

コンクリート舗装版の疲労ひびわれ評価システムに関する研究

STUDY ON THE EVALUATION SYSTEM OF THE FATIGUE CRACKS OF CONCRETE PAVEMENT SLAB

西沢辰男*

By Tatsuo NISHIZAWA

Structural deterioration of concrete pavements is mainly caused by fatigue cracks. Hence, the purpose of thickness design of concrete pavement slab is to prevent the fatigue cracks during its design life. Since, the development of the fatigue crack largely depends on traffic load repetitions, wheel passage placement, dimensions of concrete slab and load transfer device at transverse joint, these factors should be taken into consideration in the thickness design of concrete pavement slab. In this study, an evaluation system of the fatigue cracks of concrete slab was developed based on the FEM analysis incorporating a distribution model of wheel passage derived from the measurements at several roads. The relationship between the placement of wheel passage and the structure of concrete pavement was studied by this system.

Keywords : concrete pavement slab, fatigue crack, plate FEM analysis

1. まえがき

コンクリート舗装は、一般に剛性の低い路盤の上に剛性の高いコンクリート版が施工された構造である。このような層構造の場合、荷重の支持機構は主にコンクリート版の曲げ作用に依存する。すなわちコンクリート版が主要な構造要素であり、一般的にはコンクリート版の破壊をもってコンクリート舗装の構造的破壊と考えてよい。このようなことから、現行の多くのコンクリート舗装の構造設計^{1),2)}は、コンクリート版の疲労ひびわれを破壊基準とした疲労解析を基本としている。

コンクリート版の疲労解析においては、舗装構造、交通、気候など多くの設計条件を考慮せねばならず、計算は非常に煩雑になる。そのため、実務レベルで厳密な疲労解析に基づいた設計を行うことは難しい。しかし、コンピュータに関するハード、ソフト両面における最近の進歩によって、計算作業はさほどの労力とはならなくなり、むしろ諸条件をより詳細に考慮した解析システム(たとえば Tayabjis らによる JSLAB システム³⁾) 設計あるいは評価システム(たとえば Darter らによる COPES システム⁴⁾) が構築されつつある。そこで本研究では、

実際のコンクリート舗装構造設計の支援システムとしての、疲労ひびわれ評価システムの開発を試みた。

わが国のコンクリート舗装版設計¹⁾においては、縦目地縁部から発生する横ひびわれを対象としている。これはこの設計法が確立された昭和30年代当時、大型車の車輪走行位置が縦目地縁部に集中しており、このため横ひびわれが多かったことによる。しかしながら、昭和45年の道路構造令改正において車線単位の幾何構造となり、車両は車線の中央に集中して走行するようになった。このことがコンクリート版のひびわれの発生形態に変化をもたらした。

このようなコンクリート版のひびわれの現況について、東北地方での実態調査の報告がある⁵⁾。この調査は東北地方のコンクリート舗装のひびわれ状況を現地視察によって調べ、それらのひびわれ形態とコンクリート舗装の諸条件との関係を、数量化理論によって分析したものである。その結果によると、コンクリート版のひびわれの形態は、縦ひびわれと横ひびわれが大部分であり、大型車交通量が多いほど、またコンクリート版幅が広いほど縦ひびわれが卓越していることが指摘されている。同様のことは建設省で行われた調査⁶⁾においても報告されており、これらの傾向には一般性があるといえる。

このように、コンクリート版のひびわれ形態は車輪の

* 正会員 工博 石川工業高等専門学校講師 土木工学科
(〒929-03 石川県河北郡津幡町北中条)

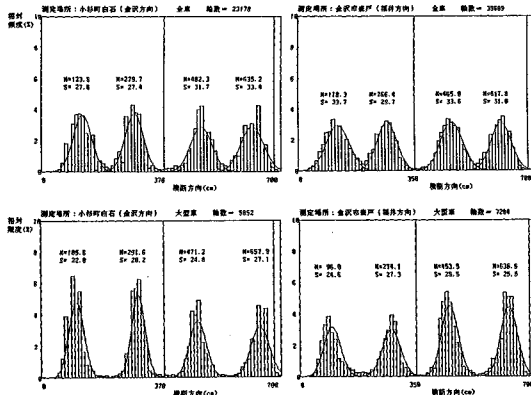


図-4 車輪走行位置測定結果

の中央)までの距離であり、図の左側が路肩側、図の右側がセンターライン側になる。図の縦線はレーンマークの位置を示している。原則的にマットの右端をセンターラインに合わせて設置するため、右端の縦線がセンターラインになる。それぞれの地点において、全車と大型車の車輪走行位置分布を示した。また図中の曲線は、実測された左右車輪走行位置の平均 (図中の M)、標準偏差 (S) から求めた正規分布曲線である。

