

文章编号:1000-582X(2002)07-0001-04

电液脉冲活化水提高混凝土强度的实验分析*

张仕进, 廖振方, 杨昌林, 邓晓刚, 王洪霞

(重庆大学机械工程学院, 重庆 400044)

摘要:电容器充以一定直流高压电后,通过置于液体中的两个电极产生脉冲放电,把电容器储存的能量瞬间释放出来,在液体介质中产生巨大冲击波并伴随强烈辐射的现象,称为电液脉冲效应。电液脉冲是一种集强电场、强磁场、超声波、光辐射及空化流于一体的技术,采用此种技术制备活化水,并利用这种活化水拌制混凝土,能大大提高混凝土的力学性能。实验室实验表明:其抗压强度提高达48%以上。与其它方法相比,电液脉冲活化水方法工艺简单,效果稳定,费用低廉,具有很好的应用前景。

关键词:电液脉冲;活化水;混凝土;抗压强度;放电回路电气参数

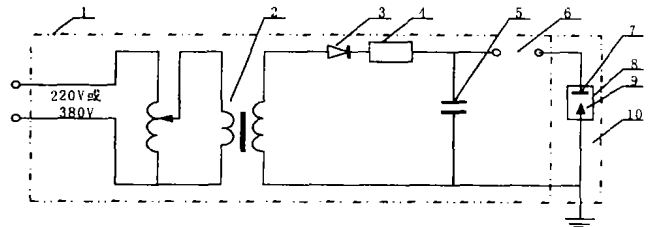
中图分类号:TU528.59

文献标识码:A

随着科学技术和生产的发展,人们对各种高性能混凝土的需求量越来越大。为得到各种高性能混凝土,长期以来国内外学者做了大量研究工作,如采用磁化水、电水来拌制混凝土以提高其力学性能及采用外加剂(减水剂、加速剂、延缓剂、超塑剂等)和外加物(各种纤维、矿物活性材料等)来提高混凝土的强度、改善其和易性、凝结时间等,但这些方法总因一些工艺因素及成本较高等原因,难以得到广泛应用,而且,电水及磁化水对混凝土的增强效果不很稳定,受外界因素影响极大,故这些方法难以得到推广。目前,我国大量使用的混凝土强度仍偏低,因此,寻求一种经济、简单、有效且能广泛应用的新方法,仍是一项急迫的任务。

1 电液脉冲制备活化水装置的工作原理^[1-4]

图1是用于电液脉冲效应的典型系统原理图。它是由脉冲电流发生器1和活化水制备装置10组成。脉冲电流发生器1是由调压器及高压变压器2、高压硅堆整流装置3、限流电阻4、电容器5和放电辅助空气间隙6组成;活化水制备装置10是由电极7(可以是平板电极也可以是尖电极)、电极9及储水器8组成。由高压硅堆3整流所获得的高压直流电向电容器5充电,当5上的电压足够高时,辅助间隙6被击穿导通,并使主间隙(由电极7和9组成)击穿,从而使储存在电容器中的绝大部分能量(1.5-5KJ)瞬间(数十 μ S)



1-脉冲电流发生器;2-调压器及高压变压器;3-高压硅堆整流装置;4-限流电阻;5-电容器;6-放电辅助空气间隙;7-电极;8-储水器;9-尖电极;10-活化水制备装置

图1 电液脉冲制备活化水装置的工作原理示意图

在主间隙中释放,形成等离子活塞并以每秒数十到数百米的速度向外迅速膨胀,压缩周围的不可压缩介质(水),此时所产生的冲击压力其峰值可高达10-1000MPa。当等离子活塞的压力小于外界压力时膨胀停止,但在惯性作用下液流将突然闭合而形成空化流(cavitation flow),并作反向运动,从而使等离子活塞内的压力又急剧增加并再次膨胀。这一过程将重复数次并随时间的增加而逐渐衰减。上述过程中,在预放电阶段,即辅助间隙6刚刚被击穿而主间隙尚未被完全击穿的那段时间,主间隙上的电压从零逐渐增加到最大值,电场强度迅猛增大;在波头阶段,即主间隙被击穿后,电容器储存的能量瞬间被释放的阶段,此阶段中,电流迅速增长,从而磁场强度急剧增加,并伴有强

