

表層アスファルト混合物の違いによる埋設ジョイント疲労破壊抵抗性の比較

交通工学研究室 木村大樹

指導教員 高橋修

1. はじめに

自動車社会のわが国では、道路は重要な交通手段の一つである。わが国では、山間部をはじめ都市部でも道路橋が多く存在している。そして、道路橋の桁と桁、橋台の繋ぎ目には伸縮装置（以下、ジョイント）が設置されている。ジョイントは、主桁の乾燥収縮やクリープによる変形、温度変化による桁の伸縮、活荷重による主桁端部の回転変位などの変位を吸収し、車両等を安全に通行させる役割をしている。一般的に、鋼とコンクリートまたはゴム製のジョイントが多く用いられている。しかし、これらは道路舗装とジョイント部の材料が異なるため、車両走行によって振動・騒音が発生してしまう。振動や騒音は沿道住民の生活環境を悪化させるだけでなく、車両走行性の悪化や橋梁構造物の耐久性低下の要因となっている。

上記の問題を解決するために、ノージョイント化が進められている。ノージョイント化とは、表面のジョイントを撤去し、走行路面を連続化させる工法である。本研究では、比較的大きな伸縮量に対応でき、最も運用実績の多い格子パネルを用いた型式の伸縮分散型埋設ジョイントを研究の対象としている。

格子パネルを用いた埋設ジョイントは、全国で1500箇所以上の施工実績があり、今後もその数の増加が予想されている。しかし、研究の歴史はまだ浅く、材料や構造的にも不明確な点が多い。一般に、道路におけるアスファルト舗装の設計供用期間は

10年とされており、埋設ジョイントの供用期間も10年が期待されている。しかしながら、埋設ジョイント部は供用後10年以前に損傷が生じたり、わずか2～3年で破壊に至ってしまった事例も報告されており、供用性についても不明確な点が多い。

本研究では、格子パネルを用いた伸縮分散型埋設ジョイントの表層アスファルト混合物について、実際の運用実績とその供用性を調査するとともに、使用されているアスファルト混合物の疲労破壊抵抗性の評価を行った。本研究の目的は、埋設ジョイントの表層アスファルト混合物の疲労破壊抵抗性を定量的に評価し、埋設ジョイント舗装体の長寿命化に寄与するために基礎データを整理することである。特に本研究では、最近の運用実績が多くなっている開粒度アスファルト混合物について注目し、使用する改質アスファルトの違いや、基層アスファルト混合物との組合せの違いによって、疲労破壊抵抗性にどのような影響があるのか検討した。

2. 使用表層材料と損傷の実状

図2.1に密粒度Ⅱ型、図2.2に開粒度の経過年数と損傷度の関係をそれぞれ示す。なお、これらの横軸の経過年数は新設後もしくは補修後から経過した年数であり、途中で補修されているものはない。損傷度とは、施工業者が独自に設定した内部管理に用いているもので、埋設ジョイントの損傷の程度を0から5までの6段階で評価した値である。各損傷度の定義を以下に記す。

損傷度 0: 損傷が全くない状態

損傷度 1: ひび割れ幅 1 mm 以下, 深さ 1 mm 以上

損傷度 2: ひび割れ幅 1 mm 以上, 深さ 5 mm 以上

損傷度 3: ひび割れ幅 5 mm 以上, 深さ 15 mm 以上

損傷度 4: 亀甲状クラック, 表層の剥離飛散

損傷度 5: ポットホールの発生, 基層部の破損

損傷度 2, 3 は今後補修が必要な状態であり, 損傷度 4, 5 は早急な補修が必要な状態である。図 2.1 と図 2.2 より, 年数が経過するにしたがって, それぞれの表層材料の損傷度 0 の割合が減少し, 補修が必要である損傷度 2 以上の割合が増加している。特に開粒度アスファルト混合物は, 8 年以上経過すると半数近くが損傷度 2 以上の要補修状態になり, 12 年以降では 8 割が要補修状態である。また, バインダに改質 II 型を使用した密粒度アスファルト混合物は, 12 年を経過しても約 70% が損傷度 0 または 1 であり, 設計期間 10 年をおおむね満足している埋設ジョイントが多くあることがうかがえる。近年, 首都圏を中心に増加している開粒度アスファルト混合物を用いた埋設ジョイントは, 密粒度アスファルト混合物を用いた場合よりも損傷の割合が高いことが確認された。

