

樹脂補強型開粒度アスコンの埋設ジョイント基層への適用に関する研究

交通工学研究室 日和 裕介
指導教員 丸山 暉彦

1. はじめに

道路橋の伸縮装置は前後の舗装を分断しているため、騒音振動の発生や車両走行性の低下などの問題を引き起こしている。この解決策としてノージョイント化工法が進められている。舗装分野におけるその工法の一つに、埋設ジョイントを用いる方法がある。これは桁の継ぎ目をアスファル混合物(以下、アスコンと称す)で埋め込んで表面に現れないようにすることで、前後の舗装表面と同一の材料を用いて舗装表面を連続化するものである。本検討では伸縮分散型の埋設ジョイントを対象としている。

伸縮分散型埋設ジョイント基層に使用されるアスコンには、柔軟性・伸縮性に優れた材料という面から、グースアスファルトの使用が推奨されている。しかし、わが国のプラント製造の状況下では、グースアスファルトの原材料の入手が容易ではなく、製造・施工においても多くの困難さや煩雑さを伴う。また、埋設ジョイントに使用する場合、必要量が少ないため、製造単価が割高となるため、コストがさらに高くなってしまう。

以上のような現状を改善するため、グースアスファルトに代わる材料として、埋設ジョイントメーカーと共同研究し、開粒度アスコン(以下、母体アスコンと称す)を樹脂で補強した材料(以下、樹脂補強型開粒度アスコン

と称す)を取扱い、埋設ジョイント基層として用いた場合の材料特性、現場への適用性をコスト縮減、煩雑軽減、性能改善の面から検討する。

2. 樹脂による補強の概要

ここで検討した樹脂による補強方法の概要は次のとおりである。通常と同様に施工した母体アスコンの表面から、柔軟性、耐久性、付着性、施工性を重視し、埋設ジョイント用を開発された粘性の低い液状樹脂を骨材間の空隙に流し込み、硬化させることで骨材間の結合をより強くするものである。本研究では基層で用いるため高い水密性が必要とさせることから、空隙のすみずみまで充填させることが重要である。補強に使用した樹脂は、候補にはビニルエステル樹脂とウレタン樹脂がある。樹脂の液状での物性値を表-1、樹脂の硬化後の物性値は表-2に示す。硬化後の物性において高い柔軟性が確認でき、補強材として用いると水平変位や、回転変位に対して許容できる変形量も向上するものと考えられる。

表-1 液状での物性値

項目	ビニルエステル	ウレタン
粘度(25℃, MPa・s)	200~500	760
可使時間(25℃, min)	5~15	8~9

表-2 硬化後の物性値(25℃)

項目	ビニルエステル	ウレタン
硬度	-	44~55
引張強度(MPa)	10.5	17.1
破断ひずみ($\times 10^{-6}$)	1,360,000	1,000,000
引裂強度(KN/m)	-	33.5



図-1 既存のジョイント(左)と埋設ジョイント(右)

3. 伸縮変形に対する強度特性の評価

主桁の温度変化に起因する変形量が大きく非常に緩慢な伸縮変形に対する強度特性の評価を行った。伸縮変形に対する評価として、供試体の軸方向に引き伸ばす直接引張試験を実施し、破壊抵抗性、伸縮性の定量的評価を行い、試験結果から緩和弾性率マスターカーブを作成し、実ひずみ速度に対応するひずみ分散性能の評価を行った。

3.1 直接引張試験方法

アスファルト混合物を直接引き伸ばす試験で標準化されている方法は、まだ存在しない。しかし、研究室レベルで実施されている事例があるので、それに基づいて実施した。供試体の両端にエポキシ樹脂系接着剤で治具と固定し、一定ひずみ速度で引き伸ばした。試験条件は温度とひずみ速度をパラメトリックに変化させる。試験温度は 20 ~ 35 の範囲の 4 条件、引き伸ばす変位速度は 0.06mm/min, 0.5 mm/min, 1.0 mm/min とした。供試体寸法は 40 × 40 × 240mm(幅 × 厚さ × 長さ)とした。

