

减缩剂对混凝土开裂的抑制作用

陈宇峰, 宣 飞, 陆晓燕

(南通大学 建筑工程学院, 江苏 南通 226007)

[摘要] 通过对混凝土的裂缝成因及混凝土减缩剂 (SRA) 的功能成分分析, 对 SRA 抑制混凝土裂缝出现的机理进行讨论. 结合实验结果, 分析 SRA 对混凝土裂缝形成的抑制效果, 从微观角度验证了 SRA 对混凝土收缩的抑制机理. 结果表明: 掺入适量 SRA 能较大幅度地改善混凝土的收缩情况, 主要机理是 SRA 改善混凝土中骨料与水泥石的结合, 所含的膨胀组分补偿混凝土的收缩.

[关键词] 混凝土, 减缩剂, 裂缝, 机理

[中图分类号] TU 528 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1672-1292(2007)03-0089-04

Restraining Effect of SRA on the Cracking of Concrete

Chen Yufeng Xuan Fei Lu Xiaoyan

(College of Civil Engineering, Nantong University, Nantong 226007, China)

Abstract The reasons of concrete's crack forming and the component of Shrinkage Reducing Admixture SRA were analyzed in this paper. The mechanism of restraining concrete cracks by SRA was studied detailedly. The effect of SRA was validated in accordance with the experiment data and microscopic data. The result showed proper SRA could improve the shrinkage situations of concrete. The mechanics were that the union of aggregate and harden cement was improved and expansion component compensated the shrinkage of concrete.

Key words concrete, SRA, cracks mechanism

0 引言

目前普通住宅建设中存在许多质量问题, 其中较为常见的就是混凝土材料的渗漏问题. 如何提高混凝土的抗裂性和耐久性混凝土工程技术中的一项重大课题. 从材料组成、控制方面而言, 影响混凝土早期开裂的因素很多, 包括水灰比、水泥品种、用量、矿物掺合料、养护条件、外加剂等. 混凝土减缩剂 (Shrinkage Reducing Admixture, SRA) 是一类应用于混凝土工程的新型外加剂. 通过掺入 SRA 可以在一定程度避免出现混凝土裂缝, 从而降低了普通住宅质量通病的发生概率, 在建筑工程应用中具有重要的意义.

1 混凝土产生裂缝的主要原因

混凝土作为使用最为广泛的建筑材料, 是以水泥作为胶凝材料、砂石骨料作为支撑结构形成的复合体, 由于其组成相对复杂, 成分性质存在较大差异, 混凝土性能易受组成材料影响而导致质量问题.

目前从材料学角度对混凝土裂缝成因的研究主要集中在以下几个方面:

- (1) 水泥石的水化引起的化学收缩;
- (2) 混凝土内毛细孔失水而引起的干缩和自身收缩;
- (3) 混凝土养护不当引起表面失水导致塑性收缩;
- (4) 混凝土碳化产生的体积收缩^[1-8].

收稿日期: 2006-11-20

基金项目: 南通市社会发展科技计划 (S40058)、南通大学自然科学基金 (05Z068) 资助项目.

作者简介: 陈宇峰 (1974-), 讲师, 主要从事新型建筑材料与耐久性的教学与研究. E-mail: chen_y@ntu.edu.cn

2 SRA 的有效成分及其作用分析

针对混凝土裂缝的产生原因,科技工作者开发了 SRA 用以减轻甚至消除混凝土的收缩.减缩剂 20 世纪 80 年代初发明,90 年代初在我国开始试用.

SRA 主要包含以下成分:表面活性、减水、保塑、膨胀(补偿收缩)、引气等功能成分.如文献[9]就采用了以下成分:2-丁氧基乙醇,乙 丙烯基氧化物,硫铝酸盐膨胀剂, M ight 100 高效减水剂等.而文献[10]则采用国产甲醚基聚合物与乙二醇系聚合物按一定比例复合并改性用以配制 SRA.

SRA 中表面活性成分有效地提高混凝土固体原料表面与水的结合,从而避免出现较大程度的缺陷;减水成份可以使混凝土拌合物在保持和易性情况下,通过降低单位用水量,有效地降低混凝土内多余自由水存在,降低了宏观大孔等缺陷的出现,进而增大混凝土密实度;保塑成分的作用主要是在一定时间内保持混凝土拌合物中的水分含量,避免出现较大的混凝土坍落度损失,从而为水泥水化保证足够的水分,维持水化反应的正常进行及膨胀组份水化的需求;膨胀组份的主要作用则是针对混凝土的收缩采用体积补偿的方法使得混凝土避免产生较大的应力,进而避免产生裂缝;引气成分可以使混凝土内部形成小的封闭气泡,改善和易性,避免混凝土出现大的裂缝.

