

文章编号:1007-9629(2022)02-0171-07

多孔型高吸水树脂对水泥净浆流动性能的影响

李婉文, 赖俊英*, 林学智, 钱匡亮, 钱晓倩

(浙江大学 建筑工程学院, 浙江 杭州 310058)

摘要:为稳定掺入高吸水树脂(SAP)水泥基材料的流动性能,采用反相悬浮聚合法制备了多孔型聚丙烯酸/丙烯酰胺 SAP. 利用扫描电子显微镜(SEM)观测 SAP 的微观形貌,通过傅里叶红外光谱(FTIR)分析 SAP 的分子结构,用“茶袋法”测试 SAP 的吸液性能,并通过流动度试验研究了非多孔型及多孔型 SAP 对水泥净浆流动度经时变化的影响. 结果表明:多孔型 SAP 具有微米级连通孔结构,能够有效促进吸水速率,达到吸水平衡只需 1 min 内;当通过额外引水保持水泥净浆初始流动度相同时,多孔型 SAP 的掺入对水泥净浆流动度的经时损失影响最小.

关键词:水泥净浆;反向悬浮聚合;高吸水树脂;多孔型;流动性能

中图分类号:TU528.01

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1007-9629.2022.02.009

Effect of Porous Super Absorbent Polymer on Flowability of Cement Paste

LI Wanwen, LAI Junying*, LIN Xuezhi, QIAN Kuangliang, QIAN Xiaolian

(College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: To stabilize the flowability of cement-based materials mixed with super absorbent polymer (SAP), the porous poly(acrylic acid/acrylamide) SAP was prepared by inverse suspension polymerization. The microscopic morphology and the molecular structure of the SAP were observed by scanning electron microscope (SEM), and Fourier infrared spectroscopy (FTIR), respectively. And the liquid absorbing properties of the SAP were determined by using tea bag method. In addition, the effect of non-porous and porous SAP on the fluidity loss of cement paste was studied through fluidity tests. The results show that the porous SAP with micro porous structure can effectively promote its water absorption rate, and it takes only 1 min to reach the water absorption balance. When the initial fluidity is maintained by additional water, the addition of porous SAP has the least effect on the fluidity loss of the paste over time.

Key words: cement paste; inverse suspension polymerization; super absorbent polymer (SAP); porous; flowability

高吸水性树脂(SAP)是一种水溶胀型高分子聚合物,由于含有羧基、羟基等多种强亲水基团及特殊的三维网状结构,可吸纳自身质量100~5 000倍的水^[1],被广泛应用于医疗卫生用品、农业化肥、土壤保水等多个领域.

水泥基材料的早期自收缩是造成其开裂的原因之一. 众多研究表明^[2-5],将SAP掺入水泥基材料中进行内养护是改善其收缩开裂的有效方法. 然而因SAP吸水量大且吸水平衡时间较长,掺入SAP后水泥基材料的工作性能发生变化. 黄政宇等^[6]研究发现

掺入SAP干粉后,新拌水泥浆体早期流动度降低,后期流动度增大;孔祥明等^[7]发现SAP干粉会降低新拌水泥砂浆流动度;张国防等^[8]认为在水灰比较大情况下,掺入SAP干粉能显著提高水泥砂浆在不同温度下的流动性,减小流动度损失;王嘉^[9]认为,不额外引水时,掺入SAP干粉会减小新拌超高性能混凝土的初始流动度,且流动度的经时损失增加.

由此可见,掺入SAP会对水泥基材料的流动性产生影响,使其经时状态变得不稳定,从而扰乱水

收稿日期:2020-10-19; 修订日期:2020-11-19

基金项目:浙江省基础公益技术研究计划项目(LGG21E080010)

第一作者:李婉文(1997—),女,湖北随州人,浙江大学硕士生. E-mail:21812063@zju.edu.cn

通讯作者:赖俊英(1977—),女,福建龙岩人,浙江大学副教授,硕士生导师,博士. E-mail:junyinglai@zju.edu.cn

泥基材料搅拌、泵送、浇筑等工序的顺利进行,也不利于改善基体中的空隙和后期强度的发展.因此,本文利用反相悬浮聚合法,加入成孔剂制备了一种具有微米级连通开口的多孔型 SAP,该 SAP 在新拌水泥浆体中能够迅速达到吸水平衡状态,从而稳定水泥浆体的流动性.通过经时流动度试验,对比了多孔型与非多孔型 SAP 对新拌水泥浆体流动度的影响,探讨了多孔型 SAP 在新拌水泥浆体中的吸水 and 释水效果,以期 SAP 的研发提供新思路.

