

空隙率を変化させたポーラスコンクリートの疲労強度

岐阜工業高等専門学校 正会員○中澤 里
高知工業高等専門学校 正会員 横井克則
阿南工業高等専門学校 正会員 天羽和夫

1. はじめに

地球規模で環境問題が深刻化している今日、コンクリートに力学的な性能だけでなく、環境保全や自然との調和を図る機能も求められるようになった。そこで注目されたのがポーラスコンクリートである。現在、ポーラスコンクリートの強度特性については研究が進められ、水口らはポーラスコンクリートの配合要因と強度との関係について報告している[1]。しかし、舗装などを想定した繰返し荷重に対する特性の研究はまだ行われておらず、的確に把握されているとはいえない。そこで本研究では、空隙率などを変化させたポーラスコンクリートの疲労特性について調査、検討を行った。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合要因

実験条件はポーラスコンクリートの空隙率と骨材の最大寸法とし、配合を行った。各ポーラスコンクリートの配合は表-1に示すように、水セメント比を26%の一定として、目標空隙率が15%、20%、25%および30%になるように行った。また、川砂利の最大骨材寸法は表-1に示す2種類に分けて実験を行った。普通コンクリートの細骨材には川砂、粗骨材には石灰石を使用した。

表-1 ポーラスコンクリートの配合

供試体名	空隙率 (%)	粗骨材	最大骨材 寸法(mm)	W／C (%)	単位量 (kg/m³)		
					W	C	G
NC	5	石灰石	10	35	182	520	790
PC-15 L	15	川砂利	15	26	117	450	1580
PC-20 L	20		10		96	370	1570
PC-15 S	15				117	450	1580
PC-20 S	20		15		96	370	1570
PC-25 L	25	石灰石			117	450	1880
PC-30 L	30				96	370	1270

2.2 実験方法

供試体として、空隙率が15%、20%、25%および30%のポーラスコンクリートを作製した。コンクリートの練り混ぜは2軸強制練りミキサを使用し、練り混ぜ時間は全材料投入後2分間とした。供試体は全てφ10×20cmの円柱型枠にコンクリートを2層に打ち込み、各層10回ずつ突き棒で突き、テーブルバイブレーターで1分間締め固めた。なお、所定の空隙率とするため、供試体1体当たりの質量を理論的に求め、各供試体ごとに所定量を測定しながら打設した。打設後、セメントペーストによるキャッピングを施し、24時間後に脱型、以後、湿潤養生（温度20±1℃）で14日間保管した。

載荷は、まず任意に抽出した各コンクリート供試体3個の最大圧縮荷重を求め、残りの供試体を疲労試験に供した。目標疲労載荷荷重の上限値、下限値は最大圧縮強度を基に、適宜、変化させて試験を行った。載荷周波数は10Hzとした。また、繰返し載荷は、供試体が破壊するまで連続して行ったが、繰返し載荷回数が100万回を超えれば供試体が破壊しなくても疲労試験を終了し、圧縮強度試験により残存強度を求めた。

3. 実験結果および考察

疲労試験により得られた応力比S（載荷上限応力／圧縮強度）と載荷回数N（疲労寿命：log N）との関係について、図-1にポーラスコンクリートの空隙率を変化させた結果を、図-2にポーラスコンクリートの骨材寸法を変化させた結果を示す。

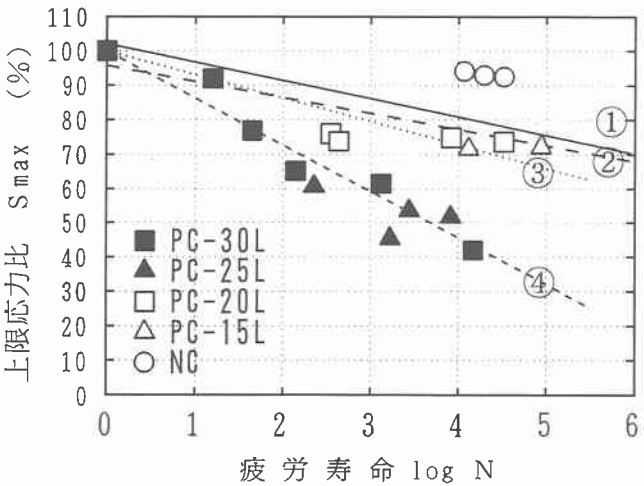


図-1 S-N曲線（空隙率の影響）

3.1 空隙率の影響 図-1の普通コンクリート(NC)について、阪田ら[2]や(図中①)、J.C.Antrimら[3]のS-N曲線(図中②)と比較すると、これらより上方にプロットされており、両氏の供試体より疲労強度は大きく安全側となった。ポーラスコンクリートについては、空隙率15%と20%および空隙率25%と30%とでは、ほぼ同様な結果となっているが、空隙率15%および20%の方(図中③)が空隙率25%および30%のS-N曲線(図中④)より下方に位置していることから、コンクリートの空隙率の増加に伴って同一載荷回数における疲労強度は低下することが分かった。本実験では骨材に川砂利と石灰石を用いたため同一の骨材ではなく、骨材粒形の違いによる影響があると考えられるが、今回は空隙率の違いについてのみ着目し検討を行った。

