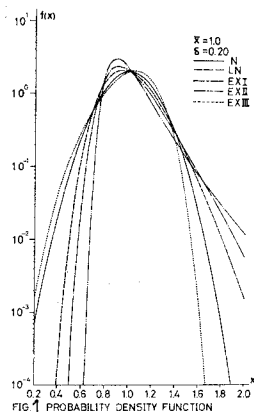


京都大学工学部	正 員	小西 一郎
京都大学工学部	正 員	白石 成人
京都大学大学院 建設省	学生員	北川 貴一
	正 員	○桂樹 正隆

1. まえがき

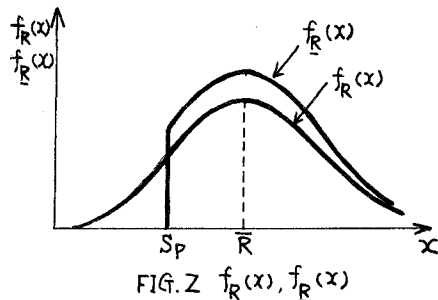
従来からの信頼性解析は、荷重・抵抗の分布形を仮定した上で、破壊確率 P_f を求めている。しかし、仮定した分布型によって、 P_f の値が大きく変化することが知られており、これが、いわゆる破壊確率の分布関数に対する敏感性の問題である。分布形を仮定するにあたっては、検定を行なうが、発生確率が非常に小さい分布形のスソの部分は、データの不足のために、仮定された分布形は、平均値付近はよく近似していても、スソの部分についてはその保証がない。しかも、破壊確率が荷重と抵抗の両者のスソ部分で決定されることを考えると、破壊確率が仮定された分布型の影響を大きく受けるのは当然のことと危惧される。図1に5種の確率密度関数を、そのスソの部分の違いが見えやすいように、縦軸を対数目盛にとりて図示した。ただし、平均値は1、変動係数は0.20であり、Nは正規分布、LNは対数正規分布、EXIは第1漸近最大値分布、EXIIは第2漸近最大値分布、EXIIIは第3漸近最小値分布を表わす。図から明らかなように、各分布形は、そのスソの部分で、オーダーの違いが見られ、これが敏感性問題の原因と考えられる。以上の観点から、本研究は、この敏感性という問題を、保証強度試験を行なうことにより、改善し、信頼性推定の精度改良を試みた。保証強度試験とは、構造物材料にあらかじめ載荷試験を行ない、ある一定値以下の抵抗をもつ材料を取り除くことであるが、これにより、抵抗分布のスソ部分の影響が無くなり、敏感性の改善が期待される。この効果を見るために、単純引張材について数値計算を行ない、考察を加えた。



2. 基礎式の誘導

保証強度試験により部材に導入される応力を S_p 、保証強度試験前、試験後の降伏点応力の確率密度関数を $f_R(x)$ 、 $f_R'(x)$ とし、それぞれの変数分布関数を $F_R(x)$ 、 $F_R'(x)$ とすれば、

$$f_R'(x) = \frac{H(x-S_p) f_R(x)}{1-F_R(S_p)}$$



$$F_R(x) = \frac{H(x - S_p) \{F_R(x) - F_R(S_p)\}}{1 - F_R(S_p)}$$

$H(x)$; Heaviside unit step function

となる。 $F_R(x)$ が求まると、保証強度を考慮した単純引張部材の破壊確率 P_f は、荷重により部材に導入される応力の確率密度関数 $f_s(x)$ として、荷重と抵抗の独立性を仮定すると、

$$P_f = \int_0^{\infty} F_R(x) f_s(x) dx$$

と表わされる。保証強度を表わすパラメータ e を次式で定義する。

$$e = \frac{S_p}{\bar{R}} \quad \bar{R}; \text{降伏点応力の平均値}$$

3. 数値計算及び考察

分布形の組み合わせとしては、次の4通りを考えた。

- (i). 抵抗; 正規分布 荷重; 正規分布 (———で示す)
- (ii). 抵抗; 対数正規分布 荷重; 対数正規分布 (-----で示す)
- (iii). 抵抗; 第3漸近最小値分布 荷重; 第1漸近最大値分布 (———で示す)
- (iv). 抵抗; 第3漸近最小値分布 荷重; 第2漸近最大値分布 (-----で示す)

