Ⅲ－122　ひびわれを考えた鉄筋コンクリートくいの水平横抵抗について

岐阜大学工学部　正員　井上　肇

地盤に打ちこまれた、くいの水平横抵抗については、多くの研究がなされているが、それの変形についての微分方程式は次のように表わされる。

$$E_pI_p\, d^4y/dx^4 = -E_s y \qquad (1)$$

ここで　y；くいのたわみ，　x；くいの頂部からくいの先端へ向った距離

E_p, I_p；くいの弾性係数，断面二次モーメント，　E_s；地盤係数

(1)は E_p, I_p, E_s の何れもが一定のとき，またはそれらが x のみの関数のときには，その解を求めることは、そんなに困難ではない。（解析的に解けなくても差分法により解ける）。しかし地盤の性質は必ずしも上記のようなものでなく，さらにくいとして鉄筋コンクリートくいを用いるときには くいの頂部に働く外力としての，せん断力，モーメントにより，くいには曲げモーメント，せん断力が発生し、曲げモーメントによってくいには，ひびわれが発生する。このひびわれによって，くいの断面二次モーメント I_p は，減少し，くいの曲げ剛性は低下する。

このように考えるとき，地盤の非線型性（一般には $E_s = E_{s0}\cdot y^{-c}$ あるいは $E_s = E_{s0}\cdot e^{-cy}$ (2) と仮定．E_{s0}；x だけの関数，c；常数 >0）と上記のくいの非線型性と組み合わせたものが、くいのたわみについての微分方程式となる．

$$I_p = I_p(M) = I_p(y'') \qquad \because\ M = y''/E_pI_p \qquad (3)$$

したがって，求める微分方程式の形は

$$E_pI_p(M)\, d^4y/dx^4 = E_pI_p(y'')\, d^4y/dx^4 = -(E_{s0}\, y^{-c})\cdot y$$

あるいは

$$= -(E_{s0}\, e^{-cy})\cdot y \qquad (4)$$

この非線型の微分方程式の解は、ここでは数値的解法（Runge-Kutta-Gill 法）により求めた。

くいの境界条件は　くいの上端 $(x=0)$ にて　$d^2y/dx^2 = M/E_pI_p$，　$d^3y/dx^3 = S/E_pI_p$

くいの先端 $(x=l)$ にて　$d^2y/dx^2 = 0$　$d^3y/dx^3 = 0$．

M, S；各点での曲げモーメント，せん断力

であって，計算はくいの頂部より出発し，くいの下端へと進行するが，くいの頂部では，下端での二つの境界条件は使用できないため，出発値として，$y_{x=0}$，$y'_{x=0}$ の二つを仮定しなければならない。

この仮定にもとづいて，各点での y, y', y'', y''' を求め，M を計算し，I_p を定めながら，$x=0$ より $x=l$ についての計算を行なう。最後に $x=l$ での境界条件が満されているかを判定し，それが満足されておれば，計算は完了するが，満されていなければ y_0, y_0' を修正して，再び $x=0\sim l$ についての計算を行ない，条件が満されるまでそれを繰り返す。この手順を図示したのが，図－1 の flow chart である。

ここで計算に用いた諸元は次の通りである。

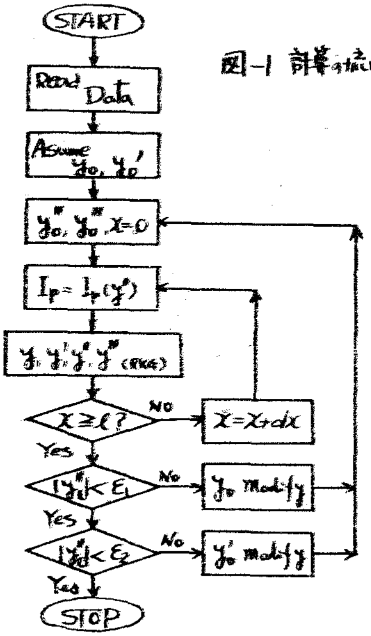
くいの長さ　15m，　くいの直径　50cm，　くいの鉄筋　$\phi 13\times 18$ 本

$E_{s0} = 1.0\ t/m$，　$c=0$，　くいの断面二次モーメント $(M=0$ で$)$　$I = 2.63\times 10^5\ cm^4$

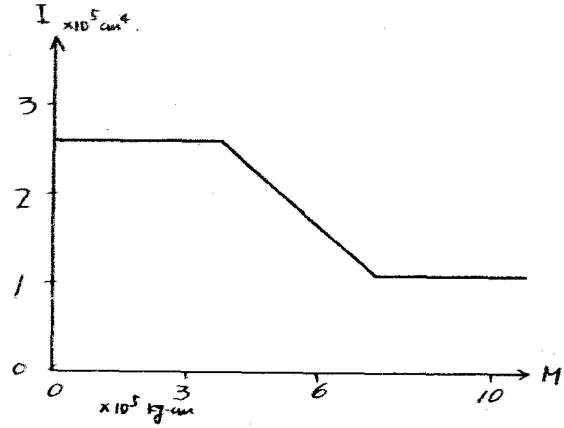
曲げモーメントと I_p との関係は 図−2 の通りである。

Runge-Kutta-Gill 法における分割は，くいの全長を 100 等分し，その計算には電子計算機 HIPAC-103 を用いた。それによる1回の trial 計算時間は約1分20秒で，1つの解を得るためには 20〜150 回の trial を必要とした。この解を図示したのが 図−3 である。

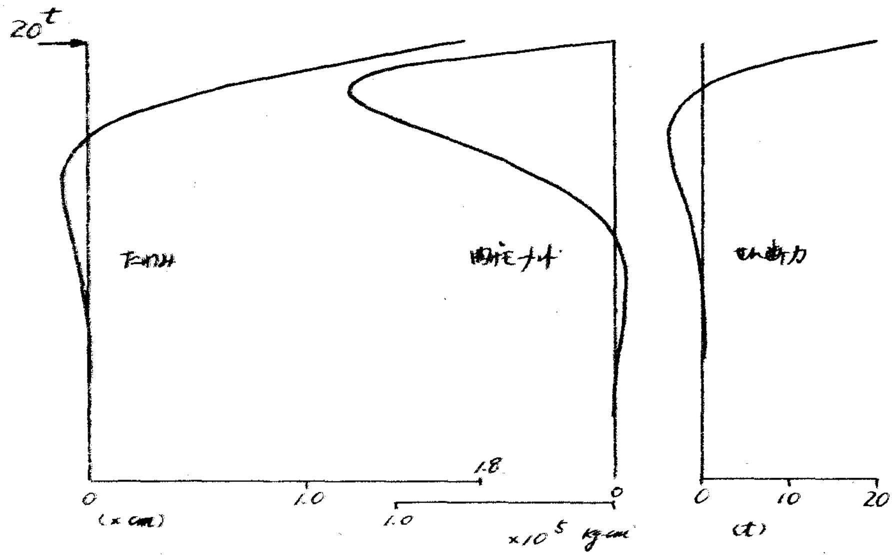
この解は大体 I_p＝一定のときに似ているが，多少たわみが少ないようである。



図−1 計算の流れ



図−2 曲げモーメントと I



図−3

* 曲げモーメントをうける鉄筋コンクリートくいの性状については 井上 肇 "曲げcracksを考えた中空円形鉄筋コンクリート断面の応力解析" 第20回年次学術講演会 第V部 p.42, 1965 参照