

秋田高専 正 小梁川雅
 秋田高専 米谷 裕
 東北大学 正 福田 正

1・はじめに

コンクリート舗装の力学的設計法においては、コンクリート舗装の疲労寿命を解析する際に、曲げ疲労曲線が大きな影響を持っている。現行の設計法では設計結果を安全側とするために、疲労試験結果の下側包絡線、すなわち破壊確率がほぼゼロ%の曲線が用いられている。しかし曲げ疲労曲線の破壊確率とコンクリート版の疲労値の関係は明確にされておらず、設計システムとしての信頼性は定量的には不明確のまま取り扱われている。著者らは一連の疲労試験により、コンクリートの曲げ疲労特性と破壊確率を考慮した曲げ疲労曲線を報告した。本研究では、コンクリートの曲げ疲労特性のばらつきを考慮したモンテカルロシミュレーションにより、疲労に関するコンクリート舗装の信頼性と曲げ疲労設計曲線の破壊確率の関係に関して報告する。

2・シミュレーション手法

本シミュレーションの疲労解析法は、舗装要綱付録の設計法を著者らの研究にしたがって一部修正したものである。シミュレーションでは、コンクリートの曲げ疲労寿命のばらつきが、コンクリート舗装の供用寿命に与える影響を検討する事を目的としており、コンクリートの曲げ疲労寿命を乱数によって制御した。この乱数は、疲労試験結果より得られたコンクリートの曲げ疲労寿命分布にしたがって発生させた正規乱数である。また、本シミュレーションでは200回の試行によって、コンクリート版の疲労寿命分布を得ることとした。

図-1に示すのは、シミュレーションによって得られたコンクリート版の疲労寿命のヒストグラムの一例である。この事例は版厚25cm、交通量区分Dのコンクリート舗装において、コンクリートの曲げ強度=45kgf/cm²、弾性係数=350000kgf/cm²、ポアソン比=0.25、温度膨張係数=0.0001/°C、路盤支持力係数=8kgf/cm²とした場合である。得られたヒストグラムは、図中の曲線によって示されるようなベータ分布によって近似された。この分布の疲労寿命≥20年の領域を積分した面積は、コンクリートの疲労寿命のばらつきに起因するコンクリートの破壊に対する信頼性P_Rであり、この事例の場合には、

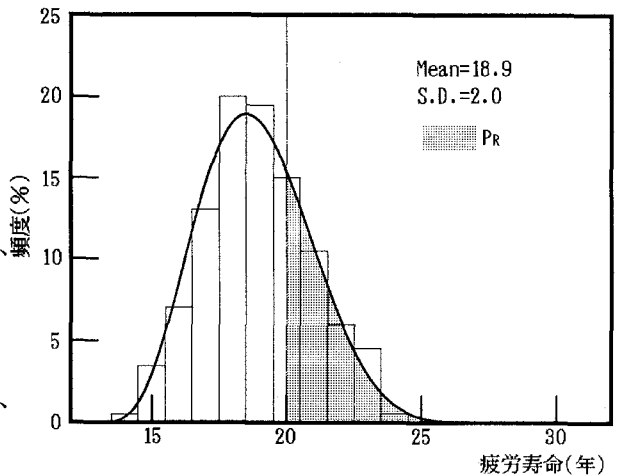


図-1 シミュレーション結果

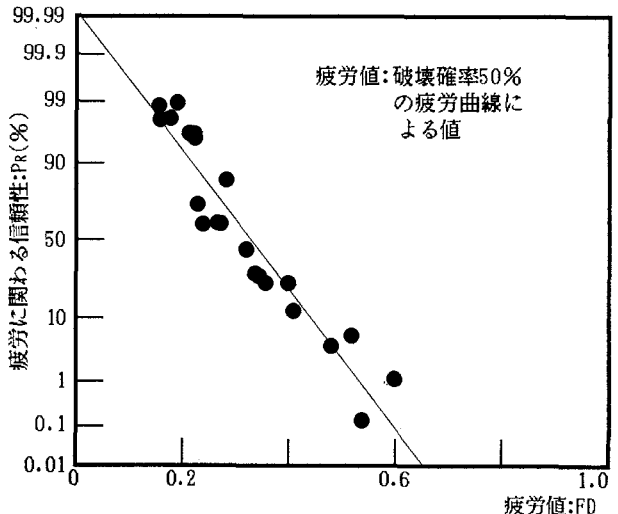


図-2 P_R-FD関係 (D交通、版厚25cmの場合)

