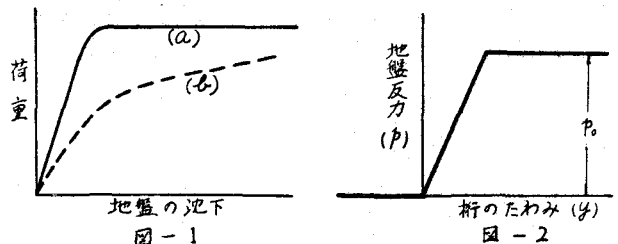


(1) 要旨 構造物の上部構造と基礎構造とは密接な関係がある。例えば上部構造の塑性解析によって求められる崩壊荷重以下の荷重で、もし基礎が崩壊するならば、構造物全体としての崩壊荷重は上部構造の崩壊荷重より小さい値となり、このようなときには基礎の崩壊荷重が問題となろう。従来連続フーチングの設計には、まず地盤の極限支持力を求めこれに適當な安全率と許容沈下量とを考慮して許容耐力を求める。次に柱に働く力をフーチングの有効面積で割ってその値が許容耐力以下になるように設計すると云ういはば弾性設計が行なわれている。このような基礎の設計の際にも、上部構造と同様塑性設計をすることが考えられよう。それには地盤上の桁はどのような経過をたどって崩壊に到達するのか、地盤ならびに桁の強さと崩壊荷重とはどのような関係にあるであろうかが問題となる。これらの問題を少しでも明らかにすることによって、構造物の設計に際し、構設計画を上部構造・基礎構造の両者をふくめた全体的な計画に近づけることができるものと考えられる。しかしながら地盤は非常に複雑な性質を有するものであつて、取扱ひにくい問題があまりにも多い。

本報告はまず地盤を理想化し、その理想化した地盤上の桁に単一荷重が作用したときの崩壊荷重と崩壊に至る経過を計算したものである。

(2) 桁ならびに地盤に対する仮定 桁は完全弾塑性体であるとし、せん断力の影響は無視する。次に地盤に対しては、地盤の載荷試験の結果によると締つた砂質土ならびに硬い粘性土の場合には荷重沈下曲線は図-1の曲線(a)のように初め沈下量は荷重に比例して増加するがある荷重に達すると沈下量は急激に増大して降伏性状を呈し、極限支持力を明瞭に判定することができ、ゆるい砂質土、軟かい粘土の場合には図-1の曲線(b)のようになると云われている。一方

弾性限界内にある地盤上の桁に働く接地圧力は沈下量に比例すると云う *winkler* の仮定のもとに取り扱われ *Barden* によってその妥当性が実験的に検討されている。



そこで図-1に示す荷重沈下曲線を理想化し、かつ地盤には夏反力が生じないことを考慮して、地盤は次のような性質を有するものと仮定した(図-2)

- i) 桁のたわみ y が $y \geq 0$ にして地盤反力 p が極限支持力 p_0 より小さい間は地盤は *winkler* 地盤とする。
- ii) 桁のある点の地盤反力 p が p_0 に達するとその点の地盤は塑性状態となり、以後の荷重増加に対してはその点における p は p_0 より大となることはない。
- iii) 桁のたわみ y が $y \leq 0$ なるときには常に $p = 0$ である。

なお、こゝに示した計算は桁の自重を無視し、かつ桁はかなり長い(桁の両端で $y = 0$ が常に成り立つ程度に長い)ものとした場合である。

3) 崩壊に至る経過 曲げ剛さ EI , 接地中 B , 全塑性モーメント M_0 のかなり長い桁が、地盤係数 k_0 (kg/cm^2), 極限支持力 p_0 の地盤上にあり、桁に単一集中荷重 P が働いているものとする。

(図-3). 桁ならびに地盤が弾性限界にあるとき、桁の接地長さ $2l$, 最大たわみ y_0 , 最大モーメント M_0 , 最大地盤反力 p_0 はそれぞれ次のようになる。(図-3(a))

$$2l = \pi/\lambda, \quad y_0 = \frac{P\lambda}{2Bk_0} \text{Coth} \frac{\pi}{2} = 0.545 P\lambda/Bk_0, \quad M_0 = \frac{P}{4\lambda} \text{Coth} \frac{\pi}{2} = 0.273 \frac{P}{\lambda} \quad (1)$$

