

技術

低温に於けるアスファルト及び
アスファルト鋪装の物理的性質 (二)

松本榮

III. 低温に於けるアスファルト鋪装の性質

従来發表せられたアスファルト鋪装或はアスファルト混合物の物理的性質に關する多くの實驗研究は、常温或は其以上の溫度に於ける場合のみに限られ、低温に於ける性質に就ては殆んど顧られ無かつたが、最近米國にて本問題を取扱つた2,3の興味ある研究報告の發表を見た。之等の報告は、何れも低温の影響によるアスファルト鋪装の破損問題を解決するに與つて力あるものであり、且つ寒冷によく對應せしめ得る鋪装を設計、施工する上に於て、價値の極めて多き参考資料と認められるものである。以下項を追つて之等に就き簡単なる説明を加へよう。

(1) 曲げ強さ及び衝撃抵抗

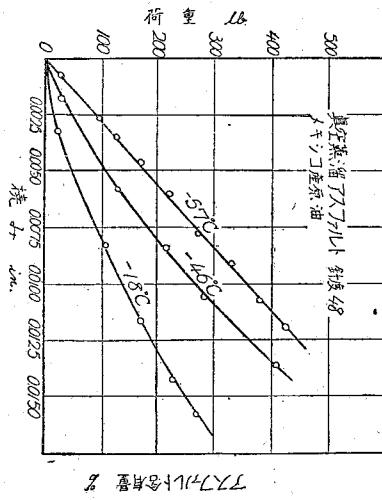
L. F. Rader 氏はアスファルト鋪装の低温による龜裂発生の根本原因及び其の對應策を究明せんが爲め、シート・アスファルト混合物に就き低温に於ける曲げ試験(Flexure Test)を行ひ、其の結果から破壊係数、彈性係数等を算出し、又別に韌性試験を行つて低温に於ける混合物の衝撃抵抗を測定した。

曲げ試験に用ひた供試體は長さ 8 in. 幅 2 in. 厚さ 1.5 in の直方體で、鋪裝工事現場より採取し或は特に實驗的に混合したシート・アスファルト混合物を壓縮成形せるものである。之をドライ・アイスを以て所定溫度に冷却して曲げ試験を行ひ、破壊荷重を測定して之から破壊係数を算出し、又荷重・撓み曲線を求めて彈性係数を算出した。

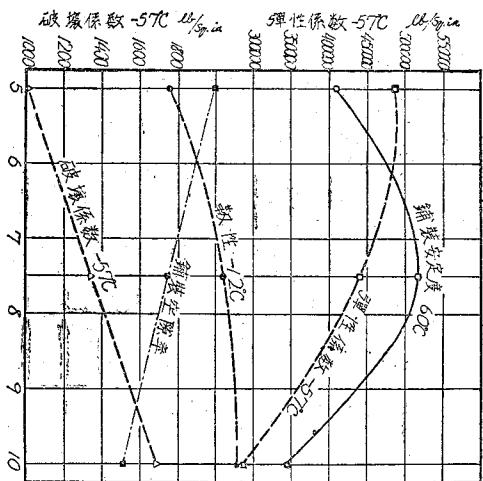
韌性試験の供試體は直徑 2 in. 高さ 2 in の圓盤で、前記と同様の混合物を壓縮成形せるものである。之を所定の低温に冷却しペーチ式衝撃試験機を以て試験し、其の破壊せる時の鐵槌の落下數を以て衝撃抵抗を比較した。

以上の試験方法に従ひ、混合物の曲げ強さ、衝撃抵抗等と混合物の配合、アスファルトの性質等との關係に就き實驗した結果を約説すれば次の如くである。

- 曲げ試験に於ける荷重と撓みとの關係及び溫度による荷重・撓み曲線の變化等を圖示すれば第4圖の如くな



第4圖 荷重・撓み曲線



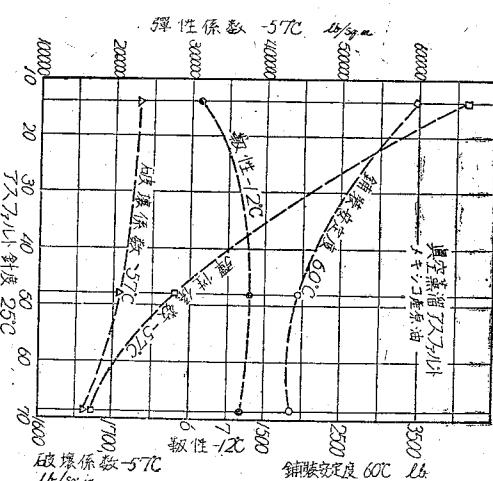
第5圖 アスファルト含有量と混合物の物理的性質との關係

る。之によると、 -18°C の荷重・撓み曲線は其の曲率最も大であるが、溫度の降下に従つて次第に直線に近くなり、 -57°C にて略々完全な直線になることが分る。

