

郑州地区混凝土非破损测强的 实验研究之一——回弹法

土建系 唐克强 俞达聪*

郑州市政公司水泥厂化验室

提 要

本文针对郑州地区常用混凝土原材料、混凝土配合比,采用自然养护方法,用回弹法进行了近350个试件的测试及分析研究工作,初步提出混凝土已碳化和尚未碳化影响的部分计算公式,可供混凝土非破损检验工作中参考使用。另外对一些有关回弹法测强影响因素也进行了初步的探索。

一 前 言

混凝土是一种非匀质的合成材料。由于它具有一系列的优点,如耐久性、耐火性、整体性、可模性、就地取材及节约钢材等,因此在工程建设中得到了广泛的使用。然而确定混凝土强度却有着不同看法,目前最通行的方法是立方体抗压强度的试验方法。对于这种小块立方体试件的标准试验作为混凝土强度评定方法的可靠性与代表性,国内外不少学者都提出了异议。因为这种小块立方体试件只是建筑物或结构物体积中微不足道的一小部分,且其浇灌、捣实、成型、养护及硬化等条件与真实结构中的这些条件难于一致,因而有着很大的区别。至于对探测结构中的许多现象、特性、和缺陷等,采用上述立方体试件破损方法是不可能做到的。因此,从五十年代以后,人们希望在尽量不损伤结构物混凝土的条件下来了解混凝土的强度,从而提出了许多非破损检验方法。目前检验的方法繁多,如表面硬度法、回弹法、共振法,超声法,放射线法,综合法,……等等。但至今还没有一种直接在结构物上非破损地确定混凝土强度而行之有效的混凝土质量检验方法。回弹法是一种力学试验法,由于它具有使用简单、携带方便,并具有一定的精确度。因此,在国内外被广泛地使用于判断混凝土的强度。

从国内外的试验情况来看,虽然混凝土强度与回弹值两个变量之间的关系是一种非

* 参加本课题测试的同志有:秦常明等。

确定性的关系,但混凝土强度与回弹值的变量之间存在着某种联系,有着某种客观规律,也即有着相关关系。因此,在基础工业和电子技术迅速发展情况下,混凝土的非破损检验将推向一个新的水平。

我省目前在混凝土非破损测强这一方面工作,尚未进行较为有系统的研究。因此,我们拟先从郑州地区作一试点,摸清它的一些情况和规律,然后再扩展到省内各地区,逐步建立起本省的混凝土非破损检验方面的一些测强公式和曲线。根据试验研究计划,我们采用了回弹法、超声法和综合法进行。目前第一阶段的研究工作尚在进行,这里仅对混凝土龄期在三个月内的一批回弹仪试验数据,初步整理分析,进行探索。不妥之处请批评指正。

二 实 验 概 况

(1) 原材料 由于影响混凝土强度的因素较多,因此,在建立混凝土回弹法测强曲线时,就需要考虑这些影响因素。我们在54组(计324块)混凝土试块中,考虑了不同水泥品种,不同混凝土配合比和龄期等诸因素对回弹法测强的影响。

(a) 水泥品种

A组:采用郑州市政公司水泥厂生产的425*矿渣水泥;

B组:采用洛阳黄河牌425*普通硅酸盐水泥。

(b) 粗骨料

粗骨料产地较多,我们选用本省较大的采石场之一的新乡潞王坟的粒径为0.5~2.0厘米的机碎石,其容重为 $1590\text{kg}/\text{M}^3$,比重为2.73,空隙率为41.8%。

(c) 细骨料

选用三官庙的中砂,平均粒径为0.44毫米,容重为 $1430\text{kg}/\text{M}^3$,比重为2.64,空隙率为45.8%。

(2) 混凝土试块的配合比及制作、养护条件

混凝土的配合比制作采用一些本地常用配合比来制作不同标号的混凝土试块。设计标号从低(100*)到高(400*)分为100*, 150*, 200*, 250*, 300*, 400*六种。

混凝土试块采用自然条件养护,在试模中一天,拆模后放在室外,每天浇水二次,养护六天。然后暴露在大气中养护。按7天,14天,28天,90天龄期进行测试。各种配合比的每一龄期混凝土试块为6块。试块的尺寸为 $15\times 15\times 15$ 厘米。

