

土木學會第1回年次學術講演會講演

(土木材料之部 No. 2)

舗装現場製造用アスファルト乳劑の種類、製法
及性質に關する一研究試験

准員 福 島 彌 六*

要 旨

本文は某乳劑舗装工事の現場より本所に同現場乳劑製造工場のアスファルト乳劑製造事項に就き其の指導を依頼されたるに對し、著者が本所の實驗室に於て各種のアスファルト乳劑を試製し、その製法と性質とを試験研究した事項に就て論ずるものである。舗装用のアスファルトの種類としては、撒布路面處理用、透入式マカダム用、混合マカダム用(碎石或は砂入骨材)、濃厚乳劑(アスファルト含有量が多く、主に稀釋して使用するもの)等がある。是等の乳劑を試製する爲、各種の石鹼乳化溶液を調製しアスファルトを一定條件の下で乳化し、A.I., A.II., A.III., A.IV. の4系統の乳劑を試製し、其の各々に就て舗装材料としての性質特に粘度、碎石による分解試験及長期間の貯藏並に低温による凍結に對する安定度等を比較試験して、これが製法に就て一考察をした。此の結果のI部は之を某現場乳劑製造工場に応用して、乳劑の品質を改良するを得、又其の他は將來此の種の乳劑製造の一資料となしたものである。

I.A. 撒布・透入マカダム用乳劑の試製及性質 [A.I.]

原料アスファルトとしてはO-石油會社製の眞空蒸溜アスファルトを使用し、其の性質は比重(25°C) 1.009; 針度(25°C) 142; 延性(15°C) > 100; 蒸發減(163°C) 0.07%; 瀝青全量(CS₂) 99.92%である。乳化用石鹼は、現場製造改良乳劑には石鹼 S.S. (粉末曹達石鹼, 水分 17.7%, 石鹼概量 24.6%), 並に實驗室試製乳劑には、石鹼 O.K. (軟質加里石鹼, 水分 28.0%, 石鹼概量 70.5%), 石鹼 F.Na. (軟質曹達石鹼, 水分 28.0%, 同概量 71.0%), 石鹼 R.Na. (軟質曹達樹脂石鹼, 水分 28.5%, 同概量 70.5%) 及ロート油 M.Se.S. (水分 21.0%, 硫酸化度 36.1) 等である。こゝに石鹼概量とは全量より水分 % 及アルコール不溶成分 % を減じたものでこれにより此の種石鹼の品質の比較をするものとする。安定劑としては珪酸曹達(水分 44.4%), 苛性曹達(純度 98.8%), ゼラチン, カゼイン及山形縣村山産ベントナイトの適量を使用した。

乳化溶液は、此の實驗に A.I. の記號を以てし A.I. No. 1~12 の 12 種を調製した(以下之に準ず)。此の乳化溶液の成分並に性質は表-1 の如くである。

此の内、A.I. No. 1~5 は現場プラント製造用の石鹼のみを用ひ、以下は當所試験室の石鹼を用ひ且つ No. 1~9 は撒布・透入用乳劑並に No. 10~12 は混合用乳劑製造の乳化劑の配合をして夫々乳化溶液を調製したものである。乳化溶液の性質として、比重(25°C) は出来るだけ原料アスファルトの比重(1.009) に近似せしめ粘度(25°C) はオストクルド粘度計を用ひ表面張力(25°C) はヒリヤー氏・ピペットを用ひて各々を測定した。表-1 は A.I. No. 1~12 乳化溶液の個々の測定結果の範圍を示したものである。

乳化機はハーレル・ホモジナイザー(L小型)を使用し其の回転は 6000~9000 R.P.M. にして且つアスファルト

* 工学士 内務省土木試験所勤務 (昭和 12 年 4 月 11 日講演)

及乳化溶液の加熱温度は夫々 120°C 及 80~85°C にして各 1 回の試製に乳劑各 2~4kg を造り、試製後凡そ 1~3 日後に土木試験所規定の試験法によりその性状の比較試験を行つた。此の試製実験 A.I. の試製乳劑 A.I. No. 1~12 の性状試験の結果は表-2 に示す。

