

論文

[1203] セメントアスファルトコンクリートの鋼床版舗装への適用に関する研究

秋山憲二\*1・上田満\*2・浜田純夫\*3・村本正人\*4

1. はじめに

近年、橋梁技術の進歩にともなって、長大橋が、各所で、建設されるようになり、従来のコンクリート床版に変えて鋼床版が採用されることが多くなっている。現在、鋼床版の舗装には、グースアスファルトを用いるのが一般的である。しかし、グースアスファルトは、クッカで220℃～260℃に加熱しながら運搬し、流し込みにより鋼床版上に舗装する工法である。この工法は、高温時のアスファルト混合物の流動性を利用した施工法であるため、舗装時の高温度が鋼床版に温度応力を生じさせ悪影響を与えているのが現状である。したがって、高温施工時の弊害を防ぐ為に常温施工が可能な鋼床版舗装用舗装材の開発が急務となる。

筆者等は以前より鋼床版舗装材としてセメントアスファルトコンクリート（以下の本文ではセメアスと略す）の検討を行い、その概略の配合については求めている。[1]そこで、本研究は、セメアスを鋼床版上に施工した場合の力学特性について検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは、普通ポルトランドセメント（比重：3.15，粉末度：3,600cm<sup>2</sup>/g）、アスファルト乳剤は、カチオン系の混合用乳剤、骨材には、碎石（比重：2.73，粒径：0.6mm～5mm）、海砂（比重：2.59，粒径：0.074mm～0.6mm）、フィラー（粒径：0.074mm以下）を使用した。

2.2 配合

以前の研究[1]により概略の配合は求められているので、碎石、海砂、アスファルト乳剤を、それぞれ重量百分率で、45%、20%、17%とし、残りのセメントとフィラーの配合は5%～10%、13%～8%とした。配合は表-1に示している。

表-1 配合表

材料	重量百分率 (%)					
碎石	45					
海砂	20					
乳剤	17					
セメント	5	6	7	8	9	10
フィラー	13	12	11	10	9	8

2.3 材料試験

(1) 曲げ強度試験

曲げ試験[2]用供試体は、ホイールトラッキング試験用型枠に混合したセメアスを流し込み、硬化後、図-1の形状（切断箇所 a-a' b-b' c-c'）になるようカッターで切り出し作成した。養生は28日間常温養生とし、載荷試験直前には、恒温槽にて、-10℃、0℃、10℃、20℃の各温度で6時間以上

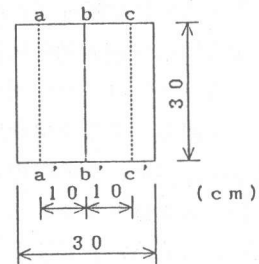


図-1 切断方法

- \* 1 山口大学 工学部社会建設工学科 (正会員)
- \* 2 山口大学助教授 工学部社会建設工学科 (正会員)
- \* 3 山口大学教授 工学部社会建設工学科 Ph. D. (正会員)
- \* 4 日本舗道(株)

養生した。養生後の供試体を、載荷装置にセットし、図-2に示すように、載荷試験は、載荷ひずみ速度50mm/minでスパン(20cm)中央部に、1点載荷する方法にて実施した。なお、破壊荷重及び載荷点でのたわみを、X-Yレコーダーで記録した。

### (2) 一軸・三軸圧縮強度試験

供試体は、 $\phi 5 \times 10$  cmの円柱形であり、圧縮試験は、ひずみ制御方式とし、ひずみ速度4mm/minで行った。また、三軸圧縮試験においては一軸圧縮強度の範囲内で側圧を変え、最大側圧は三軸セルの機能の関係より、50kgf/cm<sup>2</sup>とした。この試験結果よりモールの応力円を描き内部摩擦角及び粘着力を求めた。

### (3) 曲げクリープ試験

供試体は、その寸法が4×4×16cmのモルタルバーであり、三連型枠により成形した。載荷荷重は、ミハエリス曲げ強度試験より求めた曲げ強度の20%とした。測定時間は載荷2時間、除荷後2時間の合計4時間とした。載荷時の温度は-10, 0, 10, 20, 30, 40, 50℃の各温度で行い、試験に供したセメアスの配合は、セメント量5, 7, 10%であった。たわみ及び温度の測定は、カンチレバー式のひずみ計、熱電対を用い、出力はデータロガーによって記録させた。

