

大阪工業大学

正員 岡村宏一

大阪設計コンサルタンツKK

正員 吉田公憲

全 上

正員 ○小林真一

I) まえがき: ラーメン式橋台、橋脚等は主として水平外力に対する抵抗性の増大を期待する場合に設計されるのは周知のことであるが、特に図-1に示すような峡谷に設置される橋台等の場合には、切取の土量を減少させるために不等脚のラーメンが使用される。このようなラーメンに於て、地震時水平力、土留による土圧に対して例えば基礎固定の条件で慣用計算を行くと短柱側は軸力の減少と全時にモーメントの著しい増大をまじ過大なフーチングの設計が要求され、そのために泥削量の増大やフーチング間の切取の勾配が急になるために基礎の信頼度を低くする等の設計上の難点を生ずる。一般に、基礎地盤の変形はラーメンの変形に比較してかなり大きく、基礎底面下の地盤にバネ係数を仮定し基礎と一体化させてラーメンの解析法について従来、若干の成果が発表されているが、この種の構造のように、基礎底面の合力が核外に出る場合が多く、基礎の浮上り側にバネを期待出来はくばり、底面反力の分布巾が変化する非線形の結合とばる場合についてはあまり扱はれていないようである。このような基礎と非線形の結合をするラーメンの力学的性状は線形結合(基礎底面全面にバネを仮定する)として解析した場合とかなり異った性状を示し、特に前述の不等脚ラーメンの場合の脚柱断面力の不均衡等は線形結合の解析ではあまり緩和されないが非線形結合としての解析によれば後述の計算例に示すように地盤反力とともに殆んど均等化された結果が得られ、合理的かつ経済的な設計が期待出来る。またこのような解析法は直接基礎のみならず、其の他の形式の基礎と結合する場合、例えば引抜抵抗を期待出来ない抗基礎あるいはウエル基礎をもつラーメンの場合にも拡張出来るものである。

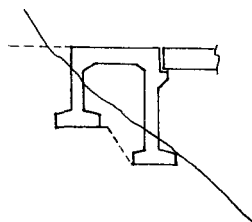


図-1

II) 解法の概要: 地盤についての諸係数は実例データによる場合が多いが、ここではそれ等のデータに援用するために弾性論的表示を与える。応力のある範囲内で、地盤を理想化して半無限の弾性体として考えると地盤の変形と応力の関係は鉛直反力の局部的応力集中を無視してその分布形を簡易化すれば Boussinesq の応力解を積分することにより与えられる。鉛直反力の分布領域のみに仮定される地盤の鉛直バネ係数 $K_v(\xi)$ は 反力分布巾(ξB)の減少に伴う反力分布領域($\xi B \times L$)の辺長比の変化に伴って変化するが、偏心があまり大きくならない範囲では一定として扱ってよい。又底面のせん断バネ係数 $K_s(\xi)$ は底面水平力が限界摩擦力を越えない範囲で仮定され弾性解としては Curvetti, Vogt の解式が利用出来るが実用上は

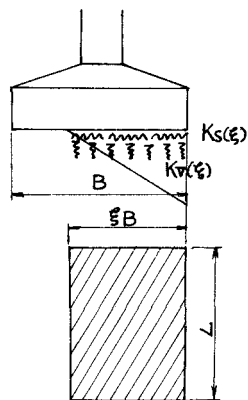


図-2

$Kv(\xi)$ と一定の比率で与えるのが便利である。地盤の諸係数を与えれば、このように直接基礎をもつラーメンの解式は反力の分布巾の変化係数 ξ が高次の陰関数、あるいは特殊な関数で内在する問題となる。本文ではこのように基礎条件を考慮したラーメンの解式を示し計算例を付してその力学的性状を線形解あるいは慣用計算の場合と比較し、演算の手法としては線形解を出発点とする逐次近似法により、演算の途上に解の収束を早めるための補足式を加える。計算は電算を用いて容易に遂行される。

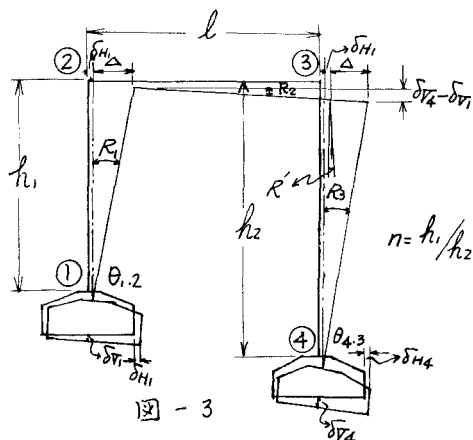
Ⅳ 解式： 本文に記する基本形状は図-3に示す様な一空間一層ラーメンであるが多空間多層ラーメンにも拡張して用いることができる。

