支持辺の任意領域で部分固定される多層版の数値解析

Numerical analysis for multi-layer slab with partially clamped portions

横山広*, 浦修造*, 関口幹夫**, 堀川都志雄*** Hiroshi Yokoyama, Syuuzou Ura, Mikio Sekiguchi, Toshio Horikawa

:	*国土閉	昇発センター, 打	支術開発研究所調	設計事業部	(〒924-0838	石川県白山市八	、束穂3丁目7	7 番地)
	**東	京都土木技術支	援・人材育成セ	ンター (〒	=136-0075 東江	京都江東区新砂	1丁目9番15	5号)
***	工博,	大阪工業大学教	牧授,都市デザイ	、ン工学科	$(\mp 535 - 0002)$	大阪府大阪市旭	区大宮5丁目	16番1号)

In order to calculate the deflection and stress distribution of slab with partially clamped portions, a new method by setting a dummy girder near the simply supported edge is proposed. The results of calculation are compared with the solutions obtained by previous studies for the slabs having partially clamped portions with elementary conditions of all simply supported edges, or opposive sides free. As a result, it is found that the results obtained by the present method are practically accurate. This method also shows to be able to catch local displacements and stresses of multi-layered slabs subjected to eccentric loading. *Key Words: thick plate theory, partially clamp, multi-layer slab*

キーワード:厚板理論,部分固定,多層版

1. はじめに

道路橋示方書¹⁾による床版設計の実務では,床版は支 持桁に一様な条件で支持されるとの仮定のもとで設計曲 げモーメント式が提示されている.しかしながら,支持 桁の垂直補剛材近傍では,上フランジの首振り変形が抑 制されることが推察されるため,その周辺部分の床版の 変形も制約を受ける可能性がある.その場合には,床版 構造から見れば部分固定された状態に近似することが推 察される.また,合成桁における桁,床版の応力伝達に 用いられるスタッドジベルは群配置とした方が収まりの よい場合も多く,その際にも部分的に固定された版とし ての挙動を示すものと考えられる.これら部分固定され る状態での床版応力は複雑な分布となることが予測され るが,解析の困難さから過去に研究された例は少ない.

他にも、多径間連続プレートガーダー橋の中間支点部の 主桁下フランジの一定区間に下床版を設けて圧縮力を負 担させる2重床版構造が試みられており、その際にも部 分固定支持に近い条件になることが予測されるとともに、 自由辺を有する版となることから、局所的な応力の把握 は重要な課題である.

筆者らは固定支持辺を有する版の厳密解を得る手法として、単純支持辺近傍に曲げ剛性が無限大のダミー桁を 配置する手法を開発し、その妥当性を評価した²⁾.この 手法は厚板理論のみで構成されており、3次元解の性質 を損なうことなく多層版を取り扱うことができることか ら、舗装を加味した損傷床版への鋼板接着工法や上面増 厚工法における変位や応力状態の厳密解が得られるとい う利点がある.また,近年その重要性が叫ばれている橋 面防水における必要性能として着目すべき付着せん断応 力の検討も可能になる.ここで言う付着せん断応力とは, 多層版各層の接触界面に発生するずれ現象に対応する応 力を示す.

本研究では、部分固定される版に対して、ダミー桁に よる支持辺の固定化手法と選点法を組み合わせて部分固 定版に適用し、その妥当性を評価する.選点法とは任意 の領域内(選点ブロック)で物理量が分布する場合に、 この物理量を対象とする領域内で一様であると仮定し、 かつ領域内の中央に代表点を設けて連続すべき物理量を 離散的な代表点での物理量に置き換える計算手法である.

既往の部分固定支持の解析には薄板理論を用いた倉田 らによる方法^{3,4}があり,支持辺上に作用させる端モ ーメントの解を駆使して,Fourier 級数を固定区間内で再 展開する手法が開発された.本研究では,倉田が提示し た各種支持条件を持つ板の解とダミー桁を用いた計算結 果を比較する.なお,薄板理論や厚板理論の他に漸近法 (中等厚板理論)も実施してそれぞれの値を吟味する.

