

講
演

日本學會誌 第十八卷第八號 昭和七年八月

國產鋪裝用瀝青乳劑の性質に就て

(昭和七年四月六日第二回工學會大會日本部會に於て)

會員 工學士 西川 榮二

On the Properties of Bituminous Emulsions for Paving Purposes in Japan.

By Eizo Nishikawa, C.E., Member.

內容 摘 概

本邦瀝青乳劑は其發達日猶淺きに拘らず、鋪裝用材料として急激なる發達をなし、其種類も多數に上り、廣く各方面に使用せられて居る。本文は過去數年間に亘りて之等多數の本邦製品について試験せる結果に基き、本邦鋪裝用瀝青乳劑の性質に關して概説せるものにして、瀝青乳劑の定義、其製法概略、製法と乳剤の性質との關係、乳化剤、瀝青乳剤の種類、瀝青乳剤の一般性質等を略述し、更に各種用途に対する乳剤の特質に關して説明を加へたるものにして、各種乳剤の區別を明かにし、本邦現時の製品が如何なる發達の道程にありや、又今後如何に之を改良發達せしむるべきや等の事項につきて概観せるものである。

目 次

第一章	緒　　言	X
第二章	瀝青乳剤製法概略	1
第三章	瀝青乳剤の製法と其性質との關係	2
第四章	瀝青乳剤の種類	5
第五章	瀝青乳剤の一般性質	6
第六章	各種瀝青乳剤の性質	9
第七章	各種瀝青乳剤の現情	17

第一章 緒　　言

近來道路鋪裝用として、瀝青質材料の使用が益々發達するに従つて、加熱熔融の不便を避くる爲に、之を乳剤の形として、常温の舗裝工事に用ゐることが漸次盛になつて來た。歐米に於ても、瀝青乳剤を舗裝用に供するに至つたのは比較的最近の事で、本邦に於ては、こゝ

數年以來の事に過ぎず、まだ發達の道程にあるもので、其性質に就いては今後研究すべき餘地がある様に思はれる。

鋪裝用瀝青乳劑は、主としてアスファルト或はタールの如き瀝青質材料を微粒子の形となして、水中に分散せしめたるものにして、其製造の際は、瀝青質材料は熔融状態にあるを以つて液状を呈して居る。即ち製造直後は純粹なる乳劑の形をなすも、冷却後は瀝青質材料の微粒子は半固狀に戻るを以つて嚴格なる意味に於ては乳劑 (emulsions) と言ふより、むしろ懸濁液 (suspensions) を見るべきも、便宜上一般に乳劑と呼べるを以つて、之に従ふこととする。

第二章 瀝青乳劑製法概略

瀝青乳劑の製造方法を説くことは本稿の目的に非ざるも、製造方法と性質とは密接なる關係に立つものなるを以つて其概略を述ぶることにする。瀝青乳劑の製法は種々ある様に見受けらるゝも、一般に行はるゝ所は、大體次の如きものである。即ち原料としては、瀝青質材料と水とを用ひ、其各々を別々に適當の溫度となし更に其いづれか一方に補助剤たる乳化剤及安定剤を加へ、この兩液状物質を激しく攪拌振蕩するか或は適當なる乳化機 (emulsifying machine) によりて兩者を充分混合する。この際瀝青質材料の性質、乳化剤及安定剤の性質、其等の混合量、乳化機或は攪拌器の種類、其迴轉速度、兩液状物質の溫度、兩者の注入割合其他諸種の條件に依つて、そこに得らるゝ乳劑の性質は異なつて来る。かくして乳化機或は攪拌機から出たるまゝのものは相當溫度の高きものなるを以つて、一度受器に採り或は貯蔵槽に貯へて充分常温に冷却せしめ、其後必要に應じて通常 200 升入位の鐵のドラムに詰めて市場に賣出すことになつて居る。

第三章 瀝青乳劑の製法と其性質との關係

1. 粒子の大きさ 凡て乳劑粒子の大きさは 0.1μ ($1/10\,000$ mm) よりは大であるが、粒子が餘り大に過ぐれば、水中に浮遊し居ること能はずして器底に沈澱する。粒子沈降の速度 V は次の式にて表はされる。

$$V = \frac{2r^2(s - s')\eta}{9\eta}$$

上式中 s ... 水溶液の比重 s' ... 粒子の比重

η ... 水溶液の粘度 g ... 重力定数

r ... 粒子の半徑

即粒子沈降の速度は粒子の半徑の四乗に比例するを以つて、沈澱を防ぐ意味より將はれば

粒子は適當の細さと、均等なる大きさを有つて居ることが望ましい。現存瀝青乳剤の粒子の徑は大略次の如くである。

第一表

1. Ax	3~8μ	8. B	3.5~7.5μ
2. A	3~10μ	9. Eu	1.7~10.5μ
3. B	3~4μ	10. EA	3.5~10.5μ
4. B	2.0~10μ	11. NS	1.7~3.4μ
5. T(外國品)	1.7~3.5μ	12. W	1.7~0.8μ
6. M(“”)	1.7~3.5μ	13. F	3.4~10.2μ
7. N	3.5~10.5μ		

上記の例より見れば、現存本邦瀝青乳剤の粒子の大きさは2~8μ程度が普通で、稍不揃のものが多い。

乳剤粒子の大きさは、乳剤の安定度に關係することは上述の如くであるが、之を必要以上に細かくすることは、粒子の表面積を大にして、水溶液に接する部分を増大し、水の滲透、溶液の化學作用等によって、粒子の性質を損なはれ易くする處なしとしない。

2. 乳化剤及安定剤 全く相溶解し合はざる瀝青質材料と水とを乳剤となすについては此二者のみでは不可能である。單なる清水と瀝青質材料とを激しく混和するも、一時的乳剤は生ずるが、これは直ちに水と瀝青質材料の2層に分れてしまふ。兩者の間を融和せしめて乳剤となすには、それに第三者の介在を必要とする。この第三者の役目を果すものは乳化剤及安定剤である。

