

# 輪荷重走行試験におけるRC床版のせん断耐力低下を考慮した階段状漸増載荷の評価

早稲田大学理工学術院 学生会員 ○竹田 京子  
早稲田大学理工学術院 正会員 佐藤 靖彦

## 1. はじめに

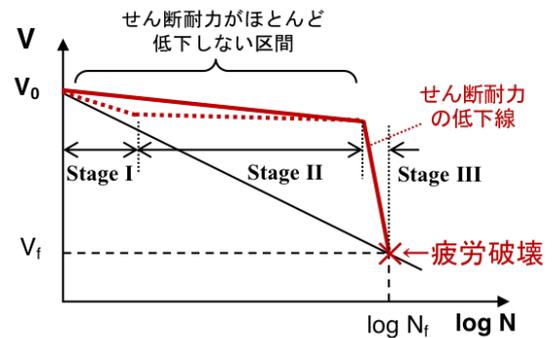
道路橋にみられる典型的な押抜きせん断破壊は、定点繰返し載荷試験では再現できず、輪荷重走行試験によって再現可能であることがわかっている。輪荷重走行試験では経済的・時間的制約から、階段状漸増載荷（以下、階段状載荷）が広く用いられている。その一方で、異なる載荷パターンで行われた実験疲労寿命の定量的な評価手法の確立が課題となっている。本論文では、将来的にランダムな交通荷重を受ける道路橋実床版の評価を行うことを念頭に、階段状載荷の評価法の開発を目指す。著者らが開発したRC床版の疲労寿命予測式<sup>1)</sup>を用いて、階段状載荷試験の新たな評価手法について検討を行う。

## 2. 提案評価法の基本コンセプト

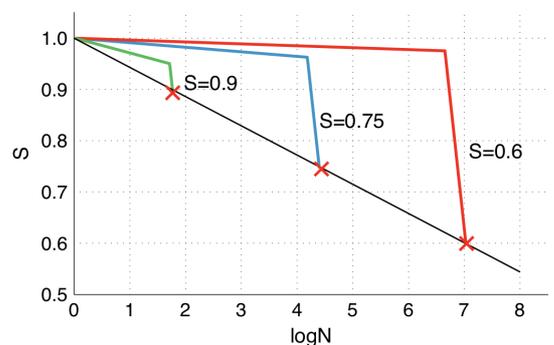
輪荷重走行試験において繰返し回数が増加すると、疲労による損傷が進み、せん断耐力が徐々に低下すると考えられる。この場合の疲労破壊は、初期のせん断耐力が実験で与えられる輪荷重にまで低下したときに起こるせん断破壊であると解釈し、本研究における疲労破壊の定義とした(図-1(a)参照)。この考えに基づき、著者は階段状載荷試験の定量的評価を試みた。

一般に、繰返し載荷下における部材剛性、すなわち疲労損傷の程度は、初期段階に著しく進行し、ほぼ損傷しない領域を経たのち、破壊直前に再び急激に損傷が進行する。疲労損傷の程度とせん断耐力の低下に関連があるとすれば、せん断耐力の低下は、3段階で進行するものと考えられる。本論文では簡便性を重視し、図-1(a)に示すような2直線として、せん断耐力の低下を定量的に表す。せん断耐力低下線を表す2直線が交わる点の繰返し回数を、疲労寿命の約95%と設定した。その時点でのせん断耐力が、 $S=0.9$ の時は95%まで低下し、 $S=0.3$ の時には低下しないものとし、その間のせん断耐力の低下割合を直線で近似することで、図-1(b)に示すようなSに応じて異なる低下線を用意した。すなわち、 $S=0.9$ のように静的耐力に対して非常に近い大きな荷重を与えている場合には、繰返し回数の増加に対して急激に耐力が低下し、より線形的に低下することになる。

変動荷重を評価する際の先行荷重による疲労損傷の考え方を図-2に示す。1段階目において $P_1$ なる輪荷重が $N_1$ 回だけ与えられ、輪荷重が $P_2$ まで引き上げられた際には、低下線に基づきせん断耐力が $V_0$ から $V_0'$ まで低下する。2段階目の載荷ではこの $V_0'$ を初期のせん断耐力として、新たに低下線を与えると、 $N_2$ の時のせん断耐力が $V_0''$ となる。これを繰返し、徐々に低下したせん断耐力が作用荷重を下回ることによって破壊に至ると考える。



(a) せん断耐力低下線と疲労破壊の定義



(b) Sごとのせん断耐力低下線

図-1 繰返し回数増加に伴うせん断耐力の低下

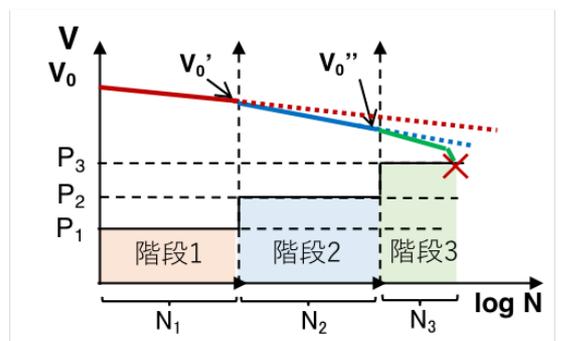


図-2 変動荷重下のせん断耐力

キーワード RC床版, 輪荷重走行試験, 疲労寿命, 予測手法, 階段状漸増載荷

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学術院 51号館16階01 TEL. 03-5286-3852

