

板と Beam 系の合成構造の立体解析法ならびに、板と格子桁の合成による橋梁解析への応用

大阪工業大学 正員 岡村 宏一

1. 概要 本文は2次元弾性理論、板ならびにはりの曲げ理論を併用して、板と Beam 系の合成構造を一般に取扱う立体解析法について述べたものである。構造物を立体的に考察すると、板と Beam 系の合成により構成されるものが数多く見受けられ、この方法は立体構造の解析に多くの応用面を見出すことが出来る。1例を合成桁橋に採れば、従来の床板の有効巾を仮定する格子桁計算法、又は、巨視的に異方性板に Model 化する平板解法、或いは板と Beam の非合成接触による解法等と異なり、種々の合成方式のもとに、構造各部の曲げならびに *Scheibe action* による施力が任意の載荷状態に対してより合理的に詳細に評価される。他の例をラーメン式高架橋に採れば有効巾を定義する既往の解法と異なり床板と立体ラーメンの完全合成構造として解析することが出来る。このような立体解析を便利に行うために本文で提示した解法に於て考慮した諸点の概要を列挙すれば次の通りである。

(1) Beam系と合成する板の基礎方程式： 板の解式を支配する基礎方程式として従来多くの平板問題に慣用されている鉛直外力に対する平衡方程式を用いるのが不便である事が考えられる。何故なら Beam との偏心合成条件を板の境界条件として処理することになるため、複雑な立体構造に於ては板を多くの構造要素に分割する必要を生じ解法が面倒にならざるを得ない。既往のこの部類の問題に対する若干の研究が縁桁の問題を扱っているのもこの様な点があると考えられる。以上の見地から、板の上下面の任意位置に任意分布垂直力ならびに任意分布水平せん断力を受ける場合の基礎式に支配される板の解式を用いることが立体解析を容易にすると考えられる。筆者は本文の始めにこのような場合の板の曲げならびに *Scheibe action* を支配する基礎方程式を誘導してその解を求めた。

(2) 板の解式の Closed Form への変換： 前述のようにして求められる板の解式は *Open Form* となる。一方、板に合成される Beam 系（静定系、不静定系、或いは *Pre Stress* されるもの）の基本系の解式の殆んどものは *Closed Form* に求められる。板と Beam 系の合成条件を与えるには厳密には Beam 系の解式を展開すればよいが立体解析を複雑にして実用的でない。従つて板の解式を充分な精度を保つ範囲内で *Closed Form* に変換する必要がある。本文に示す解法ではこのために先づ Beam 系から板に伝達される鉛直方向ならびに水平方向不静定力の分布を細かく分割された矩形分布の集合形に仮定して有限個の不静定力の作用する系に置換する。更に板と Beam 系の合成条件は細分された不静定力の夫々の作用中心に採つた選点に於て成立させる。この場合、各区分不静定力の係数は級数形であるが総和公式を併用して電子計算機の内部で、個別に充分収束するまで計算される。かくして板と Beam 系の合成条件は、*Closed Form* に与えられ解析は著るしく容易となる。

(3) 種々の合成条件（完全合成、部分合成、断続合成）への適用： 前述のように Beam と板との合成面に作用する不静定水平せん断力の分布を細分割した矩形分布の集合形に置き換えたから、非合成区間のブロックを抹消し合成条件により適宜組合せて表記の各合成条件を簡単に表示出来る。

以下、理論の詳細を述べ、床板と格子桁を合成させる合成橋梁の解法を応用例に採つて説明する。

2. Beam系と合成する板の基礎方程式とその解の誘導

2-1 基礎方程式: 図-1に示す厚さ h の板の微小

エレメントの上面に作用する鉛直力ならびに x, y 各方向の水平せん断力を夫々 q_0, S_{0x}, S_{0y} とし全様に下面に作用するそれらを q_u, S_{ux}, S_{uy} とすれば、図-1(a)に示される曲げ、ならびに図-1(b)に示される Scheibe Action の釣合いから