乳化剤及安定剤の選定及其使用法は、瀝青乳剤製造上の主要點で、各製造業者は、各之につき苦心研究し、特許に依つて自己の利益を保護し、各自其使用乳化剤及安定剤に關しては秘密として居る關係上、其内容は明瞭には判つて居ない。現今乳化剤として考へらるゝ物質は多種にして枚舉に暇なき程である。

乳化剤を化學的に見れば種々なものがある。最も普通に用ひらるゝのは脂肪酸、其他の物質の不織類、スルファン化せる油脂、アミン類、膠質粘土、其他雜多のものがある。この中には水に溶解性のものも、不溶解のものもあり、而して通常の場合、この中の1種のみならず2種以上を適當に配合し更に之に安定剤として他物質を加へて用ひられる。

乳化剤、安定剤の種類及量を異にするに従つて乳剤の性質は異つて来る。例へばオレイン酸鈉塩の様なものを乳化剤として使用すれば乳化作用は容易なるも、出來上れる乳剤の安定度は充分でない。之に他の不織類を共用すれば乳剤の安定度は變つて来る。更に珪酸鈉塩とかゼラチンとか澱粉の様なものを適度に加へれば更に安定度がよくなつて来る。かゝる工合

で乳化剤及安定剤の選擇は乳剤の製造及其性質の上に重大な影響を及ぼすものである。

更にこれ等のものは安定度のみならず乳剤の粘度にも關係する。例へばゼラチンの如きものを含む乳剤は、高溫に於ては適當の粘度を有するも、低溫に於ては著しく粘度の高まることがある。かかる乳剤は低溫時の使用に不適當なものである。

又乳化剤、安定剤等を多量に用ひれば乳化作用容易にして乳剤の安定度は良好となる場合多きも、乳剤使用後に殘る瀝青質被膜中にこれ等の物質が多量に残り、被膜の性質を或は脆きものとし、或は膠着性少きものとする事なきに非ず。

乳化剤には水溶性のものと不溶性のものとの兩種あり、不溶性固體乳化剤は概して其量を多く要するを以て主たる乳化剤としては現存乳剤の多くは水溶性乳化剤を使用して居る。水溶性乳化剤は乳剤中の瀝青質材料粒子の周圍に乳化剤のフィルムを作り、粒子同士が相衝突しても瀝青質材料同志が直接に相接觸せざるが如く作用する。之が爲に2粒子はいつまでも合一して一體となることなく、從つて乳剤が破壊して瀝青質材料と水溶液との2層に分ることを防いで居る。不溶性のものは主として補助的の意味に於て或は安定剤として使用せられて居る。之等の中には酸性白土とかベントナイトとかの如き所謂膠質填土; 其他の物質が用ひられて居る。

水溶性乳化剤の效果の有無強弱は、粒子の周圍を保護する乳化剤フィルムの生成の速遅及其強弱等によるもので、理想的の乳化剤（安定剤をも含めて考ふ、以下同様）としては、

1. フィルム生成の速かるもの
 2. フィルムの強きもの（機械的作用又は溫度の作用等によりてフィルムの破壊せられること）
- を必要とする。今二三の例についてフィルムの性質を見るに次の如くである。

第二表 乳化剤フィルムの性質（瀝青質材料としてパラフィン油を用ふ）

乳化剤種別	色	厚さ	強弱				
			3日	7日	10日	15日	30日
1. 硫酸ソーダ	透明	薄	弱	弱	弱	弱	弱
2. ロート油	〃	〃	中	中	中	中	中
3. 樹脂石鹼	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
4. 混合乳化剤	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
5. オレイン酸ソーダ	〃	〃	弱	弱	〃	〃	〃
6. トリエタノールアミン	〃	〃	中	中	強	強	強
7. 洗濯石鹼	不透明	〃	ク	〃	ク	ク	ク

第三表 乳化剤フィルムの性質(瀝青質材料としてダイナモ油を用ひる)

乳化剤種別	色	厚さ	強弱				
			3日	7日	10日	15日	30日
1. 石酸ソーダ	透明	薄	弱	弱	弱	中	中
2. リード油	タ	タ	中	中	中	強	強
3. 樟脂石鹼	タ	タ	タ	タ	タ	中	中
4. 混合乳化剤	タ	タ	弱	タ	タ	タ	タ
5. オレイン酸ソーダ	タ	タ	タ	タ	タ	タ	タ
6. トリエタノールアミン	タ	タ	中	タ	強	強	強
7. 洗滌石鹼	不透明	厚	タ	タ	タ	タ	タ

附記 第二表及第三表中の乳化剤の説明。

1. 石酸ソーダ	0.5% 溶液として用ひる。
2. リード油(スルファン化せる脂肪油)	タ タ
3. 樟脂石鹼	タ タ
4. 混合乳化剤 〔石酸ソーダ 樟脂石鹼 リード油〕	2.0% 3.0% 1.0% 計 6.0% 溶液
5. オレイン酸ソーダ	0.5% 溶液として用ひる。
6. トリエタノールアミン	タ タ
7. 洗滌石鹼	タ タ

上記の數例によつてもフィルム生成の速慢、厚さ及強弱等は乳化剤の性状、種別、量及瀝青質材料の種類等に依つて變化して来るものなることが判る。バラフィン油、ダイナモ油等の代りにアスファルト或はタール等を用ひたる場合は、簡単にフィルムの性質を見究めることは困難なるも、上記の場合に比してフィルムの性状が異つたものとなつて來ることは推測出来る。これ等の事情より乳化剤の種類、量等によつて、又瀝青質材料の種類に依つて、乳剤の性質が異つたものとなることは豫想し得るものと思ふ。而して其に應じて乳剤を使用せる後の瀝青質被膜の性状も異つたものとなるのは當然の事柄である。

第四章 瀝青乳剤の種類

瀝青乳剤は、其中に含まる、瀝青質材料の種類の上より又之に用ひたる乳化剤の上よりも分類する事が出来るが、又其用途の上よりも分別して考へる事が出来る。用途別に依つて鋪裝用瀝青乳剤を分類して見ると凡そ次の如くなる。

1. 助磨用瀝青乳剤
2. 撥面用瀝青乳剤(路面處理及透入法用乳剤)
3. 混合法用瀝青乳剤(路上混合用及アシント・イクシング用乳剤)
4. ポタクリート塗装用瀝青乳剤

