

氏名	小 ^こ 梁 ^{やな} 川 ^{がわ} 雅 ^{まさし}
授与学位	博士（工学）
学位授与年月日	平成4年2月12日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最終学歴	昭和58年3月 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 前期2年の課程修了
学位論文題目	コンクリートの曲げ疲労特性およびその舗装設計への適用に関する研究
論文審査委員	東北大学教授 福田 正 東北大学教授 尾坂 芳夫 東北大学教授 須田 熙 東北大学教授 三浦 尚

論文内容要旨

コンクリート舗装の力学的設計法では、外的要因である交通荷重と温度変化の繰り返し作用による曲げ疲労の結果、コンクリート版が破壊することを基本的な設計概念としている。したがってコンクリート舗装の設計では、コンクリートの曲げ疲労特性が重要な因子となる。

コンクリート舗装の設計においては、コンクリートの疲労特性は曲げ疲労設計曲線として与えられている。しかし既往の曲げ疲労設計曲線は、コンクリートの曲げ疲労特性の影響因子に関する検討が十分なされていない。また曲げ疲労設計曲線にあたって、疲労現象が内含する不確実性に関する確率論的な検討がなされていない。

本論文では、舗装用コンクリートの曲げ疲労特性に影響を与える因子として、応力比、粗骨材最大寸法、静的強度の相違を取り上げ、実験および統計的な検討によって、これらの影響を明らかにした。さらにコンクリートの疲労現象に内含される不確実性がコンクリート舗装の寿命に与える影響に関して検討を行い、より合理的な曲げ疲労設計曲線の提示を行った。

本論文は、7章から構成されており、各章で示した内容をまとめると以下ようになる。

第1章 序 論

本論文の目的および意義を明らかにした。

第2章 コンクリート舗装の疲労設計とその問題点

本章では、コンクリート舗装設計の基礎となるコンクリートの疲労現象に関する研究の現状をまとめた。さらに現行の代表的なコンクリート舗装設計法を説明し、その問題点を指摘した。

既往の研究を検討した結果、コンクリートの曲げ疲労現象に対する影響因子は広範囲にわたり、その評価は研究によって必ずしも一致しておらず、コンクリートの曲げ疲労特性が十分明らかになっていないといえない。特に、各影響因子の検討にあたっては、疲労現象が内含するばらつきの高率論的な検討がなされていないことを指摘した。

またわが国で実用的に用いられている曲げ疲労設計曲線では、曲げ疲労現象に対する影響因子の検討が不十分であり、特に応力比、粗骨材最大寸法、静的強度相違の影響に関しては検討が必要であることを指摘した。

第3章 コンクリート舗装の疲労解析法に関する検討

本章では、現行の設計法によって施工されたコンクリート舗装の調査結果より、現行設計法における疲労解析法の問題点を指摘した。

コンクリート版のひびわれ破損調査によると、コンクリート版には現行設計法で考慮している横ひびわれよりも縦ひびわれの発生が若干多く、この傾向はコンクリート版幅が広いほど、また大型車交通量が多いほど強いことを明らかとした。したがってコンクリート版の力学的解析にあたっては、横目地縁部からの縦ひびわれを考慮する必要があることを指摘した。縦ひびわれ発生の主因としては、コンクリート版内の車輪通過位置の影響が考えられ、この点に関しても現行設計法は現状を反映したものとはなっていないことを明らかにした。これらのことを考慮した上で現行設計法を修正し、本研究で用いる疲労解析法を提示した。

第4章 コンクリートの曲げ疲労試験に関する予備的検討

本章では、本研究で実施した曲げ疲労試験の予備的な検討として、供試体の含水変化がコンクリートの曲げ強度に与える影響に関して述べた。コンクリートの曲げ疲労試験は試験法や供試体の状態に敏感であり、このことが疲労試験結果の妥当性に大きな影響を与える。本研究では、コンクリートの曲げ強度に対する気乾養生供試体を水浸した場合の影響と、水中養生供試体を乾燥した場合の影響に関して、実験を通して明らかとした。

気乾養生供試体を水浸した場合、初期材令においては水浸時間にもなって曲げ強度が増加する傾向がみられたが、長期材令においては6時間以上の水浸によって曲げ強度が低下した。この強度低下は、水分の浸透にもなって供試体に発生した急激な膨張ひずみによって、局部的なせん断破壊が生じたためと推察された。

水中養生供試体を乾燥した場合、乾燥初期に曲げ強度の増加が若干みられたが、乾燥時間とともに曲げ強度が大きく低下する傾向にあることを示した。この強度低下は乾燥収縮によって供試体周辺部に生じた引張応力のためであると考えられる。

以上のことより、試験時間が長時間にわたる疲労試験の場合には、試験期間中の供試体の水分状

態変化に十分注意を払わなければならないことを指摘した。本研究で実施した曲げ疲労試験では、実際のコンクリート版の状態を鑑みて、水中養生供試体による疲労試験としたため、供試体の周囲にグリースを塗布し、さらにビニール樹脂薄膜で被覆することによって、疲労試験帰還中に供試体が乾燥することを防止した。

