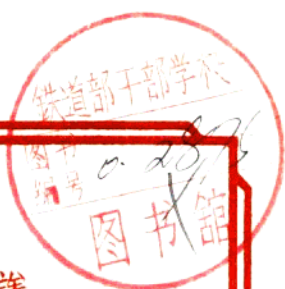


126446

07.108
RTC
73



一九五六年全國鐵道科學工作會議
論文報告叢刊
(9)

鐵路建築中混凝土摻用 附加劑問題



人民鐵道出版社





一九五六年全國鐵道科學工作會議論文報告叢刊
(9)

鐵路建築中混凝土摻用附加劑問題

一九五六年全國鐵道科學工作會議論文編審委員會編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

(北京市建國門外七寶廟)

1957年6月第1版第1次印刷

平裝印1——1,500冊

書號766 開本787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張1 $\frac{1}{2}$ 字數30千 定價(9)0.1

統一書號: 15043·319

前 言

1956年全国铁道科学工作会议征集了技术报告、总结、论文三百余篇。它的内容,包括铁路业务的各个方面,基本上显示着全体铁路技术人员和有关高等学校教师几年来在科学技术方面辛勤劳动的成果。对现场实际工作有参考价值,对铁路新技术的采用和发展方向,有启示作用。为此,刊印丛刊,广泛流传,保存这一阶段内的科技文献,以推动科学研究的进一步开展。

会议以后,我们对全部文件进行一次整编工作,然后组织部内设计总局、工程总局、工厂管理局、人民铁道出版社、车务、商务、机务、车辆、工务、电务各局、铁道科学研究院、北京、唐山铁道学院、同济大学、大桥、定型、电务等设计事务所的有关专业同志对每篇内容仔细斟酌,选择其中对目前铁路业务有广泛交流意义,或是介绍铁路新技术方向、和系统的经验总结,将性质相近的文件合订一册,单独发行。为了避免浪费,凡是其他刊物或是以其他方式刊印过的文件,除特殊必要外,一般都不再刊载。出版顺序根据编辑和定稿的先后,排定丛刊号码,交付印刷,并无主次之分。

苏联铁道科学代表团在会议期间曾经做过九次学术报告,我们已将文字整理,编入了丛刊。

文件中的论点,只代表作者意见,引用或采用时,还应由采用人根据具体情况选择判断。

丛刊方式还是一种尝试,我们缺少经验,希望读者提供意见,逐步的改进。

铁道部技术局

目 录

1. 铁路桥隧工程使用塑化剂加气剂和黄土以节约水泥的研究
..... 姚明初、郭成举、洪燦然、石人俊
2. 亞硫酸盐革浆废液浓缩物作为混凝土和砂浆塑化剂的试验和研究
..... 郭成举、姚明初、洪燦然、石人俊

鐵路橋隧工程使用塑化劑加氣劑 和黃土以節約水泥的研究

姚明初 郭成舉 洪燦然 石人俊

一、引言	2
二、使用塑化劑以節約水泥	3
三、使用加氣劑以節約水泥	4
四、塑化劑和加氣劑的聯合使用以節約水泥	7
五、使用黃土以節約水泥	8
六、塑化劑，加氣劑和黃土的使用範圍	10
七、總結	11
八、參考文獻	12

一 引 言

在鐵路基本建設工程中需要使用大量水泥，每修建一公里鐵路就要使用幾百噸的水泥，大約佔材料費用的25%，個別工程要達到40%到60%左右。因此，節約水泥一向是我們降低工程造價的主要方法，特別是在目前水泥供應量不足的情況下，節約水泥更有特殊的意義。

目前在鐵路橋隧混凝土工程中一般地存在着混凝土實際強度超過設計標號的現象。根據新建鐵路工程總局55年上半年對第六工程局的統計，混凝土試件強度超過設計標號一倍以上的佔全部試件數37%之多，造成了很大的浪費。所以造成這個現象的原因雖然很多，但是水泥標號和混凝土標號的不能相互配合不能不認為是其中一個極主要的原因。為了經濟合理地使用水泥，水泥標號和混凝土標號應當有一個適當的比例，根據蘇聯『關於混凝土中摻加磨細的礦物質混合材料的規定』（И—88—53）的建議，水泥標號和混凝土標號應該符合表1的規定，如果水泥標號超過表1的規定時可設法在水泥內摻入適當的磨碎礦物質混合材料以節約水泥。鐵路工程所用混凝土其標號極大部份是屬於110，140，170等級低標號的混凝土，而所用水泥則常是400號或500號較高標號的水泥。我們知道鐵路工程為了保證混凝土具有一定的耐久性，對混凝土的最大水灰比和最小水泥用量有一定的規定。這樣在以高標號水泥拌制低標號混凝土時常因最大水灰比和最小水泥用量的限制，使混

土的实际强度超过設計标号很多，造成混凝土的超标号现象。为了說明这个问题，我們來举一个实际的例子。

有一个桥墩其墩身部份混凝土的标号为140，採用人工捣固，使用的水泥是400号矽酸塩水泥。按照桥涵工程混凝土耐久性控制限值的規定，如在非严寒地区，最大水灰比为0.65，最小水泥用量为每立方公尺 270 公斤。根据試驗結果，如水灰比採用 0.65，水泥用量每立方公尺 274 公斤。混凝土的实际强度为 220 公斤/平方公分，超过要求强度达 57% 之多。

为了减少混凝土的超强度，我們可以提高水灰比並相应地减少水泥用量，但这样就不能符合耐久性控制限值的規定，对混凝土的耐久性有一定影响。为了解决这个问题，我們曾經進行了以塑化剂、加气剂和黃土作为塑性附加剂和混合材料以節約水泥的研究。根据研究試驗的結果，說明使用这些塑性附加剂和混合材料可作为一种有效的節約水泥的措施。特别是塑化剂和加气剂，使用方法簡單，效果可靠，更值得我們大力推廣使用。

