

格子鉄板を埋設したアスファルト混合物の 変形性状に関する研究

STUDY ON DEFORMATION CHARACTERISTICS OF ASPHALT MIXTURE WITH STEEL GRIDS EMBEDDED

佐野正典*

By Masanori SANO

The present paper deals with investigations conducted on deformation of asphalt mixture in road pavements. Since loads are constantly applied to pavements in a certain direction by passing cars, the wheel tracking tester was modified so that the wheel loads were applied in one direction only. It has been pointed out that deformations are more likely to occur under loads applied in a single direction. Burial of steel strips joined together in a grid in the asphalt mixture was proposed as a method of reducing the deformation. The test results indicate that the burial of steel grids is a most effective way of reducing the deformation.

Keywords : asphalt mixture, deformation, steel grids

1. 概 説

アスファルト混合物(以下混合物と記す)に生じる変形現象は熱可塑性のアスファルトを締結材としていることから、避けられない問題といわれている。そのため、締結材の物性を樹脂あるいはゴムなどの特殊な添加材で改良した特殊アスファルトの開発が進められてきた¹⁾。

著者は、混合物の変形性状に及ぼす一誘因として、舗装用砕石骨材の粒形特性について研究してきた。この中で、粗骨材が扁平状の粒形で統一された混合物には大きな動的安定度を得る場合があることを示した²⁾。しかし、予測される重交通車両数の増加や市場における骨材粒形の実態³⁾を踏まえるとこれに依存した舗装の耐変形現象にはまだ十分に対処可能であるとはいいがたい。そのため、骨材粒形に加えて変形現象の防止を目的として、格子状に組み立てた薄鉄板を混合物試験片の下層部に設置した。この形態の変形防止策には、ジオテキスタイル(特殊な網目状の繊維)類を混合物中に埋設あるいは敷設する方法の研究がなされている^{4),5)}。これの効果の定量的な評価などについては今後の研究に待つところが大きい。また、橋梁接合部の振動・衝撃緩和などを目的として、

この接合部の舗装箇所に亀甲状に組み合わせた鉄板を敷設する工法(ヘキサロック工法)も試みられているが、著者の知る限りではこれに関する研究報告はまだ少なく⁶⁾、まして舗装に関する報告は見当たらない。この工法に関する資料との比較相違から、本研究の格子鉄板が有する大きな特徴はその形状および寸法、さらに用途が大きく相違すること、埋設鉄板の構造が非常に単純なものであること、しかも広範囲な舗装に静置敷設する簡便な施工性と容易な補修性を兼備していることにある。

一方、衆知のとおり混合物の変形性状を評価するホイールトラッキング試験法(以下WT試験と記す)の場合、荷重は常時荷重の状態試験輪が前後に往復する機構(以下往復走行と記す)である。これは実状の道路での車両走行荷重の作用方向とは異なる。すなわち、実際の舗装上に働く車両荷重は走行方向の特性から一方向的に作用する。そこで、試験輪の荷重(以下輪荷重と記す)が一方向から作用(以後一方向走行と記す)する機構に改造した。両走行特性と骨材粒形に関する混合物の変形特性について検討を加えたところ、一方向走行は往復走行に比較して大きな変形を生じることがわかった。また、著者が指摘してきた骨材形状の影響も無視できないことがここでも確認された。さらに、輪荷重が一方向から作用するもとの格子鉄板には混合物の変形防止に大きな

* 正会員 近畿大学講師 理工学部土木工学科
(〒577 東大阪市小若江3-4-1)

効果があることがわかったので、これらの実験結果を併せて報告するものである。

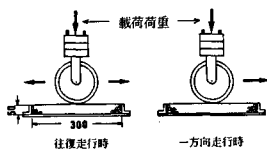
2. 輪荷重の作用方向と変形特性

(1) 実験装置と測定方法

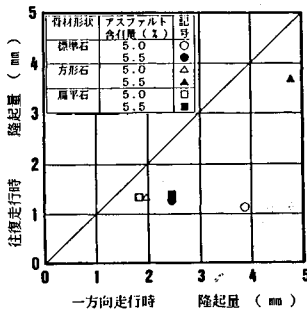
本実験の混合物の粒度は最大粒径 13 mm の密粒度アスファルトで、混合物中の粗骨材の粒形の分類方法、その重量や粒数、混合物の配合設計、さらに設計アスファルト量などマーシャル安定度試験の特性値についてはすでに報告したのでここでは省略した。

