

道路鋪裝用瀝青乳劑の基本的並に施工に於ける性状と標準試驗方法との相互關係に關する考察 (其の1)

島 田 八 郎

目 次

第 1 章	瀝青乳劑に於ける瀝青物質微粒子の狀態
第 2 章	瀝青粒子分散式と實測値との比較
第 2 章	セメント粉末鋪裝試驗との對比

序

瀝青乳劑は簡易鋪裝用材料として必要缺くべからざるもので各種の規格標準試驗があり常に其の用途に應じ材料檢收に際し適應されてゐる。元來規格試驗は各種の見地立場より制定されるもので瀝青乳劑の如きは其の鋪裝材料としての用途

に最も適應すべく定めらるべきものである。便宜上施工操作の難易と施工物成績に大別し得。一方同材料製造の方面よりも大なる制限を受く従つて規格試験なるものも永久不變なものでなく常に其の材料に對する各種の認識程度に應じて進歩するものである。其の必要な條件は少くとも下記の4種に大別し得。

- 1) 材料力學的化學的見地に於て定性定量的に各種の特性を明かにする事。
- 2) 材料使用に際しての必要條件を工學的に (technicaly) 明かにする事。(施工後の成績も含む)
- 3) 材料製造に於ける吾人の期待し得る程度を明かにする事。
- 4) 上記事項の有機的關係を明かにする事。

鐵材其の他可也り發達の歴史舊き材料に關しては上記の4事項は特に明記せずとも標準規格試験の内容に或程度まで含有され、規格の意義等も特別な場合を除きては不明瞭な事はない。然るに瀝青乳劑に關しては他の材料に比較し特殊の性状を有する事と又其の發達歴史あさき爲め未だ充分研究されず鋪裝施工者側よりは現行規格試験は指針を與ふも鋪裝工法と如何なる關係にあるや適切な相互關係が不明であるとの聲を聞く、蓋し此問題に對する解決を得んには上記の4項の總てを明かにせざれば或る程度までにて満足な目的を達する事は不可能である。2項材料使用に際しての必要條件すら未だ明瞭研究されたものが少ない例へば試験鋪裝に對する成績結果を見るも完成されしものに對する一方的の判斷で鋪裝の形成される操作 (process) の狀況に關する事例に對する數字的 (technically measured) 研究は筆者基期の爲めか無い様である。殊に 1) 2) 3) 事項に考慮を拂ひつゝ最も合理的な方針による綜合的研究は更に無い、斯かる有様なれば標準試験法が工學の見識を有する鋪裝施工者の満足を得るものに達するには前途遼遠にて各方面の努力を要する事は想像に難

くない。標準試験者自ら屋外試験者となり綜合試験の資料を多方面の角度より求め科學的に一歩々々進む必要がある。土木工事が自然界に於ける一つの技術實驗であるとの見識を持ち其れに應ずる心構が必要である。綜合的試験を行ひ得れば一部問つゝ順序徹底的に研究するが徑路である。

「舗裝用瀝青乳劑」現今の試験法は使用の目的に應じ定められてゐる、内務省土木試験所報告土木工事用材料標準試験方法、西川氏著瀝青乳劑にも記載されてゐる、最も新しいものでは福島氏が昭和十二年四月“道路の改良”に瀝青乳劑に関する國際研究聯合委員會並に同協定試験方法の解説と題し1933年のロンドン市萬國石油會議、1934年のミュンヘン市瀝青乳劑委員會、1935年のパリ市瀝青乳劑研究委員會の議題の傾向並に國際協定瀝青乳劑試験方法の解説があるが、瀝青乳劑が路面處理用透入用混合用として使用される時、各種の氣象状況の下に又輾壓作の下に多種多様な空隙形状を有する粒度の骨材層との間に如何なる混和滲透作用が起り適當な被膜により安定度を増大し舗裝版として適切なものが形成されるに必要な工學的資料との關係が餘り明瞭でない、經驗又は實際上の成績による可否判断に漠然となつてをり定量數字的測定によつてゐない様に解せられる。

勿論種々の事情により現今に於ては已むを得ざる事であるが土木技術者としては現状を以て満足すべきでない少くとも先きに掲げた4項目に就き多方面より研究し最も合理的な規格試験法の發展と施工法の改善更に製造法に於ても進歩を計るべきである。