之はアスファルト混合物が溫度の降るに従つて、次第に韌軟性を失つて脆化となることを示した實驗例である。

b. アスファルト含有量を異にする混合物の曲げ強さに對する低温の影響を比較すれば第5圖の如くである。

一般に、常温以上の溫度に於ける鋪装安定度（但し、この場合は 60°C と規定す）は、アスファルトの混合量を減ずる



第6圖 アスファルト針度と混合物の物理的性質との關係

c. これにより、或る限度迄は之を増大し得るものであるが、斯くする其の爲めに低温に於て弾性係数 (-57°C) が増加し反対に破壊係数 (-57°C) 及び衝撃抵抗 (-12°C) が減少する。明かに之は、常温の鋪装安定度を充分ならしむる目的を以て空隙の小なる、即ち緻密なる鋪装を作り得ざる程度に迄アスファルト量を減ずることが、鋪装の低温度に於ける抵抗性に致命的影響を及ぼすものであることを表して居る。

d. 第6圖は種々の針度のアスファルトを以て作った混合物の比較である。一般に使用アスファルトの針度の小なるもの程、鋪装安定度と弾性係数とは大であり、又破壊係数も比較的大であり、衝撃抵抗のみが僅かに小さい。即ち針度の小さなアスファルトを使用せるものは、低温に於て硬く且つ脆きことを表して居る。

以上のお試験結果から、アスファルト混合物の配合及びアスファルトの選擇に關して、次の如き結論が得られる。即ち、鋪装に充分なる緻密性を保持せしむることが、低温の影響を防ぐに最も有效であつて、混合物の配合に關しては骨材の空隙を填充するに充分なる量のアスファルトを使用すべく、又使用アスファルトの性質に就ては鋪装安定度に特に大なる影響なき範囲に於て出來得る限り軟質のものを使用すべしと云ふことになる。

(2) 剪断強さ

H. W. Skidmore 氏は、 60°C ～ -30°C の間の各温度に於けるシート・アスファルト混合物の剪断試験を行つて、其の結果よりアスファルト鋪装の低温に於ける物理的性質及び破裂防止策に關し興味ある結論を與へて居る。本試験に用ひた

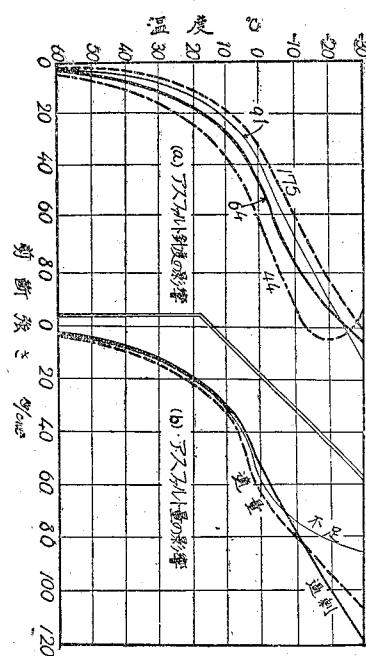
供試體は、直徑 1 in. 高さ 1.5 in の圓盤で主なる實驗に供した混合物はアスファルト 10 %, 石粉 18 %, 砂 72 % の配合を有し實驗的に混合せるものである。この混合物を所定溫度に於て 350 kg/cm² の壓力を以て壓縮成形して供試體とした。

上記の供試體に就て行つた剪斷試験の結果を概説すると次の如くである。

- a. メキシコ産原油より真空・蒸氣蒸溜法によつて製造した針度を種々異にするアスファルトを以て作ったシート・アスファルト混合物の各溫度に於ける剪斷強さを比較すると第 7 圖の如くになる。圖によると、針度 175 を有する極めて軟質のアスファルトには、常温以上の溫度に於て其の剪斷強さが小さいばかりでなく冰點以下の低温でも亦比較的小である。従つてこの種の軟質アスファルトはシート・アスファルト鋪裝用として不適當と認められる。

