

I-361 鋼構造物の疲労安全性評価システムの開発とその利用

首都高速道路公団 正員 梶原 仁

法政大学工学部 正員 森 猛

法政大学工学部 正員 長谷川 洋介

1. はじめに 著者らは、日本鋼構造協会『鋼構造物の疲労設計指針・同解説』(JSSC指針)に基づき、一般の技術者が鋼構造物の疲労設計、既設構造物の疲労安全性評価ならびに疲労亀裂が検出された場合の余寿命評価を容易に行うことができるシステムを開発した。ここでは、本システムを利用し、これまで定量的にはさほど明らかとされていない道路橋の疲労寿命に対する支間長と使用鋼材の静的強度レベルの影響について試算した結果を報告する。

2. プログラムの概要 本システムの概要を図1に示す。本システムは応力変動の解析、応力変動データの入力、疲労照査、疲労亀裂進展解析の4つから構成されている。

応力変動の解析は疲労照査に用いるべき応力範囲頻度分布を求めることを目的としている。対象構造物は道路橋、鉄道橋、モノレール、クレーン、アンロードの5種類である。解析に必要なデータ、すなわち荷重データや影響面の設定は対話形式で容易に入力できるようにしている。この解析では荷重が影響面上を移動する際に生じる応力の変動をリアルタイムに表示し、視覚的にも確認できるようにしている。そしてこれらの応力変動から応力範囲を計数し、応力範囲頻度分布を作成する。また、応力範囲頻度分布は実測などにより得られたデータも利用することができる。

疲労照査では、応力変動の解析から得られた応力範囲頻度分布を利用する。照査部の継手形式はJSSC指針に示されている継手分類に従い、メニュー形式で選択する。そして、先に求めた応力範囲頻度分布と選択した継

手の疲労強度に基づき、JSSC指針に従った疲労照査を行う。

疲労亀裂進展解析は疲労亀裂が生じた部材の余寿命評価を行うことを目的としている。先に求めた応力範囲頻度を利用し、そして解析に必要な継手寸法、亀裂形状、亀裂寸法などのデータを入力することにより、継手の概形、応力繰返しにともなう亀裂の進展の様子がグラフィック画面に表示される。亀裂が進展して限界亀裂に達すると余寿命が表示される。

