

V-6 舗装用コンクリートの疲労寿命

秋田高専 正○小梁川雅

1・はじめに

わが国のコンクリート舗装は、セメントコンクリート舗装要綱⁽¹⁾（以下要綱）付録の計算法によって設計されているが、この設計法ではコンクリート版の曲げ疲労破壊に対する安全性を検討する。一般にコンクリートの曲げ疲労現象は確率的性質を固有しており、疲労試験結果は大きなばらつきを示す。しかし現行の設計法ではこのばらつきを特に考慮することなく、ある設計条件に対して常に決定論的に設計値が定まる。

本研究では、このコンクリートの疲労現象のばらつきがコンクリート舗装の供用寿命に対して与える影響について、モンテカルロシミュレーションを応用した手法によって解析することとした。

2・計算方法

図-1に本研究で用いたモンテカルロシミュレーションのフローチャートを示す。本計算は基本的には要綱付録の計算法を基としているが、著者らの研究結果による修正を加えている。計算条件は以下のとおりである。

- コンクリートのヤング率・・・ $E=350000 \text{ kg/cm}^2$
- コンクリートのポアソン比・・・ $\mu=0.22$
- コンクリートの曲げ強度・・・ $\sigma=45.0 \text{ kg/cm}^2$
- コンクリートの熱膨張係数・・・ $\alpha=10 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$
- コンクリート版厚・・・・・・・・ $H=25.00 \text{ cm}$
- 路盤支持力係数・・・・・・・・ $k_{75}=7.0 \text{ kg/cm}^3$
- 交通量区分・・・・・・・・・・ D 交通

シミュレーションでは最初に、計算条件にしたがって輪荷重応力と温度応力の合成応力とその頻度が計算される。この合成応力より応力レベル（合成応力/曲げ強度）が計算され、また各応力レベルの頻度を設計寿命20年で割ったものを各レベルの1年間の頻度とした。ここで、応力レベルが0.6よりも小さいものは、疲労値の計算にほとんど影響を与えないことから、応力レベル0.6以上を計算の対象とした。次に各応力レベルの頻度に相当する乱数を発生させる。一般にコンクリートの疲労寿命分布は対数正規分布にしたがうことから、この乱数は各応力レベルの疲労寿命を持つ対数正規分布にしたがって発生させた。この際、各応力レベルの対数正規分布は著者らによる実験結果⁽²⁾より決定した。この乱数よりコンクリートの許容繰返し回数が決定され、疲労値が計算される。この疲労値を累積したものが1年間の累積疲労値となり、これを20倍して設計寿命20年間の疲労値を求めた。本計算ではこのシミュレーションを200試行を行った。

本研究ではコンクリートの疲労現象のばらつきがコンクリート舗装の信頼性に与える影響を検討することが目的であるので、最終的には得られた疲労値に、疲労値と供用寿命の関係を適用して、供用寿命の推定値の分布を得ることとした。

3・計算結果

図-2に示すのは、シミュレーションの結果得られた供用寿命の分布である。このヒストグラムの形状を検討した結果、分布の近似にはベータ分布を用いることとした。 χ^2 検定の結果より有意水準5%で妥当なモデルとして図中の曲線が得られ、その密度関数は次式で表わされる。

$$f(t) = 5.103 \times 10^{-46} (t-14)^{3.82} (56-t)^{26.67} \dots\dots\dots (1)$$

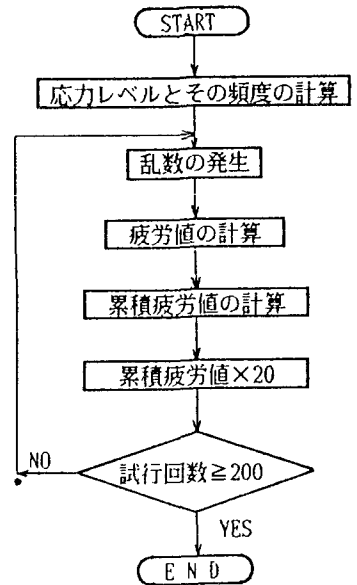


図-1 フローチャート

ここでtは供用寿命(年)である。

この分布より設計寿命20年を下回る確率、すなわち破壊確率を求めると47.25%となる。したがってこのコンクリート舗装が持つ信頼性は、52.75%となる。

この版厚25cmのコンクリート版について、上記の条件で決定論的に疲労値を求めると、シミュレーションの結果得られた破壊確率とほぼ等しい破壊確率50%の疲労曲線を用いた場合、その疲労値は0.2715となり、設計条件を満足する。

