

The Amount of Fly Ash Influence to Prediction Accuracy Using the Simplified Weighted Maturity Method

Qiling Luo, Weilun Wang*, Wujian Long

Shenzhen Durability Center for Civil Engineering, Guangdong Provincial Key Laboratory of Durability for Marine Civil Engineering, College of Civil Engineering, Shenzhen University, Shenzhen Guangdong
Email: lqlhd888@126.com, *wang_weilun@hotmail.com

Received: Apr. 18th, 2015; accepted: May 10th, 2015; published: May 14th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In this paper, the early compressive strength of fly ash concrete is predicted in the Shenzhen eastern transit expressway connecting line project, using the Simplified Weighted Maturity Method. The result of the study shows that: the mean value (predicted value/measured strength) is 1.00; the C.V is 6.5% and the prediction accuracy is high. Under the condition of W/B 0.45 and cementitious material 400 kg/m³, the slope of the strength prediction formula for different fly ash concrete is same and the intercept is different. When fly ash content increases 10%, the intercept reduces 5 MPa.

Keywords

The Simplified Weighted Maturity Method, Early Compression Strength, Prediction, Fly Ash

粉煤灰掺量对简化权重成熟度法预测准确性的影响

罗启灵, 王卫仑*, 龙武剑

深圳大学土木工程学院, 广东省滨海土木工程耐久性重点实验室, 深圳市土木工程耐久性重点实验室,

*通讯作者。

广东 深圳

Email: lqlhd888@126.com, * wang_weilun@hotmail.com

收稿日期: 2015年4月18日; 录用日期: 2015年5月10日; 发布日期: 2015年5月14日

摘 要

本文结合东部过境高速公路连接线工程, 应用简化权重成熟度预测粉煤灰混凝土早期抗压强度, 研究表明, (预测值/实测值)均值1.00, 变异系数6.5%, 预测准确性高; 在水胶比0.45和胶凝材料400 kg/m³固定的情况下, 不同粉煤灰掺量的强度预测公式的斜率相同、截距不同, 粉煤灰掺量每增加10%, 截距减少5 MPa。

关键词

简化权重成熟度法, 早期抗压强度, 预测, 粉煤灰

1. 前言

简化权重成熟度法基于荷兰权重成熟度法, 为推广方便, 紧密结合国内的标准和设备, 进行了简化和改进。在前期研究中, 通过温度测量简化前后的数据对比和 C 值验证, 已证明了该方法简化的合理性 [1]; 通过该方法在无掺合料的水泥混凝土 早期抗压强度预测的应用, 表明预测准确性高。但简化成熟度法预测粉煤灰混凝土强度准确性如何, 粉煤灰掺量与预测公式截距、斜率的关系, 如何影响预测准确性, 有待分析研究。如果获知粉煤灰掺量与简化权重成熟度法预测公式的内在规律, 可以通过某一基准公式, 在固定胶凝材料用量和水胶比情况下, 根据粉煤灰掺量的不同进行修正, 无疑将大大减少建立强度预测公式的工作量, 对工程的简化权重成熟度法大规模应用具有现实意义。本文将结合东部过境高速公路连接线工程, 针对上述问题进行研究。

2. 简化权重成熟度法[2]

简化权重成熟度法结合国内现有的标准, 采用 100 mm 立方体试块, 体积比较小, 成型工作量小; 利用现有的设备, 不用增加新投资; 无需实测硬化温度, 直接按国外资料确定胶凝材料 C 值, 可利用现有的历史数据, 如商品混凝土的质量控制数据、施工中的混凝土温度记录等, 简单方便。

主要方法流程包括: 1) 成型 5 组共 15 块 100 mm 立方体试块, 记录加水时间、成型时间和温度, 其中 2 组 55℃ 湿热养护在 72 h 内的 6 个不同龄期进行抗压试验。另外 3 组 20℃ 喷雾养护, 分别在 1 d、3 d、5 d、7 d、10 d、14 d、21 d 进行抗压试验。试块中心点温度无需实际测量。2) 根据混凝土中的硅酸盐水泥 P.I 占总胶凝材料的质量百分数, 确定水泥的 C 值; 质量百分数大于 65% 时, C 值为 1.3; 50%~64% 时, C 值为 1.4; 35%~49% 时, C 值为 1.5; 20%~34% 时, C 值为 1.6。3) 确定 C 值后, 根据不同龄期和养护温度计算权重成熟度, 进行回归分析, 建立混凝土强度预测公式。4) 强度预测公式建立后, 根据其应用及混凝土标准差确定安全值, 得到校正后的公式。只要实测现场结构混凝土的同条件养护温度, 根据某龄期内的温度历史, 计算权重成熟度, 代入预测公式即可预测该龄期的混凝土抗压强度。