混凝土标号和水泥活性的应有关系

表 1

混凝土标号	50—70	90—110	140	170	200	250	300	400
最小水泥活性	150	200	250	300	350	400	450	550
最大水泥活性	200	300	350	400	500	550	600	650

二 使用塑化剂以節約水泥

(1) 塑化剂的基本概念

塑化剂是一种親水性表面活性物質，它能改善水泥拌制品的一系列性質，首先是它的塑性。苏联最常用的塑化剂是採用亞硫酸塩紙漿廢液經醱酵制成酒精后所残余的廢液濃縮制成，称为 CCB。因为我國尚未建立这样的工業，所以目前还不能大量得到供应。为了解决塑化剂的供应問題，铁道科学研究院曾經進行了以草漿廢液为原料進行加工处理以制成塑化剂的研究試驗。根据試驗結果証明以亞硫酸塩草漿廢液用石灰沉淀和塩酸中和的方法可以获得一种有效的塑化剂，称为『鉄研-1』塑化剂。此外营口造紙厂的亞硫酸塩草漿廢液濃縮物也是一种有效的塑化剂。（詳見铁道科学研究院：『亞硫酸塩草漿廢液濃縮物作为混凝土和砂漿塑化剂的試驗研究报告』）

混凝土使用塑化剂后可以增加混凝土拌合物的流动度因此就可以：

(甲) 在保持水灰比和混凝土拌合物流动度不变的情形下减少水泥用量 平均达 6—10%；

(乙) 在保持水泥用量不变而降低水灰比的情形下改善混凝土的技術性能，提高强度、抗冻性、抗滲性、抗蚀性、並因而提高混凝土的耐久性。

使用塑化剂后混凝土的施工和易性大为改善，而其分层离析现象亦見减小。由於塑化剂的混凝土水泥用量减少，而且水泥的水解和水化过程被阻滯，水化热的發生亦是迟緩，对大体積混凝土的灌注是一个很有利的因素。

塑化剂既然能够增加混凝土拌合物的流动度又能改善混凝土的一系列技術性能，因此

使用塑化剂以節約水泥是一个很合理的措施。

(2) 使用塑化剂以節約水泥的討論

混凝土或砂漿使用塑化剂后在保持水灰比和流动度不变的情形下可以减少水泥用量。从这一点就足够說明使用塑化剂对節約水泥的巨大意义。根据試驗結果在保持水灰比和流动度不变的情况下使用羣漿廢液濃縮物塑化剂約可節約水泥 8—10%，使用羣漿廢液沉淀制剂約可節約水泥 6—8%。

混凝土使用塑化剂后其水泥用量可能低於混凝土耐久性控制限值中最小水泥用量的規定，这样是否許可呢？要解决这个问题就必须研究一下混凝土耐久性控制限值的作用問題。我們知道混凝土耐久性和水灰比有密切关系，而水泥用量則保證了混凝土具有一定数量的水泥漿以保證混凝土具有相当的和易性，密实性和鋼筋保护作用。混凝土內掺用塑化剂后改善了混凝土的和易性，提高了混凝土的耐久性並改善了水泥漿的質量。根据这样一个情况在掺用塑化剂的混凝土中將最小水泥用量限值酌量降低應該是合理的。國家建設委员会在『关于在基本建設工程中節約水泥的几項措施』中曾經提出掺用塑化剂的混凝土在受冻部份最小水泥用量可降低 10%。不受冻部份可降低 15%。这样一个規定基本上是合理的，不过具体数字还应该進一步研究試驗来加以确定。

在这里我們还需要說明一个问题。就是当我们說容許將耐久性控制限值中最小水泥用量降低 10% 或 15% 时並不意味着混凝土使用塑化剂后就一定可以節約这样数量的水泥。当混凝土的强度或和易性不能满足要求时这样一个数字是不一定能达到的。只有当混凝土在按原規定的耐久性控制限值配合时流动度很大超过实际需要，强度也超过設計标号之上的情况才有可能使水泥的節約数字达到 10% 或 15%。譬如有一个隧道边牆不受冻部份的混凝土，設計标号为 140，要求陷度为 2~3 公分，耐久性控制限值最大水灰比为 0.70，最小水泥用量为 250 公斤/立方公尺。如果按耐久性控制限值配制的結果混凝土强度为 190 公斤/平方公分，陷度为 8 公分。强度和陷度都远超过原来的要求。在这样一个情况可考慮使用塑化剂。設使用塑化剂后将水泥用量改为 212 公斤/立方公尺，即降低 15%，水灰比仍保持 0.70。混凝土强度为 176 公斤/平方公分，陷度为 2 公分，則已能符合於設計和施工的要求。这样使用塑化剂后可达到節約水泥 15% 的目的。

塑化剂对砂漿的塑化效应和技术性能方面也有很大的改善，因此砂漿內使用塑化剂后同样地可將水泥用量加以减少，只要水灰比和强度方面能符合原有要求就可以了。铁路工程所用砂漿一般是按体积配合比來規定的。在重要工程部份採用 1 : 3，而在次要工程部份則採用 1 : 4，根据我們試驗的結果如保持水灰比大致不变，則使用塑化剂后，1 : 3 的砂漿可改为 1 : 3.5，1 : 4 的砂漿則可改为 1 : 4.5。这样約可節約水泥 8—9%。

使用塑化剂以節約水泥在实际应用方面非常簡單，铁道科学研究院曾經編拟了『混凝土掺用『鉄研-1』亞硫酸鹽羣漿廢液制塑化剂暫行規定（草案）』和『關於在铁路工程混凝土和砂漿中使用塑化剂或加气剂的暫行指示（草案）』，可資参考。國家建委在『關於在基本建設工程中節約水泥的几項措施』中也有詳細指示。这里不再詳述。