## 2. 4 静的載荷試験

1. 2cm厚の鋼板に、6cmの1層舗装もしくは、上層3cm、下層3cm、の2層舗装を行い舗装材の種類は、セメアス、密粒アスコン、グースアスファルト、コンクリートの4種とした。これらの組合せによる供試体の種類は表-2に示されている。以下の本文では、供試体種類は略記号で表すことにする。載荷荷重は、供試体の強度確認のため、接地面5×20cmの角材で0.25t間隔で荷重を増加させ3tまでかけた。(以下集中荷重方式とする。)また、T-20後複輪荷重が縦リブを挟んで荷重がかかる場合が最も舗装体に負担がかかることから、20×20cmの載荷板2枚の中心間を30cm離し、その中央を中央支点到一致させた載荷を行った。その時の荷重は0.5t間隔で増加させ10tまでとした。(以下T-20載荷方式とする。)ひずみゲージの位置、載荷方法は、図-3に示す。

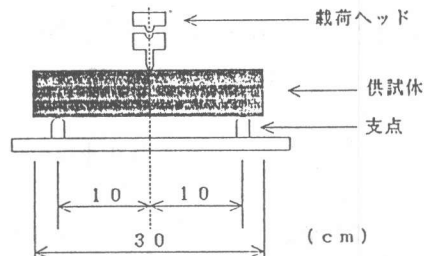


図-2 載荷方法

表-2 供試体の種類

記号	舗装材料
SD	鋼版
S	セメントアスファルトコンクリート
G	グースアスファルト
A	密粒アスコン
C	コンクリート
AS	④アスコン⑦セメアス
AG	④アスコン⑧グース
SG	④セメアス⑧グース
SC	④セメアス⑦コンクリート
GS	④グース⑦セメアス
CS	④コンクリート⑦セメアス

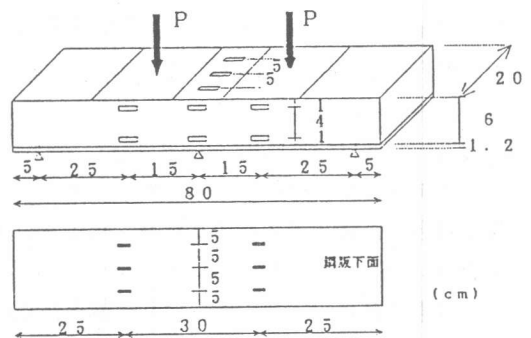


図-3 静的試験方法

## 3. 実験結果

### 3. 1 材料試験結果

#### (1) 曲げ強度試験

曲げ強度試験の結果が図-4及び図-5に示されている。両図の各点は、2枚の供試体の平均値で示している。図-4は、セメント量を6種類変えた各配合に於ける曲げ強度と温度の関係を示し、図-5は同様に破断時のひずみと温度の関係を示すものである。各図より、曲げ強度は温度の低下と共に増大し、 $-10^{\circ}\text{C}$ に於いてはセメント量に殆ど関係なく $57\text{kgf}/\text{cm}^2$ 前後の値となる。温度の上昇にともないセメント量の多い配合の曲げ強度がセメント量の少ないものより幾分大となる。破断時のひずみは、セメント量の少ない配合の場合に温度変化に対しての変動が大きいが、セメント量7%以上の場合には破断時のひずみは温度変化による変動が小さくほぼ一定な値を示している。

(2) 一軸及び三軸圧縮試験

道路舗装に使用するアスファルトコンクリートの粘着力、内部摩擦角は図-6の斜線部分外の値を持つものが望ましいとされている。[3]そこで、本研究に使用したセメアスの内部摩擦角、粘着力を求めた。一軸及び三軸圧縮試験の結果を整理しモールの応力円を描くと図-7のようになる。この図は、セメント量7%の配合に於けるモールの応力円を示している。セメアスのセメント量を変化させた場合の内部摩擦角と粘着力は表-3に示されている。これを見れば、セメント量6%、7%配合のセメアスの内部摩擦角が他より大となるので十分満足する値ではないが舗装材料に近いものとなる。

