

道路舗装用瀝青乳劑の基本的性状と 標準試驗方法との相互關係 (其の2)

島 田 八 郎

本文目次

第 4 章	篩濾過試驗に對する二三の考察
第 5 章	瀝青乳劑の粘性に就て
第 1 節	瀝青液狀物質の粘性係數
第 2 節	粘性係數の測定法
第 3 節	瀝青乳劑の粘性係數

第 4 章 篩濾過試験に對する二三の考察

筆者は本邦に於ける各種混合透入用瀝青乳劑の完全に分散せるものに就き、平均直徑及び最も頻度大なる粒子の直徑を測定した。第 4 章に説明した様な分布曲線に従つて瀝青粒子が分布してゐる事を確めた。其の結果は下表の様なものである。

瀝青乳劑の瀝青粒子分散表

試料名	平均直徑 (D) μ	確率直徑 D_{90} μ
B	1.65	1.48
O	2.72	2.40
D	2.41	1.14
E	2.84	2.52
F	2.84	4.29
G	1.50	1.50
H	1.46	1.30
I	1.80	1.60
J	1.23	1.10
K	1.70	1.60
L	1.88	1.68

但し $\mu=0.001mm$ ……を示す。全般的に今粒子の大きに關する傾向を述べば平均直徑 4.84~2.41 μ の如きは透入用の比較的分解値の大なもので、反對に 1.23~1.70 μ 等の平均直徑のものは混合用のものである。以上の如き分散状態を有する乳劑に於て貯藏中外界よりの自然的影響又は取扱上の人爲的影響により分散せる瀝青粒子の凝集作用が起り瀝青粒子の周囲の乳化劑の作用が弱むられ粒子は互に反撥せず其の大きを増大す従つて最初完全に分散せる瀝青乳劑も其の分布状態を變ず更に斯かる作用が増進すれば乳劑中に凝固核を形成し所謂分解せるものとなり

使用に耐えざる状態となる。斯かる状況に至らざるも最初の粒子の安定条件が變り粒子分布の移動するものである。其の傾向程度は瀝青乳劑取扱ひ者の明にしをくべき特性である。茲に云ふ取扱ひ者とは道路技術者、並に瀝青乳劑製造者兩者をも意味す。然るに未だ其の傾向を把握する程度に試験並に研究が行はれてゐない様である。以上の粒子分散は顯微鏡によるものであるが、實際は膨潤比率で示さるゝ如く粒子の周囲は一種の安定に必要な層があり、粒子は見掛け直徑が1.7~1.8倍にも増大してゐる。其の上粒子は流動条件によつては集團的な塊をなすと取扱はねばならない篩濾過の場合も其のよき適例であらう。元來粒子の分散せる乳劑に於ては同一濃度でも粒子の分散状態により重要な物理的特性に著しい影響が表はれて来る其の著しいものは、

- i) 粘性に對する影響
- ii) 分解値に對する影響
- iii) 安定度に對する影響

等である。一の瀝青乳劑が外界の影響により分散状況を變ずる場合、上の諸性質に及ぼす傾向を實驗並に理論的に取扱ひを明かにしたものは至つて少ないが、筆者は瀝青乳劑全般より觀察せる場合に就き瀝青粒子分布の上記諸性質に及ぼす影響を論研した(内務省土木試験所報告第29號参照)。爾來篩濾過試験の普及と共に乳劑の不均等性が重視され、必然的に斯かる方面の研究が幾多行はれる事と思ふ。本邦に於ては未だ實證されてゐないが、現今瀝青乳劑規格試験に關し篩濾過試験法は英米獨佛等の諸國に於ては既に採用せられ、國際研究聯合委員會に於ても國際協定委員會の決議試験法の一部に瀝青乳劑の不均等性を明かにする目的を以つて篩濾過法を採用してゐる。其の詳細は福島氏(道路の改良 昭和12年 4月7月號参照)