3. 原材料与配合比

结合深圳市交通公用设施建设中心科研项目“东部过境高速公路连接线工程(隧道混凝土结构耐久性

关键技术的研究与应用)”，采用深圳常用的混凝土原材料，主要性能：1) 广州珠江“粤秀”P. II 42.5R 水泥，28 d 抗压强度 58.5 MPa；2) 粉煤灰，妈湾 F 类 II 级，细度 24.7%，需水量比 103%，烧失量 1.39%，三氧化硫 0.62%；3) 碎石，5~31.5 mm 连续粒级，花岗岩，表观密度 2640 kg/m³，松散堆积密度 1410 kg/m³，空隙率 47%，含泥量 0.5%；4) 砂，细度模数为 2.5，III 区中砂，表观密度为 2600 kg/m³，松散堆积密度 1420 kg/m³，空隙率 45%，含泥量 2.6%，泥块含量 1.0%；5) 外加剂：江苏博特的 PCA[®](I) 羧酸高性能减水剂，减水率均在 30% 以上。

混凝土配合比的胶凝材料总量固定为 400 kg/m³，水胶比为 0.45，粉煤灰掺量分别为 0%、10%、20%、30%、40%，如表 1 所示。

4. 试验结果分析

根据原材料广州珠江“粤秀”牌 P. II 42.5R 硅酸盐水泥，其硅酸盐水泥 P. I 占水泥总质量百分数为 95%，混凝土配合比的总胶凝材料中水泥和粉煤灰用量进行计算，得到混凝土的硅酸盐水泥 P. I 占总胶凝材料的质量百分数，确定 TD-1~TD-4 混凝土的 C 值为 1.3，TD-5 混凝土的 C 值为 1.4。

按简化成熟度法，根据 55℃ 湿热养护和 20℃ 标准养护的抗压试验龄期计算权重成熟度，与对应的抗压强度进行回归分析，分别建立强度预测公式，如图 1 所示。

Table 1. Concrete mixtures (kg/m³)

表 1. 混凝土配合比(kg/m³)

编号	水	水泥	粉煤灰	砂	石	外加剂	粉煤灰掺量	硅酸盐水泥 P.I 含量
TD-1	180	400	0	764	1056	3.2	0.0%	95.0%
TD-2	180	360	40	783	1037	3.2	10.0%	85.5%
TD-3	180	320	80	783	1037	2.4	20.0%	76.0%
TD-4	180	280	120	783	1037	2.4	30.0%	66.5%
TD-5	180	240	160	783	1037	2.4	40.0%	57.0%