針度 44 のアスファルトは、大約 -20°C を限界とし、其れ以上の溫度では最も強さが大であるが、 -20°C 以下の溫度になると強さが急激に減退する。

針度 91 のアスファルトは、常温では其の強さが前者に比し幾分劣るが、低温に於ては最も大である。



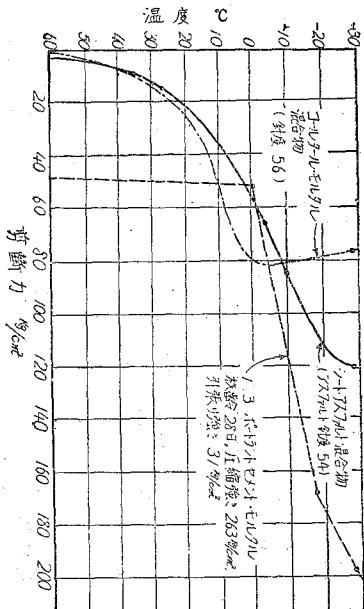
第 7 圖 アスファルト混合物の各溫度に於ける剪斷強さ

之によつて見ると、常温に於ける強さに甚しき遜色なく、而も低温に最も強さの大なる針度 90 前後のアスファルトをシート・アスファルト鋪装用として推奨し得る。

b. 混合物の配合の良否、特にアスファルト及び填充材の配合量に於ける僅少なる過、不足は、-10°C 以上の温度では混合物の剪断強さに餘り大きな影響はないが、-10°C 以下では其の相違が判然と現れる。第 7 圖 (b) はこの関係を示したもので、標準に比してアスファルト少く填充材の多き混合物は、低温の強さが著しく小であり、之と反対に填充材少くアスファルトの幾分過剰なるものは却つて強さが大である。

c. アスファルト混合物、コール・タール混合物及びポルトランド・セメント混合物等を比較すると、前二者即ち瀝青混合物は後者に比し、凍結温度以下の場合を除いては、温度の影響による剪断強さの變化が著しく大で、特にコール・タール混合物は其の傾向が最も著しく、この事實は第 8 圖の試験結果に徵し明かである。

アスファルト混合物の收縮に對する抵抗力は、混合物の引張り強さに支配されるのみならず、アスフ

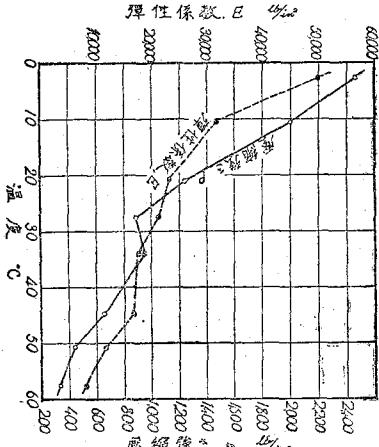


第 8 圖 アスファルト混合物、コール・タール混合物、ポルトランド・セメント混合物の剪断強さの比較

アルトの延性によつて左右せられるのであるが、セメント混合物では其の引張り強さのみに支配されるものと見られる。又弾性係数は、第8圖によつて明かなる如く瀝青混合物に比してポルトランド・セメント混合物の方が遙かに大である。以上の試験結果を総合し、アスファルト鋪装の低温に於ける抵抗性に關して Skidmore 氏は次の如き結論を與へて居る。

1. アスファルトの性質及び配合量の如何は、常温或は高温に比し水點以下の低温の場合の方が、鋪装の物理的性質を支配する重要な條件をなすものである。
2. 低温に於て抵抗性の大なる鋪装を得る爲めには、現在一般に使用されて居るアスファルトより軟質のものを選擇すべきである。
3. 充分なるアスファルト量即ち骨材の空隙を填充して猶幾分餘裕ある程度のアスファルト配合量は、其の不足せるものに比し、低温に於て極めて安全である。尙其のみならず、常温乃至或る範囲の高温に於ける鋪装の安定度に對しても特に大なる障害となるやうなことはない。
4. 興へられたる量のアスファルト及び骨材に對し、必要以上の填充を混合することは、低温に於て鋪装に龜裂を生ぜしめる危険を伴ふものである。

