

# 論文内容の要旨

独立行政法人土木研究所

寒地土木研究所

申請者氏名

丸山 記美雄

論文題目：アスファルト舗装の疲労寿命予測と力学的設計法の構築に関する研究

本論文は、供用中の道路における疲労ひび割れ発生状況とアスファルト混合物自体の基本的な疲労破壊特性との関連性の把握を試みること、アスファルト混合物の疲労破壊特性や舗装厚などの舗装構造の違いが疲労破壊時期などに及ぼす影響の有無を実道で検証すること、さらに、力学的なアプローチによってこれらのことが説明可能かどうかを主眼に検証したものである。

本研究の独自性および特色としては、以下の点が挙げられる。

- ・日本においては唯一といえる、様々な舗装断面を同じ供用条件下で供用したときの長期間にわたるパフォーマンスや疲労破壊状態の違いを実物大で比較研究した事例であること。
- ・約20年間の長きに渡って、路面性状だけでなく、交通量、輪荷重、温度、支持力などのデータを継続して取得し蓄積していること。
- ・供用中は観察することができない混合物層底面から発生・進展する疲労ひび割れを、開削調査によって目視確認していること。さらに、この手法によって、アスファルト混合物層の最下層に使用する混合物の種類や疲労抵抗性の違いによって、実際の疲労ひび割れ発生時期も異なる事実を明確に示したこと。
- ・4点曲げ疲労試験から得られる破壊規準式と、層構造解析および疲労ダメージ計算において各種の現地データを適切に反映することで、舗装の寿命解析はある程度理論的に推定が可能であることを明らかにしたこと。
- ・実証データに基づいて、力学的設計手法の考え方や方向性に関わる考察を加えていること。

本論文は7つの章からなり、各章の概要は以下の通りである。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的について述べるとともに、国内外における試験道路の歴史や、この分野における既往の研究について概観したものである。本研究の実証フィールドである美々試験道路において、これまでに行われてきた舗装凍上対策に関する研究などの経緯と成果をはじめ、現在調査を行っている美々新試験道路第5期断面の設計方法や建設時の情報などについても本章において述べている。

第2章は、美々新試験道路における外的条件（交通量、輪荷重、走行位置分布、気温、舗装体温度など）の測定結果を述べている。美々新試験道路の大型車交通量の実測値は、4224台/日・方向、10年当り49kN換算輪数は28百万輪・方向であり、D交通相当と評価されることや、タイヤの走行位置分布は概ね正規分布に適合するとの計測結果を述べている。また、舗装体の深さ方向の月平均温度は、気温から比較的精度良く算定可能であることを述べている。以上のように、美々新試験道路の外的条件を実測データに基づいて把握することができたものである。

第3章は、美々試験道路の建設から供用後約18年経過するまでのわだち掘れやひび割れなどの路面性状の長期的な推移について述べている。特に、舗装構造の違いが舗装のパフォーマンスに与える影響に着目している。アスファルト混合物層の厚さがわだち掘れ量に影響を与える傾向が確認され、アスファルト混合物層厚が薄いほどわだち掘れの進行が早い傾向にあることや、アスファルト混合物層が薄い場合の変形は下層路盤面以下の粒状材料の塑性変形の占める割合が多いことを論じている。また、アスファルト混合物層厚とアスファルト混合物層最下層の混合物配合の違いによって、舗装のひび割れ発生時期が異なっているという特筆すべき事実について述べている。

第4章は、美々新試験道路の建設から供用後約18年経過するまでに実施した舗装の構造に関する調査（開削調査とFWD調査）の結果について述べている。美々新試験道路の開削調査によるひび割れの発生状態の確認の結果、路盤・路床材の支持力に関する調査結果、FWD調査結果について述べた。開削調査によって、混合物層の最下層に使用した混合物の種類によって底面に発生する疲労ひび割れの発生量に明確な差があることを述べている。また、開削時に行った路盤・路床の支持力調査および採取試料から得た路盤と路床材の修正CBR値とCBR値について述べ、FWD調査と逆解析によって得た下層路盤と路床の弾性係数が、舗装体温度に関わらず概ね265MPa、76MPaと一定の範囲に分布していることを示している。

第5章は、室内作成供試体と現場から採取した供試体に対して4点曲げ疲労試験を行うことによって、混合物自体の疲労破壊特性の把握を試みたものである。配合の異なる混合物の疲労破壊回数には統計的に有意な差があり、混合物の飽和度がその指標となることや、破壊回数の分布は変動係数10～35%程度の正規分布に適合することを示している。疲労破壊時期に関してもこの変動は含まれると考えられるため、破壊時期予測や理論的設計法の精度検証を行う上で有益な知見と考えられるものである。さらに、混合物の配合と破壊回数のばらつきを考慮した疲労破壊規準式を提示しており、疲労ひび割れの発生を抑制するには最下層に使用する混合物を粗粒度アスコンや密粒度アスコンなどを使用することが有効な策と考えられることを論じた。

第6章では、前章までに得られた外的条件、長期的路面性状推移、疲労破壊特性を基に、美々新試験道路において多層弾性理論による層構造解析と、マイナー則による疲労ダメージ計算に基づく力学的な計算手法によって、疲労破壊時期予測を行っている。その結果、疲労破壊年数の計算値が小さい断面ほど実際に疲労ひび割れの発生が観測されている傾向にあり、平均± $\sigma$ の範囲内もしくは約3年～+6年の誤差範囲での疲労破壊年数の算定は可能であることを論じている。舗装の疲労破壊現象が確率的な事象である面を踏まえれば、疲労ひび割れの発生予測手法として概ね妥当なものと評価できる結果といえる。すなわち、4点曲げ疲労試験から得られる破壊規準式と層構造解析と各種の現地データを適切に組み合わせることで、舗装の寿命解析はある程度理論的に推定が可能であることを明らかにしている。

第7章は結論であり、舗装の疲労寿命は舗装構成（厚さや材料）に影響され、その影響は力学的な手法で概ね予測や比較評価が可能である、と結論している。力学的な設計手法を導入していくうえで日本において不足していた貴重な検証事例として、知見を示した。

以上