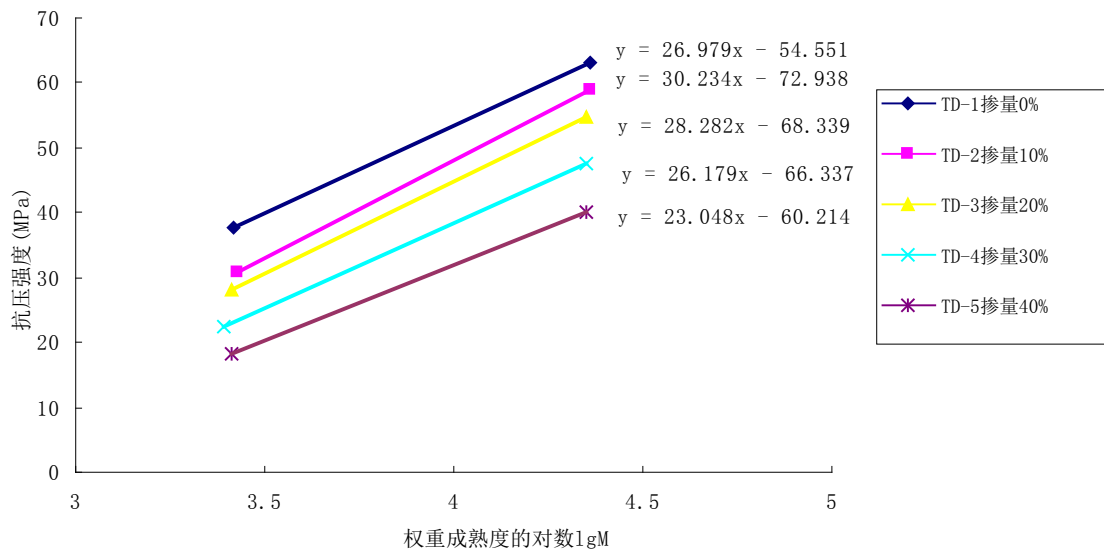


Figure 1. The simplified weighted maturity method regression analysis

图 1. 混凝土的权重成熟度与抗压强度回归分析图

相同配合比的混凝土取样成型后，采用与施工现场条件完全相同的同条件养护，采用温度记录仪实测温度，温度和权重成熟度的对数随龄期的变化如图 2~6 所示。根据不同龄期内的温度记录计算的权重成熟度，代入强度预测公式计算强度预测值，并与相同龄期的实测抗压强度进行比较，如图 7~11 所示。TD-1 混凝土的(预测值/实测值)平均值为 1.04、变异系数 5.4%；TD-2 混凝土的(预测值/实测值)均值为 1.02、变异系数 8.4%；TD-3 混凝土的(预测值/实测值)均值为 1.01、变异系数 2.7%；TD-4 混凝土的(预测值/实测值)均值为 1.01、变异系数 4.9%；TD-5 混凝土的(预测值/实测值)均值为 0.94、变异系数 6.8%。对 TD-1~TD-5 混凝土的所有(预测值/实测值)进行统计，(预测值/实测值)均值 1.00，变异系数 6.5%，可见预测值与实测值相差很小，简化权重成熟度法预测粉煤灰混凝土准确性高。

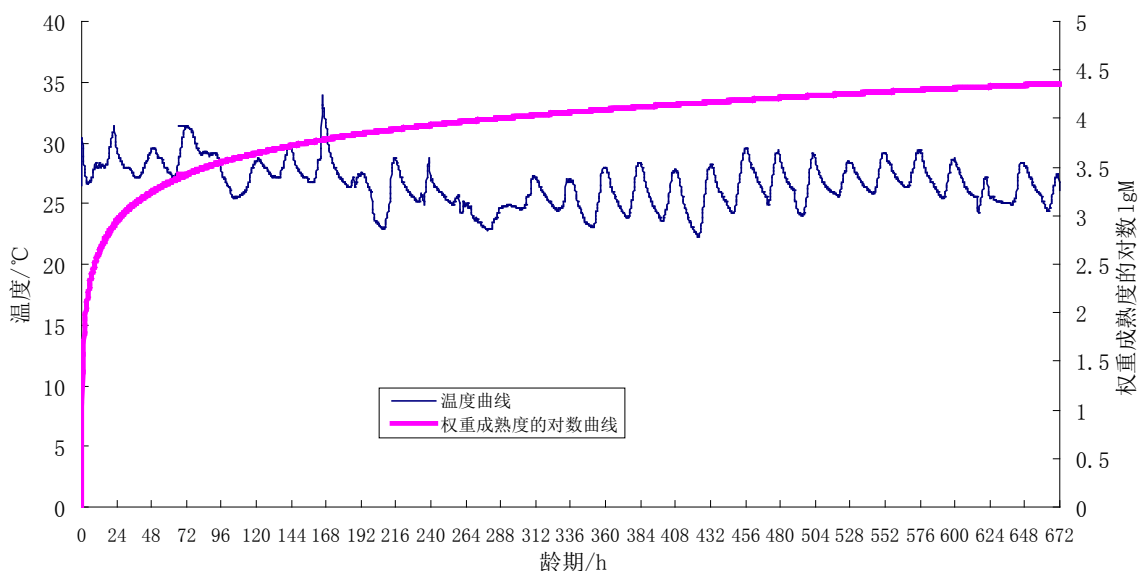


Figure 2. Actual measurement temperature and weighted maturity under the same condition curing of TD-1
图 2. TD-1 混凝土同条件养护的温度和权重成熟度变化图