この外、一般土木用としては防水用、コンクリート混合用等の乳剤も考へらるゝも之は省略することとする。

第五章 瀝青乳剤の一般性質

上記各種瀝青乳剤の性質に就て考ふる前に、其一般性質に就てごくざっと考へて見る必要がある。

1. 成分 上記の如く瀝青乳剤の主成分は瀝青質材料、水及乳化剤（安定剤をも含む）であるが、之を使用したる後に殘る瀝青質成分（使用瀝青質材料及乳化剤）は最も重要なものである。

2. 分解 瀝青乳剤は諸種の原因によつて分解せられ、水溶液と瀝青質成分との2者に分れる。乳剤使用前にこの分解が起ることは不都合であると同時に乳剤を使用したる後に於てはある期間の後に必ず分解を起して與れることを必要とする。乳剤使用の目的は其の究極に於て、分解生成物たる瀝青質成分を利用せんとするにあるを以つて、乳剤の分解については充分考へて置く必要がある。分解の原因については種々の事柄が挙げらるゝが、之を列舉すれば次の如くである。

a. 乾燥 瀝青乳剤を硝子の如き非吸水性の物質の表面に塗布して空氣中に放置すれば、乳剤中の水分は蒸發して其中の水分含有量は漸次減少してゆく。水分含有量がある限界以内となれば（粒子の大きさ均等なる乳剤にありては約26%以下）水中瀝青乳剤としては成立することを得ず、乳剤の2相は相転換するを以つて（相の轉換については後述）、そこに大體に於て瀝青質成分より成る被膜を生ずる。併しながらこの被膜中には乳化剤を含み、且つ水分を包含して居る。こゝに殘れる水分は更に徐々に蒸發散逸してゆき、最後に瀝青質材料と乳化剤とよりなる瀝青質被膜を殘す。即ち乾燥に依つて生ずる瀝青質被膜中には原瀝青質材料のみならず乳化剤をも含んで居る。

b. 吸水 空隙多き物質、例へばある種の火山砂利の如きものと瀝青乳剤とを混合すれば、乳剤中の水分中或る量は之に吸收せられ、乳剤中の水分含有量は甚しく減ずるを以つて、上記 a. の場合と同様に瀝青質材料は凝聚して乳剤は分解を起す。即ち道路工事の如き場合、之に使用する碎石の質の粗粒の差に依つて、乳剤分解の速度の差を生ずるものを見なければならぬ。又同様の理由に依つて、骨材が乾燥状態にあるか、濕潤状態にあるかによつても分解に速速の差を生ずる譯である。

c. 化學作用 乳剤が其乳状態を保持して居るのは一つに乳化剤の作用によるものであるから、何等かの方法で乳化剤の作用を不能ならしむるか、又は其物質を全然變化せしむるが如き物質を之に加ふれば、乳剤は最早や其値の状態を保つ能はずして分解を起し、瀝青質成

分と水溶液とに分れてしまふ。例へば乳剤に多量のアルコールを加ふれば、瀝青質材料粒子の周囲をつくる乳化剤のフィルムは破壊せらるゝを以つて乳剤は分解してしまふ。又ナトリウム或はカリ亜鉛等を主乳化剤とする乳剤に亜化石灰の濃溶液を加ふれば、ナトリウム或はカリ亜鉛はカルシウム不溶物に變ずるを以つて、水中瀝青質材料型の乳剤は最早存在すること能はずして乳剤は分解してしまふ。亜化石灰による乳剤の分解作用は乳剤の過遲の度を測定するに應用せられて居る。

d. 低溫度 乳剤を攝氏零度以下の低溫度とすれば乳剤は凍結を起し、乳化剤の種類によつては其乳化作用の機能を全く失ひ、結局に於て乳剤は分解を起すこととなる。かゝる場合には之を再び常温にもどしても元乳状態に戻らず、乳剤は瀝青質成分と水溶液との2相に分れてしまふ。冬期低溫の地方へ乳剤を送附する場合には、この低溫に対する乳剤の安定度と言ふ事は特に注意を要する事柄である。現存本邦瀝青乳剤の多くは低溫安定度については不完全であつて、其良好なるものは比較的少い状態にある。この點について今後改良を要することゝ思ふ。

3. 比重 瀝青乳剤の比重 S は水溶液の比重 S_1 、瀝青質材料の比重 S_2 及其含有量 4% より算出することを得。

$$S = \frac{1}{100} (100 - 4) S_1 + \frac{4 S_2}{100} = S_1 + \frac{4}{100} (S_2 - S_1)$$

この中 S_1 , S_2 等は比較的影響少きも、 S_2 は材料の如何により 1.00~1.25 の間に於て變化がある。瀝青質材料としてアスファルト系統のものを用ひたる場合は S_2 は 1.00~1.08 位に見て差支へなく、 $S_1 = 1.00~1.01$, $4 = 50~60$ を普通のものと見れば、

$$\begin{aligned} S &= 1.00 + 0.5 (1.00 - 1.00) = 1.00 && \text{最小} \\ \text{或は } S &= 1.01 + 0.6 (1.06 - 1.01) = 1.01 && \text{最大} \end{aligned}$$

即ちアスファルト乳剤の比重は 1.00~1.01 の間にあるものと見て差支へなし。實測の結果は第四表の如く。

第四表 本邦瀝青乳剤の比重

	比重 25/25°C		比重 25/25°C
1. B	1.001~1.016	8. A	1.008*
2. S	1.010~1.020	9. Ax	1.002~1.017
3. N	1.015	10. Eu	1.007~1.010
4. EA	1.015~1.024	11. A	1.040
5. F	1.007~1.015	12. T(英國品)	1.085†
6. W	1.015	13. M	1.150‡
7. NS	1.016~1.018		

備考 * 固體乳化剤を多量に含む。† 外國品にして、タル乳剤

上記の例の如くアスファルト乳剤の比重は概ね 1.00~1.04 の間にあり、之に反してタール乳剤は比重遙かに高し。アスファルト乳剤とタール乳剤とは比重の相違に依つても區別し得るゝ場合がある。

