

学位論文紹介

## 博士論文概要

論文名：バサルトグリッドによるアスファルト混合物層の疲労破壊抑制に関する研究

著者名：増戸洋幸（東亜道路工業株式会社 技術研究所）

指導教員：高橋 修（長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻）

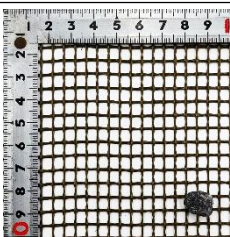
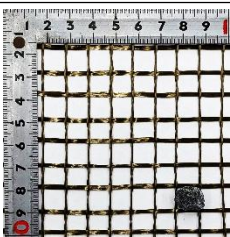
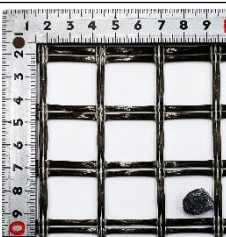
授与年月：2021年8月

### 1. はじめに

アスファルト舗装の修繕工事では、路面としての走行安全性と快適性を維持する観点から、表層のみを打ち換える切削オーバーレイ工法が広く一般的に行われている。そのため、多くの道路において、基層および上層路盤であるアスファルト安定処理層の供用経過年数が、建設時に設定した設計期間を大きく超過している状況にある。また、道路の利用状況としては、より多くの貨物をより大きな車両で効率的に運搬することへの要請が今後も継続していくものと考えられる。走行車両がアスファルト舗装に与える疲労ダメージは、輪荷重の4乗に比例するとされていることから、特に幹線道路などにおいては、アスファルト混合物層の下面に疲労ダメージの蓄積による疲労ひび割れが発生し、混合物層全体が疲労破壊に至る事象の増加が懸念される。幹線道路としての役割を鑑みれば、修繕工事の実施に伴う経済的損失は非常に大きいことから、疲労破壊を抑制する工法を開発・適用して、アスファルト舗装の長寿命化を図っていくことが喫緊の課題であるといえる。

本研究では、既設アスファルト混合物層に対する疲労ひび割れの抑制に着眼し、疲労ひび割れの発生から疲労破壊に至るまでの過程を遅延させる工法について検討した。検討対象とした抑制工法は、使用するアスファルト混合物やバインダへの機能強化ではないこと、また、一般的な表

表-1 バサルトグリッドの物理的性状

| 略号   |      | BG-5  | BG-10  | BG-25   |
|--|------|---|--|---|
| 外観<br>(上下がバサルトグリッドの<br>長手方向、右下は 13 mm<br>骨材粒子) |      |  |  |  |
| 開口部中心間<br>平均距離 mm                              | 長手方向 | 5.0   | 10.0   | 25.0  |
|  | 幅方向  | 6.0   | 11.5   | 25.0  |
| 平均厚さ mm  |      | 0.5   | 0.5  | 1.0   |
| 引張強度<br>kN / m                                 | 長手方向 | 48.1  | 25.4   | 80.8  |
|  | 幅方向  | 45.5  | 21.1   | 78.9  |
| 相対的な剛性比較                                       |      | 中位  | 軟らかい   | 硬い  |

層の切削オーバーレイ工法においても適用が可能であることを考慮し、基層上面に補強材を敷設することにより、アスファルト混合物層全体の補強を図る工法について検討した。補強材の素材については、これまで広く用いられてきたガラス繊維ではなく、将来的に切削発生材となつてアスファルト混合物に混入した場合でも、一般的な骨材と同様の親和性（他の材料との馴染みやすき）を有することを期待して、玄武岩を原材料としたバサルト繊維で構成されるバサルトグリッドを選定した。対象としたグリッドは、表-1 に示す開口部の寸法や引張強度といった物理的性状が異なる3種類とし、それらを敷設したアスファルト混合物層の補強効果について、疲労破壊を発生させる室内試験および試験施工によって定量的に評価した。そして、グリッドによる疲労破壊抑制のメカニズムとグリッドの物理的性状との関係について明らかにした。

## 2. 研究の内容と成果

本論文は第1章から第8章の章立てで構成されており、各章の概要は以下のとおりである。

第1章では、本研究の背景について述べ、本研究の着眼点としたアスファルト混合物層の疲労ひび割れ、および補強材の敷設による舗装構造の補強に関する既往の研究を概観して、現状における課題について整理した。それらを踏まえて、新たな補強材としてバサルトグリッドを用いることの意義を示した上で、本研究の目的を述べるとともに本研究の位置づけを明確化した。

第2章では、バサルト繊維が切削発生材としてアスファルト混合物内に混入することを想定して、バサルト繊維とその混合物の基本的な物性について評価し、バサルト繊維が混合物内に混入することによる影響について考察した。

第3章では、グリッドを敷設したアスファルト混合物層間の力学的性状について調査した。ここでは、物理的性状の異なるグリッドを表層と基層の境界面に敷設した供試体について、引張試験およびせん断試験を実施し、グリッドの物理的性状と混合物層間の力学的性状との関係について考察した。