表-1. 乳 化 溶 液

試験 I. 乳化溶液 A.I.	石 鹼 種 別	無水物% (概量%)	苛性曹達				安 定 劑			水素イオン 濃度 PH (16~18°C)	備考 % は乳化溶液に対する百分率。
			%	珪酸曹達 %	ゼラチン %	カゼイン %	ベントナ イト %				
No. 1	S.S.	0.3 (0.09)	—	1.0	—	—	—	—	11.2	現場 使用 の石 鹼	← 乳化溶液の性質 1. 比重 25°C 1.006~1.009 ; 1.009~1.012 2. 粘度 25°C (η×103) 6.24~10.03 3. 表面張力 25°C (dym/cm2) 30.0~40.0 蒸溜水 : 72.0 dym/cm2 と せば其の 4~6 割程度に減少 したもの。
2	..	0.3 (0.09)	0.2	0.5	0.2	—	—	—	12.1		
3	..	0.4 (0.12)	0.25	—	—	—	—	—	12.0		
4	..	0.2 (0.06)	0.2	—	—	0.2	—	—	12.3		
5	..	0.4 (0.12)	0.25	—	—	—	—	0.4	12.4		
6	O.K.	0.4 (0.4)	0.25	—	—	0.3	0.3	—	12.4	當所 試験 室の 石鹼	← 混合 法用
7	F.Na.	0.4	..	—	—	..	..	..	11.9
8	R.Na.	0.4	..	—	—	..	..	..	11.7
9	M.Se.	0.4	0.25	—	—	..	..	..	12.3
10	S.S.	1.5	0.4	—	—	0.4	0.5	—	12.4		
11	O.K.	0.5	..	—	—	12.6		
12	F.Na.	1.0	..	—	—	12.3		

表-2. 試製乳劑 A.I. の性質

試製乳劑 A.I.	比 粘 度 E°25°C	アスファルト 含有量 %	貯蔵安定度 %		分解速度 10°C	低温安定度 -5°C, 3hr	性状	總 評	備 考
			1 週	3 週					
No. 1	2.4	52.3	2.7	9.6(沈澱)	30~45分	稍不安定	黒褐色、稍不均等で粗粒あり。 上層稀薄になる傾向あり。 粗粒なく、No. 1 に類す。	← 現場 透入 法用 乳劑	No. 4 を除く
2	2.3	50.5	2.1	7.6	..	安 定	..		
3	2.4	—	3.0	4.4	..	..	No. 1 に類す。	
4	—	43.3	25.1	(沈澱)	..	不安定	黒色、稍均等を缺き粗粒多し。 上層稀薄に、下層に沈澱物を生 じ分解しゆく傾向あり。 No. 2 に類す。		
5	2.8	52.4	0.1	1.2	..	安 定	..		
6	3.2	53.4	0.3	3.3	45~50分	安 定	黒褐色質均等、粗粒なし 上下 共に分離物なく、安定度良好。	← 一用 般乳 透入 法	
7	2.3	52.2	0.2	1.8	..	..	同上	
8	2.4	51.4	0.4	1.4	..	稍不安定	同上		
9	2.7	52.0	0.4	0.6	..	安 定	同上		
10		1 脱解置し冷却後乳劑全部凝結分解す					全部凝結し流動性を失ふ。	← 一用 般乳 混合法	No. 10 を除く
11	3.7	56.4	-0.0	-1.9	2.5~3 時	安 定	黒褐色、質均等、極めて安定。		
12	3.9	56.3	-0.0	-1.3	3.0~3.5時	..	同上		

此の試験結果から其の粘度、アスファルト含有量及貯蔵並に低温安定度より見て其の乳劑の性質を比較して總評するに、No. 1~5 は現場で製造し直に路面処理或は透入法として使用するに適當し此の内 No. 2, 3 は品質良く、No. 4 はアスファルト分不足し且つ著しく不安定にして最も不良である。No. 6~9 は一般の撒布或は透入法用乳劑として優良であり、No. 11~12 は混合法乳劑として適當なものである。之等の No. 6~9 及 No. 11~12 の乳劑は現場のプラントで製造し直に使用する現場用乳劑としてのみならず一般市場乳劑の良製品と同様に取扱ひて差支へないものと考慮される。