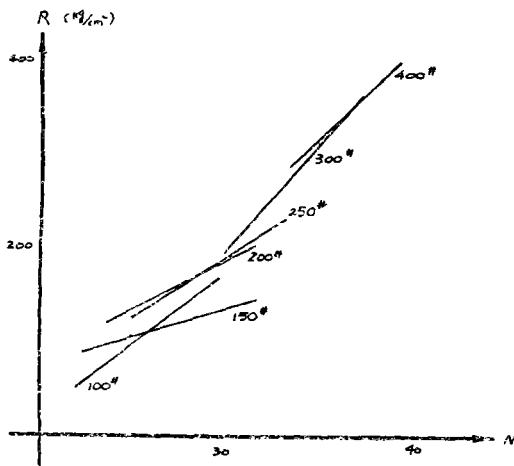
混凝土试块的配合比

试块 编 号	水 灰 比	砂 率	配 合 比	每M³材料用量(kg)				塌 落 度 (cm)	备 注
				水泥	砂	石	水		
A—100	0.95	40%	1 : 3.566 : 5.342	221	788	1181	210	0.5	
A—150	0.8	38%	1 : 2.78 : 4.55	263	732	1196	210	1	
A—200	0.65	36%	1 : 2.015 : 3.586	331	667	1187	215	3.5	
A—250	0.56	36%	1 : 1.636 : 2.911	393	643	1144	220	6.9	
A—300	0.5	34%	1 : 1.345 : 2.603	440	592	1148	220	5.7	
A—400	0.41	30%	1 : 0.861 : 2.008	561	483	1127	230	3.1	
B—100	0.96	40%	1 : 3.566 : 5.342	221	788	1181	210	0.5	
B—150	0.8	38%	1 : 2.78 : 4.547	263	732	1196	210	0.5	
B—200	0.65	36%	1 : 2.015 : 3.586	331	667	1187	215	8.5	
B—250	0.56	36%	1 : 1.636 : 2.911	393	643	1144	220	4.2	
B—300	0.5	34%	1 : 1.345 : 2.603	440	592	1148	220	3.4	
B—400	0.41	34%	1 : 0.861 : 2.008	561	483	1127	230	1.5	

(8) 测试方法

回弹仪采用天津建筑仪器厂生产的混凝土中型回弹仪。测试前在钢砧上进行率定，率定的回弹值为78，基本符合标准回弹值 $78 \leq N \leq 82$ 。然后将混凝土试块放在200T压力机上，预压10T，以约束固定，并取混凝土试块的捣制侧面作为测试面，每个试块在相对测试面上各测8个点，共计16点。剔除其中3个最大回弹值和3个最小回弹值，将余

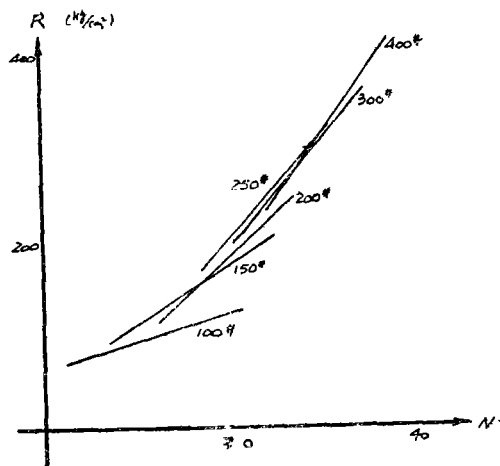
下10个点的回弹值求其算术平均值作为该混凝土试块的回弹值。回弹测量后，继续加荷直至将混凝土试块压碎，计算出强度值R。对于90天龄期的混凝土试块在压碎求出强度值后，随即用两根方钢条放在两个相对测试面上，用压力机将其劈开，并用浓度为1~2%酚酞试剂酒精溶液滴在两个相对测试面的棱角处，测出未变红色的垂直于测试面的厚度，每个测试面棱角测三点，求其平均值，两个测试面各取得一个碳化深度平均值。