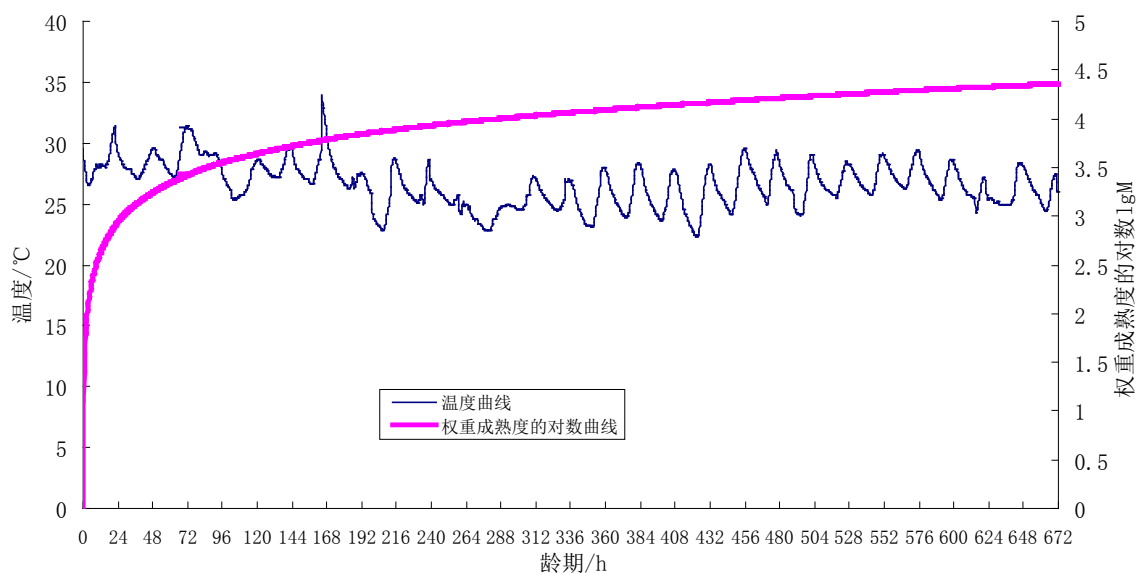


Figure 3. Actual measurement temperature and weighted maturity under the same condition curing of TD-2
图 3. TD-2 混凝土同条件养护的温度和权重成熟度变化图

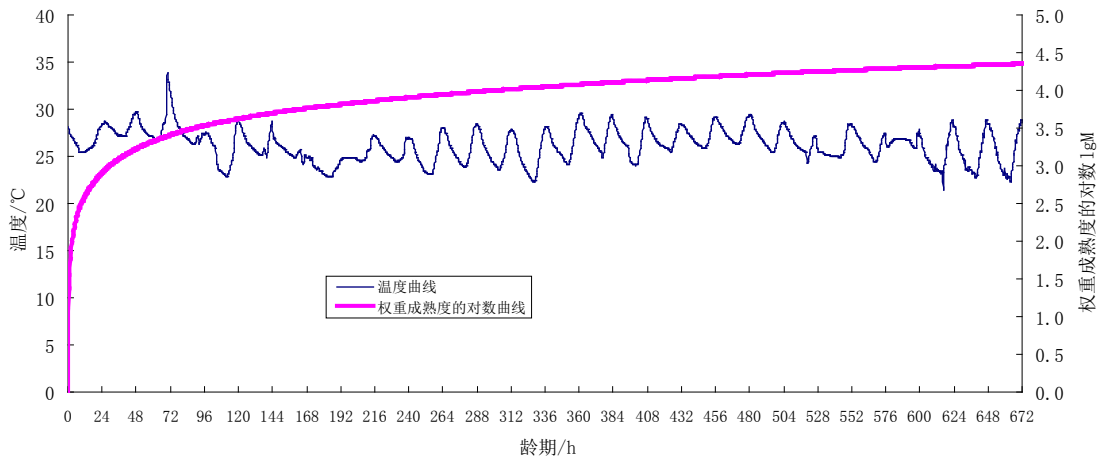


Figure 4. Actual measurement temperature and weighted maturity under the same condition curing of TD-3
 图 4. TD-3 混凝土同条件养护的温度和权重成熟度变化图

