土木試驗所報告

第三十九號

電氣熔接法による鐵筋の接合(第2報)……內務技師　青木楠男……1
本邦鋼道路橋衝撃係數に關する一考察……內務技師　小澤久太郎……51
路面の光反射に關する試驗竝に之に基く
道路照明基準に就て……內務技師　島田八郎……63
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（豫報）……內務技師　島田八郎…115
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……內務技師　西川榮三　山下芳雄…131
鐵線蛇籠の防錆塗料に就て……內務技師　西川榮三…165

昭和十二年十一月

內務省土木試驗所

土木試驗所報告第三十九號正誤表

頁	行	誤	正
51	上ヨリ 15行目	衝撃	衝撃
52	〃 3行目(式)	$\frac{\partial}{\partial t}(\cdots\cdots$	$\frac{d}{dt}(\cdots\cdots$
〃	〃 3行目(式ノ分母)	$\partial\dot{\varphi}, \partial_{\dot{\psi}}$	$\partial\dot{\psi}, \partial\psi$
〃	〃 8行目	$\varphi, \dot{\psi}$ に對する	φ, ψ に對する
〃	〃 10行目	$\varphi+(b+c)\dot{\varphi}-c\varphi=$	$\ddot{\varphi}+(b+c)\dot{\varphi}-c\psi=$
〃	〃 11行目	$\varphi+a\varphi-a\varphi=o$	$\ddot{\psi}+a\psi-a\varphi=0$
53	〃 9行目	……(7′)	……(7)
〃	〃 13行目	……(7)	……(7′)
〃	下ヨリ 5行目	$q=717.9$ kg/m^2	$q=717.9$ kg/m
56	上ヨリ 3,4行目(式中)	$\Big\{$	$\Big\vert$
60	下ヨリ 2行目ニ追加		但しl=支間(m)を表はすものとす。
61	上ヨリ 11行目	$\frac{0.6}{1+4\frac{g}{}}$	$\frac{0.6}{1+\frac{g}{p}}$
62	〃 1行目	(*b*) 式る	(6) 式に
64	下ヨリ 6行目	O	θ
66	上ヨリ 3行目(表)	31	3.1
70	〃 11行目	$\varphi\fallingdotseq\varphi_1$	$\varphi=\varphi_1$
83	圖-13 (記號)	,	。
85	上ヨリ 11行目	膠石コンクリート	碎石コンクリート
〃	下ヨリ 3行目	碎石コンクリート	膠石コンクリート
115	〃 17行目	のX線應用,	, X線應用の
117	〃 12行目	1~12	10~12
122	〃 1行目	18mm	1.8mm
127	上ヨリ 12行目	明かに	明かにし

土木試驗所彙報第2號正誤表

	誤	正
附圖折込 第8 左下隅 檢定曲線圖表 45°三角堰	0 50 100 150 ⟶ H(mm)	0 100 200 300 ⟶ H(mm)

電氣熔接法による鐵筋の接合（第2報）

抵抗熔接接手及衝合熔接接手

內務技師　青　木　楠　男

目　次

I.　概　說……（1）
［1］緒　言……（1）
［2］鐵筋熔接接手の種類……（2）
II.　抵抗熔接接手……（4）
［3］抵抗衝合熔接接手……（4）
［4］火花抵抗熔接接手……（4）
III.　衝合熔接接手……（13）
［5］衝合熔接接手と隅肉熔接接手……（13）
［6］衝合熔接接手の種類……（14）
［7］I 形衝合熔接接手……（15）
［8］V 形及 X 形衝合熔接接手……（18）
［9］底鈑附 V 形衝合熔接接手……（43）

I. 概　　說

［1］緒　言

著者は曩に內務省土木試驗所報告 第 15 號[*1] に於て丸鋼熔接接手の强度試驗に關する報告を發表した．同報告所載の諸試驗を行ひたるは昭和 4 年にして，當時に於ける本邦の電氣熔接技術は今日の如く一般化せず，試驗片の製作に使用せる電極棒の性質も，これに從事せる熔接工の技倆も，現在の狀況に比較するとき，頗る不充分のものであつたと云はねばならぬ．從つて試驗結果に基いてなされた各種の推論も，今日に於ては或程度の變更を必要とするに至つた．且つ，最近に於ける鋼材の不足に基く價格の暴騰と長尺もの〻入手困難とは，大徑の鐵筋を使用する諸工事に於て鐵筋熔接の必要を痛感せしむるに至り，著者の關係する範圍內にても，江戶川河水統制水門工事をはじめとし，この種工事にて熔接接手を使用せんとするもの〻數は頗る多く，其接手工法に於ても漸次改良を見るに至つた．本報告はこれ等諸工事に關聯して著者の行つた鐵筋熔接接手試驗の成績を取纏めたもので，これを最近の諸文獻[*2] にあらはれたる各種接手工法と比較し，同時に前回に於け

*1) 電氣熔接法による鐵筋の接合（內務技師青木楠男．內務省土木試驗所報告第 15 號 Feb. 1929）
*2) 1.　鐵筋の電氣熔接に就て（三浦尙史．建築と社會 第 13 輯 10 號 Sept. 1930）

る著者の實驗報告の不備を補はんとするものである.

[2] 鐵筋熔接接手の種類

鐵筋の接合に熔接工法を使用する場合，この熔接接手の所要條件としては次の如きものを擧げることが出來る.

a. 强度竝に其延性が母材の夫れに充分似通つたものであること. 强度を母材の 60～70% 程度にて滿足し，接手位置を鐵筋應力が全强の 60～70% を越えざる部分に選ぶ工法あるも，接手の一局部への集中をまぬかれざること，又接手位置に支配されて鐵筋長の選定に不自由なる拘束をうけることゝなる.

b. 熔接作業が現場にて自由に行ひうるものなること，出來うべくんば型枠上に鐵筋を組立てたる後にても作業しうるものなること. この目的のためには熔接機械の性能が充分檢討せらるべきは勿論であるが，同時に接手の構造についても組立後に於ける鐵筋の位置卽ち熔接作業の方向が竪，横，下向，上向何れなるかに應じて特別の注意が拂はるべきである.

c. 鐵筋端の加工になるべく費用を要せざるものなること. 鐵筋端部の器械削成を必要とするが如きものは加工時取扱上の不便大にして面白からず，少くも鋸切，鑿切，或は瓦斯切，電氣切斷後の鑢仕上程度にて滿足しうるものなるを要す.

d. 使用材料のなるべく僅少なること. 工費の可及的節約をはかる意味に於て，接手に使用せらるゝ添接鈑其他の諸材料，竝に熔接に消費せらるゝ電極棒の數量はなるべく小量なることを理想とする.

e. 作業の可否を容易に檢査しうるものなること. この種の立體的の接手にてはX－線，磁力線等の特殊檢査法の適用は全く不能であつて，一つに練熟した肉眼檢査

*2) 2. Die elektrisch geschweisste Naht im Eisenbetonbau (Eberhard Lucan. Beton und Eisen, Heft 7/8 April, 1933)
3. Soudure à l'Arc des Barres à Bèton (Arcos, Nr 55, Mai, 1933)
4. Rundeisenschweissung in Eisenbetonbau-Versuche zur Durchbildung eines zweckmässigen Schweissstosses für Rundeisen. (Dr.-Ing. H. Kayser. Der Bauingenieur Heft 29/30, 1933)
5. Die elektrisch geschweisste Naht im Eisenbetonbau, II. (Dipl.-Ing. Eberhard Lucan. Beton und Eisen Heft 5, März, 1934)
6. Zunehmende und wegweisende Verwendung der Bogenschweissung im Eisenbetonbau (Arcos, Nr. 65, Feb., 1935)
7. 電弧熔接による鐵筋の接合 (志村一雄. 土木協會誌 28 號. Jan. 1935)
8. Welded Bars for Reinforced Concrete Structures (Dipl.-Ing. O. Bondy. Concrete and Constructional Engineering Sept., 1936)
9. 鐵筋の熔接に就いて (板倉武治. 土木ニュース 第16卷 第4號 4 月 1937年)
10. 鐵筋コンクリート構造物の熔接鉾 (セメント界彙報 No. 348 3 月 1937 年——(8) の抄譯)

によるのほかなく，この意味に於て接手はなるべく外觀檢査の容易なる構造たるべきである．

これ等の諸條件のすべてを滿足する工法は求め難いが，今日鐵筋熔接接手工法として考案されてをるものは前記の見地から見て各々異つた立場をもち，使用の目的に應じて得失を持つてをる．

今日鐵筋コンクリート用丸鋼の熔接接手として考案されてをるものを大別すると，他の鋼材に於ける接手と同樣に，抵抗熔接法によるものと電弧熔接法によるものとになる．而して抵抗熔接法によるものは其熔接機が定置式であつて其應用が工場内の仕事に限らるゝこと，大徑の鐵筋の熔接に多量の電力を必要とすること，熔接機械が比較的高價であること等の理由から，土木工事の鐵筋コンクリート用丸鋼の現場熔接としてはあまり使用せられず，この目的のためには主として電弧熔接法が用ひられてをる．併し最近に於ける火花抵抗熔接（Flash Butt Weld）機の發達は，大徑の鐵筋に對しても比較的完全なる接手を何等の添加物なしに安價に施工し得るに至らしめた關係上，鐵筋コンクリート管の主筋の如く形狀簡單にして且つ其大さ，工場内にての取扱ひに差し支へなく，多數同型の接手を施工する必要ある場合これが應用を見るに至つた．

電弧熔接法を利用したものには鋼板の接合の時と同樣，衝合熔接によるものと，隅肉熔接によるものとがあり，其工法には後述するごとく多種多樣のものがある．今，衝合熔接について見るに，現在本邦市販の電極棒を用ひ，一般の熔接工に施工せしめて常時充分安全なる强度を確保しうる衝合接手を得ることは幾分困難かと考へられる．この理由は衝合熔接そのものゝ强度が一般的には尙母材强度の 70～80% しか期待出來ないことのほかに，丸鋼の衝合接合が其形狀から見て，平鋼板類の熔接に比して困難であることに基因するもので，この點を緩和するために特殊の考案を施したものがないでもないが，未だ一般に使用せらる域に達しない．

斯くの如き實情から見るとき，現在土木工事用の鐵筋現場熔接が主として隅肉熔接を使用し，其工法も大體弧形の添接鈑を用ひる傾向にすゝんでをることは，强度上から見て最も安全なるゆき方と信ずるものであるが，これを經濟的の立場より見るとき尙多分に研究の餘地が殘されてをるものと云はねばならぬ．

又構造物が反覆衝擊荷重等をうくる場合の疲强度より見るとき，衝合熔接と隅肉熔接との間に格段の相違があり，前者が後者に比し著しく優れてをることは，今日衆知の事柄であるから，これ等の工法を鐵筋コンクリートの鐵筋に應用した場合の結果が，如何樣に現はれて來るかは頗る重要なる問題で，將來に於て必ず充分に檢討せらるべき性質のものである．從つて今日多數に用ひられつゝある上記添接鈑による接手工法は，其應用を活荷重が死荷

重に比して比較的小さく，衝撃影響の小なる道路橋程度に限定すべきものであると信ずる．

II. 抵抗熔接接手

[3] 抵抗衝合熔接 (Up-set Butt Weld) 接手

この接合法によるときは，接手に特別の添加物或は熔融材を必要とせざるが故に，經濟的の立場より見るとき他の電弧熔接による工法は匹敵すべくもない．其接手强度についても鐵筋の徑が熔接機械の容量に對して妥當なる大さにして，作業に誤りなくんば 100% の接手効果を擧げることは決して困難でない．併しこの工法に使用する熔接機械が定置式のものであり，其價格低廉ならず，大徑の鐵筋熔接に對しては多量の電流を必要とする等の點に於て，鐵筋コンクリート橋梁等の現場作業に應用されることは極めて稀である．

抵抗衝合熔接の接手强度に關し著者の行つた實驗の範圍では，直徑の比較的小なる試驗片 (例へば 10 mm 又は以下) に於ては，大部分のものが母材の强度の 90～100% の强度を示せるに反し，直徑の稍〻大なるものに於ては其强度が母材の 75～85% 程度のもの極めて多く，直徑 15 mm の試驗片に於て切斷が母材部に生じたものは試驗片總數中の 40% に過ぎない．而してこれ等强度の不充分なりし試驗片の引張試驗施行前の外觀，竝に試驗後の切斷面を見るに，この原因が抵抗電熱による加熱が斷面全體に對して均等性を缺いだことにありと認めらるゝものと，接合斷面に不純物の包含されたることにありと考へらるゝものとがある．前者の例としては引張試驗の進行と共に接手線が明瞭に現はれ斷面緣部の融合の不完全を示してをるものが擧げられ，後者の例としては切斷面の一部に含まれた熔滓を擧げることが出來る．

これ等の諸點より見るとき，抵抗衝合熔接の施工は鐵筋の直徑に對して充分强力なる熔接機を使用し，鐵筋端部の形狀，仕上方竝に清掃について充分なる注意を拂ふとき，はじめて鐵筋の全强を發揮しうる接手を求めうることゝなる．

[4] 火花抵抗熔接 (Flash Butt Weld) 接手

(A) 火花抵抗熔接と抵抗衝合熔接　抵抗衝合熔接に於ては，接合面を相接觸せしめたる狀態にて電流を通し，接觸抵抗による電熱により接合端を融合せんとするものなるに對し，火花抵抗熔接は熔接物に變壓器の第 2 電壓を加へたる狀態にて接合面を近づけ，一端の接觸と共に發生する激しき火花が全斷面に擴大し，全面が一樣に白熱狀態の適當なる温度に達したる時に，急激に强壓を加へて熔接を完了するものである．

火花抵抗熔接を抵抗衝合熔接に比較するとき次の如き利點を有してをる．

1. 火花の發生により接觸面に生じたる酸化物其他の不純物は完全に排除せられ，接觸面の完全なる融合が得られること．

2. 熔接時間が短かく，電力の消費も少いこと．

3. 接合部のアップ・セットを生ぜず，又バリの發生僅少なること．

4. 熔接部以外の加熱の少きこと．

5. 材質の異れるもの，形狀，大さに著しい相違あるも接合に左程の困難を感ぜざること．

筆者の取り扱つた例に於ても，接合の成績は極めて良好であつて，殆んど全試驗片が100% の効果を示してをる．たゞこの方法も抵抗衝合熔接に於けると同樣，其器械設備の本質上，其使用が工場作業にのみ限られることを遺憾とするものである．もしこの原理に基いた可搬式の熔接機が考案されるならば，丸鋼接合の問題は自ら解消することとなる．

(B) 丸鋼火花抵抗熔接接手の强度と其性能　富山縣の依頼によつて同縣縣營庄川用水合口事業水壓管構築用 22mm 鐵筋の火花抵抗熔接接手について當所に於て行つた强度試驗の結果は表-1 の如くである．

表－1　丸鋼火花抵抗熔接接手强度試驗成績

試片番號	丸鋼直徑 (mm)	斷面積 (mm²)	降伏點强サ 荷重 (kg)	降伏點强サ 强度 (kg/mm²)	極限强サ 荷重 (kg)	極限强サ 强度 (kg/mm²)	伸率 伸 (mm)	伸率 伸率 (%)	摘要
母材 1	22.35	392.3	12.000	30.6	18 150	46.3	52	29.5	母材は日本鋼管
〃 2	22.38	393.4	13.150	33.4	18 700	47.5	56	31.8	株式會社製なり
平均						**46.9**		**30.7**	
A_1	22.40	394.1	13 300	33.7	18 500	47.0	(50)	(28.4)	母材部切斷
A_2	22.40	394.1	12 800	32.5	18 650	47.3	(49)	(27.8)	〃
A_4	22.42	394.3	13 600	34.5	18 800	47.6	46	26.1	熔接部切斷
A_5	22.44	395.5	12 900	32.6	18 200	46.0	(46)	26.1	母材部切斷
A_6	22.44	395.5	13 000	32.9	18 350	46.3	(50)	28.4	〃
B_1	22.40	394.1	13 250	33.5	18 600	47.2	47	26.7	〃
B_2	22.39	393.7	12 550	32.0	18 000	45.7	(49.5)	(28.1)	〃
B_4	22.49	397.3	13 000	32.7	18 250	45.9	28	15.9	熔接部切斷
B_5	22.40	394.1	12 350	31.3	18 100	46.0	(46.5)	26.4	母材部切斷
B_6	22.44	395.5	12 550	31.7	18 400	46.5	39	22.2	〃
平均						**46.6**		**25.6**	

備考　接手の施工には大阪電氣株式會社製フラッシュ・バット熔接機，容量 90kw のものを使用せり．丸鋼の熔接面は鋸引とし鑢仕上げをなしたり．試驗片中，A 種は熔接後燒鈍をなさゞるもの，B 種は燒鈍を行ひたるものにして燒鈍溫度 800 °C なり．

A，B 兩種とも 4~6 試片は接合による接手表面の突起を削成せり．伸率中（ ）印を附したるものは試片の切斷が標距中の端部近くに生じたるものにして，伸率の算定には分割法により切斷が中央に生じたる場合に換算せるものなり．標點距離には 8D≒176 mm を採用せり．

表-1 の强度試驗成績について見るに，其極限强度に於ては母材と火花抵抗熔接接手を

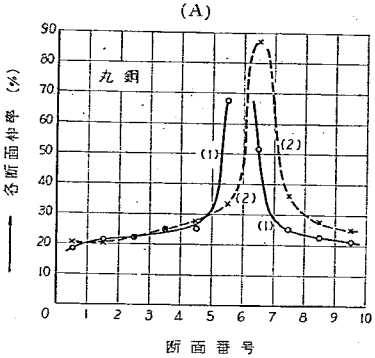
有する試片との間に全然優劣を認められず.

試片 A_4 及 B_4 の如く，其切斷が熔接部に生じたるものに於て，强度が幾分低き感なきにあらざるも，其程度は數%をも出ない．從つて火花抵抗熔接接手に於ては，其施工に適當なる注意が拂はれてをれば强度上の懸念は先づないと云つても過言であるまい.

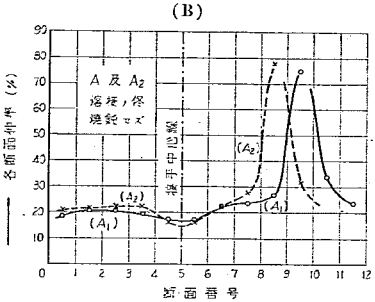
次に注意すべき點は其伸率である．實驗に供された母材の伸率は平均 30.7 % で，これを日本標準規格第 20 號に定められた構造用壓延鋼材中鐵筋コンクリート用棒鋼の伸率 21% 以上(第 2 號試驗片使用) に比較するとき，極めて良好な延性を示してをる．圖-1 (A) は兩母材試片の延伸狀況を示した圖表で，切斷箇所に現はれた著しい伸量を中心として，左

圖-1　火花熔接接手試片の延伸圖表

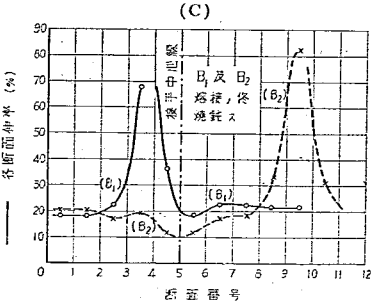
(A)



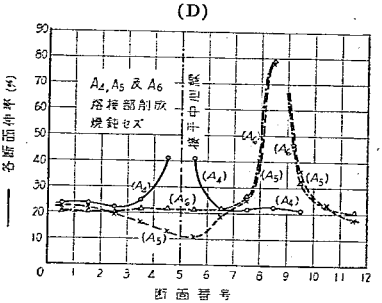
(B)



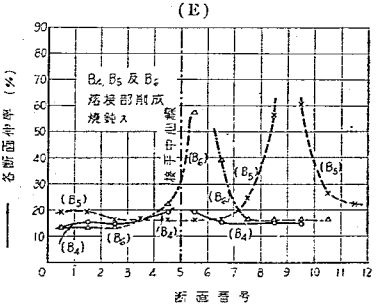
(C)



(D)



(E)



右對稱に伸量の分布されてをることが知られる．

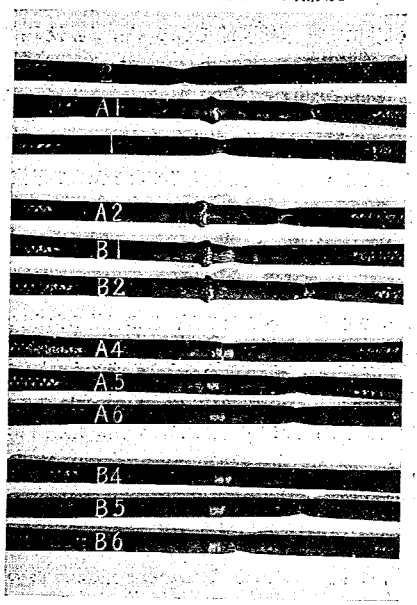
次に，熔接のまゝにて接手部を創成せず，其儘にて强度試驗を行ひたる A_1，A_2，及 B_1，B_2 の伸び狀況を圖-1 (B) 及 (C) について見るに，4 試片とも切斷は母材部に生じてをり，切斷部附近に於ける伸張の模樣は，圖-1 (A) の母材試片に於ける夫れと何等の區別を見出し得ざるも，接手部卽ち斷面 5 の附近に於て伸量の顯著に低いことが見られる．この理由は，接手部斷面が 圖-3 の接手部縱斷面圖にても知らるゝ如く，幾分增大してをるための單位應力低減に基く伸張の減少によると共に，この伸張の低き傾向が，熔接部を創成せる試片中にも 2,3 見受けらるゝ事實に鑑みるとき，接手部の鋼材組織の相違にも依るものと信ずる．接手部の鋼材組織については 圖-4 を參照されたい．B_1 及 B_2 は熔接後 800 °C にて燒鈍せるが故に，これによつて組織のノルマライズが考へられるが，この目的のためにこの溫度が充分高溫なりしや，又加熱時間が充分なりしやに疑ひをもつものであつて，B_1 及 B_2 の示した結果では，A_1 及 A_2 に現はれた成績と明瞭な區別は見出し得ない．

熔接部を創成した試片 A_4 乃至 A_6 及 B_4 乃至 B_6 について見るに，切斷が熔接部に起つた A_4 及 B_4 に於ては，A_1，A_2 及 B_1，B_2 に於けるが如き接手部分の伸張の不足は全然窺知し難く，切斷せる熔接部の局部伸張が母材部より少く，ために全體としての伸率の減少を來たしてをる．熔接部外にて切斷せるもの中にても，A_5 及 B_5 については熔接部附近の伸張の不足は全然認められざるに反し，A_6 及 B_6 に於てはこれを明瞭に認知することが出來る．

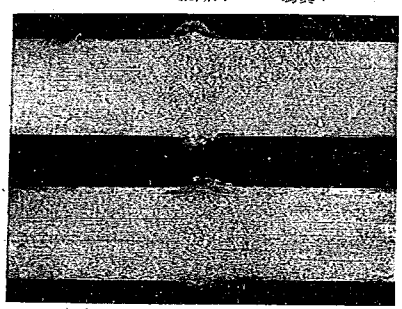
以上の諸試片の成績より見るとき，熔接部附近の伸張度の低下は主として斷面積の增大に起因し，一面，接合部附近の鋼材組織の差異に基く延性の違ひに基くものと考へられる．併しこの部分の伸張の多少は，標點距離全體より見たる試片の伸率には さしたる關係なく，熔接部にて切斷せる試片に 16% 程度の値を示せるものあれども，其他のものは熔接部の創成の有無，燒鈍の如何にかゝはらず，大體 22～28% の伸率を示し，一般に鐵筋コンクリート用丸鋼に要求せらるゝ値以上の延性を表してをる．

試片の切斷狀況に關しては，切斷が主として母材に發生せるが故に，一般鋼材の切斷の場合と大差なく特に記すべき事柄はない．圖-2 が各試片の切斷狀況を示すものである．試片 1 及 2 は 母材 A_1，A_2，B_1，B_2 は接手熔接のまゝ，A_4，A_5，A_6 及 B_4，B_5，B_6 は熔接部を創成せるもの，A 種は熔接後自然冷却のまゝのもの，B 種は 800 °C にて燒鈍したものである．A_4 及 B_4 試片に於て切斷は接合部に起つてをるが，其他の試片は母材部が切れてをる．接手部の切斷せるもの中，A_4 は切斷箇所にて局部斷面縮少が認めらるゝも，B_4 にては殆んど認められない．前者の伸率が 26.1% に達し他の母材部切斷のものと大差なきに對し，後者が僅かに 15.9% に達したに過ぎない事情も，本寫眞によつて明瞭にうな

圖－2　火花抵抗熔接試片切斷狀況



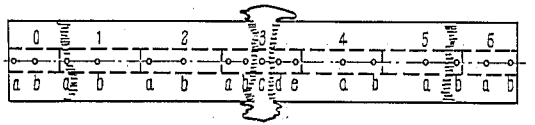
圖－3　丸鋼火花熔接試片
縱斷面マクロ寫眞

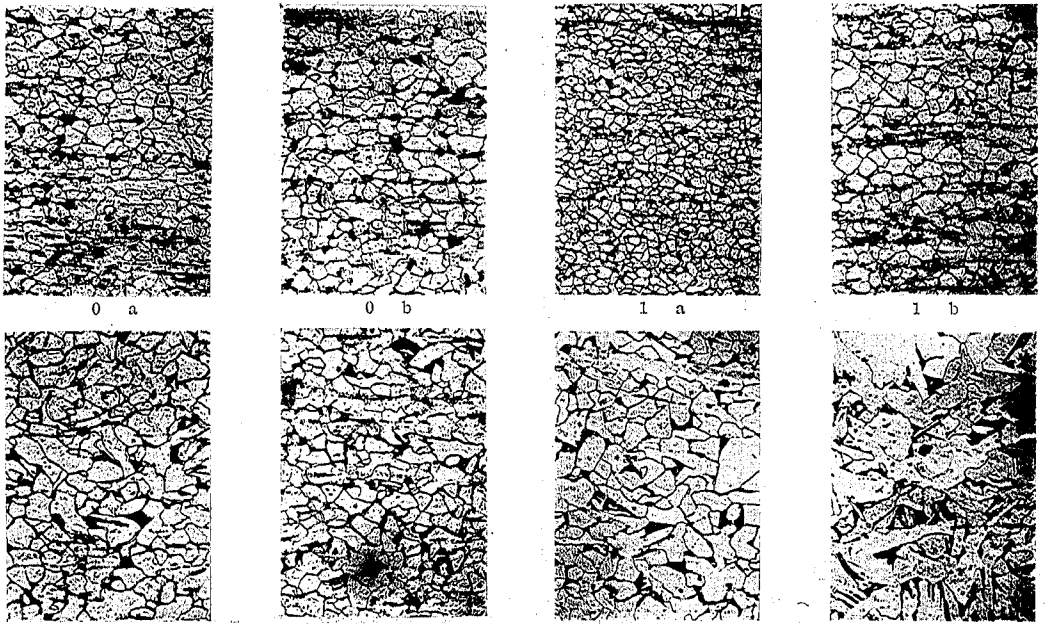


づくことが出來る．

次に火花抵抗熔接による接合部の鋼材組織を見るに，圖－3 のマクロ寫眞にて明かなるが如く，接合線に沿つての融合の完全なることは容易に認め得べく，只其部分に於ける組織の著しく粗いことは見逃すことが出來ぬ．これら接手部附近の鋼材組織は，圖-4 に示す顯微鏡寫眞によつて一層明かにすることが出來る．中央部に於ける粗大なる粒子は一面顯著なる枝狀組織を呈してをる．鋼材粒子は中央部を距るにつれて漸次細粒となり，中央より 2 cm にしてすでに一般壓延鋼の普通組織となる．更に約 4cm の附近に至りて粒子は著しく微粒化する．この微粒化部分は，圖-3 のマクロ寫眞の範圍外なるため寫眞に現はれざるも，腐蝕せる試片上にて肉眼にて明かに認めることが出來る．この局部的微粒化の原因については，接合に際しての接手部附近の熱の分布に着眼點をおかねばならぬ．試片について溫度分布と，含有炭素量との測定をなさゞりしが故に確言することは困難なるも，この附近にて鋼材組織を最も微粒化せしむるが如き溫度が生じたるものと信ずる．圖－4 の顯微鏡組織寫眞は引張試驗終了後の試片について撮影したもので幾分辷り線の認められる處もある．腐蝕には 4% Nital 液，倍率は原板 245 倍のものを縮寫印刷してをる．0_a～0_b 附近にては一般軟鋼壓延鋼材の組織に著しい變化は認められないが，1_a に到つて著しく微粒化し，これをすぎ 1_b に到つては粒子の大さは舊に歸り，0_a 附近と大差なく，これより接手附近にむかい，2_a, 2_b, 3_a と順次

圖－4　丸鋼火花熔接試片鋼材組織寫眞（4% Nital 原圖 ×245 を ½ に縮寫）

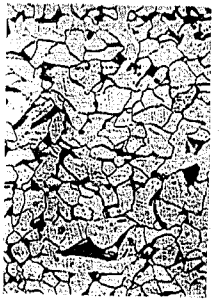




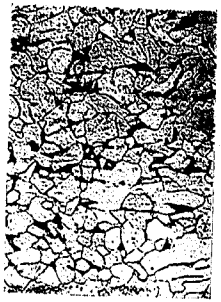
圖－4 丸鋼火花熔接試片鋼材組織寫眞 (4% Nital 原圖 × 245 を ½ に縮寫)

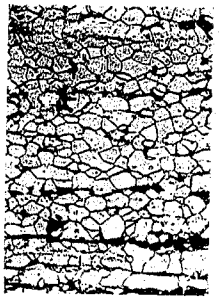
3 c

3 d

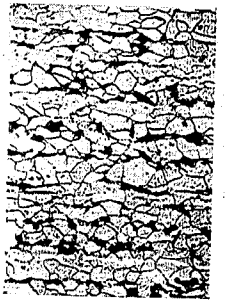

3 e

4 a


4 b


5 a

5 b


6 a

フエライト粒子は増大し，接手附近 3_b, 3_c, 3_d に於ては顯著に生長してをることが知られる．但し接手線の確認は全く不可能である．

(C) 火花抵抗熔接接手と抵抗衝合熔接接手との强度の比較　同一の鋼材を使用し，各種の環境を略ゝ類似の條件に置いて製作した兩種の接手試驗片について行つた比較試驗としては，日本拓業株式會社の依頼によつて大阪工業試驗所の行つた實驗が最も有力なるもの〻一つであらう．この試驗は表－1に掲げたる試驗と同樣，富山縣庄川用水合口事業に關聯して實施されたものである．表－2 はこれが成績を示してをる．

表－2 の成績に於て，母材試片の强度が他の熔接接手試片中母材部にて切斷せるもの〻强

表－2　火花抵抗熔接接手と抵抗衝合熔接接手との强度比較試驗成績

試驗片種類	試驗片番號	丸鋼寸法 徑 (mm)	丸鋼寸法 斷面積 (mm^2)	極限强さ 荷重 (kg)	極限强さ 强度 ($\frac{kg}{mm^2}$)	伸率(l=150mm) 伸 (mm)	伸率 伸率 (%)	摘要
(A) 母材	1	18.60	271.7	12 120	44.6	50.0	33.3	母材試片の切斷は何れも標點距離の中央 ½ の部分にて發生せり．
	2	18.60	271.7	12 050	44.4	50.5	33.6	
	3	18.55	270.2	11 930	44.2	48.0	32.0	
	4	18.60	271.7	12 020	44.2	48.5	32.3	
	5	18.55	270.2	11 930	44.2	48.5	32.3	
平均					44.4		32.7	
(B) 火花抵抗熔接試片（熔接のまゝ）	1	18.85	279.0	15 470	55.4	21.8	14.5	母材部切斷
	2	18.90	280.5	15 490	55.2	28.5	19.0	〃
	3	18.83	278.4	15 380	55.2	32.2	21.4	〃
	4	18.85	279.0	15 420	55.3	29.8	19.8	〃
	5	18.78	277.0	15 410	55.6	30.7	20.4	〃
平均					55.3		19.0	
(C) 火花抵抗熔接試片（熔接部仕上）	1	18.90	280.5	15 390	54.9	24.5	16.3	母材部切斷
	2	18.55	270.2	12 360	45.7	18.5	12.3	〃
	3	18.74	275.8	15 030	54.5	28.0	18.6	〃
	4	18.77	276.7	12 420	44.9	30.0	20.0	〃
	5	18.72	275.2	15 480	56.3	21.0	14.0	熔接部切斷
平均					51.3		16.2	
(D) 火花抵抗熔接試片接合切口黒皮のまゝ	1	18.95	282.0	15 440	54.8	31.5	21.0	
	2	18.90	280.5	11 780	42.0	41.0	27.3	母材部切斷（熔接部は熔接のまゝ）
	3	19.05	285.0	11 750	41.2	28.0	18.6	〃 （〃）
	4	18.75	276.1	15 340	55.6	28.5	19.0	〃 （〃）
	5	18.90	280.5	15 460	55.1	31.0	20.7	〃 （〃）
平均					49.7		21.3	
(E) 抵抗衝合熔接（アップセット仕上のまゝ）	1	18.30	263.0	12 160	46.2	42.5	28.3	母材部切斷（アプセット徑 23mm）
	2	18.63	272.5	12 310	45.2	17.5	11.6	熔接部切斷 〃
	3	18.65	273.1	11 800	43.2	12.8	8.5	〃 〃
	4	18.86	279.3	12 300	44.0	15.0	10.0	〃 〃
	5	18.72	274.6	12 310	44 8	28.0	18.6	母材部切斷
平均					44.7		13.5*1 (10.0)*2	*1 1 及 5 平均 *2 2 乃至 4 平均
(F) 抵抗衝合熔接（熔接部仕上）	1	18.83	278.4	9 760	35.1	2.5	1.6	熔接部切斷
	2	18.78	277.0	11 150	40.3	10.0	6.6	〃
	3	18.80	277.5	9 570	34.5	5.0	3.3	〃
	4	19.12	287.1	9 600	33.4	4.5	3.0	〃
	5	18.93	281.4	8 770	31.2	3.2	2.1	〃
平均					34.9		3.3	

度に比較して著しく低きことは，これ等比較試驗片の製作に使用したる鋼材が，必しも同一種のものにあらざりしことを示すもので，火花熔接接手試片の强度が平均 50～55 kg/mm² の高强度を現してをるが，これを以て熔接作業が鋼材强度の增大に効果ありたりと考へることは妥當でない．併し (B), (C), (D) 種 15 箇の試片中，熔接部にて切斷せる試片僅かに一箇で，しかも其强度が 56 kg/mm² に達してをる點から見て，この接手工法が，丸鋼接合法として强度上に全然懸念を必要としないと斷定し得ることは表-1 の成績と同樣である．

表-2 に示された火花抵抗熔接試片の伸率を表-1 の成績に比較するとき，幾分延性の劣れるが如き感がある．この原因は，表-2 の伸率算定に切斷が中央以外に發生したる場合，これを中央部切斷の場合の數値に換算してをらないためで，接手試驗片の殆んど全部が，標點距離の端部に於て切斷してをる．從つて 表-2 に示された火花抵抗熔接試片の伸率を直ちに比較的强度の低い鋼材が用ひられ，且つ試片の切斷が殆んど全部中央部附近に生じてをる母材試驗片の伸率と比較することは，前者にとつて幾分不利なわけであるが，何れにせよ，火花抵抗熔接部の延性の減少による伸率の低下は見逃すことが出來ない．

火花抵抗熔接試片の 3 種について比較するに，切斷が主として母材部に發生してをる關係から，切斷强度の相違は殆んど認められぬが，接合切口を黑皮のまゝにて作業した試片中，(D)-2，(D)-3 の强度は幾分低い．この極限强度が他試片に比して幾分低いことは，其切斷が母材部に發生してをること，切斷が標點距離の最端部に生じたるに拘らず，發表された見掛けの伸率が比較的高値を示せることより考へると，母材に用ひられた鋼材性質の違ひに基くものと信ずる．

更にこれ等 3 種の伸率を見るに接合後熔接のまゝにて試驗を行ひたる (B) 種及 (D) 種の間には殆んど差異がない．これに對し熔接部を仕上げたる (C) 種に於ては試片 (C)-5 が熔接部にて切斷せるため 14% の低率を示し，試片 (C)-2 は，其切斷が標點距離外に發生せるため，標距の伸量より算出された見掛けの伸率が，12% と云ふ低値に發表されてをる．從つて伸率の比較にこの兩試驗片を除外したる平均値 18.3% をもつてすれば，他の 2 種と著しい相違は認められない．實狀から考へても接合部が殆んどアップ・セットされない火花抵抗熔接に於て，接合部のバリを除去する程度の仕上げが，其性狀に大なる影響あるべしとは考へられないのである．

次に抵抗衝合熔接試片について見るに，試片の種類 2 種，總數 10 本中母材部の切斷せるもの僅かに 2 本であつて，他の試片は全部熔接部にて切れてをる．其强度を見るにアップ・セットのまゝのものにては，母材部切斷のものは 45～46 kg/mm² に對して，熔接部切斷のものは 43～45 kg/mm² を示し顯著な違ひが見出せないが，この接合法は接手部にて一定範圍に膨み（アップ・セット）を起せるが故に，この斷面增加を考慮しての單位强度を求む

るとき其値は 30 kg/mm² 程度である．又接合部を仕上げアップ・セットを除去したる試片に於ては，全試片とも接合部にて破壊してをり其强度も 31～40 kg/mm² の低値を示してをる．これ等の成績より鑑みるとき，この實驗に供されたる抵抗衝合熔接は丸鋼接合法としては極めて不充分のものであつて，其の單位强度の不足をアップ・セットによる斷面の增加によつて或程度まで囘復しうべしとは云へ，其伸率の僅少なる點を考ふるとき，丸鋼接合法としての採用には躊躇せざるを得ない．表-2 に於て，抵抗衝合熔接試片の伸率は，母材部にて切斷した試片 (E)－1 及 (E)－5 を除き，10 % 以上に達してをるものは 1,2 箇であつて，甚しきものは 2% にも達せざる低値を示してをる．

この抵抗衝合熔接試片の示した成績は，筆者が土木試驗所報告第 15 號に $^5/_8$ 吋以上の丸鋼のこの種の接合は面白くないと報告したところによく一致してをるが，徑 10 mm 以下の丸鋼に於ては極めて優良な成績を示した例が少くない．要するに，丸鋼の徑に應じ充分强力なる熔接機を使用し，接合部の融合について特別細心の注意を拂つて施工せざれば，信賴し得べき接手の製作は困難で，この懸念は直徑の大となるにつれ顯著になるものと考へねばならぬ．

III. 衝合熔接接手

［5］ **衝合熔接接手と隅肉熔接接手**　鐵筋の接手に電弧熔接を使用する場合，衝合熔接によるか，隅肉熔接によるかによりて熔接部の働きが全然異つて來る．卽ち前者によるときは，熔着鋼は引張應力をうくることとなり，其許容强度としては今日のプラクティスでは母材の許容强度の 70～85 % しか採れぬ．實驗の結果によつては，100 % 以上の强度を示してをるものもあるが市販の電極棒を使用し一般の熔接工に施工せしめたる場合にかくの如き高効率を望むことは全く無謀であつて，普通には熔着鋼の强度は母材の夫れよりも低いものと云はねばならぬ．從つて，この强度の不足は熔着鋼による接手部斷面增大にまたねばならぬが，接手部の急激なる斷面增大は，一面に於て電極棒使用量の增加となり，衝合熔接が隅肉熔接に對してもつ使用材料の小量なることによる經濟上の利點を減少せしむることゝなり，他面に於ては，衝合熔接のもつ疲限度の優秀さが斷面の急激なる增大によつて失はれることゝなる．又今日の習慣にては接手部の强度計算には喉厚として母材斷面までしか採らぬ傾向がある．これ等の諸點から見て，鐵筋衝合熔接部の斷面增大には自らなる限度があるべきである．

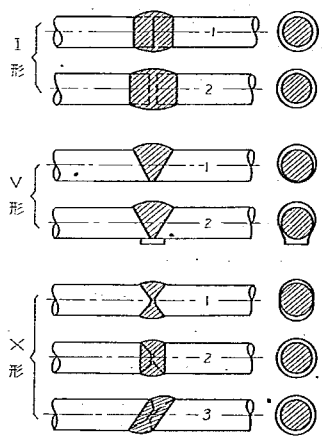
これに對して，隅肉熔接を使用するものにては熔着鋼は略、剪斷應力をうくることゝなり，其許容强度は母材引張許容强度の 65 % を限度とされてをる．この强度の不足は隅肉長の增大によつて囘復することが出來，接手强度を母材强度以上に達せしむることは決し

て困難でない．但し，衝合熔接に全く不用なる添接鈑其他を必要とし，経済的に不利があり，且つ接手の構造から見て本質的に疲勞性の低いことは免れない．

以上の如くで電弧熔接を使用しての鐵筋接手工法に衝合熔接を採るべきや隅肉熔接を採るべきやは輕々には斷じ難いところであつて，接手の所要強度，使用電極棒の優劣，熔接工の技術の巧拙等を充分に考慮にをき，各種實驗成績を參照して愼重に判斷せらるべきである．

［6］ 衝合熔接接手の種類　今日鐵筋の接手として考察されてをる衝合熔接工法は十指にあまるものがあるが，これを大別すれば鋼板の衝合接手と同様，Ⅰ形，Ⅴ形，Ⅹ形の 3 種となり，各形式に數種の異つたものを含んでをる．圖-5 にこれ等の中主なるものを掲げた．

圖-5　丸鋼の衝合熔接接合の種類



Ⅰ形衝合熔接は比較的小徑の鐵筋に使用せらるべきもので，鋼板でのⅠ形衝合が普通 3 mm を限度とする點より見て，內部中心までの熔込みを期待する場合には，丸鋼の徑は 6 mm 程度を限度とすべきではないかと考へる．中心部に空隙をのこし周圍に沿つての熔着鋼盛上けにて强度をもたすものとすれば，更に大なる徑のものに適用し得べきも，中部空隙による應力線の偏倚はこれの疲限度を著しく減少せしむべく，衝合熔接としての價値を低下することゝなる．

Ⅴ形衝合熔接の利點は其作業が一方側より行ひうる點であるが，裏面よりの再熔接を行はずして尙充分なる熔込をうるためには，電極棒の太さ其他に特別の注意を必要とすること，又，圓形斷面に沿つての熔着鋼の盛上けに相等困難を感じ優良なる施工を期し難い缺點がある．この困難を除かんがために考案されたものが圖-5 のⅤ形熔接の第 2 種であつて，白耳義アーコス會社の推稱してをるもので，歐洲方面に於ては可成の應用を見てをるもの〻様である．何れにせよ，Ⅴ形熔接に於ける熔着鋼の分量はⅩ形熔接に於けるものに比して遙かに大なることを免れぬ．

Ⅹ形衝合熔接第 1 種の利點は，これに要する電極棒が最も少量にてすむことであるが，鋼板に於けるⅩ形接手と同様，底部に於ける熔込の完全と熔滓包有の完全なる防止とには細心の注意を必要とする．又この種接手の施工上の困難は，丸鋼の上下兩半に對し適當の餘盛を附して半圓形に熔着鋼を盛上ぐることで，表面の手際よき仕上けは相當の熟練を

必要とする．V形 及 X 形第 1 種にては丸鋼端の仕上げは鋸切或は瓦斯切り，鑢仕上げにて充分である．

X 形第 2 種及第 3 種は熔着鋼表面の圓形仕上りを期待したものであるが，丸鋼の端部は器械削成を要するため，多數の接手を有する現場工事には不適當と云はねばならぬ．

上記のほかに，片側の鐵筋端のみを，くの字形に加工し K 形衝合熔接とせるものあれど，實用上さほど特長あるものとも考へられぬ．

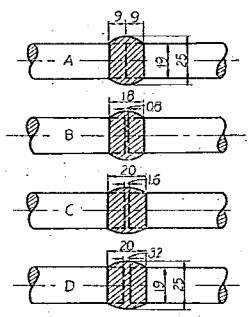
7］I 形衝合熔接接手　I 形衝合熔接によるとせば，丸鋼の徑が 6 mm を越すときは鋼材中央部までの熔込みは困難と考へねばならぬ．從つて鐵筋熔接接合の必要性が特に感ぜらるゝ大徑の丸鋼材について行はるゝこの種熔接接手にては，中心部附近の鋼材は融合せず．應力は丸鋼の周圍にある熔着鋼によつてのみ傳達せらるゝことゝなる．

I 形衝合熔接に於ける丸鋼端の間隙は，丸鋼の徑に應じて適當に定めらるべきであつて，使用電極棒に應じ所要の熔込みを期待し得るものでなければならぬ．但し，丸鋼端間隙の增大は同時に電極棒の消費量の增加をきたすことは免れない．

丸鋼の I 形衝合熔接に關する實驗の發表されてをるものは極めて少數であつて，著者の知る範圍では大阪市立都島工業學校の三浦尙夫氏[*1]の實驗と，東京府多摩川原橋の工事に際して同府の依頼により當試驗所にて行つた實驗のみである．今兩實驗に於ける成績を抜萃してこれが强度を檢討したいと考へる．

三浦氏の實驗に供されたI形衝合熔接試片は，圖-6に示す 4 種であつて，すべて徑 19 mm の丸鋼を使用し熔接部の盛上げは 3 mm 丸鋼端部の間隙を零より 3.2 mm まで 4 種に區別してをる．丸鋼端部の仕上げは鑢によつたものと考へられる．熔接長は 18 mm 及 20 mm の 2 種である．

圖-6　I 形衝合熔接試片（三浦氏による）



上記の各種とも 5 試片についての成績が發表されてをる．其大體は 表-3 の如くである．

表-3 の成績によつて見るに，其極限强度は母材の夫れと殆んど同等であり，平均强度より見るとき，丸鋼端の間隙大なるものほど幾分强度が增加してをる．熔込の增加による熔着鋼喉厚の增大に基くもので，切斷が母材部に生じたる試片數も端部間隔の大なるものほど增加してをる．

この接手の强度が母材と同等の値を示すために必要なる鋼材表面よりの熔込みの所要深

*1) 鐵筋の電氣熔接に就いて（三浦尙吏氏　建築と社會，第 13 輯 10 號）

は熔着鋼の強度を母材の夫れの 75 %に採るとき，次式にて求められる．

母材強度 $=\sigma\frac{\pi}{4}\cdot 19^2$

熔着鋼強度

$=0.75\sigma\cdot\frac{\pi}{4}$

$\{25^2-(19-2x)^2\}$

こゝに

σ：母材單位強度

x：熔込深

母材と熔着鋼との強度が同等であるためには

$19^2=0.75\{25^2-(19-2x)^2\}$

$x\fallingdotseq 3.5$mm

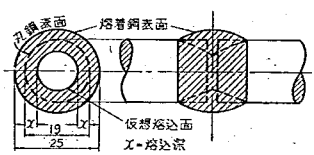
この熔込深 3.5 mm は充分の端部間隙を有するときには左程困難なる値ではない．三浦氏によつて報告されてをる熔込量は A. B. C. D 各種について 2.3, 3.25, 4.15, 4.5 mm であつて平均値として見るとき略〻所要の熔込量を有してをる．從つて其強度が母材の強度と近似せることも首肯しうるところである．

表-3　I 形衝合熔接接手强度試驗成績表（三浦氏による）

試片番號		降伏點强度* (kg/mm²)	極限强度* (kg/mm²)	伸率 (%)	標距 (cm)	摘要
母材	(3試片平均)	27.2	37.8	33	16	
A	1	26.2	37.5	10.0	8	母材部切斷
	2	23.4	37.8	6.65	15	熔接部切斷
	3	26.3	35.2	4.67	15	〃
	4	30.8	38.0	5	10	〃
	5	26.4	36.6	12	10	〃
	平均	**27.8**	**37.0**			
B	1	26.8	37.1	10	8	熔接部切斷
	2	28.9	39.8	13	10	〃
	3	26.1	35.9	12	10	〃
	4	24.6	39.1	13.3	15	母材部切斷
	5	24.3	38.1	16.7	15	熔接部切斷
	平均	**26.2**	**38.8**			
C	1	27.5	36.3	4.75	8	熔接部切斷
	2	24.6	37.4	11.0	10	母材部切斷
	3	27.1	39.8	13	10	熔接部切斷
	4	27.1	37.0	8.65	15	〃
	5	25.7	37.4	2.66	15	母材部切斷
	平均	**26.4**	**37.6**			
D	1	27.0	37.3	12.5	8	母材部切斷
	2	25.0	39.3	13.3	15	〃
	3	25.0	39.1	13.3	15	熔接部切斷
	4	26.8	39.9	19	10	〃
	5	25.7	41.2	12	10	母材部切斷
	平均	**25.9**	**39.3**			

* 印　降伏點强度．極限强度の算出には加へられた全荷重を丸鋼斷面積にて除した．

圖-7　I 形衝合熔接斷面圖



三浦氏によつて報告されてをる各種試片の電極棒使用量，熔接時間，熔込量の丸鋼端部間隙による變化は 圖-8 の如くである．次はこれ等試片の現した伸率であるが 表-3 に示された値は標距に 8, 10, 15 cm の 3 種がとつてあり，このまゝの數値による比較は困難であるが熔接部にて切斷せる試片にて 10% 以上の伸率を示してをるものは僅少である．

かく如き延性の缺如は衝合熔接試片に於ては屢〻見受けられる結果であるが，電極棒の選定と施工法の研究とによつて改良の餘地あるものと信ずる．この實驗に於ては，電極棒としてクオーシー・アークの被覆棒が使用されてをるが，熔着鋼試驗が行はれてをらぬから，これが材質から接手の延性の如何を論じ得ないことを遺憾とする．

圖-8　端部間隙と熔込深，熔接時間，電極棒消費量．

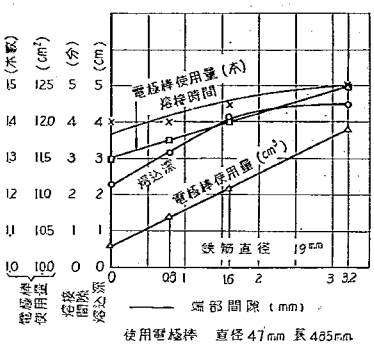
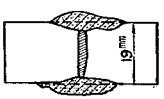


圖-9 の試片 C_5 の縦斷圖であつて，これより丸鋼端の大部分が融合せず中間に大なる間隙を存し，應力の傳達が單に周圍におかれた熔着鋼によるものなることを明かにしてをる．應力傳達にあたつての應力線の偏りは添接鋲と前面隅肉熔接とによる接手と大差なかるべく，其疲限度は著しく低かるべしと推定される．且つ其延性が前揭の如く低き點から考へ，たとへ其引張强度に於て母材に匹敵する値を示し得たりと雖も，反覆荷重をうくる部材の接手としては面白からざる工法と考へる．

圖-9　試片 C_5 縦斷面（三浦氏による）



次に東京府多摩川原橋施工に際して當試驗所にて行つた各種丸鋼接手試驗中，I 形衝合熔接の成績を示すと 表-4 の如くである．試驗片は僅かに 2 本であるが丸鋼徑が 32 mm の大徑である點にて有意義の資料と信ずる．

表-4　I 形衝合熔接接手引張試驗成績（多摩川原橋）

試片番號	丸鋼直徑 (mm)	降伏點强度 (kg/mm²)	極限强度 (kg/mm²)	伸率 (%)	作業時間 (m)	電極棒使用量 本數	電極棒使用量 體積 (cm³)	摘要
母材	32.2	25.2	45.5	29.1				
I 形接手試片 6A			29.8		9	4.0	20.3	熔着鋼 2 回盛，熔接部切斷
I 形接手試片 6B			28.7		8	3.2	16.3	〃

試片の製作に使用した電極棒は，帝國酸素株式會社製 No. 18, 徑 4 mm のもので有効長約 32 cm である．これによる熔着鋼强度の試驗が行はれてをらぬが，製造所側の發表による熔着鋼强度は 48.5～52.6 kg/mm², 伸率 36.0～31.5 % であり，筆者が別に行つた實驗の結果では，48.5～50.0 kg/mm², 及 18.9～23.0 %を示してをるが，この實驗に於て行はれた熔接工技術檢定の節の平鋼衝合熔接試片の成績より見て，35 kg/mm² 以上の强度を有する

ものと認められる．接手試片の極限強度を母材の強度に比較するとき，僅かに63～65％の強度を示したにすぎず，前掲三浦氏の實驗に於ける結果と著しく相違するが，これは熔着鋼の盛上げの程度に著しき差のあることに原因するもので，丸鋼直徑の比率より考ふるとき，熔着鋼の量は直徑の少くも2乘の比にて增加すべきで，32 mm 丸鋼と 19 mm 丸鋼とでは前者に對して約3倍の電極棒が使用せらるべき筈であるが，實際使用してをる量は僅に2倍に達するに過ぎない．從つて其強度は三浦氏の實驗に匹敵する程度に達してをらない．多摩川原橋の試驗片製作に際しての丸鋼端の間隙竝に熔着鋼の熔込の程度等については充分なる資料を蒐め得ざりしことを遺憾とする．圖-10は試片試驗前後の狀況を示す．

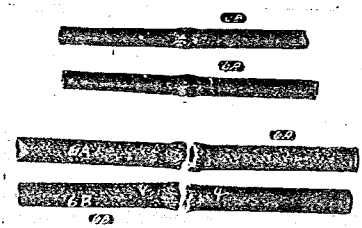


圖-10　引張試驗前後の I 形衝合熔接試片（多摩川原橋）

［8］ V 形及 X 形衝合熔接接手

兩種の接手の優劣は，これらに使用せらるゝ熔着鋼の量，施工の難易，力學的の性質等の諸點から見ても一得一失ありて輕々に論斷し難く，この種衝合熔接接手の實驗に於ては必ず兩種の試驗を平行して行ひ比較對照してをる．筆者もこゝに便宜上兩種接手に關する報告を一括して記述することゝする．報告は此種接手の强度を確むるために著者が特に行つた實驗に關する部分と多數の依頼試驗の結果から蒐めた資料に關する部分とにわかれる．

α．著者の實驗

普通の抵抗熔接又は火花抵抗熔接等の如く，比較的高價にして且つ定置式なる熔接機を使用することなく，設備の簡單なる電弧熔接にて丸鋼接手を施工する場合，最も使用材料を必要とせざるものは此種の衝合熔接である．從つてこの衝合熔接の强度を容易に母材の夫れに匹敵せしむることが出來るとすれば，丸鋼熔接接手の工法は自ら衝合熔接に落ちつく筈であるが，今日この衝合熔接の强度は，これに使用せらるゝ電極棒の種類，熔接工の技倆の優劣，丸鋼端部の仕上げ方法の如何等によつて著しく變化があり，一律には決し難い．著者はこの點を確めんがために，電極棒，熔接工，丸鋼端部の仕上げ方法等を種々に換へ，これによる丸鋼熔接接手の信賴性の相違を求めた．

(A) 試驗片　丸鋼直徑 25 mm，長 50 cm のものを中央にて 2 つ切としこれを衝合熔接したるもので，開先は V 形及 X 形とし，鋸切せるものと瓦斯切せるものとを用ひた．開先取りに鋸切を用ひたるものは V 形，X 形共長 50 cm の試料の中央を通り，軸線に 55° の角度をなす罫線を行ひたる後，手動金切鋸を用ひて所要の形狀に切斷した．瓦

斯切を用ひたものは前者同様に罫線したる後，切斷面が沿直となるが如き位置に型板に合せて萬力にて挾み沿直に瓦斯切斷した．切斷には酸素壓力を約 3 氣壓，アセチレン壓力を約 0.1 氣壓とし，吹管には Chalumean Pyrocopt 式 AS. No. 1 を用ひた．圖-11 a, b は開先切斷の形狀を示したものである．瓦斯切斷に使用した酸素及アセチレンは共に帝國酸素株式會社の製品である．

(B) 熔接工　試驗片の製作に從事せしめた熔接工は，H 社の熔接工 S, K 氏の紹介にかゝる熔接工 U 及び Y製作所の熔接工 K の 3人であつて，Sは H 社に於て數年間熔接實務に從事せるもの，U は S 製作所，Y 製作所等に於て熔接工として働き，又滿洲國鐵路總局の橋梁熔接工事に從事の經驗を有するもので，昭和 10 年5 月 Y 製作所勤務中鐵道省の熔接工資格檢定試驗を受驗しこれに合格してをる．K は Y 製作所の熔接工として鐵道省橋桁改良工事に從事中のもので，昭和 11 年 4月同省資格檢定試驗に合格してをる．

(C) 電極棒　試片の製作に使用した電極棒は H 社製 G, F 及 K 印徑 4 mm, 長約 300 mm, S 製作所製 E 印，米國リンコルン會社製フリート・ウエルドの 5 種で，各種電極棒について J. E. S. 第四號試驗片の ½ の寸法を有するもの，卽ち圖-12 に示す熔着鋼試驗片について行つた引張試驗の成績 表-5 の如くである．

圖-11　衝合熔接試片開先の形狀

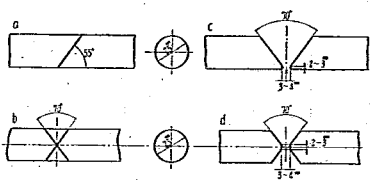


圖-12　熔着鋼試驗片寸法

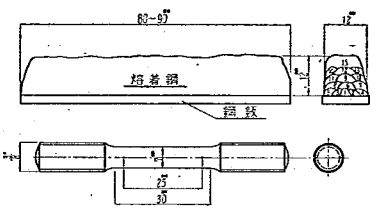


圖-13　熔着鋼引張試驗荷重伸長曲線

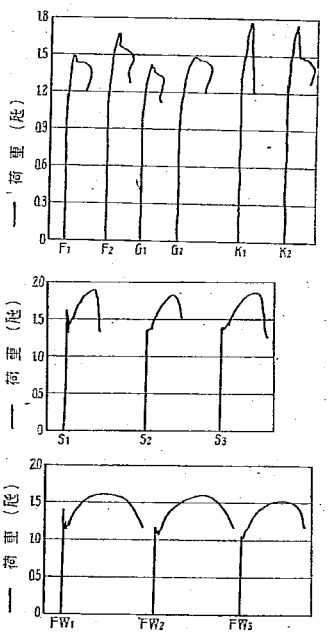


表-5 熔着鋼引張試験成績

電極棒種類	試片番號	無負荷電壓 一次 V	無負荷電壓 二次 V	電弧 電壓 V	電弧 電流 A	電極棒消費量 長 cm	電極棒消費量 體積 cm³	作業時間 m	降伏點 強度 kg/mm²	極限 強度 kg/mm²	伸 量 mm	伸 伸率 (%)	熔接機	熔接手	摘要
H 社 "F"	1	220	108	19.5	115	335	41.43	91	28.6	39.0	2.2	8.8	交流	U	切斷面熔滓の混入顯著
	2	〃	〃	〃	〃	305	37.67	77	30.3	43.5	2.9	11.6	〃	〃	〃
	平均						39.55	84	29.5	41.2		10.4			
H 社 "G"	1	214	107	19.0	105	305	37.67	102	28.2	34.4	2.3	9.2	交流	U	
	2	〃	〃	〃	〃	335	41.43	117	25.2	38.8	3.9	15.6	〃	〃	
	平均						39.55	109	26.7	36.6		12.4			
H 社 "K"	1	213	108	18.8	115	366	45.20	124	33.8	46.0			交流	U	標點外切斷
	2	〃	〃	〃	〃	320	39.65	111	32.8	45.8	3.0	12.0	〃	〃	
	平均						42.42	118	33.3	45.9		12.0			
S 社 "E"	1	60		35	110	228	28.65	30	40.3	49.3	4.0	16.0	直	K	
	2	〃		〃	〃	〃	〃	〃	35.1	47.3	4.5	18.0	〃	〃	
	3	〃		〃	〃	〃	〃	〃	36.9	48.6	5.3	21.2	〃	〃	
	平均						28.65	30	37.4	48.4					
L 社 "FW"	1	60		25	120	217	27.27	30	36.6	42.3	10.2	40.8	直	K	
	2	〃		〃	〃	〃	〃	〃	30.1	41.3	9.6	38.4	〃	〃	
	3	〃		〃	〃	〃	〃	〃	28.3	39.8	8.0	32.0	〃	〃	
	平均						27.27	30	31.7	41.1					

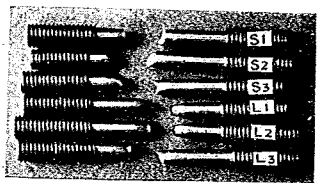
備考 電極棒の直徑はすべて 4 mm; 作業時間は着手より終了までの一切の時間を含む; 引張試驗片直徑約 7 mm, 斷面積約 38.5 mm²; 標點距離 25 mm; H 社發表の F, G, K 各電極棒の極限强度は夫〻 54.35, 40.25, 50.65 (kg/mm²) であり, 伸率は夫〻 14.50, 25.15, 19.175% である.

表-5 に示されたH社製の各電極棒の强度竝に伸度は, H 社發表の數値に比し何れも約 10 % 低値である. これら 5 種の電極棒による熔着鋼の特性の比較は 表-5 の引張試驗成績によつても大體を知ることが出來るが, 圖-13 に示す荷重伸長曲線を見るとき更にこれを明かにすることが出來る. リンコルン社製の FW. が殆んど軟鋼材引張試驗に於ける曲線と同等の性質を示せるに反し, H 社製の F 印, G 印, K 印電極棒が其伸長に於て著しく劣つてをることが知られる. S 社製の E 印は兩者の中間に位してをる. 圖-14 は E 印及 F W. の熔着鋼試片の切斷狀況を示すもので F W. が顯著な斷面收縮を示してをることがわかる.

(D) 試驗片の製作 H 社製の F 印, G 印, K 印による試驗片は熔接T. S 及 U の兩人に製作せしめ, S 社の E 印及 L 社の FW. を用ひた試驗片は熔接T. K に擔當せしめ

た．作業に使用した熔接機は，前 2 者の場合は日立製作所製 200 A 交流電弧熔接機であり，熔接工 K の場合は芝浦製作所製 7.5 KW，300 A 直流電弧熔接機である．

圖-14　E 印及 FW. の切斷狀況
S：S 社の E 印
L：L 社の FW.