施工に際してこの必要條件並に瀝青乳劑製造に関する事項は更に將來研究にまつ事とし瀝青乳劑を取扱ふ人々の参考の爲めに筆者が内務省土木試験所で試みた瀝青乳劑の基本的研究中より二、三の主要なる結果を解説し實際上に於ける意義を

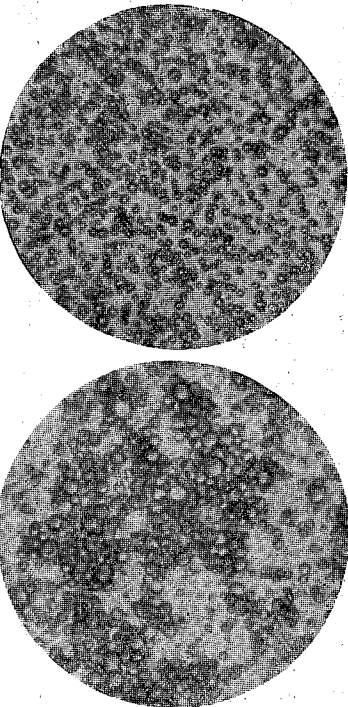
明かにせん。之の小論説により瀝青乳劑の特異な性質を明かにし鋪設工學者の參考に供し得ば幸甚の至りである。尙ほ筆者の瀝青乳劑研究に就ては西川技師の助言福島工學士の研究、土屋直君の助力に俟つ所が多い。

第 1 章 瀝青乳劑に於ける瀝青物質微粒子の状態

瀝青乳劑の標準試験の一に“乳劑の均等性の測定 (Homogeneity or Spraying Quality)”“標準篩濾過試験”(Sieve Test)がある、一定規格の開口を有する篩にて一定容量の乳劑を濾過し、殘留する瀝青物質の量を測定するので網目は、凡そ 0.15mm (150 μ) であるから瀝青物質が凝集し塊状を呈せる部分が多くなれば殘留物が增大す、極端な場合には全く瀝青物質が溶解より分離し乳劑の状況を示さない。此の規格の内容を理解するには完全な乳劑では瀝青物質は如何なる状態に存在してゐるのかを明かにして置く事が必要となる。乳劑の粘性 (Viscosity) 貯藏安定度、分解度、低温安定度、滲透性を明かにし、單純な水又は濃厚な油類との全く異なる性状並に不凍性セメント土壤混合用特種乳劑の特性を理解するにも先づ分散状態に對する明快な認識が必要である。

瀝青物質は微粒子となり球形を保ち互に膠着する事無く衝突相反撥せるもので瀝青粒子は負電荷を有する爲め常に互に膠着せず安定を保つ。電氣泳動と稱する電場内で瀝青微粒子の可動性を實驗するに或る一種の乳劑では粒子の大小多様あるも負電荷による電位差は略々一定である事を知つた。完全な乳劑では微粒子は互に接近衝突するも同じ符號の電荷の爲め相反撥し微粒子は常に同じ形状を保つてゐる。又乳劑の膜の存在により膠着せざる事を説明せんとするものもあるも要するに楕の兩面の如きものであらう。斯かる状態は乳劑を顯微鏡下に見るとよく分る。第 1 圖 (a, b) は、乳劑をオレイ

ソ酸ソーダ溶液にて稀薄し適當に擴大せる顯微鏡寫眞にて大小多數の球形粒子の存在せる事が分る。其の上粒子の周圍に微動せる波狀が撮影されてゐる。即ち各粒子は静止せるものでなく前後左右に活潑に運動してゐる事、即ちブラウン運動の存在を示すものである。



(a) I號 倍率 $\times 400$
 (b) F號 倍率 $\times 350$
 第1圖 遷青乳劑の顯微鏡寫眞

次に注目される事は斯かる大小球形の粒子は如何なる割合に存在せるものか、又存在すべきものなるかといふ問題である。此の粒子分布に関する問題は遷青乳劑の工學的特性を明かにせんと試みる時第一に解決を要するものであるが、従来 Meunier, Levi の實驗的研究以外に試みられたものが無く且つ兩者も其の必要性を指示した程度に過ぎない。筆者は第1圖の如き寫眞を夫々一試料に就き二、三枚撮影し粒子數 3000 個程度を全く任意にとり直徑 ($d\mu$) と ($d+1$) μ , (d 且し $\mu=0.001mm$)、の間にある粒子の總數に對する%を求め之を圖示した。第2圖 a) b) は其の一例である。

