

状態 I+1 での真の節点力 $\bar{F}_n$ は次のようになる。

$$\bar{F}_n = \bar{F}_{n,n} + \Delta \bar{F}_{n,n} + \bar{F}_{r,n} \quad \text{---- (10)}$$

$$\Delta \bar{F}_{n,n} = \bar{K}_{n,n} \cdot \Delta \bar{U}_{n,n} \quad \text{---- (11)}$$

ここで $\bar{F}_{n,n}$: 状態 M での変形による真の節点力,
 $\bar{F}_{r,n}$: 残留応力による節点力。式(10)の $\bar{F}_n$ をモード化した一般化節点力に変換すると

$$\bar{F}_n = \bar{F}_{n,n} + \Delta \bar{F}_{n,n} + H_n^T \cdot \bar{F}_{r,n} \quad \text{---- (12)}$$

$$\bar{F}_{n,n} + \Delta \bar{F}_{n,n} = H_n^T L_n^T \lambda_n^T (\bar{F}_{n,n} + \Delta \bar{F}_{n,n}) \quad \text{---- (13)}$$

$$\bar{F}_{r,n} = L_n^T \lambda_n^T \bar{F}_{r,n} \quad \text{---- (14)}$$

すべての梁要素, 板要素について式(12)を集積すると

3. 解析例 図3に示すような文献(1)に取り上げられた4本の補剛材により補剛された圧縮板を数値計算例とする。そして, 次式の初期にわみを有する場合についての弾性および弾塑性有限変位解析を試みた。

$$w_0 = \bar{w}_0 \cdot \cos \pi x / a \cdot \sin \pi y / b \quad \text{---- (18)}$$

式(4)で仮定する板の横にわみ W のモードは二重三角級数の9項までを採用した(表1参照)。つまり

$$W = \sum_{m=1,3,5} \sum_{n=1,3,5} W_{m,n} \cdot \cos \frac{m\pi x}{a} \cdot \sin \frac{n\pi y}{b} \quad \text{---- (19)}$$

計算時間節約のため, 今回は図3に示すような粗いメッシュ割りで解析を行った。道路橋示方書の最小幅厚比 $b/t = 40$ および必要最小剛比 η_n を有する補剛板の解析結果を図4および表1に示す。 $\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ の場合の平均圧縮応力度下の最大値 $\bar{\sigma}_{\max}$ と σ_y との比 $\bar{\sigma}_{\max}/\sigma_y$ は約0.83となっている。断面の都合上, 解析結果の説明および精度, 収束性に関する他の解析例については省略し, 発表当日詳細に申しあげる予定である。

4. あとがき 本研究にあたり当時本学大学院生(現在, 三菱重工業株式会社)の岩崎清司氏の多大の協力を得たことを付記し, ここに感謝の意を表します。

真の一般化節点力 $\bar{F}_{I+1}$ が得られる。

$$\bar{F}_{I+1} = \sum \bar{F}_n = \bar{F}_{I+1} + \Delta \bar{F}_{I+1} + H_{I+1}^T \cdot \bar{F}_{r,n} \quad \text{---- (15)}$$

すると不釣り合い力 $\Delta \bar{F}_{I+1}$ は次式で与えられる。

$$\Delta \bar{F}_{I+1} = \bar{F}_{I+1} + H_{I+1}^T \cdot \bar{F}_{r,n} - \bar{F}_{I+1} \quad \text{---- (16)}$$

$$= \bar{F}_{I+1} - \{ \bar{F}_{I+1} + \Delta \bar{F}_{I+1} + H_{I+1}^T (\bar{F}_{r,I+1} - \bar{F}_{r,n}) \} \quad \text{---- (17)}$$

ここで $\bar{F}_{r,n}$ は残留応力と初期にわみの共存する補剛板を平面あるいは直線の有限要素の集合体にモデル化することにより生ずる不釣り合い力を相殺するための仮定の節点外力である。

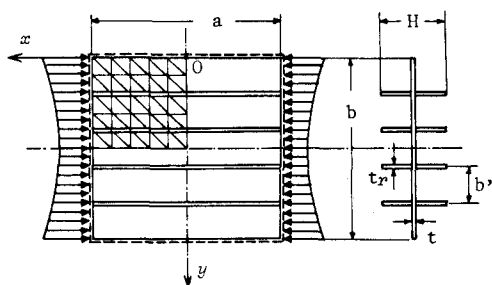


図-3 解析例

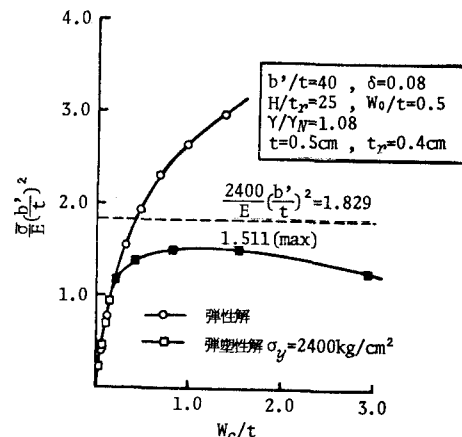


図-4 平均圧縮応力度と中央パネル中央のたわみとの関係

表-1 たわみに及ぼす各モードの影響度

$\cos \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}$	モード	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	m	1	1	3	3	1	5	3	5	5
	n	1	3	1	3	5	1	5	3	5
W_{mn}/W_c (図4, 点A)		1.001	0.024	0.019	-0.004	0.001	0.001	-0.001	-0.001	-0.001
W_{mn}/W_c (図4, 点B)		1.041	0.040	-0.000	-0.000	0.002	-0.000	-0.001	0.000	-0.002

参考文献 (1) 岡村・吉田: 圧縮を受けるリブ付き鋼板の弾塑性座屈, 昭和49年度関西支部年講概要集, (2) 小松・北田・岡田: 圧縮板の極限強度に関する一解析手法について, 第30回年講概要集, (3) 小松・北田・岩崎: 残留応力および初期にわみを有する圧縮板の弾塑性解析, 土木学会論文報告集, 第244号, (4) 小松・北田・岩崎: 初期不整合をもつ補剛された圧縮板の極限強度解析について, 昭和51年度関西支部年講概要集, (5) 竹谷・小松・北田: 補剛された圧縮板の極限強度に関する研究, 第31回年講概要集。