

防衛大 土木工学教室 正員 淨法寺朝美
 " " 正員 石川信隆
 " 研究科 学生員 〇岩 荆 啓

1. 緒言 基礎の影響を考慮したラーメンの弾塑性解析に関する研究は長氏¹⁾によって行なわれているが、未だその弾塑性挙動を解明したものは見当たらない。本研究は、まず基礎の影響を考慮した鉄筋コンクリート(RC)部材に対する弾塑性たわみ角式を誘導し、ついでかかる部材を含むラーメンの弾塑性解析法を確立するとともに基礎の曲げモーメントおよびたわみに与える影響を考察せんとするものである。

2. 基礎の影響を考慮したRC部材に対する弾塑性たわみ角式の誘導

地盤を弾性体、杭は基礎を剛体と見做し、地盤の水平、垂直反力係数(K_H , K_V)を一定であると仮定すれば、図-1(a)に示すごとき基礎節点Aに作用する外力 M_{AF} , V_{AF} , H_{AF} は基礎の変位量 θ_A , δ_{VA} , δ_{HA} によつて次式のごとく与えられる。

$$M_{AF} = K_V \int (\chi \theta_A + \delta_{VA}) \chi dS_A + K_H \int (\gamma \theta_A + \delta_{HA}) \gamma dS_B$$

$$= K_V (I_{AH} \theta_A + G_{AH} \delta_{VA}) + K_H (I_{AV} \theta_A + G_{AV} \delta_{HA}) \quad \dots (1)$$

$$V_{AF} = K_V \int (\chi \theta_A + \delta_{VA}) dS_A = K_V (G_{AH} \theta_A + \delta_{VA} S_A) \quad \dots (2)$$

$$H_{AF} = K_H \int (\gamma \theta_A + \delta_{HA}) dS_B = K_H (G_{AV} \theta_A + \delta_{HA} S_B) \quad \dots (3)$$

$$\text{ただし } I_{AH} = \int \chi^2 dS_A, I_{AV} = \int \gamma^2 dS_B, G_{AH} = \int \chi dS_A, G_{AV} = \int \gamma dS_B.$$

こゝで式(1),(2),(3)をラーメン部材の標準剛度(K_0)を用いて書き改めれば次式のごとく表示されることとなる。

$$M_{AF} = K_{AF} (2 \varphi_A + \delta_1 \psi_{VA} + \delta_2 \psi_{HA}) \quad \dots (4)$$

$$V_{AF} = \delta_3 \varphi_A + \psi_{VA} \quad \dots (5)$$

$$H_{AF} = \delta_4 \varphi_A + \psi_{HA} \quad \dots (6)$$

$$\text{ただし } K_{AF} = \frac{K_V I_{AH} + K_H I_{AV}}{4 E_0 K_0}, \delta_1 = \frac{G_{AH}}{K_{AF} S_A}, \delta_2 = \frac{G_{AV}}{K_{AF} S_B}, \delta_3 = \frac{K_V G_{AH}}{2 E_0 K_0},$$

$$\delta_4 = \frac{K_H G_{AV}}{2 E_0 K_0}, \varphi_A = 2 E_0 K_0 \theta_A, \psi_{VA} = K_V S_A \delta_{VA}, \psi_{HA} = K_H S_B \delta_{HA},$$

一方、RC部材の曲げモーメント M と曲率 ϕ との関係を近似的に図-2のごとくに仮定すれば、図-3に示す等断面部材ABに対する弾塑性たわみ角式は文献(3)より次式のごとく表わされる。