$P_R=29.4\%$ となった。

3・曲げ疲労曲線の破壊確率とコンクリート版の疲労値の関係

以上のように、本シミュレーションを行うことによって、ある条件のコンクリート舗装の疲労破壊に対する信頼性を求めることができる。一方、同じ条件のコンクリート舗装に対して、ある破壊確率 P_f の疲労曲線を用いて従来の決定論的な疲労解析を行うと、疲労値FDを求めることができる。したがって、さまざまな条件のコンクリート舗装に対してこのシミュレーションを適用することによって、疲労現象の不確実性による信頼性と疲労値の関係、 P_R -FD関係が得られる。図-2に示すのは版厚25cm、交通量区分Dの条件において、コンクリートの弾性係数、ポアソン比、また路盤支持力係数を変化させた場合の P_R -FD関係である。この場合、FDは破壊確率 $P_f=50\%$ の疲労曲線によって計算されたものである。図-2によれば、決定論的疲労解析によって得られた疲労値とシミュレーションによって得られた信頼性はほぼ直線関係にあり、図中の直線によって近似される。

さらにこの関係は、決定論的な疲労解析に用いる疲労曲線の破壊確率 P_f を変化させることによって、図-3のように変化する。そこでこの P_R - P_f -FD関係から、設計の際に基準となる疲労値FD=1.0における P_R と P_f の関係を求めると、図-4の実線(D交通)のようになる。すなわち例えば、破壊確率25%の曲げ疲労曲線を用いて設計した場合、設計寿命20年において、疲労に関わる信頼性 P_R は約90%となることがわかる。

本研究では以上の解析を、版厚23cm、25cm、交通量区分B、C、Dの場合において行い、さら

に広範囲の設計条件に対する P_R - P_f 関係を求めた。なお今回の解析によれば、版厚28cm以上の場合、設計寿命20年ではコンクリート版の疲労による破壊は生じないことから、検討の対象から除外した。

図-4において、C交通とD交通の場合を比較すると、交通条件が同じ場合、 P_R と P_f の関係は、交通条件に関わらずほぼ同じ傾向を示すといえる。すなわち疲労に関わる信頼性 P_R は、コンクリート舗装の構造に依存せず、選択した曲げ疲労曲線の破壊確率 P_f と、交通条件によって決まることがわかる。また同図によれば、同じ信頼性水準 P_R を得るためには、重交通になるほど曲げ疲労設計曲線の破壊確率 P_f を小さくしなければならないことがわかる。本研究の結果によれば例えば、疲労に関わるコンクリート舗装の信頼性を90%とするためには、設計において用いるべき曲げ疲労曲線の破壊確率は、D交通に対して25%、C交通に対して35%、B交通に対して50%が提案される。

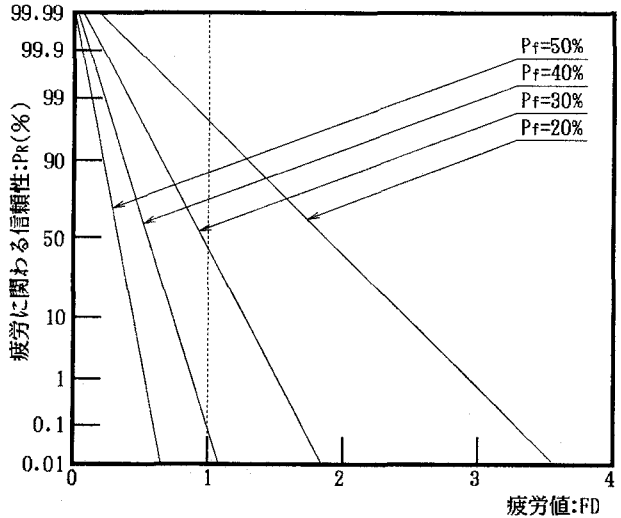


図-3 P_R - P_f -FD関係 (D交通、版厚25cmの場合)

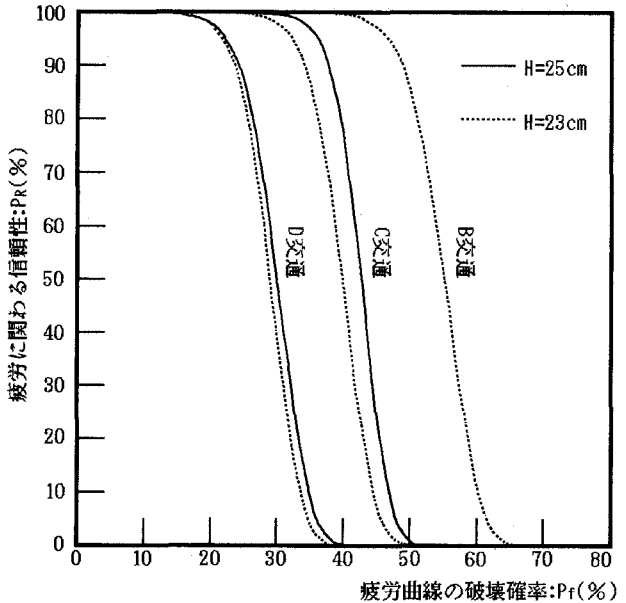


図-4 P_R - P_f 関係