* 收稿日期:2002-02-18

基金项目:中国国家自然科学基金资助项目(59979029)

作者简介:张仕进(1974-),男,重庆大学硕士研究生。主要从事电液脉冲研究。

烈的光和声的辐射,同时,液体的运动也开始加速;在波尾阶段,即电流和电压过零点阶段,此阶段中,液体以最大速度运动,空化开始产生。综上所述,电液脉冲过程乃是集强电场、强磁场、超声波、光辐射及空化流于一体的过程,在它们的联合作用下,水的特性发生巨大改变。

1 实验分析

2.1 第1组试件

2.1.1 实验条件

本实验选用的水泥为普通硅酸盐水泥(不含矿渣),骨料为不大于30 mm的碎石,砂为普通河砂,实验中所有试件的配比(重量比)均为:水泥:砂:石:水=1.000:1.211:2.823:0.420混凝土设计标号为30 MPa,电液脉冲参数为:放电能量 $J=2.375$ KJ,放电频率

$f=0.2$ Hz,放电作用时间 $t=30$ min。

2.1.2 试件制作

混凝土试件为100 mm×100 mm×100 mm的立方体,试件经机械搅拌、人工振捣、自然养护。

2.1.3 试验方法

为了全面考察电液脉冲制备的活化水对混凝土抗压强度的提高效果,采用了对比实验,即严格控制实验过程中除水以外的因素,使自来水拌制的混凝土试件和用处理水拌制的混凝土试件具有相同的配比、相同的材料、相同的搅拌时间、相同的人工振捣时间和相同的养护时间、温度及湿度。鉴于影响混凝土抗压强度的因素较多,如混凝土的配比、水泥品种和质量、搅拌时间、振捣时间等等,它们是复杂多变的,因此,在力争严格控制的基础上,在表1中以3个试件为一组,测出抗压强度后取其平均值。

表1 用电液脉冲活化水拌制的混凝土与用自来水拌制的混凝土的强度对比

序号	水的种类	抗压强度(MPa)								
		3 d	3 d 平均值	提高%	7 d	7 d 平均值	提高%	28 d	28 d 平均值	提高%
1	自来水	11.64			14.85			30.34		
2	自来水	9.84	10.33		16.02	14.96		31.25	31.09	
3	自来水	9.50			14.00			31.70		
4	处理水	14.24			22.10			46.08		
5	处理水	13.86	14.07	36.24	21.05	21.00	40.37	45.62	46.11	48.11
6	处理水	14.12			19.84			46.64		

由表1可以看出,用电液脉冲活化水拌制混凝土,其抗压强度可以提高48.11%。

2.1.4 活化水的时效性

把经电液脉冲处理过的强极性活化水放置一段时间后再进行拌制混凝土,在其它实验条件不变的情况下,对其第28天的抗压强度进行测试,实验数据如表2:

表2 电液脉冲活化水的时效性

序号	用水类型	放置时间(小时)	抗压强度(MPa)		
			28 d	28 d 平均值	提高(%)
	自来水		31.09	31.09	
1	处理水	0	46.08		
2	处理水	0	45.62	46.11	48.32
3	处理水	0	46.64		
4	处理水	1.0	43.34	44.75	43.95
5	处理水	1.0	46.18		
6	处理水	1.0	44.74		
7	处理水	2.5	34.72		
8	处理水	2.5	36.72	34.21	10.02
9	处理水	2.5	31.40		

由表2可以看出,用电液脉冲方法制备的活化水具有一定的实效性,放置时间对其性能有较大的影响。

2.1.5 放电能量对混凝土强化效果的影响

在其它实验条件不变的情况下,改变电液脉冲的放电能量,并对其第28天的抗压强度进行测试,实验数据如表3:

