

大阪大学大学院	学生員	松永 康男
大阪産業大学工学部	正 員	小松 定夫
大阪大学工学部	正 員	奈良 敬

1. まえがき 面内曲げと圧縮応力を受ける補剛板の極限強度を弾塑性有限変位解析法を用いて数値計算する場合、補剛材本数が多くなる自由度と計算時間は飛躍的に増大する。そこで計算時間の短い簡易計算法によりこの種の補剛板の極限強度を算定する方法について研究してきた¹⁾ので報告する。

2. 解析モデル 図-1に、幅厚比パラメータ $R=0.7$ の場合の純圧縮を受ける補剛板の極限強度と補剛板を多リブモデル²⁾(図-2に示すモデル2)でモデル化した場合の極限強度を比較した結果を示す。この図より縦補剛材本数 n_1 が3本以上になると両者にほとんど差異は認められない。一方、面内曲げと圧縮応力を受ける補剛板の場合、縦補剛材本数が多くなると縦補剛材間のサブパネルの応力勾配 $\varphi/(n_1+1)$ は0に近い値となる。したがってこの多リブモデルを用いてこの種の補剛板の極限強度を算定する簡易計算法について考案する。図-2(a)に示すような補剛板を(b),(c),(d)に示す3種類のモデルに分割する3つの方法を考える。そしてそれぞれ簡易計算法1、2、3とする。境界条件は図中に示す通りである。そして弾塑性有限変位解析法を用いモデル1、2、3に純圧縮応力を作用させた場合の平均圧縮応力度と圧縮変位の関係を求める。この簡易計算法では分割したモデルのみの平均圧縮応力度と圧縮変位の関係から補剛板全体の極限強度を算定できるので自由度と計算時間の大幅な短縮が期待できる。尚、補剛板の断面としては、道路橋示方書の必要最小剛比に基づいて設計した。

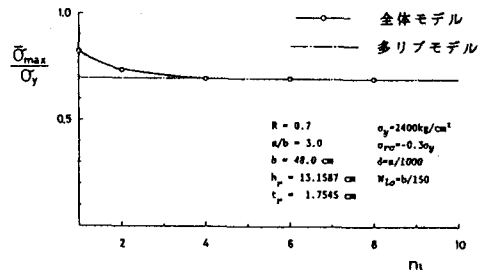


図-1 全体モデルと多リブモデルの極限強度の比較

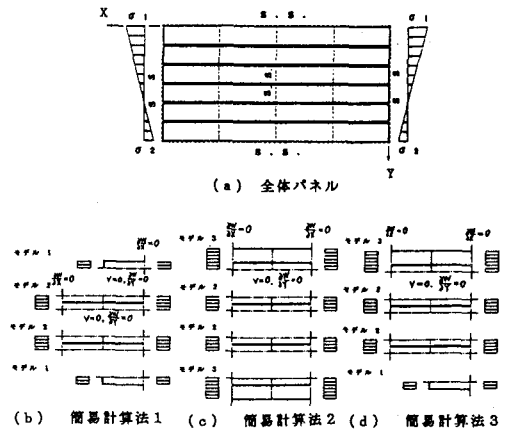


図-2 解析モデル

3. 解析法 図-2に示すような分割したモデル内では、応力勾配はなく純圧縮であるとする。まず、圧縮側に変位 u_1 を与え、応力勾配 φ の初期値として $(u_1-u_2)/u_1$ を与え各モデルの重心位置での変位を計算する。そしてその変位から先に求めた3種類のモデルの平均圧縮応力度と圧縮変位の関係を利用して初等縁圧縮応力度 σ_1 を求め補剛板の極限強度を計算する。この時 $\varphi < 2$ の場合は、変位の傾きを修正して応力勾配を一定に保つ。 $\varphi = 2$ の場合は、変位を平行に移動させて応力勾配が常に2になるように調整する。

4. 解析結果と考察 本解析では、補剛材本数 $n_1 = 2, 4$ 、幅厚比パラメータ $R = 0.5, 1.0$ 、応力勾配 $\varphi = 0.5, 1.0, 2.0$ 、剛比 $\gamma_1/\gamma_1^* = 1.0, 5.0$ の場合について解析した。その結果を表-1、2に示す。ただし表-1、2では極限初等縁圧縮ひずみ $\varepsilon_{1,max}$ を用いて極限強度を表している。 $\gamma_1/\gamma_1^* = 1.0$ の場合、表-1より $\varphi = 0.5$ の時は精度がよいが φ が大きくなると誤差が大きくなる。これは、サブパネルの応力勾配 $\varphi/(n_1+1)$ が大きくなるために起こるものと思われる。また $\gamma_1/\gamma_1^* = 1.0$ の場合、 $\varphi = 2.0$ の時は、たわみ波形が逆対称となるために誤差が大きくなると思われるので、中間点で単純支持とい

う条件を考慮して計算した。

その結果は表中において $\varphi=2.0$ の()内の値であり、この場合の方が精度が良くなる。 $n_1=2$ の場合、簡易計算法2の方法は他の方法に比して全般的に精度が悪いようである。これは、分割数が少ないため分割したモデル内での応力勾配の差が大きくなることによるものと思われる。表-2に示す $\gamma_1/\gamma_1^*=5.0$ の場合では、 $n_1=4$ のとき、 $\varphi=2.0$ となるとかなりの誤差を生ずる。これは、極限状態において局部的なたわみ波形よりも全体的なたわみ波形が卓越するために簡易計算法におけるモデルの境界条件の拘束がきついためと思われる。また $R=0.5$ では、 $\gamma_1/\gamma_1^*=1.0$

表-1 解析結果 ($\gamma_1/\gamma_1^*=1.0$)

