2016.05.19 撓みを"腰折れ"にしないように計算する場合は 頁4 β(Beta) = 1 = $\frac{E_3 I_3}{E_1 I_1}$ となるように はと目板厚を調整のこと

8x5 G:/PAT-LEG-Seihin/CALC-TEX/AU5-1-5.TEX ファイルを２つ (他は AU5-2-5.TEX) に分けます。2016.05.17
8x5 G:/PAT-LEG-Seihin/CALC-TEX/AU5-1-1.TEX ファイルを２つ (他は AU5-2-1.TEX) に分けます。2015.03.31
中央部（はとめ部分）を、梁にしました。はとめ端の曲げ応力が計算不可だったからです (2014.11.06)。
ファイルが大きくなり過ぎ、Wintex + WZ でファイルを開くことができなくなりました (2014.11.06)。

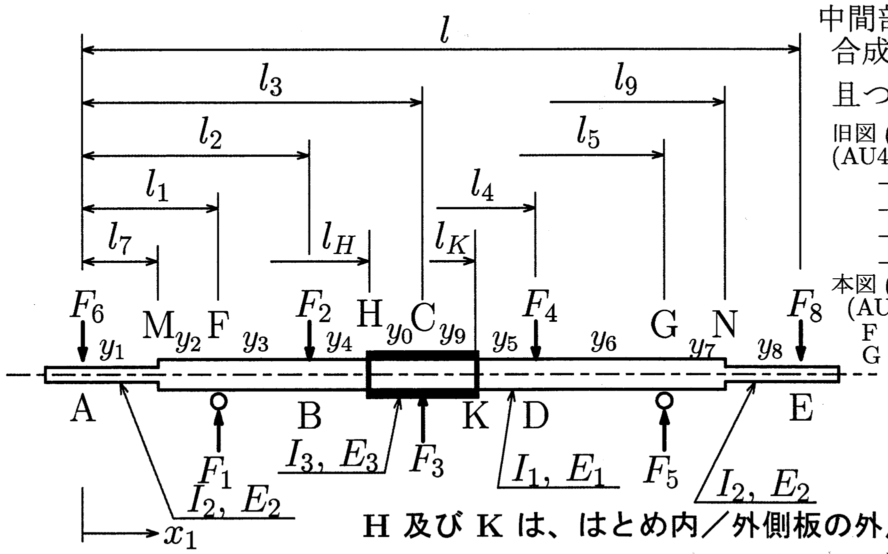
図面は、 WZ で文章作成、WZ Ctrl +10、コンパイル・プレビュー (P) で作成・確認します。
TeX 文（この文章）は、WZ で文章作成、スタート｜すべてのプログラム｜Tex for Windows｜WinTeX で
この文章を (その都度) 開き、プロジェクト｜TeX をかけてプレビュー です。 ← 時間が掛りますが

TeX 文（この文章）だけの、変更・保存は、再度 ファイル｜開く をしなくても、
プロジェクト｜TeX をかけてプレビュー で、変更は反映されます。

図面だけを変更した場合は
TeX 文（この文章）も、変更・保存して、再度 ファイル｜開く をしないと、
図面の変更は取り込めません。

.図面に、定義項目 例.¥def¥filename が存在しないと 「righttag」と表示されます。

1　補装具が曲げモーメントをうける場合（その１／２）



H 及び K は、はとめ内／外側板の外周位置です。

中間部梁を合成梁とする場合は
合成梁の下部を硬質材とし、
且つ基準材とします。

旧図 (2015.03.29) ← 旧々図
(AU4-FIG2)　← (AU3-FIG2)
$-F_6 \leftarrow F_1$
$-F_1 \leftarrow F_6$、 $l_1 \leftarrow l_6$
$-F_5 \leftarrow F_8$、 $l_5 \leftarrow l_8$
$-F_8 \leftarrow F_5$
本図 (2015.03.31) ← 旧図
(AU5-FIG2)　← (AU4-FIG2)
F を M のセンター寄りに変更
G を N のセンター寄りに変更