(3) 壓縮強さ



第9圖 圧縮強さ及び弾性係数に及ぼす
温度の影響

Roland Vokac 氏は、 0°C ~ 60°C の各温度に於て、シート・アスファルト混合物を以て作った直徑 2 in の圧縮形供試體を用ひて壓縮試験を行い、壓縮強さ及び彈性係數に及ぼす温度の影響を求め、第 9 圖の如き實驗結果を得た。なほ本實驗では、彈性變形の範圍に於て荷重・變形曲線を求めて彈性係數を算出し、又最大荷重を測定して壓縮強さとした。

圖によつて明かなる如く、混合物の壓縮強さ及び彈性係數は温度の降下と共に増大する。即ち壓縮強さは、 56°C では 339lb/in^2 (23kg/cm^2) を示すに過ぎないが、温度が 2.8°C に降ると 2479lb/in^2 (173.5kg/cm^2) となつて前者の 7 倍以上に達する。又 2.8°C の彈性係數は、 56°C の 7560lb/in^2 (530kg/cm^2) から一躍 6.7 倍の 49810lb/in^2 (3488kg/cm^2) に増大する。

以上の實驗結果から求めた彈性係數 (E) 及び壓縮強さ (p) と 温度 (T) との關係式は次の如くである。

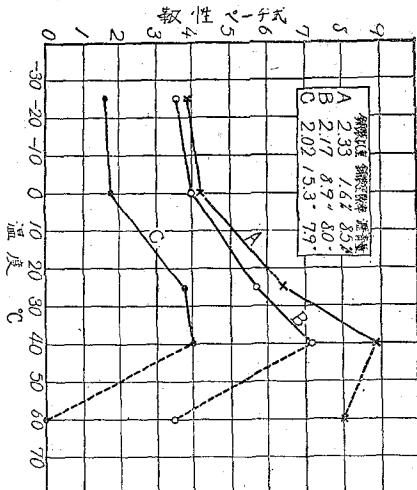
$$E = \frac{74.650}{e^{0.015T}}$$

$$p = \frac{23200}{e^{0.0152T}}$$

又其の一般式は次の如く表はされる。

$$E = ae^{-bT}$$

$$p = ce^{-dT}$$



第 10 圖 トベカ鉛錠の彈性に 及ぼす温度の影響

但し、e はナペリア数の基數、a……d は常数である。

(4) 衝撃抵抗

東京附近で施工したトペカ鋪装の切取試験材より直徑 2.5 cm、高さ 2.5 cm の圓筒形供試體を作製し、ペーチ衝撃試験機を用ひて之を試験した結果を示せば第 10 圖の如くである。

本試験結果によつて見ると、トペカ混合物の衝撃抵抗は 40°C 前後で最大を示し、温度の降低に従つて減退することが分る。又鋪装比重が大で鋪装空隙率少く且つ溝青の比較的多量なる混合物、換言すれば富配合にして緻密性の大なる鋪装は、常温に於て衝撃抵抗が大なるばかりでなく、0°C 以下の低温に於ても比較的大なる抵抗力を有するものと見られる。

IV. 材料及び混合物の性質より見たるアスファルト鋪装の破損防止策

以上述べ來た諸事項を取纏め、之に筆者の意見も附け加へ、材料及び混合物の性質から見たアスファルト鋪装の破損防止策に就き考察し、且つ設計、施工上改善を要する事項に就き述べて見たいと思ふ。

(1) アスファルトの選擇

從来シート・アスファルト鋪装、トペカ鋪装等には、針度 40~50 或は 50~60 の比較的硬いアスファルトを使用するのが常識となつて居り、又各方面の鋪装仕様書にも上記の範囲でアスファルトを選擇するやうに指定せるものが多い。然るに鋪装の低温性質を考慮し龜裂防止の目的から見ると、上記に比して針度の大なるアスファルトを使用するのが得策であつて、このことは既述の各實験の一一致せる結論になつて居る。即ち混合物に關する他の條件が同一ならば、低溫性