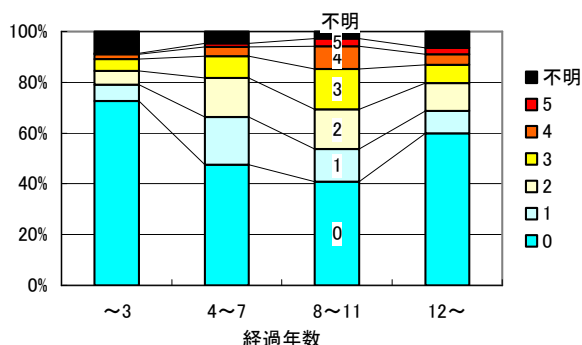


図 2.1 密粒度 II 型の経過年数と損傷度

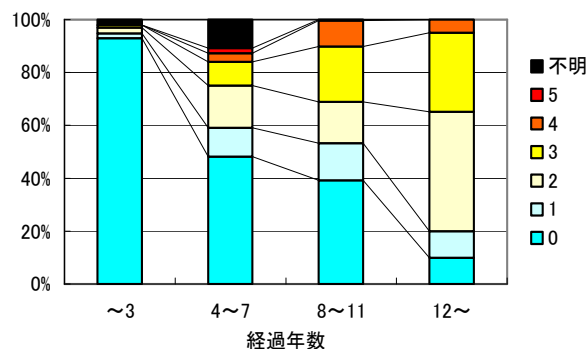


図 2.2 開粒度の経過年数と損傷度

3. 静的曲げ試験による破壊抵抗性の評価

静的曲げ試験によって, 埋設ジョイント表層に使用する開粒度アスファルト混合物のバインダの違いによる破壊抵抗性を評価した。また, 密粒度アスファルト混合物との比較も行い, 開粒度アスファルト混合物との違いについても検討した。表 3.1 に静的曲げ試験の試験条件を示す。静的曲げ試験の結果として, 各供試体の曲げ強度と破壊時ひずみの平均値を図 3.1 と図 3.2 にそれぞれ示す。これらの結果には, 密粒度アスファルト混合物との違いを確認するために, 最大骨材粒径が 20 mm (密粒 (20)) のストアスと II 型を使用した供試体の試験結果も列記している。

密粒度アスファルト混合物と開粒度アスファルト混合物を比較する。同じ改質 II 型を用いた場合でも, 曲げ強度は密粒度アスファルト混合物が大きく, 破壊時ひずみは開粒度アスファルト混合物が大きい。これは, 開粒度は空隙が多いのに対し, 密粒度は密に詰まる骨材粒度であることが影響していると考えられる。また, 開粒度アスファルト混合物の III 型, H 型, 高耐久型の 3 種は, 破壊時ひずみが大きく耐久性に期待できる。II 型は, 上記の 3 種より劣る結果となった。これは, バインダのタフネスが低いとためと考えられる。耐久性に期待でき

るⅢ型、H型、高耐久型の3種は、バインダの違いによる性状の違いが明確に見られなかった。したがって、繰返し曲げ試験を実施し、より詳しく評価を行う。

表 3.1 静的曲げ試験の試験条件

	条件
供試体寸法	300×100×50(mm)
骨材配合	開粒度アスファルト混合物(13)
バインダ	Ⅱ型, Ⅲ型, H型, 高耐久型
試験数	N=3
試験温度	15°C
載荷速度	50mm/min

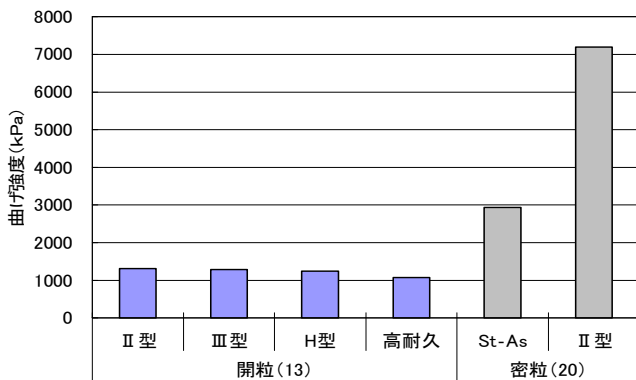


図 3.1 静的曲げ試験による曲げ強度の比較

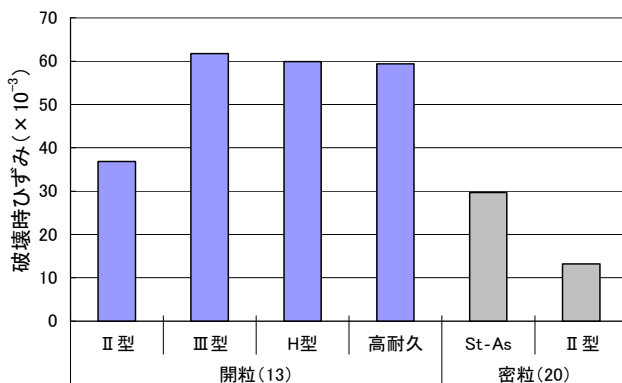


図 3.2 静的曲げ試験による破壊時ひずみの比較

4. 繰返し曲げ試験による疲労破壊抵抗性の評価

道路橋のジョイント部は、交通荷重が変わることにより主桁の支承を支点として桁全体がたわみ、それによって桁端の床版上部に回転変位が生じ、埋設ジョイントの下から上方に向かって突き上げるような変形作用として働く。そのため、埋設ジョイント部の舗装体表面には、曲げ作用による引張ひずみが生じることになる。このような曲げ作用は、動的なものであり、変形が生じる速さも大きく、頻度もかなり大きい。そこで、実際に即して2層構造の複合型供試体を作製し、繰返し曲げ試験による動的曲げ作用に対する埋設ジョイント表層部の疲労破壊抵抗性を評価した。

