土木試驗所報告

第五十號

アスファルト混合物類の抽出溶液より
アスファルトの回收方法に關する研究…内務技師 西川榮三 内務技手 松本榮 … 1

砂利道と土砂道との路面耐力の增進
工法に關する比較試驗…… 内務技師 山田元 元内務技手 船山晴雄 …37

昭和十五年二月

内務省土木試驗所

建設省沼津支所圖書
分類 II-K 番号 1-42
購入年月日 年 月 日

アスファルト混合物類の抽出溶液より アスファルトの回收方法に關する研究

内務技師　西　川　榮　三
内務技手　松　本　　榮

目　次

I. 緒　言……（1）
II. 回收操作中に於けるアスファルトの變質原因と其の防止法に關する考察……（2）
［1］抽出操作中に於けるアスファルトの變質……（2）
（1）加熱抽出法及び常温抽出法……（2）
（2）微粉分の除去……（3）
（3）溶　剤……（3）
（4）アスファルト中の不溶解部分……（5）
（5）骨材の吸着性による影響……（5）
［2］アスファルト抽出溶解方法數例……（5）
［3］抽出溶液蒸溜中に於けるアスファルトの變質……（7）
（1）加熱操作……（7）
（2）攪拌及び瓦斯吹込み……（9）
［4］溶剤の殘部を全く除去する爲の仕上加熱及びエンド・ポイント……（10）
［5］アスファルト溶液よりアスファルト回收法數例……（10）
III. アスファルト回收方法の選擇……（13）
［1］減壓蒸溜法……（13）
［2］不作用瓦斯吹込蒸溜法……（14）
IV. アスファルト回收實驗……（14）
［1］アスファルト試料，溶剤，吹込瓦斯……（14）
（1）アスファルト試料……（14）
（2）溶　剤……（14）
（3）吹込瓦斯……（14）
［2］實驗裝置及び操作……（17）
（1）實驗裝置……（17）
（2）實驗操作……（19）
［3］溶液蒸溜の際の溜出狀況……（20）
V. 回收アスファルトの性質……（24）
［1］加熱温度及び加熱時間の影響……（24）
［2］使用溶剤の影響……（26）
［3］アスファルトと溶剤との共存時間，溶液濃度，蒸溜回數の影響……（28）
［4］アスファルトの性質，原油産地，製造方法の影響……（29）
［5］回收アスファルトの一般性質……（32）
VI. 要　約……（33）

I. 緒　言

アスファルト舗裝工事，其の他の土木工事に當り，アスファルトは其の儘の狀態或は加工品の狀態に於て工事材料として使用せられる．これ等の工事施行或は加工品製造に當りては，アスファルトを加熱し，骨材と混合し，

他物に滲透し，或は之を乳化する等種々の工程を要するもので，その爲，使用後のアスファルトの性質は原アスファルトの夫と必ずしも等しいものとは斷定出來ない．工事施行後に於ては更に風雨日光，其の他の影響を受くるを以つて，其の性質は益々變化せしめられる可能性がある．かくの如く變化を受けたる後に於けるアスファルトの性質を研究することは，アスファルト質材料を使用せる築造物の耐久性を考察する上に緊要なる事は言ふまでもない．之が爲には，骨材其の他の物質と混交せられたる狀態より，アスファルトを，あるが儘の狀態にて分離して取出し，其の性質を研究することを要する．

現今，之等の混合物よりアスファルトを抽出するには，先づ溶劑を以つてアスファルト分を溶解し，溶液と不溶解物とを分離し，然る後にアスファルト溶液中より溶劑を驅逐して，アスファルト分のみを後に殘すものであるが，この抽出操作が果してアスファルトの性質を變化せしむることなきや否や，大いに疑問の存する所である．

通常，アスファルトは比較的安定なる物質と見做されて居るが，上記の如き化學操作を行ふ場合には，空氣中の酸素，溶劑たる藥品，加熱操作等の影響を受けて其の性質の變化する可能性が甚だ多いものである．

之を原試料中に存在するまゝの狀態にて取出すには，諸種の點に考慮を拂ひ，適當なる回收方法を用ゐなければならない．

故にアスファルト混合物中のアスファルトの研究は，完全なるアスファルト回收法を決定することに始まる．而して完全なるアスファルト回收法の研究は，先づアスファルト變質の原因及び影響を究明し，然る後に其の原因を除去し，且つ其の裝置竝に操作が成るべく簡單にして，結果の信賴し得べき方法を確立するにある．本研究はかゝる目的を以つて行つたものである．

II. 回收操作中に於けるアスファルトの變質 原因と其の防止法に關する考察

一般に固狀又は半固狀のアスファルストは比較的安定なる物質で，其の變質は甚だ緩慢であるが，混合物中よりアスファルトを回收する場合には，次の如き數段の操作を必要とするを以つて，變質を誘致する場合が多い．次にこの各操作について考察する．

1. 溶劑によるアスファルトの溶解抽出
2. 溶劑の大部分を驅逐する爲の蒸溜加熱，攪拌，瓦斯吹込み
3. 溶劑の殘部を全く除去する爲の蒸發加熱

[1] 抽出操作中に於けるアスファルトの變質

(1) 加熱抽出法及び常温抽出法

溶劑を用ゐてアスファルト混合物より，アスファルトを溶解抽出する方法には，次の如きものがある．

i) ソックスレー抽出器によるもの
ii) ニューヨーク試驗所式抽出器によるもの
iii) デュリン・ロータレックによるもの
iv) リーブ式法によるもの

この中 i) 及び ii) は加熱によるもので，溶劑及び溶劑中に溶解せるアスファルトは長時間に亙りて加熱せら

表—1
溶劑及びアスファルトの共存時間と回收アスファルトの針度との關係
（溶劑ベンゾール）　(Abson)

溶液靜置時間	回收アスファルト針度
0	156
24 h	147
72	131
144	115
240	110
384	108
480	109

表—2
溶劑及びアスファルトの共存時間と回收アスファルトの針度との關係
（溶劑二硫化炭素）（實驗者，松本）

溶液靜置時間	回收アスファルト針度	原針度に對する%
0	44	100
12 h	43	98
24	44	100
48	42	95
120	38	86
240	36	82

れる．iii) 及び iv) は常温に於て抽出を行ふものである．

加熱を伴ふ方法は，少量の溶劑を以つて，溶解操作を繰り返し行ひ得る便益があるが，一方には加熱によるアスファルトの變質を誘致することがあり得る．故に出來得れば，加熱法は避けて常温抽出法を選ぶべきものである．又回收操作中アスファルトが溶劑と長時間共存することは，溶劑の作用を多く受くる原因となるを以つて，回收操作はなるべく迅速に行ふべきものである．溶劑とアスファルトとの共存時間とアスファルトの變質との關係に就ては Abson (24) の研究がある．

G. Abson は溶劑としてベンゾールを使用し，原アスファルトの針度 156 のもの 75 g を溶解し，この溶液を 24～480 時間靜置したる後，各溶液よりアスファルトを回收し，其の針度を測定して居る．其の結果は表—1 の如くで，共存時間長きほど回收アスファルトの針度は小となる傾向あるを示して居る．この例はベンゾールを溶劑とせる場合であるが，他の溶劑を用ゐた場合にも表—2 に示す如く同樣の傾向が認められる．

（2） 微粉分の除去

デュリン・ロータレック法に於ては，抽出操作中，溶劑に可溶なるアスファルトと不溶なる骨材其の他の物質との分離は，濾過法を以つて行はれる．又他の方法に於ては，多孔質隔壁を有する濾過體を以つて行はれる．この際，不溶物質中の微粉分は，濾紙或は濾過體の間隙より逸出して，抽出溶液中に入り來ることがある．このため回收アスファルト中にアスファルト以外の物質が混入し來り，當然其の質は毀損せられるから，適當の方法を用ゐて，抽出溶液より微粉分を完全に除去することが必要である．

（3） 溶　劑

溶解抽出に用ゐる溶劑については次の諸點を考慮することを要する．

1) アスファルトに對する溶解能力の大なること
2) 溶解抽出後，アスファルトと完全に分離しうるものなること
3) 抽出液より溶劑分離操作中に熱分解を起し變質する傾向あるもの，或はアスファルトに化學的作用を及ぼすものは使用してはいけない．

アスファルトの溶劑としては種々なるものが考へられるが，其の中，最も普通に用ゐらるゝものとして，二硫化炭素，クロロフォルム，四鹽化炭素，ベンゾール等を比較すると次の如くである．

アスファルトに對する溶解能力の上から論ずれば，二硫化炭素及びベンゾールは略々伯仲するが，四鹽化炭素は稍溶解能力が劣る．即ちカーピンの部分を不溶解のまゝ殘す缺點がある．アスファルトとの分離の難易より見るにベンゾールは其の最後の痕跡を除去するに難點がある．熱分解，化學作用等の上より見れば，クロロフォルム，四鹽化炭素は熱分解を起す傾向があり，且つアスファルトに對して化學的に作用する傾向が認められる．故に本實驗に於ては，主として二硫化炭素を溶劑として用ゐた．

尙，通常用ゐらるゝ溶劑の性質を列擧すれば表—3 の如くであり，其の各について要點を揭ぐれば次の如くである．

表—3　各種溶劑の性質比較表

溶劑種別 / 項目	二硫化炭素	四鹽化炭素	クロロフォルム	ベンゾール	トルオール	キシロール
眞空蒸溜アスファルトに對する溶解能力1例 %	99.98	99.89	99.74	99.27	99.04	98.69
蒸氣蒸溜アスファルトに對する溶解能力1例 %	99.67	99.05	98.82	97.18	97.25	98.01
比　重	1.268～1.293	1.629	1.48～1.49	0.884	0.881	0.868
引火點 °C	—20	不燃性	……	—8	7	21
蒸氣壓 20°C mm	298	……	160.5	74.6	……	……
100°C mm	3325	114.5	2429	1344	34	13
沸　點 °C	46	77	61	80	111	139
分子式	CS_2	CCl_4	$CHCl_3$	C_6H_6	$C_6H_5.CH_3$	$C_6H_4(C_2H)_2$
備　考	溶解能力大にして，沸點低く，抽出用溶劑に適す．	不燃性なる特徵あるもアスファルトを硬化し易し．	痲醉性大溶解能力やゝ劣る．	溶解能力やや劣る．沸點やゝ高し	溶解能力やゝ劣り沸點高く，アスフルトとの分離困難である．	

1. **二硫化炭素**　二硫化炭素 (CS_2) は，炭素 (C) と硫黃 (S) との化合物にして表—3 の 2 行目の如き性質を有し，單に純液體，或は其の蒸氣としてアスファルトと共存する時は，有害なる作用を及ぼすものとは考へられないが，二硫化炭素中に不純物を含む場合，又は其の成分に解離して硫黃を遊離せる場合或は分解して亞硫酸瓦斯 (SO_2) を生じた場合等はアスファルトに作用して其の變質を來す虞がある．この點は二硫化炭素を使用する場合に特に注意を要するもので，不純物を含まざるものを使用し，抽出溶液蒸溜に當り，酸素を遮斷し，SO_2 の發生を避け且つ溶液中に溶劑の多量に存する間は，其の溫度を成るべく低く保ちて，其の成分に解離することを防ぐ等の必要がある．

2. **四鹽化炭素**　四鹽化炭素 (CCl_4) は炭素 (C) と鹽素 (Cl) とより成る化合物にして，表—3 の 3 行目の如き性質を有する．其の成分 (C 及び Cl) に解離して鹽素を遊離し易く，アスファルトに作用して其の質を硬化する傾向があると共に，二硫化炭素に比して溶解能力がやゝ不充分である．四鹽化炭素は不燃性なる利點を有するを以つて，單にアスファルト中の瀝靑量の概略を比較する場合には安全に使用しうるが，アスファルトの回收を目的とする場合の溶劑としては不適當である．

3. **クロロフォルム**　クロロフォルム ($CHCl_3$) は炭素 (C)，水素 (H)，鹽素 (Cl) より成る化合物にして，表—3 の 4 行目の如き性質を有する．アスファルトの溶劑として屢々用ゐられるが，痲醉性大なるを以つて，其の使用上危險を伴ひ易く，且つアスファルトを硬化し易い．

4. **ベンゾール**　ベンゾール (C_6H_6) は炭素 (C) 及び水素 (H) より成り，其の性質は表—3 の 5 行目に示すが如くである．アスファルトに對する溶解能力は二硫化炭素より少く，アスファルトの抽出溶液より之を分離する

場合に其のエンド・ポイント (End point) の判定に困難がある.

5. トルオール及びキシロール トルオール ($C_6H_5.CH_3$) 及びキシロール〔$C_6H_4.(CH_3)_2$〕は共にベンゾールに類する溶解能力を有するが, 其の沸點はベンゾールよりも高く, 抽出溶液よりの完全分離が一層困難である. 其の性質は表—3 の6行目及び7行目に示すが如くである.

(4) アスファルト中の不溶解部分

アスファルト中には, 溶劑に對して不溶或は難溶の物質が少量に存在する. この不溶物質中には微粒無機質物質のほか, 遊離炭素其の他の有機物の微量が含まれる. 而して不溶物質の量は, アスファルトの種類に依つても異るが, 使用溶劑の種類, 性質に依つても異る. 二硫化炭素, 四鹽化炭素, クロロフォルム, ベンゾールの如き高溶解性の溶劑による時は, 一般石油アスファルト中の不溶物質は凡 0.1~0.5 %程度である. この不溶物質は, 抽出操作によりては回收することが出來ないが, 適當なる溶劑を選ぶことによりて其の量を少なからしめることは可能にして, 使用前及び使用後のアスファルトの物理性を比較するに, 支障なき程度に止めることが出來る.

(5) 骨材の吸着性による影響

Dow 氏[5]によれば, 骨材との混合物中よりアスファルトを抽出するに當り, アスファルトの微量は骨材面に吸着せられて抽出し得ざるものとなる. アスファルト・フェルト或は之に類する製品即ち纖維狀物質を使用せる加工品は, 特に吸着によるアスファルトの損失大なるものと見做されるが, 抽出によりアスファルトの性狀を檢する上には別段の支障あるものとは考へられない.

[2] アスファルト溶解抽出方法數例

從來諸學者によりて研究せられた溶解抽出方法の數例につき其の要點を列記すれば次の如くである.

(a) J. H. Bateman 及び H. L. Lehmann の抽出方法

第1法. シート・アスファルト試料 9 kg (20 lbs) を 2 等分し, 各部を 4000 cc のビーカーに入れ, 各々に二硫化炭素 (CS_2) を注ぎ (約 1,900 cc = 2 qts)5~6 回攪拌後 48 h 靜置し, 溶液を傾瀉し, 3 個の 250 cc 濾過漏斗にて濾過する. 濾床には吸收性木綿を使用する. ビーカー中の骨材には更に新しき二硫化炭素を注ぎ同樣に處理する. 濾過せる二硫化炭素溶液は容量約 2000 cc (2 qts) の器 (jar) に注入し, 密栓を施し. 48~72 h 靜置し, 更にグーチ坩堝, 石綿濾床を用ひて濾過する.

第2法. シート・アスファルト試料 800 g を能力 1000 g のロータレックス (Ratarex) に入れ, 每回 250 cc の二硫化炭素を用ひて, 6~8 回溶解抽出及び洗滌を行ひ, 抽出溶液は容量約 2000 cc (2 qts) の器に取り, 48~72 h 靜置し, 之をグーチ坩堝及び石綿濾床にて濾過する.

(b) J. H. Bateman 及び C. Delp の抽出方法

上記第2法と略々同樣.

(c) Gene Abson の抽出方法

溶劑としてベンゾールを用ひる. ベンゾールは蒸溜温度が一定の範圍にあるもので, 初溜 79°C, エンド・ポイント 82°C 位のものをよしとし, バレット・コンパニーの工業用純ベンゾール (Industrial pure benzol, Barrett Company) はこの目的に適するものとして居る.

(d) H. Suida, R. Benigni 及び W. Janisch の抽出方法

これ等の研究者は3種の抽出方法を揭げて居るが, いづれも溶劑としてはクロロフォルムを使用して居る.

第1法　アスファルト舗裝を粗碎きした後，容量 2～3 lit の容器に入れ，750 cc クロロフォルムを注ぎ，蓋をなして1夜放置し，アスファルトを溶解せしめる．其の後溶液を他の器に傾瀉し，殘留物を少量のクロロフォルムにて 8～10 回洗滌し，洗液は傾瀉して溶液と共にする．この操作により試料中のアスファルトの殆ど全部をクロロフォルム溶液とすることが出來る．溶液中に懸留せらるゝ微粉分は，5～7日の靜置により沈澱せしめ，更に濾紙にて濾過し，濾紙上の殘留物はクロロフォルムにて洗滌する．又は遠心分離器によりて微粉分を分離す．

第2法　特別に設計せる常温抽出器を用ひて抽出するもので，抽出器は長さ約 6.5 cm，徑 6.0 cm のガラス圓筒にして，この中に粗碎きせる試料を入れ，其の下部より溶劑をゆるやかに送入し，上部より溶液を溢流せしめ，72 時間にして，3 lit の溶液を得る頃には，殆ど全部のアスファルトを抽出し得るものと稱して居る．

第3法　說明を省略する．

（e）Donald M. Wilson の抽出方法

100 g のアスファルトを含むだけの試料を取り，二硫化炭素に溶解し，之を濾過し（J. S. C. I. 1931. No. 50. p 599～600）濾床上の殘留物は二硫化炭素にて洗滌し，濾液及び洗滌液を共にする．

（f）Haepfner 及び Metzger の抽出方法

アスファルト 16 g を含む位の試料を 260 cc の二硫化炭素にて溶解し，（e）の場合と略同樣にして溶液を得る．

上記（a）乃至（f）の抽出方法の要點を表示比較すれば表—4 の如くで，抽出溶劑としては二硫化炭素，ベンゾール，クロロフォルムが用ひられて居るが，この中ベンゾール，クロロフォルムを用ひるものは，後述の如く其の目的を達し難い．

表—4　アスファルト混合物よりアスファルト抽出方法比較

番號	發表年次	研究者	溶劑	抽出器	アスファルト混合物	溶液靜置，傾瀉，洗滌，濾過等	所要時間
1	1927	J. H. Bateman 及び C. Delp	CS_2	1000 g 能力のロータレックス	アスファルト混合物	靜置後，濾過	……
2	1929	Bateman 及び H. L. Lehmann 第1法	CS_2	4000cc ビーカー	シートアスファルト 9000 g	溶液靜置，48h，傾瀉，洗滌靜置48—72 h 傾瀉，濾過漏斗，木綿濾床による濾過，グーチ坩堝石綿濾床による濾過	5—6日
3	〃	同上第2法	CS_2 每回250cc 6～8回	1000 g 能力のロータレックス	シート・アスファルト 800 g	約2000ccの溶液を48～72 h 靜置し，グーチ坩堝，石綿濾床にて濾過す．	3日
4	1931	H. Suida, R. Benigni 及び W. Janisch 第1法	$CHCl_3$ 750 cc+α	2～3 lit の器	アスファルト舗裝	溶解1夜，傾瀉，洗滌 8～10 回，抽出液 5～7日靜置，濾過，洗滌或は遠心分離法	7～9日
5	〃	同上第2法	$CHCl_3$ 3 lit 以上	高 65 cm，徑 6 cm のガラス器	同上	抽出器の下部よりクロロフォルムを送入し，上部より溶液を溢流せしむ	3日以上
6	1932	D. M. Wilson	CS_2	……	100 g のアスファルトを含む試料	溶液は濾過及び洗滌	……
7	1933	Gene Abson	ベンゾール (79～82°C)	……	アスファルト混合物	……	……

[3] 抽出溶液蒸溜中に於けるアスファルトの變質

アスファルトを溶解せる抽出溶液より，溶劑の大部を驅逐にするには，蒸溜操作を行ひ，溶劑を溜出せしめる．この場合當然溶液の加熱を必要とし，尙蒸溜を迅速，均等に行はしめ，且つ，部分的過熱 (Partial overheating) を避くる爲器械的攪拌或は瓦斯吹込み，減壓操作等を行ふことがある．蒸溜後アスファルト中に僅かに殘留する溶劑を驅逐する爲にも，加熱，攪拌，瓦斯吹込，吸引等を行ふ．

この操作中に於てもアスファルトの性質變化が豫想せられる．

(1) 加熱操作

蒸溜操作には加熱を避くる譯にはゆかない．加熱の程度によりては，アスファルトの重合，酸化，分解，一部成分の蒸發等の諸作用を起すと共に溶劑との間に化學作用をも起し勝である．

(a) 1部成分の蒸發作用　アスファルトの成分中に，低沸點を有する部分が存在する場合には，加熱によりて，この部分は溶劑と共に蒸發し，回收アスファルトは當然硬化する．その防止法としては，蒸溜溫度をなるべく低きに保ち，且つ迅速に終了せしむることが肝要である．

(b) 酸化，重合，縮合作用　アスファルト或はアスファルト溶液は空氣の存在下に於て加熱すれば，酸化，重合，縮合等の作用を受くることは一般に知られた事實である．其の結果としてアスファルトは硬化する．其の程度を確めんが爲にアスファルトを空氣中に於て加熱し，其の針度，延性，軟化點等を檢したるに表—5 の如き結果を示した．實驗に使用せるアスファルトは日石製品針度 40～50 即ち實測針度 25°C,…44，延性 15°C…26 cm 軟化點 R & B……52°C のものにして，之を 100°C，110°C，120°C，130°C，140°C，150°C，163°C，に，0，1，2，3，4，5時間加熱して其の諸性質を試驗せるものである．

表—5　空氣中加熱に依るアスファルトの性質變化1例

試料 50 g，(No. 1960) 加熱はフリーズ恒溫槽に依る

(A) 加熱溫度，加熱時間と針度 (25°C) との關係

加熱溫度	加熱時間					
	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h
原アスファルト	44	……				
100° C	……	44	44	44	43	42
110° C	……	44	43	42	40	40
120° C	……	44	43	42	42	40
130° C	……	44	43	42	41	41
140° C	……	44	41	41	38.5	39
150° C	……	42.5	41	38	38	38
163° C	……	42	40	38	38	38

(B) 加熱溫度，加熱時間と延性 (15°C) との關係

加熱時間	加熱時間					
	0	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h
原アスファルト	26					
100° C	……	26	24	22	21	18.5
110° C	……	24	22	23	20	22
120° C	……	24	24	22	20	19
130° C	……	25	24.5	24	20.5	22
140° C	……	26	23.5	21	19.5	16
150° C	……	21.5	18	17	18	12
163° C	……	17	13	10	10	8

(C) 加熱溫度，加熱時間と軟化點 (R & B) との關係

加熱溫度	加熱溫度					
	0	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h
原アスファルト	52					
100° C	……	51.5	52	52	52	52
110° C	……	52	52.5	52	52	53
120° C	……	52.5	52.5	52	52.5	53
130° C	……	52.5	52	52	52.5	52.5
140° C	……	52	52.5	52	52.5	53.5
150° C	……	52	52	52	52	53.5
163° C	……	52.5	53	54.5	55	55.5

加熱溫度高く，加熱時間永き程針度の變化は大であるが，溫度140°C以下加熱時間1時間以內にては甚しき變化を示して居ない．130°C 以下では溫度の影響よりも加熱時間の影響が多分に效いて來ることが明かである．即ちアスファルトを取り扱ふ際は加熱時間を出來るだけ短縮することが緊要である．この事柄は延性試驗の結果についても略同樣である．軟化點の試驗については，あまり其の影響が表れて居ないが，これは軟化點試驗の方法があまり，敏感に其の性質を表さないからである．163°C 加熱のものが，特に高き軟化點を示して居るを見れば，やはり加熱の影響はアスファルトの軟化點を高める傾向あることは疑ひない．然しながら本實驗は，試料として 50 g を採取せるもので其の量少きを以つて特に其の變化が甚しく表されて居る．工事現場に於けるアスファルトケットル中のアスファルトの如く其の量大なる場合にはかくの如き甚しき變化は行はれざるものと考へられる．

之等の變化は加熱溫度の高低，加熱時間の長短により相違することは勿論であるが，アスファルト面上に於け

る空氣又は酸素の存否及びその量の多少によりて大いに異るものであり，且つアスファルトの種類及び性質によりて其の程度に相違がある．

アスファルトを空氣と遮斷し，空氣の代りに不作用瓦斯 (Inactive gas) を供給しつゝ加熱すれば，酸化作用は起らない筈である．不作用瓦斯として手近に考へらるものは窒素 (N_2) 又は炭酸瓦斯 (CO_2) であるが，炭酸瓦斯中にての加熱の場合を原アスファルト及び空氣中加熱アスファルトと比較して見ると表—6 の如くである．

表—6　炭酸瓦斯中加熱の影響

項　目	原アスファルト	110°C 3h		140°C 3h	
		空氣中	CO_2 中	空氣中	CO_2 中
針度　25°C	44	42	44	41	43
延性　15°C　cm	28	23	26	21	18
軟化點 (R &B)　°C	52	52	52	52	52

表—6 に見る如く炭酸瓦斯中にて加熱する時は，アスファルトの性質の變化は遙かに少い．

上記の實驗はアスファルト自身について行つたものであるが，アスファルトの溶液についても同樣の事實が推想せらる．溶液についての實驗に關しては後述に讓るも，抽出溶液の蒸溜は，溶液を空氣と遮斷して行ふべきものたる事は推想するに難くない．

溶液を空氣と遮斷して蒸溜するには次の 2 方法がある．

1.　溶液上の空氣を炭酸瓦斯，窒素等の不作用瓦斯にて置換する方法

2.　溶液上の空氣を吸引排出して，眞空となし，眞空蒸溜を行ふ方法

眞空蒸溜法を，本目的の爲に行はんとすれば，蒸溜器中の空氣を出來得る限り排出することを要し，從つて器内を高度の眞空となすを要し，蒸溜器の氣密度を高度に保つ必要がある．蒸溜器の氣密度が不完全なる時は器外より空氣を器内に吸引し，抽出溶液上に空氣流を對流せしむることゝなり，かへつて惡結果を來す處がある．從つてこの方法に於ては，溶液の攪拌其の他の操作，裝置上困難が多いが，比較的低溫に於て蒸溜を行ひ得る利點が存する．

溶液上の空氣を不作用瓦斯にて置換して蒸溜する方法は，上記の如き裝置及び操作上の困難少く，攪拌，氣流吹込み等も容易に行ひ得る便益がある．

（2）　攪拌及び瓦斯吹込み

抽出溶液を蒸溜するに當り，其の初期に於てはアスファルトの量に比して溶劑の量多きを以つて，溶劑の溜出は比較的低溫に於て始まる．溶劑として二硫化炭素を使用する場合には，溶劑の沸點は 46°C なるを以つて其の前後より盛に溶劑の溜出を始める．然しながら，加熱の均等，溶液濃度の均整を缺く時は，時として泡立ち吹き澤るゝ事があるのみならず，部分的過熱の弊に陷るを以つて，攪拌或は瓦斯の吹き込みを行ふことが必要である．

瓦斯吹き込みは，アスファルトに對して不作用の瓦斯に依ることは勿論なるも，市販窒素或は炭酸瓦斯等の中には少量の酸素を含むを常とするを以つて，かゝる不純瓦斯を用ゐる時は，かへつて酸素の惡影響を受けしむることゝなる．故に瓦斯吹込みに用ゐる瓦斯は，其の中の酸素を完全に洗滌除去することが必要である．この點に

ついては後述する.