F 印，G 印，K 印電極棒による試驗片の熔接にあたつては，試料の据付に 圖-15 に示すが如き鋼板と山形鋼とよりなる架臺を使用し，熔着せらるゝ 2 本の丸鋼の軸線に偏心を生ぜざることにつとめた．作業はすべて下向熔接にて行ひ，V 形衝合熔接試片に於ては熔接完了後軸線の一直線となる様，熔接による歪量 2-3 mm を見込み試料を 圖-15 の如く配置した．

圖-15　丸鋼試驗片熔接用架臺

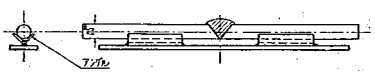
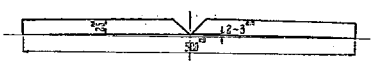
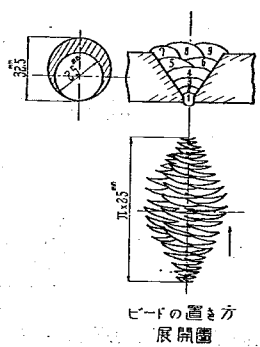


圖-16　V 形衝合熔接試片の試料の配置



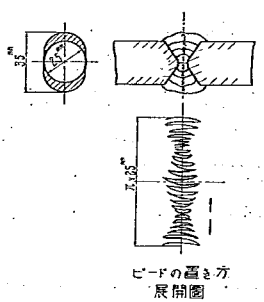
熔接工 S の V 形衝合接手施工はほぼ 9 回盛であつて，圖-17 の示す如く其ビードを鐵筋の長さに直角の方向に行ひ，第 4 層後は試料を幾分づゝ回轉し圖-17 展開圖の如き運行をなし，熔着鋼表面を圓形に保つことにつとめた．V 形衝合熔接試片にては，各層毎の熔滓除去に際して加へた槌打が收縮變形のために 備へた 圖-16 の反りをつぶし，仕上り試片の軸線に收縮歪を殘すに至つた．

圖-17　熔接工 S の V 形衝合接手施工順序



熔接工 S の X 形衝合接手試片の施工順は大體 圖-18 に示す如くであつて，V 形衝合接手試片施工に使用したる架臺上にて軸線を中心として上下交互に 8 層盛にて行ひ，ビードを置く方向等は大體 V 形衝合接手試片と同樣である．

圖-18　熔接工 S の X 形衝合接手施工順序



熔接工 U による電極棒 F，G，及 K を使用して

の試片の製作は大體熔接工 S の場合と同様であるが，ビードの回數竝に其方向に著しい差がある．V 形及 X 形接手に於て前者がビード回數 8～9 に對し 16 回の多數であり，其方向も接手底部のビードは丸鋼軸線に直角に，表面に近きものは軸線に平行に熔着してをる．又 V 形にては最後に底部へ再熔接を行つた．圖-19 は熔接工 U の施工狀況を示したものである．

電極棒 E 印及 FW. を使用しての熔接工 K の作業に於ても丸鋼据付用の架臺には前 2 者同樣に定盤に 45° の角度にとりつけた山形鋼を用ひた．V 形衝合接手の施工は，5 層 7 回盛で最後に丸鋼を定盤より取はずし底部に一層の再熔接を行つた．X 形衝合接手は片側 4 層 4 回盛完了の後，丸鋼を反轉し他側に 4 層 4 回盛を行つた．ビードの運行は V 形，X 形兩者とも丸鋼軸線に直角の方向に進め，最上面に於ける一層は ウィービングし，其他はすべてストレートにて行つた．圖-20 はビードの置き方を示したものである．

圖-19　熔接工 U の衝合接手施工順序

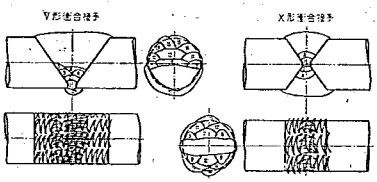
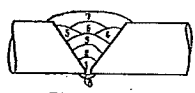
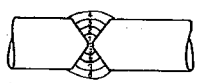


圖-20　熔接工 K の衝合接手施工順序



V形衝合接手

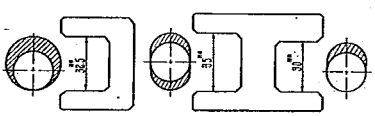


X形衝合接手

各試片の仕上寸法の照査は 圖-21 の亞鉛鍍板製ゲージを使用した．

以上の如く各熔接工によつて其施工順序，ビードの層數竝回數，電極棒の種類，熔接機の種類等に相違あるため試片の製作に消費した電極棒の數量，作業時間等に可成の差が認められる．表-6 はこれ等の點を明かにしたものである．

圖-21　試片寸法照査用ゲージ



以上の作業成績について熔接作業時間の遲速を見るに，1 熔接工が同形の接手を施工する時間は H 社の G. F. K 印を使用した熔接工 U 及 S にては電極棒が違つても左程變化してをらないが，熔接工 K の使用した E 印及 FW. にては相當の差が認められる．

又，丸鋼熔接端を鋸切したものと，瓦斯切斷したものとの間にも明瞭な區分は認められない．次に各熔接工が同種の接手を施工した時間を比較すると 3 倍以上の差を示してをる．

表-5　丸鋼衝合接手試片熔接成績

開先種類	試片番號	熔接工	無負荷電壓 一次側 V	無負荷電壓 二次側 V	電弧 電壓 V	電弧 電流 A	電極棒消費量 延長 mm	電極棒消費量 容積 cm³	作業時間 m	作業時間 s	摘要
V形衝合接手	GVM 1	U	220	80	11	150	—	15.2	13	0	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	15.5	14	0	
	GVO 1	〃	〃	〃	〃	〃	—	16.2	12	9	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	15.9	17	0	
	FVM 1	〃	〃	〃	〃	132	—	14.5	9	34	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	16.4	12	9	
	FVO 1	〃	〃	〃	〃	〃	—	16.8	13	18	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	18.8	14	4	
	KVM 1	〃	〃	〃	10	135	—	15.8	11	26	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	14.5	10	8	
	KVO 1	〃	〃	〃	13	122	—	20.4	11	45	
	〃 2	〃	〃	〃	10	135	—	15.2	13	12	
	平均							**16.2**	**12**	**36**	
V形衝合接手	GVM 1	S	220	80	19	190	195	24.1	42	0	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	162	20.1	31	56	
	GVO 1	〃	〃	〃	〃	〃	156	19.3	44	3	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	171	21.2	38	41	
	FVM 1	〃	〃	〃	20.5	177	162	20.1	37	55	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	165	20.4	33	3	
	FVO 1	〃	〃	〃	〃	〃	162	20.1	33	0	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	152	18.8	31	0	
	KVM 1	〃	〃	78	26.5	160	178	22.0	33	0	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	165	20.1	31	0	
	KVO 1	〃	〃	〃	〃	〃	152	18.8	31	58	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	155	19.2	36	29	
	平均						**165**	**20.3**	**36**	**5**	
V形衝合接手	EVM 1	K	60		35	130	114	14.3	13	0	
	〃 2	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 3	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	EVO 1	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 2	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 3	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	平均	〃	〃		〃	〃	**114**	**14.3**	**13**	**0**	
	FVM 1	K	60		25	120	135	17.0	23	0	
	〃 2	〃	〃		〃	〃	120	15.1	26	0	
	〃 3	〃	〃		〃	〃	108	13.6	20	0	
	FVO 1	〃	〃		〃	〃	105	13.2	16	0	
	〃 2	〃	〃		〃	〃	〃	〃	17	0	
	〃 3	〃	〃		〃	〃	〃	〃	20	0	
	平均						**113**	**14.1**	**20**	**20**	

開先種類	試片番號	熔接工	無負荷電壓 一次側 V	無負荷電壓 二次側 V	電弧 電壓 V	電弧 電流 A	電極棒消費量 延長 mm	電極棒消費量 容積 cm³	作業時間 m	作業時間 s	摘要
X形衝合接手	GXM 1	U	220	80	11	150	—	12.6	10	5	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	13.8	13	8	
	GXO 1	〃	〃	〃	〃	〃	—	14.8	10	20	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	15.7	12	47	
	FXM 1	〃	〃	〃	10	135	—	13.9	15	10	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	14.5	12	18	
	FXO 1	〃	〃	〃	〃	〃	—	12.3	10	5	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	15.2	12	58	
	KXM 1	〃	〃	〃	〃	〃	—	9.4	7	2	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	11.4	9	8	
	KXO 1	〃	〃	〃	〃	〃	—	9.4	7	55	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	—	12.8	8	19	
	平均							**13.0**	**10**	**46**	
X形衝合接手	GXM 1	S	220	80	19	190	107	13.3	26	30	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	110	13.6	29	0	
	GXO 1	〃	〃	〃	〃	〃	122	15.1	26	0	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	94	11.6	23	27	
	FXM 1	〃	〃	〃	20.5	177	122	15.1	31	18	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	113	14.0	29	39	
	FXO 1	〃	〃	〃	〃	〃	105	13.0	27	0	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	97	12.0	24	14	
	KXM 1	〃	〃	78	26.5	160	119	14.7	29	46	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	107	13.2	27	0	
	KXO 1	〃	〃	〃	〃	〃	110	13.6	24	37	
	〃 2	〃	〃	〃	〃	〃	93	11.5	23	14	
	平均							**13.4**	**26**	**49**	
X形衝合接手	EXM 1	K	60		25	120	98.8	12.4	15	0	
	〃 2	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 3	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	EXO 1	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 2	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 3	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	平均	〃	〃		〃	〃	〃	**12.4**	**15**	**0**	
	FXM 1	〃	〃		〃	〃	〃	12.4	17	0	
	〃 2	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 3	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	FXO 1	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 2	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	〃 3	〃	〃		〃	〃	〃	〃	〃		
	平均							**12.4**	**16**	**0**	

備考　試片番號中 G. F. K は夫々 H 社製の G, F, K 印を，E は S 製作所の E 印，FW は L 會社のフリート・ウエルドを示す．M は開先を鋸切せるもの，O は瓦斯切せるものなり．電極棒の徑はすべて 4 mm とす．

この原因は使用電極棒の相違，ビードの置き方の差等に支配されることは當然であるが，電極棒の使用量に左右せられることが最も大である．接手を作製するにあたり目的の强度を有せしむるに差し支へなき範圍内にて其使用量を最少ならしむることが理想であることは論をまたぬが，試片の製作にあたつてはこれが統一を目的として試片の仕上り形狀に對し 圖-21 のゲーヂを使用した，併しこれによつて得た結果は必しも充分でなく，其使用量に於て V 形熔接にて平均 14.1～20.3 cm³，X 形熔接にて 12.4～13.4 cm³ の變化を示してをる．

表-7 電極棒消費量單位體積當作業時間

接手種類	熔接工	作業時間 (mm/cm³) G.F.K 印平均	E 印	F W.
V	U	0.78	—	—
	S	1.78	—	—
形	K	—	0.91	1.44
X	U	0.83	—	—
	S	2.00	—	—
形	K	—	1.21	1.29

從つて熔接工の作業の遲速を比較するためには電極棒消費量の單位體積あたりの作業時間を採ることゝする，表-7 は表-6 の結果より求めた單位體積當の作業時間である．

この結果を見るとビードの置き方を異にした熔接工 U と S との作業時間に極端な相違が認められる．施工に當つて用ひたビードの層數は熔接工 S の場合が U の場合の約 2 倍であるが，時間は約 2.3 倍で略ゝ層數の增加の比に對應してをる．E 印及 FW. を使用した熔接工 K の作業時間は大體前記兩者の中間であり，E 印と FW. とを比較すると V 形の場合も X 形の場合も FW. が餘分の時間を要してをる．

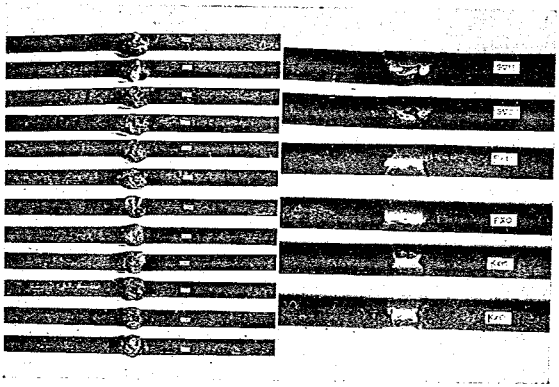
熔接工 U と S とは前者のビードが普通で後者は特に細いビードを置いたために 2 倍以上の時間を要したものであるが，この結果が接手の强度に良結果を與へてをることは次項の引張試驗の結果によつて明かにしることが出來る．

熔接作業にあたつて採用すべき電弧電壓は，各電極棒について最適のものが定められてをりこれに據つて調節せらるべきものと信ずるが，本試驗片の製作に於ては電弧電壓の調節は全然熔接工にまかせ，電弧の發生狀況に應し最適と考へた値に調節せしめた．從つて同種の電極棒を使用した熔接工 U と S との間にても可成の相違が發見され，何れが最も安定なる電弧を生じ短絡回數の最大となる電弧なるかを判定し難い．電弧電壓の最大は熔接工 K が電極棒にて使用せる 35 V が最高で，熔接工 U が F 印又は K 印電極棒について使用せる 10 V を最低とする．電弧電流についても同樣であつて最大 190 A より最小 120 A の間に變化してをるが，この熔接工 U によつて用ひられた最大電流は過大ではないかの懸念が多分にもたれる．

尚丸鋼の熔接作業にあたつて特に感ずることは熔着部分が狹小である上に表面を圓形に仕上げねばならぬ苦心であり，表面に丸味を附けるためには作業中幾分つゝ丸鋼を回轉せしめる必要があり，これにともなつて電弧の中斷が起り勝ちであつて，平鈑の衝合熔接施工に比してはるかに困難である．

熔接作業を終えた丸鋼は當初熔接のまゝ引張試驗を行ふ豫定なりしも，仕上表面の凹凸甚しく單位强度の算出困難なりと認められるゝため，熔接部分を削成した，仕上りの直經はG 印，F 印，K 印電極棒使用のものは丸鋼の徑まで，E 印，FW．のものは接手を中心に長 280 mm の間を徑 23～24 mm に仕上げた．丸鋼同徑に仕上げたものゝ實測直徑は丸鋼徑 25 mm に對し幾分大であつて徑 27 mm に達するものもある．

圖-22　熔接工 S の製作せる試片の熔接部
外觀と削成後の外觀



試片製作に用ひた電極棒の量は，V 形衝合熔接に於て 13.2～24.1 cm³，X 形衝合熔接にて，9.4～15.1 cm³ で 80～60 % の相違がある平鈑等の場合と異り其形狀に丸味を附することの困難がこの大なる相違を生ずるものと考へる．更に，V 形と X 形とに使用された電極棒消費量の比は熔接工 U にて 80 %，S にて 66 %，K にて 86 % となつてゐる．幾何學的に圓形より求めたる比率より考ふるとき X 形に使用されたる量が過大なりと認められるゝも，其外形が V 形に比して更に複雜なるがために生ずる作業の困難に原因するものと思考する．

(E) 引張試驗成績　　引張試驗はすべて內務省土木試驗所備付のオルゼン型 100 噸多能試驗機を用ひた．引張速度は約 1 cm/min である．各試驗片の成績はこれを製作した熔接工によつて分類して批判することとする．

熔接工Sによる試験片　——　(a) 破壊狀況　　各試片を通して感じられることは接手の形狀卽ち X 形，V 形を問はず，開先の仕上方法，卽ち鋸切，瓦斯切を問はず，又電極棒の種類をとはず切斷がすべて熔接部の中央しかも大部分が丸鋼の軸線に直角なる面にて切斷してをることである．圖-23 が其切斷狀況を示す．

更に各試片につき切斷面に於ける熔着鋼の狀況を見るに V 形衝合接手にては 圖-24 開先底部の熔融の不充分なりしことが顯著であつて，この部分に粗い氣泡，熔滓が多量に認められる．X 形衝合接手に於ても 圖-25 中央底部に氣泡熔滓の包含著しいことはV形熔接接手に於けると同樣である，兩形熔接接手を通して開先の鋸切と瓦斯切との間に明瞭な區別は認められないが V 形熔接接手にては瓦斯切斷のものに融着の良好なものが多い．

圖-23　熔接工 S による衝合熔接試片の切斷狀況

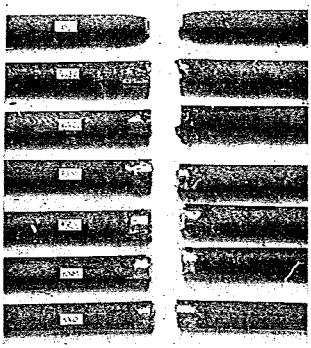


圖-24　同前試片の切斷面 (V 形熔接接手)

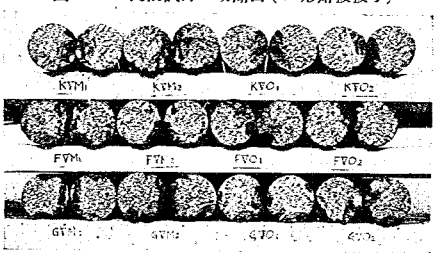
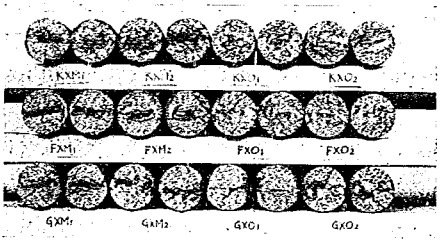


圖-25　同前試片の切斷面 (X 形熔接接手)



(b)　引張強度　　引張試驗成績は 表-8 に示す如くでこれを通覽するにV形衝合熔接に於ては電極棒の種類に關せず降伏點強度は略ゝ近似の値を示してをるが其破壞強度には可成の相違が認められる．開先の鋸切か瓦斯切斷かによる強度の差は降伏點強度，破壞強度ともあまり明瞭ではないが，瓦斯切斷のものに幾分良好の成績を示してをるものがある．降伏點強度について見ると 試片 KVM の 21.9kg/mm² を除けば 24.1～25.6 kg/mm² で各試片とも略ゝ近似の値を示し，これを母材の夫れに比較するとき其約 86～91 % にあた

表-8　熔接工 S による試片の引張試験成績

試片番號		直徑 mm	斷面積 mm²	降伏點 荷重 kg	降伏點 強度 kg/mm²	極限强度 荷重 kg	極限强度 强度 kg/mm²	標距 mm	伸長 伸長量 mm	伸長 百分率 %	摘要
母材	B 1	25.0	490.87	14 000	28.5	21 150	43.1	200	57	28.5	中央部ニテ切斷
	B 2	25.0	490.87	13 500	27.5	20 550	41.9	200	65	32.5	〃
	平均				**28.0**		**42.5**				
V形衝合接手	G V M 1	25.5	505.5	12 900	25.5	14 300	28.3	〃	4.0	2.0	下側底部ニ熔滓アリ
	〃 2	27.0	572.0	13 450	23.5	15 600	27.3	〃	7.2	3.6	〃
	平均				**24.5**		**27.8**				
	G V O 1	26.0	530.5	13 500	25.4	15 300	28.8	〃	6.0	3.0	〃
	〃 2	26.0	530.5	13 650	25.7	14 500	27.3	〃	3.8	1.9	〃
	平均				**25.6**		**28.0**				
	F V M 1	26.0	530.5	13 900	26.2	16 800	31.7	〃	6.5	3.25	下側及ビ下寄兩側ニ熔滓アリ
	〃 2	26.2	539.0	12 350	22.9	16 950	31.4	〃	11.0	5.5	下側ニ熔滓アリ
	平均				**25.6**		**31.6**				
	F V O 1	26.0	530.5	13 200	24.9	17 200	32.4	〃	8.0	4.0	〃
	〃 2	25.5	505.5	13 000	25.7	16 900	33.4	〃	8.0	4.0	〃
	平均				**25.3**		**32.9**				
	K V M 1	26.6	555.5	11 800	21.2	16 350	29.4	〃	10.0	5.0	下側衝合部ニ熔滓アリ
	〃 2	26.0	530.5	12 000	22.6	15 000	28.3	〃	6.6	3.3	〃
	平均				**21.9**		**28.8**				
	K V O 1	26.4	547.0	13 000	23.7	13 600	24.8	〃	2.5	1.25	〃
	〃 2	26.0	530.5	13 000	24.5	16 000	30.1	〃	7.3	3.65	〃
	平均				**24.1**		**27.5**				
X形衝合接手	G X M 1	25.7	510.9	13 000	25.4	15 150	29.6	〃	8.7	4.35	中央底部，熔込ミ不足ニテ，原形ノマヽ殘ル
	〃 2	25.8	512.5	12 950	25.3	17 050	33.3	〃	12.0	6.0	〃 ニ熔滓アリ
	平均				**25.4**		**31.4**				
	G X O 1	26.0	530.5	14 000	26.4	18 000	33.9	〃	10.0	5.0	〃 熔込ミ不良，素材ノマヽ殘ル
	〃 2	26.0	530.5	14 000	26.4	15 200	28.6	〃	7.6	3.8	〃 〃 〃
	平均				**26.4**		**31.3**				
	F X M 1	26.4	547.0	13 000	23.8	16 100	29.4	〃	9.6	4.8	中央底部，肩素材ノマヽ殘，熔込不良
	〃 2	26.0	530.5	12 750	24.0	15 600	29.4	〃	8.0	4.0	〃 〃 〃
	平均				**23.8**		**29.4**				
	F X O 1	26.1	534.6	14 000	26.2	18 550	34.7	〃	14.0	7.0	〃 〃 〃
	〃 2	25.6	514.5	14 100	27.4	19 100	37.1	〃	14.5	7.25	〃 〃 〃
	平均				**26.8**		**35.9**				
	K X M 1	25.7	518.5	13 100	25.2	14 200	27.4	〃	7.5	3.75	中央底部，熔込不良，原形ノマヽ殘ル
	〃 2	26.2	539.0	14 000	26.0	16 000	29.7	〃	8.4	4.2	〃 〃 〃
	平均				**25.6**		**28.6**				
	K X O 1	25.5	505.5	14 200	28.1	14 600	28.9	〃	3.7	1.85	〃 〃 〃
	〃 2	25.7	518.5	13 900	26.8	18 600	35.9	〃	14.8	7.4	〃 〃 〃
	平均				**27.4**		**32.4**				

つてをる．極限强度に於ては G印 と K印 とが略ゝ同强度で約 28 kg/mm², M 印が約 32 kg/mm² を示し，母材の夫れと比し 66% 及 75% に達するのみである．

次に，X 形衝合熔接について見ても前者同様 1,2 の例外を除けば，降伏點强度竝に極限强度の電極棒の種類による變化は認められない．開先鋸切と瓦斯切斷とでは後者の方が良結果を示してをることが V 形衝合熔接の場合よりも明瞭である．この點は試片の切斷面を見ても領づくこが出來る．降伏點强度は鋸切のものゝ平均 25 kg/mm² 瓦斯切斷のもの 27.5kg/mm² で，母材の夫れに比較するとき 90% 及 98% にあたる．極限强度は鋸切のものの平均 29.8 kg/mm² 瓦斯切のもの平均 33.2 kg/mm² にして母材の夫れの 70% 及 78% に達するにすぎぬ．

これら衝合熔接接手の示した極限强度はこれに用ひた電極棒による熔着鋼の强度に比較して甚だ低く且つ F印，G印，K印 がもつ强度の相違も全く現はれてをらない．かくの如きはこの試驗片の製作技術に不充分なる點のあることを如實に物語るものであつて，電極棒の製作所側の推薦せる熔接工にして尙斯くの如き結果を生ずる機會あることは，如何に熔接作業が其電極棒竝に熔接工の選定に愼重さを要するかを示すものであると同時に，一面丸鋼の衝合熔接が他の平鋼類の衝合熔接に比して作業困難なるかを示すものである．

尙この試驗全體を通じて V 形衝合熔接に比して X 形衝合熔接が良好なる成績を示してをる．この原因は V 形衝合熔接の底部に於ける 熔込に不充分なる點多かりしによるもので最近の多くの熔接構造物示樣書が底部裏面よりの再熔接を要求してをる點もこゝにありと考へられる．

(c) 伸度　各試片とも切斷は熔接部で起りこの部分に於ける斷面收縮は外觀的には認め難く標距 8D に對する伸率は 7.5% に達するものもない狀態である．元來この試片に使用した電極棒其のものゝ伸率が 表-5 に示すが如く左程優秀な値を有してをらないのであるが，衝合熔接試片に現はれた成績は更に劣つたものである．圖-26 はこれ等の試片中の數個の示した伸びの分布狀態を示すもので 圖-1 (A) に示した丸鋼母材の伸びは切斷箇所に於いて著しい伸量があらはれてをるが 圖-26 の場合は逆に切斷部分に於ける伸量の方が小さく，殆んど伸張が認められない程度である．

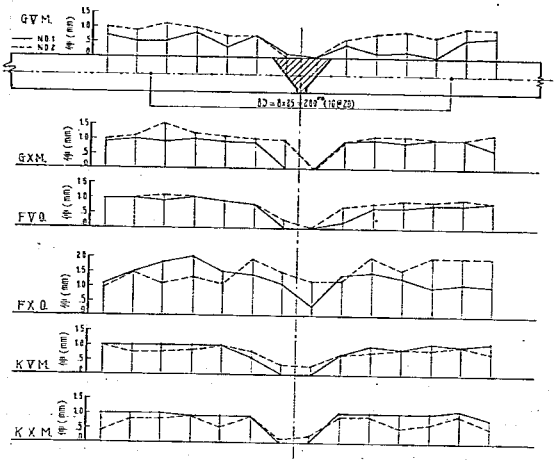
(d) 要約　以上の諸成績より見て熔接工 S によつて製作された試驗片の强度について次の諸點が要約される．

1. 使用した 3 種の電極棒による强度の相違は殆んど認められない．

2. V 形，X 形兩衝合熔接を通じて底部の熔込が完全に行はれてをらない，これが强度に及ぼす影響は V 形衝合熔接に於て一層顯著である．

3. 試片全體を通じ降伏點强度は母材の夫れの 90% 附近まで達してをるが，極限强

圖-26　熔接工 S による衝合熔接試片の延伸圖



度は 70～80 % 程度に達するだけで試片の製作に使用した電極棒の有する強度を充分發揮するまでの作業が行はれてをらぬ．

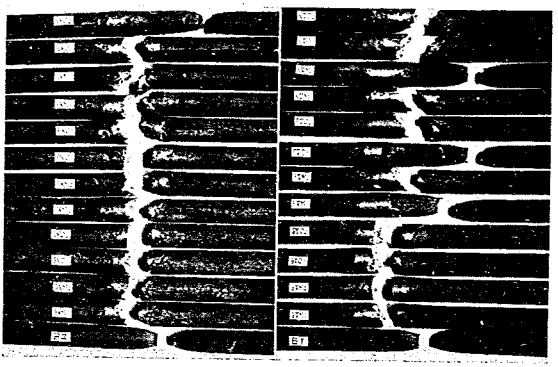
4. 開先を鋸切せるものと瓦斯切せるものでは後者のものにむしろ良成績のもの多く，丸鋼の切斷に瓦斯切を用ふるも大過なかるべしと考へられる．

5. X 形と V 形衝合熔接では電極棒の消費量から云ふと X 形が經濟的であるが，作業にあたり兩側面より施工するの不便がある．併し V 形にても底部へ裏面よりの再熔接を行はざるものにては底部の熔込の完全を期し難く，充分なる強度を現はし難い．

6. 試片全體を通して其伸率は極端に少いこれが製作に使用した電極棒による熔着鋼の試驗成績に比しても遙かに劣つてをる．

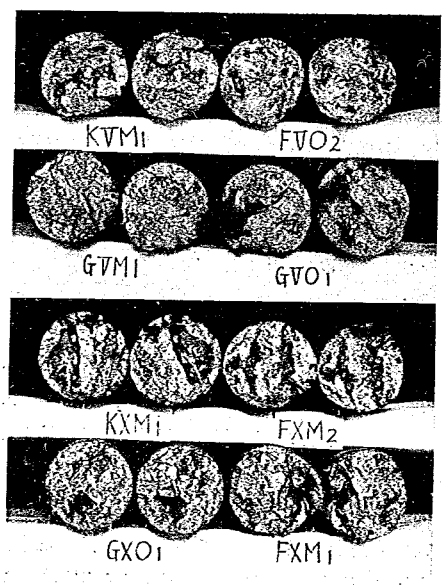
熔接工 U による試驗片 —— (a) 破壞狀況　　試片の切斷狀況を見るに其切斷が主として熔接部に發生せることは熔接工 S による試片と同樣なるも，其切斷が丸鋼の軸に直角に生じたるものは僅少で，多くは開先面に沿つて起つてをり，試片中數個は母材部にて破壞してをる．圖-27 は其切斷狀況を示す．切斷面に於ける氣孔，熔滓の狀態を見るに V 形，X 形，鋸切，瓦斯切，電極棒の種類其他各種の條件の相違を問はず，各試片とも極めて不規則に且つこれら挾雜物の粒子は概して粗く，甚だ不均一なる狀況を呈してをる．圖-28 は其數例を示したものである．これら挾雜物の混入の狀況のみから比較すると 圖-24 及び 25 に示せる 熔接工 S による試片の方が遙かに優れるかの感あるも鐵部そのも

圖-27　熔接工 U による試片の切斷狀況



の〉組織に於ては，熔接工 S によるものが全く粒狀を呈せるに對し熔接工 U によるものが比較的纖維狀をなし强度上に現はれた成績に於ては後者が幾分勝つてをる．併しこれを總括的に見て熔接工 U による作業も充分滿足すべき結果を示してをるとは云ひ難い．

圖-28　同前の試片の切斷面



其原因が熔接工 U の技倆上の缺陷によるものか，使用電極棒の不適によるものかは輕々に斷定し難く，むしろ兩者が混交して其原因をなせりと思考するを妥當とする．又一面に於て衝合熔接による丸鋼の接合が他の鋼板類の接合に比して作業の困難なることも其一原因と云はねばならぬ．

(b) 引張强度　引張試驗成績は 表-9 の如くである．先づ各試驗片の强度を通覽するに同種の電極棒を使用せるに拘らず，熔接工 S による試驗片の場合に比して遙かに高强度を示してをる．殊に V 形衝合接手に於ては 總平均强度は 39 kg/mm² 程度であつて，略〻 J. E. S の軟鋼所要限界强度

表-9　熔接 I. U による試片の引張強度試験成績

試片番號		經 mm	斷面積 mm²	降伏點 荷重 kg	降伏點 強度 kg/mm²	極限強度 荷重 kg	極限強度 強度 kg/mm²	標點距離 mm	伸量 mm	伸率 %	摘要
母材	B 1	25.10	495.20	14 700	29.70	20 500	21.40	200	65	32.0	
	B 2	25.16	497.18	15 800	31.80	21 200	42.61	〃	61	30.5	
	平均				**30.75**		**42.00**			**31.2**	
V形衝合接手	GVM 1	25.72	519.56	14 000	26.96	20 700	39.85	〃	25.7	12.8	切斷面ニ氣泡アリ
	GVM 2	25.54	512.31	13 800	26.94	20 100	40.98	〃	26.5	18.2	熔滓混入ス
	平均				**26.95**		**40.41**			**15.5**	
	GVO 1	26.80	565.79	14 650	25.90	20 100	37.14	〃	17.5	8.7	氣泡アリ熔滓混入
	GVO 2	25.63	515.92	15 400	29.84	20 100	40.70	〃	18.6	9.3	小氣泡アリ
	平均				**27.87**		**38.92**			**9.0**	
	FVM 1	25.54	512.31	13 500	26.35	19 950	38.95	〃	51.0	25.5	母材切斷
	FVM 2	25.52	511.51	13 650	26.69	19 600	38.31	〃	21.5	10.7	氣泡存ス
	平均				**26.52**		**38.63**			**18.1**	
	FVO 1	25.66	517.13	14 100	27.27	21 100	40.80	〃	51.0	25.5	母材切斷
	FVO 2	25.46	509.10	14 200	27.90	20 900	41.40	〃	24.6	12.3	氣泡存ス
	平均				**27.58**		**41.10**			**18.9**	
	KVM 1	25.49	510.29	13 800	27.04	19 500	38.21	〃	21.6	10.8	母材ノ熔融不足氣泡アリ
	KVM 2	25.72	519.56	15 600	30.03	21 200	40.81	〃	54.0	27.0	母材切斷熔接部ニモ龜裂ヲ生ズ
	平均				**28.53**		**39.51**			**18.9**	
	KVO 1	25.45	512.31	14 800	28.97	18 800	36.69	〃	16.0	8.0	母材ノ熔融不足、氣泡及ビ熔滓混入ス
	KVO 2	25.62	515.92	14 500	28.10	20 500	39.75	〃	19.8	9.9	氣泡アリ、熔滓混入ス
	平均				**28.53**		**38.22**			**8.9**	
X形衝合接手	GXM 1	25.45	503.21	13 750	27.23	18 000	35.80	〃	13.7	6.7	開先添切斷部熔融不足
	GXM 2	25.46	509.10	14 000	27.50	18 850	37.03	〃	16.4	8.2	熔滓混入ス
	平均				**27.36**		**36.41**			**7.4**	〃
	GXO 1	25.53	511.91	14 600	28.52	18 100	35.37	〃	12.5	6.2	氣泡及ビ熔滓共ニ少シアリ
	GXO 2	25.95	516.73	13 850	26.82	19 900	38.53	〃	20.5	10.2	開先添切斷部ニ氣泡存ス
	平均				**27.65**		**38.95**			**8.5**	
	FXM 1	25.55	512.31	14 600	28.50	20 200	39.40	〃	22.5	11.2	氣泡アリ
	FXM 2	25.47	509.51	14 100	27.70	18 200	37.00	〃	13.8	6.9	中心ヨリ等距離ノ所ニ皆狀ヲナス熔滓アリ
	平均				**28.10**		**38.20**			**9.1**	
	FXO 1	25.45	509.10	14 450	28.39	20 700	40.65	〃	23.0	11.5	層狀ノ熔滓アリ
	FXO 2	25.80	522.79	13 600	26.02	19 900	38.06	〃	24.5	12.2	熔滓混入ス
	平均				**27.25**		**39.35**			**11.8**	
	KXM 1	25.51	511.50	14 600	28.54	17 250	33.72	〃	9.4	4.7	氣泡及熔滓多クアリ
	KXM 2	25.80	522.79	15 850	30.31	19 450	37.20	〃	23.8	11.9	〃
	平均				**29.92**		**35.46**			**8.3**	
	KXO 1	25.70	518.75	13 800	26.60	20 000	38.55	〃	17.1	8.5	〃
	KXO 2	25.55	512.31	14 450	28.20	20 950	40.86	〃	48.4	24.2	母材切斷熔接部ニモ龜裂ヲ生ズ
	平均				**27.40**		**39.70**			**16.3**	

に達してをり，內 3 試片は切斷が母材部に發生してをる．X 形衝合熔接に於ては V 形衝合熔接程の强度に達せず G 印使用のものゝ平均强度の如きは 36 kg/mm² の低値を示せるもこれを熔接工 S による試片の示せる强度に比較すれば遙かに良好である．X 形衝合熔接に於ける母材部切斷の試片は僅かに 1 本である．斯くの如く，前回の實驗に於てむしろ良成績を示したる X 形衝合熔接が，この實驗に於ては V 形衝合熔接に劣れる理由としては，この實驗に於て V 形衝合熔接について行つた底部裏面よりの再熔接を擧けねばならぬ．V 形又は X 形衝合熔接に於て底部の熔込が或程度不充分となることは止むを得ざることであつて，V 形に於てはこれを底部再熔接によつて除去しうるも X 形にては，この作業は不可能で底部の施行に特別の注意を拂はふのほか方法はない．この兩實驗に現はれ結果もこれ等の諸點を如實に示したものと云ふべきである．

V 形と X 形衝合熔接との强度を母材强度に比較するとき，降伏點强度に於ては兩者とも略〻90 % 破壞强度に於ては前者が略〻94 % 後者が略〻90% 程度で試片により數%の相違を示してをる．

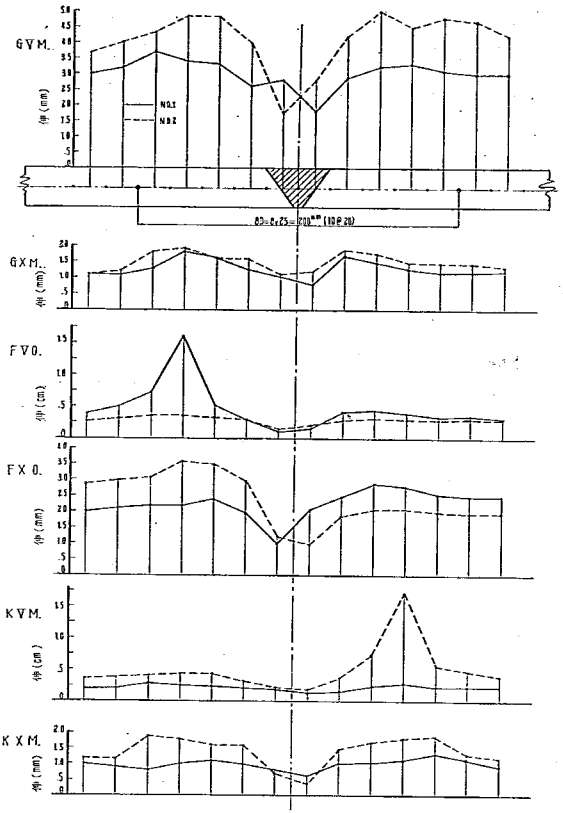
この實驗に於てもH社製の 3 種の電極棒が熔着鋼試驗に於て示した强度の相違は接手强度に於ては見られず，略〻同等の成績を示してをる．

又開先の仕上げが鋸切なるか瓦斯切斷なるかによる强度の相違も明確には判斷し難く，むしろ瓦斯切斷を可とするが如き結果も現はれてをる．結局開先の仕上を瓦斯切斷のまゝとするも大過なかるべしとの結論の下しうることは前揭の實驗結果と同樣である．

全試驗片中，母材部の切斷せるもの 4 本ありて其强度は 39～41 kg/mm² にして母材試驗片の極限强度の 95% 程度にあたつてをり，其切斷箇所は一樣に接手中心より丸鋼直徑の 3～4 倍に相當する點である，切斷箇所の略〻一定することは熔接作業にあたりこの部分がうくる溫度の鋼材組織に及ぼす影響が主なる原因なるべしと想像される．

(c) 伸度　　先づ切斷が母材部に起つた試片の伸率を見るに平均 25.6% であつてこれを母材のみの場合の 31% に比較するとき 17% 餘の減少である．切斷部に於ける斷面縮少の關係は母材のみの時と大差なきが故にこの伸率減少の主なる原因は熔接部分に於ける伸量の僅少なることに基因するものと考へる，圖-29 は試片中代表的のものゝ延伸圖表にて熔接部分に於ける伸長が母材部に比してはるかに少きことを示してをる．熔接部切斷のものゝ伸率は 18% を越すものあれども，多くは 10% 前後にして大體熔着鋼の伸率に近いものが出てをる，接手試片には標距內に母材部を含むが故に遙かに良好な數値を示すべきなるも，母材の延びの影響の現る程度の伸張を見せてをらぬ．圖-29 に示された延伸量を，圖-26 のものと比較するとき遙かに優つてをることが知れる．强度上にあらはれた作業技術の優劣は伸度に對しても同程度に現はれて來たものと解される，

圖-29　熔接工 U による衝合熔接試片の延伸圖



(d) 要約　熔接工 S と同一の電極棒を使用した熔接工 U による試驗片について求め得た結果について次の如き諸點が要約せられる.

1. 使用電極棒の種類による强度の差異はさほど明瞭でない.

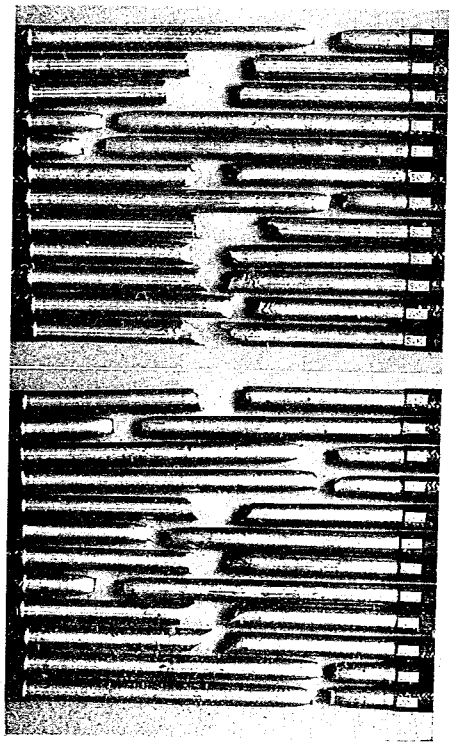
2. V 形衝合熔接に對して行つた底面よりの再熔接は V 形接手の强度を顯著に增進し，熔接工 S の場合とは反對に X 形衝合接手に比し V 形接手がはるかに良好な强度試驗成績を示した.

3. V 形衝合熔接の平均極限强度は略〻軟鋼所要限界强度 39 kg/mm² に達し母材部

にて切斷せるもの總數の 1/4 であるが，使用母材の强度に比すると V 形にて 94 %，X 形にて 90 % に達するに過ぎぬ．

4. 試片の切斷面に現はれたる熔接部組織は比較的纖維狀にして，熔接工 S による場合の粒狀組織に比して作業の良好なりしことを示せるも斷面中に見受けらるゝ粗き氣泡，熔滓等の不規則なる存在は實驗者の期待に充分添ひ得たるものとは云ひ難く，熔接工 S に比し其强度，其伸度に幾分の優秀性を認め得たりと雖も，其作業に熔接工 S の約 3 倍以上の時間を費せるほどの效果ありしや否やを疑はざるを得ない．

圖-30　熔接工 K による試片の切斷狀況
S：S 社製 E 印電極棒使用
L：L 社製 FW. 電極棒使用



5. 母材部にて切斷せるものゝ切斷箇所は一樣に熔接部より 3～4 D の附近であり，其强度は母材の强度に比し約 5% 低下してをる．

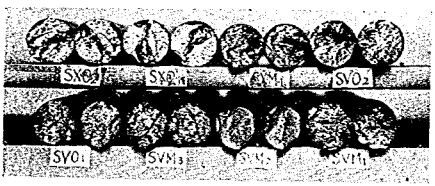
6. 開先の鋸切と瓦斯切斷との間には接手强度上の區別はあまり明瞭でない．

熔接工 K による試驗片

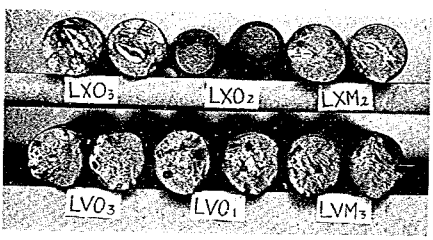
(a) 破壞狀況　試片總數 24 本中母材部の切斷せるもの 11 本，熔接部の切斷せるもの 13 本である．熔接部の切斷は大部分は熔着鋼內にて丸鋼軸線に略ゝ直角或は幾分傾斜して生じてをり，開先面に沿つて破壞してをるものは極めて少い．切斷部は前揭 2 回の試驗に比して相當斷面縮少が認めらるゝもの多く，熔着鋼の靱性に可成の差のあることがわかる．圖-30 は各試片の切斷狀況を示す．圖-31 は其切斷面を現したものでS社のE印試片と，L 社の FW. の試片とを比較すると前者に於ける氣泡の著しいことが目立つが，

これを前 2 回の試片に比較すると格段に良好なることがわかる．殊に FW. のものには殆んど氣泡熔滓の存在を認め難い試片もある．又熔着鋼の組織が纖維狀を示してをることは兩者とも同樣である．

圖-31 (a)　同前の試片の切斷面



(b)



(b) 引張強度　表-10 に示す引張試驗成績表について見るに，S 社の E 印を用ひたるものも L 社の FW. を使用せるものも，其切斷箇所が母材部なると熔接部なるとを問はず，其強度は殆んど母材試片の示せる強度に近似し，試片 EVO_2, EXO_1 及 EXO_2 を除く以外のものにて 40 kg/mm² 以下の強度を示したものはない．各種試片を通し其平均強度を見るに，降伏點強度は母材試片の強度の 92.5～102.0% にて平均 97%，極限強度は 87.5～104.9 % にて平均 96 %，先づ母材に近い強度を出し得たものと稱して大過ない．

S 社の E 印と L 社の FW. とを比較すると，極限強度が 40 kg/mm² に達せざる試片を出したるは E 印の試片のみにして，この點 FW. の優秀性が認められる．又其伸率を求めても兩者の間に 20 % 程度の相違のあることは明かであり，圖-31 に示された切斷面の優劣は強度伸率上にも其儘現はれてをる．

兩種電極棒による試片を通し母材部の切斷せるもの約 12 本あつて，各〻の極限強度を見るに，42.64～45.55 kg/mm² でこれを母材試片の 42.74 kg/mm² に比べて何等強度の低下が現れてをらない．熔接工 U による試片にて母材部に切斷を起したるもの〻極限強度が一樣に約 5 % の強度低下を示しをりたる點と比較すとき，ここに熔接作業時の電流の大さ，作業時間の長短等を顧る必要を感ずるものである．熔接工 U によるものが平均電流約 180 A，作業平均時間 27 乃至 36 min なるに對し，熔接工 K が電流 12 A，作業平均時間 13 乃至 20 min なることが鋼材材質の變化に及ぼす影響に大なる相違ありて如上の結果を生じたるものなりと信ずる．

母材部に切斷を起したる試片の切斷箇所は 1,2 の例外あるも，大部分は接合部より 4 D の點に發生しをることは熔接工 U の場合と同樣であつて，熔接時にうくる溫度と鋼材の

表-10　熔接工 K による試片の引張強度試驗成績

試片番號		直徑 mm	斷面積 mm²	降伏點 荷重 kg	降伏點 強度 kg/mm²	極限強度 荷重 kg	極限強度 強度 kg/mm²	伸長 標點距離 mm	伸長 伸量 mm	伸長 伸率 %	切斷個所	摘要
母材	B 1	23.60	437.1	13 000	29.75	18 750	42.90	192	62.5	32.58		
	B 2	23.43	432.7	13 150	30.40	18 400	42.52	〃	61.5	32.40		
	B 3	22.98	414.6	12 400	29.90	17 750	42.81	〃	59.5	31.00		
	平均				30.01		42.74			31.99		
V形街合接手	E V M 1	23.58	436.0	12 000	27.51	19 400	44.50	〃	19.6	10.20		開先針面ニ添ヒ切斷、斷面ニ氣泡アリ
	E V M 2	23.55	435.4	12 250	28.12	19 650	45.12	〃	33.4	17.40		母材部切斷ナレ共、熱影響ヲ受ケル個所
	E V M 3	23.59	436.7	15 100	34.59	19 600	44.87	〃	28.6	14.90		
	平均				30.67		44.83			15.83		斷面ニ氣泡アリ
	E V O 1	23.62	437.8	13 600	31.05	18 800	42.93	〃	24.5	12.76		斷面ニ氣泡アリ熔接人ス
	E V O 2	23.59	436.7	12 550	28.73	14 300	37.72	〃	28.0	14.58		斷面ニ氣泡アリ熔接人ス
	E V O 3	23.51	434.0	12 200	28.10	18 700	43.09	〃	(42.1)	(21.92)	母材部	熔接部ヨリ「4 D」附近ニテ切斷ス
	平均				29.29		41.25			(16.08)		
	FWVM 1	23.39	429.1	12 000	27.97	18 200	42.40	〃	(36.2)	(18.86)	母材部	熔接部ヨリ「4 D」附近ニテ切斷ス
	FWVM 2	23.58	436.0	12 100	28.20	18 600	42.64	〃	(43.9)	(22.90)	〃	熔接部ヨリ「4 D」附近ニテ切斷ス
	FWVM 3	23.51	434.0	12 050	27.75	19 600	45.15	〃	33.0	17.20		斷面良好
	平均				27.97		43.39			(19.65)		
	FWVO 1	23.51	434.0	12 000	27.66	18 450	42.50	〃	26.0	13.54		斷面良好ナルモ熔接ニ熔滓カ混入ス
	FWVO 2	23.62	437.8	12 300	28.10	18 800	42.93	〃	(41.8)	(21.78)	母材部	熔接部ヨリ「4 D」附近ニテ切斷ス
	FWVO 3	23.57	435.8	12 250	28.10	18 850	43.23	〃	31.0	16.15		斷面良好
	平均				27.95		42.89			(18.72)		
X形街合接手	E X M 1	23.58	436.0	12 550	28.79	18 450	42.30	〃	20.0	10.42		斷面ニ熔滓混入ス
	E X M 2	23.56	435.6	13 100	30.07	18 650	42.80	〃	(31.2)	(16.25)	母材部	熔接部ヨリ「4 D」附近ニテ切斷ス
	E X M 3	23.57	435.8	12 200	27.98	18 850	43.22	〃	(44.8)	(23.40)	〃	熔接部ヨリ「4 D」附近ニテ切斷ス
	平均				28.94		42.77			(16.68)		
	E X O 1	23.42	431.0	11 400	26.45	13 500	31.30	〃	5.6	2.92		底部熔融不足
	E X O 2	23.54	435.1	12 450	28.60	16 050	36.88	〃	7.4	3.85		底部熔融不足
	E X O 3	23.55	435.4	12 600	28.94	18 700	42.95	〃	(37.5)	(19.54)	母材部	熔接部ヨリ「4 D」附近ニテ切斷ス
	平均				27.93		37.04			(8.79)		
	FWXM 1	23.60	437.1	12 500	28.61	18 650	42.64	〃	(45.3)	(23.60)	〃	熔接部ヨリ「2 D」附近ニテ切斷ス
	FWXM 2	23.55	435.4	11 600	26.63	19 050	43.75	〃	25.1	13.03		斷面良好
	FWXM 3	23.53	434.6	12 650	29.10	19 800	45.55	〃	(39.1)	(20.39)	母材部	熔接部ヨリ「1 D」附近ニテ切斷ス
	平均				28.11		43.98			(19.00)		
	FWXO 1	23.55	435.4	12 000	27.54	18 650	42.80	〃	(44.5)	(23.2)	〃	熔接部ヨリ「4 D」附近ニテ切斷ス
	FWXO 2	23.57	435.8	12 600	28.91	18 850	43.25	〃	(44.1)	(22.97)	〃	熔接部ヨリ「3 D」附近ニテ切斷ス
	FWXO 3	23.62	437.8	11 900	27.20	18 550	42.36	〃	29.0	15.10		
	平均				27.88		42.80			(20.42)		

備考：—「伸量」は熔接部を中心として標點距離を定めた場合の標點間の伸びであり，括弧を有するものは切斷個所が標點距離の中心であると假定して伸びの補正を行つた値である．

E は S 社製 E 印電極棒，FW. は L 社製 FW. 電極棒を意味する．

炭素含有量との關係に基く鋼材組織の變化に基因するものと信ずる．

開先端の鋸切と瓦斯切斷との差は本試驗片に於てもあまり著しくはないが，鋸切のものが概して良好なる成績を示してゐる．

V 形衝合熔接と X 形とを比較すると，施工の良好なりしものは兩者に區別を認むること困難なるも，試片中，破壞强度が最も低かりし 2 試片は何れも X 形，瓦斯切斷の試片にて，其中央底部に於ける熔込の不完全なりしことが斷面圖に明瞭に現はれてゐる．

(c) 伸度　　切斷が熔接部に起た試片について其伸率を標點距離 8D について見るに，施工上明かに缺點を有する EXO_1 及 EXO_2 を除けば 10.2～17.2％であり，これを 4D について見れば 5.7～16.04％で幾分低値となる．元來，軟鋼の伸率は標點距離を短縮すれば其値が增加するのが自然であつて，この場合に僅少なりとも減少の傾向を示してゐることは，熔接切斷部の延性乏しく軟鋼の場合の如き切斷箇所に於ける斷面縮少に伴ふ局部的延伸のなきことに原因するものである．從つて，其極限强度が殆んど母材に匹敵するの數値を示したりと雖も，切斷に際しての延性は母材に比して遙かに劣るものと云はねばならぬ．試片の示した伸率は，略，E 印の電極棒による熔着鋼の伸率に匹敵し，FW. 熔着鋼の夫れには遙かに及ばない．

次に切斷が母材部に生じたるものについて見るに，其伸率は標點距離 8D に對して 16.25～23.6％であつて，これを母材試片の 31.99％に比べると其 52～74％に達するに過ぎない．この原因は切斷箇所が局部斷面縮少を起しはぢむる以前に，標距內各部に起る伸量が母材試片の場合の如く切斷箇所にむかつて左右對稱に規則的に漸次增大することなく熔接部にて極めて少く，甚しく不規則なる伸張に終るためと考へられる．圖-32 は熔接工 K による全試片の延伸圖であつて，上記の關係はこれによつて明瞭に知ることが出來る．

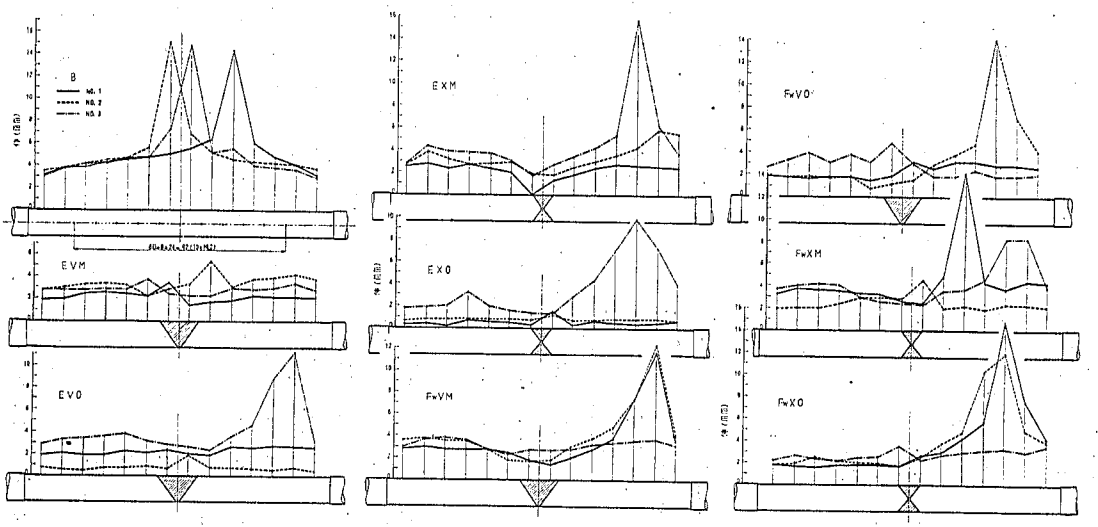
(d) 要約　　熔接工 K によつて作られた S 社の E 印電極棒，及 L 社の FW. 電極棒による衝合熔接試片について求めた試驗結果を要約すると大體次の如くである．

1. L 社の FW. 電極棒による全試片は其切斷が母材部に起りたるものと熔接部に生じたるものとを問はず，其强度は 42 kg/mm² 以上で，一般構造用軟鋼材の限界强度 39 kg/mm² を遙かに越へてゐる．S 社の E 印電極棒に於ては，底部の熔込不充分のために 39 kg/mm² 以下の强度を示せりと考へらるゝもの 3 個を除けば略，FW. 電極棒によるものと同等の强度を示してゐる．

2. 母材部に切斷を起したるものゝ强度は母材試片强度と同等にて，熔接工 U による試片の場合の如き强度の低下は認められぬ．母材部切斷のものゝ切斷箇所は，熔接部より約 4D の距離に發生してゐる．

3. 開先が鋸切なると瓦斯切なると兩者の間に著しき差なきも，成績不良なりし試片

圖-32　熔接工 K による衝合熔接試片の延伸圖
E　：S 社の E 印電極棒
FW.：L 社の FW. 電極棒



は主に瓦斯切斷により開先をとりしものに起つてをる．

4.　X 形と V 形衝合熔接とにて强度上の區別は認め難きも，全試片中最低强度を示した 2 試片は何れも X 形試片である．

5.　試片の伸率は大體兩種電極棒とも同樣であつて，熔接部切斷のもの最小 10.2 %，最大 17 %，母材部切斷のもの最少 16.25 %，最大 23.6 % である．前者の伸率は大體 E 印電極棒熔着鋼の伸率に匹敵し，FW. 電極棒熔着鋼ほどの伸量が示されてをらぬ．後者は母材試片の伸率の 52～74 % に達するにすぎぬ．

(F)　著者の實驗に對する考察　　5 種類の電極棒と 3 人の熔接手と，2 種類の開先とを用ひた 143 箇の試片について行つた實驗の結果を總括するに

1.　試片製作に使用せる電極棒は，表-5 竝に 圖-13 に示せる其强度，伸率，荷重伸張曲線等より見て其質に格段の相違がある．F 印，G 印，K 印 の 3 種は 先づ今日本邦市販の電極棒としては中級電極棒であり，E 印は國產の上級電極棒，FW. は世界的の高級電極棒と稱すべき種類のものである．

2.　實驗に使用せる程度の中級電極棒による丸鋼の衝合接手の强度を（餘盛を除きての）母材强度に匹敵せしむることは困難で，大部分が熔接部にて切斷してをる．普通の施工にて母材强度の 75 %，極めて入念の施工にて 90 % に達しうれば好成績と考へねばならぬ．伸率に至つては優良なものにて 10 數 %，普通 10 % 以下であり，其靱性の極めて乏しいことを示してをる．これ等の點より見て中級電極棒による丸鋼接手の衝合熔接は信賴すべからざるものと思考する．

3.　E 印程度の上級電極棒を使用せる場合，其强度（餘盛を除きたる）を丸鋼母材の夫れに匹敵せしむることは困難でなく，約半數は母材部にて切斷し，其伸率は熔接部切斷のもの最低 10.2 %，最高 16.25 % で，母材部切斷のものは平均 17.4 %～23.4 % 程度で，中級棒による成績に比し甚だ良好なる結果を示せるも，試片中に 2 個だけ甚しく不良のものを混じてをる．

4.　FW. 電極棒級の高級電極棒使用結果を通覽するに，其强度上より見たる熔接部と母材部との區別は殆んどなく過半數が母材部にて切斷してをるが，其伸量にいたつては母材試片には遠く及ばない．卽ち，熔接部切斷のものゝ伸率 13.03 %～17.2 %，母材部切斷のもの 18.9 %～23.6 % である．以上の成績を上級電極棒の場合に比較するとき，强度其の他の均一性に於て著しく良好の結果が認められる．

5.　E 印又は FW. 電極棒級のものを使用するとき，丸鋼接手强度を母材强度に匹敵せしむることは左程困難でない，併し，其切斷が熔接部に起つた場合其伸率の母材試片に比し著しく低く其延性に乏しいことは，この接手の實施に多少の懸念を抱かしむる．

從つて其切斷が母材部に生ずることを確保する必要があるが，接手の强度を熔接の喉厚を基本として論ずるために試片熔接部を削成して行つた．この實驗では母材部切斷は試片數の半數程度である．若し餘盛を附したるまゝの試片について行つた場合は更に多數が母材部にて切斷するものと信ずるが，其割合は餘盛の程度，表面仕上の巧劣にもよることであり確言することは出來ぬ．切斷が母材部に發生したと假定するも，其伸率は母材試片の示す値の 75% 以下と考へねばならぬ．

6. V 形，X 形兩衝合接手とも其缺陷は主として底部の熔込不良に起因する，從つて X 形は底部の施工に特別の留意を必要とし，V 形に對しては別に裏側への再熔接を行ふ必要がある．再熔接を行はざる V 形試片にては，X 形試片に比較して强度の劣るもの多く，再熔接を行ひたるものにては X 形試片に優るもの多きはこの點を力强く證明してをるものである．使用材料の多寡より論ずるとき X 形の優れることは自明の事柄である．

β. 其他の試驗成績

以下は著者が依頼をうけて行つた多數の熔接接手試驗中の丸鋼衝合熔接接手の成績を列記したものである．

(A) 東京府多摩川原橋　試驗に供された試片の形狀は圖-5 X 形衝合熔接接手の第1種及第2種で，使用丸鋼の徑 32 mm，各部の寸法圖-33 の如くである．兩種共，開先は器械仕上げ，電極棒には帝國酸素株式會社製 No. 18 を使用してをる．この電極棒の性能に關しては［7］に記いた如くで，熔着鋼にて强度 38 kg/mm² 以上，伸率 30 %以上の性質を現しうべきものである．引張試驗は熔接部の削成を行はず餘盛附きのまゝにて施工した成績 表-11 の如くである．

圖-33　X 形衝合熔接試片（多摩川原橋）

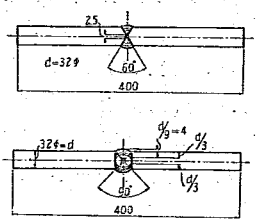


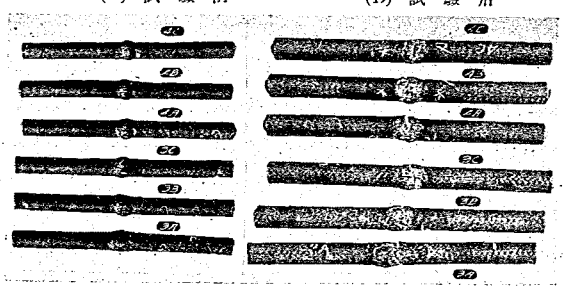
表-11　X 形衝合熔接接手引張試驗成績（多摩川原橋）

試片番號	種類	丸鋼直徑 (mm)	降伏點强度 (kg/mm²)	極限强度 (kg/mm²)	伸率 (%)	作業時間 (m)	電極棒使用量 本數	電極棒使用量 體積 (cm³)	摘要
母材		32.2	25.2	45.5	29.1				
X形衝合接手試片	4 A	32.0		31.1		6.0	2.5	12.7	2 回盛リ
	4 B	〃		32.8		7.5	3.0	15.3	〃
	4 C	〃		29.4		5.5	2.5	12.7	〃
平均				31.1					
開先圓錐形試片	3 A	32.0		30.1		20.0	6.0	30.5	3 回盛リ
	3 B	〃		30.4		11.0	4.2	21.4	2 回盛リ
	3 C	〃		27.9		10.0	4.0	20.3	〃
平均				29.1					

開先を圓錐形となしたる試片の熔接作業は甚だ困難であつて，最初に製作せる試片 3 A にてはこれが完成に 30.5 分の長時間を要してをるが，3 B，3 C に於ては試料を徐々に回轉しつゝ作業することゝし，幾分作業時間を短縮する事が出來たが普通の X 形衝合熔接に比して作業の不便はまぬがれない．

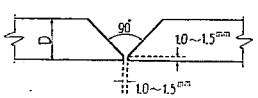
試驗成績を通覽するに，結果は頗る不良であり母材强度の 70 % に達するものが 1 箇あるのみであり，構造用鋼に許された限界强度 39 kg/mm² に對して考へても其 80 % に達するにすぎない．これが製作に使用した電極棒の熔着鋼强度が平均 48.0 kg/mm² 以上である點から見ると，試片製作に從事した熔接工の技倆に疑ひをもたざるを得ないのであるが，工事擔當者が其許さるゝ範圍にて充分なる選擇をなして採用したる熔接工の技倆が一般にこの程度のものであるとすれば，こゝに現場施工の熔接接手の設計に對しては，今日熔接技術界の最高水準を基としての立案が甚だ危險なものであることを考へさせられるのである．圖-34 はこれ等の試片の試驗前後の外觀を示したものである．

圖-34　X 形衝合熔接試片の切斷狀況（多摩川原橋）
(A) 試 驗 前　　(B) 試 驗 后



(B) 富山縣營庄川用水合口事業水壓管工事　　衝合熔接接手の試片として送附せられたものは，すべて V 形であつて丸鋼直徑が 22 mm，19 mm，16 mm の 3 種，開先の形狀寸法は大體 圖-35 の如くである．開先の取り方についての報告に接してをらないが鋸切程度の仕上をなしたものと想像する．

圖-35　V 形衝合熔接試片
(庄川用水)



使用電極棒は帝國酸素株式會社の No. 22 でこれが强度竝に伸率は同社の發表せるもの　38.5～43.0 kg/mm² 及14.0～12.8 % であり，同電極棒につき筆者の行つた實驗では 34.5～37.5 kg/mm², 7.7～12.7% を示してをる．

作業狀況竝に引張試驗成績 表-12 の如くである．

切斷がすべて母材部に起つてをり，接手引張試驗成績として現れたものは母材の强度と

表-12 V 形衝合熔接接手引張試驗成績
(庄川用水)

試片番號	丸鋼直徑 (mm)	降伏點強度 (kg/mm²)	極限强度 (kg/mm²)	作業時間 (m)	電極棒使用量 (本)	摘要
D_1	22	29.4	47.0	45	5	母材部切斷
D_2	〃	29.8	46.5	50	〃	〃
D_3	〃	29.5	46.5	48	〃	〃
平均		**29.6**	**46.7**	**48**	**5**	
E_1	19	25.9	40.2	35	4	母材部切斷
E_2	〃	26.2	40.8	30	〃	〃
E_3	〃	26.2	41.4	35	〃	〃
平均		**26.1**	**40.8**	**33**	**4**	
F_1	16	31.0	44.4	30	3	母材部切斷
F_2	〃	30.1	45.1	28	〃	〃
F_3	〃	29.5	44.1	30	〃	〃
平均		**30.2**	**44.5**	**29.3**	**3**	

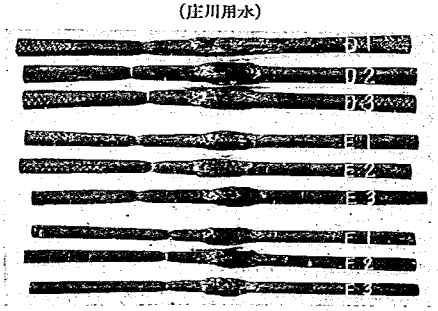
備考 電極棒徑 4 mm 長 450 mm.；熔接時間は開始より完了迄の全時間； 切斷が 全試片とも母材部に生じ，距點外なりし爲其伸率を求め得ず.

考へねばならぬ. この强度に熔接熱の影響が含まれたるか否かは，母材試片なきため推斷することが困難である.

切斷が全部母材部に發生したことは，この試片の優秀さを示すことゝなるが，接手施工に使用された電極棒の量，其作業時間とを顧るとき再檢討の必要を感ずる.

先づ其電極棒使用長を見るに，電極棒一本の有效使用長を 400 mm とし，22 mm φ 丸鋼に對し 200 cm，19 mm φ 丸鋼に對し 160 cm，16 mm φ 丸鋼に對し 120 cm を消費してをる. これを著者の實驗に於て 25 mm φ 丸鋼の V 形衝合熔接接手に使用せる電極棒の長さが 113～165 cm なることに比較するとき，其使用量は法外に多量なりと云はねばならぬ. 因に普通に 25，22，19，16 mm φ 丸鋼の衝合熔接の所要電極棒は 4 mm φ にて，150，110，70，50 cm である. かくの如き多量の電極棒は單に接手部平面に過分に盛上けられた餘盛にて消費さるゝ量としては多きにすぎ，むしろ熔接部附近一帶の熔着鋼盛上けに使用せられたものと考へる. 圖-36 に示される試片の形狀がこの事實を明瞭に示してをる.

圖-36 V 形衝合熔接試片切斷狀況
(庄川用水)



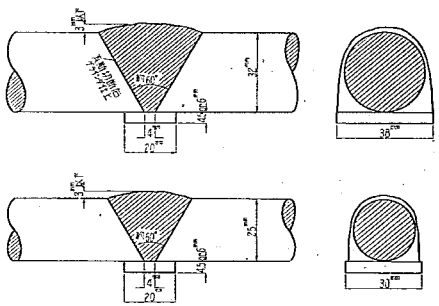
以上の如くなるが故に，この接手試驗片の强度はこれを普通の V 形衝合熔接試片の强度として取扱ふことは不適當であつて，斯くの如き多量の電極棒の使用は衝合熔接の當金熔接に對する利點の一つなる材料の節約を全く無視したも

のと云はねばならぬ.

尙これ等の試片の母材部切斷個所は全體を通じて 熔接部中心より 4D～5D の距離に起つてをることは，既述の筆者の實驗に於ける事實と同樣である.

［9］ 底鈑附Ｖ形衝合熔接接手　丸鋼の衝合熔接作業が熔接部の形狀變化の著しさから他の平鋼等の衝合熔接に比して，極めて至難であることは前項の諸實驗に於て說いた如くである. 殊に V 形熔接に於ては接手の强度上，最も重要なるべき最低部に施工せらるゝ第1層のビードは極めて短く，信賴性の乏しき處部のみがこれを占むる狀態であつて，底部熔込の完全，熔滓混入の防止を期待することは困難だと云はねばならぬ. この不便を避けるために考案されたものが 圖-37 の底鈑附 V 形衝合熔接接手である. 底鈑は應力傳達を目的とするものに非ざるが故に，其厚は 3～5 mm にて充分なるべく，幅は丸鋼直徑より稍〻大なるもの，其長は 20～30 mm を以て足りる. これによつて底部第 1 層のビードは極めて容易に融着することが出來，これが處は丸鋼斷面外に置くことが可能である.

圖-37　底鈑附 V 形衝合熔接接手

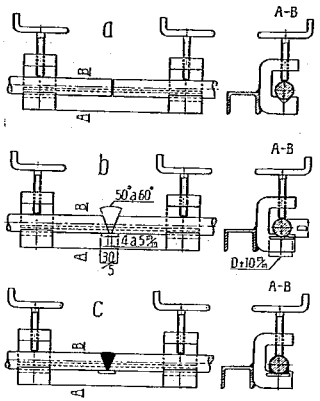


この底鈑附Ｖ形衝合熔接施工は白耳義アーコス會社の提案になるもので，同社製電極棒を用ひて切斷の熔接部外に發生すること，創成せる熔接部を丸鋼直徑の 5 倍の軸の廻りに曲げて龜裂の生ぜざることゝを確保することか出來たと報ぜられてをる. この工法によつて鐵筋接手の施工された最初のものは 白耳義 Termonde の公道橋で，支間 60 m の鐵筋コンクリート Bowsting 形橋である. 徑 46 mm の鐵筋接手 484 ケ所，36mm のもの 24 ケ所，30 mm のもの 84 ケ所の接合に成功してをる. 本橋に於る成功は更に Bruxelles 市 Charteroi 運河に架設された 3 鐵筋コンクリート橋，同市博覽會會場の鐵筋コンクリート建築の建設等に其應用を見，充分なる効果を收めた.

