

鋼道路橋の疲労寿命に対する橋梁形式・支間・使用鋼材の影響

法政大学 学生員 山口 英治
 法政大学 正会員 森 猛
 (株)平設計 石崎 猛雄
 (株)横河ブリッジ 正会員 名取 暢

1. はじめに 現在、道路橋示方書では床構造を除いて疲労設計の必要はないとされている。しかし、我が国の道路橋においても疲労が原因とされる損傷事例が数多く報告されている。そのため、道路橋示方書に疲労設計条項の記載が強く望まれており、その準備が現在進められている。また、諸外国では、米国の AASHTO や英国の BS5400 などのように道路橋を対象とした疲労設計基準が既に設けられている。本研究では、一般的な橋梁である I 断面の鋼合成単純桁、非合成単純桁と非合成連続桁形式の 2 車線道路橋を対象とし、日本鋼構造協会の『鋼構造物の疲労設計指針・同解説』(JSSC 指針)に示されている疲労照査方法を利用して、橋梁の支間と使用鋼材をパラメーターとした疲労寿命解析を行い、疲労寿命に対する橋梁形式・支間・使用鋼材の影響について検討する。

2. 解析方法 市販の設計ソフト(JSP4)を用いて、支間と使用鋼材をパラメーターとした橋梁の断面設計を行う。合成および非合成単純桁は、支間を 15、20、25、30、40、50、60、70、80m の 9 種類、使用鋼材を SM400、SM490、SM490Y、SM570 の 4 種類とした。連続桁は、スパン比 1:1:1 の 3 径間とし、支間を 30、40、50、70、100m、使用鋼材を SM490Y とした。これらの設計計算を基に、最も高い応力が生じる単純桁の支間中央、連続桁の側径間中央、支点上、中央径間中央のフランジに疲労強度の異なる種々の継手(強度等級 A~H、表 1 参照)が存在するものとして疲労寿命を計算した。疲労荷重は、建設省により示された車両の緒元(軸配置、重量分布)とそれらの構成比に基づいたモンテカルロシミュレーションを行うことにより作成した車両列とする。断面設計に基づいて着目位置での応力の影響面を作成し、疲労荷重が橋上を走行するときの応力変動を解析する。その際、大型車混入率を 32.5%、時間交通量を 1 車線当たり 1000 台/hr、車両の走行速度を 50km/hr とし、4 日分(192,000 台)の車両のシミュレーションを行った。

図 1 に応力範囲頻度分布解析結果の例(非合成単純桁 SM490Y-40m・外桁)を示す。疲労寿命は線形累積被害則を用いて次のように計算した。線形累積被害則では、応力範囲頻度分布のうち、ある応力範囲レベルを $\Delta\sigma_i$ 、その頻度を n_i とおき、疲労損傷度($\sum \Delta\sigma_i^3 \cdot n_i$)が疲労強度等級ごとに与えられた数値($\Delta\sigma_f^3 \cdot 2.0 \times 10^6$ 表 1 参照)に達したときに疲労破壊が生じると考える。ただし、 $\Delta\sigma_{ve}$ 以下の $\Delta\sigma_i$ の繰返し数 n_i は 0 とする。4 日分の応力範囲頻度分布による疲労損傷度を D_{4day} とすれば、疲労寿命 N_{year} (年)を以下の式で求めることができる。

$$N_{year} = (\Delta\sigma_f^3 \cdot 2.0 \times 10^6 / D_{4day}) \times (4/365)$$

表 1 設計 $\Delta\sigma$ -N 関係(JSSC 指針)

名称	強度等級	応力の打ち切り限界(Mpa)	
	2×10^6 回 基本許容応力範囲 $\Delta\sigma_f$ (Mpa)	一定振幅応力 $\Delta\sigma_{ce}$ (N)	変動振幅応力 $\Delta\sigma_{ve}$ (N)
A	190	190	88
B	155	155	72
C	125	115	53
D	100	84	39
E	80	62	29
F	65	46	21
G	50	32	15
H	40	23	11

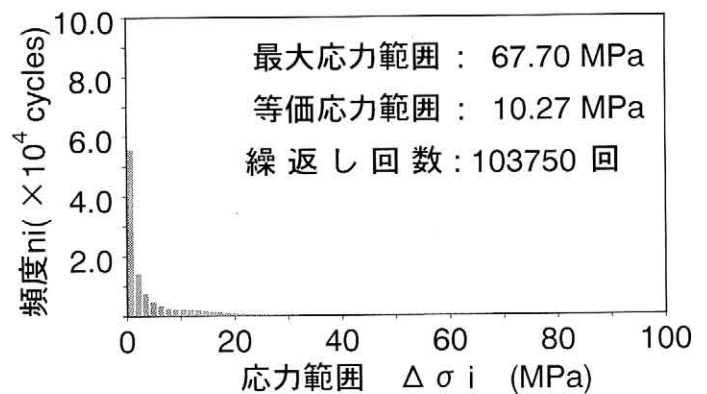


図 1. 応力範囲頻度分布(SM490Y-40m)

キーワード 疲労寿命 合成桁 連続桁 支間 使用鋼材

連絡先 住所 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 電話番号 042-387-6279

3. 解析結果 2章で示した条件・方法で求めた疲労寿命と支間(合成単純・SM400・外桁)、使用鋼材(非合成単純桁・支間 25m・外桁)の関係の例を図2、図3、また橋梁形式ごとに疲労寿命と支間の関係を比較したものを図4に示す。支間が長くなるにしたがって疲労寿命は長くなり、使用鋼材の静的許容応力度は高くなるにしたがって疲労寿命は短くなっている。また、単純桁と連続桁を比較した場合、連続桁の中間支点を除けば、連続桁の方が疲労寿命が短くなっている。