により述べられてゐるから省略するも、要點は各國の規格を通じ略ぼ同一程度である。即ち開口 $0.15mm$ (150μ) の篩にて濾過せし時の殘留瀝青物質の量 $\leq (0.1gr/100cc$ 乳劑) なるを要すと定められてゐる。乳劑の分散完全な状況に於ける平均粒子の大きさ $4.5\sim 1.0\mu$ (即ち $0.0045\sim 0.001mm$) 膨潤比を考慮に入れる有効確率直徑 $0.008\sim 0.0018mm$ である。即ち測定された分散曲線にするも、 $0.012\sim 0.008mm$ の直徑の粒子、有効直徑 $0.022\sim 0.014mm$ の粒子も可なり $1\%\sim 0.5\%$ の程度は存在してゐる様に實測された。顯微鏡法は元來粒子總數 1000 個前後のものに就き其の分布を求める關係上粒子の大なる $0.010mm$ 程度以上のもはプレパレートに入り來る割合が至つて少い。従つて可成り多量に就き測定すれば、其の割合は必然的に増加するは勿論にて、顯微鏡試験のみにて粒子の大なる部分の分布を論ずるは妥當を缺く。又實用上粒子數分布曲線を重量率に換算する必要がある。且つ分散曲線でなく加積量と粒子直徑の關係を求めてをく必要がある。規格に示された篩上殘留瀝青物質 $<0.1gr/100cc$ 乳劑とは假りに乳劑の中瀝青含有量を 50% とすれば大約重量比にすれば $<0.1gr/50gr$ 含有瀝青量にて瀝青總量の約 0.2% 程度となる。篩試験の意義を明かにするには i) 使用篩の撰定標準 ii) 殘留瀝青量撰定標準……に就き現今採用されてゐるものゝ根據を明かにすればよい。勿論其の論據は各方面觀果より觀察さるべきもので諸外國に於ては餘多の試験研究の結果より定められた事と推測するも發表に接しない。大別すれば

- A) 瀝青乳劑使用の立場より施工上の經驗試験研究によるもの
- B) 瀝青乳劑製造者の立場より其の技術の程度等によるもの

C) 更に A, B 兩者の要求する數値を最も合理的に批判し、瀝青乳劑現狀を認識しつゝ更に現行篩の如き小なる開口を有する穴を透入する乳劑の透過作用を吟味する必要あり、膨潤比集團流動性を攷究し、更に瀝青乳劑の將來への發

展性を基調とせる膠質物理化學的研究によるもの

の三部門に分類するを便とす。即ち國際委員會其他に於ても上記の三部門の試験研究に基いて定められたものと推察するが、今筆者は第1,2章に述べた分散式より加積曲線を重量%で表示し、特に膨潤、集團流動作用を分離せざるも加積曲線より一つの概念を得んとす。理論式は元來安定範圍に適用されるものであるから安定平衡條件が成立してゐなければならぬ。然るに粒子の大なる部分の存在する可能性は不安定な核の存在する確率を示す場合が多い。従つて理論式より誘導した結果より極端に大なる粒子直徑の範圍を推測するは妥當を缺く。其他集團流動性の爲め開口の大きさと粒子の大きさの差異は、著しく増大するが、其の差異を明かにする事は篩濾過試験の意義を考察する上に必要である。第2章(道隆の改良 昭和12年 5月號p. 57参照) に掲げた遷背散式

$$\Delta N = N \frac{4\beta^3}{\sqrt{\pi}} e^{-\beta^2 r^2} \times r^2 dr, \beta = 1/r_0 \dots\dots\dots (1)$$

(但し ΔN は半徑 r と $(r + \Delta r)$ の範圍に存在する粒子数を示すもので) (1) 式より加積式を求めてみる。先づ粒子半徑 $0 \sim r$ の範圍に荷住する粒子数を求めんに

$$\Delta N_{0 \dots r} = \int_0^r \Delta N = N \frac{4\beta^3}{\pi} \int_0^r e^{-\beta^2 r^2} dr = N \frac{2}{\pi} \left[(-) \left(\frac{r}{r_0} \right) e^{+\frac{r^2}{2r_0^2}} + 2 \int_0^{r/r_0} e^{-\alpha^2} d\alpha \right] \dots\dots\dots (2)$$

となり、容易に半徑 (r) の粒子までの加算数を求め得。 $\int_0^{\alpha} e^{-\alpha^2} d\alpha$ の値は誤差函数にて數學表にある。規格と比較するに

は重量加算式を求める必要がある。今粒子の密度を ρ とすれば (2) 式に對應して (3) 式を得。

$$\begin{aligned} \Delta W_{0 \rightarrow \gamma} &= \frac{4}{3} \rho \pi r_0^3 \Delta N = \frac{16}{3} \rho \sqrt{\pi} \beta^3 N \int_0^\gamma e^{-\beta^2 r^2} \Delta r \\ &= \frac{16}{3} \rho \sqrt{\pi} N r_0^3 \left[1 - \frac{1}{2} e^{-\left(\frac{r}{r_0}\right)^2} \left(\left(\frac{r}{r_0} \right)^2 + 1 \right) \right] = \frac{16}{3} \rho \sqrt{\pi} r_0^3 N \left[1 - \psi \left(\frac{r}{r_0} \right) \right] \dots (3) \end{aligned}$$