1 试验

1.1 原材料

水泥净浆试验原材料:水泥为 P·I 42.5 混凝土外加剂检测专用基准水泥,山东鲁城有限公司产,其主要化学组成(质量分数,文中涉及的组成、含量等均为质量分数)及基本性能见表 1;拌和水为自来水;减水剂为江苏兆佳建材科技有限公司产 ZJ-PCE201 聚羧酸系高性能减水剂,固含量为 40%;多孔型 SAP (SAP-A)为多孔型聚丙烯酸系高吸水性树脂,实验室自制;非多孔型 SAP (SAP-B 和 SAP-C)为聚丙烯酸系高吸水性树脂,市场购买.

多孔型 SAP 合成原材料:丙烯酸(AA)、丙烯酰胺(AM)、司班 60(Span60)、N,N-亚甲基双丙烯酰胺(NMBA)、氢氧化钠、环己烷、甲醇、乙醇、聚乙二醇 600(PEG600)、过硫酸铵(APS),均为分析纯;去离子水.

表 1 水泥的化学组成
Table 1 Chemical composition of cement

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O _{eq}	f-CaO	Cl	IL
22.890	4.540	3.470	2.060	61.980	0.530	0.880	0.022	3.140

1.2 多孔型 SAP 的制备及性能表征

1.2.1 多孔型 SAP 的制备

采用反相悬浮法制备多孔型 SAP,制备步骤如下:在 5℃冰水浴中用氢氧化钠溶液中和 AA,控制中和度为 80%,加入计量的 AM 和 PEG600,得到聚合液;在 N₂ 保护下将聚合液加入分散了 Span60 的环己烷溶液中,充分分散,以 2℃/min 的速率升温至 75℃,混合搅拌 30 min 后再加入 NMBA 和 APS,75℃下恒温 4 h;反应结束后加入 m (甲醇): m (乙醇)=1:1 的共混液,于 75℃下继续搅拌 20 min,然后取沉淀物置于甲醇中多次浸渍、过滤、抽滤后,在 50℃下干燥至恒重,封装备用.多孔型 SAP 合成化学反应方程式(式中 R 指 H 或 Na)见图 1. 另外,为了进行 SAP 分子结构的比对,采用同样的合成方法和步骤,还合成了聚丙烯酸(PAA).

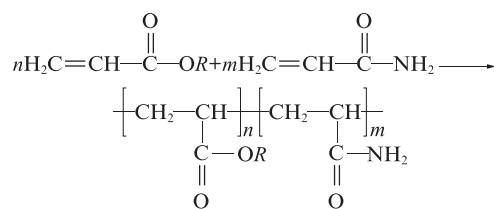


图 1 多孔型 SAP 的合成反应方程式

Fig. 1 Synthesis reaction equation of porous SAP

1.2.2 微观形态的测定

采用 SIGMA 蔡司场发射扫描电镜(SEM)对 SAP 表面微观形貌进行观测.

1.2.3 分子结构的测定

采用 NICOTCT 5700 傅里叶红外光谱仪(FTIR)对 SAP 分子结构进行测试.

1.2.4 吸水率的测定

用“茶袋法”测试 SAP 的吸水性能.试验用茶袋筛孔为 50 μm(300 目),用水润湿后称得质量为 m_0 ;称取质量为 m 的 SAP 置于茶袋中,将茶袋在水中浸泡 t 时刻后提出,称取未吸收水分自然排干后的质量 M_t ,则 SAP 吸水率 Q 的计算式为 $Q=\frac{M_t-m_0-m}{m}$.称取

0.3~0.5 g SAP,分别测试 SAP 干燥粉末在自来水、氢氧化钙饱和溶液中的经时吸水率.当 2 次测得的吸水率之差不超过 0.1 g/g 时,即认为 SAP 达到吸水平衡.

1.3 水泥净浆试验设计

1.3.1 SAP 的掺量、粒径选择及掺入方式

SAP 颗粒在水泥基材料中释水萎缩后会残留孔洞,对水泥基材料强度造成不利影响,且 SAP 掺量越大,材料的抗压强度降幅越大^[10].为此文献[11-12]提出,应当控制 SAP 的掺量,当 SAP 掺量不超过胶凝材料质量的 0.5% 时,能够降低对水泥基材料强度的不利影响;同时,当掺入的 SAP 粒径较大(大于 0.25 mm)时^[13],水泥基材料强度下降明显,但在同样掺量下, SAP 粒径越大,水泥基材料的减缩效果越好.鉴于此,为保证水泥基材料的强度和减缩效果,本文选择 SAP 掺量为胶凝材料质量的 0.2%, SAP 粒径为 149 μm(100 目).

SAP 掺入水泥浆液中的方式包括干粉掺入和预吸水后掺入.研究表明^[14], SAP 以干粉形式掺入水泥浆液中的吸液能力比预吸水后掺入的吸液能力更强,能够提供更多的内养护水.同时,干粉掺入在拌和时不会产生团聚等现象,使水泥基材料更加均匀.因此本文采取 SAP 干粉掺入的形式,来研究 SAP 对水泥净浆初始和经时流动度的影响.

