護謨の物理的試験に於ける發展

A. A. SOMERVILLE

ソマビル博士は1930年五月一日及五日の兩日に護謨工業學院の倫敦及び地方、内地部會に於て次の演説をなした：

1. 緒言；在來試験法の統一

二三年前の事或る護謨會社は、同一溫度で四通りの異なる時間でキュアしたるスラブと パッチ オブ ストック とを混じて、之等の違つたキュアのスラブを四ヶ所の違つた護謨研究所に送つて例の扯斷力、伸張度及扯斷歪試験を求めた事があつた、所がこの四ヶ所で得た結果は全然一致しなかつた、その扯斷歪の變化は第一圖の通りである、夫が一般の試験法を統一し護謨材料製造業者と學者

第一圖

四實驗室にて試験に附したる一化合物のモデュラス

この團體から成る所の委員會の成立に到らしめた、充分なる理由であつた、委員等は護謨材料の試験の統一した方法に到達する爲めに合州統一局の一員に補助を給與して實驗した。

護謨材料製造業者、學者及使用者方面に取つても統一した試験法が必要である、問題は護謨材料の如何を試験するには非ずして、二つ又は夫以上の互に關係した組同士の不一致を除く爲めには如何にして試験すべきかと云ふ事にある、護謨材料の試験に影響する所の要因は抑も何であらうか？

過去二ケ年間統一局に於ける試験護謨材料の統一事業は米國化學護謨部物理的試験委員會の指令の下に、護謨製造業者組合で經濟上の援助をした、1929年の終り頃此の委員會で Outline of Tentati-

ve Standard Laboratory Procedure for the Preparation & Physical Testing of Rubber Samples” (護謨試料の製法及物理的試験法に對する試験的標準實驗手順の概要) と云ふ名稱で統一した説明書が發刊された、夫は護謨製造業者組合の手で廣く配布され、紐育の Rubber Age や India Rubber World やに詳しく載せられた、此の説明書は商賣上の試験と同様に研究の目的にも向くのであるから、所謂標準混合ミルの圖形とか、その取扱溫度ミルに混すべきバツチの重量及容積、混合の順序、混すべき未キュアバツチの貯藏又は條件、標準加硫の型に對する説明書等總て研究に與かる項目を網羅してゐる；所が商業上に於ても、試験片の型打に對し、試験前に於けるその條件を定め、溫度や濕度に對する調節の出来る試験室の詳細、試験機械の運轉速度や試験の評価或ひはオーバーエージング等に就ても規定されてある。

II 舊試験法の解説と新試験法の紹介

所謂舊試験法は扯斷力、切斷時に於ける伸張度百分率及フリクシヨンプルの測定にある、リング(輪狀)でもダムベル(亞鈴形)でも扯斷力測定には使はれる、フリクシヨンプル又は摩擦力はフリクシヨンをして一所に加硫したフアブリックの二つ積み重ねを分離するに要する引く力を封度又は斤で表はすのである、之等の試験は何れも問題の護謨が實際に役立つてゐる通りを如實に數字に表はしてはならないのである事は相當の確信を以て云ひ得る、第二圖に於てはフリクシヨンストックの二配合物 A 及 B に對する扯斷曲線が表はされてある；その内一方は非常に高い扯斷力を持ち他方は餘程低い力を持つてゐる、然るに低い扯斷力を持つ所の B 配合物の方がベルト磨れやタイヤ磨れに使つた時に好成績を與へる。

第三圖は四種の傳達ベルトのフリクシヨンプル對同じベルトのダイナモメーターライフを表はしてゐるのであるが一番高いフリクシヨンプルのベルトが反つてダイナモメーターライフが一番低い又逆も真である。

近年殊に此の數ヶ月の間に
もつゝ實用向の條件に接近し
た護謨材料試験法が展開せら

第二圖

高或は低扯斷フリクシヨ
ストック

第三圖

れ考案せられ様とする傾向が大いにある。總て、之等のより現代的なる試験法の二三を記さうとする企もつづいて起るであらう。

Ⅲ 低伸張度の場合のストレスストレインカーブ (張力歪力曲線) 四月九、十兩日に Atlanta, Georgia で開かれた米化學會護謨部會に於て "Autographic Stress-Strain Curves of Rubbe at low Elongation" (低伸張度に於ける護謨の自畫的張力、歪力曲線) と云ふ題でソマビル氏は短論文を發表した、その重要な部會を今再録して見やう。