4. 安定度 乳剤の安定度とは、乳剤が乳状態を保つ能力についての觀念を與ふる語にして、安定度は諸種の方面より考へられる。

a. 貯藏安定度 貯藏安定度は乳剤の貯蔵中に瀝青質微粒子が沈澱或は上部に浮揚する程度、或は微粒子が凝聚して分解することに對する難易に關する觀念を表すものであるが、貯蔵中乳剤の粒子が凝聚作用を激しく起すが如きものは、乳剤として餘りに不完全なるものにして、問題とするに足らぬものである。乳剤の微粒子が沈澱或は浮揚する速度は、前掲 Stokes の法則により、水溶液の粘度に逆比例し、粒子半徑の自乗に正比例し、水溶液の比重と瀝青質材料の比重の差に正比例する。即ち貯藏安定度を高めるといふ點のみから言へば、水溶液の粘度高く、粒子は能く細く、水溶液の比重と瀝青質材料の比重とが接近して居る程よろしいと言ふ事になるが、水溶液の粘度は他の方面から見て餘り高くすることは出來ないこともあり、兩原料の比重も思ふ様に接近せしむることの出來ない場合も多い。従つて實際的には微粒子の大きさを均等且つ細微のものとすることに依り、且つ效果の大なる乳化剤を使用することに依つて貯藏安定度を高めるより外に方法がない。

b. 運搬中の安定度 乳剤は運搬せらるゝ最中にいろいろの振動を受けるが、其諸種の振動の刺戟によつて乳剤の破壊する場合がある。かゝる事なきを要するのは當然の事であるが、本邦の製品については、未だかゝる變を起したことを見かない。

c. 低温安定度 低温安定度については、乳剤の分解の項のもとに少しく述べたが、凡そ乳剤は冬期寒冷激しき土地に於ては、其貯蔵中 0°C 以下の溫度に遭遇することがある。通常の場合乳剤は -2°C 以下の溫度となれば、其中の水分は冰結する。冰結後常温に戻したる場合に、原乳状態に戻り得るものと、然らずして乳剤が分解してしまふものとがある。後者は分解の結果瀝青質材料の微粒子は凝聚して一團となり、最早や使用出来なくなつてしまふから、かゝるものは寒冷の土地に送るには不適當である。

乳剤の低温安定度を高める爲には二つの手段が考へられる。其一つは乳剤凍結の溫度を低下するにある。即ち乳剤の水溶液中に特種の薬品を加へ、水溶液の凍結溫度を低下するもので、この方法は單に凍結の溫度を幾分低めると音ふに止り、それより尚低い溫度に遭遇すれば乳剤はやはり凍結を起し、分解を起すもので、かゝる乳剤は貯蔵中の溫度には限度がある。且つこの方法は時として乳剤凍結の溫度を低下する一方に於ては、貯蔵安定度を損ふ虞なしとしないから、充分注意しなければならない。最近の本邦乳剤についてかゝる失敗の實例にも遭遇して居る。

低温安定度を高める第二の方法は、乳化剤として適當のものを選び、乳剤中の水分が凍結するも乳剤の分解を起さざるが如き方法を構するもので、この方法に成功すれば乳剤を如何なる低温の土地に送るも、貯蔵中に乳剤が使用し難きものとなる憂はない。かゝる乳剤を得んとするには低温によってフィルムは脆弱とならず且乳化機能の阻止せられざるが如き乳化剤を見出して使用することが必要である。多くの石鹼類の如きは低温に對して其作用充分ならざる怨がある。現存本邦乳剤を試験せる範圍に於ては低温安定度不完全のもの多く、氷結によりて分解を起さざるもののは一二の少數に過ぎない。

5. 相の轉換 瀝青乳剤は大體に於て水汲瀝青質材料粒子の2相よりなる。水は連續相にして瀝青質材料は非連續相をなす。即ちこの乳剤は水中瀝青乳剤である。而して水中瀝青乳剤を得る爲には之に適當なる乳化剤を必要とするものにして、乳化剤を代ふることによりて乳剤の2相を轉換して瀝青中水乳剤となすことが出来る。

例へば、オレイン酸曹達を乳化剤とし水中油乳剤を造り、之に CaCl_2 溶液の如きものを多量に加ふれば、オレイン酸ソーダは變じてオレイン酸石灰となる。オレイン酸石灰は油中水乳剤をつくる性質を有するを以て、乳剤の2相は轉換して油中水乳剤となり、最初連續相たりし水は非連續相粒子となり、最初非連續相にして粒子状たりし油は連續相となり、結局油中に水の粒子の分散せる乳剤となる。この場合油の代りにアスファルトの如き半固状のものが最初の非連續相であれば乳剤は分解して2相に分れてしまふ。

第六章 各種瀝青乳剤の性質

1. 防塵用瀝青乳剤 防塵用瀝青乳剤は砂利道、碎石道及土道等の上に撒布して塵埃を防止するに用ふるもので、瀝青質材料としては油状のものを用ゐる。即ち防塵用道路油の代りに油を乳化せるものを用ふるものにして、本邦に於てはアスファルトに比して油が高價なると、單に防塵のみを目的とするより、他種の舗装を行ふ方がより永久的又經濟的なるによつて、餘り使用せられて居ない。又特にこの目的に合致する様な乳剤は造られて居ない。

2. 撒布用瀝青乳剤（路面處理及透入法用乳剤） 路面處理或は透入式工法に於て、加熱クール、カット・バック・アスファルト及加熱アスファルト等を撒布する代りに、之等の工法に於て常温のまゝ使用する瀝青乳剤にして、現今に於ては本乳剤の原料たる瀝青質材料としては、主として軟質のアスファルトが用ひられて居る。稀にはタール製品を幾分混合せるが如きものもあるが、多くは直瀝石油アスファルト針度70~200のものが使用せられて居る。

撒布用瀝青乳剤が、工場に於て製造せられたる後に受くる取扱いを考ふるに、貯蔵、運搬、撒布、分解及分解後の瀝青質被膜等の諸種の段階を通過する。之等の取扱中に於て乳剤に必要な性質を考ふれば次の如くになる。