1.3.2 水泥净浆配合比设计

水泥净浆配合比如表 2 所示.表中试样编号中

的-0、-A、-B和-C分别代表未掺SAP及掺入SAP-A、SAP-B、SAP-C.各组水泥净浆均具有相近的初始流动度.

表2 水泥净浆配合比
Table 2 Mix proportions of cement paste

Sample No.	$m(\text{cement})/\text{g}$	$m(\text{water})/\text{g}$	m_w/m_c	$w(\text{super plasticizer})/\%$	$w(\text{SAP})/\%$
W0.2-0	500	145	0.29	0.2	0
W0.2-A	500	170	0.34	0.2	0.2
W0.2-B	500	165	0.33	0.2	0.2
W0.2-C	500	160	0.32	0.2	0.2
W0.3-0	500	145	0.29	0.3	0
W0.3-A	500	170	0.34	0.3	0.2
W0.3-B	500	165	0.33	0.3	0.2
W0.3-C	500	160	0.32	0.3	0.2
W0.4-0	500	145	0.29	0.4	0
W0.4-A	500	170	0.34	0.4	0.2
W0.4-B	500	165	0.33	0.4	0.2
W0.4-C	500	160	0.32	0.4	0.2

1.3.3 试验方法

水泥净浆流动度试验按照GB/T 8077—2012《混凝土外加剂匀质性试验方法》进行.将测定后的水泥净浆收集密封,静置于恒温、恒湿实验室环境(20℃,相对湿度65%)中.到设定时间后,用搅拌机重新均匀搅拌水泥净浆,测定其流动度,该流动度即为经时流动度.

2 结果与讨论

2.1 SAP微球形貌分析

图2为3种SAP的SEM照片.由图2可见:(1)多孔型SAP-A颗粒由许多20 μm左右的单个微球聚集而成,这主要是因为SAP-A在烘干过程中,微球间氢键等的作用力使微球聚集成块;同时,微球表面和内部均匀分布着大量微米级连通孔洞,其原因是制备SAP-A时加入了水溶性的PEG600,聚合反应过程中PEG600均匀分散于水相液滴中,SAP聚集成形

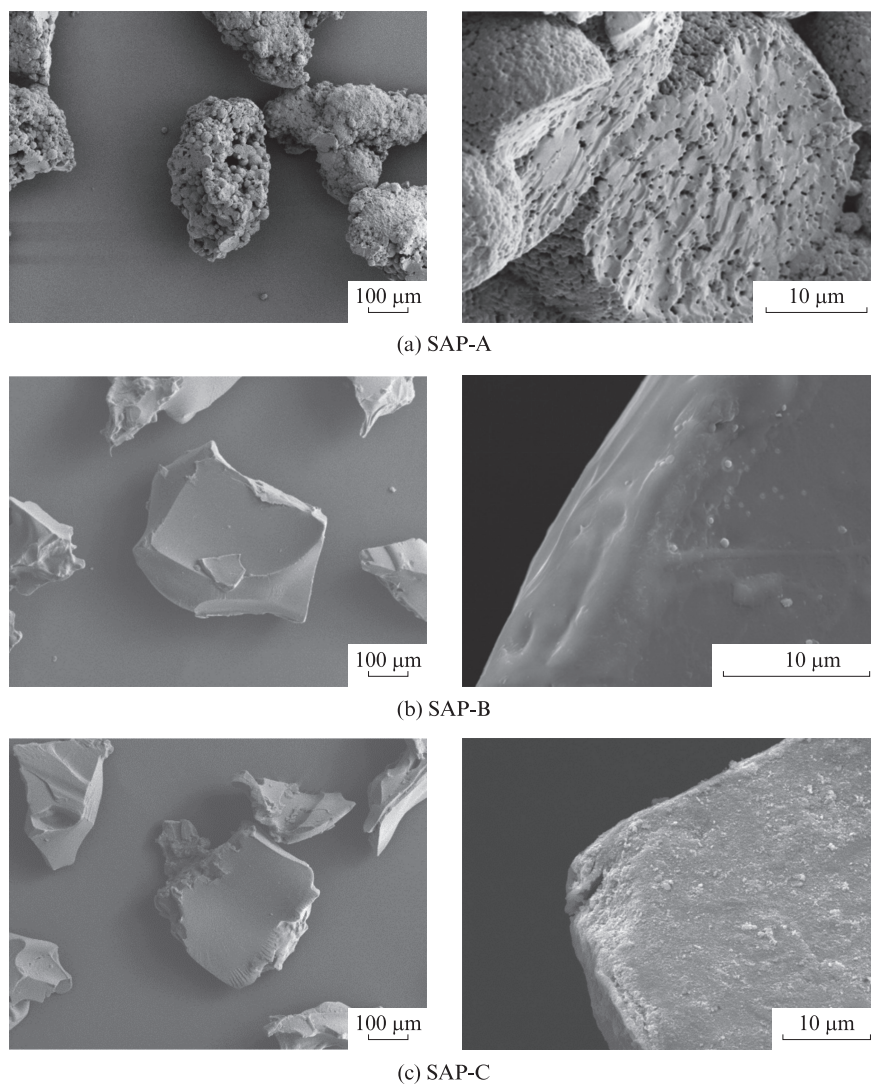


图2 不同SAP的SEM照片

Fig. 2 SEM images of different SAPs

后,均匀分布于微球网络体系中.使用甲醇脱除微球内部水分的同时,PEG600也在水分子及甲醇的双重作用下从SAP内部脱除.(2)SAP-B、SAP-C这2种商用SAP均为实心块状物,表面无孔洞.