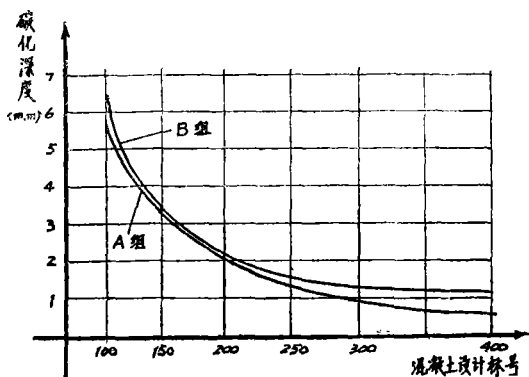
图(一) A组混凝土配合比对回弹测强的影响

三、试验成果分析

(1) 混凝土配合比对回弹值的



图(二) B组混凝土配合比对回弹测强的影响



图(三) 石灰化深度与混凝土配合比的影响

三个月龄期的碳化深度。A组平均碳化深度为0.5mm, B组平均碳化深度值为0.9mm。最厚的碳化深度为1.9mm。这说明碳化深度随水泥用量而减小。其次, 混凝土试块所处环境条件对碳化深度有着明显的影响。这批混凝土试块存放在室外, 分二层叠放。我们在测试碳化深度时, 发现底下一层混凝土试块的碳化深度要比上层试块碳化深度薄一些。

(3) 不同水泥品种对回弹值的影响

根据有关资料表明, 由于各种水泥凝结硬化的规律不全相同, 不同水泥品种对回弹值有一定影响。为了研究水泥品种对回弹值的影响, 我们采用两种水泥。一种是普通硅酸盐水泥(软练标号425#), 一种是矿渣水泥(软练标号425#)。根据A、B两组的各种混凝土标号、龄期及回弹值, 列表如下:

由表(1)可以看出, 在相同的标号和相同的龄期下, A组与B组的回弹值没有明显的区别。至于不同石子和砂子的品种、粒径尚待进一步予以测定。

混凝土龄期和回弹值之间的关系见图(四)。

(4) 回弹值与混凝土抗压强度的关系

影响

我们将不同配合比制成的100#, 150#, 200#, 250#, 300#, 400#的混凝土试块测试结果, 绘成R—N曲线图, 见图(一)及图(二)。由图上可以看出, 每种配合比的混凝土试块的R—N曲线的斜率均不一致。并且还可以看出, 在强度一定的情况下, 低标号混凝土试块的回弹值偏高, 而高标号混凝土试块的回弹值偏低。

(2) 混凝土的碳化问题

混凝土的碳化作用是由于空气中的二氧化碳与水泥石中的氢氧化钙作用, 生成碳酸钙和水。因此, 碳化引起水泥石化学组成及组织结构的变化, 从而对混凝土的化学性能和物理力学性能有着明显的影响。从各种配合比的混凝土试块测试情况来看, 见图(三)低标号混凝土试块碳化深度较大。例如, 对于100#混凝土试块, 三个月龄期的碳化深度。A组平均碳化深度为5.59mm, B组平均碳化深度为6.8mm。最厚的碳化深度达9.5mm。碳化深度随混凝土标号的增加而逐渐减小, 如对400#混凝土试块,

二种不同水泥的各种配合比及龄期的平均回弹值

表 (1)

混凝土 标号	A 组				B 组			
	7天	14天	28天	90天	7天	14天	28天	90天
100	24.7	24.6	26.7	32.2	22.4	24.2	27	33.7
150	23.6	29.4	29.1	32.8	26.6	26.1	30.3	34.7
200	27.3	31.4	30.7	35.3	27	28.5	31.9	38.0
250	29.6	32.7	32.6	34.9	29.6	33.4	34.4	39.5
300	30.1	34.3	34.5	38.3	30.6	33.5	36.5	39.9
400	34.4	36.1	37.4	40.8	32.4	34.5	36.6	40.1

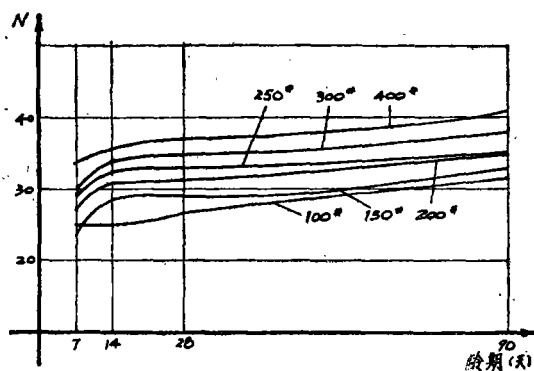


图 (四) A 组

关于回弹法测强公式, 我们按龄期划分: 一是在28天以内, 混凝土试块尚未形成碳化层; 二是90天龄期, 混凝土试块已形成碳化层。混凝土标号限于100#~400#间。

