

短期推定碎石混凝土强度试验实例分析

董德歆

(西北农业大学水利与建筑工程学院, 陕西杨陵 712100)

摘要 根据公路工程混凝土强度试验实测资料, 对使用早强型水泥的碎石混凝土7 d 推定28 d 强度的试验结果进行统计分析, 探讨了影响强度增长比值的诸多因素, 从建立的几种推定强度经验公式中, 推荐出精度较高便于工程应用的经验公式。

关键词 碎石混凝土, 早强型水泥, 强度推定公式, 强度增长比值, 高效减水剂

中图分类号 U414.180.3, TU528.31

由早期推定后期混凝土强度, 是工程界人士普遍关注但仍未得到很好解决的问题。在诸多的推定方法中, 由7 d 强度推定28 d 强度是应用较早的一种基本推定方法。该法虽然不如一些快速测定结果来得快, 但它的试验结果比较稳定, 7 d 与28 d 强度之间的相关关系比较密切, 所建立的经验公式比较准确可靠, 特别是它不需要特殊设备, 仅仅利用常规的试验方法, 就可得到较为满意的结果, 所以, 它也是工程界常使用的一种推定方法。在当前早强型水泥新品种的出现, 外加剂的大量应用以及高强度混凝土应用领域不断扩展的新形势下, 过去应用这一方法所积累的一些资料和建立起来的部分经验公式已不能适应当前工程实际的需要。因此, 继续深入地开展混凝土由7 d 推定28 d 强度的试验研究工作, 积累大量资料, 建立较为准确而且适用面广的经验公式, 具有一定的现实意义。

作者在主持西(安)一宝(鸡)高速公路某一合同段碎石混凝土配合比及性能试验时, 结合工程单位的实际需要, 积累了一系列 R_7 与 R_{28} 两种强度的实测值, 经过统计分析并建立了相应的经验公式。

1 材 料

实验室拌制混凝土所用水泥为普通硅酸盐425R 和硅酸盐525R。经实验室检验, 这二种水泥强度的各项质量指标均合格(见表1)。

表1 试验所用水泥的强度检验结果

出厂标号	厂家	抗折 (MPa)		抗压 (MPa)	
		3 d	28 d	3 d	28 d
425R	眉县	4.40	7.49	22.46	47.18
	扶风	5.57	7.88	29.17	49.69
	铜川	4.37	7.72	22.10	43.02
	新川	6.12	8.61	30.65	46.21
525R	耀县	6.84	9.20	36.15	58.21

收稿日期: 1994-05-21

试验用砂为当地河砂, $M_s = 2.71$ 为中砂, 级配良好。粗骨料全部为石灰岩碎石, 最大粒径 (D_M) 分别为 40, 20 mm 两种。当 $D_M = 40$ mm 时, 进行二级配, 其中 5~20 mm 和 20~40 mm 粒径组各占 50%, 外加剂采用 UNF-6 促凝早强型高效减水剂。混凝土的拌制和试验均按照交通部标准《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053-83) 进行。强度试验的试件尺寸均采用 15 cm³ 标准试件, 7 d 与 28 d 试件一次成型同条件标准养护。

2 混凝土强度试验结果

现将技术性质和试验条件基本相同的 30 组强度试验结果列于表 2。由于各厂家生产的水泥实测强度不相同 (见表 1), 所以相同水灰比的混凝土强度值有较大差异。这是由于水泥实际强度不同而造成的, 并非试验偏差所致。

对表 2 中 30 组数据的 R_{28} 强度与灰水比 (c/w) 之间的关系进行回归分析, 得到

$$R_{28} = 28.0764(c/w) - 22.8462 \quad (r = 0.9229)$$

尽管在试验时采用了 5 个厂家生产的不同标号水泥, 试验间隔时间较长, 但 R_{28} 与 c/w 的关系仍符合线性规律, 且密切相关, 说明 30 组强度试验结果是准确可信的。

表 2 实测结果统计表

D_M (mm)	试 验 顺序号*	水灰比 (w/c)	水泥用量 (kg/m^3)	R_7 (MPa)	R_{28} (MPa)	R_7/R_{28}	(R_7/R_{28}) 均值
40	1	0.40	457	30.7	42.2	0.727	0.694
	2	0.45	404	24.6	35.5	0.693	
	3	0.50	362	18.9	27.8	0.680	
	4	0.45	437	26.4	37.6	0.702	
	5	0.50	390	21.9	31.4	0.697	
	6	0.55	345	21.4	29.9	0.716	
	7	0.55	316	18.9	28.2	0.670	
	8	0.60	298	15.3	22.9	0.668	
	9	0.65	295	15.2	22.7	0.670	
	10	0.60	288	15.6	21.9	0.712	
	11	0.65	285	14.7	20.4	0.721	
	12	0.70	261	11.5	17.0	0.676	
20	13	0.45	444	30.3	40.7	0.744	0.725
	14	0.45	444	27.0	38.5	0.701	
	15	0.50	410	25.3	34.2	0.740	
	16	0.50	400	25.9	35.1	0.738	
	17	0.50	400	25.9	34.4	0.753	
	18	0.55	360	19.6	29.1	0.674	
40	19	0.35	448	54.1	66.7	0.811	0.782
	20	0.35	443	45.3	57.9	0.782	
	21	0.35	449	39.2	50.9	0.770	
	22	0.40	384	45.8	59.7	0.767	
	23	0.40	383	41.4	53.2	0.778	
	24	0.40	392	35.0	44.8	0.781	
20	25	0.35	463	50.4	64.2	0.785	0.791
	26	0.35	471	41.4	51.2	0.808	
	27	0.35	471	37.5	47.1	0.796	
	28	0.40	410	47.4	59.4	0.798	
	29	0.40	418	34.4	45.2	0.761	
	30	0.40	413	32.8	41.0	0.800	

