

文章编号:1671-6833(2006)02-0005-03

碳化钢纤维混凝土弯折性能的试验研究

谢晓鹏,高丹盈,赵 军,赵广田,杨文涛

(郑州大学新型建材与结构研究中心,河南 郑州 450002)

摘 要:通过对43组129个100 mm×100 mm×100 mm的混凝土立方体试件进行试验研究,以钢纤维体积率、混凝土强度等级和碳化龄期为变量,研究了不同体积率、不同强度等级的钢纤维混凝土在不同碳化龄期下弯折性能的变化规律,探讨了钢纤维对混凝土抗折强度的影响机理.试验结果表明,混凝土基体强度等级较高时,随着碳化龄期和钢纤维体积率的提高,碳化后混凝土弯折性能改善比较显著,对基体强度等级为C30、体积率分别为1.0%和2.0%的钢纤维混凝土碳化3 d、7 d、14 d、28 d后,相对抗折强度分别为0.98,1.11,0.91,1.21和0.92,1.24,1.23,1.39.

关键词:混凝土;钢纤维;碳化;抗折强度

中图分类号: TU 528 **文献标识码:** A

0 引言

混凝土建筑物在环境因素和侵蚀介质作用下开裂、甚至倒塌破坏主要是由混凝土的耐久性不足引起的.耐久性是一个非常复杂的问题,它涉及的内容和影响因素很多.环境和侵蚀介质等损伤条件不同,混凝土性能的变化规律也不同,但无论是何种因素引起混凝土耐久性降低而破坏,最终均表现为裂缝的出现和发展,因此有效提高混凝土的抗裂性对提高混凝土耐久性具有重要意义,在混凝土中掺入钢纤维是提高混凝土抗裂、阻裂能力的有效途径.纤维与混凝土的复合化已成为混凝土高性能化的主要途径^[1].

钢筋混凝土碳化,降低了混凝土的碱度,破坏了钢筋表面的钝化膜,使混凝土失去了对钢筋的保护作用,严重影响混凝土建筑物的长期使用和安全运行,是混凝土耐久性重要方面^[2].国

内外关于碳化对混凝土构件的影响重点表现在混凝土碳化所引起的钢筋锈蚀,降低构件极限承载力和影响混凝土耐久性等方面,但混凝土碳化后自身性能的变化也是影响混凝土构件性能的重要方面^[3~8].目前有关碳化后混凝土力学性能的研究很少,特别在钢纤维混凝土碳化后力学性能方面的研究几乎是空白.

笔者通过试验研究,探讨了钢纤维体积率及混凝土的强度等级对钢纤维混凝土弯折性能的影响,研究钢纤维混凝土在碳化作用下抗折强度的变化规律.

1 试验概况

1.1 原材料

水泥:中原水泥厂生产的中原牌普通硅酸盐水泥32.5R;中砂级配良好;碎石5~25 mm连续级配;本文研究采用的钢纤维性能见表1.

表1 钢纤维主要力学性能

Tab.1 Main mechanical properties of steel fiber

种类	直径 /(10 ⁻³ mm)	长度 /mm	抗拉强度 /(N·mm ⁻²)	弹性模量 /(N·mm ⁻²)	拉断时伸 长率/%	掺加量
铣削型	943.6	32.31	380~800	200 000	0.5~3.5	1%, 2%

收稿日期:2006-01-11;修订日期:2006-03-28

基金项目:国家重大基础研究前期研究专项项目(2004CCA04100)

作者简介:谢晓鹏(1976-),男,河南南阳人,郑州大学在读博士研究生,主要从事纤维混凝土复合材料及其配筋构件性能研究.

万方数据

1.2 试验方案

碳化试验采用 CF20,CF30,CF40 3 种强度的钢纤维混凝土,配合比见表 2.

钢纤维混凝土试件的制作按照《钢纤维混凝土试验方法》(CECS13:89)^[3]的规定进行.碳化试验按照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》GBJ82-85^[4]中碳化性能试验的室内快速碳化试验方法进行.达到规定的碳化龄期(3 d、7 d、14 d、28 d),从碳化箱取出试件在 600 kN 压力试验机上进行弯曲破坏试验;以 0.05 ~ 0.08 MPa/s 的速度对试件进行连续、均匀加载.加载方式为三分点对称加载,实验装置如图 1 所示.