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = -q_0 + q_u \quad (1)$$

$$Q_x - \frac{\partial M_x}{\partial x} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} + \frac{h}{2}(S_{0x} + S_{ux}) = 0 \quad (2)$$

$$Q_y - \frac{\partial M_y}{\partial y} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} + \frac{h}{2}(S_{0y} + S_{uy}) = 0 \quad (3)$$

$$h\left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}\right) = S_{ux} - S_{0x} \quad (4), \quad h\left(\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x}\right) = S_{uy} - S_{0y} \quad (5)$$

(1), (2), (3)の各式、及び、(4), (5)の各式から次の2式を得る。

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} - 2\frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} - \frac{h}{2}\left(\frac{\partial S_{0x}}{\partial x} + \frac{\partial S_{ux}}{\partial x} + \frac{\partial S_{0y}}{\partial y} + \frac{\partial S_{uy}}{\partial y}\right) = -q_0 + q_u \quad (6)$$

$$h\left(\frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial y^2} + 2\frac{\partial^2 \tau_{xy}}{\partial x \partial y}\right) = \frac{\partial S_{ux}}{\partial x} - \frac{\partial S_{0x}}{\partial x} + \frac{\partial S_{uy}}{\partial y} - \frac{\partial S_{0y}}{\partial y} \quad (7)$$

曲げに関して、たわみ関数、 $w(x, y)$ 、Scheibe Action に関して施力関数、 $\phi(x, y)$ を導入し、Scheibe Stressを次のように定義する。

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{1}{h}\left[\int S_{ux} dx - \int S_{0x} dx\right] + C \quad (8), \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{1}{h}\left[\int S_{uy} dy - \int S_{0y} dy\right] + C' \quad (9), \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \phi}{\partial x \partial y} \quad (10)$$

(8), (9)式中、 $\frac{1}{h}\left[\int S_{ux} dx - \int S_{0x} dx\right] + C$, $\frac{1}{h}\left[\int S_{uy} dy - \int S_{0y} dy\right] + C'$ は Beam との合成面において、Beam に伝達される軸力を示し C, C' はその末端条件から定まる。更にScheibe Action に関して各歪 Component $\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}$ 相互の関係ならびに施力と歪との関係から次式が得られる。

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2}(\sigma_x - \nu \sigma_y) + \frac{\partial^2}{\partial x^2}(\sigma_y - \nu \sigma_x) = 2(1+\nu)\frac{\partial^2 \tau_{xy}}{\partial x \partial y} \quad (11) \quad \text{ただし、}\nu: \text{ポアソン比}$$

(7), (11)の各式から τ_{xy} の項を消去し、更に(8), (9)を用いて Scheibe Action に対する基礎方程式を得る。又、モーメントとたわみの関係を(6)に代入して曲げに対する基礎方程式を得る。すなわち

$$\Delta \Delta w = \frac{1}{D}\left\{q_0 - q_u - \frac{h}{2}\left[\frac{\partial}{\partial x}(S_{0x} + S_{ux}) + \frac{\partial}{\partial y}(S_{0y} + S_{uy})\right]\right\} \quad (12) \quad D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$

$$h \Delta \Delta \phi = \nu \left\{ \frac{\partial}{\partial x}(S_{ux} - S_{0x}) + \frac{\partial}{\partial y}(S_{uy} - S_{0y}) \right\} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left(\int S_{ux} dx - \int S_{0x} dx \right) - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\int S_{uy} dy - \int S_{0y} dy \right) \quad (13)$$

