

研究报告

回弹法检测潮湿或浸水混凝土强度的研究

张苏杭

(湖北省水利厅水电工程检测研究中心, 武汉 430071)

[摘要] 回弹法检测混凝土强度时经常会遇到表面潮湿或浸水混凝土, 因表面潮湿或浸水混凝土表面硬度降低, 采用回弹法对潮湿或浸水的混凝土进行强度检测容易产生误判, 必须进行修正。通过对同一标号的干湿混凝土现场检测, 所得数据进行二元对比回归分析, 提出了潮湿或浸水混凝土回弹法测强的修正方法, 并建立精度满足要求的回弹法检测潮湿混凝土的强度曲线方程, 可全面反映混凝土强度。

[关键词] 回弹法; 潮湿或浸水; 混凝土; 强度

[中图分类号] TV698.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)10-0099-04

无损检测技术不但是工程质量控制和可靠性监控的主要工具, 同时也是工程事故检测和分析的手段。回弹法检测混凝土强度是一种表层测试技术。由于回弹法简便、灵活, 日臻成熟, 国家在1985年、1993年、2001年分别颁布了回弹法测强技术规程, 使得回弹法在我国使用非常广泛并有了法规依据。2001年颁布实施的JGJ/T232-2001《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》中给出了计算混凝土强度的全国统一曲线, 同时明确规定该曲线只适用于表层干燥的混凝土, 不适用于潮湿或浸水混凝土, 不同的地区误差较大, 可制定专用的测强曲线或通过试验进行修正。在实际的检测工作中经常遇到潮湿环境下的混凝土, 目前国内外已研制出多种混凝土湿度计, 可以在工程现场快速方便地测出构件混凝土的含水率, 因此, 通过实际检测, 分析含水率对回弹法测强的影响程度, 并建立精度符合要求的潮湿环境下不同含水率的测强曲线, 对综合评价混凝土强度非常必要。

1 检测过程及结果处理

1.1 检测依据与仪器设备选取

在现场按照《回弹法检测混凝土抗压强度技术

规程》, 采用符合最新国家标准和行业标准中相关规程的要求的山东省乐陵市回弹仪厂制造的ZC3-A型中回牌混凝土回弹仪进行测试。

1.2 检测过程及数据的取得

在同一构件上选择裸露在自然条件下的表层干燥和潮湿或浸水的混凝土, 按JGJ/T23-92规定布置测区, 每一测区测量16个回弹值, 剔除其中3个最大值和3个最小值, 取余下10个回弹值的平均值作为该区取得的平均回弹值, 精确到0.1 MPa; 然后将两种状态下的回弹值 R_m , R_m^c , 按照对应的顺序记入表1中。

表1 测试数据处理记录表^[1-3]

Table 1 The record of the detection data processing

R_m /MPa	R_m^c /MPa	含水率 /%	R_m 值对数	R_m^c 值对数	R_m 修正值 /MPa
23.6	25.6	0.025	3.161 247	3.242 592	25.95
21.8	24.3	0.032	3.081 91	3.190 476	24.64
14.8	16.5	0.028	2.694 627	2.803 36	15.05
10.6	11.6	0.07	2.360 854	2.451 005	11.85
22.5	23.1	0.02	3.113 515	3.139 833	23.53
24.1	25.8	0.022	3.182 212	3.250 374	26.01
25.8	26.7	0.015	3.250 374	3.284 664	26.38
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[收稿日期] 2006-02-01; 修回日期 2006-06-09;

[作者简介] 张苏杭(1977-), 男, 河南太康县人, 湖北省水利厅水电工程检测研究中心工程师

1.3 含水率对强度的影响

对现场测试所得的含水率进行分析，做 $R_m - R_m^c$ 关系散点图，如图 1 所示。

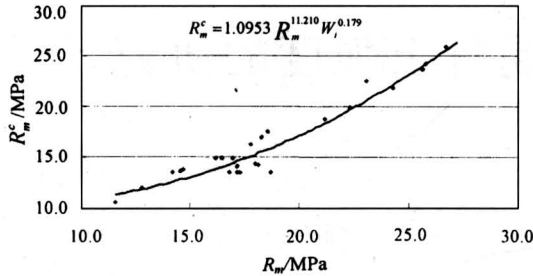


图 1 $R_m - R_m^c$ 散点图

Fig.1 $R_m - R_m^c$ scatter diagram

现场检测中发现，在相同的回弹值下，回弹值随含水率的减小而增大，在不同含水率情况下，依据国家统一回弹法测强曲线来检测及推定混凝土强度差别较大，因此在用回弹法测试潮湿混凝土强度时，应考虑含水率的影响。