[4] 溶剤の殘部を全く除去する爲の仕上加熱及びエンド・ポイント (End Point)

上記蒸溜操作に於て溶剤の大部を驅逐することを得るも，蒸溜の末期に於ては僅少の溶剤が殘アスファルト中に殘留するのが普通である．この殘留溶剤を完全に除去する爲に，蒸溜器中に於て，或は他の器に移入したる後更に仕上加熱を行ふ．仕上加熱の温度は比較的高きを以て，長時間の加熱はアスファルトの質を毀損する處がある．又空氣中加熱は化學的變化を誘致するを以つて，理想的方法としては，蒸溜器中にて不作用瓦斯存在の下に必要以上の高温を避け，且つ短時間にこの操作を完成することである．そのエンド・ポイントを如何にして判定するかは最も苦心を要する所であるが，從來行はれ居る諸方法は次の如きものである．

i) 錯酸鉛溶液滲透濾紙を試料の上にかざし，其の黒色或は褐色に變化することなきや否やを確むる方法（但し溶剤が二硫化炭素の場合）

ii) 臭氣に依るもの

iii) 小火焔をアスファルト上に通過せしめ，引火するや否や（溶剤がベンゾールの場合）を見る方法

之等の方法は，其の理由なきに非ざるも或は其の感度遲鈍であり判斷の困難なる場合ありて，アスファルト回收法に用ゐるには不充分である．他の方法としては仕上加熱の方法を一定し即ち温度，加熱時間，瓦斯吹込速度等を一定して，これによりて操作を行ひ，その操作終れる時を以つて，エンド・ポイントとなすにある．之等の點については後に述ぶることとする．

[5] アスファルト溶液よりアスファルト回收法數例

從來諸學者によりて研究せられだる「アスファルト液よりアスファルトを回收する方法」の數例につき其の要點を列記すれば次の如くである．

(a) J. H. Bateman 及び H. L. Lehmann の回收方法

能力 2000ccの蒸溜レトルト (A. H. Thomas No. 8708) にアスファルトの CS_2 溶液を入れ，之に冷縮器を附し，温度計を挿入し，其の水銀球をレトルトの底より約 23 mm の所に置き，徐々に加熱して蒸溜を行ひ，149°C (300°F) に達せしむれば，二硫化炭素の大部分は驅逐せられ，且つ泡起現象もこの時迄に止む．

次にフイルター・ポンプを連結して，フラスコ内の空氣を吸引し，180 mm (Hg 柱) 位の壓力に減壓し，この減壓下に蒸溜を繼續し，2.8°C/min (5°F/min) 位の割合にて溶液の温度を上昇せしめ，遂に 260°C (500°F) に達せしめる．この操作によりて，溶剤全部を驅逐することを得といふ．

(b) J. H. Bateman 及び C. Deep の回收方法

この方法は，殆ど (a) と同樣なるを以つて省略す．

(c) Gene Abson の回收方法

この方法はアスファルトのベンゾール溶液よりアスファルトを回收する方法にして，先づ單純蒸溜により150°Cに達せしめ，其の中のベンゾール(沸點 79～82°C) の大部分を驅逐し，其の後，炭酸瓦斯 (CO_2) を 150 cc/min の割合にて，温度上昇 1.5～3°C 毎に間歇的に吹込み，內容物を攪拌すると共に泡起現象を防ぎつゝ蒸溜を繼續し，163°C に達せしめ，其の後 CO_2 吹込速度を 875 cc/minに增加し，同一温度に 15 分間保つ．この場合加熱油浴の温度は 174～177°C 位に保つ必要がある．其の後，加熱及び吹込を停止して內容物を取り出すものである．

(d)　H. Suida, R. Benigni 及び W. Janisch の回收方法

この方法はアスファルトのクロロフォルム溶液よりアスファルトを回收するもので，先づ單純蒸溜によりて150cc位に濃縮し，其の後減壓下に，炭酸瓦斯を吹き込みつゝ低温にて蒸溜する．かくして充分濃厚となりたる內容物を徑 10 cm 位の蒸發皿に入れ，炭酸瓦斯氣流中に於て，攪拌しつゝ加熱し，クロロフォルムの最後の痕跡まで驅逐せるもので，其の温度上昇の割合は次の如くに行ふ．

0 ～ 1 h	70° C
1 ～ 2 〃	70～105° C
2 ～ 3 〃	105～115° C
3 ～ 4 〃	115～120° C

(e)　Donald M. Wilson の回收方法

この方法はアスファルトの二硫化炭素溶液よりアスファルトを回收する方法にして，大體次の4段の操作より成る．

1. 蒸溜により二硫化炭素の大部分驅逐
2. 湯煎上加熱による第2次驅逐
3. 沸騰水浴浸漬による第3次驅逐
4. 油浴浸漬による最終加熱

但し 2～3 の操作には CO_2 を充したるフラスコを用ゐて行ふ．

即ち溶液を 1000 cc 圓錐フラスコ中に採取し，蒸溜して 150 cc 位に濃縮し（以上第1次操作），次に之を 300 cc の CO_2 フラスコに移し，之を徑約 20 cm (8 in)，深約 12.5 cm (5 in) の湯煎上に置き次の如く湯煎の温度を上昇せしめる．

初温……40° C	60分……91° C
15分……57° 〃	75分……94° 〃
30分……74° 〃	90分……96° 〃
45分……84° 〃	

次に湯煎の温度を 100°C となして，2.5 h この狀態に保ち（以上第2次操作），其の後フラスコを水浴中に浸し 5 h 保ち，10分毎に內容物を攪拌する（以上第3次操作），次にフラスコを 105°C の油浴に浸漬し，1 h. 5 min. この温度に保ちつゝ，10分毎に內容物を攪拌し，更に温度を上昇せしめて 55 分間に 130°C に達せしめ，この温度に 4 h, 15 min 乃至 5 h, 45 min 保ちて（以上最終操作）操作を終る．

(f)　Hepfner 及び Metzger の回收方法

この方法は少量のアスファルトを溶解せる二硫化炭素溶液よりアスファルトを回收する方法にして，徑約24cm位の眞空デシケーター (Vacuum exhaustor) 中に徑 20 cm 位の緣取皿 (Messingteller) を水平に置き，この上に 60cc の溶液を注ぎ，薄層に擴げる．其の後デシケーター內を眞空となし，2 h 緩緩し二硫化炭素を蒸發せしめると，皿上に瀝青の薄層を生ずる．次に10～20分，70°C の温度に皿を保ちて，皿の內容物を取り出す．

(g)　M. R. Walczak 及び H. I. Rice のタール回收法 (J. Ind. Eng. Chem. 1920, p. 738)

タール及び骨材混合物から，タールを分離する方法で，タール及び骨材兩者の比重の中間位の比重を有する炭酸ナトリウム溶液を以つて分離を行ふものである．炭酸ナトリウム溶液はタール中のタール酸を溶解する缺點を

有するが，比重 1.27～1.28 (15.°5/15.5°C) の Na_2CO_3 溶液を 25cc のタール酸と 60°C (140°F) にて振蕩するに，タール酸の容積は餘り變化がない．

タールは液狀のものより軟ピッチ程度迄を含む．

裝置．2litの垂直型銅製スチル (Still) に漏斗型の蓋を附し，蓋には徑 3.8 cm (1.5 in) のガラス管を取りつけ，ガラス管にはコルクを嵌めコルクに還流冷縮器，溢流管，温度計を挿入する．

スチルの底より 25 mm の所に20メツユの網を，徑7.5 mm，厚2.5 mm の圓形カラー (20番板にてつくる) の上におく．

抽出方法

2000 g のタール・コンクリートをスチルに入れ，比重 1.27～1.28 の Na_2CO_3 溶液を其の上にそゝぎ，加熱し，瀝青質部分を熔融すれば，瀝青質部分は溶液の上層部に集る．全部の瀝青質部分が分離した後，還流冷縮器を Na_2CO_3 溶液にて洗滌し，次に溢流管の栓を開きて加熱し，熔融せる瀝青部分を溢流せしめ，バブコック，ミルクテスターにて遠心分離法により，溶液と分つ．Na_2CO_3 溶液に 100 g の $HNaCO_3$ を添加すれば分離を良好ならしめる．

本方法はタール或は，タール軟ピッチの混合物に應用し得るもので，分離せられたタール中には少しく微粉分

表—7 アスファルト溶液よりアスファルト回收方法比較

番號	發表年次	研究者	溶劑	蒸溜操作					蒸發操作
				蒸溜器	温度	壓力	瓦斯吹込	攪拌	
1	1927	J. H. Bateman 及び C. Delp	CS_2	2000cc のレトルト	温度 149°C 迄 149～260°C 上昇 2.8° C/min	常壓	……	……	特に蒸發操作を行はず
2	1929	J. H.Bateman 及び H.L.Lehmann	CS_2	同上		減壓180 mmHg	……	……	
3	1931	H.Suida, R.Benigni 及び W. Janisch	$CHCl_3$	……	單純蒸溜後，低温蒸溜	常．壓	150ccに濃縮後 CO_2吹込	……	蒸溜後，徑10cmの蒸發皿中に入れ，CO_2 氣流中にて攪拌蒸發 最終温度 120°C
4	1932	D.M. Wilson	CS_2	……	單純蒸溜	常 壓	……	……	CO_2フラスコを用ゐる 湯煎上加熱 40°～100°C 6.5 h 沸騰浴加熱 100°C 5.0 h 油浴加熱 105°～130°C 6～8 h 計 18～20 h
5	1933	Gene Abson	C_6H_6	……	單純蒸溜 150°C 迄 150～163°C 163°C, 15分	常 壓 常 壓 常 壓	…… CO_2吹込 150 cc/min CO_2 875 cc/min	……	蒸發操作まで蒸溜器中にて行ふ
6	1930	Haepfner 及 Metzger	CS_2	……	……	……	……	……	デシケーター中にて 60ccの溶液を徑20cc の薄層に擴げ，眞空 2 h，其後 70°C に加熱，10～20分

が混入し來り，其の稠度に些少の變化があるが，簡單に操作し得るものと主張されて居る．しかしこの方法はこのまゝにては直ちにアスファルト混合物に應用することは困難である．この方法をアスファルト混合物に應用するには，比重 1.07～1.10 以上にして，130～150° C 位に加熱し得る適當なる液を必要とするものと考へられる．かゝる方法については，アスファルトの如き完全熔融温度の高いものには適用し難いから現今あまり研究せられて居ない．

アスファルト溶液よりアスファルト回收の各方法につき，表示比較すれば表—7 の如くである．

上述の如く從來行はるゝ回收方法は，蒸溜式或は蒸發式及び兩者併用によりて，溶液中より溶劑を完全に驅逐することを目的として居る．蒸溜或は蒸發は，單純操作によるもの，減壓を使用するもの，炭酸瓦斯氣流中に行ふもの等種々あり，其の温度，所要時間等も種々雜多である．

表—7 中 1 及び 2 は全く同一方法にして，常壓蒸溜にて 150°C の如き高温を使用し，又減壓下に 260°C の最高温を使用する點に於て首肯しかぬる所があり，3 の方法は溶劑クロロフォルムの影響が懸念せられ，4 の方法は甚しく長時間を要し，CO_2 氣流中に於いてもこの間にアスファルトの變化する可能性があり，6 の方法は多量の溶液を一時に取り扱ふには不適當である．5 の方法はベンゾールを溶劑とする點及び單純蒸溜最終温度高き點 (150°C) 其の他に於て考ふべき點がある．

III. アスファルト回收方法の選擇

前述の如く，アスファルト回收操作中，アスファルトは諸種の原因に依りて變質し易いから，變質防止の方法を考慮しなければならない．

アスファルト抽出用溶劑として，溶解能力大であり，沸點低く且つアスファルトの變化比較的少く，麻醉性なき等の諸點より二硫化炭素を使用することゝした．

アスファルト混合物よりアスファルトを抽出するには，なるべく常温抽出をよしとするを以て，大體デュリン・ロータレックス (Dulin Rotarex) に依り抽出を行ふ．かくして得らるゝアスファルト抽出溶液中には微粒物質を含有するを以つて，傾瀉法 (Decantation)，濾過法 (Filtration) 等を用ゐて之を分離し，アスファルトの純溶液を得るに努めた．

この溶液を永く靜置することは，アスファルトを硬化する原因となるを以つて，直ちに抽出溶液の蒸溜を行ふ要がある．

抽出溶液の蒸溜は，なるべく低温に於て迅速に行ふ必要あり，且つ空氣の影響を避くる爲，不作用瓦斯吹込みと吸引 (Suction) との兩者を同時に行ふことが最も合理的なりと考へられる．

[1] 減壓蒸溜

眞空或は減壓蒸溜法は，眞空或は減壓の下に蒸溜するものであるから，溶劑の沸點は低下し，低温に於て溶劑驅逐を速かに行ひ得，從つてアスファルトの變質を少からしめる利點がある．豫備實驗として減壓蒸溜によるアスファルト回收を試みた．本實驗に使用した裝置は硬質硝子製，容量 1.5 lit. のフラスコにして，この約半量の抽出溶液を入れる．フラスコ内容物は油浴 (oil bath) 及びブンゼン・バーナーにて間接加熱する．次に溜出し來る二硫化炭素蒸氣は冷縮器にて凝縮する．眞空ポンプ，壓力計 (Manometer) 等を用ゐ，フラスコ及び全裝置内を所定の壓力に減壓する．冷縮器に於て凝縮せる二硫化炭素は受器中に一時貯藏し，時々裝置外に取り出す．

減壓蒸溜法は裝置の一部に不完全なる個所ある時は，外氣を吸入し高度の減壓狀態を保ち難きのみならず，內容物を突沸，泡起せしめて蒸溜操作を困難ならしめ，且つ吸入せる外氣のためアスファルトの酸化を起す憂ひがある．上記の如き簡單なる裝置では高度減壓蒸溜を充分に行ひ難く，所期の目的を達し得なかつた．

[2] 不作用瓦斯吹込み蒸溜法

抽出溶液中に不作用瓦斯を吹込みつゝ蒸溜を行へば，溜出速度を促進し，且つ空氣に依る酸化作用を防止し得る．特に蒸溜が相當進行して溶液が濃縮せられた場合に，蒸溜操作を支障なく遂行し得る利點がある．數回豫備實驗を行つた後，次章に詳記するが如き方法を決定した．

IV. アスファルト回收實驗

上記の如き考の下に，性質の明瞭なるアスファルトを用ゐ，之を溶劑に溶解し，其の溶液よりアスファルトを回收し，回收アスファルトの性質を原アスファルトの性質と比較し，回收法の適否の判定及び其の實施方法の決定に資する事とした．實驗に使用したアスファルト，溶劑，吹込瓦斯は次の如きものである．

[1] アスファルト試料，溶劑，吹込瓦斯

(1) アスファルト試料

本實驗に使用したアスファルトは，日本石油株式會社，小倉石油株式會社，三菱石油株式會社，東洋石油株式會社，早山石油株式會社，加藤製油所，丸新新津製油所等の本邦アスファルト製造業者の製品及び 1~2 外國製品である．石油アスファルトは原油の種類，製造法等が異るに從つて其の性質に相違があるから，なるべく多くの種類について實驗することゝした．試料としてはストレート・アスファルト及びブローン・アスファルト兩者を使用し，ストレート・アスファルトとしては蒸氣蒸溜アスファルト及び眞空蒸溜アスファルトの兩種を用ゐた．眞空蒸溜アスファルト中には，シュルツ式，ケロッグ式，ヘックマン式等による製品が含まれて居る．本實驗には各種の稠度のものを選んだ．

本實驗に使用したアスファルトの一般性質を表示すれば表—8 の如くである．其の試驗の方法は大體本所標準試驗方法及び日本標準規格第 174 號 K28 (石油製品試驗法) に依つた．固定炭素及び硫黃含有量の試驗は Abraham の方法を參照した．

(2) 溶 劑

溶劑として使用せるは市販二硫化炭素 (保證付純品) にして，實驗に先立ち再蒸溜に附し，同一沸點範圍を有する溜出分を集めて使用した．二硫化炭素中に不純物として硫化水素 (SH_2) を溶存する疑ある時は，醋酸鉛を以つて處理して，之を除去した．多硫黃化合物存在の虞ある時は，塩化第二水銀溶液 ($HgCl_2$) と共に振蕩して精製する方法があるが，本實驗に使用せるものには，硫黃及亜硫酸の存在を見ず，又硫化水素及び其の他の硫黃化合物を認めなかつた．之を蒸發皿に取りて揮發せしむるも，不揮發性物質を殘留しなかつた．

(3) 吹込瓦斯

吹込用の瓦斯としては，ボンブ入市販炭酸瓦斯を使用した．市販炭酸ガス中には炭酸瓦斯 (CO_2) のほかに，酸素 (O_2)，一酸化炭素 (CO)，窒素 (N_2) 等の不純分を含み，稀にハロゲン及び其の誘導體，硫黃化合物等が混在することがある．これ等の不純物中本實驗に有害なるものは，豫め除去したる後に使用じなければならない．

表—8 (A)　アスファルト試料の性質

製造者名	日本石油							小倉石油				
試料名	ストレート・アスファルト						ブローンアスファルト	ストレート・アスファルト				ブローンアスファルト
試驗番號	1960	1962	2025	2027	2657	2740	2604	2298	2299	2300	2379	2804
製法	蒸氣蒸溜	—	—	—	蒸氣蒸溜	同左	空氣吹込	眞空蒸溜シュルッ式	同左 同左	同左 同左	砂質アスファルトを6時間ブローイング	空氣吹込
原油産地	秋田縣	—	—	—	秋田縣	同左	同左	カリフォルニア	同左	同左	同左	同左
比重 25°/25°C	1.036	1.002	1.022	1.002	1.034	1.036	1.023	1.016	1.012	1.020	1.020	
針度 0° C	.....	14	7	.....	.....	.....	7	7	.....	.....	9.5	
針度 25° C	44	112	46	104	42	51	14	43	99	168	43	
針度 46° C	.....	.....	.....	.....	.....	.....	28	>280	.....	.....	>280	
延性 5° C cm	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
延性 10° C 〃	.....	.....	.....	.....	.....	23	.....	0	.....	.....	.....	
延性 15° C 〃	28	>100	>100	>100	54	>100	.....	>100	>100	>100	9	
延性 25° C 〃	>100	.....	.....	.....	>100	.....	3	.....	.....	.....	>100	
引火點，開放式 °C	244	300.5	291	>300	236	.....	222	281	268	246	258	
燃燒點 °C	.....	339	>325	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
軟化點 R&B °C	52	45.5	49	45	51	49.5	85.5	48	42	38	52	
蒸發減 163° C %	0.36	−0.01	0.07	−0.01	0.21	0.11	0.11	0.02	0.03	0.03	0.03	
蒸發後針度 25°C	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
溶青含量 CS_2 %	99.97	99.84	99.93	99.98	99.94	99.52	99.61	99.95	99.94	99.93	99.98	.....
溶青 CCl_4 %	99.76	.....	99.93	.....	.....	.....	99.57	99.36	99.66	99.89	.....	99.07
固形パラフィン %	2.46	.....	.....	.....	.....	1.32	1.09	.....	.....	0.51	.....	3.57
固定炭素 %	17.34	.....	9.27	7.67	.....	.....	.....	10.79	9.96	7.76	.....	.....
硫黄 %	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
灰分	0.28	.....	0.08	0.03	.....	.....	.....	0.08	0.11	0.23	.....	.....
アスファルテン	26.42	.....	.....	.....	.....	24.48	41.25	.....	.....	9.51	.....	36.95

本實驗に使用した瓦斯中には，ハロゲン及び其の誘導體，硫黄化合物等は檢出せられなかつたが，少量の酸素の存在を認めた（表—9）．酸素の存在はアスファルトを硬化せしむる原因となるから，洗滌裝置に依つて之を完全に除去した．洗滌裝置は酸素瓦斯吸收用の硫酸第一クロム水溶液を入れたる洗滌瓶2個，水分吸收用の濃硫酸を入れたる洗滌瓶，鹽化カルシウムを入れたる乾燥瓶等を直列に連結せるものである．

表—8 (B) アスファルト試料の性質

製造者名	三菱石油		早山石油	加藤製油所	東洋石油	丸新新津製油所	ユニオン
試料名	ストレート・アスファルト						
試驗番號	2701	2703	2688	2657	2693	2743	653
製法	眞空蒸溜ケロッグ式	同左同左	同左ヘックマン式	同左ヘックマン式	同左	同左ヘックマン式	蒸氣蒸溜
原油産地	カリフォルニア・コーリンガ	同左	カリフォルニア・ケトルマン	小國油田(秋田縣)	不明	小國油田(秋田縣)	カリフォルニア
比重 25°/25°C	1.022	1.014	1.009	……	……	1.017	……
針度 0° C	……	……	……	……	……	……	……
針度 25° C	42.5	145	130	41	23	94	16
針度 46° C	……	……	……	……	……	……	……
延性 5° C cm	0	> 100	> 100	……	……	……	……
延性 10° C 〃	> 100	……	……	……	……	> 100	……
延性 15° C 〃	……	……	……	> 100	> 100	……	0
延性 25° C 〃		……	……	……	……	……	> 100
引火點 開放式 °C	264	253	291	……	……	……	……
燃燒點 °C	……	……	……	……	……	……	……
軟化點 R&B °C	49.5	39.5	40	50.5	52	44	58
蒸發減 163°C %	0.05	0.07	0.04	……	……	0.19	……
蒸發後針度 25°C	……	……	……	……	……	……	……
溶青含量 CS_2 %	99.69	99.84	99.60				
溶青 CCl_4 %	99.30	99.61	……				
固形パラフィン %	0.53	……	0.46	……	……	……	……
固定炭素 %	8.63	7.67	8.59				
硫黄 %	……	……	……				
灰分 %	0.07	0.03	0.06				
アスファルテン %	17.29	10.13	10.66				