次に、倉田の解は構造および荷重が中央線に対して対称

の場合であるが、本研究における計算手法は任意の位置 での固定化が可能で荷重載荷位置を選ばないことから、 偏載荷での計算を実施してその応力分布を把握する.厚 板理論は輪荷重直下の応力分布の解析に適した手法であ り、その確認として道路橋示方書で採用されている薄板 理論による解と比較することでその特長を明確にする. また、薄板理論や中等厚板理論は曲げモーメント等によ る断面力を中心に据えた理論であるため、これらを異種 材料で構成される多層版に適用して、界面での付着せん 断応力や変位を把握することは3次元的観点から無理が ある.多層版への展開は3層版を設定し、サンドイッチ 構造を想定した断面で各層の付着せん断応力に着目する. また、偏載荷に加え実橋で起こりうる制動荷重を意識し た水平方向荷重下での計算も実施した.

2. 解析手法

2.1 厚板理論

厚板理論はGalerkin-vector f_3 とBoussinesqの変位関数 θ_3 から誘導され、その基礎式と各変位 u, v, w との関 係式は以下のように表される (図-1).

$$\Delta \Delta f_3 = 0 , \quad \Delta \theta_3 = 0 \tag{1}$$

$$2\mu u = -\partial^{2} f_{3} / \partial x \partial z + \partial \theta_{3} / \partial y,$$

$$2\mu v = -\partial^{2} f_{3} / \partial y \partial z - \partial \theta_{3} / \partial x,$$

$$2\mu w = \mu / (\lambda + \mu) \partial^{2} f_{3} / \partial^{2} z$$

$$+ (\lambda + 2\mu) / (\lambda + \mu) (\Delta - \partial^{2} / \partial^{2} z) f_{3}$$
(2)

厚板理論は応力のつりあい条件式,ひずみの適合条件 式,および Hooke の法則の全てを満足する厳密な理論で ある.それに対し薄板理論は,次の2つの仮定 (Kirchhoff-Loveの仮定)に依拠している.

- (1) 板厚方向のせん断弾性係数を無限大として、板厚方向のせん断変形を無視する.
- (2) 板厚方向の変位(=たわみ)は板厚方向に一定であ る.

この仮定は平面保持の仮定とも呼ばれ、計算結果で得 られる板厚方向に関する直応力分布は線形となるが、厚 板理論の解は非線形となる.本研究では厚板理論の解と 薄板理論による解との比較も行っているが、他にも厚板 理論の解に板厚がスパンに対して薄くなる場合を想定 した漸近展開する方法⁵も適用する.例えばたわみにつ



いて、漸近展開された厚板理論と Reissner 理論との差異 は板厚の2乗項程度で収まりごく僅かである.また板が 自由辺を有する場合には、厚板理論解を特解とし同次解 に薄板理論を重ね合わせる混合法⁶⁰を適用して、部分固 定問題を検討する.

2.2 固定化手法

固定化手法の概要を理解するために、1辺が部分固定, 残り3辺が単純支持される板を例にとり薄板理論に限定 して説明する.この手法は多層版についても同様に扱う ことができる.図-1のように板の隅角点に座標原点を 置く.

