

高耐久グースアスファルト混合物の 性能規定化に関する実験的検討（その2）

齋藤 佑太¹・角 裕介²・曾我 恭匡²・森 重和³

¹正会員 一般財団法人 阪神高速先進技術研究所（〒541-0054 大阪市中央区南本町四丁目 5-7）

E-mail: yuta-saito@hit.or.jp (Corresponding Author)

²正会員 阪神高速道路株式会社 技術部技術推進室（〒530-0005 大阪市北区中之島三丁目 2-4）

³正会員 一般財団法人 阪神高速先進技術研究所（〒541-0054 大阪市中央区南本町四丁目 5-7）

鋼床版上舗装の基層には、たわみ追従性が高く、かつ流し込みで施工が可能で、床版上の凹凸部へ容易に充填できるグースアスファルト混合物が従来から使用されてきた。近年、道路舗装各社において、従来のグースアスファルト混合物と比較して高耐久で低臭気なグースアスファルト混合物が開発されている。そこで、阪神高速道路における高耐久グースアスファルト混合物の性能規定化を目的として、鋼床版上舗装の基層に求める性能を評価する各種試験を実施し、性能規定案をとりまとめた。本稿では、阪神高速における鋼床版上舗装の長寿命化を目的として性能規定案をとりまとめた高耐久グースについて、基層の耐久性が表層混合物へ与える影響を、2層式試験により評価した結果について報告するものである。

Key Words: guss asphalt, steel plate deck, rutting, crack, wheel tracking test

1. はじめに

阪神高速道路（以下、阪神高速）の鋼床版上舗装では、たわみ追従性が高く、かつ流し込み施工が可能で、床版上の凹凸部へ容易に充填できるグースアスファルト混合物（以下、グース As 混合物）が従来から使用されてきた。従来のグース As 混合物（以下、TLA グース）は、ストレートアスファルト 20/40 とトリニダットレイクアスファルトを配合したバインダ（St. As. 20/40 + TLA）を使用しており、高温時の流動性に優れる一方で、耐流動性が低いこと、施工時の臭気が強という問題がある。

近年、道路舗装各社においてポリマー改質アスファルトに特殊添加剤を添加した高耐久かつ低臭気な改質グース As 混合物（以下、高耐久グース）が開発されており、TLA グースに代わり高耐久グースを適用することで、舗装の損傷発生抑制が期待でき、補修工事に伴う規制回数の削減や工事時の臭気抑制等、道路利用者および周辺環境への影響を低減できると考えられる。

そこで、阪神高速における高耐久グースの性能規定化を目的として、各種性能照査試験を実施し、評価指標ごとに性能規定案をとりまとめた¹⁾²⁾。

2. 高耐久グースの性能規定案

高耐久グースの性能規定化にあたり実施した性能照査試験項目を表-1 に示す。鋼床版上舗装の基層に求める要求性能項目を整理し、「舗装調査・試験法便覧」に記載がある試験を基本として実施した。

表-1 性能照査試験項目

要求性能項目	試験方法 (評価指標)	試験法 便覧	試験条件
不透水性	加圧透水試験 (透水係数)	B017T	—
耐流動性	WT試験 (動的安定度)	B003	試験温度：60°C
	貫入量試験	C001	試験温度：40, 60°C
たわみ 追従性	曲げ試験 (破断ひずみ)	B005	試験温度：-10, 0, 10, 23°C
ひび割れ 抵抗性	圧裂試験 (圧裂強度)	B006	試験温度：-10, 23, 60°C
	曲げ疲労試験 (破壊回数)	B018T	設定ひずみ(-10°C)：400, 600, 800μ 設定ひずみ(0°C)：900μ
はく離 抵抗性	静的剥離試験	A017	試験温度：80°C
付着性	せん断試験	EU式	試験温度：23°C
施工性	リュエル 流動性試験	C002	試験温度：各材料の中央 温度に加えて+10, -10, - 20, -30°C

表-2 高耐久グースの性能規定値案

要求性能項目	評価指標	単位	規定値(案)
耐流動性	動的安定度 (60°C)	回/mm	1,000以上
ひび割れ抵抗性	曲げ仕事量 (0°C)	N/mm	7.0以上(補正あり)
たわみ追従性	曲げ破断ひずみ (-10°C)	× 10 ³	8.0以上(補正なし)
施工性	リュエル流動性	秒	3-20(推奨温度)