これらの測定結果から、車輪の走行位置分布は正規分布曲線によって表現できると考えてよい。特にコンクリート舗装の破壊の原因となる大型車の車輪はかなり限られた位置を集中的に走行する傾向が認められる。舗装種類、路肩の広さなどによって、走行位置の分布特性に大きな差はみられない。すなわち、車の運転者は主にレーンマークを基準に走行しているため、今回の測定事例の

ように走行速度がほぼ同一の場合、走行形態はほとんど異なるない。したがって、車輪走行位置分布はレーンマークの位置すなわち車線幅に大きく影響されるといえる。

そこで、それぞれの車輪と一番近くのレーンマークからの距離と車線幅の関係を整理した結果が図-5である。図中にそれぞれの車輪の標準偏差もプロットしてある。図から明らかとなお、車線幅と車輪走行位置の平均の間には相関関係がある。特に右車輪にその傾向が強く、運転者は右側のレーンマークを目標にしながら、車線幅の違いを調節して走行していることがわかる。コンクリート舗装の構造解析においては、荷重となる車輪位置の版端からの距離が問題となるが、版上のレーンマークの位置をこれらの指標とすることができる。分散値は車線幅にはそれほど影響されていない。

図中の直線は単回帰による直線であり、まとめると次のようになる。

(1) 全車の場合

左車輪: $M = 9.32 + 0.283 L$ ($R=0.61$) (1)
 $S = 0.70 + 0.089 L$ ($R=0.58$) (2)
 右車輪: $M = -166.40 + 0.738 L$ ($R=0.87$) (3)
 $S = 16.79 + 0.047 L$ ($R=0.24$) (4)

(2) 大型車の場合

左車輪: $M = -13.30 + 0.298 L$ ($R=0.43$) (5)
 $S = 15.10 + 0.025 L$ ($R=0.18$) (6)
 右車輪: $M = -142.23 + 0.608 L$ ($R=0.85$) (7)
 $S = 10.29 + 0.041 L$ ($R=0.28$) (8)

ここに、

M : レーンマークから車輪走行位置平均までの距離

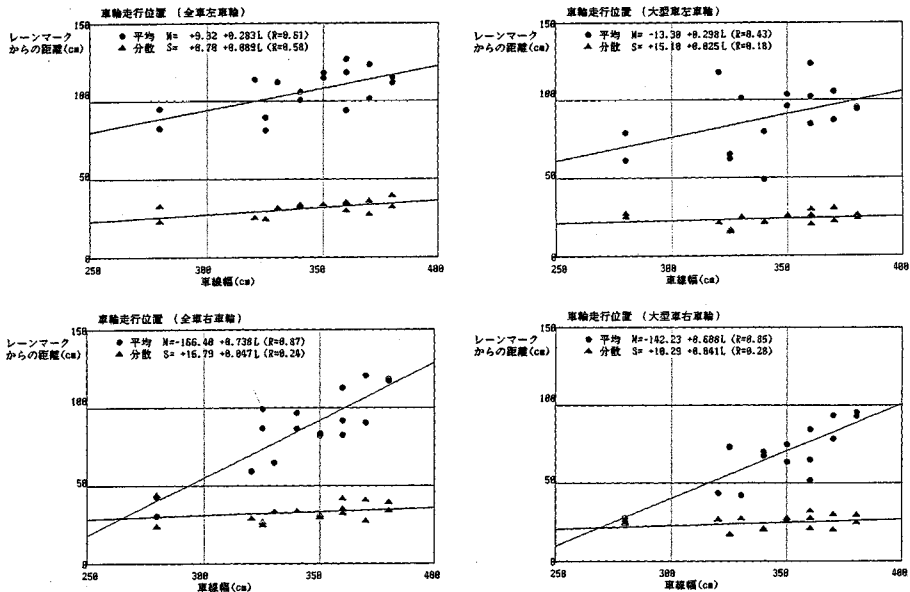


図-5 車輪走行位置と車線幅の関係

(cm)

S：車輪走行位置分布の標準偏差 (cm)

L：車線幅 (cm)

R：相関係数

これらの式が示すように、車輪走行位置の標準偏差は車線幅と相関性が小さく、その概略値は全車に対し $S \approx 30$ cm、大型車に対し $S \approx 23$ cm である。

3. コンクリート舗装版の構造解析システム

(1) 平板 FEM モデルによる構造解析法

コンクリート舗装の構造解析には、一般に Westergaard によるばね支承上の弾性平板モデルに基づいた一連の応力式^{8)~10)}が用いられている。しかしながら、これらの応力式ではコンクリート舗装版の細部構造、あるいは交通荷重の載荷位置分布などを考慮した厳密な解析を行うことができない。このようなことから本研究では、コンクリート版の幾何構造条件を考慮した、平板有限要素法 (以下平板 FEM) によるコンクリート舗装の構造解析法を採用している。