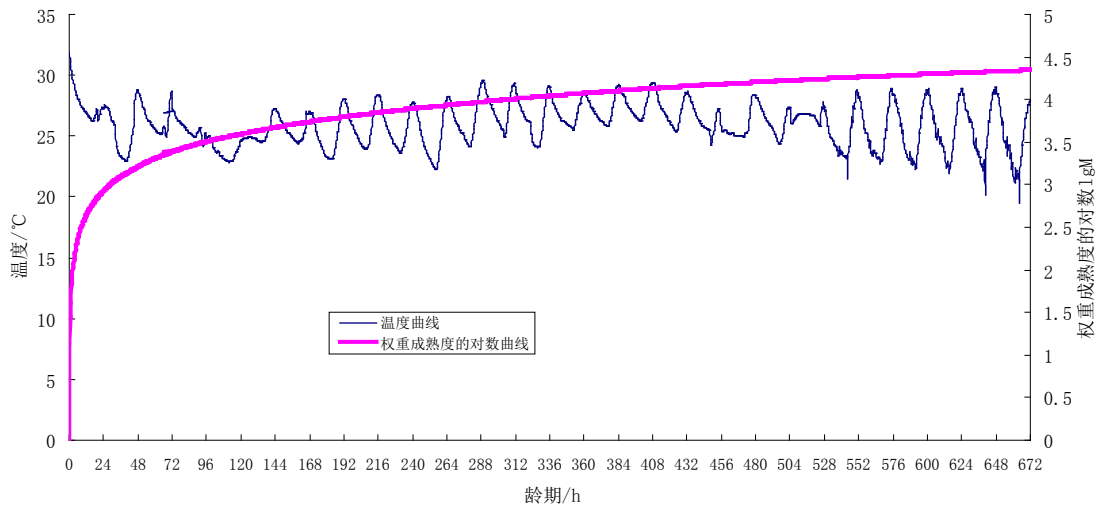


Figure 5. Actual measurement temperature and weighted maturity under the same condition curing of TD-4
 图 5. TD-4 混凝土同条件养护的温度和权重成熟度变化图

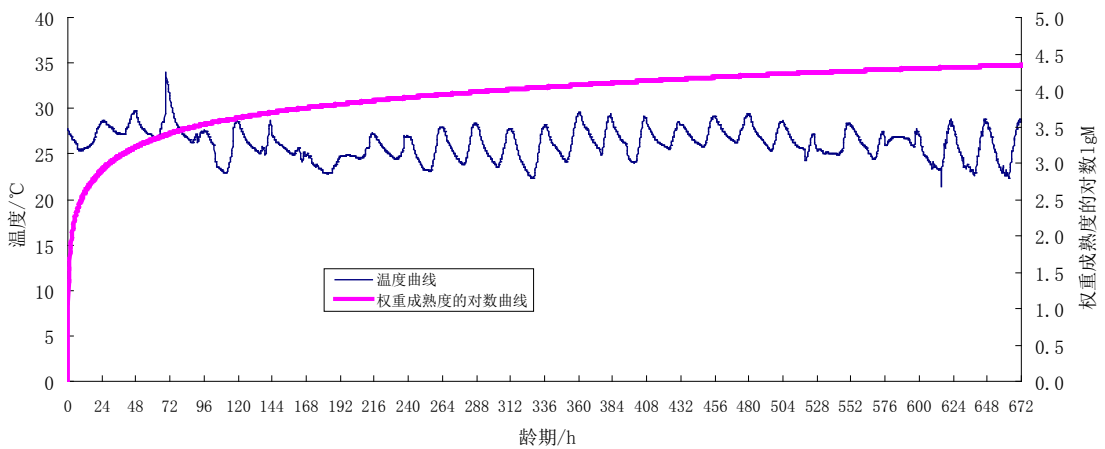


Figure 6. Actual measurement temperature and weighted maturity under the same condition curing of TD-5
 图 6. TD-5 混凝土同条件养护的温度和权重成熟度变化图