このようにコンクリートの疲労寿命のばらつきによって、コンクリート舗装の供用寿命は大きな影響を受けることがわかった。

次にコンクリートの疲労寿命のばらつきが変化した場合の、コンクリート版の供用寿命の変化について検討することとした。すなわち上述の計算に用いたコンクリートの疲労寿命分布の平均値を一定とし、標準偏差の値を上述の計算例の値を基準値として、基準値-1から+1まで0.1間隔で変化させた場合について、それぞれシミュレーションを行った。

図-3に示すのがその計算結果である。ここでは標準偏差の変化量に対する、各シミュレーションの結果得られた供用寿命分布の平均値と標準偏差、及び分布の最大値と最小値の変化が示されている。

この図から明らかなように、コンクリートの疲労寿命のばらつきが少なくなるほど、供用寿命は指数関数的に増加している。一方各分布の標準偏差、すなわちばらつきは、コンクリートの疲労寿命のばらつきが小さくなるほど、大きくなっている。

コンクリート版の疲労値は、コンクリートの許容繰返し数の逆数の累積値である。コンクリートの疲労寿命のばらつきが増加すると許容繰返し数は大きな幅を持つが、許容繰返し数の少ない部分の影響が大きいいため、コンクリート版の疲労値が増加し、供用寿命分布の平均値は減少する。一方、許容繰返し数の大きい部分は、疲労値に対してほとんど影響を与えないため、供用分布のばらつきは減少すると考えられる。

4・まとめ

本研究では、コンクリート版の供用寿命に対する、コンクリートの曲げ疲労寿命のばらつきが与える影響を、モンテカルロシミュレーションを用いて検討した。その結果、コンクリートの曲げ疲労寿命のばらつきはコンクリート版の供用寿命に対して大きな影響を与えることが明かとなった。さらに疲労寿命のばらつきが大きくなるにしたがって、供用寿命分布の平均値は大きく減少することがわかった。

参考文献

- (1)セメントコンクリート舗装要綱、日本道路協会、1984。
- (2)小梁川雅、国府勝郎、福田正：コンクリート舗装版の曲げ疲労に関する基礎的研究、土木学会論文集、第372号/V-5、1986、pp131~137

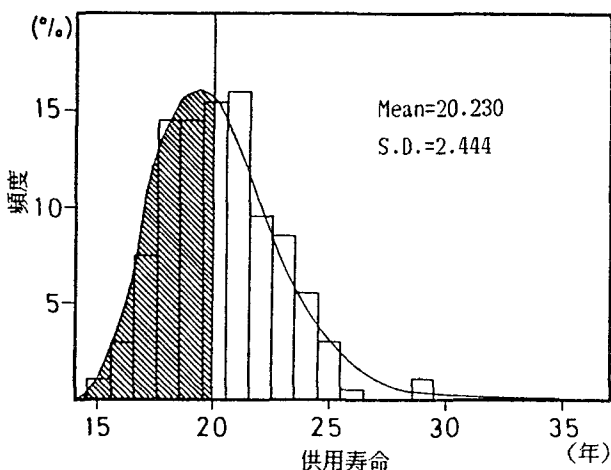


図-2 供用寿命分布

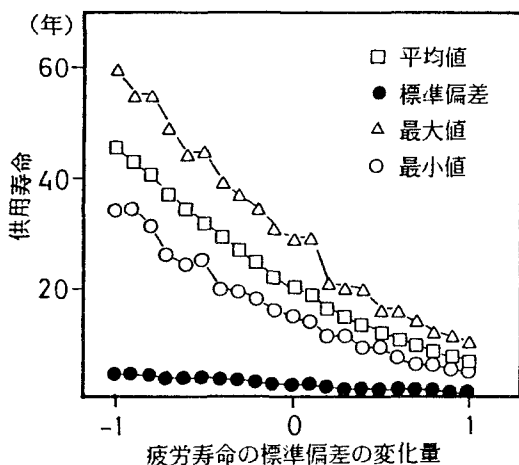


図-3 供用寿命分布の変化