左 上部　　　　　　右 下部（下段・正先側）

図 1: 梁の荷重状態

本計算でのモーメントの正負は、一般的なサギング状態を正としています。
従って、吉識・金沢とは逆です。

点 A 回りのモーメントの釣り合い 他

$$0 = -F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_5 + F_8 l \tag{1}$$

$$0 = F_6 - F_1 + F_2 - F_3 + F_4 - F_5 + F_8 \tag{2}$$

A-M 間　(単一梁)

A-M 間　(単一梁) は、実際は円筒の一部を構成していて、これを薄い単板とすると、剛性が極端に小さくなって、実情に沿わない。

そこで、A-M 間　(単一梁) の剛性を調整するため、係数 $\gamma \geqq 1$ を導入する。

$$E_2 \gamma I_2 \frac{d^2 y_1}{dx^2} = M = -F_6 x \tag{3}$$

$$E_2 \gamma I_2 \frac{dy_1}{dx} = -F_6 \frac{x^2}{2} + C_{11} \tag{4}$$

$$E_2 \gamma I_2 \, y_1 = -F_6 \frac{x^3}{6} + C_{11} x + C_{12} \tag{5}$$

M-F 間　(合成梁)　M 点に外力は無い。⇒ y_1 と y_2 は、E_1, I_1を除き類似の式になります。

$$E_1 I_1 \frac{d^2 y_2}{dx^2} = M = -F_6 x \tag{6}$$

$$E_1 I_1 \frac{dy_2}{dx} = -F_6 \frac{x^2}{2} + C_{13} \tag{7}$$

$$E_1 I_1 \, y_2 = -F_6 \frac{x^3}{6} + C_{13} x + C_{14} \tag{8}$$

x=l_7で, 傾斜：すなわち $\left(\dfrac{dy_1}{dx} = \dfrac{dy_2}{dx}\right)_{x=l_7}$ から,

$$\frac{1}{E_2\gamma I_2}(-F_6\frac{x^2}{2} + C_{11}) = \frac{1}{E_1 I_1}(-F_6\frac{x^2}{2} + C_{13}) \tag{9}$$

ここに、 $\frac{E_2\gamma * I_2}{E_1 * I_1} = \alpha \leqq 1$ とする。⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔

$$-F_6\frac{{l_7}^2}{2} + C_{11} = \alpha(-F_6\frac{{l_7}^2}{2} + C_{13}) \tag{10}$$

$$C_{11} - \alpha C_{13} = F_6\frac{{l_7}^2}{2}(1-\alpha) \tag{11}$$

x=l_7で, たわみ $(y_1 = y_2)_{x=l_7}$ から,

$$-F_6\frac{{l_7}^3}{6} + C_{11}l_7 + C_{12} = \alpha\Big(-F_6\frac{{l_7}^3}{6} + C_{13}l_7 + C_{14}\Big) \tag{12}$$

$$(C_{11} - \alpha C_{13}) * l_7 + C_{12} - \alpha C_{14} = F_6\frac{{l_7}^3}{6}(1-\alpha) \tag{13}$$

$$C_{12} - \alpha C_{14} = -F_6\frac{{l_7}^3}{3}(1-\alpha) \tag{14}$$

x=l_1で, たわみ $y_2 = 0$ から,

$$-F_6\frac{{l_1}^3}{6} + C_{13}l_1 + C_{14} = 0 \tag{15}$$

$$C_{13}l_1 + C_{14} = F_6\frac{{l_1}^3}{6} \tag{16}$$

F-B 間 (合成梁)

$$E_1 I_1\frac{d^2y_3}{dx^2} = M = -F_6 x + F_1(x - l_1) \tag{17}$$

$$E_1 I_1\frac{dy_3}{dx} = (-F_6 + F_1)\frac{x^2}{2} - F_1 l_1 x + C_{15} \tag{18}$$

$$E_1 I_1\, y_3 = (-F_6 + F_1)\frac{x^3}{6} - F_1 l_1\frac{x^2}{2} + C_{15}x + C_{16} \tag{19}$$

