

学 位 論 文 題 名

アスファルト舗装における低温亀裂の

原因解明とその補修に関する研究

学位論文内容の要旨

寒冷地域における道路でもアスファルト舗装が大部分を占めている。寒冷地域においてアスファルト系を表層材として用いた場合、低温亀裂現象（横断方向の亀裂）が生じることがある。世界的には、カナダ及び米国の北部や北欧の寒冷地域で 1950 年代から問題となっており、調査・研究が行われて来たが原因は未だ不明である。

最近の調査結果によると、温暖地域においても耐流動対策の 1 つとしてより硬いバインダーを使用するケースには、それに伴い低温亀裂と考えられるひびわれが増加しつつある。すなわち、低温亀裂は寒冷地だけの問題ではなくなっている。

低温亀裂が問題となる主な点は、亀裂が発生しさらにその本数が増加すると走行時における快適な走行性を低下させ機能的破壊の原因となること、また各亀裂部の破壊が拡大すると雨水が舗装体内に流入し主として路盤を損傷させるのみならず、亀裂部付近の舗装体の支持力が低下し、舗装体全体の構造的破壊が生じ、その補修費が極めて大きいことである。

現在我が国の道路行政は、建設の時代からストックの時代に移行したと言われている。それは、先に述べた総延長の道路を補修し維持してゆくために莫大な費用がかかることを意味している。

このような現状を踏まえ、本研究ではアスファルト舗装に発生する低温亀裂の原因解明と補修方法について研究を行った。

本論は第 1 章から第 8 章で成り立っている。

第 1 章では低温亀裂に関する既往の研究を概観し低温亀裂の問題点を明らかにするとともに、本研究の目的および研究方法における特長と意義を述べた。

第 2 章では本研究で行った現場調査である低温亀裂の発生状況調査と供試体の採取、各種補修工法の追跡調査および舗装体の温度測定の目的を述べ、次いで各調査における概要および方法について述べた。

第 3 章では低温亀裂の原因を解明する上で、アスファルトおよびアスファルト混合物の性状を把握する必要があるが、その際に有効となる各種の屋内試験とその解析法について論じた。ここでは、主にこれまでに得られている研究結果を踏まえ、アスファルトでは低温破壊性状を、混合物では引張強度および応力緩和性状を把握する試験方法やその有効性について述べた。

第 4 章ではアスファルト舗装体に発生する応力やひずみを解析する必要性を述べ、その解析方法として有限要素法を用いた粘弾性応力解析が有効であることを述べ、低温亀裂の発生はアスファルト混合物の緩和弾性率に大きく支配されることを示した。

第 5 章では、北海道の道東地方における外気温や舗装体の温度測定について論じ、外気温と舗装体の最低表面温度との関係式を明らかにし、次いで北海道全体に拡張すべく調査地点のアメダス情報を解析し、アメダス情報から舗装体の最低表面温度が推定できることを明らかにするとともに、北海道全体における舗装体の最低表面温度分布を求めた。ここでは、熱疲労による低温亀裂発生の解析を行う上で重要となる外気温の変動についても論じ、この変動等の分布図の作成も行った。

第 6 章では本論文で提案したアスファルトの低温破壊試験（曲げ試験）で得られた結果と発生状況調査の結果から、低温亀裂の発生の主な因子である外気温とそこで用いられたアスファルトの破壊性状について述べ、低温亀裂の発生がアスファルトの低温破壊性状と密接な関係にあることを示した。さらに、低温亀裂の発生を防止するために適正なアスファルトを選定する場合、流動と亀裂を考慮する必要があることから、この両現象を考慮したアスファルトおよび混合物における各種のぜい化点を求め、それらの相互関係も示した。また日最低気温も考慮し、リフレクションクラックの発生を防止する上では亀裂の状態や外気温の変動をも考慮しなければならないことを明らかにした。最後に、上記結果を踏まえ、各地の適切なアスファルトをアスファルトの針入度級別で示し、現状のアスファルトの選定に関して考察を加えた。

第 7 章では低温亀裂の発生による舗装体内部の損傷を把握するため各種材料層毎に調査を行い、主に雨水の浸透と見られる原因で損傷を受けていることを確認するとともに、損傷の評価方法についても検討を加え、さらに低温亀裂発生後の各種補修工法毎の追跡調査を行い、リフレクションクラック防止に効果的な結果ならびに数値解析による考察を得た。これらの結果を踏まえ、アスファルト舗装に発生する低温亀裂の補修方法を検討し、舗装体の損傷程度による補修工法をフロー図で示した。

