

水泥—丙烯酸盐复合浆液的实验性研究

胡安兵¹, 阮文军¹, 刘雪松²

(1. 吉林大学建设工程学院, 长春 130026; 2. 吉林大学地球科学学院, 长春 130026)

[摘要] 水泥—丙烯酸盐复合浆液是在丙烯酸盐浆液的基础上研制出来的一种复合浆液。它既保留了丙烯酸盐浆液流动性好、固结体弹性好的优点, 又大幅度地提高了浆液的抗压强度和粘结强度, 因此在注浆时可以带来良好的综合灌注效果。还对复合浆液的粘度和强度进行了试验性研究。

[关键词] 复合浆液 正交试验 粘度 强度

[中图分类号] TU502; TU472.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2002)03-0093-03

0 前言

水泥—丙烯酸盐复合浆液是本文在丙烯酸盐浆液的基础上研制出来的一种复合浆液。在该复合浆液中, 水泥浆作为粒状浆材, 可以提高复合浆液的强度, 并能调整其胶凝时间, 丙烯酸盐作为有机化学浆材, 具有粘度低、可灌性好, 容易进入微细孔隙的地层内等优点, 可增加复合浆液固结体的弹性。因此, 该复合浆液不但保留了丙烯酸盐浆液流动性好、固结体弹性好的优点, 而且克服了丙烯酸盐浆液强度低的弱点。它大幅度地提高了浆液的抗压强度和粘结强度, 具有优良的复合性能。为此, 本文将首先介绍丙烯酸盐浆液, 然后着重论述对水泥—丙烯酸盐复合浆液的试验性研究。

1 丙烯酸盐浆液的发展、组成及性能特点

1.1 丙烯酸盐浆液的发展

丙烯酸盐灌浆材料是20世纪40年代, 由美国海军与马萨诸塞工科大学首次用于在军事工程的地基加固。日本于1953年前后开始着手研究和应用。当时由于丙烯酸还不能大量生产, 使得这种浆液未能得到广泛应用。

20世纪70年代, 日本的丙烯酸酯年产量已达到数万吨, 丙烯酸容易制得且价格较便宜, 因此, 此类材料在日本已被推广使用。

我国于70年代初, 对丙烯酸盐作为化学灌浆材料进行地基加固的各种性能也作了不少探讨, 取得了一系列研究成果。有关丙烯酸盐浆液的性能特点

请见后文。

1.2 丙烯酸盐浆液的组成

丙烯酸盐浆液是由一定浓度的主剂、交联剂, 并加有适当的引发剂和促进剂等组分的浆液。

丙烯酸盐单体是浆液主剂。它是由丙烯酸和金属氧化物反应生成的水溶性有机电解质, 可用中和法或碱化法制得。常用的丙烯酸盐单体有丙烯酸钙和丙烯酸镁。本文在试验中用氧化镁和丙烯酸在较高温度[经测量约为100℃]下反应制得了浓度为30%的丙烯酸镁单体, 并用它作为主剂进行复合浆液配比试验。

交联剂应用较多的有N,N'-亚甲基双丙烯酰胺[C₇H₁₀N₂O₂]和六氢-1,3,5-三丙烯酰基-均三嗪。本文试验时选用了前者。

引发剂通常选用过硫酸铵。

促进剂为三乙醇胺、硫代硫酸钠等。本文试验采用的促进剂为三乙醇胺。

1.3 丙烯酸盐浆液的特点

根据有关文献的介绍, 并结合本文的试验, 将丙烯酸盐浆液的特点总结如下:

1) 浆液粘度低。在聚合反应开始前, 浆液粘度一般不超过4厘泊(cP也可写为mPa·s)。而聚合反应一旦开始, 浆液粘度急剧上升, 浆液很快胶凝。

2) 浆液可灌性好。其原因是: 一、浆液粘度低; 二、浆液表面张力小[注: 浆液表面张力(4×10⁻²N/m)比水(7×10⁻²N/m)小], 容易浸润土粒, 对地基内的微细孔隙有较好的灌注效果。特别是, 丙烯酸盐与土粒产生反应, 使浆液能向土层深部扩散, 并