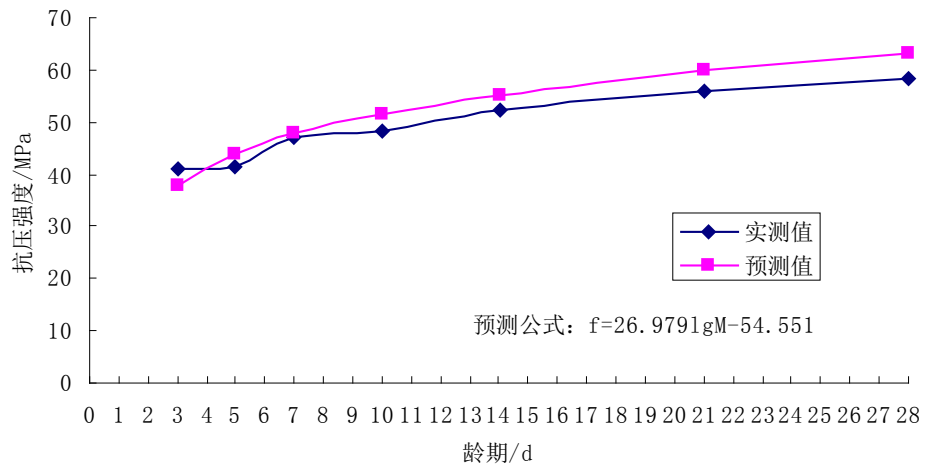


Figure 7. Predicted values and measured strength under the same condition curing of TD-1
 图 7. TD-1 混凝土的同条件养护下实测值与预测值对比

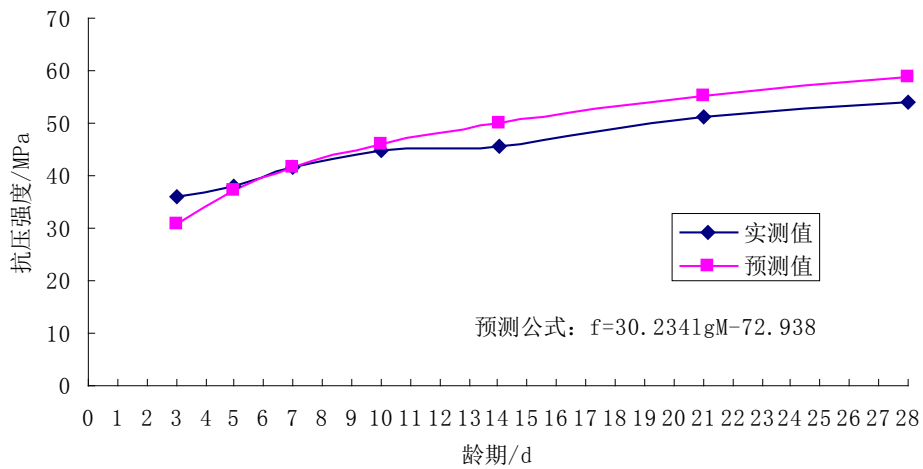


Figure 8. Predicted values and measured strength under the same condition curing of TD-2
 图 8. TD-2 混凝土的同条件养护下实测值与预测值对比

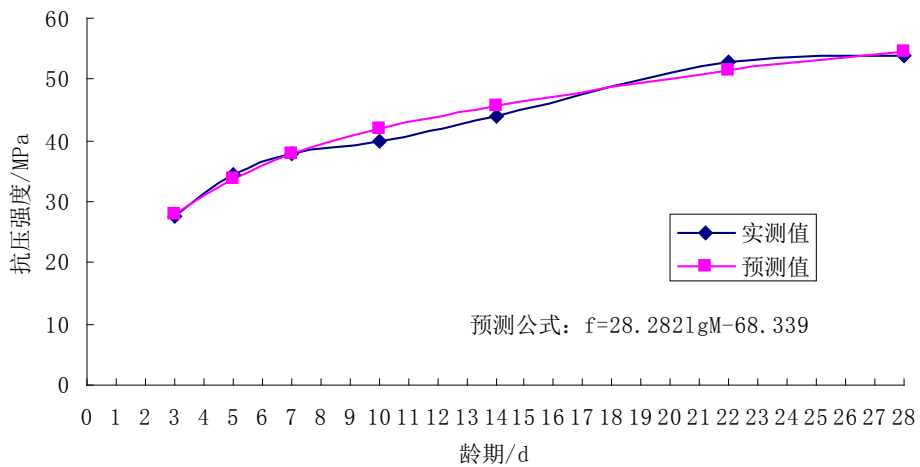


Figure 9. Predicted values and measured strength under the same condition curing of TD-3
 图 9. TD-3 混凝土的同条件养护下实测值与预测值对比