1) ラーメン部の解式

図-3に示す様に基礎の回転によって生ずる撓角 $\theta_{1,2}$, $\theta_{4,3}$ 及び基礎の不等沈下、不等水平変位によって生ずる部材回転角 R_2 , R' を含む撓角撓度式を用いる。ここで R_2 , R' は①基礎の δv_1 , δH_1 と④基礎の δv_4 , δH_4 との間に次式が成立する。

$$R_2 = 1/2 (\delta v_4 - \delta v_1), \quad R' = 1/h_2 (\delta H_1 - \delta H_4)$$

尚③、④部材の全回転 R_3 は $R_3 = n R_2 + R'$ で表わす。



2) 基礎部の解式

基礎下面図心に作用する外力 ΣN_i , ΣH_i , ΣM_i

$$\Sigma N_i = N_{i,2} + W_{F1}, \quad \Sigma H_i = H_{i,2} + K \cdot W_{F1}$$

$$\Sigma M_i = M_{i,2} + H_{i,2} \cdot F_1 + K \cdot W_{F1} \cdot G_{F1}$$

$N_{i,2}$, $H_{i,2}$, $M_{i,2}$ = ラーメンより伝導する作用力。

W_{F1} = 基礎自重, F_1 = 基礎高, G_{F1} = 基礎重心高。

$K \cdot W_{F1}$ = 基礎に作用する水平力,

基礎の回転角 θ_F , 図心における鉛直変位量 δv_{F1} , 水平変位量 δH_{F1} , 反力作用長 $\xi_1 B_1$

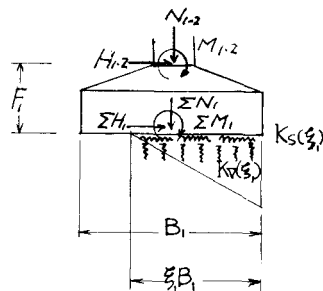


図-4

$$\theta_F = \frac{\Sigma N_i}{Kv(\xi_1) \cdot L_1 \cdot B_1^2 \cdot \xi_1^2}, \quad \delta v_{F1} = \frac{\Sigma N_i (2\xi_1 - 1)}{Kv(\xi_1) \cdot L_1 \cdot B_1 \cdot \xi_1^2}, \quad \delta H_{F1} = \frac{\Sigma H_i}{Ks(\xi_1) \cdot L_1 \cdot B_1 \cdot \xi_1}, \quad \xi_1 B_1 = 3 \left(\frac{B_1}{2} - \frac{\Sigma M_i}{\Sigma N_i} \right)$$

B_1 = 基礎巾, L_1 = 基礎奥行, $\xi_1 B_1$ = 反力作用長, $Kv(\xi_1)$ = 基礎底面の受圧面積 ($L_1 \times \xi_1 B_1$) に応じて変化する底面の鉛直バネ係数, $Ks(\xi_1)$ = 基礎底面のせん断バネ係数 (④基礎部も同様である)