2.2 傅里叶红外光谱分析

PAA、SAP-A、SAP-B及SAP-C的傅里叶红外光谱(FTIR)如图3所示.由图3可见:(1)PAA的红外光谱中 $3\,427\text{ cm}^{-1}$ 为 $-\text{COOH}$ 中 $\text{O}-\text{H}$ 伸缩振动峰, $2\,854\text{ cm}^{-1}$ 为亚甲基的伸缩振动峰, $1\,571\text{ cm}^{-1}$ 为 $-\text{COO}^-$ 中 COO 的反对称伸缩振动峰, $1\,409\text{ cm}^{-1}$ 为 $-\text{COO}^-$ 中 COO 的对称伸缩振动峰;(2)在SAP-A的红外光谱中出现了 $3\,426$ 、 $2\,854$ 、 $1\,565$ 、 $1\,407\text{ cm}^{-1}$ 这4个特征峰,与PAA的红外光谱相匹配,同时, $1\,670\text{ cm}^{-1}$ 为丙烯酰胺中伯酰胺的 $\text{C}=\text{O}$ 伸缩振动峰,与反应方程式(图1)一一对应,说明所合成的反应产物为聚丙烯酸/丙烯酰胺共聚物,同时SAP-A的红外光谱中并未出现PEG600中 $\text{C}-\text{O}$ 的伸缩振动峰 $1\,101\text{ cm}^{-1}$,表明成孔剂已脱除干净;(3)SAP-B的红外

外光谱中的特征峰 $3\,427$ 、 $2\,854$ 、 $1\,570$ 、 $1\,409\text{ cm}^{-1}$ 与PAA的红外光谱相匹配;SAP-C的红外光谱中的特征峰 $3\,428$ 、 $2\,854$ 、 $1\,563$ 、 $1\,408\text{ cm}^{-1}$ 与PAA的红外光谱相匹配,同时, $1\,657\text{ cm}^{-1}$ 为丙烯酰胺中伯酰胺的 $\text{C}=\text{O}$ 伸缩振动峰.由此可知,SAP-A、SAP-C为聚丙烯酸/丙烯酰胺系树脂,SAP-B为聚丙烯酸系树脂.

2.3 SAP的吸水性能

3种SAP的粒径均选用 $150\sim 300\text{ }\mu\text{m}$,用茶袋法测定3种SAP干粉在自来水和氢氧化钙饱和溶液中的经时吸水率,结果见图4.由图4(a)可见:在自来水中,SAP-A、SAP-B和SAP-C的饱和吸水率分别为 120 、 221 、 328 g/g ;SAP-A吸水速率最快,不超过 1 min 即可达到吸水平衡,SAP-B与SAP-C在 5 min 时可达到吸水平衡.这说明多孔结构可以提高SAP在水中的吸水速率.多孔型孔洞的存在相当于微球内部分布了大量毛细管,提高了孔洞内壁接触水分子的速率,整体上提高了微球的浸润速率,使更多亲水基与水分子水合电离,促进了网络舒展,进一步提高了水分子的渗透.依靠毛细管效应,微球的吸水速率得以大幅提高,有效避免了“白心”和“粉化”现象^[15],极大提高了吸水速率.由图4(b)可见:在氢氧化钙饱和溶液中,SAP-A、SAP-B、SAP-C在开始的短暂时间内即快速吸水,随后进入失水阶段,之后达到平衡状态,此时所需时间分别为 10 、 15 、 30 min ,表明多孔型SAP在 Ca^{2+} 碱性环境中的吸液速率最快;平衡状态时,SAP-A、SAP-B、SAP-C的吸水率分别为 20 、 14 、 27 g/g .产生这一现象的原因为SAP干粉在氢氧化钙饱和溶液中先吸液溶胀,之后 Ca^{2+} 随着溶液进入溶胀后的SAP中,与其中的 COO^- 发生络合交联,使得SAP交联密度增大,将初期被吸入的液体挤压排除出来,导致SAP吸水率下降.Schröfl等^[16]和Snoeck等^[17]也得到相近结论.