3.2 試験結果および考察

直接引張試験の結果の一例を図 - 3, 図 - 4 に示す。桁の伸縮変形は極めて緩慢な速度であるので、図 - 3 は、試験条件の中で最も遅い変位速度 0.06mm/min の応力 - ひずみ曲線をそれぞれのアスコンについて示す。そして、各曲線において応力が最大となる状態を破壊と定義し、図 - 4 に破壊時のひずみと温度の関係について示した。また、伸縮性の評価を合理的に行うため、埋設ジョイント設計に用いる経験則³⁾と、弾性理論とクーロン摩擦の変形式を用いて試算した許容ひずみ量を併せて図 - 4 に示す。

供試体の軸方向の伸縮性は、各種樹脂補強型開粒度アスコンは温度に依存することなく高い値を有するが、グースアスコンは低温時に発揮されにくい。埋設ジョイント舗装体の

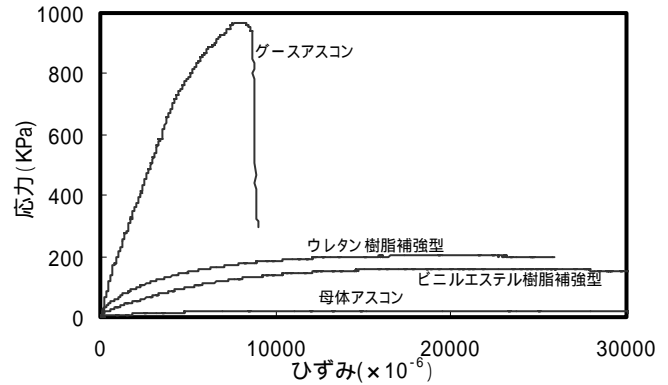


図 - 3 直接引張試験例(20 , 0.06mm/min)

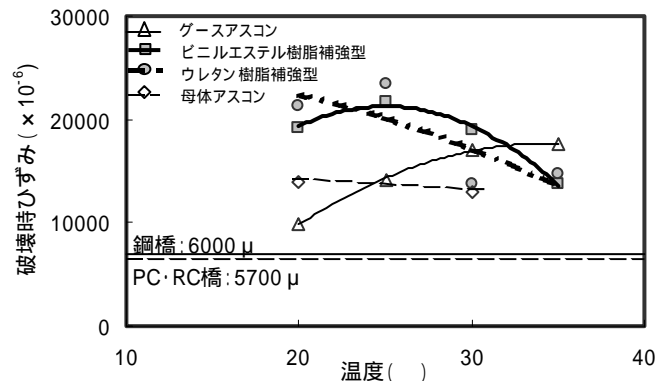


図 - 4 破壊時ひずみ(0.06mm/min)

伸縮性はアスコン単体の伸縮性に依存するためアスコン単体が高い伸縮性を有することは埋設ジョイント舗装体としての破壊に対する抵抗性に大きな意味を持つ。

埋設ジョイント構造モデルを用いて、最も厳しい環境条件下でのひずみ量を許容ひずみ量として試算したところ PC・RC 橋では 5700×10^6 程度、鋼橋では 6000×10^6 程度となった。材料の破壊時ひずみが許容ひずみ量以下であると実際の埋設ジョイント舗装体として破壊する可能性が高いといえる。各種樹脂補強型開粒度アスコンは温度に依存することなく高いひずみ値を有するため問題無いが、グースアスコンのひずみ値は試験温度範囲外ではあるが、低温域には許容ひずみ値以下となることが予測できる。