x=l_1で, 傾斜 $\left(\dfrac{dy_2}{dx}\right)_{x=l_1} = \left(\dfrac{dy_3}{dx}\right)_{x=l_1}$ から,

$$-F_6\frac{{l_1}^2}{2} + C_{13} = (-F_6 + F \ldots$$

$$C_{13} - C_{15} = -F_1\frac{{l_1}^2}{2}$$

x=l_1で, たわみ: y_2=y_3, すなわち $(y_2)_x$ …

$$-F_6\frac{{l_1}^3}{6} + C_{13}l_1 + C_{14} = (-F_6 + F_1 \ldots$$

$$(C_{13} - C_{15})l_1 + C_{14} - C_{16} = F_1\frac{{l_1}^3}{6} - F_1 l_1$$

$$C_{14} - C_{16} = F_1\frac{{l_1}^3}{6}$$

以下、現在（2016.05.13）トレースできず、不明です。

ここに、合成梁の算式については、以下、小文字で表される算式は使用しない。

理由：E_{equiv} を以降使用していない。

G:/PAT-LEG-Seihin/CALC-TEX/GOUS-3-1.TEX　2014.08.01

（プリント済）によれば、

「以下の考え方による梁断面に掛る曲げ応力の解析（従来方式）には、

新たな解析（吉識・金澤）の「等価曲げ剛性方式」と、一部一致しない場合があります。」

とあります。

合成梁 (1/2) 上部（硬質部材・基準材）、A_{11}, I_{11}

ここに

$$n = \frac{E_{12}}{E_{11}} \tag{6}$$

$$E_{equiv} = \frac{(A_{11} * E_{11} + A_{12} * E_{12})}{(A_{11} + A_{12})} \tag{7}$$

$$I_c = I_{11} \qquad + I_{12} \qquad + I_h \tag{8}$$

$$= A_{11}\frac{{h_{11}}^2}{12} + nA_{12}\frac{{h_{12}}^2}{12} + \frac{A_{11} * nA_{12}}{A_{11} + nA_{12}} * \left(\frac{h_{11} + h_{12}}{2}\right)^2 \tag{9}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I_c}\left(\frac{h_{11}}{2} + \frac{2 * I_h}{(h_{11} + h_{12}) * b_1 * h_{11}}\right) \qquad @M \tag{10}$$

合成梁 (2/2) 下部、A_{12}, I_{12}

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I_c}\left(\frac{h_{12}}{2} + \frac{2 * I_h}{(h_{11} + h_{12}) * b_2 * h_{12}}\right) \qquad @M \tag{11}$$