本文采用南京某公司的 HLC-1 型阻渗抗裂剂对混凝土的性能影响进行研究,结果显示该产品较好地满足了实际工程的需求.

3 实验

3.1 试验材料

- (1) 水泥:海螺 P.O 42.5 水泥,主要化学组成如表 1 所示,主要性能指标如表 2 所示;
- (2) 砂:标准砂;
- (3) 石子:石灰石,碎石, $\phi 5\sim 20\text{ mm}$;
- (4) 外加剂:HLC-I 型防渗抗裂剂,南京某公司.

表 1 水泥主要性能指标

Table 1 Physical and m echanical properties of cement

标准稠度 用水量 $f\%$	安定性	细度 $f\%$ (80 μm 筛余)	凝结时间 /min		抗折强度 /MPa		抗压强度 /MPa	
			初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
27.8	合格	2.4	70	295	4.0	8.6	24.4	50.5

表 2 水泥的化学组成

Table 2 Chemical composition of cement

单位: %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	Loss
21.82	6.02	3.65	59.79	2.07	2.21	0.59	2.13

3.2 试验方法

水泥净浆试件成型参照 GB/T1346-2001《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验办法》中的有关规定进行.

混凝土试件成型、养护、强度和收缩试验测定方法分别参照 GB/T50080-2002《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》、GB50081-2002《普通混凝土力学性能试验方法》、GBJ82-85《普通混凝土收缩性能试验方法》中的有关规定进行.

混凝土配合比如表 3 所示.

水泥净浆试样养护至标准龄期,破型后选取合适小块试样浸泡在丙酮溶液中密闭保存,作为 XRD 试验所需样品.

混凝土强度试验完毕,选取小块试样浸泡在丙酮溶液中密闭保存,作为 SEM /EDAX 试验所需样品.

表 3 混凝土配合比

Table 3 Experimental mix proportions of concrete

编号	水灰比	砂率 / %	水 / (kg /m ³)	水泥 / (kg/m ³)	HLC-I / %
JZ		35	147	327	0
H1		37	147	327	5
H2	0.45	37	147	327	6
H3		39	147	327	7
H4		40	147	327	8
H5		41	147	327	9

注: HLC 掺量百分数以水泥用量为基准值

3.3 试验结果和讨论

3.3.1 混凝土强度

试验数值如表 4 所示.

由于在试验设计中对混凝土的水灰比并未进行调整, 混凝土强度的发展并未出现根本性的变化. 但由于外加剂中的减水组份有效改善了内部孔隙分布情况, 以及膨胀组份在早期形成了较多的钙矾石 (AFt) 改善了混凝土内部结构, 故其强度随着 SRA 的掺量增加有一定程度的提高.

3.3.2 混凝土收缩

收缩试验测定的长度变化数值如图 1 所示.

对于基准混凝土而言, 在水养过程中 (1~ 14 d) 混凝土都能保持本身体积不变甚至略有膨胀, 而在后期干养条件下出现了明显的收缩, 这说明养护湿度的维持对混凝土收缩有着根本性的影响. 而干养过程中混凝土收缩最大的时间集中在 14~ 28 d 之间 (收缩值达到了 5.36×10^{-6} m), 而 28 d 以后混凝土收缩趋于稳定. 同时, 随着混凝土抗拉强度和弹性模量的提高, 混凝土自身抵御收缩的能力也不断提高. 因此对于特别重要的混凝土结构、易产生渗漏部位, 建议延长混凝土的保湿养护时间至 28 d 这对于实际工程应用具有重要的意义.

与基准混凝土相比, 加入 HLC 型外加剂的混凝土膨胀率发展较为稳定, 后期落差小. 究其原因可发现, 由于膨胀组份水化形成大量钙矾石, 形成的较大体积的膨胀使得混凝土的收缩得到了较大程度的补偿, 如图 2~ 图 4 所示.

