コンクリート再生骨材の舗装用コンクリートへの適用に関する研究

山口大学工学部　学生員　○春野義則
前田道路（株）　正会員　加藤康弘
山口大学工学部　正会員　浜田純夫
山口大学工学部　正会員　松尾栄治

1. まえがき

本研究は、コンクリート塊の再生利用法の一つとして、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。わが国の舗装設計法において曲げ疲労特性が重要な役割を担っているため、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行い、既往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

コンクリート再生骨材は、建設省が発表した使用基準案で品質により粗骨材が３種類、細骨材が２種類に区分されている。表-１は、本研究で使用したコンクリート再生骨材の諸物性値を示したものである。この再生骨材は、建設副産物として発生したコンクリート塊を試験的に再生処理したもので、粗骨材の品質は基準案の中でも最も品質がよいとされている１種と中間的な品質である２種に相当している。細骨材は、１種および２種の再生粗骨材製造時に得られたものをそのまま再生細骨材として使用したが、品質の面から両者とも２種に相当するものであり、粒度が粗く単体ではコンクリート用骨材に適さないため、一般細骨材を50%加えることにより粗粒率を共に2.7程度に補正して使用した。

表-１　コンクリート再生骨材の諸物性値

項目＼粒径(mm)	１種再生骨材		２種再生骨材	
	20～5	5～0	20～5	5～0
絶乾比重	2.46	2.18	2.38	2.15
吸水率（%）	2.99	7.56	4.07	8.76
安定性（%）	5.8	7.0	14.9	9.7
すりへり減量（%）	19.0	－	22.2	－
骨材破砕値（%）	27.9	－	33.6	－
モルタル付着量（%）	16.8	－	23.5	－
アスコン付着量（%）	6.5	－	9.2	－
粗粒率	－	3.37	－	3.19

2.2 試験概要

用いた供試体は15×15×53 cmの標準曲げ供試体である。供試体は材齢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100～430日間気中養生を行った。疲労試験に先立って各練混ぜバッチごとの静的強度を測定し、これを同一バッチから作製した疲労試験用供試体の基準強度とみなした。また、疲労試験において載荷応力と時間との関係には周波数５ Hz の正弦曲線変化を採用した。上限応力比は共に 0.80～0.55 の範囲で６段階とし、下限応力比はすべて 0.10 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は、試験を途中打ち切りとした。載荷方法はスパン 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

本研究では舗装用コンクリートの静的強度のばらつきを調べるため、配合条件を同一とした一般骨材を使用した舗装用コンクリートと比較した。その結果について、静的強度のばらつきを変動係数で比較すると、一般骨材使用のものとコンクリート再生骨材（１種，２種）使用のものの差はほとんどみられなかった。このことより、本研究で使用したコンクリート再生骨材（１種，２種）は静的強度のばらつきに影響を与えていないと判断できる。

3.2 S-N 曲線

表-２は、本試験結果及び小梁川らの行った一般骨材使用舗装用コンクリートの研究結果から求めたS-N曲線式と200万回疲労強

表-２　本研究と小梁川らのS-N曲線式、200万回疲労強度、σ(S-N)

コンクリート	使用骨材	S-N 曲線（P(N)=0.5）	200万回疲労強度	σ(S-N)
普通コンクリート	一般骨材	S=-0.082•logN+1.133	0.62	0.732
（舗装用）	１種再生骨材	S=-0.091•logN+1.093	0.52	0.614
	２種再生骨材	S=-0.061•logN+0.893	0.51	0.547

度およびσ(S-N)を示したものである。ここで、小梁川らの研究結果では本試験の実験条件に近いデータを選定して同様の解析を行った。また、疲労強度は下限応力の大きさに影響することが知られているので、下限応力を０％で試験した小梁川らの試験結果に対して修正Goodman 線図を用いて下限応力を本研究と同様の基準強度の10%に修正を行うことにより求めた。図-１は本研究で得られたそれぞれのコンクリートのS-N曲線を、一般骨材使用の舗装用コンクリートの S-N 曲線と比較したものである。図からわかるように、使用骨材が一般骨材から１種、２種の再生骨材の順に、S-N曲線の傾きは低下している。これは骨材のモルタル付着量に関係していると考えられる。コンクリート再生骨材にはモルタルが付着しており、それぞれモルタル付着量が異なるために品質自体が一定せず、結果としてコンクリート供試体としての骨材同士のかみ合わせに影響を及ぼしており、そのため基本的にモルタル付着量の多い２種再生骨材使用のもののS-N曲線が、もっとも傾きも切片も小さくなったと考えられる。

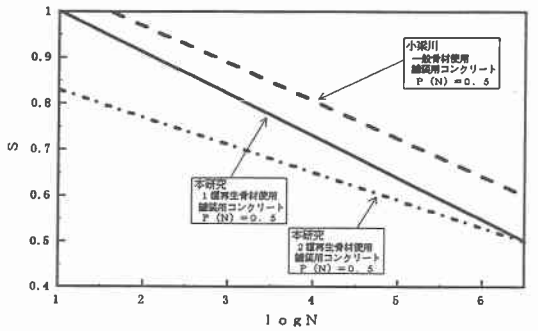

図-１　本研究及び他研究者のS-N曲線

表-２の疲労寿命のばらつきは、一般骨材使用の供試体の方が小さな値を示している。これは本試験結果の方が長期材齢の供試体を使用しており、強度が安定していたためと考えられる。このことより、舗装用コンクリート版の疲労寿命のばらつきについてはコンクリート再生骨材の使用が及ぼす影響は小さいと判断できる。

3.3 P-S-N曲線

コンクリートの疲労寿命分布がどのような理論分布への近似およびその寿命の平均値やばらつきの大きさを検討は一般にP-S-N関係式を求める必要が生ずる。

本研究では、一般的にコンクリートの疲労寿命の解析に用いられる対数正規分布に加えWeibull分布およびMcCall分布を用いて疲労寿命の解析を行った。

a)Weibull分布：偏差をχ_iとすれば、Weibull分布関数は次式で表される。

$$P(x_i)=\exp\left[\left\{-\left(x_i-x_0\right)/\beta\right\}^{1/\alpha}\right]$$

ここで、α, β, χ_0は実験から求まる定数

b)McCall分布：McCallは、無筋コンクリートの曲げ疲労試験を行い次式で示すような独自の数学的モデルを提案している。

$$P = 10^{-a\cdot S^{b}\cdot(\log N)^{c}}$$

ここで、a, b, cは実験より求まる定数
Sは応力振幅，Pは生存確率

表-３はそれぞれの分布関数についての生存確率が0.98, 0.86および0.50の200万回疲労強度を示したものである。いずれの分布関数を用いても200万回疲労強度にはほとんど差はみられなかった。

表-３　生存確率と200万回疲労強度

分布関数 ＼ 生存確率		0.98	0.86	0.50
Weibull	１種再生骨材	0.40	0.47	0.54
	２種再生骨材	0.42	0.47	0.51
	一般骨材	0.47	0.52	0.63
McCall	１種再生骨材	0.42	0.49	0.55
	２種再生骨材	0.44	0.49	0.53
	一般骨材	0.43	0.54	0.63
対数正規	１種再生骨材	0.41	0.46	0.52
	２種再生骨材	0.44	0.47	0.51
	一般骨材	0.47	0.54	0.62

4. 結論

１)コンクリート再生骨材(１種，２種)は静的および疲労強度のばらつきに影響を与えていない。

２)舗装用コンクリートの疲労強度はモルタル付着量が多くなるほど低下する。

３)それぞれの分布関数を用いて求めた200万回疲労強度にはほとんど差はみられない。