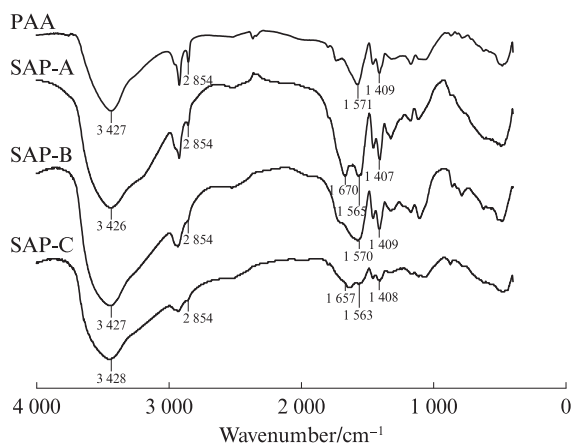
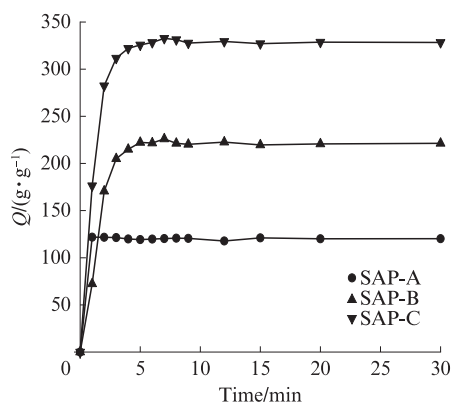
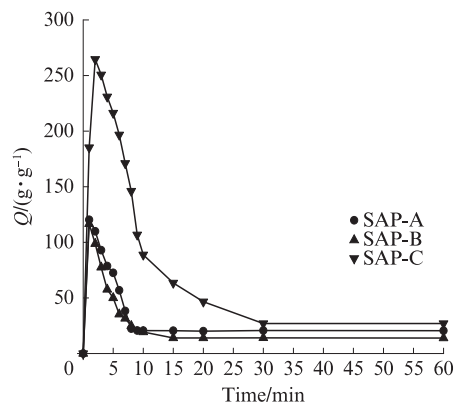


图3 PAA、SAP-A、SAP-B及SAP-C的红外光谱图
Fig. 3 FTIR spectra of PAA, SAP-A, SAP-B and SAP-C



(a) In tap water



(b) In saturated $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution

图4 各SAP干粉在不同溶液中的经时吸水曲线

Fig. 4 Water absorption curves of SAPs dry powders over time in different solutions

3种SAP的峰值吸液倍率和平衡状态吸液倍率对比如表3所示.由表3可知,3种SAP在自来水的峰值吸液倍率(Q_w)与氢氧化钙饱和溶液中的峰值吸液倍率(Q_p)之比有所不同,其中SAP-A的 Q_p/Q_w 为1.00,而SAP-B和SAP-C分别为0.53和0.81.这可能是因为SAP-A的多孔结构使其在 Ca^{2+} 溶液中先迅速达到吸水饱和,然后 Ca^{2+} 再进入已溶胀平衡的凝胶中与 COO^- 反应;而SAP-B和SAP-C在氢氧化钙饱和溶液中因吸水速率较慢,未达到在自来水中的溶胀饱和时 Ca^{2+} 就已进入凝胶体系而发生交联反应.由表3还可知,SAP-A在氢氧化钙饱和溶液中的平衡状态吸液倍率(Q_z)与 Q_p 的比值(Q_z/Q_p)最大,表明其在氢氧化钙饱和溶液中的耐碱性最好.

综上所述可知,与非多孔型SAP相比,多孔型SAP在自来水中具有更快的吸液速率,在 Ca^{2+} 碱性环境中达到吸液平衡的速率也更快.

2.4 水泥净浆流动性能

水泥基材料流动性能的核心问题就是水泥浆体的流动性能.当其他条件相同时,水泥浆体流动性好,整个体系的流动性能就好,所以水泥浆体流动性

表3 SAP的峰值吸液倍率及平衡状态吸液倍率

Table 3 Peak absorption rate and equilibrium absorption rate of SAPs

SAP No.	$Q_w/(g \cdot g^{-1})$	$Q_p/(g \cdot g^{-1})$	$Q_z/(g \cdot g^{-1})$	Q_p/Q_w	Q_z/Q_p
SAP-A	120	120	20	1.00	0.17
SAP-B	221	117	14	0.53	0.12
SAP-C	328	265	27	0.81	0.10

的变化能在一定程度上反映整个体系流动性能的变化^[18].

试验环境控制为20℃、相对湿度65%.同一试验组控制减水剂掺量及SAP掺量保持不变,由于不同类型的SAP吸水率有所不同,因此通过改变总水灰比来保证水泥净浆的初始流动度基本相同.本试验分为3个试验组:减水剂掺量0.2%,SAP掺量0.2%的W0.2组;减水剂掺量0.3%,SAP掺量0.2%的W0.3组;减水剂掺量0.4%,SAP掺量0.2%的W0.4组.

以开始加水拌和为计时零点,初次拌和5min时的流动度为初始流动度,之后30、60min各测1次,所测得的各组水泥净浆经时流动度如图5所示.