三、使用加气剂以節約水泥

(1) 加气剂的概念

加气剂是一种疏水性表面活性物質，掺入混凝土中能降低水的表面張力，因此在混

凝土拌合時引入大量的微小氣泡（直徑由0.025公厘至0.25公厘，平均約為0.05公厘）均勻分佈在水泥漿中從而改善了混凝土的和易性，抗凍性和抗滲性。蘇聯最常用的加氣劑有『ЦНИПС-1』、『БС』、松脂皂等。『ЦНИПС-1』系木瀝青脂肪酸經苛性鈉中和（皂化）制成。『БС』系含脂肪酸的動物性或植物性原料經用苛性鈉中和（皂化）並以粉狀物質吸收制成。松脂皂是松脂的皂化物。此外建築材料工業部研究所曾經試制『松香熱聚物』加氣劑一種已經在若干工地推廣使用。在這幾種加氣劑中根據我國的具體條件以及在混凝土中的使用效果來看以使用『松脂皂』和『松香熱聚物』為較適宜。

混凝土內使用加氣劑後在混凝土內產生了許多微細氣泡，其數量每立方公尺可達到400至600億個。這些氣泡是均勻分佈，不相連續的，可以大大地改善混凝土的和易性，由於這些氣泡非常微小，並且互不連通，呈密閉狀態，又因為加氣劑是一種疏水性表面活化物質，所以雖然整個混凝土的空隙增多了，而外界水份反而不易侵入，因此就提高了混凝土的抗滲性和抗蝕性。在受冰凍影響時因為混凝土內含有大量空氣細泡，對冰凍所產生的膨脹作用也可得到緩和。加氣劑的唯一缺點是它對強度有一定影響。一般每增加空氣含量1%，抗壓強度約將減低3—5%。但是應當指出就目前鐵路工程實際情況而論，混凝土超標現象十分普遍，因此使用加氣劑仍不失為一個良好的節約水泥的措施。

（2）混凝土使用加氣劑以降低水泥用量的試驗

在以高標號水泥拌制低標號混凝土時由於耐久性的要求，我們不能將水泥用量過於降低，但是如果在混凝土內摻入適量的加氣劑則因水泥漿體積的增大，我們就有可能將水泥用量降低到一般限值以下，而仍能保持混凝土原有的耐久性標準。為了證明這一點，我們曾進行了一些試驗。使用的加氣劑是由松香和氫氧化鈉化合而成的松脂鈉。製造時，首先配製比重為1.16的氫氧化鈉溶液，（1公斤溶液中含有氫氧化鈉166克）加熱至沸點然後將松香（敲碎使通過5公厘孔徑的篩子）與氫氧化鈉溶液密切攪拌混合使松香全部溶化。松香與氫氧化鈉溶液的比為1：1（其中松香以公斤計，氫氧化鈉溶液以公升計）。這樣配合的溶液即為松脂鈉加氣劑溶液（濃度約為54%），可以加水稀釋至任何需要的濃度。所有混凝土試驗結果如表2。

摻加氣劑混凝土對強度和抗凍性影響的比較

表2

試驗 號	混 凝 土	配 合 比	水 灰 比	水 泥 量 (公 斤/立 方公 尺)	加 氣 分 劑 率	空 氣 百 分 含 率	陷 度 (公 分)	28 天 強 度 (公 斤/平 方公 分)	抗 凍 性				附 註
									重 量 損 失 (%)		強 度 損 失 (%)		
									25次	50次	25次	50次	
A—1	1:2.51:4.9	0.65	263	0	1.1	4	178	0.14	4.5	16.9	69.5		
A—2	1:2.78:5.41	0.65	234	0.01%	5.6	3	137	0	0.08	0	5.9		

從表2中可以看到試驗A—1的水泥用量為263公斤/立方公尺，凍融50次的強度損失達到69.5%，而試驗A—2的水泥用量僅為234公斤/立方公尺，而凍融50次的強度損失僅為5.9%，這就說明混凝土使用加氣劑後在保持同一耐久性標準時可將水泥用量降低很多，因此混凝土使用加氣劑以降低水泥用量是完全合理的。

（3）混凝土使用加氣劑以節約水泥的討論

从上面的試驗中可以看到混凝土使用加气剂后可將最小水泥用量的限值予以降低，但是究竟可以降低多少呢？这是一个值得討論的問題。

首先我們來研究一下，混凝土最小水泥用量究竟起什么作用。混凝土最小水泥用量的規定在於保證每單位体積混凝土內具有一定体積的水泥漿，以保證混凝土具有一定的密实性，和易性和鋼筋保护作用。使用加气剂后，由於水泥漿中空气細泡的存在增加了水泥漿的体積，因此在保證同样的水泥漿外观体積的情況下可以相应地減少水泥用量而保證混凝土具有同样或者更好的密实性，和易性和鋼筋保护作用。从这样一个論点出發，我們認為水泥用量的降低可以和混凝土內空气含量的增加成一定比例，这个比例可以由空气所佔体積和水泥漿所佔体積來決定。在一立方公尺混凝土內，如空气含量为 1%，則空气所佔体積为 10 公升，混凝土內使用加气剂后，我們可以設想增加的空气其所佔体積代替了同体積的水泥漿。这样在一立方公尺混凝土內每增加 1% 的空气，即相當於 10 公升的水泥漿，（約需 10 公斤的水泥）。为安全起見，我們可以假定每增加 1% 的空气含量可減少 8 公斤的水泥，这样如果我們在混凝土內增加 5% 的空气含量即可將每立方公尺的水泥用量降低 40 公斤。國家建委在『關於在基本建設中節約水泥的几項措施』中指出使用加气剂后可將耐久性控制限值中所規定的最小水泥用量降低 15%。这一个数字基本上是符合於上面的理論的。

混凝土內使用加气剂，並相应地降低水泥用量后，对混凝土的抗冻性，抗滲性和抗蝕性都不会降低，一般地还可有所提高，这是使用加气剂的一个重要优点。混凝土使用加气剂后，对强度將有所減低，每空气含量增加 1% 强度約將減低 3~5%，这一点在使用时应予注意。为了避免混凝土强度的过度降低，混凝土內的空气含量不宜超过 5%。