表-3 三軸試験結果

セメント量(%)	5	6	7	8	9	10
内部摩擦角( $^{\circ}$ )	11.03	15.87	15.16	12.02	9.74	10.15
粘着力(kgf/cm $^2$ )	6.8	6.2	6.8	11.5	15.0	14.3

(3) 曲げクリープ試験

セメント量7%の配合に於ける曲げクリープ試験の結果を図-8に示している。この図は縦軸にたわみ、横軸に時間をとり測定した6種の温度に対応した6本の線にて描いている。50 $^{\circ}\text{C}$ に於いては載荷後20分にて供試体は、曲げクリープにより破壊した。参考のために付け加

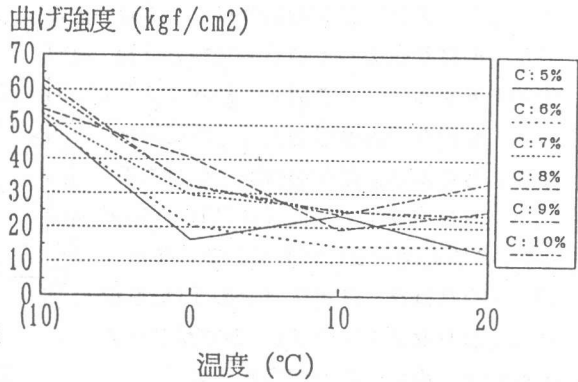


図-4 曲げ強度

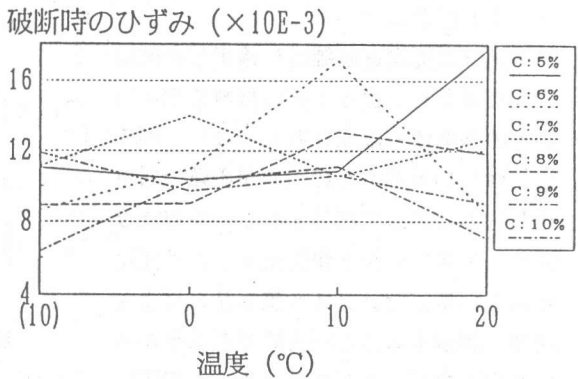


図-5 破断時のひずみ

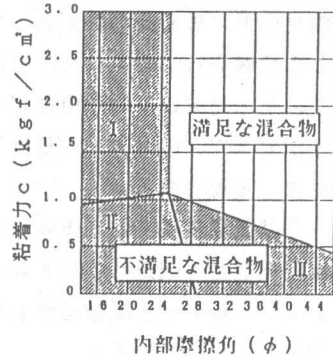


図-6 判定図

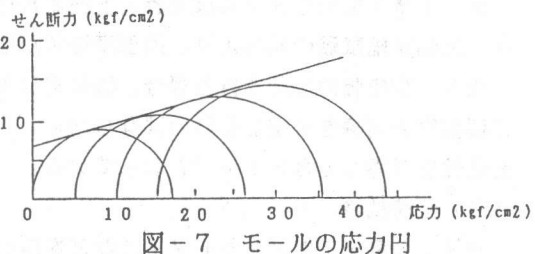


図-7 モールの応力円

えるとグースアスコンの場合には、40℃にてやはり破壊している。たわみは温度が上昇するに従い増加する傾向にある。また、塑性ひずみも温度上昇と共に増加するようである。載荷2時間に於けるクリープコンプライアンス ( $J(t) = \epsilon(t) / \sigma_0$ ) の値を図-9に示している。また、図-10にはグースアスコンの  $J(t)$  も示されておりセメアスの  $J(t)$  の方がグースのものより小さいことが分かる。