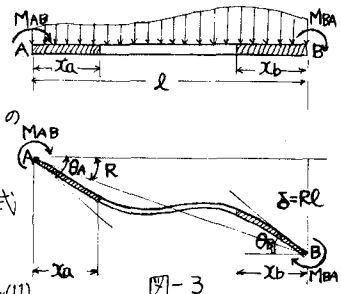
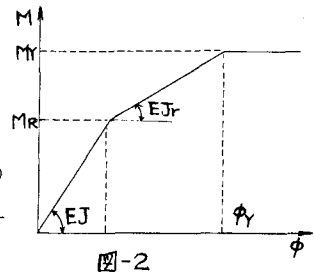
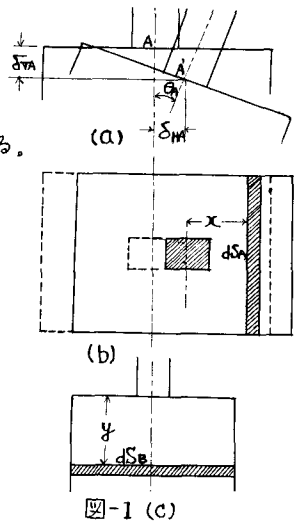
$$M_{AB} = K_{AB} (\alpha_{AB} \varphi_A + \beta_{AB} \varphi_B + \gamma_{AB} \psi_{AB}) + \varepsilon_a M_{RA} + \varepsilon_b M_{RB} + C_{AB} \quad \dots (7)$$

$$M_{BA} = K_{AB} (\alpha_{BA} \varphi_B + \beta_{BA} \varphi_A + \gamma_{BA} \psi_{AB}) + \eta_a M_{RA} + \eta_b M_{RB} + C_{BA} \quad \dots (8)$$

ただし、係数 α_{AB} , β_{AB} , γ_{AB} , ε_a , ε_b , α_{BA} , β_{BA} , γ_{BA} , η_a , η_b , C_{AB} , C_{BA} は文献(3)の表-3を用いるものとし、係数中の K は $K = \frac{EJ}{L}$ とする。

他方、基礎節点Aにおける曲げモーメントおよび力の釣合式より、次式が成立する。

$$\sum M_{Ai} + M_{AF} + M_{Ao} = 0 \quad \dots (9), \quad V_A - V_{AF} = 0 \quad \dots (10), \quad H_A - H_{AF} = 0 \quad \dots (11),$$



ただし、 M_{A0} 、 V_A 、 H_A は節点Aにおける外力曲げモーメント、垂直および水平反力を示す。

よって、式(9)、(10)、(11)にそれぞれ式(4)、(5)、(6)および式(7)を代入したうえで、 φ_A 、 ψ_{VA} 、 ψ_{HA} について連立に解き、これを式(7)および式(8)に改めて代入すれば、結局基礎の影響を考慮したRC部材に対する弾塑性たわみ角式が次式のごとく誘導されることとなる。

$$\left. \begin{aligned} M_{AB} &= K_{AB} (\overline{\beta}_{AB} \varphi_B + \overline{\gamma}_{AB} \psi_{AB}) + \overline{E}_A M_{RA} + \overline{E}_B M_{RB} + \overline{C}_{AB} \\ M_{BA} &= K_{AB} (\overline{\alpha}_{BA} \varphi_B + \overline{\gamma}_{BA} \psi_{AB}) + \overline{\eta}_A M_{RA} + \overline{\eta}_B M_{RB} + \overline{C}_{BA} \end{aligned} \right\} \dots (12)$$

ただし、 $J = (2 - j_1 j_3 - j_2 j_4)$ 、 $G = K_{AB} \alpha_{AB} + K_{AF} J$ 、 $\overline{\beta}_{AB} = K_{AF} \beta_{AB} J / G$ 、

$\overline{\gamma}_{AB} = K_{AF} \gamma_{AB} J / G$ 、 $\overline{E}_A = K_{AF} E_A J / G$ 、 $\overline{E}_B = K_{AF} E_B J / G$ 、

$\overline{C}_{AB} = \{ C_{AB} K_{AF} J - K_{AF} K_{AB} \alpha_{AB} (j_1 V_A + j_2 H_A) \} / G$ 、 $\overline{\alpha}_{BA} = \{ K_{AB} \alpha_{AB} \alpha_{BA} + K_{AF} (\alpha_{BC} J - \beta_{AB}) \} / G$ 、

