

繰返し荷重を受ける RC はりの剛性および残存せん断耐力低下に関する実験的検討

早稲田大学 学生会員 ○柴沼 健
早稲田大学 学生会員 松谷 篤

早稲田大学 正会員 佐藤 靖彦
早稲田大学 非会員 末廣 陸

1 はじめに

これまで、繰返し荷重を受ける RC はりがせん断疲労破壊に至る回数、すなわち、せん断疲労寿命の予測式は提案されている。しかし、任意の繰返し荷重を受けた後の剛性と静的せん断耐力の低下については未だ明らかになっていない。そこで本研究では、RC はりの静的試験、疲労試験、さらには、繰返し荷重を与えた後の静的試験を行い、繰返し回数の増加に伴うにせん断耐荷機構の変化、ならびに、剛性と残存せん断耐力の低下の予測法に関する検討を行う。

2 実験概要と実験結果

2.1 供試体

本研究では、大きさと配筋が同様である 7 体の RC はりを用意した。図-1 に供試体の寸法と配筋状態を示す。主鉄筋は直径 16mm で、降伏点とヤング係数はそれぞれ 720N/mm²、1.64×10⁵N/mm²である。

2.2 実験内容と実験結果

表-1 に実験結果示す。FS シリーズは疲労荷重を与えた後に、静的破壊した。全てせん断破壊を起こした。

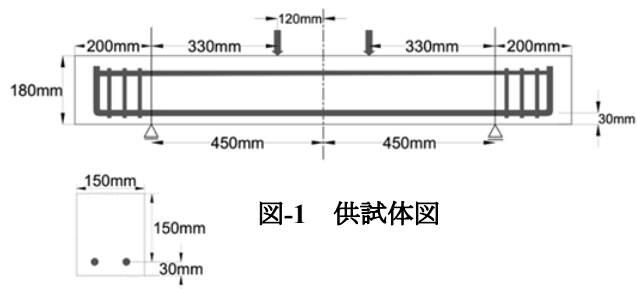


図-1 供試体図

表-1 実験結果

供試体	荷重方法	静的耐力, 疲労荷重 (kN)	荷重回数	残存耐力 (kN)
S1	静的	133.67	-	-
S2	静的	133.00	-	-
S3	静的	95.60	-	-
F1	疲労	5 - 80	45,544	-
F2	疲労	5 - 90	53	-
F3	疲労	5 - 80	95,506	-
FS1	疲労 → 静的	5 - 80	120,001	146.55
FS2	疲労 → 静的	5 - 80	353	103.82
FS3	疲労 → 静的	5 - 80	940	107.48

3 考察

3.1 初期せん断耐力

疲労実験を行った供試体の初期せん断耐力については、供試体 S1,S2,S3 において、75kN 付近で荷重を変位で除した値 (割線剛性) と破壊荷重をプロットし、線形近似にすることで、割線剛性による初期耐力予測式を得た。

3.2 疲労寿命

初期せん断耐力の予測に基づき、疲労破壊した供試体の上限荷重比が求まる。この値と疲労寿命を、既往の S-N 曲線と比較する (図-2)。ただし、FS1, FS2, FS3 については、静的破壊に移行する時点での繰返し回数を示している。図-2 から、本実験での疲労寿命は S-N 曲線に沿った分布をしていることが確認できる。

3.3 剛性変化と破壊機構

RC はりの損傷度を評価する値として、剛性に着目した。図-3 に供試体 F2, F3 の正規化された剛性と荷重回数の関係を示す。

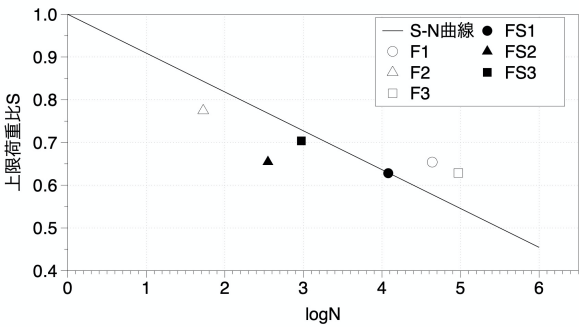


図-2 F2,F3 の剛性と荷重回数の関係

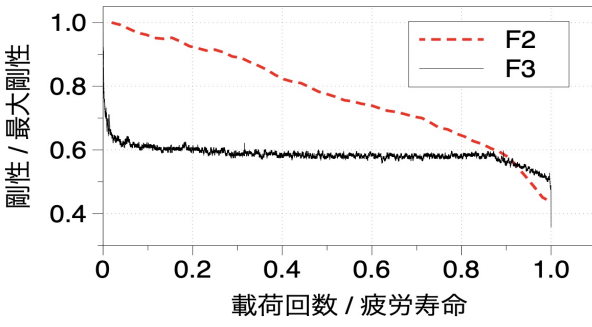


図-3 F2,F3 の剛性と荷重回数の関係

キーワード 残存せん断耐力, RC はり, 疲労寿命, 剛性
連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51-16 TEL : 03-5286-3852 E-mail : ken-shiba310@ruri.waseda.jp