一方單位容積内の懸青粒子の總重量は下記 (4) 式で示す事を得。

$$W_{0 \rightarrow \infty} = \frac{4}{3} \pi \rho \int_0^\infty r^3 \Delta N = \frac{16}{3} \rho \sqrt{\pi} r_0^3 N \dots (4)$$

其れ故加算の場合半徑以下の粒子の總和に對する重量比は (5) 式で示し得。

$$\frac{\Delta W_{0 \rightarrow \gamma}}{W_{0 \rightarrow \infty}} = \left[1 - \psi \left(\frac{r}{r_0} \right) \right] \dots (5)$$

(5) 式より理論的分布を有する乳劑の篩濾過試験に於ける殘留量を求める事を得。今簡單の爲め篩目の開口が粒子の直徑 (2r) を與へるものと假定すれば、開口 (2r) の篩に殘留する量は重量比にて

$$\psi\left(\frac{r}{r_0}\right) \dots \dots \dots (6)$$

となる。確率直径 $2r_0 = 5\mu, 2\mu$ の場合を計算す。

確率直径 $2r_0 = 5\mu$ の場合 $\psi\left(\frac{r}{5}\right)$

" " $= 2\mu$ " " $\psi\left(\frac{r}{2}\right)$

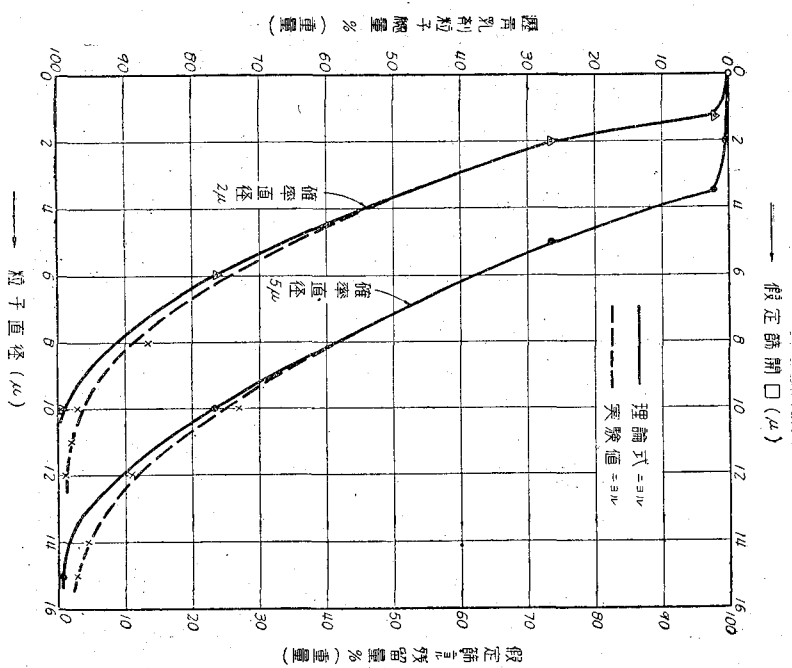
第3圖は $\psi\left(\frac{r}{5}\right) \times 100, \psi\left(\frac{r}{2}\right) \times 100$ と

直径との關係を示す。膨潤率を考慮すれば、有効確率直径 $9\mu, 3, 6\mu$ となる。

常に問題となるのは直径の大なるもの量である。 $r/r_0 = 3$ 及 5 の計算値を示すに

$$\left. \begin{array}{l} \frac{r}{r_0} = 3 \\ = 5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \psi \cdot 100 = 0.6\% \\ \text{に對し} \\ \psi \cdot 100 = 0.48\% \end{array}$$

の如くなる。一般規格に採用されてゐるもの



第3圖 懸青乳劑粒子加積曲線

は残留量 0.2% 程度を目標としてゐる。即ち上記完全分散系理論式より得た結果と比較するに、確率直径の3倍より稍々大なる粒子に相當する $\psi\left(\frac{r}{r_m}\right)100$ の値である。然るに第 1.2 圖の粒子分散度測定を見るも粒子の大なる部分の粒子数は理論式の與ふるものより大である事より推測するも、顯微鏡法の適用される範圍に自ら制限ある事を示すものである。即ち顯微鏡法以外の沈降法又は篩試驗法等 Macroscopic Method の必要性を示すものである。一方逆に論を進め、0.2% 程度の篩殘留を示す場合使用篩の開口が粒子有効確率直径の 3.5 倍程度であると假定すれば、規格の開口 150 μ とは乳劑粒子有効確率直径 43 μ を有するものと解釋する事が出来るが、今の場合分布状態其のものが基本中々に變り、且つ全く異なる條件により濾過作用が行はれてゐるから、上記に得た 43 μ 有効直径は比較的限定的のものであると考へるのが妥當である。此點は可成り重要な問題であるが、此の後の諸研究家の努力によらなければ之れ以上論ずる事は不可能である。