以下の算式を使用する。

G:/PAT-LEG-Seihin/CALC-TEX/GOUS-3-5.TEX　2016.05.16（プリント済）

図２に示す矩形断面の２種材料からなる合成梁について計算して試ます。

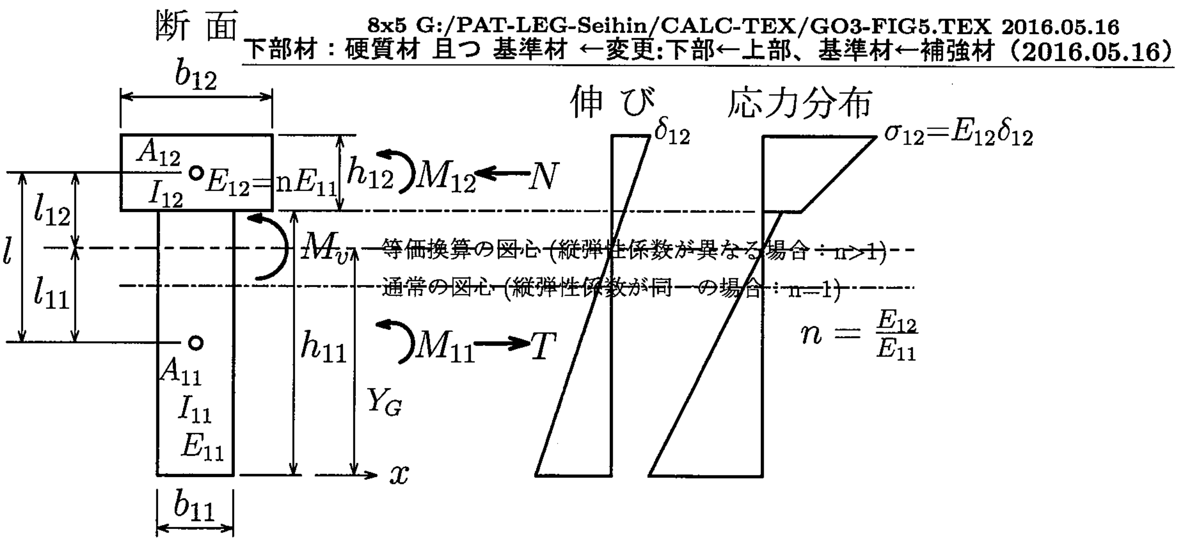


図 2: 梁材の断面

合成梁の曲げ応力部分を取り出すと下記の通りです。

$$\sigma_{ij} = M * \frac{E_{ij} * \eta_{ij}}{\sum E_{ij} I_{ij}} \tag{12}$$

$$\sigma_{11} = M * \frac{E_{11} * \eta_{11}}{\sum E_{ij} I_{ij}} \tag{13}$$

ここで、今までとは逆に、" サギング（上に凹）を "+" とします。

以降の AU5-2-5 に合わすためです (2016.05.17)。

曲げモーメント M は、"サギング（上に凹）が ＋ "、撓みは " 下方が － " です。

$-M \leftarrow M$、$-(l_{11} + h_{11}/2) \leftarrow (l_{11} + h_{11}/2)$ として

合成梁 (1/2) 下部（硬質部材・基準材）、A_{11}, I_{11}

下部（基準材）の下辺応力： $(\sigma_{11})max = M * \dfrac{E_{11} * (l_{11} + h_{11}/2)}{\sum E_{ij} I_{ij}}$

全断面の中立軸回りの 第 ij 番目材料の断面２次モーメント I_{ij} を使用すると

$$(\sigma_{11})max = M * \frac{E_{11} * (l_{11} + h_{11}/2)}{\sum E_{ij} I_{ij}} = M * \frac{E_{11} * (l_{11} + h_{11}/2)}{E_{11} * (I_{11} + n * I_{12})} \tag{14}$$

各構成素材 ij ごとの自己の中立軸に関する断面２次モーメント I_{11}' および I_{12}' を使用すると

$$(\sigma_{11})max = M * \frac{E_{11} * (l_{11} + h_{11}/2)}{\sum E_{ij} I_{ij}} = M * \frac{E_{11} * (l_{11} + h_{11}/2)}{E_{11} * (I_{11}' + n * I_{12}' + I_h)} \tag{15}$$

$$\sum E_{ij} I_{ij} = \left[E_{11} \int_{A_{11}} {\eta_{11}}^2 dA_{11} + E_{12} \int_{A_{12}} {\eta_{12}}^2 dA_{12}\right] \tag{16}$$

$$= E_{11}\left[A_{11}\frac{{h_{11}}^2}{12} + A_{11}{l_{11}}^2 + n * \left(A_{12}\frac{{h_{12}}^2}{12} + A_{12}{l_{12}}^2\right)\right] \tag{17}$$

$$= E_{11}\left[I_{11} + n * I_{12}\right]$$

$$= E_{11}\left[A_{11}\frac{{h_{11}}^2}{12} + n * A_{12}\frac{{h_{12}}^2}{12} + A_{11}{l_{11}}^2 + n * A_{12}{l_{12}}^2\right]$$

$$= E_{11}\left[A_{11}\frac{{h_{11}}^2}{12} + n * A_{12}\frac{{h_{12}}^2}{12} + l^2\left(\frac{A_{11} * nA_{12}}{A_{11} + nA \ldots}\right)\right]$$

$$= E_{11}\left[I_{11}' + n * I_{12}' + I_h\right]$$

合成梁 (2/2) 上部（軟質部材・補助材）、...

