

混凝土化学外加剂译文集

(第二辑)

中国建筑工业出版社

混凝土化学外加剂译文集

(第二辑)

中国建筑工业出版社

本书汇编了1976年至1982年的26篇译文。对各种减水剂在现浇混凝土施工和预制混凝土构件生产中，外加剂的各种实际用法、效果、特点，出现各种现象的机理及解决方法等作了介绍。为了配合国内制订外加剂质量标准工作，还介绍了日本和美国的部分外加剂现行标准，以供读者参考。

本书由中国建筑技术发展中心唐必豪工程师主编，可供从事混凝土施工、研究、教学的工程技术人员参考。

混凝土化学外加剂译文集

(第二辑)

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：11½ 字数：256千字

1985年1月第一版 1985年1月第一次印刷

印数：1—5,300册 定价：1.65元

统一书号：15040·4696

出版者的话

实践证明,混凝土中掺入适当的外加剂能收到提高强度、改善性能以及节约水泥用量等多方面的效益。目前世界各国对混凝土外加剂的研究和应用,已越来越广,不少国家生产的混凝土几乎全部掺用外加剂。据不完全统计,目前世界上的外加剂数量,至少有300~400种。英国仅1980年就生产了九大类129种产品;1981年日本混凝土协会生产的减水剂就有90多个品种。可见外加剂的应用相当广泛。1980年9月ISO TC71/SC3国际会议上,24个国家拟了一个国际标准,对外加剂的定义、分类、性质作出了规定。目前美国、日本、联邦德国等国也已把混凝土外加剂订入各自的国家标准中。

我国早在50年代即开始研究、使用外加剂。在佛子岭水库、长江大桥等重大工程中,使用松香热聚物、松香皂等加气剂、亚硫酸酒精废液塑化剂等均取得了良好的效果。七十年代以来,随着混凝土新工艺和高层建筑的需要,又推动了混凝土外加剂的发展,目前外加剂的品种估计可达50余种,并在建筑、铁道、交通、港口、水工工程等方面得到了应用。但是,尽管外加剂研制的品种和数量有了较快的发展,而应用技术却跟不上发展的需要。据估计,我国使用外加剂的混凝土,目前还不到混凝土总量的10%。而且尚没有系列产品及国家或部级的外加剂技术标准、检验方法和施工规程等。因此,加强外加剂的质量管理、降低成本、加强应用技术及开发研究工作是我国当前推广这一新技术的主要任务。

目 录

1. 流化剂和流化混凝土	1
2. 流化混凝土施工性的现场试验	24
3. 超塑混凝土	41
4. 对大流动度混凝土延迟掺加高效能减水剂的研究	57
5. 外加剂在泵送混凝土中的应用	77
6. 超塑化剂c-3 在钢筋混凝土厂中的应用	91
7. 高效能减水剂的应用	96
8. 掺高效能减水剂的混凝土的坍落度损失	111
9. 掺高效能减水剂的低水灰比砂浆及水泥净浆 的稠度	126
10. 高效能减水剂在住宅建筑中的应用	140
11. 有机外加剂与水泥水化物的反应机理	150
12. 硅酸三钙在木质素磺酸盐、葡萄糖和葡萄糖 酸钠存在时的水化作用	162
13. 脱醚木质素磺酸盐对水泥水化的影响	172
14. 硬化混凝土中外加剂类型与数量的分析	183
15. 掺减水剂时白水泥的凝结问题	193
16. 超塑化剂对水泥浆和水泥石性能的影响	201
17. 特殊减水剂的性质和混凝土高强的机理	208
18. 外加剂在混凝土基础中的应用	229
19. 掺外加剂的“K”型补偿收缩水泥混凝土的 坍落度损失	243

20. 掺化学外加剂的混凝土坍落度损失理论·····	251
21. 苏联在混凝土和砂浆中应用化学外加剂的经验·····	265
22. 混凝土用表面活性剂应用指南草案 (日本建筑学会)·····	270
23. 掺膨胀剂混凝土配合比设计及施工指南草案 (日本建筑学会)·····	286
24. 混凝土化学外加剂标准规程 (美国ANSI/ASTMC ₄₉₄₋₈₀) ·····	312
25. 混凝土化学外加剂 [日本工业标准(草案)JIS A0000-0000] ·····	332
26. 钢筋混凝土用防锈剂(日本工业标准草案) ·····	349