以上、(12)(13)を達成して概要に述べた様に Beam 系と板の合成構造の立体的解析を便利に行う事が出来る。

2-2 基礎方程式の解: (12)(13)式中の外力、たわみ関数、応力関数を次のように展開する。

$$q_0 = \sum_m \sum_n L_{0mn} \sin \alpha_m x \sin \beta_n y \quad (14)$$

$$q_u = \sum_m \sum_n L_{umn} \sin \alpha_m x \sin \beta_n y \quad (15)$$

$$S_{0x} = \sum_m \sum_n T_{0mn} \cos \alpha_m x \sin \beta_n y \quad (16)$$

$$S_{ux} = \sum_m \sum_n T_{umn} \cos \alpha_m x \sin \beta_n y \quad (17)$$

$$S_{0y} = \sum_m \sum_n T'_{0mn} \sin \alpha_m x \cos \beta_n y \quad (18)$$

$$S_{uy} = \sum_m \sum_n T'_{umn} \sin \alpha_m x \cos \beta_n y \quad (19)$$

$$W = \sum_m \sum_n W_{mn} \sin \alpha_m x \sin \beta_n y \quad (20) \quad \Phi = \sum_m \sum_n \phi_{mn} \sin \alpha_m x \sin \beta_n y \quad (21) \quad \text{ただし、}\alpha_m = \frac{m\pi}{a}, \beta_n = \frac{n\pi}{b}$$

a, b : 板の x, y 各方向の辺長。式(14)~(21)を(12)(13)に代入して基礎方程式の特解を得る。

$$W_p = \sum_m \sum_n \frac{1}{(\alpha_m^2 + \beta_n^2)^2} \left\{ L_{0mn} - L_{umn} + \frac{h}{2} \left\{ \alpha_m (T_{0mn} + T_{umn}) + \beta_n (T'_{0mn} + T'_{umn}) \right\} \right\} \sin \alpha_m x \sin \beta_n y \quad (22)$$

$$\phi_p = \sum_m \sum_n \frac{1}{h(\alpha_m^2 + \beta_n^2)^2} \left\{ \alpha_m \left(\frac{\beta_n^2}{\alpha_m^2} - \nu \right) (T_{umn} - T_{0mn}) + \beta_n \left(\frac{\alpha_m^2}{\beta_n^2} - \nu \right) (T'_{umn} - T'_{0mn}) \right\} \sin \alpha_m x \sin \beta_n y \quad (23)$$

今、(22)(23) で求めた特解を用いて図-2 に示すような合成桁橋に適用出来る解の一般形を求める。この種の橋梁の両端($x=0, x=a$) は床板を含めて単純支持辺と見做されるものとし、又床板張出部の端辺($y=0, y=b$) は自由辺、床板の周面は開放面であるとする。以上の条件から特解に補足解を加えて得られる解の一般形は

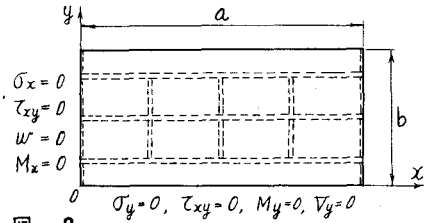


図-2

$$W = W_p + \frac{1}{b} \sum_m (\bar{A}_m \sinh \alpha_m y + \bar{B}_m \cosh \alpha_m y + \bar{C}_m \alpha_m y \sinh \alpha_m y + \bar{D}_m \alpha_m y \cosh \alpha_m y) \sin \alpha_m x \quad (24)$$

$$\Phi = \Phi_p + \sum_m (A_m \sinh \alpha_m y + B_m \cosh \alpha_m y + C_m \alpha_m y \sinh \alpha_m y + D_m \alpha_m y \cosh \alpha_m y) \sin \alpha_m x + \sum_n (A'_n \sinh \beta_n x + B'_n \cosh \beta_n x + C'_n \beta_n x \sinh \beta_n x + D'_n \beta_n x \cosh \beta_n x) \sin \beta_n y \quad (25)$$