Atlanta ではストレスストレインカーブの形狀又は夫から誘導せられるモジュラスの量と、商業上又は實際上の役立ちの方面との間の關係をつけ様とした計畫は一つもなく又誰一人としてよくしなかつた所である；然し護謨調査者等はストレスストレインの實驗値を得るために研究に熱心であり、且之等の實驗値を彼等の機關雜誌に於て非常に詳細に論議してゐるから、ストレスやストレインの測定も相當の正確さを以て行はれてゐると云つて差問へなからう、其上、實行されたストレス、ストレインの測定も試験片の低い伸張度の場合には一向報告がされてゐない、所が夫が或る工業的精神から見て研究上或る重要な分野であるかも知れんと評價せられた、此處で論議せられる所の方法は極端に低い伸張度に於けるストレスを可なり正確に決定する方法を提供するものである、

護謨のストレスストレインカーブを構成するために亞米利加で普通行はれてゐる方法は所謂手聲法と云ひ得る、則ち二人が働いて、一人は定規又は指針で以てダムベル形試験片のベンチマークに従ひ今一人は口頭の場合を受けて荷重を記録して行く。

一人でやれる改良法では百パーセント毎の伸張度の増加する點で電氣的接觸が行はれ記録紙に穴を穿たしめると云ふ火花を飛ばす工夫が使はれてゐる。

第四圖は之等二つの各々の方法で行はれた代表的タイヤのトレッドストツクに就て二つのストレスストレインカーブの比較を示してゐる、二人の實驗者に依て得られたカーブは正確な讀みを記録するのに手間取るためにより高いモデュラスを現はす事に注意せられたし。

リング試験片を用ゐるショツパー法は切斷點に於て自動的にカーブが畫ける、夫は約二百乃至三百%以上の伸張度では讀めるが之より低い伸びでは非常に正確を缺いてゐる

斯様なカーブは圓周が6吋のリング則ち直徑が約2吋で四個の水平滑車の上を滑べる場合に得られる：第五圖は上と同じタイヤのトレッドストツクに對するカーブとダムベル試験片の前に得た二つのカーブとの比較を示す、カーブが短くして切れてゐるのはリング試験片が扯斷力及伸張度に於て劣る事を物語つてゐるのである。

大學の新人生が鋼のヤングスモデュラス測定の問題を出されるときには長さ20呎の一本の針金を渡されるだらう、學生はその針金の一端を天井の近くの一點に取付け他端に順次重錘を加へて行くその長さの結局の増加は望遠鏡を使つて詳細に刻んだ指尺により正確に讀む事が出来る、此方法に依て初學者はヤングスモデュラスの眞の値に餘程近い物を得る、所が話變つて1吋の長さで始めた謾謔の試験に色々の人々が違つた結果を得る事は驚くべき事であるか？驚くべき事ではない。謾謔が鋼鐵よりも伸びるのは當然の事である、だから20呎の謾謔で始める必要は殆んどなく又實行もせられない；然し何故10吋の長さの物を使つては不可ないと云ふ理由はない、而して下に與へた

結果は此の長さの試験片によつて得られたものである、事實上問題の試験片は10時の長さ或ひは平均周囲の長さが20時ある所のループ(環)である：型の面積0.25時×0.25時、第六圖は斯様なループの寫眞を示す。

之をシングルカラーボタンの引かゝりに引かけて引き伸されるのである、斯様な大きくした試験片は次の如き得點がある：1. 之は普通のダムベル又はリング形のものよりも約6 倍の断面を持つてゐる、其故機械の摩擦に打勝ち又は之を掩つてしまはんとする傾向がある又僅少の伸張度に對しても指針面の上では比較的大きな読みとなつて表はれる、

2. 各々のループは後で切る必要のない様に鑄こまれてゐる、鑄型のループのゲージは大した變化を
する必要がない、然しもし變化が見付かつたらば機械のアーム(腕)の所で重錘を調節する事で折合がつく、3. 型にしたループにある普通の裂目は影響がない、4. 試験片のどの部分も試験の間中一定速度で伸びて行く次の處方に從て 100 部の護謨に對し 0 から 50部迄の炭素黒を含む所の六種の化合物が調製せられた：

	A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
スモークシート	50	50	50	50	50	50
パールクレープ	50	50	50	50	50	50
酸化亜鉛	5	5	5	5	5	5

第六圖

硫 黄	3	3	3	3	3	3
酸化防止剤	1	1	1	1	1	1
ステアリン酸	0.75	1.5	2.25	3	3.75	4.5
松 タ ー ル	0.75	1.5	2.25	3	3.75	4.5
促進 剤	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
炭 素 黒	—	10	20	30	40	50