### 3. 2 静的載荷試験

#### (1) 配合について

セメアスを鋼床版舗装に適用した例は過去にはなく、従ってその材料特性についての基準値も確立されていない。鋼床版には突起等が多く締固めが困難であり、流し込みによって舗装することが可能なグースアスファルトが従来よりよく使用されている。セメアスも流し込みにより成形し舗装することが可能である事から参考のためグースアスファルトを鋼床版舗装に適用する際に必要な基準値のうち流動性、曲げ破断時のひずみ、動的安定度との比較を行いセメアスの配合を決定した。その結果以下の理由により鋼床版舗装用セメアスのセメント量は7%とすればよいと思われる。

1. 曲げ試験に於て、-10℃~20℃の各温度を通じて破断時のひずみが、グースアスファルト曲げ試験基準値  $8 \times 10^{-3}$  を安定して超えている。

2. 流し込みに必要なコンシステンシー評価としてのリュエル流動性は10以下である。[1]

3. 曲げクリープ試験の結果からは、グースアスファルトが40℃以上で破壊したのに対し、セメント量7%のセメアスはそれを上回る50℃以上で破壊をしている。

4. 三軸圧縮試験の結果より、内部摩擦角が他の配合に比べ大となっている。

なお、鋼床版の設計を行う場合、輪荷重による鋼床版の最小曲率半径が20m以上となるように縦桁等の間隔を決定しなければならない。[4] この事により舗装体の曲げ破断時のひずみは安全性を考慮して  $8 \times 10^{-3}$  となっている。

#### (2) 載荷試験

セメント量を7%としたセメアスなどを用いて鋼床版上に舗装した各供試体の載荷試験の結果

たわみ ( $\times 10E-3mm$ )