1. 流化剂和流化混凝土

〔日本〕 友泽史纪 福士 勋

为了减轻混凝土结构的裂缝和提高耐久性，基本作法是密实地浇注单位用水量少的干硬性混凝土。但是，近年来由于普及泵送混凝土施工方法和骨料质量降低，使混凝土只能往富配合和流动化这方面发展。这就直接或间接地助长裂缝产生。而且日本的建筑结构截面尺寸一般较小，配筋量又多，把塌落度小的混凝土填充到模型的边角就很困难。

为此，要求建筑工程用的混凝土既要具有干硬性混凝土的性质，又要便于施工。流化混凝土从3~4年前就作为符合这种要求的事物而受到注意，并且进行了开发性研究。现在，这种混凝土已在150多项工程中实际应用了。

流化混凝土是1971年左右，联邦德国为了改善干硬性混凝土的施工性所设想出来的。1974年联邦德国钢筋混凝土协会所设置的委员会制定了流化混凝土生产和施工方面的指南。美国也由水泥混凝土协会和水泥外加剂协会共同汇编了关于流化混凝土的报告书。

但是，日本对流化混凝土或者用于混凝土的外加剂都还没有作出已被认可的规定。日本建筑学会在材料施工委员会第一分会设置了研究小组委员会，正在进行这方面的研究。

本文参考其它有关研究结果和作者的试验结果，叙述流化剂和流化混凝土的一般事项。

一、流化剂和流化混凝土

1. 流化剂

生产流化混凝土用的外加剂其正式名称尚未确定，在此姑且定为流化剂。

英国水泥混凝土协会的报告，根据其化学成分把流化剂分为以下四类。A. 三聚氰胺磷酸盐缩合物，B. 萘磺酸盐缩合物，C. 改性木质磺酸盐，D. 其它。

日本现在销售的流化剂有表1所列的各种牌号，但其主要成分大体上是上述四类中的A和B类。

这些流化剂是所谓的高效能减水剂，具有高分散性，而且掺量多也不会使混凝土缓凝、硬化不良或引气量大。这种外加剂，在日本以生产高强混凝土桩为开端已实际应用到混凝土制品生产部门。在生产抗压强度为800公斤/厘米²以上的高强度混凝土方面已用起来了。所以，流化剂决不是新东西，而是具有10年以上历史的产品。日本利用这种高效能减水剂的减水效果来生产高强混凝土。与此相比，流化剂则不是利用其减水效果，而是着眼于增大混凝土的流动性。

但是，也不是说流化剂和高强混凝土用的高效能减水剂完全不同，只是说为了使混凝土含气量稳定必须使流化剂具有适当的引气性和其它必要的特性。

虽然现在所用的流化剂符合日本工业标准 JASS5T-401（混凝土表面活性剂的质量标准）中对减水剂的要求，或者对引气减水剂的要求，但是，它和过去的产品在减水性和使用方法上都相当不同，所以不能同样看待。需要考虑与流化剂的用途和效果相适应的独立的性能标准。

2. 流化混凝土的范围

按照联邦德国的指南，所谓流化混凝土就是把稠度为K，

市场销售的流化剂

表 1

商品名	主要成分	作用·效果	使用量①	生产(销售)公司
玛依涕FD	萘磺酸盐甲醛缩合物	流化, 减少稠度降低率, 恢复和易性	0.07%	花王石碱公司
桑弗洛FB	萘磺酸和木质磺酸的共聚物	流化, 减少稠度降低率, 恢复和易性	0.05%	山阳国策纸浆(桑弗洛)公司
海弗鲁	烷基萘磺酸盐高缩合物	流化, 减少稠度降低率, 恢复和易性	0.06%	竹本油脂公司
海弗鲁R	烷基萘磺酸盐高缩合物	流化, 减少稠度降低率, 恢复和易性, 缓凝	0.06%	竹本油脂公司
NP-10	烷基萘磺酸盐类复合物	流化, 减少稠度降低率, 恢复和易性	0.06%	日曹主要建筑公司(普油里物产公司)
NP-20	三聚氰胺磺酸盐类复合物	流化, 减少稠度降低率, 恢复和易性	0.12%	日曹主要建筑公司(普油里物产公司)
FC-1075	萘磺酸和氧化羧酸的共聚物	流化, 减少稠度降低率, 恢复和易性	0.06%	藤泽药品工业公司

