

混凝土膨胀剂(M EA)的试验研究

彭红涛 吴德让
(中国农业大学)

吴钟瑾
(华北水利水电学院北京研究生部)

摘要 该文介绍了一种混凝土膨胀剂M EA。试验结果表明,将占水泥重量8%~12%的混凝土膨胀剂(M EA)掺入水泥中制备成补偿收缩混凝土或砂浆,其膨胀稳定,强度、抗裂和抗渗性能良好,采用XRD测试手段,研究了这种膨胀剂与水泥水化反应过程及其生成物。

关键词 混凝土膨胀剂 补偿收缩混凝土 X射线衍射分析

在农业、工业与民用建筑的混凝土工程中,尤其是屋盖、箱基、水坝和码头等构筑物,对混凝土结构的抗裂及抗渗性能要求较高。而普通混凝土干缩或冷缩时会受到结构中钢筋及邻位的限制,常造成开裂,导致渗漏。解决混凝土开裂的一种较有效、较经济的方法是采用补偿收缩混凝土。补偿收缩混凝土可由膨胀水泥或普通水泥掺膨胀剂的方法配制。由于膨胀剂可根据使用条件,用调节掺量的方法能满足不同程度的补偿收缩或形成自应力的要求,并具有较膨胀水泥更易储运、防潮性好和成本低等优点,在工程实践中显示出越来越好的社会和经济效益,逐渐形成发展膨胀剂代替膨胀水泥的趋势。

目前各国使用的膨胀剂主要是硫铝酸盐类、氧化钙类及复合膨胀剂,其它种类的膨胀剂应用尚少,还有待进一步研究。硫铝酸盐类膨胀剂产生膨胀的原因是由于硫铝酸钙水化物(钙矾石)的生成;氧化钙类膨胀剂是由于生成了氢氧化钙。二者均在反应过程中固相体积增大。M EA膨胀剂属复合膨胀剂,汲取了硫铝酸盐类和氧化钙类膨胀剂的优点,水化时既形成钙矾石又形成氢氧化钙,并因采用了廉价的石灰质原料,而使膨胀剂生产成本降低。

1 M EA 膨胀剂的组成及性能

M EA膨胀剂是由明矾石、石膏和氧化钙等组成。试验用水泥为永登水泥厂生产的祁连山牌525号普通硅酸盐水泥。M EA膨胀剂的性能见表1。

表1 M EA 膨胀剂的性能

掺量/%	抗折强度/MPa	抗折强度/MPa		抗压强度/MPa		自由膨胀率/ 10^{-4}		限制膨胀率/ 10^{-4}		流动度/mm	凝结时间/h min	
		7d	28d	7d	28d	14d	28d	14d	28d		初凝	终凝
普通水泥												
M EA												
100	0	6.35	8.37	34.39	60.55	1.403	-2.960	0.678	-0.132	114	2.30	6.06
92	8	6.88	8.48	40.55	58.30	8.493	3.949	6.444	0.554	119	2.25	6.00
90	10	6.38	8.27	42.00	62.00	10.602	5.925	6.977	2.683	120	2.20	5.33
88	12	5.07	8.18	34.15	59.45	15.426	8.100	8.215	2.857	122	2.16	5.25

由表1知,掺M EA的水泥净浆的凝结时间比未掺的有所缩短,说明M EA有一定的促凝作用。在自由

收稿日期: 1997-09-12

彭红涛, 讲师, 北京市海淀区清华东路17号 中国农业大学(东校区)59信箱, 100083

状态下,当 MEA 的掺量为 8%~10% 时,膨胀试件 7d 的抗压和抗折强度均大于普通水泥胶砂试件强度,说明 MEA 可提高水泥浆体的早期强度;28d 强度基本与普通水泥胶砂试件强度相当。当 MEA 的掺量为 12% 时,由于自由膨胀率较大,试件强度略有降低,但降低不多,符合规范要求。在实际工程中,混凝土一般处于限制条件下,依靠膨胀剂在水化硬化过程中形成的大量体积增大的结晶体(钙矾石和氢氧化钙),增强自密性,并在混凝土内部导入一定的自应力,其实际强度应比普通混凝土有所提高。从表 1 中还可发现,MEA 膨胀试件在水中养护 14d 及 14d 后放入空气中养护至 28d 时的自由和限制膨胀率均未出现负值,即不会由于干缩而受拉开裂;而不掺膨胀剂的试件在水中养护 14d 后,放入空气养护至 28d 时,自由膨胀率出现负值,即在限制条件下,会由于干缩而在试件中产生拉应力。

2 MEA 膨胀剂水化的 X 射线衍射分析

使用仪器为日本理学电机株式会社 D6CX 衍射仪(电压 30kV、电流 20mA)。采用祁山牌 525 号普通水泥,加水 28% 制成 2cm×2cm 基准净浆试件。同样,MEA 的水泥净浆试件以 10% 内掺 MEA 制成。二种试件终凝后 6h 放入 20±3 的水中养护,对其水化 1d、3d、7d、14d 的情况进行 X 射线衍射分析。试验结果见图 1、图 2,试验结果分析见表 2。

