

V-54 コンクリートの曲げ疲労特性に静的強度が与える影響

○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

コンクリートの曲げ疲労特性は、コンクリート舗装設計における重要な材料特性である。著者らはこの曲げ疲労特性に関する一連の実験を行っており、すでに応力比および粗骨材最大寸法の影響に関して報告を行った⁽¹⁾。今回は、静的強度の異なるコンクリートの疲労特性に関して報告を行うものである。

我国では、舗装用コンクリートの設計曲げ強度は 45kgf/cm^2 が標準とされているが、舗装用コンクリートとして実際に出荷されているレディーミクストコンクリートは、 45kgf/cm^2 以外の曲げ強度を有するものもある。現行設計法における設計用曲げ疲労曲線は 45kgf/cm^2 の曲げ強度を有するコンクリートによって得られたものであり、これ以外のコンクリートに関する検討はなされていない。そこで本研究では、配合目標強度 40kgf/cm^2 、 60kgf/cm^2 のコンクリートに関する疲労試験を行い、これに前回の実験で得られた配合目標強度 52kgf/cm^2 のコンクリートの疲労特性を加えて、静的強度の異なるコンクリートの疲労特性に関する検討を行うことにした。

2・疲労試験

表-1 配合表

試験に用いたコンクリートは、前回の実験と同様にスランプ 8.0cm 、空気量 4.0% として混合し、材令28日曲げ強度 40kgf/cm^2 、および 60kgf/cm^2 を目標とした。

Target Strength kgf/cm ²	Slump cm	Air Content %	Water Cement Ratio %	Sand Percentage %	Unit Weight (kg/m ³)				
					Water	Cement	Fine Aggregate	Coarse Aggregate	Admixture
40	8.0 ± 1.5	4 ± 0.5	0.0	3.5	150	250	652	1273	0.63
60	8.0 ± 1.5	4 ± 0.5	3.5	3.2	140	400	566	1264	1.00

表-1に今回の試験に用いたコンクリートの配合を示す。使用したセメントは普通ポルトランドセメントであり、粗骨材の最大寸法は 20mm とした。

練り混ぜは50ℓ強制練りミキサーで行い、各バッチごとに静的試験用3本、疲労試験用6本の供試体を作製した。供試体の寸法は $15 \times 15 \times 53\text{cm}$ で、載荷試験まで水温 20°C の恒温水槽で養生を行った。疲労試験は供試体強度の安定を考慮して、材令2箇月以降に開始した。

静的試験の結果、目標強度 40kgf/cm^2 の場合の平均曲げ強度および標準偏差は、それぞれ 43.9kgf/cm^2 、 2.68kgf/cm^2 、また目標強度 60kgf/cm^2 の場合には、 63.1kgf/cm^2 、 4.25kgf/cm^2 であった。

著者らの実験⁽²⁾によれば、コンクリートの曲げ強度は、試験時における供試体内の水分変化の影響を敏感に受ける。そこで、疲労試験期間中における供試体内の水分状態を安定させるために、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して疲労試験を行った。

疲労試験の応力波形は、周波数 5Hz の正弦曲線変化とした。本研究の疲労試験で実施した応力レベル S (S =最大応力/曲げ強度)は、 0.90 、 0.85 、 0.80 、 0.70 の4段階である。各応力レベルにおける試験供試体数はそれぞれ12本づつとした。また本試験では途中打ち切り回数を $2,000,000$ 回とした。

3・静的強度の影響

表-2に目標強度 40kgf/cm^2 および 60kgf/cm^2 の疲労試験結果を示す。表中の→表示は、その繰り返し回数で供試体が破壊せずに、途中打ち切りとなった供試体を示している。

この2種類の目標強度に関する試験結果に、さらに前回に実施した目標強度 52kgf/cm^2 の場合の疲労試験結果を補足し、静的強度が異なるコンクリートの疲労特性について応力レベルごとに検討することとした。

表-2から判るように各応力レベルにおける疲労試験結果はかなりのばらつきを示している。そこで本研究では各応力レベルにおいて、それぞれの目標強度の供試体による疲労試験結果を一つの標本集団と考え、

それぞれの標本集団が属する母集団の平均値および分散に関して統計的仮説検定を行った。平均値の検定にはt検定を、また分散の検定にはF検定を用いた。検定を行った応力レベルは $S=0.90$ 、 0.80 の2段階である。

