

再生骨材コンクリートの曲げ疲労性状について

(株)エイトコンサルタント 正会員 ○松本直樹
 (株)前田道路 正会員 小林良太
 山口大学工学部 学生員 加藤康弘
 山口大学工学部 正会員 浜田純夫

1. まえがき

本研究は、近年問題となっている建設副産物であるコンクリート塊の再生利用法として、舗装用コンクリートの骨材への適用について検討を行ったものである。我が国の舗装設計法においては、新しい材料を使用した場合、その疲労特性を明確にしておく必要があり、本研究ではコンクリート塊から得られた再生骨材を使用した舗装用コンクリートについて曲げ疲労試験を実施し、疲労特性、耐久性を検討し、既知の舗装用コンクリートとの比較を行った。

2. 実験概要

2-1 使用材料 本研究で用いた再生骨材は、高度に処理され一般骨材により近い第1種再生骨材である。なお、再生細骨材は粒度が粗く単体ではコンクリート用細骨材に適さないで、一般骨材を50%加えて粗粒率を2.7程度に修正を使用した。表-1に配合を示す。

W / C %	単位量(kg/m ³)								
	セメント C	水W	細骨材 S			粗骨材 G		遅和材 A	
45.0	322	145	730			1058		AE材	遅行材
			細砂	粗砂	再生材	20~	10~5	1.61	0.0161
			202	184	344	579	474	(.8)	(.8)

2-2 試験概要 打設により1パッチから静的試験用、疲労試験用各3本作製した。寸法は15×15×53cmの曲げ供試体である。すべての供試体について材齢28日まで20℃で水中養生を施し、その後疲労試験まで100日～180日程度空中養生を行った。疲労試験に先だてて各パッチごとの静的強度を測定し、その平均を同一パッチから作製した疲労試験用供試体の基準強度とした。疲労試験の応力は周波数5Hzの正弦曲線変化とし、また上限応力は0.75, 0.70, 0.65, 0.60, 0.55の5段階とし、下限応力はすべて0.05とした。また、繰り返し回数200万回で供試体が破壊しない場合には試験を途中打ち切りとした。載荷方法は図-1に示すとおり静的強度試験および疲労試験ともにパン45cmの2点支持2点載荷とした。

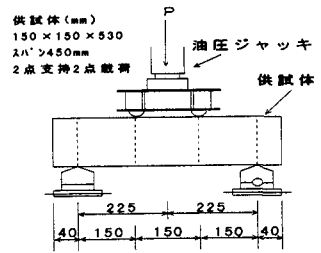


図-1 載荷方法

3. 実験結果と考察

3-1 静的強度のばらつき 本研究での再生骨材使用供試体と同条件配合の普通骨材使用舗装用コンクリート供試体の静的強度のばらつきを、変動係数によって比較した結果、再生骨材の方が6.3%、普通骨材の方が5.7%であり、再生骨材の方が大きかった。その原因は再生骨材の品質によるものと考えられる。再生骨材にはモルタル片が付着しており、それぞれその量が異なるために品質にばらつきがあり、結果としてコンクリート供試体としての骨材同志のかみ合わせに影響を及ぼしているためにばらつきがみられたと考えられる。

3-2 疲労試験結果

(1) S-N曲線 対数正規分布にあてはめてP(N)(生存確率)-N(破壊回数)曲線から平均疲労寿命(P(N)=0.5)を求め、Sとの関係式S-N曲線を算出し求めた式は $S = -0.064 \cdot \log N + 1.035$ である。図-2にその結果を示す。比較を行うために、小梁川らの研究によって求めた普通骨材使用の舗装用コンクリートのS-N曲線

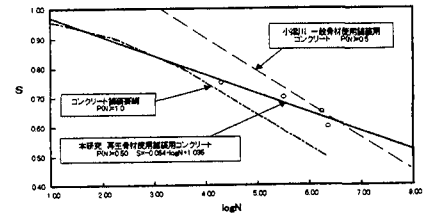


図-2 本研究および他研究者のS-N曲線

とコンクリート舗装要綱のS-N曲線を示す。図-2からわかるとおり、本研究のS-N曲線は、小梁川らのS-N曲線よりも低い傾きをしている。S-N曲線から得られる $P(N)=0.5$ のときの200万回疲労強度で比較すると、若干ではあるが本研究の方が低い値を示している。