試験装置は実験目的から、WT 試験装置の荷重は空気圧であるため、これにソレノイドバルブを取り付け、図一 1 に示すように輪荷重が一方からのみ作用する機構に改造した。輪荷重の載荷回数を同一とすると従来の試験（往復走行）の約 2 倍の時間を必要とする。したがって、一方方向走行の変形量測定においては現状の往復走行の速度（42 回/分）から、載荷状態での走行回数が 1 890 回、2 520 回に達した時点の測定値を採用し、後者の測定値をその試験片の変形量と定義した。

他方、WT 試験の混合物に最大変形が生じる箇所は往復走行の場合、試験輪の走行軌跡のほぼ中央である。これに対して、一方方向走行下では載荷始点側から走行長（試験片、30 cm）の約 5/6 地点付近に生じる。すなわち、載荷荷重の作用によって混合物が押し出される現象が生じる。これは、走行特性と型枠端部（載荷状態での終点部）の拘束性との相乗作用に起因するものと考えられる。一方方向走行の変形量測定箇所は往復走行の箇所と同一の中央部とした。この場合、一方方向走行の変形量は 5/6 地点の値より 10% 程度小さな測定値となる。



図一 1 試験輪の走行方向



図一 2 車輪の走行方向特性と隆起量との関係

アスファルト舗装のわだち掘れ現象は車輪走行箇所での沈下（変形）と道路の横断方向への隆起現象との和で走行中の車両に影響する。そのため、試験輪の走行方向に直角な、試験後における横断方向への隆起量をディフスゲージで測定し、この最大値を隆起量とした。

(2) 車輪の走行方向特性と変形状

最大隆起の発生地点は車輪走行部中央から左右に車輪幅の 0.8~1.2 倍の箇所まで生じ、しかもアスファルト含有量が多い場合には遠地点となる。

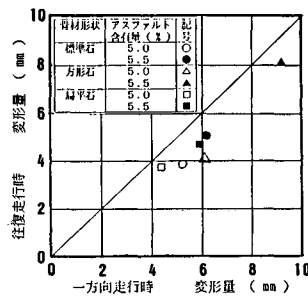
車輪の走行方向の特性と隆起量との関係を、横軸に一方方向走行、縦軸に往復走行の隆起量を取って図一 2 に示した。一方方向走行下では往復走行に比して 2~5 倍の大きな隆起量を示しており、中でも方形石での隆起傾向が顕著である。

次に、走行特性と変形量の関係を図一 3 に示した。この場合も、同一条件下で作製した混合物であっても輪荷重の作用方向が一方のものでは往復走行より大きな変形を生じる。この変形量の比は 1.1~1.5 倍程度であり隆起量ほど大きくはないが、これらのことから一方方向走行が過酷な条件といえる。

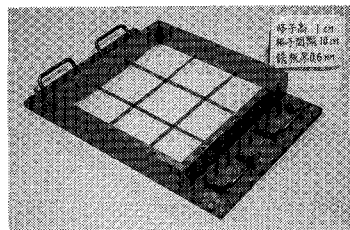
3. 格子鉄板による変形の軽減効果

(1) 格子鉄板の形状と配置

WT 用試験片のアスファルト混合物内の底部に写真一 1 に示すような格子状に組み立てた鉄板を埋設した。鉄板の寸法は厚さ 0.6 mm、高さ（幅）10 mm、長さ 30 cm の薄板である。縦横の鉄板が結合する箇所（節点と記



図一 3 車輪の走行方向特性と変形量との関係



写真一 1 埋設した格子鉄板の形状

す)は長さ方向 10 cm 間隔とし、ここに深さ(長さ) 5 mm,そして節点部の可動(ゆるく組み合わせた)を考慮して幅 1 mm の切込みを設けた。また同様に高さ 15, 20, 30 mm のものも準備した。

(2) 試験片の作製と締固め度

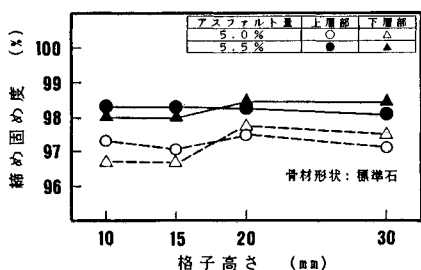
格子状に組んだ鉄板を型枠内の底部に設置し、これに所定のアスファルト混合物を投入してローラーコンパクターにより通常の方法で締め固めた。しかし、混合物の上層部(アスファルト混合物のみの部分)と下層部(格子状の鉄板に拘束された柁内の部分)の密度の相違が懸念され、これは変形状に影響するといえる。そこで、各種配合条件ごとの混合物を上層部、下層部に切断分離し、パラフィンで被覆して密度を測定した。この結果を図一四に示した。アスファルト量による差は顕著であるが、鉄板高さの相違による差はほとんどなく、混合物の上層部、下層部の締固めはほぼ均等であることを示している。

