

ゴム混入アスファルト舗装について (其の二)

北海道大学工学部 教授 工博 板倉 忠三
助教授 菅原 照雄

前報告¹⁾に於いてはゴムを利用した瀝青舗装の歴史、ゴムの使用方法、その他について述べたが本報に於いては主としてゴムを混合した瀝青舗装の諸性質について調査研究を行なつた事項について述べる。なおこれらの中には低温性状については述べられないが、これらについては後記参考文献中の筆者らが発表した文献を参照されたい。

7. アスファルトの品質の変化

ゴムを瀝青舗装に混入することによつてこれらの品質を向上せしめんとするものであるが、これらの改良は瀝青合材中の主要な部分を占める瀝青自体の改良という事である。過去の実験研究を眺めたところ、瀝青の性質の変化について述べたものは数多いが、瀝青合材についてはあまり例が見られない。ここにはその代表的と見られる数種の論文からこの結果を紹介し、筆者らの実験結果と照合して見解を述べたい。

実験を行なつた中では Mealorub を使用したものの例が比較的多く、再生ゴム、合成ゴムに関するものも若干ある。又これらの試験に共通していることは基礎的試験が大部分で、直接交通に供した結果、乃至は我々が直接必要とする資料はなく、これらの大部分が未だ基礎研究分野から脱けていないことを物語っている。

(a) アスファルトの針入度

針入度は一般にかなり変化し、在来の論文にあらわれた結果では減少するのが一般とされているが、これは加熱混合時間の多少によつて増大することがあるということが筆者らによつて確められている^{2),3)}。これはゴムの品質に左右されることはもちろん瀝青の品質によつてもかなり変化する。これに関しては F. T. Bokma⁴⁾, Richard H. Lewis, Jyork Welbop⁵⁾ らの実験がある。図-1 は F. T. Bokma の実験結果である。これは Mealorub を用い 0~10% の混入量で試験している。試験の諸条件が充分示されていないが混合して直ちに試験を行なつたものと見做される。図-2 は R. H. Lewis らの実験結果で既往の多くの試験結果の中最も整つた資料を提供している。この資料はゴムをあまり長時間加熱

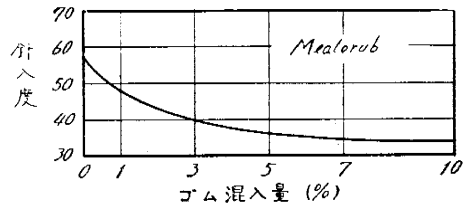


図-1 ゴム混入量と針入度との関係

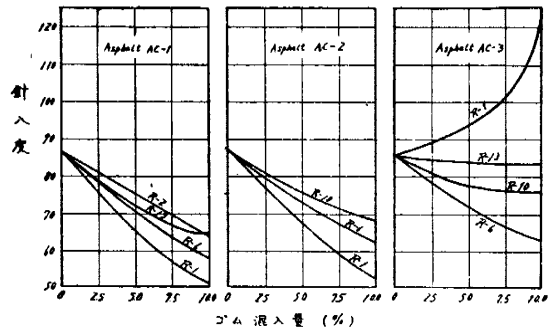


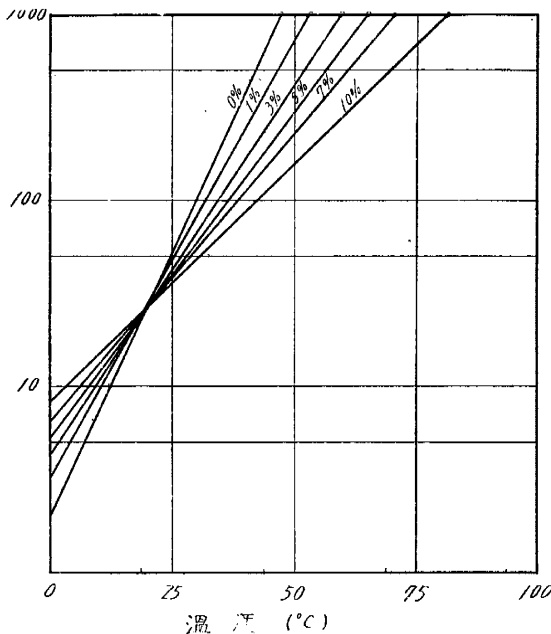
図-2 ゴム混入量と針入度との関係

しない際は(約2時間迄の範囲内の加熱)1つの例外を除いて一般にゴムの混入量の増加は針入度の低下をもたらすと述べている。この実験では、ヴェネズエラアスファルト(AC-1)、不明(AC-2)、カリフォルニア(AC-3)と3種のアスファルトを用い、天然ゴム(R-1)、再生ゴム(R-2~R-4)、加工ゴム(R-5)、合成ゴム(R-6~R-14)、屑ゴム(R-16)を用いている。図-2、は夫々3種のアスファルトについて25°Cで針入度試験を行なつた結果を図示したものでAC-3に天然ゴム粉末を入れたものが例外で他は全部混入量に応じて減少している。

