

剛床を有する鋼立体骨組の動的応答に関する基礎的研究

阿南工業高等専門学校

正員 ○笠田 修司

徳島大学工業短期大学部

正員 平尾 潔

徳島大学工学部

正員 成行 義文

大倉振興(株)

過岡 章公

1. まえがき

偏心(剛心と重心のずれ)のある骨組の最大応答値や耐震安全性を正確に算定するためには、偏心の程度にもよるが、一般に3次元解析が必要となる。そこで、著者らは、その基礎的研究として、前回、はり柱によって構成される鋼立体ラーメンに対する一非弾性解析法について研究し、2, 3の解析例を報告した¹⁾。しかし、このような解析法では、節点数に比例して、演算時間が増大し、多くのくり返し計算が必要な非弾性解析では、その適用範囲が限られる。また、実際には、かなり剛な床版と柱とから構成されるようにモデル化する方が適切である骨組も多い。そこで、今回は、前回の解析法を、剛床を有する立体骨組の解析にも適用できるように改良し、演算時間の節約を計るとともに、剛床を有する簡単な立体ラーメンを解析し、偏心および降伏条件式の相違が応答におよぼす影響について若干の比較検討を行なう、てみた。

2. 解析法の概要

部材の剛性マトリックスについては、前回と同様のものをを用い、部材の降伏は、材端のみに生じるものとして、その際のモーメント M と回転角 θ の関係は、図1に示すようなバイリニア型の復元力特性とした。また、降伏条件式としては、弾性限界式と近似的に日本建築学会で提案されている塑性条件式よりなる式(1)を用いた。なお、式(1)における断面の主軸は、図2に示すようにとっている。

$$F_y = \left\{ \left| \frac{N - N_0}{N_y} \right| + \left| \frac{M_y - M_{y0}}{M_{py}} \right| + \left| \frac{M_z - M_{z0}}{M_{pz}} \right| + \left| \frac{M_y - M_{y0}}{M_{pcy}} \right| + \left| \frac{M_z - M_{z0}}{M_{pcz}} \right| \right\} / 2 \quad (1)$$

ただし、 F_y は降伏条件式の値、 N_0, M_{y0}, M_{z0} は移動硬化における降伏条件式の原点、 N_y は降伏軸力、 M_{py}, M_{pz} は降伏モーメントであり、 M_{pcy}, M_{pcz} は日本建築学会で提案されている軸方向力による低減を考慮した塑性モーメントであり式(2)で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{|N|}{N_y} &\leq \frac{A_w}{A} \text{ のとき } M_{pcy} = M_{py}, \frac{|N|}{N_y} > \frac{A_w}{A} \text{ のとき } M_{pcy} = \left\{ 1 - \frac{(|N| - N_{wy})^2}{(N_y - N_{wy})^2} \right\} M_{py} \\ \frac{|N|}{N_y} &\leq \frac{A_w}{2A} \text{ のとき } M_{pcz} = M_{pz}, \frac{|N|}{N_y} > \frac{A_w}{2A} \text{ のとき } M_{pcz} = 1.14 \left(1 - \frac{|N|}{N_y} \right) M_{pz} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ただし、 M_{py}, M_{pz} は全塑性モーメント、 N_{wy} はウェブの降伏軸力、 A は断面面積、 A_w はウェブの断面積である。

$$\begin{Bmatrix} U_i \\ V_i \\ W_i \\ \theta_{xi} \\ \theta_{yi} \\ \theta_{zi} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & z_i & 0 \\ & 1 & 0 & -z_i & 0 & x_i \\ & & 1 & 0 & -x_i & 0 \\ & & & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & & & 1 & 0 \\ & & & & & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_g \\ V_g \\ W_g \\ \theta_{xg} \\ \theta_{yg} \\ \theta_{zg} \end{Bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} P_{xi} \\ P_{yi} \\ P_{zi} \\ M_{xi} \\ M_{yi} \\ M_{zi} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & 1 & & & \\ & & & 1 & & \\ & & & & 1 & \\ & & & & & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_{xi} \\ P_{yi} \\ P_{zi} \\ M_{xi} \\ M_{yi} \\ M_{zi} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

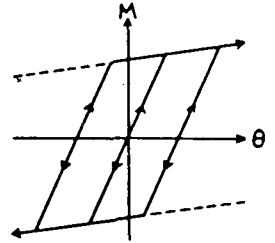


図1 復元力特性

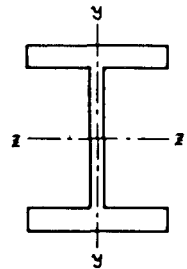


図2 H形断面の主軸

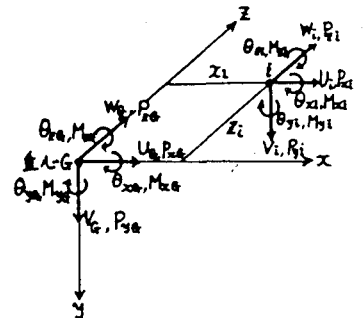


図3 変位と材端力の成分

次に、図3に示すような剛床の重心Gと柱の接続点における変位および材端力成分の間には、数少項を無視すれば、式(3)のような関係が成立し、これらの関係より部材に関する剛性マトリックスを重心Gに関する剛性マトリックスに変換した。この剛性マトリックスを用いて運動方程式は各剛床の重心Gにおいて立てた。その際の慣性項は、質量と慣性モーメントから構成される対角マトリックスであり、減衰項は剛性比例型とした。運動方程式の解法としては、前回と同様に増分法により、線形加速度法を用いて数値積分を行なった。

