

疲労荷重履歴が RC はりの剛性変化に及ぼす影響に関する実験的考察

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 学生会員 柴沼 健 尾崎 允彦 非会員 末廣 陸

1. はじめに

構造物の維持管理は重要視されている。道路床版においては、繰り返しかかる交通荷重を受け、疲労により損傷が進み押し抜きせん断破壊を起こす。この問題に関して、一定の荷重下での疲労寿命の推定はある程度可能であるが、任意の時点での損傷度や破壊プロセスの把握までは難しい現状である。また実際の交通荷重は、荷重の大きさが変動するため現象をより複雑にする。そこで本論文では、せん断圧縮破壊を起こすせん断スパン比の RC はりを用いて、荷重履歴を変えた疲労試験を行い、損傷度や破壊プロセスについて検討した。

2. 実験概要

本研究では、9 体の RC はりを用意した。実験供試体を図 1 に示す。

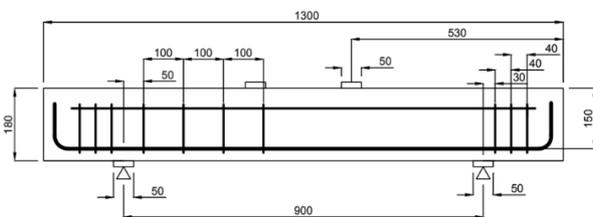


図 1 供試体形状

実験では静的試験を 3 体、一定荷重下での疲労試験を 3 体、1 度荷重変更を加えた疲労試験を 3 体行った。载荷パターンを疲労寿命とともに表 1 に示す。なお、下限荷重は 5kN で統一した。

3. 実験結果および考察

3.1 静的体力の考え方と S-N 曲線

静的せん断体力のばらつきが大きいことが知られている。そこで、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)と破壊時の荷重をプロットし、線型近似で静的耐力を算定した。

キーワード 剛性変化, マイナー即, 疲労寿命, RC

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 TEL03-5286-3852

表 1 载荷パターンと疲労寿命

試験体	载荷方法	荷重 (kN)	回数
S1	静的	-	-
S2			
S3			
F1	疲労	80	45544
F2		90	53
F3		80	95506
FF1	疲労 (荷重変更)	90→80	231→5844
FF2		80→90	4012→787
FF3		80→90	3011→1794

表 2 破壊時の損傷度 m

試験体	破壊時の損傷度 m
F1	7.13
F2	0.18
F3	7.84
FF1	0.29
FF2	0.58
FF3	1.31

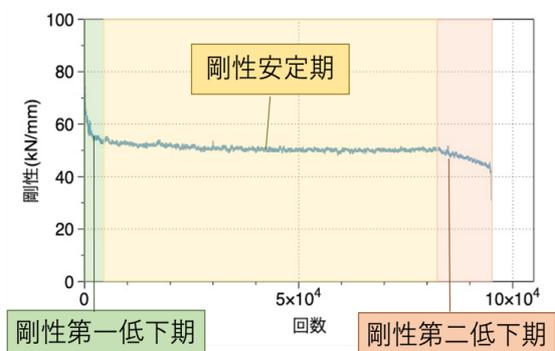


図 2 剛性変化の傾向

他の試験体では割線剛性をその関係式に代入して静的耐力を算定した。

そしてそれぞれの試験体について、上限荷重比 S (繰返し荷重/静的耐力)と疲労寿命 N の関係を示す S-N 曲線 (式 1) ¹⁾ から疲労寿命を計算した。またその値からマイナー則 (式 2) により損傷度 m を計算した。

$$S=1-\log N/11 \quad (1)$$

$$m=\sum n_i/N_i \quad (2)$$

ここで n は载荷回数を示す。

疲労試験を行った 6 体の試験体において、破壊時の損傷度を表 2 に示す。

表 2 から、 $m=1$ となるべき破壊時の損傷度に誤差が見られることから、損傷の評価法は改善の余地があると考えられる。そのため破壊プロセスを追うため、剛性の変化に着目した。