更に感温性質を求めるため10°C、25°C、35°Cで針入度を取り、表-3に示すような勾配を出している。これらの表からも明らかのようにslopeは緩となり感温性が小さくなることを示している。中でもポリブタジエン及び合成ゴムGR-S Tyre IIを混入したものが極めて有効であると云っている。Ruber-Stichting (Oostingel 178-Delft, Holland)はKautschuk in Arphaltstraassen⁶⁾中で針入度指数(Penetration Index)、感温指数

表—3 ゴム混入アスファルトの感温比

ゴムの種類	感 温 比		
	AC-1	AC-2	AC-3
天然 ゴム 5%	0.0179	0.0165	0.0258
天然 ゴム 7.5%	0.0174	0.0155	0.0238
天然 ゴム 10%	0.0162	0.0150	0.0189
再 生 ゴ ム	0.0194	0.0184	0.0231
合 成 ゴ ム	0.0195	0.0185	0.0235
ポリブタジエン	0.0128	0.0111	0.0185
ブタジエン・スチレン	0.0128	0.0115	0.0192
ゴ ム な し	0.0218	0.0226	0.0265



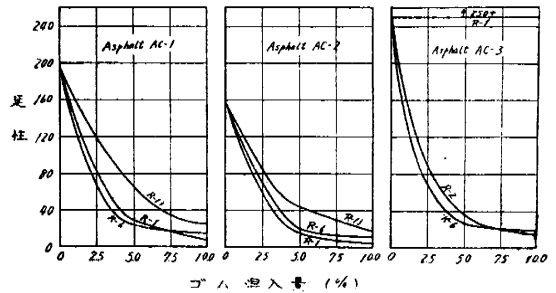
図—3 ゴム混入アスファルトの針入度と温度との関係

(Susceptibility Factor) に及ぼす加熱混合時間について述べ、双方共混合加熱時間の増加が感温性の減少に役立つことを示している。一方筆者らが行なつた種々の感温性質の求め方についての試験では、いろいろ複雑な結果があらわれて一概に針入度を測定することによつて得られた感温性は必ずしも低下するとは考えられないという結論が得られている²⁾。しかし概して低温では軟かく、高温では比較的硬いという性質からして、感温性質はかなりにぶくなるということは云い得るであろう。

(b) 延 性

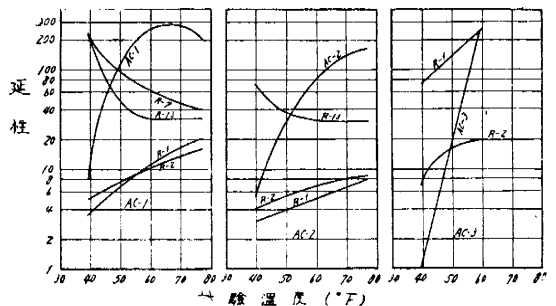
延性についても (a) と同様に Lewis の実験が豊富な資料を提供している。(a) に於けると同じアスファルト、ゴムを用いて延性試験を行ない、一般にアスファルトへのゴムの添加は 25°C では延性の減少を示す、例外は

AC-3 アスファルトを用い R-1 ゴムを 5, 7.5, 10% 加えたもの及び R-13 を 5%, 7.5%加えたものであり、これらはむしろ増加の傾向を示す。これは何れも 2 時間加熱でゴムがよく溶けない状態にあるものについての試験であるため、Lewis はこれはゴムの粒子がアスファルト中に残るためと考えた。これらを顕微鏡で考察した結果この考えは事実であつたとしている。あるものは (R-1,



図—4 ゴム混入量と延性との関係

R-13) 延性の増加が大になりすぎて機械の容量が間に合わなかつたということは筆者らの実験の結果と一致している。しかし、一般に 5~10 時間加熱すればたいいのゴムについて延性は増加すると考えてよいであろう。一方低温に於ける延性を測定して 7.5% ゴム混入のものについて 4°C, 15.6°C 及び 25°C で測定をしている。図は



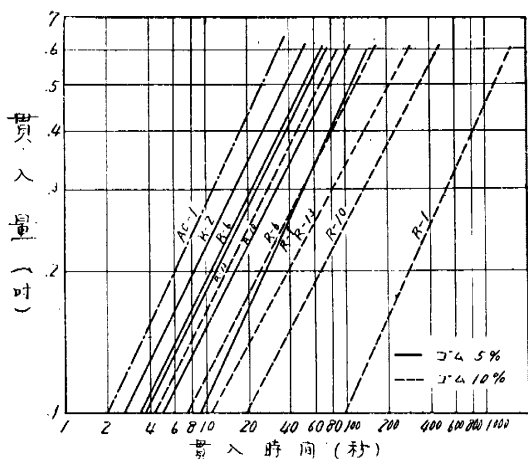
図—5 延性と試験温度との関係

その 1 例で温度延性関係曲線で AC-1 アスファルトについて試験を行なつたものである。或る種のゴムでは低温延性の方がむしろ大であることもあるとしている。我々は寒冷地に於いて用いられるべきものは低温に於ける延性の大きなることを要求する点から見て極めて有効と考えられる。

