

VII-304 コンクリート再生骨材を使用した舗装用コンクリートの曲げ疲労特性に関する研究

山口大学大学院（学生員） ○加藤康弘
 前田道路（株）（正会員） 小林良太
 山口大学工学部（正会員） 浜田純夫

1. まえがき

近年、建設副産物が増大し、その適切な処理が大きな課題になっている。その中で最も発生量の多いコンクリート塊は全発生量の48%が路盤材や埋め戻し材として利用されているものの残りの52%は廃棄されている。そのため、より付加価値の高い再生利用方法として、舗装用コンクリートの骨材への適用があげられる。

本研究はコンクリート副産物より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、既存の研究結果から得られる一般の舗装用コンクリートとの比較を行った。

2. 実験概要

表-1は使用したコンクリート再生骨材の性状を示したものである。このコンクリート再生骨材は建設副産物として発生したコンクリート塊にジョークラッシャとインパクトクラッシャによる一般的な一次と二次の再生処理を施した後、更に粗骨材からモルタル分を除去するために三次処理として実験用処理機による骨材同士のもみあわせ作用を加えて製造したものである。しかしながら、コンクリート再生骨材の周辺には除去できなかったモルタル分が残っているため、その比重は一般の骨材よりも小さく、吸水率は大きくなっている。また、不特定多数の建設副産物を原材料としているため、アスファルトコンクリート片等の異物が若干混入している。コンクリート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、一般細骨材を50%加えて粗粒率を2.7程度に補正して配合を行った。

表-1 コンクリート再生骨材の性状

項目	粒径(mm)	
	20~5	5~0
絶対比重	2.46	2.18
吸水率(%)	2.99	7.56
安定性(%)	5.8	7.0
すりへり減量(%)	19.0	—
洗い損失量(%)	0.3	5.7
モルタル付着量(%)	16.8	—
アスコン混入率(%)	6.5	—
粗粒率	—	3.37

用いた供試体は15×15×53cmの標準曲げ供試体である。供試体は打設後1日で脱型し、材齢28日まで20℃で水中養生を施し、その後疲労試験実施時まで90~180日間気中養生を行った。疲労試験は周波数5Hzの正弦曲線変化で、応力レベルS（繰返し最大応力/静的強度）は、0.80, 0.75, 0.70, 0.65, 0.60, 0.55とし、下限応力はすべて0.05とした。静的強度は各バッチ3本の供試体による平均値とした。また、繰返し回数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。載荷方法は静的強度試験および疲労試験共にスパン45cmの2点支持2点載荷とした。

3. 実験結果と考察

3.1 静的強度のばらつき 本研究では静的強度のばらつきを調べるため、配合条件と単位粗骨材容積を同一として普通骨材を使用した舗装用コンクリート供試体も作製した。その結果、静的強度のばらつきは変動係数が普通骨材使用のものが5.7%、コンクリート再生骨材使用のものは5.6%となった。このことから、今回使用した再生骨材は静的強度のばらつきに影響を与えていないと考えられる。

3.2 S-N曲線 図-1は本研究において得られたコンクリート再生骨材を使用した舗装用コンクリートのS-N曲線を、小梁川らの研究¹⁾の普通骨材を使用した舗装用コンクリートのS-N曲線(P(N)=0.5)とコンクリート舗装要綱のS-N曲線(P(N)=1.0)とを比較したものである。ここでNは破壊までの繰返し回数、P(N)は生存確率である。なお、小梁川らのデ

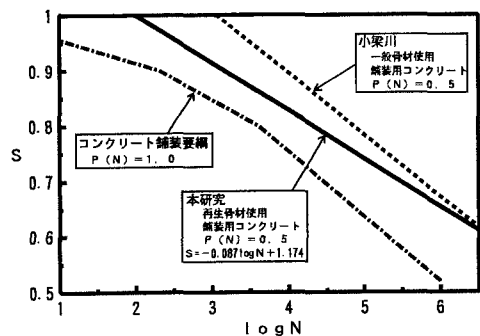


図-1 本研究および他研究者のS-N曲線

ータについては、今回の試験条件に近い粗骨材最大寸法が20mm以下で、下限応力が0%の場合のデータのみを使用した。図-1からわかるように、コンクリート再生骨材を使用した舗装用コンクリートのS-N曲線は小梁川らのS-N曲線よりも低い傾きを示しているが、コンクリート舗装要綱のS-N曲線よりも高い値を示している。また200万回疲労強度を応力レベルSでみれば普通骨材を使用した舗装用コンクリートの場合は0.64、コンクリート再生骨材を使用した舗装用コンクリートの場合は0.63であった。