* 1~18 为不掺减水剂的普通混凝土, 水泥用 425R; 19~30 为掺有减水剂的高强混凝土, 水泥用 425R 和 525R 两种。表中 30 组混凝土拌和物坍落度均控制在 20~40 mm 之间。

3 试验结果分析

以下着重分析强度增长比值(R_7/R_{28})与主要影响因素之间的关系。

3.1 水灰比(w/c)的影响

将表2中的试验结果点绘于图1。从图1试验点分布的情况可以看出,强度增长比值随着水灰比的增大而降低,即在试验范围内, w/c 愈小, R_7/R_{28} 的比值较高; w/c 愈大, R_7/R_{28} 的比值偏低。从曲线的变化趋势来看,当 w/c 在0.5以下时,强度增长比值提高比较显著;当 w/c 为0.5~0.7时,曲线趋于平缓,说明强度增长比值变化不大。从而得出初步结论:水灰比对强度增长比值有一定影响,但在通常的情况下,如 w/c 在0.5~0.7时,影响并不显著。

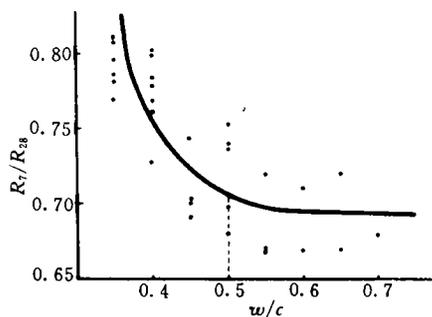


图1 $R_7/R_{28} \sim w/c$ 关系曲线

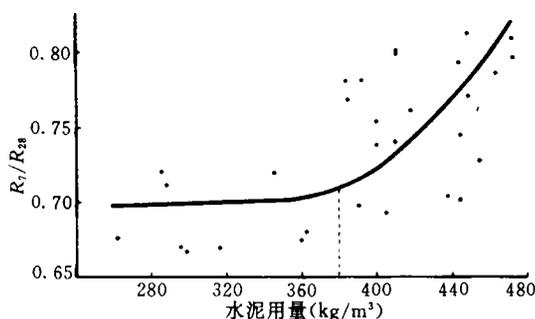


图2 R_7/R_{28} 水泥用量关系曲线

3.2 水泥用量的影响

图2反映了水泥用量与强度增长的比值之间的关系。与 w/c 的影响相似,水泥用量与强度增长比值之间不存在线性关系,从总的变化趋势来看,强度增长比值随着水泥用量的增加而提高。但曲线的变化仍然存在着这样一个特点:当水泥用量约在 380 kg/m^3 以下时,对强度增长比值没有什么影响。只有水泥用量约在 380 kg/m^3 以上时,影响才比较显著。

为什么当水灰比较小(0.5以下)、水泥用量较多(380 kg/m^3 以上)时,混凝土强度增长比值会呈现增大趋势?其原因除受减水剂的促凝早强作用效果影响以外,主要与拌制混凝土所使用的水泥特性有关。本试验全部使用早强型水泥,其7 d强度的早强效果就不如3 d以前那样显著,只有在水灰比较小,水泥用量较多的情况下,7 d强度的早强优势才能显示出来, R_7 与 R_{28} 的比值也才呈增大趋势。但在通常情况下,水灰比较大,水泥用量不多时,7 d的早强优势不显著,水灰比和水泥用量对强度增长比值的影响就不明显。

3.3 骨料最大粒径的影响

骨料最大粒径直接影响水泥用量,因此,骨料粒径的影响实质上是水泥用量的影响。从表2可以看出,在水灰比相同的情况下,一级配混凝土($D_M = 20 \text{ mm}$)比二级配混凝土($D_M = 40 \text{ mm}$)每方多用水泥约 $20 \sim 40 \text{ kg}$ 。反映在强度增长比值上:当 D_M 为40,20 mm时,不掺外加剂的普通混凝土的 R_7/R_{28} 总平均值分别为0.694和0.725;掺有外加剂的高强混凝土的 R_7/R_{28} 总平均值分别为0.782和0.791,说明小粒径比大粒径的强度增长比值高,但差别并不大(分别提高4.3%和1.1%)。因此,在一般情况下,骨料最大粒径的影响,