(c) 弾性的性質

アスファルトへの弾性の附与又は弾性の増進はゴム混入の大きな目的の 1 つである。従来アスファルトに関する適切な弾性的性質の実験の方法はなかつたが Lewis は貫入棒を用いてこれらの測定を行なつた。適当容器にアスファルト又はゴム混入アスファルトを入れ、直径 1

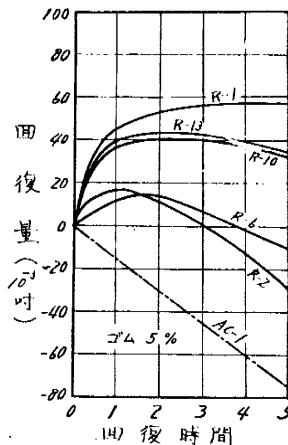
時、重量 200 gr. の貫入棒に 100 封度の錘を附して貫入させる。そして 0.6 時の貫入に至る時間を測定し、0.6 時に至つて直ちに重錘を取り去り、貫入棒が旧に復すべく上昇する高さの変化を 1 分間毎に 5 分間測定する。この双方の値からそのものの弾性質質を知るものである。貫入量と貫入時間との関係は図一 6 に示される。この貫



図一 6 貫入量と貫入時間との関係

入量は対数で表わされている。これらは対数紙上でほぼ直線となる。図に見られるように 11 本の直線はほぼ平行線をなしているが、その貫入の程度については大きな差がある。例えば 0.6 時の貫入のための時間は天然ゴムを 10% 入れた場合はゴムを混入しない場合の約 88 倍にも達している。R-2 ゴムは貫入に対して最も抵抗を示さず 10% 入れたものがアスファルト単体の僅か 2.6 倍にしか過ぎない。図一 7 は AC-1 アスファルトについて 5 % のゴムを混入した際の弾性回復を示す図である。単体のアスファルトは

200 gr. の貫入棒の重量のみでお貫入が進行するがゴムを入れたものは一部は反動による回復をなしその後沈下、又は弾性的回復を示した。ゴムの量が少なくなればこの弾性的回復が小になり、一時反動回復を示し、後再び 200 gr. のみの重量で再貫入を開始するといわれる。結論としてゴムが

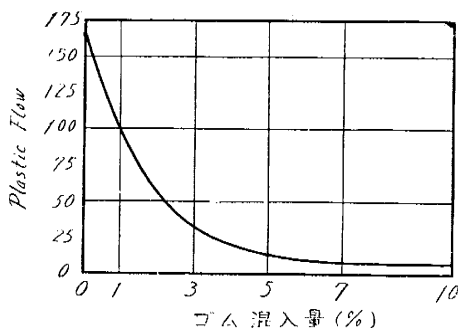


図一 7 回復時間と回復量との関係

弾性的性質を帯びることは事実であると見做される。日本国内で施工された事例及び筆者らの実験の結果からもこれらの事が裏書される。弾性的性質から見た場合 Meablорub が殊にすぐれた結果を示して居り、且合成ゴム等でもよいものとされてはいるが、加熱時間が短くてゴムの粒子が残っている場合は当然ゴム状弾性を示すから、一概に弾性的性質の向上のみを期待すると他の面即ち延性等ではかえつて悪い性質を示すこともあるから注意を必要とする。

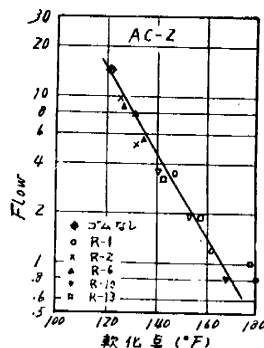
(d) 流動性

Bokma が行なつた Mealorub の試験によれば弾性の向上とともに Plastic Flow も著しく小になることを示している。図一 8 40°C に於けるものであるが Mealorub



