

橡胶塑性混凝土性能试验研究

许尚杰,程素珍,王可良

(山东省水利科学研究院, 山东 济南 250014)

摘要: 利用橡胶颗粒等体积代替细集料,制备橡胶塑性混凝土,研究不同橡胶颗粒含量、水胶比等对其渗透性和力学特性的影响。结果表明:对水胶比一定的塑性混凝土,橡胶颗粒掺量增加,弹性模量减小,但对塑性混凝土的渗透系数基本没影响。塑性混凝土水胶比降低,其弹性模量明显增加,渗透系数明显减低。因此,综合利用橡胶颗粒和改变水胶比,可以配制满足工程需要的低弹性模量、高抗渗性的塑性混凝土,为改善塑性混凝土的配比提供了一种新方法。

关键词: 塑性混凝土;橡胶颗粒;弹性模量;渗透系数;抗拉强度

中图分类号: TU528

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2012)04—0118—03

Experimental Research on Rubber Plastic Concrete's Properties

XU Shang-jie, CHENG Su-zhen, WANG Ke-liang

(Shandong Hydraulic Research Institute, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract: Using rubber particles instead of fine aggregates to prepare rubber plastic concrete, the impacts on the rubber plastic concrete's permeability and mechanical properties are studied under different rubber particles and water-binder ratios. The test results show that to the plastic concrete under constant water-binder ratio, as the rubber particles are increased, the elastic modulus would be decreased, but for the permeability coefficient of plastic concrete, there is no influence basically. As the plastic concrete's water-binder ratio is reduced, the elastic modulus would be increased significantly, but the permeability coefficient would be decreased significantly. Therefore, the comprehensive utilization of rubber particles and change of water-binder ratio could prepare the plastic concrete with low elastic modulus and high permeability, which could provide a new method to improve the plastic concrete's ratio.

Keywords: plastic concrete; rubber particle; elastic modulus; permeability coefficient; tensile strength

0 引言

塑性混凝土是以膨润土、黏土等掺合料取代部分水泥而形成的一种介于土与普通混凝土之间的柔性工程材料,与刚性混凝土相比,具有弹性模量较低、极限变形大、弹强比及渗透系数较小、适应变形能力强等特点,能克服普通混凝土允许变形小、应力集中、易产生裂缝的缺陷,适合于水利工程中大坝基础的防渗材料及堤防防渗加固的防渗体^[1-3]。防渗墙属于地下隐蔽工程,在三向受力条件下,由于墙体没有足够的变形能力和抗拉强度,容易出现裂缝,形成集中渗漏而危及坝体安全^[4]。目前配制塑性混凝土主要采用掺粘土、膨润土等掺合料的方法,由于混凝土的抗渗性等耐久性指标与密实性密切相关,往

往在提高其变形能力的同时,其抗渗和抗拉强度也明显降低,墙体不能满足设计要求^[5-6]。因此,研究具有更小的弹性模量、更高的抗渗性且具有一定强度的塑性混凝土,具有重要的理论和应用价值。

橡胶颗粒具有较好的韧性、抗渗性、抗疲劳等特点,将橡胶掺入混凝土中,能够填充空隙,约束混凝土内微裂缝的产生和发展,并形成吸收应变能的结构变形中心,以提高混凝土的韧性和变形特性^[7-8]。

本文将橡胶掺入塑性混凝土中,制备了橡胶塑性混凝土,研究它的配合比及其他相关性能。

1 试验内容

1.1 试验原材料及配合比

山东水泥集团有限公司生产的 P·O42.5 普通

硅酸盐水泥;细集料为山东泰安产中粗砂,细度模数 2.6;粗集料为山东济南产 5 mm~31.5 mm 石灰岩碎石;山东青州生产的 80 目橡胶颗粒;外加剂选用济南德利泰建材科技公司生产的引气减水剂;掺合料采用山东淄博产的膨润土和粘土。

塑性混凝土的一般工程设计要求是:28 d 龄期设计抗压强度为 2 MPa~5 MPa,弹性模量为 500 MPa~1 000 MPa,渗透系数为 $(0.1 \sim 1.0) \times 10^{-9}$

m/s,坍落度为 180 mm~200 mm,扩展度为 300 mm~400 mm。因此,首先进行试配,最终确定满足工程设计要求的配合比,然后用橡胶颗粒等体积取代细集料,其他材料不变,试验不同掺量的橡胶颗粒对塑性混凝土的力学特性的影响,其各种配合比见表 1。改变水胶比,配比不同掺量的橡胶塑性混凝土,其各种配合比见表 2。

