

金沢大学工学部 正会員 小堀為雄
石川高寿 正会員 ○出村穂典

1. まえがき

本研究は荷重の移動性も考慮した橋梁の信頼性の解析法の1つの考え方を示すものである。解析方法の詳細は文献1)を参照のこと。

構造物の安全性の解析は普通Fig. 1のような手続きがとられる。すなわち各諸条件から載荷実験などの実験的手段や構造解析などの理論的手段を用いて構造物の各々の部材に生じる各種のモード(曲げ, せん断, 座圧など)の応力を推定し, 同様に部材の強度も推定し, 各々の部材の応力と強度を比較し, 構造物全体の安全性を評価する。ところが条件の不確実性や実験的・理論的手段の誤差などにより推定された応力・強度にはばらつきが生じる。図中の*i*は任意の部材, *U*はモードの数。

ここで本研究に用いた具体的モデルはFig. 2のようなトラス構造物で, 荷重が支点Aから*S*なる位置のときの部材*i*の軸力*V_i(S)*と応力*A_i*の関係は次式で示される。そして, 軸力を応力に変換する係数*c_i*と強度*r_i*にばらつきを考え, 正規分布に従うお互いに独立な確率変数*C, R*で表わし, 変換関数も*f_C(C), f_R(R)*とする。

$$A_i = c_i \cdot V_i(S) \quad \text{--- (1)}$$

数*c_i*と強度*r_i*にばらつきを考え, 正規分布に従うお互いに独立な確率変数*C, R*で表わし, 変換関数も*f_C(C), f_R(R)*とする。

2. 解析方法の概略

移動荷重による破壊確率の計算は, 荷重の支点Aからの距離*S*をパラメータとした2変数の分布*f_{C,R}(C, R; S)*とこれに従属する*f_{S,R}*

(*A, T; S', S''*)の2つの分布を考え, 又これの分布の全事象(*R > S*)の占める領域を*S*の増加に従って減少させることにより得られる。Fig. 2のようにスパンを*n*等分して考えれば, Fig. 3(A), (B)は荷重が*S_{n-1}*に達したときの*C*と*R, S*と*R*の分布を示す。そして荷重が*S_{n-1}*より*S_n*へ移動したときの*S*と*R*の分布は, (A)の分布より(D)のように求められ, *R < S*なる事象(Fで表わす)の生じる確率が, 荷重が*S_{n-1}*まで移動する間は破壊しない条件のもとで, *S_n*へ移動するときの破壊する確率となり, *f_R(S_n)*とする次式が成り立つ。そして荷重が*S_n*に達して破壊しない

$$f_R(S_n) = \iint_F f_{S,R}(A, T; S_{n-1}, S_n) dA dT \quad (2)$$

の場合の*C, R*の分布は(C)のようになる。

また, 次式で表わされるような確率で, *f_R(S_n)*は荷重が*S_{n-1}*から*S_n*へ移動する際に破壊する確率であり, *F₂*(

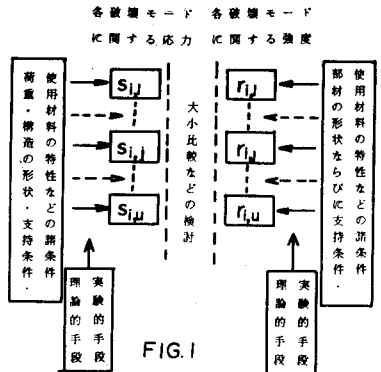


FIG. 1

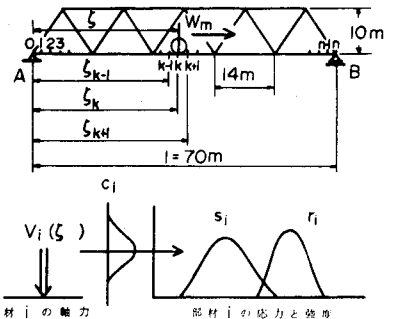


FIG. 2

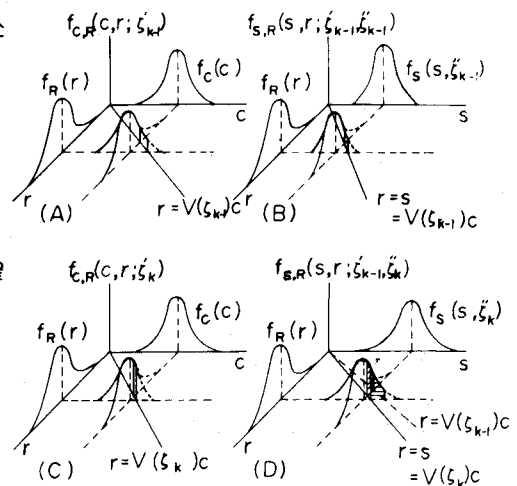


FIG. 3

$$f_S(S, S_{n-1}) = \frac{1}{\sqrt{(S_{n-1})}} f_C\left(\frac{C}{\sqrt{(S_{n-1})}}\right)$$

$$f_S(S, S_n) = \frac{1}{\sqrt{(S_n)}} f_C\left(\frac{C}{\sqrt{(S_n)}}\right)$$

(S_B) は支点Aより S_B に移動する間に破壊する確率であり、 $F_z(l)$ (l はスパン長) は橋梁の移動荷重の破壊確率となる。

$$L_z(S_B) = 1 - F_z(S_B) \quad \text{--- (3)}$$

$$f_z(S_B) = L_z(S_B-1) \cdot f_z(S_B) \quad \text{--- (4)}$$

$$F_z(S_B) = \sum_{j=1}^n f_z(S_j) \quad \text{--- (5)}$$

3. 数値計算結果と考察

Fig. 4, Fig. 5は, Fig. 2に示すトラス橋に移動荷重が載荷し, 支点Aから支点Bに向けて移動するときの $f_z(S_B)$, $f_L(S_B)$, $F_z(S_B)$, $P_{s,s}(S_B)$ (荷重の進行経過を考えなく, 荷重が S_B なる位置に載荷されたときの破壊確率)の値をスパン長 l の最大値 l で除した値が示されている。 K_w は20tに対する W_m の比, V_c は C の変動係数を示す。