3-2 剛性変化の傾向

疲労試験を行った 6 体の試験体について剛性の変化を調べた。縦軸を剛性、S-N 曲線と同様に横軸を $\log N$ とすると、明瞭な傾向はあまりみられなかったが、横軸を n とすると 6 体中 4 体において、最初に大きく低下し、その後安定し、最後に再び低下する傾向が見られた。最もその傾向がはっきりと見られた F3 のデータを一例として図 2 に示す。

この 3 区間を図 2 のように定義する。3 区間は以下のような方法で定義した。まず測定値のぶれがあると傾きの変化を追うことができないため、いくつかの区間に分けて結果に沿うような近似曲線を引き、それらをつなぎ合わせた。その近似曲線を用いて傾きの変化を求めた。本考察では、傾きが初期の値の 0.1% となった地点を第一低下期の終点とした。また、最後の近似曲線を引いた区間内において、傾きが初期の値の 2 倍となった地点を安定期と第二低下期の境界点とした。この方法で F3, FF1, FF2, FF3 の 4 体の供試体において、3 区間の回数 n_1, n_2, n_3 を定めた。

F1 については測定の不備から剛性の測定がきちんとできなかったため今回は検討には用いなかった。F2 は 53 回という少ない回数により破壊した影響か、剛性は終始低下する傾向にあった。

3-3 剛性変化と損傷度の関連

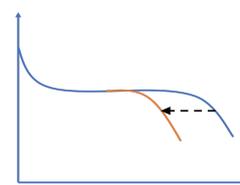
剛性変化が以上のような 3 区間に分割されると仮定し、それぞれの区間における損傷度 m_1, m_2, m_3 をマイナー則により計算した。上限荷重比 S と共に、各区間、全体の回数 n と損傷度 m 、損傷割合 p (全体の損傷度に対する各区間の損傷度) を表 3 に示す。

表 3 より 3 区間別で見た時、それぞれの区間の損傷割合が決まっているとすると、第一低下期の損傷は全体の 1/3 よりも小さいと考えられる。

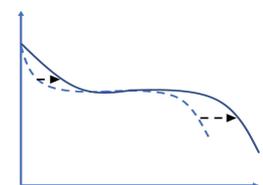
表 3 各区間の損傷

試験体 (S%)	-	第一低下期	安定期	第二低下期	全体
F3 (63%)	n	873	84181	10452	95506
	m	0.072	6.915	0.859	7.845
	p	0.009	0.881	0.109	1.000
FF1 (67%→60%)	n	1138	1603	3334	6075
	m	0.097	0.063	0.132	0.291
	P	0.332	0.217	0.451	1.000
FF2 (62%→70%)	n	1174	3008	617	4799
	m	0.071	0.244	0.263	0.578
	p	0.123	0.422	0.455	1.000
FF3 (63%→71%)	n	958	2145	1702	4805
	m	0.078	0.221	1.010	1.309
	p	0.059	0.169	0.771	1.000

また、上限荷重比がほとんど変わらない FF2 と FF3 を比べると FF3 の方が安定期の損傷割合が少なく、第二低下期の損傷割合が多いことが読み取れる。このことから荷重を上げる変更をする場合は、その変更タイミングが早いと安定期が縮まり、その分第二低下期が延びると考えられる(図 3(a))。一方、FF1 では第一低下期の最中に荷重を下げる変更を行ったため、第一低下期が本来よりも延び、安定期がその分縮まっていると考えられる(図 3(b))。



(a) 安定期での荷重増加



(b) 第一低下期での荷重減少

図 3 荷重を変えた場合の剛性変化の概念図

4. まとめ

今回の実験で剛性変化を追ったことで、剛性変化は 3 つの区間に分けられると考えられた。また、第一低下期は他の区間に比べて短いことが分かった。また、荷重を上げるとその区間を短縮させるように、荷重を下げるとその区間を延長させるような効果があることも読み取れた。

5. 参考文献

1) 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編，土木学会，2017