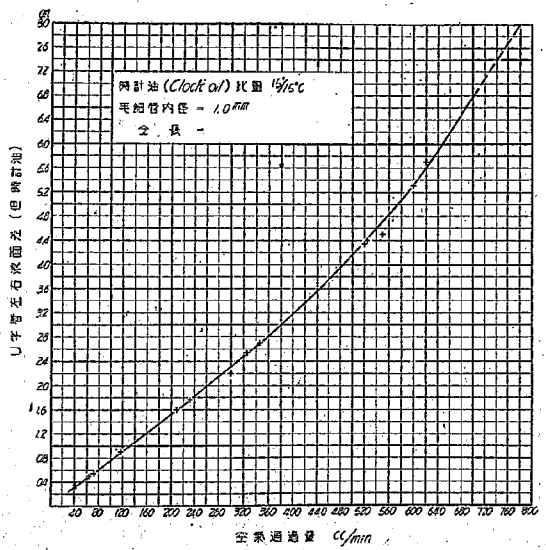
表—9 粗炭酸瓦斯分析表

成分	%
CO_2	99.88
O_2	少量
SO_2	0
SH_2	0
Cl	0
NO_2	0

ポンプ中の炭酸瓦斯は，通常120～150氣壓の壓力を有するを以つて，壓力調節辨を通じて減壓し使用した．

蒸溜裝置中に吹込みたる炭酸瓦斯の量は，簡單なる瓦斯流量計 (gas flowmeter) により測定した．瓦斯流量計は內徑夫々 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm の硝子製毛細管及內徑 7 mm, 高さ 250 mm, の硝子製U字管

圖—1



をゴム管及び三叉管にて連結し，U字管の半透鏡油を封入し，其の液面の高さの移動を讀み得る様背後に目盛盤を備へたものである．瓦斯が毛細管を通過する場合，その壓力は毛細管の前後に於て異るから，U字管左右の液面の高さは，其の壓力に從ひて異つて來る．この壓力差は瓦斯の通過量に比例するを以つてU字管の左右液面の高さの差より瓦斯の通過量を知ることが出來る．本實驗に使用した毛細管による，瓦斯流量と液面差との關係は圖—1 に示すが如し．

[2] 實驗裝置及び實驗操作

(1) 實驗裝置

アスファルト回收操作中最も注意を要する點は抽出溶液より，溶劑を驅逐する方法である．本實驗に於ては，この爲に圖—2 の如き裝置を用ゐた．即ち硬質硝子製球形蒸溜器，炭酸瓦斯吹込裝置，攪拌器，温度計，加熱裝置，冷縮器，溶劑受器，吸引裝置等よりなる．

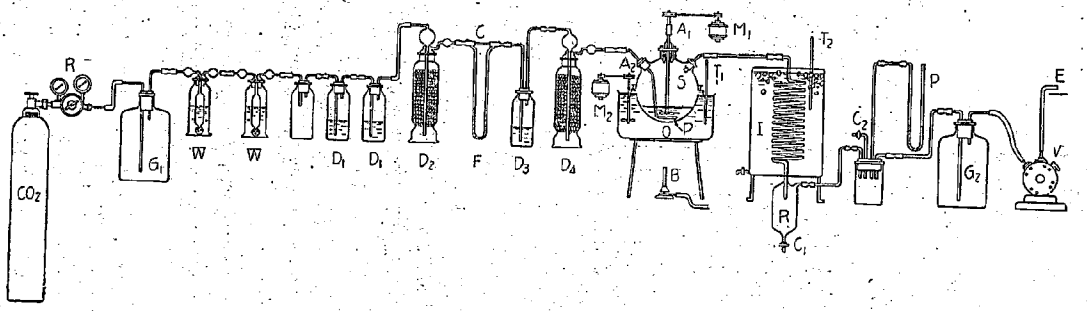
蒸溜器（S）は肉厚（10 mm）の半球形硬質硝子器2個を上下より合せて球形とせるものにして，其の內徑約 20 cm，全容量約 4200 cc，之に抽出溶液約 1000 cc を入る．上下兩半球部の接着部は幅 30 mm のフレンヂをなし，完全に密合せ，6 個の締め金具を以つて强く締めて氣密ならしめる．

上部半球は蓋の用をなし，5 個の孔を有する．最頂部の孔は攪拌器の主軸を通ずるに備へられ，水銀封機により氣密を保つ．他の 4 個の孔は炭酸瓦斯吹込管，温度計，抽出溶液補給漏斗，溶劑蒸氣排出管等の挿入用に供する．

下部半球には抽出溶液を入れ，外部より油浴（O）を以つて之を加熱する．炭酸瓦斯吹込管 P の噴出口，攪拌器 A_1 の翼，温度計の水銀球部等は下部半球內適當の位置に位せしめる．

炭酸瓦斯吹込裝置は，炭酸ガス・ボンブ（CO_2），減壓辨（R），瓦斯溜（G），洗氣瓶（W），硫酸瓶（D_1），鹽化カルシューム瓶（D_2），瓦斯流量計（F），洗氣瓶（D_3 及 D_4），瓦斯吹込管等よりなる．瓦斯は減壓辨により減壓せられて瓦斯溜（G_1）に入り，洗氣瓶中の醋酸第一クロム水溶液にて酸素を除去せられ，硫酸瓶にて水分を吸收せられ，鹽化カルシウム瓶にて更に乾燥せられ，流量計を通過し，洗氣瓶にて洗滌せられて蒸溜器中に送られる．其の吹込量は流量計と減壓辨とを以つて適當に調節する．

図—2 アスファルト回収装置



CO_2……炭酸瓦斯ボンベ	F……瓦斯流量計	S……蒸溜器	C_1……二硫化炭素抜取コック
R ……壓力調節辨	D_3 …洗氣塔	P……炭酸瓦斯吹込用銅管	T_2……温度計
G_1 ……瓦斯溜	D_4 …同 上	A_1 …溶液攪拌器	C_2……壓力調節コック
W ……洗氣瓶	M_2 …油浴攪拌用モーター	M_1 …溶液攪拌用モーター	P ……マノメーター
D_1 ……塩化カルシウム瓶	A_2 …油浴攪拌器	T_1 …油浴温度計	G_2 …瓦斯溜
D_2 ……同 上	B ……バーナー	I ……冷縮器	V……眞空ポンプ
	O ……油 浴	R …二硫化炭素受器	E……排氣管

蒸溜器内の瓦斯噴出口は直徑 80 mm の環狀銅管に 0.5 mm の小孔を 8 個穿てるものである.

攪拌器は溶液を攪拌して，部分的過熱を防ぐに用ゐらる．攪拌器の翼は上下 2 段に各 2 枚づゝ附す．攪拌器の廻轉は $^1/_{24}$ HP. 電動機 (M_1) より，動力はフリクション・ギヤー を通じて速度の調節を行ひ，フレクシブルシャフトによりて攪拌器に傳達せられる.

加熱裝置　加熱用油浴 (O) は徑 35 cm，高 18 cm 銅製にして，この中にヒマシ油を入れ，外部よりブンゼンバーナーを以つて加熱する．油中には鍍製圓形棚を設けこれに蒸溜器の底部を安置せしめる．油浴には攪拌器，温度計を備へ温度調節に役立たしめる.

冷縮器　溶劑蒸氣排出管より出で來る蒸氣は冷縮器に導かれて，冷却凝縮せしめられる．冷縮器は亜鉛引鐵板製箱形の冷却槽，この中に通する凝縮管よりなる．凝縮管は内徑 10 mm の銅管を螺旋狀に 11～12 回卷きたるものである．冷却槽内には氷塊及び食鹽水を充し，凝縮管を外部より冷却せしめる.

溶劑受器　冷縮管の末端より受器に連絡し，液化せる溶劑を受く．受器には抜取コックを附す.

吸引裝置　受器より眞空ポンプ，壓力調節コック，壓力計等に連絡し，蒸溜器内の壓力を適當に保つ樣吸引せしめ，不凝縮瓦斯……この場合炭酸瓦斯（其の他）を排除するに用ゐる.

（2）　實驗操作

アスファルトと骨材との混合物よりアスファルトの回收實驗を行ふに先ちて，溶解抽出及び溶劑驅逐操作が回收アスファルトに對して如何なる影響を及ぼすものなるかを確むる必要ありしを以つて，先づ性質既知のアスファルトを用ゐ抽出溶解，蒸溜等を行ひて回收アスファルトと原アスファルトとの性質を比較し，アスファルト回收法を決定する資料となした．其の實驗操作は次の如し.

1.　アスファアルト溶液の調製

供試アスファルトの所定量を容量 1.5 lit の廣口フラスコに秤取し，之に再蒸溜二硫化炭素の所定量を加へ，密栓を施し，フラスコを靜かに振蕩して充分にアスファルトを溶解せしめる.

2.　溶液の蒸溜

蒸溜裝置を整備し，圖—4 の如く，漏洩無き樣各部を連絡し，減壓によりて裝置内へ外氣の侵入する虞ある箇所はパラフイン又は硅酸ナトリウムを塗布し，充分氣密狀態を保たしめる．次に眞空ポンプを運轉して裝置内を減壓し，同時に洗滌乾燥せる炭酸瓦斯を送入して空氣を置換する．然る後に，溶液補給漏斗を通じてアスファルト溶液を蒸溜器内に入れ，尙暫く炭酸瓦斯を溶液中に噴出せしめて殘留空氣を排除する.

次に攪拌器を廻轉し，且つ炭酸瓦斯の送入を續けつゝ，加熱を開始する．温度上昇の割合は 1～2 °C/min 位とし，油浴の温度は，溶液温度に對し 10～15°C 位先行する樣バーナーを調節する．加熱開始の時の減壓程度は（大氣壓—5 mmHg）前後に保ち，僅かに吸引する．炭酸瓦斯吹込量最高は 800～1200 cc/min（瓦斯流量計にて最高 8～10cm）とし時々適當に調節する.

この狀態に於いては，溶液中の二硫化炭素は室温 (15～25°C) より氣化しはじめ，蒸溜器より溜出し來るから，これを冷縮器にて冷却して液化する．温度の上昇と共に溶劑の溜出漸く盛となるが，溶劑の溜出狀況は，アスファルトの種類，溶液の濃度，炭酸瓦斯吹込量，吸引程度により相違あるも，やゝ盛に溜出しはじむるは大體溶液温度が32～40°C に達せる時にして，温度42～48°C の間に於ては溜出最も盛となる．而して35～45°C に於ては，温度上昇は暫時緩慢となり或は停止し，其の間に激しく溜出をつゞくるを以つてこの期間は加熱の程度を減じ，48° C 以下に於て出來得るだけ多くの溜出を行はしめる.

溶液中の溶劑の量が甚しく減すれば，更に温度は上昇しはじめ，溶液温度が 50°C に達すれば，溶液中の溶劑は甚しく減少するを以つて溶液は濃厚となり，粘性增加し，溶劑蒸氣の發散に困難を感ずるに至る．この時期に達したる時は，炭酸瓦斯吹込量を 800 cc/min (瓦斯流量計 8 cm) 前後に增加し，攪拌器の廻轉を 60～80 rev/min に速め，溶液の局部過熱を避け，蒸溜の平滑に進行する樣注意する．かくして溶液の温度が 75～80°C に上昇すれば，溶劑の溜出は激減し，液面より盛に發泡し溶液は盛り上る傾向を示すから，絕えず攪拌，瓦斯吹込み，吸引をつゞけ，温度上昇速度を減じ 1°C/min 程度とし，溶液温度が 120～130°C に達すれば，蒸溜器中には殆ど二硫化炭素を殘さゞるに至り，發泡現象終熄し熔融狀態のアスファルト分のみが器底に殘る．

尙上記の方法では溶液加熱最高温度は 130～140°C, 油浴最高温度は 150～155°C, 蒸溜時間は 3～4 時間にして操作は完了するが，アルファルトの種類及び稠度，溶液の濃度等により溶劑溜出に難易の差があるから，上記の範圍内にて，温度上昇其の他の操作を適當に加減する必要がある．殊にブローン・アスファルト或は硬質のアスファルトは粘度高きが故に操作上困難多きを以つて，注意を要する．

蒸溜操作が終了すれば，直ちに炭酸瓦斯の吹込みを止め，攪拌器及び眞空ポンプの運轉を停止し，蒸溜器を取りはづして殘留アスファルト分を取り出し，之を所定試驗の試料とする．

[3] 溶液蒸溜の際の溜出狀況

上述[2]の(2)實驗操作の項に於て旣に說きたる如く，溶液の蒸溜狀況は次の如く數段に分ちて考ふることが出來る．勿論蒸溜過程は1つの連續せる經路を辿るものであるから嚴格に之を各段階に分つことは出來ないが，考察を進むる上より之を各段階に分ちて考ふるを便とする．即ち蒸溜過程を分ちて，1. 初期加熱，2. 溶劑多量溜出 3. 溶劑第2次溜出，4. 溶劑殘部蒸發の4過程となすことが出來る．

1. 初期加熱　常温より吹込加熱を開始する時は，溶劑たる二硫化炭素は吹込瓦斯に伴はれて僅かに溜出し來る．其の溜出量は温度の上昇と共に增加するがこの間には溶劑の主要部は未だ蒸溜器中に存在する．初期加熱の温度は溶劑の種類が異る時は相違する．（圖—3 及び，圖—12乃至圖—13 參照）

2. 溶劑多量溜出

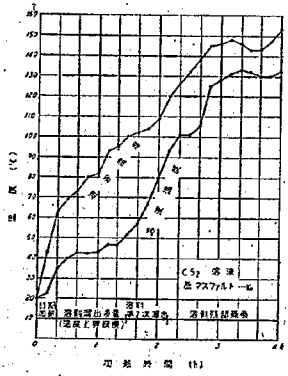
溶液の温度が高まり，二硫化炭素の沸點（備考）が近づくに從ひ，漸く溜出量は增加し，沸點の附近に於ては溜出最も盛となると同時に溶液の温度の上昇は緩慢となる．即ち大體 35°—50° C の範圍に於て温度上昇は暫く抑留せられ，其の間に多量の溶劑が溜出し，溶液は其の濃度を增大する．

備考　二硫化炭素の沸點は，純品に於ては，常壓にて 46°C であるが，アスファルト溶液より CO_2 吹込による蒸溜に於ては，其の溜出温度は壓力と溶液濃度に支配されるを以つて，定温度で其の全部が溜出せられる譯にはゆかない．其の多量は上記の如く 35°～50° C で溜出してしまふが，それと同時に溶液濃度が高まるから，之以上に温度を高めないと殘留二硫化炭素は溜出して來ない．

3. 溶劑第2次溜出

上記の過程によりて濃縮せられた溶液中にはまだ二硫化炭素が殘留して居る．なほ吹込加熱を繼續すれば，温度は上昇しつゝ二硫化炭素を溜出し，50～85°C の間にて溶液は更に濃縮せられ，85°C 前後に至るに及んで一見殆んど溜出を見ざるが如き狀態に達する．この狀態に至れば，溶液中の大部分の二硫化炭素は溜出除去せられて溶液は極度に濃縮せられ，原アスファルトに近づくが，尙其の中には溶劑殘部の幾分が存在し，原アスファルトに比し其の稠度はまだ遙かに軟質である．

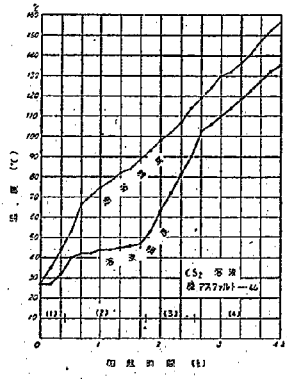
圖—3　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200gを溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 4 h, 最高加熱温度 133°C
3. アスファルト及び回收アスファルトの性質, 原アスファルトは No. 653 ユニオン・アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針度 (25°C)	16	16
延性 (25°C)	>100 cm	>100 cm
〃 100 cm延長後の太さ	0.20 mm	0.18 mm
軟化點 (R&B)	58°C	59°C

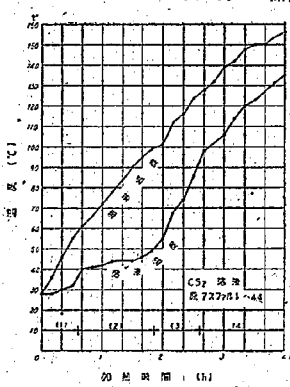
圖—4　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200gを溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 4 h, 最高加熱温度 135°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質, 原アスファルトは No. 2025 日石アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	46	47
延　性 (15°C)	>100 cm	>100 cm
軟化點 (R&B)	49°C	49°C

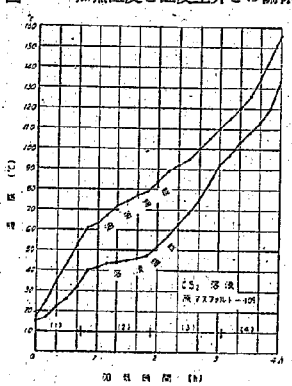
圖—5　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200gを溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 4 h, 最高加熱温度 135°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質, 原アスファルトは No. 1960 日石アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	44	45.5
延　性 (15°C)	28 cm	20 cm
軟化點 (R&B)	52°C	51°C

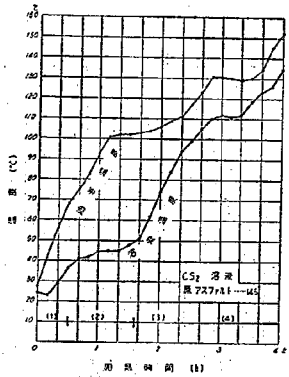
圖—6　加熱温度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200gを溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 4 h, 最高加熱温度 133°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質, 原アスファルトは No. 2299 小倉アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	109	108
延　性 (15°C)	>100 cm	>100 cm
軟化點 (R&B)	42°C	42°C

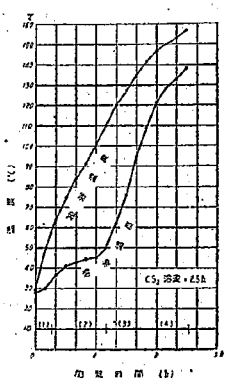
圖—7　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200gを溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 4 h, 最高加熱温度 134°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質, 原アスファルトは No. 2703 三菱アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	145	147
延　性 (15°C)	>100 cm	>100 cm
軟化點 (R&B)	39.5°C	40°C

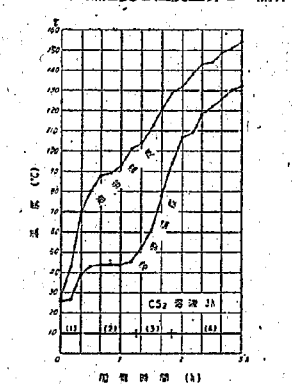
圖—8　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200gを溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 2.5 h, 最高加熱温度 138°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質, 原アスファルトは No. 1960 日石アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	44	45
延　性 (15°C)	28 cm	18 cm
軟化點 (R&B)	52°C	52°C

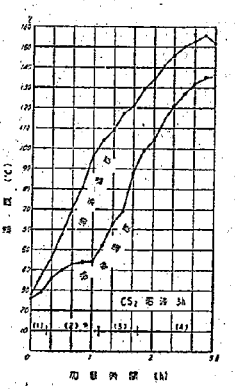
圖—9　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200gを溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 3 h, 最高加熱温度 136°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質, 原アスファルトは No. 1960 日石アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	44	44
延　性 (15°C)	28 cm	17 cm
軟化點 (R&B)	52°C	52°C

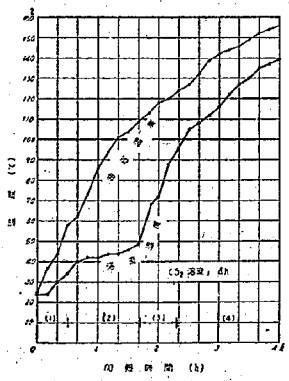
圖—10　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200gを溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 3 h, 最高加熱温度 132°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質, 原アスファルトは No. 1960 日石アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	44	44
延　性 (15°C)	28 cm	21.5 cm
軟化點 (R&B)	52°C	52°C

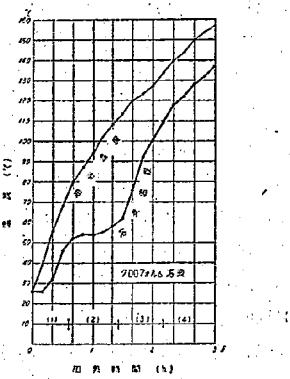
圖—11　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CS_2 1000g 中にアスファルト200g を溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 4 h, 最高加熱温度 139°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質，原アスファルトは No. 1960 日石アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	44	42
延　性 (15°C)	28 cm	11 cm
軟化點 (R&B)	52°C	52°C

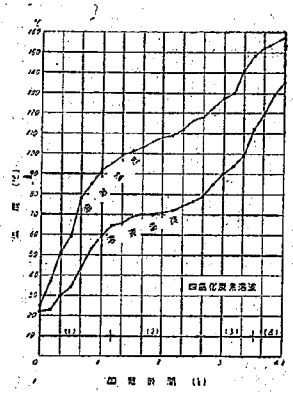
圖—12　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は $CHCl_3$ 1000g 中にアスファルト200g を溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 3 h, 最高加熱温度 137°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質，原アスファルトは No. 1960 日石アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	44	22
延　性 (15°C)	28 cm	40 cm
軟化點 (R&B)	52°C	71°C

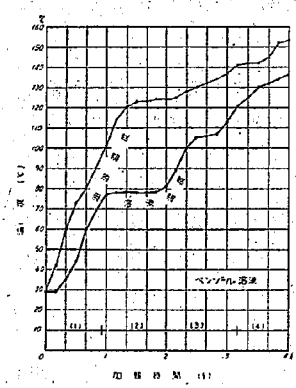
圖—13　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は CCl_4 1000g 中にアスファルト200g を溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 4 h, 最高加熱温度 135°C
3. 原アスファルト及び廻收アスファルトの性質，原アスファルトは No. 1960 日石アスファルト

	原アスファルト	廻收アスファルト
針　度 (25°C)	44	7
延　性 (15°C)	28 cm	0 cm(25°C)
軟化點 (R&B)	52°C	>115°C

圖—14　加熱速度と温度上昇との關係



備考　1. 溶液は C_6H_6 1000g 中にアスファルト200g を溶解せるもの
2. 溶液加熱時間 4 h, 最高加熱温度 136°C
3. 原アスファルト及び回收アスファルトの性質，原アスファルトは No. 1960 日石アスファルト

	原アスファルト	回收アスファルト
針　度 (25°C)	44	34.5
延　性 (15°C)	28 cm	10 cm
軟化點 (R&B)	52°C	57°C

4. 溶劑殘部蒸發

上記の如く極度に濃縮せられた溶融液は（この程度に至りたる時は，溶液と言はんより熔融液と稱する方が實際に近い）吹込加熱を行ふに從つて，其の溫度の上昇と共に，殘留二硫化炭素を發散し，漸次に其の稠度は硬化する．この場合加熱溫度及び加熱時間が當を得れば，殘留二硫化炭素は全く除去せられ，原アスファルトと殆ど等しき物質を殘し得る．もし加熱溫度低きに過ぐる場合には，二硫化炭素の痕跡を殘し，原アスファルトより軟質のものを得る．又加熱溫度高きにすぐるか，加熱時間長きに過ぐる時は，二硫化炭素の痕跡消失後殘留アスファルトの硬化が起る．故に溶劑殘部の蒸發は加熱溫度，加熱時間を適當の範圍內で行ふ必要がある．

上記の蒸溜過程を例示すれば圖—3 乃至圖—4 の如くである．圖中 (1), (2), (3), (4), は夫々初期加熱，溶劑多量溜出，溶劑第2次溜出，溶劑殘部蒸發の時期を示す．

圖—3 乃至圖—7 は，針度の異なるアスファルトの各溶液につきその溫度上昇を示せるもので，加熱時間はすべて4時間である．黒太線は溶液溫度，細線は加熱油浴溫度を示す．加熱油浴溫度は大體に於て時間と共に上昇し熱の供給は略一樣に保たれては居るが，溶液溫度は 35°C 或は 40°C 位より 50°C 位の間に於て一時溫度の上昇が緩漫となるを示して居る．この時期は多量溶劑 (CS_2) の溜出の最盛なる期間で，其の氣化潛熱の爲に溫度の上昇が妨げらるゝものである．其の後溶液溫度は次第に上昇し，2～2.5 時間後 85～90°C に達するが，この期間に於ては，尙溶劑の蒸溜が繼續せられて居る．この以後は，溶液溫度は油浴溫度と略平行して上下し，溶劑の蒸發は少いことを示して居る．

圖—8 乃至圖—11は加熱時間を異にする場合の溶液溫度上昇と油浴溫度上昇とを比較せるものであるが，いづれも，上記の如き傾向が見られる．

圖—12乃至圖—14は，溶劑を異にする溶液の溫度上昇を表したるもので，圖—3 及び圖—12乃至圖—14等の曲線より，各溶劑につき溶劑多量溜出の溫度を比較すれば

		溶劑多量溜出溫度	溶劑沸點
二硫化炭素	(CS_2) 溶液	35～50°C	46°C
クロロフォルム	($CHCl_3$) 溶液	50～60°C	61°C
四鹽化炭素	(CCl_4) 溶液	65～80°C	77°C
ベンゾール	(C_6H_6) 溶液	75～82°C	80°C

である．又溶劑の溜出の殆ど終熄する溫度は大約夫々 85, 110, 115, 120°C である．溶劑多量溜出溫度，第2次溜出終熄溫度より考へてもアスファルト回收を目的とする場合は，溶劑として溜出溫度低き二硫化炭素を使用するが得策である．

V. 回收アスファルトの性質

上記の如くにして，溶解且つ回收せるアスファルトの性質は回收法によりて其の性質を異にする．故に回收法の中に含まる各條件が，回收アスファルトの性質に及ぼす影響を研究する必要がある．

[1] 加熱溫度及び加熱時間の影響

各種のアスファルトを用ゐて，各種の加熱溫度，加熱時間の下に回收せるアスファルトの性質即ち針度，延性

軟化點等を原アスファルトの性質と比較すれば表—10の如くである.