その結果いずれの場合においても平均値、分散双方に関して有意水準5%で仮説が採択され、静的強度が異なっても曲げ疲労寿命と応力レベルの関係は同一であることが確認された。

一方、応力レベル $S=0.70$ においては途中打ち切り供試体の割合に変化がみられ、目標強度の増加にしたがって途中打ち切り供試体数の割合も増加している。このことは応力レベルが低い領域においては、静的強度の増加にともなって疲労強度が大きくなる傾向があることを示唆している。

4・曲げ疲労曲線

以上のように曲げ疲労寿命に対する静的強度の影響は、応力レベル $S=0.70$ のデータにおいて若干みられるが、特に舗装の設計において影響が大きい $S=0.80$ 以上の領域では、その影響は無視できる。そこで、目標強度 40kgf/cm^2 、 52kgf/cm^2 、 60kgf/cm^2 の全てのデータを用いて、曲げ疲労曲線を作成した。

前述のように各応力レベルにおける疲労寿命は広範なばらつきを示しており、これは疲労現象に固有の性質であると考えられる。そこで本研究では順序統計量の方法により各供試体の破壊確率 P_f を推定し、それぞれの応力レベルごとの疲労寿命分布特性を得た。

その結果、各応力レベルの疲労寿命と破壊確率 P_f の関係は、対数正規確率紙上でほぼ直線関係となることが明らかとなった。このことは各応力レベルの疲労寿命が、対数正規分布の母集団に属していることを示している。これより各応力レベルごとに、破壊確率 P_f に対応した疲労寿命を決定することができ、破壊確率を考慮した疲労曲線を得た。図-1に示すのは破壊確率 $P_f=10\%$ ごとの疲労曲線である。このうち破壊確率 $P_f=50\%$ と 20% の疲労曲線は、次式によって示される。

$$P_f=50\%: S=1.091 - 0.059 \times \log(N) \quad (N \geq 100) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$P_f=20\%: S=1.058 - 0.063 \times \log(N) \quad (N \geq 100) \quad \dots \dots \dots (2)$$

参考文献

- (1) 小梁川雅、国分勝郎、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
- (2) 小梁川雅、福田正：含水変化を受けたコンクリート供試体の曲げ強度、土木学会論文集、第354号/V-5（ノート）、pp.157-160、1985

表-2 疲労試験結果

Target Strength kgf/cm ²	Stress Level			
	0.90	0.85	0.80	0.70
40	1947	979	722515	773439
	663	1665	6671	1423374
	22886	4837	10767	847262
	6359	1372	740	1714121
	17219	1759	4204	2000000→
	1805	4193	10224	109410
	4297	3257	23439	2000000→
	471	1647	38699	1100128
	4801	6666	44809	897491
	1307	45970	32077	67943
	49020	989	50999	1245830
	10423	5455	25838	2000000→
60	670	3997	5729	2000000→
	1957	1093	76584	2000000→
	733	652	49526	937874
	14197	1966	160099	1532671
	3245	2511	66784	2000000→
	952	8897	65603	452906
	14214	1346	3124	2000000→
	22269	13668	75169	622111
	150	4897	10473	2000000→
	319	11345	36637	2000000→
	1081	34699	2000000→	2000000→
	3849	4367	2000000→	2000000→

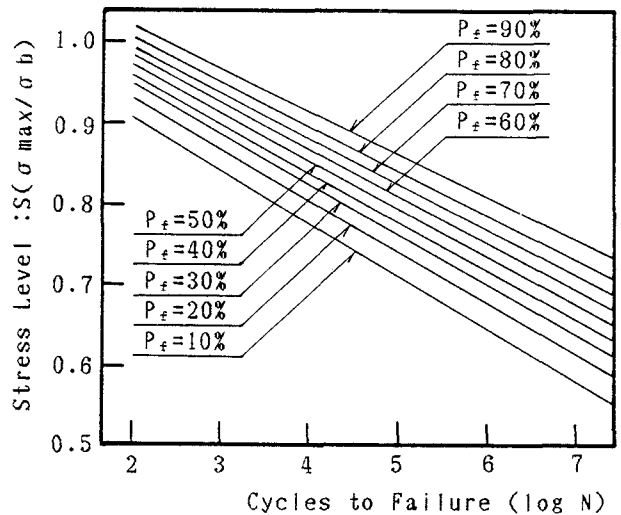


図-1 疲労曲線