① 与水泥重量相比的标准用量(把混凝土塌落度增大1厘米所需流化剂量)。

(流动度为40厘米以下)和 K_3 (流动度为41~50厘米)之间的混凝土混合物(塌落度约为5~10厘米)的较干硬的混凝土用搅拌车运送到施工现场, 浇注以前掺入流化剂再搅拌1~5

分钟所得到的流动度为50~60厘米（塌落度约为21厘米）的混凝土。这种混凝土具有粘性，容易流动，而且抵抗骨料分离的能力也很好。

在英国水泥混凝土协会的报告中，所谓流化混凝土就是用流化剂改善混凝土施工性以后所得到的混凝土。由于这种混凝土塌落度在20厘米以上，捣实系数（按英国规范）约为9.8，流动度为51~62厘米，所以没有明显的泌水和分层现象。而且没有异常的缓凝和引气状况。

形容这种混凝土的词是自密实混凝土，流化混凝土，羹状混凝土，呈液态有崩塌状塌落度的混凝土等等有趣的单词。

图1-1就是按照联邦德国规范（DIN1048）测出的流动性和塌落度的关系，以及流化混凝土的范围。

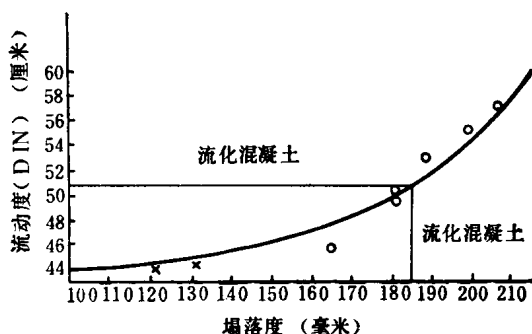


图 1-1 塌落度和流动度 (DIN) 的关系

与国外相比，从日本现有的施工实例来看，原来的混凝土（即流化前的基准混凝土）的塌落度是8~15厘米，而流化混凝土的塌落度是18~21厘米。而且最多的例子是把塌落度为12厘米的混凝土作成塌落度为21厘米的流化混凝土。这比

英国和联邦德国的流化程度稍小一些。

3. 使用流化混凝土的目的

据说联邦德国开发流化混凝土的目的是为了改善混凝土的施工性。日本过去已在建筑工程中把塌落度为21厘米的塑性混凝土用起来了。所以日本研究高效能减水剂不是为了改善施工性能，而是想要得到近似干硬性混凝土的性能。改善混凝土质量的意识很强，或者说是为了高强度。以及对于流动度相当大的混凝土达到减少单位水泥用量的目的。现在使用流化混凝土改善混凝土性能包括以下几个方面。

- 减小干燥收缩、防止裂纹
- 减少泌水率和沉降分离
- 减少单位水泥用量
- 减少单位用水量
- 生产出耐久性好的混凝土

二、流化效果

流化剂能使混凝土的流动性显著增大，是由于作流化剂用的高效能减水剂通过对水泥粒子的高分散性把水泥浆的流动性显著提高了。特别是在水泥浆预拌之后再掺入这种减水剂，其效果更大。

已大量研究影响流化剂流化效果的各种主要因素。根据这些研究结果来看，流化效果受掺入时间、掺加量、掺后混凝土的搅拌时间和混凝土温度等因素的影响。而且这些重要的因素对塌落度损失及没硬化的混凝土的性质的影响也很大。

图1-2表示关于流化剂掺量和流化效果的实验结果。使用流化剂时，用同一掺量，同样配合比的各种材料来进行对比。当采用后掺法时，所得的流化效果比过去的掺入方法所

得效果大得多。而且，可以通过增加流化剂掺量来选用小塌落度的基准混凝土，从而得到单位水用量少的混凝土。

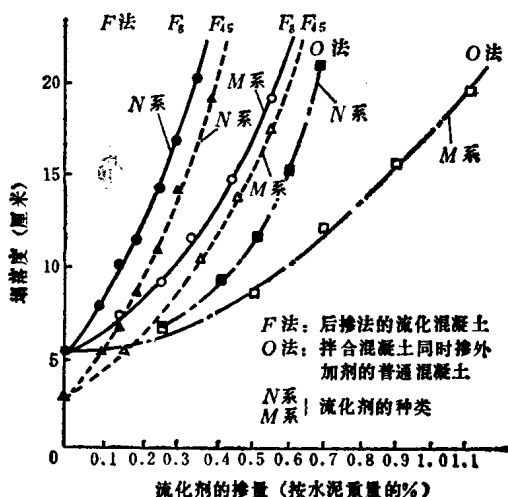


图 1-2 流化剂掺量，掺法和流化效果

但是必须注意，当掺入量增大到超过必要的数量以后，水泥浆的流动性太大。这就只能使混凝土在塌落度试验中流动度增大，而骨料和水泥浆的分离现象却变得很显著。（图 1-3）

