

フライアッシュコンクリートの気中疲労強度特性

高知高専 学生会員 ○森下将樹 高知高専 学生会員 田村大地
高知高専 正会員 横井克則 高知高専 正会員 近藤拓也

1. はじめに

我が国では全国的に石炭火力発電所の稼働率が高まっており、副産されるフライアッシュの量が増加している。このような背景のもと、本研究室において、フライアッシュを細骨材補充材として使用するための検討が継続的に実施されてきた。また、土木学会四国支部からは、フライアッシュを結合材として用いたコンクリートの配合設計・施工指針もまとめられている。しかし、フライアッシュコンクリートの疲労強度に関しては未だ不明な点が多いのが現状である。そこで、本研究では、フライアッシュコンクリートの疲労破壊に焦点を当て実験を行い、フライアッシュを細骨材補充材及び結合材として用いたコンクリートの疲労特性を検討した。

2. 実験方法

2.1 使用材料及び供試体の配合

本研究で使用したセメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm³、比表面積 3,330cm²/g)、高炉セメント B 種(密度 3.04g/cm³、比表面積 3,940cm²/g)を使用した。細骨材には、砂岩砕砂(密度 2.58g/cm³、吸水率 1.67%)を使用し、粗骨材には、砂岩砕石(密度 2.63g/cm³、吸水率 0.86%)を使用した。粗骨材の最大寸法は 20mm である。フライアッシュ II 種(密度 2.29 g/cm³、比表面積 3,260cm²/g)を結合材として使用し、混和剤には、JIS A 6204 に適合したリグニンスルホン酸系の AE 減水剤及び AE 調整剤を使用した。配合表を表-1 に示す。

2.2 疲労試験方法

各配合において、疲労試験で用いる基準強度を決定するために JIS A 1108 「コンクリートの圧縮強度試験方法」に基づいて圧縮強度試験を実施した。求めた基準強度をもとに疲労試験で用いる正弦波荷重の上限値と下限値を決定した。基準強度と疲労試験で作用させた正弦波荷重の設定値を表-2 に示す。疲労試験は振動数を 10Hz、目標サイクル数を 2×10⁶ 回に設定し実施した。設定した繰り返し回数を達成し、破壊に至らなかった供試体については JIS A 1108 「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて残存強度の測定を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 S-N 線図及び残存強度

本研究では、コンクリートの疲労強度設計の基礎となる S-N 線図を作成した。S-N 線図は、縦軸に普通目盛で繰り返し応力あるいはその静的強度に対する最大の応力比 S、横軸に繰り返し回数を対数でプロットした片対数グラフである。作成した S-N 線図の 1 つと残存強度を図-1 及び図-2 に示す。標準示方書から逆算して得られる普通コンクリートの S-N 線図と本研究で作成したコンクリートの S-N 線図を比較してみると、配合によってバラツキがみられるものの、すべての配合で普通コンクリートと大差ない直線関係を示した。ここ

表-1 配合表

| 配合名 | W/C (%) | W/B (%) | s/a (%) | 単体量 (kg/m ³) | | | | | 混和剤 (cc/m ³) | |
|-----------|---------|---------|---------|--------------------------|-----|-----|------|-----|--------------------------|------|
| | | | | W | C | 細骨材 | FA | 粗骨材 | 減水剤 | 調整剤 |
| N47FA0 | 47 | 47 | 48 | 172 | 362 | 796 | 0 | 940 | 1005 | 861 |
| N60FA20 | 75 | 60 | | | 229 | 849 | 57 | 930 | 459 | 1376 |
| BB47FA0 | 47 | 47 | | 167 | 353 | 799 | 0 | 946 | 1251 | 834 |
| BB60FA20 | 75 | 60 | | | 223 | 855 | 56 | 937 | 445 | 1336 |
| N60 | 60 | 60 | | 172 | 287 | 854 | 0 | 940 | 1003 | 573 |
| N60FA II | | | | | 769 | 75 | 1147 | | 1433 | |
| BB60 | | | | 167 | 278 | 860 | 0 | 946 | 696 | 835 |
| BB60FA II | | | | | | 774 | 75 | | 835 | 1392 |

表-2 基準強度及び疲労試験の設定

| 配合名 | 基準強度 (N/mm ²) | 正弦波荷重平均値 (%) | 振幅 (%) | 本数 (本) |
|-----------|---------------------------|--------------|-----------|--------|
| N47FA0 | 46.4 | 42.5~52.5 | 32.5~52.5 | 8 |
| N60FA20 | 40.7 | 40~52.5 | 30~42.5 | 7 |
| BB47FA0 | 53.5 | 40~47.5 | 30~37.5 | 8 |
| BB60FA20 | 43.1 | 42.5~52.5 | 32.5~42.5 | 7 |
| N60 | 44.1 | 35~52.5 | 25~42.5 | 8 |
| N60FA II | 63.1 | 35~40.9 | 25~30.9 | 7 |
| BB60 | 44.4 | 25~52.5 | 15~42.5 | 7 |
| BB60FA II | 42.2 | 40~52.5 | 30~42.5 | 8 |