4 结论

- (1) 在混凝土中采用 HLC-1 型外加剂能有效地降低裂缝的出现概率.
- (2) SRA 改善混凝土收缩性能的主要机理是提

表 4 混凝土强度测定值

Table 4 Experimental results of compressive of concrete

编号	抗压强度 /MPa		
	3 d	7 d	28 d
JZ	20. 2	35. 2	43. 5
H1	22. 5	37. 2	46. 2
H2	23. 0	38. 0	46. 7
H3	23. 2	38. 0	47. 8
H4	23. 3	39. 1	48. 5
H5	24. 2	41. 2	50. 3

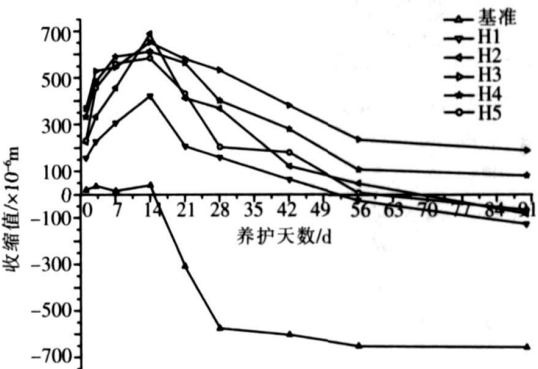


图 1 长度变化测定数值

Fig.1 Experimental results of length changing of specimens

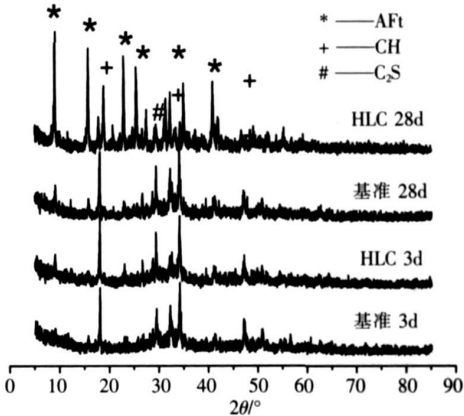


图 2 水泥水化产物 X 射线衍射图

Fig.2 Hydrates content of coment(XRD)

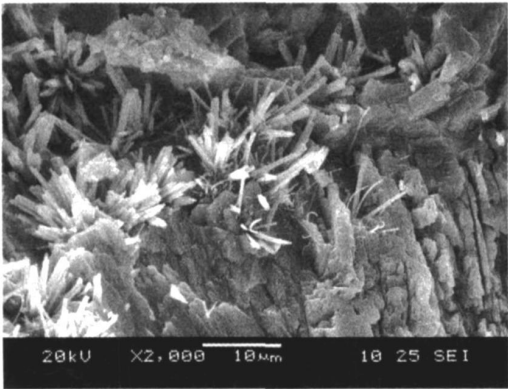


图 3 未加入 HLC 的水泥石中钙矾石分布形态

Fig.3 Ettringite's distribution from before adding HLC

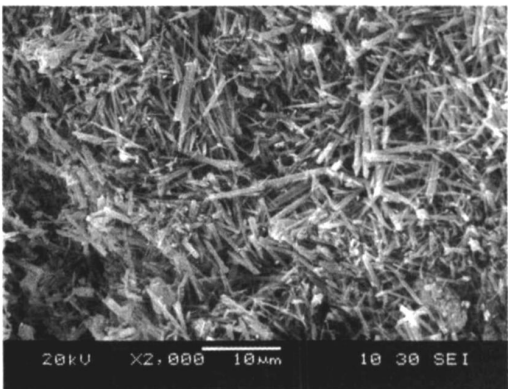


图 4 加入 HLC 后水泥石中钙矾石分布形态

Fig.4 Ettringite's distribution from after adding HLC

高了骨料和水泥砂浆的结合,降低多余水分在混凝土中的存在.

(3) 利用膨胀组份生成的钙矾石产生的体积膨胀补偿了混凝土的体积收缩微膨胀效应,来抵抗混凝土的收缩、温度变化等因素产生的约束力,从而起到防止裂缝的目的.

