

文章编号: 1673-9469 (2019) 01-0032-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2019.01.007

含水率对再生混凝土抗压强度影响研究

张冰, 安新正, 马晓楠, 张亚飞

(河北工程大学 土木工程学院, 河北 邯郸 056038)

摘要: 为了研究不同含水率状态下富含砖粒再生混凝土的抗压性能, 制作了 72 块强度等级分别为 RC20、RC25、RC30 富含砖粒再生混凝土立方体试块标准养护 28d 后将其移入干燥箱中进行干燥处理。将干燥后的立方体试块分别放入清水中浸泡 4、12、24、48、72、168、336 h 后测量其含水率, 并进行单轴抗压力学性能试验。建立再生混凝土强度随其含水率变化的计算模型。研究表明: 富含砖粒再生混凝土抗压强度随含水率增加而降低, 对 RC20、RC25、RC30 来说, 饱和富含砖粒再生混凝土的立方体抗压强度较干燥状态分别降低了 33.3%、16.9%、36.9%。

关键词: 富含砖粒再生混凝土; 含水率; 抗压强度

中图分类号: TU528

文献标识码: A

Effect of Water Content on Compressive Strength of Recycled Concrete

ZHANG Bing, AN Xinzheng, MA Xiaonan, Zhang Yafei

(College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan, 056038, China)

Abstract: In order to study the compressive properties of brick-enriched recycled concrete at different water content rates, 72 blocks of RC20, RC25, RC30 enriched with brick recycled concrete cube standard maintenance 28d were transferred to the drying box for drying. treatment. The dried cube blocks were soaked in clear water 4h, 12h, 24h, 48h, 72h, 168h, and 336h respectively, and their moisture content was measured and the uniaxial pressure resistance mechanical properties were tested. The influence of water content on the compressive strength of recycled concrete was studied by experiment. The results show that the compressive strength of brick-rich recycled concrete decreases with increasing moisture content. For RC20, RC25 and RC30, the compressive strength of saturated brick-rich recycled concrete cube decreases by 33.3 %, 16.9 %, and 36.9 % respectively.

Key words: brick recycled concrete; moisture content; compressive strength

混凝土含有微孔隙、微裂缝, 导致处于干湿结合面以上的混凝土由于吸入一定的水分而处于不同的湿度状态^[1-2]。Bourgeois & Shao 等人分析了不同含水率对混凝土材料力学性能的影响^[3]。Yaman 等人通过实验, 探讨了混凝土抗压强度、泊松比和弹性模量随混凝土中有效孔隙度中的含水量增加的变化规律^[4]。张国辉等人的研究指出含水率对混凝土的变形能力和韧性存在明显的影响^[5]。Matsushita 等

人的研究表明, 饱水状态混凝土的抗压强度明显低于干燥状态混凝土的抗压强度^[6]。然而, 目前不同含水率对富含砖粒再生混凝土抗压强度的影响还缺乏系统的研究。

鉴于以上原因, 本文基于不同含水率下富含砖粒再生混凝土试块的抗压强度试验, 进行了含水率对富含砖粒再生混凝土抗压强度的影响相关研究。

收稿日期: 2018-08-19

特约专稿

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目 (E2015204111); 河北省科学技术研究与发展计划资助项目 (15273609D)

作者简介: 张冰 (1994-), 女, 河北邢台人, 硕士研究生, 主要从事再生混凝土性能与设计的研究工作。

1 试验概况

1.1 试验原材料

水泥：采用太行山 P·O 42.5 级普通硅酸盐水泥；细骨料：采用天然河砂，细度模数为 1.6，含泥量为 0.75%；水：采用邯郸市饮用自来水；减水剂：采用聚羧酸高效减水剂；粗骨料：采用邯郸全有生态建材有限公司提供的富含砖粒再生粗骨料，连续级配，粒径为 5 ~ 25 mm，其基本性能指标见表 1。

1.2 配合比与试件制作

基于混凝土配合比设计方法，在再生混凝土配置时增加附加用水量。主要参数如表 2 所示：

制作了不同强度等级富含砖粒再生混凝土试块，编号分别为 ZRC20，ZRC25 和 ZRC30，按《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081-2002)^[7] 的标准试验方法制作立方体试块，每个强度等级做 8 组试块，每组 3 个，共制作了 72 块 100 mm × 100 mm × 100 mm 的立方体试块。富含砖粒再生混凝土拌合过程按照《水工混凝土试验规程》(CSL 352-2006)^[8] 进行，利用强制式拌合机拌制混凝土，在拌制前需要对强制拌合机进行同配合比的挂浆处理。试件养护采用自然养护，养护时间为 28 d。