[收稿日期] 2001-07-02; [修订日期] 2001-11-29; [责任编辑] 李石梦。

[第一作者简介] 胡安兵(1979年-), 男, 现在吉林大学攻读研究生, 主要从事注浆材料、地基处理和钻井冲洗液的研究工作。

进一步增大固结体的强度。

3) 影响浆液胶凝的因素

丙烯酸盐浆液反应时的温度、主剂浓度、引发剂浓度、浆液的PH值等对浆液的胶凝时间均有显著影响。

4) 凝胶体和固砂体的渗透性小,对地基土的防渗透堵漏效果好。根据文献[4]介绍,丙烯酸盐凝胶体渗透系数为 $1.5 \times 10^{-7} \sim 2.0 \times 10^{-10} \text{cm/s}$,固砂体的渗透系数为 $1.5 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ 。

5) 凝胶体的抗压强度不高。锌盐、铝盐和镍盐的凝胶体抗压强度较高,而镁盐和镉盐的凝胶体弹性较大。

6) 凝胶体的抗挤出能力较强,与岩土体的粘性较好。

鉴于纯丙烯酸盐浆液强度较低的弱点,故本文将水泥应用于其中,研究配制水泥—丙烯酸盐复合浆液,以在保留丙烯酸盐浆液原有大部分优点的基础上进一步提高其强度,使其适应范围更大,使用效果更好。

2 水泥—丙烯酸盐复合浆液正交试验及分析

2.1 正交试验

本文用“四因素、三水平”即 $L_9(3^4)$ 的正交试验来试验复合浆液各因素作用的大小及优选配方。复合浆液的组成成分及其作用为:

主剂:丙烯酸盐(30%的丙烯酸镁浆液 45 ml);

引发剂:过硫酸铵(因素 A);

交联剂: N,N'-亚甲基双丙烯酰胺(因素 B);

促进剂:三乙醇胺(因素 C);

添加剂:水泥(因素 D)。

其中的主剂—丙烯酸盐,以 30% 的水溶液加入。它可以是某一种丙烯酸盐或几种丙烯酸盐水溶液的混合物。正交试验结果见表 1。

2.2 正交试验结果分析

1) 水泥为主要影响因素,以后依次为三乙醇胺、过硫酸铵和 N,N'-甲撑双丙烯酰胺;

2) 浆液胶凝时间一般较短,适于用“双液法”灌注,如果用于单液灌注,则优选配方为 $A_1B_1C_1D_1$ 。

表 1 水泥—丙烯酸盐复合浆液正交试验结果

试验序号	因素 A (g)	因素 B (g)	因素 C (g)	因素 D (g)	胶凝时间 (min)
1	0.1	0	0	50	46
2	0.1	0.5	0.5	100	10
3	0.1	1	1	150	1.5
4	0.2	0	0.5	150	3.2
5	0.2	0.5	1	50	8
6	0.2	1	0	100	12
7	0.3	0	1	100	3.5
8	0.3	0.5	0	150	4
9	0.3	1	0.5	50	8.2
K_1 (min)	19.2	17.6	20.7	20.7	
K_2 (min)	7.7	7.3	7.1	8.5	
K_3 (min)	5.2	7.2	4.3	2.9	
R (min)	14	10.4	16.4	17.8	

注: K_1 、 K_2 、 K_3 表示某因子在各水平下的综合平均值; R 表示某因子的极差。

3 水泥—丙烯酸盐复合浆液的性能

3.1 复合浆液的粘度变化对比试验

本文对水泥—丙烯酸盐复合浆液和丙烯酸盐浆液的粘度变化进行了对比实验,见表 2、表 3 和图 1。

表 2 水泥—丙烯酸盐复合浆液粘度变化

时间(分钟)	2	3	4	5	7	10	13	15	17
旋转粘度计读数 ($\phi 300/\phi 600$)	14/27	16/31.5	17/32	15/30	16/31	17/32	18/33.5	26/47	已胶凝
粘度 η (cP)	13	15.5	15	15	15	15	15.5	21	---

注: $\phi 600$ 表示旋转粘度计在 600 r/min 时的读数; $\phi 300$ 表示旋转粘度计在 300 r/min 时的读数; η 表示浆液的粘度, $\eta = (\phi 600 - \phi 300) \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s} = (\phi 600 - \phi 300) \text{cP}$, 其中 cP(厘泊)为粘度单位, $1 \text{cP} = 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

表 3 丙烯酸盐浆液粘度变化

时间(分钟)	0	5	8	11	13	15	22	25	28	33	44
旋转粘度计读数 ($\phi 300/\phi 600$)	2/4	2/4	2.5/4.75	2.5/4.75	2.5/4.75	2.5/4.75	2.5/4.75	2.5/4.75	2.5/4.75	3/5.5	145/290
粘度 η (cP)	2	2	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.5	145