床板の周面の解放条件の一つ $\tau_{xy}=0$ を満足させるためには(25)の補足解に含まれる Non-Circular Function を更に級数展開して周面の任意点で成立つ条件式である無限連立方程式を収束する範囲内で解く必要を生ずる。例えば $y=0, x=0$ の各辺に於けるこれらの式を示す、

$$\alpha_m^2 (A_m + D_m) + \sum_n \beta_n^2 G'_{mn} (A'_n B'_n C'_n D'_n) = -\frac{1}{h} \sum_n U_{mn} \quad (26) \quad \sum_m \alpha_m^2 G_{mn} (A_m B_m C_m D_m) + \beta_n^2 (A'_n + C'_n) = -\frac{1}{h} \sum_m U_{mn} \quad (27)$$

$$\text{ただし } U_{mn} = \frac{\alpha_m \beta_n}{(\alpha_m^2 + \beta_n^2)^2} \left\{ \alpha_m \left(\frac{\beta_n^2}{\alpha_m^2} - \nu \right) (T_{mn} - T_{omn}) + \beta_n \left(\frac{\alpha_m^2}{\beta_n^2} - \nu \right) (T_{mn} - T_{omn}) \right\} \quad (28)$$

$$G'_{mn} = \frac{2}{a} \frac{\beta_n}{\alpha_m^2 + \beta_n^2} \left\{ A'_n (-1)^m \sinh \beta'_n x'_n + (-1)^m \cosh \beta'_n x'_n - 1 \right\} B'_n + \left\{ (-1)^m \beta'_n \sinh \beta'_n x'_n + (-1)^m \cosh \beta'_n x'_n - 1 \right\} \frac{2\alpha_m^2}{\alpha_m^2 + \beta_n^2} \left\{ \frac{(-1)^m}{\beta_n} (\beta'_n \cosh \beta'_n x'_n + \sinh \beta'_n x'_n) \frac{2\alpha_m^2}{\alpha_m^2 + \beta_n^2} D'_n \right\} \quad (29)$$

$x'_n = \frac{n\pi}{\lambda}, \lambda = \frac{b}{a}, G'_{mn}$ も G_{mn} で a, b, m, n を入れ換えて全様に求められる。

一方、(25)式の補足解のうち、 $\sin \beta_n y$ の展開項を無視すれば (26)(27)式で示されるような連立方程式を解く事は不要になり解法は簡易化される。ただしこの場合単純支持辺($x=0, x=a$)に於ける $w=0$ の条件を満さず不完全解となる。しかしながら、縁桁合成の単一板に関する G. Allen の研究によれば、単純支持辺の条件として図-2 に示す境界条件の代りに ($\sigma_x=0, \sigma_y=0, \tau_{xy} \neq 0$) の解を使用してもその誤差は実用上無視出来ることが指摘されている。本文では以下このような見地からの実用解を用いる。

3. 板の解式の Closed Form の変換: 図-3 に示すように板と Beam の間に受け渡しされる垂直ならびに水平各方向の不静定力 q_{ux}, S_{ux}

の分布を図-5 に示すような細分割

された区間に等分布する力 P_i, t_i

の集合に置換する。図-4 を参照

して任意の主桁 r 、横桁 s のそれ

ぞれが床板と合成する部分に採つ

た分割区間 i, j に作用する強度 $P_{ri}, P_{sj}, t_{ri}, t_{sj}$

の不静定力によるたわみ、ならびに施力関数は補足

解に対称性を考慮して次のように与えられる。

$$W_{rsij} = \frac{16}{\pi^2 D} \sum_m \sum_n \frac{1}{mn(\alpha_m^2 + \beta_n^2)^2} \left\{ (P_{ri} \sin \alpha_m x_i + \frac{\alpha_m h}{2} t_{ri} \cos \alpha_m x_i) \times \sin \alpha_m x_j \sin \beta_n y_r \sin \beta_n y_s + (P_{sj} \sin \beta_n y_j + \frac{\beta_n h}{2} t_{sj} \cos \beta_n y_j) \times \sin \beta_n y_r \sin \alpha_m x_s \sin \alpha_m x_i \right\} \sin \alpha_m x \sin \beta_n y + \frac{1}{D} \sum_m \{ (\sinh \alpha_m y - \tau_m \cosh \alpha_m y) \bar{A}_m + (\alpha_m y \sinh \alpha_m y - \Delta_m \alpha_m y \cosh \alpha_m y - \Lambda_m \cosh \alpha_m y) \bar{C}_m \} \sin \alpha_m x \quad (30)$$