(a) 28天龄期以内A、B两组混凝土试块相应回弹法测强公式:

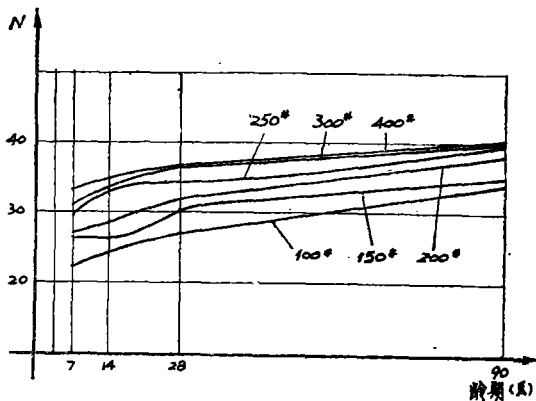


图 (四) B组

A组: [见图 (五)]

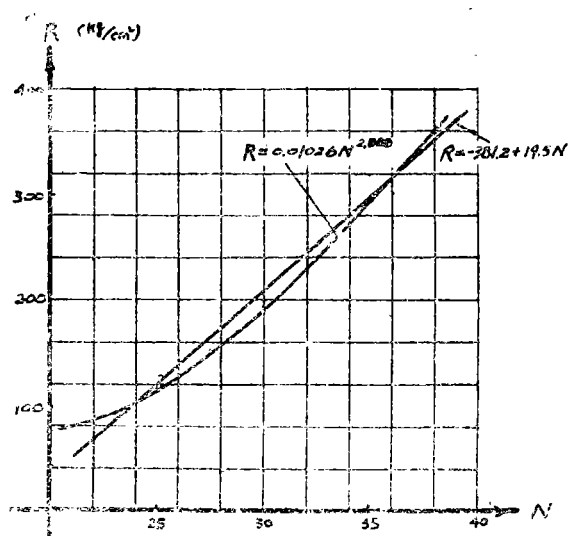


图 (五) 龄期28天内A组混凝土试块R—N关系曲线

按直线方程 $R = -431.5 + 21.05N$

相关系数 $r = 0.947$

相对强度均方差 $S = 15.8\%$

按幂函数方程 $R = 0.00254N^{3.294}$

相关系数 $r = 0.955$

相对强度均方差 $S = 13.9\%$

B组: [见图 (六)]

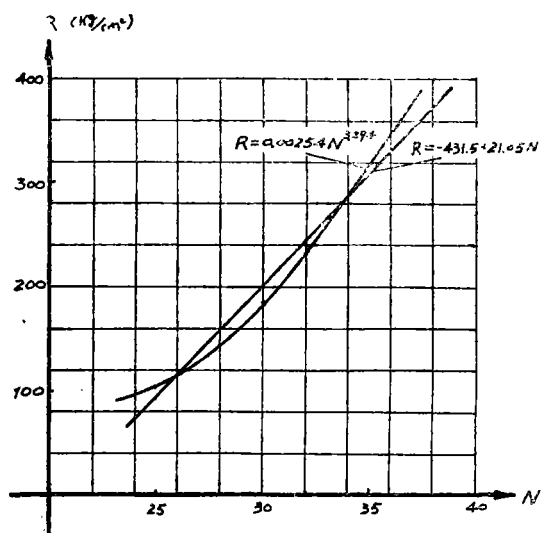


图 (六) 龄期28天内B组混凝土试块R—N关系曲线

按直线方程 $R = -381.2 + 19.5N$
 相关系数 $r = 0.951$
 相对强度均方差 $S = 23.2\%$
 按幂函数方程 $R = 0.01026N^{2.888}$
 相关系数 $r = 0.903$
 相对强度均方差 $S = 13.8\%$

