

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2017.01.026

等强条件下橡胶微粒混凝土抗压特性 及弹性模量研究

成莞莞¹, 李志国^{2,3}

(1. 天津渤海职业技术学院, 天津 300402; 2. 天津大学 土木系, 天津 300072;

3. 滨海土木工程结构与安全教育部重点实验室, 天津 300072)

摘要: 掺加橡胶微粒可以明显改善混凝土的力学特性。采用橡胶微粒等体积取代细骨料的方法, 通过不断调整配合比, 反复试验配制出橡胶微粒体积掺量分别为 0%、10% 和 15% 的等强度 (30 MPa) 橡胶微粒混凝土, 探讨橡胶微粒混凝土的抗压强度变化规律, 以及在等强条件下不同橡胶微粒掺量对混凝土弹性模量的影响。结果表明: 掺入橡胶后, 混凝土的前期强度 (3 d 和 7 d) 发展较基准混凝土变缓, 7 d 以及 14 d 后强度出现较大幅度的增长, 28 d 后各个配比混凝土立方体抗压强度增幅不大; 掺入一定量的橡胶后, 混凝土的抗裂性能得到了一定程度的改善, 橡胶微粒体积掺量越大, 试件受压破坏后的完整性越好; 掺入橡胶后, 混凝土的弹性模量呈现出近乎线性的大幅下降趋势。

关键词: 等强条件; 橡胶微粒混凝土; 抗压强度; 弹性模量

中图分类号: TU528.041

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2017)01—0139—04

Compressive Property and Elasticity Modulus of Crumb Rubber Concrete at Equal Strength

CHENG Wanwan^{1,2}, LI Zhiguo^{2,3}

(1. Tianjin Bohai Vocational Technical College, Tianjin 300402, China;

2. Department of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

3. Tianjin University Ministry of Education key lab. of Binhai Civil Engineering Structure and Security, Tianjin 300072, China)

Abstract: The mechanical properties of concrete can be improved by adding rubber particles. Through the method of replacing the fine aggregate with equal volume of rubber particles and adjusting the mixture ratio repeatedly, we got the rubber particle concrete with volume fraction of rubber particles of 0, 10% and 15% at equal strength (30 MPa), then the compressive strength of rubber particles, and the influence of different rubber particles content on the elastic modulus at equal strength were analyzed. The results showed that: When adding rubber particles, the strength of the concrete in the early stage (3 d and 7 d) was slower than the reference concrete, and the strength appeared more substantial growth after 7d and 14d, but the increase of strength was not obvious after 28 d. After adding a certain amount of rubber, the crack resistance of concrete has been improved to a certain extent, and the greater volume fraction of rubber particles, the integrity of the specimens was better after the compression failure. The elastic modulus of concrete showed a near-linear decreasing trend after the incorporation of crumb rubber.

Keywords: equal strength; crumb rubber concrete (CRC); compressive strength; elastic modulus

通过废旧轮胎橡胶粉或者橡胶颗粒取代部分粗细骨料的方法而制成的新型混凝土称作橡胶微粒混凝土 (Crumb Rubber Concrete, CRC)。橡胶微粒混凝土既解决了日益严重的废旧轮胎橡胶污染问题, 同

时也为工程建设提供了新型环保建筑材料。

自橡胶微粒混凝土问世以来, 国内外众多学者对其进行了大量研究, 取得了丰硕的研究成果。但已有的研究主要集中在橡胶微粒混凝土的坍落

度^[1-2]、和易性^[3]、沁水性^[4]、抗冲击性能^[5-6]、耐久性以及抗压、劈裂强度^[7-8]、本构关系^[9-10]等方面,而对等强条件下橡胶微粒混凝土强度特性的研究成果相对较少。

鉴于此,本文研究了三种不同橡胶微粒体积掺量(0%、10%和15%)对立立方体抗压强度为30 MPa的橡胶微粒混凝土弹性模量的影响规律,定量分析得到不同橡胶掺量对混凝土强度特性的影响,丰富了橡胶微粒混凝土的相关研究内容,也为工程实践提供了科学依据。

1 试验方案

本次试验所用水泥为天津市水泥实业公司生产的“骆驼”牌42.5级普通硅酸盐水泥。橡胶微粒由天津市科威橡胶厂提供,平均粒径为1.5 mm,表观密度为1 020 kg/m³。砂子为普通河砂,细度模数为2.62。石子采用5 mm~25 mm的碎石,连续级配。