次に標準篩の開口 150 μ の撰定に關しても全く類似の推論を下す事を得るも、開口小なる場合には表面張力の爲め流出阻止作用が起り、粘性異常性の爲め集團流動を伴ひ、完全分散乳劑にても流出不可能となる。斯かる實際上の篩操作を考慮に入れ、分解作用と粒子凝固との相互關係を推測し、透入作用に於ける粘性をも加味し撰定されたもので、開口と殘留量の間には密接な關係がある。筆者は主に先に掲げた C 部の一視野より考察せるに過ぎない。A、B 部間に従事される讀者の方々より一層適切な批判と資料とを期待するものである。各國に於ける瀝青乳劑の篩試驗結果の一例は福島氏道略の改良 昭和12年 4月 頁91~92 の表) 論說に掲げてある。

第 5 章 瀝青乳劑の粘性に就て

第 1 節 液状物質の粘性係数 通常液状を示せる物質は多少粘性を有するもので、其の値の大小により流動状態維持状態が變つて来る。瀝青乳劑の規格を見るに常に本邦に於ては此の粘度エンゲラー (Engler) 25°C 及び 4°C の値が定められてゐる。又セイボルト (Saybolt) 粘度計の示指を採用してゐる國もある。一方使用上の立場より考察するに大別すれば乳劑は、 1) 透入法用 2) 混合用 に分類し得。

前者に於ては乳劑は碎石空腔を粘性流をなして透入し行くもので、後者は碎石と混和操作を受けけるものである。勿論瀝青乳劑と碎石間の流動的狀態を考察するにも常に碎石による瀝青乳劑の分解の影響を考慮する必要がある。常に論争されつゝある重要な點である。筆者は兩者の影響を分離した試験の必要性を力説するもので、

- (1) 瀝青乳劑の粘性と同じ特性を有する實驗設置範圍内の非分解性乳劑の透入度と特性の關係を明かにする事。
- (2) 瀝青乳劑に對し異なる分解値を興へる岩石より各種の空腔を有する碎石層を作り、分解作用を伴ふ場合の透入度を明かにし、(1) の場合と比較し、粘性の透入處理に於ける意義を明かにする事。

混合用法の場合も類似的試験方法によらねばならない。今斯かる方面の問題は後節に多少記述する所あらんも第一に粘性係数なるものゝ意義を了解する必要がある今液體內に一つの平面を假定し、液體は此の面に平行に流れ且つ速度は其の面よりの垂直距離 (z 軸方面) に關係して變つてゐるとする速度は y 軸方向にあり、 v にて示さるゝものとす。

第 4 圖は其の一例にて、距離 dz 距てる所に於ける 2 平面で夫々 $V_0 + v$, v' の速度を有する場合で、相對的に V_0 の速度差がある。 $\frac{dV_0}{dz}$ を速度の勾配と稱す $\frac{dV_0}{dz}$ は微分係數にて液體內の一液層の兩面の速度勾配にて、斯かる場合、

$$f = \eta \frac{dV_0}{dx} \dots \dots \dots (1)$$

なる力が單位面積に當り作用し、 $\frac{dV_0}{dx}$ を減少せしめんとする。(1)式の η は粘性係數 (Coefft. of Viscosity) と稱するもので、 V_0 cm/秒、 x cm の時、1 cm² 當り f なる力が1ダインなる時、 η を1ポアズ (Poise) と名付け P とかく。 $\frac{1}{100}P$ を CP とも云ふ。又粘性流の運動を取扱ふ時流體力學の式の示す如く更に密度 ρ を考慮に入れた係數即ち動粘性係數 (2)

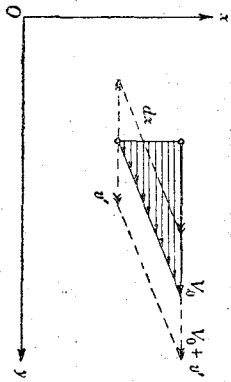
$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \dots \dots \dots (2) \dots \dots \dots \text{を引用す} \dots \dots \dots$$