締固め直後あるいは試験後におおの脱型した試験片底部の観察状況からは格子鉄板の隅角部に空隙はみられなかった。また、全試験片に共通して締固め中に鉄板の転倒あるいは折れ曲がったものなどはみられなかった。しかし、格子鉄板の節点間の直線部にはやや湾曲した傾向がみられた。

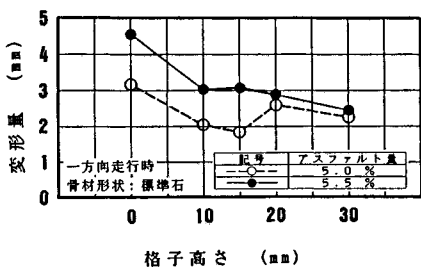
(3) 実験結果と考察

a) 格子高さの変形状

格子鉄板の最適寸法を見出すことを目的として、鉄板高さは4種類を準備した。輪荷重の作用方向はこれまで



図一四 格子鉄板の高さと混合物の締固め度



図一五 格子鉄板の高さと変形状との関係

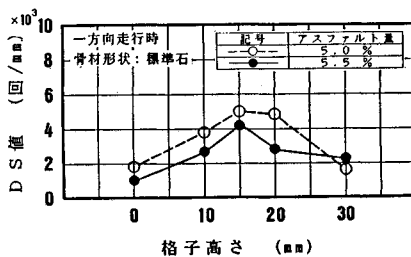
の試験結果から判断して一方向走行で実施した。

格子鉄板の高さと変形状の関係を図一五に示した。アスファルト混入量に無関係で、通常の混合物に格子鉄板を設置することにより、変形状は 50~60% 程度減少することを示している。また、この場合の動的安定度(以下 DS 値と記す)を図一六に示した。15 mm の DS 値に最大値を得たが、この最大値を示す結果は非常に興味深いとともに、格子高さを決定するうえに重要なことといえる。

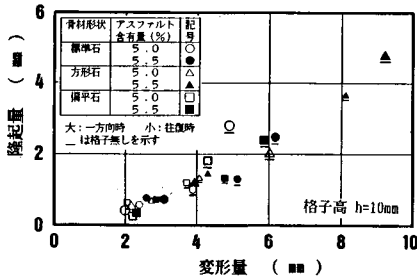
変形状では 10 mm, 15 mm, 20 mm の三者は近似している。一方、30 mm のものの変形状、DS 値はともに小さい。これは 45~60 分時での変形状が進行していることを意味しており、供用中には変形状が進行することを伺わせる。また、この試験片の切断面の格子柁内には視覚判断での空隙がみられた。これは締固め度の測定の際にはみられなかったものであり、格子柁の鉄板が高い場合には柁内への初期の試料投入量の多少が影響するものと考えられ、締固め時に不十分な場合が生じることがわかった。このことは、混合物の所要締固めに対する格子柁の寸法と鉄板高との関係において、すでに不適当な寸法であると考えられる。これらのことから、格子鉄板寸法の決定には、前述のことに加えて、締固め時の平易度、柁内の混合物密度が十分得られること、偏平骨材を有利に(水平に近く)配向することが可能であること、さらに現場施工時でのローラー転圧には低い格子鉄板ほど有利であると判断されることなどから、格子高さは 10 mm でも十分であると判断した。

b) 混合物の側方への流動性状

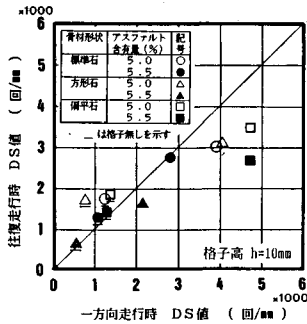
隆起量と変形状とは図一七に示すような比例する傾向がみられた。全試料のこの関係からは、混合物には載荷初期に圧密性のわずかな変形状が車輪走行部に進行し、その後は非圧縮性の変形状、すなわち側方へ変形状が進展するものと考えられる。骨材粒形の相違からは、偏平石に比して方形石が側方に押し出されやすい、いわゆる流動変形状を生じやすいことを示唆している。この傾向は実路のわだち掘れ現象に、混合物中の骨材粒形は重要な要因を含んでいると考えられる。また、格子鉄板を埋設した混合物の場合には 2~5 倍の有意となる傾向を示し