次にひずみ分散性能の評価を行う。緩和弾性率は舗装体内部に応力を伝達する能力の程度を示すことが確認され、次式によって算出する。

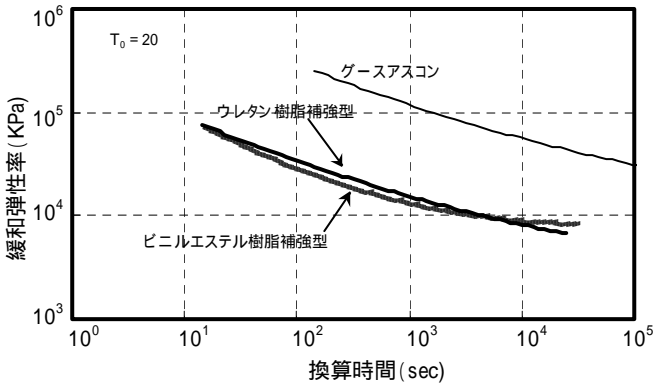


図 - 5 緩和弾性率マスターカーブの比較

$$Er(t) = S(t) \left[1 + \frac{d \log S(t)}{d \log t} \right] \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 $Er(t)$ は緩和弾性率、 $S(t)$ はスティフネス、 t は換算時間をそれぞれ表す。式(1)から算出した基準温度 20 における各種アスコンの緩和弾性率マスターカーブの比較を図 - 5 に示す。ひずみ分散の観点においては緩和弾性率が大きいほうが効率的であると評価できる。実際のひずみ速度域に対応する換算時間は 10^5sec と計算され、それに対応する緩和弾性率は、ゲースアスコンでは 30MPa、ビニルエステル樹脂補強型開粒度アスコンでは 7MPa、ウレタン樹脂補強型開粒度アスコンでは 5MPa であり、アスコン単体におけるひずみ分散性能効率は、ゲースアスコンに対して、ビニルエステル樹脂補強型開粒度アスコンは 23%、ウレタン樹脂補強型開粒度アスコンは 16%程度と確認した。

4. 回転変形に対する強度特性の評価

活荷重に伴う回転変形は、実際の桁端部の変形量は非常に微小であり、非常に早いひずみ速度を持って発生する。活荷重に伴って引き起こる桁端上部の曲げ変形に着目し、それが埋設ジョイント舗装体に及ぼす影響について検討した。検討方法としては、静的曲げ試験では、埋設ジョイント舗装体の曲げ特性および脆化点等の基本的な物性の評価を行い、繰返し曲げ試験によって、動的な曲げ変形に対する疲労抵抗性の検討を行った。

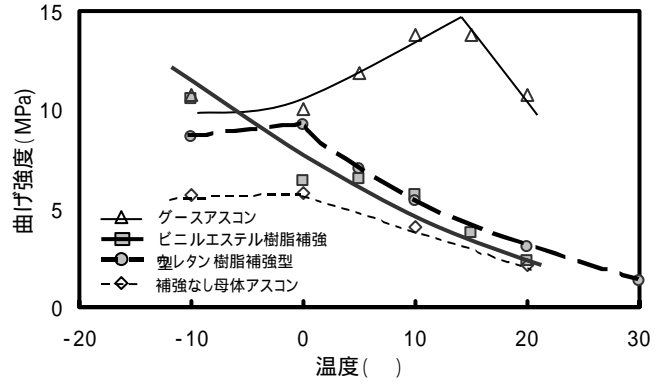


図 - 6 曲げ強度と温度の関係

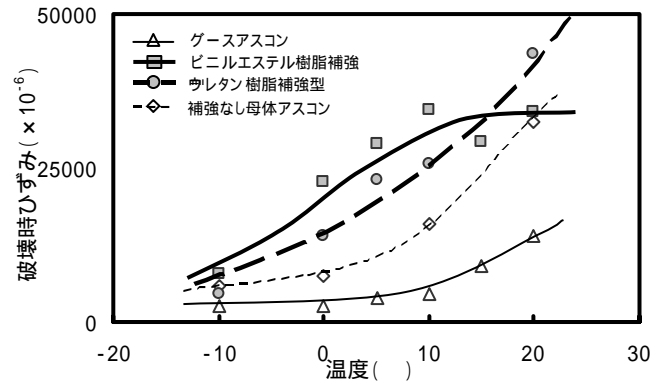


図 - 7 破壊時ひずみと温度の関係

4.1 静的曲げ試験

4.1.1 静的曲げ試験方法

静的曲げ試験は、試験方法が舗装試験法便覧²⁾(日本道路協会)に記載されている標準的な方法で行った。ただし、標準の試験法では試験温度が-10 のみであるが、より実際の温度範囲で評価するため、-10 ~ 30 の範囲からそれぞれ 7 条件を選定した。供試体寸法は 100 × 50 × 300mm とした。

4.1.2 静的曲げ試験結果および考察

静的曲げ試験の結果は、最大荷重時の応力を曲げ強度、その時のひずみを破壊時ひずみとして整理した。各温度条件の結果を図 - 6、図 - 7 に示す。

図 - 6 から曲げ強度 - 温度の関係から得られる脆化点は、樹脂補強型開粒度アスコンは 10 以上ゲースアスコンよりも低温域にある。したがって、低温域でも硬く脆い性質にならず、低温域のたわみにたいする追従性が改善