アーコス社に於ては，この接手施工のために 圖-38 に示す裝置を提案してをる. 先づ兩鐵筋をクラムプにて方向を正して締付け，次に瓦斯切斷又は電弧切斷にて開先を取り，次いで底鈑の仮付けを行ひ本熔接に着手するものである.

著者は上述の底鈑附 V 形衝合熔接接手の効果を確めんがために 25 mm 及 32 mm 鐵筋についてこれが試驗を行つた. 下揭は其試驗結果である.

圖-38　底鈑附 V 形衝合熔接作業用裝置（アーコス社提案）



金剛砂砥石にて研磨し，切斷に際して生じたる表面の凹凸と熔滓とを取除いた．

試片の作製に從事した熔接工は A 機械工場の S. S 氏及 Y 製作所の K 氏であつて，直徑 25 mm 及 32 mm 丸鋼，各 10 本の試片中，兩者に其半數づゝを製作せしめた．兩者の作業狀況 表-13 の如くである．

(A) 試片の製作　　試片の製作に使用した鋼材は市販の鐵筋コンクリート用棒鋼であつて，表-13 にこれが强度試驗成績を掲げた．

電極棒には S 社製 E 印，徑 4 mm，長 350 mm のものを使用した．この電極棒の特性に關しては 表-5 に掲げた如くである．

底鈑には 4.5～6 mm の屑鐵板より適當の大さのものを選びこれを所定の寸法に切斷使用した．

丸鋼開先は約 60° に瓦斯切斷せる后，面を

圖-39　底鈑附 V 形衝合熔接接手試片ビードの盛り方

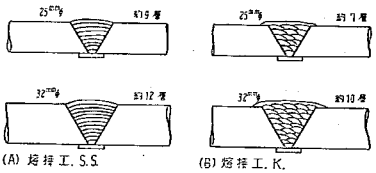
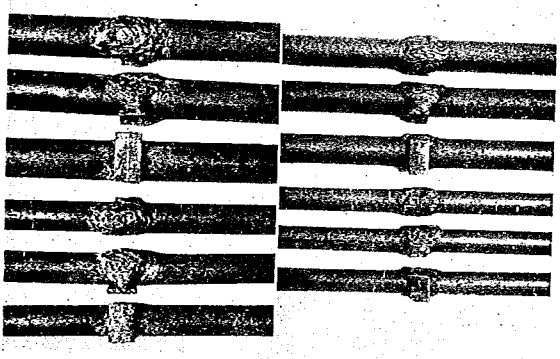


圖-40　同上試片の仕上狀況
(A) 熔接工 S. S　　(B) 熔接工 K



兩熔接工の作業に於ける大なる相違は，一方が交流熔接機を，他が直流熔接機を使用したことゝ，ビードの置き方が熔接工 S. S は丸鋼長手の方向に，熔接工 K はこれと直角の方向に行はれた事である．圖-39 は兩熔接工の作業順を示したもの

表-13　底鈑附 V 形衝合熔接接手試片製作成績

丸鋼直徑 (mm)	試片番號 (mm)	熔接工	熔接機 種類	熔接機 電弧電壓	熔接機 電弧電流	電極棒消費量 (長mm)	作業時間 (m)	摘要
25	1	S. S	交流	--	75A	1400	9.45	S 社製交流熔接機 300 A 使用
〃	2	〃	〃	--	〃	1350	7.50	〃
〃	3	〃	〃	—	〃	1400	8.00	〃
〃	4	〃	〃	—	〃	1400	8.80	〃
〃	5	〃	〃	--	〃	1400	9.00	〃
	平均					**1390**	**8.55***	
25	6	K	直流	25V	90A	1300	37.00	S 社製直流熔接機 7.5 K. W 使用
〃	7	〃	〃	〃	〃	1350	39.00	〃
〃	8	〃	〃	〃	〃	1350	34.00	〃
〃	9	〃	〃	〃	〃	1350	36.00	〃
〃	10	〃	〃	〃	〃	1320	34.00	〃
	平均					**1334**	**36.00**	
32	1	S. S	交流	—	75A	2100	12.68	S 社製交流熔接機 300 A 使用
〃	2	〃	〃	—	〃	2200	17.80	〃
〃	3	〃	〃	—	〃	2000	13.00	〃
〃	4	〃	〃	—	〃	1950	15.83	〃
〃	5	〃	〃	—	〃	2000	17.17	〃
	平均					**2050**	**15.30***	
32	6	K	直流	25V	90A	2000	48.00	S 社製直流熔接機 7.5 K. W 使用
〃	7	〃	〃	〃	〃	1950	47.00	〃
〃	8	〃	〃	〃	〃	2000	52.00	〃
〃	9	〃	〃	〃	〃	1850	55.00	〃
〃	10	〃	〃	〃	〃	2050	47.00	〃
〃	平均					**1970**	**49.80**	

備考　* 熔接工 S. S の作業時間には上表の値のほかに，丸鋼及び底鈑の据付けのために平均一本 5～6 min の時間を要したり．

で層數は 7～12 層であり，圖-40 は其仕上狀況を示すものである．

兩熔接工の使用した電極棒消費長はほゞ同樣で，25 mm φ 丸鋼に對して約 135.0 cm (17000 mm³)，32 mm φ 丸鋼に對して約 200.0 cm (25160 mm³) である．今これを餘盛を考慮せざるときの熔接部體積 9050 mm³ 及 18100 mm³ に比較するとき，25 mm φ 鐵筋にて 1.9 倍，32 mm φ 鐵筋にて 1.4 倍に相當する．

熔接工 S. S の作業時間と熔接工 K の夫れとを比較するとき，後者は前者の約 2.4 倍を費してをる．これを 表-6 に掲げた V 形衝合熔接の場合に比するとき，熔接工 S. S の所要時間が餘りに短く，熔接工 K の所要時間に長きに失するの觀がある．

(B)　强度試驗成績　引張試驗は 100 噸 Olsen 多能試驗機を用ひ，引張速度は 1.2 cm/m と一定した．試驗成績 表-14 の如くである．

表-14 底鈑附 V 形衝合熔接接手引張試驗成績

試片番號	丸鋼直徑 (mm)	斷面積 (mm²)	降伏點强度 荷重 (kg)	降伏點强度 强度 kg/mm²	極限强度 荷重 (kg)	極限强度 强度 kg/mm²	伸率 標距 (mm)	伸率 伸 (mm)	伸率 伸率 (%)	摘要
母材	24.4	467.5	14 800	31.7	21 500	46.0	200	61	30.5	中央部切斷
	25.0	490.8	14 700	29.9	21 450	43.7	〃	61	30.5	〃
	24.7	478.4	15 700	32.8	23 200	48.5	〃	56.5	28.2	〃
平均				31.5		46.0			29.8	
1	25.0*	490.8*	—	—	18 700	38.1	200	15	7.5	熔接部切斷
2	〃	〃	—	—	20 300	41.4	〃	16	8.0	〃
3	〃	〃	—	—	15 350	31.3	〃	2	1.0	〃
4	〃	〃	—	—	17 850	36.4	〃	14	7.0	〃
5	〃	〃	—	—	17 800	36.3	〃	5	2.5	〃
平均						36.7			5.2	
6	25.0*	490.8	15 000	30.5	21 500	43.8	200	34	17.0	母材部切斷, 熔接部異狀ナシ
7	〃	〃	15 000	30.5	21 600	44.0	〃	36	18.0	〃 〃
8	〃	〃	14 800	30.2	21 700	44.2	〃	47	23.5	〃 〃
9	〃	〃	15 600	31.8	23 100	47.0	〃	44	22.0	〃 〃
10	〃	〃	13 250	27.0	19 200	39.1	〃	38	19.0	〃 〃
平均				30.0		44.4			19.9	
母材	31.4	773.0	21 600	27.9	33 650	43.5	256	73	28.5	標點外切斷
	31.3	768.5	22 000	28.6	32 450	42.2	〃	76	29.7	中央部切斷
	31.1	760.0	21 300	28.5	32 900	43.2	〃	72	28.7	標點外切斷
平均				28.3		42.6			29.0	
1	32.0*	804.2*	—	—	28 950	36.0	256	22	8.6	熔接部切斷
2	〃	〃	—	—	29 800	37.0	〃	22	8.6	〃
3	〃	〃	—	—	30 900	38.4	〃	23	8.9	〃
4	〃	〃	—	—	30 150	37.5	〃	20	7.8	〃
5	〃	〃	—	—	30 500	37.9	〃	34	13.3	〃
平均						31.3			9.4	
6	32.0*	804.2*	22 100	27.5	33 800	42.0	256	58	22.6	母材部切斷, 熔接部異狀ナシ
7	〃	〃	21 400	26.6	33 480	41.6	〃	69	26.9	〃 〃
8	〃	〃	21 800	27.1	32 250	40.1	〃	58	22.6	〃 〃
9	〃	〃	21 450	26.7	32 180	40.0	〃	55.5	21.7	〃 〃
10	〃	〃	22 000	27.3	33 300	41.4	〃	72	28.1	〃 〃
平均				27.0		41.2			24.4	

備考 * 印, 公稱直徑及これに對する斷面積にして實測値にあらず.

試驗成績を見るに熔接工 S. S によるものは徑 25 mm 及 32 mm の兩種とも全試片が熔接部にて切斷し，其平均强度は母材强度の夫々 80 % 及 87 % に達するに過ぎず，伸率も 10 % に達するものが殆んどない．これに反して，熔接工 K による試片は全試片が母材部にて切斷し，熔接部には何等の異狀も認められない(圖-41 參照)．其强度が母材試片の夫れに比して幾分低き感あるも，單位强度の算出に丸鋼の實測直徑を用ひず公稱直徑を用ひたことによるものである．丸鋼の實直徑は測定漏れであるが母材試驗片に於ける測定値を見るとき，實測直徑と公稱直徑との差が 2 % 以上に達するものが少くない．

圖-41　底鈑附 V 形街合熔接接手試片切斷狀況
(A) 熔接工 S. S　　(B) 熔接工 K

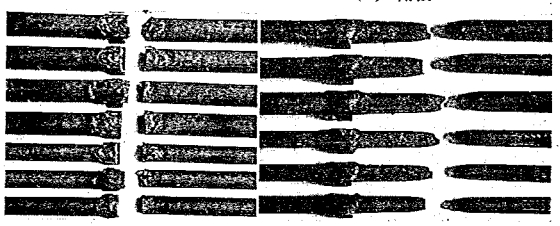


圖-41 は兩種試片の切斷狀況を示したもので，兩者の著しい相違を知ることが出來る．圖-42 は熔接工 S. S による試片の切斷面を示したもので，底部に於ける融合の全く不完全なことが目立つ．底鈑を附したことがこの部分の施工を容易ならしめんとする事にあつたとすると，其効果が全然現はれてをらないわけである．この原因は，ビードの置き方が丸鋼の長さの方向に行はれてをつた事によるかとも考へられるが詳かでない．

圖-42　同上熔接工 S. S による試片の切斷面

母材部切斷の諸試片の伸率は 20～24 % 程度であつて，これを母材の 30 % に比すれば其 70 %～80 % にすぎないが，比較的延性に乏しい熔接部をもち，且つこの部分の斷面が母材部より大なる試片に於ては止むを得ざる結果と考へる．伸率の大さは表-10 に掲げたる試片中，母材部切斷のもの〻値と略〻同一である．

同一電極棒と母材とを使用せるに拘らず，兩熔接工の製作せる試片の成績に前記の如き

顯著なる差の生じたる原因に，熔接機の差，ビードの置き方の差等が幾分關係するところあらんも，要は熔接工の技倆と作業にあたつての誠實さとが主なる要素であると信ずる．熔接試片の作業時間に平均 2.4 倍の相違のありたるが如きは兩者の間に作業に對する心備へに異るところありしに非ざるかを疑はしむるものであつて，熔接の成績が人的要素によりあまりにも著しく左右さるゝことを痛感するものである．

熔接工 K は 表-10 に揭げたる諸試片の製作に從事したる熔接工と同一人であり，同表中 EVM 竝 EVO 種は其使用電極棒が S 社の E 印であり，開先角 70° の V 形衝合熔接接手である點から見ると，本實驗に於ける試片との差は先づ底鈑の有無だけである．然るに其試驗成績は 6 試片中僅かに 2 本が母材部切斷を起したのみであるに對し，本實驗にては全試片の母材部切斷を見てゐる．この點に鑑みると底鈑の効果は頗る顯著なりと云はねばならぬ．

(C) 熔接費　　筆者の想像するところでは，本工法は將來優良電極棒の一般化と，町工場熔接工の技倆の向上の曉には丸鋼の接合法として最も重要視さるゝものゝ一つである．この意味に於て本實驗の試片製作に要したる熔接費を揭ぐることは極めて有意義なりと信ずる．

表-19　底鈑附 V 形衝合接手熔接費

	25 mm 丸鋼	32 mm 丸鋼
	圓	圓
電極棒費	0.16	0.29
電力費	0.058	0.115
底鈑費	0.0045	0.0055
作業費	0.34	0.50
計	0.5625	0.9105

表-19 の諸項目中，電極棒に對しては 1 kg の單價を 1.0 圓とし，電力費としては 1 K.W.H を 0.05 圓とし，底鈑用鋼材 1 瓲當 290 圓とし，作業費は熔接工 K の作業成績より 25 mm 丸鋼は 1 日 12 本仕上げ，32 mm 丸鋼は 1 日 8 本仕上げとし，熔接工賃金 1 日 4 圓と假定したものである．

(D) 要約　　この實驗の結果を要約すれば

1. 底鈑を附けることによる V 形衝合熔接接手の接手効率の增加は顯著であり，熔接工と電極棒との選擇にあやまりなくば効率 100 % を確保することは難くない．
2. 作業が片側よりなし得る點に現場の接手工法としての優秀さがある．
3. 熔接開始前の準備が兩面當金接手等に比すれば遙かに簡單であり，其熔接費も低廉である．
4. 底鈑により底部融合の完全を期することが容易であり，熔着鋼の盛上げが普通の V 形衝合熔接に比して遙かに樂である．
5. 接手部分に於ける太りは主として底鈑によるものであつて著しいものではない．こ

れを兩面當金接手等に比較するとき極めて僅かなものである．

6. 丸鋼の現場接手工法として最も將來性を有するもので，高級電極棒と優秀職工との普遍せる後に於ては本工法が最も信賴性のある經濟的な工法であると信ずる．

(E) 富山縣營庄川用水合口事業水壓管工事　同工事に於ける鐵筋接手の比較工法として送附ぜられた試片中に，底鈑附 V 形衝合熔接接手と見做さるべきものがある．試片は直徑 22, 19, 16 mm の 3 種の丸鋼について製作されてをり，大體 圖-43 の寸法を有してをる．底鈑の長さが 60 mm であつて熔着鋼盛上の便利のために添加する目的から云へばあまりに長大であると云はぬばならぬ．且つ 圖-44 に明かなるごとく，この底鈑を當金として取扱ひ，其緣部に隅肉熔接を施工してをる．この點から云ふとこの試驗片は片側當金接手と V 形衝合接手とを混用したものと見做す方が妥當かも知れない．

圖-43　底鈑付 V 形衝合熔接接手（庄川用水）

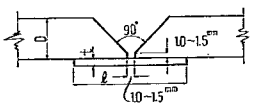
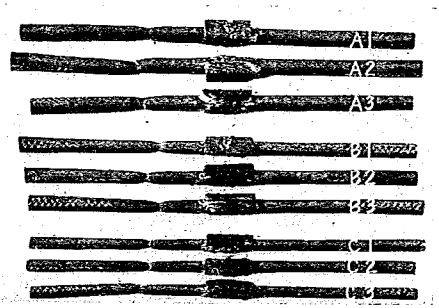


圖-44　同上切斷狀況



使用電極棒は帝國酸素株式會社の No. 22 でこれが性質については [8] β, (B) に記した如くで，試片の製作狀況竝に引張試驗成績，表-16 の如くである．

表-16　底鈑附 V 形衝合熔接接手引張試驗成績（庄川用水）

試片番號	丸鋼直徑 (mm)	底鈑寸法 (mm) t×b×l	降伏點强度 (kg/mm²)	極限强度 (kg/mm²)	作業時間 (m)	電極棒使用量 (本)	摘要
A_1	22	5×25×60	26.6	46.6	30	3	母材部切斷
A_2	〃	〃	32.3	46.6	22	〃	〃
A_3	〃	〃	31.0	46.4	28	〃	〃
平均			29.9	46.5	26.7	3	
B_1	19	5×22×60	26.2	40.5	35	3	母材部切斷
B_2	〃	〃	24.8	41.0	40	〃	〃
B_3	〃	〃	26.2	40.7	36	〃	〃
平均			25.7	40.7	37	3	
C_1	16	3×19×60	27.6	44.9	25	3	母材部切斷
C_2	〃	〃	28.6	45.1	22	〃	〃
C_3	〃	〃	30.1	44.9	25	〃	〃
平均			28.8	50.0	24	3	

備考　電極棒徑 4 mm, 長 450 mm；熔接時間は作業の開始より終るまで；切斷が標點外又は標點際に生じたるため伸率を求め得ず．

切斷は全試片とも母材部に發生してをり，接手効率の 100% が得られてをるが，これに使用された電極棒の量の多きこと，從つて接手部に盛り上げられた熔着鋼の多量なることは 圖-44 を見ても知ることが出來，これと 圖-39 に示した熔接工 K の製作した試片とを比較するとき，兩者等しく 100% の接手効率を擧げては居るが，其手際と材料消費高に著しい懸隔のあることが窺れる．從つて，表-16 の成績は底鈑附 V 形衝合熔接接手强度に對する 1 參考資料たるの域を脫し難い．

本邦鋼道路橋衝撃係數に關する一考察

內務技師　小　澤　久　太　郎

目　　次

I．緒　　言……（1）
II．橋梁上を自動車が疾走する場合の振動の基本式……（1）
III．道路橋衝撃係數の式……（2）
IV．自動車振動數竝に重量の衝撃係數に及ぼす影響……（3）
V．橋梁死荷重の衝撃係數に及ぼす影響……（6）
VI．橋梁の曲げ剛さ竝に支間が衝撃係數に及ぼす影響……（7）
VII．本邦鋼道路橋衝撃係數……（10）

I. 緒　　言

道路橋の衝撃係數を決定する事は困難な問題であつて各國共，理論竝に實驗に種々研究はしてゐるが確固たる根據を得る迄には至つてゐない．

本論に於ては橋面を平滑とし，單自動車荷重が疾走する場合に就て道路橋衝撃係數式を計算したが，衝撃係數式決定に先だち自動車の振動數，自動車の重量，橋梁の死荷重，橋梁の曲げ剛さ，橋梁の支間が衝撃係數に如何に影響するかを研究した．

II. 橋梁上を自動車が疾走する場合の振動基本式

本問題に就いては，著者が先に土木學會誌上に〃スプリングを有する走行車輛に因る橋桁の強制振動〃なる表題にて述べて置いたが（第 19 卷第 6 號所載），今其の大要を記さば次の如し．即ち計算を簡單にするために

i)　自動車の質量は橋梁中央に定置

ii)　自動車の重量は一定の速度を以て橋梁上を移行する事

なる假定に基き，且つ

l：支間　　EI：橋梁の曲げ剛さ（一定と假定）　　q：橋梁單位長の死荷重

W：自動車の彈重量　　k：自動車の彈系數　　Ω：自動車の總重量

v：自動車の速度

なる符合を用ひ，且つ

$y\left(=\varphi \sin\frac{\pi x}{l}\right)$＝橋梁の振動曲線

φ＝橋梁中央部に定置と考へられたる自動車の上下振幅

とすれば Lagrange の運動の方程式

$$\left.\begin{aligned}\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}}\right)-\frac{\partial T}{\partial \varphi}+\frac{\partial V}{\partial \varphi}&=\Theta_\varphi\\ \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}}\right)-\frac{\partial T}{\partial \psi}+\frac{\partial V}{\partial \psi}&=\Theta_\psi\end{aligned}\right\}$$

但し,

T=橋梁, 自動車を總括して一つの振動系と考へたる場合此の振動系の有する運動の勢力

V=同上振動系の有する位置の勢力

Θ_φ, Θ_ψ=座標系 φ, ψ に對する一般力

より

$$\left.\begin{aligned}&\ddot{\varphi}+(b+c)\varphi-c\psi=\omega\ \sin mt\\ &\ddot{\psi}+a\psi-a\varphi=0\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(1)$$

但し

$$a=\frac{kg}{W},\qquad b=\frac{EI\pi^4 g}{ql^4},\qquad c=\frac{2kg}{ql},\qquad \omega=\frac{2g}{ql}\Omega,\qquad m=\frac{\pi v}{l},$$

なる微分方程式を得る. 第 (1) 式を解きて φ, ψ を求むれば

$$\left.\begin{aligned}\varphi&=\frac{\omega}{b}\cdot\frac{b(a-m^2)}{[(a-m^2)(b+c-m^2)-ac]}\left[\frac{m(a-p_1^2)(p_2^2-m^2)}{p_1(a-m^2)(p_1^2-p_2^2)}\sin p_1t\right.\\ &\qquad\left.+\frac{m(a-p_2^2)(p_1^2-m^2)}{p_2(a-m^2)(p_1^2-p_2^2)}\sin p_2t+\sin mt\right]\\ \psi&=\frac{a\omega}{[(a-m^2)(b+c-m^2)-ac]}\left[\frac{m(p_2^2-m^2)}{p_1(p_1^2-p_2^2)}\sin p_1t+\frac{m(p_1^2-m^2)}{p_2(p_1^2-p_2^2)}\sin p_2t+\sin mt\right]\end{aligned}\right\}\cdots(2)$$

但し,

$$p_1,\ p_2=\sqrt{\frac{(a+b+c)\pm\sqrt{(a+b+c)^2-4ab}}{2}}\quad\cdots\cdots(3)$$

なる値を得. 第 (2) 式に由つて橋梁竝に自動車の振動狀態を知る事が出來る.

III. 道路橋衝撃係數の式

第 (2) 式より橋梁中央に於ける最大撓は

$$y_{max}=\frac{\omega}{b}\cdot\left|\frac{b(a-m^2)}{(a-m^2)(b+c-m^2)-ac}\right|\left[\left|\frac{m(a-p_1^2)(p_2^2-m^2)}{p_1(a-m^2)(p_1^2-p_2^2)}\right|\right.$$
$$\left.+\left|\frac{m(a-p_2^2)(p_1^2-m^2)}{p_2(a-m^2)(p_1^2-p_2^2)}\right|+1\right]\quad\cdots\cdots(4)$$

にて表はされる. (4) 式中

$$\frac{\omega}{b}=\frac{2\Omega l^3}{EI\pi^4}=\frac{\Omega l^3}{48EI}=\text{靜的撓}=y_{st} \quad \cdots\cdots (5)$$

なるを以て衝撃係數は

$$\alpha=\frac{y_{max}-y_{st}}{y_{st}}=\frac{b(a-m^2)}{(a-m^2)(b+c-m^2)-ac}\left\{\left|\frac{m(a-p_1^2)(p_2^2-m^2)}{p_1(a-m^2)(p_1^2-p_2^2)}\right|+\left|\frac{m(a-p_2^2)(p_1^2-m^2)}{p_2(a-m^2)(p_1^2-p_2^2)}\right|+1\right\}-1 \quad \cdots\cdots (6)$$

にて計算する事が出來る.

特別の場合として

(a) 自動車振動數を零とすれば,　$a=0$　從つて,　$k=0$,　$\therefore$　$c=0$

故に (3) 式竝に (6) 式中に $a=0$, $c=0$ と代入すれば衝撃係數は

$$\alpha=\frac{\dfrac{m}{\sqrt{b}}}{1-\dfrac{m}{\sqrt{b}}} \quad \cdots\cdots (7')$$

となる.

(b) 自動車振動數を一定に保ち自動車重量を零とすれば $c=0$ となる. 故に (3) 式竝に (6) 式中に $c=0$ と代入すれば衝撃係數は

$$\alpha=\frac{\dfrac{m}{\sqrt{b}}}{1-\dfrac{m}{\sqrt{b}}} \quad \cdots\cdots (7)$$

となるので, (7) 式竝に (7′)式は自動車質量の影響を考へない場合の衝撃係數である[1)]

IV. 自動車振動數竝に重量の衝撃係數に及ぼす影響

本節に於ては橋梁に對する走行自動車の衝撃係數は自動車の振動數竝に重量に由つて如何に變化するかと云ふ事を計算例に由つて研究せんとするのである.

(1) 橋梁 (有効幅員 1 m を考へる)

支間 $l=40$ m,　橋梁曲げ剛さ $EI=238{,}000{,}000$ kgm^2 (撓 $\frac{l}{600}$ に相當),

橋梁長 1m 當り死荷重 $q=717.9\ kg/m^2$

とすれば橋梁の自己振動數は

$$n_b=\frac{\pi^2}{2l^2}\sqrt{\frac{EI}{\frac{q}{g}}}=1.77/sec$$

(2) 自動車

重量:　i) $W\fallingdotseq\Omega=2.5$t,　ii) $W\fallingdotseq\Omega=5$t,　iii) $W\fallingdotseq\Omega=10$t,　iv) $W\fallingdotseq\Omega=15$t

1) Fr. Bleich; Theorie u. Berechnung der eisernen Brücken, 55頁參照

振動數： i) $n_a=0.885$ (橋梁振動數の 0.5 倍), ii) $n_a=1.77$ (橋梁振動數の 1 倍), iii) $n_a=3.54$ (橋梁振動數の 2 倍), iv) $n_a=7.08$ (橋梁振動數の4倍)

速度 $v=20$ m/sec

とすれば $b=\frac{EJg}{q}\cdot\frac{\pi^4}{l^4}=123.66$, $\frac{\text{自動車振動數}}{\text{橋梁振動數}}=\sqrt{\frac{a}{b}}$ $\therefore$ $a=\left(\frac{\text{自動車振動數}}{\text{橋梁振動數}}\right)^2\times b$

故に

i) $n_a=0.885$ の場合には $a=30.915$, ii) $n_a=1.77$ の場合には $a=123.66$,

iii) $n_a=3.54$ の場合には $a=494.64$, iv) $n_a=7.08$ の場合には $a=1978.6$

又 $c=\frac{2kg}{ql}=2a\times\frac{IV}{ql}=2a\times\frac{1}{\varkappa}$ ……(8)

但し $\varkappa=\frac{\text{橋梁の重量}}{\text{自動車の重量}}$

今 1 車線幅を 3 m とし 1 車線に 1 臺の自動車が疾走するとすれば $\varkappa$ の値は表-1 の如くなる.

表-1 表-2

W (t)	$\varkappa$
2.5	34.46
5.0	17.23
10.0	8.62
15.0	5.74

W (t)	c			
	$n_a=0.885$	$n_a=1.77$	$n_a=3.54$	$n_a=7.08$
2.5	1.79	7.18	28.71	115.12
5	3.59	14.35	57.42	229.66
10	7.18	28.70	114.82	459.28
15	10.77	43.07	172.29	689.15

斯くして a, b, c が決定されたから之に由つて p_1 を計算すれば表-3 の如くなり p_1 に相當する振動數を計算すれば表-4 の如くなる.

表-3 表-4

W(t)	p_1			
	$n_a=0.885$	$n_a=1.77$	$n_a=3.54$	$n_a=7.08$
2.5	11.23	12.54	23.67	45.84
5	11.33	13.17	23.83	47.14
10	11.53	14.12	25.24	49.62
15	11.73	14.88	26.53	51.97

W(t)	p_1 に相當する振動數/秒			
	$n_a=0.885$	$n_a=1.770$	$n_a=3.54$	$n_a=7.08$
2.5	1.79	2.00	3.67	7.30
5.0	1.80	2.10	3.79	7.50
10.0	1.84	2.25	4.02	7.90
15.0	1.87	2.37	4.22	8.27

又 p_2 を計算すれば表-5 の如くなり p_2 に相當する振動數を計算すれば表-6 の如くなる.

表－5

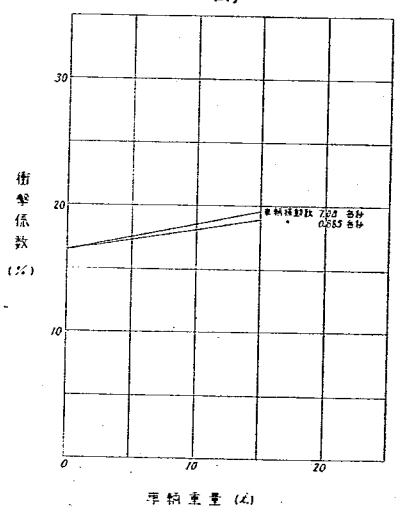
W(t)	p_2			
	n_a=0.885	n_a=1.770	n_a= 3.54	n_a= 7.08
2.5	5.51	9.86	10.72	10.79
5	5.46	9.39	10.38	10.49
10	5.36	8.76	9.80	9.97
15	5.27	8.31	9.32	9.52

表－6

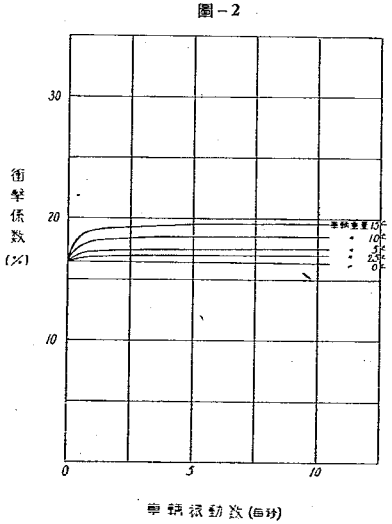
W(t)	p_2 に相當する振動數/秒			
	n_a=0.885	n_a=1.770	n_a= 3.54	n_a= 7.08
2.5	0.88	1.57	1.71	1.72
5	0.87	1.49	1.65	1.67
10	0.85	1.39	1.56	1.59
15	0.84	1.32	1.48	1.52

今此等の値を第 (6) 式に代入して衝撃係数を求むれば表-7の如くなり，之を圖に表はせば圖-1，圖-2 の如くなる．圖-1 より見る時は，自動車の重量が增加するに從ひ衝撃係數は直線的に增加する事が判る．又圖-2 より見る時は車輛振動數が零に近き場合は別とし，

圖－1



圖－2



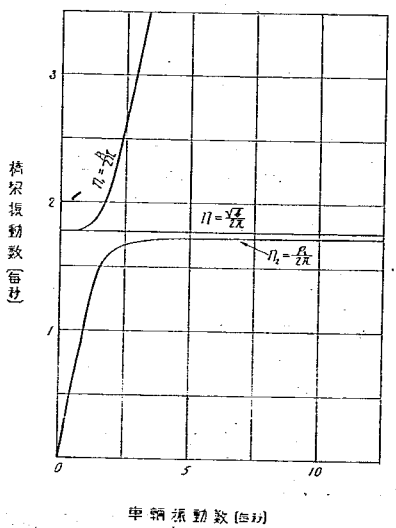
車輛振動數に由つて衝撃係數は殆んど變化しない事が判る．

又第(2)式より橋梁の振動は二つの振動數 $\left(n_1=\frac{p_1}{2\pi},\quad n_2=\frac{p_2}{2\pi}\right)$ を有する振動の和で表はす事が出來る．今自動車の振動數を變化させた場合，上記の二つの振動數竝に其の屬する振幅が如何に變化するかを自動車の重量 2.5 t の場合に就いて計算すれば振動數 $n_1=\frac{p_1}{2\pi}$，$n_2=\frac{p_2}{2\pi}$ は，圖-3 の如くなり，振幅は圖-4 の如くなる．圖-3 より見る時は自動車の振動數が橋梁自己振動數より小なる場合には，n_1 が橋梁自己振動週期 $n_b=\frac{\sqrt{b}}{2\pi}$ に接

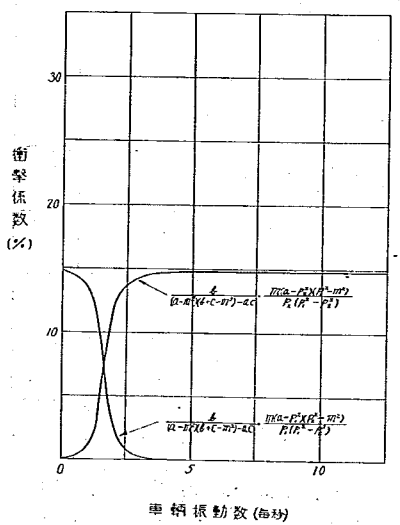
近し自動車の振動數が橋梁自己振動數より大なる場合には n_2 が n_b に近づく事を知る．

又圖-4 より見る時は自動車の振動數が橋梁自己振動數より小なる場合には $\left\{\frac{b}{(a-m^2)(b+c-m^2)-ac}\cdot\frac{m(a-p_1^2)(p_2^2-m^2)}{p_1(p_1^2-p_2^2)}\right\}$ の値が大となり，自動車の振動數が橋梁自己振動數より大なる場合には $\left\{\frac{b}{(a-m^2)(b+c-m^2)-ac}\cdot\frac{m(a-p_2^2)(p_1^2-m^2)}{p_2(p_1^2-p_2^2)}\right\}$ の値が大となる．故に自動車の振動數を變化させて行く際，橋梁の 2 つの振動數 n_1, n_2 の內，其の一は常に橋梁自己振動數 n_b に甚だ近き値を有し，且つ其の振動數に屬する振幅が常に大なる値を有する事が判る．故に結果として橋梁は常に橋梁自己振動數に近き振動數を以て振動する事となる．自動車自己振動數が橋梁自己振動數に近き場合には，兩振動數 n_1, n_2 の値も接近し，且つ夫々に屬する振幅が殆んど等しくなるを以て，所謂唸りの現象を明らかに呈するのである．

圖－3



圖－4



V. 橋梁死荷重の衝撃係數に及ぼす影響

本節に於ては，橋梁死荷重の變化が衝撃係數に及ぼす影響を實際例に由つて示さんとするもので，橋梁の曲げ剛さ，橋梁上を通過する自動車は一定と假定した．

（1） 橋梁 (幅員 1 m と考へる)·

支間 $l=40$ m,　曲げ剛さ $EI=238{,}000{,}000$ kgm^2. (撓 $\frac{l}{600}$ に相當する)

橋梁長 1 m 當り死荷重　i) $q=354.0$ kg/m (普通の場合の $\frac{1}{2}$ 倍)

ii) $q=717.9$ kg/m (普通の場合)

iii) $q=1435.8$ kg/m (普通の場合の 2 倍)

2） 自動車

重量　$W=10$ t (橋梁幅員 1 m 當り $\frac{10}{3}$t),　振動數　$n_a=0.88$

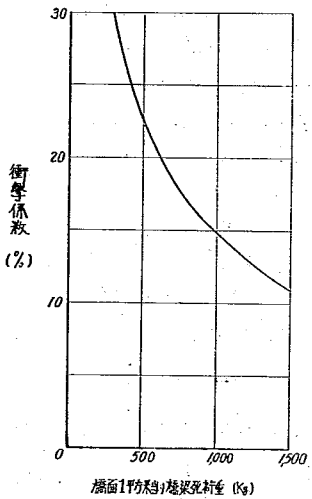
之より a, b, c 竝に p_1, p_2 を計算し第 (6) 式に由つて衝撃係數を計算すれば 表-7 の如くなる.

表-7

橋梁長 1 m 當り橋梁死荷重 q(kg)	a	b	c	p_1	p_2	衝撃係數 (%)
354	30.92	61.82	14.35	9.19	4.76	26.95
717.9	30.92	123.66	7.18	11.53	5.36	18.12
1435.8	30.92	247.32	3.59	15.86	5.51	11.15

此の結果を圖に表はせば 圖-5 の如くなり衝撃係數は橋梁の死荷重の減小に由つて甚しく增加する事が判る.

圖-5



VI. 橋梁の曲げ剛さ竝に支間が衝撃係數に及ぼす影響

自動車荷重に由る衝撃係數は，曲げ剛さ竝に支間に由つて甚しく影響を受ける．本節に於ては其の量的關係を實際例に由つて計算せんとするものであるが，夫に先立ちて本邦鋼道路橋の死荷重竝に曲げ剛さを知る必要がある．

（1） 本邦鋼道路橋死荷重·

鋼道路橋の死荷重は　a) 鋼材　b) 床版　c) 鋪裝　d) 高欄其他添加物の重量より成る.

a)　鋼材　　鋼道路橋單構橋橋面 1 m^2 當り總鋼重は本邦鋼道路橋の資料より統計的に　$q_1=4.89l+52.3$ kg/m^2　にて考へられる(2) (支間約 25 m 乃至 80 m 間に適用)

(2) 三浦七郎『道路鋼橋の鋼重』(土木學會誌第 20 卷第 10 號 1127 頁所載) 參考

b) 床版　鋼道路橋としては大體一定の厚を有し 15 cm と假定すれば大差なし. 然らば橋面 1 m² 當り床版の重量は $q_2=2400\times0.15=360$ kg/m² にて與へられる.

c) 鋪裝　橋面鋪裝は橋梁の等級に由つて相當の差異はあるが, 標準的重量として橋面 1 m² 當り $q_3=110$ kg/m² と採れば大過ない. (コンクリート 5cm 厚に相當)

d) 高欄其他添加物　省略

此より各支間に對する橋面 1 m² 當り死荷重を計算すれば表-8 の如くなる.

表-8

	鋼道路橋死荷重 kg/m²				
	l=20m	l=30m	l=40m	l=60m	l=80m
鋼重量	150.0	199.0	248.0	346.0	444.0
床版重量	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0
鋪裝重量	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0
計	620.0	669.0	718.0	816.0	914.0

(2) 鋼道路橋の曲げ剛さ (EI)　橋梁設計に當り普通, 撓を支間の何分の一以下と云ふ樣に規定する. 故に道路橋の曲げ剛さは撓を基礎として計算する事が出來る. 今

B=橋梁有效幅員

p=群衆荷重(單位面積當り)　δ=規定の撓

とすれば群衆荷重が滿載せる場合橋梁の曲げ剛さは

$$EI=\frac{5}{384}\frac{Bpl^4}{\delta}$$

にて與へられる. 普通撓は支間の分數で表はされるから　$\delta=\frac{l}{N}$ とすれば

$$EI=\frac{5}{384}NBql^3$$

となる. 今有效幅員を 1 m, 群衆荷重　$p=\frac{100,000}{170+l}\leqq500$ kg/m² (道路構造令細則二等橋竝三等橋車道荷重)として撓 $\frac{l}{400}$, $\frac{l}{600}$, $\frac{l}{800}$, $\frac{l}{1,000}$, $\frac{l}{1,200}$ に對する曲げ剛さを計算すれば 表-9 の如くなる.

表-9

支間 l(m)	橋梁幅員 1 m 當り曲げ剛さ EI (kgm²)				
	$\delta=\frac{l}{400}$	$\delta=\frac{l}{600}$	$\delta=\frac{l}{800}$	$\delta=\frac{l}{1000}$	$\delta=\frac{l}{1200}$
20	20,830,000	31,250,000	41,670,000	52,080,000	62,500,000
30	70,310,000	105,500,000	140,600,000	175,800,000	210,900,000
40	158,700,000	238,000,000	317,300,000	396,700,000	476,000,000
60	489,400,000	734,100,000	978,800,000	1,223,000,000	1,468,000,000
80	1,067,000,000	1,600,000,000	2,313,000,000	2,667,000,000	3,200,000,000

（3） 曲げ剛さ竝に支間が衝撃係數に及ぼす影響

扨弦に於て鋼道路橋に對する自動車荷重の衝撃係數を計算するには第 (6) 式を用ふれば良いが橋梁上を疾走する自動車荷重に就いては次の如く假定す. 卽ち

重量　$W=12$ t (橋梁幅員 1 m 當り 4 t)　　振動數　$n_a=\dfrac{\sqrt{a}}{2\pi}=2.5$/sec

速度　$v=20$ m/sec

然らば　$a=246.74$,　$k=100{,}710$ kg/m となる. 上記の資料より第 (2) 式に由り b, c, m, 第 (3) 式によつて p_1, p_2 の値を 計算すれば 表-10 (b, c, m), 表-11 (p_1), 表-12 (p_2) の如くなる.

表－10

支間 l(m)	a	b					c	m
		$\delta=\frac{l}{400}$	$\delta=\frac{l}{600}$	$\delta=\frac{l}{800}$	$\delta=\frac{l}{1000}$	$\delta=\frac{l}{1200}$		
20	246.74	200.497	300.794	401.091	501.291	601.588	159.23	3.1416
30	246.74	123.888	185.894	247.741	309.764	371.611	98.36	2.0944
40	246.74	82.4608	123.665	164.870	206.126	247.331	68.76	1.5708
60	246.74	44.2115	66.3173	88.4230	110.484	132.616	40.35	1.0472
80	246.74	27.2321	40.8354	54.4387	68.0675	81.6708	27.02	0.7854

表－11

支間 l(m)	p_1				
	$\delta=\frac{l}{400}$	$\delta=\frac{l}{600}$	$\delta=\frac{l}{800}$	$\delta=\frac{l}{1000}$	$\delta=\frac{l}{1200}$
20	22.57	24.05	25.62	27.21	28.78
30	19.77	20.55	21.45	22.42	23.45
40	18.37	18.78	19.25	19.80	20.40
60	17.15	17.28	17.43	17.59	17.78
80	16.64	16.69	16.74	16.80	16.87

表－12

支間 l(m)	p_2				
	$\delta=\frac{l}{400}$	$\delta=\frac{l}{600}$	$\delta=\frac{l}{300}$	$\delta=\frac{l}{1000}$	$\delta=\frac{l}{1200}$
20	9.86	11.33	12.28	12.93	13.39
30	8.84	10.42	11.53	12.33	12.91
40	7.77	9.30	10.47	11.39	12.11
60	6.09	7.40	8.48	9.39	10.17
80	4.93	6.02	6.92	7.71	8.41

之等の値を第 (6) 式に代入し衝撃係數を求むれば表 13 の如し

表－13

支間 l(m)	衝撃係數 (%)				
	$\delta=\frac{l}{400}$	$\delta=\frac{l}{600}$	$\delta=\frac{l}{800}$	$\delta=\frac{l}{1000}$	$\delta=\frac{l}{1200}$
20	37.9	29.4	24.3	21.0	18.7
30	28.2	21.7	18.2	15.9	14.3
40	24.5	18.8	15.8	13.9	12.6
60	20.4	16.0	13.6	11.9	10.8
80	18.8	14.8	12.6	11.1	10.0

表-13 を圖に表せば圖-6, 圖-7 の如くなる. 圖-6 より見る時は衝撃係數は支間の增大するに從つて急激に減小する事が判る, (但し支間の增大

するに從つて減小率は減ず.) 又圖-7 より見る時は衝撃係數は撓の大となるに從つて甚しく増大する事が判る.

圖-6

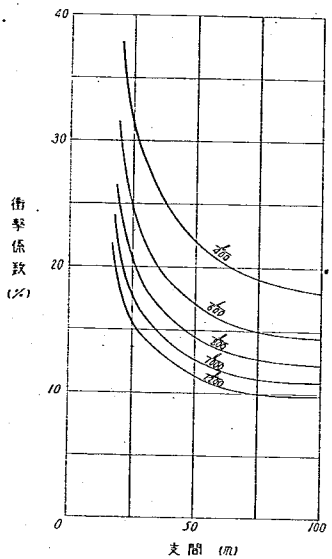
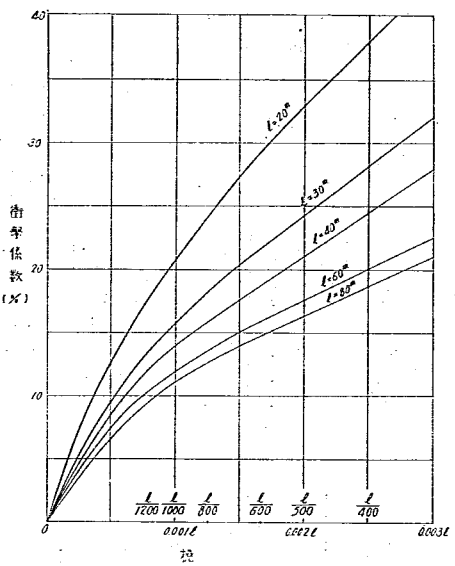


圖-7



VII. 本邦鋼道路橋衝撃係數

前章迄に衝撃係數に關する種々の性質を研究したが之を要約すれば

i) 衝撃係數は自動車の速度に由つて直線狀に增加する.

ii) 衝撃係數は自動車重量の增加するに從ひ直線狀に增加する.

iii) 衝撃係數は自動車の振動數に由つて殆んど變化しない.

iv) 衝撃係數は橋梁死荷重の減小するに從つて甚しく增加する.

v) 衝撃係數は橋梁の曲げ剛さの增加するに從ひ甚しく減小する.

vi) 衝撃係數は支間の增大するに從ひ甚しく減小する.

故に衝撃係數を決定するに就いても自動車の振動數は任意でよいが, 他の要素は何れも實情に測した値を採らなければならぬ. 今本邦鋼道路橋衝撃係數を決定するに先立ち諸外國の代表的式を擧ぐれば次の如し.

a) イタリー $\alpha=0.25$

b) ド イ ツ

支 間 (m)	衝撃係數	支 間 (m)	撃撃係數	支 間 (m)	衝撃係數	支 間 (m)	衝撃係數
0～5	0.40	50～60	0.31	110～120	0.22	170～180	0.13
5～10	0.39	60～70	0.30	120～130	0.21	180～190	0.12
10～20	0.37	70～80	0.28	130～140	0.19	190～200	0.10
20～30	0.36	80～90	0.27	140～150	0.18		
30～40	0.34	90～100	0.25	150～160	0.16		
40～50	0.33	100～110	0.24	160～170	0.15		

c) アメリカ　$\alpha=\dfrac{15.24}{\ell+38.10}$

d) イギリス　$\alpha=\dfrac{80}{90+1.64(n+1)\ell}\leqq 0.70$　　n＝車線數/1 主桁

e) フランス　$\alpha=\dfrac{0.4}{1+0.2\ell}+\dfrac{0.6}{1+4\frac{g}{p}}$　　g＝全死荷重　　p＝全活荷重

今之等の式を通覽するにイタリーの式は最も簡單ではあるが，小徑間と大徑間との衝撃係數を同一値に採る事は無意味であるのみならず，小徑間に於ては危險となり大徑間に於ては不經濟になる缺點がある．

ドイツの式は支間の增大するに從つて直線狀に減じてゐる．之はイタリーの式に比較しては一段の進歩ではあるが，直線狀に減じた理由の理解に苦しむ．

アメリカの式は支間によつて双曲線狀に減じてゐる．之は理論よりも豫想せられるのであつて適當なる式と認められる．

イギリスの式中には車線數が入つてゐるが，車線によつて衝撃係數の値を增減する事よりも群衆荷重の大さに車線の影響を考へた方が適當ではないかと思ふ．

フランスの式は死荷重と活荷重の項を含むもので之は非常に面白い考へ方と思ふ．鋼道路橋のみに就いての衝撃係數を決定するには，死荷重は支間に由つて決るから式中に g/p なる項を含まなくとも實質的には含んでゐる事になる．唯，鋼道路橋と鐵筋コンクリート道路橋とに對する衝撃係數を一式にて決定せんとする場合に極めて便利である．

其他の國々の衝撃係數を見るに何れも上記の型式の何れかに包含される．

本邦鋼道路橋衝撃係數の式を求むるに際しては上記の諸式を參考とした事は勿論であるが大體アメリカ式と同樣に支間のみの函數とした．問題は自動車重量，自動車速度，橋梁死荷重，橋梁曲げ剛さを如何に採るかと云ふ事であるが本論に於ては次の如き數値を用ひた．

1. 自動車の重量 $12t$　　2. 自動車の振動數 $2.5/sec$　　3. 自動車の速度 $20m/sec$

4. 橋梁死荷重は本邦實際例 (表-8)　　5. 橋梁曲げ剛さは活荷重に由り撓 $\dfrac{\ell}{600}$ に相當する EI (表-9參照)

斯くして衝擊係數は (6) 式る由つて計算さる可きであるが，之は既に前章中に計算されてゐる(圖-6).

今

$$\alpha = a + \frac{c}{l+b}$$

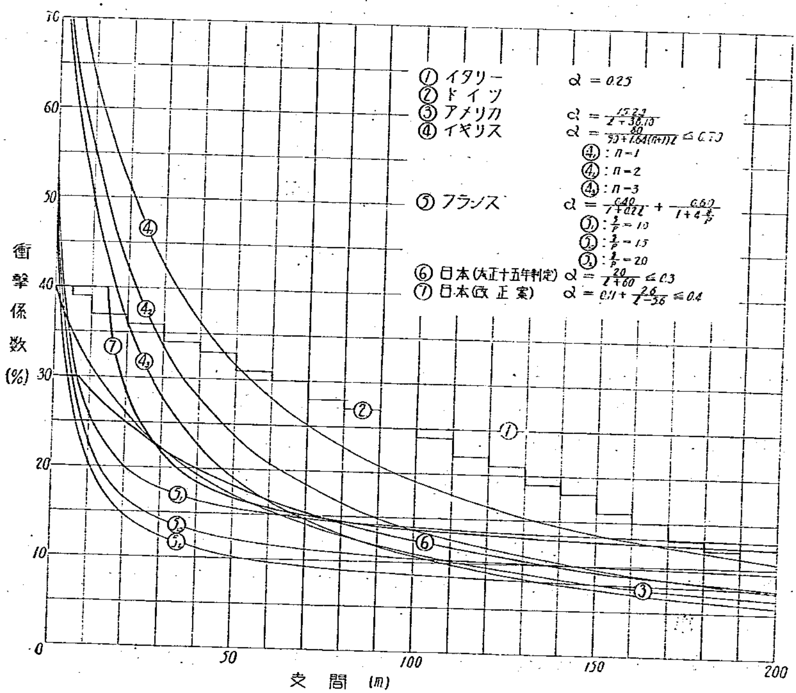
なる式を考へ，上記曲線に合致せしむる如く常數を決定すれば $a=0.11$, $b=-5.6$, $c=2.6$ なる値を得．故に衝擊係數の式として

$$\alpha = 0.11 + \frac{2.6}{l-5.6} \leqq 0.4 \quad \cdots\cdots(9)$$

を得．(小徑間に於ては (6) 式は當はまらないから衝擊係數の最大値は 0.4 とした).

今 (9) 式，大正十四年制定式並に外國諸式の値を圖面に表はせば 圖-8 の如 ヽなり，之より (9) 式にて求められたる衝擊係數は中庸を得たるもので適當のものと認める事が出來る.

圖－8



路面の光反射に關する試驗竝に之に基く道路照明基準に就て*

內務技師　島　田　八　郎

目　次

緒　言……（1）
I.　路面の光反射に就て……（4）
II.　光反射の性質及實驗裝置……（5）
序……（5）
［1］　同價擴散反射率，反射擴散能の定義……（6）
［2］　實驗算式……（8）
［3］　實驗裝置……（10）
［4］　阻層光電池カリブレイション……（12）
［5］　實驗供試體竝に實驗路面に就て……（17）
III.　光反射率測定結果……（21）
［1］　鋪裝試料に就ての實驗……（21）
（1）　乾燥狀態……（21）
（2）　流水狀態……（32）
［2］　實際鋪裝に就ての實驗(乾燥狀態)……（35）
IV.　實驗結果に基く光反射率の性質……（37）
［1］　路面の輝度……（37）
［2］　同價擴散反射率 (γ_{ED}) 特性……（38）
［3］　全光束反射率 (R)……（40）
［4］　整反射率 (γ_r) 特性……（44）
［5］　反射擴散能 (σ)……（46）
V.　實驗結果の要約竝に之に基く道路照明の基準に就て……（47）
［1］　試驗結果の要約……（47）
［2］　道路照明の基準に就て……（49）

緒　言

近世社會情勢の進展に伴ひ各方面に其の新機軸が加へられてゐる．從つて道路に就き考察するも其の使命舊來想像も爲し得なかつた程重要性を帶び，一方高速度自動車の異常なる發達を促し相關的に更に交通幹線として完全な道路を要求し來り兩者相互の刺戟必要性

*本試驗を行ふに當り第8回國際道路會議第5部委員の方々より便宜を與へられし事多く，特に實驗及び其の整理に就ては當所佐藤正雄君の努力による所頗る多し．茲して厚く感謝す．

により益〻兩者の發達を助成してゐる．夜間自動車交通量の增加は各方面の統計によるも明かにて夜間交通事故數もそれに伴ひ一時著しく增加の傾向を示したが，一方道路照明工學の進歩により其の遞減を計るは勿論更に高速度自動車をして夜間に於ても其の性能を十二分に發揮せしめんとしてゐる．斯かる現狀なれば益〻道路照明の必要が認められ，各國の照明學會は一定の道路照明規準を作り推薦してゐる．國際照明會議に於ても常に議題に道路(街路)照明の事項を取扱ひ，本邦に於ては從來照明學界が常に此方面に大なる努力を拂ひつゝ一般民衆の照明向上を計つてゐる．照明學會による道路（街路）照明規格案があり，又1931年國際照明會議への報告書にも其の基準が示されてゐる．今本文に直接關係ある部分のみ引用すれば[1]

街路として，——主要交通街路，商業街路，住宅街路に分類し，照明等級の尺度としては平均水平面照度を採用し，交通量其の他の事情を考慮に入れ等級を定めてゐる．例へば左表の如き平均水平面照度を推奨してゐる．更に街路中心線上の照度の最大最小値の比を以て均齊度とし其の値を制限し，主要交通街路では 1/30 以下を推奨してゐる．又照明器の配光曲線の形狀より推測し得るが照明器の配置距離 (S) と取附け高さ (H) との間の關係を…5 H < S < 10 H…に主要交通街路では保つべきを推奨してゐる．

	等級		
主要交通街路	3Lx	2Lx	1Lx

外國の例を述べんに1935年制定の北米合衆國の街路照明法案[2] (Code of Street Lighting 1935)によるも，照度照明器取附け高さ，距離竝に道路の種別其の他道路照明に必要な事項が可成り詳細に記述されてゐるが，特に路面の光の反射に對する特性は考慮に入れ

---

*本文に使用する二三の用語を說明す．

光束(輻射束)：單位時間に於ける光の流れ(輻射エネルギーの流)にて記號 F, 單位ルーメン (Lm) =1 燭の點光源から單位距離にある單位面積を通つて流れる光の光束．

光度：光束の立體角密度，記號 I とすれば $I=\frac{dF}{d\omega}$ である，ω=光源を中心とせる立體角，單位燭 (C)，燭で表はした光度を燭光といふ．

照度：光を受けてゐる表面の光束の面積密度，記號 E とすれば，$E=\frac{dF}{dS}$, Sは面積，單位ルクス(Lx), 1ルクス(メートル燭)=1Lm/1m^2 である．又 1Lm/1cm^2=1 フオト(Photo), ヤード．ポンド法度量衡を用ふと，單位はフート燭=(1 Lm/1ft^2) ft-C. にて Lx とは…1ft-C=10.764 Lx…の關係がある．

輝度：或表面の或方向に於ける輝度とは其の方向の光度を其の面の其の方向への垂直投影面積で割つた商である．記號 B とすれば，$B=\frac{dI}{dS.\cos\theta}$，但し dS は光の發散又は反射面積，dI は觀測方向の光度，θ は dS 面の法線と觀測方向との間の角度を表はす．單位は 燭/單位面積 C/cm^2 を特に「スチルブ」Sb、と稱ふ．(1935 年國際照明委員會に提案さる)

發散度：光を輻射又は擴散してゐる表面の光束面積密度，記號 R とすれば $R=\frac{dF}{dS}$, 但し F は光束, S は表面面積を表はす單位は「ランベルト」Lambert, L, 1Lm/1cm^2 である．0.001 L (mL) が適宜の大きである．又 Lm/1ft^2 を，フート・ランベルト (ft−L) と云ふ．1 ft−L=1.0764 mL. 1 L は平均發散光束の單位である．完全擴散面に於ては輝度 (B) 一樣にて發散光束密度との間には下記の如き關係がある，$1\,L=\frac{1}{\pi}$ C./cm^2=0.3183 C/cm^2.

てない．卽ち從來の道路照明の規準として常に考慮に入れられて來たものは原理的に下記の如きものである．

i) 所要水平照度の撰定　　ii) 照度均齊度

iii) 光源の眩輝を除去する事

iv) 照明器の配光曲線撰定及び照明器の垂直水平配置

等で道路の種別に應じ其の基準を定めてゐる．玆に云ふ道路の種別とは交通量幅員等によるものであるが，近來自動車等の一般速度の增加及び鋪裝の向上と共に照明照度の要求が著しく增大し，經濟的に最も僅少なる費用を以て良き道路の照明を得んとする要求が熾烈となり技術上三つの方向をとつてゐる．

a) 照明器の進步發展により發光輝度小なる能率よきものを得んとする事．

b) 路面の光に對する特性を明かにし最も光の利用價値を高めん爲め材料竝に施工法を考察する事，强度其の他重要なる事項により鋪裝の定つてゐる場合は鋪裝の種別により推奬照度を變更する事．

c) 照度の增大に伴ひ路面による眩輝が重要な事項となり，照度の代りに路面輝度を以て基準とすべき事．

a) の照明器の進步として，光源に高壓水銀ランプ，ナトリウム燈が採用され，將來白熱燈に代らんとする傾向を示してゐる．海外に於ける道路照明報告によれば可成り使用されてゐる．高壓水銀ランプは靑白色，ナトリウム燈は橙黃色で夫々單光色である．其の性能は下記の如く可成りの差異がある．

	輝　度	能　率
白　熱　燈	C/cm² 700	L/watt 13—15
水銀ランプ	150	40
ナトリウム燈	10	60

從つて一燈當りの輻射量は必然的に大となり路面の影響も著しくなる．第9回國際照明會議(1935)[3]に於ける街路照明の部門に於ても此點が指摘され高能率光源が 1931 年來進步完成されし故高能率光源に注意を喚起すべく，又路上の障害物の判別能の增進の爲め路面の輝度の分類及び之に關聯せる事項を研究すべしと議決してゐる．

b), c) の路面の種別路面輝度を考慮に入れ照明設計を行ふべしとは最近の傾向である．例へば G. H. Wilson[4] が「道路照明竝に路面」なる論文中に良好なる條件として「鏡の如き磨き面ならず又甚しく粗面ならずして排水よく乾燥速なる事」を擧げてゐる．Kirk M. Reid[5]等も從來の照度均齊度の代りに路面輝度の均齊度を考慮すべしと述べてゐる．其の外最近の米國照明學會で立案され成立つた道路照明法案(Code of Highway Lighting 1936)[6]を見るも從來のものより一段と進步せるもので其の內に路面の種別に關する注意を喚起してゐる．照度に關する數字を引用すれば次表の如きものである．

路面種別	推奨照度
明るき色調のもの	0.2~0.5 (ft-C) 2.15~5.38 (Lx)
稍〻黑味を帶ぶるもの	0.3~1 (〃) 3.1 ~10.76(〃)
黑味を帶ぶるもの	1 ~2 (〃) 10.76~21.5 (〃)

更に國際照明會議の街路照明委員會の質問書に路面の照度と觀測者への方向による路面の見掛輝度の關係の項があり，各國委員の資料提出を求めてゐる．一方國際道路會議に於ても路面の光に對する特性が街路照明上よりのみならず自動車前燈の照返し等の問題にも關聯し重要なるものなれば議題の一として各國委員の共同研究を求めてゐる．卽ち第8回國際道路會議第5部委員會の議題として…B; Light-value or the degree to which it absorbs light (under artificial illumination) なる項目が提出されてゐる．

以上の如く道路照明の基準は現今鋪裝面の光の反射特性によらんとする傾向をとりつゝある事が分る．本邦に於ける道路照明設備は其の狀態を仔細に觀察するに，一般に照度低く又眩輝甚しき光源を使用せる等將來道路技術者の注意を喚起し其の改善を要する點が多い．更に進んで鋪裝種別をも考慮に入れ道路照明の進歩を計る必要がある．然るに路面の光の反射に關する性狀に就き試驗研究されしもの少く未だ發表されし文獻なし．本文は鋪裝面よりの切取りし供試體竝に二三の現場に於て路面の光の反射特性を詳細に試驗し，其の特異性を明かにし，道路照明に一基準を得んとせしものである．最初の試みなりし故不備の點も餘多あることゝ思惟するも主として試驗結果を述べん．

I. 路面の光反射に就て

緒言に於て如何に路面に於ける輝度が重要視さるゝに至つたかを述べた．斯くの如き傾向は將來高速度自動車發展普及に伴ひ益〻增大するものである．然るに路面と云ふも，コンクリート系の稍〻白色を帶びたるものより，トペカの如きアスファルト石材混合物の如き全體として灰白色を帶びたるもの，シートアスファルト，木塊の如く黑色のものがある．

更に路上に於ける塵埃の程度により其の色調を著しく變ずるものがある．一方降雨中の路面を觀察するに照明器の像が反射し時には鏡の如き整反射をなす．斯かる場合路面の投光點は輝度增大し一見明るさの增大せる如く感ずるも路上障害物の判別困難にて，且つ，周圍の明るさも著しく減少せる事は常に經驗する所である．光の反射性能より判斷するに鋪裝面は二樣な特性を示す．卽ち

i) 光の擴散反射を爲す　　ii) 流水狀態に於ては整反射をなす

ものであるが果して，路面の擴散反射は如何なる程度のものであるか．卽ち完全擴散反射面との關係，其の他路面の輝度を與へるに役立つ有效な反射光線の量，流水狀態にて整反射をなす場合も光の投入方向，測定方向により反射能力に差異なきか等實用上重要な事柄

にて未だ明かになつてゐないものが多い．從來の文獻によるも筆者寡聞の爲めなるも Barrow[7] の照明學書籍に各種物質の光の反射率表中にアスファルトマカダム路面とし 12 %の値，關氏[8] はコンクリートの反射率とし 25 % の値を掲げてゐる．實驗方法の記述なきも多分球面光度計によるものである．類似の材料では內坂氏[9] が日本室內使用材料の擴散反射係數なる研究に於て，各種の壁材等に就て試驗されたものあるのみで他に資料なし．今路面の光の反射の性狀を考察するに下記表－1の諸性質を明かにし照明上よりの優劣を定め且つ道路照明の基準を路面の特性に適應する樣定める必要がある．

表－1　路面に就き考察すべき光に對する特性

(1) 全光束反射率	(2) 反射光線の大さと視測方向との關係
(3) 入射角と反射光線との關係	(4) 流水狀態に於ける反射光線と入射角の關係

表－1 の特性を明かにすれば路面に於ける輝度分布，從つて最大輝度の値をも明かにする事が出來る．緖言に述べた照明器の取附け配置，高さ等の諸問題も論究し得るものである．其の他常識的の問題なれども路面は降雨中の流水面と乾燥面何れが道路照明上有效なるや，流水面上自動車前燈と道路照明何れが路上障害物判別に有效なるやの疑問に對しても解決を與へ得．本報告は主に表－1の光に對する路面の特性を實驗的に明かにし，二三の簡單なる論說を加へ，實際の照明設計に際して實驗結果を適用する際の資料を得んとせるものである．

II. 光反射率の特性及實驗裝置

序　路面の光に對する反射特性を實驗せんに光束の波長を撰定する必要がある．鋪裝全般の重要なる特性を明かにせんには熱線程度の比較的大なる波長に對しても實驗する必要あるも日光輻射，白熱燈の輻射分布も普通の場合波長 1000 A 以下に輻射エネルギー最大點が存在せるものであるが，主として白熱燈による光束を視神經に應する比感度を基準として試驗せしものである．波長の影響は特に考慮しなかつた．從來擴散面の光反射試驗に於て實用を主とする場合は，全光束射計を使用し，供試體表面に投下された光の幾%を反射するやを簡單に試驗するものにて Taylor 反射計の如き球面反射計による場合が多い．久野，[11] 山內[12] 兩氏，Richard S. Hunter[13] 等の紙，ペンキ壁面等の反射試驗は其の例である．反射光線の分布試驗のものに大山[14] 內坂[15] 兩氏のものあり，要するに「スペクトロメーター」の原理による裝置を使用してゐる．材料の表面の光反射を精密に研究し擴散面の理論を考察せんと試みしものに Wright,[16] Woronkoff,[17] Pokrowski[18] 等あるも主に MgO の如き粉體より成形せる塗面に關するもので玆に述べんとする樣な程度の粗度を

有する面ではない．以下試みし試驗條件は反射特性を明かにし得る程度にて實用を主とし取扱ひしもので實驗裝置も其の程度に順應した．

試驗條件　：光源白熱電球 (100～110 V．マツダ標準映畫用 500 W.)

測光器：一堰層光電池 (photo-cell)

實驗：一室內試驗一屋外現場試驗

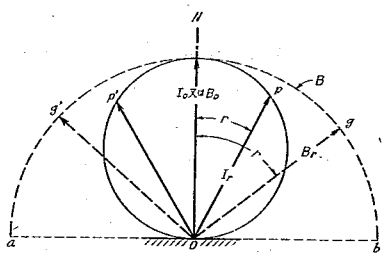
乾燥面一流水面

により試驗を行ふ．其の詳細は後節に述ぶ．

［1］ 同價擴散反射率，反射擴散能の定義

路面は複雜な反射特性なるを以て，種々其の特性を示す量を定義する必要がある．後節屢〻引用する用語に就き說明す．其の內 1，2 のものは新に之を創る．順序として完全擴散面より說明せん．

圖－1　完全擴散面の反射特性を示す



圖－1 a, b は反射面，N は垂直方向，i 入射角，r 測定方向を示す．op, op′ は測定方向 r に於ける反射光線の大さ I_r を示す．og, og′ は反射面の輝度を示す．完全擴散面とは測定方向 (r) 如何に拘らず常に一定の輝度を示すもので，卽ち輝度の大さを示す　og, og′ は常に一定にて其の軌跡は 0 を中心とする圓周上にある．從つて同方向の光度は，$B_r=I_r/\cos r$ なる關係より，今，面の垂直方向の光度を I_0 とすれば r 方向の光度 I_r は $I_r=I_0\cos\theta$ の如く，同圖實線の如く垂直線上に中心を有する圓周上に示さる．斯かる性質の反射を Lambert の餘弦法則に從ふ面と稱ふ．入射光線方向 (i) の如何に拘らず常に Lambert の餘弦法則に從ふ如く反射する面を完全擴散反射面と稱ふ．

反射擴散能 (Coefft. of diffusive power of reflection)　實際上の反射面は上記の如き完全擴散反射を爲すもの無く，又鏡面の如き完全なる整反射をも示さず，兩者の相混ぜるものである．乾燥路面は略〻完全擴散反射に近き程度の擴散度を示すものである．然るに鋪裝の狀況によつては可成り苦しき整反射を示す場合もある．從つて輝度の一樣性より考察する時には常に完全擴散反射能よりの偏倚を明かにする必要がある．今其の偏倚程度を示す爲めに反射擴散能 σ を定義す．一般に球面座標 (θ, φ, r) の方向を反射光線に示せば (θ, φ) の方向により反射光度の分布を異にせるものであるから Halbertsma[19] の提案の如く反射擴散能は

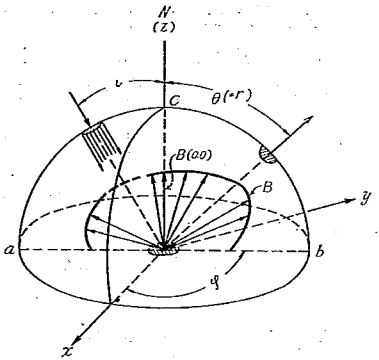
$$\sigma=\frac{\int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\pi/2}B(\theta,\ \varphi)\cos\theta\sin\theta\,d\theta}{\pi B(0,\ 0)}\quad\cdots\cdots(1)$$

で與へられる.