(i) 貯藏及運搬 乳剤は貯藏中及運搬中に於て、其質に變化の少い事を必要とする。貯藏中に乳剤が分解してしまふ様なものは、完全なる乳剤とは言ひ難きを以つて問題外とするも、其粒子が多量に沈澱し、運搬中に一部の分解を起し或は低温に遭遇して水結せる際に破壊してしまふ様な事のない事を必要とする。即ち貯藏安定度、運搬中の安定度及低温安定度（各期寒冷はげしき場所に送るものに限る）等の完全なることが望ましい。

a. 貯藏安定度に關しては、大體前掲の如くであるが、本邦現時の製品中には、この點に關して不完全のものもあり、又同一工場よりの製品であつても、時として其安定度を著しく異にする場合がある。之は乳剤の製造は、前掲の如く製造の際の諸種の條件によつて左右せらるゝものなる爲である。使用者並に製造者兩方面に於てこの點に注意する必要がある。

b. 運搬中の安定度については現今餘り問題とならぬから省略する。

c. 低温安定度については前述せる通りである。

(ii) 撒布 乳剤は撒布に際して撒布に便であり、且つ透入の充分行はるゝに足る性質を供へて居らねばならぬ。

撒布に便なる爲には適度の粘度を有つことが必要であると共に特殊の撒布機を用ひる場合には其細い噴出孔が閉塞する虞のない様、乳剤粒子の大きさが均齊のものであると共に、貯藏中に沈澱する量の少きものたることを要する。撒布せられたる乳剤が、骨材間に透入し終るまでは、乳剤の状態を保ち、且つ適度の流动性を必要とする。

本邦現時の撒布用乳剤の比粘度を見るに次の如くである。第五表に見る如く撒布用乳剤の25°Cに於ける比粘度は概ね2.0~5.0の間にあり、4°Cの比粘度は概して2.8~10.0の間にあり。

第五表 本邦撒布用瀝青乳剤の比粘度

種別	エンジマー 比粘度 25°C	比粘度 4°C	種別	エンジマー 比粘度 25°C	比粘度 4°C
B	2.0~3.3	—	NS	3.2~3.6	4.1~4.2
S	2.4~5.0	—~8.2	A	4.1	—
N	2.3	8.9	Ax	2.0~0.8	2.8~10.1
EA	1.7~4.0	—	Eu	3.0~5.5	5.0~9.7
F	2.9	2.8~3.2	*F(不明)	—	51.8
W	4.4	6.4			

備考 * 撒布用乳剤としては通常品と其性質を異にする

乳剤の粘度は種々なる條件によりて異なるもので、其主なる因子を列挙すれば次の如し。

1. 瀝青質材料含有量
2. 乳化剤(安定剤をも含む)の質及量
3. 粒子の大きさ
4. 瀝青質材料の質
5. 濕度

乳剤の粘度 μ_a は次の式によりて示される。

$$\mu_0 = \frac{\mu}{1-(\varphi)^3} \quad \mu \dots \text{分散媒即ち水溶液の粘度} \\ \varphi \% \dots \text{瀝青質材料含有量}$$

但し μ_0 と μ とは同温度のものを設す。

この中 φ は概ね 50~60% 位であるから、乳剤の或一定の温度に於ける粘度は主として水溶液の粘度即ち乳化剤の質及含有量に依つて變化する。乳化剤の質如何によりては温度の變化に伴ふ粘度の變化の少き場合と多き場合とあり、而して概して低温に於ては粘度は高まるもので、低温に於て餘りに粘度高きに失するものは、使用上不便を伴ふものである。

乳剤散布の時の温度に於けるエングラー比粘度は、従來の経験上 2.0~4.0 程度を最も良しとするものゝ如く、四季を通じ多少の餘裕を見て規格を定むれば 25°C の比粘度（エングラーベ）2.0~8.0 位に考へて可である。温度の變化による比粘度の甚しき變化を防ぐ爲に 4°C の比粘度は 25°C の實測比粘度の 2.5 倍以下位に定むるを至當とす。但し夏季使用のものと冬期使用のものとでは、其比粘度規格を多少變るを合理的なりと言へる。

(III) 分解 乳剤を撒布し、骨材間隙に其透入し終りたる後は、乳剤はなるべく速かに分解を起し、分解を終了して失ることを要する。撒布用乳剤の分解時間は最も重要な性質である。撒布せる乳剤が、砂石間に透入しゆく間に分解を起しては困るが、現存乳剤では、其れほど分解の早や過ぎるものもない。規格としては分解時間の最短を 5 分位にとつて差支へない様に思ふ。又分解が遅すぎるものは、撒布せる乳剤がいつまでも其儘の形で居ることを意味するもので、乳剤が乳状態の儘で居る間は腸着材としての作用を開始しないから、いつまでも其目的を達しないと言ふことになる。且つ其間降雨にあれば、乳剤は雨水の爲に流し出さるゝ危険がある。分解時間の最大としては 2.0 時間位を取る。現存本邦撒布用乳剤の分解時間は凡そ次の數例の如くである。（測定方法は内務省土木試験所にて行へるものによる）。

第六表 本邦撒布用瀝青乳剤の分解時間

種別	分解時間	種別	分解時間
B	40分~1時30分	W	1時40分(1例)
N	30分~1時30分 (30分程度のもの多く)	NS	50分(1例)
N	≤2時	Ax	45分
EA	30分~1時0分 (40分程度のもの多く)	A	≤2時
F	45分		

本邦撒布用乳剤の分解時間は 30分~10 分程度のもの多し。厳密なる意味より言へば、乳剤の分解は上述せる諸種の原因に依るを以つて、其分解時間も次の各項によりて異なる。

1. 温度及湿度
2. 骨材の空隙率及粒度
3. 乳剤の粘度 (粘度高きものに、骨材周囲を被覆する乳剤被膜厚さを以つて乾燥に長時間を要す)

従つて分解時間を精確に相比較するには、骨材の石質、大きさ、温度及湿度等を一定してからなければならない。然るに工事現場の状況は常に變化するを以つて、實驗室に於て測定せる所は一つの目安を與ふるに過ぎぬ。冬期に使用するものにつきては特に分解時間の速きものを使用するを得策とする。