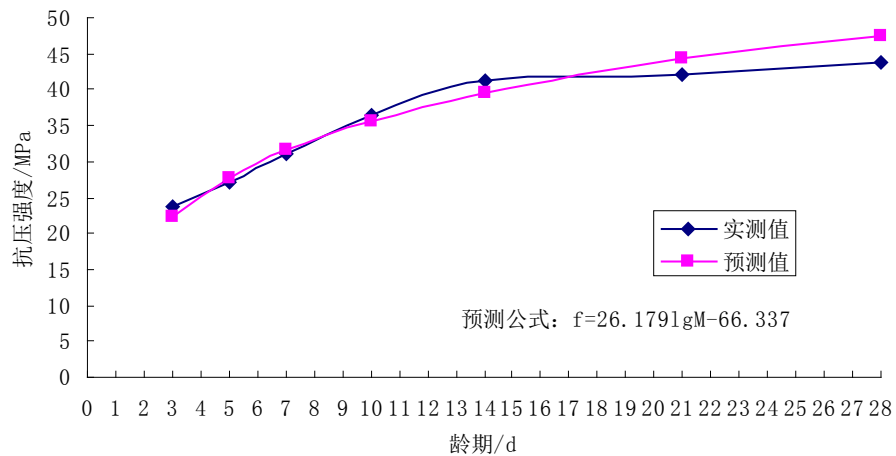


Figure 10. Predicted and measured strength values under the same condition curing of TD-4
图 10. TD-4 混凝土的同条件养护下实测值与预测值对比

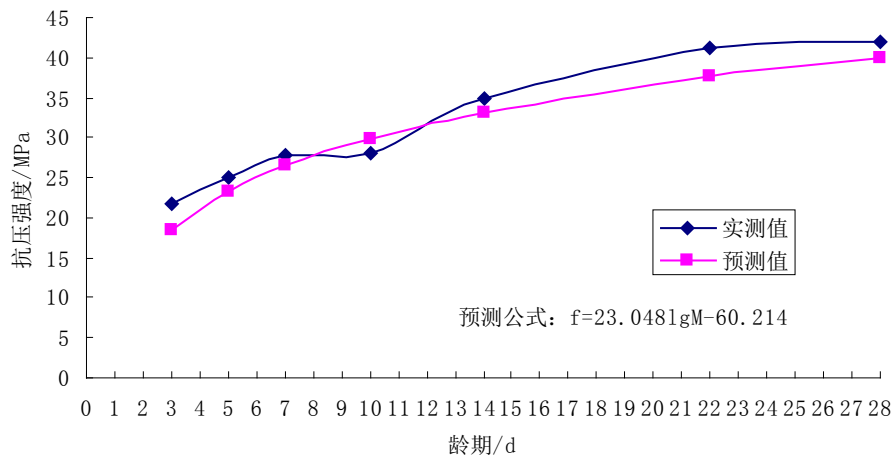


Figure 11. Predicted and measured strength values under the same condition curing of TD-5
图 11. TD-5 混凝土的同条件养护下实测值与预测值对比

由图 1 中分析,不同粉煤灰掺量的强度预测公式的斜率基本相同,只是截距不同。假设在水胶比 0.45 和胶凝材料 400 kg/m^3 固定的情况下,不同粉煤灰掺量的强度预测公式的斜率相同、截距不同;粉煤灰掺量每增加 10%,截距减少 5 MPa。为证明该假设,对 TD-1~TD-5 的预测公式中的斜率求平均值,得到基准斜率 26.944,并以粉煤灰掺量为 0 的截距 -54.551 为基准截距,即基准强度预测公式为 $f_1 = 26.944 \times \lg M - 54.551$ 。根据掺量修正截距,分别得到 TD-1~TD-5 的修正的强度预测公式($f_2 = f_1 - 5$ 、 $f_3 = f_1 - 10$ 、 $f_4 = f_1 - 15$ 、 $f_5 = f_1 - 20$)如图 12 所示。分别采用 TD-1~TD-5 同条件养护下的权重成熟度代入修正的强度预测公式,计算强度预测值,并与实测值进行比较,如表 2 所示。对表 2 所有 5 个混凝土配合比不分龄期的[预测值/实测值]进行计算,结果是均值为 1.00、标准差为 0.06、变异系数为 6.4%,修正的强度预测公式的预测准确性高,证明了该假设成立;即在水胶比 0.45 和胶凝材料 400 kg/m^3 固定的情况下,强度预测公式的斜率是固定值,与粉煤灰掺量无关,截距随粉煤灰掺量增加 10%而减少 5 MPa。