性能照査試験の結果より、不透水性およびはく離抵抗性、付着性については、TLA グースおよび高耐久グースのいずれも良好な結果が得られ、材料間での優劣は認められなかった。耐流動性およびたわみ追従性、ひび割れ抵抗性においては、TLA グースと比較して高耐久グースの優位性が認められた。また、施工性の確認では、高耐久グースは TLA グースと比較して、混合物の温度低下に伴う流動性の低下が大きく、施工時の温度管理には留意が必要であることが分かった。

性能照査試験結果、および阪神高速の鋼床版上舗装における損傷実態³⁾を踏まえて整理した性能規定案を表-2に示す。

本稿では、阪神高速における鋼床版上舗装の長寿命化を目的として性能規定案をとりまとめた高耐久グースについて、基層の耐久性が表層混合物へ与える影響を、2層式試験により評価した結果について報告するものである。

3. 試験概要

(1) 使用材料および混合物配合

本検討では、先述の性能照査試験時^{1,2)}と同様に、公募により応募のあった6社5種類(材料A~E)の高耐久グースアスファルト材料を対象とし、比較材料としてTLA グースのアスファルト材料(St. As. 20/40+TLA : 材料F)を用いた(表-3)。

骨材については、阪神高速の舗装工事に出荷実績のあるプラント3社を選定し、骨材性状の違いが混合物性状に与える影響について確認した。

配合設計時の目標粒度は、阪神高速で2017年に試験施工を実施した高耐久グースの合成粒度とした。骨材間で若干粒度が異なるものの、各配合の合成粒度と目標粒度が概ね一致するよう骨材配合割合を調整した(表-4)。

また、最適アスファルト量の設定は、現場施工が可能である混合物性状を評価するため、リュエル流動性15秒時のアスファルト量とした(表-5)。

配合 No.1~6 は各アスファルト材料性状が混合物性状に与える影響を確認し、No.7, No.8 は No.1 と同様のアスファルト(材料A)を用いて骨材を変えることで、骨

表-3 各アスファルト材料の代表性状

項目	材料	材料	材料	材料	材料	材料
	A	B	C	D	E	F
針入度(1/100mm)	31	19	38	7	33	24
軟化点(°C)	104.0	96.5	90.0	115.5	107.5	60.0
伸度(cm)	70	70	70	2	53	7
曲げ仕事量(×10 ³ MPa)	1813	180	1861	65	1324	57
曲げスライズ(MPa)	47	213	62	654	39	363

表-4 骨材の材質および配合割合

項目	API		AP2		AP3	
	材質	割合(%)	材質	割合(%)	材質	割合(%)
6号砕石	硬質砂岩	24.0	硬質砂岩	25.0	硬質砂岩	23.0
7号砕石	硬質砂岩	22.5	安山岩	25.0	硬質砂岩	26.0
細骨材	砕砂	27.5	海砂	25.0	海砂	27.0
石粉	石灰岩	26.0	石灰岩	25.0	石灰岩	24.0

表-5 各配合の最適アスファルト量

配合 No.	アスファルト 種別	骨材(AP) 種別	最適 As 量 (%)
1	材料 A	API	10.2
2	材料 B	API	8.3
3	材料 C	API	8.0
4	材料 D	API	9.0
5	材料 E	API	8.4
6	材料 F	API	8.3
7	材料 A	AP2	9.4
8	材料 A	AP3	9.4

材性状が混合物性状に与える影響を確認した。

(2) 供試体概要および試験方法

a) 供試体概要

本検討では、鋼床版上舗装の基層に高耐久グースを採用した際の表層混合物の各種影響を評価するため、表層混合物と基層の高耐久グースからなる複合供試体を作製し、実厚2層式ホイールトラッキング試験(以下、2層式WT試験)および実厚2層式曲げ試験(以下、2層式曲げ試験)を実施した。なお、試験用供試体の表層材料および各層の厚さは、阪神高速の鋼床版上舗装に採用されている舗装断面と同様とし、表基層界面にはタイヤ付着抑制型乳剤(PKM-T)を0.4 l/m²で散布した(図-1)。

b) 2層式WT試験条件

2層式WT試験の試験条件を表-6に示す。試験荷重については、各配合間での差を明確にすることや、過積載車両等の走行を想定し、通常の載荷荷重の1.5倍とした。その際、試験輪の接地圧は0.83 MPaであった。また、走行速度は渋滞時を想定して通常走行速度の半分(21回/分)とした。

c) 2層式曲げ試験条件

2層式曲げ試験の試験条件を表-7に示す。鋼床版独特の負曲げ作用に対する追従性を評価するため、試験時の載荷面は、グース As 混合物下面とした。試験温度および載荷速度は、「舗装調査・試験法便覧」⁴⁾に準拠した。