表3 不同放电参数对实验结果的影响

序号	用水类型	放置时间(KJ)	抗压强度(MPa)		
			28 d	28 d 平均值	提高%
	自来水		31.09	31.09	
1	处理水	0.855	36.54		
2	处理水	0.855	33.65	36.36	16.96
3	处理水	0.855	38.90		
4	处理水	1.620	40.06		
5	处理水	1.620	42.17	40.21	29.39
6	处理水	1.620	38.40		
7	处理水	2.375	46.08		
8	处理水	2.375	45.62	46.11	48.32
9	处理水	2.375	46.64		

由表 3 可以看出,选择不同的放电参数,可得到不同的实验结果。因此,对放电参数进行优化是得到高性能混凝土的关键。

2.2 第 2 组试件

2.2.1 实验条件

本实验选用的水泥为重庆地维水泥有限责任公司生产的 425 号普通硅酸盐矿渣水泥,骨料为小泉 5-25 m 碎石,砂为简阳中砂,实验中所有试件的配比(重量比)为:水泥:砂:石:水 = 1.000:1.211:2.823:0.420,混凝土设计标号为 30 MPa,电液脉冲参数为:放电能

量 $J = 2.375$ KJ,放电频率 $f = 0.2$ Hz,放电作用时间 $t = 30$ min。

2.2.2 试件制作

混凝土试件为 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 的立方体,试件经搅拌机搅拌、振动台振捣、恒温、恒湿标准养护。

2.2.3 试验方法

为了全面考察电液脉冲制备的活化水对混凝土抗压强度的提高效果,同样采用了对比实验,实验结果如表 4:

表 4 水泥中的矿渣含量对混凝土力学性能的改善效果的影响

测试项目	用水类型	塌落度 (mm)	强度值(MPa)			3 d 提高率 (%)	7 d 提高率 (%)	28 d 提高率 (%)
			3 d	7 d	28 d			
抗压强度	自来水	55	27.5	36.3	42.6			
抗压强度	活化水	70	35.2	42.3	49.0	28	16.53	15.02
抗折强度	自来水	55	/	/	4.00			
抗折强度	活化水	70	/	/	3.37			18.69

由表 4 可以看出,如果水泥中含有矿渣,则电液脉冲效应对混凝土的力学性能的提高效果有所降低。

在完全相同的条件下,对砂浆的测试结果如表 5 所示:

表 5 水泥中的矿渣含量对砂浆抗压强度的改善效果的影响

测试项目	用水类型	塌落度(mm)	强度值(MPa)		7 天提高率(%)	28 天提高率(%)
			7 天	28 天		
抗压强度	自来水	55	12.0	19.0		
抗压强度	活化水	65	16.0	24.8	33.3	30.53

由表 5 可以看出,如果水泥中含有矿渣,则电液脉冲效应对砂浆的力学性能的提高效果有所降低。

3 对电液脉冲活化水提高混凝土力学性能的分析总结

1) 众所周知:水是由氢、氧原子以共价键的形式结合成水分子,水分子中有 10 个电子(5 对),1 对电子(内部)位于氧核附近,剩余 4 对电子(外部),在氧核和氢核之间各有 1 对,其余两对是孤对电子,正是这两对孤对电子的存在,对水分子之间的氢键起着重要作用。氢和氧的电负性之差是 1.4,故 O-H 键的极性非常强,因而水分子具有较强的极性。氢在水分子中虽然已和氧共价键合,但氧电负性较大,电子被强烈吸引向氧的一端,使氢具有有效“阳”电荷,还有能力吸引另一电负性元素,就是另一分子的氧,形成氢键缔合,成为较大的缔合水分子。在电液脉冲活化水过程中,发生了强电场、强磁场、强紫外线、空化流及强超声波等

现象。这些现象的发生使水产生了巨大的变化,表现为水分子缔合体被裂解成单分子或较小的缔合水分子,同时,放电通道内的水分子裂解成中性成分 H_2O 、 H_2 、 O_2 、 H 、 O 和带电成分 H^+ 、 O^+ 、 H_2^+ 、 O_2^+ 和 e^- 等;

