

# 混凝土同条件养护等效龄期影响因素研究\*

杨长辉<sup>1</sup>, 邹荣<sup>2</sup>, 王自强<sup>3</sup>, 刘本万<sup>4</sup>, 陈科<sup>1</sup>

(1. 重庆大学 建筑材料工程系, 重庆 400045; 2. 重庆市荣昌县市政局, 重庆 402400; 3. 重庆建筑科学研究院, 重庆 400030; 4. 重庆市云阳县建设委员会, 重庆 404500)

**摘要:**混凝土同条件养护等效养护龄期影响因素众多, 本文对其中的两个因素——混凝土的凝结时间及其所用水泥种类的影响作了模拟试验研究, 以期为工程应用作参考。

**关键词:**同条件养护; 等效养护龄期; 相对强度

**中图分类号:**TU528.45 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2006)02-0070-04

## Research on the Factors Influencing Equivalent - Curing - Age of Concrete under the Same Curing - Condition

YANG Chang - hui<sup>1</sup>, ZHOU Rong<sup>2</sup>, WANG Zi - qiang<sup>3</sup>, LIU Ben - wan<sup>4</sup>, CHEN Ke<sup>1</sup>

(1. Department of Building Materials Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. Chongqing Rongchang County Town Agency, Chongqing 402400, P. R. China; 3. Chongqing Institute of Building Research, Chongqing 400030, P. R. China; 4. Chongqing Yunyang County Construction Committee, Chongqing 404500, P. R. China)

**Abstract:** There are many factors influencing the equivalent curing age of concrete structure cured under the same condition, including setting - time and cement - type of concrete. In this paper just the two factors having the effect on the equivalent curing age were tested and the early - age relative - strength was also analyzed when simplified maturity reached 600 °C · d. It may be favorable for the application of the same curing condition to structures in engineering.

**Keywords:** curing same under the condition; equivalent curing age; relative strength

混凝土同条件养护试件强度作为结构实体验收的依据以来, 由于各地气候和混凝土原材料及施工管理水平的实际差异, 其等效养护龄期倍受工程界关注。混凝土的凝结时间、水泥品种等均对同条件养护试件强度的发展有重要的影响<sup>[1]</sup>, 其影响势必影响混凝土的等效养护龄期的确定<sup>[2]</sup>。以糖钙作为缓凝剂来调节凝结时间, 就混凝土的凝结时间对同条件养护等效养护龄期进行了试验研究, 还对 P. 042. 5、P. 042. 5R、

P. 032. 5 及 P. 032. 5R 等四种水泥对应混凝土的等效养护龄期做了对比试验研究。

### 1 原材料及试验方法

试验所用水泥的化学成分及基本性能见表 1 和表 2。糖钙为某混凝土公司自配, 推荐掺量为 0. 2%。混凝土配合比如表 3 所示。

表 1 水泥的化学成分/%

材料	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Loss
P. 032. 5	46. 78	25. 43	15. 12	6. 24	1. 25	1. 94	0. 81	1. 07	1. 36
P. 032. 5R	58. 59	22. 90	6. 33	3. 85	3. 01	1. 98	1. 05	1. 02	1. 27
P. 042. 5	65. 41	21. 10	5. 51	3. 42	2. 05	1. 17	0. 16	0. 96	0. 23
P. 042. 5R	59. 21	21. 51	6. 22	4. 48	2. 62	2. 32	0. 83	0. 23	1. 58

### 2 凝结时间对混凝土同条件养护等效龄期的影响

研究用糖钙作为缓凝剂来调节混凝土的凝结时

间, 基本配比如表 3 所示, 各配比中糖钙掺量分别为 0%、0. 4% 和 0. 6%。试验在重庆春季进行, 试验期间同条件养护现场实测温度见图 1, 温度范围在 10 ~ 40℃ 之间。

\* 收稿日期: 2005 - 12 - 20

作者简介: 杨长辉(1965 - ), 男, 湖南岳阳人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事胶凝材料与混凝土研究。

泥配制的混凝土等效养护龄期为  $530\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,  $600\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  对应相对强度为 1.001。P. O42.5R 与 P. O32.5R 的等效养护龄期及  $600\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  左右时的相对强度亦存在相似规律。由此说明,水泥强度等级对混凝土同条件养护等效养护龄期影响不大。

表8 几种水泥混凝土实测及预测等效养护龄期

水泥种类	P. O42.5	P. O42.5R	P. O32.5	P. O32.5R
拟合公式 $f = aM^b$ 预测等效养护龄期/ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$	506	410	530	450
$600 \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 时实测 $f$ 均值	1.028	1.048	1.001	1.040
$600\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 时拟合公式 $f = aM^b$ 预测 $f$ 值	1.031	1.057	1.024	1.044