また、RC 床版の破壊形式は押抜きせん断破壊であることがわかっており、これを前提に疲労寿命の評価を行っている。このため、せん断ひび割れが発生しないような非常に小さい荷重では、繰返し荷重により RC 床版が受ける疲労損傷は無視できるものとする。本論文ではせん断ひび割れが発生荷重を、配筋筋比 0、橋軸直角方向の支持無し（自由縁）とした場合のせん断耐力と考え、それ以前の繰返し荷重ではせん断耐力は低下しない、すなわち、損傷の蓄積は無視できるものとして扱った。

**3. 提案評価法に基づく階段状荷重の評価**

せん断耐力の低下線を用いた階段状荷重の疲労寿命の計算結果を、実験結果と合わせて研究機関ごとに図-3 に示す。なお、ここでは文献2)3)に示されている階段状荷重の実験データを検討に用いた。この概要を表-1 に示す。一般に破壊時繰返し回数 N が数十万回～数百万に及ぶ疲労寿命の予測法として、十分な精度をもって評価可能であるといえる。また、実験結果との整合性を確認するため、図-4 に提案評価法による算出疲労寿命 N の対数と実験における疲労寿命 N の対数の比較を示す。どの研究機関の実験結果についても偏りなく評価しており、本研究で提案するせん断耐力低下線を用いて評価を行うことで、階段状荷重の実験結果の傾向を再現可能であるとわかる。

**4. まとめ**

本論文では、輪荷重走行試験における疲労破壊を、繰返し回数の増加に伴ってせん断耐力が徐々に低下し、作用荷重を下回ることによって生じる破壊であると定義した。この定義に基づき、階段状荷重試験について、先行荷重による疲労損傷の影響を荷重の繰返しによるせん断耐力の低下として捉えて考慮する方法を構築し、この方法により階段状荷重試験の疲労寿命を評価可能であることを示した。

**参考文献**

- 1) 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，北海道大学修士論文，2018
- 2) 第7回道路橋床版シンポジウム論文報告集，付録，土木学会，2012
- 3) 園田恵一郎，堀川都志雄：輪荷重の反復作用下での道路橋 RC 床版の低サイクル疲労特性，土木学会論文集第390号，1988

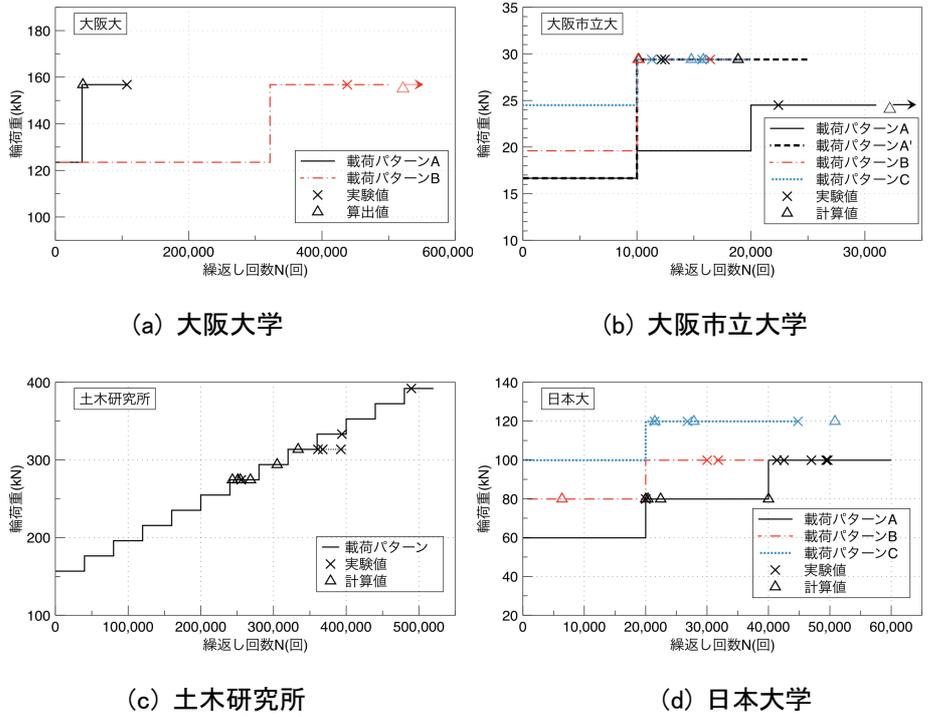


図-3 実験破壊点と提案評価法を用いた算出破壊点

表-1 階段状荷重の検討に用いた実験データ

研究機関	階段数	第一荷重S	破壊時S
大阪大学	2	0.52~0.63	0.66~0.81
大阪市立大学	2~3	0.35~0.51	0.58~0.70
土木研究所	7~13	0.36~0.42	0.71~0.95
日本大学	2~5	0.60~0.78	0.73~1.16

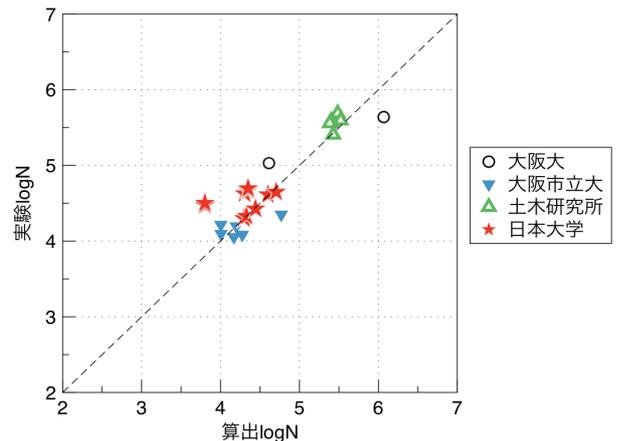


図-4 階段状荷重の疲労寿命の実験値と算出値