こゝに $\lambda = \sqrt{Bk_0/4EI}$ である。荷重の増加に伴ない C 点で全塑性モーメント M_0 に達したとすると、そのときの荷重ならびに C 点の単位面積当りの地盤反力は

$$P = 4\lambda M_0 \text{Tanh} \frac{\pi}{2} = 3.669 \lambda M_0, \quad p_0 = \frac{2\lambda^2}{B} M_0$$

となる。いま極限支持力 p_0 を $p_0 = Y_0 \lambda^2 M_0/B$ とおくと $Y_0 = Bp_0/\lambda^2 M_0$ となって Y_0 は桁と地盤の性質によって求まる定数である。そして p_0 と p との比較により次のような関係が得られる。

I) $Y_0 > 2$ なるときには、 C 点にて地盤よりさきにまず桁が降伏する。

II) $Y_0 < 2$ なるときには、 C 点にて桁よりさきにまず地盤が降伏する。

III) $Y_0 = 2$ なるときには、 C 点にて地盤と桁が同時に降伏する。

$Y_0 = 2$ のときは特別な場合となる故、以下 $Y_0 \geq 2$ の場合に対して崩壊までの数値計算を行った。計算に用いた記号を記すと、 α, β, γ を係数とし、

$P = \alpha \lambda M_0$, $M = \beta M_0$, $p = \gamma \lambda^2 M_0/B$ とおいたとき、 C 点のモーメントが M_0 (C 点にて $\beta = 1$) になったときの α を α_1 , C 点の接地圧が p_0 (C 点にて $\gamma = Y_0$) になったときの α を α_2 とし、桁が崩壊したときの α を α_u と定めた。なお地盤の塑性領域の長さ (図-3(b)) を x とした。

I) $Y_0 > 2$ の場合 ($\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_u$)

i) $\alpha \leq \alpha_1$ のときには桁と地盤は弾

性であるから式 (1) がなりたち、図-4, 5 の直線 (a) のようになる。なお $\alpha_1 = 3.669$ である。

ii) $\alpha_1 \leq \alpha \leq \alpha_2$ のときには桁の C 点とは塑性ヒンジとなるが地盤は弾性である。この場合の接地長さ l を求める式は $y_0 = 0$ なる条件より式 (2) が得られる。計算結果を図-4, 5 の曲線 (a) に示した。

$$4 \text{Sinh} \lambda l \sin \lambda l - \alpha (\text{Cosh} \lambda l \sin \lambda l - \text{Sinh} \lambda l \cos \lambda l) = 0 \quad (2)$$

α_2 の値を求めるには C 点にて $\gamma = Y_0$ とおくと式 (3) を得る。

$$Y_0 (\text{Sinh} \lambda l - \sin \lambda l) + 2 (\text{Sinh}^2 \lambda l + \sin^2 \lambda l) - \alpha (\text{Sinh} \lambda l \text{Cosh} \lambda l - \sin \lambda l \cos \lambda l) = 0 \quad (3)$$

式 (2), (3) の連立方程式を解くと α_2 ならびにそのときの λl が求まる。図-6 に α_2 曲線を示した。

iii) $\alpha_2 \leq \alpha \leq \alpha_u$ このときの状態を図-3 (b) に示す。D 点での連続条件を用いることによつて

$$\left. \begin{aligned} (\alpha - 2\beta_0 \lambda x) [\text{Sinh} \lambda (l-x) \cos \lambda (l-x) - \text{Cosh} \lambda (l-x) \sin \lambda (l-x)] + 2 [\alpha - \alpha_1 x + Y_0 (\lambda x)^2] \text{Sinh} \lambda (l-x) \sin \lambda (l-x) &= 0 \\ (\alpha - 2\beta_0 \lambda x) [\text{Sinh} \lambda (l-x) \text{Cosh} \lambda (l-x) - \sin \lambda (l-x) \cos \lambda (l-x)] - [Y_0 + 2\beta - \alpha_1 x + Y_0 (\lambda x)^2] \text{Sinh} \lambda (l-x) + [Y_0 - 2\beta + \alpha_1 x - Y_0 (\lambda x)^2] \sin \lambda (l-x) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