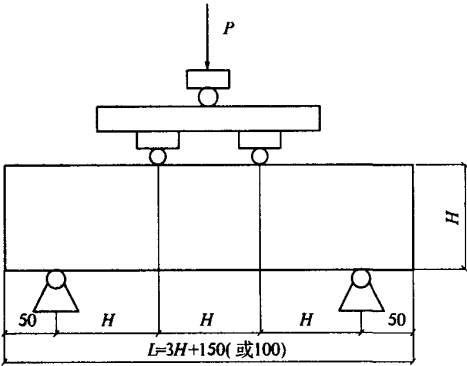


图 1 弯折试验示意图

Fig.1 Schematic plan of bending test

表 2 钢纤维混凝土配合比

Tab.2 Mix proportion of concrete kg/m³

强度等级	钢纤维体积率/%	水泥	砂	碎石	水	钢纤维
C20	1.0	403	817	1000	210	78.67
	0	432	615	1143	190	0
C30	1.0	477	787	958	210	78.67
	2.0	509	858	585	224	157.34
C40	1.0	567	743	907	210	78.67

2 试验结果与分析

2.1 试验结果

作者以钢纤维体积率,混凝土强度等级和碳化龄期为变量,对 43 组 129 个 100 mm × 100 mm × 100 mm 的混凝土立方体试件进行试验,测得的试验结果见表 3.

2.2 钢纤维混凝土碳化抗折强度分析

根据试验数据,得出(钢纤维)混凝土的相对抗折强度(碳化后混凝土的抗折强度与相应未碳

化的抗折强度的比值)与碳化龄期、钢纤维体积率和混凝土强度等级的关系如图 2 所示.

表 3 (钢纤维)混凝土碳化前后抗折强度

Tab.3 Rupture of (steel fiber) reinforced concrete before and after carbonization

编号	碳化龄期/d	碳化前抗折强度/MPa	碳化后抗折强度/MPa	相对抗折强度
T200000	0	4.19	—	—
T200014	14	4.17	3.51	0.84
T201000	0	4.29	—	—
T201014	14	4.80	4.62	0.96
T201028	28	5.70	5.10	0.89
T300000	0	4.20	—	—
T300003	3	4.08	4.31	1.06
T300007	7	4.20	4.02	0.96
T300014	14	4.56	4.66	1.02
T300028	28	5.76	4.74	0.82
T301000	0	5.08	—	—
T301003	3	5.58	5.46	0.98
T301007	7	5.22	5.79	1.11
T301014	14	5.35	4.86	0.91
T301028	28	4.62	5.61	1.21
T302000	0	6.47	—	—
T302003	3	6.53	6.00	0.92
T302007	7	5.07	6.27	1.24
T302014	14	5.78	7.10	1.23
T302028	28	6.38	8.88	1.39
T400000	0	5.39	—	—
T400014	14	5.49	4.53	0.83
T401000	0	6.49	—	—
T401014	14	6.00	5.52	0.92
T401028	28	5.36	6.24	1.16

说明:编号中 T 前两位数表示混凝土的强度等级,中间两位数表示混凝土中钢纤维的体积率的 10 倍,最后两位数表示混凝土的碳化龄期,如 T201007 表示钢纤维掺量为 1.0% 强度等级为 C20 的混凝土碳化龄期为 7 d.

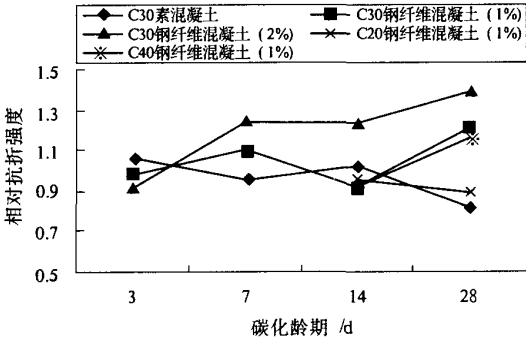


图 2 (钢纤维)混凝土相对抗折强度与碳化龄期的关系

Fig.2 Relationship between relative rupture strength of steel fiber reinforced concrete and carbonization time