薄板理論のたわみの基礎方程式は次のように与えら れる.

$$D\Delta\Delta w = q(x, y) \tag{3}$$

ここで、D:板剛度 = $Eh^{3}/12(1-v^{2})$ 、 q(x, y):分布荷重、 E: 板の弾性係数、 h: 板厚, v: ポアソン比, $\Delta: 2 次元ラプラシアン,$

任意荷重 qを受ける全周単純支持板の2 重 Fourie 級数 で展開されるたわみ解 w_0 は以下のように得られる.

$$Dw_0 = \sum \sum q_{mn} / \gamma^4 \sin \beta_n y \sin \alpha_m x \tag{4}$$

$$\alpha_m = m\pi / a, \beta_n = n\pi / b, \gamma^2 = \alpha_m^2 + \beta_n^2$$

同様に, x軸と平行でy=0の境界辺近傍に配置される

ダミー桁1の上縁に k 個の選点ブロック(以下、選点数 と称す)からなる鉛直方向反力を X¹とおけば,これら のx,y方向の級数展開は次のように示される.

$$X^{1} = \sum X_{j}^{1} \sum \sum \rho_{mn}^{j} \sin \beta_{n} y \sin \alpha_{m} x$$

(*j*=1,*k*) (5)
ここで,
$$X^{1}{}_{j} : \text{桁 } I \operatorname{cong} j \operatorname{ontes},$$

$$v^{j}{}_{b} : \operatorname{gnj} \operatorname{cny} j \operatorname{ontes},$$

$$u^{j}{}_{b} : \operatorname{gnj} \operatorname{cny} j \operatorname{ontes} x$$

$$u^{j}{}_{b} : \operatorname{gnj} \operatorname{cny} j \operatorname{ontes} x$$

$$u^{j}{}_{b} : \operatorname{gnj} \operatorname{cny} j \operatorname{ontes} x$$

$$\eta^{j}{}_{b} : \operatorname{fn} 1 \operatorname{ontes} x$$

 $\rho_{mn}^{j} = 16\sin\beta_{n}v_{b}^{j}\sin\alpha_{m}u_{b}^{j}\sin\beta_{n}\eta_{b}^{j}\sin\alpha_{m}\xi_{b}^{j}/ab\alpha_{m}\beta_{n}$

桁反力のみによるたわみを w1 で表すと,

$$Dw_{1} = \sum X_{j}^{1} \sum \sum \rho_{mn}^{j} / \gamma^{4} \sin \beta_{n} y \cdot \sin \alpha_{m} x \qquad (6)$$

となり、板のたわみwはこれらの合計($= w_0 + w_1$)で表

される.

任意の荷重と桁反力による影響を含めた総たわみwを 用いて、板内部での曲げモーメントM_x, M_yおよびせん 断力 Q_x, Q_y等が求められる.同様の手法により多層版の 場合には変位や応力が直接得られることになる.

3. 既往の研究との比較による妥当性の評価

3.1 4 辺支持版

部分固定問題に対して, 倉田は Fourier 級数の再展開法 を固定区間に適用することにより数値解を導き,実験と の照合も行っている³⁾.しかしながらその手法は,支持 辺上に端モーメントを作用させる方法であるため,固定 区間に任意の長さを持たせたり,その位置を変化させる 場合には熟練度を要し,多層版への展開にはさらに困難 さが増大する.また,多層版の界面に作用するせん断応 力の忠実な解を求めるのは不十分である.

表-1 に版中央点における倉田の解と本研究による薄 板の解,漸近展開による解,および厚板解を示す.比較 対象はたわみwと応力oで,上添字のuおよび1は版の 上縁と下縁を示している.なお選点数は各計算とも 12 で統一している.本計算では等分布荷重満載状態で辺長 を a とし,版厚は h/a=1/10 で曲げ剛性無限大のダミー桁 は支持辺近傍で a/200 の位置に配している.計算に用る 物性値であるポアソン比は v=0.3 である.各解析手法に