表 1 本文采用的橡胶微粒混凝土配合比

橡胶微粒 体积掺量/%	水灰比	不同材料用量/(kg·m ⁻³)							
		水泥	粉煤灰	矿粉	水	橡胶	砂子	石子	减水剂
0	0.58	336	0	0	195	0	710	1157	0.00
10	0.40	466	0	0	187	100	465	944	2.61
15	0.33	339	113	57	168	150	321	964	2.85



图 1 试验用 YNS-Y3000 电液伺服压力试验机

2 试验结果分析

2.1 橡胶微粒混凝土抗压强度分析

立方体抗压强度是评定是否为同强度等级混凝土的一个重要标准,为了方便试验,本次试验采用的是100 mm×100 mm×100 mm的立方体试件,本试验根据标准文献[12]中有关力学性能测定的相关规定

粉煤灰是由天津市第一发电厂生产的,质量等级为Ⅱ级,矿粉的比重为2.90 g/cm³,比表面积为450 m²/kg。减水剂为北京海岩兴业混凝土外加剂有限公司生产的萘系高效减水剂,减水率高达25%。

为了实现同强度等级条件下橡胶微粒混凝土与基准混凝土强度特性的对比,本研究通过不断调整水灰比和砂率,反复试验,配制出28 d抗压强度分别为30 MPa的橡胶微粒混凝土,橡胶微粒的体积掺量分别为0%、10%和15%(相对应体积含量分别为0 kg/m³、100 kg/m³和150 kg/m³),如表1所示^[11]。本试验进行混凝土试件抗压试验时采用的是100 mm×100 mm×100 mm的标准立方体试件,进行弹性模量试验时采用的是100 mm×100 mm×300 mm的棱柱体试件,均在标准养护室内养护28 d后进行试验。本次试验所用仪器设备为YNS-Y3000电液伺服压力试验机(带有配套光栅),如图1所示。

进行,橡胶微粒混凝土目标抗压强度为30 MPa,因此试验加载速度取为0.4 MPa/s。不同橡胶掺量混凝土在不同养护期内的强度变化如表2及图2所示。

表 2 不同橡胶掺量混凝土强度发展表

橡胶微粒 体积掺量/%	立方体抗压强度标准值 f_{cu} /MPa				
	3 d	7 d	14 d	28 d	120 d
0	22.6	25.4	29.6	31.7	34.3
10	21.7	28.5	29.9	30.8	32.2
15	15.6	19.4	20.8	28.3	32.8

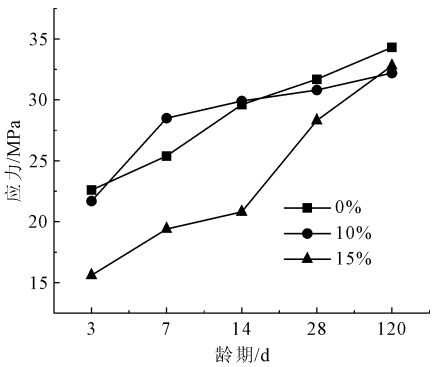


图 2 不同橡胶掺量混凝土强度变化趋势

根据表 2 可以看出,橡胶体积掺量为 0%、10% 和 15% 情况下,立方体试件养护龄期为 28 d 抗压强度标准值分别为 31.7 MPa、30.8 MPa、28.3 MPa,基本处于同一个强度等级,可以认为试件基本处于等强度状态。

另从图 2 中可以清楚地看到,橡胶微粒混凝土立方体抗压强度随龄期增长而增大,前期强度增长较快。橡胶微粒体积掺量为 0%、10% 和 15% 时,3 d 立方体抗压强度分别为相应配比 28 d 立方体抗压强度的 0.73、0.70 和 0.55;7 d 立方体抗压强度分别为相应配比 28 d 立方体抗压强度的 0.80、0.93 和 0.69;14 d 立方体抗压强度分别为相应配比 28 d 立方体抗压强度的 0.93、0.97 和 0.73;120 d 立方体抗压强度较 28 d 分别增长了 8.20%、4.55% 和 15.90%。因此,可以看出在混凝土中掺入橡胶后使得其前期强度(3 d 和 7 d)发展较基准混凝土变缓,7 d 以及 14 d 后强度还会有一个较大幅度的增长,28 d 后各个配比混凝土立方体抗压强度增幅不大。