總て流動狀況が與へられる理想的に粘性流體力學の式の適用される範圍では ν の値の同じものは與へられた外力で同じ運動をする。以上の如く、粘性は (1) (2) の係數

$$\eta, \nu$$

で與へられるが、溫度等の如き外界の條件一定の場合物質に固有のものか、外力の作用により異なる値をとり得るものかは液體の特性により異なるものである。通常物質を大別すれば下記の如くなる。

- (1) 粘性係數 (η) の値 水の如く 0.01~0.12~1 P 程度にて流れの状態によらず、一定なるもの。(本文では攪亂状態は總て除外す)



第 4 圖

(2) 粘質係數 (η) の値 $10^5 \sim 10^3 P$ 範圍更に大なるも流れの状態によらず一定なるもの。

(3) 常に流れの状態により異なる粘性係數を示すもの。即ち流動を起す外力により異なる粘性係數を示す。今其の各々に屬する代表的のもの二三を掲ぐれば、

(1) に屬するもの……………水、アルコール等の如き液體。

(2) ” ” ……………重油、アスファルト等の如きもの。

(3) ” ” ……………乳濁液、懸濁液、分子形状複雑な有機物溶液。

茲に云ふ乳濁液懸濁液とは、エマルジョン (Emulsion) 及びサスペンソイド (Suspensoid) にて液状、固體粒子の水中に分散せる如きものである。(3) の場合は又構造粘性 (Structural Viscosity) を有すと稱へる。瀝青乳劑の粘性は上記分類中最も複雑な構造粘性に屬するものである。従つて粘性係數を示すにも常に流動状況を明記せねば無意味である。特別な粘性の研究が必要な理由も此點にある。順序としても簡単に粘度測定法を略記す。

第 2 節 粘性測定法 液體の粘性係數測定法は要するに (1) 節 (2) 式を測定器の流動状況に應じて變形し、粘性係數 η を實驗値より計算するものである。後節瀝青乳劑の場合に使用せしものを説明する便宜上二つの最も代表的のものに就き記述す。

“可變水柱粘係數測定裝置”と“固轉圓筒粘性測定係數裝置”

として第 5 圖は前者第 6 圖は後者を示す。

第 5 圖の A 柱に液體を入れ此細部 B を通じ、口より液體を排出する。排出に伴ひ A 内の水柱の高きは減少する。

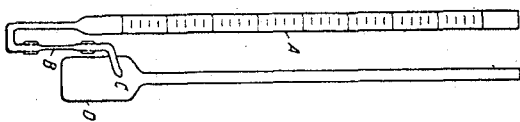
即ち作用壓力が減少し來る事となる。流動状況の異なる場合に於ける粘性係数を測定する事となり、下式 (3) により粘性係數 η が與へられる。便宜上 η_w と記す。

$$\frac{4H}{\Delta t} \cdot \frac{1}{H} = C_1 \cdot \frac{\gamma_a^2 g \rho}{8L R_0^2} \cdot \frac{1}{\eta_w} \dots \dots \dots (3)$$

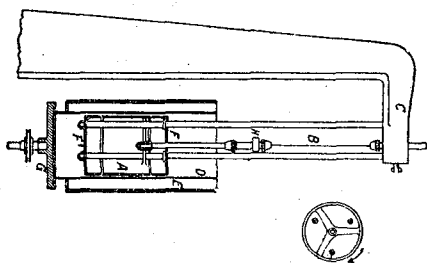
但し： H = 有効水柱高、 $\Delta H / \Delta t$ = 有効水柱高の減少速度、 $\gamma_a = B$ なる毛細管の半径、 $R_0 = A$ 管半径、 g = 重力常数、 ρ = 密度、 $L = B$ なる毛細管長さ、 C = 測定器常数
 水及び重油等に就き實驗すれば、水柱高 H の大小に拘らず、常に η_w は一定である。瀝青乳劑の場合は H の値により著しく異なるもので後節に述べる。

第6圖に示す回轉圓筒式粘性係装置は、第5圖の場合と流動状態全く異なるものである。即ち速度傾度を異にするものである。詳細

なる記述は省略するも、第6圖の如く軸を共通せる A, E なる二つの圓筒あり、外部の圓筒 E は G なる臺上にあり、一定の回轉速度にて回轉する。 A, E 兩圓筒の間には供試液體を入れ、 E の回轉に伴ひ、液體の粘性により内部圓筒が回轉率を受ける A は B なる針金で吊られ、其の振り抵抗により平衡状態に達す。回轉角 (θ) は鏡 M の回轉をラジエ