在使用加气剂以降低水泥用量時我們可以事先進行一些試驗。为了便於說明起見，我們仍根据本文引言所提出來的例子進行研究。这个例子是一个桥墩的墩身混凝土，标号 140。由於使用了 400 号矽酸鹽水泥並且因为受最大水灰比和最小水泥用量的限制，混凝土实际强度將超过設計要求很多。为了節約水泥，決定採用加气剂以降低水泥用量。根据混凝土耐久性控制限值的規定，水泥最小用量不得小於 270 公斤/立方公尺，在使用加气剂后根据建委的指示，水泥最小用量可修正为 $270 \times 0.85 = 230$ 公斤/立方公尺，試驗時可根据最大水灰比的規定配制純混凝土一組。然后另行配制使用加气剂的混凝土若干組，其水泥最小用量按修正的数字來确定，試驗結果如表 3。

掺加气剂混凝土强度試驗結果

表 3

試驗号	混凝土配合比	水灰比	实际水泥用量 公斤/立方公尺	加气剂 百分率	空气含量 %	陷度 (公分)	28天强度 公斤/平方公分
B-1	1:2.42:4.72	0.65	274	0	—	6	220
B-2	1:2.66:5.19	0.65	245	0.008	4	4	178
B-3	1:2.78:5.41	0.65	234	0.010	5	3	160

从表 3 中可以看到試驗号 B-1 的强度超过設計要求很多，試驗号 B-3 則和設計要求較為接近，此时水泥用量符合於修正后的水泥最小用量。因此这样一个配合比可以認為

是滿意的。同時為了證明它的耐久性起見，還可以進行抗凍性的比較試驗，一般說來，使用加氣劑的混凝土雖然降低水泥用量，其抗凍性仍將超過未使用加氣劑而水泥用量較多的混凝土。

必須指出，在上面討論中我們假定混凝土的水灰比是保持不變的，但是由於混凝土內摻入加氣劑後提高了混凝土的耐久性指標，因此一般還可以將最大水灰比的限值酌量提高。根據蘇聯水工混凝土的規定，混凝土內摻用塑性添加劑後（包括加氣劑和塑化劑）可將最大水灰比的限值提高0.05。也就是說原來規定最大水灰比為0.65的可提高為0.70。這樣還可以將最小水泥用量的限值再降低20公斤左右，連同因水泥漿體積增大所可能降低的水泥用量40公斤則有可能將最小水泥用量的限值降低60公斤之多。關於這個問題，因為我們還沒有進行系統性的試驗研究，暫時只能在這裡提一提，作為今後我們在研究混凝土最小水泥用量問題時的參考。

關於加氣劑的使用，鐵道科學研究院曾經編擬了『關於在鐵路工程混凝土和砂漿中使用塑化劑或加氣劑的暫行指示（草案）』可資參考。國家建委在『關於在基本建設工程中節約水泥的幾項措施』中也有詳細指示。這裡不再詳述。

四 塑化劑和加氣劑的聯合使用以節約水泥

混凝土內同時使用塑化劑和加氣劑可以大大地提高混凝土的流動性，因此在保持同一水灰比和同一陷度條件下可將水泥用量降低很多。下表所示為混凝土內同時使用加氣劑和塑化劑的試驗結果。所用加氣劑為松脂皂，塑化劑為營口造紙廠革漿廢液濃縮物。

聯合使用加氣劑和塑化劑的混凝土的試驗結果

表 4

配 合 比	加氣 劑量 %	塑化 劑量 %	水 灰 比	陷 度 (公分)	水泥用量 公斤/立方公尺	空含 氣量 %	抗壓強度 公斤/平方公分		抗凍性 (50次凍融)		附 註
							7天	28天	強度 損失 %	重量 損失 %	
1:2.51:4.90	—	—	0.65	4.3	263	1.1	92	183	69.5	5.5	
1:2.78:5.41	0.005	—	0.65	3.3	234	5.6	69	137	5.9	0.1	
1:3.09:6.00	0.002	0.2	0.65	2.2	215	6.3	67	132	24.2	0.4	

從表4的試驗結果可以看到聯合使用加氣劑和塑化劑後對混凝土的流動性有顯著改善，因此在保持水灰比和陷度不變的情況下可以大大的降低水泥用量。在這個例子里水泥用量從263公斤/立方公尺降低到215公斤/立方公尺，即降低了48公斤，合18%。而陷度僅降低2.1公分，所以塑化劑和加氣劑的聯合使用對節約水泥有極重要的意義。從抗凍性的試驗結果也看到同時使用加氣劑和塑化劑而降低水泥用量的混凝土其抗凍性還超過了水泥用量較多的純混凝土。

從加氣劑和塑化劑的聯合使用中我們還注意到一個很重要的現象。就是加氣劑和塑化劑聯合使用後加氣劑的效果顯著提高了。在使用0.2%的塑化劑後加氣劑的用量大約要比不使用塑化劑的情況下減少一半以上而仍能獲得相同的空氣含量，這一個事實可能與塑化

剂提高泡沫的穩定性有关。

加气剂和塑化剂联合使用后由於对混凝土的加气作用，提高了混凝土的耐久性並增大了水泥漿的体積。因此可以和加气剂一样，將混凝土耐久性限值中所規定的最小水泥用量限值加以降低，其降低数字仍可按加气剂办理。由於加气剂和塑化剂联合使用后流动性的增加較为顯著，和单独使用塑化剂或加气剂比較往往可以節約更多的水泥。所以这一种联合使用的办法也是值得推荐的。