5. 结论

1) 简化权重成熟度法预测粉煤灰混凝土早期强度,(预测值/实测值)均值 1.00,变异系数 6.5%,准确性高。

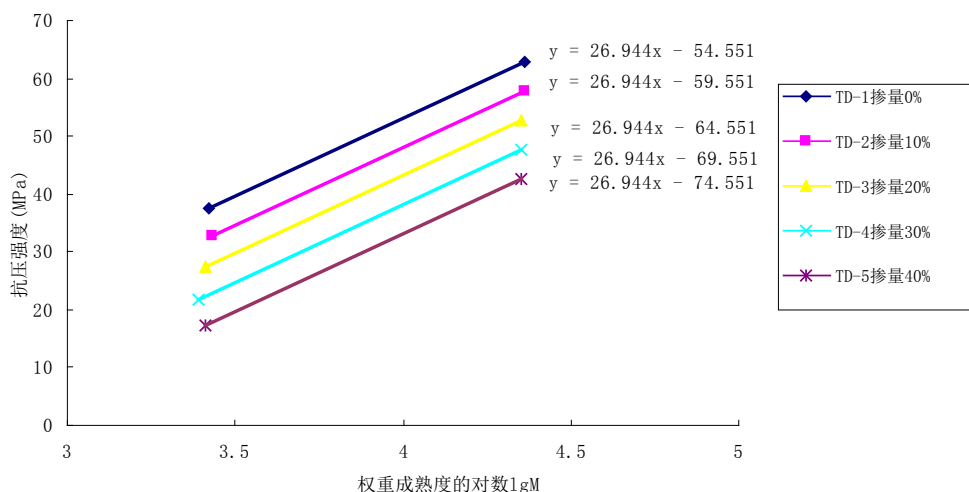


Figure 12. The prediction formula of modified intercept
图 12. 按粉煤灰掺量修正截距的抗压强度预测公式

Table 2. The (predicted value)/(measured strength) of modified intercept
表 2. 截距修正后的[预测值/实测值]

龄期	预测公式	TD-1 $f_1 = 26.944 \times \lg M - 54.551$	TD-2 $f_2 = f_1 - 5$	TD-3 $f_3 = f_1 - 10$	TD-4 $f_4 = f_1 - 15$	TD-5 $f_5 = f_1 - 20$
3 d		0.92	0.91	0.99	0.92	0.80
5 d		1.05	1.02	0.96	1.01	0.92
7 d		1.01	1.03	0.97	1.00	0.96
10 d		1.06	1.04	1.02	0.98	1.09
14 d		1.06	1.09	1.01	0.95	0.98
21 d		1.07	1.07	0.95	1.05	0.97
28 d		1.08	1.07	0.98	1.08	1.01
均值		1.03	1.03	0.98	1.00	0.96
标准差		0.06	0.06	0.03	0.06	0.09
变异系数		5.3%	5.8%	2.6%	5.6%	9.3%

2) 在水胶比0.45和胶凝材料 400 kg/m^3 固定的情况下,不同粉煤灰掺量的强度预测公式的斜率相同、截距不同;粉煤灰掺量每增加10%,截距减少5 MPa。

基金项目

深圳市交通公用设施建设中心科研项目“东部过境高速公路连接线工程”(隧道混凝土结构耐久性关键技术的研究与应用)。

参考文献 (References)

- [1] 罗启灵, 邢锋, 韩宁旭, 张志兴, 李雪梅 (2010) 权重成熟度法的合理简化. *混凝土*, **4**, 34-36.
- [2] 罗启灵, 邢锋, 韩宁旭, 王玉 (2010) 简化权重成熟度法预测混凝土早期强度. *混凝土*, **5**, 39-42.