此の結果より現場にてプラントにより製造し直に或は数日後に使用する撒布或は透入用乳劑としては、1. 真空蒸溜アスファルト(比重 1.006~1.010, 針度 150 前後)を使用すること、2. 石鹼は S.S. 程度のもを使用すること、3. 乳化溶液の乳化劑の配合は、石鹼(無水物 0.3~0.4% ; 苛性曹達 0.2~0.25% ; 安定劑として珪酸曹達 0.5%、或はゼラチン 0.2% 或は ベントナイト 0.2~0.4% 程度の成分の乳化溶液にて所期の目的を達し得るものである。

I.B. 現場プラント製造透入マカダム用乳劑

某省の K 及 O-現場に於ては、舗装工事場内に乳劑製造プラントを設け此處で乳劑を造り直に或は 1~2 日後に乳劑をタンク・カー (2 噸) に入れ舗装の現場に送り約 40lb/in² の圧力にて乳劑を撒布、透入せしめた。此の場合乳劑は加圧撒布なる故に、路盤上に敷均せる骨材 (硬質石灰石碎石) 中に透入が充分であり乳劑は一般に未だ温い故に加圧撒布と同時に水分の蒸發が迅速にして乳劑の分解も速い。舗装は路盤上に於て 3 層 3 回撒で乳劑透入マカダム工法により築造せられたものである。

此の現場プラント製造の初期、即ち第 1 次製造の乳劑は原料アスファルトが比重 (25°C) 1.007、針度 (25°C) 165 の乳化用アスファルトとしては良質のものであるが乳化用石鹼が水分 20.4%、石鹼概量 13.6% の比較的的石鹼量が少く無機性物質の多いクレンザ

一類似の石鹼を使用し且つ安定劑として珪酸曹達の過量を使用した爲、表-3 の如きアスファルトの乳化充分ならず且つその含有量過少に又安定度の不良なる乳劑を製造するに至つた。表-3 に示す如く、第 1 次製造乳劑は一般に品質の均等性を欠きアスファルト含有量過少にして且つアスファルト分の浮上りを呈し安定度不良にして品質の一定を期し難く、要するに製法及品質に改良の餘地あるものであつた。

こゝに於て、前述の I.A 透入用乳劑の試製及性質試験 (A.I.) の結果を応用してその品質の改良を目して其の乳化用石鹼を代へ 前述の石鹼 S.S. 或はこれに類似のものを使用し且つ乳化溶液の成分を変へ又乳化條件其他を改良してプラント製造の乳劑の品質を改良した。

此の改良プラント製造の乳劑の成績及總評は表-4 である。表-4 に於て K-現場製造第 2 次乳劑は前記の第 1 次乳劑に比し品質の改良されたもので、比較的均等性にしてアスファルト含有量も 50% 以上であり又安定度もプラント製造後直に使用するものとしては此の程度にて差支がない。次に、O-現場製造第 3 次乳劑は一層性質の改良されたもので貯藏並に低温度に安定にして市場乳劑の良質のもの

表-3. 某省, K 現場製造撒布・透入法用乳劑第 1 次乳劑の成績

(昭 10 年末~昭 11 年)

1. 外觀		黑色, 均等性を欠く, 上部にアスファルト浮上りあり。
2. 比重 25°C	1.016	比重過大 (乳化溶液の比重の過大による)。
3. 比粘度 E ^{0.25°C}	1.3	過少
4. アスファルト含有量	37.5%	過少
5. 残留アスファルト針度 (25°C)	144	} 乳化操作或は製造法に缺陷あり。
6. 分解速度	20~25 分	
7. 貯藏安定度 (3 日)	-41.4%	アスファルト質の浮上りを呈し安定度著しく不良。

總評 本乳劑は一般のアスファルト乳劑に比し質の均等性を欠きアスファルト含有量過少して安定度著しく不良なり。此の缺陷は原料アスファルトに非ず乳化劑の配合、溶液の調製或は乳化方法にあると考へらる。要するに、製法及び品質改良の餘地あり。

表-4.