図一 8 Plastic Flow

10% を混入したものの Plastic Flow は 0% のその 1/20 以下になるとしている。一方 R. H. Lewis は流動性試験として波状板を用いた面白い実験を行なっている。この方法はアスファルトを熔融状態にして内径 3/8 吋、高 3/4 吋の真鍮性円筒に流し込み供試体を作成し、この供試体を 45°C の傾斜をなして支えられた波状鉄板に載せ、鉄板の端部から 15 cm の線に供試体の下端がおかれるようにする。ブローンアスファルトでは 65.6°C の恒温室中に 4 時間置くことによつてフローの量が測定されるがゴム入りアスファルトでは 60°C 程度が妥当であることを述べている。この結果では唯一つの例外を除いてはゴム混入量の増加は Flow の減少をもたらすことが明らかにされている。この Flow と軟化点との関係を示すために Flow の対数を縦軸に軟化点を横軸にとつて作つたのが、図一 9 である。この図表に



図一 9 軟化点と Flow との関係

示された事項は Flow の性質を求めるためには軟化点試験を行なえばそれから推定出来ることを物語る。又この Flow Test は材料の感温性を求めるためにも有効に用いられるであろう。

低温に於ける流動性を求めることも北海道の如き地方にあつては重要であるが、これらについての資料は筆者らが行なつた脆弱性試験の外には見当たらないが、低温性質はゴムを入れることによつてかなり改良されるから、高低両者に於いて安定度は増大すると考えて差支えないと思われる。

(e) 過熱薄膜試験 (Thin film oven Test)

ここ数年の間に広く行なわれるようになって来た試験であつて瀝青合材を作る際にアスファルト・セメントが高温の骨材と接触したときのアスファルトの品質変化を求めんとするものであり、アスファルトの加熱損失試験に比しかなりきつい試験となる。Thin film oven test は深さ 3/8 吋、直径 5.5 吋のアルミ製平皿に 1/8 吋厚のアスファルトを入れ 162.8°C の炉中に 5 時間放置し、重量損失及び残留物について、針入度、延性、軟化点を測定する。普通のアスファルトは Thin film oven test の結果、針入度、延性の減少、軟化点の上昇を示す。しかしゴムを入れたものについては全部がそうであるとは限らず Mealorub を 3% 入れたものなどは以前より針入度が大、延性大、軟化点低という結果を示している。これらは当然ゴムとアスファルトとの溶け合いの問題とからむのであるが、むしろ過熱がよい性質を導き出すことも考えられる。これらについては筆者らの研究結果に詳細に述べられている。

(f) 滑り抵抗

滑り抵抗についての試験の結果も若干発表されている。Rubber stichting, Dutch-Indian Road Association, Singapore に於けるもの等の報告がある。Singapore での滑り試験では 15 吋径、5 吋厚重量 68 lbs の rubber Pad を時速 5 mile の自動車で引張り dynamometer で

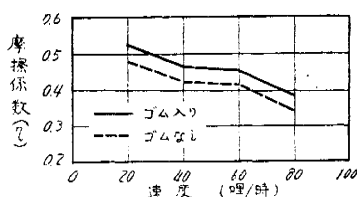
その牽引力を測定した。これらの資料からは数値的なものは見出せなかつたようであるが rubber を入れたものはかなり Non-Skid なることが確認されたといわれる。Rubber Stichting は Shell Skid Test Car を用いて路面の摩擦係数を測定した結果 図一10 に示すようになったと報告している。

8. 結 説

以上外国文献を主としてゴム混入瀝青合材について種々の事項を調査して見たが、その何れもがかなりよい性質を示すことを明らかにしている。筆者らの研究からもほぼ似た結論が見出されているが、更に施工面、経済面での研究が要求される。即ち上記の中最もよい性質を示す Mealarub は価格が高いこと、アスファルトと長時間の加熱混合が必要であること等の難点がある。価格の面は大量に使用することによつて若干改善されるとしてもかなりの負担となるから、合成ゴム乃至は屑ゴムの利用の道を開く必要がある。又使用の困難性の問題は、濃度の高いゴムアスファルトを工場生産で作り、それを現場で混入する方法をとつて解決可能であり、又 Rubber Latex をかかる用途に用いて価格の低下、施工の容易化を図るべく目下研究中であり、近い将来実用に供せられる日も近いと思われる。

参 考 文 献

- 1) “ゴム混入アスファルト舗装について” 土木学会北海道支部技術資料第 10 号, 昭和 30 年 5 月. 板倉忠三, 菅原照雄.
- 2) “Dynamic Tests on the Stability of Bituminous Mixtures for Pavement at low Temperature (II) Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido University Sep. 1955. 板倉忠三, 菅原照雄.
- 3) 同上 (III) Sep. 1956. 板倉忠三, 菅原照雄.
- 4) “Rubber in Bituminous Road Construction and some other Applications of Rubber Containing Bitumen” Communication No. 96 Rubber Stichting, Delft, Holland.
- 5) “The Effect of Various Rubbers on the Properties of Petroleum Arphalts” Public Roads Oct. 1954, R. H. Lewis, J. Y. Welborn.
- 6) “Kautschuk in Arphaltstrassen” Rubber-Stichting, Oartsingel 178-Delft, Holland,



図一10 路面摩擦係数