从图2可以看出,随着碳化龄期的增加,对于混凝土基体强度等级为C20的混凝土,其相对抗折强度呈现下降趋势.在混凝土中掺加1.0%的钢纤维增强了其弯曲性能,但提高幅度较小,对应的相对抗折强度略小于1,表明在碳化作用下,基体强度等级为C20的(钢纤维)混凝土承受弯曲荷载的能力下降,并且随碳化龄期的增大更加明显;对于混凝土基体强度等级为C40的素混凝土,在碳化作用下,抗折强度降低.加入钢纤维后,混凝土的性能得到了明显的改善.随着碳化龄期的增大,钢纤维混凝土的抗折强度显著提高;对于基体强度等级为C30的混凝土,随着碳化龄期混凝土钢纤维体积率的增大,其承受弯曲荷载的能力得到了显著增强,钢纤维体积率为2.0%的钢纤维混凝土碳化28d与相应的素混凝土相比,抗折强度提高高达57%.

混凝土基体强度等级较低时,混凝土内的缺陷多,水泥凝胶体抗拉强度低,混凝土受碳化收缩的影响大.随着碳化龄期的增大,碳化后的混凝土试件在受荷前,已经在混凝土边缘产生了微裂缝.混凝土抗折试件在受荷时,对这种微裂缝比较敏感,使混凝土抗折强度降低.由于混凝土强度等级较低,钢纤维与水泥凝胶体的粘结强度低,钢纤维不能有效发挥作用.

混凝土强度等级较高时,随着碳化龄期和钢纤维体积率的增加,一方面由于混凝土自身砂浆胶体抗拉性能好和水泥凝胶体与钢纤维的粘结强度高,削弱了因碳化收缩产生的不利影响;另一方面由于混凝土中的可碳化物质与二氧化碳发生了一系列反应,生成不溶于水的碳酸钙填充混凝土内部的孔隙,改善了混凝土的力学性能,提高了混凝土的密实性,使钢纤维与水泥凝胶体的界面性能得到强化,致使混凝土的抗折强度随着碳化龄期和钢纤维体积率的增加而提高.

3 钢纤维对混凝土抗折强度的影响

加荷初期,钢纤维混凝土拉区与压区的应力沿截面高度分布基本是线性的.当荷载继续增大,拉区变形达到钢纤维混凝土初裂应变时,混凝土基体出现裂缝,跨越裂缝的钢纤维仍能通过界面传递应力,使抗折试件保持平衡,而不像普通混凝土那样,一旦裂缝扩展便导致试件的断裂.因受力前后钢纤维对混凝土的阻裂效应,抗折初裂荷载随着钢纤维体积率的增大有不同程度的提高.由于试验数据现,拉应变增大,拉区应力分布出现非

线性,且拉应变增长速率比压应变变大.在此阶段中,处于弹性阶段的钢纤维通过界面粘结横贯裂缝并传递应力,随着荷载增大裂缝继续扩展,钢纤维混凝土处于弹塑性阶段.当拉区应变达到极限拉应变时,拉区边缘将会产生裂缝.继续增加荷载,钢纤维开始被拔出,随拉区合力增加及合力作用点的变化,钢纤维混凝土的抗折能力仍有一定的提高,最终达到钢纤维混凝土的极限抗折强度.随后因钢纤维与基体间界面粘结强度逐步达到极限,钢纤维不断被拔出,中和轴上移,拉区应力合力作用力臂的减小速率大于其合力作用值增加速率,抗折能力下降.

4 结论

(1) 普通混凝土试件,随碳化龄期的增加,相对抗折强度逐渐下降,且小于1.

(2) 钢纤维混凝土试件,随着碳化龄期的增大,相对抗折强度呈提高趋势,如体积率为1.0%的C30钢纤维混凝土碳化3d、7d、14d、28d的相对抗折强度分别为0.98、1.11、0.91、1.21.