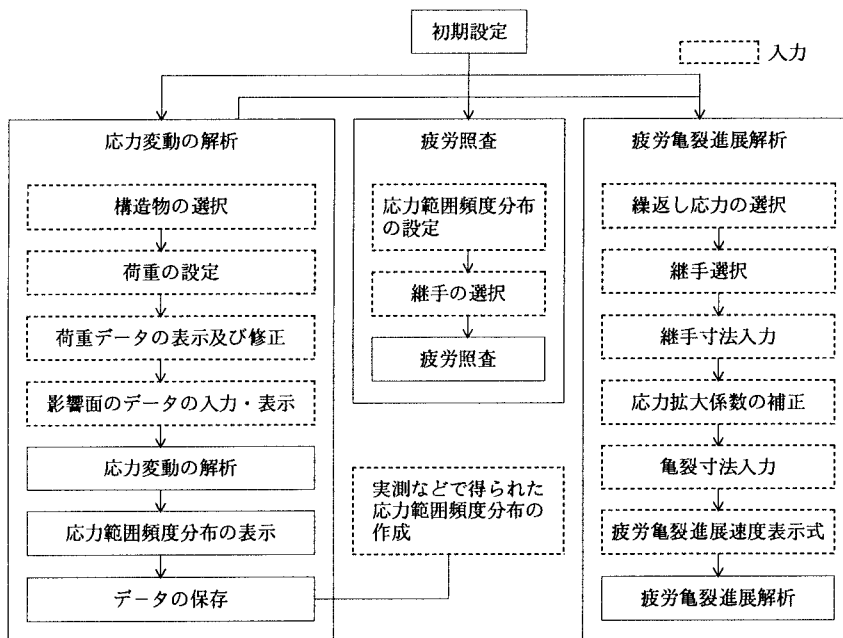


図1 プログラムの流れ

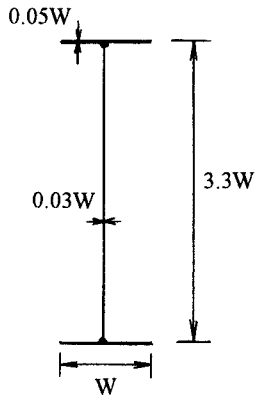


図2 仮定した断面

表1 車両の重量分布と構成比

	車 種	確率分布関数	平均 tf	標準偏差	最大重量tf	最小重量tf	構成比
小型車	乗用車	対数正規	1.3	0.36	3.10	0.40	0.49
	小型トラック	対数正規	3.6	1.35	12.60	0.90	0.11
	中型トラック	対数正規	6.2	2.50	18.30	1.50	0.16
大型車	大型トラック	対数正規	17.0	6.30	45.20	8.50	0.127
	大型ダンプ	対数正規	20.0	9.50	61.90	9.50	0.037
	タンクローリー	対数正規	16.0	9.50	33.70	9.50	0.021
	セミトレーラー	対数正規	30.0	12.5	86.70	12.50	0.042
	バス	対数正規	13.8	2.40	18.70	1.50	0.012

3. 疲労寿命に及ぼす支間長の影響 一般に橋長が短いほど疲労による損傷を受けやすい。その原因は、支間長が短いほど活荷重の割合が増大するためと言われている。ここでは、疲労寿命に対する支間長の影響について検討するために、図2に示すように1車線、1本主桁の単純板桁橋の断面を橋長に比例した相似形とし、B活荷重と死荷重による支間中央下フランジでの応力度が許容応力度(SM400を想定)と等しくなるように断面を設計した。疲労限界状態を照査する荷重としては、実交通流を模擬したシミュレーション荷重を用いた。表1にシミュレーションに用いた8種類の車両の重量分布と構成比を示す。なお、交通量は1時間あたり1000台、時速は60kmとした。以上の条件で得られた結果を図3に示す。図の縦軸の疲労寿命は支間200mの疲労寿命で無次元化している。疲労寿命は支間長が短いほど低下しており、例えば支間25mの疲労寿命は支間200mの0.05%にすぎない。

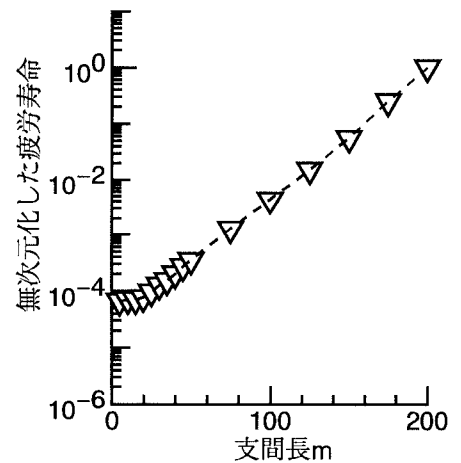


図3 疲労寿命に及ぼす支間長の影響

4. 疲労寿命に及ぼす使用鋼材の影響 ここでも橋の断面を橋長に比例した相似形とし、B活荷重と死荷重による支間中央下フランジでの応力度が各鋼材の許容応力度と等しくなるように断面を設計した。使用鋼材としては、SM400、SM490、SM490Y、SM570の4種類を考えた。疲労限界状態を照査するための荷重は、前章と同じである。以上の条件で得られた結果を図4に示す。図の縦軸はSM400の各支間での疲労寿命で無次元化している。疲労寿命は従来から言われているように静的強度レベルの高い順番、すなわち、SM570、SM490Y、SM490、SM400の順番に短くなっており、例えば前章の解析で疲労破壊が最も生じやすいとされた支間5mで、SM490の疲労寿命はSM400の43%、SM490Yの疲労寿命はSM400の30%、SM570の疲労寿命はSM400の16%にすぎない。また使用鋼材による疲労寿命の変化は支間が長くなるほど顕著となっている。

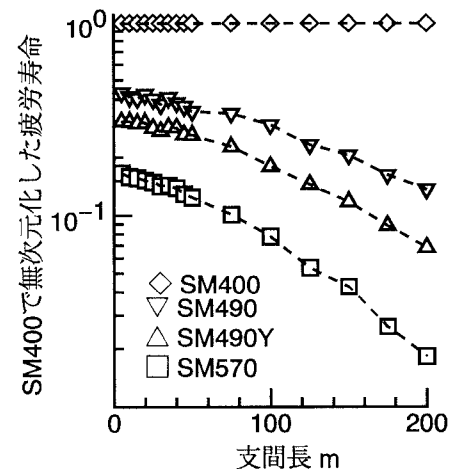


図4 疲労寿命に及ぼす使用鋼材の影響