平板 FEM モデルを構築する際、コンクリート版の構造的な連続性が失われる横目地の荷重伝達機構を、コンクリート版側面のかみ合わせ機能とスリッパ機能に分けて考えた。前者に対してはかみ合わせをせん断ばねでモデル化したかみ合わせ要素を定式化した。後者に対しては目地溝の部分のスリッパを棒要素で、コンクリートに埋め込まれたスリッパとコンクリートの相互作用を局部変形要素で表現したスリッパ要素を定式化した¹¹⁾。

図-6 は、平板 FEM モデルによるコンクリート舗装のモデル化を示す。すなわち、コンクリート版を平板理

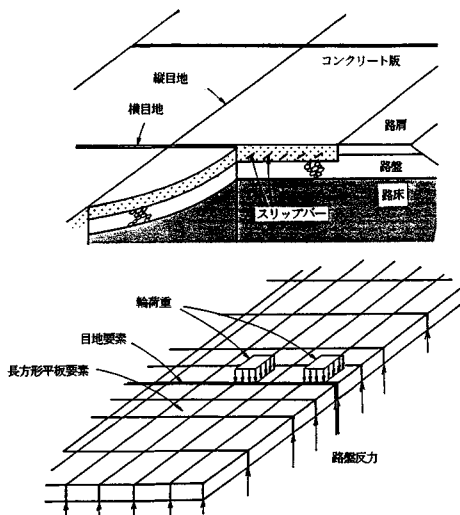


図-6 平板 FEM によるコンクリート舗装のモデル化

論に基づく平板要素に分割し、路盤はこれに作用する反力として取り扱う。またコンクリート版の目地は、その荷重伝達機能をモデル化した目地要素を平板要素に結合させて表現する。

この場合のコンクリート舗装の剛性方程式は、微小変形を仮定した場合、次のような重ね合わせで表現できる。

$$\{f\} = [[K] + [J] + [H]] \cdot \{d\} \dots \dots \dots (9)$$

ここに、 $\{f\}$ ：節点外力ベクトル

$[K]$ ：コンクリート版の剛性マトリックス

$[J]$ ：目地の剛性マトリックス

$[H]$ ：路盤の剛性マトリックス

$\{d\}$ ：節点変位ベクトル

$[K]$ は通常の長方形平板要素の剛性マトリックスである。 $[J]$ は前述したかみ合わせ要素とスリッパ要素を組み合わせた目地要素の剛性マトリックスである。 $[H]$ としては、路盤を一次元の鉛直ばねに仮定する Winkler 路盤に基づいた対角マトリックスとした。

この平板 FEM モデルは、コンクリート版の形状や車輪の載荷位置を考慮した応力解析を行うことができる。この平板モデルを用いて、コンクリート舗装版の疲労解析に必要な曲げ応力に関する影響線を計算する。

(2) コンクリート版の応力状態

コンクリート版は目地によって区切られた長方形の平板であり、荷重の作用する位置によって最大曲げ応力は異なる。車の車輪はまず横目地を通り過ぎるが、このとき横目地縁部には目地方向の曲げ応力が生ずる。この応力は横目地からの縦びわれの原因となり、その値は横目地の荷重伝達状態に依存する。続いて車輪は版中央に進む。このとき、車輪が縦目地付近を走行すると今度は縦目地縁部に曲げ応力が生じ、これが横びわれの原因となる。車輪が通過する際の繰り返し応力による疲労が蓄積し、コンクリート版の疲労強度を超えるとひびわれが発生する。したがって、ひびわれの発生はコンクリート版の中での車輪の走行位置とその頻度に大きな関係がある。

疲労解析にあたっては、これらの車輪走行位置のばら

表-2 影響線の計算に用いたデータ

	入力項目	数値
構造解析条件	コンクリート版幅	450, 350 cm
	コンクリート版厚	25 cm
	コンクリートの弾性係数	300,000 kgf/cm ²
	コンクリートのポアソン比	0.2
	路盤 K 値	7.0 kgf/cm ³
	横目地の幅	1 mm
	スリッパの直径	25 mm
	スリッパの長さ	70 cm
	スリッパの配置間隔	40 cm