第 5 圖



第 6 圖

スケールで読み、下式 (4) により粘性係数を求む。

$$\eta = k \cdot \frac{r_a^2 - r_i^2}{4\pi h r_a^2 r_i^2} \left(\frac{\theta}{\omega_a} \right) \dots \dots \dots (4)$$

但し： r_a 、 r_i = 圓筒 E, A の内部、外部半径、 h = A 圓筒の高さ、 ω_a = E 圓筒の回轉角速度、 θ = A 圓筒の回轉角速度、 k = 測定装置の常數………を示す。

此場合も液體とし水、重油を使用すれば η は常に ω_a の大小に拘らず一定となる。瀝青乳劑の場合は回轉角速度 ω_a により粘性係數 η が著しく異なるのである。

以上は主に構造粘性の性状を明かにし、種々條件の異なる流動に於ける粘性係數を定める測定装置である。更に、工業用粘度計としてよく知られてゐるものがある。例へば Engler, Saybolt, Redwood 粘度計である。全部一定流出量に對する流出に要する時間の測定より試料液體の粘性係數を比較するもので、(2) 式動粘性係數 (ν) の項で述べた様に、動粘性係數 $\nu = \eta/\rho$ 。同一のものとは類似の運動をするものとの假定によつてゐる。20°C の水の一定量 (50 cc. 又は 100 cc.) の流出時間と試料液體との時間比で粘性を示してゐる。即ち比粘度なる數値を使用してゐる。Engler, Saybolt, Redwood 粘度計の形狀等は讀者に周知のものなれば説明を省略するも原理は可變水柱粘度計の水柱範圍を 5.0cm~3.0cm にとりし場合の粘性係數で且つ、其の値は一種の積分せる結果を示すものである。従つて上記の粘度計にて得し、比粘度は流體力學的には意味の可成り不明確なものである。後節述べるも構造粘性と密接な關係を有するものである。

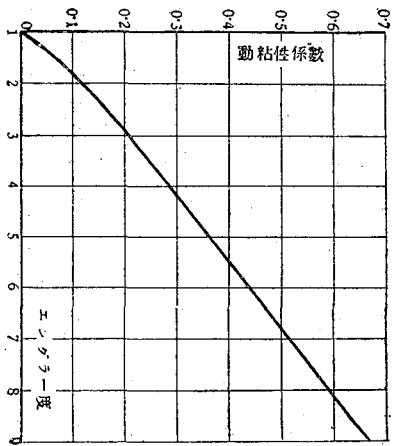
特に構造粘性を示さない重油の如きものに對しては、エングレー度 (比粘度) は動粘性係數と定つた關係にある。第7

圖は W. H. Henschel による。Engler 粘度計のカリブレイションの $1/10$ とエンゲラー度との関係である。エンゲラー度の 1° は $20^\circ C$ の動粘性係数で略 $\nu = 0.01$ (cm^2/sec) である。

重油等の如く、構造粘性を示さざるものにてはエンゲラー度 6 とは動粘性係数 0.36 程度の粘性溶體と見做し流動力學の式より流動状況を推論し得るも、瀝青乳劑の如きものにては其の推論には可成りの假定を要するものである。此等の重要な諸點に關しては一般瀝青乳劑の粘特性を述べたる後に論及せん。

第 3 節 瀝青乳劑の粘性係数 第 1 節に述べた如く、瀝青乳劑

は流動状況により異なる粘性係数 (η) を有する所謂構造粘性物質である。従つて粘性を基として論及される諸性質には必ず第 2 節に述べた外力を變じ得る可變粘性測定器及び回転圓筒粘性測定器による粘性係数 η を求めておく必要がある。土木工學で常に使用されてゐる砂層内の流水状況を示す Darcy の法則 Kozény の法則等にも流動係数 k は液體の粘性係数 (η) と逆比例して取扱れてゐる。勿論上記の諸法則に於ける粘性係数 (η) は一定の値を有するものである。瀝青乳劑の粘性係数と云へばエンゲラー度が常識となつてをり、液體力學的のポアズ (Poise) で示された η は餘り知られてをらない。以下ポアズで示された粘性係数の値に關し二三の主要な事項を述べる。



