

凍結融解作用を受けた混和材を含む RC はりの疲労耐久性について

山口大学大学院 学生会員 ○内海 天翼
 山口大学大学院 学生会員 本吉 晃大
 山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1 はじめに

近年，社会インフラを支える土木構造物の劣化・老朽化が社会問題となっており，その一因として疲労が挙げられる．コンクリート構造物の疲労耐久性を向上させる一つの手段として混和材が用いられている．また，混和材はコンクリートの組織構造を緻密化させ，劣化因子（水・塩分等）の侵入を防ぐことが期待されている．しかし，各種混和材を用いたコンクリートと微細構造の関係性を検証し，疲労耐久性を評価した研究があまりされていない．

そこで本研究では，様々な混和材を用いたコンクリートの細孔分布試験を行い，凍結融解下における RC はり部材の疲労耐久性との関連性を評価することを目的とする．

2 配合条件と材料特性

2.1 試験材料および配合条件

本研究ではレディーミクスコンクリートを使用した．コンクリートの配合条件を表-1 に示す．混和材には高炉スラグ微粉末（以下 B），フライアッシュ（以下 F），シリカフューム（以下 S），耐塩害用混和材（以下 C）を使用した．水粉体比（W/P）を 55%とし，混和材のセメントに対する質量置換率を内割で 0（Con.），10%とした．細骨材には産地の異なる 3 種類（S1，S2，S3），粗骨材には 20～15mm（G1）と

15～5mm（G2）を使用した．スランプ値は 8cm 以上，空気量は $4.5 \pm 1.5\%$ となるよう化学混和剤を用いて調整した．本研究では，実機ミキサ（ 3.0m^3 ）で混練し，コンクリートミキサー車で実験室まで運搬した．

2.2 細孔分布試験

本研究では水銀圧入法により細孔分布を測定した．材齢 91 日以上でコンクリート供試体（ $\phi 100 \times 200\text{ mm}$ 円柱供試体）を各配合 1 体ずつ 5 mm 角程度に破碎し，アセトン浸漬と D-dry により水和停止させた試料を用いて実施した．

累積細孔容積比を図-1 に示す．配合 Con，B，F の累積細孔容積が最も大きいのは $0.1 \sim 0.01\text{ }\mu\text{m}$ であり，特に配合 F は非常に大きい．また配合 Con・B は，細孔分布が類似しており，高炉スラグ微粉末の使用は基準コンクリートと同様の細孔構造を得られると考えられる． $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 以下の細孔容積比に着目すると，基準配合 Con に比べていずれの混和材を用いたコンクリートでも大きく，配合記号 $\text{Con} < \text{B} < \text{F} < \text{S} < \text{C}$ の順で細孔容積比が大きくなった．配合 S・C は超微粉体の混和材であるためコンクリートを緻密化させることができる．その結果， $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 以上の細孔空隙を減少させ， $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 以下の細孔空隙が増加した．

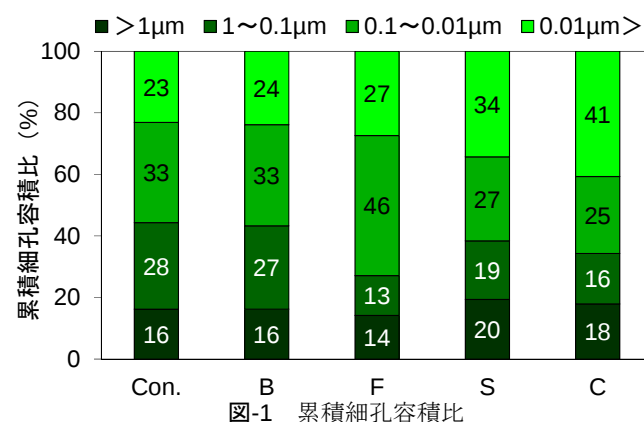


表-1 配合条件

ID.	単位量 (kg/m ³)							
	W	OPC	Ad.	S1	S2	S3	G1	G2
Con.	164	299	0	362	181	362	571	381
B	164	269	30	361	180	361	571	381
F	164	269	30	357	179	357	571	381
S	164	269	30	357	179	357	571	381
C	164	269	30	358	179	358	571	381

キーワード 混和材，凍結融解，曲げ疲労，累積細孔容積比

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL0836-85-9306

3 RC はりの曲げ疲労試験

3.1 RC はり部材の諸元

本研究で使用した RC はり部材の模式図を図-2 に示す。各供試体につき 1m 長の異形鉄筋 D13 (SD345) を 4 本用いた。本研究では、打設後 2~3 日型枠を装着したまま湿潤マットを被せて静置した。硬化後に脱型を行い、養生フィルムを全体に覆った上で、材齢 91 日以上となるまで養生を行った。材齢 91 日以上で養生フィルムを除去し、凍結融解状態となるよう、凍結状態 16 時間、融解状態 8 時間を 150, 200, 300 サイクル行い、各配合 1 体ずつ準備した。