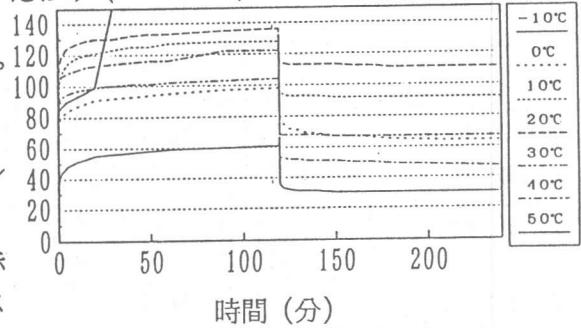


図-8 曲げクリープ試験結果

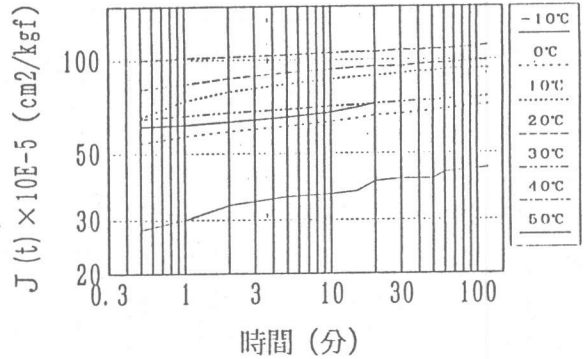


図-9 セメント量7%の  $J(t)$

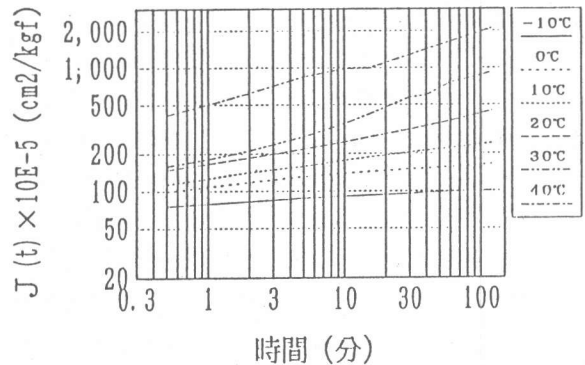


図-10 グースの  $J(t)$

を図-11、図-12、図-13に示している。図-11は、集中荷重方式の場合の載荷荷重と載荷点下面のたわみの関係を示している。図-12は同様に載荷荷重と載荷点下面鋼板のひずみとの関係を示している。さらに図-13は、載荷荷重と中央支点上に於ける舗装体上面のひずみとの関係を示している。図-11、図-12より舗装体のスティフネスは各舗装体によって、かなりの幅でばらつく。また鋼板下面のたわみとひずみの相関性にも欠けることから層間のズレや舗装材の弾性が異なる事より供試体の種類によってそのスティフネスが変化しているのが分かる。供試体各層間には接着剤（鋼板と舗装体間）、タック材（上層と下層の境界面）を使用し層間のすべりを出来るだけでなくすようにして供試体を作製した。しかしながら、これらの図より、各層間のすべりが生じているものと思われる。実際に鋼板と下層舗装材とのすべりも観察されている。図-13よりセメントコンクリートが引張ひずみ200 $\mu$ 付近（載荷荷重1.5t）にて破壊しているのが分かる。しかしながらその他の舗装体はひずみがコンクリートより大きいにも関わらず破壊には至っていない。他の舗装材の破断時ひずみはコンクリートに比べて大であるので十分考えられることである。T-20荷重方式による静的載荷試験の結果を図-14、図-15に示している。これらの図を見ると、AS、GS、AG、SGの供試体については、それらのたわみ、ひずみとも各荷重段階に於てほとんど同一の値となっている。

AG、即ち、上層がアスファルトコンクリート、下層がグースアスファルトの舗装構成が鋼床版舗装の標準となっていることを考慮すれば、他の3種は鋼床版舗装に適用できるものと思われる。

4. 考察

SD	S	A	G	SC	CS
C	AS	GS	AG	SG	

たわみ (mm)

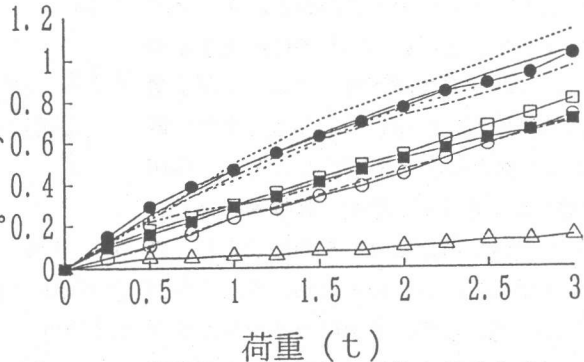


図-11 載荷点下面のたわみ（集中荷重方式）

ひずみ ( $\mu$ )

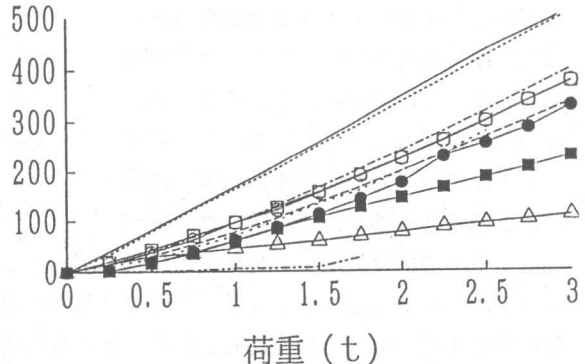


図-12 載荷点下面鋼板のひずみ（集中荷重方式）

ひずみ ( $\mu$ )

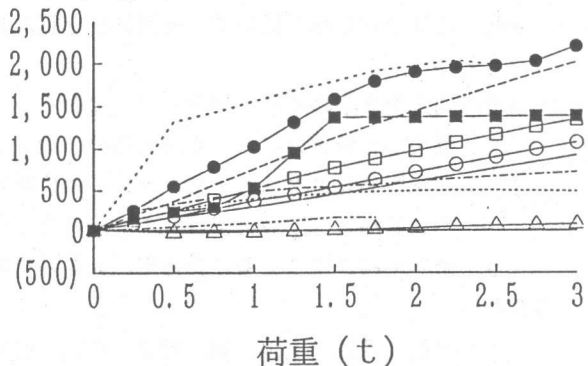


図-13 舗装体上面のひずみ（集中荷重方式）

図-13 舗装体上面のひずみ（集中荷重方式）

今回のT-20荷重方式による静的載たわみ (mm)