可以不予考虑。

3.4 掺外加剂的影响

外加剂对强度增长比值的影响,因外加剂的种类、性能、掺量不同而异。本试验在高强混凝土中掺入了 UNF-5 促凝早强型高效减水剂,掺量都为水泥重量的 0.7%。从试验结果看,高强混凝土的强度增长比值比不掺外加剂的普通混凝土强度要高得多。在水泥用量相同情况下,掺减水剂的混凝土相对于不掺减水剂的混凝土强度增长比值要高出 11%~13%。可见 UNF-5 型高效减水剂的促凝早强作用是比较明显的。

4 经验公式的建立

由 7 d 推定 28 d 强度的经验公式中,对数公式是比较常用的一种,即

$$\frac{R_7}{R_{28}} = \frac{\lg 7}{\lg 28} = \frac{0.845}{1.447} = 0.584$$

显然对数公式的强度比值偏低,不适合于本试验情况。除对数经验方式外,常见的经验公式还有以下三种形式:

$$\text{斯氏公式 } R_{28} = R_7 + K \sqrt{R_7}$$

$$\text{线性公式 } R_{28} = aR_7 + b$$

$$\text{幂函数式 } R_{28} = aR_7^b$$

由 30 组实测试验数据,利用回归分析方法,求出上述三种经验公式的具体表达式为

$$R_{28} = R_7 + 1.8469 \sqrt{R_7} \quad (1)$$

$$R_{28} = 1.1536R_7 + 5.3237 \quad (2)$$

$$R_{28} = 2.1197R_7^{0.8658} \quad (3)$$

三种经验方式的精度和可靠性检验指标,列于表 3。

表 3 经验方式检验指标

公式号	相关系(指)数 (r)	剩余均方差 S (MPa)	变异系数 C_v (%)	平均相对误差 V (%)
(1)	0.9964	1.1820	2.9773	2.6430
(2)	0.9962	1.2138	3.0574	2.7953
(3)	0.9966	1.1534	2.9053	2.5677

从表 3 统计的相关系(指)数来看,三种公式的 r 值都在 0.99 以上,说明 R_7 与 R_{28} 之间的相关关系十分密切。剩余均方差最大值为 1.2138 MPa。若用该公式推定强度,概率为 95% 时,其强度波动也不会超过 $\pm 2S = \pm 2.42$ MPa。变异系数与平均相对误差值都不大。充分说明三种经验公式都具有较高的回归精度,也进一步证明由 7 d 推定 28 d 强度的方法的确是一种比较好的方法。幂函数公式即(3)式,与其他两种公式比较,其 r 值最高, S 、 C_v 、 V 值均最小,说明幂函数公式拟合精度较高。

5 结 论

1) 水灰比对强度增长比值(R_7/R_{28})有一定影响。当 $w/c = 0.50 \sim 0.70$ 时,影响并不显

著; w/c 小于0.50时, R_7/R_{28} 呈增大趋势。骨料最大粒径的影响很小,可忽略不计。减水剂的影响比较显著,应区别对待。

2)对于使用早强型水泥拌制的碎石混凝土,其强度增长比值约为0.69~0.73;若掺有减水剂且水灰比小于0.5时,强度增长比值可达0.79。

3)文中建立的三种推定强度经验公式仅适用于使用早强水泥的碎石混凝土,是否适用于卵石混凝土,有待进一步探讨和验证。

参 考 文 献

- 1 陈巧珍. 建筑材料试验计算手册. 广州: 广东科技出版社, 1992. 252~261
- 2 徐家宝. 建筑材料学. 广州: 华南工学院出版社, 1986. 103~104
- 3 水利电力部. 水工混凝土试验规程. 北京: 水利电力出版社, 1987. 378~383
- 4 王异, 周兆桐. 混凝土手册(第一分册). 长春: 吉林科技出版社, 1985. 268
- 5 蔡正咏等. 1小时推定混凝土强度新技术. 北京: 人民交通出版社, 1987. 78~93
- 6 重庆建筑工程学院等. 混凝土学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981. 73
- 7 王寿华等. 实用建筑材料学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988. 117
- 8 中国建筑科学研究院. 混凝土实用手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981. 73
- 9 王国欣. 建筑材料(二版). 北京: 水利电力出版社, 1988. 47

Analysis on the Test of the Short-term Macadam Concrete Strength Inference

Dong Dexin

(The College of Hydraulic and Architectural Engineering, Northwestern Agricultural University,
Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract On the basis of the test data of concrete strength in highway engineering, statistic analysis was conducted on the test results in order to infer the macadam concrete strength on the 28th day by its strength on the 7th day, and the elements affecting the strength increasing ratio were discussed also. From the existing empirical equations, an empirical formula has been deduced, which is more accurate and applicable for the engineering practice.

Key words strength increasing ratio, early strength cement, macadam concrete strength inferring formula, high rate water-reducing admixture