乳剤の一定状況の下における分解時間を左右するものは、乳化剤の質及量である。概して乳化剤の量多き場合は分解時間がおくれる。分解時間を極端に速め様として乳化剤の使用をあまりに制限すると、時として貯藏安定度の不良なるものとなる。この二つの性質はそのいづれとも犠牲に供する譯にはゆかぬものであるから、其矛盾を得ることが必要である。本邦製品中には勤もすれば其一方に偏したものがある。

(iv) 分解後の瀝青質被膜 撒布せる乳剤が分解せる後は、其水分と瀝青質成分とは相分離し、水分の内一部は自然蒸發によりて消失し、一小部分は骨材の空隙に吸收せられ、他の部分は骨材間にのこるか、他へ流出し去る。かくして漸次水分が消滅しゆけば、瀝青質成分は被膜となつて骨材の周圍を被覆し、骨材同志を相膠着せしめる。この瀝青質被膜は、膠着性に富み、適度の剛度を有し、骨材によく密着すると共に、降雨とか外力とかの爲に變質、剥落したり、又再乳化して流れ去る事なきを必要とする。こゝに得らるゝ瀝青質被膜中には、原瀝青質材料の他に乳化剤及安定剤等をも含むを以つて、乳剤中より分析により水分を除去して得らるゝ瀝青質殘留物は略この被膜を構成する部分と看做してよろしい。

撒布用乳剤の瀝青質殘留物は通常 50~60% である。従つて乳剤中の水分は 40~50% である。瀝青質殘留物の量の多いことは、大體に於て膠着材としての有效成分が多いと言ふ事になるから、之は望ましい事柄であるが、既に粘度の項に説きたるが如く、瀝青質成分が極端に多ければ乳剤の粘度は高まり、粘度があまりに高くなれば撒布用製品として不適當となるから、瀝青質殘留物の量を勝手に高める譯にはゆかない。現今通常上記の範例を普通とし、其多くは 52~53% 前後のものが多い。規格としては 50% 以上位を適當と考へる。

乳剤分解生成物たる瀝青質被膜の性質は、この瀝青質殘留物の性質を検することによつて推測せられる。

a. 瀝青質殘留物の成分 前述の如くこの中には原瀝青質材料及乳化剤、安定剤等をも含んで居る。今瀝青質殘留物を CS₂ (二硫化炭素) 或は CCl₄ (四塩化炭素) を以つて溶解すると其中の瀝青分は溶解せられ、其あとに少量の不溶解物を残す。この不溶解物は乳化剤或は安定剤より来る所のもので、膠着材として働く部分である。今この不溶解物の量を見るに第七表の如くである。

第七表 瀝青乳剤中の CB₂ 不溶解物

種別	不溶解物(%)	種別	不溶解物(%)
B	0.8~1.0	NS	0.7
S	0.4~0.6	Ax	4.2
N	0.3~0.8	A	0.3~0.5
EA	0.2~0.5	Eu	0.2~0.5

備考 *撒布用乳剤に非[△]。

即ち不溶解性成分は概ね 1.0% 以下である。即ち瀝青質殘留物の 98% 以上は瀝青質と看做して大過ないものと思ふ。

b. 瀝青質殘留物の物理的性質 通常瀝青質殘留物につきては、針度及延性を測定する。蒸發殘留物の測定は誤差多くして困難である。乳剤瀝青質殘留物の針度及延性は第八表の如し。

第八表 瀝青乳剤瀝青質殘留物の針度及延性

種別	針 度		延 性	種別	針 度		延 性
	(25°C, 100g, 5sec.)	(15°C, 5cm/min.)			(25°C, 100g, 5sec.)	(15°C, 5cm/min.)	
B	140~200	>100		W	205 (1例)	>100	
S	80~135	82~>100		NS	105~147	>100	
N	81~120	>100		A	77~107	84(25°C)~>100(15°C)	
EA	75~140	>100		Eu	110~213	81~>100 (25°C)	
F	104~130	>100					

瀝青質殘留物の規格としては針度 (25°C) 70~200；延性 (25°C) 80 以上位にとりてよからう。但し針度は通常 130~200 位を普通とし、延性は 100 以上あるものが多い。

c. 瀝青質被膜の性状 上記針度及延性によりて、其強度及膠着性の有無等につき大體の推測を下し得るが、猶被膜の水に対する作用は分解時間試験の際之を同時に検する。上記針度及延性に於て合格するものも、被膜試験に於て紫外不良の成績を示すものもあるを以つて被膜の性状についてでは注意しておく必要がある。即ち瀝青質被膜を以つて被はれたる碎石を水と振蕩せる場合に、あるものは其一部の剥落を生じ、大部分流し去るものあり、又は鐵を生ずる場合等がある、かゝるもののは完全なるものとは看做されない。

C上記諸種の例は昭和 6 年夏頃迄の製品に關するもので、其後性質の向上せるものあるを以つて、今後の製品は上記の例を以つて推測出来ない。

d. 混合法用瀝青乳剤 混合法用乳剤は其性質の上に於て、前述の撒布用乳剤と根本的に異つた所がある。撒布用乳剤は本邦に於て製造せらるゝものかなり多く、又其使用も廣くに亘つて居るが、混合法用乳剤は本邦に於ては比較的發達して居ない。然し本邦製品の中二、三のものは、混合法用乳剤の性質を多分に有つたものがある。

混合法用瀝青乳劑は、加熱アスファルト或は加熱タールを骨材と混合して撒布するか、又は路上混合を行ふ代りに常温に於て用ゐらるゝ乳劑で、之には凡そ 2 種類のものが考へられ、其の性質も多少異つて来る。其一つは路上混合用乳劑で、他は機械混合用乳劑である。

路上混合用乳劑は、路面上に布き均せる碎石上に之を撒布したる後路上に於て混合を行ふに用ゐるものにして、機械混合用乳劑は、あらかじめ混合機中にて骨材と混合しつゝに生ずる乳剤及骨材の混合物を路上に敷均して、之を固結し鋪装を造るに用ひられる。従つて路上混合用乳劑は一面に於て撒布用乳劑の性質を有し、一面に於て混合用乳劑の性質を帶びたもので、撒布用乳劑と機械混合用乳劑との中間を行くものである。