現場乳劑 試 験	透 入 法 用	
	K-現場製造 第 2 次乳劑	O-現場製造 第 3 次乳劑
1. 外觀	黒褐色, 均等, 粗粒あり。	黒褐色, 均等, 粗粒なし。
2. 比重 25°C	1.010	1.012
3. 比粘度 E ^{0.25°C}	2.3	3.1
4. アスファルト含有量	52.4	55.3
5. 貯藏安定度		
3 日	-5.4%	1.1%
1 週	—	3.2%
3 週	—	28.3%
6. 分解速度	20~25 分	30~40 分
7. 低温安定度	不安定	安定
總 評	現場製造アスファルト乳劑として品質良く使用差支へなきも、安定度を一層改良する要あり。	品質優良, 嚴冬期或は寒冷なる地方に於て使用可なり。

表-5.

原料及藥品 O-現場製造乳劑	アスファルト含有量	乳 化 溶 液			
		粉 石 鹼	珪 酸 曹 達	苛 性 曹 達	水
一般標準配合	50% (50~55)	0.36%	0.3%	0.12%	49.22%
透入用乳劑配合の 1 例	50 (50~55)	0.30	0.2	0.10	49.45
粉石鹼 (B), 石鹼概量 28.8%					

て K-現場製造第 2 次乳劑は前記の第 1 次乳劑に比し品質の改良されたもので、比較的均等性にしてアスファルト含有量も 50% 以上であり又安定度もプラント製造後直に使用するものとしては此の程度にて差支がない。次に、O-現場製造第 3 次乳劑は一層性質の改良されたもので貯藏並に低温度に安定にして市場乳劑の良質のもの

にも匹敵するもので此の種の透入マカダム工法に使用する圧力透入用乳劑としては品質優良である。

此の種の O-現場プラント製造乳劑の原料アスファルト及乳化溶液の成分配合は表-5 に表示す。

斯の如く實驗室中に於ける試製試験 (IA) と現場プラントに於ける製造 (IB) とを併行して行つた事によりて某省の K 及 O 舗装現場のプラント製造透入マカダム用乳劑の品質を著しく改良するを得た。

前章 IA 及 IB に研究せる所は主に 特定の現場に於ける撒布又は透入用乳劑を目標としたものであるが、一般に現場製造乳劑としては一層良質の透入用乳劑並に混合法用乳劑を必要とする事あり、又維持修繕用として稍長期間の貯蔵及低温度に耐へ然もアスファルト含有量の異なる濃厚乳劑を製し置き使用に先ち適當に稀釋して使用する等を必要とする場合あるを以て、之等の乳劑を對象として實驗室にて種々の乳劑を試製且つ試験して次に述ぶる如く之が研究を繼續した。

II. 一般透入用乳劑の試製及性質 [A.II.]

前述の IA の場合と同様な方法により前述のアスファルト及石鹼 S.S. を使用した。乳化溶液 A.II. の各成分配合及其の性質は表-6 に、且つ試製乳劑 A. II. の性質、品質の總評及用途は表-7 に表示した。

此の種の乳劑の用途は道路塗裝用、コンクリート養生用、撒布路面處理用又は一般透入マカダム用に供し得、且つ大部分低温度に安定にして冬期工事に際し凍結後融解せしめて使用に耐へ貯蔵安定度も 1/2 年以上安定にして此の期間中の使用に堪へ得るものである。

表-6.