第 7 圖

D) 可變水柱粘性測定法にする場合 實驗法の原理は第1節に記述せし如きもので、數性係數算定には (3) 式を使用す。實際の操作は水柱高の低下する速度 $\frac{dH}{dt}$ と其の時の水柱高 (H) を讀むものである。

實驗條件は

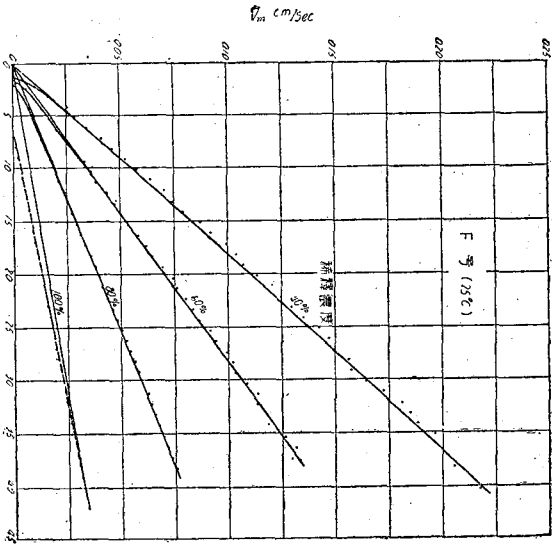
溫度：23°C：瀝青分濃度：原瀝青乳劑を 100% とし、

80, 60, 40% に稀釋す。

水柱高：H=40~2.0cm の範圍

である。

今實驗結果内代表的のものに就き、簡単に説明する事とする。他のものも全く同様である。瀝青乳劑の毛細管(直徑 0.783 × 2 mm) 内の流動に於ける粘性係數とは如何なるものなりや且つ如何なる程度のものであるかが分る。後節述べる碎石層空隙中の流動問題を取扱ふ場合考慮すべき特性である。或種のものでは原乳劑にては使用毛細管内を流動し得なかつた。即ち流動阻止の現象が現れてゐる。其の理由を詳論することには紙面の都合上省略するが、如何に瀝青乳劑には基本的研究の必要な事項が山積せるか了解される事と思ふ。



第 8 圖 瀝青乳劑水柱降下速度と水柱高の關係

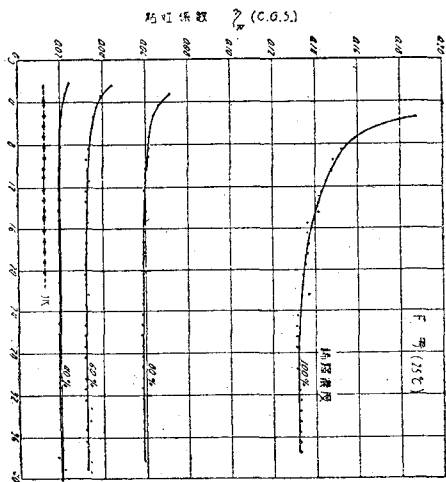
第8圖は或種 F 號乳劑の 25°C に於ける水柱速度 $V = \frac{4H}{2t}$ cm/sec と水柱高 H cm との關係を示すもので、稀釋濃度とは原乳劑を 100% とし、順次稀釋せる度合を示す。同圖より明かなる如く水柱高の減少と共に降下速度は減少し、流出し難くなる傾向の明に表れてゐる事が分る。

第9圖は第8圖より(3)式により計算した粘性係數 η_w と水柱高 H の關係である。 $H = 24$ cm 以上にもなれば η_w は略々一定 η_w を示してゐるが、 H の減少に伴ひ、 η_w は甚しく増大してゐる。

同圖内の記號は第8圖のものと同じものを示す。参考の爲め 20°C に於ける水の粘性係數を記してをいた。約 0.01 P にて水柱高 H の大小に拘らず、一定である。粘性一定となりしものを示すに η_0 で之を表示す。

普通の市販乳劑懸青含有量 55~50% にては η_0 は 0.20~0.15 P にて時には $\eta_0 = 0.4 P$ 前後のものもある。4% に稀釋せるものは略 $\eta_0 = 0.02 P$ 程度である。以上簡單であるが懸青乳劑の異常粘性の事が了解された事と思ふ。