1.4 检测数据处理 R_m

现场测得干燥和潮湿或浸水混凝土的回弹值 R_m^c ， R_m 及含水率 W_i 的检测数据，考虑到工程测量精度、计算简化的要求，拟合曲线幂函数和幂函数关系型式为

乘幂函数关系： $R_m^c = aR_m^b W_i^c$

指数乘幂函数关系： $R_m^c = aR_m^b e^{cW_i}$

式中 R_m^c 为干燥混凝土回弹强度 (MPa)； R_m^b 为潮湿或浸水混凝土回弹强度 (MPa)； W_i 为混凝土含水率； a, b, c 为试验系数。

相关系数 r ：

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (R_{m,i}^c - R_m^c)^2}{\sum_{i=1}^n (R_{m,i}^c - \bar{R}_m^c)^2}}$$

根据建立的相关关系，利用二元回归工具，进行乘幂函数回归、指数乘幂混合回归，对检测数据进行数据处理，得出曲线方程和相关系数 r ，并根据以下计算公式求得衡量方程有效性的两个重要指标，强度平均相对误差 δ 和强度相对标准差 e_r [4]：

$$\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{R_{m,i}^c}{R_{m,i}^c} - 1 \right| \times 100,$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{R_{m,i}^c}{R_{m,i}^c} - 1 \right)^2} \times 100.$$

式中 δ 为方程式的强度平均相对误差 (%)，精确至 0.1%； e_r 为回归方程式的强度相对标准差 (%)，精确至 0.1%； $R_{m,i}^c$ 为由第 i 个构件检测得出的混凝土回弹强度值 (MPa)，精确至 0.1 MPa； $R_{m,i}^c$ 为由同一构件的回弹值 R_m 按回归方程式算出的混凝土的强度修正值 (MPa)，精确至 0.1 MPa； n 为制定回归方程式的检测数 [5]。检测数据处理结果见表 2。

1.5 拟合曲线结果分析

表 2 检测数据处理结果表

Table 2 Results of the detection data processing

回归模型	相关曲线	相关系数 r	平均相对误差 δ	相对标准差 e_r
乘幂函数	$R_m^c = 1.0953 R_m^{1.210} W_i^{0.179}$	0.966	5.6%	6.3%
指数乘幂函数	$R_m^c = 0.544 2 R_m^{1.189} e^{3.953 4 W_i}$	0.972	4.7%	5.7%
地区测墙曲线			$\pm 12.0\%$	14.0%
全国统一曲线			$\pm 15.0\%$	18.0%

1) 拟合曲线所得的相关系数分别为 0.966, 0.972，这表明两个回归曲线方程的拟合性均较好，同时根据 JGJ/T232 - 2001 中对专用测强曲线的规定：平均相对误差 δ 不应大于 $\pm 12.0\%$ ；相对标准差 e_r 不应大于 14.0%，由此可见根据现场检测拟合精度符合要求。

2) 因混凝土所处环境的湿度会影响混凝土表面碳化的速度，过高的湿度将会使混凝土孔隙充满水，二氧化碳不易扩散到水泥石中，或者水泥石中的钙离子通过水扩散到表面，碳化生成的碳酸钙把

表面孔隙堵塞，碳化作用不易进行；但混凝土中的有效成分受到溶蚀析出混凝土表面而失去粘结性，致使混凝土的强度降低；本次拟合曲线所采用的数据所处环境相同，龄期相同，所以碳化影响也相同，同时也消除了混凝土的强度随龄期变化而对回弹值带来的影响 [6]。

3) 本测强曲线适用于湖北地区。

2 工程实例应用

洪湖市新滩口船闸工程为 1960 年 7 月建成通

航过水，闸室为钢筋混凝土结构，混凝土设计强度等级为 C20。由于已运行 46 年，工程严重老化。故对工程进行检测、鉴定。将闸室边墙同一构件在自然条件下的表层干燥和潮湿或浸水的混凝土的回弹值 R_m^c ， R_m 按照对应的顺序记入表中，然后利用拟合曲线方程进行修正，所得结果见表 3。

表 3 检测数据处理结果表^[1-3]

Table 3 Results of the detection data processing

序号	方程			乘幂函数		指数乘幂函数	
	R_m	R_m^c	W_i	R_m^c	误差/%	R_m^c	误差/%
1	13.5	18.7	0.095	16.77	-10.33	17.51	-6.38
2	14.8	16.2	0.05	16.70	3.11	16.34	0.91
3	14.8	17.0	0.055	16.99	-0.05	16.67	-1.92
4	13.5	17.3	0.07	15.87	-8.24	15.86	-8.33
5	14.2	18.2	0.085	17.47	-3.99	17.87	-1.81
6	14.0	17.2	0.065	16.37	-4.83	16.24	-5.60
7	13.5	17.2	0.085	16.44	-4.44	16.83	-2.16
8	13.5	16.8	0.08	16.26	-3.22	16.50	-1.79
9	14.3	18.0	0.075	17.23	-4.27	17.32	-3.76
10	14.0	16.3	0.05	15.62	-4.19	15.30	-6.12
11	14.1	19.2	0.095	17.67	-7.95	18.44	-3.98
12	15.7	19.9	0.082	19.61	-1.48	19.90	0.01
13	13.6	16.6	0.075	16.22	-2.31	16.32	-1.69
14	14.9	17.7	0.08	18.32	3.51	18.55	4.82
平均	14.2	17.6		17.0		17.1	