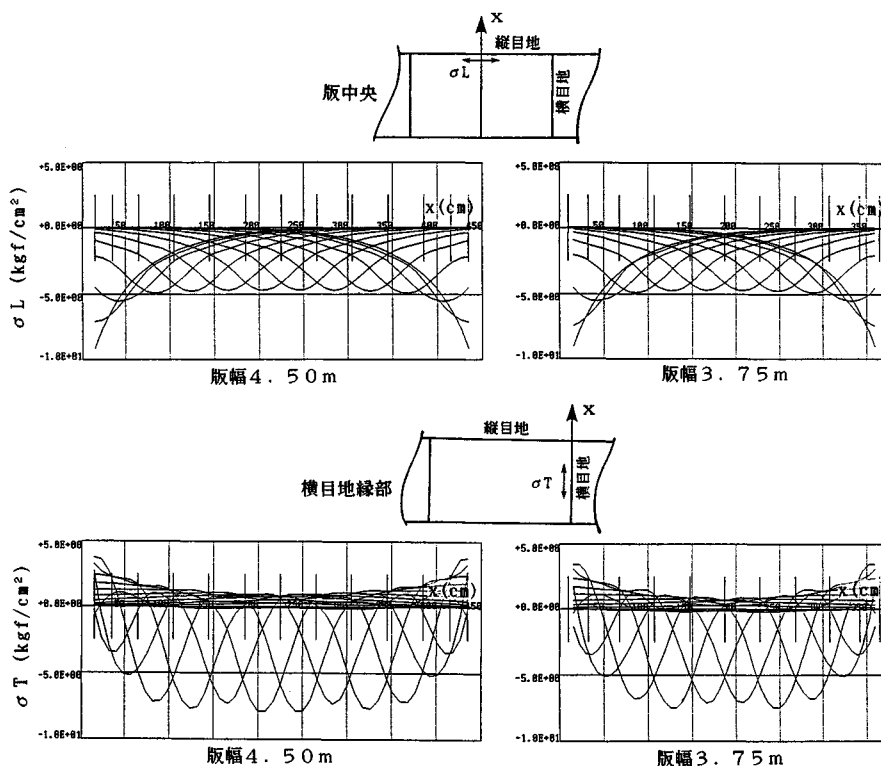


図-7 コンクリート版の曲げ応力の影響線群

つきによる対象位置の曲げ応力の頻度分布を求めるために、曲げ応力の影響線を計算しておく必要がある。表-2のコンクリート舗装について、3.(1)で述べたモデルによって影響線を実際に計算した結果を示したものが図-7である。横軸は道路の横断方向を示し、縦軸はコンクリート版下面の曲げ引張応力である。上側の図は版中央の横断面に沿ったコンクリート版各点の、横ひびわれを発生させるような応力の影響線群であり、下側の図は横目地縁部に沿った各点の、縦ひびわれを発生させるような応力の影響線群である。

横ひびわれを生じさせるような応力は縦目地縁部に近い付近で大きいのにに対し、縦ひびわれを生じさせるような応力は車線中央側の部分の方が大きい。すなわち、車が車線の片側に寄って走るほど横ひびわれが、中央を走るほど縦ひびわれが発生しやすくなる。

縦目地縁部の応力の値に版幅の影響は少ないが、横目地縁部の応力は版幅が広い方が値はわずかに大きい。これはコンクリート版のアスペクト比(版長/版幅)の影響であり、アスペクト比が小さいほど横断方向の曲げ応力は大きくなる。この場合横目地間隔すなわち版長は6.00 mと一定であるため、版幅の狭い方がアスペクト比は大きくなる。

このように、コンクリート版のひびわれ発生位置は走

行位置分布やコンクリート版の形状によって微妙に変化するため、設計の疲労解析はこれらすべてのひびわれについて、すなわち縦目地縁部と横目地縁部の両方において疲労解析を行う必要がある。

4. 疲労ひびわれ評価システム

(1) 疲労解析法

コンクリート舗装の疲労解析は、コンクリート版の設計寿命内に発生する荷重応力と温度応力の合成応力の頻度分布を求め、この頻度分布に Miner 則を適用して行われる。すなわち、コンクリート版の破壊条件は次のように表わされる。

$$\sum_i \frac{n_i(\sigma_i)}{N_i} = 1 \dots \dots \dots (10)$$

ここに、 $n_i(\sigma_i)$: 合成応力 $\sigma_i = \sigma_p + \sigma_t$ の発生頻度

σ_p : 荷重応力

σ_t : 温度応力

N_i : 応力レベル σ_i/σ_a (σ_a : コンクリートの曲げ強度) における破壊までの繰り返し回数

N_i は舗装用コンクリートの疲労特性を表わしている。舗装用コンクリートの疲労特性については過去に数多くの研究があるが、小梁川ら¹²⁾による破壊確率 50% の次

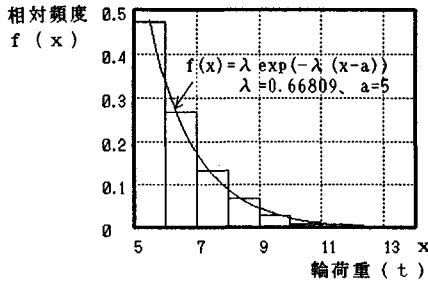


図-8 輪荷重分布¹³⁾とそのモデル化

式を用いることにした。

$$S = 1.082 - 0.0541 \cdot \log N \dots\dots\dots(11)$$

ここに、S：応力レベル

N：破壊までの繰り返し回数 (N>100)

式(10)左辺は、疲労破壊する可能性を示す指標と考
えることができ、本研究ではこれを疲労度とよぶ。

荷重応力の頻度分布は、車輪の輪重分布とその走行位
置分布、平板 FEM モデルにより計算された応力影響
線から求めることができる。

輪荷重分布は建設省によってまとめられた全国の国道
の代表値¹³⁾を参照する。5t以上の輪荷重について、C
交通相当の分布を図-8に示すようなシフト指数分布に
近似した。走行位置分布は2.(2)の結果を用いる。