支持条件	解析対象		倉田の解	薄板の解	漸近展開の解	厚板の解	B/A	C/A	D/A
Хмжн			Α	В	С	D			
単純支持	w ^u		0.0443	0.0443	0.0468	0.0460	1.00	1.06	1.04
[]	w		0.0443	0.0443	0.0468	0.0460	1.00	1.06	1.04
X	$\sigma_x^{\ u} = \sigma_y^{\ u}$		-28.68	-28.73	-28.82	-29.00	1.00	1.00	1.01
x	$\sigma_x^{l} = \sigma_y^{l}$	(単位)	28.68	28.73	28.82	28.90	1.00	1.00	1.01
部分固定1	w ^u		0.0323	0.0321	0.0363	0.0313	0.99	1.12	0.97
(-12)	w	w	0.0323	0.0321	0.0363	0.0313	0.99	1.12	0.97
[]	$\sigma_x^{\ u}$		-21.00	-20.80	-23.33	-20.37	0.99	1.11	0.97
X	σ_x^{l}	$\left[qa^{4} \right]$	21.00	20.80	23.33	20.27	0.99	1.11	0.97
x	$\sigma_y^{\ u}$	$\left[\frac{Eh^{3}}{Eh^{3}} \right]$	-24.30	-24.34	-24.60	-23.67	1.00	1.01	0.97
	σ_y^{l}	-	24.30	24.34	24.60	23.47	1.00	1.01	0.97
部分固定2	w ^u		0.0155	0.0151	0.0162	0.0159	0.97	1.05	1.03
	w ^l		0.0155	0.0151	0.0162	0.0158	0.97	1.05	1.02
x	$\sigma_x^{\ u} = \sigma_y^{\ u}$	σ_x, σ_y	-14.40	-14.23	-14.80	-14.40	0.99	1.03	1.00
	$\sigma_x^{l} = \sigma_y^{l}$	$\begin{bmatrix} q \end{bmatrix}$	14.40	14.23	14.80	14.25	0.99	1.03	0.99
部分固定3	w ^u	-	0.0213	0.0201	0.0216	0.0211	0.94	1.01	0.99
	w		0.0213	0.0201	0.0216	0.0211	0.94	1.01	0.99
X	$\sigma_x^{\ u} = \sigma_y^{\ u}$		-17.64	-17.14	-17.21	-17.41	0.97	0.98	0.99
	$\sigma_x^{l} = \sigma_y^{l}$		17.64	17.14	17.21	17.26	0.97	0.98	0.98
全周固定	w ^u		0.0138	0.0134	0.0145	0.0142	0.97	1.05	1.03
	w		0.0138	0.0134	0.0145	0.0141	0.97	1.05	1.02
X	$\sigma_x^{\ u} = \sigma_y^{\ u}$		-13.74	-13.52	-14.10	-13.80	0.98	1.03	1.00
\rightarrow_x	$\sigma_x^{l} = \sigma_y^{l}$		13.74	13.52	14.10	13.65	0.98	1.03	0.99

表-1 4辺支持の計算結果

支持条件	解析	対象	倉田の解	薄板の解	混合法の解	B/A	C/A
<u> </u>		1	A	Ь	U U		
単純支持	w ^u		0.1430	0.1424	0.1443	1.00	1.01
	w ^l		0.1430	0.1424	0.1442	1.00	1.01
	$\sigma_x^{\ u}$		-73.50	-73.28	-73.62	1.00	1.00
X	σ_x^{l}		73.50	73.28	73.54	1.00	1.00
x	σ_y^{u}	(単位)	-16.26	-16.32	-16.49	1.00	1.01
	$\sigma_y{}^l$	w	16.26	16.32	16.50	1.00	1.01
部分固定	w ^u	$\left[qa^{4} \right]$	0.0458	0.0442	0.0473	0.97	1.03
	w ^l	$\left[\frac{Eh^{3}}{Eh^{3}}\right]$	0.0458	0.0442	0.0472	0.97	1.03
	$\sigma_x^{\ u}$		-33.60	-32.93	-33.84	0.98	1.01
X	σ_x^{l}		33.60	32.93	33.60	0.98	1.00
<i>x</i>	$\sigma_y^{\ \mu}$		-2.40	-2.83	-2.64	1.18	1.10
	σ_y^{l}	σ _x , σ _y	2.40	2.83	2.91	1.18	1.21
固定支持	w ^u	[q]	0.0283	0.0270	0.0276	0.95	0.98
	w ^l		0.0283	0.0270	0.0276	0.95	0.98
	$\sigma_x^{\ u}$		-24.60	-24.06	-23.82	0.98	0.97
X	σ_x^{l}		24.60	24.06	23.73	0.98	0.96
	$\sigma_y^{\ u}$		-6.60	-6.59	-7.04	1.00	1.07
	σ_{v}^{\prime}		6.60	6.59	7.23	1.00	1.10