於ける龜裂其の他の異状に對して抵抗性の大なる即ち針度の大きいアスファルトを使用するがよいのである。

アスファルトはプラントの混合作業に際して、薄層の狀態で、加熱せられた骨材と接觸して熱及び空氣の作用を受けて硬質のものとなる。特に温度の調節が不完全で必要以上に加熱されたときには、アスファルトは極端に劣質のものとなり、鋪装の耐久性に及ぼす影響も甚大である。且つ又鋪設後にも、大気に曝露して氣象作用を受ける結果、アスファルトは鋪装中で輕微乍ら剝離・老化しつゝあるものと見られる。斯くの如き點から考へても、軟いアスファルトの使用を得策とする理由がある。

實驗研究の方面で理論的に軟質アスファルトの必要が叫ばれて居るばかりでなく、實際の鋪装工事にも漸次この傾向が現れ、既に米國では針度 100 以上の軟質アスファルトがアスファルト・コンクリート鋪装等に盛に使用されて居る。又本邦でも、寒冷影響を考慮の下に針度 85~100 のアスファルトをトベカ鋪装に使用せる試みあるを開き、或は更に軟質な針度 100~150 の軟質アスファルトを以てアスファルト・コンクリート鋪装を築造し、良好なる成績をあげて居る例などもある。

要するに、鋪装の安定性を骨材の性質特に其の粒度配合に依存せしむることが出來、充分緻密な鋪装を得る如くに設計され、施工し得れば、現在に比し稍軟質のアスファルトを使用するも、鋪装の性質に何等悪影響を及ぼすものではなく、却つて之により鋪装の低温に於ける性質を改善し得るものと考へられる。但し、使用アスファルトの針度決定に當つては、鋪装の種別、骨材その他の材料の性質、施工箇所の交通及び気象條件等を考慮に入れた調査、研究の必要なることは云ふ迄もない。ブローン・アスファルトは温度に對する感應性が小で、其の混合物の低温性質も比較的良好ではあるが、粘度、延性其

の他の一般的性質から考へると、之を加熱混合式鋪装に推奨する理由はないやうである。

蒸気蒸溜アスファルトは真空蒸溜アスファルトに比し、其の低温性質が幾分良いやうに思はれるが其の相違も僅少であるから、共に石油工業の関係製品である之等のものを歴史に引離して其の長短、得失を比較する必要はないと思はれる。

(2) 混合物の配合

アスファルト混合物の物理的性質に關する既往の研究には、鋪装の安定性に重點を置いたかの感あるもの多く、又アスファルト鋪装の設計上、施工に當つても、如何にして車輛交通による波状成生を防止するかに關心が拂はれて居た様である。もとより鋪装の安定性はアスファルト鋪装に具有せしむべき重要性質で之を盡にすることは出來ないが、之のみを必要以上に増大せしめ、龜裂に對する抵抗性を無視するやうな事があつてはならない。

良好なる混合物の配合は、鋪装の安定性と龜裂抵抗と併せ考慮して始めて決定されるのであつて、其の何れか一方のみに偏る事を避けねばならぬ。但し地方的條件に從つて何れか一方に偏するを得策とする場合はある。例へば寒冷地方では波状成生の虞が比較的小いから、鋪装の安定性に重きを置くより龜裂抵抗即ち低温性質を充分考慮した混合物の配合を定める方が得策であり、高溫地方では上記と反対の考慮を拂ふのが賛明な方策と思はれる。

常温性質に優れた鋪装を得るには、適切な配合と充分な壓縮の必要なことは勿論であるが、低温性質の良好な鋪装を期待するには、混合物の配合及び壓縮に就き専一層慎重でなければならぬ。鋪装に良好なる低温性質を保有せしむるには混合物の配合上、次のことが必要である。即ち、輒壓後に於て最大密度、最小空隙率を有し且つ適度の安定性を保持し得る如く設計した正しき粒度配合の骨材に、其の粒子をよく被覆し且つ其の空隙を填充するに充分なる量のアスファルトを混

合することである。之を要するに、鋪装に充分なる緻密性と適度の軟軟性を有せしむることが低温性質を向上せしむる所以であつて、其の爲めには富配合の混合物が絶對に必要である。

(3) 輪 壓 作 業

鋪装の安定性及び破裂抵抗は、鋪装の緻密性と重大なる關係があり、緻密性の一部は壓縮條件即ち輪壓機の重量及び形状、輪壓の方法及び回数、輪壓時の氣温及び混合物の温度等によつて定まる。従つて最良の條件を以て完全に輪壓して充分緻密なる鋪装を形成することが、鋪装の波状、破裂其の他の異狀を防止する最善の手段と稱し得る。