3.3 P-S-N曲線 ある生存確率P（一般にはP(N)=0.50)に対するS-N曲線が与えられていれば、一つの方程式でP-S-N関係式が表され、さらに各破壊点とS-N曲線とのN軸方向の偏差に関する統計分布が求められる。その場合、Nの偏差の分布がS-N曲線によって与えられるNから独立していると仮定すれば、S-N曲線からの全ての偏差が同じグループに属することになり、大きな分布変数が得られる。

本研究ではMcCall分布とWeibull分布により本試験のP-S-N曲線を求め、P(N)=0.50, 0.86, 0.98のときの200万回疲労強度について、対数正規分布による解析結果との比較を試みた。

a) Weibull分布: Weibull分布関数は偏差を x_i とすれば次式で表される。

$$P(i) = \exp \{ -(x_i - x_0) / \beta \}^{1/\alpha}$$

ここで本実験の任意のデータに関する偏差 x_i が $x_i = \log N_i - (13.49 - 11.49S_i)$ であることを考え、線形推定法により解析すると、次に示す α, β, x_0 が得られた。

$$\alpha = 0.186, \quad \beta = 0.323, \quad x_0 = -0.293$$

b) McCall分布: McCallは無筋コンクリートの曲げ疲労試験結果から、P-S-N曲線として次式を提案している。

$$P(i) = 10^{-a \cdot S_i^b \cdot (\log N_i)^c}$$

ここで、本実験より求められた定数a, b, cは $a=0.000226, b=14.7, c=7.30$ となった。

表-2はWeibull分布とMcCall分布および対数正規分布における200万回疲労強度を比較したものである。Weibull分布とMcCall分布の場合の200万回疲労強度は前述の通り求めたP-S-N曲線から、対数正規分布の場合はS-N曲線の偏差から求めたものである。表-2からわかるように、疲労寿命が極値に近づくほど200万回疲労強度は小さな値を示している。

表-2 200万回疲労強度

コンクリートの種類	P(N)	分布形		
		Weibull分布	対数正規分布	McCall分布
再生骨材使用 舗装用コンクリート (本研究)	0.50	0.63	0.63	0.65
	0.86	0.59	0.57	0.59
	0.98	0.55	0.52	0.53
普通骨材使用 舗装用コンクリート (小梁川)	0.50	0.64	0.64	0.68
	0.86	0.59	0.62	0.59
	0.98	0.52	0.58	0.48

また、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かったが、P(N)=0.5付近においてWeibull分布と対数正規分布では再生骨材の有無に関わらずほぼ一致した値を示している。一方、McCall分布はP(N)を小さい値順に見てみると、その減少割合が他の分布形より比較的大きくなっている。一般に疲労寿命の解析を行う場合には、対数正規分布を適用しても差し支えないとされているが、疲労寿命の極値を解析する場合には、極値における信頼性が高いWeibull分布を適用することが望ましいと考えられる。

4. 結論

本研究の範囲内では、コンクリート再生骨材(1種)を使用した舗装用コンクリートの疲労強度は普通骨材を使用した舗装用コンクリートより若干劣るものの、舗装用コンクリートとしては適用可能なものであると考えられる。また、普通骨材を使用した舗装用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のデータのばらつきの比較を行った結果、僅かであるがコンクリート再生骨材を使用したものの方が大きくなった。これは性状のばらつきが大きいコンクリート再生骨材の使用が影響したものと考えられる。

参考文献: 1) 小梁川 雅・国府勝郎・福田 正: コンクリート舗装用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年。