流化效果也受到掺流化剂后混凝土搅拌程度的影响。用汽车搅拌机时，如果高速旋转搅拌少于 1 分钟，中速搅拌少于 2 分钟，混凝土都不能表现出充分的流化效果。（表 2）

此外，也看到了由于流化剂种类不同、混凝土配合比不一样，流化效果也不相同的报告。虽然人们还考虑过流化效果受到混凝土温度的极大影响，但在这个方面还没有作充分的研究。

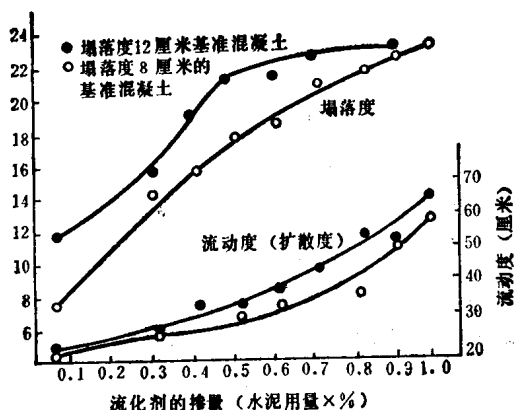


图 1-3 流化剂掺量和混凝土的坍落度、流动度

流化混凝土的搅拌实验

表 2

搅拌车号	根据搅拌筒缺口 计算出的 搅 拌 速 度	搅拌时间 (秒)	基准混凝土 的坍落度 (厘米)	流化混凝土的坍落度 (厘米)		
				前	中	后
1	中速(7转/分)①	90	11.0	17.0	16.8	15.8
2	中速(11转/分)	120	11.6	18.5	18.7	18.4
3	高速(12转/分)	45	9.6	15.5	17.8	17.0
4	高速(15转/分)	60	11.3	17.8	18.3	18.3

① 括号内的数字为滚筒的转数。

三、流化混凝土的配合比

流化混凝土必须是即便坍落度增大了也能充分防止骨料的分离。所以在确定混凝土的配合比时，不仅要考虑掺流化剂以前的基准混凝土，而且必须考虑混凝土流化后所需的坍落度来决定各种材料的单方用量。

和同一塌落度的普通混凝土相比，流化混凝土的特征是水泥浆的数量少，而且在水灰比相同时，水泥浆的流动性明显增大。所以，要得到流动性适宜的混凝土，与作为基准的一般的干硬性混凝土相比所需的细骨料多一些。作为基准混凝土来说，如果原封不动地使用一般干硬性混凝土的配合比，就显得细骨料不足，会形成分离状的混凝土混合物。

因此，在英国水泥混凝土协会的报告书中，对混凝土配合比列举了以下几点注意事项。

(1) 塌落度为7.5厘米的基准混凝土，其配合比中，砂率应比平常增大4~5%，而且不要使用间断级配的粗骨料。

(2) 粗骨料最大粒径为40毫米时，水泥和细骨料混合物内通过0.3毫米的微粒量不能少于400公斤/米³。粗骨料最大粒径为20毫米时，这种微粒量需要450公斤/米³。

(3) 单位水泥用量在270公斤/米³以上时，骨料总量中通过孔径为1.2毫米筛的筛余应是24~35%。而单位水泥用量在270公斤/米³以下时，这种筛余量必须大于35%。

(4) 砂中微粒成分少时，用一部分火山灰、石粉来替换砂，也可以得到良好的流动性。

表3表示流化混凝土和普通混凝土配合比的对比实例。

日本设计基准混凝土时，也基本上是采用第一部分里所讲的方法。而且按这种设计配合比作的基准混凝土在流化之后不会因塌落度大而出现分离现象，并具有适当的砂率。为此，基准混凝土的单位用水量应对照砂率的增大来作出必要的修正。实际上，其单位用水量比常用于硬性混凝土的单位用水量多一些。