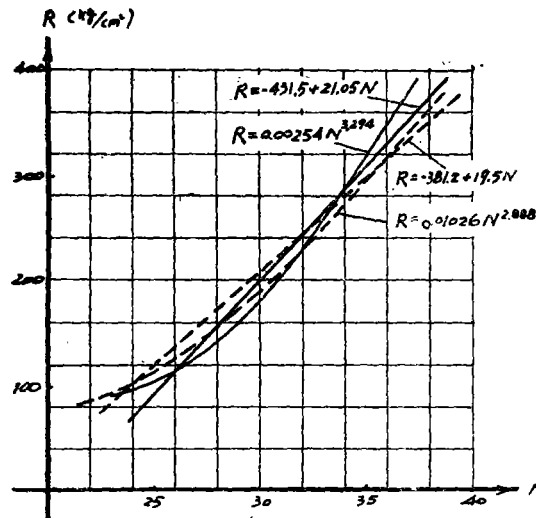
(b) 龄期为三个月, A、B两组混凝土试块相应回弹法测强公式。由于混凝土形成碳化层, 因此公式中考虑碳化深度 h 的影响。

A组:

直线方程 $R = -296.8 + 19.3N - 30.8h$
 复相关系数 $r = 0.92$
 相对强度均方差 $S = 14.9\%$

B组:

直线方程 $R = -621.3 + 25.1N - 10.5h$
 复相关系数 $r = 0.968$
 相对强度均方差 $S = 9.75\%$



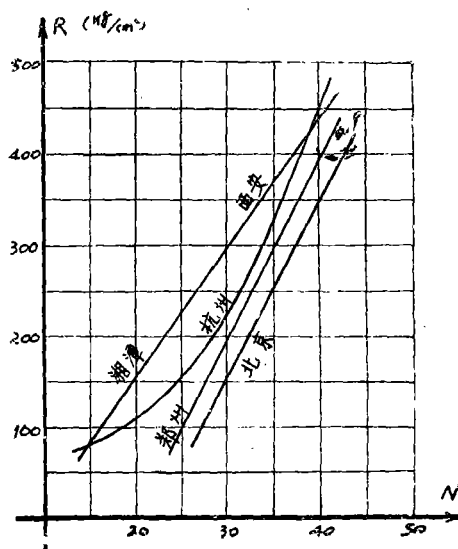
图(七) A、B两组混凝土试块R—N关系曲线

四、几点看法

(1) 由图(七)可以看出,根据 A、B 两组混凝土试块 R—N 关系曲线比较, 四条曲线都比较接近, 这说明水泥品种不同对回弹值的影响并不显著, 我们认为可以合并计算。

(2) 从图(八)各地区的R—N关系曲线来看,有的较为近似,但有的却有着明显差异。然而不少地区根据其本地区实测表明,认为R—N曲线与原材料虽有些影响,却没有明显的差异。为了查明原因,有的单位在统一仪器型号、操作使用方法和测试方法上来探索。我们认为,这种统一是很必要的,但除此之外,尚可进行各地区的水泥化学成份分析的调研工作。对各地区同品种,同标号的水泥,其化学成份的含量差别到底有多大,以便进一步研究这种差别对混凝土强度在硬化过程中的影响。

(3) 根据不少资料表明,我们也认为,采用回弹仪测试混凝土的强度,在一定的条件下,进行推广使用是可行的,能保证具有一定的测试精度,其误差可控制在15%左右。因此对全国统一建立回弹测强曲线是完全可能的。不过基于目前各地区的实测R—N关系曲线尚不太一致情况下,且其原因尚未完全查明。因而,今后各地区尚需着重研究本地区的一些影响回弹法测强的因素。



图(八)

参 考 资 料

1. 北京地区混凝土非破损测试技术研究组: “混凝土非破损测强北京地区标准曲线的制定”。(1979)
2. 陕西省建研所陈纪萱, 沐梅仙, 季光泽: “西安地区回弹法测强曲线的建立及测强因素的讨论”。(1979)
3. 北京地区混凝土非破损测试技术研究组: “混凝土非破损测强计算公式的选择及数据处理”。(1979)
4. [苏] M. IO列申斯基, B. Γ斯克拉姆达耶夫著, 许如源、郭永良译: “混凝土强度试验。”
5. 张世英、刘智敏编著 “测量实践的数据处理”。
6. 陕西省建研所译 “罗马尼亚施米特N型回弹仪测试混凝土技术规程”。
7. R. JONES “Non-Destructive Testing of concrete”。
8. CHARLES LIPSON AND NARENDRA J. SHETH “Statistical Design and Analysis of Engineering Experiments”。