R = 0.5										
縦補剛材数		$n_1=4$				$n_1=2$				
応力勾配		0.5	1.0	2.0		0.5	1.0	2.0		
全体	$\varepsilon_{1,max}/\varepsilon_y$	0.9162	1.0304	1.1362		1.0725	1.2588	1.4743		
簡易計算法	1	$\varepsilon_{1,max}^{(1)}/\varepsilon_y$	0.9537	1.0950	1.2395	(1.2409)	0.9846	1.1214	1.3075	(1.3824)
		$\varepsilon_{1,max}^{(1)}/\varepsilon_{1,max}$	1.0409	1.0627	1.0910	(1.0922)	0.9181	0.8909	0.8868	(0.9376)
	2	$\varepsilon_{1,max}^{(2)}/\varepsilon_y$	0.9487	1.0862	1.2615	(1.2769)	0.9235	1.0006	1.2217	(1.4565)
		$\varepsilon_{1,max}^{(2)}/\varepsilon_{1,max}$	1.0355	1.0542	1.1103	(1.1239)	0.8611	0.7949	0.8286	(0.9879)
	3	$\varepsilon_{1,max}^{(3)}/\varepsilon_y$	0.9507	1.1051	1.2527	(1.2641)	0.9684	1.1155	1.2678	(1.4455)
		$\varepsilon_{1,max}^{(3)}/\varepsilon_{1,max}$	1.0446	1.0725	1.1026	(1.1126)	0.9030	0.8861	0.8599	(0.9840)

R = 1.0										
縦補剛材数		$n_1=4$				$n_1=2$				
応力勾配		0.5	1.0	2.0		0.5	1.0	2.0		
全体	$\varepsilon_{1,max}/\varepsilon_y$	0.5620	0.6408	0.8187		0.6376	0.7755	1.1152		
簡易計算法	1	$\varepsilon_{1,max}^{(1)}/\varepsilon_y$	0.5046	0.5451	0.6416	(0.6651)	0.5795	0.6391	0.8232	(1.1646)
		$\varepsilon_{1,max}^{(1)}/\varepsilon_{1,max}$	0.8979	0.8507	0.7837	(0.8125)	0.9089	0.8240	0.7381	(1.0443)
	2	$\varepsilon_{1,max}^{(2)}/\varepsilon_y$	0.5389	0.5880	0.7032	(0.7453)	0.5756	0.6050	0.6857	(1.1395)
		$\varepsilon_{1,max}^{(2)}/\varepsilon_{1,max}$	0.9589	0.9176	0.8589	(0.9104)	0.9028	0.7801	0.6143	(1.0217)
	3	$\varepsilon_{1,max}^{(3)}/\varepsilon_y$	0.5418	0.5951	0.7080	(0.7426)	0.5861	0.6430	0.7621	(1.1984)
		$\varepsilon_{1,max}^{(3)}/\varepsilon_{1,max}$	0.9640	0.9287	0.8648	(0.9071)	0.9191	0.8291	0.6834	(1.0745)

の極限強度より $\gamma_1/\gamma_1^*=5.0$ のそれが小さいのは、補剛板の板パネルの中央面に荷重を導入することにより偏心モーメントが作用するためと思われる。これらの簡易計算法の精度について考えると $n_1=2$ の場合は簡易計算法1、 $n_1=4$ の場合は簡易計算法3が精度が良いが、その差は僅かである。

5. あとがき 本簡易計算法が極限強度を推察する上で有効な手段であることが伺える。しかし、かなりの誤差を含んでいる場合もあるので、精度向上のための改良ならびに適用範囲の明確化を目的として今後更にパラメータを変化させて計算をし検討する必要がある。尚、挙動の比較については講演当日に詳述する。

表-2 解析結果 ($\gamma_1/\gamma_1^*=5.0$)

R = 0.5								R = 1.0							
縦補剛材数		$n_1=4$			$n_1=2$			$n_1=4$			$n_1=2$				
応力勾配		0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0		
全体	$\varepsilon_{1,max}/\varepsilon_y$	0.8829	0.9831	0.9836	1.0008	1.2384	1.4747	0.7042	0.7973	0.8372	0.7736	0.8822	1.0940		
簡易計算法	1	$\varepsilon_{1,max}^{(1)}/\varepsilon_y$	0.9657	1.1377	1.3427	0.9820	1.1786	1.3808	0.7629	0.8782	1.0873	0.7469	0.8898	1.0841	
		$\varepsilon_{1,max}^{(1)}/\varepsilon_{1,max}$	1.0938	1.1573	1.3608	0.9812	0.9517	0.9363	1.0834	1.1015	1.2987	0.9650	1.0086	0.9909	
	2	$\varepsilon_{1,max}^{(2)}/\varepsilon_y$	0.9421	1.1085	1.3307	0.9077	1.0140	1.3144	0.7367	0.8544	1.0873	0.7951	0.7874	0.9752	
		$\varepsilon_{1,max}^{(2)}/\varepsilon_{1,max}$	1.0671	1.1275	1.3486	0.9697	0.8188	0.8913	1.0462	1.0716	1.2880	1.0277	0.8925	0.8914	
	3	$\varepsilon_{1,max}^{(3)}/\varepsilon_y$	0.9552	1.1387	1.3307	0.9577	1.1550	1.3522	0.7484	0.8738	1.0796	0.7948	0.8633	1.0594	
		$\varepsilon_{1,max}^{(3)}/\varepsilon_{1,max}$	1.0820	1.1583	1.3486	0.9569	0.9327	0.9170	1.0628	1.0959	1.2895	1.0274	0.9853	0.9684	

参考文献 1) 松永・小松・奈良・山田：昭和61年度関西支部年次学術講演会，I-67，1986年 5月。

2) 小松定夫編：JSSC, Vol. 16, No. 170, 1980年4月, pp. 10-43.