表—10　蒸溜加熱温度及び加熱時間の回收アスファルトの性質に及ぼす影響

項目	原アスファルト		130° C			135° C			140° C			
	名稱	性質	3 h	3.5 h	4 h	3 h	3.5 h	4 h	2.5 h	3.0 h	3.5 h	4.0 h
針度	No. 2604	14										
延性 cm	日石	3(25°C)										
軟化點 °C	ブローン	85.5										
針度	No. 653	16						16				
延性 cm	ユニオン	2						1.5				
軟化點 °C	ストレート	58						59				
針度	No. 2298	43		42.5		44	43	44				
延性 cm	小倉	>100		>100		>100	>100	>100				
軟化點 °C	ストレート	48		48		48	48	48				
針度	No. 1960	44	44			44		43	45			42
延性 cm	日石	28	21.5			17		15	18			11
軟化點 °C	ストレート	52	52			52		52	52			54
針度	No. 2025	46	48			46		45	49		45	
延性 cm	日石	>100	>100			>100		>100	>100		>100	
軟化點 °C	ストレート	49	49			49		49	48		49	
針度	No. 2027	104			109		100	105			107	110
延性 cm	日石	>100			>100		>100	>100			>100	>100
軟化點 °C	ストレート	45			45		45	45			45	44.5
針度	No. 2299	109		107	115	107		108			103	108
延性 cm	小倉	>100		>100	>100	>100		>100			>100	>100
軟化點 °C	ストレート	42		42	41	42		42			41	42
針度	No. 1962	112		101			98	101				
延性 cm	日石	>100		>100			>100	>100				
軟化點 °C	ストレート	45.5		45			44.5	45				

表—10は，加熱最高温度 130°C, 135°C, 140°C, 加熱時間 3, 3.5, 4 時間の各條件の下に，各種アスファル

ト溶液より回收せるアスファルトの性質（針度，延性，軟化點）を原アスファルトと比較せるものである．本實驗の結果に依れば，大體 135° C を標準最高温度とし，4 時間を最長標準時間とする．130° C 或は其れ以下の低き温度にては，溶劑の完全驅逐が不可能となるのみならず徒らに長時間を要し，アスファルトを毀損する處がある．又 140°C以上の温度にては揮發作用其の他の原因よりアスファルトの硬化を來たすことは表—11に見るが如くである．

表—11 長時間蒸溜の影響

項目	原アスファルト		140° C		150° C
	名稱	性質	4.5 h	5 h	3. 5 h
針度	No. 1960	44	42	40	41
延性 cm	日石	28	8	8	12
軟化點 °C	ストレート	52	54	57	54.
針度	No. 2027	104	120	128	
延性 cm	日石	>100	>100	>100	
軟化點 °C	ストレート	45	46	46	
針度	No. 2299	109		100	105
延性 cm	小倉	>100		>100	>100
軟化點 °C	ストレート	42		40	42
針度	No. 2025	44			
延性 cm		>100			
軟化點 °C		49			

表—11に依れば最高加熱温度 120° C に於ては，5～6 hの長時間の加熱を行ふも，溶劑の痕跡を驅逐し得ず，140°C に於て 4.5～5 hの加熱は，時としてアスファルトを硬化し過ぐることを示して居る．又 150° C の如き高温度を用ゐる時は，加熱時間を適當に保つもアスファルトを硬化し過ぐる場合あることを示して居る．

表—10及び表—11の各種試驗の結果より歸納するに，蒸溜加熱最高温度 130～140°C，加熱時間は 2.5～4 hを適當とする．

[2] 使用溶劑の影響

アスファルト抽出及び回收用の溶劑については，既にII章[1]の（3）に於て，各種溶劑の性質につき吟味し如何なる溶劑を用ふべきかにつき考慮したが，尙之等各種の溶劑に依る抽出溶液より回收せるアスファルトの性質を原アスファルトの性質と比較すれば次の如くである．

其の方法は大體前節の二硫化炭素による回收方法と同樣であるが，各溶劑の沸點が互に相異る關係上蒸溜最高温度及加熱時間は各種溶劑に適合する樣之を行つた．其の結果は表—12の如くである．

表—12　使用溶劑の回收アスファルトに及ぼす影響

	原アスファルト		空實驗	回收アスファルト性質				加熱温度及び時間
	名稱	性質		ベンゾール C_6H_6	クロロフオルム $CHCl_3$	四鹽化炭素 CCl_4	二硫化炭素 CS_2	
針度	No. 1960	44	42.5	34.5	22	7	45.5	135～137°C
延性 cm	日石	28	18	10	4	0	20	3.5 h
軟化點 °C	ストレート	52	54	57	71	>115	51	
針度	No. 2298	43		48			43	135～138°C
延性 cm	小倉	>100	…	<100	…	…	>100	3.5 h
軟化點 °C	ストレート	48		45			48	
針度	No. 2025	46		45	32		43	135～138°C
延性 cm	日石	>100	…	>100	>100	…	>100	3.5 h
軟化點 °C	ストレート	49		50	57		49	
針度	No. 2701	42.5	41.5	39			43	135°C
延性 cm	三菱	>100	>100	>100	…	…	>100	4 h
軟化點 °C	ストレート	49.5	50	51			49.5	
溶劑沸點				80°C	61°C	77°C	46°C	

表—12に依れば，溶劑としてクロロフォルムを使用せる場合は回收アスファルトは硬化し過ぎる．之れ恐らくクロロフォルムが鹽素化合物なるに依るものゝ如し．之より鹽素含有量高き四鹽化炭素を溶劑として用ゐた場合はアスファルトは尙一層硬化せられる．即ちアスファルト回收を目的とする場合には此等の鹽素化合物を溶劑とすることは不適當である．

ベンゾールを溶劑とせる場合は，回收アスファルトの性質は比較的原アスファルトの性質に近きも，溶劑は比較的高沸點を有し，且つ市販品中には，80°C よりも高き沸點を有する部分を含むこと多きを以つて，時としてこの高沸點部分が溜出しつくされずしてアスファルト中に殘ることがある．かゝる場合には却つてアスファルトを軟化する度があり，強いて之を除去せんと欲すれば，140°C 以上の高温を必要とし却つてアスファルトを硬化し過ぐるに至る．

表—12中の空實驗は，溶劑を使用せず原アスファルト中に炭酸瓦斯を吹込みつゝ加熱（加熱温度 135°C，加熱時間4時間）せるものにして，加熱後のアスファルトは原アスファルトに近似せる性質を示す．二硫化炭素を溶劑とせる場合は，略空實驗の場合と同樣の結果を示して居る．

上記の實驗よりアスファルト回收法に安全に使用し得る溶劑は純二硫化炭素（再蒸溜品）を適當とすることが明かである．

尙各種溶劑は其の沸點を異にするを以つて，溶劑多量溜出の温度，第2次溜出の終了温度等が異ることは圖—3 及び圖—12乃至圖—14に示すが如し．これ等の圖に於て油浴の温度は大體に於て漸次上昇して居るが，溶液の

温度上昇は溶剤の沸點前後に於ては一時緩漫となり，この階程に於て多量の溶剤が溜出せられる．この時期が終れば第2次溜出の階程に移り，溶液の温度は油浴の温度に從つて上昇すると共に溶剤を溜出するが，ある温度に達すれば溜出殆ど止み，其れ以後は溶剤殘部の蒸發が行はれる．この階程に於ては，溶液温度は油浴の温度と殆ど平行して上下するに至る．

[3] アスファルトと溶剤との共存時間，溶液濃度，蒸溜回數の影響

(1) アスファルトと溶剤との共存時間の影響

アスファルトの抽出溶液を永く放置するか，蒸溜終了までに長時間を費す時は，溶剤とアスファルトとの共存接觸期間が永くなり，この間に溶剤がアスファルトに作用を及ぼすことなきを保し難い．アスファルト及び溶剤の共存時間の長短が回收アスファルトの性質に及ぼす影響を見るに表—13の如くである．

表—13 アスファルト及び溶剤 (CS_2) の共存時間と回收アスファルトの性質との關係

(アスファルト……No. 1960，日石ストレート)

項目	原アスファルト	共存時間				
		12 h	24 h	48 h	120 h	240 h
針度 25°C	44	43	44	43	38	36
延性 15°C cm	28	15	20	16	12	7
軟化點 R&B °C	52	53	52	52	52	53

表—13の實驗はアスファルト 200 g，二硫化炭素 100 g の溶液を，8，20，44，116，236 h 室温に放置せる後蒸溜を行ひ，アスファルトを回收して其の性質を檢したものである．

本實驗に依れば，共存時間が48時間以上に及ぶものは，回收アスファルトの性質が著しく變化せられて居る．其の原因は，溶剤が直接にアスファルトに作用せるものなるか，或は溶液の狀態に於けるアスファルトが日光，空氣等の影響を受け易きに依る爲なるか不明である．いづれにしても抽出溶液の蒸溜はなるべく早く之を行ふ必要があり，溶液を時間以上放置することはよろしくない．

(2) 抽出溶液の濃度の影響

アスファルト舖裝，アスファルト加工品等の中よりアスファルトを抽出する場合，そこに得らるゝ抽出溶液の濃度は，アスファルトの性質，含有量，試料の狀況，抽出方法，操作の巧拙等によりて異る．抽出溶液の濃度の相違が回收アスファルトの性質に影響ありや否やは一應考慮して見る必要があるが，濃度の小なる場合は，溶剤の量が多きを以つて，蒸溜に際して比較的永き時間を要するが，溶剤中の大部分は，溶剤沸點前後の比較的低き温度に於て溜出し去り，85° C 以上の高温に達する場合にはいづれも同樣の狀態となるを以つて，濃度の影響はあまり問題とならない．

(3) 溶液の量の影響

同一濃度の溶液が量を異にする場合には蒸溜の初期即ち溶剤多量の溜出期間が多少異る．この場合に回收アスファルトの性質に著しき變化なきことは次の例に示すが如くである．

表—14

項目	原アスファルト	溶液量 1200 g	溶液量 3600 g	備考
濃度 %	100	18.3	18.3	No. 1960日石ストレートアスファルトをCS_2に溶解せる溶液
溶液補給回数 回	0	1	3	
アスファルト總量 g	200	200	600	
回收アスファルト性質 針度 25°C	44	43	41	
延性 15°C cm	28	15	18	
軟化點 R&B °C	52	52	51	

備考　蒸溜器の能力は約1200 g であつたから 3600 g の蒸溜は，溶液を 3 回に亘り補給せるもので，補給の時は，第 1 回迄入溶液中の溶剤の大部が溜出せる時（この時の温度約 80°）に第 2 回溶液を迄入し更に蒸溜し，同様にして第 3 回溶液を迄入し終局まで蒸溜を遂行せるものである．

[4] アスファルト原油産地，製造方法，性質等の影響

原油産地，製造方法，性質等を異にする諸種のアスファルトにつき，溶解抽出，回收を行ひ，回收アスファルトと原アスファルトとの性質（針度，延性，軟化點）を比較するに表—15及表—16の如くである．

表—15　原油産地，製造方法，性質等を異にせるアスファルトにつき原アスファルト及び回收アスファルトの性質比較

製造者名	日本石油							小倉石油		
試驗番號	No. 2604	No. 2657	No. 1960	No. 2025	No. 2740	No. 2027	No. 1962	No. 2298	No. 2379	No. 2299
原油産地	秋田縣	同左	同左		秋田縣			カリフオルニア	同左	同左
製法	空氣吹込	蒸氣蒸溜	同左		蒸氣蒸溜			眞空蒸溜	同左	同左
種類	ブローン	スレート	同左	同左	同左	同左	同左	ストレート	同左	同左
加熱最高温度 加熱時間	135° C 4 h	135° C 4 h	135° C 4 h	135° C 4 h	135° C 4 h	135° C 4 h	135° C 4 h	135° C 4 h	135° C 3.5h	135° C 4 h
原アスファルト性質 針度 25°C	14	42	44	46	51	104	112	43	43	109
原アスファルト性質 延性 15°C cm	3(25°C)	54	28	>100	23(10°C)	>100	>100	>100	>100	>100
原アスファルト性質 軟化點 °C	85.5	51	52	49	49.5	45	45.5	48	52	42
回收アスファルト性質 針度 25°C	13	41	43	45	51	105	101	44	42	108
回收アスファルト性質 延性 15°C cm	3	38	15	>100	20(10°C)	>100	>100	>100	>100	>100
回收アスファルト性質 軟化點 °C	85.5	51	53	49	50	45	45	48	52	42
原アスファルト回收アスファルトの差 針度 25°C	−1	−1	−1	−1	0	+1	−11	+1	−1	−1
原アスファルト回收アスファルトの差 延性 15°C cm	0	−16	−13	……	−3(10°C)	……	……	……	……	……
原アスファルト回收アスファルトの差 軟化點 °C	0	0	1	0	+0.5	0	−0.5	0	0	0

表—16 原油產地，製造方法，性質等を異にするアスファルトにつき，原アスファルト及び回收アスファルトの性質比較

製造者名		小倉石油		三菱石油		加藤製油所	東洋石油	早山石油	ユニオン	丸新新潟製油所
試驗番號		No. 2300	No. 2804	No. 2701	No. 2703	No. 2654	No. 2693	No. 2688	No. 653	No. 2743
原油產地		カリフォルニア	同左	同左	同左	秋田縣	不明	カリフォルニア	同左	秋田縣
製法		眞空蒸溜	空氣吹込	眞空蒸溜	同左	同左	同左	同左	蒸氣蒸溜	眞空蒸溜
種類		ストレート	ブローシ	ストレート	同左	同左	同左	同左	同左	同左
加熱最高溫度		135°C	—	135°C	135°C	135°C	135°C	135°C	135°C	135°C
加熱時間		3.5 h	—	4 h	4 h	4 h	4 h	4 h	4 h	4 h
原アスファルト性質	針度 25°C	168	—	42.5	145	41	23	130	16	94
	延性 15°C cm	>100	—	>100 (10°C)	>100 (5°C)	>100	>100	>100 (5°C)	2	>100
	軟化點 °C	38	—	49.5	39.5	50.5	52	40	58	44
回收アスファルト性質	針度 25°C	164	—	43	146	41	23	132	16	90
	延性 15°C cm	>100	—	>100 (10°C)	>100 (5°C)	>100	>100	100(5°C)	1.5	>100
	軟化點 °C	38	—	49.5	40	50	51.5	41	59	45
原アスファルト及回收アスファルトの差	針度 25°C	−4	—	+0.5	+1	0	0	+2	0	−2
	延性 cm	.....	—	.....	.....	.....	.....	.....	−0.5	.....
	軟化點 °C	0	—	0	+0.5	−0.5	−0.5	+1	+1	+1

本試驗によれば，本方法は各種各稠度の石油アスファルトの回收に用ゐることが出來る．原油の產地，製造方法等の相違は回收アスファルトの性質にあまり影響がない．但しパラフインを多量に含むアスファルト（換言すればパラフイン系原油の性質を併有する原油より造られたもの）と推察せられる．No.1962 の如きアスファルトにありては，變化幾分多きもの、樣認められるが，眞空蒸溜アスファルトと蒸氣蒸溜アスファルトとを比較すれば，蒸氣蒸溜アスファルトの方が稍變化が多いが，問題とするに足りない．眞空蒸溜をケロッグ式，シユルッ式，ヘツクマン式のいづれによりて行ひたるものも同一回收方法でアスファルトを回收し得ることが分る．

表—15及び表—16に於ては，回收アスファルトにつき，針度，延性，軟化點の 3 性質を比較して居るが，この 3 性質中針度，軟化點は殆ど原アスファルトと相違がない．延性は蒸溜操作の爲多少減少する傾向が認められる．

尙上記 3 性質の相違の程度は次の如くである．

原アスファルト稠度	針度	軟化點	延性
針度 40 以下	±1	±1	變化稍大
〃 40 ～ 50	±2	±1	
〃 50 ～ 80	±5	±1.5	
〃 100 前後	±5	±2	
〃 150 以上	±10～15	±2	

表—17 原アスファルト及び回收アスファルトの諸性質比較

試験番號	No. 1960		No. 2740		No. 2027		No. 2604		No. 2298		No. 2300		No. 2701		No. 2703		No. 2688	
試料	日石ストレート		同左		同左		日石ブローン		小倉ストレート		同左		三菱ストレート		同左		早山ストレート	
原油産地	秋田縣		同左		—		秋田縣		カリフォルニア		同左		同左		同左		同左	
選法	蒸氣蒸溜		同左		—		空氣吹込		眞空蒸溜シュルツ		同左シュルツ		同左ケロッグ		同左ケロッグ		同左ヘックマン	
種別	原アスファルト	回收アスファルト	原アスファルト	回收アスファルト	原アスファルト	回收アスファルト	原アスファルト	回收アスファルト	原アスファルト	回收アスファルト	原アスファルト	回收アスファルト	原アスファルト	回收アスファルト	原アスファルト	回收アスファルト	原アスファルト	回收アスファルト
比重 $^{25°}/_{25°}$C	1.036	1.040	1.037	1.037	1.002	1.004	1.023		1.016	1.014	1.020	1.019	1.022	1.023	1.014	1.014	1.009	1.011
針度 0°C							7		7									
25°C	44	43	51	51	104	105	14	13	43	44	168	185	42.5	43	145	146	130	132
45°C							28		>280									
5°C																		
延性 10°C			23	20					0	0			0	0	>100	>100	>100	>100
15°C	28	15	>100	>100	>100	>100			>100	>100	>100	>100	>100	>100				
25°C	>100	>100					3	3										
引火點 開放式 °C	244	228	230	243	>300	278	222		281	290	246	259	264	260	253	246	291	305
燃燒點 °C																		
軟化點 R&B °C	52	53	49.5	50	45	45	85.5	8.55	48	48	38	36	49.5	49.5	39.5	40	40	41
蒸發減 163°C %	0.36	0.44	0.11	0.17	−0.01	0.06	0.11		0.02	0.04	0.03	0.07	0.05	0.02	0.07	0.09	0.04	0.01
殘留物 針度 25°C																		
溶青全量 CS_2 %	99.97	99.61	99.52	99.38	99.98	99.73	99.61		99.95	99.88	99.93	99.96	99.69	99.86	99.84	99.82	99.78	99.60
溶青 CCl_4 %																		
固形パラフィン %	2.46	2.68	1.32	1.26			1.09	1.05			0.51	0.48	0.53	0.55		0	0.46	0.39
固定炭素 %																		
アスファルテン %	26.42	27.10	24.48	23.85			41.25	41.32			9.51	8.86	17.29	16.32	10.13	11.03	10.66	9.69
蒸溜方法		135°C 4 h		同左		同左				135°C 4 h		同左		同左		同左		同左

[5] 回收アスファルトの一般性質

回收アスファルトに就き針度，延性，軟化點及び之等以外の諸性質を檢するに表—17の如くである．本表について原アスファルト及び回收アスファルトの各性質を比較すれば次の如くである．

（1） 比重 $^{25°}/_{25°}C$ 原アスファルト及び回收アスファルトの比重は略一致して居る．即ち上記の回收操作によりてアスファルトの質量に變化なきことが認められる．

（2） 針度 針度は兩者略一致し，多少の相違を示す場合あるも，回收アスファルトの針度によりて原アスファルトの稠度を推測するに充分である．

（3） 延性 原アスファルトの延性大なるものは回收アスファルトに於ても延性大であるが，延性に於ては回收操作によりて幾分減少せしめらるゝことを免れない．

（4） 引火點及び燃燒點

引火點及び燃燒點については，兩者の間に ±15°C 位の相違は認められるが，回收アスファルトの引火點を以つて原アスファルトの引火性を推測することは可能である．

（5） 軟化點 (R&B)

軟化點は兩者よく一致す．回收アスファルトの軟化點を以つて原アスファルトの軟火點とするも差支ない．

（6） 蒸發減及び蒸發殘留物針度

蒸發減は兩者の間に著しい相違を認めない．これに依れば，蒸溜操作に於て，アスファルト中の低沸點成分の揮發はあまり起つて居ないことが分る．又溶劑が回收アスファルト中に殘留して居ることもないものと思はれる．

（7） 溶青全量 (CS_2) 及溶青 (CCl_4)

二硫化炭素或は四鹽化炭素に溶解する成分は，兩者の間に著るしい相違がない．

（8） 固形パラフィン

固形パラフィンの含有量につき原アスファルト及び回收アスファルトを比較すれば表—18の如くである．

表—18 原アスファルト及び回收アスファルト中の固形パラフィンの量

試料番號	製造者	固形パラフィン	
		原アスファルト中 %	回收アスファルト中 %
2701	三菱	0.53	0.55
2804	小倉ブローン	3.57	3.71
2604	日石ブローン	1.09	1.05
2740	日石ストレート	1.32	1.26
2688	昭和ストレート	0.46	0.39
1960	日石ストレート	2.46	2.68
2300	小倉ストレート	0.51	0.48

備考 固形パラフィンの測定はピリヂン法に依る．

表—18によれば固形パラフィンの量は回收法によりて實際的に變化なきものと見做してよろしい．

(9) 硫黄　回收操作中二硫化炭素が分解して硫黄を生ずるか，又は溶液の蒸溜及び蒸發が不充分で二硫化炭素を回收アスファルト中に殘存するが如きことがあれば，回收アスファルト中には當然硫黄分が增加して來る．然し上記の回收操作に於ては二硫化炭素の蒸發は完全に行はれたものと考へられるから，殘存二硫化炭素はあまりないものと考へられる．二硫化炭素としては再蒸溜製品を使用し分解物は除去してあるから，遊離硫黄はないものと考へられる．回收操作中の熱分解による硫黄の生成については不明であるが，恐らく少いものと思はれる．この點については實驗を行ひ得なかつたのを遺憾とする．

