

# 変動曲げ疲労荷重下における舗装用コンクリートの 累積疲労に関する研究

小梁川 雅

## A Study on the Cumulative Fatigue Damage of Concrete under Varying Flexural Cyclic Stress

Masashi KOYANAGAWA

(1994年8月22日受理)

### 1. はじめに

わが国のコンクリート舗装の設計では、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が、基本的な設計概念となっている。したがってコンクリートの曲げ疲労寿命は設計における重要な要因となっている。通常、この曲げ疲労寿命は一定振幅荷重による疲労試験より得られる。すなわち、ある応力レベル $S$ (繰り返し最大応力/静的曲げ強度)を設定し、この応力に対応した荷重を供試体が破壊するまで繰り返し載荷することによって疲労寿命を得ている。しかし実際のコンクリート版に作用する繰り返し応力は、様々な大きさの応力が変動的に作用する変動繰り返し応力である。したがって設計においては、コンクリート版の供用年数間に作用する応力レベルの大きさとその繰り返し回数を推定し、これにいわゆるマイナー則を適用することによって、変動繰り返し荷重による累積疲労蓄積を考慮している。しかし、コンクリートの曲げ疲労寿命に対するマイナー則の適用性に関しては研究例も少なく明らかとなっていない。そこで本研究では、供試体に数種類の大きさの繰り返し荷重を連続的に載荷し、これによって得られた疲労寿命とマイナー則の関係を検討することにした。

### 2. 実験概要

試験に用いた供試体は $15 \times 15 \times 53$  cmの曲げ試験用供試体であり、打設後1日で脱型し、試験時まで水温 $20^\circ\text{C}$ の恒温水槽で水中養生を行った。養生期間は供試体強度の安定を考慮して、2ヶ月以上とした。載荷試験は、静的試験、疲労試験とも、スパン45 cm

の3等分2点載荷によって行った。疲労試験においては、試験中の供試体の水分変化による強度変動を防止するため、供試体の表面にグリースを塗布し、さらにビニール樹脂薄膜によって被覆した。疲労試験の応力波形は、周波数5 Hzの正弦曲線変化とした。

疲労試験においては、応力レベル $S$ を3段階(0.90, 0.80, 0.70)設定し、それぞれの応力レベルに対応した繰り返し荷重を連続的に供試体に載荷した。それぞれの応力レベルにおける載荷繰り返し回数は、次のように決定した。

マイナー則は

$$FD = \sum_{i=1}^m (n_i/N_i)$$

ここで、FD:累積疲労値

$n_i$ : 応力レベル $i$ における載荷数

$N_i$ : 応力レベル $i$ における許容繰り返し数によって表され、累積疲労値が1.0となったときにコンクリートが疲労破壊を生じることとなる。本実験では応力レベル $S = 0.90, 0.80$ における疲労値がそれぞれ0.40,  $S = 0.70$ における疲労値が0.20となるように載荷数を決定した。この際、各応力レベルにおける許容繰り返し数は、著者らが既に得ている破壊確率50%の疲労曲線を基に決定した。

さらに本実験では、累積疲労に対する荷重順序の影響を検討するために、応力レベル $S = 0.70, 0.80, 0.90$ の順に繰り返し荷重を加えたType Aと、 $S = 0.90, 0.80, 0.70$ の順に加えたType Bの2種類の荷重条件を設定し、それぞれ6本ずつの疲労試験を実施した。表-1にそれぞれの応力レベルにおける載荷数を示す。

なお、Type Bにおいて累積繰り返し回数が200万回

変動曲げ疲労荷重下における舗装用コンクリートの累積疲労に関する研究

となった時点においても供試体が破壊しない場合は、さらに応力レベル  $S = 0.90$  の繰り返し荷重を供試体が破壊するまで載荷した。

3. 実験結果および考察

表-1 に供試体に加えた各応力レベルごとの載荷数と、これを基にマイナー則によって計算された累積疲労値を示す。さらに図-1 に各供試体の累積疲労値を示した。図-1 において、各軸はそれぞれの応力レベルにおける疲労値を示しており、各軸の1.0を結んで出来る平面は、3段階の応力レベルの組み合わせによる累積疲労値が1.0となる平面を示している。