之等の化合物を混合するに當り A と A₅ とは殆ど同じ割合でキュアする様に計畫され次に四種の中間化合物が出来る様に適當の割合に混ぜられた、か様にして六種の化合物はほぼ同一のキュアの比を持つてゐる。274°F (134°C) に於けるキュア時間50分のものが下に表はした様にストレスストレーンカーブ用として選ばれた。

各々を同じ比率で二種のストックを混ぜたからと云つて夫が必然的に是等のストックの正確に中間の物理的性質を表はすとは定まつてゐないと云ふ事實は注目するに値する、たとへば上の場合に於て炭素黒を10部加へたものは普通豫期せられるよりも少い影響を呈する。

第七圖は10時のループ試験片が、純護膜化合物 A のキュア時間が加はつて行く場合に付き、自動的に畫かしたストレスストレーンカーブである。

第八圖は護膜 100 部に炭素黒40部を含む A₅ なる化合物に對する同様のカーブの配列である

第九圖は純護膜に對するストレスストレーンカーブ上に表はれて来る試験機械の速度變更の影響を示し、第十圖は20部の炭素黒を含むトレッドストックに對する同様のカーブを示す、之等の場合に於ては一分間2吋と云ふ遅い速度の方がカーブが緩やかである事に注意すべきだ、10時のループでは100%の伸張度を呈する爲めには10吋

…(44)…

の伸びが必要であるから、機械に対して1分に20時の速度は、護謨試料の1吋長のものに對しては1分に付き只2時の速度に相當するだけである事は明かである、同様に機械に對して毎分2時の速度は1吋長のものに對しては毎分僅に0.2時に相當する。

ダムベル試験片を毎秒20時なる普通の速度で引き伸ばす時には1時のベンチマークの分れてゆく實際の割合はその速度の約半ばで始まり、伸張度が増加するにつれて減ずる、其故にダムベル試験片の1時の長さは10吋ループの之に相當する長さよりもずっと早く離れて行くわけである、之等の理由は皆二つの異なる速度で、一つの化合物に於て得られるストレスストレインカーブの相對的地位に關連してゐる、低い速度で得られるものが高速度で得られるものよりも硬いストックを意味するが如きカーブを得る事は事實上ありそうな事である

第十一及第十二圖は夫々純護謨及びトレッドストックの

第八圖

第九圖

第十圖

第十一圖

ストレスストレーンカーブ
に関するミルグリーン（白の
條目）の影響を示す

條目に従て縦筋に切つたル
ープから得たカーブと之を横
切つたループから得られるカ
ーブとでは條目に従て縦の方
向に於けるストックの方が稍
々硬い事を表はして居る

第十三及十四圖は純護謨及
トレッドストックに對して夫
々違つた温度で畫かれたカー
ブを表はしてゐる、以前に指
摘した様に (Somerville and
Cope, India Rubber World, 19
29, -) 混ぜ物をした化合物は
0°と100°との間に於てストレ
ッスストレーンカーブが著し
い擴がりを見せるが適當にキ
ュアされたる純護謨ストック
にては擴がつたにしても非常
に僅かである、而も100°に於
けるストレスが0°に於ける
ストレスよりも、與へられ
たる伸張度に於て事實上大き
かるべき點で之等の二つのカ
ーブが交叉をす示してゐる
第十三圖は試験された純護謨
化合物が少くとも300%の伸

張度迄は二つの温度に於て實際上等しいストレスストレインの性質であると云ふ事を物語つてゐる

45%及96%なる二種の違つた湿度の所でも又カーブが書かれた、然し湿度の影響は殆んど無視せられる、45%の相対的湿度なるものは亞米利加化學會の護謨部會物理的試験委員會に於て試験片の條件を定める爲めに標準として採用せられてゐる事と、キユアされてゐないストックには影響を及ぼすものであると云ふ事を覚えて居らねばならぬ。

第十一圖

扯断力 延/平方吋

ミル. グレーンの影響 (トレッドストック)

第十三圖

扯断力 延/平方吋

温度の影響 (純ゴム)

IV. 疲勞試験

第十五圖は亞米利加にて De Mattia の疲勞試験機械として知られてゐるもの、圖である、著者は此の機械は獨逸に於て發達したものと信じさせられてゐた、護謨の片はゴムベル型に切り出され、斯様な片六個を同時に試験する事が出来る、六個の試験片は、機械の引かゝりが最も近づいた時に試料間に何等の張力を感じない様にして二つの引かゝりに並びあつて締めつけられてゐる、上部の引かゝりは固定してゐるが、下部の引かゝりはモートルで動く滑車に依て運轉させられる所の接續桿及フライホイール（はづみぐるま）に接して上下に速かに動く、滑車を代えさへすれば機械は違つた速度で廻轉し