抵抗の変動係数 δ_R は、0.15, 0.20,

0.25, 0.30, 荷重の変動係数 δ_S は、0.10,

0.20, 0.30, e は、0.0, 0.2, 0.4,

0.6のすべての組み合わせについて数値計算を行ない、中央安全率 γ と破壊確率 P_f の関係を求めた。その結果の1例を、

図3～図8に示す。 $\delta_R = 0.20$, $\delta_S = 0.10$

の場合、信頼性の向上とともに、明らかに感受性が改善される。 $\delta_R = 0.20$, $\delta_S =$

0.20の場合にはある程度の感受性の改善が見られるのに対し、 $\delta_R = 0.20$, $\delta_S =$

0.30の場合には、あまりその効果は期待できない。この傾向は他の δ_R に対しても

同様であった。即ち、 δ_S が大きくなると、荷重分布の裾の部分の違いが大きいため、同じ γ に対する P_f は分布形の組み合わせによ

って大きく異なる。

次に、 $P_f = 10^{-6}$ に対応する γ の値を、

表1のA欄($e=0.0$), B欄($e=0.6$)にと

り出した。ここで2.3 → 5.7は、 $P_f =$

10^{-6} に対応する γ の最小値が2.3で最大値が5.7であることを示し、 $\uparrow$ は γ が

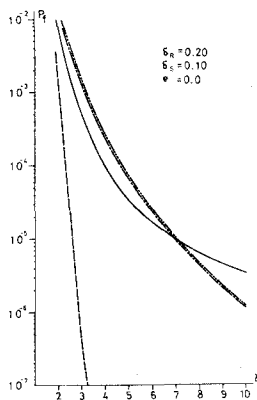


FIG. 3 PROBABILITY OF FAILURE

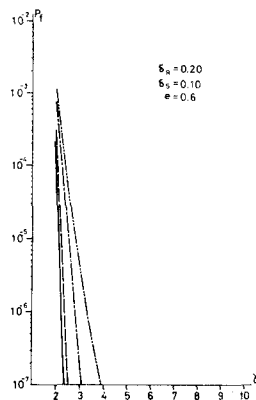


FIG. 4 PROBABILITY OF FAILURE

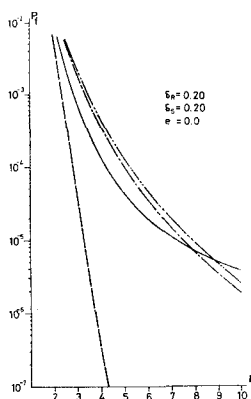


FIG. 5 PROBABILITY OF FAILURE

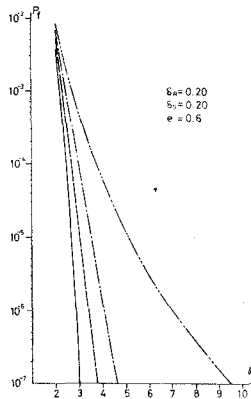


FIG. 6 PROBABILITY OF FAILURE

10を越えたことを示す。この表からも先程述べた傾向が明らかに読みとれる。しかし、この表のB欄において、 γ が10を越えるのはすべて(IV)の組み合わせであることから、もし何らかの方法で、荷重分布には、EXIIが当てはまらない事が確認されると、敏感性は、表1のC欄に示すように著しく改善されることになり、信頼性推定の精度がさらに向上する。また、荷重分布のスソの部分にも何らかの操作を加えることが可能となれば、敏感性の改善はさらに著しくなるものと予想

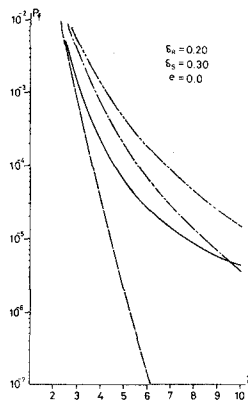


FIG. 7 PROBABILITY OF FAILURE

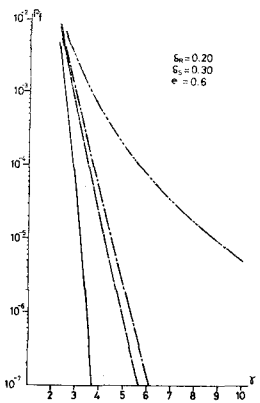


FIG. 8 PROBABILITY OF FAILURE

δ_R	δ_S	$P_f = 10^{-6}$ に対応する γ の値		
		EXII を含む場合		EXII を除く場合
		(A) $e=0.0$	(B) $e=0.6$	(C) $e=0.6$
0.15	0.10	2.3 $\rightarrow$ 5.7	2.2 $\rightarrow$ 3.3	2.2 $\rightarrow$ 2.7
	0.20	3.3 $\rightarrow$ 7.8	2.8 $\rightarrow$ 6.7	1.8 $\rightarrow$ 3.9
	0.30	4.5 $\rightarrow$ $\uparrow$	3.4 $\rightarrow$ $\uparrow$	3.4 $\rightarrow$ 5.2
0.20	0.10	2.9 $\rightarrow$ $\uparrow$	2.2 $\rightarrow$ 3.4	2.2 $\rightarrow$ 2.8
	0.20	3.8 $\rightarrow$ $\uparrow$	2.8 $\rightarrow$ 7.0	2.8 $\rightarrow$ 4.1
	0.30	5.3 $\rightarrow$ $\uparrow$	3.5 $\rightarrow$ $\uparrow$	3.5 $\rightarrow$ 5.3
0.25	0.10	3.7 $\rightarrow$ $\uparrow$	2.2 $\rightarrow$ 3.5	2.2 $\rightarrow$ 2.8
	0.20	4.6 $\rightarrow$ $\uparrow$	2.9 $\rightarrow$ 7.1	2.9 $\rightarrow$ 4.1
	0.30	6.1 $\rightarrow$ $\uparrow$	3.6 $\rightarrow$ $\uparrow$	3.6 $\rightarrow$ 5.5
0.30	0.10	4.5 $\rightarrow$ $\uparrow$	2.2 $\rightarrow$ 3.5	2.2 $\rightarrow$ 2.8
	0.20	5.6 $\rightarrow$ $\uparrow$	2.9 $\rightarrow$ 7.2	2.9 $\rightarrow$ 4.2
	0.30	7.3 $\rightarrow$ $\uparrow$	3.7 $\rightarrow$ $\uparrow$	3.7 $\rightarrow$ 5.6

される。

TABLE 1.

4. 結論及び今後の課題

- 単純引張材に保証強度試験を行なうと、荷重の変動係数が0.20以下では、分布関数の敏感性が改善され、得られる信頼性の精度が向上する。
- しかし、荷重の変動係数が0.30以上になると、今度は荷重分布のスソの部分の影響が大きくなり、破断確率は分布関数に非常に敏感となる。
- 何らかの方法で、荷重の大きいスソ部分をカットすることは、敏感性の改善に、著しく貢献すると予想されるが、これは今後の課題である。