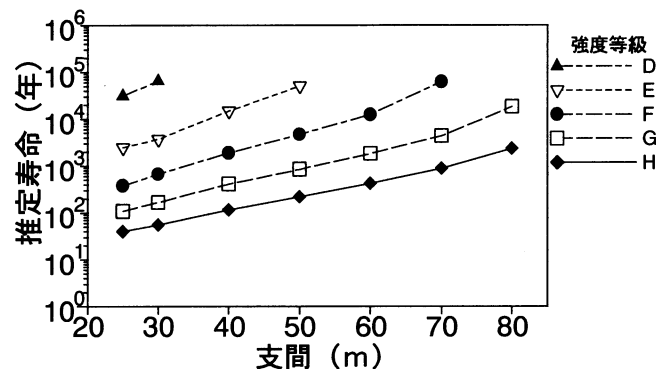


図2. 支間の影響

これらの関係を基に、非合成単純桁の設計寿命を100年とした際に疲労が問題となる支間と使用鋼材の関係を求め、図5に示す。使用鋼材の許容応力度が高くなるにしたがって、疲労が問題となる支間も長くなっている。この関係よりも、支間と許容応力度の関係が上にあれば疲労寿命は100年以上になり、疲労の問題は生じない、下にあれば疲労の問題が生じるということになる。例えば、支間中央下フランジにG等級の継手が存在すれば、SM400で支間32m以下、SM490で51m以下、SM490Yで60m以下、SM570では77m以下で100年以内に疲労が問題となる。

以上の関係から、橋梁形式・支間・使用鋼材ごとに、使用しても100年以内に疲労が問題とならない継手の強度等級を表2に示す。例えば、SM490Yで製作した非合成単純桁の支間が40m以上であれば、主桁フランジに継手等級A～Eまでの継手を使用しても、100年以内に疲労の問題は生じないことになる。このような関係を橋梁形式ごとに示すことにより、疲労が問題とならないような支間と使用鋼材に応じた継手・構造詳細の選択が可能となる。

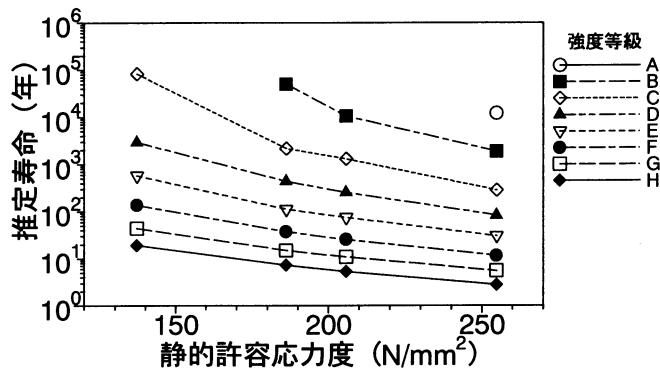


図3. 使用鋼材の影響

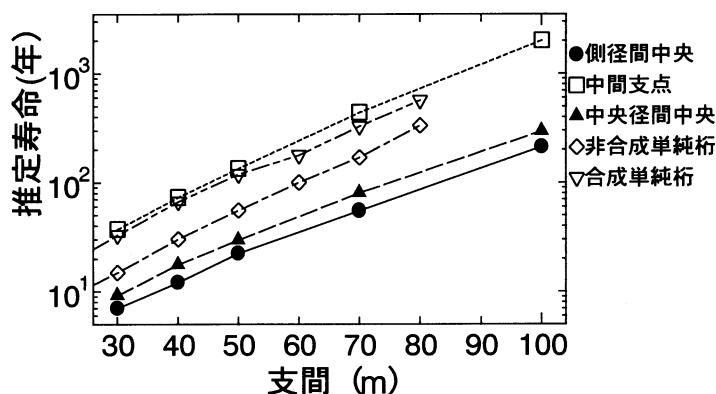


図4. 橋梁形式の影響

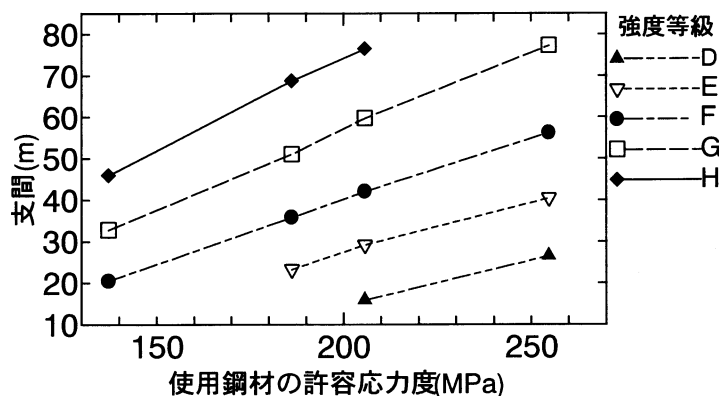


図5. 寿命が100年となる支間と使用鋼材の影響

表2. 寿命100年とした時に使用できる継手

合成単純桁				
支間	SM400	SM490	SM490Y	SM570
25m～	A～G	A～E	A～E	A～D
40m～	A～H	A～F	A～F	A～E
60m～	A～H	A～H	A～G	A～F
80m～	A～H	A～H	A～H	A～G

非合成単純桁				
支間	SM400	SM490	SM490Y	SM570
25m～	A～F	A～E	A～D	A～C
40m～	A～G	A～F	A～E	A～D
60m～	A～H	A～G	A～G	A～F
80m～	A～H	A～H	A～H	A～G