荷試験の結果から、AS, GS, AG, SG舗装体の荷重-ひずみ曲線が近似していることより、セメアスは鋼床版舗装に適用できるものと思われる。グースアスファルトを用いないものに限定する場合にはセメアスが下層、アスコンが上層の舗装体が良好なものとなる。また、静的荷試験を通じて言えることは、鋼床版舗装の構成を下層から弾性率の高い材料を用いた場合には力学的に安定した舗装体が得られるものと思われる。それが

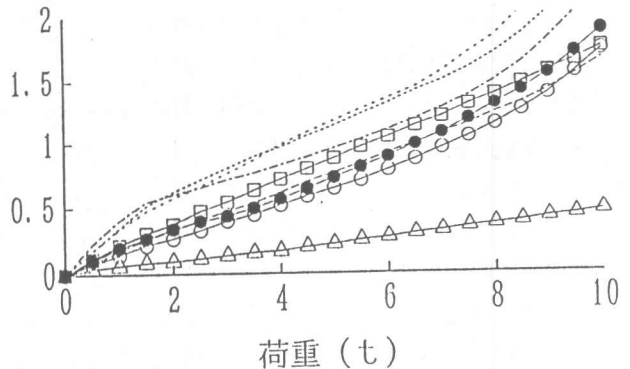


図-14 荷重点下面のたわみ (T-20 荷重方式)

ひずみ ( $\mu$ )  
 顕著な例として、下層にセメントコンクリート、上層にセメアスを用いた舗装体は荷重時の鋼板下面に於ける、たわみ、ひずみとも小さく、T-20荷重方式に於ける耐荷力をみても10tではまだ破壊にいたってはいない。しかしながら、逆の構成の場合には2t以内にコンクリートの破壊が生じた。集中荷重方式に於ける供試体の破壊は、C舗装の供試体が

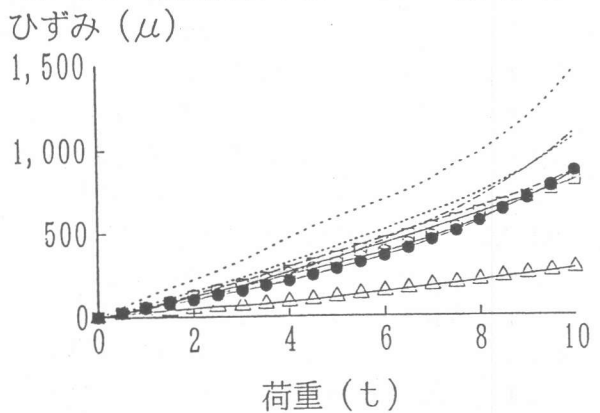


図-15 荷重点下面鋼板のひずみ (T-20 荷重方式)

1. 75tで曲げ破壊、CS舗装の供試体が1.5tで上層のコンクリートが曲げ破壊した。また、T-20荷重方式の場合には、S舗装の供試体が10tでせん断破壊した。他のものはT-20荷重方式による耐荷力は10t以上となった。従って基本的にはC, CS, S舗装以外の舗装体は静荷重のもとでは鋼床版舗装に適用できると思われる。しかしながら、SC舗装の場合は高層の駐車場等に用いるのが適切であろう。今後この様な供試体を用いて、疲労試験を試みる予定である。

### 5. まとめ

本研究の結果をまとめると、以下のようになる。

- (1) 舗装の材料構成によって舗装体のスティフネスが大きく変化する。
- (2) 鋼床版舗装にグースアスファルトの代用としてセメントアスファルトコンクリートを用いる場合、下層に用いることが好ましい。
- (3) 舗装の構成は、下層に弾性率の大きい材料を用いた方が力学的に安定している。

### 参考文献

- 1) 吉松 信昭, 上田 満, 浜田 純夫, 村本 正人: セメントアスファルトコンクリートの鋼床版舗装への適用, 土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, 第44回, pp662~663, 1992
- 2) 舗装試験法便覧, 社団法人日本道路協会, 1988
- 3) 菅原 照雄, 工藤 忠夫, 有福 武治 共編: 土木材料Ⅲ, 共立出版株式会社
- 4) 多田 宏行: 鋼床版舗装の設計と施工 鹿島出版会