いづれにしても骨材と混合する點に於て、撒布用乳劑とは根本的に其用法が異つて居り、又其れに從つて性質も異つて来る。

混合法用乳劑についても撒布用乳劑の場合と同様に、貯藏及運搬、撒布及混合（路上混合の場合）、混合及混合物撒布（機械混合の場合）、分解、分解後の瀝青質被膜等の諸種の段階に分けて、其性質を検討して見ると次の如くなる。

A. 路上混合用瀝青乳劑

(i) 貯藏及運搬 貯藏及運搬に關しては撒布用乳劑と全く同様である。唯混合法用乳劑は概して分解の緩慢なるを以つて貯藏安定度を良好にする爲に困難を感じることとは少い様に思はれる。

(ii) 撒布及混合 路上混合乳劑は路上の骨材上に之を撒布するものであるから、この點に於ては撒布用乳劑に類似した性質を有つて居なければならない。即ち沈澱少く、適度の粘度を有することであるが、骨材と乳剤との混合は人工的に行ふものであるから、路上混合用乳劑の粘度は、撒布用乳剤の粘度よりは幾分高きものにても差支へない。C. L. Mc Kesson 氏は諸種の経験の結果、路上混合乳剤の粘度は 100 秒 (Saybolt Furrol, 21°C) 位を、撒布用乳剤の粘度は 50 秒(同上)位を適當と考へて居る。之を要するに撒布機によりて撒布し得る程度の粘度のものならば差支へない。

(iii) 分解 路上混合用乳剤を路上骨材上に撒布すれば、骨材間隙に透入するも、この場合は、路面處理、或は透入法の場合と異り乳剤により骨材を被覆する爲に更に路上混合を行ふものなるを以つて、この混合中は乳剤の分解を起しては困る。混合中に分解を起す時は混合困難となり、又均等なる混合物が得られない。即ちこの乳剤の分解時間はある程度以上長きものにして、充分混合に耐ふるものでなければならぬ。撒布用乳剤と混合用乳剤との根本的相違は、實にこの點にあるもので、撒布用乳剤を骨材と混合すれば直ちに分解を起して混合困難となるに反して、混合用乳剤は容易に骨材と混合し得て、其所に均等なる混合物を與ふるものである。余の考へでは少くとも 2 時間以上なることを要する。(一般に分解時間の

測定に當りては、撒布用乳劑と混合法用乳劑とに對しては別種の方法をとる。併しながら混合を終り、混合物を路上に一様に敷き均らしたる後は、なるべく速く分解を起して瀝青質被膜を生じて與るゝ事を要するもので、分解時間のいたづらに長きことは決して望ましき所ではない。

(iv) 分解後の瀝青質被膜 分解後の瀝青質被膜の大體の性質に關しては、略撒布用乳劑の場合と同様なことが言はれるが、路上混合用乳劑にありては、其粘度について、撒布用乳劑程厳格なることを必要としない爲に、瀝青質殘留物の量は稍多からしむることが可能である。即ち 55~60% 位にとるも製造可能である。瀝青質殘留物の性質についても、略撒布用乳劑規格と同じ範囲のものと看做して差支へなからう。被膜の性狀に對しても略同様の事が言はれるが、之に對する試験の方法は撒布用乳劑と多少異つた者によつて定められなければならぬ。

B. 機械用瀝青乳劑

(I) 貯藏及運搬 貯藏及運搬に關しては路上混合用乳劑と全く同様なことが言はれる。

(II) 混合及混合物撒布 機械混合用乳劑は混合機中に於て豫め骨材と混合し、こゝに生じたる混合物を路上に撒布輥壓して路面を築造するに用ひらるゝものにして、乳劑の撒布を行ふ必要なきを以つて、路上混合用乳劑に比して、其粘度に關しては尙一層寛かに考へて差支へない。Mc Kesson 氏は路上混合用乳劑の粘度 100 秒に對し、機械混合用乳劑の粘度は 200 秒位 (Snyldott Furol, 21°C) に考へて居る。

(III) 分解時間 路上混合用乳劑と同様の意味にて、分解時間の早すぎることは、混合及混合物の撒布に困難を來すを以つて、やはり 2 時間以上を必要と考へる。又いたづらにこの長いことも決して望ましいことではない。

(iv) 分解後の瀝青質被膜 機械混合用乳劑については其粘度について最も寛大なる爲、瀝青質殘留物の量は乳化作用の行ひうる範圍に於て最も高からしむることが出来る。Mc Kesson 氏は 45~70% 位を普通と考へて居る。瀝青質殘留物の性質については、骨材の性質に應じて針度稍少きもの迄も許し得るものと思はれる。かくして生ずる被膜の性狀に關しては、大體路上混合用乳劑と同様に考へて差支へなきものと思ふ。

C. 混水安定度

上記 2 種の混合用乳劑の使用にあたりては、豫め水を以つて骨材を潤し、然後に乳剤との混合を行ふを普通とする。従つて混合法用乳劑は水を以つて稀釋せられたる場合直ちに分解するが如きものでは困る。即ち混水安定度の良好なるものたることを要する。