P. O42.5 水泥配制的混凝土等效养护效龄期为  $506\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ , 而 P. O42.5R 却只有  $410\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ; 同样, P. O32.5 水泥配制的混凝土对应的等效养护龄期也比 P. O32.5R 水泥配制的混凝土大  $80\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。这说明早强水泥混凝土的等效养护龄期比对应的非早强水泥混凝土的等效养护龄期短。

#### 4 结论

1) 凝结时间对混凝土的等效养护龄期存在较大的影响。用糖钙作缓凝剂调节混凝土的凝结时间时,

混凝土等效养护龄期延长。特别是在掺量达 0.4% 时,即使在成熟度为  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  的情况下其相对强度也不到 0.8。

2) 同品种较高强度等级水泥配制的混凝土同条件养护等效养护龄期稍短。其它条件一定时,同等级早强水泥配制的混凝土之等效养护龄期较非早强水泥混凝土短,成熟度相差约  $70\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

#### 参考文献:

- [1] 孙振平,张冠伦. 蔗糖化钙对水泥混凝土性能的影响及机理[J]. 工业建筑,1998,28(7):69-71.
- [2] 黄刚. 缓凝剂和早期养护对混凝土性能的影响[D]. 重庆:重庆大学,2001.
- [3] 杨长辉,蒲心诚. 论碱矿渣水泥及混凝土的缓凝问题及缓凝方法[J]. 重庆建筑大学学报,1996,18(3):67-72.
- [4] 叶建雄. 矿物掺合料对混凝土氯离子渗透扩散性的研究[J]. 重庆建筑大学学报,2005,27(3):89-92.
- [5] 杨智能,严巍. 混凝土凝结时间的相关性研究. 建筑技术开发,2001,28(3):31-32.
- [6] 黄书荣,蔡海渝. 混凝土缓凝剂最优掺量的研究[J]. 混凝土,1995,(3):31-34.

(上接第 61 页)

当洞室开挖完成后,内压力为  $p_a = 0$ , 由式(11)求得塑性区半径  $R = 4.15\text{ m}$ , 此时弹塑性边界落在衬砌范围之内。这一阶段的屈服是由于施工期洞室开挖,地应力释放造成的。若令  $R = a$ , 由式(10)求出围岩开始屈服时的极限压力  $p_{c1} = 14.87\text{ MPa}$ 。在隧洞运行期,衬砌受到内压力  $p_a$  的作用(如水压力), 令  $R = a$ , 由式(15)求得衬砌开始屈服时的极限压力  $p_{c2} = 5.32\text{ MPa}$ , 当内压力增加到  $10.2\text{ MPa}$  时, 由公式由式(18)知,此时弹塑性边界落在衬砌和围岩交界处。当内压力继续增大时,塑性区将向围岩内部转移。

#### 4 结论

基于真实岩体应变非线性软化本构模型,对衬砌圆形压力隧洞在等压荷载下进行弹塑性分析,说明不同应力工况下,圆形洞室衬砌和围岩的应力状态不同。通过对弹塑性边界在衬砌范围内和围岩范围内的分析,指出根据弹塑性边界位置的不同应采用不同的计算公式,并得出由地下工程开挖卸荷引起的、围岩开始

屈服时的极限压力以及内压力作用下分别使衬砌、围岩开始屈服时的极限压力。

#### 参考文献:

- [1] 蒋明镜,沈珠江. 关于考虑剪胀的线性软化柱形孔扩张问题[J]. 岩石力学与工程学报,1997,16(6):550-557.
- [2] 任青文,邱颖. 关于芬纳公式的修正[J]. 河海大学学报,2001,29(6):109-111.
- [3] 宋俐,张永强,俞茂宏. 压力隧洞弹塑性分析的统一解[J]. 工程力学,1998,15(4):57-61.
- [4] 范文,俞茂宏,孙萍等. 洞室形变压力弹塑性分析的统一解[J]. 长安大学学报,2003,23(3):1-4.
- [5] 李同录. 考虑材料软化的洞室围岩弹塑性分析的统一解[J]. 长安大学学报,2004,24(3):48-51.
- [6] 潘岳,王志强. 应变非线性软化的圆形洞室围岩荷载-位移关系研究[J]. 岩土力学,2004,25(10):1515-1521.
- [7] 郑雨天. 岩石力学时弹塑性理论[M]. 北京:煤炭工业出版社,1988.
- [8] 徐芝纶. 弹性力学[M]. 北京:人民教育出版社,1982.