① Fig. 4(A)参照, $f_L(S_B)$, $f_z(S_B)$ は0.2, 0.4, ..., の位置でピークを持つ。これはこの付近で応力の増加率が大きくなるためである。0.8以後に存在する各々の部材の W_m では S の増加に従い応力が減少するため破壊確率は全くない。 S が小さいときは $f_L(S_B)$, $f_z(S_B)$ の曲線はほとんど一致しているが, この位置に達するまで破壊する確率が大きくなるために $f_L(S_B)$ より $f_z(S_B)$ は S が大きくなるにつれ小さくなる。 $P_{s,s}(S_B)$ は0.5を中心に対称となり, $F_z(S_B)$ は次第に増加する。

② Fig. 5(B)の結果は荷重の小さい場合で, $f_L(S_B)$ と $f_z(S_B)$ はほとんど一致している。(C)は W_m 20tの場合で, $f_L(S_B)$ は(B)と傾向を示しているが, $f_z(S_B)$ は S の小さい箇所に集中している。すなわち荷重がほとんど進まないうちに破壊する。(D)はさらに荷重の大きい場合で, S と W_m の傾向が強くなる。 $f_L(S_B)$ は0.2, 0.4, ..., の各点を通る箇所でも小さくはない。

③ (D)の $P_{s,s}(S_B)$ は, W_m が大きいため上限値1.0の部分が多い。

④ (E)は $V_c = 0$, すなわち応力のばらつきを無視した場合の結果であるが, (A)の結果とほとんど差がなくなる。(F)は $V_c = 0.4$ で応力のばらつきを大きくした場合の結果であり, 荷重の大きい(D)の結果と似ている。

5. おまけ

表の値より明らかのように, 荷重の移動性を考慮した場合の破壊確率 $F_z(l)$ は, 移動性を考慮しない結果の最大値の $P_{s,s,max}$ の約2.7~1.0倍となり, 移動性の考慮の必要性が明らかとなる。

参考文献 1) 小堀, 出村 "橋梁の信頼性に関する一考察" 49年度年度講演会概要集, I-173.

Table

K_w	$V_c=0.1$			$V_c=0$		
	① $F_z(l)$	② $P_{s,s,max}$	①/②	① $F_z(l)$	② $P_{s,s,max}$	①/②
0.3	0.16116E-09	0.59446E-10	2.7110	0.24319E-10	0.89808E-11	2.7079
0.4	0.22441E-06	0.82694E-07	2.7137	0.18752E-07	0.69126E-08	2.7127
0.6	0.56657E-02	0.20919E-02	2.7084	0.60181E-03	0.22179E-03	2.7134
0.7	0.12510E 00	0.48089E-01	2.6014	0.25347E-01	0.94162E-02	2.6919
0.8	0.68645E 00	0.34851E 00	1.9697	0.35427E 00	0.14891E 00	2.3790
0.9	0.99279E 00	0.83997E 00	1.1819	0.96249E 00	0.70234E 00	1.3704
1.0	0.10000E 01	0.99295E 00	1.0071	0.10000E 01	0.99239E 00	1.0077
1.2	0.10000E 01	0.10000E 01	1.0000	0.10000E 01	0.10000E 01	1.0000
1.4	0.10000E 01	0.10000E 01	1.0000	0.10000E 01	0.10000E 01	1.0000

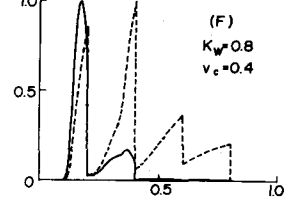
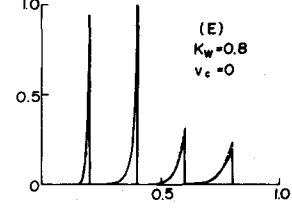
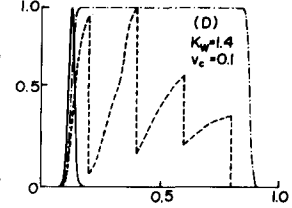
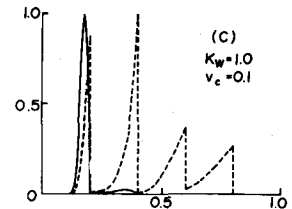
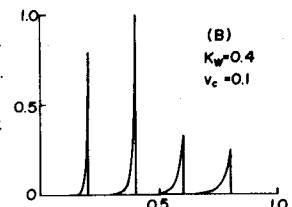
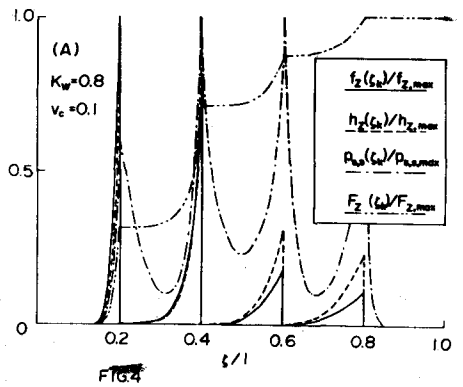


FIG.5 l/l