第 8 章は本研究の結論である。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 森 吉 昭 博
副 査 教 授 佐 藤 馨 一
副 査 教 授 山 崎 巖
副 査 教 授 鎌 田 英 治

学 位 論 文 題 名

アスファルト舗装における低温亀裂の 原因解明とその補修に関する研究

1955年にアメリカの R.F.Rader は寒冷地域においてアスファルト舗装に外気温の熱収縮により横断方向の亀裂（以下低温亀裂現象と呼ぶ）が発生することを発見した。彼はこの現象が将来大きな問題になることをすでに予言していた。しかし、40年以上経ったいまでもこの現象の解明は進んでいない。この原因はアスファルトおよびアスファルト混合物の性状が複雑なためと考えられる。このような現状を踏まえ、本研究ではアスファルト舗装に発生する低温亀裂の原因解明と補修方法について研究を行った。以下に各章の要旨を示す。

第 1 章では低温亀裂に関する既往の研究を調査し、これから低温亀裂の問題点を明らかにするとともに、本研究の目的および研究方法における特徴と意義を述べた。

第 2 章では現場の低温亀裂の発生状況調査とアスファルト混合物の供試体の採取、各種補修工法を実施した結果の追跡調査およびアスファルト舗装体の路面温度測定の目的を述べ、次いで各調査における概要および方法について述べた。

第 3 章では低温亀裂の原因を解明する上で、主要な因子であるアスファルトおよびアスファルト混合物の性状を把握するため、各種の屋内試験とその解析法について論じた。ここでは、主にこれまでに未だ明らかにされていないアスファルトおよびアスファルト混合物の低温性状を、強度および応力緩和性状等で把握する必要性について述べた。

第 4 章では低温亀裂解析ではアスファルト舗装体に発生する熱応力や熱ひずみの数値解析が重要であることから新たにハイブリット方式の有限要素法を用いた粘弾性応力解析を開発し、これから、低温亀裂の発生はアスファルト混合物の緩和弾性率に大きく支配され

ることを明らかにした。

第5章では、低温亀裂現象はアスファルト舗装体の路温が低ければ低いほど発生しやすいことから、アスファルト舗装体の最低表面温度（路温）とアメダス情報の外気温との関係を明らかにし、これより北海道全体におけるアスファルト舗装体の最低路温分布を求めた。さらにこの結果を利用して熱疲労による低温亀裂発生解析を行うとき必要となる最低路温の変動の分布図の作成も行った。

第6章は本論文で提案したアスファルトの低温破壊試験（曲げ試験）を用い、亀裂の発生本数の異なる箇所から回収したアスファルトの破壊性状を求めたところ、これが亀裂の本数とも密接な関係にあることを示した。さらに、アスファルト舗装で流動と亀裂の両破壊現象を考慮する必要があるため、この両現象を考慮したアスファルトおよび混合物における各種のぜい化点を求め、それらの相互関係も示した。またリフレクションクラックは亀裂の状態や外気温の変動をも考慮しなければこれを防ぐことが難しいことを明らかにした。最後に、上記結果を踏まえ、外気温とアスファルトの伸びの両者を考慮した適切なアスファルトの選定法について考察を加えた。

第7章では低温亀裂が発生した場合、これを放置すると雨水の浸透により舗装体内部が損傷を受けるといわれているため、舗装構成層毎の調査を行った。この結果各層共損傷を受けていることを確認したので、アスファルト舗装体の損傷の評価方法についても検討した。さらに低温亀裂発生後の各種補修工法毎に追跡調査を行い、リフレクションクラック防止に効果的な方法を数値解析と現地試験から明らかにした。これらの結果を踏まえ、アスファルト舗装に発生する低温亀裂の補修方法について検討し、舗装体の損傷の程度に応じた補修工法をフロー図で提案した。

第8章は本研究の結論である。

これを要するに、著者は、古来より解明が困難とされてきたアスファルト舗装の低温亀裂についてその原因を明らかにしただけでなく、その補修方法についても提案し、新発見を得たものであり、道路工学の貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。