また、繰返し載荷回数が100万回を超えても供試体が破壊しない場合は圧縮強度試験により残存強度を求めたが、ポーラスコンクリートの場合、圧縮強度にバラツキがあるため、残存強度が載荷荷重よりもはるかに大きい場合には破壊していなかった。すなわち、載荷上限強度が残存強度の約50%に満たない場合には、供試体はほとんど破壊しなかった。

3.2 骨材寸法の影響 図-2から、空隙率は同じでも骨材の寸法が小さいPC-SのS-N曲線(図中⑤)の方が、PC-Lのもの(図中⑥)よりも上方に位置しており、骨材寸法が小さい方が同一載荷回数における疲労強度は大きくなっていることが分かった。ここで注目したいのは、空隙率15%のPC-Lの位置より、空隙率20%のPC-Sの方が上方に位置している点である。すなわち、空隙率は大きくても骨材の最大寸法が小さければ疲労強度は大きくなっている。これは、骨材と骨材の接点数の違いによると考えられる。

3.3 S-N曲線の傾き 各コンクリートのS-N曲線の傾きを算定し、その結果を表-2に示す。S-N曲線の傾きは疲労強度の大きさを表すものであり、値が大きい場合ほど疲労強度が小さいといえる。表-2からも分かるように、普通コンクリートのS-N曲線の傾きが最も小さく、空隙率が増加するに従って傾きが大きくなった。これは、ポーラスコンクリートは細骨材を使用していないので骨材同士の結合力が小さく、点と点の結合構造となり、1つの結合体が破壊すれば連続して破壊するためであると考えられる。また、PC-LとPC-SではPC-Lの傾きの方が大きいことから、骨材寸法の大きいポーラスコンクリートほど疲労強度は小さくなることがわかった。

4. まとめ

- (1) ポーラスコンクリートの疲労特性をS-N曲線で示すことができた。
- (2) ポーラスコンクリートの疲労強度は、空隙率の増加に従って低下し、また、S-N曲線の傾きは、骨材寸法が小さいほど低下した。

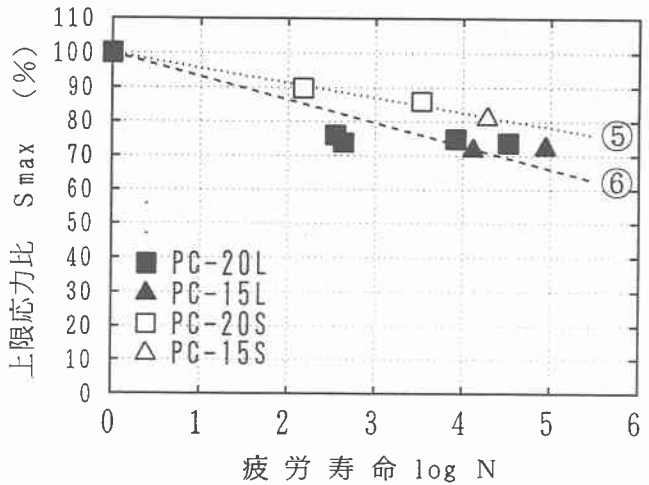


図-2 S-N曲線(骨材寸法の影響)

表-2 S-N曲線の傾き

コンクリートの種類	S-N曲線の傾き ($S_{max}(\%) / \log N$)
NC(阪田式)	-5.2
NC(Antrim式)	-4.7
NC	-1.6
PC-15L	-6.0
PC-20L	-5.9
PC-15S	-4.5
PC-20S	-4.1
PC-25L	-13.5
PC-30L	-15.4

参考文献 [1] 水口, 天羽ほか: ポーラスコンクリートの配合要因と強度との関係, 自然環境との調和を考慮したエココンクリートの現状と将来展望に関するシンポジウム論文報告集, pp. 31-35, 1995. [2] 阪田ほか: 統計的処理によるコンクリートの疲労寿命に関する研究, 土木学会論文報告集, No. 198, pp. 107-114, 1972. [3] Antrim, J.C. et: Fatigue study of air-entrained concrete, Jour. of ACI, Vol. 56, pp. 1173-1182, 1959.