乳劑番号 A.II.	乳 化 溶 液					備 考
	石 鹼 S.S.		珪 藻 曹 達	苛 性 曹 達	乳 化 劑 容 量	
	無 水 物 %	概 量 %	無 水 物 %	%	無 水 物 %	
No. 1	0.40	0.12	0.50	0.0	0.90	乳化溶液の性質 1. 比重 25/25°C 1.008~1.013 2. 粘度 25°C (poise × 10 ³) 9.2~10.7 3. 表面張力 25°C (dym/cm ²) 30.2~31.2 撒乳化及透液入法用乳劑の
2	0.40	0.12	0.39	0.20	0.99	
3	0.40	0.12	0.33	0.20	0.93	
4	0.60	0.18	0.28	0.20	1.08	
5	0.80	0.24	0.17	0.20	1.17	
6	1.00	0.29	0.11	0.20	1.31	
7	1.20	0.36	0.0	0.20	1.40	
8	1.50	0.46	0.0	0.20	1.70	

表-7.

乳劑番号 A.II.	比 粘 度 E _{0.5°C}	アスファルト含有量 %	貯蔵安定度 %		分解速度 (分) 約 10°C	低温安定度	總 評	用 途
			1 週	3 週				
No. 1	1.6	47.6	58.5	63.2	45~50 分	不安定	最不良	一般透入マカダム用乳劑。貯蔵は 1/2 年以上安定にして貯蔵に耐へる。
2	2.3	50.5	14.0	36.2	"	稍不安定	不良	
3	2.3	50.4	5.0	12.9	"	安 定	稍 良	
4	2.5	51.9	1.9	3.5	"	"	優 良	
5	2.8	53.5	1.1	2.2	50~55 分	"	"	
6	2.6	53.5	0.5	1.2	"	"	"	
7	2.8	53.5	0.2	1.4	"	"	"	
8	--	--	--	--	--	--	--	

III. 一般混合法用乳劑の試製及性質 [A.III.]

前述と同様に石鹼 S.S., R.Na. 及 F.Na. を使用し一般混合法用乳劑を試製し其の性質を試験した。此の乳化溶液の成分の配合及其の性質は表-8 に、試製乳劑の性質及用途は表-9 に表示した。此の種の乳劑は一般混合用乳劑

に供し得、且つ前述の A.II. と同様大部分低温度に安定にして冬期の使用にも耐へ又 1/2 年以上の安定度を有するものである。

表-8.

乳劑 乳化溶液 A.III.	乳 化 液									備考 乳化溶液の性質 1. 比重 25/25°C 1.008~1.010 2. 粘度 25°C ($\eta \times 10^4$) 9.08~9.49 3. 表面張力 25°C (γ dyne/cm ²) 30.6~34.6
	石 鹼 S.S.		石 鹼 R.Na.		石 鹼 F.Na.		珪酸鹽 無水物 %	苛性鹼 無水物 %	乳劑總量 無水物 %	
	無水物 %	概 量 %	無水物 %	概 量 %	無水物 %	概 量 %				
No. 1	0.50	0.25	—	—	—	—	0.28	0.25	1.03	混合 マカ ダム 乳化 液用
2	—	—	0.30	0.30	—	—	0.28	0.25	0.83	
3	—	—	—	—	0.30	0.30	0.38	0.25	0.83	
4	0.30	0.09	0.30	0.30	—	—	0.28	0.25	1.13	
5	0.30	0.09	—	—	0.30	0.30	0.28	0.25	1.13	
6	—	—	0.30	0.30	0.30	0.30	0.28	0.25	1.13	

表-9.

試験項目 乳劑番號 A.III.	比 粘 度 E ^o 25°C	アスファ ルト含有 量 %	貯藏安定度 %		分解速度 (分) 10°C	低温安定度 -5°C, 3 hr	總 評	用 途
			1 週	3 週				
No. 1	3.6	57.9	-0.6	8.9	2.5~3.5	稍不安定	稍不良	マカ ダム 混合 或は 法用 乳 マ
2	3.3	55.0	3.4	15.6	"	安定	良	
3	3.6	57.7	1.3	6.6	"	"	良	
4	3.4	57.3	-0.8	1.4	"	"	優 良	
5	3.6	58.0	0.3	0.9	"	"	"	
6	3.6	57.7	0.5	0.9	"	"	"	

IV. 濃厚乳劑の試製及性質 [A.IV.]

前述と同様に石鹼 F.Na, R. Na 及 M.Se.S. を使用し、濃厚乳劑 (アスファルト含有量 60~65%) を試製し、其の性質を試験した。乳化溶液の成分の配合及性質は表-10 に、乳劑の性質及用途は表-11 に表示した。此の種の乳劑はプラント混合による粗骨材との混合マカダム用及使用に先だち清水にて適當に稀釋し粘度を減じ路面處理或は撒布用に使用するに便にして且つ低温度に安定にして貯藏安定度 1/2 年以上のものである。

表-10.