1.3 试验方法

1.3.1 含水率的试验方法

(1) 将自然条件下养护 28 d 的试块，放入 105℃ 恒温箱中进行烘干，直至试块至恒重状态，视为试块已烘干，称其重量记为 m_0 。

(2) 把烘干好的试块放入塑料桶中分别进行 4、12、24、48、72、148、336 h 的清水浸泡，使得水

面没过试块 100 mm，浸泡后控水进行表面擦拭直至试块表面不再有水滴，称其重量记为 m_1 。

(3) 试块的含水率 (w) 用下列公式计算：

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

1.3.2 抗压强度的试验方法

立方体抗压强度 (f_{cu}) 试验按照 GB/T50081-2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》进行，为了提高再生混凝土的工作性能，提高再生混凝土的可泵性，对再生混凝土的生产工艺上进行改进^[9-10]，对不同含水率下的富含砖粒再生混凝土试块 ZRC20、ZRC25、ZRC30 进行立方体抗压强度测试，每组测试三个立方体试块。试验中用 TYA-2000 型数显压力试验机，均以 0.5 MPa/s 的加载速率进行试验。

2 试验结果与分析

2.1 浸泡时间对含水率的影响

在自然环境下，浸泡时间 (t) 对富含砖粒再生混凝土含水率的影响由图 1 可知：

根据图 1 得出，浸泡时间对再生混凝土的含水率具有一定的影响，这可以解释为原始混凝土在解体、破碎过程中的损伤累积，使得再生混凝土砂浆内部存有大量微裂纹，且再生粗骨料中含有 50% 以上的砖粒，而砖粒有微小的气孔，其具有良好的吸水特性。

ZRC20、ZRC25、ZRC30 三种不同强度的试块在相同时间内含水率有一定差距。ZRC20 试块在 24 h 内含水率增长较快，24 h 后含水率增长缓慢；ZRC25 试块在 12 h 内含水率增长较快，12 h 后含水率增长缓慢；ZRC30 试块在 12 h 内含水率增长较快，

表 1 粗骨料的基本性能指标

Tab.1 Basic performance index of aggregate

粗骨料类型	吸水率 /%	堆积密度 /(kg·m ⁻³)	表观密度 /(kg·m ⁻³)	压碎指标 /%
天然粗骨料	0.92	1 640	2 754	11.21
再生粗骨料	16	1 157	2 040	18.4

表 2 混凝土的配合比

Tab.2 Mix proportion of concrete

试件编号	水灰比	材料用量 /(kg·m ⁻³)			
		水	水泥	砂	粗骨料
ZRC20	0.74	161	217	697	986
ZRC25	0.55	161	293	671	966
ZRC30	0.49	161	329	641	922

12 h后含水率增长缓慢。三种不同强度的再生混凝土试块在336 h时均达到饱和状态,在饱和状态下ZRC20试块含水率比ZRC25试块含水率大14.8%,比ZRC30试块含水率大21.9%。这是因为水灰比越大试块孔隙越多,水就越容易渗透进试块,富含砖粒再生混凝土受外界环境水的影响也就越大。由此可知,水灰比越大的试块吸水饱和速率越快,含水率越大。