D. 本邦現存混合法用瀝青乳劑

本邦に於ては撒布用瀝青乳劑の發達せるに比して、混合法用乳劑の發達は後れて居る。今

本邦乳剤の中に於て、比較的分解時間長くして、骨材と混合しうる程度のもの二、三を探りて其性質を見るに次の如し(第九表参照)。

第九表 分解時間稍長瀝青乳剤の性質

項目	種別 (No. 1178)	A-I	A-II	A-III	A-IV	B (No. 840)	C (No. 897)	D (No. 1120)	E (No. 1147)
		暗褐色 均等	暗褐色 均等	黃褐色 均等	均等	分離し 易し	褐色均等	褐色均等 タール臭	褐色均等
比重	25°/25°C	1.080	1.025	1.040	1.038	1.068	1.007	1.018	1.017
比粘度エングラ - 25°C		5.4	25.2	3.0	12.1	4.1	3.0	0.8	5.0
" " 4°C		7.9	37.7	—	—	—	0.4	0.7	0.0
瀝青質殘留物	49.3	49.0	51.8	48.0	35.0	52.0	44.0	50.0	
同上 性質	針度 25°C	105	90	40	33	47	213	134	95
延性 15°C	50	46.5	>100	21	71(25°C)	>100	12	>100	
軟化點 R & B	—	—	—	—	55	38	—	—	
分解時間	4 h.	4 h.	分解遲し	2 h. 以上	分解遲し	2 h. 以内	分解遲し	>2 h.	
被膜の状態	稍良	幾分再乳化	2時間後 も再乳化	不良	不良	良	幾分再乳化の傾向	良	
貯藏安定度 7日 (%)	11.5	2.2	5.0	0.5	21.4	7.8	0.4	0.11	
混水安定度	—	—	—	良	—	良	大體安定	良	
低温安定度 -5°C	—	—	—	良	—	良	大體安定	—	
CCl ₄ 不溶物質	—	—	—	—	1.4	—	—	—	
無機物	—	—	—	—	1.3	—	—	—	
CCl ₄ 不溶有機物	—	—	—	—	0.1	—	—	—	

第九表を見る時は其性状は各種皆大いに異り、比粘度の如きは種々雑多である。瀝青質残留物の量は概して少き傾向にあり、ひとりE製品のみは 50% を保つて居る。概して混合法用乳剤については尚發達の餘地あり。併しながらこの中には特種の用法によりて砂の如き細粒骨材と併用して路面を簡易に防水性となす程度の工事には使用しうるものあり、又 E 製品の如きは路上混合用乳剤として使用し得べきものゝ如くである。

4. コンクリート養生用瀝青乳剤 コンクリート施工後初期硬化の期間に於て、コンクリート中の水分が不足する缺點を補はんが爲には、従来ムシロを以つて之を蓋ひ、之に時々撒水し、或は土を以つて之を蓋ひ、又は其上に水を湛へてコンクリートの養生を行ひ來つたが、之に代ふるに瀝青乳剤を使用することが最近に至つて試みらるゝに至り、其成績良好である。之に用ゐる乳剤の性質としては、次の各條件を必要とする。

1. 撒布機を以つて乳剤を撒布するに適當なる粘度を有し且つ泡源少く、粒子細きこと。
2. コンクリート表面に接したる後は速かに分解すること。

上記の性質は、大體撒布用乳剤中の性質良好なるものによりて満足せしめるゝものにして、特に別種の乳剤を使用する必要なきが如し。但しこの際には未凝結コンクリート上に廣

く乳剤を撒布し、其分解によりて生じたる薄き瀝青質被膜を以つて、コンクリートの表面を完全に蓋ひ締さんとするが目的なるを以つて、コンクリートへの附着及被膜の強度なるものたることを必要とする。コンクリート硬化後は被膜の存在を必要とせざるものであるから、其強度は軟質のものでも差支ない。キユアクリートなるものはこの目的の爲に使用せられて居るが、其性質は下記の如くである。

比重 25°/25°C...1.015, 粒子の大きさ...1.5~3.5μ, 比粘度 25°C...2.1
キユアクリート性質 分解時間(セメント・モルタルによる)...2 時間以内, 被膜の状態...良, 瀝青質残留物...50%

この程度の製品はキユアクリートの如き特別製品に依らずとも、本邦現存乳剤中に見出しうることと思はれる。

第七章 各種瀝青乳剤の規格

上記各項により、本邦各種乳剤の性質及其特徴等につき大略の観念が得らることと思ふ。從つて規格については特に詳説するの要を見ない。下記に二、三種の乳剤に対して余の適當と考ふる規格を表示して軽を止む。但しこの規格案は現存製品の向上、工法の改良とに從つて、尚變化せしめゆく必要あるは旨ふれでもない。

第十表 撒布用及混合用瀝青乳剤に対する規格案

項目	撒布用瀝青乳剤(路面處理及 浸入法用)	路上混合用 瀝青乳剤	機械混合用 瀝青乳剤
1. 外観	品質均等なるべし	品質均等なるべし	品質均等なるべし
2. 比重 25°/25°C	{同一工場の同種製品に對 しては 0.01 以上の変化 なきことを要す}	同 左	同 左
3. 比粘度 キュックラー 25°C	2.0~8.0	10.0 以下	{水を以て稀釋し、瀝青 質残留物 50% となし くなるに至り試験す。 10.0 以下}
4. 4°C	25°C 實測比粘度の 2.5 倍以下	同 左	同 左
5. 瀝青質残留物	{50.0% 以上 (同種製品に對しては 50.0% 以上の差をきることを要す)}	55.0% 以上 ³⁾ 同 左	60.0% 以上 ³⁾ 同 左
6. 瀝青質残留物性質			
針度 25°C, 100g, 5 sec.	70~200	40~200	40~100
屈折率 25°C, 5mm/min	80cm 以上	60cm 以上 ³⁾	50cm 以上 ³⁾
7. CCl ₄ 或は CS ₂ 可溶物質	48.0% 以上	53.0% 以上 ³⁾	57.0% 以上 ³⁾
8. 貯藏安定度 7日	10.0% 以下	10.0% 以下	{上記機械乳剤に對し 10.0% 以下}
9. 混水安定度	—	良	良
10. 低温安定度	良	良	良

項 目	撒布用瀝青乳劑(路面處理及 透入法用)	路上混合用瀝青乳劑	機械混合用瀝青乳劑
10. 分解時間	5分~20時	2時~5時	2時~5時
11. 被膜の状態	良	—	—
12. 砂との混合物の状態	—	壓縮せるものゝ表面は水 によりて再乳化せず	同 左

備考 1). 施工の時期、施工場所の気候等によりて、上記規格の範囲に於て、適當の指定をなすを可とす。
 2). 低温安定度試験は冬期必要の場合に限りてのみ行ふものとす。
 3). 混合法用瀝青乳剤は本邦製品にして上記規格に合格するもの殆どなし。特に瀝青質殘留物の
 量、瀝青質殘留物の延性 C_{OI} 或は CS_2 可溶物質等に對して然りとす。従つて、當分は之等
 の項目に對してはやゝ程度を低下したる規格を以つて購入するの要あるべし。

(以上)