點線は實測より得た分布を示すもので或る直徑の値 (D_0) に對する粒子が一番多數ある (頻度、最大) 事を示す第2圖は横軸に粒子直徑を示し縱軸粒子數の割合を示してゐる。一例をとリ説明せん。例へば粒子直徑 3μ の粒子數%が 24% と云ふ意味は 3μ を中心とし 1μ の差のある直徑範圍即ち $2.5\mu\sim 3.5\mu$ 間の直徑を有するものが總數の 24% あるとい

ふ事を示すものである、斯かる圖示法によると 1μ より
 小なる直径を有する粒子の餘多存在せる場合粒子數%が
 100%を超過せる數字を示す事あるも全く同意義なれば、
 若し直径範圍 0.5μ とすれば圖示の%數に 0.5 を乗じて
 をけばよい。約 20 種の試料に就き試験したが。

第 2 圖 a) b) と全く同じ傾向を示すもので常に頻度最
 大を與ふ直径 D_{90} が求められる、今 D_{90} を第 2 確率直径
 を稱ん、

a. 圖の場合 $D_{90} = 1.40\mu$

b. 圖の場合 $D_{90} = 3.0\mu$ ……である

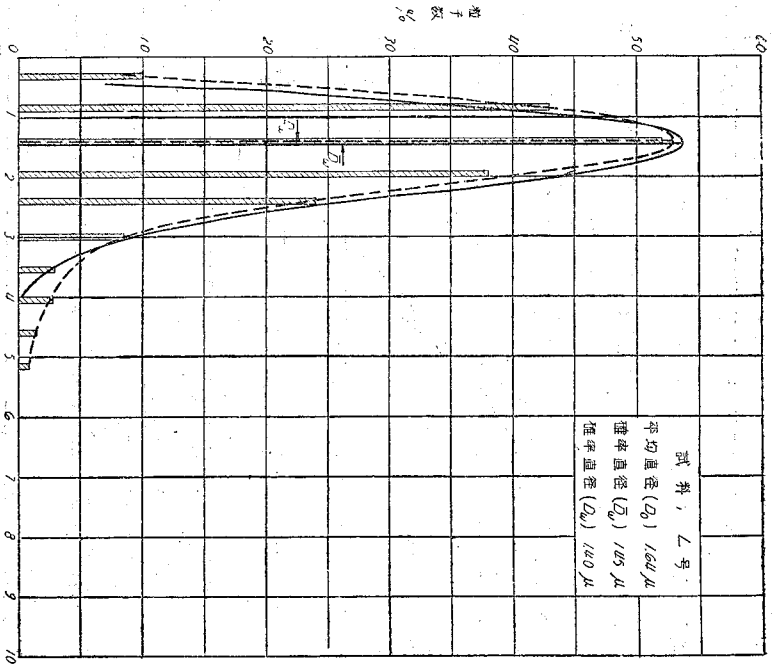
又總ての粒子の直径より平均直径をも計算し求める事
 を得、今 D_0 の記號で示す。