3.2 試験方法

図-2 に示すようにスパン長 1000mm および載荷点間距離 300mm の RC はり部材を用いて繰返し載荷速度 3Hz で曲げ疲労試験を行った。曲げ疲労試験の上限荷重は、基準配合 Con の終局耐力（平均値）の約 80%，下限荷重は約 20% として破壊するまで繰返し載荷を行った。

3.3 試験結果

凍結融解状態の曲げ疲労試験の結果を図-3 に示す。配合 B, C は傾向が類似しており、ともにサイクル数が増加するごとに疲労回数が減少した。配合 Con, F, S は疲労回数が最小のものが 150 サイクルであり、サイクル数が増加した方が疲労耐久性は増している。特に配合 F, S は、疲労回数が最大値になったものが

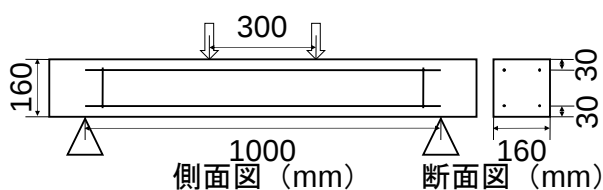


図-2 RC はり部材の模式図

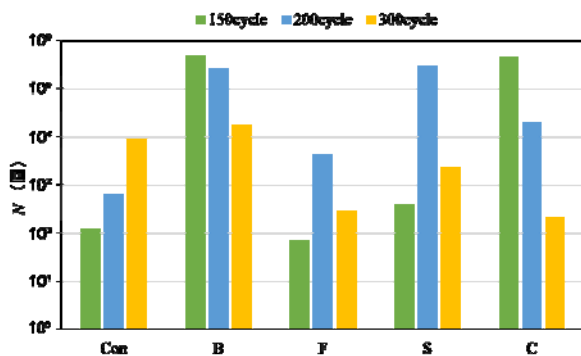


図-3 凍結-融解サイクルと疲労回数

200 サイクルであり、配合 S が 5 配合の中で 200 サイクルの疲労回数が最大になった。

4 細孔分布と疲労試験の相関性

細孔容積比と疲労回数の相関性を図-4 に示す。疲労耐久性が高い配合 B は細孔容積比が他の 4 種類と比較してばらつきが少なく、疲労耐久性の低い配合 F ではばらつきが大きくなっている。これにより累積細孔容積比の各比率が均等であるほど、平均疲労耐久性が大きくなると考えられる。

また、配合 F, S, C の累積容積比は他の 2 種類と比較して $0.1 \sim 0.01 \mu\text{m}$ の割合が高くなっており、この 3 種類の 300 サイクルでの疲労耐久性が低い値を示している。この結果より、より緻密な組織構造のほうが凍結融解作用の影響を強く受けると考えられる。しかし、 $0.01 \mu\text{m}$ 以下では細孔容積比と疲労回数は正の相関性を示しているのに対し、 $0.1 \sim 0.01 \mu\text{m}$ では負の相関性を示し、他と比べ大きな相関性を示しているため、 $0.1 \sim 0.01 \mu\text{m}$ の細孔容積比の割合がより強い影響を及ぼすものと考えられる。特にフライアッシュ (F) コンクリートは $0.1 \sim 0.01 \mu\text{m}$ の細孔容積の割合が比較的大きく、疲労耐久性の低下の一因と考えられる。

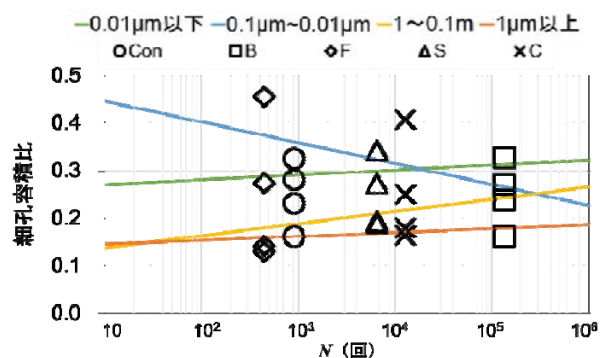


図-4 細孔容積比と疲労回数の相関

5 まとめ

- (1) 混和材を使用することにより疲労耐久性の向上はみられたが、凍結融解作用下での各種混和材の効果は大きく異なる。
- (2) 累積細孔容積比が均等である RC はりの疲労耐久性は平均的に高くなる傾向にある。
- (3) 細孔容積比と疲労回数をみると、 $0.1 \sim 0.01 \mu\text{m}$ の容積のみ負の相関性を示した。 $0.1 \sim 0.01 \mu\text{m}$ の容積の割合が多いフライアッシュを用いた RC はりの疲労耐久性の低下の一因と考えられた。