表-2 相対2辺自由,2辺部分固定版の計算結果



図-3 部分荷重載荷モデル

よる解と倉田の解との比率も示しているが、薄板解で は四辺角部を固定した解で 5%を超える誤差を生じて いるものの良好な精度である.それに対して漸近展開 では、1辺が部分固定される版で 10%を超える誤差を 生じている.厚板解は全ての支持条件で倉田解と同等 であり良好な精度を保っている.

また、厚板解では版の上縁、下縁で値が異なってお り、3次元解の特長が現れている。固定条件に対する 各解析手法の相性の有無やさらなる精度の向上策に関 しては今後の解析例による検討が必要であるが、本研 究で適用しているダミー桁による固定化手法は実用上 十分な精度を有していると考えられる。

3.2 相対2辺自由,他の2辺が部分固定される版

表-2は相対する2辺が自由で,残りの2辺が部分固 定される等分布満載荷重下の版中央点での計算結果で





ある.この計算では薄板理論,および混合法によるそれ ぞれの解を倉田らによる解と比較している.なお,各理 論の選点数は何れも9である.また,本計算ではダミー 桁の位置を計算手法や支持条件に合わせて a/20 から a/200 まで変化させて,たわみや応力が収束性を示す範



図-7 x 方向のたわみ分布 (y/a=1/3)

囲で調整している. ダミー桁の最適位置は支持条件と密 接に関係しており、本研究では繰り返し計算で最適位置 を求めた.

表によれば部分固定のy方向応力が倉田の解⁴ と異な る結果となっているが、薄板解と混合法の解の両方がほ ぼ同レベルで倉田解と異なっている.その他の解はほぼ 同等であることから、4 辺支持版と同様にダミー桁を用 いる本手法は実用上十分な精度を有していると考えら れる.

4. 部分荷重の載荷による検討

4.1 中央載荷される単層版

部分固定化手法の展開として図-3 に示す相対 2 辺を 部分固定とし他の 2 辺を単純支持とした場合を検討する. 荷重位置は版中央で,版厚は *h=a*/10 で,固定辺を生み出 すためのダミー桁位置は支持辺より *a*/200 の位置に配し ている.計算に用いた物性値はポアソン比を *v*=0.3 とし ている.

中央線上での版上縁のたわみ分布を図-4 に示す.荷 重直下のたわみはx, yの両方向とも同じ分布となるが両 端で部分固定されているx方向では支持辺に近づくとた わみの減少はy方向よりも大きくなっている.図-5 は 版上縁のx方向の応力 σ''_x の分布である.図によればダ ミー桁付近で引張応力が発生している.





4.2 偏載荷される単層版

荷重位置を版中央から固定位置近傍の x=a/6, y=a/3, に配し(図-6),1辺のみが部分固定される版に偏載荷 される問題を取り上げる.版厚やダミー桁位置は前節と 同様であり,計算に用いた物性値も同様でポアソン比は v=0.3である.薄板理論(選点数=9)と厚板理論(選点 数=12)で算出した y=a/3線上のx方向のたわみ分布を図 -7に示す.厚板理論では上縁と下縁ではたわみの値が 異なることから両方の値を示している.計算結果によれ ば,上縁の最大値が薄板解とほぼ同等であるもののピー クの位置が異なることが判る.また,厚板解のピーク位 置付近はその値の変化が他の値よりも顕著であり,部 分載荷の影響が現れている.たわみのレベルとその分 布形状は薄板の解,厚板の解がほぼ同等であることか ら,偏載荷モデルの性状が精度良く表現できていると 考えられる.