また、基層に高耐久グースを採用することで、表層に発生する引張りひずみがどの程度低減されるかを定量的に把握するため、供試体側面にひずみゲージを設置した。

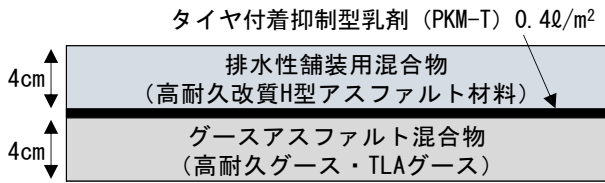


図-1 2層式供試体の舗装断面

表-6 2層式WT試験条件

項目	条件
試験時間	75 (分)
試験温度	60 (°C)
試験荷重	1032.2 (N)
接地圧	0.83 (MPa)
走行速度	21±1 (回/min)
動的安定度算出変位	75分時の変位-45分時の変位

表-7 2層式曲げ試験条件

項目	条件
試験温度	-10 (°C)
載荷速度	50 (mm/min)
載荷面	グース As 混合物下面
ひずみゲージ	各層の上下面より 1cm の位置
設置位置	(ポリエステルひずみゲージ)

4. 試験結果

(1) 2層式 WT 試験

試験結果を図-2に示す。配合 No.6 (TLA グース) を基層に用いた際の動的安定度 439 (回/mm) に対し、高耐久グースを基層に用いた場合は全ての配合 (No.1~No.5およびNo.7, No.8で動的安定度 1,000 (回/mm) 以上と2倍以上の差が見られた。また、2層式 WT 試験で得られた表層の動的安定度と、基層グース単体で実施した WT 試験により得られた動的安定度 (図-3) の優劣は概ね同様の傾向を示した。配合 No.7 および No.8 は、同一アスファルトを用いた No.1 と比較して動的安定度が低い結果となったが、グース単体で実施した試験と同傾向は同様であり、細骨材種別による影響が試験結果に現れ

ていると推察される。

さらに、図-4に示すように、75分走行後の表層変位量を確認した結果、概ね TLA グースの 1/2 程度と小さいことを確認した。配合 No.7 および No.8 は、No.1 と比較して変位量が若干大きい結果となったが、動的安定度の結果を考慮すると、載荷初期における表層混合物の圧密沈下が主要な要因と推察される。

表-2で示した耐流動性の規定値案は、高耐久グースアスファルト材料のコストが TLA グースの 1.5~2 倍程度であることや、鋼床版上舗装に発生する損傷を 50% 程度低減することを目的として定めたものである。

2層式 WT 試験の結果より、基層に高耐久グースを採用することで、表層の耐流動性を従来の 2 倍以上に高めることができ、性能規定値案として提案した動的安定度「1,000回/mm 以上」は妥当な設定であると判断した。

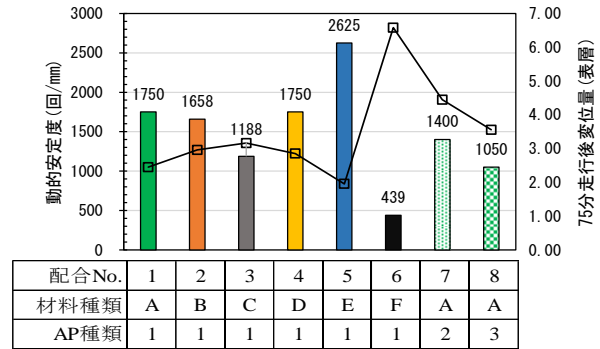


図-2 2層式 WT 試験結果

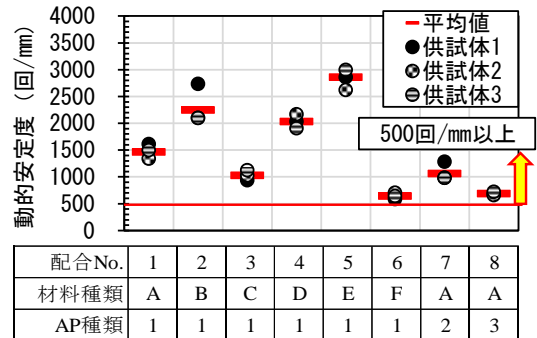


図-3 単層(グース)の WT 試験結果

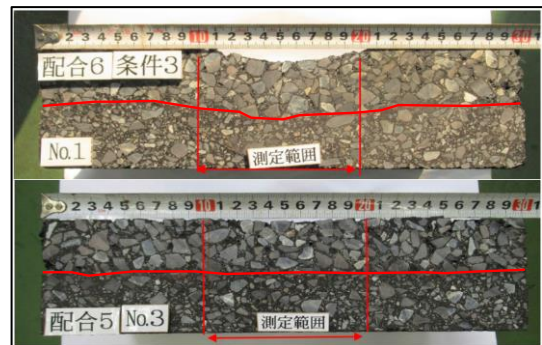


図-4 試験後の断面(上: TLA グース, 下: 高耐久グース)