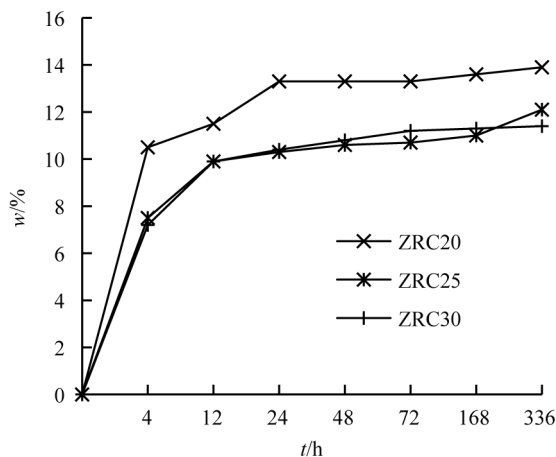


图1 再生混凝土的含水率与浸泡时间的关系

Fig.1 Relationship between water content and immersion time of recycled concrete

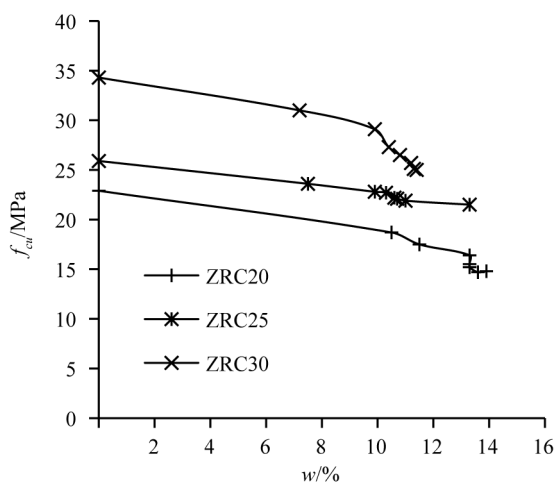


图2 含水率对立方体抗压强度的影响

Fig.2 Effect of water content on the compressive strength of cubes

2.2 含水率与立方体抗压强度的影响

含水率对不同强度的再生混凝土立方体抗压强度的影响,如图2:

根据图2可知,试块在干燥状态下立方体抗压强度最高,随着含水率的增加而不断降低,当含水率增长较明显时,试块抗压强度降低速度较快,当含水率增长较缓慢时,试块的抗压强度基本没有变

化。这是由于水泥凝胶的胶体粒子通过范德华力结合,结合力通过薄的水膜起作用,当混凝土试块干燥后水膜变薄或者消失,结合力增大,所以混凝土的强度也就高一些。而已经干燥的试块,其内部会产生一些裂缝,若浸泡在清水中,内部进入水分,水分子侵占了试块内部空间,削弱了再生混凝土内部质点的联结,则使得试块的强度降低。

富含砖粒再生混凝土的含水率小于10%时,其立方体抗压强度将随着含水率的增加呈线性降低,含水率从10%至饱和状态时,其立方体抗压强度下降缓慢,最终趋于平缓。在饱和状态下的立方体抗压强度较干燥状态下下降了17%~37%,说明含水率对富含砖粒再生混凝土立方体抗压强度有较大的影响。

2.3 建立含水率与立方体抗压强度的计算模型

本文以文献[11]为基础,含水率与富含砖粒再生混凝土立方体抗压强度的关系式可写为:

$$f_{cu} = a_0 w + a_1 w^2 + f_{w0} \quad (2)$$

式中: f_{w0} —富含砖粒再生混凝土在干燥状态下的立方体抗压强度; a_0 、 a_1 —待定系数。

根据实测各组富含砖粒再生混凝土试块的立方体抗压强度平均值,绘制出含水率与试块立方体抗压强度的拟合曲线,如图2所示,考虑到再生粗骨料对再生混凝土的实际影响,利用最小二乘法进行回归分析,得出待定系数 a_0 为1.247 25、 a_1 为-0.153 31,则在0%~15%的含水率区间内,含水率与富含砖粒再生混凝土立方体抗压强度的关系式为:

$$f_{cu} = 1.24725w - 0.15331w^2 + f_{w0} \quad (3)$$

上述回归分析所得的含水率与富含砖粒再生混凝土立方体抗压强度的关系式的意义在于:对于给定干燥状态下立方体抗压强度的富含砖粒再生混凝土可以通过简单测试试件的含水率情况,计算出在不同含水率下的立方体抗压强度。对于地下水环境中再生混凝土的强度设计具有指导意义。

3 结论

1)ZRC20试块含水率比ZRC25试块、ZRC30试块含水率大,干燥状态下再生混凝土试块吸水速率呈线性增长,三种强度等级的试块在4 h内的吸水速率最快,到12 h以后逐渐减缓,到336 h富含砖粒再生混凝土试块均达到饱和状态。

2) 当含水率增长较快时, 富含砖粒再生混凝土的立方体抗压强度降低较快, 当含水率增长缓慢时, 富含砖粒再生混凝土的抗压强度基本保持不变。富含砖粒再生混凝土饱和状态下的立方体抗压强度比干燥状态下的立方体抗压强度下降了 17% ~ 37%。