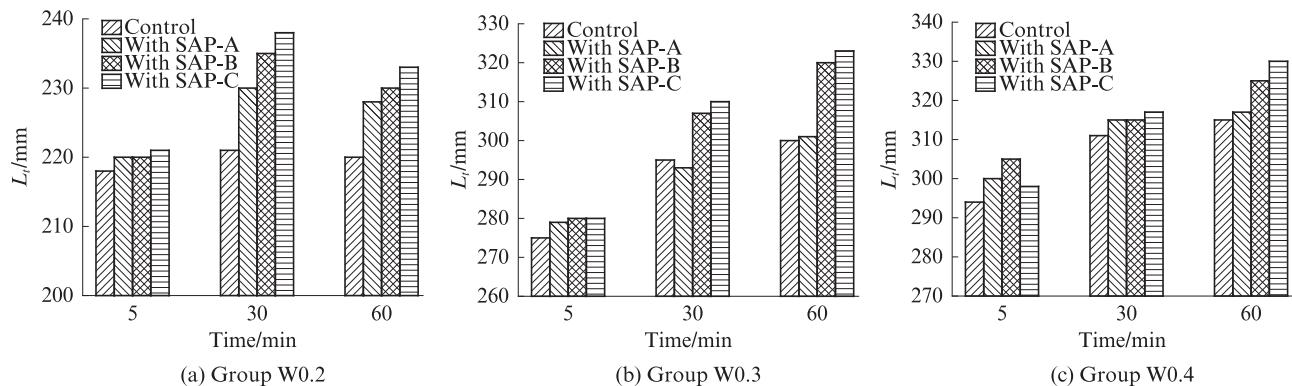


图5 水泥净浆经时流动度

Fig. 5 Fluidity over time of cement pastes

本试验采用水泥净浆流动度损失率来表征浆体的流动性能.采用式(1)计算水泥净浆的流动度损失率,计算结果见表4.

$$\Delta L_t = \frac{(L_1 - L_t)}{L_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: ΔL_t 为水泥净浆在 t 时刻的流动度损失率,%; L_1 为水泥净浆的初始流动度,mm; L_t 为水泥净浆在 t 时刻的流动度,mm.

表4中 ΔL_{30} 和 ΔL_{60} 的绝对值越小,说明SAP释放的水量少,净浆的稳定性越好.

为保证每组水泥净浆的初始流动度大致相同,掺入SAP后的水泥净浆试验组需要额外引水.额外

引水后,掺入SAP-A、SAP-B和SAP-C的水泥净浆水灰比分别为0.05、0.04和0.03,折算后SAP-A、SAP-B和SAP-C在水泥净浆中的吸水率分别为25、20、15 g/g.根据3种SAP在氢氧化钙饱和溶液中的吸液结果(图4(b))可知,在5min时吸液最多的为SAP-C,其次为SAP-A,最次为SAP-B.然而,在水泥净浆中相同流动度条件下,SAP-A额外引水量最大,SAP-C额外引水量最小.这可能是因为氢氧化钙饱和溶液中仅 Ca^{2+} 和 OH^- 对SAP的吸水性能产生影响,而水泥净浆中还含有 Na^+ 、 K^+ 、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} 等多种离子及其他可溶性水化产物,它们均会进入SAP内部,影响其吸水性能.SAP-A由于表面和内部均具有

表4 水泥净浆流动度损失率
Table 4 Fluidity loss rate of cement pastes

Sample No.	$\Delta L_{30}/\%$	$\Delta L_{60}/\%$
W0.2-0	-1.38	-0.92
W0.2-A	-4.55	-3.64
W0.2-B	-6.82	-4.55
W0.2-C	-7.69	-5.43
W0.3-0	-7.27	-9.09
W0.3-A	-5.02	-7.89
W0.3-B	-9.64	-14.29
W0.3-C	-10.71	-15.36
W0.4-0	-5.78	-7.14
W0.4-A	-5.02	-5.67
W0.4-B	-3.28	-6.67
W0.4-C	-6.38	-10.74

很多连通孔结构,在水泥净浆中先迅速达到较大的吸水率,然后浆体中的离子进入凝胶中与 COO^- 反应,在浆体中快速达到吸液平衡;而SAP-B和SAP-C在净浆中吸液速率较慢,未达到氢氧化钙饱和溶液中的吸液峰值时,净浆中的多种离子即已进入凝胶体系而发生交联反应,从而在水泥净浆中的吸水率远低于在氢氧化钙饱和溶液中的吸水率.因此在加水5 min时,水泥净浆中吸液能力最强的是多孔型SAP-A,可为水泥基材料内养护提供较多的水分.

图5显示,因加入的聚羧酸减水剂为保坍型减水剂,基准组与分别掺入3种SAP的试验组随着时间的延长,其流动性相比初始流动度均有不同程度的增加.