五 使用黃土以節約水泥

(1) 黃土作为混合材料

在以高标号水泥拌制低标号混凝土时，为了節約水泥可以在混凝土和砂漿內掺入适当的混合材料以調節混凝土和砂漿的标号，这一种方法在苏联已廣泛使用。在各种混合材料中以具有活性的混合材料为最適宜。但活性的混合材料並不是一种可以普遍獲得的材料，因此在某些情形下就有必要选用非活性的混合材料即所謂填充性混合材料。在填充性混合材料中黃土是一种比較容易獲得的材料，在苏联也已經有成功的使用經驗。因此我們進行了以黃土作为混合材料的研究試驗。鉄路工程特别是桥涵工程，一般地是与水接触的，对抗冻性、抗滲性、和抗水性要求較高，因此如何提高掺黃土砂漿和掺黃土混凝土的耐久性，

掺黃土砂漿試驗結果

表 5

黃 土 掺用量 %	塑化剂 掺用量 %	水灰比	稠 度 (公分)	流动度 (公厘)	抗压强度 公斤/平方公分		25 次 冻 融 試 驗 結 果		滲透率 c.c/小 时M ²	附 註
					7 天	28 天	强度 损失%	重量 损失%		
0	0	0.65	4.0	135	76	179	20.3	0.26	614	
0	0.2	0.61	4.0	131	86	202	10.0	0.1	123	
5	0	0.65	4.2	136	68	180	34.7	1.45	1137	
5	0.2	0.61	—	—	—	—	16.7	0.54	—	
10	0	0.65	4.3	138	69	147	36.8	0.80	4080	
10	0.2	0.61	4.5	143	88	188	21.9	1.42	—	
15	0	0.65	4.0	140	71	172	—	—	—	
15	0.2	0.61	4.2	135	83	174	26.9	1.98	171	
20	0	0.65	4.2	138	69	141	42.3	1.59	5390	
20	0.2	0.61	4.4	146	81	159	8.92	0.94	267	
25	0	0.65	3.9	149	63	123	65.5	8.85	7024	
25	0.2	0.61	4.5	138	81	161	0	0.316	1160	

附註：抗滲性試件厚度为 7 公分，水压为 10 公斤/平方公分。

是一个重要的問題。關於這個問題我們曾結合塑化劑進行了試驗。現在把一部份試驗結果列出如表5和表6（參閱『鐵道科學研究院：混凝土和砂漿使用黃土作為混合材料的初步研究』）。根據試驗結果我們看到混凝土和砂漿內摻入黃土後對抗凍性和抗滲性都有一定影響，但如同時摻用塑化劑，則不但強度影響較少，耐久性方面也可有所改善。根據試驗結果，如黃土劑量不超過15%，並同時添加0.2%塑化劑，則不論砂漿和混凝土，其抗凍性和抗滲性基本上都能符合在未摻黃土時的原有標準。這樣就有可能在不影響耐久性的條件下節約水泥15%。

摻黃土混凝土試驗結果

表 6

黃土 摻用 量 %	塑化 劑摻 用量 %	水 灰 比	每立方公尺 水泥及黃土用		陷度 (公分)	泌水率 (%)	空氣 含量 (%)	抗壓強度 公斤/平方公分		25次凍融 試驗		滲透率 c.c./小 時M ²	附註
			水泥	黃土				7天	28天	強度損 失 %	重量損 失 %		
0	0	0.65	270	0	4	3.0	0.9	93	189	16.9	0	27	
0	0.2	0.62	270	0	3	2.5	1.7	98	208	11.6	0.3	22	
10	0	0.65	243	27	7	5.6	0.9	90	160	62.2	2.8	58	
10	0.2	0.62	243	27	7	3.7	1.9	98	198	17.4	0.6	—	
15	0	0.65	230	40	9	4.5	1.1	83	158	45.5	0.7	56	
15	0.2	0.62	230	40	9	2.9	2.2	93	180	2.5	0.3	22	
20	0	0.65	216	54	7	4.4	1.1	80	149	100	100	200	
20	0.2	0.62	216	54	5	2.9	1.8	85	172	12.0	0.2	45	

附註：抗滲性試件厚度為7公分，水壓為9公斤/平方公分。

(2) 使用黃土以節約水泥

黃土是一種填充性混合材料，從混凝土和砂漿的耐久性來看使用黃土並不是一種很理想的節約水泥的辦法。通過我們的試驗雖然已經證明在混凝土或砂漿內同時使用黃土和塑化劑可以在不影響耐久性的條件下節約相當數量的水泥。但是應該指出，由於水泥種類和牌號的不同以及黃土產地和性質的不同，水泥可能摻加的黃土百分率也就有所不同。所以如果混凝土和砂漿有耐久性的要求時，仍需要就實際使用的材料進行比較全面的試驗，包括抗凍性和抗滲性，方能確定黃土和塑化劑的摻入劑量。我們知道抗凍性的試驗需時很久，對鐵路工程來說很難及時進行。因此在有耐久性要求的工程，使用黃土是有一定困難的。特別是和使用塑化劑或加氣劑比較起來，使用這兩種塑性附加劑在大部份情況下都有可能代替黃土以達到節約水泥的目的，而沒有黃土的一些缺點。因此在使用附加物以節約水泥時對塑化劑和加氣劑似應優先予以考慮。當然在一些耐久性要求較低的工程如不受水影響的砌築用砂漿，為了節約更多的水泥可以考慮同時使用黃土和塑化劑作為混合材料以調節砂漿的標號，不過黃土的摻量似仍不宜超過20%~30%。

關於黃土的使用方法在國家建委所頒發的『關於在基本建設工程中節約水泥的幾項措施』中有詳細指示，這裡不再詳述。

六 塑化剂、加气剂和黃土的使用范围

上面我們已經說明了使用塑化剂、加气剂和黃土是節約水泥的有效办法，但是究竟在什么情况下使用塑化剂，什么情况下使用加气剂，什么情况下使用黃土，还是一个值得討論的問題。为了解决这个問題我們可以从以下几个方面來加以分析和比較：