を得る。式 (4) を解くと $\lambda l, \lambda x$ が求まる。結果を図-4, 5 の曲線 (c) に示した。 α_u の計算は後述する。

II) $Y_0 < 2$ の場合 ($\alpha_2 < \alpha_1 < \alpha_u$)

i) $\alpha \leq \alpha_2$ のときは桁、地盤とも弾性であり、式 (1) がなりた

つ。このときの α_2 の値は $\alpha_2 = 3.669 Y_0/2$ である。 ii) $\alpha_2 \leq \alpha \leq \alpha_1$ このときには次式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} (\alpha - 2\beta_0 \lambda x) [\text{Sinh} \lambda (l-x) \cos \lambda (l-x) - \text{Cosh} \lambda (l-x) \sin \lambda (l-x)] + 2 [\alpha - \alpha_1 x + Y_0 (\lambda x)^2] \text{Sinh} \lambda (l-x) \sin \lambda (l-x) &= 0 \\ (\alpha - 2\beta_0 \lambda x) [\text{Sinh} \lambda (l-x) \text{Cosh} \lambda (l-x) - \sin \lambda (l-x) \cos \lambda (l-x)] - [Y_0 + 2\beta - \alpha_1 x + Y_0 (\lambda x)^2] \text{Sinh} \lambda (l-x) + [Y_0 - 2\beta + \alpha_1 x - Y_0 (\lambda x)^2] \sin \lambda (l-x) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$[4\beta_0 x + \alpha (\lambda x)^2 - \frac{2}{3} Y_0 (\lambda x)^3] [\text{Sinh}^3 \lambda (l-x) - \sin^3 \lambda (l-x)] + (\alpha - 2\beta_0 \lambda x) [\text{Sinh} \lambda (l-x) + \sin \lambda (l-x)] - [4\beta - 2\alpha_1 x - 2 Y_0 (\lambda x)^2] [\text{Sinh} \lambda (l-x) \text{Cosh} \lambda (l-x) + \sin \lambda (l-x) \cos \lambda (l-x)] = 0$$

α を与えると式(5)より $\rho, \lambda, \lambda x$ が求まる。これを図-4, 5の曲線(α)に示す。また式(5)に $\rho=1$ を代入すると α_1 を得る。iii) $\alpha_1 \leq \alpha \leq \alpha_u$ のときの条件式は式(4)となる。計算結果を図-4, 5の曲線(c)に示す。なお図-7, 8に y, M 図の一例を示した。この図より塑性ヒンジはC点のみに生ずることが分る。

(4) 崩壊荷重 桁が不安定になる条件は $\lambda \rightarrow \infty$ によって与えられる。すなわち崩壊時の状態はC点に塑性ヒンジがあり、かつ接地長 $2l$ 全体にわたって $\rho=\rho_u$ なる状態を考えればよい。崩壊時の l, λ を l_u, λ_u とする

と、これらの値ならび

に α_u は

$$\left. \begin{aligned} \lambda_u &= \lambda_{\lambda_u} = \sqrt{2/\gamma_0} \\ \alpha_u &= \sqrt{8\gamma_0} \end{aligned} \right\} (6)$$

となる。図-4の崩壊と記した曲線および図-6の α_u 曲線は式(6)を表わしたものである。

(5) 結び 地盤は

非常に複雑な性質を有する。

従って単純な仮定のもとに行った計算がどの程度合うか疑問であるが、全般的な傾向をつかむことはできよう。

実際の設計への適用法を考える前に多くの問題点(仮定 桁の自重、塑性ヒンジの回転限界、短い桁、多支載荷等)を検討する必要があるが、大略次のように適用すればよいのではなかろうか。上部構造の安全率と同程度かそれより少し安全側土の不確定要素を考える意味でなるように α_u を定め、式(6)を満足するような基礎断面を求め、さ

らに不平等沈下の上部構造に及ぼす影響を検討して、基礎断面を定めたいと思う。

有益なる所批判と助言を戴いた名古屋大学成岡教授、信州大学吉田教授、名古屋大学福本助教授に感謝致します。