第 2 圖のものに對しては夫々

a. 圖の場合 $D_0 = 1.64\mu$

b. 圖の場合 $D_0 = 1.10\mu$

である、圖示により明かなる如く常に $D_0 > D_{90}$ の如く

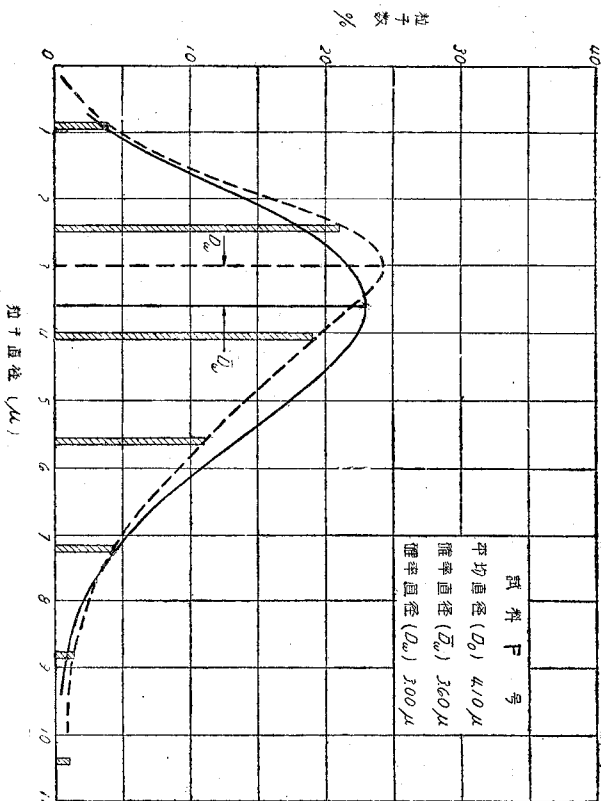


第 2 圖 (a)

分布してゐる。特に説明を加へなかつたが、a) 圖は混合用乳劑で b) 圖は撒布用のものである。第2圖の點線は實測結果を連結せるものであるが、斯かる規則正しき分布を示すは瀝青乳劑の本質的な特性にあるもので必ず分解速度、分解値等の如き他の性質と密接な關係が存在する筈である。

然るに茲に分解速度、分解値と稱へるものは瀝青乳劑と碎石との相關作用によるもので必ずしも乳劑其のものゝ組織構造のみによらぬ。此點は兩者を比較せんとするに際して最も注意を要する事柄で、若し漠然と、問題を取扱はゞ遂に得る所無からん。

従つて以上の分布の原理を明かにせんとして引用する實驗は他の物質との相關作用を用ひず第一階程に於ては其れ自身の他の特性との關係を利用する事が望しい。本章に簡單に分布理論式を説明せし實驗結果よりも立證せん。



第2圖 瀝青乳劑の瀝青粒子分布を示す (b)

第 2 章 滲青粒子分散式と實測値との比較

第 1 圖第 2 圖により滲青物質微粒子が如何なる状態で乳劑として存在してゐるかを説明した。乳劑が安定に存在してゐるのは乳化劑の如きもの作用にて微粒子の周圍に第三層が存在する爲めである。即ち一種の吸着層があり、負電荷を帯びてゐる事が分る言葉を換れば粒子は電氣的、エネルギーを有してゐる。外界より加へられたエネルギーが統計力學的分布に従ふと假定し理論的に下式の如き分布式を得た。

$$\Delta N = N \frac{4\beta^3}{\sqrt{\pi}} e^{-\beta^2 r^2} \times r^2 \Delta r$$

$$\beta = 1/r_w \quad \bar{D}_w = 2r_w = A \frac{1}{\sqrt{-\sigma_{AB} + B\zeta^2}}$$

$$\bar{D}_w \doteq \frac{1}{\zeta}$$

但し、 N = 單位容積中の滲青粒子總數、 ΔN = 半径 r と $(r + dr)$ の範圍に存在する粒子數、 $r_w = \Delta N$ の最大値を與ふ半径、従つては \bar{D}_w 理論式による最大強度に對する直徑、 σ_{AB} = 滲青部と分散媒との界面張力 ζ = 滲青粒子の分散媒に對する電位差 A, B 常數……を示す。

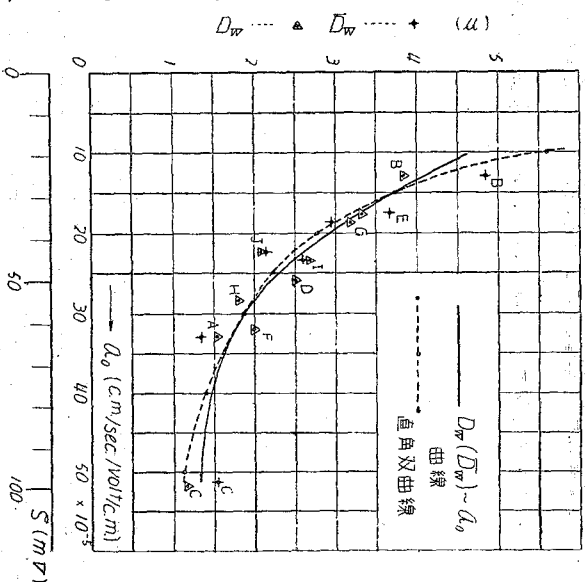
若し第 2 圖の點線が上式の與ふるものと全く一致すれば理論式の假定も分散に關する限り不合理でない事を示す。更に