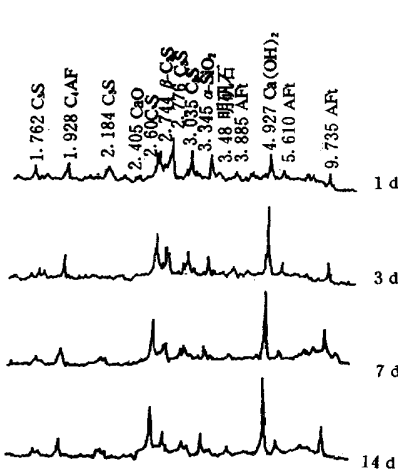


图 1 MEA 膨胀水泥石的 X 射线衍射谱线

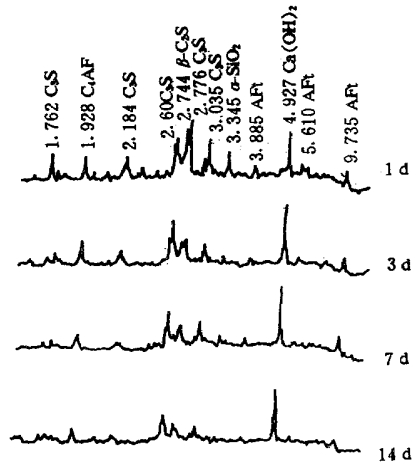


图 2 普通水泥石的 X 射线衍射谱线

表 2 X 射线衍射图谱分析

矿物	MEA 水泥浆体	普通水泥浆体
C ₂ S C ₃ S C ₃ A C ₄ A F	3 天龄期 C ₂ S 和 C ₃ S 的峰值较普通水泥浆体的低	同龄期比 MEA 水泥浆体的峰高
钙矾石	随龄期的增加而增加,3 天龄期后,其峰值明显比普通水泥浆体的高	7 天时明显存在,此后随龄期的增加而逐渐减少
C-S-H	随龄期的增加而增加	随龄期的增加而增加
Ca(OH) ₂	随龄期的增加而增加,其 3 天龄期时的峰值较普通水泥浆体的高	随龄期的增加而增加
单硫型水化硫铝酸钙	各龄期均不明显	各龄期均不明显
CaO	1 天仍可见其峰值,3 天时已不明显	
明矾石	随龄期逐渐减小,至 14 天已消失	
石膏	1 天的峰值已不明显	

3 MEA 的膨胀作用机理

掺MEA 膨胀剂的水泥加水搅拌后, 膨胀剂中所含氧化钙以较快速度水化形成氢氧化钙, 使本身体积增大近一倍; 而膨胀剂所含明矾石和石膏的溶解度较小, 以较慢的速度通过液相形成钙矾石并产生体积膨胀。根据X射线衍射分析, 未水化的氧化钙的强度随龄期的延长逐渐减小, 至3天龄期时已不明显, 至7天龄期时已消耗尽; 钙矾石的峰7天龄期时, 明显比未掺膨胀剂的水泥试件的峰高, 并随龄期的延长逐渐增高, 至14天龄期时, 明矾石和石膏的峰已消失, 钙矾石的形成已趋于稳定。因此, 氧化钙的水化并产生体积膨胀主要是在水泥石有一定塑性的阶段, 可使水泥石产生较大的膨胀量。在水泥水化的中后期, 水泥石的强度逐渐提高, 明矾石和石膏通过液相形成的钙矾石, 堵塞水泥石的孔隙, 使其结构密实从而获得良好的后期强度和抗渗性能。

4 结 论

- 1) MEA 膨胀剂的性能符合JC476-92的技术要求, 并达到一等品的混凝土膨胀剂的限制膨胀率等级。
- 2) MEA 具有促进水泥水化, 早期强度较高的特点, 后期强度稳步发展。
- 3) 实验表明, 随着MEA 掺量的增加, 试件的膨胀率随之增加。因此, 可根据工程要求, 选择不同的掺量, 达到补偿收缩和形成足够自应力的目的。不过, MEA 掺量太多, 对强度不利。综合强度和膨胀两方面因素, MEA 的内掺量以8%~12%为宜。其中内掺8%~10%MEA, 不仅可以获得较满意的膨胀量和自应力, 而且可以获得较高的强度, 其早期强度可超过普通试件。当掺量为12%时, 强度有所下降, 但仍能满足工程要求。
- 4) MEA 虽不改变水泥砂浆或混凝土体系水化产物的种类, 但改变了各水化产物的含量和形态。其中主要是Ca(OH)₂和钙矾石晶体的增加, 并产生一定的体积膨胀, 补偿了水泥水化过程的物理化学收缩, 使其致密化, 能有效地抗裂防渗。
- 5) MEA 主要原料为石灰粉、明矾石和石膏等。资源丰富, 分布区域广, 生产工艺简单, 投资小, 有望获得较好的经济效益。
- 6) MEA 具有良好的物理力学性能, 可广泛用于屋面防水, 地下建筑物, 混凝土构件补强, 机器底座的灌浆等工程。
- 7) X射线衍射分析的结果说明MEA 的水化过程与其配方设计时考虑的水化模式是基本相符的。

参 考 文 献

- 1 吴中伟, 张鸿直著. 膨胀混凝土. 北京: 中国铁道出版社, 1990 36~ 38
- 2 游宝坤. 略谈刚性防水技术. 中国建筑防水材料, 1993(1): 33~ 37
- 3 Cedric Willson. Symposium on Expansive Cement. American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 1980 2~ 4
- 4 Lea F.M. The Chemistry of Cement and Concrete. Third Edition. Glasgow. Edward Arnold Limited, 1970 145, 222, 348
- 5 Taylor H.F.W. Cement Chemistry. London: Academic Press Limited, 1990 177~ 180