

異スパンの増厚コンクリートで補強される損傷床版の数値解析

三井住友建設(株) フェロー会員 ○三上 浩
株式会社 ボー

河野 一資

大成ロテック(株)
(株) 井 沢 設 計
大阪工業大学名誉教授

正会員 水野 政純
正会員 廣瀬 清泰
正会員 堀川都志雄

1. はしがき

自由辺を有する張出し多層版を対象に、外荷重を取込む特解に厚板理論を、境界条件を満足させる同次解に薄板理論を据える混合法を基本理論として、一方向を調和解析法に、他方向を離散型選点ブロックとする STRIP 法や、剥離界面に選点法を導入して STRIP 法の有用性を図る併用法等の解析方法を提案した^{1),2)}。しかし計算例では多層版が中央線に関して対称性を満たす条件下に制約されている等の難点があり、実橋への適用に際しては逆対称性を表す式系を組込む一般化された計算手法が望まれていた。

本研究では計算手法の性状を探る目的で、自由端面をもつ増厚部が損傷床版の上面に敷設され、橋軸直角方向の中心線と母床版の中央線が偏心した状態で接合される、すなわち変断面を構成する 2 層版を例に取上げる。増厚部上面のみに作用する偏心载荷時を考え、変断面近傍での変位と応力に着目する。剥離現象等が把握できる選点法の分割精度や増厚部の有無による影響を照査する。

2. 特解と同次解の基礎式および関係式

特解を表す厚板理論と同次解の薄板理論の基礎式を以下に示す(図-1)。

紙面の関係から級数による表示は割愛する。

i) 特解 変位関数の基礎式を式(1)に示す。上添字 p は特解を意味する。

$$\Delta \Delta f_3 = 0, \quad \Delta \theta_3 = 0$$

ここで、 Δ : 3次元ラプラシアン

変位 u, v, w と変位関数との関係式を以下に表す。

$$\begin{aligned} 2\mu u^p &= -\partial_x \partial_z f_3 + \partial_y \theta_3, \quad 2\mu v^p = -\partial_y \partial_z f_3 - \partial_x \theta_3, \\ 2\mu w^p &= \mu/(\lambda + \mu)[\partial_z^2 + (\lambda + 2\mu)(\partial_x^2 + \partial_y^2)/\mu]f_3 \end{aligned} \quad (1)$$

ii) 同次解 薄板理論は曲げ問題と引張り問題に分離され、それぞれの基礎式を示す。

同次解のたわみと 2次元弾性体の変位関数を次式に示す。上添字 h は同次解を表す。

$$D\Delta'\Delta'w^h = 0, \quad H\Delta'\Delta'\phi^h = 0 \quad (2)$$

ここで、 D : 版の曲げ剛性、 H : 版の伸び剛性、 Δ' : 2次元ラプラシアン

同次解での変位 u^h や v^h はたわみと変位関数の関係から次式で与えられる。

$$u^h = u_s^h - z\partial_x w^h, \quad v^h = v_s^h - z\partial_y w^h$$

ここで、 $u_s^h = [\partial_x^2 + 4(\lambda + \mu)/(\lambda + 2\mu)\partial_y^2]\phi^h$, $v_s^h = -(3\lambda + 2\mu)/(\lambda + 2\mu)\partial_x \partial_y \phi^h$

3. 数値計算例

全周単純支持の正方形版(スパン a , 版厚 $h/a=0.075$)の上面に増厚部①($h'/a=0.025$)が敷設され、増厚部①の上面全域に等分布荷重 q が偏心载荷する問題を考える(図-2)。増厚部①の y 方向の中心線が床版の中心線($y=0$)から偏心して配置される領域は $0 \leq x/a \leq 1$, $0 \leq y/a \leq 0.5$ で、床版と増厚部①とが接合している。床版と増厚部①の弾性係数を E , ポアソン比 ν を 0.3 とする。また残りの領域($0 \leq x/a \leq 1$, $-0.5 \leq y/a \leq 0$)に設置される増厚部を増厚部②と名付ける。

増厚部①のみが床版と接合する場合を CASE-1, 増厚部①と②がそれぞれ床版と接合する場合を CASE-2 とする。接合界面での STRIP 法の区割り数を 20, 選点法での分割数を 10×10 および 20×20 とする。なお、

キーワード 張出し多層版, 増厚床版, 厚板理論, STRIP 法, 選点法

連絡先 〒160-6112 東京都新宿区西新宿 8-17-1 大成ロテック(株) 営業部 TEL 03-5925-9436 FAX 03-3362-5807

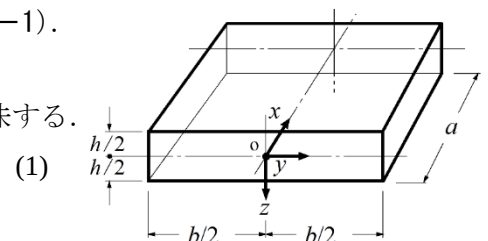


図-1 各層の座標および形状

上添字 u は合成断面の最上面を, l は最下面を表す.