されたと評価できる。また、図-7の破壊時ひずみに関しては、樹脂補強型開粒度アスコンの破壊時ひずみは非常に大きな値を有しており、既存の舗装体であるゲースアスコンの破壊時ひずみよりも、おおむね2~4倍ほど大きい。

4.2 繰返し曲げ試験

4.2.1 繰返し曲げ試験方法

繰返し曲げ試験は2点支持2点荷のひずみ制御方式で試験を行った。与えたひずみは両振りの正弦波で振動数を5Hzとした。ひずみ振幅は試験によってそれぞれ異なるが、 $300\mu \sim 850\mu$ の範囲で4水準選定して行った。試験温度は-10、0、5の3水準とした。供試体寸法は $40 \times 40 \times 400\text{mm}$ とした。

4.2.2 繰返し曲げ試験結果および考察

動的な曲げ変形に対して、破壊に至るまでの荷回数に破壊回数と定義した。各種アスコンに対して、同じ温度条件下で破壊回数の比較を行うことにより、各種アスコンの動的な曲げ変形に対する耐久性の評価を行った。図-8、図-9には試験温度条件3水準のうち-10と5の2条件の結果を示す。

図-8に示す-10の耐久性は各種アスコンに大きな差異は認められない。しかし図-9に示す試験温度5における各種樹脂補強型開粒度アスコンの耐久性は、ゲースアスコンより高く、特にウレタン樹脂補強型開粒度アスコンが耐久性に優れており、ゲースアスコンを基準とすると、破壊回数はおおよそ50000倍となる。

5.まとめ

本検討では、ゲースアスコンの代替として開発された樹脂補強型開粒度アスコンは、埋設ジョイント舗装体として必要不可欠な特性とされている、橋梁の強制変形に追従する伸縮性や柔軟性、舗装体内部のひずみを広範囲

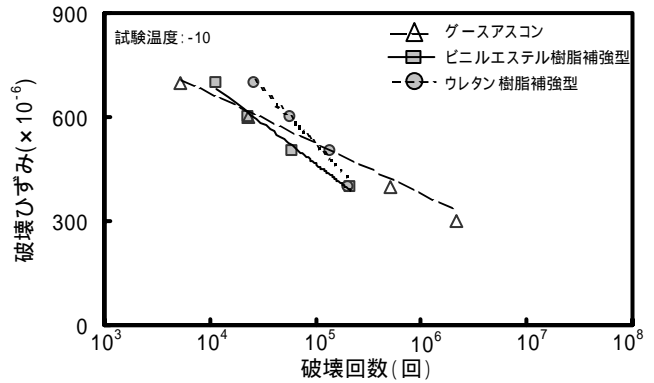


図-8 破壊回数の比較(-10)

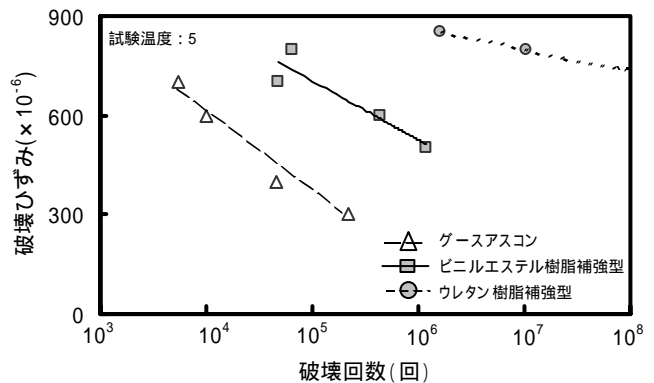


図-9 破壊回数の比較(5)

に分散するひずみ分散性能、動的な変形に対する耐久性といった材料特性が非常に優れており、埋設ジョイント舗装体に適する材料であることが確認された。

また、補強にもちいる樹脂としてビニルエステル樹脂とウレタン樹脂が候補にあり、それぞれの樹脂を用いて補強したアスコンの特性を評価した結果、変形に対する破壊抵抗性、伸縮性、柔軟性の観点からは、ほぼ同等と評価できる。それぞれに特化した性質は、ビニルエステル樹脂はひずみ分散が優れており、ウレタン樹脂は動的な回転変位に対する耐久性が優れていると評価できる。

参考文献

- 1) ジャパンコンステック株式会社：ヘキサロック工法設計施工要領，1996。
(社)日本道路協会：舗装試験法便覧，pp539-555，1988。