図-1 からわかるように、本実験結果によれば Type A, B いずれの場合にもほとんどの供試体の累積疲労値  $FD$  が1.0を超過しており、 $FD$  が1.0と

なる以前に破壊した供試体は、Type A で1本、Type B で2本のみであった。また、表-1 において Type A と Type B の結果を比較してみると、それぞれ6本の供試体の累積疲労値の平均値は、Type A が9.06、Type B が4.80とほぼ倍の値となっており、最初に小さい荷重を載荷した場合の供試体の疲労寿命が長いことを示している。このことよりコンクリートの疲労現象は、荷重順序の影響を大きく受けることが示唆される。

以上のことより、マイナー則はコンクリートの累積疲労現象を正確には表現していないこと、さらにコンクリートの疲労現象に対しては、マイナー則では考慮していない荷重順序の影響が存在することがわかった。しかし実験結果が安全側を示していることから、コンクリート舗装の設計においてマイナー則を適用することには、工学的に見て危険はないと考えられる。

表-1 各応力レベルにおける載荷数と累積疲労値

応力レベル	Type A				応力レベル	Type B				
	0.70	0.80	FD			0.90	0.80	0.70	0.90	FD
A-1	848000	34200	1970	1.74	B-1	614				0.36
A-2	848000	34200	24855	14.99	B-2	691	34200	1970000	4659	3.96
A-3	848000	34200	3654	2.72	B-3	691	12877			0.55
A-4	848000	34200	40362	23.97	B-4	691	34200	1970000	4897	4.10
A-5	848000	34200	16858	10.36	B-5	691	34200	1970000	27521	17.20
A-6	848000	33868		0.60	B-6	691	34200	1970000	2345	2.62
			平均	9.06					平均	4.80

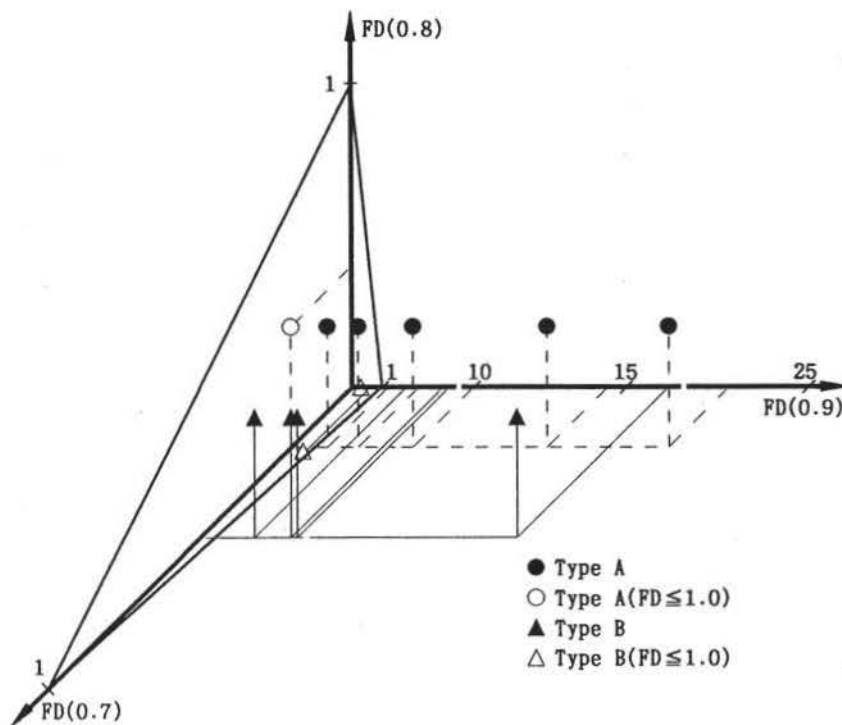


図-1 各供試体の累積疲労値