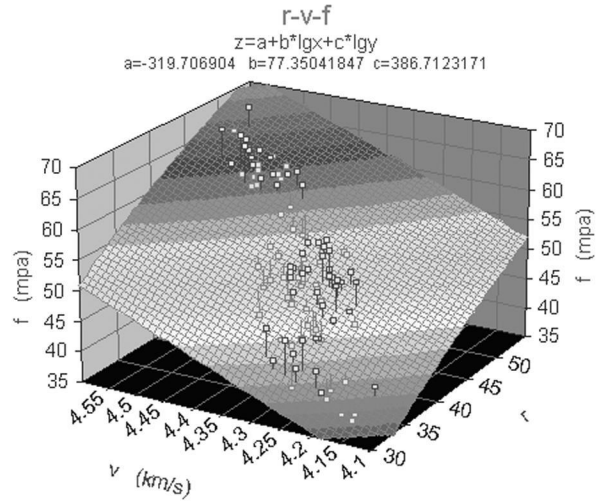


图 3 对数函数方程回归曲线图

线性回归方程: $z = -141.70 + 0.8715x + 36.24y$ (2)

对数函数回归方程: $z = -319.70 + 77.35lgx + 386.71lgy$ (3)

表 2 回归方程的参数计算

回归方程	相关系数	相关指数 标准误差	参数	参数值	参数标准 误差
幂函数方程	0.9109	2.38	a	0.705 1	0.076
			b	2.91	0.38
			c	0.05	0.012
线性方程	0.9118	2.37	a	141.70	16.70
			b	0.871 5	0.094
			c	36.24	4.58
对数函数方程	0.91	2.39	a	-319.70	18.30
			b	77.35	8.55
			c	386.71	44.72

3.2 结果分析

3.2.1 相对标准差及平均相对误差的计算

《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》规定,专用测强曲线,相对标准差小于等于 14%.

根据相对标准误差公式:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{cu,i}}{f_{cu,i}^c} - 1 \right)^2} \times 100\% \quad (4)$$

由上述图表可知,线性方程回归效果最好,按公式计算此方程的相对标准差为 7.3%,符合标准规程 $\sigma \leq 14\%$ 的要求.

平均相对误差 δ 公式:

$$\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_i}{f_{ni}} - 1 \right| \times 100\% \quad (5)$$

由表(4-4)可知,线性方程回归效果最好,按公

式计算此方程的相对平均误差为 3.6%,符合标准规程 $\delta \leq 12\%$ 的要求。

3.2.2 回归公式的确定

以上采用的是由标准试件测得的基准数据,由于混凝土实际使用状态与标准试件的使用条件有很大不同,因此,应采用同条件试件对回归公式进行修正,试件数量与标准试件同为 108 块。修正系数应按下式进行计算:

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{f_{cu,i}}{f_{cu,i}^e} \quad (6)$$

式中: η —修正系数,精确至 0.01

$f_{cu,i}$ —第 i 个立方试件抗压强度(MPa)

$f_{cu,i}^e$ —对应于第 i 个立方试件按线形回归公式计算的强度换算值(MPa)。

根据修正的系数的计算公式,按所选的超声回弹测强线性回归方程 $f_{cu} = 147.70 + 0.871 5R + 6.24V$ 得出的 $f_{cu,i}^e$ 与所对应的抗压强度代入修正系数计算公式得出相应的修正系数 $\eta = 0.983 36$,由此可得出经修正的超声回弹综合测强线性回归方程为 $f_{cu} = -139.34 + 0.856 998 2R + 35.64V$,此公式即为本次试验所得超声回弹综合法测强公式。

4 实体检测

实体构件浇注 28 天后,到施工现场进行了 4 次无损检测,由测出的回弹值、声速值推定实体构件混凝土强度,表 3 中数据分别代表了柱的 30 天、42 天、56 天、90 天强度。

由表 6 得出柱的 30 天强度达到 53.8MPa,与现场实际(柱设计为 C50 混凝土)符合较好,表明修正后的无损检测回归方程推定实体强度是正确的。

表 3 实体构件无损检测推定强度

构件	4月18日	4月30日	5月14日	6月17日
1	52.7	53.9	53.6	54.8
2	54.6	55.3	53.7	55.9
3	57.3	56.3	57.8	58.9
4	50.8	51.2	52.7	53.5

5 结论

本研究采用超声一回弹法检测混凝土非破损检测方法,对 108 组标准养护试块进行试验,通过数据统计处理得到不考虑碳化尝试影响的 C15~C60 综合法检测混凝土的回归测强曲线。依据同条件下养护试块的试验结果,采用修正系数法对标准养护试块建立的回归曲线进行修正,使之更符合实体强度。

参考文献:

- [1] 范鹤,刘斌.混凝土无损检测回归议程的研究[J].混凝土,2006,(4):14-16.
- [2] 余经发.用回弹法检测潮湿混凝土的抗压强度[J].混凝土与水泥制品,1999,(3):11-13.
- [3] 邱平.《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》修订简介[J].施工技术,2005,34(12):74-77.
- [4] M.T.Liang and J.Wu.Theoretical elucidation on the empirical formulae for the ultrasonic testing method for concrete structures.Cement and Concrete Research.2002(11):1763-1769.
- [5] Kraig Warnemuende and Hwai-Chung Wu. Actively modulated acoustic nondestructive evaluation of concrete[J].Cement and Concrete Research,2004,(4):563-570.
- [6] 童寿兴.混凝土假性碳化引起回弹法强度的误判[J].无损检测,2006,(8):406-408

Research on Nondestructive Methods of Rebound and Ultrasonic for Testing Concrete Compressive Strengths

CHEN Zhi-cheng, ZHOU Shuang-xi, Wang Jin-huan

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on standard curing blocks' experimental results, regression compressive strength equation with nondestructive parameter—test block strength is established. According to blocks' test results under the same curing condition and adopted correction factor method, corrected regression compressive strength equation with nondestructive parameter—entity strength that is approximated to actual project is brought forward. Related to project of somewhere buildings, nondestructive check is done on the spot and structural entity compressive strength is concluded by corrected regression equation. Regression conclusion accords with project fact and it brings references to forecast compressive strengths of buildings of somewhere regions.

Key words: rebound and ultrasonic method; regression analysis; correct factors; strengths compressive