図一六 格子鉄板の高さと動的安定度との関係



図一七 格子鉄板埋設混合物の隆起量と変形量の関係



図一八 車輪の走行方向特性と動的安定度との関係

ている。

c) 格子鉄板埋設混合物の変形性状

車輪の走行特性と DS 値との関係を図一八に示した。格子鉄板非設置の場合の DS 値は往復走行の場合が一方方向走行より 1.5~2.0 倍大きい。また、この非設置と格子高さ 10 mm を埋設した場合の走行特性と DS 値との関係とは対称的な結果を示している。すなわち、格子鉄板が非設置の場合とは逆に格子鉄板を埋設した場合の一方方向走行では大きな DS 値となり、走行方向の特異性に対して有効的な特徴を示している。中でも、偏平石の粗骨材に対して顕著である。これらの傾向から、格子鉄板は混合物内の下層部に生じる水平引張力⁸⁾の低減や伝播範囲を縮小すると同時に拘束するものと考えられ、小さな変形量になるものと推察される。

4. 結 論

走行する輪荷重の作用方向と混合物の変形性状および粗骨材の形状特性を加味した混合物中に格子鉄板を埋設した場合の有効性に関する本研究結果からは次のことを明らかにすることができた。

(1) 格子鉄板を混合物内の下層部に埋設した場合、一方方向走行のもとでの混合物の耐変形現象に特に効果的な傾向を示した。このことは、このような形態の変形防

止策にも検討の余地があることを示唆している。

(2) 格子柵寸法 10 cm に対する格子高さは 1~2 cm 程度が望ましいと判断されたが、これは敷設あるいは補修時の切削、解体に関しても容易なものである。

(3) 一方方向から作用する輪荷重のもとでのアスファルト混合物には変形現象が生じやすく、骨材の粒形の中では特に方形石の場合に顕著であることがわかった。

(4) 混合物の隆起量と変形量とは比例関係にあることがわかった。また、この耐変形性状に対する骨材形状も偏平石が有利な粒形と判断される傾向を示した。

本研究ではかなり良い結果が得られたので速報したものである。しかしながら、室内での鋼性版上の小さな試験片におけるものであり、実路に供する場合には特にこの格子鉄板埋設混合物の下層に施された材料特性との関係も不可欠な問題となろう。これに加えて、格子鉄板の膨張収縮、これに伴うひびわれ、鉄板と混合物の付着性状・剥離、鉄板の腐食、さらに格子鉄板の剛性を含めた最適寸法、適切な形状など今後究明しなければならない。また多くの研究課題を残している。

謝 辞：本研究を遂行するにあたり、ご協力をいただいた本学大学院生 橋本栄一君に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日本アスファルト協会：特集・特殊アスファルトの現状、アスファルト、第 156 号、1988。
- 2) 佐野正典：粗骨材の形状特性がアスファルト混合物の変形現象に及ぼす影響、土木学会論文集、No. 408, pp. 41~50, 1989。
- 3) 橋本・佐野・倉本：碎石粗骨材の粒形とアスファルト混合物の変形特性について、第 18 回日本道路会議一般論文集、p.388, 1989。
- 4) 尾本・溝淵：ジオグリッドの耐わだち掘れ対策への適用性に関する一検討、土木学会第 44 回年次学術講演会、第 5 部、p.126, 1989。
- 5) 久楽ほか：道路へのジオテキスタイルの利用とその効果、舗装、Vol. 22, pp. 4~9, 1987。
- 6) 稲葉・小林・塩尻：橋面連続舗装のヘキサロック工法、第 18 回日本道路会議一般論文集、p.814, 1989。
- 7) 橋本・水野・佐野：一方方向性車輪走行下におけるアスファルト混合物の変形特性について、土木学会関西支部年次学術講演会講演概要、V-39, 1989。
- 8) Shell Pavement Design Manual—Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic, Shell International Petroleum Company Ltd., 1978。
- 9) 住友・川島：アスファルト・コンクリート層の荷重分散効果、石油学会誌、第 29 巻、第 2 号、pp.151~159, 1986。(1990.1.18・受付)