

初期不整を含む組合せ応力を受ける鋼板の弾塑性崩壊

大阪大学工学部 正員 小松定夫

大阪大学工学部 正員 奈良敬

大阪大学大学院 学生員 小島治雄

1. まえがき 1978年に公表されたドイツのDAST R7012では、組合せ応力を受ける部材の安全照査式が提案されている。わが国においては組合せ応力を受ける部材の設計に関する明確な規定がなく、その作成が待たれるところである。着者は、弾塑性有限変位理論の立場から、初期不整を有する鋼板の面内曲げ圧縮応力下における極限強度特性を明らかにした。^{1,2)} 今回は、その研究成果を踏まえて、組合せ応力を受ける鋼板の弾塑性有限変位解析を行なったので、ここに報告する。

2. 解析方法 図-1に示すような解析モデルを用いた。境界条件については、面外変位は四辺単純支持であり、面内変位は、変形後も直線を保つとする。von Misesの降伏条件およびPrandtl-Reussの塑性流れ則に従い、等方等質性の完全弾塑性材料を対象として、弾塑性有限変位理論に基づいた極限強度解析を行なっている。

3. 数値計算例 解析モデルの材料にはSS41を用いた。組合せ応力状態を表わすパラメータを λ および Ω とした。 λ 、 Ω は次式のとおりである。

$$\lambda = \frac{\sigma_c}{\sigma_y} \cdot \frac{\tau_y}{\tau} \quad \Omega = \frac{\sigma_b}{\sigma_y} \cdot \frac{\tau_y}{\tau}$$

ここで、 σ_y 、 τ_y はそれぞれ垂直応力およびせん断応力の降伏点であり、 σ_c 、 σ_b 、 τ はそれぞれ作用圧縮応力度、作用面内曲げ応力度および作用せん断応力度である。極限強度の判定には無次元相当応力度 σ^* を用いた。 σ^* は次式のとおりである。

$$\sigma^* = \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_y}\right)^2} = \sqrt{(\sigma_1^*)^2 + (\tau^*)^2}$$

メッシュ割りと精度の関係については表-1に一例を示している。この表において、 τ^* 、 σ^* は、それぞれ極限状態でのせん断応力度および初等線圧縮応力度の無次元量を表わす。ここでは $\lambda=1$ 、 $\Omega=0$ および $\lambda=0$ 、 $\Omega=1$ の場合についての結果を示している。この表より、メッシュ割りは 6×6 で十分であると考えられる。

4. 考察 図-2には $\alpha=1$ 、 $\lambda=0.5$ 、 $\Omega=0.5$ の場合の極限状態に

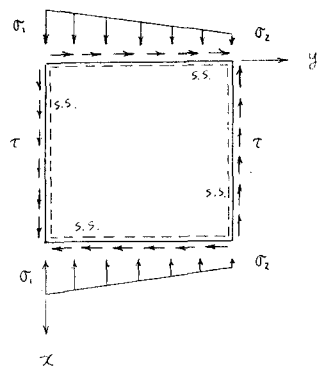


図-1 解析モデル

表-1 精度の検証

λ	Ω	MESH	6×6	8×8
1.0	0.0	σ^*	0.676	0.641
		τ^*	0.447	0.499
		σ^*	0.487	0.478
0.0	1.0	σ^*	1.032	1.014
		τ^*	0.812	0.819
		σ^*	0.636	0.608

 $R = 2.0$ $\alpha = 1.0$ SS41 $\sigma_{0.2} = 1.0$

$\sigma_{0.2}$ は道路橋示方書に規定された初期応力
の許容値であり、 σ_0 は初期応力の最大値。

おけるたわみ波形を示している。ここで $R_c=2$ ($b/t=112.5$), $\bar{w}_0/\bar{w}_{0m}=1$ である。このたわみ波形をモード分解して、各モードの係数が、その総和に占める割合を百分率で表わすと、 W_{11} が 52.6%, W_{22} が 24.2% であり、他のモードは全て 7% 以下であった。 W_{ij} は、 x 軸方向が正弦半波形式 i 個、 y 軸方向が正弦半波形式 j 個となるようなたわみモードを表わす。せん断応力の影響により斜め引張方向に大きなたわみが生じており、面内曲げ応力によって生じるたわみモード W_{12} は 1.2% であ