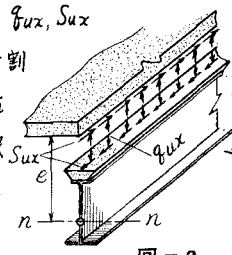


図-3

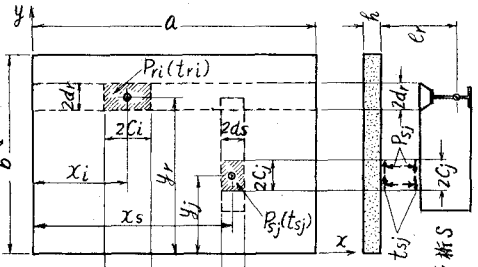


図-4

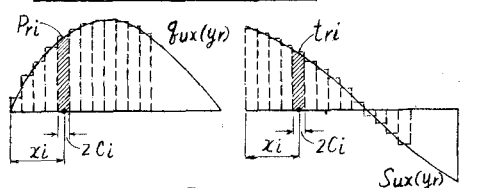
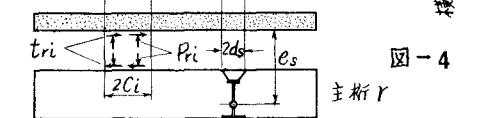


図-5

$$\phi_{rsij} = \frac{16}{\pi^2} \sum_m \sum_n \frac{1}{mn(\alpha_m^2 + \beta_n^2)^2} \left\{ \alpha_m \left(\frac{\beta_n^2}{\alpha_m^2} - 1 \right) \text{tr} \cos \alpha_m x_i \sin \alpha_m x_j \sin \beta_n y_r \sin \beta_n y_s + \beta_n \left(\frac{\alpha_m^2}{\beta_n^2} - 1 \right) \text{ts} \sin \alpha_m x_s \sin \alpha_m x_r \cos \beta_n y_i \sin \beta_n y_j \right. \\ \left. \times \sin \alpha_m x_i \sin \beta_n y_j + \sum_m \left\{ \sin \alpha_m y - \Gamma_m \cosh \alpha_m y \right\} A_m + (\alpha_m y \sinh \alpha_m y - \Delta_m \cosh \alpha_m y - \Lambda_m \cosh \alpha_m y) C_m \right\} \sin \alpha_m x \quad (31)$$

(30)(31) 両式の補足解は計算の便宜上、対称性により右表のように分類される。ただし、表中 $\delta_m, \epsilon_m, \zeta_m$ は

$$\delta_m = \cosh \lambda m \pi + \cosh \lambda m \pi, \quad \epsilon_m = \cosh \lambda m \pi - \cosh \lambda m \pi, \quad \zeta_m = \lambda m \pi \cosh \lambda m \pi \quad (32)$$

(30)(31) の各式を主桁、横桁ならびに各桁の合成面の不静定力のブロックについて總和し、更に作用荷重によるたわみ W_L を加えて

$$W = \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^{R'} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N'} W_{rsij} + W_L \quad (33) \quad \phi = \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^{R'} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N'} \phi_{rsij} \quad (34)$$