繰返し曲げ試験の供試体の種類と試験条件を表 4.1 と表 4.2 にそれぞれ示す。また、各供試体に対する繰返し曲げ試験によって求められた破壊回数を図 4.1 に示す。これらの結果には、基層アスファルト混合物の違いによる疲労破壊抵抗性への影響も確認するために、基層に SMA (Stone Mastic Asphalt)、表層に密粒度Ⅱ型と開粒度高耐久型を使用した供試体の試験結果も列記している。まず、基層がグースアスファルト混合物である4種の供試体について注目する。密粒度のⅢ型、密粒度のⅡ型、開粒度のH型、開粒度の高耐久型の順で破壊回数が多い結果となった。その中でも、密粒度のⅢ型は破壊回数が特に多く他の4倍以上となった。これらの結果を静的曲げ試験から得られた、各バインダの破壊抵抗性の違いと比較し考察する。静的曲げ試験では、バインダにⅢ型、H型、高耐久型を用いたアスファルト混合物の破壊抵抗性は同等に高く、Ⅱ型を用いたアスファルト混合物のみ破壊抵抗性が低い結果となった。したが

って、繰返し曲げ試験ではⅡ型の破壊回数が少ないことは予想できたが、開粒度のH型と高耐久型は予想以上に破壊回数が少なくなった。以上より、破壊回数の差は骨材粒度が原因であり、埋設ジョイントの表層部における開粒度アスファルト混合物の疲労破壊抵抗性は低いと考えられる。

次に、基層の違いによる疲労破壊抵抗性の比較を行う。表層が同じ開粒度の高耐久型であっても、基層が SMA の場合、疲労破壊抵抗性がかなり高い結果となった。Ⅱ型にも同じことが言える。しかし、本試験は、正弦波で供試体の下方のみに変位を与え、表層の表面に引張ひずみを生じさせる。そのため、直接的に基層自体の性状が疲労破壊抵抗性に影響を与えるとは考えにくい。また、基層 SMA に使用した明色アスファルトバインダはグースアスファルトと比較し、かなり粘性が高いものである。したがって、基層と表層の組合せの違いにより、各層の付着強度に影響があったと考えられる。

表 4.1 供試体種類

	1	2	3	4
表層	密粒度 アスファルト 混合物	密粒度 アスファルト 混合物	開粒度 アスファルト 混合物	開粒度 アスファルト 混合物
	改質Ⅱ型	改質Ⅲ型	改質H型	高耐久型
基層	グースアスファルト混合物+格子パネル			

表 4.2 繰返し曲げ試験の試験条件

項目	試験条件
載荷方法	2点支持2点載荷
供試体寸法	150×80×400mm
スパン	360mm
制御方法	ひずみ制御
試験温度	15℃
載荷周波数	5Hz
載荷波形	正弦波
制御ひずみ	1000μ

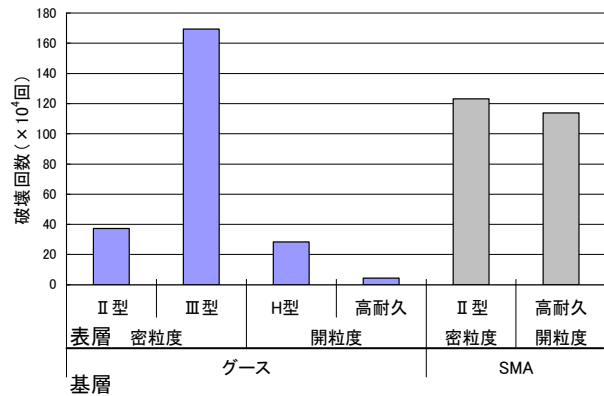


図 4.1 繰返し曲げ試験結果

5. まとめ

- ①運用中の埋設ジョイントの表層には、主に密粒度アスファルト混合物と開粒度アスファルト混合物が用いられている。近年では、環境保護の観点から都市部を中心に開粒度アスファルト混合物が増加している。しかし、開粒度アスファルト混合物を用いた埋設ジョイントは、密粒度アスファルト混合物を用いたものと比べ損傷割合が多い。
- ②埋設ジョイントの疲労破壊抵抗性はバインダ、骨材粒度に影響される。
- ③同じ表層材料を用いた場合でも、基層との組合せにより疲労破壊抵抗性に明確な違いがある。そのため、埋設ジョイント表層部の疲労破壊抵抗性を評価する際は、表層と基層を組み合わせた複合型供試体で行うことが重要である。
- ④繰返し曲げ試験では、基層部に変位を与えていないため、基層自体の疲労破壊抵抗性は結果に影響しないと考えられる。しかし、表層に同じアスファルト混合物を用いた場合でも、基層の違いにより疲労破壊抵抗性に明確な差が確認された。今後、表層と基層の付着強度を評価する必要がある。