[参考文献] (References)

[1] Benboudjem A F, Meftah E, Torrenti J M. Interaction between drying shrinkage creep and cracking phenomena in concrete [J]. Engineering Structures 2005, 27: 239-250

[2] Collepardi M ariq, Borsoi Anton io, Collepardi Silvia, et al Effects of shrinkage reducing admixture in shrinkage compensating concrete under nonwet curing conditions[J]. Cement and Concrete Composites 2005, 27: 704-708

[3] Carlon D, Mistry P J M. Thermoelastic creep analysis of maturing concrete [J]. Comput Struct 1991, 40(2): 293-302

[4] Neville A M. Properties of Concrete[M]. New York: John Wiley & Sons 1998

[5] Mokarem David W, Weyers Richard E, Lane D Stephen. Development of a shrinkage performance specifications and prediction model analysis for supplemental cementitious material concrete mixtures[J]. Cement and Concrete Research 2005, 35: 918-925

[6] Burliona Nicolas, Skoczylasa Frédéric, Dubois Thierry. Induced anisotropic permeability due to drying of concrete[J]. Cement and Concrete Research 2003, 33: 679-687.

[7] Omar S Baghabra Al Amoudi, Taofiq O Abiola, Mohammed M Alhuddin. Effect of superplasticizer on plastic shrinkage of plain and silica fume cement concretes[J]. Construction and Building Materials 2006, 20: 642-647.

[8] Sharon Huo X, Ling Ung Wong. Experimental study of early-age behavior of high performance concrete deck slabs under different curing methods[J]. Construction and Building Materials 2006, 20: 1049-1056

[9] Rongbing B, Jian S. Synthesis and evaluation of shrinkage reducing admixture for cementitious materials[J]. Cement and Concrete Research 2005, 35: 445-448

[10] 钱晓清, 詹树林, 孟涛, 等. 减缩剂、膨胀剂、减水剂与混凝土的抗裂性 [J]. 混凝土与水泥制品, 2005(1): 22-24
Qian Xiaqing, Zhan Shulin, Meng Tao, et al. SRA, expanders, superplasticizer and cracking resistance of concrete[J]. China Concrete and Cement Product 2005(1): 22-24 (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]

(上接第 59 页)

[5] 李启良, 陈建林, 杨凯. 活性炭-H₂O₂ 催化氧化处理氨基 C 酸工业废水的研究 [J]. 南京大学学报: 自然科学版, 2003, 39(3): 446-450
Li Qiliang, Chen Jianlin, Yang Kai. Treatment of wastewater from dye intermediate Amine C acid manufacturing process with activated carbon-hydrogen peroxide method [J]. Journal of Nanjing University Natural Sciences Edition, 2003, 39(3): 446-450 (in Chinese)

[6] 彭盘英, 王玉萍, 崔世海, 等. 氨基-J 酸废水处理及资源化研究 [J]. 环境工程, 2003, 21(3): 11-13
Peng Panying, Wang Yuping, Cui Shihai, et al. Study on treatment of Amine J acid wastewater and recovery of resource[J]. Environmental Engineering 2003, 21(3): 11-13 (in Chinese)

[7] 彭盘英, 王玉萍, 崔世海, 等. γ 酸废水的综合利用 [J]. 化工环保, 2000, 20(6): 30-34
Peng Panying, Wang Yuping, Cui Shihai, et al. Study on comprehensive utilization of γ acid-containing wastewater[J]. Environmental Protection of Chemical Industry 2000, 20(6): 30-34 (in Chinese)

[8] 丁海燕, 王玉萍, 孙春霞, 等. 萘系化合物的高级氧化法 [J]. 工业用水与废水, 2004, 35(4): 5-8
Ding Haiyan, Wang Yuping, Sun Chunxia, et al. Advanced oxidation methods for Naphthalene compounds[J]. Industrial Water and Wastewater 2004, 35(4): 5-8 (in Chinese)

[9] 罗学辉, 秦炜, 符钰, 等. 络合萃取法处理磺酸类染料中间体工业废水的研究 [J]. 化学工程, 2003, 31(2): 51-54
Luo Xuehui, Qin Wei, Fu Yu, et al. Extraction of industrial effluent for dyestuff substrate[J]. Chemical Engineering 2003, 31(2): 51-54 (in Chinese)

[10] 林屹, 秦炜, 戴猷元. 正辛醇萃取苯酚稀溶液的特性研究 [J]. 环境化学, 2003, 22(1): 48-52
Lin Yi, Qin Wei, Dai Youyuan. Extraction behaviors of phenol in dilute solution by Octanol[J]. Environmental Chemistry 2003, 22(1): 48-52 (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]