温度応力は、岩間¹⁴⁾によって提案された次式を用いる。

$$\sigma_t = 0.35 \cdot C_w \cdot \alpha \cdot E \cdot \theta' \dots\dots\dots(12)$$

ここに、 σ_t ：温度応力

C_w ：そり拘束応力

α ：コンクリートの熱膨張係数

E：コンクリートの弾性係数

θ' ：コンクリート版上下面の温度差

C_w の値、 θ' の発生確率については、セメントコンクリ
ート舗装要綱¹⁾(以下要綱)に挙げられているものを用い
る。これらは、気温の日振幅が14°Cをほとんどこえない
地方(温度差小)とそうでない地方(温度差大)に対
しておのおの定められている。

計算手順は以下のとおりである。

① 疲労解析に必要な以下の条件を入力する。

- (a) 設計寿命(解析期間)
- (b) 車線幅と車輪走行位置との関係
- (c) 大型車交通量(台/日/車線)
- (d) コンクリートの曲げ強度
- (e) 破壊確率の水準(式(11))
- (f) コンクリートの熱膨張係数
- (g) 温度条件(気温の日振幅の大小)
- (h) 大型車交通量の昼夜率

② (a)と(c)より、設計寿命の全大型車交通量 N_{all} を
計算する。

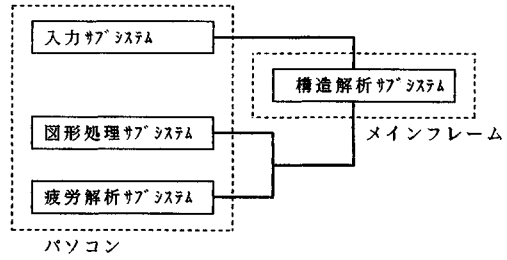


図-9 評価システムの構造

③ 3. で述べた構造モデルによる計算結果をスプラ
イン補間し、対象とする点における荷重応力の影響線
を作成する。

④ 輪荷重を設定する。シフト指数分布よりその輪荷
重の発生確率 f_p を1tきざみで計算する。

⑤ 大型車の車輪通過位置を設定する。③の影響線か
らその車輪通過によって対象とする点に発生する荷重応
力 σ_p を計算する。大型車の走行位置分布より σ_p の発生
確率 f_q を10cmきざみで計算する。

⑥ 式(12)によって温度応力 σ_t を計算し、(f)の温
度条件から σ_t の発生確率 f_t を要綱に従って算定する。

⑦ 全応力 $\sigma_i = \sigma_p + \sigma_t$ を計算し、④⑤⑥よりおのお
の事象が独立であるとして、 σ_i の発生頻度 $n_i = N_{all} \cdot f_p \cdot$
 $f_q \cdot f_t$ を計算する。一方、式(11)より応力レベル σ_i / σ_a
に対応する破壊までの繰り返し数 N_i を計算する。 $n_i /$
 N_i をその車輪による疲労度の増分として全疲労度に加
える。

④から⑦までを、輪荷重分布、走行位置分布、温度分
布に関して繰り返し、全疲労度を求める。

この過程を、版中央および目地縁部に沿った対象とす
るコンクリート版各点(約30cm間隔)で繰り返し、
それぞれの疲労度を求める。

本システムは、与えられたコンクリート舗装の構造条
件の下で交通荷重に対する力学的な挙動を予測して、全
体的な状態を図形情報として提供したり、疲労解析を実
行して疲労度を計算する機能を有している。システムは
図-9に示すように、入力サブシステム、構造解析サブ
システム、図形処理サブシステム、疲労解析サブシステ
ムの4つのサブシステムから構成されている。入力サブ
システム、図形処理サブシステム、疲労解析サブシステ
ムはパソコンを用い、構造解析サブシステムはメインフ
レームを用いる。

(2) 適用事例(1)―疲労度とひびわれの関係

国道8号加賀市のコンクリート舗装は施工後25年経
過し、縦ひびわれが顕著であった。構造としては、版厚
23cm、版幅450cmで車線幅は350cm前後である。こ
のコンクリート舗装について疲労解析を行った。入力
データを表-3にまとめた。大型車交通量は昭和60年

表-3 国道8号の疲労解析に用いたデータ

入力項目		数値
構造解析条件	コンクリート版幅	450 cm
	コンクリート版厚	23 cm
	コンクリートの弾性係数	300,000 kgf/cm ²
	コンクリートのポアソン比	0.2
	路盤K値	7.0 kgf/cm ³
	横目地の幅	1 mm
	スリップパの直径	25 mm
	スリップパの長さ	70 cm
	スリップパの配置間隔	40 cm
疲労解析条件	解析期間	25年
	大型車交通量	2,200台/日/車線
	車線幅	325,350 cm
	コンクリートの曲げ強度	45 kgf/cm ²
	破壊確率の水準	50 %
	横目地間隔	6 m
	コンクリート線膨張係数	10×10 ⁻⁶ /℃
	温度条件	昼夜の温度差小
	昼夜交通量の割合	0.6