全く別個の方法で粒子の電位差 ξ を測定し最後に得た $\bar{D}_w = \frac{1}{\xi} \dots$ 関係式の成立を立證するを得ば其の理論を一層強化するものである。約 12 種の混合散布用乳剤で研究せし結果は第 3 圖の如く全く 實驗誤差範圍内で上記 $\bar{D}_w = \frac{1}{\xi} \dots$ の關係を満足してゐる事を示す。例へば \bar{D}_w 直径 3 μ 程度のもの ξ 電位は 18mV 位にて微粒子小となり D_w 直径 1.5 μ に至れば 40mV にも増大する。

A, B, C, D..... は乳剤の名稱を示す記號である、 ξ 電位測定の實驗方法は重要なれども省略す。實驗結果によれば ξ 電位は 20~100 (m. V. ミリボルト) の負の範圍にあることが分る。

以上の如く $\Delta N = N \frac{4\beta^3}{\sqrt{\pi}} e^{-\beta^2 r^2} \times r^2 dr$ は乳剤の分散式を與ふものと考へ得る。實驗的にも理論的にも説明することを得上式は β の値即ち \bar{D}_w を與ふれば全く定るものである。第 4 圖は上式を解説的に示すもので A, B 2 曲線は $\bar{D}_w (= 2r_m)$ の大小 2 つの場合を示すもので a_0 も點に相當する直径が夫々の \bar{D}_w である又分布式が定めれば斯かる分布に従ふ場合の平均直径 D_0 と最大頻度を與ふ D_w との關係は容易に求め得、即ち

$$D_0 = \frac{\int_0^\infty D \Delta N}{N} = 1.127 \bar{D}_w$$



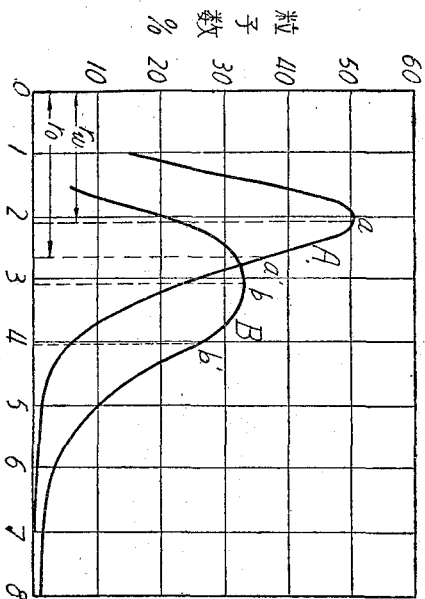
第 3 圖 濃希乳剤分散度と濃希粒子負電位との實驗理論的關係

の如き關係がある。第2圖點線の如き實驗結果より平均直徑 D_w を求め更に上式より \bar{D}_w を得、分散理論式を第2圖内に實線の如く記入し得、實線點線は可也りよく一致してゐる。乳劑がエージングを生じ凝集現象を呈すれば分散状態は理論式與ふものより偏差を示し來るも、アスファルト乳劑に於ては可也り長期にわたり上記理論式の示す如き分散傾向を示してゐた(筆者は製造3ヶ月位のものまで試験す)

以上の研究により本邦に於ける代表的乳劑の瀝青物質粒子の分散に關する状態が或る程度まで明かとなつた。其の要旨を列擧するに、

- 1) 瀝青乳劑は一定の分散度を有す即ち確率直徑 \bar{D}_w (又は D_w) により分布の有様が明瞭に定義される。(Unique)
- 2) 一般に混合用の如き分解値小なるものは \bar{D}_w が小さく、撒布用の如き分解値大なるものは \bar{D}_w が大きい傾向を示すも元來、分解値は特定の碎石との關係なるを以て \bar{D}_w とは直線的關係なきは當然である。(Pickering 乳劑の如きものは例外的場合となり得)