(一) 强度方面：从强度方面來看以用石灰沉淀法所制『鉄研-1』塑化剂为較好，这一种制剂在同水灰比的时候一般可不降低强度或强度降低很少。其次为葦漿廢液濃縮物的塑化剂，这一种塑化剂在同水灰比时强度略有降低，但一般在10%以內。再其次是黃土和加气剂，这两种附加物对强度的影响較大。摻用20%的黃土可能降低强度25%（如同时摻用塑化剂則强度損失較少），而摻用加气剂（空气含量5%）其强度損失也可能达到20%至25%。至加气剂和塑化剂联合使用时其强度影响大致和單純使用加气剂的相同。

(二) 和易性方面：从增加和易性方面來考慮，以联合使用塑化剂和加气剂为最好。塑化剂和加气剂的联合使用可在保持水灰比和流动度不变的情况下降低水泥用量15%以上。其次为加气剂，在同样情况下約可降低水泥用量10%。再其次为葦漿廢液濃縮物塑化剂，这一种塑化剂在保持水灰比和流动度不变的情况下約可降低水泥用量8—10%。至用石灰沉淀法所制塑化剂則在保持同一流动度时約可降低水泥用量6—8%。黃土則除能改善混凝土或砂漿的粘性外，如水灰比保持不变对流动度影响不大。

(三) 耐久性方面：从耐久性方面考慮以使用加气剂为最好，加气剂对混凝土和砂漿的抗冻性和抗滲性有顯著提高，甚至在加大水灰比的情况下也可以保持耐久性指标不变。其次为塑化剂包括葦漿廢液濃縮物和石灰沉淀制剂。至加气剂和塑化剂的联合使用对耐久性來說大致和塑化剂相仿。黃土对耐久性方面影响較大，只有在与塑化剂同时使用时才有可能保持耐久性指标不变。

(四) 費用方面：从費用方面來看以使用加气剂为最經濟，因加气剂用量很少，在水泥使用量的万分之一以下，所費很少。其次为葦漿廢液濃縮物塑化剂，这一种塑化剂按固体計算每公斤僅0.12元，成本也不高。再其次为石灰沉淀法所制塑化剂，这一种塑化剂按有效物質計算每公斤成本約为1.4元因用量很少，所費也不多。至黃土虽然本身价值很小，調制时需費人工，在費用方面並不是最合算的。

(五) 使用操作方面：在使用操作方面以使用塑化剂为最便利，其次为加气剂。使用加气剂时需在現場測定及控制空气含量，因此將增加一些試驗方面的工作。至使用黃土則因需增加採集原料和調配黃土漿等工作，在使用方面較為費事。

根据上面对塑化剂加气剂和黃土各方面分析比較的結果並从節約水泥和保証工程質量的观点出發，我們認為應該根据各种不同工程情况適當選擇使用塑化剂，加气剂或黃土，使能在保証工程質量的前提下節約較多的水泥。

从混凝土方面來考慮，如按混凝土耐久性控制限值所規定的最大水灰比和最小水泥用量配制的混凝土其强度超过設計标号达30%以上，而其流动度比施工要求为大时，可以考慮使用加气剂。因为在这个情形使用加气剂时容許將最小水泥用量的限值降低15%左右，而在流动度方面原來既有富余則在水泥用量降低后流动度也不致过低。此外从强度方面考慮原來强度既已有相当富余，則在使用加气剂后其强度也不致低於設計标号，所以使用加

气剂是合理的。

另外如强度超过设计标号30%以上而其流动度并不比施工要求为大时则以联合使用加气剂和塑化剂为宜。因为在这个情形更多地提高流动度，就可以更多地降低水泥用量，这样联合使用加气剂和塑化剂就具有很大的经济意义。

必须指出，在使用加气剂的时候，应该严格控制混凝土的空气含量，以免造成混凝土强度的过度降低。所以如果现场缺乏必要的试验条件的时候，以使用塑化剂为较适宜。

如强度超过设计标号较少，仅在15%以上（小于30%），则以使用草浆废液浓缩物为较适宜。因为在这个情形使用加气剂时强度损失较大，将不能满足设计方面的要求。

如按混凝土耐久性控制限值所规定的最大水灰比配制的混凝土其强度超出设计标号不多（小于15%）或低于设计标号时则以使用石灰沉淀法所制塑化剂为宜。因为这个情形下混凝土的强度不容许有所降低如这样使用加气剂或草浆废液浓缩物就不很合适了。

关于砂浆方面我们认为使用塑化剂是比较适宜的，因为在砂浆内使用加气剂对空气含量的控制有相当困难，使用方面不如塑化剂来得便利，所以砂浆内使用塑化剂是比较合理的。塑化剂可使用草浆废液浓缩物。

关于黄土的使用范围方面，我们认为黄土对混凝土和砂浆的耐久性既有一定损失，它的使用必须慎重考虑。目前已经有许多建筑工地在使用黄土或粘土作为混凝土中水泥的混合材料，根据我们的分析，我们认为在大部份情况下可以使用加气剂或联合使用加气剂和塑化剂以代替黄土而达到同样的节约效果。试举上海市某工程局某桥梁工程所用混凝土为例。有一个110号的水中混凝土，原水泥用量为265公斤/立方公尺，使用粘土混合材料后水泥用量改为199公斤/立方公尺（粘土用量为103公斤/立方公尺），每立方公尺节约水泥66公斤，合24.9%。在这一个情况如果联合使用加气剂和塑化剂并酌量增加水灰比，完全有可能节约同样多的水泥，而没有使用黄土的缺点，如增加干缩或减低耐久性等。因此我们认为除房屋建筑或其他一些次要建筑的混凝土可考虑使用黄土等填充性混合材料外一般不应轻易使用。

黄土在铁路桥隧工程的比较适用范围是在砂浆方面。因为砂浆内使用加气剂对控制空气含量有一定困难，而使用塑化剂其节约水泥数字又很难超过10%。因此为了在砂浆内节约更多的水泥，可以考虑同时使用塑化剂和黄土，这样就有可能节约水泥达20—30%。为了避免耐久性损失所发生的影响，掺黄土的砂浆暂以使用于不受水影响的工程部位为宜。