表 1 相同水胶比,不同橡胶颗粒掺量的塑性混凝土配合比及其性能试验结果												
编号	水胶比	塑性混凝土各材料用量/(kg·m ⁻³)							弹性模量/MPa	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	渗透系数(×10 ⁻⁹ m/s)
		水泥	砂	橡胶	碎石	膨润土	粘土	外加剂				
1	0.9	100	765	0	765	40	160	4	980	5.4	0.57	4.2
2	0.9	100	730	10	765	40	160	4	340	4.9	0.63	3.7
3	0.9	100	695	20	765	40	160	4	260	4.6	0.60	2.6
4	0.9	100	660	30	765	40	160	4	210	3.8	0.66	3.2
5	0.9	100	625	40	765	40	160	4	170	3.2	0.57	3.4
6	0.9	100	590	50	765	40	160	4	160	2.7	0.51	2.8
7	0.9	100	555	60	765	40	160	4	140	1.4	0.34	3.4

表 2 不同水胶比,不同橡胶颗粒掺量的塑性混凝土配合比及其性能试验结果												
编号	水胶比	塑性混凝土各材料用量/(kg·m ⁻³)							弹性模量/MPa	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	渗透系数(×10 ⁻⁹ m/s)
		水泥	砂	橡胶	碎石	膨润土	粘土	外加剂				
8	0.9	100	765	0	765	40	160	4	980	5.4	0.57	4.20
9	0.8	100	763	0	827	40	160	4	2360	7.6	0.74	0.70
10	0.7	100	794	0	896	40	160	4	6400	8.3	0.80	0.09
11	0.6	100	837	0	983	40	160	4	11000	9.6	0.91	0.04
12	0.9	100	730	10	765	40	160	4	340	4.9	0.63	3.70
13	0.8	100	728	10	827	40	160	4	570	5.9	0.86	0.41
14	0.7	100	759	10	896	40	160	4	1000	6.4	0.94	0.07
15	0.6	100	802	10	983	40	160	4	1650	7.6	1.04	0.03
16	0.9	100	695	20	765	40	160	4	260	4.6	0.60	2.60
17	0.8	100	693	20	827	40	160	4	310	5.3	0.78	0.21
18	0.7	100	724	20	896	40	160	4	470	6.1	0.90	0.06
19	0.6	100	767	20	983	40	160	4	730	6.6	1.00	0.01
20	0.9	100	660	30	765	40	160	4	210	3.8	0.66	3.20
21	0.8	100	658	30	827	40	160	4	230	4.3	0.88	0.27
22	0.7	100	689	30	896	40	160	4	270	5.1	1.08	0.08
23	0.6	100	732	30	983	40	160	4	430	5.6	1.13	0.02

1.2 试验内容与方法

按照 SL352-2006《水工混凝土试验规程》要求,对不同配合比的塑性混凝土进行拌和、成型、养护。对 28 d 龄期的塑性混凝土进行抗压强度、劈裂抗拉强度、弹性模量和渗透试验。试验结果分别见表 1、表 2。

2 试验结果与分析

2.1 橡胶颗粒掺量对塑性混凝土主要性能的影响

根据表 1 绘制的不同橡胶颗粒掺量对塑性混凝土的性能影响的变化趋势见图 1。由图 1 可以看出,橡胶颗粒掺量对塑性混凝土的弹性模量影响显著。在塑性混凝土配合比中,随着橡胶颗粒的掺量

增加,塑性混凝土的弹性模量逐渐减小,变化趋势逐渐变缓,掺橡胶颗粒混凝土的弹性模量约为不掺橡胶颗粒混凝土的弹性模量的 1/3 ~ 1/5。同时,橡胶颗粒掺量 40 kg/m³ ~ 60 kg/m³,混凝土弹性模量为 140 MPa ~ 170 MPa 之间,变幅较小。橡胶颗粒掺量对抗压强度有影响,掺量越大,抗压强度越低。不掺橡胶颗粒时,混凝土的抗压强度为 5.4 MPa,橡胶颗粒掺量为 50 kg/m³ 时,抗压强度为 2.7 MPa,为不掺时的 50%。橡胶颗粒掺量对抗拉强度影响的规律不明显。橡胶颗粒掺量 10 kg/m³ ~ 30 kg/m³,抗拉强度在 0.60 MPa ~ 0.66 MPa 之间,稍大于不掺橡胶颗粒时的抗拉强度。掺量 40 kg/m³,抗拉强度为 0.57 MPa,与不掺时相等。掺量大于 40 kg/m³,抗拉强度反而降低。橡胶颗粒对塑性混凝土抗渗性影响较小,这是因为混凝土的抗渗性主要取决于混凝土的水胶比。