但し, $B(\theta,\varphi)$ は (θ,φ) なる方向の輝度, $B(0,0)$ は $\theta=o$, $\varphi=o$, 卽ち垂直方向の輝度を示す. σ は 1～0 の數値をとる, 1 は完全擴散反射, 0 は整反射の場合を示す.

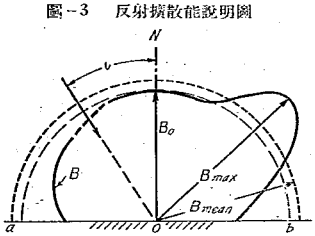
(1) 式は反射光線の球面分布を測定し $B(\theta,\varphi)$ の明かなる場合に適用されるもので通常實用試驗に於ては入射光線と反射面の垂直線を含む平面内で測定する場合が多い. 卽ち圖－2 a b c 平面内の反射光線分布より實線 B 曲線の如く輝度分布を測定するもので $B(\theta,\varphi)$, $B(0,0)$ の代りに $B(\theta)$, $B(o)$ が得られる. 反射方向を示す爲め θ の代りに r を用ふ. 從つて (1) 式より計算にて反射擴散能を求める事不可能にて寧ろ a b c 平面内の B 分布曲線より比相擴散能とも稱すべき數値を計算し反射面の擴散能の比較に充つ, 圖－3 は斯かる場合の反射輝度分布曲線である. 今與へられた入射角光線に對し反射面垂直方向の反射輝度を B_o, 最大反射輝度を $B_{max.}$, 平均輝度を B_{mean} とすれば (2) 式の如き比率を求め得.

圖－2　反射光線分布測定方向を示す



$$\left.\begin{aligned}\sigma_1&\equiv\frac{B_\theta}{B_{max.}}=1\sim0\\ \sigma_2&\equiv\frac{B_\theta}{B_{mean}}=1\sim0\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(2)$$

圖－3　反射擴散能說明圖



σ_1, σ_2 を第一種比相擴散反射率, 第二種比相反射率と稱へ各種の反射面の比較に用ひん。兩者の物理的意義は全く異るもので σ_1 は輝度の偏倚を直接に論究するによく, σ_2 は全光束反射率を考慮に入れたものである.

等價完全擴散反射率　今反射面の照度を $E(L_x)$ とし, 各測定方向 (r) の反射率等しく ρ_d とすれば, 完全擴散反射面の場合にて輝度 $B(C/cm^2)$ との間には

$$B=\frac{E}{\pi\,10^4}\,\rho_d\quad\cdots\cdots(3)$$

但し同一單位とすれば $B=\frac{E}{\pi}\rho_d$ の關係がある．輝度は一樣で，勿論軸對稱を有する場合である．光度は $B\cos r$ に從つて變る．然るに實際の反射面に於ては ρ_d の値は入射光線の角度 i により變るのみならず測定方向によりて著しく變るものである．反射面より發する光束は

$$F=\int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\pi/2}I\sin\theta d\theta,\quad I=B\,ds\cos\theta \cdots\cdots(4)$$

で與へられる．θ, φ 角度は圖－2に示す如きものにて ds は反射面積を示す．F/ds は發散光束密度である．入射光束 F_0 とすれば F_0/ds は照度となり兩者の比にて反射率 η_d が求まる．今擴散反射光線內に於て整反射の輻射する部分を假りに $\sin\theta_1\cdot\Delta\theta_1\cdot\Delta\varphi_1$ の球面上の面積とし，他は完全擴散光線を輻射するとすれば (4) 式は下記の如くなる．

$$F=\int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\pi/2}I'\sin\theta\,d\theta+I''\sin\theta_1,\ \Delta\theta_1,\ \Delta\varphi_1 \cdots\cdots(5)$$

$\theta\fallingdotseq\theta_1$, $\varphi\fallingdotseq\varphi_1$ に於て $I'=0$, 且つ $I=I''$ とす．

$$F=\pi\ B'\ +B''\sin\ \theta_1\cos\theta_1\ \Delta\theta_1\ \Delta\varphi_1,\ ds \cdots\cdots(5)'$$

∴ 照度 E との比を求め反射率を η_d とすれば η_d は (6) 式の如くなる．

$$\eta_d E=(\pi B'+B''\sin\theta_1\cos\ \theta_1\ \Delta\theta_1\ \Delta\varphi_1) \cdots\cdots(6)$$

今測定方向 $(\theta_1,\ \varphi_1)$ の輝度に相當する $\pi B''$ なる光束を假定し照度との比率を求め，等價完全擴散反射率 η_{Ed} と名付く．(7) 式の E, B は夫〻 (L_x), C(k)/cm² で表す．

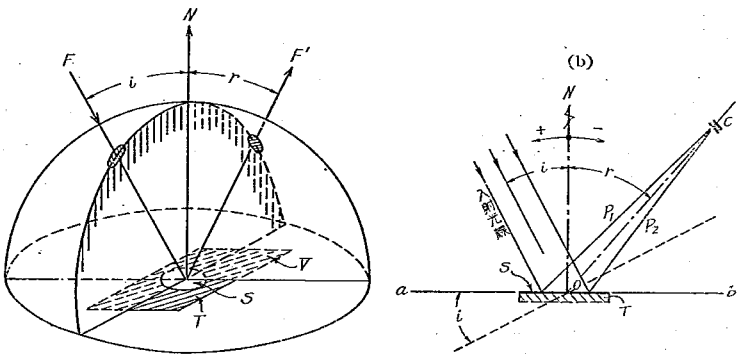
$$\left.\begin{aligned}\frac{\eta_{Ed}\,E}{10^4}&=\pi B'\\ \frac{\eta_d\,E}{10^4}&=\pi B'+\left(\frac{\eta_{Ed}\,E}{\pi}\right)\sin\theta_1\cos\theta_1\ \Delta\theta_1\ \Delta\theta_1\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(7)$$

(7) 式の如く，等價完全擴散反射率 η_{Ed} は或る特定の方向の輝度を求めるには頗る便利な數値であるが，反射面利用率を基準としての反射率(光束の比) を求める量としては (7) 式の $\Delta\theta_1$, $\Delta\varphi_1$ の値が不明なる故實用上價値がない．但し φ に無關係な且つ完全擴散反射に近い場合は，η_{Ed} は方向 $(\theta,\ \varphi)$ に拘らず略〻一定にて η_{Ed} は面の擴散反射率と一致せるものと見做し得．以上の如き定義によるものなれば η_{Ed} は 1 より大なる事も存在し得．玆に云ふ E 照度は面の水平照度にて入射光束に垂直な面上の照度ではない．

[2] 實驗算式

實驗は乾燥面の擴散反射測定の場合と流水狀態の整反射の場合とに區別し投射光束の狀況を少しく變へた．先づ前者の場合より說明せん．圖－4 (a), (b) は，入射測定方向の關係である．(a) 圖點線で示せる部分 (7) は測定を行ひし平面を示すもので，(b) 圖は入射光線と反射面垂直線を含む平面內に於ける入射光線，測定方向との關係を示すものである．

圖—4　反射光分布試驗に於ける入射角と測定方向の關係を示す



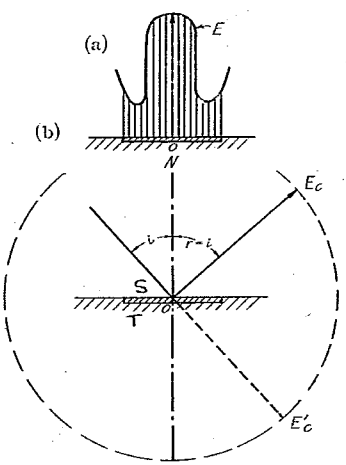
Sは反射面に於ける半徑 a の被投射圓にて他の部は黑色天鵞絨 (V) にて被ふ．入射光線は一樣な平行光線となし，(b) 圖の如く投射し中心 0 の周りに回轉し得る位置に堰層光電池 (c) を徑に垂直に置く．測定角を圖示の如く正負 (+，−) 二樣に定む．

今，c なる堰層光電池上の平均照度を E_c，入射光束に垂直面の平均照度を E_m とし a, p_1, p_2, i, r, 等を圖示の如く定むれば E_c, E_m の間には光電池の大さ，E_m の不均一度を度外視すれば下記 (8) 式が成立つ．[20]

$$E_c=\left[E_m\frac{a^2}{p_1\ p_2}\right]\cos r.\cos i.\eta_{Ei}\cdots(8)$$

但し η_{Ei} は等價完全擴散反射率に相當するもので特別の場合のみ擴散反射率 η_d となる．實驗に於ては常に入射光束による照度分布を確め E_m を測定すれば，a, p_1, p_2 r, i の與へられるを以て計算により測定 E_c も組合せ (8) 式より η_{Ei} を求め得．流水狀態に於ける整反射率測定の場合は 圖－5の

圖－5　整反射率測定に於ける光路を示す



如く光源のフイラメントの像を利用し，E 曲線の如き照度分布を爲す 様光源の調節を爲し堰層光電池と同距離に於ける測定照度 E_c' との比を以て反射率を示す．

$$\frac{E_c}{E_c'}=\gamma_r \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

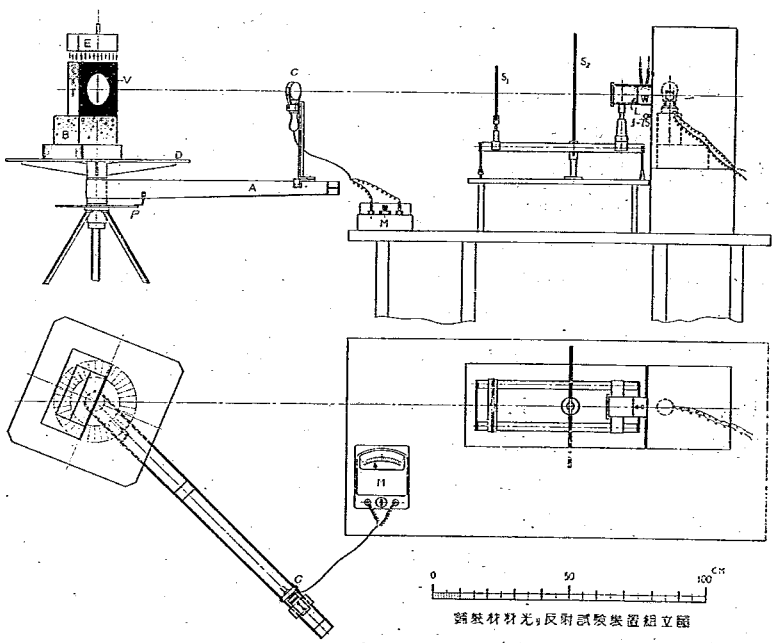
(8) 式により前節に詳論せし反射面各種の特性を求むるもので $E_m\cos i$ は反射面の水平照度である．E_c 値より光度 (I_c) の分布を容易に求め得，大約 $I_c=E_c\times(\rho_m)^2$ で示さる．但し ρ_m は反射面中心と堰層光電池 Cの中心の距離である，更に輝度の分布 $B(\theta)$ にも容易に求め得．以上は實驗方法竝に取扱の原理を簡明に記述せしもので具體的の事柄は其都度之を記述せん．

[3] 實 驗 裝 置

第 [1], [2] 節に述べし如く實驗を行ふに當り，常に入射角 (i) を一定に保ち測定角を變じつつ反射光線による堰層光電池上の照度 E_c を求める裝置を二種作成す．

i) 實驗室內用　　ii) 屋 外 用

圖－6



舖裝材料光反射試驗裝置組立圖

實驗室內用　前者は舖裝よりの切取りし試料に就き試驗を行ふ爲めのもので圖—6 は組立圖を示す．圖示により明かなれども簡單に說明す．

C：測光用堰層光電池，M：同メーター，S_1 S_2：衝立，L：焦點距離 7.5 cm アポクロマートレンズ，W：レンズ冷却用水槽，A：回轉腕，P：目盛り盤，T：供試體，E：流水用水槽，V：天鵞絨にて中央に圓形穴を有す．

主なる寸法下記の如し．圖—7 は幾何學的關係を示す．

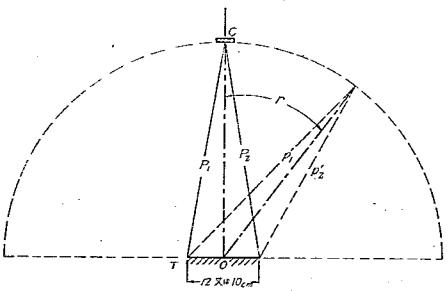
試料受光面半徑…… $a=6$ cm 又は 5 cm

堰層光電池位置…… $OC \fallingdotseq 31$ cm．$p_1=p_2=36$ cm

堰層光電池直徑…… 3.5 cm

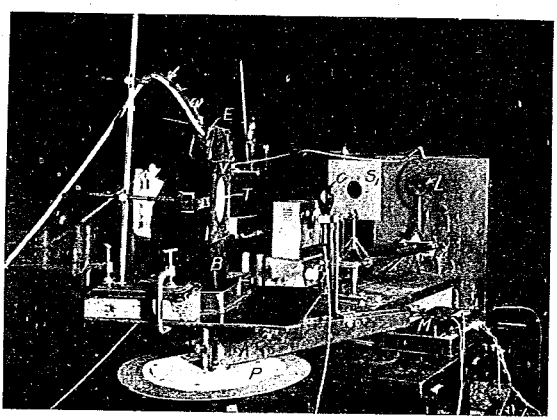
測定方向 r	p_1' p_2'
0	1296 cm²
15°	1256
30°	1247
45°	1215
60°	1185

圖—7　堰層光電池の位置



寫眞—1 は圖—6 に示すものの裝置を示すものである．圖—6 と參照し記號により了解さるべし，說明省略す．

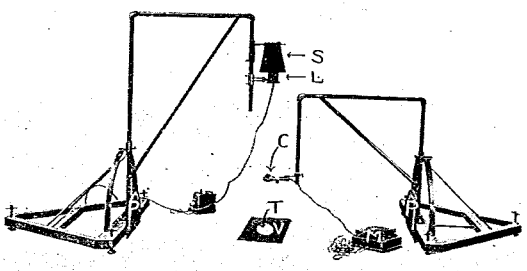
寫眞—1　光反射分布試驗室內用裝置



T：試料面
C：堰層光電池
M：照度計
A：回轉腕
P：目盛盤
L：レンズ
E：流水槽

屋外用　本裝置も原理は全く前者と同一なれども，投光部と測光部を各々獨立せるフレームに取附け現場路上にて組立て一定投射光角に對する反射光分布を測定するものである．寫眞—2は其の組立狀況を示すものである．

寫眞—2　光反射分布試驗屋外用裝置



C: 堰層光電地
S: 光　源
L: 焦点距離 7.5cm のアポクロマートレンズ
P: 投射光線竝に受光測定器の回轉角度目盛
V: 天鵞を以て包被せる円形穴を有する板

受光面圓形直徑 15 cm，受光面圓形中心より堰層光電池に至る距離 35 cm である．其の他球面光束計を使用して全光束反射率を測定する必要あるも第8回國際道路會議第5部委員[21]の研究あれば省略す．

［4］ 堰層光電池カリブレイシヨン

本試驗に使用せし測光器はセレニウム酸化物より成る堰層光電池にて受光による超電力を，照度の目盛せるミリアンメーターにて測定するものである．一般に本器は製品に比較的不同あり，老化現象等可成り著しきものあれば一應性能試驗を行ふ必要がある．實驗すべき事項としては　1) 照度計 (Luxometer) 目盛と實照度との關係，2) 光電池感度と色相の關係 (Spectral Sensitivity)，3) 溫度影響，4) 光線投射時間による影響，5) 光電池受光面に對する投射線角度の影響，6) 老化の問題　等幾多あるも主に上記の內 (1) (2) 項に對し詳しく調べ實驗の精度を明かにした．其の內本實驗へ使用せし照度計の結果のみを述べる．

實驗方法　使用照度計は特別精密級 (*M*—No. 2) のものにて

目盛；容量 300/3000/6000 ルックス，携帶用を (*M*—No. 1) とす．

堰層光電池；*C*—No. 2，携帶用附屬のものを (*C*—No. 1) とす．

使用電球；標準電球 (*S*—217—B號) の測光により 100 V，0,198.$_5$ A にて，距

離 90cm 15.57 燭を有す.

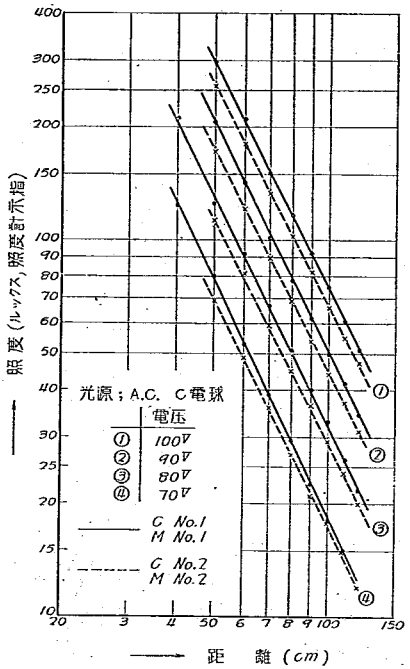
光源;　マツダ CC 電球 (ガス入) 60W 及び C 電球 (ガス入) 100 W.

實驗は簡易光學ベンチを使用し, 標準電球にて校正せる電球を直流, 交流にて加電壓を變じ, 點燈しつゝ堰層光電池にて受光し照度計の讀みを定む. 然るに標準電球の光度も測光位置の距離其の他種々の狀況により變るから一應ヘフナー燈 (Hefner 燈 H. K.) にて標準光度を確めた. 色相感度試驗は簡單に赤, 橙, 綠, 靑菫のゼラチン紙による透過光線を利用して行つた. 實驗中の室溫は 17°C ～20°C 程度であつた. 以下試驗結果のみ簡略に述べよう.

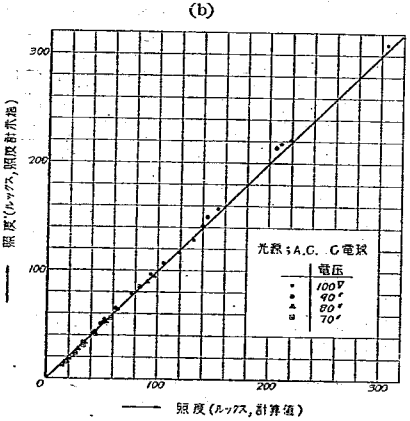
試驗結果　最初使用電球の光學ベンチ上位置と照度との關係を交流直流で點燈しつゝ定め, 距離の 2 乘に逆比例する範圍に就て光電池にて測光す. 加電壓を 100 V, 90 V, 80 V, 70 V と變じた. 卽ち光源のエネルギー分布を變じつつ同樣の實驗を繰返し行つた. 圖—8 (a) は交流光源にて C 電球使用せし場合の光源中心よりの距離と照度計示指ルックスとの關係を示すもので加電壓の減少により光度は減少せるも實驗誤差範圍內に於て全く距離 2 乘逆比例の關係の成立つ事が分る. 圖示の如く光電池 *C*—No. 1, メーター *M*—No. 1 の組合せの方が *C*—No. 2, *M*—No. 2 の方より感度が大きく出てゐる. 同 (b) 圖は *C*—No. 1, *M*—No. 1 の場

圖－8　照度計指示と照度との關係を示す

(a)

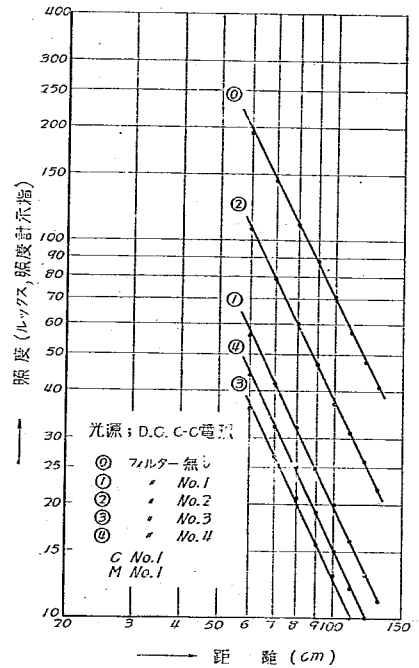


(b)

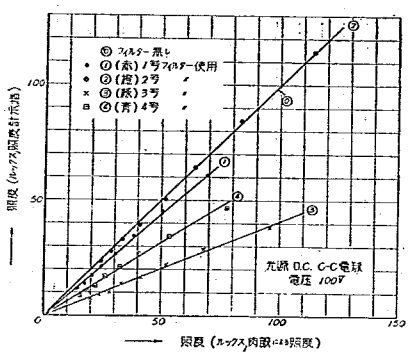


圖－9　濾光フィルター使用せし場合の照度計指示性能を示す

(a)



(b)



合の計算照度値と照度計による測定値をも示せるもので加電壓如何に拘らず全く同一關係による事を示すもので之に依つて本試驗に使用せし堰層光電池は輻射溫度（光色溫度）如何に拘らず，全く同一照度指示を與へるもので，斯かる實驗範圍では色調に無關係なる事を示す．後に述べる比感度との關係と對比すれば其の色調に關する性能が分る．

比感度測定　鋪裝材料にコンクリート系，アスファルト系其の他各種色調のものあり，又光源としても最近各種色調のものが使用される機會が增した．使用光電池に就ても二三代表的色相の光源を使用し電池を試驗し肉眼感度との比較をする事が望ましい．幸ひゼラチン紙の赤，橙，綠，青のものあり．特にスペクトル的に透過光線の波長を明瞭に調べなかつたが Nutting 等の調査により平均波長として下記の如きものと假定しCC電球と組合せ所謂濾過法の如き方法により比感度試驗を行ふ．

フィルター色相	假定波長	記號
赤	677 mμ	No. 1
橙	607 〃	No. 2
綠	523 〃	No. 3
青	474 〃	No. 4
童	418 〃	No. 5

加電壓は 100 V とす．使用照度計組合せは *C*—No. 1, *M*—No. 1, 光源，直流，濾光フィルターの位置は全部光

源より約10cmの所に一定に保つ．先づフィルター無き場合，フィルター No. 1, No. 2, No. 3, No. 4 使用の場合の距離～照度計讀みの關係を實測す．總ての場合2乘逆比例の關係が正しく成立つてゐる．圖—9 (a) は其等の關係を圖示せるものである．一方肉眼による照度と照度計讀みの關係をも求め得．フィルターは色相の異るのみならず，厚みも全部一樣ならざれば濾光の光度を，ルンマーブロドン (LummerBrodhum) 光度計を使用し標準電球と比較し求めしに下表の如き結果を得．

使用フィルター	無し No. 0	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
測定光度 C	75.6	24.8	42	34.8	27.3

之により圖—9 (a)と組合せ照度計讀みの示す照度に對する肉眼による照度を得．例へば照度計讀み 100 Lx に對する距離は No. 2 の場合約 6.4 cm に上表 42C より計算照度 $42/(0.64)^2 \fallingdotseq 105$ Lx となる．斯くの如くして圖—9 (b) の如き肉眼による照度と照度計照度の關係を得．總て直線的關係にあるもので感度は肉眼によるものより劣れるも No. 2 の場合のみ略ぼ同一である．

使用フィルター NO.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
照度計感度率 k_1	0.9	1.0	0.4	0.64

肉眼に對する感度率 (k_1) を同圖より求めてみよう．

然るに肉眼の各波長の光に對する比感度は色相及び各個人により異るも略ぼ圖—10a-曲線の樣に分布してゐる．今 a-曲線より肉眼のフィルター色相に對する比感度 (k_2) を求めんに下表の如き數値を得．

フィルター色相	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
肉眼比感度 k_2	0.04	0.40	0.92	0.66

然るにフィルターを濾過せし光度の肉眼による測定値の比は下記 I_e 表の如きものである．此の値は光の實量と肉眼の比感度とによるもので光量のみの割合を求めんには I_e 表を上記比感度比 k_2 で割ればよい．I_e/k_2 が可成り不規則な値を示すのは使用フィルターの厚み其の他表面等の影響によるものである．

使用フィルター番號	無し	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
測定光度比 I_e	1	0.325	0.55	0.456	0.346

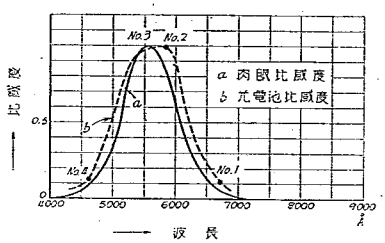
然るに前に照度計の比感度として (k_1) なるものを肉眼的照度との比率として上記に示してをいた．光電池として單位エネルギーに對する比感度を求めんには $k_1/I_e'=k_2$ を求むればよい，即ち下表を得．

使用フィルター番號	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
光量(エネルギー比) I_e' $I_e'=I_e/k_2$	8.0 又は 6.5	1.30 1	0.485 0.4	5.70 4.4

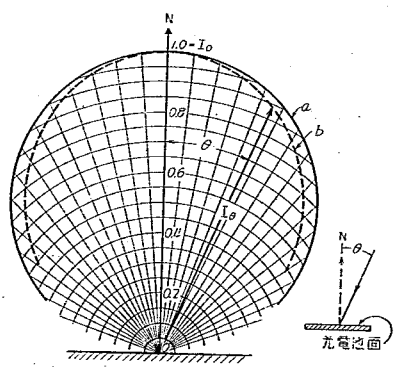
フィルター色相の光	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
照度計比感度 k_3 (感度/単位エネルギー)	0.044 又は 0.082	0.53 1	0.465 0.88	0.049 0.12

斯くして得たる照度計比感度 (k_3) を圖—10 b 曲線にて示す．大體セルニウム[22]光電池系の光電池のものゝ様で可成り粗雑な計算を行つたが大體肉眼の比感度と類似の比感度を有するものである事が分る．色相に對する性能は畧ゝ此の程度にて充分である．

圖—10　使用堰層光電池の比感度



圖—11　受光面に對する投射光方向と光電池指度との關係



光線に對する斜傾影響　更に實際上主要なる事は光電池面が投射光線に垂直ならず投射光線が受光面垂直線に對し θ の傾きをなす時，若し簡單な照明上の法則が完全に行はれてをれば $\cos\theta$ に比例して照度が變る筈である．實際は光電池の表面の材料，周圍の緣等の影響により $\cos\theta$ 法則の與へるものよりは偏るものである．圖—11は試驗の結果を示すものである．

cos 法則の示すものより照度は幾分小さく指示され，傾斜の增加に伴ひ偏倚は增加す．實際上 ±5° の斜傾ならば垂直の場合と大差なし．其の外光源を變じ種々試驗せしも其の結果大差無ければ全部省略す．

要約　以上の如く堰層光電池使用の立場より其の性狀を主として下記のものに就き性能を明かにした．

1) 照度計示指と眞照度との關係
2) 照度計示指と色相との關係 (比感度，光色溫度)
3) 照度計示指と光源の A.C, D.C なる事の影響
4) 受光面傾斜と感度との關係

其の他の性能試驗結果は省略した.

[5] 實驗供試體竝實驗路面に就て

實驗方法の節に述べし如く，實驗室內のものと野外の場合とにて自ら方法も異るものであるが，實驗室內の實驗には鋪裝より切取りし試料を用ひた．試料は小澤技師[23]の御厚意によるもので各種鋪裝の大部分の種類を集め得た．試驗せし試料下表の如し.

コンクリート系 (*C*)；

1：3：6 砂利コンクリート，金鏝仕上車道用　昭和 11 年 10 月施行

1：2：4 砂利コンクリート，ベルト仕上車道用　昭和 9 年 10 月施行

1：1.5:3 碎石コンクリート，ベルト仕上車道用　昭和 7 年 10 月施行

1：2　膠石コンクリート，ベルト仕上車道用，モルタル仕上，コンクリート (金鏝仕上)

アスファルト系 (*A*)；

トペカ式，アスファルトコンクリート　No. 2 昭和6年施行

〃　〃　No. 6 昭和8年施行

アスファルトブロック

其の他 (*M*)

鋪裝用煉瓦　黑色赤色の二種にて可成り新しいもの.

木塊 (新しきもの)　小鋪石 (新しきもの)

擴散反射の比較對照として白色吸取紙 (Berrick Bros, London) を使用した．其の供試體一部の寫眞を掲ぐ (寫眞—3).

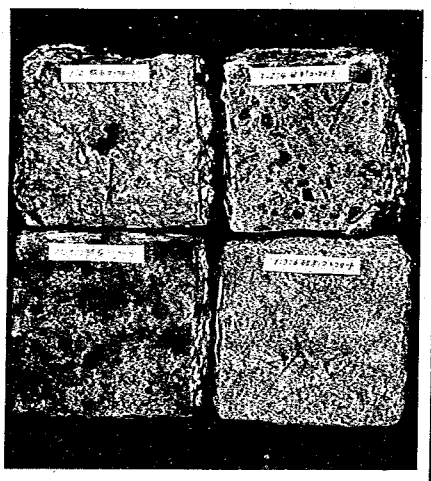
野外試驗は大宮浦和方面第9號國道に於て行つたもので試驗箇所下表の如し.

鋪裝種類	アスファルトコンクリート(トペカ)	煉瓦鋪裝 (赤)	アスファルトブロック	1：1：2 碎石コンクリート
試驗箇所圖中記號	志村一里塚 ⊙1	志村橋 ⊙2	戸田橋 ⊙3	戸田村 ⊙4
	1：1.5：3 碎石コンクリート	膠石コンクリート	1：2：4 砂利コンクリート	アスファルト乳劑鋪裝
	浦和市內 ⊙5	〃 ⊙6	大宮中小村田 ⊙7	大宮郊外下加茂 ⊙8

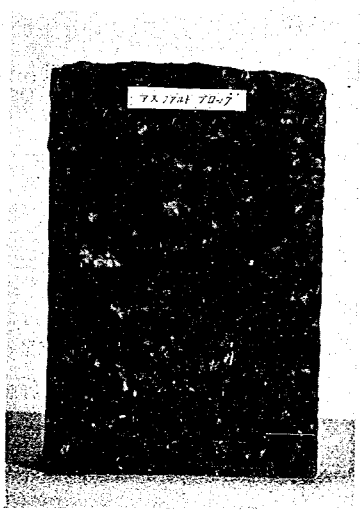
昭和6年より 10 年までに施行されしものであるが交通量可成り多く，路面の粗度が無くなつてゐる．圖—12 に實驗箇所の理解を助けん爲めに地圖を掲ける．同圖中 $⊙_1 \cdots ⊙_8$ の記號にて試驗點を示す．又 $△_1 \cdots △_2$ の記號にて示せるは東京電氣燈明課の伊藤，杉浦兩氏が第8回國際道路會議第5部委員として路面の全反射率を測定せし箇所である.

寫眞-3 鋪裝面光反射試驗資料(1)

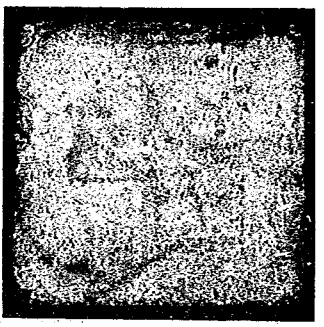
C 1:2 膠石コンクリート 1:2:4 碎石コンクリート
1:1.5:3 砂利コンクリート 1:3:6 砂利コンクリート



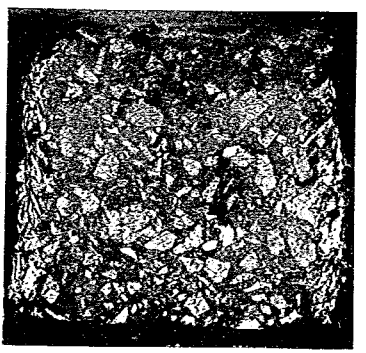
A アスファルトブロック



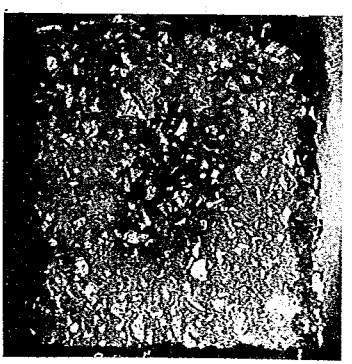
C モルタル仕上コンクリート



A アスファルトマカダム No. 2

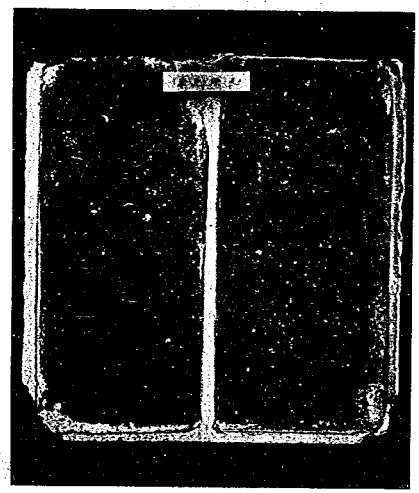


A アスファルトマカダム No. 6

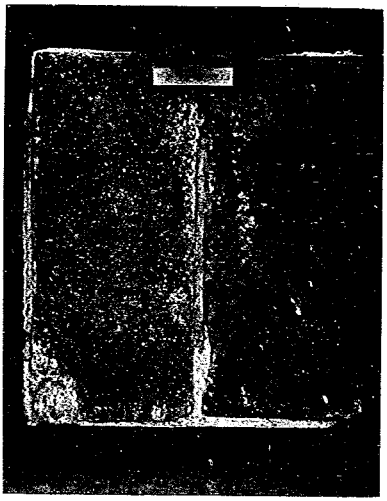


寫眞--3　鋪裝面光反射試驗資料（2）

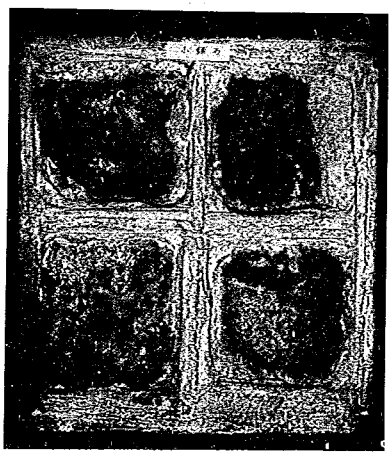
M　黑色煉瓦



M　赤色煉瓦

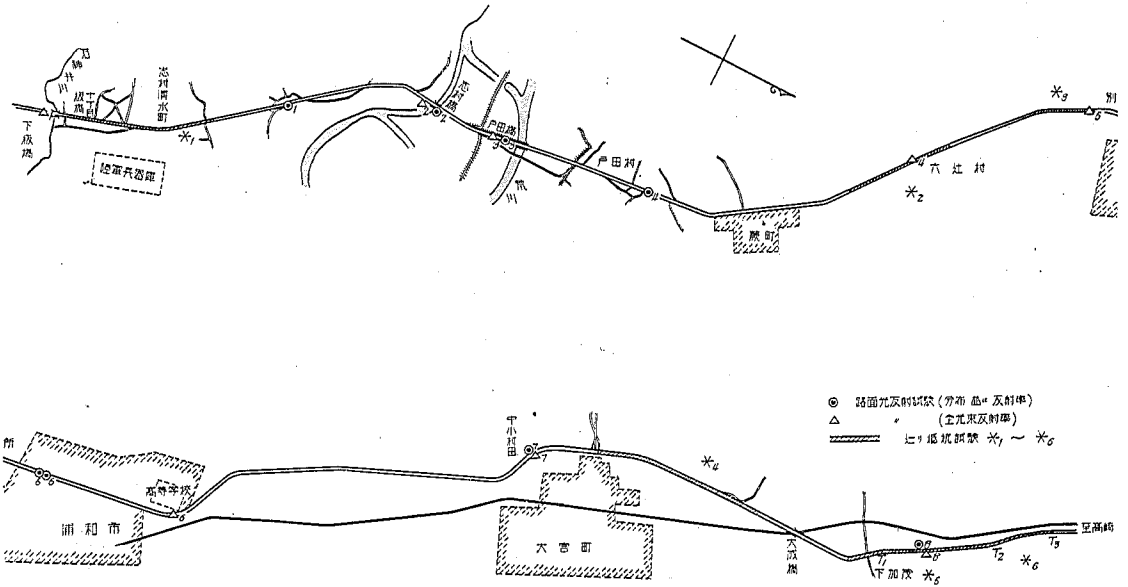


M　小鋪石



M　木塊

圖—12 路面の光反射並に辷り摩擦抵抗試驗箇所地圖 （紙面の都合上2分せり）



III. 光反射率測定結果

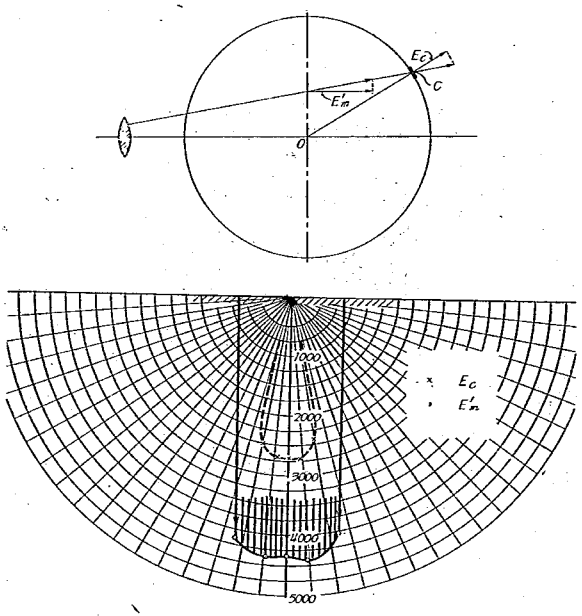
[1] 舖裝試料に就ての實驗結果

(1) 乾燥狀態　II 章 [1] 節に說明せし如く一定の入射角 (i) にて投光せる受光面の反射光度 (I_r) 燭を測光角 (r) を變じつつ測定するものである. 光電池により照度 E_c を求め, E_c (試料中心—光電池中心距離)^2 より I_r を求む.

投射光線の垂直面上の平均照度,　$E_m = \int^A E_m' \, dA/A$ ……(10)

但し, A は受光面圓形部の面積, E_m' は面積 dA 部の照度を示すもので E_m' を求める必要あれば本實驗では先づ受光面上照度分布を測定す. 圖—13 は其の一例にて〃X〃記號 E_c は投射光線のみを光電池にて測定せる照度である. 光電池の位置は圖示により明か

圖 13 試料面上照度分布圖



である. E_m' 〃O〃 は試料面位置を過ぐる平面上での垂直照度分布を示すもので, 計算値實測値は略〻一致す. 同圖より明かなる如く照度分布は實用上一樣と見做し得.

以下各種試料による試驗結果を述べる. 光源の關係により平均垂直照度 E_m は常に測定した.

1) 1：3：6 砂利コンクリート　實驗結果は表—1の如し.

表—1 より 11章[1]節(7)式より計算せる等價擴散反射率 η_{Ed} 表－2の如し.

$E_m=3955\,L_X$ 表—1 測定照度 $E_c\,(L_X)$

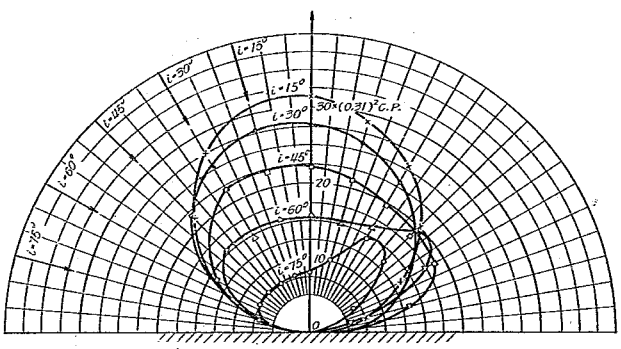
入射角 i ＼ 測定方向(γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	31.5		27.5		22		15.5		8	
15°	—	29	28	26	22	21	15.5	15	8	10
30°	27.5	25.5	—	23	22	19.5	14.5	16	7.5	14.5
45°	21.5	20	23	18.5	—	18	15.5	19.5	〃	13.5
60°	15	13.5	15	14.5	14	18.5	—	17.5	〃	6.5
75°	7	7.5	7	12.5	7	13	7		—	5.5

表—2 η_{Ed} 表

入射角 i ＼ 測定方向(γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	33		32		31		31		31	
15°	—	31	33	31	32	31	32	31	31	39
30°	32	30	—	30	36	31	33	36	33	63
45°	31	29	35	29	—	36	43	54	40	72
60°	30	27	33	32	46	50	—	67	55	48
75°	27	28	30	53	36	67	51		—	77

表—1 の結果を反射面よりの光度に換算し圖示すれば 圖—14 の如くなる.

圖—14 1：3：6 砂利コンクリート反射光度分布



同圖によるに入射光線角度 60° 75° に至つて整反射的傾向が著しく表れてゐる. $i=15°$ $i=30°$ に於ては完全擴散反射に近い.

2) 1：2：4 砂利コンクリート　實驗結果 表—3 の如し.

$E_m=3670\,L_X$ 表—3 測定照度 $E_c\,(L_X)$

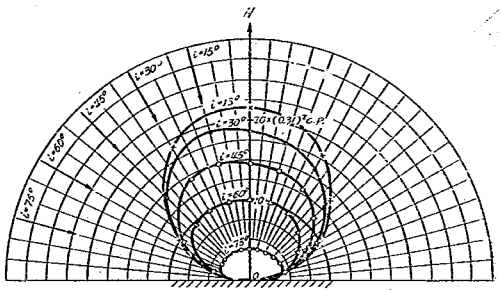
入射角 i ＼ 測定方向(γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	21.5		18.5		14.5		10		4	
15°	—	20	19	17.5	15	14	10	10	4	4
30°	19	18	—	16	14.5	13	10	9.5	4	4
45°	15	14	14.5	13	—	11	9.5	8.5	4	4
60°	10	10	10	9.5	9.5	8.5	—	7	4	4.5
75°	4.5	4.5	4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	—	4.5

表—4 η_{Ed} 表

入射角 i ＼ 測定方向(γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=65°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	24		23		22		21		17	
15°	—	23	24	22	23	22	22	22	17	17
30°	24	23	—	22	25	22	24	25	19	19
45°	23	21	25	22	—	23	28	24	23	23
60°	21	21	24	22	27	25	—	29	32	35
75°	18	18	18	20	25	25	35	35	—	68

表—3 より同様に計算せる同價擴散反射率 η_{Ed} 表—4 の如し. 表—3 より反射面よりの光度分布を求むれば 圖—15 の如くなる. 本試料の如きものはベルト仕上の影響の爲めか入射角 60°, 75° と增大するも整反射的傾向の表れ方が上記金鏝の場合より少い.

圖—15　1：2：4 砂利コンクリート反射光度分布



3)　1：1.5：3 膠石コンクリート　　實驗結果 表—5 の如し.

表—5 より計算にて求めし同價擴散反射率 η_{Ed} は 表—6 の如し.

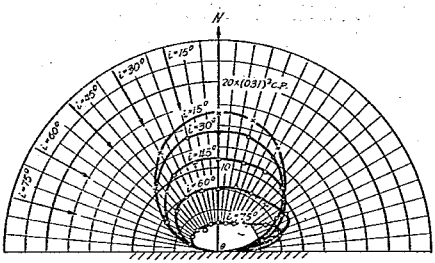
$E_m = 3650\,L_X$　表—5　測定照度 $E_e\,(L_X)$

入射角 i / 測定方向 (γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	16.5		14		11		7.5		3.5	
15°	—	16	14	14	11	11	7.5	8	3.5	3.5
30°	13.5	14	—	13	10.5	11	7.5	8	3	4
45°	10.5	11	10.5	11	—	10.5	7	8	3.5	4.5
60°	6.5	8	6.5	8	7	8.5	—	9	3.5	6.5
75°	3	3.5	3	4	3	4.5	3.5	6.5	—	7.5

表—6　η_{Ed} 表

入射角 i / 測定方向 (γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	19		18		17		16		15	
15°	—	18	18	18	18	18	17	18	15	15
30°	17	18	—	18	18	19	18	20	14	19
45°	16	17	18	19	—	22	21	24	20	26
60°	14	17	16	19	20	25	—	37	38	52
75°	12	14	14	18	17	25	28	52	—	118

圖—16　1：1.5：3 碎石コンクリート反射光度分布



反射面の光度分布も全く同様に求め得るものである. 此の場合入射光線角度 60°, 75° に至れば可成り整反射的傾向の表れる事が分る. 然れども上記三種のコンクリート系のものは實用上完全擴散反射面を爲すと見做し得.

4)　1：2　碎石コンクリート　　實驗結果 表—7 の如し.

表—7 より同價擴散反射率 η_{Ed} を計算し表—8 に示す膠石コンクリートの η_{Ed} 表を見るに

$E_m=3860\,L_X$　表—7　測定照度 $E_e\,(L_X)$

入射角 (i) ＼ 測定方向(γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	23		17		13		8.5		4.5	
15°	—	24	15.5	20.5	12	14.5	8	9.5	4.5	5.5
30°	15.5	19	—	22.5	11.5	18.5	7.5	11.5	4	6
45°	12	13	11	16	—	21	7	18.5	4	10
60°	8	8	7.5	6.5	7	14	—	26.5	4	2.5
75°	4	3.5	4	4	4	6	3.5	13.5	—	32

表—8　η_{Ed} 表

入射角 (i) ＼ 測定方向(γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	25		20		19		17		18	
15°	—	26	19	25	18	21	17	20	16	22
30°	19	23	—	30	19	30	17	27	18	27
45°	18	19	18	26	—	42	20	52	22	55
60°	14	16	17	21	20	39	—	104	30	188
75°	16	14	17	17	21	32	26	102	—	464

入射角 (i) 15° に於ても整反射傾向を示すもので 60°, 75° にも至れば恰も整反射をなす如き反射性能を示すもので，η_{Ed} の値は著しく増大し 100％ 以上にもなつてゐる．斯かる例は膠石鋪裝のみならず他種鋪裝の場合にも表れてゐる事である．一見不合理の如く解釋されるが同價擴散反射率の定義上斯かる場合も當然あり得る事である．I 章 [1] 節 (7) 式より當然なれども理解を深めん爲め更に說明を加へんとす．單位の反射面を考へて，

F; 投射全光束　F'; 反射全光束　$R=\dfrac{F'}{F}$ は利用率とも稱すべき全體としての反射率である．完全擴散反射面の場合は B を輝度とすれば $F'=RF=\eta_{Ed}F=\pi B$ 卽ち $R=\eta_{Ed}$……にて同價擴散反射率にて全反射率を推測し得るも，整反射的傾向を示す場合は下記の如くなる．F は單位面積當り投射光束であるから E と同樣に取扱ひ得．

$$RF=RE=\pi B'+\sum\left(\frac{\eta' F}{\pi}\right)\cos\theta_1\,\Delta S=F\left\{\eta''+\sum\frac{\eta'}{\pi}\cos r_1,\ \Delta S\right\}$$

$$\eta_{Ed}=\eta''+\eta'\fallingdotseq R \qquad \cdots\cdots(11)$$

一般に η_{Ed} は全反射率 R よりは著しく大なるものである，但し $\theta_1(r_1)$ は或る反射光射測定方向の反射面垂直に對する傾斜角を示す．ΔS は反射率 η' を求めし部分の存在せる球面上の面積である．(11) 式により明かなる如くこの場合 η_{Ed} の値のみで全光束反射値 (R) を推察する事は不可能である．但し η_{Ed} の値は或る方向の輝度及び光度の算定に用ふ．卽ち

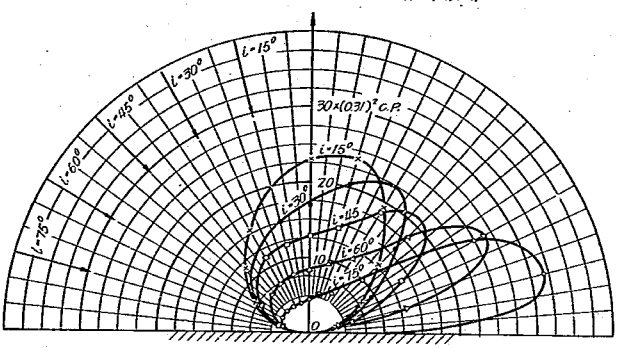
$$\left.\begin{aligned} r\text{ 方向より見たる輝度}\quad & B_r=\frac{E\,\eta_{Ed}}{\pi}=\frac{E_m\cos i}{\pi}\eta_{Ed} \\ \text{〃}\qquad\text{光度}\quad & I_r=\frac{E\,\eta_{Ed}}{\pi}\cos r=\frac{E_m\cos i\cos r}{\pi}\eta_{Ed} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots(12)$$

但し E_m は投射光に垂直直上の照度を示す．(11) (12) 式により η_{Ed} 100 の値が 100％ 以上の場合も決して不合理ならざる事が分る．

表—7 より更に光度分布を求め圖—17 に之を示す．

同圖によるに膠石コンクリートの光に對する整反射性 (Specular Property) がよく表れてゐる．以上の如くコンクリート系鋪裝の反射性狀を略ゝ明かにし得た．

圖—17　1：2 膠石コンクリート反射光度分布



5)　**モルタル仕上コンクリートブロック**　は時に鋪裝用のものではないが金鏝仕上にて此種に類似の鋪裝も可成り多數あれば光の反射特性を實驗し置く事は必要である．

實驗結果下記の如し．

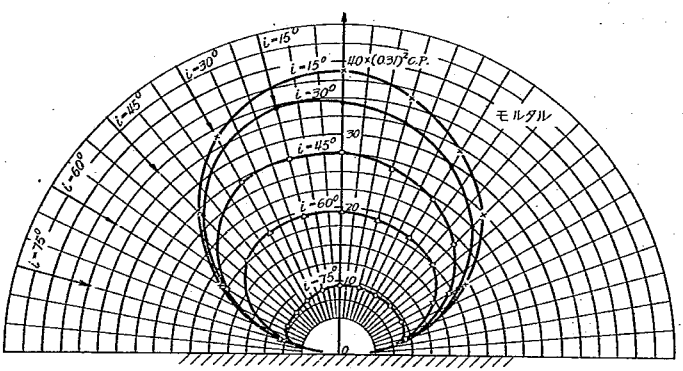
$E_m = 3980\, L_x$　表—9　測定照度 $E_c\,(L_x)$

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	38.5		34		27.5		19.5		9.5	
15°	—	36	34.5	32.5	27.5	26	19.5	19	9	9.5
30°	34	32	—	29.5	27	24.5	19	18.5	8.5	9.5
45°	27	27	26.5	25	—	21.5	18	17.5	8	9.5
60°	18.5	19.5	18	18.5	17.5	17	—	14.5	8	9.5
75°	8	9.5	8	9.5	8	9	7.5	9	—	9.5

表—10　η_E 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	28		28		27		27		26	
15°	—	27	29	27	28	27	28	28	25	27
30°	28	27	—	27	30	28	30	30	26	29
45°	27	27	29	28	—	29	34	33	30	35
60°	25	27	27	28	33	32	—	38	41	49
75°	21	25	23	28	29	32	38	45	—	93

圖—18　モルタル仕上コンクリートブロック反射光度分布



表—9 より光度分布並に η_{Ed} 値を求める事は全く上例と同様である．表—10，圖—18 に之を示す，光の擴散性も略ゝ一般コンクリート系のものと同様である．

6) **アスファルトコンクリート**（トペカ式）No. 2　實驗結果表—11 の如し．

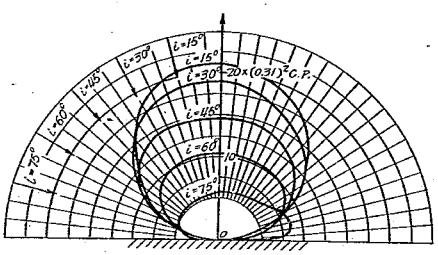
$E_m=4060\,(L_x)$　表—11　測定照度 $E_e\,(L_x)$

入射角 (i) / 測定方向 (γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	21		19		14.5		10.5		6	
15°	—	20	19	18	14.5	14.5	10.5	10.5	5.5	6
30°	18.5	18	—	16	14.5	13.5	10	10	5.5	6
45°	14	14	14.5	14	—	12	10	10	5.5	6.5
60°	9.5	10	10	10	9.5	9.5	—	8.5	5.5	7.5
75°	4	4.5	4	4.5	4.5	5.5	4.5	6	—	8.5

表—12 η_{Ed} 表

入射角 (i) / 測定方向 (γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	15		15		14		14		16	
15°	—	15	16	15	15	15	15	15	16	16
30°	15	14	—	16	16	15	16	16	17	18
45°	14	14	16	15	—	16	19	19	20	24
60°	13	13	15	15	17	17	—	22	27	38
75°	10	12	11	13	13	16	22	30	—	82

圖—19　アスファルトコンクリート (No. 2) 反射光度分布



コンクリート系のものに比して反射能力は低きも擴散的傾向は全く同様のものである．表—11 より反射面光度分布並に η_{Ed} を求め得る事も全く同様である．表—12，圖—19 は之等を示すものである．

7) アスファルトコンクリート No. 6　實驗結果全く同様の結果を得．表及び圖のみを掲ぐ．

$E_m=4030\,L_x$　表—13　測定照度 $E_e\,(L_x)$

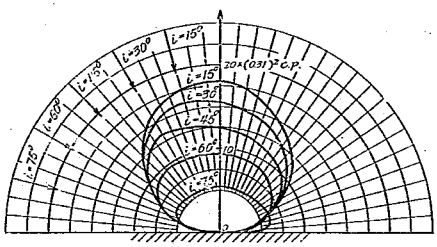
入射角 (i) / 測定方向 (γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	13		12		12		13		15	
15°	—	12	13	12	13	12	14	13	15	15
30°	13	12	—	12	15	12	15	14	17	17
45°	13	12	13	12	—	13	18	15	20	20
60°	11	11	14	12	16	14	—	18	30	30
75°	10	10	12	12	16	14	20	20	—	58

表—14 η_{Ed} 表

入射角 (i) / 測定方向 (γ)	$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$		$i=75°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	13		12		12		13		15	
15°	—	12	13	12	13	12	14	13	15	15
30°	13	12	—	12	15	12	15	14	17	17
45°	13	12	13	12	—	13	18	15	20	20
60°	11	11	14	12	16	14	—	18	30	30
75°	10	10	12	12	16	14	20	20	—	50

8) **アスファルトブロック**　反射率非常に小なるも反射傾向もアスファルトブロックに比して整反射的傾向が著しい．實驗結果表—15 の如し．

圖—20　アスファルトコンクリート No. 6 光度分布



$E_m = 3730\,L_X$　表—15　測定照度 $E_e\,(L_X)$

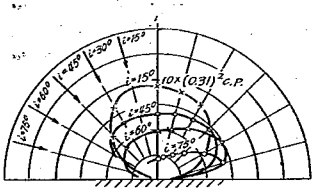
入射角(i) / 測定方向(γ)	i=15°		i=45°		i=60°		i=75°	
	＋	−	＋	−	＋	−	＋	−
0°	9.5		6.5		4.5		2	
15°	—	9	6.5	7	4.5	5.5	2	2.5
30°	8.5	8.5	6.5	7	4.5	6	2	3
45°	6.5	7	—	7	4.5	6.5	2	4
60°	4	5.5	4.5	6.5	—	7	2.5	5.5
75°	—	3	1.5	5	3	6.5	—	6.5

表—16　η_{Ei} 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=15°		i=45°		i=60°		i=75°	
	＋	−	＋	−	＋	−	＋	−
0°	7		7		7		6	
15°	—	7	7	8	7	9	6	7
30°	8	8	8	8	8	10	7	10
45°	7	7	—	10	9	13	8	16
60°	6	8	9	13	—	20	14	30
75°	—	8	6	19	16	35	—	68

表—15 より同價擴散反射率 η_{Ed} 竝に光度分布を求めてみる．表—16 は η_{Ed} 表にて圖—21 は光度分布を示すものである．

圖—21　アスファルトブロック光度分布



9) **煉瓦　(黑色,赤色)**　　鋪裝用煉瓦にて黑色，赤色を帶びてゐて，其の面は可成り滑かである．使用堰層光電池は 11 章［4］節に述べた如く，肉眼と同じ傾向の比感度を有するものなれば斯かる二系統の色相の場合も特に修正を加へる必要がない．實驗結果 表－17 の如し．

黑色を帶ぶる場合

$E_m = 4030\,L_X$　表—17　測定照度 $E_e\,(L_X)$

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	＋	−	＋	−	＋	−	＋	−	＋	−
0°	18.0		15		10.5		7.5		4	
15°	—	17.5	15.5	14.5	10.5	10.5	7.5	7.5	35	4
30°	14.5	15	—	13	11.5	10.5	7.5	8	4	4.5
45°	10	11.5	11	12	—	11	7.5	8.5	4	6
60°	6.5	8	6.5	8.5	7	10	—	10	4.5	9
75°	2.5	4	2.5	4.5	2.5	6	3	8.5	—	13.5

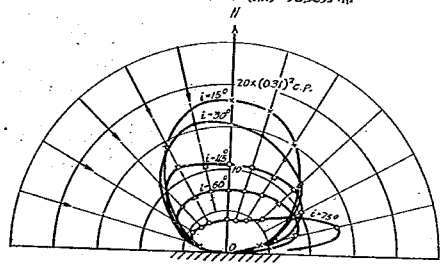
表—18　η_{Ed} 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	＋	−	＋	−	＋	−	＋	−	＋	−
0°	13		12		10		10		11	
15°	—	13	13	12	11	11	11	11	10	12
30°	12	12	—	12	13	12	12	13	12	14
45°	10	11	12	13	—	15	14	16	15	22
60°	9	11	10	13	13	18	—	26	23	45
75°	6	10	7	13	9	21	15	42	—	130

表—17 E_e より同價擴散反射率 η_{Ed} を求め得.

圖—22 は光度分布であるがアスファルトブロックに比較するに同じ黒味のものなれども其の光度の大なるに薄く，最も黒味と云ふもアスファルトブロックの場合と面の性質が大變異つてゐる.

圖—22　煉瓦（黒）光度分布



入射角 45° 以上より整反射的傾向が表れてゐる.

赤色を帶ぶる場合　實驗結果表—19 の如し.

赤色鋪裝煉瓦は黒色の場合に比較して光の吸收が少いが入射角の增大に伴ひ，整反射的傾向を示す事は全く同樣である. 表—20 は η_{Ed} 表である.

$E_m=4020L_x$　表—19　測定照度 $E_e(L_x)$

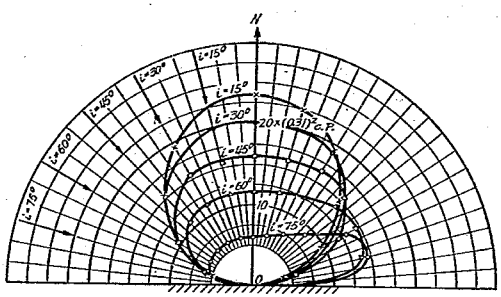
入射角 (i) / 測定方向(r)	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	23.5		20		16		11.5		6	
15°	—	22.5	20	20	15.5	16	11.5	12	6	6.5
30°	19.5	19.5	—	19	15.5	16.5	11.5	12.5	6	7.5
45°	15.5	15	15.5	15.5	—	15.5	11	14	6	9
60°	10.5	10	10	10.5	10.5	12	—	14.5	6	13
75°	5	4	5.5	4.5	5.5	5.5	6	14	—	14.5

表—20　η_{Ed} 表

入射角 (i) / 測定方向(r)	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	17		16		16		16		16	
15°	—	17	17	17	16	16	17	17	17	18
30°	16	16	—	17	17	18	18	20	18	23
45°	15	15	17	17	—	21	21	27	22	33
60°	14	14	15	16	19	22	—	38	30	66
75°	13	10	16	13	20	20	30	70	—	140

圖—23 は反射光度分布である. 入射角 60°, 75° で整反射的傾向が著しく表れてゐる.

圖—23　煉瓦（赤）反射光度分布



10) **木塊**　本木塊の如き塵埃等により表面の色調の變じ易きものは試料の取扱ひ等により反射率等は可成り著しき影響を蒙る．本試驗に使用せし試料は比較的新しき黒色の艶無きものである．

實驗結果下記の如し．

E_m=4120 L_X　表−21　測定照度 E_e (L_X)

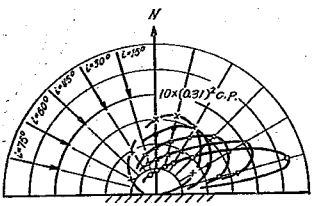
入射角 (i) / 測定方向(r)	i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	6		4.5		3.5		2.5	
15°	5.5	7	4	5.5	3	4	2	2.5
30°	—	7.5	4	6.5	3	5	2	3.5
45°	3.5	7	—	8	3	7	2	5.5
60°	2.5	6	2.5	8	—	10	2.5	9
75°	1	4	1	6	2	9.5	—	13.5

表−22　η_{Ed} 表

入射角 (i) / 測定方向(r)	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	5		5		4		5		7	
15°	—	6	4	6	4	5	4	6	5	7
30°	4	6	—	7	4	7	5	8	6	10
45°	4	6	4	7	—	10	6	13	7	20
60°	3	6	4	9	4	14	6	25	12	44
75°	3	6	3	11	3	21	10	46	—	128

木塊鋪裝の試料は大きさ稍〻小さく木塊部中央に投光する事不可能にて木塊部二枚の繼目を中心として投光した．勿論繼目の影響は僅少で差支へ無し．表−22 は計算より求めた η_{Ed} 表である．

圖−24　木塊光度分布



圖−24 は反射面光度分布である．特に著しき特性は反射率少く且つ擴散性の入射角により著しく減少する事を示すものである．

11) **小鋪石**　小鋪石としての本試料は花崗岩で面は適度の粗度を有し新しきものである．同じ小鋪石にても表面の擦損せるものは光の反射特性も異るものであると想像される．

小鋪石も受光面の關係上4箇の石片を寫眞−3 に示す如く配置し，2 箇の石片の中央部

表−23　測 定 照 度 E_e (L_X)

E_m=4050 L_X　　(a)　　(b)

入射角 (i) / 測定方向(r)	(a) i=15°		(a) i=45°		(a) i=60°		(b) i=15°		(b) i=30°		(b) i=45°		(b) i=60°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	41		26.5		17.5		39.5		33.5		26		16.5	
15°	—	38	27	25.5	17.5	16.5	—	38.5	33	32.5	26	25	17	16.5
30°	35	32	26	24	17	16	33	33.5	—	29.5	25.5	23.5	16.5	15.5
45°	27	25	—	20.5	16.5	15	24.5	26.5	24.5	24.5	—	20.5	16	14
60°	17	16	14	14	—	13.5	15.5	16.5	15.5	15.5	15	14	—	12
75°	6	5.5	6	6	6	7	5	6	5.5	5	5	5	6	6

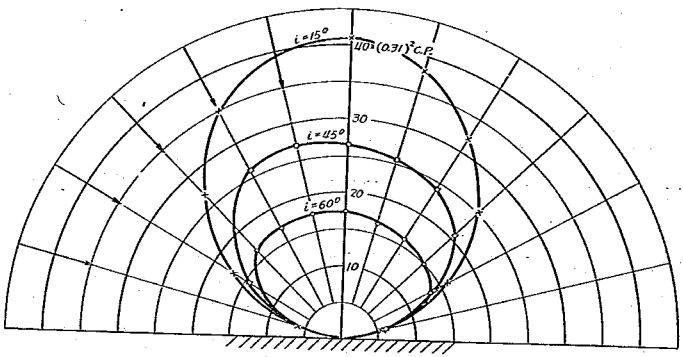
4 箇の中央部に投光せる場合を夫々 (a), (b) の場合とす.

實驗結果表—23 の如し.

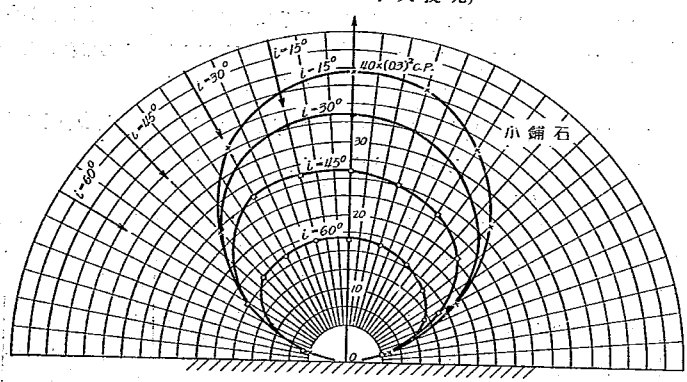
大體コンクリート系鋪裝の如き擴散性と反射率とを有するものである. 表—24 は η_{Ei} 値を示すもので圖—25 (a), (b) は (a), (b) 兩場合の反射面光度分布を示す.