第5章 舗装用コンクリートの曲げ疲労特性

本章では第2章で指摘したことを受けて、舗装用コンクリートの曲げ疲労特性に対する応力比、粗骨材最大寸法、静的強度相違の影響に関する実験結果とその解析結果について述べた。

3種類の応力比を設定して行った疲労試験の結果とその統計的検定より、応力レベルが0.80以上の領域では、応力比の影響は検出されないことを示した。一方、応力レベルが0.80よりも小さい領域においては、応力比が高くなるほど途中打ち切り供試体の割合が増加する。以上のことより、応力比影響は応力レベルによって異なり、既往の研究にあるように疲労曲線の相違の形では存在しないことを指摘した。

粗骨材最大寸法20mmおよび40mmのコンクリートを用いた疲労試験結果とその統計的検定より、コンクリートの曲げ疲労特性に対して粗骨材最大寸法は影響を与えないことを示した。

静的強度が異なるコンクリートの曲げ疲労特性を、配合目標強度40, 50, 60kg f/cm²のコンクリートによる疲労試験によって検討した試験結果の統計的検定により、応力レベルが0.80以上の領域では、静的強度が異なるコンクリート曲げの疲労特性に相違ないことを示した。一方、応力レベルが0.80より小さい領域では、静的強度の増加にともなって疲労強度が増加する傾向があることが判明した。

コンクリート舗装の設計においては、応力レベルが0.80以上となる応力を生じさせる繰り返し荷重が、設計に対して大きな影響を持つ。したがって本章で検討した応力比、粗骨材最大寸法、および静的強度相違の影響は、コンクリート舗装の設計において実用上考慮する必要はない。

第6章 設計用曲げ疲労曲線の確率論的検討

本章では疲労試験結果の統計的な解析と、コンクリートの疲労現象のばらつきを考慮したシミュレーションより、設計で用いるべき疲労曲線について検討した第5章で得られた知見により、曲げ疲労設計曲線の作成にあたっては、本研究で実施した曲げ疲労試験によって得られた全てのデータを用いた。

順序統計量の方法による検討の結果、本研究で得られた各応力レベルにおける疲労寿命は、それぞれ対数正規分布の母集団に属することが明らかになった。このことにより、各応力レベルにおける疲労寿命分布を特定し、破壊確率を考慮した疲労曲線を示した。

また特定された疲労寿命分布を基としたモンテカルロシミュレーションにより、コンクリートの曲げ疲労現象のばらつきの起因するコンクリート舗装の信頼性確率を得た。さらにこのシミュレーションにより、コンクリートの曲げ疲労曲線の破壊確率と、コンクリートの疲労寿命のばらつきに起因する破壊に対するコンクリート舗装の信頼性確率の関係を明らかとした。この関係は、検討の

対象とした舗装構造条件の範囲では，舗装の構造特性とは無関係であり，交通条件によってのみ影響されることが判明した。この関係に基づいて選択された曲げ疲労設計曲線を用いることによって，コンクリートの疲労寿命のばらつきにかかわるコンクリート舗装の信頼性確率を設計において保証することができる。

第7章 結 論

本論文の結論である。

審査結果の要旨

コンクリート舗装版は、交通荷重と温度変化による曲げ作用によって疲労破壊することを条件に設計が行われている。本論文は、道路舗装条件におけるコンクリートの曲げ疲労に関して実験的に研究を行い、その性質を明らかにするとともに、曲げ疲労破壊の不確実性を舗装設計に適用する手法を確立したもので、全編7章から構成されている。

第1章は序論である。

第2章では、研究の現状と問題点を指摘している。

第3章では、コンクリート舗装の破損調査を実施し、これの多変量解析によって、交通条件、舗装構造条件と舗装版のひびわれパターンとの関係を明らかにしている。これは舗装設計における疲労解析条件を設定する有用な成果である。

第4章では、コンクリート供試体の水分変化が曲げ強度に与える影響に関する実験結果を述べている。ここで著者は、疲労試験期間中に供試体からの水分放出によって、疲労強度が大きな影響を受けることから、供試体を遮水膜で被覆すべきことを提案している。

第5章では、コンクリートの曲げ疲労試験結果について述べている。疲労試験は道路舗装の応力状態を考慮し、繰り返し応力波形の最小値と最大値の比較（応力比）、繰り返し応力波形の最大値と曲げ強度の比（応力レベル）を種々に設定している。またコンクリートの材質の影響についても検討している。その結果、応力レベルと許容繰り返し数との関係、すなわち曲げ疲労曲線は、応力比とコンクリートの材質に無関係に表わせることを示した。

第6章では、第5章のコンクリートの疲労試験のデータを用い、疲労強度のばらつきによる舗装の疲労寿命分布をシミュレーションによって求め、これより曲げ疲労曲線の破壊確率と舗装の疲労寿命の信頼性確率との関係を示した。この関係が舗装構造と無関係に交通条件のみに依存することを示したことは、実用上貴重な成果である。

第7章は、結論である。

以上要するに本論文は、道路交通条件、舗装構造条件を考慮したコンクリートの曲げ疲労特性に関する実験的研究を行い、その結果を舗装設計に適用する手法を提案したもので、土木工学の進展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。