1) 回轉圓筒粘性測定法による場合 實驗諸原理は第1節に記述せし如きもので、粘性係數算定には(4)式を使用す。實際の操作は



第 9 圖 懸青乳劑粘性係數と水柱高の關係

外部圓筒を一定の角速度 (ω_e) にて回轉せしめ、其れに應ずる内部圓筒の扭り角度 (θ) を測定するものである。

實驗條件は

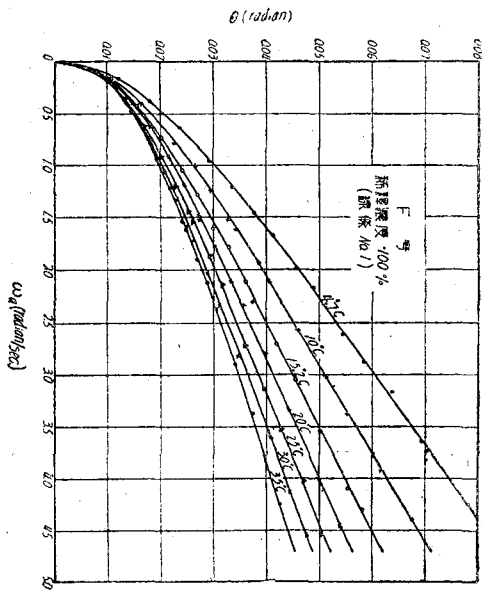
溫度：50°, 10°, 15°, 25°, 30°, 35° C: 瀝青乳劑濃

度：原液を 100% とし、順次稀釋し、40% に至る。

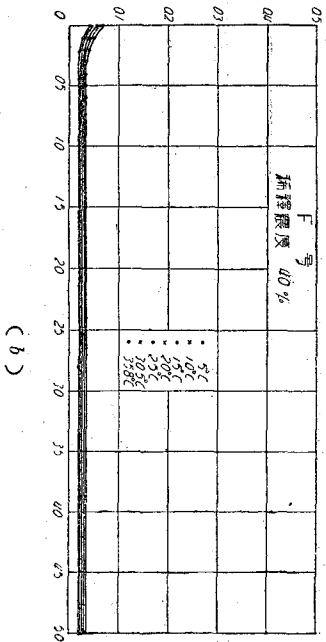
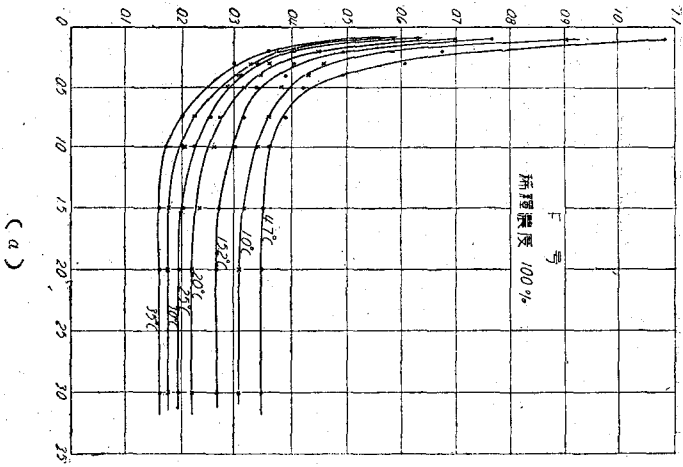
外部圓筒回轉角速度 $\omega_e = 45$ (radion/sec) とす。

第 10 圖は F 號乳劑の場合の角速度 ω_e と回轉角 θ の關係を示すものである。 $\theta \sim \omega_e$ の關係は圖示の如く直線でない。即ち $\frac{d\theta}{d\omega_e}$ の傾度は最初大にて ω_e の増大に伴ひ、一定値に近くものである。

且つ稀釋せるものほど速に一定の $\frac{d\theta}{d\omega_e}$ になる。即ち回轉圓筒法の場合も瀝青乳劑は構造粘性を示すもので、第 11 圖 (a) (b) は第 10 圖の如きものより計算せし粘性係數 η と回轉角速度の關係がある。 ω_e の増大に伴ひ、粘性係數 η は一定に近くもので、 η_e で示す。總て斯かる傾向を有するものである。今其等の結果より 20°C η_e を考察するに、原乳劑にては $\eta_e = 0.5 \sim 0.3 P$ 程度にて 40% に稀釋せるものにては 0.02~0.05 P 程度である事が分る。後節混合作用に於ける粘性の影響を述べるが、其の際考慮に入れる必要あり、粘性係數は回轉圓筒によるものがよい。以上は瀝青乳劑の粘性係數の實測結果を記述せしもので其の結果得られ



第 10 圖 回轉圓筒法粘性試驗に於ける $\theta \sim \omega_e$ 關係



第 II 圖 回轉圓筒法による粘性係数 η と ω の關係
 の實用上の特性は後節に述べよう。