(10) アスファルテンの含有量

アスファルテンにつき原アスファルト及び回收アスファルトを比較すれば表—19の如くである．

表—19　原アスファルト及び回收アスファルト中のアスファルテン

試料番號	製造者	アスファルテン	
		原アスファルト中 %	回收アスファルト中 %
2701	三菱	17.29	16.32
2703	〃	10.13	11.03
2804	小倉ブローン	36.95	36.95
2604	日石ブローン	41.25	41.32
2740	日石ストレート	24.48	23.85
2688	早山ストレート	10.66	9.69
1960	日石ストレート	26.42	27.10
2300	小倉ストレート	9.51	8.86

備考　アスファルテンの定量はペンタン（化學用）に依る．

表—19によれば，回收操作に依つてアスファルテンの量に著しい變化が生ずるものでない事が分る．

(11) 上記回收アスファルトの諸性質は，略原アスファルト諸性質に近く，1～2 の項目について多少の相違はあるも回收アスファルトの性質を檢することにより，大體原アスファルトが如何なるものであるかを推察するには充分である．

VI. 要　約

(1) アスファルトを含有する鋪裝或は加工品より，アスファルト分を，其の儘の性質に於て，回收する方法を決定せんが爲に，アスファルト溶液の不活性瓦斯吹込蒸溜法について研究した．

(2) アスファルト回收操作に於て，アスファルトに變質を起さしむる原因は次の如し．

1. 溶劑の種類
2. 溶劑とアスファルトとの共存時間
3. 蒸溜の際溶液と空氣との接觸
4. 吹込瓦斯中酸素の有無
5. 加熱最高温度

6. 加熱時間

（3） アスファルト回收用溶劑としては，再蒸溜せる純二硫化炭素（CS_2）を選ぶべし．ベンゾール，クロロフォルム，四鹽化炭素等は多くの場合アスファルトを必要以上に硬化する缺點がある．

（4） アスファルト抽出溶液は永く放置すべからず．48時間以内に其の中のアスファルトを回收すべし．

（5） アスファルト抽出溶液蒸溜には，溶液を空氣と接觸せしむべからず．之が爲には炭酸瓦斯の如き不活性瓦斯を以つて器內の空氣を置き換へ，尙蒸溜中瓦斯吹込を行ふを要する．但し吹込瓦斯中の酸素は豫め洗滌除去し置くことが肝要である．

（6） 加熱最高温度は 130～140°C とす．

（7） 加熱時間は4時間を越えざるをよしとす．

（8） 上記の研究結果より，アスファルト溶液よりアスファルトを回收する方法を詳記すれば14～20頁所載の如し．

（9） （8）の方法にて回收せるアスファルトは，其の性質略原アスファルトと等しく，延性，其の他の點に於て多少の相違あるも，原アスファルトが如何なるものなるかを知るに充分である．

(10) 上記の方法により，實舖路證中のアスファルトと之れに使用したる原アスファルトとの性質の比較を行ふことを得べく，之等の研究結果については，第2報に於て報告すべし．

參 考 書

1. 內務省土木試驗所報告 第2號 大正15年1月 p.
2. A. W. Hixon : J. Ind. Eng. Chem. 9. 1917 p. 651～5
3. P. E. Spielmann : Bituminoues Substances, 1925. chap. IV. p. 58～68
4. Spielmann and Hughues : Asphalt Road, 1936. p. 292
5. Dow: "The Testing of Bitumens for Paving Purposes", Proc. A. S. T. M. 1903. Vol. Ⅲ. p. 349
6. John H. Bateman and Charles Delp : "The Recovery and Examination of the Asphalt in Asphaltic Paving Mixture." Proc. A. S. T. M. 1927, Vol. 27. Part 2, p. 465
7. John H. Bateman and H. L. Lehmann : "The Effect of the Mixing Temperature on the Physical Properties of an Oil-asphalt in a Sheet Asphalt Mixture." Proc. A. S. T. M. 1929. Vol. 29. Part 2, p. 943
8. Abraham : Asphalt and Allied Substances, 3rd Ed. p. 734
9. Paul Herrmann : "Beobachtungen beim Auflösen von Asphalt in CS_2" Asphalt und Teer, 1929. Vol. 29. No. 6, p. 126～129
10. J. J. Tappen : 同上. J. 29. p. 279
11. H. Siuda und W. Janisch : "Verhärtung von Asphalt bei der Extraktion Das Strassenwesen, J 28, p. 20～25
12. H. Siuda und W. Janisch : 1929. p. 117～121
13. H. Siuda, R. Benigni und W. Janisch:"Eine neue Methode zur Extraktion von Asphalt und Erdölasphalt aus Gemischen mit Gestein ohne Veränderung der Mechanischen Eigenschaften" Asphalt und Teer Strassenbautechnik, 4, März, 1931, Vol. 31. No. 9. p. 197～202
14. Seeling : chem Ztg, 1931, 55, p. 145
15. K. A. Hoepfner and Metzger : Neue Methode zur Extraktion von Asphalt aus Gemischen mit Gestein oder aus Emulsion, bei der die Aenderung der Viskositäts, Strassenbau 20. Mai, 1930, Vol. 30, No. 15 p. 237～241
16. M. R. Walczak and H. I. Rice : The Extraction of Bitumen from Mineral Aggregate Ind. Eng. Chem. 1920. Vol. 12, No.8 p 738 (液狀, 半液狀タールの機械的分離)
17. J. Oberbach "Ueber Extraktion bituminoser Massen im Laboratorium" Asphalt und teer Stnassenbautechnik 1929, Vol. 29. No. 3, p 61～62
18. Proc. A. S. T. M. 1931. Vol. 31, Part 2, p 818 A. S. T. M. Tent-Standards 1932. p 745
19. J. Greutert "The Recovery of Asphaltic bitumens from Solutions as far as possible without Altering their Properties" J. Inst. Petr. Technologists. 1932 Vol. 18, No. 108. p 846 Bitumen, 1933, 3 p 49
20. Schmidt-Herrmann "Prüfung von Stampfasphalt und anderen Strassendecken mit bitumin nöser Bindemitteln 1915. p 9.
21. Carter L. E. Olson Eng. Bull. Purdue Univ, 16. No. 6. Nov. 1932
22. A. W. Sikes and C. H. Corey J. Ind. Eng. Chem. Feb. 1935. Vol. 27. 5 p 192
23. D.M. Wilson "The manufacture and Testing of Asphalt materials" Road and Road Constr. March 1932. Vol. No. 112. p72 C. & I. 1932. No. 10. p61
24. Gene Abson "Method and Apparatus for the Recovery of Asphalt" Proc. A.S.T. M. 1933. Vol. 33, Part 2, p 704～714
25. A. A. Kraeff Wegen, 1933, 9, 22 p 649
26. F. Cardia Le Strade 1936, 18, 2, p 67

砂利道と土砂道との路面耐力の増進工法に關する比較試驗

内務技師　山田　元
元内務技手　船山晴雄

要旨

現時の本邦地方道路の大部分を占める在來砂利道又は土砂道を安價且簡易に改造して近代交通に適應する様に整備する工法を求めむとして先づ其の第一着手として所謂「關東ローム」を膠着材とする土砂道又は砂利道にセメント，瀝青乳劑，石灰，鹽化カルシウム及び珪酸曹達等を單用又は複用して，配合，構造又は工法を異にせる24種の試驗路面を造り，其のバルーン・タイヤ又は鐵輪に對する耐力を比較し其の増進方法を考察せるものである。

目次

I　緒言……（2）
II　試驗方法及び試驗路面……（3）
［1］試驗機械……（3）
［2］主要材料の性質……（4）
［3］試驗路面の種類と構造……（4）
III　試驗結果……（7）
［1］各工種の試驗結果……（8）
（1）生石灰混合砂利道……（8）
（2）乳劑表面處理砂利道（1）……（11）
（3）乳劑表面處理砂利道（2）……（11）
（4）乳劑表面處理土砂道……（11）
（5）乳劑混合土砂道……（11）
（6）稀釋乳劑混合土砂道……（11）
（7）鹽化カルシウム滲透砂利道……（11）
（8）鹽化カルシウム撒布砂利道……（11）
（9）砂利道……（14）
（10）乳劑混合砂利道……（14）
（11）50%稀釋乳劑混合砂利道……（14）
（12）3倍稀釋乳劑混合砂利道……（14）
（13）消石灰混合砂利道……（16）
（14）珪酸曹達混合砂利道……（16）
（15）セメント混合砂利道……（16）
（16）早强セメント混合土砂道……（18）
（17）早强セメント混合砂利道（1）……（18）
（18）早强セメント混合砂利道（2）……（18）
（19）鹽化カルシウム及び珪酸曹達混合砂利道（1）……（18）
（20）鹽化カルシウム及び珪酸曹達混合砂利道（2）……（18）
（21）2層式セメント混合砂利道（1）……（18）
（22）2層式セメント混合砂利道（2）……（19）
（23）2層式セメント混合土砂道（1）……（19）

(24) 2 層式セメント混合土砂道(2)……(19)
[2] 試驗結果の要約……(20)

I. 緒 言

本邦現時の地方道の大部分を占める土砂道又は砂利道は，充分な固結作用を受け，且適當な含水率を有する時は，近代の重交通に對しても其の支持力充分であり，快適な路面たり得ることは何人も認めて居る所である．併し本邦の大部分に亙る氣象作用の下では斯様の路面は其の含水率を適當なる範圍内に永く保持することが出來ない爲其の支持力又は凝結力を減じて近代交通に不適當な路面となるのである．之等の缺點を是正し，氣象作用の影響に拘はらず，長期に亙り近代交通に對し充分なる耐力を保たしめる爲に最も適當なるものは最近盛に唱導され始めた所謂路面安定工法である．現今各地で行はれて居る斯種の工法を大別すれば次の6種となる．

1) 粒度の更正によるもの
2) セメントを利用するもの
3) 瀝青材を利用するもの
4) 上記2者以外の化學製品所謂安定劑を利用するもの
5) 電氣的方法
6) 熱的處理

之等の内

1) 粒度の更正によるもの　とは土に，砂，砂利等の粗粒のものを混和して土のみの場合に有する性質上の缺點（例へば含水當量や液狀限界を減ずるとか或は乾燥を促進するとか）を是正する方法であるが本方法のみによつて完璧を期することは困難である．

2) セメントを利用するもの　從來のコンクリート鋪裝の外，1920年頃から米國に初まり最近唱導されつゝあるものにソイル・セメント，ソイル・セメント・コンクリート等がある．

3) 瀝青材を利用するもの　所謂瀝青質高級鋪裝の外，瀝青質材料を以て路面を處理し又路面上にて路面に近い材料に瀝青材を混合して氣象作用の影響を防ぐものにして本邦の如く固結せる在來砂利道の多い所には極めて適切なる工法の1つである．

4) 瀝青材又はセメント以外の安定劑を利用するもの　としては，石灰，鹽，鹽化カルシウム，珪酸曹達，糖蜜，リグニン等がある．之等の一部は應用せられる．其の效果は土質によつて著しい差違がある．之等の内あるものは時局柄使用し難い．

5) 電氣的方法 Endell & Hoffmann 法[1]　と云ふのは陽極 (Anode) にアルミニウムを，陰極 (Cathode) に銅を用ひ 300～500Volt の電壓で 8～14Amp. の直流を通ずるとアルミニウムの陽極の附近では80%の含水量のある粘土が固結して 10 kg/cm² の支持力を與へられ且水中で數ケ月間固結狀態を持續したと報ぜられてゐる．

6) 熱的處理　とは1種の路面加熱機 (Surface heater) で濠洲の黒土地帶に使用される方法で，極めて緩速

1) Ist International Cong. on Soil Mechanics Procdgs. Vol. 1, p. 275/1936 Hav. Univ. U.S.A.

で路面上を進行するガス發生機から生じた高温ガスを路表面に吹き流して路面を乾燥固結せしめるもので，砂，砂利の運搬費の高價な地方に用ひられる．

本試験は東京山手赤土を主要結合材とする土砂道及び砂利道に對し上記 2), 3) 及び 4) の内石灰，鹽化カルシウム，瀝靑乳劑を用ひて小規模の試驗路面を作り比較的實際の交通車輪に近い作用を有する試驗機に依つて其の耐力を比較實驗せるものである．

II. 試驗方法及び試驗路面

[1] 試驗機械

試驗は甲種道路試驗機[1]を用ひ，平均徑 10 m, 幅 76 cm の環狀の試驗路面上に直徑約 1 m, 重量約 1 噸内外の車輪 8 個（内 4 個を駈輪，4 個を從輪とし）を電力により平均 3哩/時 にて各獨自の路線を回轉走行せしめて其の路面狀況を知らむとするものである．

輪帶は主としてバルーン・タイヤを用ひ時に其の 2 個若しくは 1 個を鐵輪帶とした．

バルーン・タイヤ はダンロップ・コード・バルーン Heavy Duty と稱し其の構造寸法は表—1 の如くにして其の路面に與へる單位壓力は 4.6～5.3 kg/cm² である．

表—1　バルーン・タイヤ構造寸法，ダンロップ・コード・バルーン Heavy Duty
（管氣壓 2.461 kg/cm²）

車輪番號	寸法 (吋) 外徑	リム徑	輪帶徑	荷重 (kg)	接觸面 長徑 (cm)	短徑 (cm)	余面積 (cm²)	實面積 (cm²)	實面積の壓力强度 (kg/cm²)
No. 1 & No. 2	36	24	6	1,104 1,069	32.6	8.7	267	208	5.3 5.1
No. 3 & No. 4	35	23	6	1,178 1,127	30.1	11.4	322	230	5.1 4.9
No. 5 & No. 6	34	22	6	1,149 1,092	30.3	11.4	323	237	4.8 4.6
No. 7 & No. 8	33	21	6	1,120 1,138	28.9	11.3	310	234	4.8 4.9

鐵輪帶 は異路線の中央に位する第 3 及び第 4 車輪又は第 4 車輪 1 個を用ひた．輪帶幅 1 cm につき 183 kg に達し構造令の標準 125 kg の147% である．

車輪	重量 (kg)	輪帶幅 (cm)	單位輪帶幅荷重 (kg/cm)
No. 3	1,395	7.62	183
No. 4	1,349	7.70	175

試驗荷重 は便宜上鐵輪或はバルーン・タイヤの夫々の最大荷重の 1 路線上通過荷重（噸）を積算せるものを以て示す．

1) 土木試驗所報告第13號參照

[2] 主要材料の性質

本試験に使用せる材料中主要なるものは次の如くである.

土 は關東ロームに屬する東京山手赤土にして其の物理的性質は表-12に示すが如く，通常セメントを使用する安定工法所謂ソイル・セメント工法に使用し得べき土として許容される限界を遙かに超へるものである.

表—2　土の物理的性質

標準限界とは通常ソイル・セメントに使用し得べき土に許容される限界値を示す

番號	項目		東京山手赤土	標準限界
(1)	比重		2.41	
(2)	收縮限界 (%)		56.81	
(3)	收縮比		1.03	
(4)	液狀限界 (%)		129.6	<50
(5)	可塑性限界 (%)		92.2	
(6)	可塑指數		37.4	<25
(7)	含水當量 %	遠心力	67.0	
		野外	81.1	
(8)	單位重量 (kg/cm³)		672.6	
(9)	空隙率 (%)		72.2	<40
(10)	沈泥 (%)		22.4	
(11)	粘土		61.2	<35
(12)	含水率と密度との關係		正常	正常なるを要す

砂 は比較的細粒にして主として30番乃至100番の間にあり，粗粒率 2.06 を有し，室內乾燥の程度に於ける含水率は平均 1.71 %，單位重量 1,416 kg/m³，空隙率 46.5 %，比重 2.65，粘土及び沈泥 2.2 % である.

砂利 は40 mm以下，主として 20～5 mmのもの多く 82.5 % を占め粗粒率 6.47，吸水率 0.76 %，單位重量 1,756 kg/m³，空隙率 32.7 % 比重 2.647 である.

安定劑として使用せるものにつきては其の精査を省略せるを以て玆に之を詳記し得ざるも**石灰**は試みに生石灰及び消石灰の2種を用ひ，共に栃木縣葛生產のものにして後者は工業用最純粉末である．**鹽化カルシウム**は粉末の粗製品，**珪酸曹達**は粗製品にして 34.14 % の溶液にて水飴狀を呈す．**アスフルト乳劑**は透入用及び混合用の2種を用ひ，**セメント**は工種 No.15には普通ポルトランドセメント，其の他には早强セメントに其の重量の 2 %の鹽化カルシウムを混和した.

[3] 試驗路面の種類と構造

試驗路面は表—3～5に示す24種にして工種につき幅 76 cm，平均長約 1 m，面積約 0.75 m² を有し，路床又は

基礎として既設のセメントコンクリート層，固結せる砂利道又は砂利層の3種があり，之等の上に新に土砂道又は砂利道を造り，然る後所定の安定工法を施した．斯種の工法には夫々特有の施工法があり其の方法如何が其の耐力に至大の關係があるが試驗規模の性質上實地に有効に使用せらるゝ夫々の適應機械を利用し難く混合，撒布等も人力により，轢壓も多くは木槌による搗固め（底面直徑 25 cm，重量 24 kg）を以て代へた．

砂利道　は其の配合を乾燥重量比にて砂利 100，砂20，土 15 の割合とし，鐵板上に於て，含水率 16 %とを標準として加水混合したものを所定の層厚に木槌を以て3通り搗固めて仕上げた．

土砂道　は其の配合を前記砂利道中より砂利を除きたるもの，即ち20：15或は砂57 %，土43 %とし，標準含水率40 %（土含水率80～90 %）を以て砂利道に準じ施工した．

各種表層の施行方法を略述すれば次の如くである．

No. 1　生石灰混合砂利道

固結せる厚さ 5 cm の砂利道（含水率 5.89 %）の表面 3cm を掘取り練臺上に移し之に含有土砂の 11.5 %（乾燥重量を用ふ，以下同斷）の生石灰（1.675 kg/m²）及び水 5.41/m²（含水率 10.8 %）を加へてショベルにて充分混合し布均して搗固めた．先づ最少限度の使用量による効果を明にせむとするものである．

No. 2　乳劑表面處理砂利道（1）

施工後13日を經て充分固結せる厚さ 5cm の砂利道（含水率略 5.8 %）の表面に透入用アスファルト乳劑を約 1.8 kg/m² 撒布し其の上に10～5 mm 碎石約 12 kg/m² 撒布し，鐵製手動ローラー（重量 73 kg，直徑及び長各 30.5 cm）にて輾壓し更に試驗機によりバルーン・タイヤを以て約 200 回輾壓し遊離碎石を掃取り再びアスファルト乳劑 1.5kg /m²，碎石屑 10.4 kg/m² を以て表面を處理し手動ローラーにて輾壓した．

No. 3　乳劑表面處理砂利道（2）

厚さ 5 cm の固結せる砂利道をアスファルト乳劑と砂とを以て No.2 と同樣の工法により表面處理せるもの．乳劑使用量は第1回 1.52 kg/m²，第2回 1.51 kg/m² 計 3.03 kg/m²，砂撒布量は第1回 11.5 kg/m²，第2回 9.5 kg/m²，計 20 kg/m² である．

No. 4　乳劑表面處理土砂道

厚さ 5 cm の固結せる土砂道（含水率約 30.0 %，土含水率約66 %）の表面を No. 3 と略同樣にアスファルト乳劑及び砂を用ひて2回に亙り表面を處理した．

No. 5　乳劑混合土砂道

厚 6.5 cm の固結せる土砂道（含水率約30 %，土含水率約66 %）の表面を深さ約 3 cm 掘取り練臺上にて加水（含水率約 37.7 %）混合し之に混合用アスファルト乳劑を 11.7 %（乾燥重量の 10 %を標準とす）即ち 13.64 kg /m² 加へて混合（含水率 43.6 %）敷均し乾燥に伴ひ搗固め 4 日を經て第1回の封緘工を施し更に 10 日を經て第2回の封緘工を行つた．工法は No. 2と略同樣とし，使用材料は，アスファルト乳劑第1回 1.72 kg/m²，第2回 1.73 kg/m² 計 3.45 kg/m² 碎石（10～5 mm）12 kg/m²，石屑 8 kg/m² である．

No. 6　稀釋乳劑混合土砂道

混合用アスファルト乳劑にその約72 %の水を加へて稀釋し含水率を 35.5 % として前項 No. 5 と殆んど同工である．施工直前母體土砂道は含水率約27 %（土含水率約 60 %）にして No. 5 より乾燥の度稍大である．

No. 7　鹽化カルシウム滲透砂利道

鹽化カルシウムを微溫湯にて 6.2 % の溶液とし，固結せる砂利道（厚 5 cm）表面厚約 2 cm の各材料乾重の

2 %に當る 0.636 kg/m² の割に撒布して滲透せしめた. 塩化カルシウム使用量を最少限度として其の效果を明にせむとするものである.

No. 8 塩化カルシウム撒布砂利道

厚さ 5 cm の固結砂利道表面に No. 7 と略同量の塩化カルシウム粉末を No. 30 篩を通して撒布し輕く撒水して之を滲透せしめた.

No. 9 砂利道

前掲概說せる工法により築造せられた砂利道厚 5 cm のもの, 試驗開始直前に於ける表面部分の含水率は約 6 %前後である.

No. 10 乳劑混合砂利道

砂利路床上に前述の工法に準じ築造せる厚さ 8 cm の砂利道が築造後 11 日を經て上部の含水率約 8.44 %となり充分固結せる後表面深さ約 3cm を掘取りその乾重量の 12.17 % (標準10%) 卽ち 7.0 kg/m² の混合用アスファルト乳劑を加へ更に水を補つて含水率 16.9%とし充分混合し敷均し搗固め手動ローラーにて輾壓せる後 No. 2 と同樣の取扱ひにて 4 日後及び 10 日後封緘工を施行した. 使用材料はアスファルト第 1 回 1.75 kg/m², 第 2 回 1.73 kg/m², 計3.48 kg/m², 碎石 (10~5mm) 14 kg/m², 石屑 4 kg/m² である.

No. 11 50%稀釋乳劑混合砂利道

上層含水率 7.8 % (土含水率約70%) の砂利道に對し, 混合用アスファルト乳劑に其の $\frac{1}{2}$ の水を加へて稀釋せるものを混合し前記 No. 10 に準じ (含水率17.6 %) て施工した. 唯本工に於ては土含水率約 150 %に達せし爲築造直後搗固め不能につき乾燥に伴つて搗固め輾壓した. 混合用アスファルト乳劑使用量は路面材料の 9.82 % (10%を標準) 卽ち 6.45 kg/m² である.

No. 12 3 倍稀釋乳劑混合砂利道

アスファルト乳劑に其の 2 倍の水を加へて稀釋せるものを混合し No. 10 に準じ施工せるもの, 施工直前の上層部含水率は 9.52 %, 混合の際の含水率は41 %に達して著しく過剩にして乾燥に伴つて搗固めた. 混合用乳劑は12.36 % (6.7 kg/m²) である.

No. 13 消石灰混合砂利道

充分固結せる砂利道厚さ 8 cm の上部深さ約 3 cm (含水率約 7.0 %) を掘取り, 之に其の含有土砂乾燥重量の 10. 75% (標準10 %) 卽ち1.73 kg/m² の粉狀消石灰を撒布し加水して含水率 13.59% とし No. 1 に準じ施工した.

No. 14 珪酸曹達混合砂利道

充分固結せる厚さ 8 cm の砂利道の上部厚さ 3 cm (含水率約 7.6 %) を掘取り之に其の含有土砂乾燥重量の約 10 %卽ち 1.69 kg/m² の珪酸曹達を加へて混合し敷均し搗固めた.

No. 15 セメント混合砂利道

充分固結せる厚さ 8 cm の砂利道の上部厚さ約 3cm (含水率 9.44%) を掘取り其の乾燥重量の約 5 %に相當する普通ポルトランドセメント 3.25 kg/m² と水とを加へてショベルに充分混合し, (含水率 15.22 %, 水比 246 %) 敷均し充分搗固め後約 1 週間麻袋にて被覆し輕く撒水養生した.