但是，流化混凝土的单位用水量比掺AE剂或AE减水剂

的普通塑性混凝土的单位用水量少 8~12%。

改变了微粒掺量的流化混凝土的配合比
和混凝土的性质

表 3

		普通混凝土	流 化 混 凝 土		
配 合 比	水泥(普通硅酸盐水泥)	3.00公斤	3.00公斤	3.00公斤	3.00公斤
	细骨料(3区①)	6.53	6.53	7.00	7.43
	粗骨料(10~5毫米砾石)	12.10	12.10	11.63	11.20
	水	1.80	1.73	1.73	1.73
	减水剂(B型②)	0	标准量	标准量	标准量
	骨料和水泥的比	6.2:1	6.2:1	6.2:1	6.2:1
	微粒成分和水泥的比	35:65	35:65	37.5:62.5	40:60
混 凝 土 的 性 质	流动度(扩散度)厘米	—	60	60	60
	塌落度 厘米	5	—	—	—
	外 观	正常	明显分离	分离	有粘性
	容 重	2.460	2.480	2.480	2.465
	立方体强度 7天	30.5	28.5	26.5	27.5
	(牛顿/毫米 ²) 28天	48.5	47.5	39.0	49.5

① 在英国规范BS882, 1201里是第1~第4之间的粒度范围。

② B型是萘磺酸盐缩合物。

图1-4是把几个试验和施工实例中流化混凝土的单位用水量与掺AE减水剂的混凝土单位用水量进行对比所绘出的图。

四、流化混凝土的性质

从前面所说的试验结果和研究结果归纳出流化混凝土的主要性质如下。

1. 未硬化混凝土的性质

(1) 塌落度损失

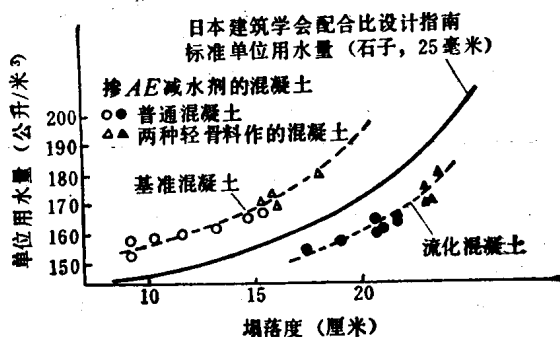


图 1-4 流化混凝土的单位用水量

以干硬性混凝土为基准的流化混凝土，随着时间增长，塌落度损失大于普通塑性混凝土的塌落度损失。其原因被看成是混凝土的单位用水量本来就少，以及流化剂分散水泥的分散效果随着时间的增长而降低。

关于流化混凝土塌落度损失的试验实例如图1-5所示。

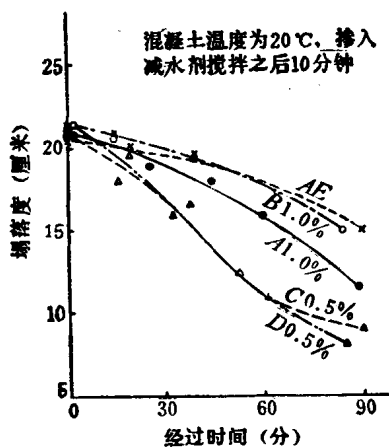


图 1-5 塌落度损失 (改变流化剂种类时)

对塌落度损失，其它研究报告也指出了同样的结果。特别是在基准混凝土塌落度小，流化剂掺量多或者温度增高的时候，塌落度损失也增大（图1-6）。

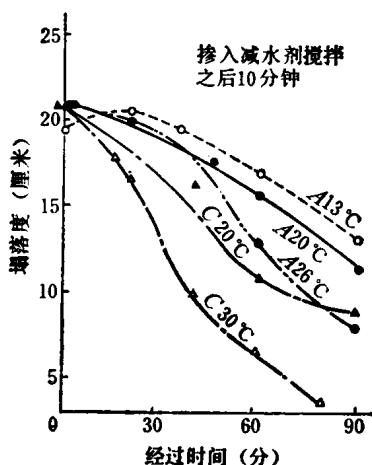


图 1-6 塌落度损失（改变温度时）

而且，一般是使混凝土流化的时间越晚，即掺流化剂的时间越晚，混凝土塌落度损失的趋势越快（图1-7）。

根据这种情况，特别是在夏季进行混凝土施工时，要考虑掺入流化剂后就考虑直接泵送施工的计划。

（2）泌水量

一般，流化混凝土和基准混凝土的泌水量相同，但比普通混凝土的泌水量小得多。流化混凝土和同样塌落度的素混凝土相比，前者的泌水量仅为后者泌水量的30%，而和同样塌落度的引气混凝土相比，泌水量也减少30~50%。