

供用中の高速道路におけるアスファルト舗装の損傷状況とその要因に関する研究

交通工学研究室 鈴木 健太
指導教員 高橋 修

1. はじめに

高速道路舗装のアスファルト安定処理上層路盤（以下、アスベース）や下層路盤では、供用年数の経過に伴う脆弱化が深刻な問題となっており、近い将来、多くの路線で路盤層からの全層打換補修が必要になると予測されている。その際の舗装構造と使用材料には、更なる長期耐久性を担保する仕様が求められるが、それを具体化する長寿命化技術の開発に必要な基礎資料が不足している。

本研究では、高速道路舗装の長寿命化を目指した技術開発の基礎的研究として、長野県内における二つの高速路線で実施した開削調査の結果を分析、検討した。そして、実舗装体における損傷の状況を把握し、損傷程度と発生要因を舗装構造および使用材料の両面から評価した。舗装構造については、FWD によるたわみ測定（以下、FWD 試験）等の結果から舗装構造全体と下層路盤の支持力を評価した。使用材料は、アスファルトコンクリート層（以下、アスコン層）の車両の走行部（以下、わだち部）と非走行部（以下、非わだち部）において静的曲げ試験と曲げ疲労試験を実施し、交通による繰返し荷重がひび割れ抵抗性と疲労破壊抵抗性に及ぼす影響を評価した。

2. 開削調査箇所の概要

開削調査を実施した路線は、上信越自動車道の長野 IC と須坂長野東 IC 間の上下線と長野自動車道の安雲野 IC と麻績 IC 間の下り線である。本文では、上信越自動車道の上り線を A 工区、下り線を B 工区とし、長野自動車道の開削調査箇所を C 工区とする。A、C 工区は、ともに平成 5 年、B 工区は平成 7 年から供用が開始され始めている。補修履歴は、A、B 工区はこれまで一度もないが、C 工区は平成 10 年に大規模な補修を実施している。また、すべての工区は、上から表層、基層、アスベース、下層路盤および路床で構成されている。A、C 工区は供用年数や舗装構成が同じであるが、補修履歴は異なる。本文では、A 工区と C 工区を検討対象とし、補修履歴が異なる原因について考察した。

3. 実舗装体における損傷の状況

A 工区の路面のひび割れは、わだち部と非わだち部の間において多少見られた。C 工区の路面のひび割れは、車両走行とは無関係な側帯部のライン近傍にのみ発生していた。

A、C 工区におけるアスベースの底面のひび割れに着目すると、A 工区のアスベース底面にはまったくひび割れが発生していた。一方、C 工区のアスベースには、ほぼ全面にひび割れが発生していた。

ひび割れが生じていたアスコン層の断面を観察すると、A 工区は路面から下方へ進展するひび割れ（以下、トップダウンクラック）が発生し、そのひび割れは基層の一部まで進展していた。また、アスコン層の流動変形は表層のみに認められた。一方、C 工区では、アスベース底面から上方へ進展するひび割れ（以下、ボトムアップクラック）が発生し、基層の一部まで到達していた。

下層路盤に着目すると、A 工区は永久変形等の損傷はなく、健全な状態を保持していた。一方、C 工区は、下層路盤が永久変形しており、さらに永久変形に応じて、アスコン層全体が流動していた。

4. 舗装構造の評価

4.1 FWD 試験による舗装構造の評価

一般に FWD 試験における載荷中心における表面たわみ D_0 は舗装構造全体の支持力に、載荷中心から 90cm 離れた表面たわみ D_{90} は下層路盤の支持力に、載荷中心から 150cm 離れた表面たわみ D_{150} は路床のみの支持力に影響された値と考えられている。わだち部における FWD 試験の結果を図 1 に示す。図に示した数値は、各工区におけるわだち部の測定値を平均した値である。 D_0 および D_{90} の値は、A 工区のほうが C 工区よりも大きいことがわかる。したがって、舗装構造全体の支持力および下層路盤の支持力は A 工区のほうが大きいといえる。

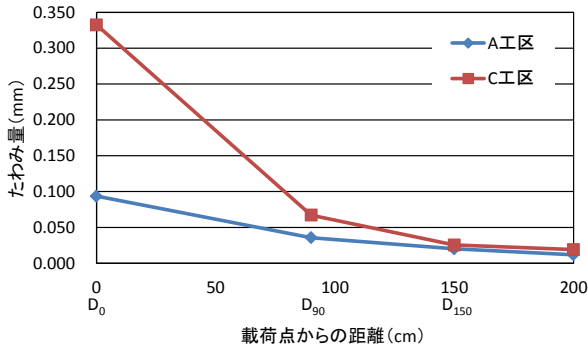


図1 FWD試験の結果

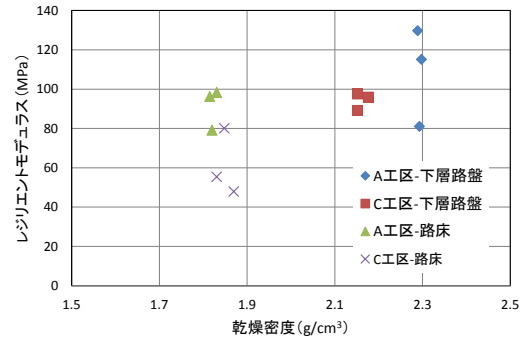


図3 下層路盤と路床のレジリエントモデュラス

4.2 RI計器による下層路盤の密度測定

A, C工区における下層路盤の湿潤密度および含水比の測定結果を図2に示す。C工区の下層路盤は、A工区のものよりも密度が低く、含水比が高い。C工区は、雨水の浸入等により下層路盤の脆弱化が生じ、舗装全体が変形しやすい状態と考えられる。