3. 数値計算例

詳細については、講演会当日に発表することとし、ここでは、図4に示すような1層1スパンラーメンに対する解析結果の一部を紹介する。

本例では、偏心を生じさせるために、剛床のx軸上を、質点を移動し、載荷させて重心を移動させた。このときの、剛床Cから質点までの距離 x_m に対する慣性モーメント J_y 、偏心距離 e_x 、および偏心比 $\bar{e}_x$ を示せば表1のようである。また、降伏条件の違いによる影響を見るために、式(1)の F_y の値を0.9, 1.0, 1.1と変化させた。解析は、最初に静的解析により死荷重応力を求め、次いでEL-CENTRO, 1940 NS成分と最大加速度を500 gal, 継続時間を10秒として、z軸方向に入力して非弾性応答解析を行なった。なお、本例では、運動方程式の自由度をx, z軸方向の並進およびy軸まわりの回転の3自由度のみとした。その結果、重心Gのz軸方向(入力方向)の最大応答変位およびy軸まわりの最大応答捩れ角を示すと図5および図6のようである。また、柱との接続点1および2のz軸方向の最大応答変位は図7のようである。

4. まとめ

偏心の程度にもよるが、偏心により柱の接続点の変位にかなりの増減がみられ、本例のような偏心のある階組に対しては、立体的に解析を行なう必要があるものと思われる。また、降伏条件の相違によって、各応答量にかなりの相違がみられ、十分に部材の挙動を表わしうるような降伏条件式を用いる必要があり、今後は、この件について研究を行なってゆくつもりである。

参考文献

- 1) 梶田, 平尾: 立体ラーメンの非弾性応答解析に関する基礎的研究, 土木学会中国四国支部第36回講演概要集, I-2, 1984
- 2) 日本建築学会: 鋼構造塑性設計指針, 技報堂, 1975, pp45~59

表1 慣性モーメント, 偏心距離, 偏心比

x_m (cm)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
J_y ($\times 10^4$ kg-stm ²)	272.1	272.8	274.8	278.2	283.0	289.1	296.6	305.4	315.6	327.2	340.1
e_x (cm)	0	3.3	6.7	10.0	13.3	16.7	20.0	23.3	26.7	30.0	33.3
$\bar{e}_x$	0	0.022	0.044	0.066	0.088	0.110	0.132	0.154	0.176	0.198	0.220

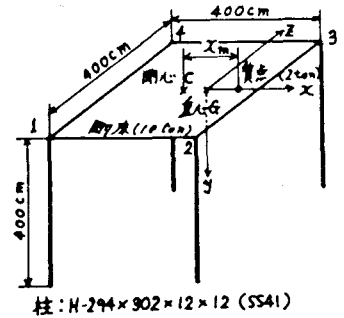


図4 立体ラーメン

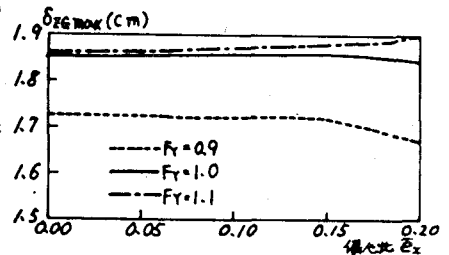


図5 重心の最大応答変位

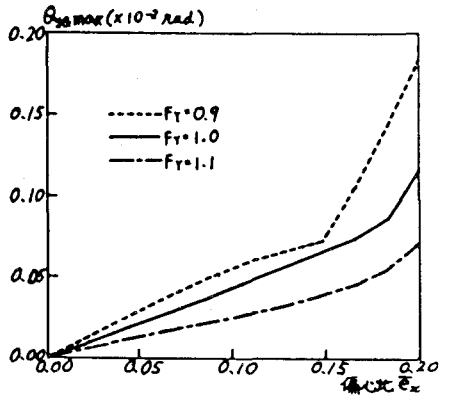


図6 重心の最大応答捩れ角

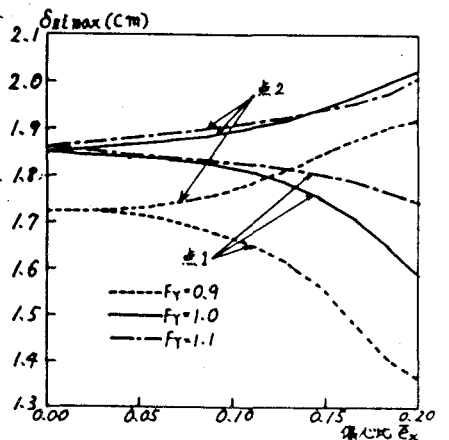


図7 最大応答変位