2) 空化流(Cavitation flow)的产生使水发生剧烈运动,破坏了水原来的力平衡。并且,由空化流产生的大量的带电微气泡也是改变水性质的一个重要原因。这些带电微气泡对放电时的强大瞬时电磁场将产生反力,使水分子中的外层电子云重新分布,而表面电荷又不能补偿(水总体上呈中性的)。同时,在微气泡附近由于热、水动力等的原因,静电斥力发生变化,大的缔合水分子中的各氢键(O-H)被断开,形成类似偶极子的状态,于是原有呈中性的缔合水分子变成孤立的呈强极性的水分子。

3) 在电液脉冲产生活化水的过程中,电容器储存的能量是瞬间释放,虽然这些能量不能被水完全吸

收,但水系统的不同状态间可能存在“能垒 (energy barrier)”,为克服这一“能垒”,必须向水系统输送相应的能量以触发其活化能,电液脉冲装置恰好能在瞬间释放巨大的能量,因此,电液脉冲短时间的作用可能会起着“催化”水系活化能改变的作用。

4) 在用活化水拌制砂浆过程中,不管是较小的缔合水分子或单个水分子,还是强极性水分子或受到活化的水系,它们都更容易由水泥的表面进入其内部,从而加深水泥的水化作用,使其更充分更完全地进行。

5) 从实验数据可以看出,不同的参数(能量、放电次数和极间距离)对砂浆的抗压强度有极大的影响,虽然本实验所采用的参数对砂浆的抗压强度都有较大提高,但其提高率有很大差别。

6) 在以前的混凝土试验中^[5-6],利用电液脉冲活化水拌制混凝土时强度提高 40% 以上,比本次实验值高一倍多,分析其原因是水泥质量,因为在参考文献 [5] 中,所用的水泥为高质量的硅酸盐水泥,而本次实验中虽然同样是硅酸盐水泥,但它含有 10% 以上熟料矿渣,而活化水提高砂浆强度主要是通过水泥的反应

来完成,矿渣水泥中的矿渣对水泥有很不利的影响,其原因和机理我们正在研究。

参考文献:

- [1] LIAO ZHEN-FANG. "Design Factors on Electrohydraulic Pulsed Focus Water Jet Generator" [C]. Proceedings on Water Jet in Beijin, 1987, 44 - 58.
- [2] 廖振方. 饮用水及工业废水的电液脉冲净化及处理装置[J]. 贵州环保科技, 1999, 3(3): 3 - 5.
- [3] 廖振方. 利用电液脉冲水 - 气射流强化模具表面[J]. 机械, 1990, (1), 7 - 10.
- [4] Юркин П. А. Электрогидравлический Эффект и его Применение в Промышленности [M]. eHуллГраг. Л. Машиностроение, 1986.
- [5] 廖振方. 等离子体活化水对混凝土力学性能的影响[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2000, 23(6): 1 - 3.
- [6] LIAO and ZHONG Water-Air Mixang Jet produced by Zlectrohydraulic Impulse Jechnology streng thening the Quality of surface of metal Materials[J]. Journal of MATERIALS SCIENCE and TECHNO LOLOGY 2002, 18(3): 194 - 196.

Experimental Study about Activated Water Generated by Electro - hydraulic Impulse Improving the Mechanical Performance of Concrete

ZHANG Shi - jin, LIAO Zhen - fang, YANG Chang - lin, DENG Xiao - gang, WANG Hong - xia
(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing, 400044, China)

Abstract: A new good idea named Electro - hydraulic Impulse is described in the paper. Electro - hydraulic impulse is a process which integrates strong electrical field, strong magnetic field, ultrasonic wave, radiation of light and cavitation. With it, a kind of water named strongly polar activated water is generated. Using strongly polar activated water to make concrete blocks, the mechanical performance of concrete can be improved greatly. With the proper parameters, the compression strength of concrete can be increased by 48% percent. This has been proved by some experiments.

Key words: electro - hydraulic impulse; activated water; concrete; compression strength; the electrical parameters of discharging circuit

(责任编辑 成孝义)