選点法の分割数の影響を調べるために, 増厚部の自由端 $y/a=0$ と中央点 $y/a=0.25$ での変位と応力の比較を表-1 に示す.

変断面部($y/a=0$)近傍での STRIP 法と選点法(20×20)による変位と応力の比較を表-2 に示す.

選点法と STRIP 法の結果から, 剥離を想定する場合には 20×20 以上の分割数が必要であると推測される.

更に各端面が自由の増厚部①と②は不連続性を呈する切れ目を形成する. 増厚部①のみに等分布荷重を作用させ, 連続化した増厚部で構成される調和解析法と CASE-2 での結果を表-3 に比較する.

表-3 から, 不連続となる切れ目の影響は顕著であることが判る.

表-1 選点法の分割数と STRIP 法の比較 ($x/a = 0.5$)

	a) 選点法(10×10)		a) 選点法(20×20)		b) STRIP 法	
y/a	0.0	0.25	0.0	0.25	0.0	0.25
$w^u(qa/E)$	35.02	25.46	34.13	25.26	34.13	25.26
$w^l(qa/E)$	33.71	25.40	33.42	25.20	33.42	25.20
$\sigma_x^u(q)$	-16.16	-17.39	-16.12	-17.29	-16.13	-17.29
$\sigma_x^l(q)$	20.36	15.87	20.15	15.83	20.15	15.84
$\sigma_y^u(q)$	0.0	-19.48	0.0	-19.54	0.0	-19.54
$\sigma_y^l(q)$	23.14	19.03	22.88	19.06	22.88	19.06

表-2 STRIP 法と選点法による変位と応力の比較 ($x/a = 0.5$)

	a) 選点法			b) STRIP 法(CASE-1)		
y/a	-0.125	0.0	0.125	-0.125	0.0	0.125
$w^u(qa/E)$	—	34.13	31.57	—	34.13	31.57
$w^l(qa/E)$	29.26	33.42	31.50	29.26	33.42	31.50
$\sigma_x^u(q)$	—	-16.12	-20.60	—	-16.13	-20.60
$\sigma_x^l(q)$	15.51	20.15	18.47	15.51	20.15	18.49
$\sigma_y^u(q)$	—	0.0	-19.47	—	0.0	-19.49
$\sigma_y^l(q)$	13.98	22.88	18.90	13.98	22.88	18.90

表-3 調和解析法と CASE-2 の変位と応力の比較 ($x/a = 0.5$)

	調和解析法(半載荷)			STRIP 法(CASE-2)		
y/a	-0.125	0.0	0.125	-0.125	0.0	0.125
$w^u(qa/E)$	18.68	23.00	24.12	-20.40	26.34 (26.14)	25.97
$w^l(qa/E)$	18.68	22.98	24.07	20.35	25.56	25.88
$\sigma_x^u(q)$	-10.83	-14.50	-16.33	-11.19	-11.18 (-10.55)	-16.94
$\sigma_x^l(q)$	10.89	14.41	16.12	11.62	17.68	16.82
$\sigma_y^u(q)$	-7.98	14.50	-19.78	-7.01	0.0	-19.07
$\sigma_y^l(q)$	7.93	14.43	19.70	6.99	20.65	18.99
$\tau_{yz}^{max}(q)$	1.324	1.652	0.365	1.216	1.845	0.407

注) カッコ内は増厚部②での値

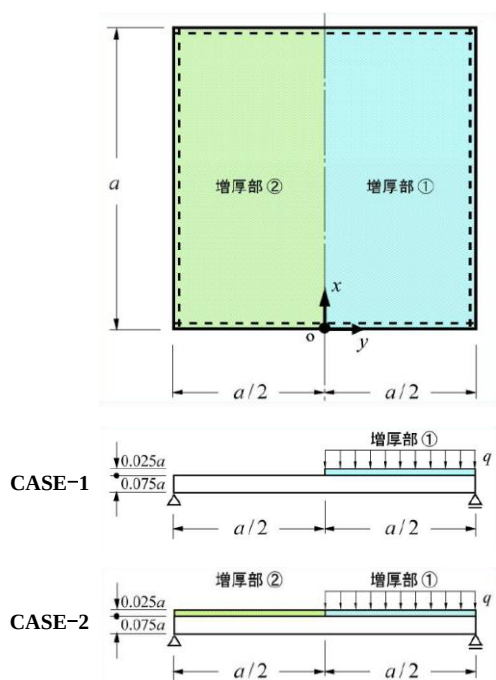


図-2 数値計算モデル

4. あとがき

部分荷重下や実橋床版での例は当日発表する予定である.

参考文献

- 1) 廣瀬清泰, 鍋島益弘, 堀川都志雄: 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, 第八回道路橋床版シンポジウム, pp.3-8, 2014.
- 2) 廣瀬清泰, 鍋島益弘, 堀川都志雄: 剥離域を有する張出し多層版の併用法による数値解析, 土木学会構造工学論文集, Vol.62A, pp.1135-1140, 2016.