圖—25 小鋪石反射光度分布

(a) (2 石片の中央投光)



(b) (4 石片の中央投光)



表—24　η_{Ei} 表

(a)

入射角 i / 測定方向 γ	i=15°		i=45°		i=60°	
	+	−	+	−	+	−
0°	19		26		24	
15°	—	28	27	26	25	24
30°	28	26	29	27	27	25
45°	26	24	—	27	31	28
60°	23	22	26	26	—	35
75°	15	14	21	21	30	35

(b)

入射角 i / 測定方向 γ	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°	
	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	28		27		25		23	
15°	—	28	27	27	26	25	24	24
30°	27	27	—	27	28	26	26	24
45°	24	25	27	27	—	27	30	26
60°	21	22	23	23	28	26	—	31
75°	13	15	16	14	18	18	30	30

12) **白色吸取紙**　本實驗裝置は總て土木試驗所にて製作せしものである．從來實用上の一つの標準として使用されてゐる白色吸取紙 (Berrick Bross, London) に就き全く同樣の試驗を行つた．結果は表—25 の如く計算せる η_{Ei} 反射光度も表—26 及び圖—26 に示す如きもので廣散性反射率共に一般に認容されてゐる程度の數値を得た．

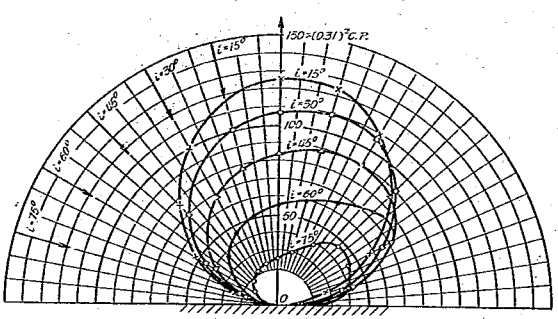
表—25　測定照度 E_c (L_x)

入射角 i / 測定方向 γ	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	125		107		84.5		55.5		26.5	
15°	—	124	100	110	78	89	51.5	60	24	31
30°	99	109.5	—	107	69.5	91	45.5	65.5	22	40
45°	77	87	69.5	90	—	87	38	74	18.5	46.5
60°	52	59	46	65.5	39.5	72.5	—	72	15	44.5
75°	24.5	28	21.5	36.5	18.5	42	14	42	—	41

表—26　η_{Ei} 表

入射角 i / 測定方向 γ	i=15°		i=30°		i=45°		i=60°		i=75°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	85		83		79		73		68	
15°	—	88	79	87	75	85	70	82	63	82
30°	77	85	—	93	74	97	68	88	64	116
45°	72	81	72	92	—	110	68	133	64	162
60°	67	76	66	94	69	128	—	178	72	214
75°	60	69	59	100	62	140	67	200	—	376

圖—26　白色吸取紙反射光度分布



以上の如く乾燥狀態に於ける路面の光反射狀況を明かにする事が出來た．其の外塵埃の散布狀態等により反射率に著しき差異あるも通常路面に於ては白色化する事の影響として

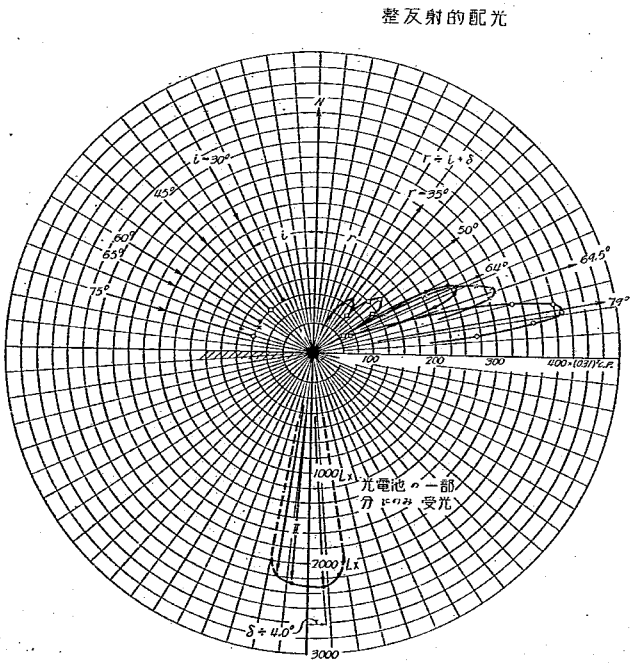
取扱へば其の定性的の關係は明かになる．從つて本試驗の結果のみにても趨勢を知り得．後節此點に關し少しく記述すべし．

(2) 流水狀態

第I章緒言に路面の光反射特性の一態として流水狀態に於ける整反射傾向の事柄を述べII章[2]節實驗式の說明に於て圖—5に示す如き整反射をなす場合の反射率 η_r の計算式(9) $\eta_r=E_c/E_c'$ を掲げた．但し E_c' は反射光を測定せる場合の光電池の示度照度にて E_c は投射光を直接同光電池に受光せし場合の示度照度である．實驗方法は乾燥狀態と全く同樣なれども寫眞—1，又は圖—6 の IV なる小水槽の底部に穿てる小穴より自然に流出する水を試料面に沿ひ，落下せしめ降雨中に於ける路面の流水類似の狀況を作つた．裝置の關係上常に流水層の厚みを一樣にし，且つ平滑な面を得る事は不可能であつた．從つて實驗結果の判別にも此點を考慮する必要がある．

流水狀態に於ては路面は常に輝ける鏡面をなし完全な整反射をなすものと見做し得．實

圖—27 アスファルトコンクリート路面の流水狀態に於ける整反射を示す



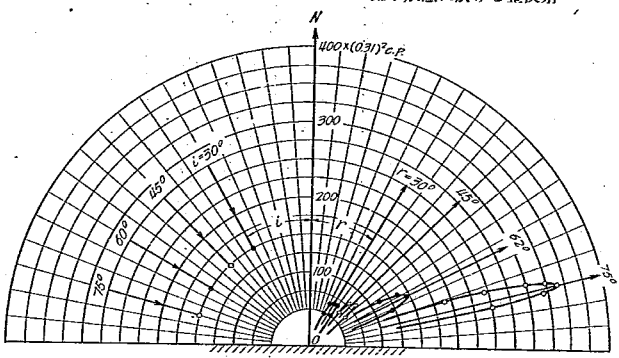
驗は常に投射光線の入射角 (i) を一定に保ちつゝ測定角 (r) を i と等しくし反射光線量を測定す．入射角は 15°, 30°, 45°, 60°, 75° の 5 種に變じた．圖—27, 圖—28 は其の一例を示すものである．

圖—27 はアスファルトコンクリートの場合にて i は入射角を示す，反射光線は一般に i より稍〻大なる $(i+\delta)$ 角度にて整反射が表れてゐる．殊に著しい事は入射角 i の增加に伴ひ反射光線は著しく增大してゐる．斯かる現象は總ての場合に現れ，程度こそ異るも傾向は全く同様である．

同圖下部配光は投射光線の光電池による配光曲線で (9) 式の E_c に相當するものである．

圖—28 はモルタル仕上コンクリートの場合の整反射狀態を示すものであるが表面滑かなる爲めか圖—27 の場合と比較するに　1) 整反射が更に一層明瞭に起つてゐる　2) 整反射角は入射角に等しい……等特性が明瞭に表れてゐる．

圖—28　モルタル仕上コンクリートの流水狀態に於ける整反射



本試驗にては入射角 75° の場合最大整反射を示す．各鋪裝の流水狀態に於ける反射性狀を比較せん爲め今入射角 $i=75°$ の場合の反射光線測定値を表—27 に掲ぐ．

表—27　整反射光線 E_c' 照度と E_c 照度との關係

1：3：6 砂利コンクリート $E_c=2425\ (L_X)$			1：2：4 砂利コンクリート $E_c=2250\ (L_X)$			1：1.5：3 碎石コンクリート $E_c=2235\ (L_X)$			1：2 膠石コンクリート $E_c=2365\ (L_X)$			モルタル仕上コンクリートブロック $E_c=2440\ (L_X)$		
測定方向 (r)	E_c'	η_r	測定方向 (r)	E_c'	η_r	測定方向 (r)	E_c'	η_r	測定方向 (r)	E_c'	η_r	測定方向 (r)	E_c'	η_r
69°	128	5%	71°	93	4%	71°	126	6%	65°	113	5%	73°	300	12%
71°	182	8〃	73°	113	5〃	73°	146	7〃	67°	139	6〃	74°	325	13〃
73°	209	9〃	75°	125	6〃	75°	145	7〃	69°	153	6〃	75°	340	14〃
75°	197	8〃	77°	123	5〃	77°	120	5〃	71°	148	6〃	76°	320	13〃
77°	152	6〃	79°	102	5〃				73°	125	5〃	77°	278	11〃

アスファルト マカダム No. 2 $E_c=2500\ (L_X)$

測定方向 (r)	E_c'	η_r
69°	154	6%
71°	190	8〃
73°	200	8〃
75°	186	7〃
77°	151	6〃

アスファルト マカダム No. 6 $E_c=2470\ (L_X)$

測定方向 (r)	E_c'	η_r
67°	193	8%
69°	210	9〃
71°	206	8〃
73°	177	7〃
75°	135	5〃

アスファルト ブロック $E_c=2280\ (L_X)$

測定方向 (r)	E_c'	η_r
71°	258	11%
73°	283	12〃
75°	222	10〃
77°	128	6〃

煉瓦鋪裝 (a) $E_c=2470\ (L_X)$

測定方向 (r)	E_c'	η_r
74°	188	8%
75°	219	9〃
76°	233	9〃
77°	232	9〃
78°	220	9〃

煉瓦鋪裝 (b) $E_c=2460\ (L_X)$

測定方向 (r)	E_c'	η_r
71°	275	11%
72°	292	12〃
73°	280	11〃
74°	252	10〃
75°	203	8〃

表—28 鋪裝面の整反射率一覽表

鋪 裝 種 類	入射角 (i)	整反射角 (r) E_c' の最大値に對するもの	整反射率 (η_r) %
1：3：6 砂利コンクリート	30°	28°, 30°, 32°, 34°	3
	45°	43°, 45°, 47°, 49°	3
	60°	60°, 62°	6
	75°	73°	9
1：2：4 砂利コンクリート	30°	30°, 32°, 34°, 36°	2
	45°	43°, 45°, 47°, 49°	2
	60°	60°	4
	75°	75°	6
1：1.5：3 碎石コンクリート	30°	28°, 30°, 32°, 34°, 36°	2
	45°	41°, 43°, 45°, 47°, 49°	2
	60°	58°, 60°, 62°, 64°	4
	75°	73°, 75°	7
1：2 膠石コンクリート	30°	28°, 30°, 32°, 34°	2
	45°	41°, 43°, 45°	2
	60°	54°, 56°, 58°	4
	75°	67°, 69°, 71°	6
モルタル仕上コンクリート	30°	24°～38°	2
	45°	41°～51°	3
	60°	58°～64°	6
	75°	75°	14
アスファルト コンクリート No. 2	30°	24°～36°	2
	45°	41°～47°	3
	60°	59°～61°	5
	75°	71°～73°	8
アスファルト コンクリート No. 3	30°	24°～38°	2
	45°	43°～48°	3
	60°	54°～62°	4
	75°	69°	9
アスファルトブロック	30°	28°～40°	2
	45°	47°～55°	3
	60°	64°	7
	75°	73°	12
煉瓦 (黑色, a)	30°	26°～36°	2
	45°	45°～47°	3
	60°	60°～62°	5
	75°	75°～78°	9
煉瓦 (赤色, b)	30°	23°～29°	3
	45°	40°～45°	3
	60°	56°～59°	6
	75°	72°	12
小 鋪 石	流水狀態惡く實驗不可能		

其の他の入射角の場合も全く同様なれば全部省略す.

一般に入射角の增加に伴ひ整反射率 η_r は著しく增加するもので $i=30°$ 位までは η_r は鋪裝の種類の如何に拘らず 2～3% 程度にて $i=75°$ に至れば 7～14% の範圍に變る.

表—28 は整反射率 η_r と入射角 (i) 竝に整反射角度 $(r=i+\delta)$ 範圍の實測値を示すものである. 精確に $r=i$ に於て整反射の表れてゐるものと δ に (+) (−) の小なる角度を示すものとがある. 此表を見るも本資料のみにては整反射角 r の入射角 i との偏倚の理由を論究闡明する事は困難である.

[2] 野外試驗 (乾燥狀態)

[1] 節に述べし如く實驗室內試驗としては可成り詳細に鋪裝面の光の反射特性を實驗せしも二三野外の路面に於て試驗比較し, 果して [1] 節の結果と同じ傾向の特性を示すやを吟味した. 試驗裝置には II 章 [3] 節寫眞の如きものを用ひ, 路面上に圓形穴 (直徑 10 cm) を有する天鵞天布を置き光を路面に投射し寫眞 c に示す光電池にて反射光分布を調べた. 試驗箇所は II 章 [4] 節に表及び圖面 (圖—12) として揭げた. 實驗室內試驗と重複するから結果のみ簡單に列擧せん. 路面反射光線の光度分布曲線は二三のものに就き揭げ他のものは省略す. 同價擴散反射率 η_{Ed} は比較の爲め全部取纏め表—29 に示す. コンクリート系にても砂利, 碎石, 膠石コンクリートの差異も室內實驗の結果と全く同じものである. 木塊煉瓦鋪裝の入射角 (i) 增加に伴ふ整反射傾向も表れてゐる. 一般に路上試驗は交通の關係より中央部クラウン部で行へず, 橫斷部に於て中心部と端部との中間なれば路面は場所により曲線をなし從つて測定角に明確を缺く事がある. 下記の表—29 中 E_m の値に不同あるは電源を其の試驗場所の街燈又は附近の人家より求めし爲め配線其の他の理由により電壓が變つた爲めである. 裝置の都合上入射角度 60° まで試驗す.

表—29　路面の光反射現場試驗による同價擴散反射率表 η_{Ed}

1)　1：2：4 砂利コンクリート
圖面位置 $\odot_7$
$E_m=520\,L_x$　　η_{Ed} 表

入射角 (i) / 測定方向 (γ)	$i=0°$		$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	—	—	30	27	28	28	29	29	26	29
15°	24	30	28	—	28	28	30	28	28	29
30°	28	30	30	27	30	—	33	30	35	29
45°	31	33	33	31	33	31	41	—	43	36
60°	34	36	37	34	43	37	55	40	76	—

2)　1：1：2 碎石コンクリート
圖面位置 $\odot_4$
$E_m=1110\,L_x$　　η_{Ed} 表

入射角 (i) / 測定方向 (γ)	$i=0°$		$i=15°$		$i=30°$		$i=45°$		$i=60°$	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	—	—	23	23	22	22	22	21	23	23
15°	22	23	22	—	22	22	22	21	23	23
30°	21	23	22	23	23	—	25	23	30	27
45°	20	22	21	23	25	24	31	—	42	30
60°	19	23	20	24	27	24	40	27	67	42

3) 1：1.5：3 碎石コンクリート
圖面位置 ⊙5
$E_m=1020\,L_X$　η_{Ed} 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=0°		i=15°		i=30°		i=45°		i=60°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	—	—	14	14	14	14	13	13	13	11
15°	14	15	14	—	14	14	13	13	14	10
30°	12	14	12	13	15	—	14	14	19	11
45°	11	13	10	12	14	14	20	—	30	12
60°	8	13	8	12	14	13	23	18	57	—

4) 膠石コンクリート
圖面記號 ⊙6
$E_m=1300\,L_X$　η_{Ed} 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=0°		i=15°		i=30°		i=45°		i=60°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	—	—	19	19	14	13	10	10	13	13
15°	17	18	24	—	21	11	13	10	15	11
30°	11	12	18	11	38	—	24	9	25	13
45°	9	10	11	11	20	10	43	—	70	12
60°	6	8	7	10	13	7	32	8	148	—

5) アスファルトコンクリート（トペカ）
圖面記號 ⊙1
$E_m=1350\,L_X$　η_{Ed} 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=0°		i=15°		i=30°		i=45°		i=60°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	—	—	17	17	16	16	16	16	18	19
15°	15	16	16	—	16	16	17	16	19	19
30°	14	16	16	16	18	—	20	18	25	20
45°	14	15	15	15	19	16	26	—	37	24
60°	15	16	16	16	23	18	34	22	61	—

6) アスファルト乳劑鋪裝
圖面記號 ⊙8
$E_m=945\,L_X$　η_{Ed} 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=0°		i=15°		i=30°		i=45°		i=60°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	—	—	20	20	18	18	17	17	15	15
15°	21	20	18	—	18	18	16	17	15	15
30°	20	19	18	19	18	—	16	18	18	16
45°	18	18	17	18	17	19	18	—	23	19
60°	16	16	14	14	18	16	22	19	34	—

7) アスファルトブロック
圖面記號 ⊙3
$E_m=550\,L_X$　η_{Ed} 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=0°		i=15°		i=30°		i=45°		i=60°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	—	—	16	16	15	15	16	16	17	17
15°	17	17	15	—	15	15	16	15	18	17
30°	16	16	15	14	17	—	18	16	23	19
45°	17	17	17	16	19	15	23	—	34	22
60°	19	19	17	16	25	18	33	21	61	31

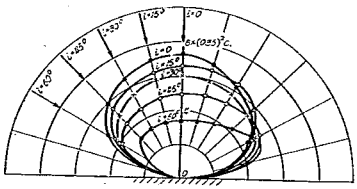
8) 煉瓦鋪裝（赤色）
圖面記號 ⊙2
$E_m=900\,L_X$　η_{Ed} 表

入射角(i) / 測定方向(γ)	i=0°		i=15°		i=30°		i=45°		i=60°	
	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
0°	—	—	20	20	19	19	20	20	23	22
15°	20	19	19	—	19	19	20	20	24	22
30°	20	18	19	19	21	—	22	22	30	24
45°	20	20	21	21	24	22	29	—	41	28
60°	22	21	22	22	30	24	40	26	65	—

路面に於ける試驗は上表の8種であるが標準の爲めに白色吸取紙 (Berrick Bross, London) 及び實驗室內（リグノイド仕上）床反射特性を試驗した．白色吸取紙の結果としては，前節に得たものと全く同程度の反射率竝に同價擴散反射率を得た．反射面光度分布としては 2,3 特長あるもので鋪裝路面として有効に使用されつゝあるもの〻結果に就き分布圖を列擧す．詳しき說明は一切省略するもコンクリート系に於ては砂利，碎石，膠石と鋪裝路面の特長が著しく現れてゐる事は注目に價するものである．

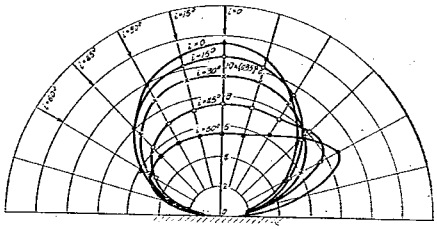
圖—29

1) 1：2：4 砂利コンクリート反射光度分布



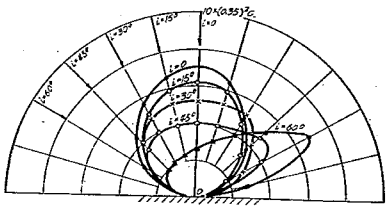
圖—30

2) 1：1：2 碎石コンクリート反射光度分布



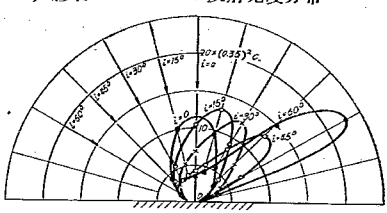
圖—31

3) 1：1.5：3 碎石コンクリート反射光度分布



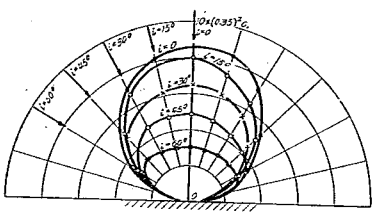
圖—32

4) 膠石コンクリート反射光度分布



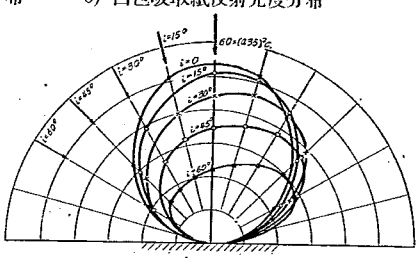
圖—33

5) アスファルト乳劑鋪裝，反射光度分布



圖—34

6) 白色吸取紙反射光度分布



以上の如く實驗室內及び野外路面反射試驗により一般に使用されつゝある鋪裝路面の光の反射に對する特性を實測し，各鋪裝に夫〻特異なる反射特性のある事を明かにした．以下實驗結果より照街照明設計の基準となる反射率（利用率），擴散反射能，輝度分布等に就て考察せる結果を記述せん．

IV. 實驗結果（其の2）

[1] 路面の輝度

近來路面の照度分布よりも寧ろ輝度分布が重視されて來た事は屢〻述べた．第 III 章の

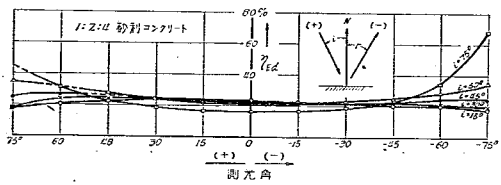
實驗結果に掲げた反射光度分布圖よりして容易に輝度分布を求め得．即ち反射面垂直よりγ° 角の方向より見たる輝度 B_r は今光度を I_r とすれば

$$B_r = I_r/\cos r \quad \cdots\cdots(13)$$

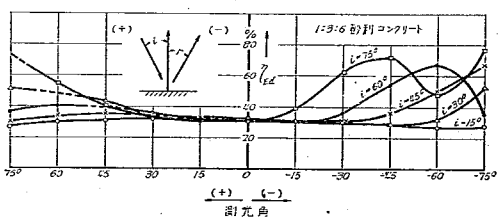
より求め得．又完全擴散反射面では第 II 章[1]節に圖—1 に示した様に輝度 B_r は γ° 方向の如何に拘らず一定となるべきである．輝度分布は圖—14…圖—25…等より得るも一方第 III 章[1]節 (11)式……$B_r = \frac{E\eta_{Ed}}{\pi}$ ……(但し E 受光面照度，η_{Ed} 同價擴散反射率を示す) より明かなる如く η_{Ed} 分布より輝度の分布を推定し得．

從つて輝度の値は路面の照度と測定方向とにより直ちに定まるものである．輝度の分布等の問題も η_{Ed} 分布より直ちに定まる．流水狀態に於ける輝度は路面照度 E と整反射率 η_r 並に反射角度 "r" により $E\eta_r/\cos r$ 式にて容易に求め得．

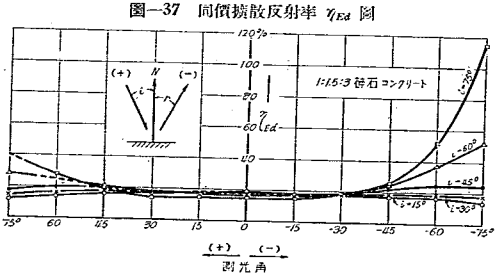
圖—35　同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



圖—36　同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



圖—37　同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



以上の如く輝度に關する特性は η_{Ed} 率に關する特性である．

[2] 同價擴散反射率 (η_{Ed}) 特性

室內試驗野外試驗も同じ傾向の η_{Ed} 率分布を示したから今前者の場合の結果を圖示す．圖—34～圖—44 は入射角一定 (i) に對する同價擴散反射率 η_{Ed} の測定角 (r) による變化の有樣を示すものである．同圖はスケール小なる爲め η_{Ed} の値を比較するには不便であるが全體の傾向を明かにするに適してゐる．

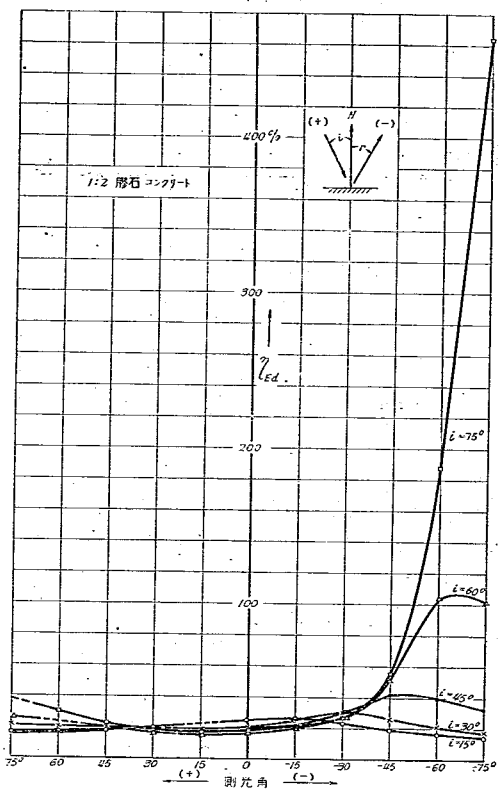
圖—35～圖—44の η_{Ed} 率分布を見るに一般に入射角 i の增大に伴ひ，測定方向 (r) の增加するに從つて，擴散反射率 (η_{Ed}) の增大す

る割合が著しく大となる．通常完全擴散反射面と見做されてゐる白色吸取紙にても其の傾向が著しい．膠石コンクリートの如く特に整反射的傾向の大なるものでは測定角 $r=i$ の所に於て η_{Ed} の最大値が明瞭に現れてゐる様である．1：3：6 砂利コンクリートの入射角 $i=75°$ に對するものでは η_{Ed} が測定方向 $r=60°$ にて一旦減少してゐるが，斯かる影響は其の試料の表面に存在せる砂等の特別な配置によるもので更に詳細なる研究を必要とするものである．圖—45 を見るも，1：3：6 砂利コンクリートのみ η_{Ed} の測定角に對する傾向が異つてゐる．斯く完全擴散性より偏倚する特性を知る一法として測定方向を入射角と同一にとりし時（$r=i$）の同價擴散反射率 η_{Ed} を圖—45 に示した．

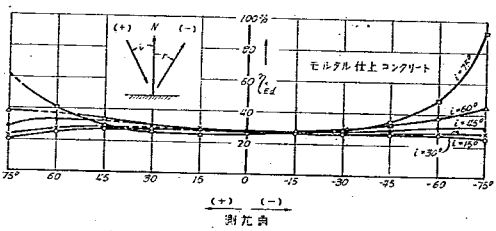
同圖によるに鋪裝路面の光の反射特性に就いて著しい差異の存在せる事が分る．即ち，

i) 測定角 45° 以內

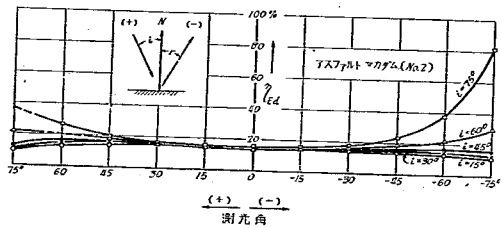
圖—38　同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



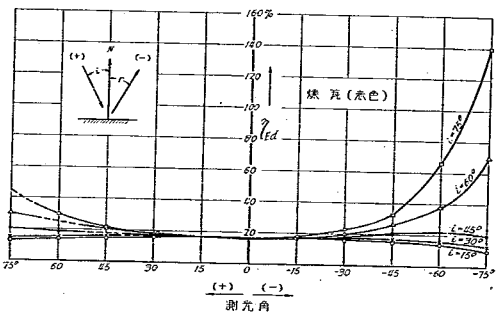
圖—39　同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



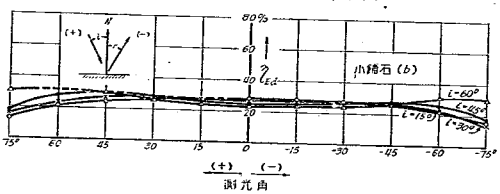
圖—40 同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



圖—41 同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



圖—42 同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



にて觀察する時，路面は實用上完全擴散反射面と見做し得るも，

ii) 測定角 60°, 75° に至れば著しい整反射傾向を示すものである．今輝度の絶對値の見地より大略三種に分類し得．擴散性に關しては後部に述べる．

iii) A: 輝度强大なる面
B: 輝度中庸なる面
C: 輝度小なる面

の三種に分類す．A, B, C に屬するものを記述すれば，

A: 膠石コンクリート
B: 鋪裝煉瓦，モルタル仕上コンクリート，木塊，1：1.5：3 碎石コンクリート
C: 1：2：4 砂利コンクリート，1：3：6 砂利コンクリート，アスファルトコンクリート，アスファルトブロック，小鋪石

同價擴散反射率 η_{Ed} は $r=i=15°$ に於て 7～33 % の小範圍の値であるが $r=i=75°$ に於ては 50～400 % 以上の範圍の値をとる．

[3] 全光束反射率 (利用率) R

路面の輝度等の如く反射光線の分布に關する事を度外視すれば第 III 章[1]節に述べた如き全光束の反射率 $R=\frac{F'}{F}$ を知る必要がある．同節に示せし反射光束 F と同價擴散反

射率との關係式

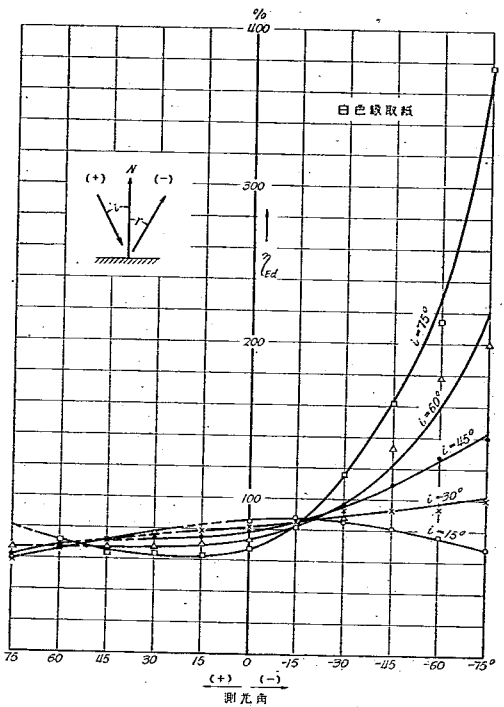
$$I'=RF=I\cdot\left\{\eta''+\sum\frac{\eta'}{r}\cos r_1\cdot\Delta S\right\}\eta_{Ed}=\eta''+\eta'\neq R$$

を見るも完全擴散反射面の場合は同價擴散反射率 η_{Ed} が R と全く同一のものとなる．前節に詳論せし如き整反射傾向のものでは其の分布部分 (ΔS) の大小により異るもので單に η_{Ed} 分布のみよりしては R の値を求める事は不可能である．球面光束計原理によるもので測定する必要がある．今 $(\cos r_1\cdot\Delta S)$ を度外視し得ると假定し III 章 [1] 節に得たる η_{Ed} 率より擴散反射部分に近きもの丶みをとり其の平均値をとり全光束反射率を假りに計算す．

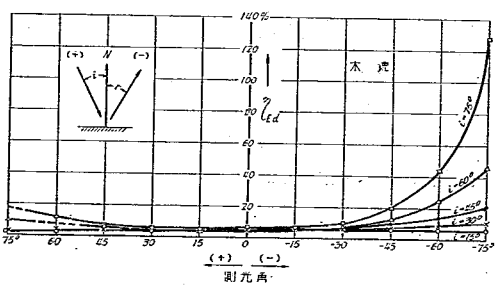
今，入射角 $i=45°$ の場合の η_{Ed} 表を表—30 に示す．

便宜上，上記の理由により η_{Ed} 率の $r=0°$, 15°, 30°, 45°, に對するもの丶平均値を全光束反射率 R と見做し同表に記入した，右端に記入せる全光束反射率 (R) は第 8 回國際道路會議第 5 部委員伊藤，杉浦兩氏がマツダ光束計（反射率測定器）

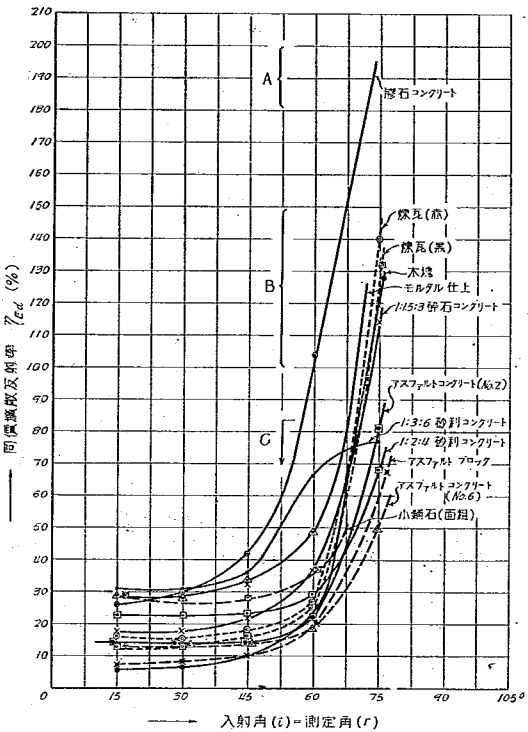
圖—43　同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



圖—44　同價擴散反射率 η_{Ed} 圖



圖—45 測定方向，入射角と同價擴散反射率 η_{Ed} との關係



にて入射角約 45° のものにて供試體面に投光し球面測光裝置原理により反射率を求むるもの）を使用し多數の供試體に就き測定されし値にて[24] R，(R) を比較せんに兩者は同じ傾向を示すものである．特に * 記號を附せしものに就ては本試驗の結果の方が稍〻小き値を示してゐる．一般に黑味を帶びしものは塵埃等の影響を蒙り易く，試料の取扱ひ等により反射率の變りが甚しい．表—30 は實驗室內の試驗結果より得しものであるが野外試驗の結果表—29よりも同樣に平均同價擴散率を求め得，今斯くして求めた全光束反射率 R を表—31 に示す．

同表中 (R) 値も前表中の (R) と同樣伊藤，杉浦兩氏の試驗結果にて委員會報告書による．測定箇所も可成り異るも全體として同じ傾向を示してゐる．表—30 と比較すれば特にアスファルトブロック，アスファルトコンクリート等の反射率が增大してゐる．塵埃の爲め黑味の減少せる結果である．* 記號の膠石コンクリートは測定箇所 $\odot_6$，$\triangle_5$ が全く異つてゐる．本試驗の箇所は圖—12 により明かなる如く市街地にて路面に可成り多數の汚斑があつた．路面反射試驗と同時に別法により色調試驗をすれば斯かる關係が明瞭となる事と推察するも特に行はなかつた．

以上述べし如き全光束反射率より路面を分類せん爲全光束反射率の大小の順位に鋪裝を配置し色相との關係を求めんとす．特に色相試驗を行はず，遺憾ではあるが久野氏[25]の

表—30　同價擴散反射率 η_{Ed} ($i=45°$ とす) %

鋪裝材料＼測定方向	0°	15°	30°	45°	平均	(R)
1：3：6 砂利コンクリート	31	31	33.5	36	33	32.8
1：2：4 〃　〃	22	23.5	23	23	23	27.9
1：1.5：3 碎石コンクリート	18	18	19	22	20	22.3
1：2 膠石コンクリート	19	19	25	42	26	23.2
モルタル仕上コンクリート	27	27	29	29	28	—
アスファルトコンクリート No. 2	14	15	16	16	15	20*
〃　〃 No. 6	12	13	13	13	13	
アスファルトブロック	7	7	8	10	8	—
煉瓦 (黑)	10	11	13	15	13	21(最小 13)
〃 (赤)	16	16	18	21	18	
木塊	4	5	6	10	6	15*
小鉛石 (a)	26	26	28	27	27	25
〃 (b)	25	26	27	27	26	
シートアスファルト	—	—	—	—	—	20.1

表—31　野外試驗による全光束反射率 R, %

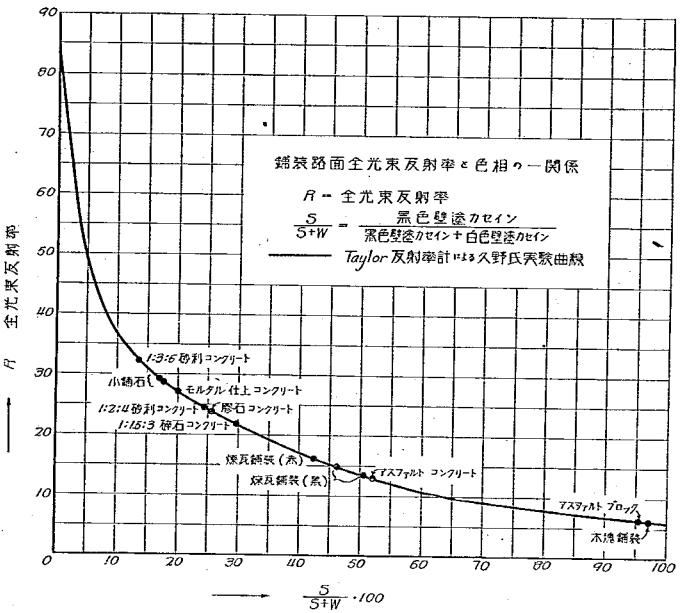
鋪裝材料＼全光束反射率	R	(R) 1/4 附近歩道側
1：2：4 砂利コングリート	33 ⊙7	29 —30.5 △7
1：1：2 碎石コンクリート	24 ⊙4	23.5—27.6 △4
1：1.5：3 碎石コンクリート	16 ⊙5	—
膠石コンクリート	20 *⊙6	26.1—31.7 △5
アスファルトコンクリート	19 ⊙1	19.2 △1
アスファルト乳剤鋪裝	17 ⊙8	19.5 △8
アスファルトブロック	18 ⊙3	17 △3
煉瓦鋪裝 (赤)	22 ⊙2	19.4—23.7 △2

⊙1～8 △1～8 は 圖—12 による試驗箇所を示す.

白黑壁塗カセイン混合物の全光束反射率 R と黑色, 白色カセインの混和量(黑色カセイン/黑色カセイン+白色カセイン, 重量) との關係圖を引用し, 表—30 の結果を記入す. 圖—46 は斯くして得た一種の路面分類圖である. 同圖によれば一般鋪裝面は光の反率より概略三種に分類し得. 卽ち,

分類	要項	R% 範圍
A) 反射率大なるもの	コンクリート系の如き明調系	20～34
B) 〃 中庸なるもの	アスファルトコンクリートの如き混色系	12～20
C) 〃 小なるもの	木塊, アスファルト類の如き黑調系	7～12

圖—46 鋪裝面全光束反射率と色相との一關係



圖—46によるも表—30,31兩者を比較するも路面は塵埃等により色相を變じ易く，色相により全光束反射率も可成り大なる範圍に變るものである事を知る．此方面の資料としては

i) 路面上の全光束反射率分布の試驗

ii) 路面洗滌の光反射率に及ぼす影響

iii) 路面洗滌狀態より乾燥狀態に至る中間に於ける全光束反射率の變化經程

等を明かにするが必要である．之等の點の一部は伊藤，杉浦兩委員の試驗結果により其の傾向を明かにし得るもので，特に第8回國際道路會議國內報告書を參照されん事を希望す．

[4] 整反射率 (η_r) 特性

III 章 [1] 節 (2) 流水狀態實驗に於て詳しく述べた様に路面は水層にて覆るとき全く整反射を示すもので表—29 に入射角 (i) と整反射率との關係を表示した．元來流水狀態の反射は水層と空氣層の間に起れる現象で鋪裝の種別等の影響は二次的であると想像される．透明物體に對する投射光線の反射に關しては光の電磁理論より特性を示す式がある．式-14 は其の一である．

$$I_r=\frac{1}{2}a^2\left[\frac{\sin^2(i-\delta)}{\sin^2(i+\delta)}+\frac{\tan^2(i-\delta)}{\tan^2(i+\delta)}\right],$$

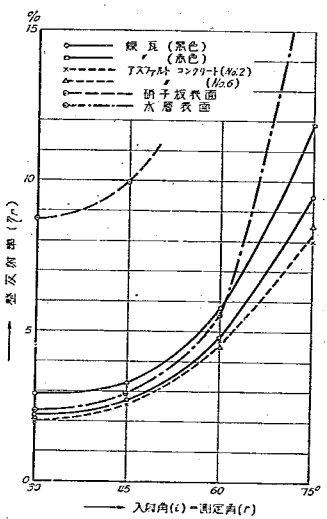
$$I_\delta=\frac{1}{2}a^2\left[\frac{\sin 2i\sin 2\delta}{\sin^2(i+\delta)}+\frac{\sin 2i\sin 2\delta}{\sin^2(i+\delta)\cos^2(i-\delta)}\right] \quad\cdots\cdots(14)$$

(14) 式は Fresnel の反射屈折光線の强さを示す式にて入射光線の强さ $I_i=a^2$ を知れば容易に反射率 η_r 屈折透過率 τ_r を求め得，但し i は入射角，δ 屈折角にて，屈折率 n とは $\frac{\sin i}{\sin\delta}=n$ の關係にある．水に對し $n\fallingdotseq1.335$，窓硝子 $n=1.514-1.542$ にとり i 角度に對する $I_r/I_i=R$ 率を求む．圖—47 (a), (b) は表—29 を圖示せるもので同圖内に水窓硝子に於ける (14) 式にて計算せる反射率 R を記入した．(a) 圖のモルタル仕上コンクリートの場合のみ，供試體と水層の反射率とは同じ傾向にて其の程度も大差がない．其の他の場合には $r=i$ 反射角の增加に伴ふ反射率增加程度が水層の場合より著しく小である．

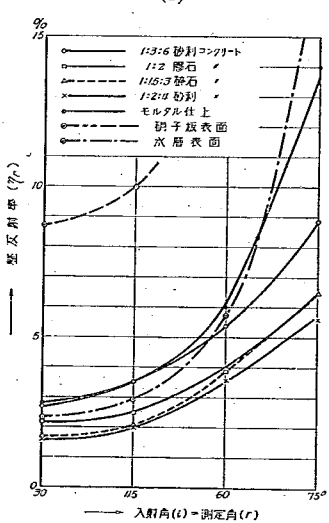
第1に考察される事は供試體面を流水する場合に常に靜に水被狀態を示さず幾條かの條流をなす．從つて試料の平均面に對する反射角(r)と實際水層に對する角度とは著しく異るものである．圖—48 の如く水層が滑かなる凸部を示す時平均面に對し，$i=r$ なるも眞の入射反射角は $i'=r'$ にて $i'\ (r')<i\ (r)$ となる．從つて反射光線の方向も平均面に對し r'' と

圖—47　路面の流水狀態に於ける整反射率 (η_r) と反射角 (入射角) との關係

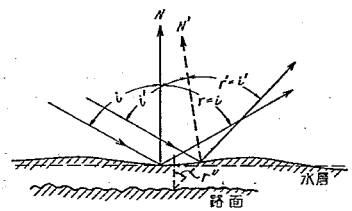
(a)



(b)



圖—48
流水狀態に於ける光の反射角度の關係を示す



變るも，眞反射角(r')の變化による反射率 R の蒙る影響が著しく表れて來る．且つ見掛上反射角の小きものに對する反射率 R を示す．圖—46 (b) の煉瓦アスファルトコンクリートの方が流水狀態より考察するにコンクリート系より面が滑かである．

流水狀態より見たる路面平滑順位（室內試驗供試體）として

モルタル仕上コンクリート～煉瓦鋪裝～アスファルトコンクリート，～1：1.5：3 碎石コンクリート～膠石コンクリート，～1：3：6 砂利コンクリート～1：2：4 砂利コンクリート

の如き配列を得．又

整反射の入射角（反射角）75° に對する反射率 η_r を見るに 8—9 %の一群と 12—14 %の一群に大別してゐる．主に路面の粗度大なるものは反射率少く 8—9 % の群に屬し比較的平滑なる場合は 12—14 % の群に屬する樣である．鋪裝材自體の色相には無關係の樣である．

[5] **反射擴散能** (σ)　乾燥路面の光の反射に關する特性は既に本章 [2] 節に詳論し，入射角の增加に伴ひ，整反射性を示し完全擴散性より遠ざかる事を知つた．其の特性を示す一方便として II 章 [1] 節に (2) 式で示す 2 樣式の反射擴散能第一種比相第二種比相反射率 σ_1, σ_2 を引用した．σ_2 は投射平面內の平均輝度を基準とするもので路面の如き對稱を缺く分布の場合の反射擴散能を示すとしては不適當である．第一種比相反射率 σ_1 を用ひて輝度の變化を示し，擴散面の整反射性を示さん．表—32 は IV 章 [2] 節の輝度分布特性より求めし σ_1 表にて特に入射角 $i=15°$, $75°$ に對する値を掲ぐ．(2) 式にて明かなる如く $\sigma_1=1$…は完全擴散面，$\sigma_1=0$…は完全整反射面である．第 2 節同價擴散反射率 η_{Ed} の分類に輝度の絕對値の大小に基き，A, B, C と區別した．卽ち

$i=75°$ に對する測定方向 $r=75°$ の η_{Ed} 率の大小にて示せば A ($\eta_{Ed}=150$ % 以上) B ($\eta_{Ed}=150$～110 %) C ($\eta_{Ed}=90$ % 以下) である．

然るに表—32 反射擴散能 σ_1 による分類は

Ⓐ： σ_1 の價　0.02 程度にて整反射傾向著しきもの
Ⓑ： σ_1 の價　0.05 程度のもの
Ⓒ： σ_1 の價　0.10 程度にて擴散性著しきもの

表—32 によれば路面の反射擴散能 σ_1 の範圍竝に鋪裝との關係が明瞭に表れてゐる．

表—32　反射擴散能 σ_1 表

鋪裝種類	反射擴散能 σ_1		反射擴散能による分類 Ⓐ Ⓑ Ⓒ	擴散反射率 η_{Ed} による分類 A. B. C
	入射角 $i=15°$	入射角 $i=75°$		
1：2：4 砂利コンクリート（ベルト仕上）	1.00	0.10	Ⓒ	C
1：3：6 〃　〃　（金鏝仕上）	1.00	0.06	Ⓑ	C
1：1.5：3 碎石コンクリート（ベルト仕上）	1.00	0.05	Ⓑ	B
1：2 膠石コンクリート	0.92	0.016	Ⓐ	A
煉　瓦（赤黒平均）	1.00	0.052	Ⓑ	B
アスファルトコンクリート	0.99	0.09	Ⓒ	C
木塊鋪裝	0.87	0.020	Ⓐ	B
アスファルトブロック	1.00	0.042	Ⓑ	C
小　鋪　石	1.00	0.12	Ⓒ	C

擴散反射面としては少くとも Ⓒ Ⓑ 級のものを使用すべく Ⓐ 級にても同價擴散反射率 η_{Ed} の値の小なるものは路面照度の程度によりては使用差支へなきも η_{Ed} 率，σ_1 率共に大なる Ⓐ 級のものは使用せざる方よし．

實際の路面としては上記 η_{Ed}，σ_1 率の外全光束反射率 R を考慮に入れ道路照明上より見たる優劣を論ずべきである．

V. 結　論

［1］ 試驗結果の要約

近來道路照明の最も主要な研究項目である路面に於ける輝度に關する特性を各種主要なる鋪裝に就き實驗室内及び野外雨試驗を行つたものである．其の必要性及び道路工學，照明工學界の道路照明基準に關する世界的趨勢を論じた．且つ本實驗の測光器として使用せし堰層光電池は一般照明用として最近普及してゐるもので將來も道路照明試驗に使用さるものなれば嚴密な試驗を行つた．試驗結果は各章に詳しく記述せしを以て要約として主要なもののみ列擧せん．要するに本試驗は路面の光反射の2特性即ち擴散反射性竝に整反射性の立場より路面の優劣を明かにせし外從來照明設計の一部門に使用されてゐた利用率とも稱すべき全光束反射率とも比較した．其の外路面の反射傾向を定義する爲めに二三の係數をも新に引用した．

主要結果下記の如し．

1)　路面の光反射特性實驗裝置とし反射分布狀態を定め得るものを設計製作し，室内野外の雨試驗を行ふ．

2)　路面の光反射特性を簡明に定義する爲め反射擴散能として第1種比相擴散反射能（σ_1）及び第2種比相擴散反射能（σ_2）を輝度の投射平面内の分布より定義す．

3) 同様の目的を以て等價完全擴散反射率 (η_{Ed}) を定義し，輝度分布竝に豫期し得る最大輝度を求む．

4) 使用測光光電池のカリブレイションを 2，3 の特性に就き行ふ．卽ち

1. 照度計讀と實照度との關係
2. 色相による比感度をフイルター法を應用し定む
3. 受光面の光束に對する傾斜影響

5) 鋪裝路面としてはコンクリート系とし砂利コンクリート，碎石コンクリート，膠石コンクリート等，アスファルト系としアスファルトコンクリート，アスファルトブロック，其の他のものとしては煉瓦，木塊，小鋪石の切取片を使用し，野外試驗は大宮浦和方面の第九號國道に於て行ひ

i) 乾燥狀態　ii) 流水狀態　の場合に就き試驗す．

6) 乾燥狀態にては室內野外試驗共に同じ傾向を示すもので入射角 (i) の增大に伴ひ，擴散反射性は著しく減少するもので $i=75°$ にも至れば略〻整反射の如き特性を示すものもある．斯かる特性は同價擴散反射率 η_{Ed} の入射角 (i) 竝に測定方向 (r) による變化より明かにし得るものである．更に路面反射光度布圖を總てのものに就き求む．通常入射角 $i=45°$ までは測定角を增大するも略〻完全擴散反射面の如き特性を示すものにて，$i=60°$，$75°$ に至れば測定角增大に伴ひ著しく整反射的傾向を示す．

分類	入射角＝測定角 75°の場合の η_{Ed} %	鋪裝種類
A	150％以上	膠石コンクリート
B	150～110％	モルタル仕上コンクリート，鋪裝煉瓦，木塊，1：1.5：3 碎石コンクリート
C	90％以下	小鋪石アスファルトコンクリート，1：3：6，1：2：4，砂利コンクリート，アスファルトブロック

分類	入射角 $i=75°$ の場合 σ_1	鋪裝種類
Ⓐ	0.02	膠石コンクリート
Ⓑ	0.05	1：1.5：3 碎石コンクリート(ペルト仕上)，1：3：6 砂利コンクリート(金鏝上)，鋪裝煉瓦，アスファルトブロック
Ⓒ	0.10	1：2：4 砂利コンクリート (ペルト仕上)，小鋪石

$r=i=15°$ 程度に於ては η_{Ed} の範圍も 7～33％ 程度であるが，$r=i=75°$ 程度に於ては η_{Ed} の範圍も 50～400(以上)％に增大し，鋪裝種類により差異が著しい．傾斜入射光による輝度の大小の程度より三種に分類す．

7) 6) の場合と同じ狀態に於ける反射擴散能 $\sigma_1=\frac{B_0}{B_{max}}$ を求め (B_0＝反射面垂直方向の輝度 B_{max}＝反射面最大輝度) 擴散能の小なるものより順序にⒶⒷⒸに分類す．但し，$\sigma_1=1$ は完全擴散面，$\sigma_1=0$ は整反射面を示す．Ⓒに屬するもの〻如きは實用上完全擴散反射面と考へ差支へなし．

8) 全光束反射率 R の算定に就き論じ，之を求め，球面光束計による伊藤，杉浦兩氏の試驗結果と比較す．算定せし全光束反射率 R を下表に示す．

鋪裝種類	1:3:6 砂利コンクリート	1:2:4 砂利コンクリート	1:1.5:3 碎石コンクリート	1:2 膠石コンクリート	モルタル仕上コンクリート	アスファルトコンクリート No. 2
全光束反射率%	33	23	20	26	28	15

アスファルトコンクリート No. 6	アスファルトブロック	鋪裝煉瓦(黑)	鋪裝煉瓦(赤)	木塊	小鋪石 (a)	小鋪石 (b)
13	8	13	18	6	27	26

路面鋪裝の全光束反射率 R と色相との關係を考察し概略三種に分類す．

分類	全光束反射率範圍 %	鋪裝種類
A; R の大なるもの	20～33	コンクリート系 (小鋪石) 明調系
B; R の中庸なるもの	12～20	アスファルトコンクリートの如き泥系色
C; R の小なるもの	7～12	黑色系 (アスファルト，木塊)

9) 鋪裝路面としては同價擴散反射率 η_{Ed}，反射擴散能 σ_1，全光束反射率 R の三特性により光の反射吸收に對する優劣を論ずべきである．η_{Ed} の A, B, C 及び σ_1 の Ⓐ, Ⓑ, Ⓒ 竝に R の A, B, C 分類より直ちに優劣を定め得．

10) 路面流水狀態に於ける整反射率を測定し，入射角 (i) の增加に伴ふ整反射率 η_r の變化を明かにし，整反射の場合反射の主に水層表面による事を實驗的に立證した．

入射角 i=15° 程度に於ては η_r 2～3% 程度にて i=75° に至れば 7～14% の範圍に變る．鋪裝の色相よりは寧ろ面の平滑度により反射率 η_r の增減が支配される．η_r と入射光線入射角 i の關係は略ゝ Fresnel の式に從ふも測定角 (入射角) 大なる場合，實驗にて得たる η_r の値の方が Fresnel の式の與ふるものより小である．

以上の外塵埃堆積の反射率に及ぼす影響，材類，材齡竝に交通量による磨損の影響等更に試驗研究を要すべきものあるも，本試驗は可成り交通量大なる路面の施工交通開始後 3～5 年を經しものに就き其の光の反射傾向を明かにし得たもので塵埃堆積の影響は主として色相影響として取扱ひ得．道路照明の基準としての路面特性の內，主要なるものは略ゝ本試驗に含有せるもので，其の反射度の要素，擴散性等も可成り詳細に明かにし得た．[2] 節に簡單ながら道路照明の基準に就き 2，3 述べん．

[2] 道路照明の基準に就て

道路照明の基準は各種多樣の條件により定めらるべきもので簡單に之を論ずる事不可能なるも條件を分析し明にするは照明設計基準の重大要項である．今前節までに記述せし路

面の光に對する反射特性より一つの案を考察せんとするもので，主として原則的に之を列擧せんとす．具體的の事項は其の都度考慮すればよい．

1) 路面の輝度を一樣に保つべく鋪裝材料竝に照明器の配置竝に一基當り燭光，進んでは照明器の與ふ配光を撰定すべし．

說明 茲に云ふ輝度一樣とは距離的に考察せる路上各點と各點に於ける測定方向に拘らず一樣なるべきを意味するもので，[1] 節同價擴散反射率 η_{Ed} 分類の (C)，反射擴散能 σ_1 分類 Ⓒ に屬するものが材料として秀れてゐる．更に照明器の配光，配置距離取附け高さの關係を考慮し輝度による眩輝を防止する樣定める事．之に對しては同價擴散反射率 η_{Ed} の外，整反射率 η_r の變化をも考慮すべきである．

2) 路面照明の推奬照度を定めんに路面の反射率を考慮すべき事．

說明 [1] 節全光束反射率による分類に從ひ，其の全光束反射率に比例して推奬照度を大とすべきもので其の一例を示す．

路面種別	推奬照度比	推奬照度	
		米國 1936 法案	本邦主要交通街路 1 級 *
明るき色調のもの R＝20～30％	1 (標準)～1.5	2.15～ 5.38 L_X	3 ～ 4.5 L_X
稍〻黒味を帶ぶるもの R＝12～20％	1.5～2.5	3.1 ～10.76	4.5～ 6
黒味を帶ぶるもの R＝7～12％	2.5～4.3	10.76～21.5	6 ～13.5

＊ は緒言に本邦照明學界推奬照度とし記述せしものゝ主要交通街路第 1 級に對するものである．比較の爲め 1936 年米國街路照明法案の一例を掲げた．

3) 特種の照明器，投光器にて照明を行んとする時には眩輝を生ぜざる樣特に注意すべき事．

說明 常に同價擴散反射率 η_{Ed} を考慮すべし．

4) 路面の流水は速かなる樣路面斷面を撰定すべし．

說明 路面の反射特性の內流水狀態に於ける整反射は總ての條件より乾燥面の場合に劣つてゐる．從つて照明上より見るも速に乾燥狀態に復歸する事を必要とす．

5) 路面の照明上氣象狀態により乾燥流水狀態の兩者を考慮に入れ基準とする事．

說明 氣象狀態により，地方的に考へ乾燥路面全光束反射率 R，又は流水狀態整反射率の內適當なるものを採用し，良好なる照明を得べき樣基準を撰定すべき事．

1)～5) 項までは原則的な重要事項で，實際には數式計算又は圖式計算を用ひ道路照明の設計を行ふものである．

斯かる方面の事柄は本文には一切觸れないが斯かる設計の基準となる資料に就き詳細なる試驗を行ひ一定の基準を取纏めたものである．

引 用 文 献

1) 街路照明委員會報告 (1931 年國際照明委員會論文); 照明學會雜誌, 15 卷特別 1 號, 昭和 6 年 7 月. p. 18.

2) Code of Street Lighting (America) 1935. 伊藤大二譯, 明照學會雜誌, 19 卷 10 號, 昭和 10 年 10 月, p. 423.

3) 國際照明委員會第 9 回 (1935) 總會に關する日本照明委員會資料; 照明學會雜誌, 20 卷 10 號, 昭和 11 年 4 月, p. 23.

4) G. H. Wilson; Road Lighting and Road Surfaces, Light and Lighting, 1937 Vol. 30 No. 4.

5) M. Reid & H. J. Chanson; Studies in Fundamentals of Highway Lighting. Trans. I. E. S., 1936, Vol. 31 No. 2.

6) Code of Highway Lighting (prepared by the Committee on Street & Highway Lighting of the Illuminating Engineering Soc. of America, 1936); Trans. of Ill. Engineering Soc., Vol. 32 No. 2, 1937.

7) Barrows; Light, Photometry and Illuminating Engineering, 1925.

8) 關重廣; 電燈及び照明, p. 98.

9) 內阪素夫; 日本室內使用材料の撒散反射係數に就て. 電氣學會誌, 大正 3 年, 317 號, p. 837.

10) Motor Car Headlights; A Help or a Hindrance? Light and Lighting, 1936, Vol. 29 No. 9.

11) 久野清; 反射率の目安. 照明學會誌, 19 卷 10 號, 昭和 10 年 10 月, p. 410.

12) 山內二郎, 小武海輝彦; 尺射率尺度と各種用紙の反射率. 電氣試驗所彙報, 1 卷 5 號, 昭和 12 年 5 月, p. 221.

13) R. S. Hunter; Methods of Determing Gloss; Research Paper 958, Bureau of Standards, 1937, Vol. 18 No. 1.

14) 大山松次郎; 布地及紙の輻射線に對する性質. 電氣學會誌, 昭和 2 年 4 月, 465 號. 照明學會誌, 昭和 3 年 7 月, 12 卷 6 號, p. 324.

15) 內阪素夫; 前揭 9.

16) H. R. Wright; Photometry of the Diffuse Reflexion of Light on Matt Surfaces. Phil. Mag., **49**, 1900, p. 199.

17) Woronkoff & G. J. Pokrowski; Ueber die Polarisation des Lichtes bei Reflexion an diffusreflektierenden Körpern, Zst. f. Physik, **30**, 1924, S. 139.

18) G. I. Pokrowski; Zur Theorie diffuser Lichtreflexion, I, II, III. Zst. f. Physik,

30, 1924, 66; **35**, 1925, S. 34, **35**, 1925, 390.

19) Halbertsma; D. B. G. 第 4 年會, 1917, Die Streuung des Lichtes als Mittel zur Verringerung der Flächenhelle künstlicher Lichtquellen. E. T. Z., **21**, 1918, S. 196–207.

20) 山內二郎; Geometrical Calculation of Illumination due to Light from Luminous Sources of Simple Forms. Research Paper of Elect. T. Laboratory, No. 148, Oct. 1924.

21) 第 8 回國際道路會議第 5 部日本委員報告 (1938, Holland, Haeg.); 內國報告書 (道路改良會出版豫定, 1937–1938).

22) Ludwig Bergmann; Über eine neue Selen Sperrschicht—Photo-Zelle. Physikal. Zst., 1931, 286.

鈴木久王; 堰層光電池の溫度變化及び分光感度. マツダ研究時報, 10 卷 3 號, 昭和 10 年, p. 28.

A. Bresler; Gegenwärtige Aufgaben der Lichtmessung. V. D. I., Bd. 80, Nr. 47, 1936, S. 1405.

23) 伊藤大二, 杉浦誠之助; 第 8 回國際道路會議第 5 部委員會實測による.

24) 前揭 21).

25) 久野清; 前揭 11).

26) z. B., P. Drude; Lehrbuch der Optik, 1912, S. 269.

X線反射法によるV形衝合電弧熔接部の内部歪分布試驗(豫報)

內務技師　島　田　八　郎

目　次

I．緒　言……（1）
II．試料に就て……（2）
III．試驗方法竝に試驗結果……（6）
1．試驗方法の概要……（6）
2．試驗裝置……（8）
3．試驗結果……（8）
IV．要　約……（13）

I. 緒　言

電弧熔接合部の內部應力 (InternaI Stress) は常に重要な一研究部門として各方面に於て研究されてゐる．本邦に於ても村田氏[1]のX線應用，西原氏[2]最近には日本學術振興會熔接委員會柴田氏[3]の報告等あるも，主に光學又は機械的ストレングーヂを使用し，局部歪を上記何れかの方法により測定せるものである．熔接接合部に於ける內部應力の分布が接手としての各種强度に及ぼす影響は各專門家により一部論究されてゐるが，元來殘留應力と殘留歪の區別等基本的な材料學的問題を含むものである．强度に關する構造工學上の主要點に關しては本編に於て述べる機會を得ざりしは甚だ遺憾であるが後述の如く，X線反射法應用の一結果を述べ本法が斯かる問題の解決に願る必要なる所以を明かにせんとす．

要するに熔接接合部及び熔着層附近の材質の變化を考察するに，種々其の原因を引學し得．大別すれば,有限熔着缺陷とも稱すべき氣泡熔込み不完全の如きものと，組織的缺陷なる金相學的異相による影響等に區別し得.近來熔接技術の進步に伴ひ,上記の原因による缺陷は細心の注意の下に行はゞ，實用上除去し得るに到ると報告されてゐる．此外更に內部歪の存在が實用上重要視されるに至る．內部歪に關しては本多博士[4]の廣汎なる其の本質に關する研究あるも，今材料を形成せる鐵原子空間格子 (Space Gitter) の歪に起因する影響とすれば X 線廻折法により其存在が確められる筈である．所謂材質の硬化の原因も或る程度まで明かになる．斯かる立場より金屬の硬化現象を明かにせんとする試みは，我國に於ては關戶博士[5]により應用の一部として C. 0.1～1.% の炭素鋼の燒入の場合の格子常數歪の研究あるも，從來は Debye-Scherrer 型 X 線カメラによるを以て，試料の大さ等

が著しく制限されてゐた．然るに Sachs 及び Weerts[6], Wever 及び Möller[7] 等により X 線反射法により試料表面の格子常數の測定法の實用化が提言されて以來金屬硬化現象，電弧熔接合材の表面歪の分布試驗に盛に使用されてゐる．例へば R. Berthold[8] は V 形衝合接手の熔接板の熔接部附近の應力分布，H.Möller 及び J. Barbers[9] は熔接部に對し直角方向に沿ひての應力分布，F. Wever, A. Rose[10] の双 T 桁の表面各部の內部應力竝に表面腐蝕による影響の研究を始めとし H. J. Gough, W. A. Wood[11] の疲勞試驗と格子常數に及ぼす影響の 研究等此種の研究は可成り旺に行はれてゐる．X 線反射法の示す干涉圖形 (Diffraction Pattern) と材質內部の狀態の間には未だ幾多の問題を殘せるも有用な資料が其の都度漸次得られてゐる．本報告も將來此種試驗の行はるべき準備とし種々試驗法を調査し，其の應用の一として V 形衝合電弧熔接片の斷面內に於ける中央部に沿ひて，如何に格子常數が變化せるかを X 線反射法を利用し調査せるもので，更に燒鈍による影響をも考察し，通常 V 形衝合熔接接合部に於ける硬度分布として周知のものとの關係を比較し，本試料の如きものゝ硬度分布は接合部各點の金相學的影響として考察される，組織の差異卽ち麻亞田 (Martensite) 波來土 (Pearlite) の如き相違でなく直接には α－ 鐵の格子の歪が主要な原因なる事を知つた．

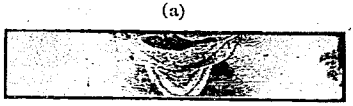
本試料は一例に過ぎず全般的に結論を下す事不可能であるが，通常行はれる內部應力試驗法に X 線反射法を併用すれば，歪問題解決に資する事頗る多きを知つた．試驗法に熟せず初期もの故工學的價値少きを遺憾とするも結果を報告する次第である．

II. 試 料 に 就 て

構造用軟鋼板三層ビートの V 形衝合接手にて厚さ 10 mm のものにつき幅約 10 mm，長 50 mm 程度にて中央部に接合部の存在せるものを切取り，先づ，12% 鹽化アンモニヤ銅液によるマクロエッチを行つた．寫眞-1 (a), (b) は其を示すもので (a) は V 形衝合熔接接合部を示すもので (b) は 同底部を示す．之等により接合部の位置を定め先づ金屬顯微鏡により其組織を調べた．

寫眞－1　V 形衝合熔接接手斷面
マクロ・エッチ

(a)



(b)

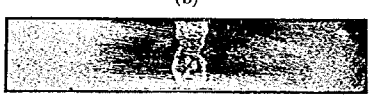
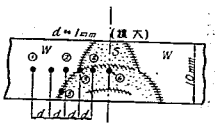


圖-1 は金屬顯微鏡寫眞撮影位置を示すもので，W は母材部，S は熔着部である．寫眞-2, (a) (b) (c) (d) (e) (f) は圖-1 ①②③④⑤⑥ の位置に於けるもので ①-④ までは各々 1 mm づゝの間隔を有す．腐蝕劑は 1% (容積) 硝酸アル

コール溶液にて 1 分 30 秒エッチす.