从表 3 中数据可知：在不同含水率情况下，混凝土回弹测强有一定的差别。若按表层干燥和潮湿或浸水混凝土的测强指标进行安全鉴定时，混凝土强度指标可能会差一个等级，混凝土强度的差别可能将引起较大的争议。但若进行修正，然后再对工程进行整体评价，则会消除含水率的影响，对工程评价就会比较客观。

3 结论

1) 混凝土含水率对回弹法检测潮湿或浸水混凝土抗压强度的影响研究表明：回弹法测强受含水率影响较大，在用回弹法检测混凝土的强度时应当考虑含水率的影响。

2) 建立了精度符合要求的潮湿或浸水环境下不同含水率的湖北地区测强曲线，进一步拓宽了回弹法检测混凝土抗压强度的适用范围，也是对行业标准 (JDJ/T232-2001) 在本地区应用上的补充。

3) 所研究的拟合曲线方程经多个工程多次验证，表明在检测潮湿混凝土强度，特别是在检测受水浸泡及基础混凝土工程时，用此拟合曲线误差较小，更接近工程实际。

4) 对回弹法检测潮湿或浸水混凝土抗压强度的影响研究采取的样本大多数是在经过多年运行的水利工程，样本数为 25 个。

参考文献

- [1] 湖北省水利厅水电工程检测研究中心. 金刚口排水闸安全检测报告[R]. 武汉, 2001
- [2] 湖北省水利厅水电工程检测研究中心. 三道河水库安全检测报告[R]. 武汉, 2003
- [3] 湖北省水利厅水电工程检测研究中心. 刘家河泵站安全检测报告[R]. 武汉, 2002
- [4] 中华人民共和国行业标准·回弹法检测混凝土抗压强度技术规程(JGJ/T23-2001)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
- [5] 吴新璇. 混凝土无损检测技术手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003. 45~59
- [6] 吴以聪, 杨顺兰. 混凝土潮湿条件下的回弹法测强试验[J]. 低温建筑技术, 1995(2): 15~17

Rebound Method for Detecting the Intensity of the Moist or Water-Immersed Concrete Compressive Strength

Zhang Suhang

(Inspection and Research Center for Hydropower Engineering of Hubei Provincial Department of Water Resources, Wuhan 430071, China)

[Abstract] The rebound method may be used to detect the intensity of the concrete. But there would have wrong judgment when using the rebound method to detect the intensity of the moist or water-immersed concrete, because the compressive strength of the surface of the moist or water-immersed concrete is always influenced and

debased. The result of the rebound method detection on the moist or water-immersed concrete compressive strength must be corrected. Firstly, the detection data getting from the present detection of the wet and dry concrete of the same grade are analyzed using the duality contrast regression. Then the influence of the moist or water-immersed concrete compressive strength on the intensity detection of the rebound method is get. Finally, the intensity curve equation of the rebound method that can meet the demands of the precision on the moist concrete is established, and the concrete compressive strength is reflected completely.

[**Key words**] rebound method; moist or water-immersed; concrete; compressive strength

(cont. from p.84)

Independent Innovation in the Rejuvenation of Chinese Soybean Processing

Li Ronghe, Jiang Haokui

(*National R&D Center of Soybean Fine Processing Technology, Changchun University, Changchun 130022, China*)

[**Abstract**] To rejuvenate Chinese soybean production, this paper puts forward some independently innovative soybean processing technologies, including: 1) The method to extract albumen, short peptide, nucleic acid, isoflavone, saponins, and oligosaccharide from soybean meal at high and low temperature; 2) The method to extract compound soybean functional gene from defatted soybean meal at high and low temperature. These two methods target at "high-temperature soybean meal", which is the byproduct of lipid industry. The extracted products include: 1) High-purity soybean oligopeptide (albumen content $\geq 92\%$; NSI value 100%; solubility 100%); 2) High-purity soybean isoflavone (total isoflavone content $\geq 92\%$; G:D $\geq 8:1$); 3) Soybean composite factors.

[**Key words**] soybean processing; high-purity soybean oligopeptide; high-purity soybean isoflavone; soybean composite factors