つぎに、アスファルト混合物層全体が疲労破壊に至るまでの過程を図-1 に示す3段階の状態に分けて捉え、各段階に至るまでのグリッドによる抑制効果を各種の室内試験によって定量的に評価した。第4章では、その第1段階として、輪荷重によって混合物層下面に生じる引張ひずみを低減する効果について、ホイールトラッキング試験機を用いた舗装モデル載荷試験により評価した。グリッドを混合物層間に敷設することにより、グリッドとグリッドによって拘束される近傍の骨材粒子が一体となって、剛性が強化された層構造が形成されることにより、最大で約50%のひずみ低減効果が認められた。

第5章では、第2段階として、疲労ダメージの蓄積から疲労ひび割れの発生に至る過程を抑制する効果について、曲げ疲労試験を実施して評価し

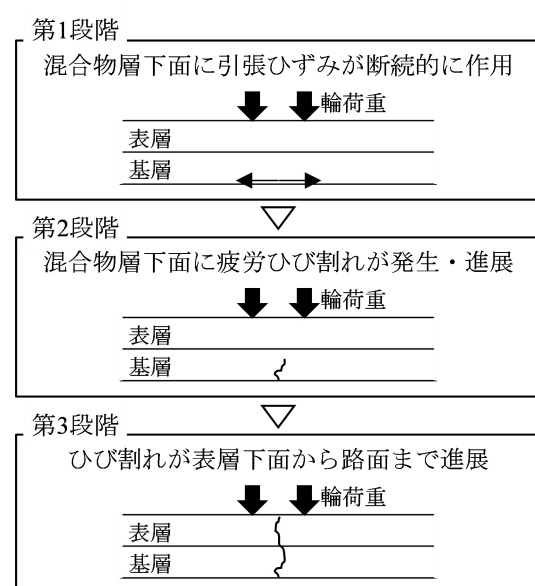


図-1 アスファルト混合物層の疲労破壊過程

た。ここでは、繰返し载荷によって供試体の縁端部に微細なひび割れが発生する過程において、徐々にグリッドによる応力（主として引張応力）の分担がなされることにより、最大で約 1.7 倍の疲労ひび割れ抑制効果が認められた。

第 6 章では、第 3 段階として、基層に生じた疲労ひび割れの表層への進展、すなわちリフレクションクラックを抑制する効果について、既往の研究で提案されているホイールトラッキング試験機を用いた試験法に、独自のアプローチによる手法を提案して評価を行った。

以上の室内評価試験結果により、各段階でのグリッドによる有意な疲労破壊抑制効果が認められ、その抑制効果に対しては、グリッドによる骨材粒子の拘束とグリッドを含む骨材粒子相互の噛み合わせが主要な影響因子であることを明らかにした。

第 7 章では、アスファルト合材工場構内において試験施工を実施し、大型車両を用いた载荷試験によって、主としてグリッドによるアスファルト混合物層下面の引張ひずみ低減効果を評価した。使用したグリッドは、第 4 章から第 6 章での検討を踏まえて、室内試験により有意な疲労破壊抑制効果が確認されたもののうち、実施における敷設時の施工性を考慮して BG-10 を選定した。ここでは、基層底面に埋設したひずみゲージの測定結果から、グリッドによる有意なひずみ低減効果を確認した。また、車輪の通過に伴うアスファルト混合物層の変形状態が、グリッドの補強効果によってどのように変化するのか評価した。

表-2 バサルトグリッドによる疲労破壊抑制効果総括

| 疲労破壊に至る過程                  | グリッドに作用する引張応力    | 略号   |       |             |
|----------------------------|------------------|------|-------|-------------|
|                            |                  | BG-5 | BG-10 | BG-25       |
| 【第 1 段階】<br>引張ひずみの低減       | 小<br>↑<br>↓<br>大 | ○    | ◎     | ◎           |
| 【第 2 段階】<br>疲労ひび割れの抑制      |                  | △    | ○     | ◎<br>ばらつきあり |
| 【第 3 段階】<br>リフレクションクラックの抑制 |                  | ○    | ○     | ◎<br>ばらつきあり |
| 骨材粒子同士の噛み合わせ・拘束効果          |                  | △    | ◎     | ○           |

そして第 8 章では、本研究で得られた知見を総括し、検討対象としたバサルトグリッドの疲労破壊抑制効果をまとめて表-2 のように示した。疲労破壊抑制を目的とした補強材の物性に関して、混合物層間における骨材粒子の噛み合わせへの影響や拘束効果の観点から、補強材の開口部寸法および剛性については、BG-10 に近い性状が適当であると考えられる。一方で、疲労破壊に至る過程の進行に伴い、グリッドに作用する引張応力は増加していくことから、補強材に求められる強度としては BG-25 に近い性状が望まれる。これら補強材として適した物性に関する知見は、アスファルト混合物層の疲労破壊抑制を主たる目的とした補強材の開発、および設計手法の検討、今後の適用範囲の拡大に貢献するものと考えられる。

以上