七 总 结

(1) 在以高标号水泥拌制低标号混凝土时，使用加气剂和塑化剂是一种有效的节约水泥的方法。

(2) 使用塑化剂后混凝土最小水泥用量限值可较规定标准减低（有抗冻性要求时为10%，无抗冻性要求时为15%）。砂浆的配合比也可酌量更改（1:3改为1:3.5，1:4改为1:4.5）以节约水泥。

(3) 使用加气剂后混凝土最小水泥用量限值可较规定标准降低，其降低数值可暂规定为15%。但如容许加大水灰比0.05，则此项数字可提高为20%。

(4) 加气剂和塑化剂的联合使用可大大地提高混凝土的流动度，在和易性控制时这

是一个有效的節約水泥的方法。

(5) 混凝土和砂漿摻用黃土時為了避免對耐久性的影響，以同時使用塑化劑為宜。

(6) 塑化劑，加氣劑或黃土應根據強度，和易性和耐久性的不同情況合理選擇使用。

一、當混凝土按耐久性控制限值所得強度超過設計標號30%以上，以使用加氣劑或聯合使用加氣劑與塑化劑（和易性控制時）為宜。此時約可節約水泥15%。

使用加氣劑時必須嚴格掌握混凝土的空氣含量，所以如果現場缺乏必要的試驗條件時則以使用塑化劑為宜。

二、當混凝土按耐久性控制限值所得強度超過設計標號15%以上（但不足30%），則以使用葦漿廢液濃縮物塑化劑為宜。此時約可節約水泥10%。

三、當混凝土按耐久性控制限值所得強度超過設計標號不多（15%以內）或低於設計標號，則以使用石灰沉淀法塑化劑為宜。此時約可節約水泥6—8%。

四、砂漿方面以使用葦漿廢液濃縮物塑化劑為宜。此時約可節約水泥8—9%。

五、對不受水影響的砌體砂漿可考慮聯合使用黃土和塑化劑（葦漿廢液濃縮物），此時可節約水泥20—30%。

八 参 考 文 献

С. В. Шестоперов и А. И. Защепин: Новые Исследования в Области Цементного Бетона. Дориздат. 1949

Б. Д. Тринкер: Применение Пластифицированного Цемент и Пластифицирующих Добавок к Бетону, строи. и Арх. 1952

С. В. Шестоперов, Ф. М. Иванова, А. И. Защепин, и Т. Ю. Любимова: Цементный Бетон с пластифицирующими Добавками, Дориздат, 1952

В. И. Сорокер: Пластифицированные Бетоны и Растворы, Строи и Арх. 1953

Ю. М. Бутт и Т. М. Беркович: Вяжущие Вещества с Поверхностноактивными Добавками, Промстройиздат, 1953

И. А. Смирнова: Влияние Концентратов Сульфитноспиртовой Барды на Некоторые Свойства Бетона, Труды Всесоюзного Научно-исследовательского Института Железнодорожного Строительства и Проектирования, Выпуск 9, Трансжелдориздат 1953.

Временные Указания По Применению Органических Пластификатор в Бетонах Растворах, У-104-51 Минтяжстрой С.С.С.Р, Строи и Арх. 1952

В. В. Стольников: Воздухововлекающие Добавки в гидротехническом Бетоне, Госэнестройиздат, 1953

Указания У-98-50, Временные Указания По Применению Пластификатора Древесно-Пекового строительного Цинис-1, стройиздат, 1950

Гост 4799-49, Гидротехнический Бетон.

水工建築物設計規範：水工混凝土內摻黃土的暫行規程（全蘇水利科學研究院編制，水利部北京勘測設計院譯）

關於混凝土中摻加磨細的礦物質混合材料的規定（蘇聯工業構筑中央科學研究院編，吳中璋、孫復強譯，建築工程出版社出版，1955）

混凝土配合比選擇及其材料試驗（鐵道部新建鐵路工程總局與鐵道部鐵道研究所合編，人民鐵道出版社出版，1954）

工地上製造水泥與磨細混合材料（В·И·索洛開爾，А·Н·波波夫著，譚興元、張正星譯，重工業出版社出版1955）

混凝土試驗工作須知（鐵道部新建鐵路工程總局與鐵道部鐵道研究所合編，人民鐵道出版社出版，1955）

建築工程中材料的節約和當地原料的利用（莫、思、胡多良斯基著，郭成舉譯，建築工程出版社出版，1955）

在混凝土中節約水泥的方法（工程師 В·西佐夫著，譯載於『建築譯叢』，1955年第5期）

摻黃土的水工混凝土（О·В·孔切維赤著，譯載於『水力發電』1955年第5期）

關於在基本建設工程中節約水泥的幾項措施（國家建設委員會辦公廳印發）

混凝土塑化劑研究報告（鐵道部鐵道研究所郭成舉，1955）

亞硫酸鹽蒸餾廢液濃縮物作為混凝土和砂漿塑化劑的試驗研究報告（鐵道部鐵道科學研究院，1956）

混凝土和砂漿使用黃土作為混合材料的初步研究（鐵道部鐵道科學研究院，1956）

亞硫酸鹽葦漿廢液濃縮物作為混凝土和 砂漿塑化劑的試驗研究報告

郭成舉 姚明初 洪燦然 石人俊

一、前 言

利用亞硫酸鹽紙漿廢液的某些制品作為混凝土塑化劑，能夠提高混凝土的物理力學性能，並從而獲得混凝土建築工程的技術經濟有利性。這一點，已由鐵道科學研究院以比較全面的試驗予以証實，並經施工現場通過試點應用做了生產鑑定。關於這一方面的資料，鐵道科學研究院已編印成『混凝土塑化劑研究報告』一種，供有關方面參考。