参考文献:

- [1] 李庆斌, 王海龙. 水环境对混凝土力学性能的影响研究述评 [J]. 中国科技论文, 2006, 1(2): 83-94.
- [2] 王新友, 蒋正武, 高相东, 等. 混凝土中水分迁移机理与模型研究评述 [J]. 建筑材料学报, 2002, 5(1): 66-71.
- [3] BOURGEOIS F, SHAO J F, OZANAM O. An elastoplastic model for unsaturated rocks and concrete [J]. Mechanics Research Communications, 2002, 29(5): 383-390.
- [4] YAMAN I O, HEARN N a, AKTAN H M. Active and non-active porosity in concrete Part I: Experimental evidence [J]. Material and structure, 2002, 35: 102-109.
- [5] 张国辉, 李宗利, 聂杭义, 等. 不同含水率混凝土断裂韧度试验研究 [J]. 水力发电学报, 2016, 35(2): 109-116.
- [6] MATSUSHITA A H, ONOUE K. Influence of surface energy on compressive strength of concrete under static and dynamic loading [J]. Journal of Advanced Concrete Technology, 2006, 4(3): 409-421.
- [7] GB/T 50081-2002, 普通混凝土力学性能试验方法标准 [S].
- [8] SL 352-2006, 水工混凝土试验规程 [S].
- [9] 陈树建, 翟爱良, 赵爱华, 等. 含水率对再生骨料混凝土力学性能影响规律试验研究 [J]. 水利与建筑工程学报, 2013, 11(4): 21-23.
- [10] 安新正, 牛薇, 张亚飞, 等. 含砖粒再生混凝土基本性能研究 [J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2017, 34(1): 30-33.
- [11] 刘保东, 李鹏飞, 李琳, 等. 混凝土含水率对强度影响的试验 [J]. 北京交通大学学报, 2011, 35(1): 9-12.

(责任编辑 李新)

(上接第 25 页) 算方法直接另部分条间力或合力为 0 的假定, 更贴近土坡条块的真实情况, 由力矩平衡和力平衡所得安全系数较只考虑其中一种更加严谨科学, 计算所得结果具有合理性与一定工程应用价值。

5 结论

1) 本文参考力平衡曲线计算水平加筋土坡安全系数, 简化了 M-P 法迭代计算过程, 所得结果具有合理性与可靠性。

2) 本文加筋所有筋材为带肋筋材, 考虑了调整肋体角度对筋材作用力的影响: 调整肋体与主筋角度虽然会在一定程度上减小筋材提供的作用力, 但能减少肋体相对水平主筋的力矩, 调高筋材的稳定性, 同时一定角度的存在可增大筋材遇到突发外力时的抗拉拔力, 提高筋材与土坡的结合力。

参考文献:

- [1] 王恩喜, 孙树林, 陈泽阳, 等. 影响加筋土挡墙地震稳定性的参数分析 [J]. 河北工程大学学报, 2016, 33(3): 24-28.
- [2] SHAHGHOLI M, FAKHER A, JONES C J F P. Horizontal Slice Method of Analysis [J]. Geotechnique, 2001, 51(10): 881-885.
- [3] 王志斌, 李亮, 杨小礼. 水平条分法在贴坡高填方路堤稳定性分析中的应用 [J]. 中国公路学报, 2007, 20(3): 29-34.
- [4] 马学宁, 吴培元, 王旭, 等. 加筋土边坡稳定性分析水平条分简化计算方法 [J]. 铁道学报, 2017, 39(9): 155-160.
- [5] FREDLUND D C. State of the art: analytical methods for slope stability analysis [A]. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides [C]. Toronto: Ont, 1984. 229-250.
- [6] 张鲁渝. 一个用于边坡稳定分析的通用条分法 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(3): 496-501.
- [7] 张石磊. H-V 加筋路堤稳定性分析及机理研究 [D]. 上海: 上海大学, 2010.
- [8] 邓东平, 李亮. 水平条分法下边坡稳定性分析与计算方法研究 [J]. 岩土力学, 2012, 33(10): 3179-3188.
- [9] 湛来. 一种广义 Morgenstern-Price 法及其应用 [D]. 武汉: 湖北工业大学, 2017.

(责任编辑 李新)