た。図-3 には $\alpha=0.5$, $\lambda=0$, $\Omega=1$ の場合の極限状態におけるたわみ波形を示している。モード分解の結果は、 W_{11} が 62.3%, W_{12} が 26.8% であり、他のモードは全て 4% 以下であった。 $\alpha=0.5$ の場合には、 W_{22} モードが現れにくく、逆に面内曲げ応力によって生じる W_{12} モードが卓越することが示されている。図-4 には垂直応力度とせん断応力度の相関曲線を示している。ここでは $\alpha=0.5$ と $\alpha=1$ の比較を行なっている。 σ_{u1}^* 軸に近い領域、すなわち垂直応力が支配的な応力状態では $\alpha=0.5$ の方が無次元相当応力度 σ^* は小さくなっている。一方、せん断応力が支配的な応力状態では、 $\alpha=1$ の方が σ^* はわずかに小さい。

5. 結論 (i) 極限状態でのたわみ波形については縦横比 α により卓越するモードが異なる。 $\alpha=0.5$ では面内曲げ応力によるたわみモードが卓越し、 $\alpha=1$ ではせん断応力によるたわみモードが卓越する。(ii) 垂直応力が支配的な応力状態では $\alpha=0.5$ の方が極限相当応力度 σ^* は小さく、せん断応力が支配的な応力状態では $\alpha=1$ の方が σ^* は小さい。

(参考文献) 1) 小松・奈良・小島;昭和44年度関西支部年報概要集, I-13, 1979. 2) 小島・小松・奈良;第24回土木学会年報概要集, I-112, 1979.

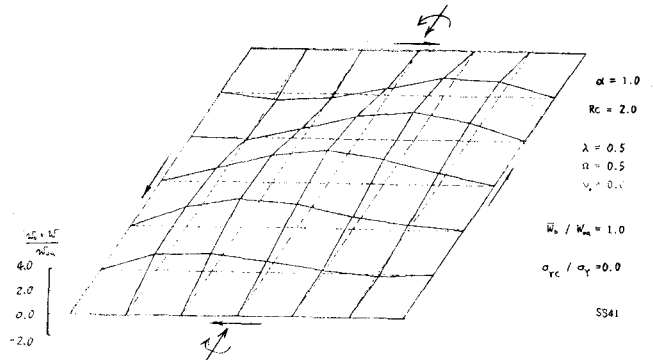


図-2 極限状態でのたわみ波形

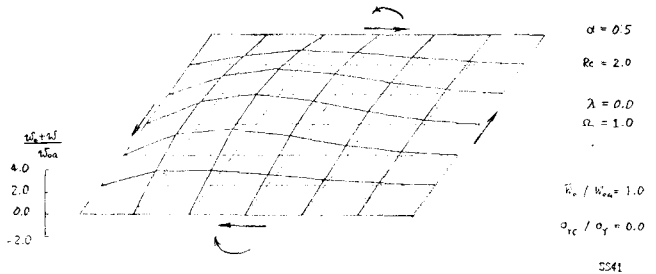


図-3 極限状態でのたわみ波形

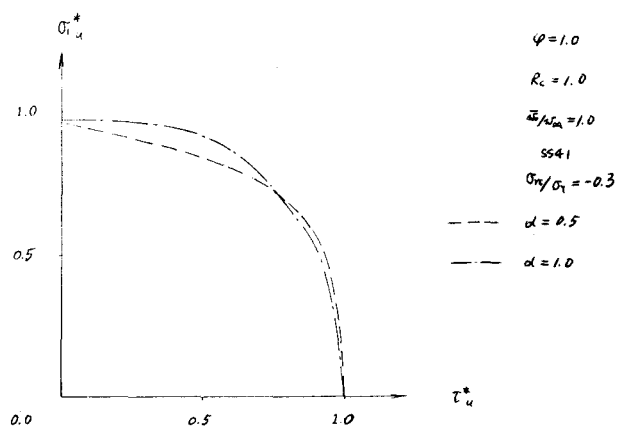


図-4 相関曲線