No. 16 早强セメント混合土砂道

厚さ 5 cm の土砂道に其の乾重量の10 %の早强セメント (卽ち 3.25 kg/m²) 及びセメントの 2 %の塩化カルシウムとを混合し (含水率 44.3 %, 水比約 360 %) 規定の搗固めを行ひ麻袋にて被覆し撒水養生せしめた. 1 週間

後の壓縮强さ（徑 10 cm, 高さ 20 cm 試片による，以下同樣）は 4.64 kg/cm² である．

No. 17　早强セメント混合砂利道（1）

厚さ 6.5 cm の砂利道に其の全乾重量の 5％（卽ち 6.44 kg/m²）の早强セメント及びセメントの 2％の鹽化カルシウムを混合し（含水率 11.28％，水比約 160％）No. 16 同樣に築造養生した．1 週間後の壓縮强さ 3.69 kg/cm² である．

No. 18　早强セメント混合砂利道（2）

セメント使用量を 8％（6.90 kg/m²）に增し，含水率 12.1％，水比約 135％となせし外 No. 17 と同工とす．1 週間後の壓縮强さは 12.26 kg/cm² である．

No. 19　鹽化カルシウム及び珪酸曹達混合砂利道（1）

厚 5 cm の砂利道全乾重量の10％の珪酸曹達及び 5％の鹽化カルシウムを混和し含水率 14.57％として充分混合し搗固め前乾燥に伴ひ搗固めを續行した．

No. 20　鹽化カルシウム及び珪酸曹達混合砂利道（2）

鹽化カルシウムを10%に增し，含水率を 14.10％とせし外 No. 19 と同工とす．

No. 21　2 層式セメント混合砂利道（1）

厚き砂利層を基礎とする全厚さ 18 cm の砂利道の內下部 15 cm に對しては其の全乾重量の 5％，上層 3 cm に對しては10％（卽ち 19.05 kg/m²）の早强セメント及びセメントの 2％の鹽化カルシウムを混入，含水率15％を標準とし下層は 3 層に分け築造した．

No. 22　2 層式セメント混合砂利道（2）

本工は全厚さを 8 cm とし下層 5 cm に對し 8％（合計 12.71 kg/m²）とせる外 No. 21 に準じて築造した．

No. 23　2 層式セメント混合土砂道（1）

土砂道厚さ 8cm の內下層 5c m に對し10％，上層 3 cm に對し20％の早强セメント（計 12.77 kg/m²）及びセメントの 2％の鹽化カルシウムを混入，含水率 40～45％として築造した．

No. 24　2 層式セメント混合土砂道（2）

全厚さ 8 cm の內下層を 3 cm，上層を 5 cm としセメント使用量を合計 15.61 kg/m² となせる外 No. 23 と同工とす．

III. 試 驗 結 果

試驗は先づ No. 1～15 に對しバルーン・タイヤを以て乾燥狀態にて 1 路線の通過荷重 1,572 瓲 に達せしめて各工種共に大なる異狀なきを明にし次で數回に亙り 5～10 mm の撒水をなしつゝ濕潤狀態にて荷重 351 瓲に達するまでバルーン・タイヤを運轉して荷重累計 1,923.7 瓲 に達せしめたる後中央部路線の車輪 2 個を鐵輪帶に取換へ通過荷重 16.3瓲にて破壞せるものを別種の No. 16 以下の工種にて改築し，斯くしてバルーン・タイヤ，運轉，鐵輪帶運轉及び改築等を繰返へしつゝ試驗を續行し最大通過荷重バルーン・タイヤ 2,359.5瓲，鐵輪帶 124.1 瓲に達せしめ，路面工の第一要件たる通過荷重に對する支持力の比較に就ては通常豫想され得る程度の荷重に對しては略之を明にし得て一先づ試驗を終了した．

圖—1

No. 1 生石灰混合砂利道
No. 2 アスファルト乳剤表面處理砂利道 1 (碎石撒布) 荷重(瓲)
純バルーン・タイヤ 1572.3

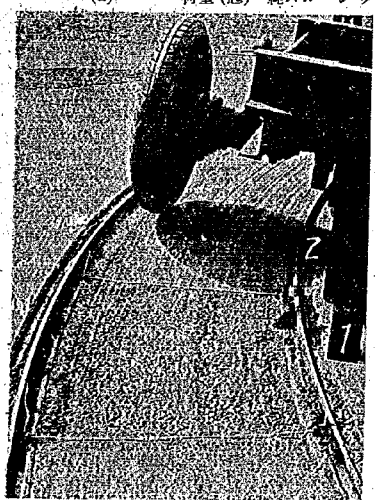
[1] 各工種の試験結果

No. 1 生石灰混合砂利道

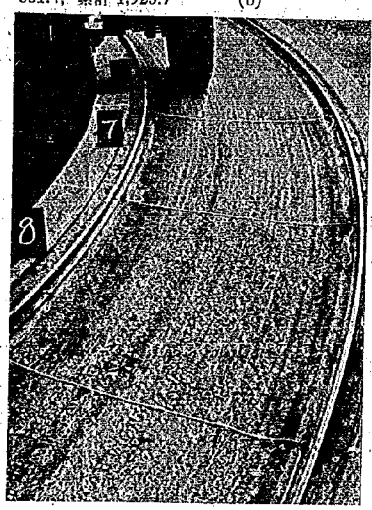
施工後4日にしてバルーン・タイヤを支持し得たが，それより4日間にバルーン・タイヤ荷重203瓲を通過せしめしに表面の土砂部分剝離し砂利弛緩し其の狀況 No. 9 即ち何等特殊の加工せざる通常砂利道に次で最惡である．其の後荷重累計 1,572.3 瓲に達して路面の砂利全く遊離し安定劑の效果なきを示した（圖—1）．然るに施工後約5週間を經て2日間に約 10 mmの程度に撒水し適潤狀態にてバルーン・タイヤを運轉せしに表面の浮動砂利母體内にめり込み荷重 351.4 瓲に達して尙頗る良好の路面を呈して居る(圖—2-(a))．

施工後6週間にして中央部2路線に鐵輪を運轉し荷重 16.3 瓲に達せしに表面弛緩し始め該路線の外側に浮遊材を生じたが，尙充分餘力あり路面狀況 No. 15, No. 13 等に次で良好である（圖—3）．次でバルーン・タイヤのみを運轉し荷重 136.9 瓲に達せしめしに鐵輪による路面の損傷自癒し，進んで鐵輪 32.7瓲（累計約50瓲）に達せし

圖—2 降雨中及び降雨後の試験結果（1時間雨量 5 mm，總計10mm 以内の降雨）
(a) 荷重（瓲）純バルーン・タイヤ，降雨中 351.4，累計 1,923.7 (b)

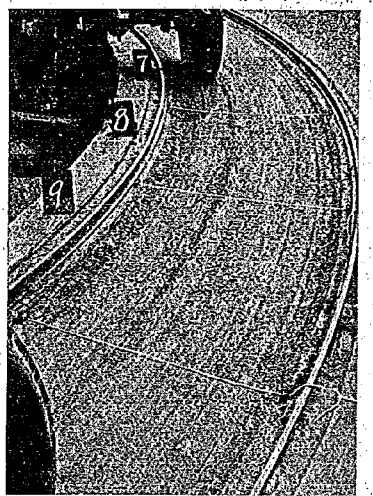


No. 1 生石灰混合砂利道
No. 2 アスファルト乳劑表面處理砂利道 1



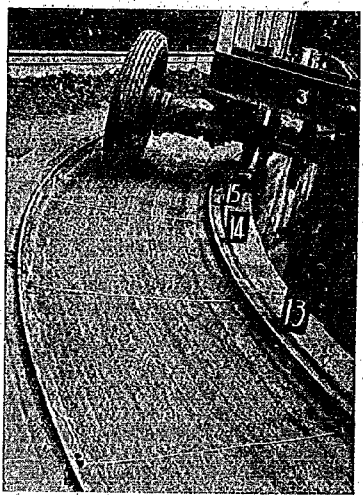
No. 7 鹽化カルシウム液撒布砂利道
No. 8 同上粉狀のまゝ撒布砂利道

圖—2　(c)



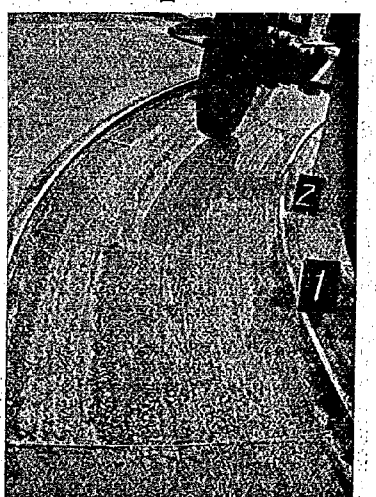
No. 7　No. 8　は（b）に同じ
No. 9　普通砂利道

圖—2　(d)



No. 13　消石灰混合砂利道
No. 14　硅酸曹達混合砂利道
No. 15　セメント5％混合砂利道

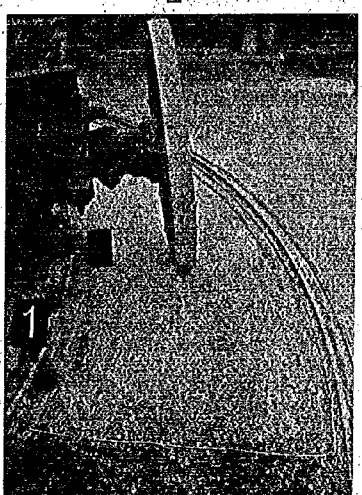
圖—3



No. 1　生石灰混合砂利道
No. 2　アスファルト乳剤表面處理砂利道

荷重(瓲)	純バルーン・クイヤ		1,935.1
	混合路線	バルーン	1,919.5
		鐵　輪	16.3

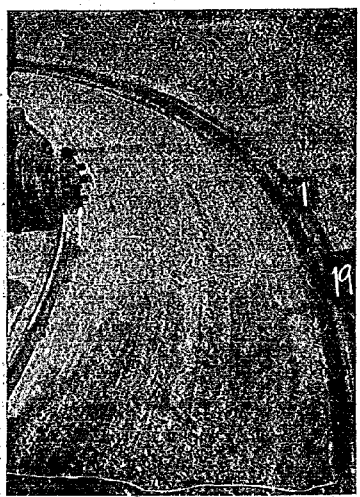
圖—4



No. 1　生石灰混合砂利道

荷重(瓲)	純バルーン・クイヤ		2,094.8
	混合路線	バルーン	2,056.1
		鐵　輪	49.0

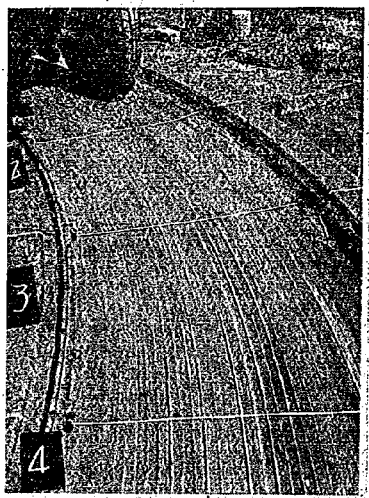
圖—5



No. 1 生石灰混合砂利道
No. 19 鹽化カルシウム 5 % 混合砂利道
珪酸曹達 10 %

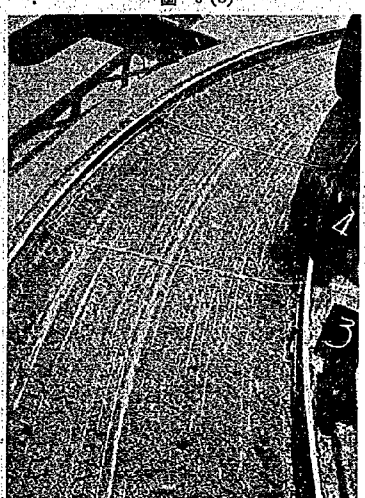
		No. 1	No. 19
荷重(瓲) 純バルーン・タイヤ		2,188.4	93.6
荷重(瓲) 混合路線	バルーン	2,131.2	75.1
荷重(瓲) 混合路線	鐵輪	75.1	26.1

圖—6 (a)



No. 2 アスファルト乳劑表面處理砂利道 1
No. 3 同 上 (砂撒布) 表面處理砂利道 2
荷重(瓲) 純バルーン・タイヤ 1,572.3

圖—6 (b)



No. 4 No. 3 に同じ 土砂道
No. 5 アスファルト乳劑混合及表面處理土砂道

圖—6 (c)

No. 6 No. 5 に同じ (50 %稀釋使用) 土砂道

めしに路面破壞の程度餘り變はらず（圖—4），更に試驗を續行し荷重累計バルーン・タイヤ 2,188.4 廻，鐵輪 75.1 廻に達せし狀況は圖—5 の如く鐵輪路面少しく沈下し弛緩浮動せる材料は外側バルーン路線内に盛上り尙支持力はあるが安定劑としての效果は失はれたものと認められる．概して消石灰に比して劣る．

No. 2　乳劑表面處理砂利道 (1)

第1回の表面處理後4日にしてバルーン・タイヤを以て 203.1 廻運轉したる後第2回の表面處理を行び1週間を經て再びバルーン・タイヤのみを以て運轉し荷重累計 1,572 廻に達せし時の路面狀況は圖—6 に示すが如く No. 3, No. 4 に比し稍優る．次に2日に亙り約 5 mm の撒水を行びバルーン・タイヤを運轉したが（荷重351.4 廻，累計 1,923.7 廻）別に異狀なく，更に路面乾燥を待つて鐵輪 16.3 廻を運轉せしに鐵輪路線稍沈下し外側バルーン・タイヤ路線稍隆起したが，他のバルーン・タイヤ路線は尙耐力がある（圖—7）．續いて荷重累計バルーン・タイヤ 2,094.8 廻，鐵輪 49 廻に達した時の狀況は圖—8 の如く鐵輪路線に於ては最早耐力を餘さゞるが如くである．但し No. 3 に比しては稍優る．

No. 3　乳劑表面處理砂利道 (2)

No. 2 に準じ試驗しバルーン・タイヤ荷重 2,094.8 廻に對しては支障なきも鐵輪帶 49 廻にて破壞した．結果は No. 2 に稍劣り No. 4, No. 5, No. 6 等に優る（圖—6, 7, 8）．

No. 4　乳劑表面處理土砂道

乾燥路面に於て荷重累計 1,572.3 廻に達せし時（圖—6 (b)）路線 4.6 及び 8（路線は外側を1とす）の内側に小沈下を生じたが別に運轉に支障なく，濕潤路面に於て（荷重 351.4 廻）一部に龜裂を生じ，乾燥後鐵輪荷重 16.3 廻にて鐵輪路線破壞した．鐵輪の影響なき部分はバルーン・タイヤ荷重 1,935.1 廻にて尙耐力を有して居る．No. 3, No. 5, No. 6 等に比して劣る（圖—7 (b)）．

No. 5　乳劑混合土砂道

母體乳劑混合後1週間にして克くバルーン・タイヤを支持し得．荷重 1,572.3 廻に達した時一部に小沈下を生じたが支障なく（圖—6 (c)），濕潤狀態にても支障なし．乾燥後鐵輪 16.3 廻にて鐵輪路線著しく沈下し其の兩側のバルーン・タイヤ路線は隆起し全然耐力を失つた．No. 4 に稍優り No. 6 に稍劣る（圖—7 (c)）．

No. 6　稀釋乳劑混合土砂道

本工は No. 4, No. 5 と略同樣の結果を示し稍優れるが如くである（圖—6, 7）．

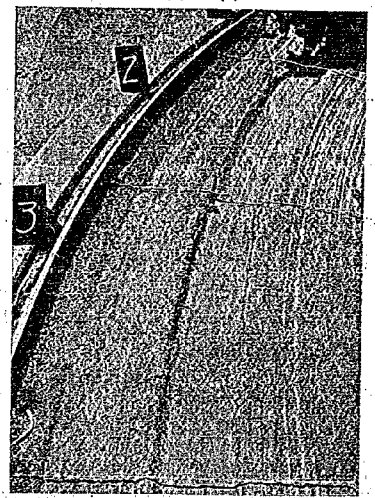
No. 7　鹽化カルシウム滲透砂利道

施工後8日バルーン・タイヤにより表面の土砂剝離し始め荷重 1,572.3 廻にて 圖—9(a) に示すが如く表面の砂利浮動するに至り，特に徃緩路線に於て著しい．路面弛緩の狀態は No. 8, No. 9, No. 1 等に稍優り No. 13, No. 14 等に稍劣る．2 日間に 10 mm 撒水せる濕潤狀態に於てはバルーン・タイヤにより浮動砂利母體内にめり込み路面著しく改善された．荷重 351.4 廻（乾燥試驗荷重共累計 1,923.7 廻）の時の狀況は圖—2 (b), (c) に示すが如く No. 1 と略同樣にして No. 13, No. 14 に稍劣る．路面略乾燥せる後鐵輪荷重 16.3 廻にして該路線少しく沈下し其の兩側再び浮動砂利を生じ圖—10 (a) の如くなる．荷重累計バルーン・タイヤ 2,188.4 廻，鐵輪 75.1 廻に達した時の狀況は圖—11 (a) に示すが如く最早安定劑の效果は認められぬ．鹽化カルシウム使用量過少の感あり，更に增量して試驗する必要がある．

No. 8　鹽化カルシウム撒布砂利道，

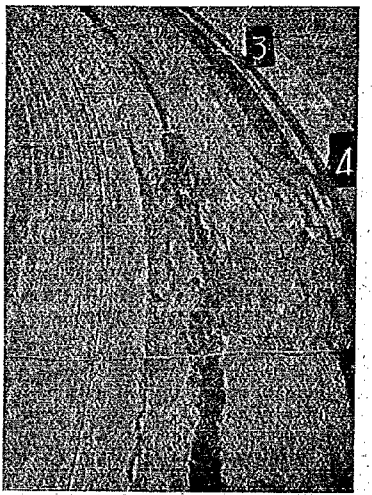
本工は No. 7 と殆んど同樣にして僅かに之に劣れる感がある．

圖—7 (a)



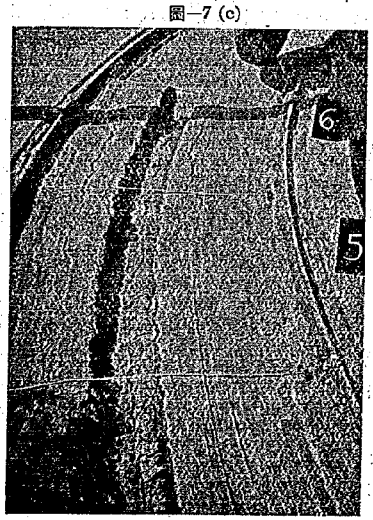
No. 2 アスファルト乳剤表面處理砂利道 1
No. 3 同 上 (砂撒布) 表面處理砂利道 2

圖—7 (b)



No. 4 No. 3 に同じ 土砂道

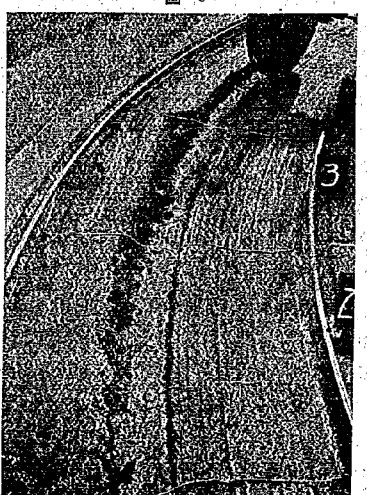
圖—7 (c)



No. 5 アスファルト乳剤混合及表面處理土砂道
No. 6 同上 (50%稀釋使用) 土砂道

荷重 (瓲)
- 純バルーン・タイヤ 1,935.1
- 混合路線
  - バルーン 1,919.5
  - 鐵 輪 16.3

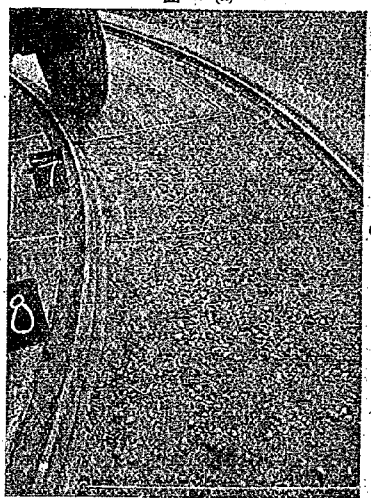
圖—8



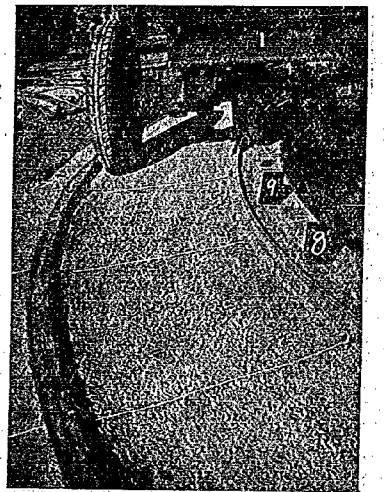
No. 2 アスファルト乳剤表面處理砂利道 1
No. 3 同 上 (砂撒布) 表面處理砂利道 2

荷重 (瓲)
- 純バルーン・タイヤ 2,094.8
- 混合路線
  - バルーン 2,056.1
  - 鐵 輪 49.0

圖—9 (a)

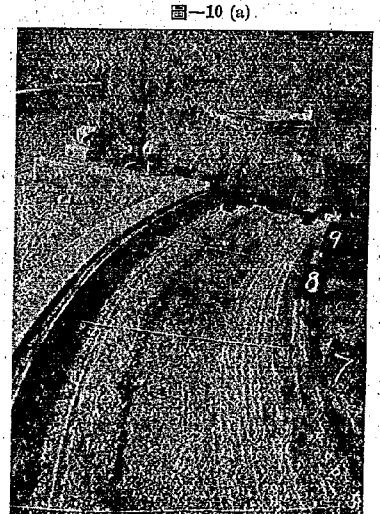


圖—9 (b)

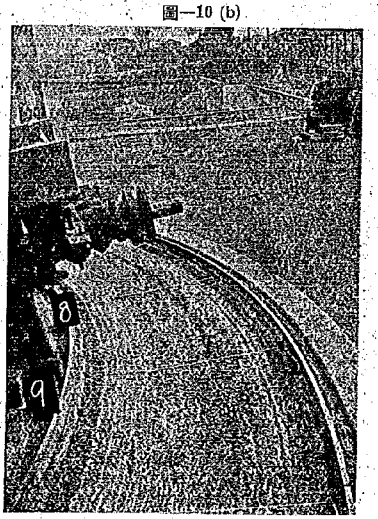


No. 7　塩化カルシウム（液状）滲透砂利道
No. 8　同　上（粉状）撒布砂利道
No. 9　普通砂利道
荷重（瓲）・純バルーン・タイヤ　1,572.3

圖—10 (a)



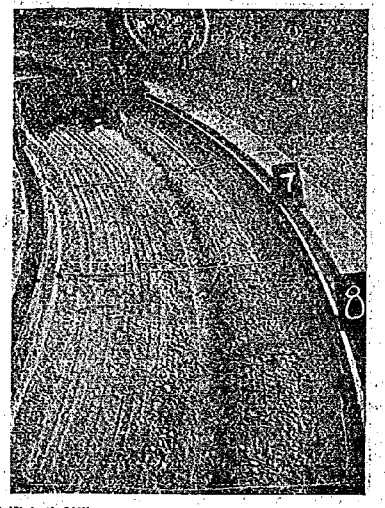
圖—10 (b)



No. 7　塩化カルシウム液撒布砂利道
No. 8　同　上　粉状のまゝ撒布砂利道
No. 9　普通砂利道
荷重（瓲）{純バルーン・タイヤ　1,935.1
混合路線{バルーン　1,919.5
鉄　輪　16.3

圖—11 (a)

圖—11 (b)



No. 7　塩化カルシウム液撒布砂利道
No. 8　同上 粉状のまゝ撒布砂利道
No. 9　普通砂利道

荷重（噸）{純バルーン・タイヤ 2,188.4
混合路線 {バルーン 2,131.2
鐵輪 75.1

No. 9　砂利道

No. 7, No. 8 等の如く極めて僅少の工費による處理路面に比しても尙稍劣れるもの＞如く特に濕潤時バルーン・タイヤの自縛的作用に於て劣れるもの＞如くであるが，鐵輪通過により破壞されし後は前記 2 者との區別判然せず．