ただし、 R, R' = 主桁、横桁の本数、 N, N' = 各桁上の不静定力の分割数。

$$\text{次に、板の } x, y \text{ 各方向の } E_x, E_y \text{ は、} E_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu \sigma_y) - \frac{R}{2} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \quad (35) \quad E_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu \sigma_x) - \frac{R}{2} \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \quad (36)$$

$$\text{床板自由辺の境界条件： 対称条件を用いて } \sigma_y(y=0) = 0 \quad (37) \quad \tau_{xy}(y=0) = 0 \quad (38)$$

$$M_y(y=0) = -D \left(\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right)_{y=0} = 0 \quad (39) \quad V_y(y=0) = -D \left\{ \frac{\partial^3 W}{\partial y^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 W}{\partial x^2 \partial y} \right\}_{y=0} - \frac{R}{2} \sigma_{xy}(y=0) \quad (40)$$

式(8)(9) (ただしこの場合 $S_{0x} = S_{0y} = C = C' = 0$)、(32)(34) を (35)~(40) に代入して解き、各不静定力の作用中心に採った選点 (x_u, y_v) に於ける板のたわみ、ならびに下面の歪の式を求めると次のようになる。

$$W(x_u, y_v) = \frac{16}{\pi^2 D} \sum_r \sum_s \sum_m \sum_n \left[U_{mn}(y_v) \times G_{mn}(g, P_i, P_j, \text{tri}, \text{tsj}) - Z_{mn}(\text{tsj}) E_m(y_v) \right] \sin \alpha_m x_u \quad (41)$$

$$E_x(x_u, y_v) = -\frac{16}{\pi^2 E} \sum_r \sum_s \sum_m \sum_n \left\{ Z_{mn}(y_v) \times U_{mn}(\text{tri}, \text{tsj}) - \frac{g}{K_m} (1-\nu) \alpha_m^2 \{ U_{mn}(y_v) \times G_{mn}(g, P_i, P_j, \text{tri}, \text{tsj}) - Z_{mn}(\text{tsj}) E_m(y_v) \} \right. \\ \left. - \frac{1}{\Gamma_m} P_{mn}(\text{tri}, \text{tsj}) \sin \beta_n y_v \right\} \sin \alpha_m x_u \quad (42) \quad \left(\sum_r, \sum_s : \text{主桁、横桁についての總和を示す} \right)$$

$E_y(x_u, y_v)$ も全様に求められるが、こゝでは省略する。又、上式中の各表示は

$$U_{mn}(y_v) = \sin \beta_n y_v + \frac{\beta_n \{ \beta_n^2 + (2-\nu) \alpha_m^2 \}}{\alpha_m^3 \Gamma_m} E_m(y_v) \quad (43), \quad Z_{mn}(y_v) = (\beta_n^2 - \nu \alpha_m^2) \sin \beta_n y_v - (1-\nu) \frac{\alpha_m \beta_n}{K_m} F_m(y_v) \quad (44)$$

$$G_{mn}(g, P_i, P_j, \text{tri}, \text{tsj}) = \frac{1}{mn(\alpha_m^2 + \beta_n^2)^2} \left\{ g_{mn} + (P_i \sin \alpha_m x_i + \frac{R}{2} \text{tr} \alpha_m \cos \alpha_m x_i) \sin \alpha_m x_j \sin \beta_n y_r \sin \beta_n y_s + (P_j \sin \beta_n y_j + \frac{R}{2} \text{tsj} \beta_n \cos \beta_n y_i) \right. \\ \left. \times \sin \beta_n y_s \sin \alpha_m x_s \sin \alpha_m x_r \right\} \quad (45)$$

$$U_{mn}(\text{tri}, \text{tsj}) = \frac{1}{mn(\alpha_m^2 + \beta_n^2)^2} \left\{ \alpha_m \left(\frac{\beta_n^2}{\alpha_m^2} - 1 \right) \text{tr} \cos \alpha_m x_i \sin \alpha_m x_j \sin \beta_n y_r \sin \beta_n y_s + \beta_n \left(\frac{\alpha_m^2}{\beta_n^2} - 1 \right) \text{tsj} \sin \alpha_m x_s \sin \alpha_m x_r \cos \beta_n y_i \sin \beta_n y_j \right\} \quad (46)$$