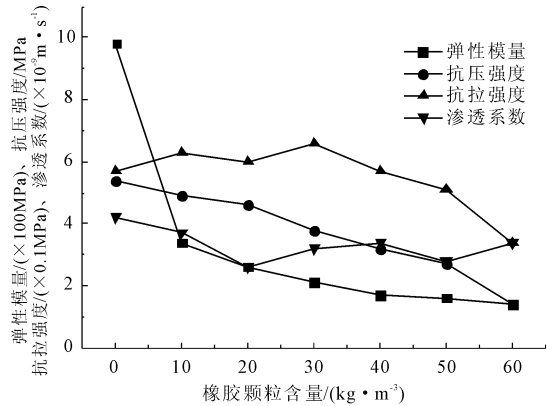


图 1 塑性混凝土性能指标与橡胶颗粒含量的关系曲线

2.2 不同水胶比时,橡胶颗粒掺量对塑性混凝土主要性能的影响

塑性混凝土的水胶比指水与细料总和(水泥、膨润土、黏土等)之比,塑性混凝土的许多性能取决于混凝土的水胶比。通过表 2 的试验结果可以看出,在塑性混凝土中掺加橡胶颗粒,改变水胶比,可使混凝土的弹性模量、渗透系数和抗拉强度均发生较大变化。塑性混凝土的水胶比增大,弹性模量减小,橡胶颗粒含量越多,弹性模量变化越不明显,见图 2。水胶比为 0.9 时,塑性混凝土中未掺橡胶颗粒时,弹性模量为 980 MPa,橡胶颗粒掺量为 10 kg/m³、20 kg/m³、30 kg/m³,弹性模量分别为 340 MPa、260 MPa、210 MPa;水胶比为 0.6 时,橡胶颗粒掺量为 0、10 kg/m³、20 kg/m³、30 kg/m³,弹性模量则为 1 1000 MPa、1 650 MPa、730 MPa、430 MPa。水胶比降低,渗透系数减少,相同水胶比时,橡胶颗粒的掺加对渗透

系数影响较小,其变化趋势见图 3。塑性混凝土的水胶比为 0.9 时,渗透系数在 2.6×10^{-9} m/s ~ 4.2×10^{-9} m/s 之间,变化不大。水胶比为 0.8、0.7、0.6 时,渗透系数分别为 0.21×10^{-9} m/s ~ 0.7×10^{-9} m/s、 0.06×10^{-9} m/s ~ 0.08×10^{-9} m/s、 0.01×10^{-9} m/s ~ 0.04×10^{-9} m/s。即混凝土水胶比每降低 0.1,渗透系数约减少一个数量级。对抗拉强度而言,水胶比降低,抗拉强度增大,橡胶颗粒含量增加,抗拉强度增大,其关系曲线见图 4。