$\overline{\gamma}_{BA} = \{ K_{AB} \alpha_{AB} \gamma_{BA} + K_{AF} (\gamma_{BA} J - \gamma_{AB} \beta_{AB}) \} / G$ 、 $\overline{\eta}_A = \{ K_{AB} (\eta_{AB} \alpha_{AB} - E_A \beta_{AB}) + \eta_A K_{AF} J \} / G$ 、

$\overline{\eta}_B = \{ (\eta_B \alpha_{AB} - E_B \beta_{AB}) K_{AB} + \eta_B K_{AF} J \} / G$ 、

$\overline{C}_{BA} = \{ (K_{AB} \alpha_{AB} + K_{AF} J) C_{BA} - C_{AB} K_{AF} \beta_{AB} - K_{AB} K_{AF} (j_1 V_A + j_2 H_A) \} / G$ 、

3. 基礎の影響を考慮したラーメンの弾塑性解析法

2.で誘導した弾塑性たわみ角式を用うれば通常のラーメンの弾塑性解析法と同様となる。いま図-4に示すときラーメンに水平集中荷重Pが作用する場合を例にとれば、未知数 θ_B 、 δ_B に対しては、節点方程式および層方程式が、さらに塑性領域未知数 λ_a 、 λ_b (図-3参照) に対しては曲げモーメントの適合条件式がそれぞれ成立することとなり、これらを繰返し試算によって解けば、表-1および図-5に示す結果がえられる。表-1は $P = 8 \text{ ton}$ における曲げモーメント、 θ_B および δ_B の収斂値を、図-5は初期降伏時より最終崩壊時に至る全過程のたわみ量を示すもので、基礎を固定とした場合とそれとを併記し比較検討した。

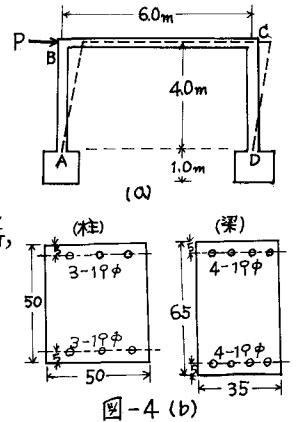
表-1 $P = 8 \text{ ton}$ の場合

	基礎考慮時	固定ラーメン
M_{AB}	3.71 t-m	8.62 t-m
M_{BA}	12.29 t-m	7.38 t-m
θ_B	0.489	0.369
δ_B	13.25 mm	2.814 mm

4. 結論 本研究によって基礎を考慮したラーメンの弾

塑性挙動が解明されることとなったが、本研究の成果としては、(1)基礎を考慮したRC部材に対する弾塑性たわみ角式を誘導することにより、従来より実状に即したラーメンの弾塑性解析が可能となったこと、(2)基礎の曲げモーメントおよび変形量に与える影響が極めて大きく、また基礎を固定とした場合よりたわみが安全側になることが確認されたこと、などが挙げられる。

- 参考文献 (1) 長 尚：基礎構造を考慮したラーメンの解法，土木学会論文集，第103号，S39.3
 (2) 武藤 清：耐震設計シリーズ2，鉄筋コンクリート構造物の塑性設計，九巻，S39.8
 (3) 山崎太田石川：補正エネルギー法による直線校構造物の弾塑性解析，土木学会論文集，第134号，S41.10
 (4) 山田孝一郎：撓角法形式による骨組の弾塑性解析，日本建築学会論文集，第80号，第81号，S39.12, 40.1



基礎 (コンクリート)
 $1.0\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.0\text{m}$
 $I_H = 0.144 \text{ m}^4$ $I_V = 0.0525 \text{ m}^4$
 $K_V = 5 \times 10^3 \text{ t/m}^2$ $K_H = 1.0 \times 10^3 \text{ t/m}^2$

