

拡張された併用法の開発と張出し多層版への適用

(株)井沢設計 正会員 ○廣瀬 清泰
 (株)セーフティア일랜드 正会員 鍋島 益弘
 大阪工業大学名誉教授 正会員 堀川都志雄

1. はしがき

多層版の端辺が単純支持と異なる境界条件をもつ問題の基礎理論に、厚板理論の Navier タイプの解を特解とし、境界条件を満たすために薄板理論による同時解を重ね合わせて一般解を導く混合法を据え、一方向に調和解析法を、他の方向に選点法を充当する STRIP 法を適用することにより、自由辺をもつ板の古典解との比較や、急変する版厚からなる多層版の計算例と妥当性を検証した¹⁾。しかし自由度が1の STRIP 法のみの解析では、多層版界面で不連続性が部分的な平面広がりを呈する問題で無理がある。

本研究では自由辺の条件が考慮できる STRIP 法に、単純支持専用の併用法²⁾の考え方を組み込むことにより、剥離問題への活用を図る拡張した併用法を開発する。なお混同を避けるため、選点法についての離散化には分割という語で、STRIP 法では区割りの語でそれぞれを区別して用いる。

2. 多層版解析法の仕分け

従来の解析法を俯瞰すれば、図-1のように分類され、右側(選点法)から左側(調和解析法)に向かうにつれて、解の精度および演算時間は共に向上する傾向にある。

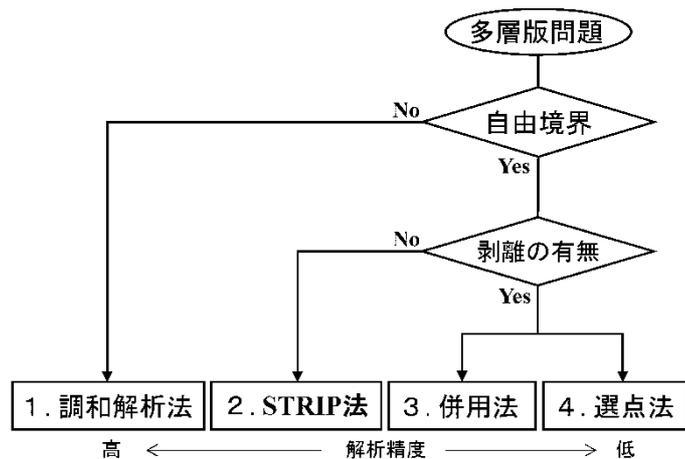


図-1 多層版解析法の分類

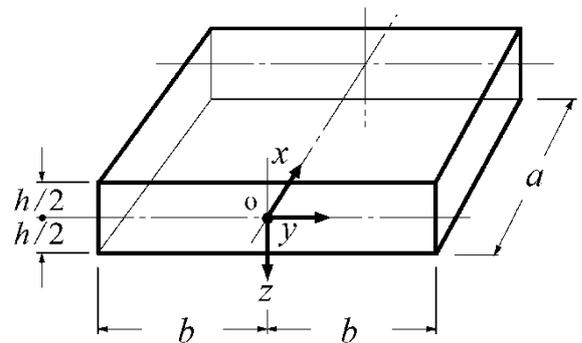


図-2 版の形状

3. 拡張した併用法における基礎式と接合界面処理の概略

版の水平面内に x 軸の原点を支持辺上に、 y 軸の原点を中央線上に置き、それらと直交する z 軸を各層の中央面に設置する。STRIP 法では橋軸方向 x に調和解析法を、橋軸直角方向 y に選点法を採用する(図-2)。 z 方向の物体力 Z を有する変位関数の基礎式は次のように与えられる。

$$\triangle \triangle f_3 = -Z / (1 - \nu) \quad , \quad \triangle \theta_3 = 0 \quad (1)$$

多層版(全層数 N)内である接合界面が不連続性を示す場合、この界面を挟んで多層版を2つの領域 Γ_1 (層数 k) と Γ_2 (層数 l) に分離し、各領域の各層において自由境界の条件を満足する混合法を STRIP 法に用いて組立てる。なお選点法の分割ブロック数を t とする(図-3)。