圖－1
I 號顯微鏡寫眞位置を示す

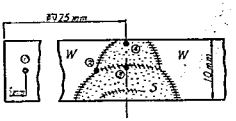


圖中 *W*, *S* の記入せるは母材熔着部を示し，寫眞に於て *W*, *S* の記入せる側が母材又は熔着鋼部に對せるもので，特に *W* 又は *S* のみ記入せるものは，母材部又は熔着部の內部と見做し得る場合を示す．寫眞-2 より判明し得る熔着部の組織に就き述べん．

I-①, I-② 部は，不變質部に屬すると見做し得るもので，フェライト (Ferrite) とパーライト (Pearlite) との間にフェライト線列が明瞭に顯れてゐる．I-③, I-④ は熔着部內部にて所謂融合部の存在せる箇所であり，結晶は圓味を帶び I-③ の中央部に母材と融着金屬との轉移部分が明瞭に顯れてをり，一旦結晶粒は擴大するも熱作用にて更に再結晶し微細粒となる．然れども，總て フェライト，パーライトよりなり麻亞田の組織は少しも認める事が出來ない．融合部は最も漸近自然的に母材より融着部に移轉してゐる．

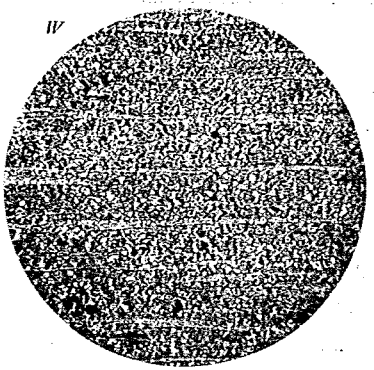
I-⑤, I-⑥ の部分は熔接中の熱的影響により結晶が頗る大きくなつてゐるが，フェライトとパーライトより成る點に關しては他のものと變化なし．斯かる程度の金屬組織の熔接部は，可成り良好なもので機械的抗張衝擊强度に關しては母材と大差なきものである．R. Bennecke[12]が高炭鋼 St.70 の電弧熔接 V 形衝合接手の研究に於て得しものも全く同樣のものであつた．以上顯微鏡寫眞により本試料は良好なる熔接資料なるものと認め得．斯かる場合に於ても，斷面內の硬度分布には可成り變化あるもので從來とも Rockwell B 又は Rockwell C 度盛で硬度を示すに，通常母材部にてロックウエル C 硬度 8 程度なるも一旦變質部又は融着部附近にて條件よき場合には，同硬度 1～12 程度に增大し，更に熔着金屬部中央部附近にて硬度はロックウエル C, 8～9 程度に減少するもので條件惡き場合には硬度增加が ロックウエル C 16～20 程度までにも及び 減少部も同 8～12 に至る．斯の如きは，良好なる V 形熔接接手の斷面中央厚み切斷線に沿ひての硬度分布の一般の傾向であるから，本試料の場合も略〻同樣の傾向を有するものと見做し，格子常數變化を實測し格子攪亂度と比較す．卽ち第 III 章に記述する如き X 線反射法試驗を行ひ，更に 650 °C 眞空內にて 1 時間加熱し，約一晝夜にて徐冷し燒鈍を行ひ，再び X 線反射試驗を行つた．今此狀態を III 號とし其の顯微鏡寫眞を示す．圖-2 は III 號顯微鏡寫眞の撮影位置を示すもので，前回同樣硝酸アルコール溶液にてエッチせしものを 100 倍に撮影した．位置 ① は略〻試料の端近くにあり，② 融着部 ③, ④ は夫〻熔着金屬內部に位置をとる．

圖－2
III 號顯微鏡寫眞位置を示す



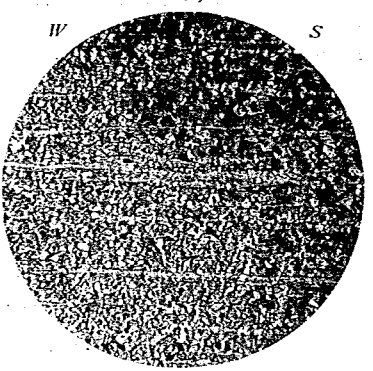
寫眞－2 (I 號) 倍率 100

(a)



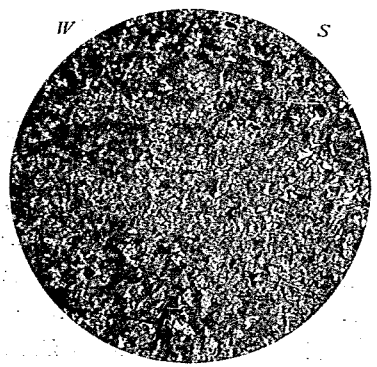
I–1

(b)



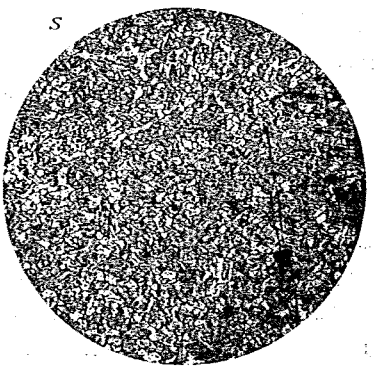
I–2

(c)



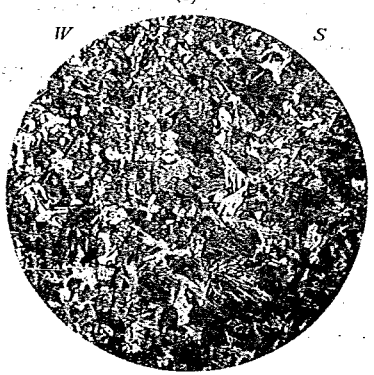
I–3

(d)



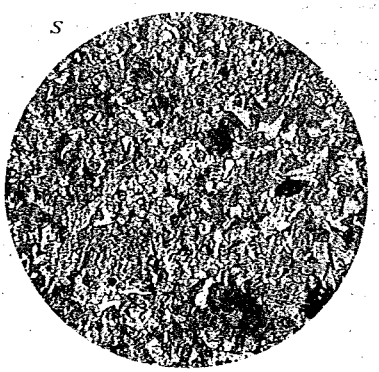
I–4

(e)



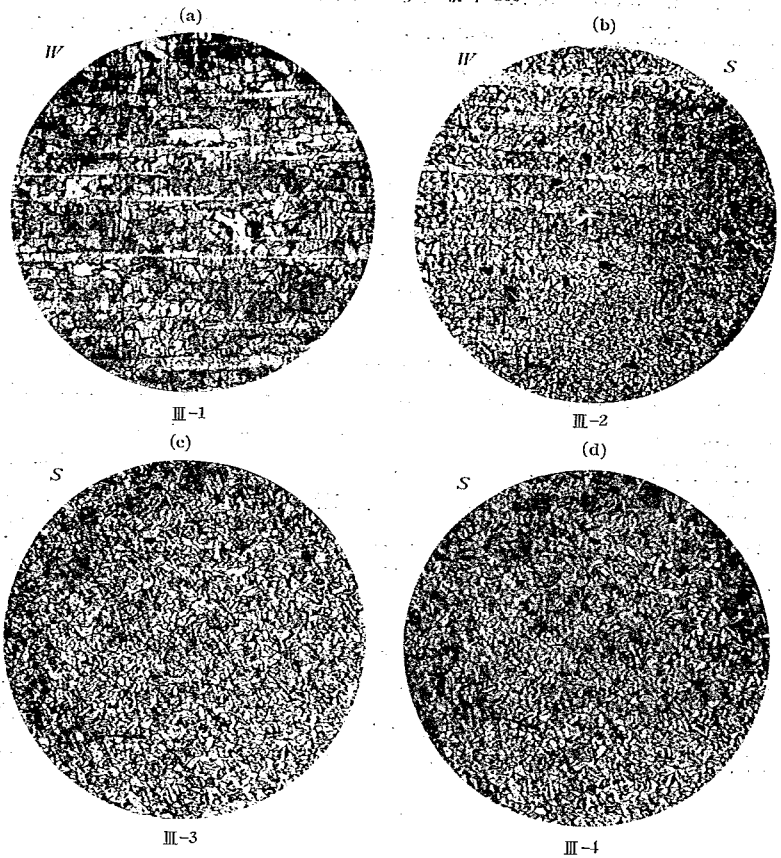
I–5

(f)



I–6

寫眞-3 (III 號) 倍率 100



Ⅲ-1 Ⅲ-2 Ⅲ-3 Ⅲ-4

寫眞-3 (*a*), (*b*), (*c*), (*d*) は夫々 III-①, III-②, III-③, III-④ 部の 100 倍の組織を示すもので, 寫眞-3 の場合と全く同様なるフェライト, パーライトの組織にて燒鈍により組織上に特に著しき變化の來さざる事を示すもので, III-②, III-③, III-④ 部のものにては結晶粒の著しく微粒化せる事を示すものである. III-① は母材部にてフェライトの線列が數多存在しをるも寫眞-2 I-①, I-② の如くフェライト, パーライトの結晶は微少でない. 此の點が母材の變質なき部分の組織を示すもので事實, 寫眞-2 の I-①, I-② 部も既に熔接部の熱作用による再結晶により微粒化せるものである事を知る.

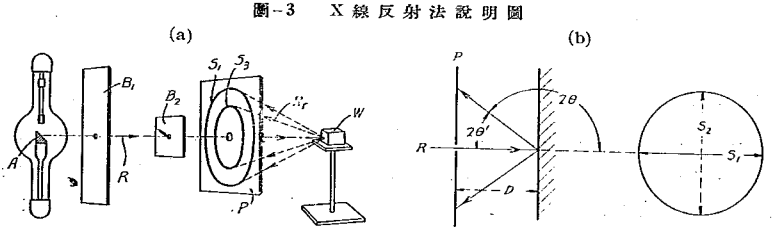
同圖內の記號 W, S 等の意味は全く寫眞-2 の場合と同樣である. 以上の如く本試料は金相學的に熔接頗る良好なるもので燒鈍によるも，組織に著しい變化なきを知る. 然れども後述の如く格子常數は著しき變化を蒙るものである.

III. 試驗方法竝に試驗結果

1. 試驗方法の概要 I 章の金屬顯微鏡寫眞により，本試料は總て體心立方格子 (Body-centred Cubic Lattice) なる $\alpha-$ 鐵の狀態にある. 從つて，$\alpha-$鐵の立方格子の一邊の長さなる 格子常數 a が如何に歪を受けつゝあるかを單波長の X 線による廻折より明かにせんとす. 斯かる歪狀態と稱するも原子は常に振動し，熱力學的な 1 の平衡平均位置又振動の或平均値を考察するかにより槪念が變る. 之に對し Laue[13], Dehlinger[14] (1927) 等の研究あるも，常に X 線廻折干涉圖形としては干涉線の幅の變化，組織の變化，竝に干涉圖形の平均大さの變化に對する影響として實測される. 金屬の歪問題と X 線廻折干涉圖形の關係を Van Arkel[15] (1925), Dehlinger (1927) が Cu 示性線 $K\alpha-2$ 重線 (Doublett) の干涉圖線幅の擴大することより論じ，F. Regler[16] (1931), 關戶博士[17] (1932), 其の他多くの人が個々の實例に就き實測してゐる. X 線反射法とし實用上價値新な 1 方法とせしは (I) 章に述べし諸氏によるもので，更に試料表面部に存する應力に關し主應力の大さ竝に方向をも定めん爲の實驗方法竝に理論も上記諸氏竝に C. G. Barett, M. Gensamer[18] (1936) により益〻一般化されて來た.

X 線反射法は試料表面の原子の格子常數を定めると云ふも，X 線の透過作用により 10^{-3} cm 程度の深さに浸透すると推測し得. F. Regler[19] (1931) は浸透度に關し 1,2 の場合實驗的に立證してゐる. 圖-3 (a) は本試驗に於ける X 線の投射方向 (R) と試料 (W) 竝に遮斷板 (B_1, B_2) 等の關係の說明圖である. 對陰極 A より來る示性 X 線は B_1, B_2 に

圖-3 X 線反射法說明圖



穿てる細隙 (0.5m 直徑，長さ計 5cm) を通し，更に P なる X 線寫眞フイルムの中央の圓穴部を通り，試料の表面に垂直に投射され反射干涉線は 例へば Rr の如き徑を經てフ

イルム上に S_1, S_2 の如き干渉圖形を得. 圖-3 (b) はフイルム P と試料面間垂直距離 D なる時, P 上の干渉圖形 (S_1 横徑, S_2 縱徑を示す) の關係を示すもので, θ は反射角を示す. θ 角度と, 投射示性 X 線波長 λ, 原子整列面距離 d_0 竝に單位空間格子常數 "a" 及び結晶に於けるミラーの指數 (Miller's Index) h_1, h_2, h_3 の間には (1), (2) 式の關係のある事は明かである.

$$n\lambda=2d\,\mathrm{Sin}\theta \quad \cdots\cdots (1)$$

$$d=\frac{a}{\sqrt{h_1^2+h_2^2+h_3^2}} \quad \cdots\cdots (2)$$

但し $n=1, 2, \cdots\cdots h_1, h_2, h_3$ も 0, 1, 2, ……の如き整數である.

其れ故 $\mathrm{Sin}\,\theta=\frac{n\lambda}{2a}\sqrt{\Sigma h_1^2}$ で與へられる θ 方向に干渉圖線が顯れる. 今實測されるものは一次反射線なるを以て, 以下 $n=1$ とす. 上式より $-\frac{d\theta}{da}=\frac{\lambda\sqrt{\Sigma h^2}}{\cos\theta\cdot a^2}$ ……にて波長の大なる示性 X 線を使用し $\theta\fallingdotseq\pi/2$ に近きほど格子常數に對する精度が高まる. ミラー指數 h_1, h_2, h_3 を別に推定し得るを以て θ 角に應じ格子常數 a を求め得.

α-鐵にて Fe の $K\alpha$ 線を用ひる場合には $h_1, h_2, h_3=2, 2, 0$……である. 以上の如くして與へられる格子常數 "a" は原子點系の平均位置を與へるもので歪狀態との關係は既に述べた. X 線干渉圖形は 圖-3 (b) 右側に示す如く投射角により一般には楕圓形をなすも垂直投射の場合は實驗の誤差範圍内で圓形をなす圓形干渉圖形とし, 平均直徑 Sm と距離 D より容易に反射角 θ を求め得. 周知の事なるも圖-4 により歪測定に就き考察せん.

今, σ_1, σ_2……X 線投射面 x, y 平面内の主應力

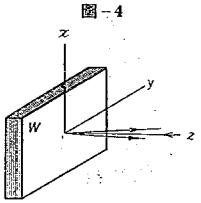
a_0, a_1……無歪 (或る場合には無應力) 狀態及歪 (或る場合には應力) 狀態に於ける格子常數.

ε_z, ν, E……Z 軸方向の歪, ポアソン比, 彈性常數.

d_0, d……無歪, 又は歪狀態に於ける Z 軸に直角な原子網平面間距離. ……

となし X 線は Z 軸方向より投射され $\frac{\pi}{2}$ に近く略〻 Z 軸の方向に反射す. 方向の修正をなし得るも今之を省略すれば干渉圖形は各原子の d_0, d 原子網平面距離にて支配さる. 然るに, d_1, d_0 と a_1, a_0 には密接な關係あるを以て (3) 式が成立つ.

圖-4



$$\varepsilon_z=\frac{d-d_0}{d_0}=\frac{a-a_0}{a_0} \quad \cdots\cdots (3)$$

即ち X 線干渉圖線の變動より (1) 式より a_1, a_0 格子常數を定め (3) 式より Z 軸方向の歪を得. 更に E, ν の値を合理的に假定し得る場合には下記 (4) 式より主應力 σ_1, σ_2 の和 $(\sigma_1+\sigma_2)$ を知り得.

$$E\varepsilon_z=-\nu(\sigma_1+\sigma_2)\quad\cdots\cdots(4)$$

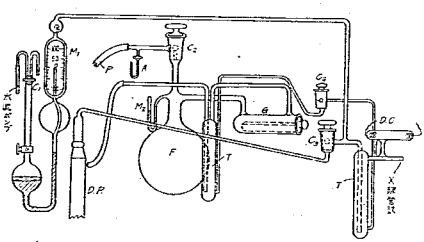
即ち，Z 軸方向の主應力を σ_3 とすれば (4) 式は一平面應力分布 σ_1, $\sigma_2\neq 0$, $\sigma_3=0$……の場合であるから本試驗結果より應力分布を直接論究する事は更に研鑽を要するものである．實際上試料各部に於ける〝a〟なる格子常數を測り各部に於ける歪(格子攪亂)偏位を求める事は比較的容易なるも眞の歪無き狀態に對する a_0 値を基準とするには更に別個の研究を要するものである．兎に角，斯かる方法により干涉圖線の移動より格子常數の攪亂せる部分の存在せる事は明かにし得るも，可塑的變形なるや又は彈性限度內のものなるかを判別する資料が得られない．以上の如き考察の下に V 形衝合電弧熔接斷面に於ける格子常數歪度を明かにし，通常知られてゐる硬度分布との關係を比較した．

2. 試驗裝置　　試驗裝置は特に記述する必要なきも簡單に參考として要點を列擧す．使用管球及び試驗條件下記の如し．

使用管球；Siegbahn-Hadding 型瓦斯管球
電壓；40 K. V. P 程度　　電流；10～15 m. A
X 線投射撮影時間；3 時間前後　　フイルム；イーストマン X 線用フイルム
對陰極；Fe-極

X 線は其の都度，管球內眞空を調節 (10^{-5} mm, Hg 柱) にしつゝ連續投射を行ふ．眞空發生裝置，X 線發生裝置は特異のものでないが說明の順序上圖解す．圖-5, 圖-6 は當試驗に於ける X 線用眞空及び X 線發生裝置の圖解にて，圖中記載せる記號にて其の操作を了解され度く說明省略す．

圖-5



M_1：Macleod ゲーヂ
M_2：閉口水銀氣壓計
$D.C$：放電管
T：トラップ
P：油式眞空ポンプ
$D.P$：水銀擴散ポンプ
G：五酸化燐入れ (使用せず)
F：氣體貯藏フラスコ (3立)
A：開放口
$C_1C_2C_3$：各種コック
C_4：細隙附瓦斯調節コック

發生裝置接續は圖-6 (b) の通りにし Fe の示性 X 線を發生す．

3. 試驗結果　　試驗に於ては，圖-7 の如く供試體表面に垂直に直徑 0.5 mm の X 線光束を投射す．表面はマクロエッチの場合の程度に磨く．供試體は靜に圖示 MM 線に沿ひて移動し X 線投射位置を變ず．R は X 線の來る方向を示すものである．各投射點間距離は約 18 mm である．X 線投射位置卽ち格子常數測定點は最初熔母材部の右端に測定

點 No. 0 をとり. V 形の熔接部の底部を上方に向け置き左方に測定點を移動した. No. 6～No. 10 までは熔着鋼部内にあり, No. 11 よりは又母材部にある. 其の位置は 圖-8 に明示した.

X 線干渉圖形は寫眞-4 に其の一例を示すものである. 供試體表面フイルム距離は $D=32.0$ mm である. 寫眞は後述 圖-8 の格子常數變化著しき部分のものを撰んだ.

圖-7

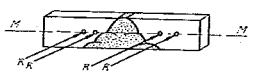
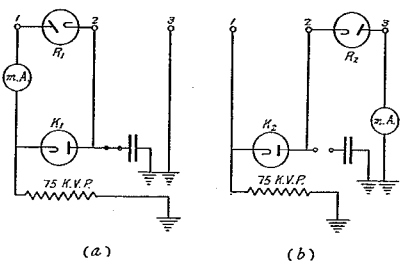


圖-6



R_1: クリーヂ管球 (140 K.V. 10m. A)
R_2: 瓦斯管球
K_1: C-I 型ケノトロン (150K.V.P. 連續 30 m. A) フイラメント 7.0 A.
K_2: D-I 型ケノトロン (100 K.V. 連續 100 m. A. フイラメント 8 A.)

圖-3 (b) の干渉圖形にて說明せし如く 寫眞-4 の如きものより横縦直徑 S_1, S_2 を求め其の平均 Sm を得. 測定の誤差, フイルムの伸縮等の影響あるを以て一週間に亙り日々圖形直徑を測り平均として下表の如きものを得.

I 號 X 線干渉圖形直徑表

測定點番號	No. 0	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14
S_1 徑 (mm)	43.8	43.0	42.0	43.5	44.4	46.0	42.5	42.0	44.8	44.5	44.6	44.2	44.2	41.5	43.5
S_2 徑 (mm)	43.4	42.7	42.0	43.0	43.6	45.5	42.5	41.5	44.5	44.0	44.0	43.1	43.8	42.8	41.8
Sm (mm)	43.6	42.85	42.0	43.25	44.0	45.75	42.5	41.75	44.75	44.25	44.3	43.65	44.0	43.65	42.65

之等の數字より圖-3 (b) に示した θ' 角從つて, 反射角 θ 竝に對應する $\alpha-$ 鐵の格子常數 "a" は容易に求め得. 使用 X 線波長は本試驗の精度にては精密試驗の値を用ひる必要なく Å (10^{-8} cm) 單位の値のみで計算す.

X 線波長 $F_e-K\alpha_1$ 線 : $\lambda=1932.(076)$ Å とすれば 下表の如き格子常數 "a" の分布を得.

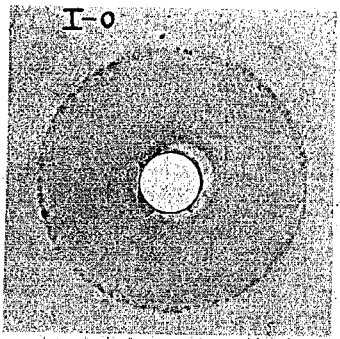
I 號 X 線反射試驗格子常數表 (Å$\times 10^{-8}$ cm)

測定點	No. 0	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14
格子常數	2.859	2.855	2.853	2.858	2.852	2.870	2.854	2.851	2.865	2.862	2.864	2.859	2.860	2.859	2.853

X 線による彈性可塑變形の試驗には 格子常數としては, 小數以下 4 桁まで確實に測定

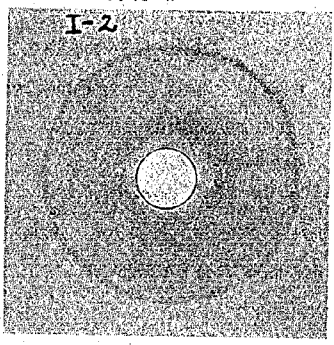
眞眞－4　V 形衝合熔接片斷面の X 線干渉圖 (D=32 0 mm)

測定點 No. 0



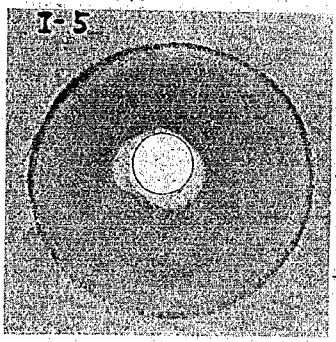
I-0

測定點 No. 2



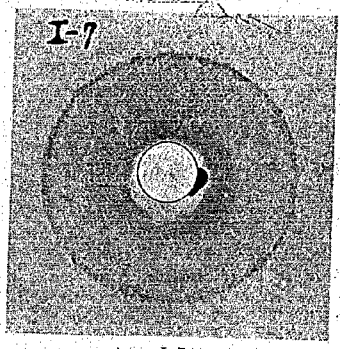
I-2

測定點 No. 5



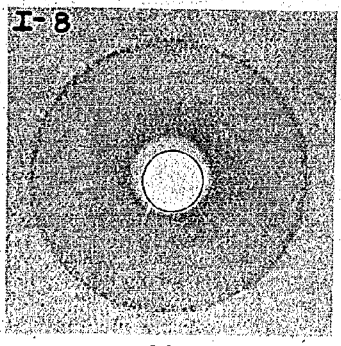
I-5

測定點 No. 7



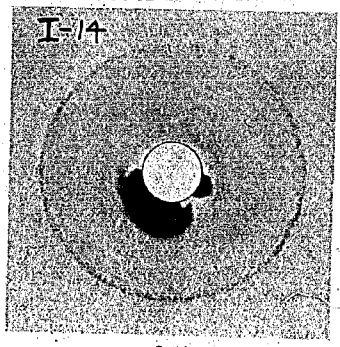
I-7

測定點 No. 8



I-8

測定點 No. 14



I-14

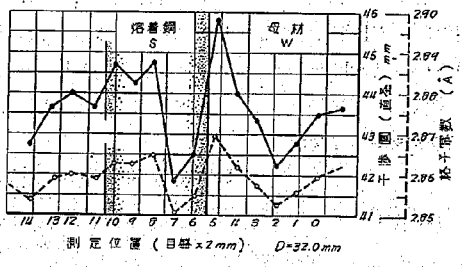
されるものであるが，今の場合裝置の關係上上記の程度までの數字を得た．幸に本試料に就ては目的を達する事を得た．

今之等の結果卽ち $Sm;\alpha$ 常數を試料測定位置に配置してみる．圖-8 は斯の如くにして得たもので母材部熔着鋼部で格子常數 a が著しく變化し熔着鋼の內部で一旦著しく減少せる事を示す．融合部附近に於ては格子常數著しく增大し，第 I 章に述べた如き V 形衝合熔接部斷面硬度分布と全く見掛上類似の分布を示すものである．

顯微鏡寫眞により燒鈍するる組織に變化なきを知つたが果して格子常數にも影響を及ぼさざるか更に燒鈍後のもの (III 號と稱ふ) に就き全く同樣の X 線反射試驗を行つた．

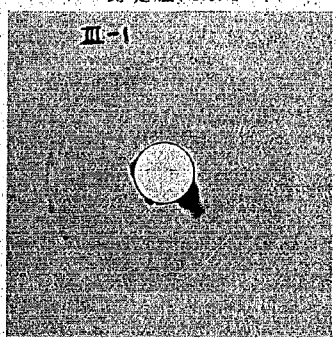
卽ち眞空中にて 1 時間 650 °C に保ち 24 時間にて徐冷し燒鈍を行ふ．X 線反射試驗に於てはフイルム試料表面距離； $D=28.0$ mm とす本試驗 (III 號) の場合，最初熔着鋼

圖－8
V 形衝合熔接部斷面に於ける格子常數分布圖



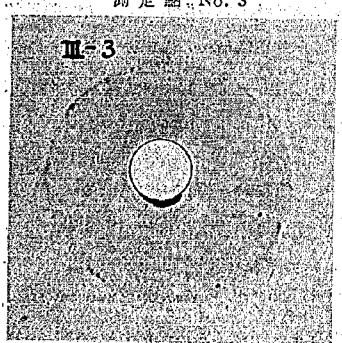
寫眞－5
燒鈍後に於ける V 形衝合熔接片斷面の X 線干涉圖 ($D=28.0$mm)

測定點 No. 1



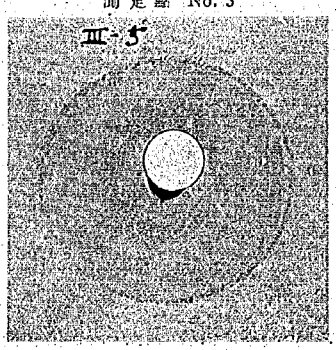
III-1

測定點 No. 3



III-3

測定點 No. 5



III-5

の中央部に測定點 No. 1 をとり燒鈍以前の試驗と測定點順序を變じ一旦左方に移動し（V 形底部を下方に向け置く）No. 6 までに至り，更に No. 1 より右方に No. 7～No. 12 と移動す．測定點の明瞭なる位置は 圖－9 に示した．寫眞-5 (III 號) には X 線干涉圖形の一例とし測定點 No. 1, No. 3, No. 5 のものを示す．

寫眞-5 干涉圖形より徑 S_1, S_2 平均 Sm を測定せんに全く前回と同樣な操作を行ひ，下表の如きものを得．

III 號 X 線 干 涉 圖 形 直 徑 表

測定點番號	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
S_1 直徑(mm)	39.5	40.1	40.0	39.5	40.4	41.0	40.0	40.0	40.1	39.8	39.4	40.0
S_2 直徑(mm)	39.0	39.0	39.5	39.2	41.0	40.0	39.8	40.0	39.8	40.2	39.0	39.8
Sm	39.25	39.55	39.75	39.35	40.7	40.5	3.99	40.0	39.95	40.0	39.2	39.9

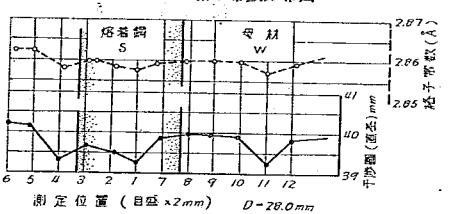
Sm 徑より θ' 角反射角 θ 竝に其等に對應する格子常數 "a" は前記の場合と同樣に求め得．測定點に於ける格子常數 "a" 下表の如し．

III 號燒鈍後に於ける格子常數 ($\mathring{A}\times10^{-8}$ cm)

測 定 點	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
格 子 常 數	2.857	2.858	2.868	2.858	2.863	2.862	2.858	2.859	2.859	2.859	2.858	2.858

圖-9 は上表に得た α の鐵格子常數の熔接斷面內の分布を示したものである．略ゝ一定の格子常數 $a=2.86\,\mathring{A}$ 前後の値を示してゐるが，燒鈍以前 圖-8 No. 7 附近に於ては a 常數は稍ゝ小さき傾向を示してゐる．本試料は工學的に歪無き狀態と見做せるもので，基準格子常數 a_0 の値を與ふるものと假定す．通常 α-鐵 の格子常數として常溫に於ける $a=2.87\,\mathring{A}$(A. Westgren,[20] 1921)の値と比較すれば本試驗の與ふる a_0 は稍ゝ大なる値を與ふるものである．R. Glocker[21], F. Wever u. H. Möller[22] によるに α-鐵の格子常數は $a=2.86\,\mathring{A}$ 程度が引用されてゐる．比較値を求めるため斯かる細部には觸れず，燒鈍後の格子常數が a_0 を與へ 圖-8 に示されたる樣，格子常數が攪亂してゐると假定する．今假りに

圖－9　V 形衝合熔接部斷面に於ける燒鈍後の格子常數分布圖



$E=\overset{20000\ \sim}{22000\ \mathrm{kg}/\mathrm{mm}^2}$ ，$\nu\fallingdotseq 0.28$ とし，圖-8，圖-9 に示す如き格子常數變化に對應する應力を計算すれば $a_3=2.86$ Å，$a=2.855$ に對し $\varepsilon_z=-0.00175$ となり若し (4) 式を適用すれば 120 kg/mm² 程度となり普通鋼の彈性限を超過せる可塑的變化の値を示す．其れ故斯かる現象は又試料面には $\sigma_3\fallingdotseq 0$ の如き平面應力狀態以外のものの存在せる爲とも考察し得．要するに單に垂直X線投射試驗のみより的確に內部應力を求める事は困難である．又熔着鋼內部の原子格子の縮少は σ_3 應力の影響によると，之のみにては決定する事は困難である．然れども V 形熔接部斷面には少くとも大なる張力に相當する格子歪の存在せるもの>如く，硬度の增加，延びの減少も斯くの如き原因に一部歸因するものである．要するに熔接部には $\alpha-$ 鐵そのもの>格子攪亂の著しく存在せる事を明かにした．

以上の如く X 線反射試驗方法により V 形衝合熔接部の斷面に於ける格子常數が，燒鈍作用により如何なる影響を蒙るものなるや實驗的に明かに從來燒鈍作用として擧げられてゐる金屬組織改善の外に，鐵原子の格子常數を平衡歪なき狀態に戻す作用も重要なものなる所以を明かにした．

IV. 要　　約

最近鋼材の試驗に於て X 線廻折干涉圖形を利用し，歪並に應力を測定せんとする試みがある．未だ其の研究の緒につきし程度のもので實用化されるには幾多研鑽を要する次第なるも，V 形衝合電弧熔接斷面に其の最も簡單なる垂直投射法を行ひ，鐵原子格子常數が如何なる偏位變化を受けつ>あるかを試驗したものである．最初の試みなりし故，試驗裝置の操作に時日を費し且つ改造を要すべき點あり，所期の目的を達する事能はざりしも二三有用なる結果を得，將來斯かる方面の試驗をなす場合の有益な資料を得た．今主要なる結果を列擧すべし．

1) 本試料なる V 形衝合熔接片は金屬組織より考察するに，フェライト，パーライトより成り，融着部は良好なる轉位をなす事を明かにす．

2) 650 °C，1 時間加熱，24 時間に徐冷（眞空中）し燒鈍を加ふるも金屬組織には變化なき事を確む．

3) X 線反射干涉圖形を試料表面各點に就き求め，干涉圖形より $\alpha-$ 鐵の格子常數 (a) を求め其の斷面に沿ひての分布を明かにす．熔着鋼內部，中央部，及び融着層外部，母材部に格子常數 a の 2.855 Å 程度に縮少せる部分あり，融着層附近には又 2.865～2.87 Å 程度に伸張せる部分がある．

4) 燒鈍せるものにては略一様な格子常數 $a=2.86$ Å を得.

5) 3), 4) より熔接部斷面には殘留歪とし壓縮, 伸長の頗る大なるもの>存在せることを知る.

6) 熔接片の燒鈍は金層組織に影響を示さざる時も α－鐵の格子常數の狀態には著しき影響を示すもので平衡狀態に達せしむる事を明かにし, 通常知られてゐる硬度の分布と比較し硬度の格子常數 "a" の攪亂に由る事も其の一原因たる事を明かにす.

7) 垂直投射試驗のみにては表面部の接觸面上の主應力 $(\sigma_1+\sigma_2)$ と垂直方向の主應力σ_3 とを區別し能はざるを以て, 硬度の理論等を應力分布より明かにする事は不可能であつた.

以上の如く, 熔接部の內部歪即ち硬度の分布と對照し鐵原子格子の攪亂度を明かにし, 燒鈍作用の影響を明かにした. 且つ, X 線反射法が將來, 材料試驗に際し當所に於て實用上使用さるる場合の準備とし其の性能の一部を考察したものである事を附記す.

附記

本實驗は澤田一夫君による所多し. 錄して感謝の意を表す.

引 用 文 献

1) 村田榮太郎; On the Resisdual Stresses on Arc-welded Joint. Anniv. Vol. predict. to Prof. Honda, 1936, 1096.
2) 西原利夫; X 線による殘留應力の測定. 機械學會誌, 40 卷, 239 號, 昭和 12 年 3 月 (1937).
3) 柴田晴彦; 熔接部の殘留應力に關する研究. 熔接協會講演, 昭和 12 年 2 月.
4) 本多光太郎; On the Theory of Hardening of Metals. 東北帝大理科報告, Vol. 13, 1924; 金屬硬化論; 金屬の研究, 1926, I.
5) 關戶信吉; 燒入鋼の膨脹と內部歪に關する X 線的研究. 金屬の研究, 4 卷 8 號(1927), 昭和 2 年 8 月; 炭素鋼の內部歪に關する研究, 金屬の研究, 4 卷 12 號 (1927).
6) G. Sachs u. J. Weerts; Die Gitterkonstanten der Gold-Silberlegierungen. Zst. f. physik. **60**, 1930, 481. ; Elastizitätsmessungen mit Röntgenstrahlen, Zst. f. physik, **64**, 1930, 344.
7) F. Wever u. H. Möller; Ueber ein Verfahren zum Nachweiss innerer Spannungen. Arch. f. Eisenhüttenwesen, **5**, 1931, 215. ; Ueber die Präzisionsbestimmung von Gitterkonstanten mit dem Rückstrahlverfahren. Mitt. Kais. Wilh.-Inst. Eisenforschg., Bd. XV, 1933, L. **6**, 59.
8) R. Berthold ; Anwendungsmöglichkeiten der Röntgenstrahlen z. Ermittelung v. Spannungen i. Werkstoffen u. Bauteilen. Zst. f. techn. Physik, **15**, 1934, 42.

9) H. Möller u. J. Barbers; Ueber die röntgenographische Messung elastischer Spannungen. Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforschg., Bd. XV, 1934, L. 3, 22.
10) F. Wever u. A. Rose; Beitrag zur röntgenographischen Spannungsmessung an geschweissten Bauwerken. Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforschg., Bd. XVIII, 1936, L. 3, 31.
11) H. J. Gough & W. A. Wood; A New Attack upon the Problem of Fatigue of Metals using X-Ray Methods of Precision. Proc. Royal Soc., **154**, No. 883, 1936, 510.
12) R. Bennecke; Beitrag zur Schweissung von Stählen höherer Festigkeit. Elektroschw., **7**, H. 8, 1936, 87.
13) M. v. Laue; Lorenzfaktor und Intensitätsverteilung in Debye-Scherrer-Ringen. Z. f. Kristall, **64**, 1926, 115.
14) U. Dehlinger; Ueber die Verbreitung der Debye-Linien bei kalkbearbeiteten Metallen. Zst. f. Krist., **65**, 1927, 615.
15) Van E. Arkel; Linienverbreiterung und Verfestigung. Physica, Bd. **5**, 1925, 208.
16) F. Regler; Ueber eine neue Methode zur vollständigen röntgenographischen Feinstruktur-Untersuchung an technischen Werkstücken. Zst. f. Physik, **74**, 1931, 19.
17) 關戶信吉; 前揭 5).
18) C. G. Barett & M. Gensamer; Stress Analysis by X-Ray Diffraction. Physics, **7**, No. 1, 1936, 1.
19) F. Regler; 前揭 16).
20) A. Westgren; X-Ray Studies of Crystal Structure of Steel. Journ. Iron & Steel Inst., **105**, No. 1, 1922, 241.
21) R. Glocker; Materialprüfung mit Röntgenstrahlen. Stuttgart, 1936, 314.
22) F. Wever u. H. Möller 前揭 7); Röntgenographische Spannungsmessungen an abgeschreckten Stahlwellen. Mitt. f. Kais. Wilh.-Inst. f. Eisenforschg., Bd. XVIII, 1936, L. 3. 27.

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

內務技師　西川榮三
山下芳雄

目次

I. 試料……(2)
II. 一般試驗……(2)
(1) 比重……(2)
(2) エングラー比粘度……(2)
(3) タール粘度，浮游試驗，軟化點……(3)
(4) 引火點及び燃燒點……(4)
(5) 水分……(4)
(6) 蒸溜試驗成績……(4)
(7) 300 °C 殘留物の性質……(7)
(8) タール酸，ナフタリン……(8)
(9) 遊離炭素，灰分，遊離炭素……(8)
(10) 試驗成績一覽表……(9)
III. 重油 (2) に依るカット・バック・タールの例……(9)
(1) 各種溫度の殘留タール及重油 (2) の性質……(9)
(2) カット・バック・タールの比重……(9)
(3) 235 °C 殘留タールのカット・バック製品稠度……(14)
(4) 250 °C 殘留タールのカット・バック製品稠度……(17)
(5) 270 °C 殘留タールのカット・バック製品稠度……(18)
(6) 300 °C 殘留タールのカット・バック製品稠度……(19)
(7) カット・バック用重油量とカット・バック・タールの稠度……(20)
(8) 各種カット・バック製品の 300 °C 蒸溜殘留物……(21)
(9) 各種カット・バック・タールの 300 °C 蒸溜殘留物軟化點の推定……(23)
(10) カット・バック・タール中のナフタリン及タール酸の量……(25)
(11) 殘留タールの最終蒸溜溫度とカット・バック・タールの稠度……(25)
(12) カット・バック・タールの一般性質概括……(28)
IV. 要約……(31)

滿洲國內に於ては，石炭の產出豐富にして，石炭ガス製造，製鐵用コークス製造等の工業に於て副產物として石炭タールを多量に產出する．昭和10年中，大連に於けるガス・コール・タール，昭和製鋼所に於けるコークス・タール，重油，中油等數種を得たるを以て，之等につき，鋪裝用材料或は其の原料としての諸性質を研究した．其の成績は下記の如くである．

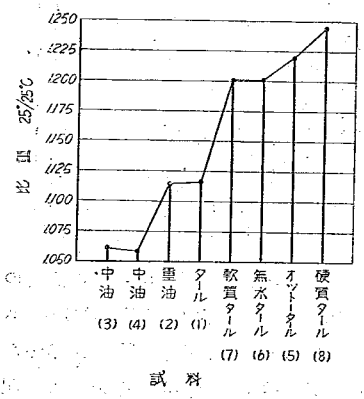
I. 試　　料

1.	No. 2204	ガスタール	
2.	No. 2393	タール重油	
3.	No. 2394	タール中油	
4.	No. 2395	タール中油	但しナフタリン除去のもの
5.	No. 2396	無水タール	オットー爐タール
6.	No. 2397	無水タール	
7.	No. 2398	軟質タール	鋪装用タール
8.	No. 2399	硬質タール	鋪装用タール

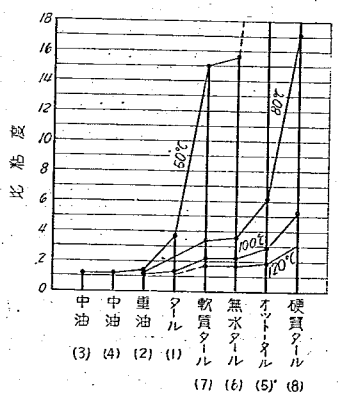
II. 一 般 試 験

（1）比重 25°/25°C　各種製品の 25 °C に於ける比重を測定するに，中油は 1.061，ナフタリン除去中油は 1.058 にして，比重稍〻低く，重油は 1.114 を示して居る．5 種のタールについては，別表（10 頁，表－4）に示す如く，オットー爐無水タールは比較的比重が高い．試料を 50 °C 比粘度の順位に並べて比重を圖示すれば，圖-1 に示す如く，大體に於て比粘度高き程比重は大である．又タール類は之を內地タールと比較すれば，その比粘度に比して，比重が稍〻高い傾向がある．

圖－1　比　重



圖－2　エングラー比粘度



（2）エングラー比粘度　各試料につき 25 °C，50 °C，80 °C，100 °C，120 °C

に於けるエングラー比粘度を圖示すれば 圖-2 の如くなる．中油，ナフタリン除去中油，重油は 50°C 以上にては，比粘度は 1 に近く，殆ど水と等しき流動性を有して居る．各種タール中無水タール；オットー爐タール（無水）は比粘度の上からは，鋪裝用軟質タールに略〻等しきか，或は之より稍〻高い程度である．硬質タールは比粘度遙に大である．

各種タールの比粘度の上より觀れば，軟質タール (7)，無水タール (6) の 2 者は，本所規格案（報告 31 號 84 頁參照）常溫用タール B，C の間に位し，オットー爐タール (5) は常溫用タール C より稍〻硬質であり，硬質タール (8) は加熱路面處理用タール E に相當する程度のものである．從つて，いづれもこの儘では，タール透入マカダム，タール混合マカダム等に用ゐるには軟質に過ぎる．

（3）**タール粘度，浮游試驗，軟化點**　各試料につき，25 °C, 30 °C, 35 °C のタール粘度を圖示すれば，圖-3 の如く，中油 (3)，ナフタリン除去中油 (4)，重油 (2) は，タール粘度極めて低く，軟質タール (7)，無水タール (6)，オットー爐タール (5) の 3 者は，常溫稠度は規格案 B 或は C（路面處理用程度）の示すタール粘度に近い．硬質タール (8) は規格案 E（加熱路面處理用程度）の示す範圍にある．

卽ち比粘度，タール粘度の測定の結果（圖-3）に見るに，タール (7)，(6)，(5)，(8) はいづれも加熱時稠度に比して常溫稠度が案外に低いものである．

圖-3　タール粘度

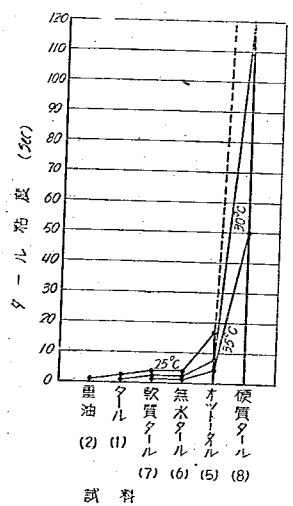
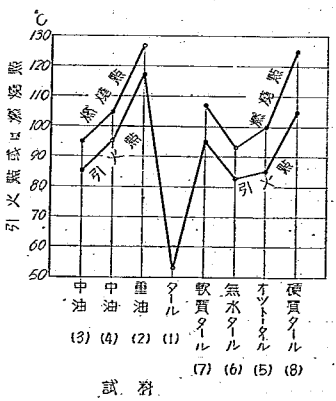


圖-4　引火點及燃燒點



浮游試験，軟化點 (*R&B*) 等 (10頁,表−4 參照) について見るも，オット一爐タール (5)，硬質タール (8) は同樣の事が言はれる．

（4）引火點及び燃燒點　　中油 (3)，ナフタリン除去中油 (4)，タール (1)，軟質タール (7)，無水タール (6)，オット一爐タール (5) は引火點，燃燒點が共に低い．この點より見るに，170 °C 以下にて溜出する成分を相當含むものの如くである．(圖−4，3頁 參照)

（5）水　分　　ナフタリン除去中油 (4) 及び重油 (2) 竝にガス・タール (1) は水分を 1.6 乃至 4.3% 含むが，其の他の試料は殆ど水分を含まず，鋪裝用タールとして製せる軟質タール (7)，及び硬質タール (8) は全く水分を含まない．

（6）蒸溜試驗成績　　ナフタリン除去中油 (4) 及び中油 (3) は其の大部分が 300°C までに溜出するものである．重油は 300 °C に於て約 65% の殘留物を與へ，且つ其の殘留物稠度は極めて軟質であり，235 °C 以下の溜出成分は少いもので，引火點，燃燒點も

表−1　軟質タール及び無水タール溜出量

溜出溫度	規格案 B	軟質タール (7)		無水タール (6)	
		實測	計算値 (α)	實測	計算値 (α)
	%	%	%	%	%
0〜170 °C	0.0〜7.0	0.3	0.4	0.8	1.0
170〜270 °C	15.0〜27.0	18.9	25.1	22.9	29.2
270〜300 °C	5.0〜13.5	7.5	12.0	3.8	4.9
300 °C 殘留物	≧62.0	73.5	62.5	72.6	64.9
殘留物軟化點	≦60 °C	35.5 °C	60 °C	43.0 °C	60 °C
300°C 迄全溜出物	≦38.0	26.5	37.5	27.4	35.1

表−2　オット一・タール及び硬質タール溜出量

溜出溫度	規格案 C	オット一・タール (5)		規格案 E	硬質タール (8)	
		實測	計算値 (α)		實測	計算値 (α)
	%	%	%	%	%	%
0〜170 °C	0.0〜7.0	0.3	0.4	0.0〜1.0	0.1	0.2
170〜270 °C	12.0〜24.0	19.2	25.6	4.0〜16.0	8.9	12.9
270〜300 °C	4.0〜13.0	3.7	4.8	3.0〜12.0	5.9	8.6
300°C 殘留物	≧67	76.8	69.2	≧75.0	85.1	78.3
殘留物軟化點	≦60 °C	43.0 °C	60 °C	≧63	45	60 °C
300 °C 迄全溜出物	≦33	23.2	30.8	≦25.0	14.9	21.7

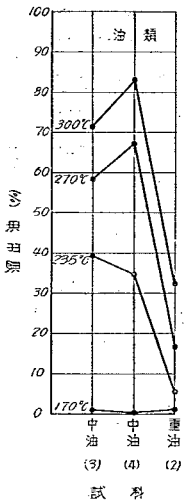
備考　表−1，表−2 に於て (α) と記したる行は，原タールと同程度の稠度を有し，殘留物軟化點 60 °Cなる假想タールの溜出量を示すものである．實測と記したる行は實測の結果を其の儘記したものである．

比較的高いから鋪裝用タール製造の際のカット・バック用油として適當である．後述の如く其の中のタール酸，ナフタリンの含有量も少いから，この點についても重油はカット・バック用油として良質である．重油使用カット・バック・タールについては後述する．（9頁）

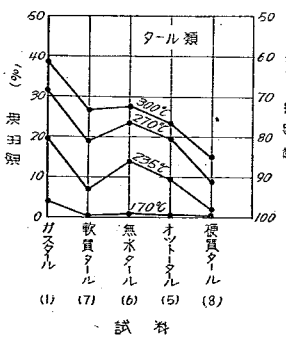
軟質タール (7) 及び無水タール (6) は其の比粘度の上より見る時は，略ゝ同程度 (50°C に於て夫ゝ 15.0 及 15.6) で常溫用タール B の程度である (本所報告 第 31 號 84 頁規格案參照)．オットー・タール (5) は比粘度は 50 °C にて 35.1 にして C に近いものであり，硬質 タール (8) は 30 °C の タール粘度 120 にして粘度の上より見て 規格案 E に類するものである．これ等のタール類の蒸溜試驗成績を各ゝに相當する規格案と夫ゝ比較して見ると次の如くである(表-1 乃至 表-2 參照)．

表-1 (4頁) について見るに，軟質タール (7) の溜出量(實測値) は規格案 B に適合する． 無水タール (6) の溜出量 (實測値) は，高溫溜出分 (270～300 °C) がやゝ少い．表-2(4頁) 中オットー・タール (5) の溜出量 (實測値) は略ゝ規格案 C に近いものであるが，高溫溜出分がやゝ少い．硬質 タール (8) の溜出量 (實測値) は規格案 E に適合する． 然るに各 タールの 300 °C 殘留物は其の軟化點を各ゝ異にするを以て，タールの稠度を考ふる上には上記の實測溜出量のみにては豫想に少しく困難であ

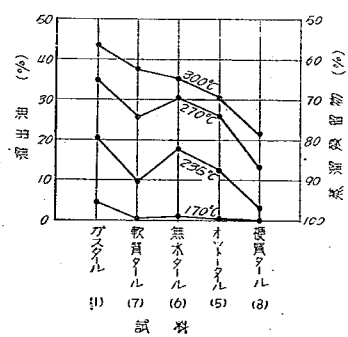
圖－5 A 蒸溜試驗



圖－5 B
蒸溜試驗

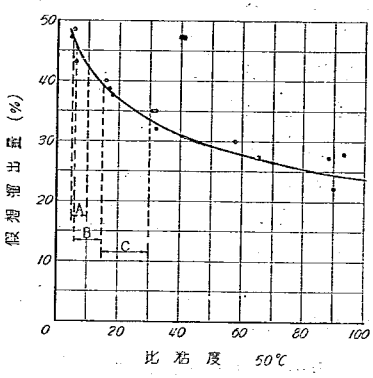


圖－6 タール類の 300°C 蒸溜殘留物を 60°C としたる場合の假想溜出量 (%)



る．從つて殘留物軟化點を等しくし，(卽ち軟化點 60 °C のもの)且つ其の稠度を原タールと等しくする假想タールを考へ (本所報告 第31號35～38頁 參照) 其の溜出量を算出して見れば，表-1 及び表-2 中の (a) の行に示すが如く，其の稠度の順位と 300 °C 迄の溜出量とは略〻相對應するものとなる．之を圖示すれば圖-5 A，B 及び 圖-6(5頁) の如き關係になる．(a) 行の假想溜出量より考ふれば，軟質タール (7)； 無水タール (6) は略〻B 程度のタールであるが，無水タール (6) は 170～270 °C の溜出油過多である．オット-・タール (5) は略〻C 程度であるが，やはり 170～270°C 溜出量過多で，270～300 °C 溜出量が比較的少い．從つて鋪裝用タールとしては軟質タール (7) の如き性狀を可とし，他の 2 種 (5)，(6) は鋪裝材とするには多少の加工が望ましい．

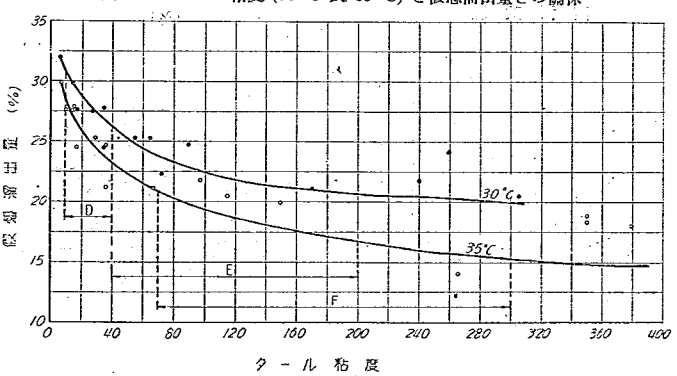
圖-7　比粘度 (50 °C) と假想溜出量との關係



硬質タール (8) の假想溜出量は規格案 E に適合するもので，其の常溫稠度から考へても E 相當品として取扱ふべきものである．其の高溫稠度 (比粘度 100 °C は 6.3) は F 相當品中の比較的軟質のものに類するも，假想溜出量より考へても，其の他の性質よりしても，E 製品として取り扱ふべきものである．

尙上記假想溜出量と比粘度 (50 °C)，或はタール粘度 (30°C 及 35 °C) との關係を圖示すれば，圖-7 及 圖-8 の如く，

圖-8　タール粘度 (30 °C 及 35 °C) と假想溜出量との關係



大體の傾向を見ることが出來る．之を規格案と比較して見ると，大略の關係ながら次の如くである．

	比粘度 50 °C	タール粘度 30 °C	タール粘度 35 °C	假想溜出量 %
A	5～10	....	....	48～42
B	6～15	....	....	46～38
C	15～30	....	....	39～30
D	....	10～40	....	32～24
E	....	40～200	....	26～20
F	....	....	70～300	22～18.5

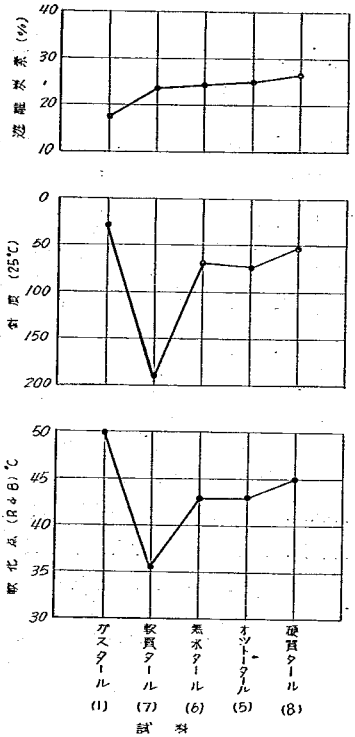
（7） 300 °C 蒸溜殘留物の性質

鋪裝用タールの 300 °C 蒸溜殘留物の性質は，タールを道路に使用したる後の鋪裝內殘留成分の性質を支配するものである．上記試料について其の性質を見るに下の如くである．

中油 (3)，ナフタリン除去中油 (4) の 300 °C 殘留物は少量であり，重油の 300 °C 殘留物は多量であるが，いづれも半油狀の極めて軟質のものである．

タール類の 300 °C 殘留物は次に示す如く半固狀を呈し，其の稠度は各異る．(表-3 及圖-9 參照)

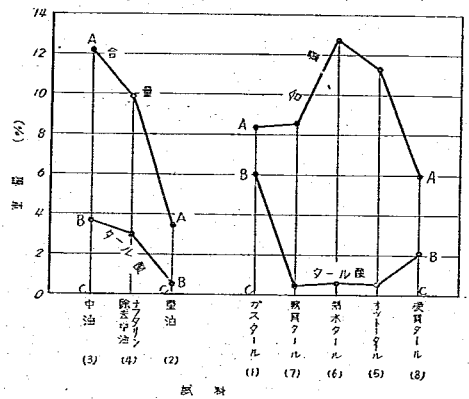
圖－9　300 °C 蒸溜殘留物性質



表－3　タール類
300 °C 蒸溜殘留物性質

項目	ガスタール (1)	軟質タール (7)	無水タール (6)	オツトータール (5)	硬質タール (8)
軟化點(R&B) °C	50.0	35.5	47.0	43.0	45.0
針度 25°C, 100g, 5 sec	30	190	67	72	52
遊離炭素 %	17.3	23.38	24.65	25.07	26.41

圖－10　タール酸及ナフタリン
曲線　AA＝ナフタリン＋タール酸の合量
　　BB＝タール酸
　　ABの距離はナフタリンを表す

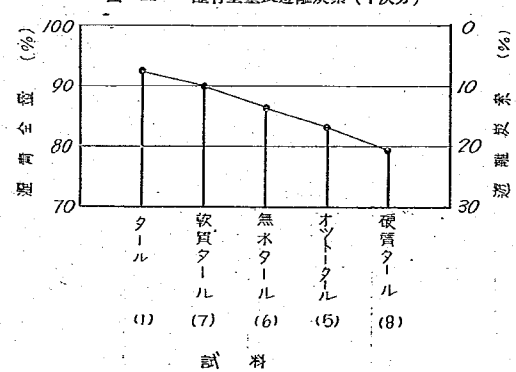


（8）タール酸及ナフタリン　(圖-10 參照)　中油 (3), ナフタリン除去中油 (4) の中のタール酸の量は比較的少く中油のタール酸を除去せるものとも考へられ，タール酸の量のみよりすれば，カット・バック用油として使用しうるも，ナフタリンの量は多い．ナフタリン除去中油 (4) と稱せらるゝものの中にも約 7.0% のナフタリンを含む．重油 (2) 中にはタール酸，ナフタリン共に少し．

軟質タール (7)；無水タール (6)，オットー・タール (5)，硬質タール (8) 等はいづれもタール酸の含量は極めて少く，ナフタリンは概して多い．軟質タール (7) はナフタリン約 8%を含む．硬質タール (8) はナフタリン量 4.0% に達せず，鋪裝用として問題がない．之を要するに概してナフタリンの含有量の多い傾向があるから，鋪裝材となすには，その除去に考慮を拂ふ必要がある．

（9）遲青全量，灰分，游離炭素　中油 (3)，ナフタリン除去中油 (4) 重油 (2) は灰分も少く，殆ど游離炭素を含まざるを以て，殆ど其の 100% が遲青よりなるものである．

圖－11　遲青全量及遊離炭素（十灰分）



タール (1)，軟質タール (7)，無水タール (6)，オットー爐タール (5)，硬質タール (8) について，遲青全量，灰分及び游離炭素（この內灰分は 0.16 %以下の少量である）を圖示すれば圖-11 の如く

である．この中，軟質タール (7)，無水タール (6) は粘度低き割には游離炭素は低くない．オットー塩タール (5) は，游離炭素量殊に多量である．

(10) 試驗成績一覽表　上記油類及タール類を略〻其の粘度の順位に配列して，上記の諸性質を一覽表の形式に纏むれば表－4 (10頁) の如くになる．一覽表を通覽して，特に注目せらるゝ點は，軟質タール以下のタール{(7)，(6)，(5)，(8)} の比重が比較的高き事，比重に比して常溫稠度の軟質なる事，300 °C 蒸溜殘留物軟化點の比較的低き事，概してタール酸の少き事，ナフタリンの多き事等である．尙各種製品についての要點は IV 章に於て一括要約してある．(31 頁參照)

III. 重油 (2) に依るカット・バック・タールの例

上記の試驗より，重油 (2) は，其の粘度低く，引火點，燃燒點高く，低溫溜出分少く，高溫溜出分比較的多く，300 °C 蒸溜殘留物は多量にして，其の稠度は極めて軟質であり，且つタール酸，ナフタリンは少きを以て，鋪裝用タールのカット・バック油として好適である．之を以て，無水タールの各種溫度に於ける蒸溜殘留タールを カット・バック して其の性質を研究することゝした．

(1) 重油及び各種溫度殘留タールの性質　尙，重油 (2) 及び無水タール (6) よりの蒸溜殘留タールの性質は表-5 (11頁) の如くである．但し表-5 に示す殘留タールは實驗室に於てエングラー・フラスコに依る蒸溜によりて生じたる殘留タールにして，この結果が直ちに工場に於ける蒸溜殘留タールと全く同じものであるとは言へない．蒸溜の結果は蒸溜裝置の規模，形式，其の使用方法によりて異るから，各場合毎に多少の相違あるは止むを得ない．

(2) カット・バック・タールの比重　カット・バック・タールに於ては，カット・バッキングによりて容積の變化なきものと假定して差支ない．卽ち殘留タールの容積，重油の容積，カット・バック・タールの容積を夫々 V_R, V_H, V_C とすれば，$V_C = V_R + V_H$ と見做し得る．從つて夫々の比重を S_R, S_H, S_C とし カット・バック・タール中に含まるゝ殘留タール及び重油の配合率を x% 及び $(100-x)$% とすれば，カット・バック・タールの比重 S_R は次式で與へられる．

$$\frac{100}{S_C} = \frac{x}{S_R} + \frac{100-x}{S_H} \qquad \therefore\ S_C = \frac{100}{\frac{x}{S_R} + \frac{100-x}{S_H}}$$

表-4 タール，油類の一般試驗成績要約

番號及試料名 / 試驗番號	(3) 中油 2394	(4) 油 中油ナフタリン除去 2395	(2) 重油 2393	(1) タール 2204	(7) 軟質タール 2398	(6)₀1 無水タール 2397A	(5) オットータール 2396	(8) 硬質タール 2399	(6)₀2 無水タール 2397B
1. 比重 25°/25°C	1.061	1.058	1.114	1.116	1.201	1.201	1.220	1.245	1.203
15°/15°C	1.065	1.062	1.118	1.122	1.205	1.205	1.224	1.249	1.207
2. 比粘度，エングラー									
25°C	24.0	...	...	...	...	...	...	...	...
50°C	1.2	1.2	1.4	3.7	15.0	15.6	35.1	>225	16.7
80°C	1.1	1.1	1.2	...	3.4	3.6	6.1	17.1	3.6
100°C	...	...	1.1	1.3	2.2	2.2	2.9	6.3	2.3
120°C	...	...	...	...	1.7	1.7	1.9	3.1	1.7
3. タール粘度									
25°C sec	...	...	1	...	4	4	17	285	4
30°C 〃	...	...	...	<1	2.5	2.5	8	120	2.5
35°C 〃	...	...	...	...	1.7	1.5	4.5	50	1.7
4. ハッチンソン粘度 25°C 〃	...	...	...	<1	...	...	...	...	...
5. 浮游試驗									
32°C sec	...	...	...	...	...	...	37	132	...
50°C 〃	...	...	...	...	...	...	25	60	...
6. 軟化點，R&B °C	...	...	...	...	...	...	...	17	...
7. 引火點 開放式 °C	85	95	117	53	95	83	85	105	...
8. 燃燒點 °C	95	105	127	...	107	93	100	125	...
9. 水分 %	0.2	1.64	3.3	4.3	0	痕跡	0	0	痕跡
10. 蒸溜試驗成績 %									
初溜温度 °C	...	...	...	84	...	...	...	...	...
初溜～170°C %	0.6	0.3	0.7	3.9	0.30	0.78	0.26	0.10	0.55
170～235°C 〃	38.9	34.7	4.5	15.7	6.57	13.20	9.28	1.99	14.05
235～270°C 〃	19.1	32.5	11.5	11.7	12.14	9.70	9.96	6.95	9.46
270～300°C 〃	12.9	15.6	16.0	7.5	7.48	3.76	3.70	5.93	4.71
300°C 殘留物 〃	28.5	16.9	67.4	61.2	73.51	72.56	76.80	85.03	71.33
11. 300°C殘留物軟化點 °C	...	...	...	50	35.5	47.0	43.0	45.0	43.5
〃 浮游試驗 50°C	...	...	...	...	...	...	...	...	616
12. タール酸 容積 %	3.81	3.08	0.51	6.47	0.54	0.77	0.65	2.50	...
重量 %	...	...	0.47	6.03	0.47	0.67	0.55	2.09	...
13. ナフタリン 重量 %	11.47	6.88	3.02	2.32	8.05	12.14	10.58	3.87	...
14. 遊青全量 CS_2 %	...	...	...	92.38	89.79	86.39	83.16	79.24	86.78
15. 灰分 %	...	...	...	...	0.09	0.10	0.13	0.16	0.08
16. 遊離炭素 CS_2 %	...	...	...	7.62	10.12	13.51	16.71	20.60	13.14
17. 300°C殘留物性質									
針度 25°C	...	...	...	30	190	67	72	52	...
遊離炭素 CS_2 %	0.44	0.89	0.38	17.31	23.38	24.65	25.07	26.41	...
遊青全量 CS_2 %	99.55	99.08	99.62	82.69	76.49	75.30	74.82	73.42	...
灰分 %	0.01	0.03	0.00	...	0.13	0.05	0.11	0.17	...

備考 (6) の 1 及 (6) の 2 は，同種試料 2 罐の中の各罐につき試驗せる結果を示せるものにして，其の試驗の成績は大同小異にして全く同一試料と認めらるゝを以て，本研究に於ては之を同一試料として取扱ふことゝした．

而して S_R=1.243; 1.257; 1.269; 或は 1.283 にして，S_H=1.118 であるから，x=100, 98, 96……82, 80 の場合のカット・バック・タール比重 S_C は表-6 の如くになる．

表-6 の數値を圖示すれば，圖-12 (13 頁) の如くなる．又殘留タールの蒸溜最終溫度とカット・バック・タールの比重との關係を圖示すれば圖-13 (13頁) の如くなる．

表-5　重油 (2) 及無水タール (6) 蒸溜殘留タールの性質

項　　目	重　油 (6)	タール (6) 235°C 蒸溜殘留タール	タール (6) 250°C 蒸溜殘留タール	タール (6) 270°C 蒸溜殘留タール	タール (6) 300°C 蒸溜殘留タール
1. 一般性質	均　等	同　左	同　左	同　左	同　左
2. 比重　15°/15°C	1.118	1.247	62	1.273	1.287
3. エングラー比粘度					
100°/25°C	1.1	6.9	12.1	…	…
120°/25°C	…	…	5.1	10.9	18.3
4. タール粘度					
30°C　sec	<1	197	…	…	…
35°C　sec	…	78	…	…	…
5. 浮游試驗					
32°C　sec	…	140	1291	…	…
50°C　sec	…	59	146	179	…
6. 軟化點　R&B　°C	…	16.0	31.0	33.0	47.0
7. 引火點　開放式　°C	117	>120	>120	>120	>120
8. 水分　%	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
9. 蒸溜試驗　重量%					
0～170°C	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
170～270°C	16.0	11.0	6.5	0.0	0.0
270～300°C	16.0	4.0	4.7	4.4	0.0
300°C殘留物	67.4	85.0	88.8	95.6	100.0
10. 300°C 殘留物軟化點　°C	液　狀	47.00	47.00	47.0	47.0
11. タール酸　vol%	0.51	少　量	0.0	0.0	0.0
12. ナフタリン　重量%	3.02	4.3	2.0	0.0	0.0
13. 瀝青　CS_2　%	100.00	82.71	82.50	79.41	77.01
14. 遊離炭素　CS_2　%	0.00	17.19	17.42	20.49	22.89
15. 灰分　%	…	0.10	0.08	0.10	0.10

表-6 の比重を鋪裝用タール比重規格と對比すれば表-7 の結論を生ずる.