No. 10　乳劑混合砂利道

母體乳劑混合後 7 日即ち第 1 回封緘層施工後 3 日を經てバルーン・タイヤを 203.1 噸運轉したが何等變化なく唯 No. 11, No. 12 等の如く稀釋乳劑を使用せるものに比し硬化の程度稍遲かなるが如くである．第 2 回封緘後 8 日より始めバルーン・タイヤ荷重累計 1,572 噸に達せしめしたが異狀なく（圖—12(a)），次で 2 日に亙る 5 mm の撒水による濕潤狀態に於けるバルーン・タイヤ荷重 351.4 噸の運轉にも別狀なし．乾燥路面に鐵輪 16.3 噸を運轉せしに鐵輪路線は少しく沈下しその內側に縱龜裂を生じたが尙耐力あり．更に試驗を續行してバルーン・タイヤ荷重 2,074.8 噸，鐵輪 49 噸に達したるに鐵輪路線は破壞したがその影響なき部分は別に支障なし．No. 11, No. 12 と殆んど遜色なし．

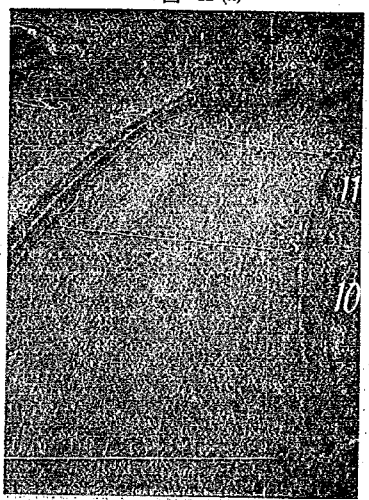
No. 11　50 %稀釋乳劑混合砂利道

圖— 12 (a), (b), (c), (d) 參照，前記 No. 10 と略同樣．

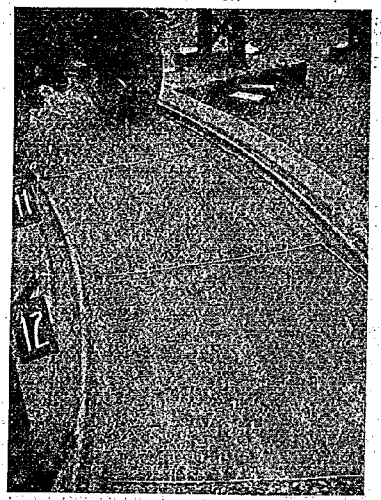
No. 12　3 倍稀釋乳劑混合砂利道

同上（圖—12 (b), (d)）

圖—12 (a)

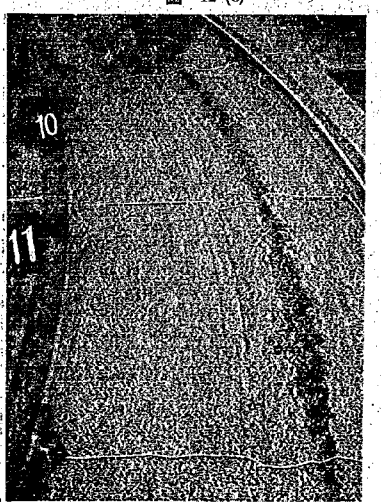


圖—12 (b)

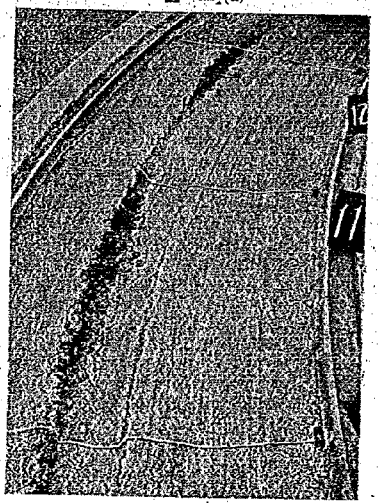


No. 10　アスファルト乳剤混合及表面處理砂利道
No. 11　同　上 50 %　稀釋使用砂利道
No. 12　同　上100 %　稀釋使用砂利道
荷重（瓲）　純バルーン・タイヤ　1,572.3

圖—12 (c)



圖—12 (d)



No. 10　アスファルト乳剤混合及表面處理砂利道
No. 11　同　上 50 %　稀釋使用砂利道
No. 12　同上 100 %　稀釋使用砂利道

荷重（瓲）｛純バルーン・タイヤ　2,094.8
混合路線｛バルーン　2,056.1
鐵　輪　49.0

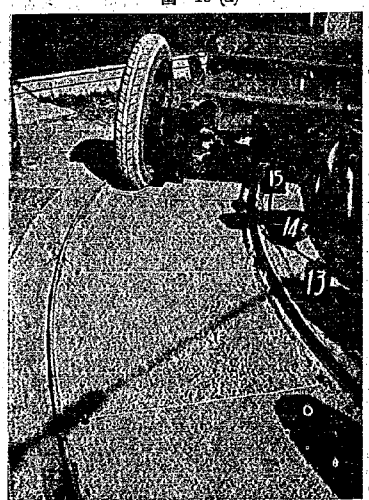
No. 13. 消石灰混合砂利道

石灰混合後8日より始めバルーン・タイヤ荷重 203.1 瓲にて表面土砂剝離の徴見え續いてバルーン・タイヤ荷重 1,572.3 瓲に及んで路線6より外側一體に浮動砂利を生じ其の狀況略 No. 14 と同樣にして No. 1 に優る(圖—13). 2日間に 10 mm 撒水せる濕潤狀態にてバルーン・タイヤ荷重 351.4 瓲のため浮動砂利母體內にめり込み却つて路面改善された(圖—2(b)). 次で路面略乾燥せる後鐵輪を交へて續行し荷重バルーン・タイヤ 2,188.4 瓲, 鐵輪75.1 瓲に達して殆んど耐力を失つた(圖—13(a), (b)).

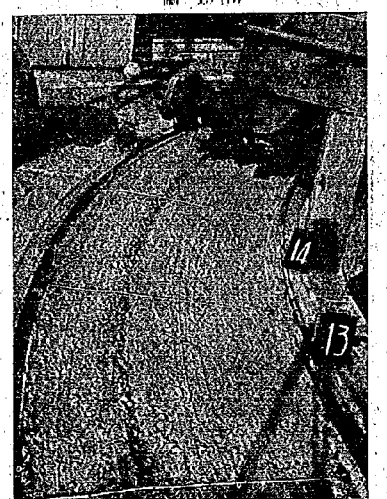
No. 14 珪酸曹達混合砂利道

施工後4日バルーン・タイヤを運轉せしに固結不充分にして不安定なるを以て中止し翌日路面乾燥せるを待つて再び運轉せしに支障なく, 唯表面土砂剝離の徴が見えた. 乾燥狀態にてバルーン・タイヤ荷重 1,572.3 瓲の結果は圖—13(a)に示す如く働輪路線の砂利浮動し始めたが No. 13 と略同樣にして No. 1, No. 7, No. 8 に比して勝る. 濕潤狀態 (2 日間に 10 mm の撒水) にてバルーン・タイヤ荷重 351.4 瓲により浮動砂利母體內にめり込み路面好化した(圖—2(b)). 鐵輪 75.1 瓲, バルーン・タイヤ累計 2,188.4 瓲に達して鐵輪路線は沈下し且表面の混合層は全く破壞されたがバルーン・タイヤ路線は表面粗鬆となれる程度に止まる. No. 13, No. 1 と略等しく, No. 15 には明に劣るも No. 7, No. 8 には勝る.

圖—13 (a)



圖—13 (b)

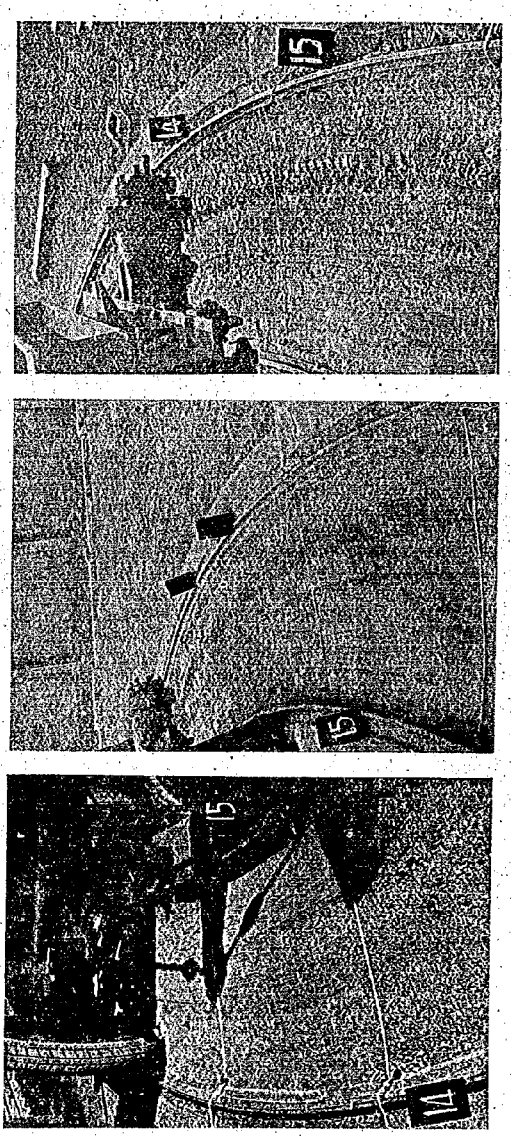


No. 13　消石灰混合砂利道
No. 14　珪酸曹達混合砂利道
No. 15　セメント 5 %混合砂利道
荷重(瓲) 純バルーン・タイヤ　1,572.3

No. 15. セメント混合砂利道

施工後5日よりバルーン・タイヤを運轉し 1,572 瓲に達せしめしに表面剝離の徴あるも路面良好である. 撒水 5 mm 濕潤狀態にて荷重 351 瓲のバルーン・タイヤの影響は殆んど認められぬ. 乾燥路面に於ける鐵輪 16.3 瓲

の荷重により微少の沈下を示し表面剥離の微増し，鐵輪荷重 75.1瓲にて殆んど破壊したがバルーン・タイヤ路線は荷重 2,188.4 瓲にて殆んど異狀なし．



圖—14

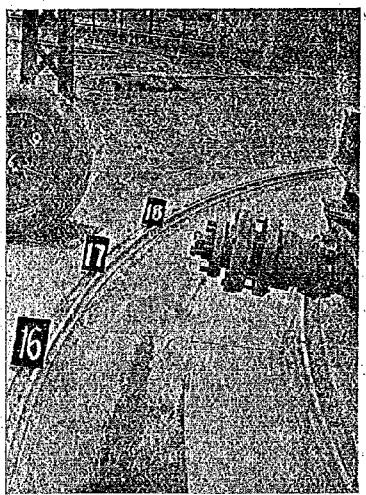
No. 14　粗製混合砂利道
No. 15　セメント 5 %混合砂利道

荷重（瓲）		(a)	(b)	(c)
純バルーン・タイヤ		1,572.3	2,094.8	2,188.4
混合路線	バルーン	—	2,056.1	2,131.2
	鐵　輪	—	49.0	75.1

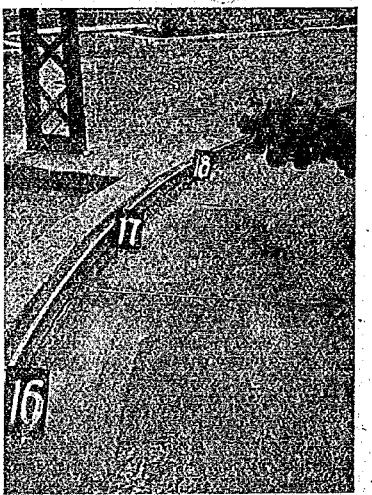
No. 16 早強セメント混合土砂道

施工後5日バルーン・タイヤ荷重 136.9 瓲にて支障なく，施工後7日鐵輪約 33 瓲を通過せしめたが一部沈下し表面一部剝離せしも大破の徴なく（圖—15 (a)），更に鐵輪荷重累計 107.8 瓲に及んだが前述の徴候殆んど擴大せず尙充分の餘力を示し且バルーン・タイヤ路線は荷重累計 424.4 瓲に達したが別に異狀なし（圖—15 (b)）.

圖—15 (a)



圖—15 (b)



No. 16 早強セメント10%混合土砂道
No. 17 早強セメント8%混合砂利道 1
No. 18 早強セメント5%混合砂利道 2

			(a)	(b)
荷重（瓲）	純バルーン・タイヤ		159.7	424.4
	混合路線	バルーン	136.6	348.3
		鐵輪	32.7	107.8

No. 17 早強セメント混合砂利道 (1)

施工後5日バルーン・タイヤに些へ同 7 日鐵輪 32.7 瓲に達して鐵輪路線の表面幾分弛緩の徴ある外支障なく（圖—15 (a)(b)），其の後荷重 107.8 瓲に及んだが殆んど變化なく尙充分の餘力をなして居る.

No. 18 早強セメント混合砂利道 (2)

No. 17と略同樣の狀況にして稍之に優る.

No. 19 鹽化カルシウム及び珪酸曹達混合砂利道 (1)

施工後9日バルーン・タイヤに對して尙安定を缺く，更に3日を經て乾燥未だ充分ならざるもバルーン・タイヤに對しては支持し得た．然るに鐵輪を運轉するや僅に 75.1瓲にして殆んど餘力なきまでに破壞された（圖—16).

No. 20 鹽化カルシウム及び珪酸曹達混合砂利道 (2)

No. 19と略同樣であるが却つて幾分劣れるが如くである（圖—16).

No. 21 2 層式セメント混合砂利道 (1)

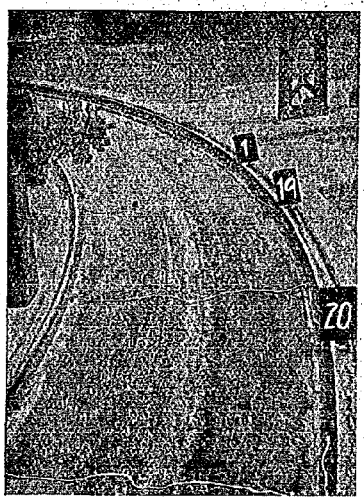
施工後3日バルーン・タイヤに對して支持力足らず，更に3日を經て鐵輪 26.1瓲を通過せしめしに大なる異狀

なく鐵輪路線の表面少しく剝離せしのみである．其の後鐵輪荷重を累計 75.1瓲に達せしめしに路面狀況殆んど惡化の傾向なく尙充分耐力を有して居る．バルーン・タイヤに對しては殆んど變化なし (圖—17).

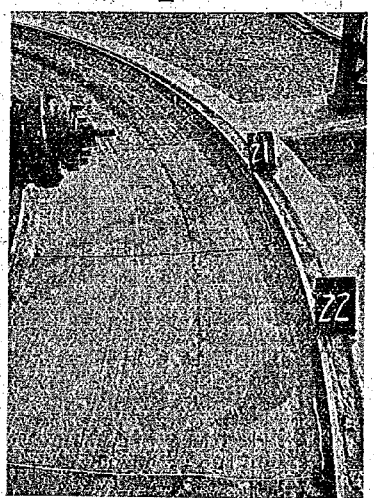
No. 22　2 層式セメント混合砂利道 (2)

施工後 3 日のバルーン・タイヤに對する安定度も，其の後の鐵輪に對する耐力も共に稍 No. 21 に優れるが如し (圖—17).

圖—16



圖—17



No. 1　生石灰混合砂利道

No. 19　鹽化カルシウム　5 %
　　珪酸曹達　10 %　混合砂利道

No. 20　鹽化カルシウム
　　珪酸曹達　各10 %　混合砂利道

		No. 1	No. 19—20
荷重 (瓲)	純バルーン・タイヤ	2,188.4	264.7
	混合路線 バルーン	2,131.2	211.7
	混合路線 鐵輪	75.1	75.1

No. 21　2 層式セメント混合砂利道 1
　　下　15 cm　5 %
　　上　3 cm　10 %

No. 22　同　上　砂利道 2
　　下　5 cm　8 %
　　上　3 cm　10 %

荷重 (瓲)	純バルーン・タイヤ	93.6
	混合路線 バルーン	75.1
	混合路線 鐵輪	26.1

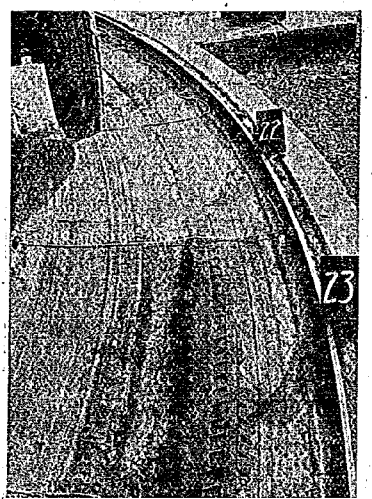
No. 23　2 層式セメント混合土砂道 (1)

施工後 3 日バルーン・タイヤに對して甚しく不安定なりし爲，試驗を中止し更に 3 日の後バルーン・タイヤを通過せしめて 75.3瓲に及んだが充分安定なりしが，鐵輪に對しては耐力充分ならず荷重僅に 26.1瓲にして圖示の如く大破した (圖—18).

No. 24　2 層式セメント混合土砂道 (2)

施工後 3 日バルーン・タイヤ荷重 136.9 瓲を通過して支障なく，續いて鐵輪を運轉せしめしに最大約 5 mm の沈下を生じ鐵輪路線の外側とバルーン・タイヤ路線との間の表面一部剝離せしが大なる支障なく，バルーン・タイヤ荷重 171.1 瓲，鐵輪荷重 49.0瓲を通過せしめた後の路面狀況は圖—19の如く尙充分の餘力を存して居る．

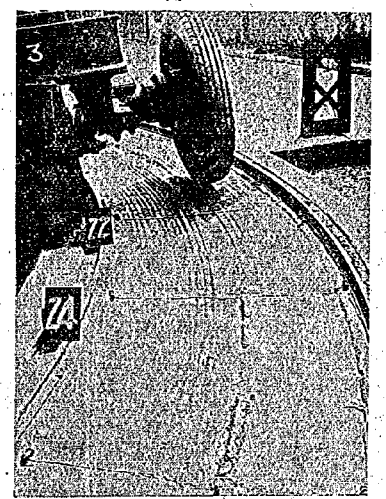
圖—18



No. 22 2 層式セメント混合砂利道 2
下 5 cm 8 %
上 3 cm 10 %
No. 23 同 上 土砂道 1
下 5 cm 10 %
上 3 cm 20 %

荷重(噸)		No. 22	No. 23
純バルーン・タイヤ		93.6	
混合路線	バルーン	75.1	
	鐵輪	26.1	

圖—19



No. 22 2 層式セメント混合砂利道 2
下 5 cm 8 %
上 3 cm 10 %
No. 24 同 上 土砂道 2
下 5 cm 10 %
上 3 cm 20 %

荷重(噸)		No. 22	No. 24
純バルーン・タイヤ		264.7	117.1
混合路線	バルーン	211.7	36.6
	鐵輪	75.1	49.0

以上工各種の結果を便宜一括すれば表 3～5 に示すが如くである.

[2] 試驗結果の要約

上述各工種の示した試驗結果中より參考に資し得べきものを要約すれば次の如くである.

(1) 膠着材の種類を問はず路面工の母體を土又は土砂のみにて築造するは一般に不經濟的にして出來得る限り砂利を混合せしめて母體自身の粒度更正による安定策を講ずべきである.

(2) 關東ロームの如きものに於ても之に其の1.3倍以上の砂を混合すれば 16 kg/m² 程度のセメントを混和することによつて施工後 3 日にして道路構造令の鐵輪荷重に堪へしめることが出來る.

(3) 關東ロームの如く比較的ソイル・セメント工法に不適當のものでも在來砂利道と大差なき粒度を有する場合には 10 kg/m² 程度のセメントを混和することによつて鐵輪荷重を支持し得る路面を得られる.

(4) 在來砂利道にセメントを混和して所謂ソイル・セメント・コンクリート路面を造り之をそのまゝ(瀝青的表面處理を行はずに)交通に許容する場合に於ては表層のセメント混合量は骨材(土を含む)乾重量の 10 % 以上とするを要す.

(5) 在來砂利道をソイル・セメント・コンクリートとして利用する場合に於て瀝青的表面處理を行はざる場合に於ても表層のセメント量を 8 % としても或る程度迄交通に堪へ得る.

表—3 各種安定劑使用試驗路面一覽

母體は總て砂利道とし，砂利100に對し砂20，土15（容重比）より成る．

名稱	番號	路床	母體厚(cm)	工法大要 加工層厚(cm)	工法標準	安定劑使用量(kg·m²)	單價(圓/100m²)	許容通過荷重(噸) バルーンタイヤのみの荷重	混合荷重 バルーンタイヤ	混合荷重 鐵輪	月日 施工完了	月日 試驗開始	月日 破壞	結果大要
生石灰混合	(1)	コンクリート	5	3	表面3cmに其の含有土砂の10%の生石灰混合	1.67	14,572	＞2,188.4	＞2,131.2	＜75.1	1/26	1/31	4/10	施工後4日バルーン・タイヤに堪へるも働輪により表面剝離される傾向あり．同1週間後降雨により却つて路面良好となる．バルーン2,300噸に對し強力あり，鐵輪75噸にて破壞．生石灰過少，No. 13, 14に劣り，No. 7,8に優る．
消石灰混合	(13)	砂利層	8	3	消石灰を使用同上	1.73	6,920	〃	〃	〃	1/23	〃	〃	濕潤狀態にてバルーン・タイヤのため路面好化．一般にNo. 1に優る．
鹽化カルシウム滲透	(7)	コンクリート	5	表面撒布	表面厚2cmの骨材の2%を溶液として撒布	0.64	5,088	〃	〃	〃	〃	〃	〃	鹽化カルシウム使用料過少にして影響明ならず，No. 1に稍劣る．
鹽化カルシウム撒布	(8)	〃	5	〃	表面厚2cmの骨材の2%を粉狀のまゝ撒布	0.64	5,088	〃	〃	〃	1/25	〃	〃	No. 7 同樣
珪酸曹達混合	(14)	砂利層	8	3	表面3cmの含有土砂の10%の珪酸曹達を厚3cmに混合	1.69	24,167	〃	〃	〃	1/27	〃	〃	No. 13 と略同樣
珪酸曹達及鹽化カルシウム混合砂利道	(19)	コンクリート	5	5	砂利道厚5cmの全骨材に對し珪酸曹達10%，鹽化カルシウム5%を混合	珪曹 9.51 鹽石 4.75	173,993	＞93.6	＞75.1	＜26.1	3/29	4/7	〃	施工後12日にしてバルーン・タイヤに堪へるも鐵輪26噸にて破壞．但し破壞後バルーン・タイヤによる自癒作用あり．
	(20)	〃	5	5	同上，珪酸曹達，鹽化カルシウム共に10%	珪曹 9.51 鹽石 9.51	212,073	〃	〃	〃	〃	〃	〃	No.19に比し鹽化カルシウムを增したるも結果は寧ろ稍劣る．

表—4 アスファルト乳剤試験路面一覧

乳剤欄中（ ）内数字は l/m^2 にて表はす使用量.