此後，由於各方面的關心，以及鐵道部第四工程局的努力支持，塑化劑的應用已有了進一步的開展，並且按照使用目的的不同為各使用單位作了一定的貢獻。不過，從實際情況來說，塑化劑推廣應用的速度是很遲緩的，直至今日，應用的規模還只能說是半生產性的；已有的一些實際收穫，遠遠不足以說明應用塑化劑的寬廣的國民經濟意義。

應當指出，根據蘇聯部長會議國家建設事業委員會在1955年頒佈在全國範圍內施行的『建築安裝工程施工及驗收規範』的規定，凡錐體坍落度大於60公厘的混凝土拌合物，均應用增塑水泥或用普通水泥摻塑性附加劑調制，凡坍落度小於60公厘的混凝土拌合料，亦宜採用增塑水泥或摻塑性附加劑調制。從這一點，就可以看到在蘇聯塑化劑的應用已經發展到了怎樣廣泛的程度，同時也可以使我們認識到在這一方面的前途遠景。因此，如何運用更為有利的現有條件，解決一些存在着的困難，使塑化劑的推廣更為順利，成為目前建築施工中的一項重要任務。

在過去一段時間內為推廣使用塑化劑的工作中，我們大致了解到關於推廣應用塑化劑的一些困難。這其中最主要的就是塑化劑不能大量生產和普遍供應。

直至目前為止，利用亞硫酸鹽木漿廢液釀造酒精的附屬工業尚未建立起來，而用石灰沉淀法處理葦漿廢液制成的塑化劑，仍然沒有專責的機構以應有的規模進行生產。建築施工單位所能取得的，只是紙漿廢液，或是它的濃縮液。我們在『塑化劑研究報告』中已經指出，亞硫酸鹽酒精廢液是酒精釀造工業的副產品，只有當紙漿制造企業的附屬釀造工業進入生產，並能經常供應廢液的液體或固體濃縮物時，建築業才有條件利用它們作為混凝土塑化劑。要由建築業取得木漿廢液，自行釀造處理，制造它自身所需要的塑化劑，這是不符合各業分工的原則的，事實上也是很難做到的。至於按石灰沉淀法處理葦漿廢液的生產過程，如果由紙漿廠組織附屬企業來專責進行，應該說是很簡單易行的。但是像目前那樣，建築單位須自行經辦一切為制成塑化劑所需的手續，問題就成為另外一種了。適合

建築業各別採用的簡陋操作方法，是和大規模施工的要求不相適應的。建築業增加了一整套的製造塑化劑的工序，因而在施工管理和質量檢查上都發生了困難。總之，由於缺乏正規化的生產供應，塑化劑的推廣應用受到阻礙，這是完全可以理解的。

當然，迅速建立起廢液釀造酒精工業，是解決這一方面困難的根本辦法。但是，尋求一種在目前情形下更容易生產的塑化劑，似乎亦是切合時需的一項研究任務。

為了這一目的，我們曾在1955年進行了一系列試驗，借以查明是否有可能利用營口造紙廠所出產的紙漿廢液濃縮物，作為混凝土及砂漿的塑化劑。和天津造紙廠一樣，營口造紙廠也用蘆葦作原料，經過亞硫酸鎂鹽處理，做成紙漿。該廠現有濃縮廢液的裝置，這一點，從塑化劑的應用方面來說，是一個有利條件。

鑑於營口造紙廠的生產過程和天津廠相同，我們所要研究的廢液濃縮物，作為塑化劑來說，是一種性質比較固定的產品，因此我們決定先從直接比較水泥及水泥拌制品的物理化學性質開始，而葦漿廢液的物理化學性質則不包括在本報告之內。

二、試驗用的材料

試驗中採用一種普通水泥來拌制砂漿和混凝土。在試驗塑化劑對於混合水泥的效應時，仍用這種普通水泥，另行摻入不同數量的黃土作為中性混合材料。普通水泥為啓新水泥廠出品的馬牌水泥，其活性經標準軟練砂漿試驗測定，求得七天抗折強度為28.4公斤/平方公分，28天抗折強度為54公斤/平方公分；7天抗壓強度為92.1公斤/平方公分，28天抗壓強度為214公斤/平方公分。水泥的標號評為400號。水泥熟料的礦物組成為： C_3S —53.9%， C_2S —20.8%， C_3A —9.4%， C_4AF —11.2%。水泥中摻有10%赤頁岩，與熟料同時磨細。

用以拌制砂漿及混凝土試件的集料，採用京郊立水橋的砂和門頭溝的卵石。砂的細度模數為2.52，平均粒徑為0.38公厘，比重為2.65，單位重為1.57噸/立方公尺。砂內含粘土雜質1.15%。卵石的最大粒徑為20公厘，比重為2.67，單位重為1.79噸/立方公尺，空隙率為32.6%。卵石內含粘土雜質0.24%。

用作中性混合材料的，是取自蘭州地區的黃土，其物理性質及顆粒組成，見本院『混凝土及砂漿使用黃土作為混合材料的初步研究』一項報告。

在試驗中，主要採用葦漿廢液的直接濃縮物作為塑化劑，但為了比較亦用葦漿廢液石灰沉淀劑，和石峴造紙廠出產的亞硫酸鎂酒精廢液濃縮物，進行少量的對比試驗。

三、在普通水泥砂漿及混凝土中摻用葦漿廢液濃縮物的試驗

水泥摻塑化劑後，對正常稠度和凝結時間的影響曾進行了試驗，其結果如表1所示。

摻用葦漿廢液塑化劑時水泥正常稠度及凝結時間變化情形

表1

塑化劑名稱及劑量	正常稠度需水量	凝 結 時 間	
		初 凝	終 凝
無	27%	5時39分	10時25分
葦漿廢液濃縮物 0.2%	25.5%	13時 7分	20時 2分
石灰沉淀劑 0.3%	25%	8時48分	12時10分