F3 の最初の剛性低下区間を第一低下区間、剛性が安定している区間を安定区間、安定区間を経て再び低下する区間を第二低下区間と定義すると、F2 の剛性の挙動は、安定区間が非常に短い挙動であると考えることができる。

これを破壊機構の観点から捉えると、第一低下区間では斜めひび割れが進展してアーチ機構が形成され、安定区間に入り、その後荷重が繰り返し加えられると、ある段階で付着割裂ひび割れが生じアーチ機構の急激な損傷が始まることで、第二低下区間に突入し疲労破壊に至ると考えられる。F2 は処女載荷時にすでに損傷したアーチ機構が形成され破壊に至ったと言える。

3.5 繰返し回数と残存せん断耐力

供試体 FS1, FS2, FS3 の正規化された剛性と載荷回数の関係を図-4 に示す。この図から、各供試体は安定区間の段階で繰返し載荷が修了したことが読み取れる。また、同供試体についての予測初期せん断耐力と、実験で測定された残存せん断耐力の比較を、表-2 に示す。図-4、表-2 から、安定区間の段階では、残存せん断耐力は1割から2割程度低下することがわかる。また、予測された残存せん断耐力に基づく上限荷重比と既往の寿命予測式 (式(1)) を用いて算定した疲労寿命と、繰返し荷重を与えた回数の比を表-3 に示す。

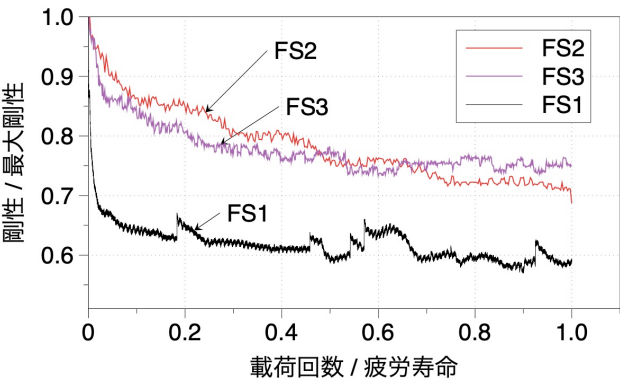


図-4 FS1, FS2, FS3 の剛性と載荷回数の関係

表-2 残存せん断耐力の評価

供試体	残存せん断耐力 (kN)	予測初期せん断耐力 (kN)	耐力変化率(%)
FS1	146.55	127.4	15.1
FS2	103.82	122.2	-15.0
FS3	107.48	113.7	-5.5

表-3 供試体 FS の載荷回数

供試体	載荷回数	載荷回数 ÷ 疲労寿命	$\log(\text{載荷回数}) \div \log(\text{疲労寿命})$
FS1	103,182	9.7	1.24
FS2	103.82	0.056	0.67
FS3	107.48	0.52	0.91

既往の疲労寿命予測式

$$S = 1 - \log N / 11 \tag{1}$$

ここで、S = 上限荷重比、N = 疲労寿命

対数比を見ると、これらの供試体は 0.7 から 1.2 程度の値を示している。これらの値と上記の考察から、繰返し荷重を受ける梁の残存せん断耐力は、疲労寿命に対する載荷回数の対数比が 0.7~1.2 程度のとき、2 割程度しか低下していないことがわかる。すなわち、対数比で見た破壊直前に、剛性は最終低下区間に入り、残存せん断耐力も急激に低下すると考えられる。

4 まとめ

本検討で得られた知見は以下のとおりである。

- 繰返し荷重を受ける梁は、斜めひび割れが進展することでアーチが形成され一度安定するが、付着割裂ひび割れが生じることでアーチの破壊が始まり、急激に破壊に至る。
- 疲労載荷の後に静的載荷することで残存せん断耐力を測定したが、耐力の低下は見られなかった。梁の剛性が最終低下区間に入るまでは、耐力が低下しないと考えられる。
- 残存せん断耐力は、疲労破壊の直前まで低下せず、破壊直前に急激な低下を見せると予想される。

参考文献

1) 玉越隆史, 大久保雅憲, 星野誠, 横井芳輝, 強瀬義輝: 道路橋の定期点検に関する参考資料 (2013 年版), 2013

2) 竹田京子: 輪荷重走行試験における RC 床版の疲労寿命予測に関する研究, 北海道大学平成 29 年度修士論文, 2018

3) 柴沼健: 繰返し荷重を受ける RC はりの残存せん断耐力, 早稲田大学卒業論文, 2019