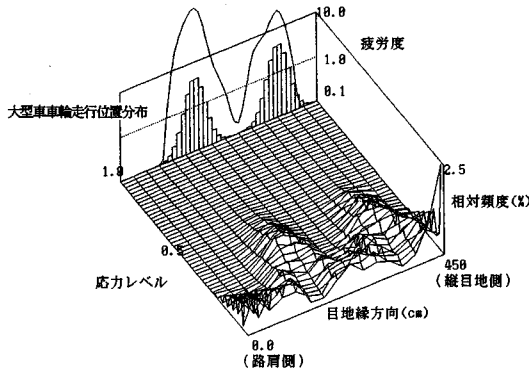


図-10 応力レベルの相対頻度および車輪走行位置分布と疲労度の関係

に建設省で調査された結果を用いた。

図-10は、目地縁部に沿った各点における応力レベル（合成応力/曲げ強度）の相対頻度分布、大型車の車輪走行位置分布、および疲労度の関係を示している。ただし疲労度については常用対数表現を用いた。車輪の走行が集中している位置において、比較的高い応力レベルの部分でその発生頻度に小さなピークがみられ、これに対応してその位置の疲労度が高くなっている。このことは、頻度としては比較的小さい高い応力レベルの部分が、疲労度に大きく関与することを示している。また、疲労度は車輪走行位置付近を中心とした広い範囲において1をこえており、この部分から縦ひびわれが発生する可能性が高いことが予測される。

このコンクリート舗装においては、横目地からの縦ひ

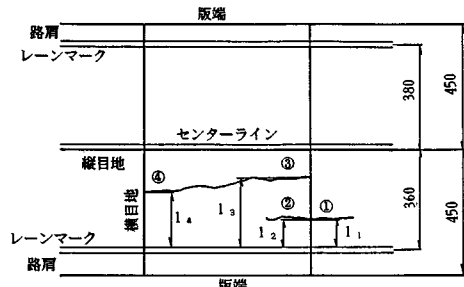


図-11 縦ひびわれ発生位置調査

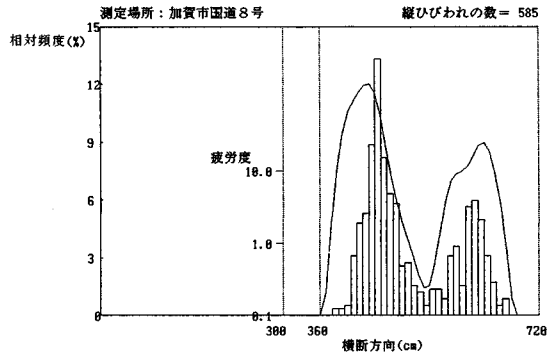


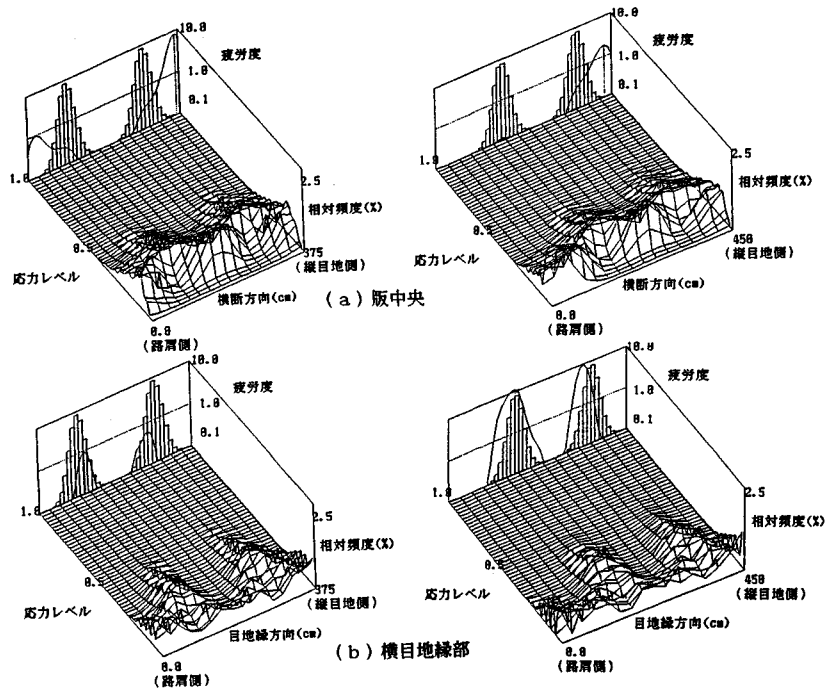
図-12 縦ひびわれの発生頻度分布と疲労度

びわれが大きな破損形態となっている。そこで、縦ひびわれの発生状況の簡単な調査を行った。図-11に示すように、目地縁部の縦ひびわれ発生位置をレーンマークからの距離として計測し、発生位置の頻度分布を求めた。縦ひびわれが同じ位置において目地の両側に発生している場合は、それぞれの側の別のひびわれとして計測した。またコンクリート版を縦方向に貫通している縦ひびわれも、それぞれの横目地において別のひびわれとした。横ひびわれの発生は少なかったため、今回の調査の対象外とした。