工種	母體種別	路床種別	番號	混合層大要 厚(cm)	混合層大要 乳剤(%)〔全骨材に對し〕	混合層大要 稀釋水量〔乳剤の倍數〕	表面處理大要 第1回封緘工 乳剤撒布量(l/m^2)	第1回封緘工 骨材種別撒布量(kg/m^2)	第2回封緘工 乳剤撒布量(l/m^2)	第2回封緘工 骨材種別撒布量(kg/m^2)	乳剤使用量(l/m^2)	材料費(圓/100 m^2)	許容通過荷重(噸) バルーンタイヤのみの荷重	許容通過荷重(噸) 混合荷重 バルーンタイヤ	許容通過荷重(噸) 混合荷重 鐵輪	月日 施工完了	月日 試驗開始	月日 破壞	結果大要
乳剤混合及表面處理	砂厚利8道cm（上砂一〇〇%砂利一〇〇%）	砂利道	(10)	3	12.17 (7.00)	0	1.75	碎石10～5mm 13.9	1.73	碎石屑 4.0	3.48	10.48	171,289	>2,074.8 /	>2,056.1	<49	2/9	1/31	3/20	母體乳剤混合後7日充分バルーン・タイヤに據へ以後バルーン・タイヤに對し安全，撒水5mm異狀なし鐵輪16瓲にて沈下し49瓲にて破壞す
			(11)	3	9.82 (6.45)	0.5	〃	〃	〃	〃	〃	9.93	162,095	〃	〃	〃	〃	〃	〃	No. 10と同樣
			(12)	3	12.36 (6.70)	2.0	〃	〃	〃	〃	〃	10.18	166,270	〃	〃	〃	〃	〃	〃	No. 10と同樣，硬化稍遲し
	土厚砂6.5道cm（砂土四三七五%%）	コンクリート	(5)	3	11.70 (3.64)	0	1.71	碎石10～5mm 11.9	〃	碎石屑 7.9	3.44	7.08	115,332	>1,935.1	>1,919.5	<16.3	〃	〃	3/9	母體乳剤混合後7日バルーンに耐へ以後バルーンに對し安全撒水5mm異狀なし鐵輪16瓲にて破壞せしもNo. 4に優る
			(6)	3	12.07 (3.71)	0.5	〃	〃	〃	〃	〃	7.15	116,468	〃	〃	〃	〃	〃	〃	No. 5に比し稍優る
乳剤表面處理	砂厚利5道cm	コンクリート	(2)				1.77	碎石10～5mm 11.6	1.51	碎石屑 10.3	3.28	3.28	53,176	>2,074.8	>2,056.1	<49.0	〃	〃	3/20	鐵輪荷重49瓲にて破壞No. 3に稍優る
			(3)				1.52	砂 11.5	1.51	砂 9.4	3.03	3.03	44,897	〃	〃	〃	〃	〃	〃	略No. 2同樣，No. 4に稍優る
	土厚砂5道cm	〃	(4)				〃	〃	〃	〃	〃	3.03	44,897	>1,935.1	>1,919.5	<16.3	〃	〃	3/9	同上

表—5 セメント使用試験路面一覧

名称	表層工法の大要	番號	基礎層	表層構造大要 下層 厚(cm)	下層 セメント(%)	上層 厚(cm)	上層 セメント(%)	表層計 厚(cm)	表層計 セメント(kg/m²)	材料費(圓/100m²)	許容通過荷重(瓲) バルーンタイヤのみの荷重	混合荷重 バルーンタイヤ	混合荷重 鐵輪	月日 施工完了	試験開始	破壊	結果大要
ソイル・セメント	土 43% 砂 57% にセメントを混和搗固む	(16)	コンクリート			5	10	5	6.71	23,894	> 424.4	> 348.3	> 107.8	3/13	3/18	未	施工後5日バルーンに堪へ，同7日鐵輪に堪へた．鐵輪路線幾分沈下せしのみにて未耐力充分に存す
		(23)	砂利道	5	10	3	20	8	12.77	45,506	> 93.6	> 75.1	< 26.1	4/4	4/10	4/10	施工後3日バルーンに對しても不安定 同6日バルーンに耐へ，鐵輪26.1tにて略破壊
		(24)	砂利道	3	10	5	20	8	15.61	55,618	> 171.1	> 136.6	> 49.0	5/17	5/20	未	施工後3日バルーン及び鐵輪に堪へ鐵輪路線最大約5mm沈下し，其外側とバルーン路線面の表面一部剝離，尙充分餘力あり
ソイル・セメント・コンクリート	砂利 100% に砂20%と土15%とより成る砂利道にセメントを混和搗固む	(15)	砂利道			3	5	3	3.25	9,396	> 2,359.5	> 2,267.8	< 124.1	1/26	1/31	5/20	施工後5日バルーンに堪へ，撒水約5mm荷重351tにて微破，乾燥鐵輪荷重124tにて略破壊，バルーンは支障なし
		(17)	コンクリート			6.5	5	6.5	6.44	22,948	> 424.4	> 348.3	> 107.8	3/13	3/18	未	施工後5日バルーンに堪へ7日鐵輪に堪へた．鐵輪路線表面幾分漣縦し粗鬆となれるのみ尙耐力あり，No.18に稍劣る
		(18)	コンクリート			6.5	8	6.5	9.17	32,674	> 424.4	> 348.3	> 107.8	3/13	3/18	未	同上，稍優る
		(21)	砂利道	15	5	3	10	18	19.05	67,886	> 264.7	> 211.7	> 75.1	4/4	4/10	未	施工後3日バルーンに對し不安定．6日鐵輪に堪ふ．バルーン路線は異狀なきも鐵輪路線は表面剝離の傾向あり
		(22)	砂利道	5	8	3	10	8	12.71	45,286	> 264.7	> 211.7	> 75.1	4/4	4/10	未	同上，稍優る

（6）在來砂利道をソイル・セメント・コンクリートとして利用する場合に於て表面に瀝青的處理をなす場合に於てはセメント量は5％位まで低下することを得る.

（7）在來砂利道に對し13 kg/m²程度の早强セメント（塩化カルシウム混和）を使用することによつて施工後3日にして相當荷重の交通を許容し得る.

（8）在來砂利道を改良して急速に交通を許容せむとするには現今考へらるゝ道路材料中セメントを利用するのが最も有利である.

（9）ゴム輪帶のみの交通に對しては母體土砂のみより成る場合に於てもセメント混和量 12 kg/m² 程度のソイル・セメント又は瀝青乳劑の表面處理にて足るものゝ如く工費は兩者大差ない.

（10）固結せる在來土砂道又は砂利道は單に其の表面をアスファルト乳劑にて處理するのみにて1時間3mm程度の雨量により其の支持力を低下する程の影響を受けない.

（11）關東ロームを主體とし砂利を少しも混入せざるものに對してはアスファルト乳劑のみの利用によつて急速に鐵輪交通を許容する路面を新設することは困難である.

（12）關東ロームを主體とし砂利を少しも混入せざるものに對しては石灰，塩化カルシウム，珪酸曹達等を單用又は複用しても鐵輪交通を急速に許容する路面を新設することは困難である.

（13）關東ロームを締合材とする在來砂利道の構成材料に塩化カルシウム，珪酸曹達等を單用又は複用混和するも經濟的に鐵輪（道路構造令の荷重を標準）荷重に堪へしめるは困難であり，ゴム輪帶に對しては支持力はあるがセメント又は瀝青質材料に比して，より經濟的なりとは認められぬ.

（14）土砂道又は砂利道にアスファルト乳劑を混合して其の支持力を（在來の固結度に比し）急速に增大するは經濟的に困難である.

（15）アスファルト乳劑を混合する場合に之を稀釋するには混合に適當なる所要水量以上とならざる樣注意することは必要である．該範圍內ならば却つて有效な場合がある.

上述試驗結果中支持力不充分にして破壞せしものが多數あつたが斯種の工法による路面の安定度に對しては其の施工方法が至大の關係があり，本試驗に於ては規模設備の關係上實施上最適と看做さるゝ方法及び機械等に據るを得なかつたから本試驗に於て支持力の不充分なりしもの必ずしも實際上然りと云ふは速斷に過ぎ，唯耐力の比較を明かにし得たに止まるのである．而して斯種の路面工法に就ては

1）濕度，濕度の影響
2）凍結融解作用の影響
3）磨損の程度
4）維持修繕費の所要程度
5）路面の乘心地

等を明にして始めて工法の適否を判斷し得るのであるが之等の結果は相當長期に亙り各地の實際の道路に於て實施觀測して始めて決定し得るものであるから更に進んで數個の大規模試驗の必要がある.

土木試験所出版圖書

(* 印は殘部なし)

報告

號	件名	發行年月
1	路面及勾配が馬車運送に及ぼす影響に就ての研究中間報告(牧) 瀝青質材料竝瀝青質混合物に關する研究第一報(三木)	(大正) 14. 3
2	瀝青質材料針度に就て	15. 1
3	「ヴァイアログ」に依る路面凹凸測定瀝青混合物に關する研究 「アスファルト」合材混合の際に於ける「アスファルト」の粘度に就て	15. 2
*4	急硬セメントに關する試驗報告	15. 5
*5	簡易鋪裝に關する試驗報告	(昭和) 2. 3
*6	混凝土及鐵筋混凝土抗扭力試驗報告(宮本)	2. 5
*7	八幡製鐵所副產部製品,瀝青質材料,瀝青質鋪裝,「セメント」類及揮發油に對する「アスファルト」の可溶率等に關する試驗成績(三木,山田耕,小田)	2. 7
*8	瀝青質材料標準試驗方法 石材類標準試驗方法	2.10
*9	急硬性「セメント」に關する試驗(三木, 高田, 稻生, 小田, 大和田) 「ソリデチット」の耐壓强度に關する試驗(高田, 細山) 「ブロック」に關する試驗(西川, 眞崎, 船山) 高知縣黑瀨川產砂に關する試驗(高田) 多摩川產砂利及砂に關する調查(高田) 石材類試驗成績(高田, 眞崎)	2.11
*10	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て(第一)(藤井; 船山) 道路橋振動試驗(青木)	3. 3
*11	瀝青滲透ブロック試驗成績(三木, 小田) 鋪裝工事用サーフエス・ヒーターの碎石に及ぼす影響に關する試驗(高田) 常願寺川產砂に關する試驗(高田, 眞崎, 細山)	3. 7
*12	アスファルト・ブロック試驗成績(三木, 松本) 各種アスファルト・ブロック比較試驗成績(三木, 松本) 石油アスファルトとコール・タール・ピッチとの混合物に關する試驗(三木, 山田耕)	

號	件名	發行年月
*12	瓦斯燈及骸炭燈タール及ピッチに關する試驗成績(三木, 山田耕) コール・タール・ピッチ中の純瀝青に就て(三木, 山田耕) 大氣中に於けるアスファルト・セメントの變化(永井) 石炭瓦斯のアスファルト・セメントに及ぼす影響(永井) 標準砂モルタルの强度に及ぼす火山灰及石粉の影響(高田)	4. 1
13	ポートランドセメント混凝土鋪裝の磨耗試驗(山田, 船山) 橋梁用敷板强度試驗(青木, 鈴木) 舊瓦斯鐵材の腐蝕に關する調查(青木) 鋪裝用鑄鐵ブロック磨耗試驗(高田)	4. 5
*14	瀝青乳劑及ビチユマルス鋪裝に關する試驗(藤井, 永井) 瀝青滲透ブロックに關する試驗(三木) 瀝青質材料の滲透性に關する試驗(三木) 瀝青質材料の粘度及膨脹係數に關する試驗(三木, 山田耕)	4.12
*15	北上川降開式轉動堰構型試驗(物部, 青木, 伊藤) 電氣熔接法による鐵筋の接合(青木) 現場打混凝土の耐壓試驗報告(高田)	5. 2
*16	路面の構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て(第二)(藤井) 瀝青滲透ブロック鋪裝試驗(三木) 工事用石材試驗成績(高田, 眞崎)	5. 5
*17	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て(第三)(藤井)	5. 5
*18	混凝土鋪裝の粗骨材別磨耗比較試驗(山田, 船山) 鋪裝混凝土工に及ぼす氣象作用の影響竝に之に應ずる設計及工法に就て(一)(藤井) 鬼怒川上流改修工事用角礫凝灰岩砂利及砂に關する試驗(高田) 鐵筋混凝土道路橋設計資料(大野) 各種土木工事用材料試驗成績(三木)	5.10
*19	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響竝に之に基く道路設計の基本に關する研究(第四)(藤井)	5.11
*20	東京山手赤土の彈性的性質に關する試驗(一)(高田) 基礎の沈下量算定法(一)(松村) 岩淵水門に關する水理試驗(岩木,	6. 6

號	件名	發行年月
*20	伊藤) 單鉸拱模型試驗(三浦) 國道鐵筋混凝土丁桁橋標準設計案(大野)	
21	背水曲線の一般的解法(物部,伊藤) 單鉸拱の振動に關する理論竝に實驗(三浦) 混凝土鋪裝の縱目に關する試驗(山田,船山) 河水のポルトランド・セメントに及ぼす影響(西川,川畑) 標準砂モルタルの强度に及ぼす石粉の影響(高田) 瀝青乳劑試驗成績(西川)	6.12
22	地震時土壓の實驗的研究(松尾) 混凝土鋪裝縱目用ニラスタイト試驗(西川,松本) 高田馬場試驗鋪裝の路床土質に關する試驗(高田) 基礎の沈下量算定法(第二)(松村) 新土壓計算圖表(本間)	7. 5
23	簡易鋪裝に關する實地比較試驗(山田,船山) 鋼矢板試驗(青木) 大和川筋龜ノ瀨地辷に關する調查(第一)(高田)	7. 7
24	道路の背向曲線の設計に就て(藤井) 田桂に關する試驗(本間) 乳劑の粘度に就て(島田) 府縣道鐵筋コンクリート丁桁橋標準設計案(大野) 碎石の磨損率に關する一試驗(高田) 三陸津浪調查報告(松尾) 本邦產鋪裝用石材(附錄)(高田,眞崎)	8. 6
*25	本邦鋪裝用タールの性質に就て(西川,山田耕) 橫溢流堤流量試驗(伊藤,本間) 擁壁の安定率大に關する一提案及之に關する試驗(松尾) 砂利層の支持力に關する試驗(第一報)(山田,船山) 鋼矢板試驗(續)(青木) エタニット・パイプ試驗(青木)	8.11
26	地震に因る動水壓を考慮せる重力堰堤の斷面決定法(物部) 田中村調節池溢流堤に關する水理試驗(本間) 瀝青鋪裝切取試驗體の性質(西川,松本) 道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第一報)(島田,關島) 自動車の路面に及ぼす衝擊に關する研究(其一)(松村)	9. 3
27	道路用骨材の性質に及ぼす粒子形狀の影響に就て(藤井) 津浪の災害輕減に關する模型試驗(松尾) 津浪の變形の理論(本間) 三陸津浪調查報告(追加)(松尾)	9. 6
27	自動車の路面に及ぼす衝擊に關する研究(其の二)(松村) 瀝青透入マカダムに關する試驗(第一報)(山田,船山)	
28	地震動による土堰堤の變形(松村) 瀝青銅引張試驗用小型試驗片(青木,佐藤) 國產瀝青乳劑試驗成績(西川) 骨材及び類似材の親性に關する研究(島田) 鐵筋コンクリート無鉸拱の經濟的並に耐震的設計(1)(大野)	9.10
29	矢板擁壁の控板に作用する力に關する試驗(松尾) 瀝青纖目材試驗成績(西川,松本) 南洋材カボール並にダーベンタインの物理的諸性質に關する試驗(青木,石川) 道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第2報)(島田,關島) 阪神地方沿岸風水害調查報告(松尾)	9.12
30	道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第3報)(島田) 鐘口狀河口に於ける水流に就て(本間) 下關海峽の潮流に關する模型試驗(本間) 基礎版の基本的研究(第1報)(松村) 溢流堤下游洗掘防止に關する一試驗(八木) 國道鋲結鈑桁橋標準設計案(青木,牧野)	10.4
31	土砂の安定强度試驗(山田,西川) 本邦鋪裝用タールの性質(其のⅡ)(西川) 道路鋪裝用タール乳劑に關する研究(第1報)(關島,川畑) 擁壁裏込の土壓輕減の効果に關する試驗(松尾) 浦戸港々口の潮流に關する試驗(第1報)(本間)	10.8
32	本邦道路橋の重量(青木,佐藤) 道路鋪裝タール乳劑に關する研究(第2報)(島田) 河川灣曲部に於ける水流に就て(本間) タールとアスファルトとの混合物の鋪裝材としての性質(西川) タール鋪裝と水稻の發育との關係(西川) ポートランドセメントの凝結後に於ける溶解物のPHに就て(高田) 玉泊堰堤の湯水の溫度及水素イオン濃度(高田)	10 11
33	砂利路面工の配合比に關する試驗(山田,船山) 鋼橋鉚接省略試驗(青木,鈴木) 基礎版の基本的研究(第2報)基礎桁(松村) 道路鋪裝用アスファルトの力學的特性に就て(其の1)(島田) 停止波に就て(横田)	11. 3

號	件名	發行年月
34	瓦斯切斷による剖稜が鎔接の强度に及ぼす影響(青木) 防波堤の安定に關する一試驗(松尾) 二,三の土木材料の比熱測定結果に就て(島田) 二,三 の外國製鋪裝用瀝青乳劑の性狀に就て(福島) 土砂の安定强度に及ぼす加壓回數の影響(山田) 土木工事用金屬材料分析試驗(西川,福島,川畑) 種々の土木工事用材料に關する試驗(西川,福島,川畑) 施工方法による砂利路面工の耐力の比較試驗(山田,船山) 鐵筋コンクリート無鉸拱の經濟的並に耐震的設計(2)(大野)	11. 6
35	基礎版の基本的研究(第3報)圓形基礎版(松村,中西) 浦戸港々口の潮流に關する試驗(第2報)(松尾,本間) アスファルト混合タールの鋪裝材としての性質(西川) 鋪裝コンクリートの力學的性質に關する試驗(藤井) 道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第4報)(島田)	11. 8
36	瀝青透入マカダムに關する試驗(第2報)(山田,船山) 熔接鈑桁突條鈑衝合接手の接合角度に就て(青木) 大阪港附近の津浪の災害輕減に關する模型試驗(松尾) 道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第5報)(島田)	11.11
*37	骨材の最大密度の粒度に就て(藤井) 土の乾燥に伴ふ壓縮强さの變化(山田) アスファルト,タールの性質に及ぼす氣象作用の影響,特にその薄層の場合の性質變化(西川,山田耕) 岸壁裏込の特殊工法がその安定度に及ぼす影響に關する試驗(松尾,高橋) コンクリートの熱的性質に關する試驗(第1報)(島田)	12. 5
*38	現場コンクリートの强度並に之に及ぼす施工條件の影響に就て(藤井,大野,佐藤) 現場に於ける瀝青乳劑製造の設備及び製法並にその乳劑の性質に關する試驗(西川,福島) 重力式岸壁の耐震限度(松尾,大門) 彈性地盤上の圓形水槽(松村,中西)	12. 9
*39	電氣熔接法による鐵筋の接合(第2報)(青木) 本邦鋼道路橋衝撃係數に關する一考察(小澤) 路面の光反射に關する試驗並に之に基く道路照明基準に就て(島田) X線反射法によるV形衝合電弧熔接部の內部歪分布試驗(續報)(島田)	12.11

號	件名	發行年月
	滿洲產タール,重油,中油及び重油に依るカット・バックタール等の鋪裝材料としての性質(西川,山下) 鐵線蛇籠の防錆塗料に就て(西川)	
*40	江戶川河水統制水門下流洗掘に關する水理實驗(青木,横田) 江戶川河水統制水門に於ける鹹水の侵入に關する實驗(横田) 路面の縱及横滑り摩擦抵抗に及ぼす路面種別と其の性狀との影響に就て(島田)	12.12
41	利根川河口の防波堤,導流堤,航路淡渠及び砂洲の消長に關する模型試驗(松尾) 普通,早强,中庸熱,珪酸質混合セメント及び高爐セメントに關する比較試驗(第1報)(川畑,齋藤) 自動車の速度に及ぼす車線幅の影響に關する實驗,並に之に基く鋪裝幅員の決定に就て(金子) 河川工事用藁繩の强度並に耐久性に關する試驗(青木,鈴木)	13. 5
42	上路補剛桁桁を有する拱橋に關する研究(小澤) 杭の水平抵抗力に關する試驗(第1報)(松尾,高橋) 瀝青乳劑の試驗成績より見たる品質の比較,並にその最近の趨勢に就て(西川,松本) 流速計檢定成績(松尾,八木) 全熔接國道橋鶴川橋の設計並に熔接作業に就て(青木)	13. 8
43	路線路面の經濟的價値に關する試驗(1)(藤井) 神崎川分流に關する模型試驗(松尾,桐澤) 砂防堰堤の洗掘防止に關する水理試驗(第1報)(安藝,横田) 混成タールの性質に及ぼす氣象作用の影響,特に薄層の場合に於ける性質變化(西川,山田耕) 江戶川河水統制水門附近の河水の鹽分含度試驗(福島) 新京濱國道多摩川架橋地點に於ける河水の水質化學試驗(福島) 鋪裝用アスファルトの溫度傳導率に關する試驗(島田)	13.11
44	勢力式に依る變斷面對稱長柱の撓屈荷重を求むる近似計算法(横田) 河川の自然勾配に及ぼす砂礫の性質と掃流力との影響に關する調査並に之に基く河川平衡勾配に關する實驗的研究(第1報)(安藝) 瀝青鋪裝切取供試體の試驗結果より見たるその性質の比較(西川,松本) O市のアスファルト鋪裝に關する試驗(第1報)(松本)	14. 2
45	檢收試驗の成績より見たる瀝青乳劑の品質比較,並に最近の趨勢に就て(西川,松本) 物理地下探査法に依る橋梁架設地點の岩盤の深さに關する試驗調査	14. 4

號	件名	發行年月
46	（烏田） 鐵筋コンクリート梁に關する壓縮强度試驗（一本） 上下弦に任意の慣性モーメントを有せるフィーレンディール梁の應力算定法(1)（佐藤） 波による河口附近の砂の移動に關する實驗（本間） 河道に設けた貯水池の水理（伊藤） 杭の水平抵抗力に關する試驗（第2報）（松尾） 普通早强中庸熱珪酸質混合高爐セメント及粘土セメントに關する比較試驗（第2報）（川畑） 河川合流點の調整に就いて（第1報）（安藝）	14. 7
47	物理地下探査法に依る相模川河水統制地域の岩盤位置調査（烏田） 振動コンクリートの强度竝に之と普通コンクリートとの比較に關する試驗（一本・木村） 各種安定材混和に依る土壤安定法に關する實驗室試驗報告（第1報）（福島・眞崎）	14.10
48	小型水路に於ける流速公式の實驗的研究（松尾） 砂粒河床模型實驗の基本に關する實驗並に限界掃流力に關する研究（安藝・佐藤） 防波堤に及ぼす波の壓力竝に堤體の安定に關する實驗的研究（第1報）（松尾）	14.12
49	水門の流出狀態に關する實驗的研究（横川） 急流河川の床止堰堤下流部の洗掘に關する模型實驗（安藝・佐藤）	15. 1

彙報

號	件名	發行年月
1	試驗調査事務分掌 試驗調査事項の處理方法 現在實施中の主なる試驗調査事項 昭和11年に於ける材料その他の依賴試驗 備付雜誌 附 處務細則	12. 3
2	赤羽分所水理試驗設備	12. 3
*3	獨逸 Oder 河の流量調節の Ottmachau 貯水池建設に就て	12. 8
4	黄河に關する H. Engels の模型實驗に就て	13. 3
5	大塊コンクリート用特殊セメントに就て（第1報）	13. 8
6	大塊コンクリート用特殊セメントに就て（第2報）	13.11
7	Mississippi 河の改修計畫（横田） Vicksburg に於ける國立水理試驗所に於ける模型實驗（佐藤） Mississippi 河改修工事施行設備並に工法（安藝）	14. 9
8	堤防築設に關する土質力學的理論とその應用（片平）	14.10
9	獨逸の國策に基く道路建設	14.11
10	黄河の改修に關する調査資料	15. 2
	支那の道路及道路運輸に關する調査資料（谷藤・斎藤・尾之内・寺西）	

其他

*本邦道路橋輯覽	14.12
*本邦道路橋輯覽 第二版	3. 3
*本邦道路橋輯覽(增補)	3. 3
第六回國際道路會議に關する報告書	7. 4
土木工事用材料標準試驗方法	7. 4
本邦道路橋輯覽 第三輯	10.11
本邦道路橋輯覽 第四輯	14. 4
道路用アスファルト乳劑臨時規格(案)(西川)	14. 7

昭和十五年 二 月 二 十 日印刷
昭和十五年 二 月二十五日發行

內務省土木試驗所
東京市本鄉區駒込上富士前町二十六番地
電話大塚(86){自3101番 至3103番

印刷者 井上源之丞
東京市板橋區志村町五番地

印刷所 凸版印刷株式會社
東京市板橋區志村町五番地