从对比实验可以看出:尽管复合浆液的初配粘度比丙烯酸盐浆液高,但是它仍然保持了丙烯酸盐

浆液在粘度变化方面的优点,即浆液在可泵期内粘度增长不大,而过了可泵期后粘度急剧上升,浆液迅

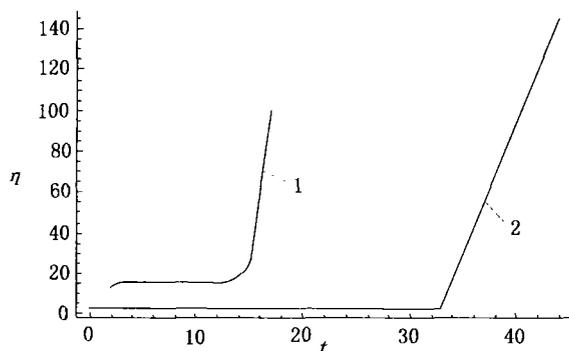


图1 浆液粘度变化对比曲线

1—水泥—丙烯酸盐浆液粘度变化曲线;

2—丙烯酸盐粘度变化曲线

速胶凝。

3.2 复合浆液的强度对比试验

本文在固砂体抗压强度和凝胶体粘结强度两方面对丙烯酸盐浆液和复合浆液的强度进行了对比试验。

试验选择正交表中的2号配方浆液进行固砂体强度测试。试验结果表明,丙烯酸盐浆液在湿空气养护条件下17d的固砂体抗压强度几乎为零,而水泥—丙烯酸盐复合浆液17d的固砂体抗压强度达到0.816 MPa。随养护时间的延长,其抗压强度呈上升趋势。

在凝胶体粘结强度方面,二者的差别也非常悬殊。2号配方丙烯酸盐浆液凝胶体在24h时抗挤出能力达到12大气压,72h达到16大气压;而水泥—丙烯酸盐复合浆液在24h抗挤出能力就大于16大气压(因实验仪器无法提供超过16大气压的压力,故无法测试复合浆液的72h抗挤出能力)。这说

明,复合浆液在粘结强度上有很程度地提高。

4 结论

1)上述试验结果表明,水泥—丙烯酸盐复合浆液在强度上具有明显的优点,使原来的丙烯酸盐浆液在各方面性能上有了重大改变。

2)它不仅保留了原来浆液的大部分优点,而且在固砂体抗压强度和凝胶体粘结强度两方面有重大改善和提高。

3)在注浆过程中,复合浆液中的两种主要组分可以混合注入到较大的裂隙中,而其中的丙烯酸盐成分又可以在一定时期内灌注到较小的裂隙中,因此可以带来良好的综合灌注效果。

4)该浆液可用于大坝、隧道、下水道和地下建筑的防渗堵漏、软弱岩土体和结构物的补强及钻孔护壁工程中。

致谢:在本论文的撰写过程中,得到了导师徐会文教授及长春工程学院王文臣教授、裴向军博士的悉心指教,借此机会深表感激!

[参考文献]

- [1] 刘嘉材. 化学灌浆[M]. 北京:中国水利电力出版社,1984.
- [2] 严瑞暄,鲍其麒,陈振兴,等. 水溶性聚合物[M]. 北京:中国化学工业出版社,1992.
- [3] 杜嘉鸿,张崇瑞,等. 地下建筑注浆工程简明手册[M]. 北京:中国科学出版社,1992.
- [4] 中科院广州化学研究所,等. 化学灌浆技术[M]. 北京:中国水利电力出版社,1994.
- [5] 王文臣. 钻孔冲洗与注浆[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.

EXPERIMENTATION AND RESERRCH ON COMENFACRYLATE COMPOSITE GROUT

HU An - bing¹, LUAN Wen - jun¹, LIU Xue - song²

(1. Construltion Institute, Jilin University, Changchun 130026; 2. Earth Science Institue, Jilin University, Changchun 130026)

Abstract: Cement - acrylate composite grout can be obtained on the basis of acrylate grout. The composite grout not only holds the advantages of good liquidity and flexibility of acrylate grout, but also greatly improves its compression strength and adhesive intension. Therefore synthetic grouting effects can be brought about into practice. This paper gives experimentation and study on viscosity and strength of the composite grout.

Key words: composite grout, orthogonal Test, viscosity, strength