この縦ひびわれの発生位置調査の結果を参照して、この疲労度の計算結果について検討してみる。図-12は、縦ひびわれの発生位置分布と疲労度の常用対数の関係を示している。ひびわれ発生頻度と疲労度のピークがよく対応しており、疲労度を介してひびわれ発生位置を予測できることを示唆している。

(3) 適用事例(2)—コンクリート版の形状とひびわれ形態の関係

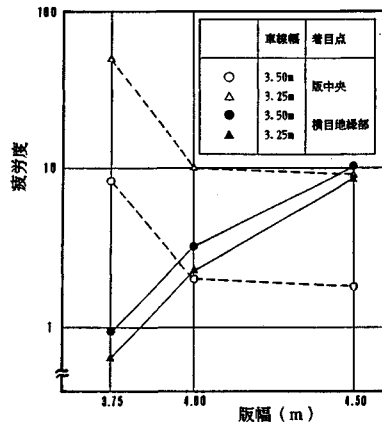
ここではこのシステムを用い、ひびわれ発生とコンクリート版の幅との関係を検討した。疲労解析は一般的なコンクリート舗装構造を想定し、表-4に示す条件で行った。版幅を375, 400, 450 cmの3種類、車線幅を325, 350 cmの2種類とした。2.(2)で述べたように、車線幅は車輪走行位置に影響する。横ひびわれに対しては版中央における車線方向の曲げ応力、縦ひびわれに対



図一13 車輪走行位置分布と疲労度の関係 (車線幅：3.5 m)

表一4 版幅の影響をみるための疲労解析に用いたデータ

入力項目		数値
構造 解析 条件	コンクリート版幅	375, 400, 450 cm
	コンクリート版厚	25 cm
	コンクリートの弾性係数	300,000 kgf/cm ²
	コンクリートのポアソン比	0.2
	路盤K値	7.0 kgf/cm ³
	横目地の幅	1 mm
	スリッパの直径	25 mm
	スリッパの長さ	70 cm
	スリッパの配置間隔	40 cm
疲労 解析 条件	解析期間	20年
	大型車交通量	2,200台/日/車線
	車線幅	325, 350 cm
	コンクリートの曲げ強度	45 kgf/cm ²
	破壊確率の水準	50 %
	横目地間隔	6 m
	コンクリート線膨張係数	10×10 ⁻⁶ /℃
温度条件	昼夜の温度差小	
昼夜交通量の割合	0.6	



図一14 版幅と疲労度の関係

しては横目地縁部における目地縁方向の曲げ応力に着目し、それらの影響線を計算した。

図一13は計算結果の一部で、版幅が375 cmと450 cmで車線幅が350 cmの場合である。コンクリート版の横断方向に沿った各点における応力レベル(合成応

力/曲げ強度)の相対頻度分布、大型車の車輪走行位置分布、および疲労度の関係を示している。図の上側は版中央での横びわれに着目したものであり、下側は横目地縁部からの縦びわれに着目したものである。

版中央の疲労度は縦目地縁部の疲労度が大きく、横目地縁部ではわだち付近の疲労度が大きい。このことは、横びわれは縦目地縁部付近から、縦びわれは横目地縁部のわだち付近から発生することを意味している。また版幅が狭いと、横目地縁部の疲労度より版中央の疲労度の方が大きく、横びわれが発生しやすい。版幅が広くなると、それとは逆に縦びわれが発生しやすくなる。

このような傾向をより明らかにするために、図—13において版幅、車線幅と疲労度の関係をまとめた。版幅が狭いと横目地縁部より版中央の疲労度が大きい、広くなるにつれそれが逆転していく様子がよくわかる。これらのことから、版幅が狭いと横ひびわれが、広いと縦ひびわれが発生しやすくなることが予想される。このような傾向は、1. で述べた調査結果と一致している。

車線幅すなわち車輪走行位置の影響は版中央の疲労度において顕著である。これは、車線幅が狭いと右側のレーンマークすなわち縦目地側に寄って走行するため、縦目地縁部応力が大きくなるからである。しかも横目地縁部に比べ縦目地縁部の応力の値が大きく、車輪走行位置の影響が大きい。横目地縁部においてはその影響は比較的わずかである。これは車輪走行位置分布の分散値が車線幅にほとんど影響されず、車輪の集中度が変わらないからである。