3) 瀝青乳劑に於ける平均直徑 D_w 。より求めし第一確率直徑 \bar{D}_w は混合用 $1 \sim 2\mu$ の範圍。撒布用 $1.8\mu \sim 4.5\mu$ の範



第4圖 粒子分布理論式

圍であつた。

W) D_w 直径と粒子の電位 (ζ) の間には $D_w \propto 1/\zeta \dots$ の關係が成立つ、但つゝ電位は $(-10) \sim (-50)m. V.$ の範圍にある

説明を省略し試験結果の要旨のみを列擧せし難ければ論旨明解を缺きし事と推察するも記述せし事により瀝青乳劑とは豫想外に整然たる組織を有する分散系である事が分り。篩試験の針指を得、且つ、 $1 \sim 6\mu$ ($0.001 \sim 0.006mm$) の直径を有する瀝青粒子がブラウン運動を爲しつつ存在せるものであるから使用に際して斯かる分散せる粒子の力學的特性が等しい特異な影響を現す一方分解及び被膜の形成等の變質に關しては粒子の安定を支配せる吸着層の性状が影響を及ぼすものである。以下兩者を考慮に入れつゝ、三の重要な乳劑の特性を考察せん。瀝青乳劑の篩濾過試験を大觀する爲め次章にセメント粉末試験を例にとり考察せん。

第 3 章 セメント粉末篩試験との對比

瀝青乳劑の分散度並に篩試験の概念は試料が一般に不安定の爲めか、且つ此方面の研究日淺き爲めか未だよく了解されない状態である。セメントは固體粉末で全く異なるものであるが微粒子より成る分散系として兩者を考ふる時其の性状上類似點がある。瀝青乳劑の場合の理解を深めん爲め粉末度に関するセメント試験も比較せん。現今行はれてゐるものは讀者の熟知せられる通り。

I) 篩による殘滓量を試験するもの

II) 上記篩を通過せしものを更に分類し分布状態を試験するもの

がある。篩は日本標準規格によれば $1cm^2$ に 4900 孔を有するものと規定してあるから網目は 88μ の正方形である。現

今セメント製造工業の發達とセメントの水和、強度等に重要な影響を及ぼすものは篩を通過せし 88μ 以下の微粒子のものであるから結局、1)の篩試験は實際上或る意味に於て無意義となりつゝあるが風化變質せるもの其他製品の不良のもの1判定には役立つ、然るに瀝青乳劑の篩濾過試験は乳劑の外界の影響により變質し易き事並に内部よりも自然變質を來し分散系を破壊し易く、従つてセメントの場合よりも瀝青乳劑性質批判に重要な役割をなす殊に製造技術も未だ發展途上にあるものなれば各種の條件に應じ篩濾過試験結果が如何に變るものなるや明かにすることが必要である。國際委員に於ても着々初期の標準試験法を定め試験を行ひ資料を集め製品の向上を計らんとしてゐる。我國に於ても此種試験の試みられん事を希望する次第である。

更に分散度に関する事柄に就き瀝青乳劑セメントの場合を比較するに、セメントに就て強度及び水和等に関する事柄は 40μ 以下の微粒子の混合割合による事が明かにされてゐる。従つて實際上 40μ 以下の微粉末の分布を明かにする事が必要で、ゴネル式ペーターゼン式米國標準局式の如き風筒筒内の氣流によるものと、セメントに不活性な液體内の落下速度に對するストークの法則の修正せるものによるものと二種の原理による試験法がある。瀝青乳劑にては比重小なる爲め其の外特種の性状により斯かる方法を適用する事は今の所不可能である。第1章2章に記述せし如き顯微鏡方法により粒子直径と粒子數割合を明かにした、分散度に對する傾向は瀝青乳劑とセメントにては異なるも他の力學的、化學的に及ぼす影響の甚大なる事は全く同様で分散度試験の必要な事はセメントの場合と同様である。

殊に先きに述べし如く瀝青乳劑は變質し易きを以て一層其の必要性を痛感するも未だ此種の試験を常に行ひ工學的特性との比較資料を得んとする試みは殆ど皆無と稱してよい現状なれば少くとも指導的立場にある者又製造者は事情の許す限り斯かる資料を得る様努力し鋪裝用瀝青乳劑向上の爲め其の必要性に對する批判を實驗理論的に行ふ義務がある。