2.2 橡胶微粒混凝土破坏形态分析

抗压试验结束后,橡胶微粒混凝土的破坏形态如图 3 所示。

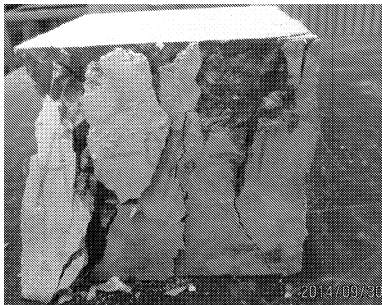
从图 3 中可以清楚地看出,基准混凝土(橡胶体积掺量为 0%)受压卸载后,随之解体;而掺入橡胶后,试件受压丧失承载能力后,试件并没有解体,相对完整性较好,并且橡胶掺量越多其完整性越好。这表明混凝土中掺入一定量的橡胶后,其抗裂性能得到了不同程度的改善。

2.3 等强条件下橡胶微粒混凝土弹性模量分析

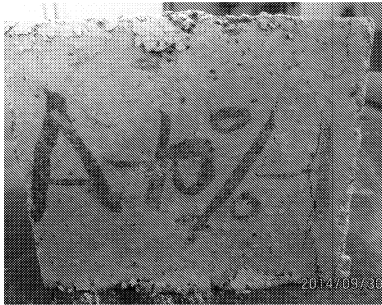
弹性模量指的是当材料受力处在弹性变形阶段时,应力与应变的比值,即应力与应变的比例系数。本试验进行弹性模量测定时采用的是 100 mm×100 mm×300 mm 的试件,每个配比均有 3 块用于试验的试件。试验加载速率与抗压强度测试相同,混凝土弹性模量值按标准^[12]中计算方法得到(精确至 100 MPa)。

对于数据结果的处理遵循以下三个原则:(1) 用于本试验的三个试件最后测定的轴压强度值中有两个大于试验前用于确定控制荷载的轴压值的 20% 时,试验失败,结果无效;(2) 用于本试验的三个试件最后测定的轴压强度值中只有一个大于试验前用于确定控制荷载的轴压值的 20% 时,取另外两个未超标强度值的均值作为本组试验的实测弹性模量值;(3) 若前两种情况都不存在,则取三个数据的均值作为本组试验的实测弹性模量值。因此,本次

试验橡胶微粒混凝土 28 d 弹性模量的实测结果如表 3 所示,橡胶微粒混凝土弹性模量与橡胶微粒体积掺量的关系如图 4 所示。



(a) 橡胶体积掺量为0%



(b) 橡胶体积掺量为10%



(c) 橡胶体积掺量为15%

图 3 橡胶微粒混凝土试件受压后的破坏形态

表 3 橡胶微粒混凝土 28 d 弹性模量一览表

橡胶微粒 体积掺量 /%	橡胶微粒混凝土弹性模量实测值 $E_c(\times 10^4 \text{MPa})$			
	试件 1	试件 2	试件 3	平均值
0	3.01	3.09	3.53	3.21
10	2.80	2.84	2.87	2.84
15	2.60	—	2.61	2.61

从表 3 和图 4 中可以看出,掺入橡胶后混凝土的弹性模量较基准混凝土均有较大幅度的降低,橡胶体积掺量为 10% 与 15% 时,弹性模量较未掺橡胶前分别降低了 11.5% 和 18.7%,并均呈现出近乎线性的变化趋势,拟合线性关系的相关系数达到 0.9968。

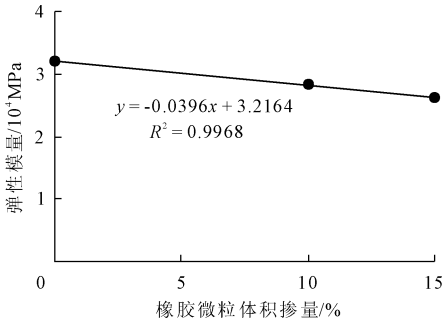


图 4 橡胶微粒混凝土弹性模量与橡胶微粒体积掺量的关系

3 结 论

通过上述试验,得到的主要结论为:

- (1) 橡胶微粒混凝土立方体抗压强度随龄期增长而增大,前期强度增长较快;混凝土中掺入橡胶后使得其前期强度(3 d 和 7 d)发展较基准混凝土变缓,7 d 以及 14 d 后强度出现较大幅度的增长,28 d 后各个配比混凝土立方体抗压强度增幅不大。
- (2) 随着橡胶微粒体积掺量逐渐增大,试件受压丧失承载能力出现破坏后的完整性越好,这表明掺入一定量的橡胶后,混凝土的抗裂性能得到了一定程度的改善。
- (3) 掺入橡胶后混凝土的弹性模量较基准混凝土均有较大幅度的降低,呈现出近乎线性的下降变化趋势。

参考文献:

[1] Khatih Z K, Bayomy F M. Rubberized portland cement con-

crete[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 1999, 11 (3):206-213.

[2] 李红燕.橡胶改性水泥基材料的性能研究[D].南京:东南大学,2004.

[3] 郭灿贤.废旧轮胎胶粉改性水泥混凝土及其路用性能研究[D].南昌:南昌大学,2006.

[4] 刘 刚,方坤河,高钟伟.高强混凝土的增韧减脆措施研究[J].混凝土,2004(5):46-48.

[5] 赵志远,毕 乾,王立燕,等.废橡胶颗粒改性水泥基材料的塑性开裂和抗冲击性能[J].混凝土与水泥制品, 2008(4):1-5.

[6] 沈卫国,张 涛,李进红,等.橡胶集料对聚合物改性多孔混凝土性能的影响[J].建筑材料学报,2010,13(4): 509-514.

[7] Siddiquer R, Naik T R. Properties of concrete containing scrap-tire rubber-an overview [J]. Waste Management, 2004, 24(6):563-569.

[8] 骆 斌.橡胶集料混凝土抗裂性能及弯曲韧性研究 [D].天津:天津大学,2009.

[9] 冯文贤,魏宜达,李丽娟,等.高强橡胶混凝土单轴受压本构关系的试验研究[J].新型建筑材料,2010,37(2): 12-15.

[10] 阮盛华.低掺量橡胶混凝土单轴受压本构关系改进研究[D].广东:广东工业大学,2013.

[11] 成莞莞.橡胶微粒混凝土韧性研究[D].天津:天津大学,2015.

[12] 中华人民共和国建设部.普通混凝土力学性能试验方法标准:GB/T50082-2002[S].北京:中国建筑工业出版社,2002.

(上接第 82 页)

[5] 张秀敏.浅谈土方量计算方法及软件在变电站的应用 [J].通讯世界,2015(11):149-150.

[6] 刘建英.南方 CASS 软件土方量计算方法的探讨以及特殊地貌土方量的计算[J].城市勘测,2008(5):108-115.

[7] 邱贞生,王汉顺.基于 AutoCAD 断面法土石方量计算与展绘程序[J].福建地质,2007,26(2):117-125.

[8] 王先鹏,曹荣林.土方量计算的原理与方法及 ArcGIS 的应用前景[J].地理空间信息,2009,7(4):139-141.

[9] 杭州阵列有限公司.土方计算地形分析软件:HTCAD V 9.0[EB/OL].http://www.htcad.com.cn/htcad.html.

[10] 张秀敏,韩卫东,张 虎,等.变电站工程土方计算方法比较研究[J].工程勘察,2016,44(3):55-60.

[11] 汤国安,杨 昕,编著.ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2006:401-411.

[12] 徐 伟,苏宏阳,金福安.土木工程施工手册[M].北

京:中国计划出版社,2005:90-91.

[13] 罗德仁,邹自力,汤江龙.工程土方量计算比较分析 [J].东华理工学院学报,2005,28(1):59-64.

[14] 周越轩,刘学军,杨治洪.基于 DTM 的土方工程计算与精度分析[J].长沙交通学院报,2000,16(4):39-43.

[15] 曲世洁,王子茹.ArcGIS 结合 Excel-VBA 在土地平整土方量计算及调配的应用研究[J].水利与建筑工程学报,2011,9(3):113-118.

[16] 王铁生,程鹏里,赵东保.施工高度中误差对方格网法计算土方量的影响[J].水利与建筑工程学报,2013,11 (2):86-89.

[17] 张秀敏,韩卫东,张 虎,等.基于 ArcGIS 地统计的延川 110kV 文安驿变电站土方计算[J].安徽农业科学, 2013,41(21):9829-9831,9837.