キーワード 調和解析法, STRIP 法, 併用法, 選点法, 多層版解析, 剥離

連絡先 〒581-0019 大阪府八尾市南小阪合町 5-8-30 株式会社 井沢設計 TEL072-998-2723 FAX072-998-2768

- ① 領域 Γ_1 の各分割ブロックで、単位の大きさをもつ柱状の伝達力ベクトル $\mathbf{X}_s (s = 1, t)$ と外荷重による接合界面 $(k-1)$ の区割りブロック j での伝達力ベクトル \mathbf{X}_{k-1}^j と \mathbf{X}_{k-1}^0 を導き、最下面でのそれぞれの変位ベクトル \mathbf{U}_{11} , \mathbf{U}_{12} , \mathbf{U}_{01} を個々の総和より求める.
- ② 同様に、領域 Γ_2 では伝達力ベクトル $\mathbf{X}_s (s = 1, t)$ とこれに伴う接合界面 $(k+1)$ の区割りブロック j の伝達力ベクトル $\mathbf{X}_{k+1}^j (j = 1, l_y)$ を求め、最上面の変位ベクトル \mathbf{U}_{21} と \mathbf{U}_{22} をそれぞれ算出する.
- ③ 領域 Γ_1 と Γ_2 の分割ブロック s の重心位置で変位の連続条件を成立させる.

$$\mathbf{U}_{11} + \mathbf{U}_{12} - (\mathbf{U}_{21} + \mathbf{U}_{22}) = -\mathbf{U}_{01} \quad (2)$$

- ④ 式(2)による $3t$ 元の連立方程式を解くことにより、分割ブロックの伝達力ベクトル $\mathbf{X}_s (s = 1, t)$ の大きさが決定される.

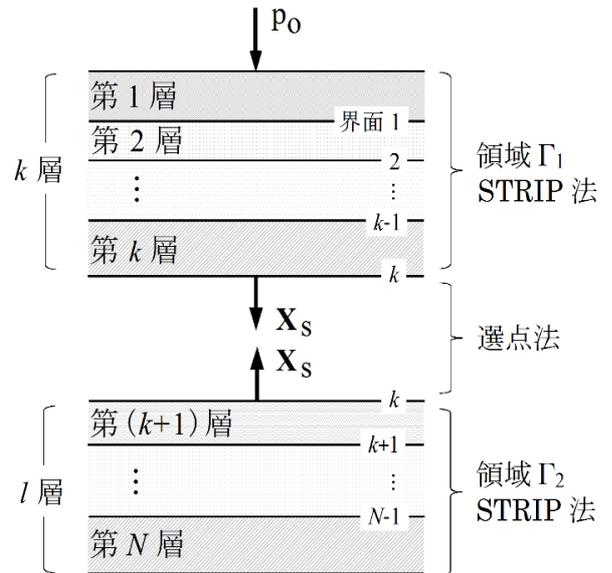


図-3 拡張型併用法の模式図

4. 等分布荷重および自重問題での正方形張出し多層版

荷重と境界条件の対称性を考慮し、最下層に剛性が無限大の仮想版を設けて、中央線 ($y/a=0$) で固定条件を作る¹⁾. 多層版の諸元は、スパン比 $b/a=1.0$, 版厚比 $h/a=0.1$, ポアソン比 $\nu=0.3$, 弾性係数を E とし、各層の厚さは全厚 h の $1/4$ である. 張出し多層版の境界条件は $y/a=0$ と $y/a=1.0$ の辺が固定と自由であり、選点法を第2層と3層の接合界面にあてがう. なお STRIP 法の区割り数を 10 とする.

等分布荷重下における版中央点での最上面と最下面のたわみと応力の比較を表-1 に、また自重問題(密度: ρ)の結果を表-2 にまとめる.

表-1 たわみと応力の比較
($x/a = y/a = 0.5$, 等分布荷重)

項目	STRIP 法	拡張型併用法	
		5 分割	10 分割
$w_u E/qa$	69.80	70.98	70.09
$w_l E/qa$	69.91	70.97	70.07
σ_{xu}/q	-35.24	-36.79	-36.82
σ_{xl}/q	34.99	37.42	37.01
σ_{yu}/q	-15.87	-14.74	-15.99
σ_{yl}/q	16.34	16.38	16.12

表-2 たわみと応力の比較
($x/a = y/a = 0.5$, 自重)

項目	STRIP 法	拡張型併用法	
		5 分割	10 分割
$w_u E/\rho ha$	70.05	71.14	70.25
$w_l E/\rho ha$	70.15	71.21	70.30
$\sigma_{xu}/\rho h$	-36.02	-36.63	-36.66
$\sigma_{xl}/\rho h$	36.43	37.32	36.91
$\sigma_{yu}/\rho h$	-15.90	-14.57	-15.82
$\sigma_{yl}/\rho h$	16.35	16.32	16.05

5. あとがき

選点法の活用により、不連続性の領域がある問題についても対処できると推測される.

参考文献

- 1) 廣瀬, 鍋島, 堀川: 急変する版厚を有する張出し多層版の STRIP 法による数値解析, 第8回道路橋床版シンポジウム, 2014年10月.
- 2) 三上, 高島, 廣瀬, 堀川: 調和解析法と選点法からなる併用法による多層版の数値解析, 土木学会構造工学論文集, Vol.60A, pp.1134-1139, 2014.