(2) 2層式曲げ試験

試験結果より得られた曲げ破断ひずみを図-5に示す。いずれの配合においても曲げ破断ひずみは同程度の値を示し、TLAグースと高耐久グース間で明確な差は見られず、基層グース単体で実施した曲げ試験による破断ひずみと異なる優劣関係であった。また、各設置位置における破壊時の測定ひずみを図-6に示す。傾向としては、試験面最下部にあたる表層上面では引張ひずみが大きく、試験面の上部へ行くほど小さくなり、表基層界面ではニュートラル付近、基層下面では圧縮ひずみとなった。配合No.6 (TLAグース)と比較して、高耐久グースを用いた配合の優位性は認められなかった。

グース As 混合物単体で実施した曲げ試験では、高耐久グースの優位性を概ね確認できる結果であったが、2層式曲げ試験では、表層に与える負曲げの影響を評価することはできなかった。この要因としては、表層-基層間の境界面等の影響が考えられるが、直接的な要因の推定には至らなかった。

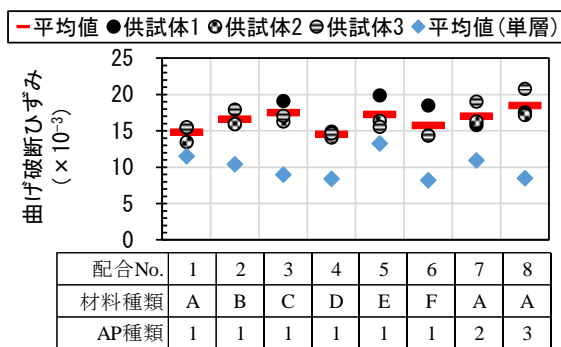


図-5 2層式曲げ試験による曲げ破断ひずみ(×10³)

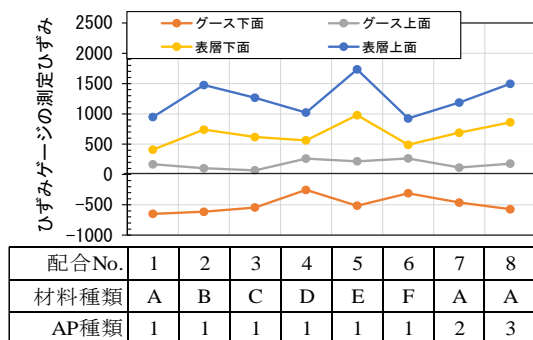


図-6 ひずみゲージによる測定ひずみ

5. まとめ

阪神高速における鋼床版上舗装の長寿命化を目的として性能規定案をとりまとめた高耐久グースについて、基層の耐久性が表層混合物へ与える影響を、2層式 WT 試験および2層式曲げ試験により評価した。

本検討で得られた知見を以下に示す。

- (1) 2層式 WT 試験結果より、基層に高耐久グースを採用することで、表層の耐流動性が向上し、動的安定度はTLAグースを用いた場合の2倍以上であることを確認した。また、グース As 混合物単層でのWT試験と比較し、2層式 WT 試験では高耐久グースの優位性がより明確に認められた。
- (2) 2層式曲げ試験結果より、今回の測定条件においては、高耐久グースの採用による表層引張ひずみの影響を評価することは困難であることが分かり、室内評価方法に課題が残る結果であった。ただし、試験温度やひずみゲージの設置方法など、試験条件を変更することで複合供試体での評価が可能になる可能性も考えられる。

今後はアスファルト性状に関する管理値や、高耐久グースを阪神高速に適用する上で、製造時や施工時に考慮すべき点を整理し、基準化および本線上での適用を進めたい。

REFERENCES

- 1) 神下竜三, 小瀬詠理, 青木康素, : 高耐久グースアスファルト混合物の性能規定化に向けたアスファルト混合物の特性評価, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol. 77, No. 2, I_21-I_28, 2021.
- 2) 角裕介, 齋藤佑太, 曾我恭匡, 森重和: 高耐久グースアスファルト混合物の性能規定化に関する実験的検討(その1), 第27回舗装工学講演会, 2022.
- 3) 神下竜三, 青木康素, 松下麗菜: 阪神高速道路の鋼床版上舗装に発生する損傷について, 第74回土木学会年次学術講演会, V-425, 2019.
- 4) 日本道路協会: 舗装調査・試験法便覧, 2019.