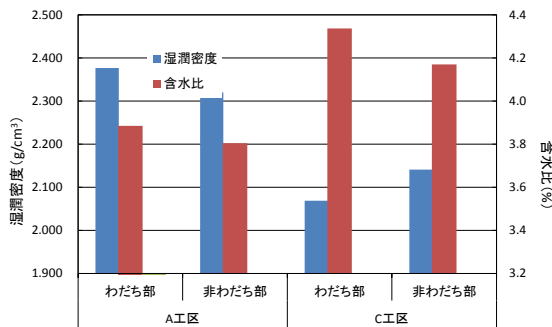


図2 RI計器による下層路盤の密度測定結果

4.3 下層路盤材と路床のレジリエントモデュラス

レジリエントモデュラス（以下、Mr）は、粒状材料の強度定数の一種であり、材料の支持力性能を表す指標である。A, C工区における下層路盤材と路床土のMr試験結果を図3に示す。下層路盤および路床のMrは、C工区の値のほうがA工区のものよりも小さい傾向にある。

5. 交通荷重がアスコン層に及ぼす影響

5.1 静的曲げ試験による比較

静的曲げ試験は、舗装調査・試験法便覧に準拠し、試験温度は0, 15, 30℃の3水準とした。A工区における各アスコン層の曲げ強度と破壊時ひずみを図4および図5にそれぞれ示す。非わだち部アスコン層の曲げ強度および破壊時ひずみは、わだち部のものよりも大きい傾向が見られる。そのため、交通による繰返し荷重は、アスコン層のひび割れ抵抗性を低下させる要因であることが確認できた。また、アスベースのひび割れ抵抗性が最も低いこともわかった。

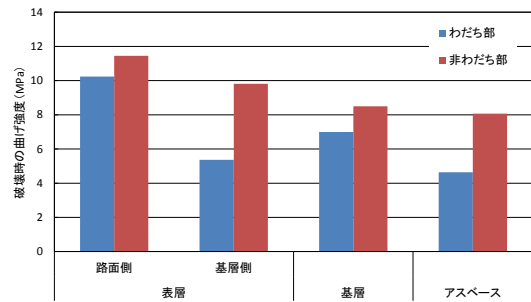


図4 わだち部と非わだち部の曲げ強度の比較

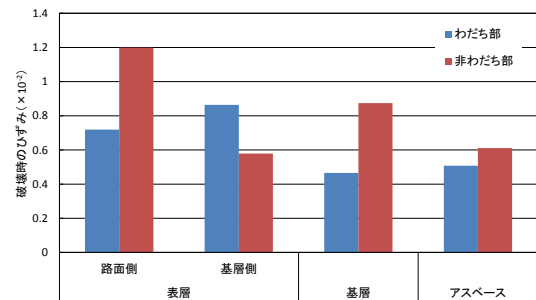


図5 わだち部と非わだち部の破壊時ひずみの比較

したがって、ボトムアップクラックが生じ難く、かつ上方にクラックが進展し難い舗装構造、材料が重要である。

5.2 曲げ疲労試験による比較

曲げ疲労試験は、舗装調査・試験法便覧の要領に準拠して、A工区のアスコン層で実施した。2点支持2点荷重のひずみ制御方式で、試験温度は0、15、30℃の3水準とし、ひずみ振幅は 300×10^{-6} 、荷重周波数は5Hzとした。荷重回数と応力の関係を図6に示す。アスベースは設定ひずみに達する前に破壊したため、有意なデータを得ることができなかった。そのため、アスベースの疲労破壊抵抗性は、表層および基層と比較して低いことがわかった。また、疲労による破壊回数は、前節と同様に、非わだち部のほうが多く、ひび割れが発生し難い結果となった。

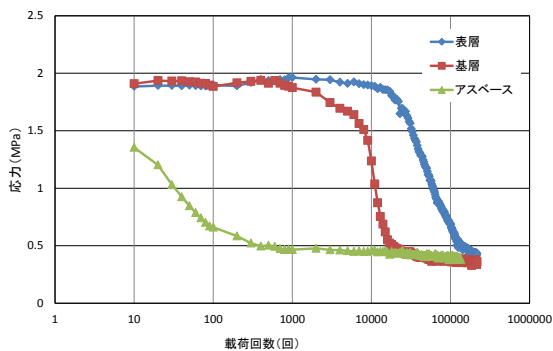


図6 破壊回数と応力の関係

6. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ① 下層路盤や路床の状態が健全である場合、トップダウンクラックが発生しても、舗装構造全体の支持力は大きく、低下していない。
- ② 補修履歴があるC工区の下層路盤には永久変形が生じ、それに伴いアスコン層下面に引張が作用するため、ボトムアップクラックが発生し、舗装構造全体の支持力が小さくなっている。
- ③ 交通による繰返し荷重はアスコン層の耐久性を低下させる要因の一つである。

以上のことから、耐久性の高いアスファルト舗装の構築には次のような配慮が必要といえる。下層路盤の永久変形に伴うアスコン層の曲げ作用に起因するボトムアップクラックがアスファルト舗装にとって致命的な損傷である。