で、最も基準強度が高かった N60FA II の配合で、普通コンクリートに比べ疲労強度が小さくなるという結果が得られた。これについては、高強度コンクリートの疲労強度は普通強度コンクリートより低下するという報告²⁾もあることから、N60FA II の圧縮強度が高いため、疲労強度が小さくなったと考えられる。残存強度については、すべての配合で基準強度を上回る結果となった。2×10⁶回の繰り返し回数を達成した供試体の特徴として、载荷させた応力が達成しなかった供試体に比べて小さかったことが挙げられる。小さい応力を作用させたことにより、適度な持続载荷で強度が向上する場合と同じようにコンクリートの高密度化が起き、すべての配合で基準強度を上回る結果となったと考えられる³⁾。

3.2 定数 K

コンクリートの設計疲労強度は、一般に、疲労寿命 N と永続作用による応力度の関数によって求められる。その関数の一つに定数 K があり、標準示方書では、K=17(一般の場合)が定められている。本研究で得られた結果を用いて、繰り返し回数と応力比の関係を一変式で示し、その傾きより、求めた定数 K を図-3 に示す。フライアッシュ無混入の供試体を基準にして比較を行うと、普通ポルトランドセメントを用いた配合では基準値を下回り、高炉セメントを用いた配合では基準値を上回る結果となった。また、フライアッシュを細骨材補充材として用いた配合と比較して、フライアッシュを結合材として用いた配合の方が求めた定数 K の値が高い傾向がみられた。しかし、本研究の範囲では同じ配合、同じ条件で疲労試験を実施しても、試験結果にバラツキがみられた。よって、今後もさらにデータの蓄積が必要である。

4. まとめ

本研究では、フライアッシュを結合材または細骨材補充材として混入させたコンクリートは普通コンクリートと大差ない疲労寿命を示した。さらに、フライアッシュを結合材として用いた配合は、フライアッシュを細骨材補充材として用いた配合に比べて疲労強度は高い傾向がみられた。また、残存強度については、すべての配合で基準強度を上回る結果となった。

[参考文献]

- 1) 芝ら：フライアッシュ II 種・IV 種を細骨材補充材として用いたコンクリートの耐久性、土木学会第 71 回年次学術講演会、V-535、2016。
- 2) 林ら：高強度コンクリートの圧縮疲労寿命について、土木学会第 53 回年次学術講演会、V-479、1998。
- 3) A. M. Neville 著、三浦尚訳：ネビルのコンクリートバイブル、技報堂出版株式会社、p.426、2004。

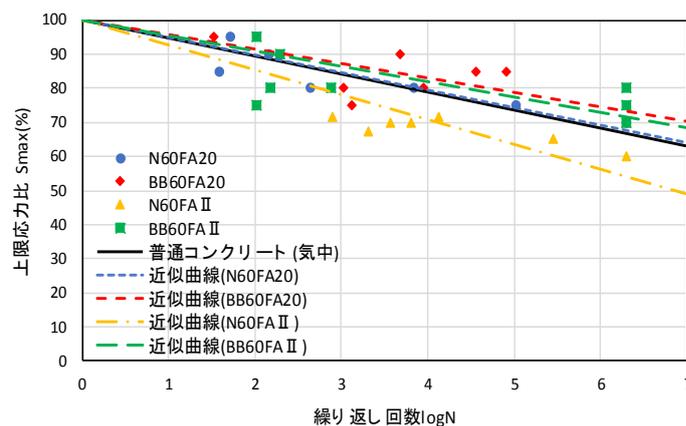


図-1 S-N 線図

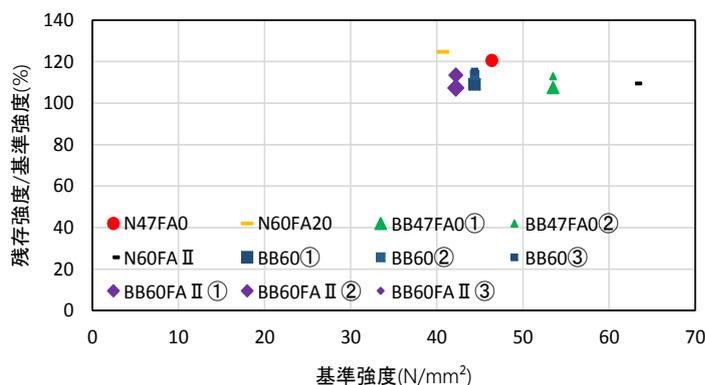


図-2 残存強度

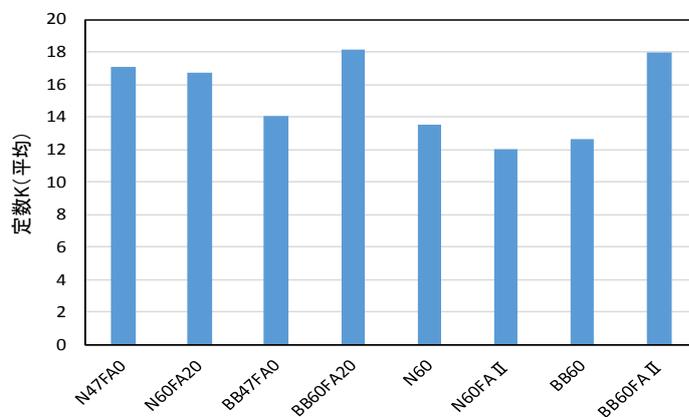


図-3 定数 K