(2) P-S-N曲線

本研究ではP-S-N曲線について、Weibull分布、McCall分布の解析を試みた。

a. McCall 分布 $P = 10^{-a \cdot S^b (\log N)^c} \dots (1)$

McCall は式(1)を提案している。定数 a、b、c を求めるには最小二乗法を用いた。その結果、本試験データで求めた係数を式(1)に代入するとP-S-N曲線は次式で表される。

$$P = 10^{-0.0058 \cdot S^{15.31} (\log N)^{5.691}} \dots (2)$$

b. Weibull 分布 $p = \exp\left\{-\frac{(x_i - x_0)}{\beta}\right\}^{\frac{1}{\alpha}} \dots (3)$

Weibull 分布関数は式(3)で表される。定数 α 、 β 、 μ を求めるために浜田らの研究によって提案された線形推定法を用いた。その結果、任意のデータに対する偏差 x_i が $x_i = \log Ni - (16.17 - 15.63 \cdot Si)$ であることを考えると式(3)は式(4)となる。ここで、得られた定数の信頼性を確かめるために、上記定数のWeibull分布関数と各破壊点の実測データを比較してみた。その結果を図-3に示す。図-3からわかるとおり、両者はほぼ一致しており、上記の定数の信頼性が高いことを示している。そこで、上記の定数を式(4)に代入するとP-S-N曲線は式(5)のように求まる。

$$P = \exp\left\{-\frac{(2.975 \log N - 46.49 \cdot S + 47.17)}{\beta}\right\}^{\frac{1}{\alpha}} \dots (5)$$

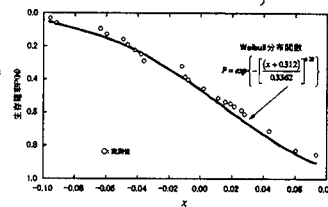


図-3 P(N)と偏差xの関係

(3) 200万回疲労強度の比較

表-2は、疲労解析において通常用いられている対数正規分布およびWeibull分布、McCall分布のそれぞれの200万回疲労強度を算出し比較したものである。表-2からわかるように、どの分布形を適用しても200万回強度にそれほど大きな差はみられないが、 $P(N)=0.50$ と0.98の差をとると、対数正規分布とWeibull分布は一致した値をとり、McCall分布は他よりも大きい値を示した。

表-2 200万回疲労強度				
コンクリートの種類	P(N)	分布形		
		McCall分布	Weibull分布	対数正規分布
再生骨材使用箇所用 コンクリート (本実験)	0.50	0.65	0.63	0.63
	0.60	0.59	0.60	0.61
	0.98	0.52	0.56	0.56
	算	0.13	0.07	0.07
普通骨材使用箇所用 コンクリート (小梁川)	0.50	0.66	0.74	0.64
	0.60	0.59	0.71	0.62
	0.98	0.46	0.67	0.56
	算	0.20	0.07	0.06

注) 算は $P(N)=0.50$ と 0.98 の差である

さらに、小梁川らの研究結果を同様に解析し、求めた200万回疲労強度の $P(N)=0.50$ と0.98の差を比較してみると、Weibull分布については同様の値を示し、対数正規分布については再生骨材の方が大きい値を示し、McCall分布については再生骨材の方が小さい値を示している。前述のように、再生骨材を使用するとばらつきが大きくなることから、Weibull分布と対数正規分布の示した傾向の方が妥当であると思われる。以上のことから、本研究の解析においてはWeibull分布と対数正規分布の適合性が比較的良好と言える。

4. まとめ

本研究の範囲内で明らかになったことは、今回用いた第1種再生骨材を用いたコンクリートの疲労強度は、普通骨材コンクリートに若干劣るものの大きな差は見られなかった。また、小梁川らが実験を行った普通骨材コンクリートの疲労強度のデータのばらつきと本実験で行ったデータのばらつきにも大きな差異が生じていないことが判明し、再生骨材が疲労強度に関して特に悪い影響を与えていないことがわかった。