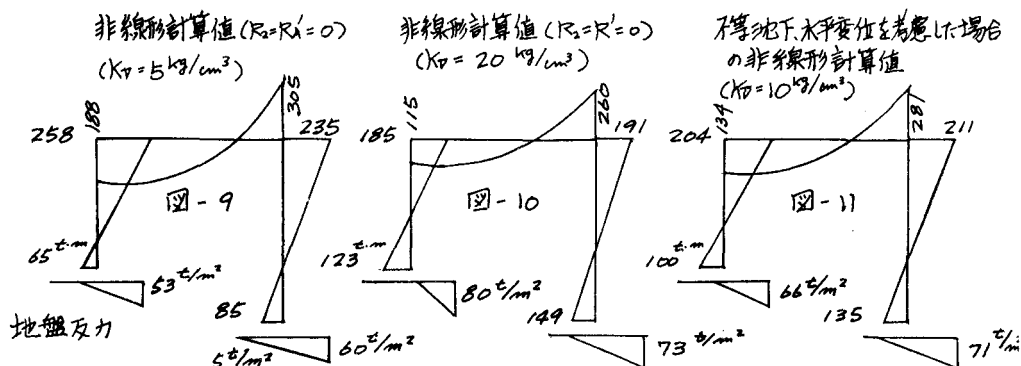
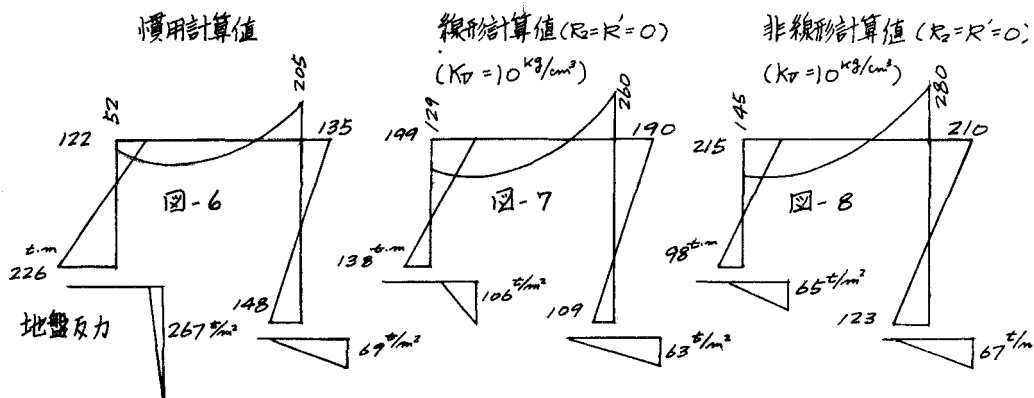
3) バネ係数算定式

$Kv(\xi_1) = ER / \xi_1 B_1 I(\xi_1) \cdot (1 - \nu^2)$ ER = 基礎の弾性常数 ν : 基礎のポアッソン比

$$I(\xi_1) = \frac{2}{\pi} \left\{ \beta \xi_1' \log \frac{1 + \sqrt{1 + (\beta \xi_1')^2}}{\beta \xi_1'} + \frac{1}{2} \beta \xi_1' \log \left\{ \beta \xi_1'^{-1} + \sqrt{1 + (\beta \xi_1')^2} \right\} \right. \\ \left. - \frac{1}{2} \beta \xi_1' \left\{ \sqrt{1 + (\beta \xi_1')^2} - \beta \xi_1'^{-1} \right\} \right\} \quad \beta = \frac{L_1}{2 B_1}$$

又は $Kv(\xi_1) = \text{const.}$

$Ks(\xi_1) = 1/2 Kv(\xi_1)$, 又は $Ks(\xi_1) = 1/2 Kv(\xi_1)$ (常数), と仮定する。



$K_D=10^4 \text{ kg/cm}^2$ と仮定した場合の不等沈下、不等水平変位によるラーメン部材回転角を考慮した非線形結合計算法によるラーメン端モーメント及び地盤反力値を(図-11)に示している。図-8 の収束状態を(図-12)に示した。

VI) 結論

本例に示した解析結果においても慣用計算法による場合は短柱側は下端モーメント、地盤反力著しい増大を示しているが、非線形結合解では端モーメント、地盤反力の不均衡は完全に緩和され、慣用計算値の30~50%に減少している。すなわち非線形結合解法は合理的かつ経済的設計法と云えよう。線形結合解の緩和度は非線形解の60~70%であり、本例の様に基礎底面反力の偏心度が比較的大きい場合(特に短柱側)においては充分な解法とは云えない。

尚不等沈下、不等水平変位による影響は特殊な場合をのいてはほとんど生じず、設計上は無視出来る要素である。鉛直バネ係数(弾数)の変化による影響は比較的大きく設計計算に当っては地盤諸係数の正當な評価が望まれる。

(収束状態例: 非線形 ($K_D=10^4 \text{ kg/cm}^2$))

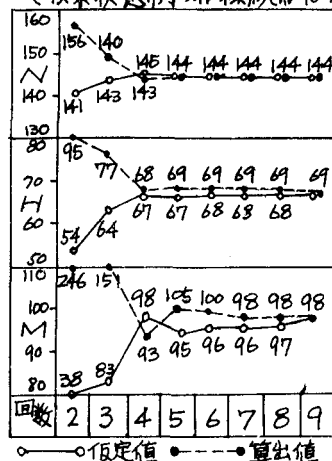


図-12
(4~5回でほぼ収束する)