由图5(a)可见:当减水剂掺量为0.2%时,净浆初始流动度为217~220 mm;在加水30、60 min后掺入SAP的试验组净浆的流动度变化量均大于基准组净浆流动度变化量.这表明SAP释放出所吸收的部分水分,导致浆体流动度变大.这是因为SAP开始溶胀后,进入内部的多价离子(Ca^{2+} 或 Al^{3+})与其羧酸根基团发生交联反应,导致吸水率下降.随着时间的延长,交联度增大,吸水率继续下降,释放出的水变多,因此净浆流动度变大.无论是30 min还是60 min,掺入SAP-A的净浆流动度损失率的绝对值均小于掺入SAP-B和SAP-C的净浆(表4),说明SAP-A在净浆中的吸液稳定性优于SAP-B和SAP-C.虽然掺入SAP-A的净浆流动度损失率小于掺入SAP-B和SAP-C的净浆,但与基准组相比仍然差距较大,这可能是因为当减水剂掺加较少时,浆体自由水较少,整个体系的流动度较小,从而SAP在初始释出的少量

自由水对于体系流动度的影响较大;而后趋于稳定,在30~60 min的流动度损失率小,较稳定,与基准组净浆的30~60 min流动度变化趋势接近.

由图5(b)、(c)可见:(1)在减水剂掺量分别为0.3%和0.4%时,水泥净浆的初始流动度分别为275~280 mm和295~305 mm,说明减水剂掺量增大后,净浆中的自由水量增大;掺入SAP-A的净浆流动度变化趋势与基准组更接近,表明掺入SAP-A的净浆流动性的变化与基准组变化类似,由减水剂主导;SAP-A的 ΔL_{60} 的绝对值比SAP-B和SAP-C都小(表4),表明SAP-A在这2种净浆中释放出少量水或几乎不释放出额外水,即水分被固定在凝胶中,对净浆流动性影响小,也为后期的内养护提供了较为充足的水分.(2)SAP-B、SAP-C对净浆流动度的影响较大,在后期易释放出水分,使净浆流动度增大,表明水泥浆体中的高价离子对SAP-B和SAP-C中的羧酸根作用力依然较强,交联度变大,凝胶吸水能力下降,进一步降低了凝胶内部的有效养护水量.

结合额外引水量和净浆流动度损失率可知,在这3种SAP中,SAP-A在净浆中的吸水率最大且吸水稳定,这与SAP-A的分子结构及颗粒结构有关.SAP-A为聚丙烯酸/丙烯酰胺SAP,羧酸根的含量相对较少,多价阳离子(Ca^{2+} 或 Al^{3+})对其交联作用较弱,因此在水泥净浆中吸水较稳定;而且SAP-A颗粒表面与内部分布的微米级连通孔结构使SAP-A具有极快的吸水速率,从加水搅拌至测试初始流动度时间内,SAP-A已几乎达到吸水平衡,并在加水搅拌后较长时间内仍能保持稳定的吸水率,保证了净浆经时流动度的稳定性.

3 结论

(1)基于反向悬浮聚合法,通过加入PEG600成孔剂及甲醇/乙醇共混液,制备出微球粒径为20 μm 左右、孔径为微米级的连通开口多孔型聚丙烯酸/丙烯酰胺SAP,为高吸水性树脂的研发提供了新思路.

(2)多孔型SAP具有极快的吸水速率和较强的耐碱性,其毛细管效应显著,可促进水分子的浸润、渗透,1 min内即可达到吸水平衡.

(3)当通过额外引水保持水泥净浆初始流动度相同时,多孔型SAP在水泥净浆中仍有高吸水率和极快的吸水速率,可为水泥基材料内养护提供较多的水分.掺入多孔型SAP的水泥净浆流动度经时损失最少,即保水能力最强,可有效降低SAP对水泥基

材料工作性能产生的不良影响。

参考文献:

- [1] 刘廷栋,刘京.高吸水性树脂的吸水机理[J].高分子通报,1994(3):181-185.
LIU Tingdong, LIU Jing. The absorbing mechanism of superabsorbent polymers[J]. Polymer Bulletin, 1994(3): 181-185. (in Chinese)
- [2] 朱长华,李亨涛,王保江,等.内养护对混凝土抗裂性及水化的影响[J].建筑材料学报,2013,16(2):221-225.
ZHU Changhua, LI Xiangtao, WANG Baojiang, et al. Influence of internal curing on crack resistance and hydration of concrete[J]. Journal of Building Materials, 2013, 16(2): 221-225. (in Chinese)
- [3] 孔祥明,张珍林.高吸水树脂对高强混凝土早期减缩效果及机理研究[J].建筑材料学报,2014,17(4):559-565,571.
KONG Xiangming, ZHANG Zhenlin. Investigation on the shrinkage-reducing effect of super-absorbent polymer in highstrength concrete and its mechanism[J]. Journal of Building Materials, 2014, 17(4): 559-565, 571. (in Chinese)
- [4] HE Z, SHEN A, GUO Y, et al. Cement-based materials modified with superabsorbent polymers: A review [J]. Construction and Building Materials, 2019, 225:569-590.
- [5] SHEN D, LIU C, JIANG J, et al. Influence of super absorbent polymers on early-age behavior and tensile creep of internal curing high strength concrete[J]. Construction and Building Materials, 2020, 258:120068.
- [6] 黄政宇,王嘉.高吸水性树脂对超高性能混凝土性能的影响[J].硅酸盐通报,2012,31(3):539-544.
HUANG Zhengyu, WANG Jia. Influence of super absorbent polymer on properties of ultra high performance concrete [J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 2012, 31(3): 539-544. (in Chinese)
- [7] 孔祥明,李启宏.高吸水性树脂对水泥砂浆体积收缩及力学性能的影响[J].硅酸盐学报,2009,37(5):855-861.
KONG Xiangming, LI Qihong. Influence of super absorbent polymer on dimension shrinkage and mechanical properties of cement mortar[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 2009, 37(5): 855-861. (in Chinese)
- [8] 张国防,王亚文,和瑞,等.高吸水性聚合物对水泥砂浆物理力学性能的影响[J].建筑材料学报,2017,20(5):661-666,732.
ZHANG Guofang, WANG Yawen, HE Rui, et al. Effects of super absorbent polymer on properties of cement mortars [J]. Journal of Building Materials, 2017, 20(5): 661-666, 732. (in Chinese)
- [9] 王嘉.高吸水性树脂对超高性能混凝土性能的影响[D].长沙:湖南大学,2012.
WANG Jia. The effect of super absorbent polymer on the performance of ultra high performance concrete[D]. Changsha: Hunan University, 2012. (in Chinese)
- [10] 胡曙光,周宇飞,王发洲,等.高吸水性树脂颗粒对混凝土自收缩与强度的影响[J].华中科技大学学报(城市科学版),2008,25(1):1-4,16.
HU Shuguang, ZHOU Yufei, WANG Fazhou, et al. Effect of super absorbent polymer particles on autogenous shrinkage and compressive strength of concrete [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Urban Science), 2008, 25(1): 1-4, 16. (in Chinese)
- [11] HASHOLT M T, JENSEN O M, KOVLER K, et al. Can superabsorbent polymers mitigate autogenous shrinkage of internally cured concrete without compromising the strength[J]. Construction and Building Materials, 2012, 31:226-230.
- [12] 刘芳,孟凡雷.超强吸水聚合物对混凝土性能的影响[J].混凝土,2013(10):98-100.
LIU Fang, MENG Fanlei. Effect of super-absorbent polymer on properties of concrete [J]. Concrete, 2013(10): 98-100. (in Chinese)
- [13] 马先伟,项建平,王继娜,等.SAP对高性能水泥基材料水化及性能的影响[J].材料科学与工程学报,2019,37(6):946-952.
MA Xianwei, XIANG Jianping, WANG Jina, et al. Effect of SAP's particle size on properties and hydration of high performance cement-based materials [J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2019, 37(6): 946-952. (in Chinese)
- [14] 赖俊英,童彦伟,詹树林,等.额外引水条件及高吸水性树脂添加方式对砂浆收缩和孔结构的影响[J].东南大学学报(自然科学版),2018,48(5):903-910.
LAI Junying, TONG Yanwei, ZHAN Shulin, et al. Effects of extra water and adding modes of super-absorbent polymer on shrinkage and pore structure of mortar [J]. Journal of Southeast University (Natural Science), 2018, 48(5): 903-910. (in Chinese)
- [15] 雷光财.丙烯酸系高吸水性树脂微球多孔结构的形成/控制及成孔机理研究[D].厦门:厦门大学,2008.
LEI Guangcai. Formation and control of porous structure of acrylate super-absorbent resin micro-spheres and mechanism research of pore-forming [D]. Xiamen: Xiamen University, 2008. (in Chinese)
- [16] SCHRÖFL C, MECHTCHERINE V, GORGES M. Relation between the molecular structure and the efficiency of superabsorbent polymers (SAP) as concrete admixture to mitigate autogenous shrinkage[J]. Cement and Concrete Research, 2012, 42(6):865-873.
- [17] SNOECK D, SCHAUBROECK D, DUBRUEL P, et al. Effect of high amounts of superabsorbent polymers and additional water on the workability, microstructure and strength of mortars with a water-to-cement ratio of 0.50 [J]. Construction and Building Materials, 2014, 72: 148-157.
- [18] 袁晓露.矿物掺合料与外加剂对水泥净浆、砂浆流变性能及经时损失的影响[D].重庆:重庆大学,2005.
YUAN Xiaolu. Effect of mineral admixtures and additives on the fluidity and its loss of cement paste and cement mortar [D]. Chongqing: Chongqing University, 2005. (in Chinese)