卽ち規格案の比重規格に合格する カット・バック・タールを得んとするには, 300°C 殘留タールを使用することは, 重油 18% 以下では不可能である. 又 270 °C 殘留タールを使用することは, 重油を多量に要することゝなり, 規格案比重に合格する程に重油を使用する時は, カット・バック・タールの稠度は規格案に合格せざるに至る. 從つて, 殘留タールを得るに用ゐる蒸溜溫度は 270 °C より高からざるを必要とする. 故に, 單に比重の點のみより考ふれば, カット・バック・タールに使用する殘留タールは, 235 °C, もしくは

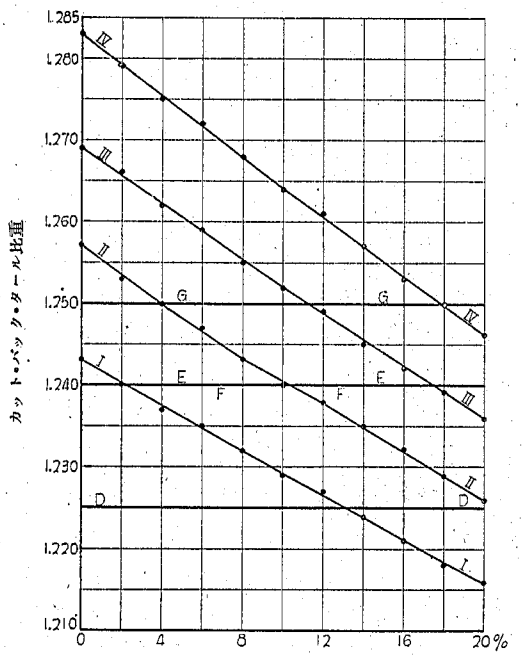
表-6 カット・バック・タール比重 (S_C)

配合割合 %		カット・バック・タール比重 (S_C)			
殘留タール	重油	235°C 殘留タールのカット・バック・タール S_R=1.243	250°C 殘留タールのカット・バック・タール S_R=1.257	270°C 殘留タールのカット・バック・タール S_R=1.269	300°C 殘留タールのカット・バック・タール S_R=1.283
(x)	(100−x)				
100	0	1.243	1.257	1.269	1.283
98	2	1.240	1.253	1.266	1.279
96	4	1.237	1.250	1.262	1.275
94	6	1.235	1.247	1.259	1.272
92	8	1.232	1.243	1.255	1.268
90	10	1.229	1.240	1.252	1.264
88	12	1.227	1.238	1.249	1.261
86	14	1.224	1.235	1.245	1.257
84	16	1.221	1.232	1.242	1.253
82	18	1.218	1.229	1.239	1.250
80	20	1.216	1.226	1.236	1.246

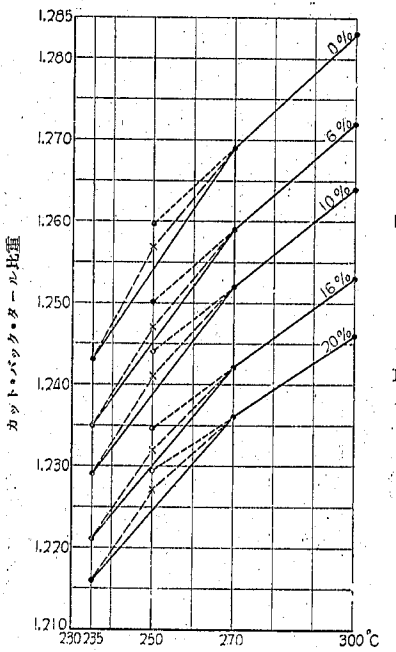
表-7 鋪裝用タール規格案比重制限とカット・バック・タール比重との比較

鋪裝用タール種別	規格案比重	235°C 殘留タールのカット・バック・タール	250°C 殘留タールのカット・バック・タール	270°C 殘留タールのカット・バック・タール	300°C 殘留タールのカット・バック・タール
D	1.14~1.225	重油15%以上を含むものは合格	重油20%以下にては不合格	重油20%以下にては不合格	重油20%以下にては不合格
E	1.15~1.24	重油 2% 以上を含むものは合格	重油10%以上を含むものは合格	重油17%以上を含むものは合格	同上
F	1.16~1.24	重油 2% 以上を含むものは合格	同上	同上	同上
G	1.20~1.25	すべて合格	重油 4% 以上のものは合格	重油12%以上を含むものは合格	重油18%以上を含むものは合格

圖－12　カット・バック・タールの比重と
カット・バック油の量との關係



圖－13　カット・バック・タールの比重
と殘留タールの蒸溜溫度



備　考

曲線　Ⅰ Ⅰ は 235°C 殘留タールによるカット・バック・タールの比重
〃　Ⅱ Ⅱ は 250°C 〃
〃　Ⅲ Ⅲ は 270°C 〃
〃　Ⅳ Ⅳ は 300°C 〃
DD, EE (FF), GG の直線は夫々規格案 D, E (F), G の比重規格最高限を示す.

250 °C 前後以下の適當溫度を蒸溜最終溫度とするを以て適當とする．尙この事柄は，單に比重の點のみならず，高溫殘留タールはクラッキング(加熱分解)の惡影響を受け易き點より考へても當然なる所である．

比重の關係のみより考ふれば規格案 D, E, F, G の夫々に對して，重油 20% 以內にて，規格案に合格するカット・バック・タールを得んとするには 表-8 の如き考慮を要する．

表-8　比重規格とカット・バック・タール原料との關係

タール種別	使用すべき殘留タールの最終蒸溜溫度	使用すべき重油 (2) の量
D (1.14~1.225)	235°C 或は夫れ以下	14~20% 20%以下
E (1.15~1.24)	235°C 250°C	2~10% 10~20%
F (1.16~1.24)	250°C 270°C	10~20% 15~20%
G (1.20~1.25)	250°C 270°C	4~10% 10~20%

備考　カット・バック・タールの稠度を考慮に入るれば上記の數値は尙制限せられる．

然しながら工場に於てカット・バック・タールを得るには，殘留タールの蒸溜溫度を比重の點のみより考ふる譯にゆかない許りでなく，實驗室の蒸溜とは其の結果を多少異にするものがあるから，蒸溜溫度の選擇は，工場製品の性質を檢したる上にて，其の各場合に適合する樣定めなければならない．

(3) 235 °C 殘留タールのカット・バック製品稠度　無水タール (6) の 235°C 蒸溜殘留タールは，其の量約 85.00% にして，軟化點は 16.0°C，浮游試驗成績は 32°C に於て 140 秒，50 °C に於て 59 秒，其のタール粘度は 25 °C, 30 °C, 35 °C に於て夫々 501, 197, 78 秒である．故に鋪裝用タール E の中比較的硬質のものに屬する．(表-5, 11頁參照)

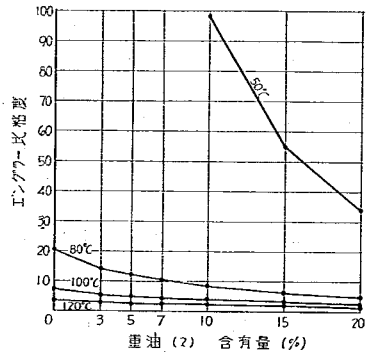
この殘留タールに，重油 (2) を 3, 5, 7, 10, 15, 20% の割合にて混合すれば，表-9 及圖-14 A (15頁) の如きエングラー比粘度を示す．

表-9　235°C 蒸溜殘留物のカット・バック・タールのエングラー比粘度

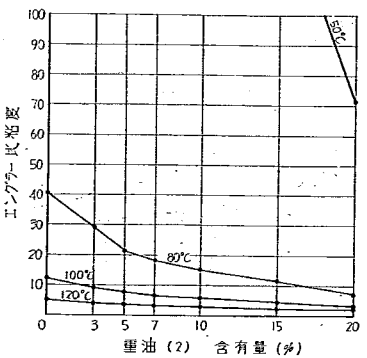
番號		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
配合	殘留物%	100	97	95	93	90	85	80
	重油 %	0	3	5	7	10	15	20
50°C		…	…	…	118.4	98.2	55.0	34.2
80°C		20.3	14.0	12.0	10.7	8.8	7.3	5.1
100°C		7.1	5.4	5.0	4.4	4.1	3.2	2.6
120°C		3.7	2.9	2.7	2.5	2.3	2.2	1.9
相當規格案		E	E				D	

表-9 によれば，重油 3～7% 程度のカット・バック・タール (2), (3), (4), は E 製品程度のエングラー比粘度を示し，重油 10～20% 程度の カット・バック・タール (5), (6), (7) は D 製品程度のエングラー比粘度を示して居る．

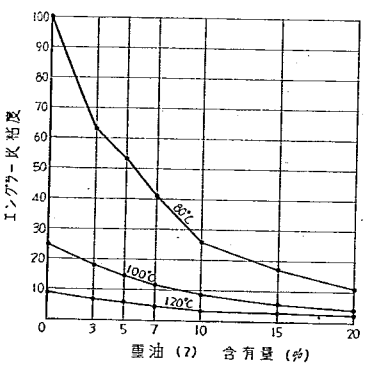
圖－14 A 235°C 殘溜タールの
カット・バック・タール比粘度



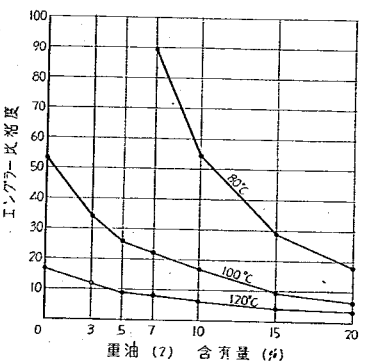
圖－15 A 250°C 殘留タールの
カット・バック・タール比粘度



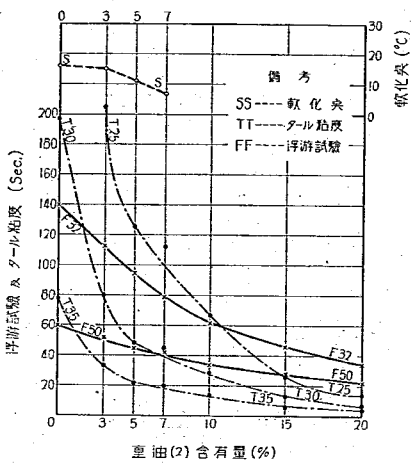
圖－16 A 270°C 殘留タールの
カット・バック・タール比粘度



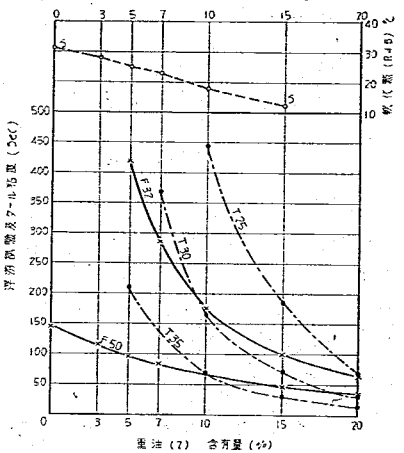
圖－17 A 300°C 殘留タールの
カット・バック・タール比粘度



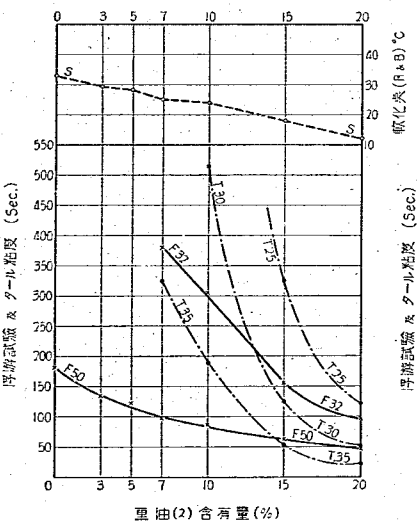
圖－14 B 235°C 殘留タールの
カット・バック・タール稠度



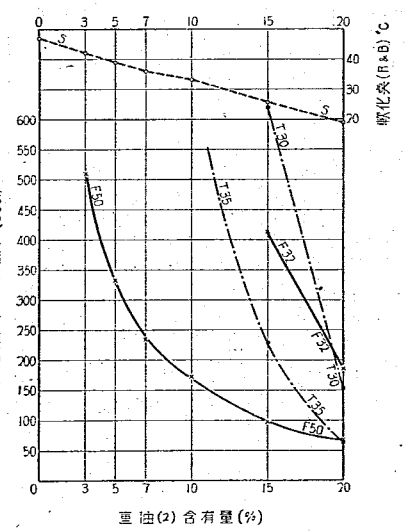
圖－15 B 250°C 殘留タールの
カット・バック・タール稠度



圖－16 B 270°C 殘留タールの
カット・バック・タール稠度



圖－17 B 300°C 殘留タールの
カット・バック・タール稠度



これ等カット・バック・タールの軟化點，浮游試驗，タール粘度は表-10 の如くである．

表－10 に依れば，重油 3～7% 程度のカット・バック・タール (2), (3), (4) は E 製品程度にして，重油 10～15% 程度のカット・バック・タール (5), (6) は D 製品程度の常温稠度を有する．圖-14 B (16頁) はこの關係を圖示したものである．

表－10　235 °C 蒸溜殘留タールカット・バック・タールの稠度

番號		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
配合	殘留物%	100	97	95	93	90	85	80
	重油 %	0	3	5	7	10	15	20
軟化點 (R&B)		16.0	15.0	12.0	7.0	…	…	…
浮游試驗								
32°C	sec	140	113	95	79	62	46	35
50°C	sec	59	52	45	42	34	28	22
タール粘度								
25°C	sec	501	205	125	113	67	26	14
30°C	sec	197	80	48	45	28	13	7
35°C	sec	78	33	21	20	14	6	4
規格案相當品		E	E	E	E	D	D	…

（4）無水タール (6) の 250 °C 殘留タールのカット・バック・タール稠度　無水タール (6) の 250 °C 蒸溜殘留タールは，其の量約 79.27% にして，軟化點 (R&B) は 31 °C，浮游試驗 50 °C は 146 秒，タール粘度は 35°C にては大である．之を鋪裝用タールとして考ふれば，其の稠度は規格案 G に相當する．(表-5, 11頁參照)

この殘留タールに，重油 (2) を 3～20% 混合すれば表-11 の如きエングラー比粘度の製品が得られる．(圖-15 A, 15頁參照)

表－11　250 °C 蒸溜殘留タールのカット・バック・タールのエングラー比粘度

番號		(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
配合	殘留物%	100	97	95	93	90	85	80
	重油 %	0	3	5	7	10	15	20
50°C		…	…	…	…	…	142.3	71.2
80°C		40.1	29.1	21.4	18.6	15.2	11.7	7.2
100°C		12.1	9.3	7.7	6.8	5.8	4.4	3.4
120°C		5.1	4.2	3.6	3.2	3.0	2.5	2.3
規格案相當品		G	G	F	F	E	E	D

卽ち，重油 0% 及 3% のカット・バック・タール (11), (12), は G 製品程度のエングラー比粘度を示し，重油 5, 7, 10% の (13), (14), (15) は G 或は F 程度，重油 15% の (16) は E 程度，重油 20% の (17) は D 程度の稠度を示す．

尙 これ等につき，軟化點 (R&B), 浮游試驗，タール粘度等を表示すれば，表-12 の如くである．

表-12 によれば，重油 0~3% 程度のカット・バック・タール (11), (12) は G 製品程度の稠度を示し，重油 5~7% 程度のカット・バック・タール (13), (14) は F 製品程度の稠度を示し，重油 10~15% のカット・バック・タール (15), (16) は E 製品程度，重油 20% のカット・バック・タールは D 製品程度の稠度を示して居る．上記の關係を圖示せるものは圖-15 B (16頁參照) である．

表-12 250 °C 殘留タールのカット・バック・タール稠度

番號		(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
配合	殘留タール%	100	97	95	93	90	85	80
	重油 %	0	3	5	7	10	15	20
軟化點 °C		31.0	28.0	25.0	23.0	18.0	12.5	…
浮游試驗								
32°C	sec	1291	605	420	268	176	101	66
50°C	sec	146	116	97	85	70	48	35
タール粘度								
25°C	sec	…	…	…	…	446	186	71
30°C	sec	…	…	…	370	166	72	32
35°C	sec	…	…	210	147	69	31	15
規格案相當品		G	G	F	F	E	E	D

(5) 無水タール (6) の 270 °C 殘留タールのカット・バック製品稠度 無水タール (6) の 270 °C 蒸溜殘留タールは，其の量約 75.86% にして，軟化點 (R&B) は 33.0°C, 浮游試驗 50°C は 179 秒，タール粘度は，35 °C に於ても既に極めて大である．之を鋪裝用タールとして考ふれば，其の稠度は規格案 G に相當する．(表-5, 11頁參照)

この殘留タールに，重油 (2) を 3~20% 混ずれば表-13 及び表-14 (19頁) の如き稠度の製品が得られる．

表-13 及び表-14 に依れば，重油 3~7% を混じたるカット・バック・タール (22), (23), (24) は，大體，G 製品の範圍を脫せず，10% を混じたるもの (25) は F 程度の稠度を示し，15~20% を混じたるもの (26), (27) は E 程度の稠度を示して居る．この關係を圖示せるものは圖-16 A (15頁) 及び B (16頁) である．

表－13　270 °C 殘留タールのカット•バック•タールのエングラー比粘度

番號		(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
配合	殘留物%	100	97	95	93	90	85	80
	重油%	0	3	5	7	10	15	20
50°C		…	…	…	…	…	…	106.8
80°C		100	62.9	53.2	41.0	25.8	17.3	11.0
100°C		25	18.5	15.0	11.7	8.7	6.0	4.2
120°C		9	7.1	6.0	4.8	3.3	3.0	2.5
規格案相當品		G	G	G	G	G	EorF	E

表－14　270 °C 殘留タールのカット•バック•タール稠度

番號		(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
配合	殘留物%	100	97	95	93	90	85	80
	重油%	0	3	5	7	10	15	20
軟化點 (R&B) °C		33.0	29.5	28.5	25.0	24.0	18.0	12.0
浮游試驗								
32°C	sec	…	960	810	380	305	155	97
50°C	sec	179	134	122	98	87	63	48
タール粘度								
25°C	sec	…	…	…	…	1530	325	122
30°C	sec	…	…	…	1025	515	125	50
35°C	sec	…	…	734	362	190	52	22
規格案相當品		G	G	G	G	F	E	E

（6）**無水タール (6) の 300 °C 殘留タールのカット•バック製品稠度**　無水タール (6) の 300 °C 蒸溜殘留タールは，其の量約 71.4% にして，軟化點 (R&B) は 47.0 °C である．これに重油 3～20% を混ずれば，其の稠度は 表-15，及び表-16 の如くになる．

表－15　300 °C 殘留タールのカット•バック•タールのエングラー比粘度

番號		(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
配合	殘留物%	100	97	95	93	90	85	80
	重油%	0	3	5	7	10	15	20
50°C		…	…	…	…	…	…	…
80°C		…	…	110.4	89.6	54.7	28.8	18.1
100°C		51.4	34.0	25.7	22.2	16.9	9.6	6.3
120°C		16.8	11.7	9.1	8.4	6.7	4.1	3.3
規格案相當品		硬質に過ぐ	同　左	同　左	同　左	G	G	F or E

表-15 のエングラー比粘度より見れば，(31), (32), (33), (34) 等は鋪裝用タールとして，稠度硬質に過ぎ，(35) は規格案 G 程度，(36) は G 或は F 程度，(37) は E 程度に當る．

表-16 に依れば，混合量 7% までは，カット・バック・タールの稠度は，重油混合量に應じて，漸次軟質とはなるも，猶ほ，規格案 G タールよりも硬質である．重油 10% を混合せるカット・バック・タール (35) は，大體 G 程度の稠度を示し，15% を混合せる (36) は，やゝ硬質なる F 製品程度の稠度を示し，20% を混合せる (37) は，E 程度の稠度を示して居る．この關係を圖示せるものは圖-17 A 及び B (15及 16頁) である．

表－16　300 °C 殘留タールのカット・バック・タール稠度

番　號		(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
配　合	殘留物%	100	97	95	93	90	85	87
	重 油 %	0	3	5	7	10	15	20
軟化點(R&B) °C		47.0	42.0	39.0	36.0	33.0	25.5	19.0
浮游試驗								
32°C	sec	…	…	…	…	…	412	184
50°C	sec	…	518	332	235	173	97	68
タール粘度								
25°C	sec	…	…	…	…	…	1800	400
30°C	sec	…	…	…	…	…	622	152
35°C	sec	…	…	…	…	690	228	62
規格案相當品		硬質に過ぎる	同　左	同　左	同　左	G	F	E

(7) カット・バック用重油量とカット・バック・タールの稠度　上記の結果より各溫度に於ける殘留タールに重油をカット・バックして，タール D, E, F, G に相當する稠度のカット・バック・タールを得るに要する重油の量を表示すれば表-17 の如し．

かくして造らるゝカット・バック・タール中には比重其の他の點に於て規格案に適合しがたきものもある．F, G のタールに對しては，原タールの比重が大なるため，生成せらるるカット・バック・タールの比重も幾分大となるをまぬがれない．

表－17　カット・バック用重油量とカット・バック・タールの稠度との關係

	235°C 殘留タールによる場合	250°C 殘留タールによる場合	270°C 殘留タールによる場合	300°C 殘留タールによる場合
タール D	% 10～15	% 15～20	% …	% …
タール E	0～7	7～10	15～20	20 前後
タール F	…	3～5	10 前後	15 前後
タール G	…	…	0～7	10 前後

（8） **各種カット・バック製品の 300 °C 蒸溜殘留物**　上記各種カット・バック・タールの 300°C 蒸溜殘留物の量，其の中に含まるゝ成分，其の稠度等を考察するに表-18 乃至表-21 の如くである．

カット・バック・タールの 300 °C 殘留物中には，重油の 300 °C 蒸溜殘留油を含むを以つて，重油量が增加する程，其の軟化點は低下する．表-18 乃至 表-21 中の 300 °C 殘留物軟化點 (R&B) は，其の重油殘留油の含有量より推定せる數値である．(21～22頁參照)

表－18　232°C 蒸溜殘留タールのカット・バック・タールの 300°C 殘留物

番號		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	備考
配合	殘留タール%	100	97	95	93	90	85	80	
	重油 %	0	3	5	7	10	15	20	
300°C 殘留物のカット・バック・タールに對する %		85.0	84.4	84.2	83.8	83.2	82.4	81.5	カット・バック・タールに對する%
重油殘留油%		0.0	2.0	3.4	4.7	6.7	10.1	13.5	
殘留タールの殘留物 %		85.0	82.4	80.8	79.1	76.5	72.3	68.0	
重油殘留油%		0.0	2.3	4.0	5.6	8.0	12.3	16.6	300°C 殘留物に對する%
殘留タールの殘留物 %		100.0	97.7	96.0	94.4	92.0	87.7	83.4	
300°C 殘留物軟化點(R&B) °C 推定値		47.0	<44.0	<43.0	<41.0	<38.0	<34.0	<29.0	

表－19　250°C 蒸溜殘留タールのカット・バック・タール 300 °C 殘留物

番號		(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	備考
配合	殘留タール%	100	97	95	93	90	85	80	
	重油 %	0	3	5	7	10	15	20	
300°C 殘留物のカット・バック・タールに對する %		88.8	88.2	87.8	87.3	86.6	85.6	84.5	カット・バック・タールに對する%
重油殘留油%		0.0	2.0	3.4	4.7	6.7	10.1	13.5	
殘留タール殘留物%		88.8	86.2	84.4	82.6	79.9	75.4	71.0	
重油殘留油%		0.0	2.3	4.0	5.4	7.8	11.9	15.9	300°C 殘留物に對する%
殘留タール殘留物%		100.0	97.7	96.0	94.6	92.2	88.1	84.1	
300°C 殘留物軟化點推定値		47	<44	<42	<41	<38	<34.5	<30	

但し軟化點推定値は，表-22 に示せる無水タール (6) の 300°C 殘留物と，重油 (2) の 300 °C 殘留油との混合物軟化點より推定を行つたもので，實測値とは僅少の相違あるものと考へらるゝも，カット•バック•タールの性質判斷の資料としては充分である．

表-20　270°C 殘留タールのカット•バック•タールの 300°C 殘留物

番號		(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	備考
配合	殘留タール%	100	97	95	93	90	85	80	
	重油 %	0	3	5	7	10	15	20	
300°C殘留物のカット•バック•タールに對する%		95.6	94.8	94.2	93.6	92.7	91.3	89.0	
重油殘留油%		0.0	2.0	3.4	4.7	6.7	10.1	13.5	カット•バック•タールに對する%
殘留タール%の殘留物%		95.6	92.8	90.8	88.9	86.0	81.2	75.5	
重油殘留油%		0.0	2.1	3.6	5.0	7.2	11.1	15.2	殘留物に對する%
殘留タール%殘留物%		100.0	97.9	96.4	95.0	92.8	88.9	84.8	
300°C殘留物軟化點 (R&B) °C 推定値		47.0	<45	<43	<42	<39	<35	<30	

表-21　300°C 殘留タールのカット•バック•タールの 300°C 殘留物

番號		(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
配合	殘留タール%	100	97	95	93	90	85	80
	重油 %	0	3	5	7	10	15	20
300°C殘留物のカット•バック•タールに對する%		100.0	99.0	98.4	97.7	96.7	95.1	93.5
重油殘留油%		0.0	2.0	3.4	4.7	6.7	10.1	13.5
殘留タール%の殘留物%		100.0	97.0	95.0	93.0	90.0	85.0	80.0
重油殘留油%		0.0	2.0	3.5	4.8	6.9	10.6	14.4
殘留タール%の殘留物%		100.0	98.0	96.5	95.2	93.1	89.4	85.6
300°C殘留物°C軟化點 (R&B)		47	<45	<43	<42	<39	<35	<31

表-22　無水タール (6) 300°C 殘留タール及重油 (2) 300°C 殘留油の混合物軟化點

項目＼混合物番號	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37) a	(37) b	(37) c
重油 (2) 300 °C 殘留油含有量 %	0.0	2.0	3.5	4.8	6.9	10.5	12.5	14.5	16.5
軟化點	47.0	44.5	42.5	41.5	39.0	35.0	33.0	30.5	28.5

（9） 各種カット・バック・タールの 300 °C 蒸溜殘留物軟化點の推定

尙カット・バック・タール及び其の 300°C 蒸溜殘留物中に於ける殘留タールの含有百分率を夫々 x 及び y とし，x 及 y の關係を求むるに次の如くである．但し，x はカット・バック・タールを 100 としたる百分率；y は 300°C 殘留物を 100 としたる時の殘留タール 300°C 殘留物の百分率とする．

而して，殘留タール中の 300°C 殘留物を a_1 %；重油中の 300°C 殘留物を a_2 % とすれば，

カット・バック・タール中の殘留タールの300°C殘留物% $= a_1x/100$ （カット・バック・タール＝100）

カット・バック・タール中の重油の 300 °C 殘留油 % $= a_2(100-x)/100$ （同 上）

故に

$$y=\frac{100a_1x}{a_1x+a_2(100-x)} \quad \cdots\cdots (1)$$

從つて

$$x=\frac{100y}{\frac{a_1}{a_2}(100-y)+y} \quad \cdots\cdots (2)$$

(2) 式を用ゐて，y=100，98，96，……82，80 の時の x の値を算出すれば表-23 の如くなる．但し，この場合にては a_1=84.3；88.8；94.1；或は 100；a_2=67.4 にして，$K=\frac{a_1}{a_2}$=1.250；1.316；1.395 或は 1.483 である．尙この計算に於ては，カット・バック・タール中に於ける成分たる殘留タール及び重油は，蒸溜に際して其の單獨狀態の場合と全く同樣なる蒸留成績を與ふるものと假定したものである．

表－23 カット・バック・タール及び其の 300 °C 蒸溜物中の殘留タールの量

カット・バック・タール種別	235°C 殘留タールのカット・バック製品	250°C 殘留タールのカット・バック製品	270°C 殘留タールのカット・バック製品	300°C 殘留タールのカット・バック製品
k	1.250	1.316	1.395	1.483
y	x	x	x	x
y = 100%	100%	100%	100%	100%
〃 98	97.5	97.4	97.2	97.1
〃 96	95.0	94.8	94.5	94.2
〃 94	92.6	92.3	91.8	91.4
〃 92	90.2	89.8	89.2	88.6
〃 90	87.8	87.1	86.6	85.9
〃 88	85.4	84.8	84.0	83.2
〃 86	83.1	82.4	81.5	80.6
〃 84	80.8	79.9	79.0	78.0
〃 82	78.5	77.5	76.6	75.4
〃 80	76.3	75.2	74.2	73.0

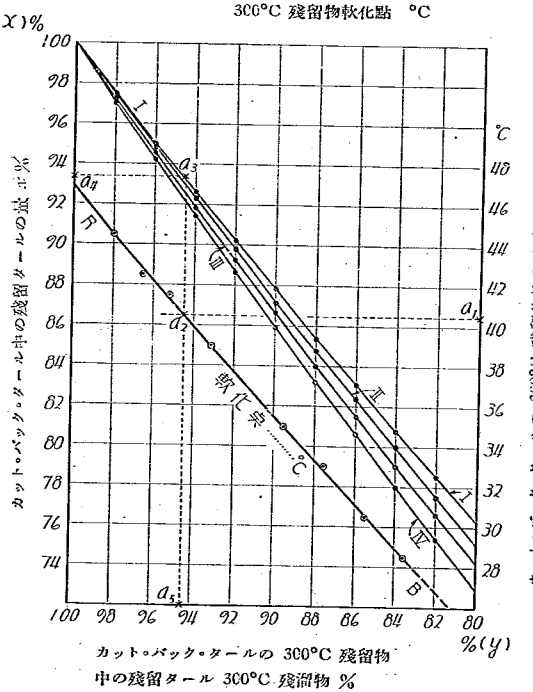
備考 1. y＝300°C 殘留物中の殘留タールの百分率

2. x＝カット・バック・タール中の殘留タールの百分率

表-23 の關係を圖示し，且つ之にカット・バック・タール 300 °C 殘留物の軟化點（表-22 に依る）を示したものは圖-18 である．圖-18 を用るれば，所要の 300 °C 殘留物軟化點を有するカット・バック・タールを得るに要する殘留タール及び重油の配合量（x 及び $100-x$）を凡そ推定することが出來る．亦 300 °C 殘留物中に殘れる殘留タール及び重油の含有百分率をも推定出來る．

圖-18 によりて推定し得る如く，カット・バック・タールの 300°C 蒸溜殘留物の軟化點は，カット・バック油（重油）の量が增加するに從つて低下する．卽ち，カット・バック・タールの カット・バック程度の大なるものは，其の耐風化性大なるものと考へられる．而して同じ 300 °C 殘留物軟化點に對しては，原料たる殘留タールが軟質のもの程 カット・バック油の

圖－18　カット・バック・タールの配合と 300°C 殘留物軟化點 °C



圖－18　の說明

本圖は橫軸には，カット・バック・タール蒸溜殘留物に對する，其の中の殘留タール300°C 殘留物 %(y) を取り，縱軸には，カット・バック・タール中の殘留タール %(x) を取り，且つカット・バック・タール 300°C 殘留物軟化點を示したものである

I II III IV は夫々 235°C, 250°C, 270°C 或は 300°C 殘留タールを用ゐたるカット・バック・タール中の殘留タールの %(x) と 300°C 殘留物中の其の %(y) との關係を示し，RB はカット・バック・タールの 300°C 殘留物軟化點を示す．

例へば，I のカット・バック・タールに於て 300°C 殘留物軟化點 40.5°C のものを求むるには，右側縱軸中の 40.5 の點 a_1 より橫軸に平行線 a_1a_2 を引き其の RB 曲線との交點 a_2 より縱軸に平行線を引き，其の I 曲線との交點 a_3 を求め a_3 より更に 橫軸に平行線を引き其の左側縱軸との交點 a_4 を求むれば，235°C殘留タールの配合量 x が 93.4% と推定せられる．又配合量を知りて 300°C殘留物軟化點を求むるにはこの逆の操作を行へばよい．

量は少くてよろしい．例へば，300°C 殘留物軟化點 38°Cのカット•バック•タールに於ては，235 °C 殘留タールを用ふる場合にはカット•バック用重油の量は，9.8% で足りるが，270 °C 殘留タール，300 °C 殘留タールを原料とする場合には，夫々 10.8%，11.6% を要する．

（10） カット•バック•タール中のナフタリン及タール酸の量　無水タール (6) の 270 °C 迄の溜出液につき測定せるにナフタリン及びタール酸を夫々 12.1% (wt.)及び 0.8% (vol.) 含有する．235 °C 迄の溜出液について測定すれば，ナフタリン 8.5% (wt.)；タール酸0.8% (vol.) である．卽ち，235 °C 殘留タール，250 °C 殘留タール，270 °C 殘留タール；300 °C 殘留タール中のナフタリン及びタール酸の量は表－24 の如くである．

而して，重油 (2) 中には，タール酸 0.5% (vol.)；ナフタリン 3.0% (wt.) を含むに過ぎない．故に カット•バック•タール中のタール酸の容積百分率 P_{TA} 及ナフタリン重量百分率 P_N は夫々次の如くなる．

$$P_{TA}=\left(\frac{p_1 x}{S_1}+\frac{p_2(100-x)}{S_2}\right)\times\frac{S}{100}$$

$$P_N=\frac{p_3 x+p_4(100-x)}{100}$$

表－24　殘留タール中のタール酸及ナフタリンの量

項　目	235°C 殘留タール	250°C 殘留タール	270°C 殘留タール	300°C 殘留タール
タール酸				
原タールに對する % (wt.)	少　量	0.0	0.0	0.0
殘留タールに對する % (wt.)	少　量	0.0	0.0	0.0
ナフタリン				
原タールに對する % (wt.)	3.6	1.62	0.0	0.0
殘留タールに對する % (wt.)	4.3	2.0	0.0	0.0

但し，p_1, p_2 は夫々殘留タール及び重油中のタール酸 vol. %；S_1, S_2 は夫々殘留タール及び重油の比重，x はカット•バック•タール中殘留タール含有重量百分率；p_3, p_4 は夫々殘留タール及び重油中のナフタリン wt. % である．上式により，カット•バック•タール中のタール酸及びナフタリンの百分率を算出すれば表-25 (26頁) の如くになる．

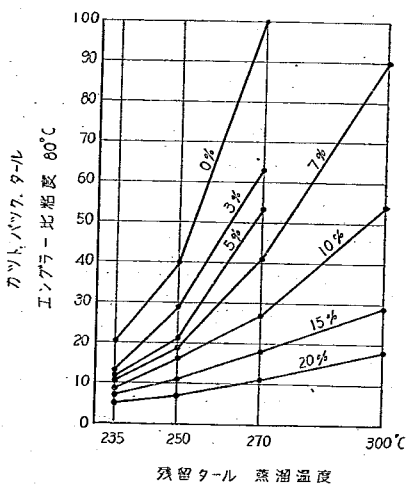
表-25 によれば，カット•バック•タール中の タール酸は甚だ少量にして問題とするに足らず，ナフタリンの量は激減する．卽ち 270 °C 或 300 °C 殘留タールを用ゐたカット•バック•タールではナフタリン 1% 以內；235 °C 殘留タールを用ゐたカット•バック•タールでは 4.0% 前後；250 °C 殘留タールに依るものは少量で，原タールのナフタリン含有量が甚しく多きにかゝはらず，カット•バック•タールにては，之等有害成分の量は甚しく減少して其の性質は優良となる．

（11） 殘留タールの最終蒸溜溫度とカット•バック•タールの稠度　殘留タールを得る爲に タール (6) を蒸溜せる場合の最終蒸溜溫度と，之に重油を 3～20% 混合して得たるカット•バック•タールの稠度とを比較すれば 圖-19 乃至 圖-25 (26～27頁) の如くである．

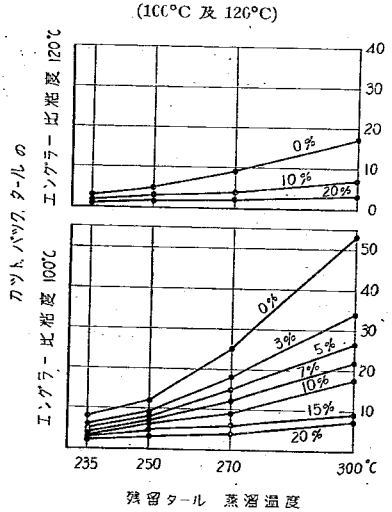
表－25 カット・バック・タール中のタール酸及びナフタリンの量

混合割合		235°C殘留タールのカット・バック・タール		250°C殘留タールのカット・バック・タール		270°C殘留タールのカット・バック・タール		300°C殘留タールのカット・バック・タール	
殘留タール	重油	タール酸 vol.%	ナフタリン wt.%	タール酸 vol.%	ナフタリン wt.%	タール酸 vol.%	ナフタリン wt.%	タール酸 vol.%	ナフタリン wt.%
100	0	微量	4.3	微量	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
98	2	〃	4.3	〃	2.0	微量	0.1	微量	0.1
96	4	〃	4.2	〃	2.0	〃	0.1	〃	0.1
94	6	〃	4.2	〃	2.0	〃	0.2	〃	0.2
92	8	0.1	4.2	<0.1	2.1	0.1	0.2	0.1	0.2
90	10	0.1	4.2	<0.1	2.1	0.1	0.3	0.1	0.3
88	12	0.1	4.2	<0.1	2.1	0.1	0.4	0.1	0.4
86	14	0.1	4.1	<0.1	2.1	0.1	0.4	0.1	0.4
84	16	0.1	4.1	<0.1	2.2	0.1	0.5	0.1	0.5
82	18	0.1	4.0	<0.1	2.2	0.1	0.5	0.1	0.5
80	20	0.1	4.0	<0.1	2.2	0.1	0.6	0.1	0.6

圖－19 殘留タール蒸溜溫度と
カット・バック・タールのエングラー比粘度
(80°C)

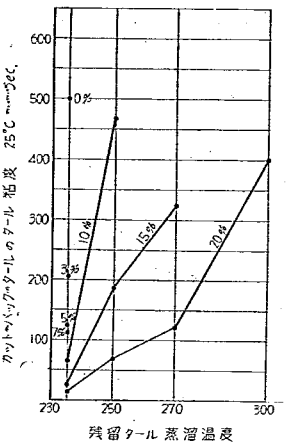


圖－20 殘留タール蒸溜溫度と
カット・バック・タールのエングラー比粘度
(100°C 及 120°C)

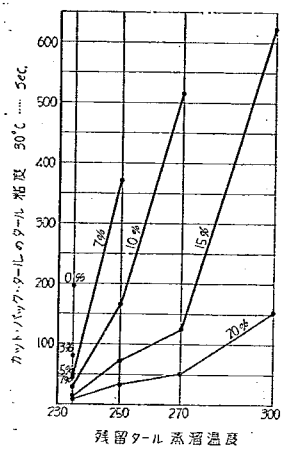


卽ち蒸溜最終溫度 235 °C の場合は一般に稠度極めて軟質である．最終溫度が 250 °C に至ればカット・バック・タールの稠度は遙かに粘稠となる．然るに最終溫度が 270 °C に至る

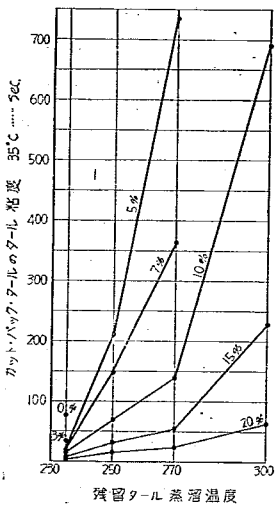
圖－21　殘留タール蒸溜温度とカット・バック・タールのタール粘度(25°C)



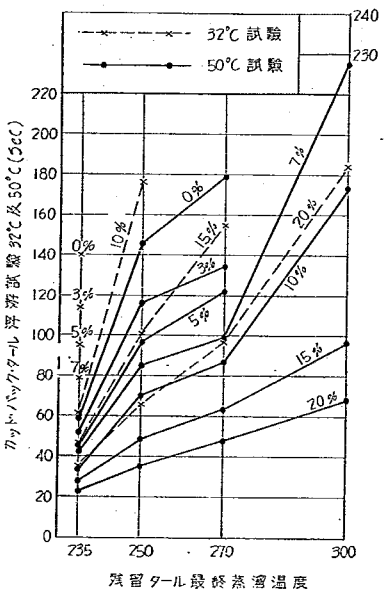
圖－22　殘留タールの蒸溜温度とカット・バック・タールのタール粘度(30°C)



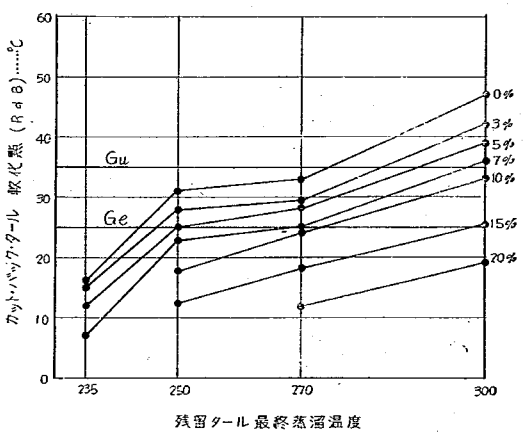
圖－23　殘留タールの蒸溜温度とカット・バック・タールのタール粘度(35°C)



圖－24　カット・バック・タールの浮游試験と殘留タール蒸溜温度との關係



圖－25　カット・バック・タールの軟化點と殘留タールの蒸溜温度との關係



も，其の稠度は 250 °C の場合に比して其の變化が比較的少い．この事柄は殘留タールとして270 °C 蒸溜のものを用ゐる代りに 250 °C 蒸溜のものを用ゐて充分なることを示して居る．更に最終溫度が 300 °C に上る時は，カット・バック・タールの稠度は一躍甚しく硬質のものとなる．卽ち通常この程度 (300 °C) までの蒸溜は不必要なることを示して居る．

(12) カット・バック・タールの一般性質概括　上記表-9 乃至 表-25 中のカット・バック・タール中，規格案 D, E, F, G 等に相當する稠度のものを選び，其の性質を表示すれば表-26 乃至 表-29 の如くになる．

表-26　D タール相當カット・バック・タール

項目	規格案 D	235°C タールのカット・バック・タール (5)	235°C タールのカット・バック・タール (6)	250°C タールのカット・バック・タール (17)
1. 一般性質	品質均等	品質均等	品質均等	品質均等
2. 比重 15°/15°C	1.14～1.225	1.229	1.222	1.226
3. エングラー比粘度 100°/25°C	2.5～4.0	4.1	3.2	3.4
4. タール粘度 30°C	10～40	28	13	32
7. 引火點，開放式 °C	≧105	(>120)	(120)	(>120)
8. 水分 %	≦0.5	0.0	0.0	0.0
	110 °C に於て泡起せず	同左	同左	同左
9. 蒸溜試驗 重量%				
0～170°C	0.0～1.0	0.1	0.1	0.1
170～270°C	5.0～20.0	11.5	11.8	8.4
270～300°C	3.5～12.0	5.2	5.8	7.0
300°C 殘留物	≧70	83.2	82.4	84.5
10. 300°C 殘留物軟化點 R&B, °C	≦65	(<38)	(<35)	(<30)
11. タール酸 vol.%	≦4.0	0.1	0.1	<0.1
12. ナフタリン 重量%	≦4.0	4.2	4.1	2.2
13. 溶青 CS_2 〃 %	≧82.0	84.5	85.4	86.0
14. 遊離炭素 CS_2 〃 %	≦18.0	15.5	14.6	13.9
15. 備考 重油 %	.....	10	15	20
殘留タール %		90	85	80

表－27 A　E タール相當カット・バック・タール

項目	規格案 E	235°C タールのカット・バック・タール (1)	(2)	(3)	(4)
1. 一般性質	品質均等	同　左	同　左	同　左	同　左
2. 比重 15°/15°C	1.15～1.24	1.243	1.238	1.236	1.231
3. エングラー比粘度100°/25°C	4.0～6.0	7.1	5.4	5.0	4.4
4. タール粘度 30°C sec	40～200	197	80	48	45
7. 引火點，開放式 °C	≧105	…			
8. 水分 %	≦0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
9. 蒸溜試驗 重量%	110°C にて泡起せず	同　左	同　左	同　左	同　左
0～170°C	0.0～1.0	0.0	0.02	0.04	0.05
170～270°C	4.0～16.0	11.0	11.2	11.25	11.34
270～300°C	3.0～12.0	4.0	4.36	4.60	4.84
300°C 殘留物	≧75.0	85.0	84.42	84.17	83.81
10. 300°C 殘留物軟化點 °C	≦63	47.0	(<44.0)	(<43.0)	(<40.0)
11. タール酸 vol. %	≦4.0	少　量	同　左	同　左	0.1
12. ナフタリン 重量%	≦4.0	4.3	4.2	4.2	4.2
13. 瀝青 CS_2 %	≧82.0	82.7	83.2	83.6	83.9
14. 遊離炭素 %	≦18.0	17.2	16.7	16.3	16.0
15. 備考 重　油 %		0	3	5	7
殘留物 %		100	97	95	93

表－27 B　E タール相當 カット・バック・タール

項目	規格案 E	250°C 殘留タール カット・バック・タール (15)	(16)	270°C 殘留タール カット・バック・タール (26)	(27)	300°C殘留タールのカット・バックタール (37)
1. 一般性質	品質均等	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左
2. 比重 15°/15°C	1.15～1.24	1.232	1.229	1.243	1.236	1.246
3. エングラー比粘度 100°/25°C	4.0～6.0	5.8	4.4	6.0	4.2	6.3
4. タール粘度 30°C sec	40～200	166	72	125	50	152
7. 引火點，開放式 °C	>105	(>120)	(>120)	(>120)	(>120)	(>120)
8. 水分 %	≦0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9. 蒸溜試驗 重量%	110°C にて泡起せず	同　左	同　左	同　左	同　左	同　左
0～170°C	0.0～1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
170～270°C	4.0～16.0	7.5	8.0	2.4	3.2	3.2
270～300°C	3.0～12.0	5.8	6.4	6.1	6.7	3.2
300°C 殘留物	≧75.0	86.6	85.5	91.3	89.0	93.5
10. 300°C 殘留物軟化點 °C	≦63	(<38)	(<34)	(<36)	(<30)	(<32)
11. タール酸 vol. %	≦4.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
12. ナフタリン wt. %	≦4.0	2.2	2.2	0.5	0.6	0.6
13. 瀝青 CS_2 %	≧82.0	84.2	85.1	82.5	83.5	81.6
14. 遊離炭素 %	≦18.0	15.7	14.8	17.4	16.4	18.3
15. 備考 重　油 %	……	10	15	15	20	20
殘留タール %	……	90	85	85	80	80

表－28 F タール相當カット・バック・タール

項目	規格案 F	250°C 殘留タールのカット・バック・タール (13)	(14)	270°C殘留タールのカット・バック・タール (25)	300°C殘留タールのカット・バック・タール (36)
1. 一般性質	品質均等	同左	同左	同左	同左
2. 比重 15°/15°C	1.16~1.24	1.248	1.244	1.252	1.255
3. エングラー比粘度 100°/25°C	5.0~8.0	7.7	6.8	8.7	…
4. タール粘度 35°C	70~300	210	147	190	228
7. 引火點, 開放式 °C	>110	>120	>120	>120	>120
8. 水分 %	≦0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
9. 蒸溜試験 重量%					
0~170°C		0.0~1.0	0.1	0.1	0.07	0.11
170~270°C		3.0~14.0	7.2	7.5	1.60	2.40
270~300°C		3.0~8.0	5.5	5.8	5.56	2.40
300°C殘留物		≧78.0	87.2	86.6	92.74	95.10
10. 300°C 殘留物軟化點 °C		≦65	42.5	40.5	(<39)	(<36)
11. タール酸 vol. %		≦2.0	0.1	0.1	0.1	0.1
12. ナフタリン 重量%		≦3.0	2.0	2.0	0.3	0.5
13. 瀝青 CS_2 %		≧80.0	83.4	83.7	81.4	80.4
14. 遊離炭素 CS_2 %		≦20.0	16.5	16.2	18.5	19.5
15. 備考 重量 %	…		5	7	10	15
殘留タール %			95	93	90	85

表－29 G タール相當カット・バック・タール

項目	規格案 G	250°C殘留タールのカット・バック・タール (11)	(12)	270°C殘留タールのカット・バック・タール (21)	(22)	(23)	(24)	300°C殘留タールのカット・バック・タール (35)
1. 一般性質	品質均等	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左
2. 比重 15°/15°C	1.20~1.25	1.257	1.251	1.269	1.264	1.260	1.257	1.264
3. エングラー比粘度 120°/25°C	3.0~8.0	5.1	4.2	9.0	7.1	6.0	4.8	6.7
5. 浮游試験,50°Csec	100~220	146	116	179	134	122	98	173
6. 軟化點 R&B °C	25~35	31.0	28.0	33.0	29.5	28.5	25.0	33.0
7. 引火點,開放式 °C	≧115	>120	>120	>120	>120	>120	>120	>120
8. 水分 %	≦0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9. 蒸溜試験 重量%	110°Cに於て泡起せず	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左
0~170°C	0.0~1.0	0.1	0.1	0.0	0.02	0.04	0.05	0.07
170~270°C	2.0~10.0	6.8	7.0	0.0	0.48	0.90	1.12	1.6
270~300°C	3.0~8.0	5.0	5.3	4.4	4.75	5.0	5.22	1.6
300°C 殘留物	≧81.0	88.1	87.6	95.6	94.75	94.2	93.6	96.7
10. 300°C殘留物軟化點 °C	≦65.0	47.0	44.5	47.0	(43.0)	(40.0)	(38.0)	(35.0)
11. タール酸 vol. %	≦2.0	少量	少量	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
12. ナフタリン重量%	≦3.0	2.0	2.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3
13. 瀝青 CS_2 %	≧78.0	82.5	83.0	79.4	80.0	80.4	80.8	79.3
14. 遊離炭素 %	≧22.0	17.4	16.9	20.5	19.9	19.5	19.1	20.6
15. 備考 重油 %	…	0	3	0	3	5	7	10
殘留タール %		100	97	100	97	95	93	90

表-26 乃至表-29 に依れば，カット•バック•タールの稠度は，D, E, F, G 等任意のものを得べく，引火點は高まり，300 °C の蒸溜殘留物の量は增加し，其の軟化點は低減し，鋪裝の耐久性を保つに有利となり，タール酸，ナフタリン等の有害物は減少し，遲青量は增大し，種々の點に於て，鋪裝材としての性質優良となる．上記の原料を用ゐる時は，下記の配合により，D, E, F, G のタールを得べし．

1. D タール (i) 235 °C 殘留タール及び重油 (90 : 10 及 85 : 15)
   (ii) 250 °C 殘留タール及び重油 (80 : 20)
2. E タール (i) 235 °C 殘留タール及び重油 (100 : 0, 97 : 3, 95 : 5, 93 : 7)
   (ii) 250 °C 殘留タール及び重油 (90 : 10, 85 : 15)
   (iii) 270 °C 殘留タール及び重油 (85 : 15, 80 : 20)
   (iv) 300 °C 殘留タール及び重油 (80 : 20)
3. F タール (i) 250 °C 殘留タール及び重油 (95 : 5, 93 : 7)
   (ii) 270 °C 殘留タール及び重油 (90 : 10)
   (iii) 300 °C 殘留タール及び重油 (85 : 5)
4. G タール (i) 250 °C 殘留タール及び重油 (100 : 0, 97 : 3)
   (ii) 270 °C 殘留タール及び重油 (100 : 0, 97 : 3, 95 : 5, 93 : 7)
   (iii) 300 °C 殘留タール及び重油 (90 : 10)

これを一括表示すれば圖-26 (32頁) の如くになる．

工場に於ける蒸溜の結果は，其の裝置及び蒸溜の方法によりて製品を異にすると共に，實驗室に於ける結果と同樣なることを望み得ないが，上記の調合割合を多少變更すれば，實際に於ても，重油使用の「カット•バッキング」に依り各種の優良タールの得らるべきは明かである．

但し，上記の中 300 °C 或 270 °C 殘留タールを原料とする時は，「クラッキング」の影響を受け遊離炭素の增加を來し易く，かゝる殘留タールを多量の重油にて「カット•バック」するよりも，250 °C 前後或夫以下の殘留タールを使用し，少量の重油にて「カット•バック」して製したるものゝ方が性質良好となるべし．

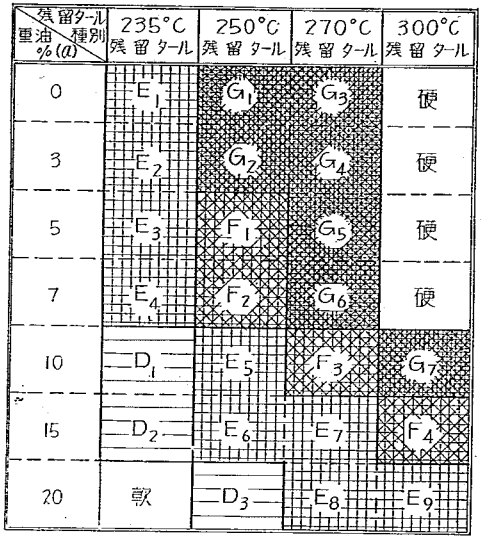
尙實際操作に當りては，先づ原料タールを重油を以てカット•バックし，適當稠度迄蒸溜するも 1 方法であるが，この場合は低溫溜出油分の量に多少の變化を生ずる．

IV. 要　　約

上記試驗の成績を要約すれば次の如し．

1. 中油 (3)，ナフタリン除去中油 (4)，重油 (2) は鋪裝用タールのカット•バック材料と

圖－26 カット・バック・タール要約



備考 1. 重油 a% 及び残留タール $(100-a)$ %を用ゐてカット・バック・タールを造る.
2. 軟と記したるは D タールより軟質なるを示し，硬と記したるは G タールより硬質なるを示す.

して其の性狀を試驗せるものであるが，中油 (3) とナフタリン除去中油 (4) とを比較するに粘度の上には殆ど相異なきも，引火點，燃燒點はナフタリン除去製品の方が高く，其の他の性質上もカット・バック用としてはナフタリン除去製品の方が優つて居るが，タール酸含有量少きに拘らず，ナフタリンの含有量が多い．共に其の約 70% は 300 °C 以下にて溜出する揮發性成分である．

重油 (2) は，中油よりもやや粘度高く，引火點，燃燒點は遙かに高く，低溫溜出分少く，300 °C 殘留物に富み，300 °C 殘留物の軟化點極めて低く，且つタール酸，ナフタリン少く，カット・バック用油としては好適である．

2. タール (1)，無水タール (6)，オットー爐タール (5) は，いづれも粗タール或は單に脫水せる程度のタールにして，タール (1) は水分 4.3% を含み，タール酸 6.47% ナフタリン 2.32% を含む粗タールに過ぎず．

無水タール (6)，オットー爐タール (5) はナフタリン含有量多きに失し，このまゝにては鋪裝用材料として不適當である．但し之に適當の加工を施せば，鋪裝タールとなし得ること勿論である．

3. 軟質タール (7) は 50 °C の比粘度 15 を示し，常溫用タール B 或は C 程度の粘度を有し，常溫或は微熱程度にて使用せらるべきものである．其の稠度及 300 °C 殘留物軟化點共に低く鋪裝材として好適であるが，ナフタリンの含有量やゝ高きを缺點とする．この點を除けば，常溫シール・コート用として使用可能である．

4. 硬質タール (8) は，加熱用 E 程度のタール粘度を有し，高溫比粘度はやゝ之より

高く，F 程度を示して居るが，浮游試驗，軟化點，其の他の性質より見て大體 E 程度の製品と見做し得べく，加熱路面處理用として適當する．場合によりてはタール透入マカダムに使用し得ざるに非るも，透入マカダム用としては尙常溫稠度高きものを使用する方が得策である．

タール酸及ナフタリンの含有量は共に少く，其の 300 °C 殘留物の軟化點も餘り高からず，鋪裝材として充分使用可能である．

5. 今回試驗せる上記滿洲タールは概してナフタリン含有量の多い事が目立つて見える．この點を改良すれば鋪裝材として尙優良となる．上記試料の中，重油 (2) はカット・バック用油として好適である．又軟質タール (7) は常溫用タールとして シール・コート程度の工事に，硬質タール (8) は加熱シール・コート或は路面處理程度の工事に使用しうる．硬質タール (8) に幾分加工して常溫稠度を高むれば，透入式及び混合式マカダム工法に使用しうる材料となすことは可能である．硬質タール (8) に 10～20% 程度の軟質 (針度 120～200) アスファルトを混合して透入マカダム用とするも 1 方法なるべしと考へらる．(本所報告第 32 號 91～116 頁參照)

6. 上記の如く，重油 (2) はカット・バック用の油に適す．無水タールを 235°C, 250°C, 270 °C, 300 °C 等の各種溫度まで蒸溜して得らるゝ殘留タールを 0～20% の重油 (2) を以てカット・バックすれば，圖-26 に示す如く規格案 D, E, F, G 等に相當する各種のカット・バック・タールが得られる．然しながら殘留タールを得る爲の蒸溜溫度は餘り高からざるをよしとするを以て，同圖中最も適當なりと考へらるゝは，次の如きものである．

D タール……D_1, D_2

E タール……E_3, E_4, E_5

F タール……F_1, F_2, F_3

G タール……G_2, G_5, G_6

かくして得らるゝ カット・バック・タールは其の性質單純蒸溜による殘留タールよりも良好である．

鐵線蛇籠の防錆塗料に就て

内務技師　西　川　榮　三
　　山　下　芳　雄

目　次

緒　言……（1）
I. 試驗の概說……（2）
［1］試　料……（2）
（1）被塗面材料……（2）
（2）塗　料……（2）
［2］塗料性狀，塗裝方法及び塗裝直後の狀態……（3）
II. 試驗成績……（5）
［1］塗料の比重，塗膜比重，塗膜量其の他……（5）
（1）塗料の比重……（5）
（2）乾燥塗膜比重……（5）
（3）單位面積當り塗膜重……（6）
（4）塗　膜　厚……（6）
（5）乾燥塗膜の塗料に對する割合……（6）
（6）塗料所要量……（7）
［2］塗膜の耐久性……（8）
［3］風化折曲試驗成績……（11）
（1）輕金塗料 F……（11）
（2）燒付ワニス V……（14）
（3）ナスチックス N……（15）
（4）玄　光 G……（15）
（5）タール質塗料 B……（16）
（6）同　上 H……（17）
（7）エ　ン　ガ E……（18）
（8）塗　料 I_1……（19）
（9）塗　料 I_2……（20）
（10）塗　料 I_3……（21）
［4］1ケ年風化後塗膜及び被塗面の外觀檢査……（21）
III. 各塗料の性狀概括……（26）
IV. 要　約……（28）

緒　言

蛇籠鐵線用塗料としては，從來アスファルト性の塗料が用ゐられ來たつたが，本用途に對する塗料としては次の諸點を考慮しなければならない．

1. 鐵線に對しては，刷毛塗は行ひ難きを以て浸漬塗裝に依らなければならない．

2. 浸漬塗裝の場合には，浸漬，引上後，剩餘塗料を速かに滴下せしめ了うることを必

要とする.

3. この爲には塗料の粘度はあまり大ならざることが必要である.

4. 塗料の乾燥の速かなることを必要とする.

5. 乾燥塗膜は柔軟にすぎ, 互に粘着し合ふ様な性質があつてはならぬ.

6. 塗膜と針金との附着強きこと, 即ち, 外力により缺陷を生ずることなきを要する.

7. 日光, 雨露, 流水等の風化作用により脆化, 變質すること甚しからざるを要する.

8. 塗膜は被塗面の錆の發生を抑制する性質のものたる事, 錆を誘起するがごときことなく水を滲透せざるものたるを要す.

從來の鐵線用アスファルト塗料は粘性大にして塗裝の均等性を保たし難く, 浸漬後滴下時間長く, 乾燥遲く, 塗膜柔軟にして互に粘着する傾向を有し, 外力により缺陷を生じ易い. 本試驗に於ては上記諸種の條件を考慮しつゝ, 諸種塗料の塗膜の耐久性について比較を行つたものである.

I. 試驗の概說

[1] 試　料

試料は, 塗料にて被覆せらるべき材料 (被塗面材料) 及塗料の2つに分類せられる.

(1) 被塗面材料　　塗料にて被覆せらるべき材料即ち被塗面材としては次のものを用るた. 塗料の附着性は被塗面の材質によりても異るを以てである.

A. 針　金　　1. 鐵線 (鍍金せざるもの)
　　2. 亞鉛鍍鐵線

B. 薄　板　　1. 薄鐵板 (鍍金せざるもの)
　　2. 亞鉛鍍鐵板 (トタン板)
　　3. 鉄　力　板

薄板は塗料變化の狀態を見易からしめんが爲に用るた. 鍍金せざる鐵線, 鐵板等は錆落しを行ひ, 石油中に貯藏し, 其の他のものは其の儘石油中に貯藏し, 使用前附着せる石油は揮發油 (Benzine) 及エーテルにて洗滌し, 乾燥後塗裝を行つた.

(2) 塗　料　　塗料としては次の諸種のものを選んだ.

1. 輕金屬耐水密着塗料　　F會社製品……略號　輕金塗料F
2. 燒付黑ワニス　　K會社製品…… 〃　燒付ワニスV
3. ナスチックス　　N會社製品…… 〃　ナスチN
4. 玄光塗料　　M商會製品…… 〃　玄光G

5. タール質塗料2種　實驗室調製……略號　B 及 H
6. 鹽化ゴム塗料　K會社製品……〃　エンガ E
7. 加工アスファルト塗料3種　實驗室調製……〃　I_1, I_2, I_3

備考　略號は記載の簡便の爲に假定せるものである.

[2] 塗料性狀，塗裝方法及び塗裝直後の狀態

各塗料の性狀，塗裝方法及び塗裝直後の狀態は次の如くである.

(1) 輕金塗料F　塗膜主成分としては加工セルロースを含み，之に顔料（赤色），溶劑（コール・タール系）等を含有するものである. 之を金屬面に塗る時は均一の塗膜を得易く，且つ乾燥迅速にして堅硬なる塗膜を生ず. 乾燥塗膜はよく金屬面に密着し，塗膜同志互に膠着し合ふ虞なく，これ等の點に於ては理想的である：貯藏中に顔料の沈澱を起すから塗裝前よく攪拌の必要がある. 低粘度なるを以て浸漬塗裝に困難なし. 唯本塗料は顔料が沈澱し易きと，揮發引火性溶劑を含むを以て，浸漬槽に攪拌裝置を具へしめ且つ引火豫防に注意すべきものである.

本塗料を鐵線，鐵板，亞鉛線，トタン板等に塗裝すれば1時間以內に乾燥し，數時間後には堅固なる塗膜を形成する. 塗裝直後は狀態頗る良好で，折曲試驗に於ては 3 mm 徑折曲げ異狀なし.（折曲試驗につきては9頁參照）

(2) 燒付ワニスV　本品は瀝青系塗料にして黑色，粘稠性であり，浸漬塗裝に困難である. このまゝにては乾燥おそく，燒付を要する. 燒付には 150℃ 以上に 1.5 h 以上加熱を行ふ. 然しながらこの程度の燒付では，塗膜は猶柔軟性を失はず，亞鉛板に對する附着良好ならず，剝落或は損傷し易い缺點がある. 鐵板，鐵線には附着する.

(3) ナスチックスN　アスファルト性塗料にして蛇籠鐵線用に考案せられた塗料であるが，本塗料は粘度稍〻高きに過ぎ浸漬塗裝を行ひ得ざるに非るも，剩餘分滴下に長時間を要する. もしこの點を改良せんとして，溶劑にて稀釋して用ふれば，當然の結果として塗膜は厚さを減少すべし. 塗膜の乾燥には長時間を要する嫌がある. 而して乾燥塗膜は柔軟にすぎ，互に膠着し合ふを以て荷造作業に不便あるものと考へられる. 又外力によりて塗膜は損傷せられ易い.

本塗料を塗裝後，加熱處理を行へば，塗膜は其の堅さを增し，塗膜同志相膠着する性質は漸次減少すること次の如し.

70℃	0.5 h	乾燥はるかによろしきも充分ならず
80℃	0.5 h	同　上
100℃	0.5 h	同　上
120℃	0.5 h	荷造に不便ならざる程度に至る

但し 120℃, 0.5 h の加熱處理によりても，金屬面と塗膜との附着を良好ならしむるには，あまり效果がない．風化試驗は加熱處理を行つたものにつき施行した．塗裝及び加熱處理直後は折曲試驗 3 mm にて異狀なし．

尙本塗料を鐵線に利用する爲に次の諸點を考ふることを要する．

i. 之に適量の溶劑（例へばソルベント・ナフサ B. P＜200℃）を混合し，粘度を低下せしめて用ゐること　　この方法により漬浸塗裝上滴下時間の短縮，塗膜の均等性，乾燥の容易等をはかりうる．

ii. 適當に乾燥せる後，130～140℃ に 0.5 h 加熱作業を行ふこと　　この方法により，塗膜同志膠着し合ふ不便を去り荷造の便を與ふ．但し加熱は，乾燥充分なる後高溫空氣中に行ふべく，加熱に際しては引火の危險を豫防すべし．

（4） 玄光 G　　本塗料はギルソナイト，油類，其の他を塗膜主成分とするものと稱せられる．ナスチックス（N）よりも低粘度にして浸漬塗裝可能であり，乾燥迅速であるが，塗膜は柔軟にして，塗裝直後に於ては被塗面との附着の程度はナスチックスとあまり變りがないが，幾分良好である．

（5） タール質塗料　　タールにアスファルトを加へ，之を溶劑に溶解せるもので，塗裝容易，乾燥は迅速であるが，燒付を要する．

B 塗料はタール (No. 2124) 20; ブローン・アスファルト (No. 1356) 80 の混合物 100 に對して，ソルベント・ナフサ 60 を加へて製したるものである．卽ち配合比 12.5 : 50.0 : 37.5 である．

H 塗料はタール 19.5 %，ブローン・アスファルト 45.5 %，ソルベント・ナフサ 35.0 % でタール：アスファルト＝30 : 70 である．

タールは概して風化しやすきものなるも，其の少量の混合は Workability を改善し，乾燥を助くる利あるを以て比較の爲，多數の調合物より上記 2 種を選び試驗することとした．

（6） エンガ E　　鹽化ゴムを主成分とする塗料にして，試驗に用ゐたるものはクリーム色を呈し，乾燥迅速であるが，塗膜は金屬面との附着性に缺け，剝落しやすい缺點を有する．

（7） 加工アスファルトによる塗料　　加工アスファルトを塗膜主成分とし，浸漬塗裝可能，乾燥も迅速である．比較の爲試製せるもので，I_1, I_2, I_3, の 3 種につき試驗した．I_1, I_2, はアスファルトを沃素處理せるものを溶劑に溶解したるもの，I_3 はアスファルトを鹽素處理せるものを溶劑に溶解せるものである．

II. 試 驗 成 績

[1] 塗料の比重，塗膜比重，塗膜量其の他

(1) 塗料の比重 S　　塗料の比重は比重計 (Hydrometer) 或は比重壜を以て測定した.