5. ま と め

コンクリート舗装版の疲労ひびわれの発生は、車輪走行位置やコンクリート舗装の構造に影響される。したがってコンクリート舗装版の版厚設計の際には、これらを考慮した煩雑な疲労計算が必要となる。そこで本研究においては、コンクリート舗装の構造設計を支援する疲労ひびわれ評価システムを開発した。

疲労ひびわれ評価を厳密に行うためには、車輪走行位置の実態を把握しておかねばならない。そこで車輪走行位置に関しては、新たに開発された測定装置を用いて実測し、その結果より以下のような特性を明らかにした。

(1) 車輪走行位置分布は正規分布曲線で表示できる。

(2) 平均車輪走行位置は車線幅と相関があり、特に右車輪にその傾向が強い。

(3) 車輪走行位置の分散は車線幅とはあまり相関がない。

以上のことから、車線幅から車輪走行位置分布の推定が可能になった。

この車輪走行位置分布モデルと平板 FEM に基づいた疲労ひびわれ評価システムにより、既存のコンクリート舗装を含む一般的なコンクリート舗装の疲労解析を行い、以下の事項を明らかにした。

(4) 供用後 25 年経過したコンクリート舗装の疲労解析を実行した結果、縦ひびわれの発生分布と疲労度の関連性が認められた。

(5) コンクリート版の版幅を変えた疲労解析の結果から、版幅が狭いと版中央の縦目地縁部からの横ひびわれが、広くなると横目地縁部からの縦ひびわれが発生することがわかった。このことは従来の調査で報告されて

いるコンクリート舗装のひびわれ形態と適合している。

(6) 車線幅すなわち車輪走行位置は、版中央の疲労度に大きな影響を及ぼす。これは車線幅が狭いと、車両は右側レーンマークすなわち縦目地側に寄って走行するようになるからである。

以上の結果から、本研究で開発した疲労ひびわれ評価システムは、疲労ひびわれを予測するうえで1つの有効な手段となり得ることが明らかとなった。しかしながら、疲労度はコンクリート版厚、曲げ強度、路盤 K 値の変動に対して非常に敏感である。本システムの実用性を高めるためには、疲労度に及ぼす要因を明確にする感度解析、ならびに疲労度とひびわれ発生との定量的な対応関係を求めるための既存コンクリート舗装の解析をさらに行っていく必要がある。

謝 辞：本論文をまとめるにあたり、東北大学福田 正教授には貴重なご助言をいただいた。車輪走行位置の測定にあたっては金沢大学 梶川康男教授はじめ、金沢大学構造研究室、東北大学道路研究室の学生諸君の多大な協力を得た。また建設省土木研究所、フジエンジニヤリング(株)の関係各位には測定において数々の便宜をはかっていただいた。ここに記して、深く感謝の意を表する次第であります。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：セメントコンクリート舗装要綱，1984。
- 2) Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association, 1984。
- 3) Tayabjis, D. and Colly, B.E. : Improved Rigid Pavement Joints, Bull. of TRR, No. 930, pp.69~78, 1983。
- 4) Darter, M.I., Becker, J.M. and Snyder, M.B. : Concrete Pavement Evaluation System (COPES), Proc. of 3rd International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, pp.453~468, 1985。
- 5) Fukuda, T., Koyanagawa, M. and Murai, S. : Condition Survey of Concrete Pavements and Its Evaluation, Proc. of 3rd International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, pp.519~523, 1985。
- 6) 飯島 尚・窪田一夫：矢板パイパスにおけるコンクリート試験舗装の供用性の評価，土木学会論文集，第 366 号/V-4, pp.65~74, 1986。
- 7) 梶川康男・西沢辰男・枚本正信：可搬式自動車交通流自動観測システムの開発，土木学会論文集，第 391 号/VI-8, pp.107~114, 1988。
- 8) Westergaard, H.M. : Computation of Stresses in Concrete Roads, Proc. of HRB, Vol.5, pp.90~112, 1925。
- 9) Westergaard, H.M. : Stresses in Concrete Runways of Airports, Proc. of HRB, Vol.19, pp.197~205, 1939。
- 10) Westergaard, H.M. : New Formulas for Stresses in Concrete Pavements of Air Fields, Trans. of ASCE,

Vol. 113, pp. 425~444, 1948.

- 11) 西沢辰男・福田 正・松野三朗：コンクリート舗装版の横目地における力学的挙動の解析，土木学会論文集，第378号/V-6, pp.185~193, 1987.
 - 12) 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, pp.131~137, 1986.
 - 13) 飯島 尚・今井 博・猪股和義：車両重量調査結果による大型車重量の実態と舗装設計への適用，土木技術資料24-2, 1982.
 - 14) 岩間 滋：コンクリート舗装の構造設計に関する実験的研究，土木研究所報告，第117号, 1964.
(1989.12.6・受付)
-