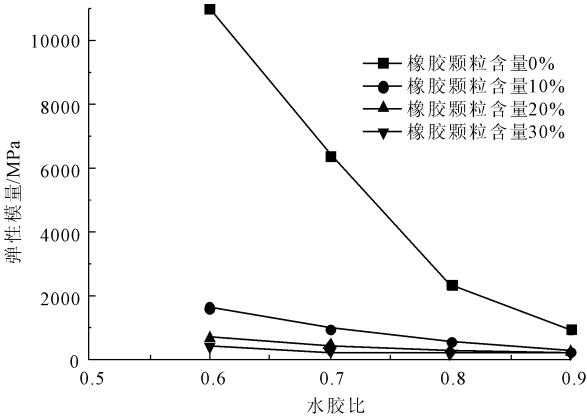


图 2 弹性模量与水胶比关系曲线

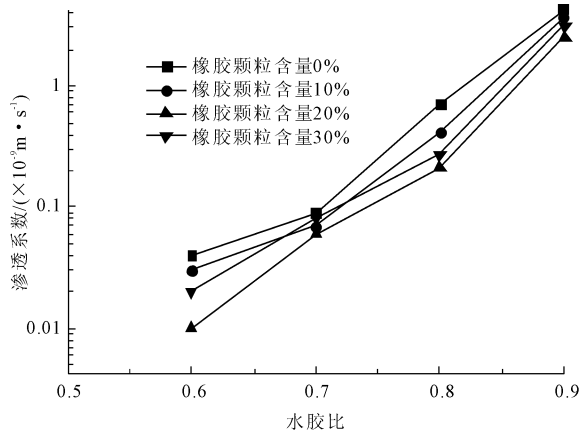


图 3 渗透系数与水胶比关系曲线

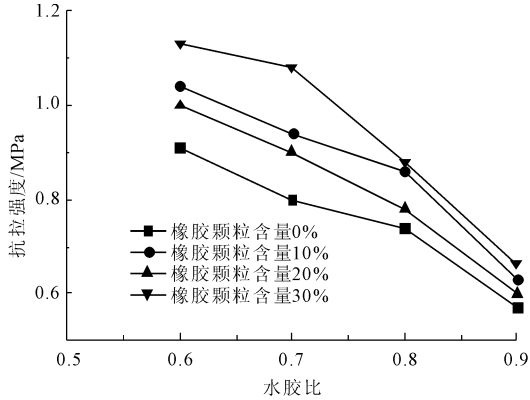


图 4 抗拉强度与水胶比关系曲线

3 橡胶塑性混凝土的配制

塑性混凝土的弹性模量与渗透性是相互矛盾的,混凝土渗透性小,则弹模高。在塑性混凝土的设计规程中,一般要求弹性模量 $E_{28} \leq 1\ 000\ \text{MPa}$,渗透系数 $K \leq 1 \times 10^{-9}\ \text{m/s}$ 。根据以上试验结果,要配制渗透系数 $K \leq 0.02 \times 10^{-9}\ \text{m/s}$ 且弹性模量 $E_{28} \leq 500\ \text{MPa}$ 的塑性混凝土,可采用试验中编号 23 的结果,即橡胶颗粒的掺量为 $30\ \text{kg/m}^3$;要配制渗透系数 $K \leq 0.02 \times 10^{-9}\ \text{m/s}$ 且弹性模量 $E_{28} \leq 1\ 000\ \text{MPa}$,可采用试验中编号 19 和 23 的结果,即橡胶颗粒的掺量在 $20\ \text{kg/m}^3 \sim 30\ \text{kg/m}^3$ 。具有上述性能指标等要求的高抗渗低弹模塑性混凝土,仅用调节粘土、膨润土等常规的配合比设计方法难以实现。借助于橡胶颗粒的特性,采用橡胶颗粒与水胶比相结合的措施,可使塑性混凝土具有较高的抗渗性和能够适应周围环境变形所需的弹性模量。

4 结 论

(1) 在塑性混凝土中掺加橡胶颗粒,改变水胶比,可使混凝土的弹性模量、渗透系数和抗拉强度均发生较大变化。

(2) 橡胶颗粒掺量对塑性混凝土的弹性模量影

响显著,橡胶颗粒的掺量增加,塑性混凝土的弹性模量减小,水胶比越大,其变化越不明显;橡胶颗粒掺量对塑性混凝土的渗透系数影响较小,对抗拉强度影响的规律不显著。

(3) 采用掺加橡胶颗粒的方式,可配制高抗渗、低弹模和高抗拉的塑性混凝土。

参考文献:

- [1] 何润芝,何丽娟.防渗墙低弹塑性混凝土的试验研究与应用[J].混凝土,2006,(9):7-10.
- [2] 张昀青,武秀丽,张昀保,等.大坝防渗心墙高性能混凝土的试验研究及应用[J].水利学报,2004,(4):123-126.
- [3] 张 鹏,李清富.塑性混凝土抗拉强度试验研究[J].水力发电,2008,34(2):64-66.
- [4] 李晓晖.塑性混凝土防渗墙在张峰水库大坝基础防渗中的应用研究[J].水利与建筑工程学报,2007,5(2):39-40.
- [5] 姚锋杰.基于有限元的某水电站坝肩防渗墙优化设计研究[J].水利与建筑工程学报,2011,9(1):55-58.
- [6] 周 梅,朱 涵,艾 丽,等.橡胶微粒掺量对塑性混凝土性能的影响[J].建筑材料学报,2009,12(5):563-567.
- [7] 李 兵,滕海文,霍 达,等.引气橡胶混凝土的力学性能研究[J].混凝土,2009,(5):83-85.
- [8] 王 涛,洪锦祥,廖昌文,等.橡胶混凝土的试验研究[J].混凝土,2009,(1):67-69.