乳劑 乳化溶液 A.IV.	乳 化 液									備考 乳化溶液の性質 1. 比重 25/25°C 1.008 2. 粘度 25°C ($\eta \times 10^3$) 9.5~11.6 3. 表面張力 (γ dyne/cm ²) 33.0~39.0	
	石 鹼 F.Na.		石 鹼 R.Na.		石 鹼 M.Se.(S)		珪酸鹽 無水物 %	ゼラチン %	苛性鹼 無水物 %		乳劑總量 無水物 %
	無水物 %	概 量 %	無水物 %	概 量 %	無水物 %	概 量 %					
No. 1	0.50	0.50	—	—	—	—	0.17	0.25	0.25	1.17	
2	—	—	0.50	0.50	—	—	0.17	0.25	0.25	1.17	
3	—	—	—	—	0.50	0.50	0.17	0.25	0.25	1.17	
4	0.25	0.25	0.25	0.25	—	—	0.17	0.25	0.25	1.17	
5	0.25	0.25	—	—	0.25	0.25	0.17	0.25	0.25	1.17	
6	—	—	0.25	0.25	0.25	0.25	0.17	0.25	0.25	1.17	

表-11.

試験項目 乳劑番號 A.IV.	比 粘 度 E ^o 25°C	アスファ ルト含有 量 %	貯藏安定度 %		分解速度 (分) 10°C	低温安定度 -5°C, 3 hrs	總 評	用 途
			1 週	3 週				
No. 1	9.2	63.1	-0.5	-0.5	4~4.5 時以上	安 定	良	粗骨 材を 用いて プラ ント 混合 乳
2	9.0	64.9	0.4	0.6	"	"	優 良	
3	9.2	64.5	0.0	0.5	"	"	"	
4	9.4	64.2	0.0	0.2	"	"	"	
5	9.4	63.9	-0.2	0.4	"	"	"	
6	9.5	63.0	-0.5	0.2	"	"	"	

V. 要 約

(1) 眞空蒸溜アスファルトを原料とし且つ各種の乳化用石鹼 (S.S, OK, F.Na, R.Na 及 M.Se.S.) を主成分とする各種の乳化溶液 (A.I, A.II, A.III, A.IV) を調製し試験室に於てハーレル・ホモゲナイザーを使用し

- (1A) 撒布, 透入マカダム用乳劑 (2) 一般透入用乳劑
(3) 一般混合用乳劑 (4) 濃厚乳劑

等を試製し其の性質を比較試験し一方乳化溶液の性質を試験して之等乳劑の製法及性質に就て一研究試験をした。

(2) 此の結果試験室に於て上述の各種乳劑にして品質優良であり且つ實用的價值を有するもの數種を試製しその舗装材料としての性質を試験し、將來各種の舗装工事に際して此の種乳劑の實際現場プラント製造の場合の一資料を得た。

(3) 此の研究結果の一部は、某省 K 及 O 舗装現場のプラント製造の乳劑に応用しその品質を著しく改良して良質なる舗装材料を供し得た。

(4) 將來各種の舗装工事に際して之に適応すべき乳劑は、此の一研究試験結果の一部の変更或は改良することに依つて、所期のアスファルト乳劑を現場プラントにて製造し得るものとの確信を得た。

附記: 追つて此の研究試験の詳細は内務省土木試験所報告に掲載する豫定である。尙此の試験その他に關し西川技師の協力を俟つ處あり録して感謝の意を表す。