(3) 随着钢纤维体积率的增大,混凝土抗折强度提高比较明显,钢纤维体积率为2.0%的混凝土基体强度等级为C30的钢纤维混凝土碳化28d与相应的普通混凝土相比,抗折强度提高高达57%.另外钢纤维体积率相同时,基体强度等级越高的试件抗折强度提高越明显.

参考文献:

- [1] 高丹盈,刘建秀.钢纤维混凝土基本理论[M].北京:科学技术文献出版社,1994.
- [2] 谢晓鹏.钢纤维混凝土冻融和碳化性能试验研究[D].郑州:郑州大学,2004.
- [3] 周宇,张皓.混凝土碳化后的力学性能研究[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2005,23(2):318~323.
- [4] CECS13:89,钢纤维混凝土试验方法[S].
- [5] 赵述智,王忠德.实用建筑材料试验手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [6] 高丹盈,赵军,朱海堂.钢纤维混凝土设计与应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [7] SIMS I. The assessment of concrete for carbonation[J]. ACI Structural Journal, 1966,31(6):527~540.
- [8] 朱海堂,高丹盈,张启明,等.碳化环境下钢纤维混凝土基本性能试验研究[J].郑州大学学报(工学版),2005,26(1):5~8.

(下转第28页)

参考文献:

- [1] 韩菊红,袁群.新老混凝土粘结面粗糙度处理实用方法探讨[J].工业建筑,2001,31(2):1~3.
- [2] 张琦,过镇海.混凝土剪切强度和剪切变形的研究[J].建筑结构学报,1992,13(5):17~24.
- [3] 李平先,张雷顺.冻融循环作用下混凝土的剪切强度试验研究[J].郑州大学学报(工学版),2004,25(4):12~15.
- [4] IOSIPESCU N, NEGOTTA A. A new method for determining the pure shearing strength of concrete[J]. Concrete Journal of the Concrete Society, 1969, 3(3):88~95.
- [5] CECS25:90,混凝土结构加固技术规程[S].
- [6] JGJ55-2000,普通混凝土配合比设计规程[S].
- [7] 袁群,刘健.新老混凝土粘结的剪切强度研究[J].建筑结构学报,2001,22(2):46~50.
- [8] 管大庆,陈章洪,石韞珠.界面处理对新老混凝土粘结性能的影响[J].混凝土与水泥制品,1994,(3):16~22.

Experimental Research on Shear Strength of Interfacial Bonding of New and Old Concrete by Cutting Groove

ZHANG Lei - shun, YAN Guo - xin, ZHANG Xiao - lei, WANG Er - hua

(School of Environment and Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In this paper, shearing test on 72 cube specimens(150mm×150mm×150mm) with cutting groove bonding has been carried out, using the self-made shearing equipment. Six type roughness of interfacial treating, type of young concrete and adhesion agent are studied on the interface of new and old concrete. The result indicates that the interfacial bonding of new and old concrete has good shearing property, the best average sand-pouring depth is 2.5mm; the shearing strength becomes big with new concrete stress class and the shearing strength of the interface with cement paste mixed with 12% U expanding agent is up to 75% of the total one. At last, the project example is introduced. Its twelve years' practical application proves that this bonding method of new and old concrete is suitable for the project.

Key words: new and old concrete; interfacial treating; cutting groove; shearing equipment

(上接第7页)

Experimental Research on the Rupture Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete under the Action of Carbonization

XIE Xiao - peng, GAO Dan - ying, ZHAO Jun, ZHAO Guang - tian, YANG Wen - tao

(Research Center of New Style Building Material and Structure, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Through the experimental research on the 129 concrete specimens with the size of 100 mm×100 mm×100 mm, the volume fraction of steel fiber, the grade of concrete strength and different carbonization time are taken as variable parameters. This paper studied the influence of the volume fraction of steel fiber, the grade of concrete strength and different carbonization time on the rupture strength of steel fiber reinforced concrete. Furthermore, the reinforced mechanism of the steel fiber reinforced concrete under the action of carbonization was discussed. The study results showed that when the grade of concrete strength is higher, it is more obvious for steel fiber to the rupture strength of steel fiber reinforced concrete.

Key words: steel fiber; concrete; carbonization; rupture strength