床版上縁のx 方向 (y=a/3) の応力 σ_x "を図-8(a)に, y 方向(x=a/6)の応力 σ_y "を図-8(b)に示す.厚板解の支 持辺の固定位置付近の曲げ引張り応力はx 方向の方が 大きい.薄板解,厚板解ともにそれぞれのx 方向,y方向の荷重直下の圧縮応力の分布形状は類似している が,双方の形状は,薄板解が滑らかな形状であるのに 対し,厚板解は載荷領域下で応力値が急変しているこ とが判る.また,圧縮応力の最大値は厚板解の方が大 きく,x 方向で薄板解に比べて約 25%増,y 方向で約 32%増加している.

4.3 偏載荷される単層版のたわみと応力の面分布

図-9 は厚板解による版上縁のたわみ分布を鳥瞰図 的に表現したもので、縦軸目盛りにあわせて着色して いる.たわみは載荷位置内で最大値となっている.

版上縁応力の面分布として図-10(a)に σ_x , 図-10(b)に σ_y , を示す.x 方向では固定位置の影響で部分的 に引張り応力が発生している状況や,載荷面近傍で圧 縮応力が発生していることが判る.y 方向における載 荷位置直下の応力分布はx 方向と同等である.たわみ や上縁応力の分布によれば厚板理論による計算手法は, 局所的な応力分布の計算に威力を発揮することが判る.

5. 偏載荷による多層版の付着せん断応力

道路橋床版は舗装の敷設や補強層の付加等があるた め多層版としての扱いが必要となる.また,多層構造 としての一体性を評価する為には,鉛直荷重作用時や 水平荷重作用時の付着性状にも着目しなければならな い.ここでは,正方形版の辺長を a,厚さ方向に 3 層 からなる構造系として,上層と下層が a/20,中間層を 9a/10の版厚で全厚を h/a=0.1 としたサンドイッチ形式 をとりあげ,たわみや付着せん断応力に着目する.こ の形式は鋼・コンクリート合成床版を想定している. 計算に用いた物性値は表-3 の通りである.荷重載荷 形状や位置は前章の図-6 と同様の偏載荷によるもの とした.

5.1 鉛直荷重による計算

多層版の上縁でのたわみの面分布を図-11 に示す. 荷重位置での局所的な変形が再現できていることは図 -9 と同様であるが,多層版の中間層のヤング係数を 1/15 と小さく設定したため変形のレベルは大きくなっ ている.

図-12 は付着せん断応力 τ_x の面分布を示したもの



図-11 多層版のたわみの面分布

表-3 計算に用いた物性値

層	厚さ	ヤング係数	ポアソン比
1層目	a/20	1	0.3
2層目	9a/10	1/15	0.17
3層目	a/20	1	0.3



で、図-12(a)が上層と中間層の接触界面を示し、図-12(b)では中間層と下層の接触界面を示したものである. 双方のピーク値とその発生位置はほぼ同等であるが、下

層側の接触界面の方が応力の立ち上がり部分の幅が大

きく、荷重が分散していることが判る.

付着せん断応力で_xの面分布を図-13 に示すが、上層と 中間層の接触界面(図-13(a))と中間層と下層の接触界 面(図-13(b))では分布形状が大きく異なり、下層にお ける接触界面では応力レベルが44%程度まで小さくなっ ている.この理由は、固定辺によりずれが拘束されてい るためと推察される.このように付着せん断応力は、構 成材料の物性や応力の方向、および接触界面の位置等に より大きく異なるため、特に劣化床版を対象とする補強 工法では、本計算結果のようにヤング係数の差が大きい 場合が想定されることから、本研究による解析手法を採 用することが効果的となる.