上部（補助材）の上辺応力：

全断面の中立軸回りの 第 ij 番

$$(\sigma_{12})max = -M * \frac{E_{12} * (l_{12} + h_{12} \ldots}{\sum E_{ij} I_{ij}}$$

各構成素材 ij ごとの自己の中立軸に...
を使用すると

$$(\sigma_{12})max = -M * \frac{E_{12} * (l_{12} + h_{12}/ \ldots}{\sum E_{ij} I_{ij}}$$

$$E_1 I_1 \left(\frac{dy_6}{dx}\right)_{x=l_5} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4)\frac{{l_5}^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4) l_5 + C_{23}$$
$$= F_{64} * \frac{{l_5}^2}{2} + F l_{14} * l_5 + C_{23} \tag{145}$$

G 点での傾斜　N 点寄り　$E_1, I_1,\quad y_7$

$$E_1 I_1 \frac{dy_7}{dx} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5)\frac{x^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_5)x + C_{25}$$
$$= F_{65} * \frac{x^2}{2} + F l_{15} * x + C_{25} \tag{146}$$

x=l_5で, 傾斜：すなわち $\left(\frac{dy_7}{dx}\right)_{x=l_5}$ から,

$$E_1 I_1 \left(\frac{dy_7}{dx}\right)_{x=l_5} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5)\frac{{l_5}^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_5) l_5 + C_{25}$$
$$= F_{65} * \frac{{l_5}^2}{2} + F l_{15} * l_5 + C_{25} \tag{147}$$

N 点での傾斜　G 点寄り　$E_1, I_1,\quad y_7$

$$E_1 I_1 \frac{dy_7}{dx} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5)\frac{x^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_5)x + C_{25}$$
$$= F_{65} * \frac{x^2}{2} + F l_{15} * x + C_{25} \tag{148}$$

x=l_9で, 傾斜：すなわち $\left(\frac{dy_7}{dx}\right)_{x=l_9}$ から,

$$E_1 I_1 \left(\frac{dy_7}{dx}\right)_{x=l_9} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5)\frac{{l_9}^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_5) l_9 + C_{25}$$
$$= F_{65} * \frac{{l_9}^2}{2} + F l_{15} * l_9 + C_{25} \tag{149}$$

N 点での傾斜　E 点寄り　$E_2, \gamma * I_2,\quad y_8$

$$E_2 * \gamma * I_2 \frac{dy_8}{dx} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5)\frac{x^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_5)x + C_{27}$$
$$= F_{65} * \frac{x^2}{2} + F l_{15} * x + C_{27} \tag{150}$$

x=l_9で, 傾斜：すなわち $\left(\frac{dy_8}{dx}\right)_{x=l_9}$ から,

$$E_2 * \gamma * I_2 \left(\frac{dy_8}{dx}\right)_{x=l_9} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5)\frac{{l_9}^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_9) l_5 + C_{27}$$
$$= F_{65} * \frac{{l_9}^2}{2} + F l_{15} * l_9 + C_{27} \tag{151}$$

E 点での傾斜　N 点寄り　$E_2, \gamma * I_2,\quad y_8$

$$E_2 * \gamma * I_2 \frac{dy_8}{dx} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5)\frac{x^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_5)x + C_{27}$$
$$= F_{65} * \frac{x^2}{2} + F l_{15} * x + C_{27} \tag{152}$$

x=lで, 傾斜：すなわち $\left(\dfrac{dy_8}{dx}\right)_{x=l}$ から,

$$E_2 * \gamma * I_2 \left(\frac{dy_8}{dx}\right)_{x=l} = (-F_6 + F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5)\frac{l^2}{2} + (-F_1 l_1 + F_2 l_2 - F_3 l_3 + F_4 l_4 - F_5 l_5) l + C_{27}$$
$$= F_{65} * \frac{l^2}{2} + F l_{15} * l + C_{27} \tag{153}$$