$$g_{mn} = \frac{\pi^2 \text{tsj}}{32 m n \alpha_m^3 \Gamma_m} \sin \alpha_m x_s \sin \alpha_m x_r \cos \beta_n y_i \sin \beta_n y_j - (47), \quad P_{mn}(\text{tri}, \text{tsj}) = \frac{1}{mn} \left(a \text{tri} \frac{1}{m} \cos \alpha_m x_i \sin \alpha_m x_j \sin \beta_n y_r \sin \beta_n y_s \right. \\ \left. - \nu \beta \text{tsj} \frac{1}{n} \sin \alpha_m x_s \sin \alpha_m x_r \cos \beta_n y_i \sin \beta_n y_j \right) \quad (48), \quad E_m(y_v) = \left(\frac{1}{\Gamma_m} \sin \alpha_m y_v - \cosh \alpha_m y_v \right) \left(\frac{2}{1-\nu} - \Lambda_m \right) + \alpha_m y_v \sinh \alpha_m y_v$$

$$- \Delta_m \cosh \alpha_m y_v - \Lambda_m \cosh \alpha_m y_v \quad (49), \quad F_m(y_v) = E_m(y_v) + \frac{2}{1-\nu} \left\{ 2 \cosh \alpha_m y_v - \left\{ (1-\nu) \Delta_m + \frac{1+\nu}{\Gamma_m} \right\} \sin \alpha_m y_v \right\} \quad (50)$$

$$\Gamma_m = \frac{2}{\Gamma_m} + (1-\nu) \left(\Delta_m - \frac{\Lambda_m}{\Gamma_m} \right) \quad (51), \quad K_m = \frac{\Lambda_m}{\Gamma_m} + \Delta_m \quad (52) \quad g_{mn} : \text{任意外荷重(強度 } g) \text{ の展開係数}$$

(41)(42) 式に於ける不静定力の係数である級数は總和公式を併用して個別に収束する迄計算される。

4. 合成条件式： 図-3.4 に示すように分布不静定力 $(P_i, P_j, \text{tri}, \text{tsj})$ の集合、格子格点荷重等を受ける桁の選定のたわみ $\bar{W}$ 、線歪 $\bar{\epsilon}$ は代数関数で容易に求まる。(妻断面ばり、連続ばりの場合も全様)。これについては問題はないので議論を省略する。(41)(42) を用いて合成面の選定で成立つ合成条件式は

$$W(x_u, y_v) (\text{床板}) = \bar{W}(x_u) (\text{主桁}) \quad (53) \quad W(x_u, y_v) (\text{床板}) = \bar{W}(y_v) (\text{横桁}) \quad (54)$$

$$E_x(x_u, y_v) (\text{床板下面}) = \bar{\epsilon}(x_u) (\text{主桁上縁}) \quad (55) \quad E_y(x_u, y_v) (\text{床板下面}) = \bar{\epsilon}(y_v) (\text{横桁上縁}) \quad (56)$$

式(53)~(56)を用いて Beam の解を代数式のみを用いて不静定力が求まり立体解析と著るしく容易にする。

5. 種々の合成条件の適用： 本解法によれば不静定力を次表のように選択することによって、

種々の合成条件に容易に適用す

ることが出来る。ただし、表中

X: 格子桁のみの不静定力。

合成條件	不靜定力	合成條件	不靜定力	合成條件	不靜定力
格子合成	$P_i, P_j, \text{tri}, \text{tsj}$ X	主桁合成 横桁非接觸	P_i, tri X	地震高補 合 成	$S_{0x} \neq 0$
主桁合成 横桁非合成	P_i, P_j, tri X	主 桁 部分合成	$P_i, \text{tri} (-\text{部 } 0)$ X	非 合 成	P_i, P_j, tsj, X