

各種混和材を用いた鉄筋コンクリート（RC）はり部材の曲げ疲労耐久性

山口大学大学院 学生会員 本吉 晃大
 株式会社大林組 正会員 井上 駿
 山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1 はじめに

社会インフラを支える土木構造物の劣化・老朽化の一因として、疲労による損傷が挙げられる。これからの土木構造物は、長期耐久性を確保するために疲労耐久性を向上させる必要がある。また、コンクリートがおかれる実環境では様々な環境劣化作用が起こるため、その抵抗性能を向上できる混和材の使用は効果的である。

これまで、RCはり部材の曲げ疲労試験は様々な条件下で行われ評価方法が検討されてきた。しかし、同条件下で各種混和材を用いた RC はり部材の曲げ疲労試験を行い、疲労耐久性を評価した研究はみられない。そこで、本研究では各種混和材を用いて RC はり部材を作製し、乾燥・湿潤状態で曲げ疲労試験を実施するとともに、その評価方法について検討した。

2 試験条件および材料特性

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）、シリカフェーム（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

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

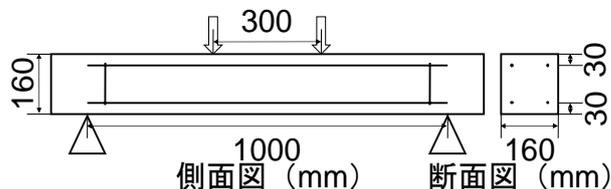


図-1 RC はり部材の模式図

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±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（3.0m³）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。

3 RC はりの曲げ疲労試験

3.1 RC はり部材の基本情報

本研究で使用した RC はり部材の模式図を図-1 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はずし、乾燥状態となるよう室内で静置した各配合 5~6 体、湿潤状態となるよう長期間 20°C の水中に浸漬させた各配合 3 体とした。

3.2 試験方法

図-1 に示すようにスパン長 1000mm および荷点間距離 300mm の RC はり部材を用いて繰返し荷重速度 3Hz で曲げ疲労試験を行った。曲げ疲労試験の上限荷重は試験条件（乾燥・湿潤）によらず、基準配合 Con. の終局耐力（平均値）の約 80%、下限荷重は約 20% とした。乾燥状態の曲げ疲労試験は最大 50 万回まで荷重を行い、湿潤状態の曲げ疲労試験は破壊するまで荷重を行った。

3.3 試験結果

乾燥状態および湿潤状態の曲げ疲労試験の結果を図

キーワード 混和材, 曲げ強度, 対数平均, マイナー則, S-N 曲線

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9306

-2 に示す。乾燥状態は、各配合とも 50 万回まで達するものから 1 万回未満で疲労破壊するものまであった。また湿潤状態においては、配合 S を除く各配合において 100 回未満で壊れるものから 10 万回に達するものまであり、乾燥・湿潤状態共に疲労破壊回数にばらつきがみられた。

4 評価方法の検討

4.1 マイナー則を用いた荷重の影響評価法

本研究の曲げ疲労試験の上限荷重は、試験条件を統一するために基準配合 Con. の終局耐力から決定した。その結果、各配合の終局耐力に対する上限荷重の割合に差異が生じた。そこで、荷重レベルを各配合の終局耐力の 80% に統一するために換算式 (1) を用いた。

$$N_1 = N_2 \cdot 10^{\frac{S_1 - S_2}{S_0} \cdot k} \quad (1)$$

ここで、 N_1 は各配合の終局耐力を 80% に統一した疲労回数、 N_2 は本研究の曲げ疲労試験から得た疲労回数、 S_0 は各配合の終局耐力、 S_1 は各配合の終局耐力の 80% に統一した荷重、 S_2 は本研究の曲げ疲労試験の上限荷重を示す。 k は換算係数とし、梶貝¹⁾の研究が定めた $S-N$ 曲線の係数 (傾き) から決定した。