得る。而して衝程（ストローク）の長さは試験片をして 0 から 300 % 迄伸びられる様に變へて宜しい、第十五圖に示した二つの機械の中一方は、種々の溫度たとへば -10°C から 100°C とか、又は水素やオゾンを含んだ空氣中に於て護謨試験片をして疲勞せしめる様に圍ひで包まれてゐる。

機械の實驗的研究は主として六種の違つた護謨化合物に就て行はれた、その各々は三通の溫度で五通りの違つた時間で先づキユアされた、之等の五通りの最初のキユアから三通りが實際の疲勞の研究用に撰ばれたのである、下に示した多くの曲線は合成曲線とでも云ひ得るもので、曲線上の各點は六種の化合物から九種の違つたキユアに於て得た平均を表はすものである。

Fig. 15

若し正規通りに約 600 % の伸張度で切れる護謨の一片をこの機械にかけて、毎秒 30 廻轉許りの割合で 300 % の伸張度に迄のばして疲労させると云ふと、その試験片は約一時間内に切れるかも知れん。

第十六圖では普通の純護謨材料の伸張度百分率の疲労生命に関する影響が示されてゐる、試験の

期間中一分に 275 廻轉の一定速度なる機械を用ひて、試験片が 100 %、200 % 及 300 % 伸ばされる所の三つの違つた伸びが表はされてゐる。此の實驗が純護謨に對しては 300 % の伸張度を規則的に使はしめる様にさしたその譯は之より低い伸張度では試料が切斷される爲めには非常に多くの時間が入用であるからである

機械の速度を變へても 300 % の伸張度にて純護謨の廻轉で測定した疲労生命には何等の影響がない、

だからこの伸張度でこの機械が能ふ限りの最高の速度、則ち毎秒 275 廻轉、が規則的に使はれるのである、夫は車に乗つて一時間に 30 哩走る場合にタイヤが一分毎にする廻轉數とほゞ同じである

第十七圖に於ては純護謨材料の疲労生命に及ぼす試験温度の影響が表はされてある、包圍する事によつて温度は可なり正確に調節せられる、瓦斯の炎を使へば容易に温度を 100°C 迄上げる事が出来るし、炭酸瓦斯の結晶により -10°C に下げられる、圖面から疲労生命は 20°C に於けるよりも 40°C に於ける方が僅に短い事が認められる、又 -10°C には普通の室温に於けるよりもづつ生命が永い事も分る、-10°C に於てそんなに生命が延長される一つの理由は、護謨の試験片が特に短いキュアに於てはあの低い温度で永久的態度を取り之を引きのばすのに殆んど大した仕事になされないと云ふ事にある。

此の温度疲労曲線に及ぼすキュアの影響に就て此處に一言なかるべからずである、研究された範圍内に於てはキュアの變化は、普通の室温に於ては疲労生命に影響を持たない、然し乍ら -10°C 及 100°C では影響を及ぼす、此等 2 つの温度に於てはアンダーキュアのものはオブチャムキュアのもの

第十六圖

第十七圖

第十八圖

のよりも幾らか長い疲勞生命を持つてゐるが、オーバーキユアのものは幾分短い疲勞生命を持つ、オーバーキユアの短い疲勞生命は特に 100°C に於ては注目すべきである、而してこの觀察は、オーバーキユアのストレスストレインカーブが 100°C で作られた場合には短かく切れてしまふと云ふ事實と關連がある。

第十八圖は 230 % の伸張度を使つた所のトレツドストツクの疲勞生命に及ぼす試験温度の影響を表はす、 100°C での試験は試験片が一向切れる兆を示さないから 35 キロサイクルの所では不經續である：だから曲線の後部は點線で表はされてゐるのだトレツドストツクの疲勞生命は 100°C に於ては 20°C に於けるものより非常に大きく増加する、純護謨ならば僅かに減ずるのだが、

100°C に於てトレツドストツクの此の法外に長い生命は疲勞の進むにつれて展開されてゆく所の非常に大きな永久的態度に歸因するものである、約 300 % 以下の伸張度に於て、純護謨に對するストレスストレインカーブが 100°C に於て事實上硬くせうとするのに、混ぜあはせた化合物の同様のカーブは著しく軟にならずと云ふ我々の智識から、此の高い態度を期待するのは實窟のある事である。 (未完)

Transaction VolVI No.2. August 1930 より

譯者 大 杉 友 七