5.2 鉛直荷重と水平荷重による計算

前節の検討では鉛直荷重を対象としたが、水平荷重を 同時に作用させた場合の計算から、各応力値に及ぼす影 響を把握する.x方向の制動荷重 Ph と鉛直荷重 Pyの比を



0.3 とし、その方向は固定辺から離れて単純支持辺に向かう方向とする(図-6). その他の条件は同一である.

図-14に最大値を示す断面(y/a=1/3, x/a=1/6)での付着 せん断応力 $\tau_x \geq \tau_y$ の分布を示す.図-14(a)によれば, 水平荷重を作用させることで付着せん断応力が若干大 きくなっていることが判る.それに対して,図-14(b)で は水平荷重の有無にかかわらず同等の値となっている. よって,水平荷重作用による付着せん断応力は荷重の作 用方向に影響されることが判った.本研究では $P_H/P_y=0.3$ の計算のみであるが,水平荷重の割合が大きくなるとそ の影響がy方向にも出現する可能性がある.しかしなが ら,実橋における制動荷重等を考慮する範囲では問題は 少ないと考えられる.

6. まとめ

本研究では部分固定版における解法を提案し、その妥 当性を検証した.また、偏載荷の荷重条件下での単層版 や多層版の計算を行い、たわみや応力の分布を把握した. 以下に得られた結果をまとめる.

- (1)既往の研究成果(倉田の解)との比較の結果,本研究で提案するダミー桁を支持辺近傍に配置する部分 固定化手法は、4辺支持版,および相対2辺自由版を 基本として、支持辺の一部が部分固定される場合の それぞれでほぼ既知の値と同等の数値が得られたことから良好な精度を有しており、実用上の問題はないと推察される。
- (2) 偏載荷による薄板や厚板の解との比較の結果,厚板 解の方がたわみや応力分布の局所的な性状が表現で きる.
- (3) 偏載荷の条件ででの3 層版の解析では、固定辺に直 行する方向の各層の接触界面の付着せん断応力は同 等であるが上層側よりも下層側の界面の分布幅が大

きく、荷重作用が分散していることが認められる. それに対して、固定辺方向では2つの接触界面で応 力分布が異なり、上層よりも下層部分の応力値が小 さくなる.

(4) 偏載荷に水平荷重を考慮した場合,作用方向の付着 せん断応力は大きくなるが,直交する方向では水平 荷重のない場合とは差がなかった.

ダミー桁を支持辺近傍に配置して固定辺とする手法 は、部分固定問題にも適用できることが検証された.今 後は実橋床版をモデルとして詳細な応力分布の検討を 進める予定である.

参考文献

- 日本道路協会:道路橋示方書・同解説,Ⅱ鋼橋編, pp.239-246, 2002.3.
- 2)横山広,安東祐樹,関口幹夫,堀川都志雄:全周固定 される多層版解析の一手法について,構造工学論文集, Vol.54A, pp.910-917, 2008.3.
- M.Kurata: Bending of Simply Supported Rectangular Plates With Clamped Portions Along Arbitrary Sections of the Edges, Ing.Arch., XXVIL.Band, pp.385-416, 1960.
- M.Kurata,H.Okamura : Bending of a Rectanguler Plate with Two Opposite Free Edges and Other Two Simply Supported Edges Having Any Clamped Portion,ZAMM 40,pp.310-327,1960.
- 5) 堀川都志雄: 直交異方性厚板の弾性理論とその応用に 関する研究,大阪市立大学学位請求論文,1984.5.
- 6)横山広,安東祐樹,関口幹夫,堀川都志雄:選点法と 調和解析法を導入した混合法による道路橋補強床版 の数値解析,コンクリート工学年次論文集,vol.31 No.2, pp.469-473, 2009.7.

(2009年9月24日受付)