4.2 評価方法とその比較

本研究では、同条件下で各種混和材を用いた RC はり部材の疲労耐久性を比較するため、疲労回数の平均方法について考察した。曲げ疲労試験結果の疲労回数を単純・対数平均で算出した式をそれぞれ (2)、(3) に示す。

$$N_S = \frac{1}{n} (N_1 + N_2 + \dots + N_n) \quad (2)$$

$$N_L = 10^{\frac{1}{n} (\log N_1 + \log N_2 + \dots + \log N_n)} \quad (3)$$

ここで、 $N_S \cdot N_L$ はそれぞれ単純・対数平均で算出した疲労回数、 n は個体数、 N_n は n 体目の疲労回数を示す。単純平均の場合、疲労回数が高い結果が支配的となる。一方、対数平均の場合 (図-3)、疲労回数が高い結果が支配的にならず、疲労回数が小さい結果も考慮できるため、本研究では対数平均による評価を採用した。マイナー則を用いて疲労回数を算出した場合の対数平均を図-4 に示す。図-3 と比較すると最大耐力に対する上限荷重の割合が高い配合 C、F などの疲労回数が増加した。

5 まとめ

(1) 対数平均を用いて曲げ疲労試験結果を整理すると、混和材ごとの疲労回数や、乾燥状態と湿潤状態の疲労回数を比較できるようになった。これより疲

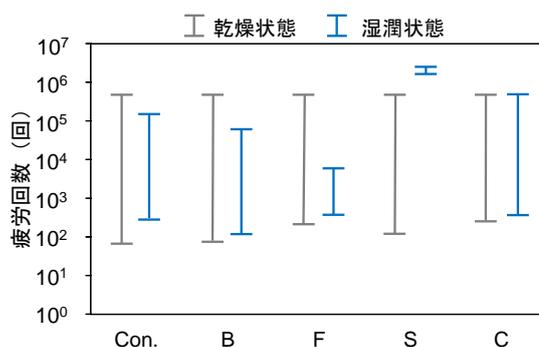


図-2 各種養生状態の曲げ疲労試験結果

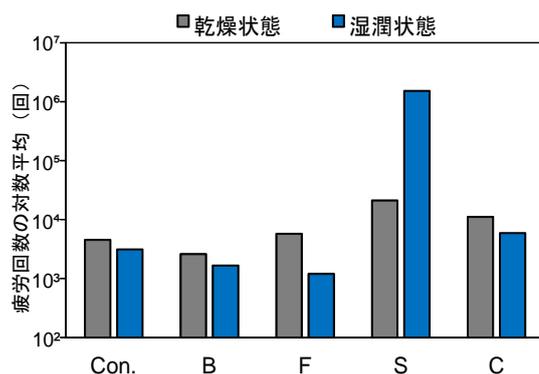


図-3 対数平均化した疲労回数

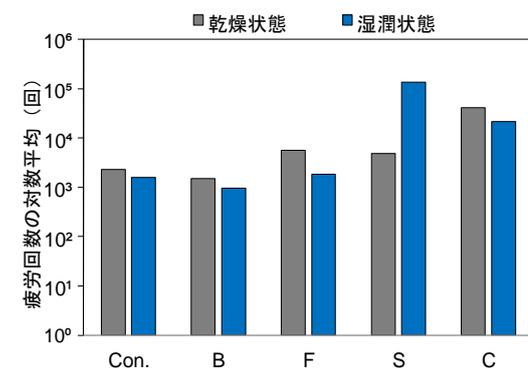


図-4 マイナー則で一定荷重レベルとした疲労回数

疲労回数が高い結果のみが支配的とならず、低い疲労破壊回数の結果も考慮した評価が可能となった。

(2) 終局耐力が異なる各混和材の RC はりの曲げ疲労試験結果について、一定の終局荷重相当で評価できる換算式を用いた。その結果、終局耐力に対する上限荷重比が低い配合 S では換算疲労回数が減少し、同上限荷重比が高い配合 F、C では換算疲労回数が増加することを示した。

参考文献

1) 梶貝 勇 (1978), 鉄筋コンクリートはりのせん断破壊に関する基礎研究, 土木学会論文報告集, No.279, pp.113-126.