表—1　塗 料 比 重

試料	塗料比重 (25°C)		
	I	II	平均
1. 輕金塗料 F	測定せず	測定せず	測定せず
2. 焼付ワニス V	0.9322	0.9324	0.9323
3. ナスチックス N	0.8805	0.8802	0.8804
4. 玄光 G	0.9085	0.9082	0.9084
5. タール塗料 B	0.9664	0.9663	0.9664
6. 〃 H	…	…	B に近し
7. エンガ E	…	…	測定せず
8. 塗料 I_1	0.995	0.994	0.995
9. 塗料 I_2	…	…	I_1 と近し
10. 塗料 I_3	…	…	I_1 と近し

表—2　乾燥塗膜比重

試料	乾燥塗膜比重		單位面積當リ塗膜重 w…g/m²	
	2日	1年後	2日	1年後
1. 輕金塗料 F		1.550		50
2. 焼付ワニス V	1.01	1.056	70	69
3. ナスチックス N	1.02	1.018	66	40
4. 玄光 G	1.01	1.043	83	78
5. タール塗料 B	1.02	1.061	58.5	65
6. 〃 H	1.06	1.050	55	44
7. エンガ E	1.60	1.716	45.6	49
8. 塗料 I_1	1.05	1.024	50.9	50
9. 塗料 I_2	1.05	1.035	54.5	38
10. 塗料 I_3	1.06	1.037	54.7	33
11. 塗料 K	…	1.018	…	56

(2) 乾燥塗膜比重 S_{II}　　2日間乾燥せる塗膜の比重 S_{II} は次の如くにして測定した. 卽ち 40 mm 平方の被塗面に塗料を施し (但し浸漬法に依る) 2日間乾燥し，之を正確に 30 mm平方に截り，其の空氣中重量 (W_1), 水中重量 (W_1') を秤り，次に溶剤を以て

塗料を全部洗滌し完全に之を除去し，被塗面材の空氣中重量 (W_0) 及水中重量 (W_0') を秤り，次式により比重 S_H を算出した．

$$\text{乾燥塗膜比重（2日）}\ S_H = \frac{W_1 - W_0}{(W_1 - W_0) - (W_1' - W_0')}$$

各塗料の塗膜の比重 S_H は表—2（5頁）の如し．但し6回試験の平均値にて示す．

（3）単位面積當り塗膜重 w (g/m²)　　單位面積當り塗膜重 w (g/m²) は次式により算出した．

$$w = \frac{W_1 - W_0}{9} \times 10^4 \times \frac{1}{2} = \frac{10^4}{18}(W_1 - W_0)$$

（4）塗膜厚 $L(\mu)$ or l (mm)　　2日間乾燥後塗膜厚 l (mm) は次の方法により測定した．即ち塗膜乾燥後板及塗膜の厚 l_1 を測り，後塗膜を除去して更に板の厚 l_0 を測り塗膜厚 l を次式で表す．

$$L(\mu) = 1000\,l = \frac{1}{2} \times 1000\,(l_1 - l_0) = 500\,(l_1 - l_0)$$

或は單位面積當り塗膜重 w (g/m²) 及塗膜比重 S_H より次式によりて求められる．

$$L(\mu) = \frac{w}{S_H} = \frac{10^4}{18} \times \frac{W_1 - W_0}{S_H}$$

上記の如くにして求めた塗膜厚 $L(\mu)$ は表—3の如し．

表—3　塗膜厚 $L(\mu)$ 及乾燥塗膜の塗料に對する%

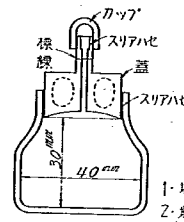
試料	塗膜厚 $L(\mu)$		乾燥塗膜の塗料に對する% P
	2日後	1年後	
1. 輕金塗料 F		33	……
2. 焼付ワニス V	69	65	89.2
3. ナスチックス N	64	43	64.0
4. 玄光 G	82	80	76.7
5. タール質塗料 B	…	68	75.7
6. 〃 H	52	48	79.1
7. エンガ E	45	35	45.6
8. 塗料 I_1	…	63	63.6
9. 塗料 I_2	49.0	45	64.0
10. 塗料 I_3	48.0	35	63.5

（5）乾燥塗膜の塗料に對する割合 P (%)　　乾燥塗膜の塗料に對する割合 P (%)

は次の如くにして測定した．即ち重量既知 B (g) の秤量壜に，塗料を入れ蓋をなし，其の重量 $W_{\text{э}}$ (g) を秤り，蓋を去りて2日間塗料を乾燥し，2日後重量 W_{II} (g) を秤り，次式により P_{II} (%) を算出する．

$$P=\frac{W_{\text{II}}}{W_{\text{э}}}\times 100$$

尚本試驗に使用したる秤量壜は圖—1に示すが如きもので，試驗に當りては，揮發油，エーテル，アルコール，エーテル等にて順次壜をよく洗滌し，乾燥後秤量し，之に少量の塗料（0.3g以下）を採取し，揮發を防ぐため直ちに蓋をなし，秤量し，然る後に塗料を底面に擴け，其の乾燥に便にし，蓋を除去して之を乾燥せしめて一定期間後更に秤量して，塗膜の塗料に對する百分率 P (%) を算出するものである．



圖—1

塗料用秤量壜
繞硝子製

備考
1・壜の内径約40mm
2・壜の底と蓋の底までの距離約30mm
3 細管の内径20mm
4・蓋及カップは磨合せ良好ふる事
5 總重量70g以下
6・各壜には蓋カップ及本体に其々合番号(1より10)を附すべし

（6）塗料所要量 q (g/m²) 或は v (cc/m²) 乾燥塗膜の塗料に對する割合 P (%)；單位面積當り塗膜重量 w (g/m²) より單位面積當り塗料所要量 q (g/m²) 或は v (cc/m²) を次式により算出するを得．

$$q\ (\text{g/m}^2)=\frac{w}{P_{\text{II}}}\times 100$$

$$v\ (\text{cc/m}^2)=\frac{q}{S}=\frac{w}{SP_{\text{II}}}\times 100$$

100 m² 當り塗料所要量を Q (kg) 或は V (liter) とすれば

$$Q(\text{kg/100m}^2)=\frac{10w}{P_{\text{II}}}\qquad V\ (\text{liter/100 m}^2)=\frac{10w}{SP_{\text{II}}}$$

上記の計算による塗料所要量を掲ぐれば 表—4 (8頁) の如くである．但し實際塗裝に當りては塗裝中に於ける種々の損失，上記計算外の附着，塗料揮發による粘度增加等の爲，計算値より餘分の塗料を要すべし．

鐵線に塗裝する場合の塗料所要量は其の單位長に對して次の如くになる．

$$q'\ (\text{g/m})=\frac{w'}{P_{\text{II}}}\times 100\qquad \text{或は}\qquad Q'\ (\text{kg/100m})=\frac{10w'}{P_{\text{II}}}$$

$$v'\,(\mathrm{cc/m}) = \frac{w'}{sP_{\mathrm{II}}} \times 100 \quad \text{或は} \quad V'\,(\mathrm{liter/100m}) = \frac{10w'}{sP_{\mathrm{II}}}$$

もし板に塗りたる場合と線に塗りたる場合とにて厚を異にせざるものと假定すれば

$$Q' = \frac{\pi d}{10^3} Q \qquad V' = \frac{\pi d}{10^3} V$$

但し d は線の徑 mm

通常蛇籠用鐵線の徑は 8 mm なるを以て

$$Q' = 0.025\ Q \qquad V' = 0.025 V$$

となる. Q' の數値は表—4 に掲げてある. 但し實際には, 塗料の表面張力の關係により塗膜厚を增加するを以て Q' は上記の數値より大となるものと考へられる.

表—4 A 塗料所要量

試料	P	單位面積當塗膜重 w	板面塗料所要量		8 mm 鐵線
		g/m²	kg/100m²	liter/100m²	kg/100 m
1. 輕金塗料 F	…	…	…	…	…
2. 焼付ワニス V	75	69	9.2	9.9	0.23
3. プラスチックス N	55	64	11.6	13.2	0.29
4. 玄光	65	82	12.6	13.9	0.31
5. タール質塗料 B	65	58.5	9.0	9.3	0.22
6. 〃 H	79.1	55.0	7.0	…	0.175
7. エンガ E	45.6	35.5	7.8	…	0.195
8. I_1 塗料	63.6	50.9	8.0	7.6	0.20
9. I_2 塗料	54.5	34.8	6.4	6.5	0.16
10. I_3 塗料	54.7	50.9	9.3	9.5	0.24

[2] 塗膜の耐久性

塗膜は風化によりて一般に其の性質を變化する. 塗裝直後に於ては良好なる狀態を呈するものも, 諸種の風化の作用を受くる時は, 著しく其の性質を變化する. 其の結果として

i) 光澤を失ひ, ii) 變色し, iii) 脆化し, iv) 龜裂, 孔等を生じ,

v) 被塗面との附着性を失ひ, vi) 遂に剝落し, vii) 空氣, 水等に對する滲透性を增加し, 被塗面保護の塗膜本來の目的に沿はざるに至る.

故に耐風化性よろしき塗料に非れば土木工事材料或は築造物の塗料としては不適當である. 蛇籠鐵線用塗膜は, ある部分は水中に浸漬せられ, 又ある部分は日光風雨等に曝さるゝを以て, これ等の諸種の場合の影響を試驗すべく次の 4 種の風化方法を選んだ.

1. 直射日光にのみよる風化作用　　主として日光の影響のみを見んが爲に風雨等を遮斷し日光の光線及其の熱作用のみを受けしめたものである.

2. 自然風化作用　　日光, 風雨, 露雪等の作用を受けしめ大氣中に自然風化をなさしめたものである.

3. 實驗室空氣中靜置　　塵埃を避け實驗室の空氣中に靜置したるもので, 直射日光, 風雪等の作用を受けしめず,室温に於て主として空氣の作用と自然蒸發の作用とのみを受けしめたものである. 前2者に對して塗膜風化の程度は概して少きことが豫想せられる.

4. 清水中浸漬　　直射日光を受けず, 温度の上昇も1及2程激しからず, 主として清水の作用を受けしめたもので, 河水中に投じたる場合に類似するものである.

記載の便宜上, 上記4種の風化方法を "日" "風" "空" "水" の略號を以て表す. 風化期間は 1月, 3月, 6月, 1年とす.

供試體はI章に記載せる針金, 薄板等に各種塗料を浸漬塗裝し, 上記各種風化を行はしめた.

風化後の供試體につきては次の如き各項目を檢査した.

1. 外觀的檢査　　a. 光澤の變化
　　b. 膠着性の變化
　　c. 皺, 龜裂, 剝落の程度
　　d. 脆化の有無

2. 折曲試驗　　直徑 25 mm, 20 mm, 15 mm, 10 mm, 5 mm, 3mm の曲面に沿ひて, 塗裝供試體を折り曲げ, 其の際に塗膜に龜裂, 剝落等の生ずるや否やを見, 其の脆化の程度を比較する一助とした.

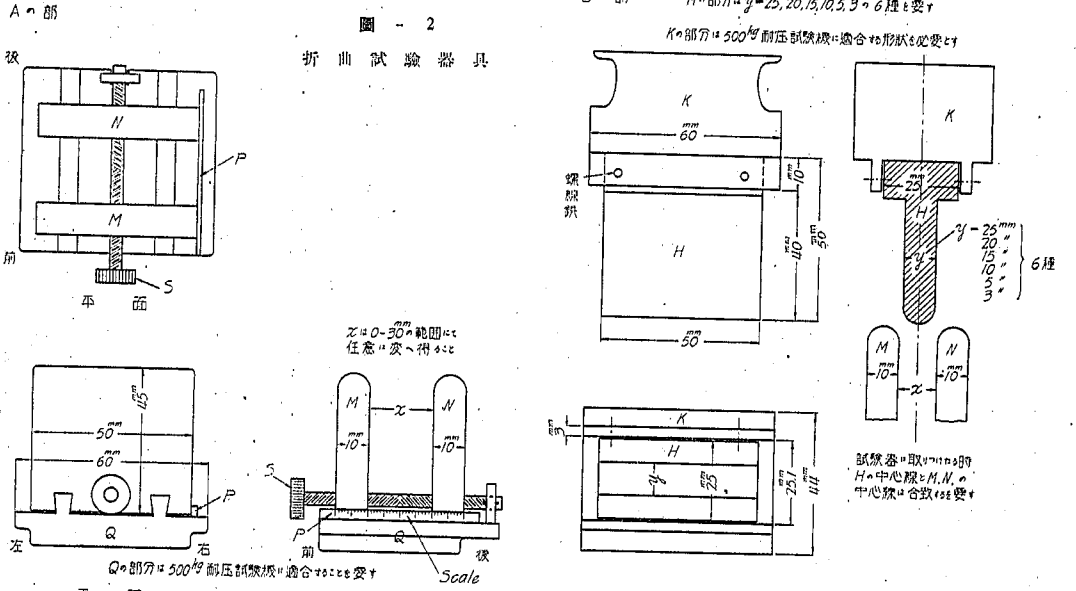
3. 塗膜を取り去りたる後の線及び板の錆發生其の他の狀況の檢査

尙折曲試驗に使用したる器具は圖—2(10頁) の如きもので, A及B2組の部分より成り, 本所備付 500 kg 壓縮試驗機に取付け使用した. A は 2 枚の金屬板 M, N (鋼製) 及目盛尺 P, 其の他の附屬物より成り, M, N の間隔 x は捻子 S によりて 0～30 mm の範圍にて任意に變化せしめ得る樣造られて居る. B は厚及其の一端の徑各, 25 mm, 20mm, 15mm, 10 mm, 5 mm, 3 mm の6枚よりなるプランジャー H と, 之を取付け得る臺 K とより成り, K は 500 kg 壓縮試驗機に取付け得る.

試驗には A及 B を夫, 500 kg 壓縮試驗器に取付け, A 上に塗裝せる針金或は薄板を載せ各種直徑のプランヂャーにて之を折曲げ, 其の折曲外面に於て塗膜に龜裂の來りたる時のプランジャーの徑を求めたものである.

圖－2

折曲試驗器具


Aの部
後
前
N
M
P
S
平面
45mm
50mm
60mm
Q
左
右
正面
xは0-30mmの範囲にて
任意に変へ得ること
M
N
x
10mm
S
P
前
後
Scale
側面
Qの部分は500kg耐圧試験機に適合することを要す
Bの部
Hの部分はy=25,20,15,10,5,3mmの6種を要す
Kの部分は500kg耐圧試験機に適合する形状を必要とす
K
60mm
螺線鉄
H
10mm
40mm
50mm
25mm
y=25mm
20〃
15〃
10〃
5〃
3〃
6種
3mm
25mm
25.1mm
44mm
試験器に取りつけたる時
Hの中心線とM.N.の
中心線は合致するを要す

[3] 風化折曲試驗成績

各種塗料別に其の塗膜の風化狀態，1週乃至1年に亘る折曲試驗成績を記載すれば表—5 乃至 表—14 (11－21頁) 及 圖—3 (12頁) の如くである．

圖—3 は，横軸に試料を列記し，縱軸には，折曲げにより龜裂を生じたる時の折曲げの徑 D (mm) を示したものである．D の大なる程塗膜は外力により切れ易きことを示すものである．

(1) 輕金塗料 F　　本塗料は I 章 [2] (1) に述べたる如く高級特種塗料にして其の風化試驗の成績は表－5 の如し．

外觀檢査　　本塗膜は金屬面に對する附着よろしく，鐵板，亞鉛板，鋁力板，鐵線，

表—5　折曲試驗成績　　輕金塗料

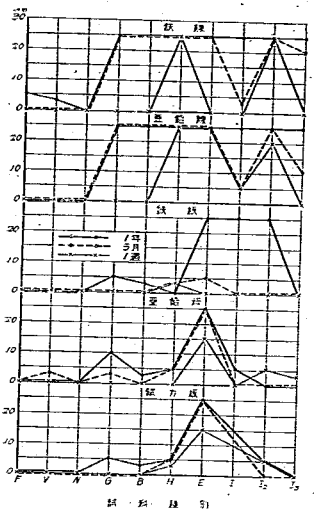
塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後 1 週	塗裝後 1 月	塗裝後 3 月	塗裝後 6 月	塗裝後 1 年
輕金塗料	日光下	鐵板	0	0	0	0	0
		亞鉛板	0	0	0	0	0
		鋁力板	0	0	0	0	0
		鐵線	0	0	3 mm	5 mm	3 mm
		亞鉛線	0	0	0	10 mm	3 mm
	風雨下	鐵板	0	0	0[2]	0	0
		亞鉛板	0	0	0[2]	3 mm	0
		鋁力板	0	0	0[2]	0	0
		鐵線	0	0	5 mm	15 mm	20 mm
		亞鉛線	0	0	3 mm	15 mm	5 mm
	空氣中	鐵板	0	0	0	0	0
		亞鉛板	0	0	0	0	0
		鋁力板	0	0	0	0	0
		鐵線	0	0	0	5 mm	5 mm
		亞鉛線	0	0	0	3 mm	0
	清水中	鐵板	0	0[1]	0[3]	0[3]	0[3]
		亞鉛板	0	0[1]	0[3]	0[3]	0[3]
		鋁力板	0	0[1]	0[3]	0[3]	0[3]
		鐵線	0	5 mm	15 mm	15 mm	25 mm
		亞鉛線	0	5 mm	5 mm	15 mm	25 mm

備考
1) 水によりやゝ侵さるゝ傾向を示す．
2) 表面黑味かゝる．塵埃による汚損の爲である．
3) 變色して表面粗鬆となり，水の影響著しく認められる．

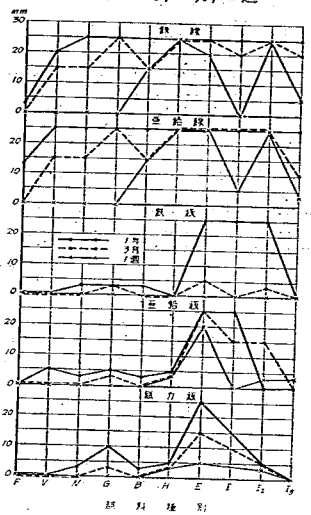
要約　本塗料は金屬に對して附着よろしく，乾燥早く，日光に對しては比較的强きも，水には侵され表面粗鬆となり，耐力を減ずる．

圖—3 折曲試驗成績

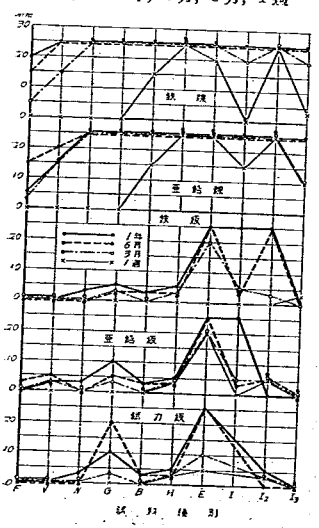
空氣中 1年, 3月, 1週



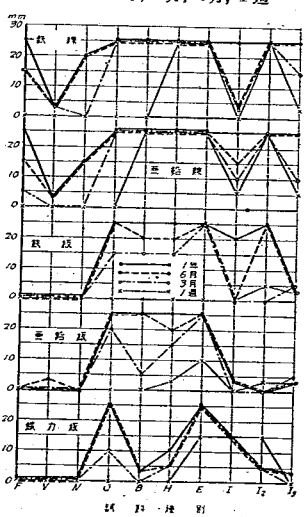
日光下 1年, 3月, 1週



風雨下 1年, 6月, 3月, 1週



清水中 1年, 6月, 3月, 1週



亜鉛線いづれにもよく附着する．日光下に於ては，塗膜の甚しき變質は認められず，脆化の程度も少い．風雨下にては，塵埃により黒色の汚損を受くるも被塗面との附着に變化なく，空氣中にては全く變化がない．水中に於ては，變色褪色し，斑點を生じ，表面粗鬆となり長期間の水中浸漬にて塗膜が變質脆化する傾向を示す．

尙折曲試驗の成績は表—5(11頁) の如くである．表中の數字は，この徑を有する折曲面にそひて折曲げたる時，塗膜が龜裂或は剝落せることを示すもので，數値大なるほど脆化し，塗膜の伸張性の減少せることを表すものである．薄板と針金とに於て數値を異にするは，薄板に比して針金の場合の方が塗膜の伸張を遙かに多分に要求せらるゝに依るものである．

表—5 によれば，日光下，風雨下にては，時の經過と共に塗膜が幾分硬質となる傾向あ

表—6　折曲試驗成績　　焼付ワニス

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後 1 週	塗裝後 1 月	塗裝後 3 月	塗裝後 6 月	塗裝後 1 年
焼付ワニス	日光下	鐵板	0	0	0	0	0
		亜鉛板	0[1]	0[1]	0	10 mm	5 mm
		鋳力板	0	0	0	0	0
		鐵線	0	3 mm	15 mm	25 mm	20 mm
		亜鉛線	0	15 mm	15 mm	25 mm	25 mm
	風雨下	鐵板	0	0	0	0	0
		亜鉛板	0[1]	0[1]	3 mm	5 mm	3 mm
		鋳力板	0	0	0	0	0
		鐵線	0	10 mm	15 mm	25 mm	25 mm
		亜鉛線	0	5 mm	15 mm	20 mm	15 mm
	空氣中	鐵板	0	0	0	0	0
		亜鉛板	0[1]	0[1]	3 mm	0	0
		鋳力板	0	0	0	0	0
		鐵線	0	3 mm	0	5 mm	3 mm
		亜鉛線	0	0	0	0	0
	清水中	鐵板	0	0	0	0	0
		亜鉛板	0[1]	0[1] 2)	0	3 mm	0
		鋳力板	0	0[1]	0	0	0
		鐵線	0	3 mm	3 mm	3 mm	3 mm
		亜鉛線	0	3 mm	0	3 mm	3 mm

備考
1) フイルムと亜鉛板との附着不良，剝離し易し．
2) フイルムに龜裂を生ず．
3) 風雨下にて光澤消失．

要約　本塗料は金屬に對して附着良好ならず，ことに亜鉛板，亜鉛線に對して不良である．日光により脆化し，水中に於ても其の傾向あり，雨風によはし．

るも，其の狀態は良好である．水中に於ては變質の傾向明かなるも，塗膜は尙附着して居る．

（2）燒付ワニス V　　本塗料はⅠ章［2］(2)に記載せる如く，塗裝に際し燒付を要するもので，本塗膜は金屬面に對しては輕金塗料F程附着良好ならず，殊に亞鉛面に對しては附着不良にして剝離し易いが，鐵面，鋁力面には附着して居る．日光下，風雨下

表—7　折曲試驗成績　　ナスチックス

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後1週	塗裝後1月	塗裝後3月	塗裝後6月	塗裝後1年
ナスチックスN	日光下	鐵板	0	0	0[2]	5mm	3mm[3)5)]
		亞鉛板	0	0[1)]	0[2)]	5mm	3[3)5)]
		鋁力板	0	0	0[2)]	15mm	3[3)5)]
		鐵線	0	15mm	25mm[4)]	25mm[4)]	25mm[4)]
		亞鉛線	0	15mm	25mm[4)]	25mm[4)]	25mm[4)]
	風雨下	鐵板	0	0	0[3)]	0[3)]	3[3)5)]
		亞鉛板	0	0[1)]	0[3)]	0[3)]	3[3)5)]
		鋁力板	0	0	0[3)]	0[3)]	3[3)5)]
		鐵線	0	25mm	25mm[4)]	25mm[4)]	25mm[4)]
		亞鉛線	0	25mm	25mm[4)]	25mm[4)]	15mm[4)]
	空氣中	鐵板	0	0	0	0	0
		亞鉛板	0	0	0	0	0
		鋁力板	0	0	0	0	0
		鐵線	0	0	0	10mm	0
		亞鉛線	0	0	0	15mm	0
	清水中	鐵板	0	0	0[3)2)]	0[2)3)]	0
		亞鉛板	0	0	0[3)2)]	0[2)3)]	0
		鋁力板	0	0	0[3)2)]	0[2)3]	0
		鐵線	0	0	0[2)]	20mm[2)]	…
		亞鉛線	0	0	0[2)]	15mm[2)]	…

備考
1) 塗膜と亞鉛板との附着不良，剝離し易し．
2) 錆あらはる．
3) 光澤を失ふ．
4) 剝落し易し．
5) 脆化．

要約　概して空氣中にては變化少し．水中にては風化の程度少きも鐵板には錆の生ずる傾向あり．日光下，風雨下にては風化して脆化し保護被膜としての効力減ず．

にては，漸次硬化し，光澤消失するも，鐵面を尙保護する．折曲試驗の成績は 表—6 (13頁) に示す如くで，水中に於ては比較的變化少し．

(3) ナスチックス N　本塗料はI章[2](3)に記載せる如き性狀を有し，折曲試驗の結果は表—7(14頁)に示してある．本塗膜は空氣中，清水中に於ては著しい變化を示さないが，清水中に於ては光澤を失ひ，1年後鐵板より多少の錆を生ずる．日光下，風雨下に於ては光澤を失ひ，脆化し剝離し易くなり，鐵線塗料としては耐久性が少い．1ケ月後において既に脆化の傾向顯著に現る．亞鉛板に對しては附着不良である．

(4) 玄光 G　本塗料はI章[2](4)に記載する如く，使用直後に於ては，金屬面との附着はナスチックス N とあまり變りがないが，日光下，風雨下に於ては1ケ月

表—8　折曲試驗成績　玄光塗料

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後1週	塗裝後1月	塗裝後3月	塗裝後6月	塗裝後1年
玄光塗料G	日光下	鐵板	0	5	3	3	3
		亞鉛板	0	5	3	5	5
		鋼力板	0	5	3	15	10
		鐵線	0	25[1]	25	25	25
		亞鉛線	0	25[1]	25	25	25
	風雨下	鐵板	0	5	3	3	5
		亞鉛板	0	10	3	5	10
		鋼力板	0	10	3	20	10
		鐵線	0	25[1]	25	25	25
		亞鉛線	0	25[1]	25	25	25
	空氣中	鐵板	0	0	0	3	5
		亞鉛板	0	5	3	10	10
		鋼力板	0	0	0	10	5
		鐵線	0	20	25	25	25
		亞鉛線	0	15	25	25	25
	清水中	鐵板	0	5[2]	15[2]	25[2]	25[2]
		亞鉛板	0[1]	5[2]	20[2]	25[2]	25[2]
		鋼力板	0[1]	0[2] 1)	10[2]	25[2]	25[2]
		鐵線	0	20[1]	25	25	25
		亞鉛線	0	15[1]	25	25	25

備考　1) 塗膜と板との附着不良にして剝離しやすし．
2) 光澤を失ひ，灰色に變ず．

要約　本塗料は水に侵され變質すると共に，日光，風雨等にも作用せられる．

以後伸張性を漸次失ひ，風化により脆化する．板との附着も不充分となり剝離しやすくなる．ことに水により侵され灰色に變色し，附着不良となる．從つて蛇籠用鐵線塗料としては不適當である．其の折曲試驗の成績は表—8(15頁)に示す如く，日光下，風雨下，清水中供試體は板及線共に良好ならず．

(5) タール質塗料 B　本塗料はI章[2](5)に記載せる如くブローン•アスファルト50及タール12.5を含む塗膜を與ふるものである．この中タールの一部は更に揮發して硬化する．塗裝1ケ月後に至れば線供試體の塗膜は硬化し伸張性を著しく減ずる．日光下，風雨下に於ては風化せられて光澤を失ふも，亞鉛線及板との附着不良の外他のも

表—9 風化折曲試驗成績 B塗料

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後1週	塗裝後1月	塗裝後3月	塗裝後6月	塗裝後1年
塗料B 成分 % タール 12.5 ブローンアスファルト 50.0 トルオール キシロール等量混合物 37.5	日光下	鐵板	0	0	0	5	3
		亞鉛板	0	0	0	5	3
		鋳力板	0	0	0	5	3
		鐵線	15	25	25	25	25
		亞鉛線	15	25	25	25	25
	風雨下	鐵板	0	3	0	3	3
		亞鉛板	0	0	0	3	3
		鋳力板	0	0	0	3	3
		鐵線	15	25	25	25	25
		亞鉛線	15	25	25	25	25
	空氣中	鐵板	0	0	0	5	3
		亞鉛板	0	0	0	3	3
		鋳力板	0	0	0	3	3
		鐵線	0	20	25	25	25
		亞鉛線	0	20	25	25	25
	清水中	鐵板	0	0	0	20	25
		亞鉛板	0	3	5	25	25
		鋳力板	0	0	0	3	3
		鐵線	0	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
備考	1) 亞鉛鍍との附着性惡し． 2) 水の抵抗性不良．						
要約	本塗料はタールを含み，脆化することはやく，日光下，風雨下は勿論，清水中，空氣中に於ても，線狀試料は1ケ月にして不良となつた．						

のとは附着す．水中に於ては脆化し耐久性を失ふが，玄光よりは其の程度が少い．尙本塗膜の折曲試驗成績は表—9 (16頁) に示してある．

(6) タール質塗料 H　本塗料は1章 [2] (5) に記載せる如くブローン・アスファルト 45.5 及タール 19.5 を含むもので塗料 B に比しタール分を多く含むが，其の風化の模様は塗料 B と大同小異で，亞鉛板及線との附着は不良である．1 ケ月後伸張性を失ひ，日光下，風雨下に於て光澤を失ひ脆化す．水中にても長期の浸漬後脆化する．其の折曲試驗の結果は 表—10 の如くである．

表—10　風化折曲試驗成績　塗料 H

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後1週	塗裝後1月	塗裝後3月	塗裝後6月	塗裝後1年
塗料 H	日光下	鐵板	0	0	0	3	0
		亞鉛板	3	3	0	3	5
		鋅力板	3	3	0	5	5
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
	風雨下	鐵板	0	0	3	3	5
		亞鉛板	3	0	3	3	5
		鋅力板	3	0	3	3	5
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
	空氣中	鐵板	3	0	3	5	0
		亞鉛板	0	0	3	5	5
		鋅力板	3	0	3	5	5
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
	清水中	鐵板	0	3	15	20	25
		亞鉛板	3	0	15	20	25
		鋅力板	0	3	5	5	10
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
成分 % タール 19.5							
ブローンアスファルト 45.5							
トルオール キシロール 等量混合物 35.0							
備考	日光下，風雨下のものは光澤を失ふ．						
要約	線塗料として塗膜の伸張性に乏し．板塗料としては日光下，風雨下にて脆化せらるるも形態を保持する．水により脆化せられる．						

(7) エンガ E　本塗料は鹽化ゴム塗料にして，上記諸種の瀝青質塗料と其の性狀を全く異にし，其の塗膜は金屬面に對しては附着性に乏しく，塗膜はプラスティシティー低く，元來コンクリート塗料として製造せられたものである．其の折曲試驗成績は表—11 の如くで，塗膜は伸張性に乏しく，折曲により切れ易きも其の風化狀態は比較的良好である．之を要するに本塗料は其の附着性，塗膜の伸張性等より考へて蛇籠鐵線塗料として不當適なるも，其の耐風化性は比較的良好にして，被塗面が粗鬆にして，塗膜の附着に便宜を與へ，使用中變形少きものには使用しうる塗料と認められる．

卽ち本塗料は鐵線蛇籠塗料としては使用し難きも，コンクリート塗料として土木工事用材料に使用し得る可能性あるを以つて，この方面の研究必要なりと思考せらる．

表—11　風化折曲試驗成績　エンガ E

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後 1 週	塗裝後 1 月	塗裝後 3 月	塗裝後 6 月	塗裝後 1 年
エンガ E	日光下	鐵板	0	5	5	15	25
		亞鉛板	20	20	25	25	25
		鋲力板	5	25	15	25	25
		鐵線	20	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
	風雨下	鐵板	0	25	20	25	25
		亞鉛板	20	25	…	25	25
		鋲力板	5	25	10	25	25
		鐵線	20	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
	空氣中	鐵板	0	0	5	15	25
		亞鉛板	15	20	25	25	25
		鋲力板	15	25	25	25	25
		鐵線	0	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
	清水中	鐵板	0	20	25	25	25
		亞鉛板	10	25	25	25	25
		鋲力板	15	25	25	25	25
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
備考	亞鉛線，亞鉛板鋲力板との附着惡し．塗膜はプラスティシティーに乏し．						

(8) 塗料 I_1　本塗料は沃化アスファルト……アスファルトに對して沃素 5% を混じ48時間 163℃ に加熱したるもの…… 52% とトルオール及キシロール等量混合物 48% よりなるものにして塗膜は沃化アスファルトより成るものである．塗膜の性質はブローン・アスファルトに類するも，化學的抵抗性は強い．其の折曲試驗の成績は 表－12 の如くである．本塗膜は亞鉛板及線に對しては附着充分ならざるも，鐵板，鐵線には附着し，風化後も膠着性あり，日光下，風雨下，清水中等に於ける塗膜自身の耐久性が強い．但

表—12　折曲試驗成績　塗料 I_1

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後1週	塗裝後1月	塗裝後3月	塗裝後6月	塗裝後1年
塗料 I_1	日光下	鐵板	0	0	0	0[3]	25[6]
		亞鉛板	0	0	15	0	…
		鋅力板	…	…	…	…	25
		鐵線	0	10	20	25[2]	25[2]
		亞鉛線	5	15	25	25[1]	25[1]
	風雨下	鐵板	0	0	5	3[3]	25[4]
		亞鉛板	0	0	5	3[4]	25
		鋅力板	…	…	…	…	
		鐵線	0	0	20	25[2]	25[2]
		亞鉛線	15	0	25[1]	25[1]	25[1]
	空氣中	鐵板	0	0	0	0[5]	25
		亞鉛板	0	0	0	0[5]	5
		鋅力板	…	…			
		鐵線	0	0	3	3	25[5]
		亞鉛線	5	10	5	10[1]	25[5]
	清水中	鐵板	0	0	0	0	20
		亞鉛板	0	0	0	0	3
		鋅力板	…	…	…	…	…
		鐵線	0	0	3	3	25
		亞鉛線	5	10	10	15[1]	25

成分 %
沃化アスファルト(5%48h) 52
トルオール キシロール 等量混合物 48

備考
1) 亞鉛線に對し附着よろしからず．
2) 鐵線に對しては附着よし．
3) 表面に細き斑線を生ず．
4) 光澤を失ふ．
5) 光澤あり．
6) 錆を生ず．剝落．

要約　亞鉛に對しては附着充分ならざるも，鐵板に對してはよく附着し塗膜自身はよく膠着性を保ち，風化に强し．

し試製品中には遊離沃素の殘存するものありし爲，長期に至れば，鐵面に錆の發生を促進する重大缺點を見た．本塗料より遊離沃素を除くか其の惡作用を抑制するを得ば鐵線防錆塗料として有望なるべし．

（9）塗料 I_2　　本塗料は沃化アスファルト……アスファルトに 10% の沃素を加へ 163℃ に加熱して試製せるもの……を溶剤に溶解したるもので，I_1 に類する性狀を有す．本塗膜は乾燥後伸張性は大ならず．亞鉛面に對しては附着充分ならざる點あるも，膠着性及耐風化性は强い．但し，遊離沃素の存在の爲鐵板面に錆を發生せしむる傾あり．この惡作用を防止する方法を講ずれば鐵線防錆用塗料として用る得べし．折曲試驗成績は

表—13　風化折曲試驗成績　　塗料 I_2

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後1週	塗裝後1月	塗裝後3月	塗裝後6月	塗裝後1年
I_2	日光下	鐵板	0	3	3	25[2]	25[2]
		亞鉛板	3	5	15	0	0
		鋼力板	3	0	5	0	5
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
	風雨下	鐵板	0	3	3	25[2]	25[2]
		亞鉛板	5	5	5	5	0
		鋼力板	3	3	3	0	3
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25
	空氣中	鐵板	0	3	0	25[2]	25[2]
		亞鉛板	5	5	0	0	0
		鋼力板	5	0	0	0	5
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	20	25	25	25	25
	清水中	鐵板	5	0	0	0	25[2]
		亞鉛板	3	5	0	0	0
		鋼力板	15	5	5	0	5
		鐵線	25	25	25	25	25
		亞鉛線	25	25	25	25	25

備考　1）亞鉛線，亞鉛板に對しては附着充分ならず．
　　2）鐵板面一面に錆を生じ，其の爲塗膜剝落す．

要約　本塗膜は亞鉛面に對して附着不充分，塗膜は堅くして伸張性乏しきも膠着性はありて，風化にはつよし．水に對しても抵抗性あり．

表—13 の如く，大體に於て I_1 よりも稍伸張性が少い．

（10） 塗料 I_3　　本塗料は鹽化アスファルト……アスファルトを 163℃ に加熱熔融しおきて，之に鹽素を通過せしめたるもの…… 52％ とトルオール及キシロール等量混合物 48％ とより成る．I_1 及 I_2 に比すれば塗膜の伸張性は大である．I_1, I_2 等は錆誘致の缺點が認められたが，本塗料にはこの性質がない．

表—14　風化折曲試驗成績　　塗料 I_3

塗料	風化方法	被塗面材	塗裝後1週	塗裝後1月	塗裝後3月	塗裝後6月	塗裝後1年
I_3	日光下	鐵板	0	0	0	0	0[4]
		亞鉛板	3	3	0	龜裂	0[4]
		鋅力板	0	0	0	龜裂	0[4]
		鐵線	5	15	20	3[1]	25[5]
		亞鉛線	3	20	10	10	25[5]
	風雨下	鐵板	3	0	0	0[4]	0[4]
		亞鉛板	0	3	0	0[4]	0[4]
		鋅力板	0	0	0	0[4]	0[4]
		鐵線	3	10	20	25	25[4]
		亞鉛線	10	5	10	25	25[4]
	空氣中	鐵板	0	0	0	0[2]	0
		亞鉛板	3	5	0	0[2]	0
		鋅力板	0	3	0	0[2]	0
		鐵線	0	25	20	3[2]	25
		亞鉛線	0	15	10	5[2]	25
	清水中	鐵板	3	3	5	0[4]	3[3]
		亞鉛板	3	5	5	0[4]	3[3]
		鋅力板	0	3	0	0[4]	3[3]
		鐵線	3	25	15	5[3]	25[3]
		亞鉛線	5	15	10	3[3]	25[3]

備考
1) 表面に皺を生ず．
2) 光澤を失はず．
3) 變色す．
4) 光澤消失．
5) 龜裂を生ず．

（7） 1 ケ年風化後塗膜及被塗面の外觀檢査

1 ケ年各種風化を行ひたる塗膜の外觀を檢査するに 表—15（薄板に塗裝せるもの）及び 表—16（線に塗裝せるもの）の如くである．又 1 ケ年風化後其の塗膜を溶解除去して被塗面を露出せしめ其の外觀を檢査するに 表—17 及び 表—18 の如し．

表—15　1ケ年風化後塗膜　外觀狀態…薄板塗裝

塗料	日光下	風雨下	空氣中	清水中
輕金塗料 F	鐵板，亞鉛板，鋅力板各板への附着完全，外觀變化なし．	塗膜汚損せらるゝも附着完全，外觀變化なし．	日光下のものと同様，外觀全く變化なし．	鐵板に塗裝せるものは塗膜粗鬆となる．亞鉛板のものは白色に變じ甚しく粗鬆となる．鋅力板のものは塗膜變化なし．
燒付ワニス V	風化し光澤消失，塗膜に細き皺を生ず．亞鉛板には附着惡し．	光澤全く消失するも鐵板及び鋅力板には附着す．亞鉛板との附着弱し．	光澤を保ち，外觀變化せず．亞鉛板との附着弱し．	塗膜は水によりやゝ汚損せられたるのみ外觀變化なし．亞鉛板との附着弱し．
ナスチックス N	風化變色，光澤消失脆化す．亞鉛板との附着弱し．塗膜は褐色を帶び來る．	塗膜は光澤消失，炭化の傾向あり脆化す．鐵板よりは錆を生ず．亞鉛板との附着弱し．	光澤を保ち，外觀變化なし．膠着性をも保持す．	塗膜を透して水分滲透の傾向あり．塗膜は鐵板より剝離し易し．膠着性を保持す．
玄光 G	光澤消失，細き皺を生ず．亞鉛板との附着弱し．	光澤消失，炭化の傾向，膠着性減ず．亞鉛板との附着弱し．	光澤を保ち，外觀變化なし．膠着性を保持す．	塗膜は水に侵さる．塗膜變質，剝落し易い．防水塗膜としての效果なし．
タール塗料 B	光澤消失，炭化す．板に對する附着比較的良好．	日光下と略同様．	光澤を保ち，外觀變化なく，膠着性を保持す．	塗膜剝落し易く，防水效果なし．
タール塗料 H	B塗料と同様．	B塗料と同様．	B塗料と同様．	鐵板よりは甚しく剝落す．他の板よりも塗膜剝離し，防水效果なし．
エンガ E	塗膜の外觀變化なきも，塗膜は亞鉛板より剝落しやすし．塗膜脆し．鐵板鋅力板には附着するも附着性少し．	塗膜汚損せらるゝも各板に附着す．但し附着性少く，塗膜は脆く，剝離し易きも剝離せざる間は防錆效果あり．塗膜自身は風化されがたし．	塗膜は變化少きも，附着性は少く，剝離し易き性質あり．塗膜脆し．	塗膜自身は外觀的變化なきも，水を滲透し，板面より剝離し易くなる．
塗料 I_1	鐵板には赤錆一面に生ず．その爲塗膜剝離す．塗膜自身は脆化炭化す．	日光下と同様．	塗膜自身は光澤を保ち膠着性あるも，鐵板に赤錆一面，そのため塗膜剝離す．	空氣中と同様．
塗料 I_2	塗料 I_1 に類し，鐵板には赤錆を生ず．	塗料 I_1 に類し鐵板には赤錆を生ず．	鐵板には赤錆を生ず．亞鉛板，鋅力板にはよく附着し，塗膜光澤あり．外觀變化なし．	鐵板には赤錆生ず．亞鉛板，鋅力板には附着す．
塗料 I_3	鐵板赤錆なし．塗膜變化炭化す．	炭化して光澤消失するも板には附着す．鐵板に赤錆を生ぜず．	光澤を保ち，附着よろし．	水により多少變色し，やゝ剝離し易くなる．塗料が錆を促進することはなし．
塗料 K	褐色味を帶び，炭化の傾向あり．亞鉛板との附着惡し．	光澤消失，亞鉛板との附着惡し．	變化なし．	鐵板に塗裝せるものは水を滲透せる傾向あり．塗膜自身はあまり變化なし．

表—16　1ケ年風化後塗膜　外觀狀態…8 mm線塗裝

塗料	日光下	風雨下	空氣中	清水中
輕金塗料 F	各線共附着完全外觀變化なし.	塗膜少しく塵埃により汚損せられたるのみ，塗膜の實質に變化なし.	日光下のものと略同様，外觀變化なし.	塗膜は附着するも，變色，白化，表面粗鬆となる.
焼付ワニス V	光澤消失，附着す.	光澤消失するも，よく附着し居り.	光澤を保ち，外觀變化なし.	光澤を保ち，外觀變化なし．亞鉛線には附着やゝ惡し.
ナスチックス N	光澤消失，褐色味を帶び，風化により脆化す．亞鉛線との附着惡し.	光澤消失，黒褐色に炭化の傾向あり，脆化す．附着弱し．鐵線より錆を生ず.	光澤を保ち，外觀あまり變化なし．膠着性を保持するも，塗膜少しく柔軟に過ぐ.	塗膜柔軟なるも，水を滲透し，鐵線との附着惡しく，剝離し易し.
玄光 G	脆化して附着惡し.	光澤消失，脆化し，外力により塗膜剝離し易し.	光澤を保ち，外觀變化なきも，塗膜やゝ硬化する.	塗膜變質，剝離し易く，防水塗膜として効果なし.
タール塗料 B	光澤消失，炭化の傾向あり．外力により剝離し易し.	日光下と同様.	外觀あまり變化なく膠着性あり.	塗膜水によりて侵され附着あしくなる．塗膜脆化.
タール塗料 H	B塗料と同様.	B塗料と同様.	外觀あまり變化なし，膠着性あり.	Bと同様，其の程度尙はげしく，防水塗膜としての効果なし.
エンガ E	塗膜の外觀變化なきも，塗膜脆くして外力により剝離し易し．亞鉛との附着は殊に惡し.	塗膜汚損，附着性少く，塗膜脆く剝離し易し．但し塗膜自身は風化の影響を蒙ること少し.	塗膜變化少きも，附着性少く，脆くして剝離し易し.	塗膜自身は變化少きも，水を滲透し塗膜面凹凸を生じ剝離せられ易い．鐵線は錆を生ずる傾あり.
塗料 I_1	塗膜脆化，炭化，剝離し易し.	光澤消失，炭化，脆化，鐵線に錆を生ずる.	塗膜自身は光澤を保つも，鐵線には赤錆を生じ，そのため剝離す.	空氣中と同様.
塗料 I_2	鐵線には赤錆を生ず．塗料 I_1 と同様.	塗料 I_1 と同様.	I_1 と同様.	I_1 と同様.
塗料 I_3	光澤消失炭化の傾向あり．脆化するも附着す.	光澤消失，炭化の傾向あるも附着す.	塗膜は光澤を保ち變化なし．鐵線より錆を生ぜず.	光澤失せ，塗膜剝離し易くなる．磨擦によりて剝落する.
塗料 R	褐色味を帶び，炭化の傾向あり．磨擦により剝離せられ易し.	風化せらるゝも，附着す．日光下程變化はげしからず.	變化なし.	鐵線の塗膜は水を滲透し粗鬆となる．やゝ脆化す．剝離し易し.

表—17　1ヶ年風化後塗膜除去　各板外觀狀態

塗料	日光下	風雨下	空氣中	清水中
輕金塗料 F	塗膜よく附着し居り除去に困難なるも，塗膜を除去せるものは，各板共變化なく，錆の發生全くなし.	日光下と全く同じ.	日光下と全く同じ.	鐵板は多少侵されし部分あるも，錆の發生甚しからず. 亞鉛板の亞鉛剝離，鐵板面黑變す. ブリキ板は變化なし.
焼付ワニス V	各板共變化なく，錆の發生全くなし.	日光下と殆ど變らず.	各板共變化なく錆の發生全くなし.	空氣中と殆ど變らず.
ナスチックス N	各板共變化なく錆の發生なし.	鐵板面に少許の錆を生ず. 亞鉛板，ブリキ板は變化なし.	各板共變化なく錆の發生なし.	鐵板は錆を生ず. 亞鉛板，ブリキ板變化なし.
玄光 G	各板共變化なく錆の發生なし.	日光下と殆ど變らず.	各板共變化なく錆の發生なし.	鐵板黑變，錆少許. 亞鉛板，ブリキ板變化なし.
タール塗料 B	同上	日光下と殆ど變らず.	同上	鐵板は殆ど變化なし. 錆痕跡. 亞鉛板，ブリキ板變化なし.
タール塗料 H	同上	日光下と殆ど變らず	同上	同上
エンガ E	同上	日光下と殆ど變らず	同上	鐵板黑變，錆發生. 亞鉛板變化なし. ブリキ板，錆發生す.
塗料 I_1	鐵板は赤錆全面. 亞鉛板變化なし.	鐵板は赤錆全面. 日光下より程度はげし亞鉛板變化なし.	鐵板赤錆全面. 亞鉛板變化なし.	鐵板赤錆全面. 亞鉛板甚しき變化なきも幾分侵さるゝ傾向あり.
塗料 I_2	鐵板は赤錆全面. 亞鉛板，ブリキ板變化なし.	鐵板赤錆全面. 亞鉛板變化なし. ブリキ板錆發生小許.	鐵板赤錆全面. 亞鉛板，ブリキ板變化なし.	鐵板赤錆全面. 但し日光下より少し. 亞鉛板，ブリキ板變色，幾分侵さるゝ傾向あり.
塗料 I_3	鐵板殆ど變らず. 亞鉛板，ブリキ板變化なし.	鐵板に幾分錆發生する. 亞鉛板變化なし. ブリキ板殆ど變化なし.	鐵板錆發生あり. 亞鉛板，ブリキ板變化なし.	鐵板錆發生あり，亞鉛板少しく變色す. ブリキ板變化なし.
塗料 K	各板變化なく錆發生なし. 鐵板面幾分變色.	各板殆ど變化なし.	鐵板變色，錆の發生なし. 亞鉛板，ブリキ板變化なし.	鐵板錆發生. 亞鉛板變色，ブリキ板變化なし.

表－18　1ケ年風化後塗膜除去　各線外觀狀態

塗料	日光下	風雨下	空氣中	清水中
輕金塗料 F	塗膜の附着よろしく，除去に困難なるも除去後は，各線共全く異狀なし.	鐵線に幾分錆を認む．亞鉛線は變化なし.	全く變化なし.	鐵線に幾分の錆を生ず．亞鉛線は黑變するも錆を生ぜず.
燒付ワニス V	各線變化なし.	各線變化なし.	各線變化なし.	各線變化なし.
ナスチックス N	各線變化なし.	鉄線に錆を生ず．亞鉛線變化なし.	各線變化なし.	鐵線變色，錆發生の徵候あり．亞鉛線變化なし.
玄光 G	各線變化なし.	鐵線幾分錆を生ず，亞鉛線變化なし.	各線變化なし.	鐵線錆を生ず．亞鉛線變化なし.
タール塗料 B	各線變化なし.	各線變化なし.	各線變化なし.	鐵線錆を生ず．亞鉛線變化なし.
タール塗料 H	各線變化なし．但し亞鉛線變色.	鐵線に幾分錆を生ず．亞鉛線變色，但し錆を生ぜず.	日光下と同じ.	鐵線幾分錆を生ず．亞鉛線變色するも錆を生ぜず.
エンガ E	各線錆を生ぜざるも變色.	鐵線錆を生ず.	鐵線錆發生の兆候あり.	鐵線錆を生ず.
塗料 I_1	鐵線赤錆全面，亞鉛線變色.	鐵線赤錆全面，亞鉛線變色.	風雨下と同樣.	鐵線赤錆全面，亞鉛線變色，幾分錆發生の傾向あり.
塗料 I_2	鐵線赤錆全面，亞鉛線黑變.	日光下と同じ，但し錆尙甚し.	日光下と同樣.	空氣中と同樣なるも錆の程度少し.
塗料 I_3	各線共變化なし.	鐵線幾分錆發生の傾向．亞鉛線變化なし.	鐵線僅かに錆發生の傾向あり．亞鉛線變化なし.	鐵線幾分錆發生の傾向あり，亞鉛線變化なし.
塗料 K	鐵線錆發生の傾向あり．亞鉛線變化なし.	日光下と同樣.	日光下と同樣.	鐵線幾分錆を生ず，亞鉛線は變化なし.

III. 各塗料の性狀概括

上記試驗の結果より各塗料の性狀を概括すれば次の如し.

(1) 輕金塗料 F　塗裝上の性狀　本塗料は靜置すれば顔料の沈澱を起すを以て, 塗裝中塗料を攪拌する必要あり, 又本塗料の溶劑は揮發性なるを以て引火を豫防する必要がある. 其の稠度は浸漬塗裝に適し, 乾燥は迅速である. 塗膜は堅硬にして金屬面によく附着し, 且つ塗膜同志膠着することはない. 塗膜は强靱である.

風化 1 ケ年間に於て, 日光下, 風雨下, 空氣中に於ては塗膜に異狀なく, 清水中にては變色, 白化し, 粗鬆となる. 亞鉛板上の塗膜は剝離し易くなる.

被塗面中, 日光下, 風雨下, 空氣中各板, 日光下, 空氣中各線は異狀なし. 清水中鐵板, 風雨下鐵線, 清水中鐵線は幾分侵される.

之を要するに本塗料は塗裝上及び塗裝直後に於ては良性質を有し, 風化に對しても, 日光, 空氣の作用には充分耐久性あり, 被塗面保護の目的を完全に充しうるものである. 水に對しては抵抗性强からず, 塗膜變質して多少被塗面が侵さるゝ傾向がある.

(2) 燒付ワニス V　粘稠性にして浸漬塗裝に困難であり, 乾燥遲く, 150°C にて 1.5 ～ 2 時間の燒付處理を必要とする. 亞鉛板及び線には附着良好ならざるも, 鐵板, 鉄力板, 鐵線等には附着する. 燒付後も塗膜は柔軟性を失はず.

風化 1 ケ年間に於て, 日光下, 風雨下にては光澤を消失するも, 塗膜は被塗面に附着す. 空氣中に於ては, 塗膜の外觀に變化なし. 水中に於ても塗膜の外觀は殆ど變化がない.

風化 1 年後被塗面は, 各板, 各線共日光下, 風雨下, 空氣中, 清水中いづれに於ても變化なく錆の發生を見ず, 塗膜の被塗面保護の能力は大である.

之を要するに本塗料は塗裝上燒付を要するも, 塗膜は耐久性にして防錆能力比較的大である. 但し本塗料は亞鉛鍍線には用ふべからず, 鐵線上に用ふべきものである.

(3) ナスチックス N　本塗料は浸漬塗裝には餘剩滴下に長時間を要し, 乾燥遲く, 塗裝作業上に不便あり, 塗膜は柔軟に過ぎ, 塗膜同志膠着し合ふ不便あり, これ等の缺點を補ふには 130°C に於て 0.5 ～ 1 h 加熱處理を必要とする. 亞鉛板及び線との附着は良好でない.

1 ケ年風化に於て塗膜は, 日光下, 風雨下にては, 光澤消失, 變色, 脆化し, 線との附着性低下する. 空氣中に於ては, 光澤を保ち, 變化少し. 水中に於ては, 塗膜は水分を滲透し, 鐵板, 鐵線等より剝離し易くなる.

被塗面は塗膜の風化に依り，日光下，空氣中に於ては變化なきも，風雨下にては鐵板，鐵線に少許の錆を生じ，水中に於ては錆の發生あり．

之を要するに本塗料は塗裝上燒付を要し，塗膜は諸種風化により變質せられ，水分を滲透する傾あり，鐵板，鐵線上に用ゐる時は，風雨下，水中にては，錆を生じ，被塗面保護の能力充分ならず．

（4）玄光 G　　浸漬塗裝に適し，乾燥迅速であるので，塗裝上にあまり困難はなく，塗裝直後は塗膜良好である．

風化により塗膜は漸次伸張性を低下する．ことに水中に於てこの傾向がある．

日光下，風雨下にては 1 ケ年後，塗膜は光澤消失，炭化の傾向ありて，風雨下のものは塗膜が剝離し易くなる．空氣中にては光澤を保ち，大なる變化はないが，水中にては，塗膜は水により變質，剝落して防水の効果なし．

被塗面は日光下，空氣中に於けるものは大なる變化なきも，風雨下にては鐵線より錆發生の傾向あり，水中のものは，塗膜剝離の爲に鐵板，鐵線より錆を發生する兆候あり，亞鉛線にてはこの傾向見えず．

之を要するに本塗料は塗裝上は不便なきも塗膜は風化せられ，風雨下，水中等に於ては鐵材被塗面の錆を防ぐに充分でない．

（5）及（6）タール塗料 B 及 H　　浸漬塗裝容易にして乾燥迅速なるも，燒付を要する．

塗膜は 1 ケ年間の風化により，日光下，風雨下に於ては，光澤消失，炭化，脆化して，剝落し易くなり，水中に於ては水によりて侵されて附着が惡しくなる．

1 ケ年後被塗面は，日光下，空氣中に於ては大なる變化なく，風雨下，清水中のものは鐵板，鐵線に幾分錆を生ずる傾向がある．

之を要するに，本塗料は，燒付を要すること，風化せられ易きこと，水分により侵さるゝ傾向あること等により防錆塗料として充分でない．

（7）エンガ E　　浸漬塗裝可能にして，乾燥迅速であるが，塗膜は金屬面との附着弱く，且つ伸張性に乏しく，剝離し易い．

1 ケ年風化に於ける塗膜は，1 ケ月以後屈折により剝離し易くなるが，塗膜自身は日光下，風雨下，空氣中に於ては變化少し．水中に於ても塗膜自身，外觀的には變化を受けざるも，水を滲透して剝離し易きを以て，鐵板，鐵線等に對しては防水の効果を期待し得ない．

1 年後の被塗面の狀況を見るに，日光下のものはあまり變化なきも，風雨下，空氣中のものは錆發生の兆候を示し，水中のものは，鐵板，鋲力板，鐵線等に錆を認める．之は塗

膜の剝離によるものである.

之を要するに，本塗料は塗裝上には困難なく，塗膜自身も耐久性に富むも，金屬面との附着あしきと，伸張性に乏しく且つ水分滲透性の存するとにより，防錆塗料として，直接鐵板，鐵線等に用ゐるには適せず.

然れども，本塗料は塗膜自身には耐風化性大なるを以て，被塗面の材質狀況に依りては，有効に使用し得るものと考へられる.

(8) 加工アスファルト塗料 I_1 及 I_2　　浸漬塗裝可能，乾燥迅速である.

1 ケ年風化中に於て I_1 は比較的伸張性を保つが I_2 は I_1 よりも伸張性が減ずる.

日光下，風雨下にては塗膜自身は光澤消失するも比較的風化抵抗性大である．空氣中に於ては塗膜自身の變化は少い．水中に於ては塗膜脆化す．然しながら，本塗膜には沃素を殘存せしを以て，鐵面を侵し，赤錆の發生を促進し，この爲に塗膜が剝離せられる．亞鉛面，ブリキ面にてはこの現象は表れない.

之を要するに本塗料は錆發生促進成分を殘存せしを以てこのまゝにては鐵線塗料としては害あり.

(9) 加工アスファルト塗料 I_3　　本塗料は塗裝，乾燥等については I_1 及 I_2 と同樣である.

1 ケ年風化塗膜自身は，日光下，風雨下にては光澤消失するも，板或は線に附着する．空氣中に於ては光澤を保ち，外觀變化なく膠着性を保持す．清水中に於ては，やゝ變質して脆化する.

被塗面は本塗料によりては I_1 及 I_2 の如く錆を促進せらるゝが如きことなきも，風雨下清水中に於ては幾分の錆の發生をまぬがれない．尙この種塗料については，之に用ふべきアスファルトの質，鹽化方法其の程度及び之より塗料を製する方法について尙研究を要するもので，本試驗のみでは，鹽化アスファルト塗料の良否を斷定するには足りない.

IV. 要　　約

1. 蛇籠鐵線用塗料は，被塗面材が線狀なること及び蛇籠製造工程上より次の要件を要す.

i) 浸漬塗裝を行ふに適當なる低粘度を有すること

ii) 乾燥迅速なること

iii) 線に對する附着良好なること

iv) 乾燥塗膜は柔軟にすぎず，伸張性に富み脆弱ならざること

2. 又其の鐵線保護の目的を達する爲に，更に次の要件を必要とす．

v) 鐵線に對して錆の發生を促進せざること

vi) 塗膜は風化により劣化少きこと

vii) 塗膜は水を滲透すること少きこと

而して蛇籠は日光，風雨，空氣，河水等あらゆるものに作用せられるから，其の塗料はかゝる諸作用のいづれにも耐久性大なるものなるを要する．

3. 本試驗に於ては，諸種の被塗面に對して諸種の塗料を施し其の適否を試驗した．其の結果を要約すれば次の如し．

4. 鐵面，亞鉛鍍面，鋲力面のいづれに對しても，鹽化ゴム塗料エンガ(E)は附着よろしからず．剝離し易い．之に反し輕金塗料 F は附着良好である．瀝青質塗料は概して亞鉛鍍面には附着あしく，鐵面に對する方附着良好である．

5. 各種塗料につき，鐵線用として其の適否は III 章に詳記してあるが之を摘錄すれば次の如し．

6. 鹽化ゴム塗料 E　　本塗料の塗膜は金屬面に對する附着の不充分，伸張性の不充分等の爲不適當であるが，塗膜は諸種の風化作用には抵抗性が强い．

7. 輕金塗料 F　　本塗料の塗膜は金屬面への附着よろしく，日光，雨風下，空氣中に於ける耐久性大であるが，長期浸漬の場合水によりて侵さるゝ缺點がある．塗料靜置中顔料の沈澱を起すを以て使用中は攪拌の必要あり．其の粘度は浸漬塗裝に適す．

8. 市販瀝青質塗料中燒付ワニス V は粘着性で浸漬塗裝に困難であり，燒付の手數を要し，日光，風雨下の諸種風化にて光澤を失ふも，附着し，水浸漬によりては塗膜は安定であり，防錆の効果は本回試驗せるものの中一番よろしい．

9. ナスチックス N は粘度大にして浸漬塗裝に不便であり，塗膜の乾燥遲く，且つ塗膜柔軟に過ぎ，亞鉛鍍面には附着不充分，日光，風雨等により脆化せらる．水に對しては塗膜は侵されざるも之を滲透する傾向がある．

10. 玄光 G　　其の粘度は浸漬塗裝に適す．日光，風雨等の風化により塗膜が脆化するのみならず水によりても脆化せられるを以て蛇籠用鐵線塗料には不適當である．

11. タール質塗料 B 及 H　　H に比すればB の方良好である．日光により又水により塗膜脆化せらるゝを以て，蛇籠用鐵線塗料としてはタールを含むものは良好なりと言ひ難し．

12. 加工アスファルト塗料 I_1, I_2, I_3　　これ等の塗料は浸漬塗裝に適し乾燥の迅速であり，塗膜自身は日光，風雨又水中に於ても抵抗性が强い．但し其の中に遊離ハロゲン(沃素)を殘すために I_1 及 I_2 は鐵面の錆を誘起する虞あり．この點を改良する要あり．

塗料 I_3 を亞鉛引鐵線上に施す時は錆の發生なし.

卽ち本塗料使用に關しては次の諸點を考ふる必要あり.

i) 現在のまゝならば, 亞鉛引鐵線上に施すべし.

ii) 本塗料自體の精製を行ひ, 遊離ハロゲンを除去すること.

本品は市販品にあらざるを以て, 其の使用に當りては, 其の製造を必要とする.

13. 上記の試驗により, 日光に對する抵抗性強き塗膜の多くは水に對する抵抗性に乏し. 水に對する抵抗性強き瀝靑質塗膜は日光に對する抵抗性を缺く傾向あり, 市販品中にこの兩者を兼ぬるものを見出し難きも, この中比較的良好なるは燒付ワニスVである.

アスファルトに特種の加工を施し, 其の耐風化性を增加せしめ, 之を以て塗料を製し, 且つ其の殘留不純物を除去して, 錆の誘出性を消失せしむることを得れば蛇籠鐵線用塗料として適當なるものを得べし. 但しこの點に關しては更に研究を要するものと認む.

かくの如く一種の塗料にて蛇籠鐵線の受くるいづれの風化作用にも堪ふるものは望み難い. 2種以上の塗料を使用することを考へられざるに非るも, 塗料の溶劑が旣に塗裝せる塗膜を溶解毀損する場合が多いから, 實際的に適當な組合せを得ることは今後の研究を要する. 上記諸塗料中では水に對する缺點はあるが塗料Fが最も良好である. 又塗裝上に手數を要することを厭はざれば, 燒付ワニスVが防錆効果比較的良好である.

14. 水に浸漬せられず, 單に大氣中にて用ゐらるゝ金屬材の塗料　この條件に適するものとしては上記の範圍にては, 輕金塗料Fを以て最良とする.

15. 日光の影響を受けず, 單に水中に浸漬せらるゝ場合に用ゐらるゝ金屬材の塗料としては, 燒付ワニスVは良好であるが, 燒付を必要とする.

16. 金屬面には附着悪しきも, 表面粗鬆にして塗膜の附着に有利なる場合, 諸種風化に對して抵抗性比較的強き塗料としては上記中エンガEを推す.

土木試驗所出版圖書

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)	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	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) 「アロック」に關する試驗(西川,眞崎,船山) 高知縣黑潮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
	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	瓦斯燈及骸炭爐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(永峯) 石炭瓦斯のアスファルト・セメントに及ぼす影響(永峯) 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) 舊既橋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	瀝青乳劑及ピチユマルス鋪裝に關する試驗(藤井,永峯) 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模型試驗(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(青木,	6. 6

號	件名	發行年月
	伊藤) 單鉸拱橋模型試驗(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) 混凝土鋪裝の縫目に關する試驗(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) 混凝土鋪裝縫目用エラスタイト試驗(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査(第一)(高田)	7. 7
24	道路の背向曲線の設計に就て(藤井) 阻柱に關する試驗(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) 擁壁の安定增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) エタニツト・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, 羅島) 自動車の路面に及ぼす衝撃に關する研究(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

號	件名	發行年月
	自動車の路面に及ぼす衝撃に關する研究(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) 鎔着鋼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) 骨材及び類似材料の靱性に關する研究(島田) 鐵筋コンクリート無鉸拱の經濟的竝に耐震的設計(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) 瀝靑纖目材試驗成績(西川, 松本) 南洋材カボール竝にターペ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, 羅島) 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, 本間) 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)(羅島, 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) 道路鋪裝用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) 王泊堰堤の湧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) 鋼橋鎔接齊壓縮試驗(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	11. 3

號	件名	發行年月
	性に就て(其の1)(島田) 停止波に就て(横田)	
34	瓦斯切斷による削枝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竝に耐震的設計(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) 熔接鈑桁突縁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(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竝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竝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

彙報

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頼試驗 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

其他

*本邦道路橋輯覽 第一號	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

(*印は殘部なし)

昭和十二年十一月二十日 印刷
昭和十二年十一月二十五日 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
東京市本所區厩橋一丁目二十七番地ノ二

印刷所 凸版印刷株式會社
東京市本所區厩橋一丁目二十七番地ノ二