

パーソナルコンピュータによる コンクリート杭の打撃時応力解析

九州工業大学 正○出光 隆
九州工業大学 学 永井 篤
九州工業大学 学 上田和朋
九州工業大学 正 渡辺 明

1. まえがき

クイ打設時に生じる応力の検討方法にはいろいろあるが、圧縮、引張応力ともに計算可能で、かつクイ支持力も算定できる方法としてSmithの方法がある。¹⁾この方法は弾性波の伝播を差分法で解くもので、計算にはコンピュータを必要とするため、従来クイ打ち公式のように現場で手軽に用いるというわけには行かなかった。しかしながら、最近土木の分野でも、現場で技術用、事務用としてパソコンが汎用され始めている現状に鑑み、筆者らは現場の作業員でも容易に計算できるという条件の下で、汎用型パソコンを用いて、Smithの解法のプログラムを作成してみた。

2. Smithの解法

Smithは、図-1に示すように杭体を要素がバネで連結されたものにモデル化し、杭中の弾性波の伝播を式(1)～(5)の基本方程式で表わした。

$$D[m, n] = D[m, n-1] + V[m, n-1] \cdot \Delta t \quad (1)$$

$$C[m, n] = D[m, n] - D[m+1, n] \quad (2)$$

$$F[m, n] = C[m, n] \cdot K_m \quad (3)$$

$$Z[m, n] = F[m-1, n] - F[m, n] - R[m, n] \quad (4)$$

$$V[m, n] = V[m, n-1] + Z[m, n] (\Delta t \cdot g / W_m) \quad (5)$$

ここに、 $D[m, n]$: 要素mの時刻nにおける変位量

$C[m, n]$: バネmの時刻nにおける圧縮量

K_m : 要素mのバネ定数

$F[m, n]$: 要素mの時刻nにおけるバネによる力

W_m : 要素mの重量

$Z[m, n]$: 要素mの時刻nにおける慣性力

Δt : 時刻間

$R[m, n]$: 要素mにはたらく時刻nにおける地盤の抵抗力

g : 重力加速度

$V[m, n]$: 要素mの時刻nにおける速度

計算に必要な諸値を与え、適切な時刻間 Δt を選び、ハンマーの打撃速度を定めれば、これらの式を用いて杭体の任意位置、任意時間における応力、変位量を求めることができる。

3. 地盤に関する諸値

地盤の復元力特性は周面摩擦抵抗については図-2のように仮定されている。破線は静的荷重に対する力-変位の関係、実線は動的荷重に対するものである。したがって、地盤のバネ定数は同図から

$K_m' = R_m / S_m$ で与えられる。先端抵抗の場合も同様であるが抵抗力が負となることはない。周面摩擦抵抗、先端抵抗のバネ定数 K_{mf}' 、 K_{mp}' は土の種類によって異なる。岸田らは²⁾

$$\text{砂質土および洪積粘土に対し } K_{mf}' = (N/5+3) \cdot U \cdot \Delta L / 0.0015 \quad (\text{tf/m}) \quad (6)$$

(沖積粘土の場合 $(N/5+3)$ の代わりに $0.3 \sigma_z'$ を用いる)

$$\text{砂質地盤に対し } K_{mp}' = 20 \cdot N \cdot A_p / 0.05B \quad (\text{tf/m}) \quad (7)$$

ここに N : 地盤のN値 A_p : 杭先端の断面積 (m^2) U : 杭の周長 (m) B : 杭直径 (m)

ΔL : 杭要素の長さ (m) σ_z' : 鉛直有効応力 (tf/m^2)

を提案している。また、図中に実線で示したように動的荷重に対して、土は瞬間的に大きな抵抗を示すから、式(6)の $R[m, n]$ には静的な値の $(1+J \cdot V[m, n])$ 倍したものを考える。岸田らはJの値として周面摩擦抵抗、先端抵抗に対しそれぞれ表-1の値を提案している。

4. プログラムの作成・実行

プログラムはNes-日本語BASIC(MS-DOS版)で作製し、コンパイルシステムでコンパイルさせ、MS-DOS上で直接実行させるようにした。周知のように、この方法によれば、通常のBASICプ

ログラムをインタプリンタシステムで実行させるよりも2～3倍も早く実行させることができる。なおディスクは1メガバイトのものを一枚用意しておけば十分である。

5. 計算結果および考察

計算例には岸田らが大型計算機を用いて行った例と同じものを選んだ。²⁾ 計算に必要な諸値を以下に示す。

杭の弾性係数: 400000 Kgf/cm² キャップブロックの反発係数: 0.5
 バイルキャップ重量: 400 Kgf キャップブロックのパネ定数: 225000 Kgf/cm
 ハンマー効率: 0.8 最大計算ステップ: 200
 計算時間間隔: 0.000125 sec 杭要素長: 1m (クッションブロックは考えない)

パソコンによる計算結果のうち、任意ブロックに生じる応力の時間的变化を図-3に、杭体に生じる最大圧縮および引張応力分布を図-4にそれぞれ示す。図-3から圧縮波は杭頭から先端へと引張波はその逆に先端から杭頭へと伝播していく様子をうかがうことができる。図-4には岸田らの計算値および実測値も併記した。計算値は実測値に近い値を示している。ちなみに、計算時間は杭を約35ブロックに分割し計算時間間隔を0.000125(sec)とした場合で約2分、必要なメモリーは640キロバイトであった。

6. むすび

今回作成したプログラムはまず計算する前に、計算例のデモンストレーションを行い、計算結果をわかり易くディスプレイ上に描くなど「現場の作業員でも使用できること」という条件を満たすように配慮した。実用に供していただければ幸いである。

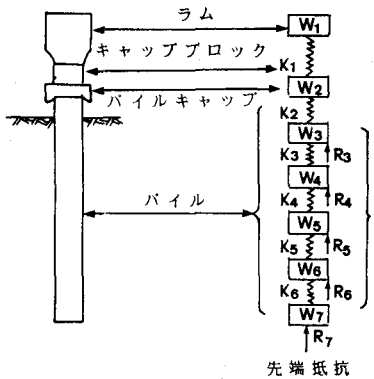


図-1 杭のモデル化

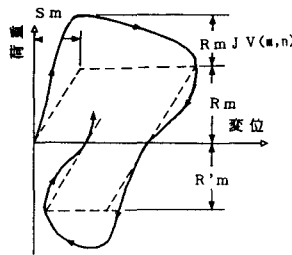


図-2 地盤の復元力特性

土質分類	減衰定数(sec/m)	
	周面摩擦抵抗	先端抵抗
砂	0.16	0.49
シルト	0.22	0.65
粘土	0.33	1.00

表-1 地盤の減衰定数

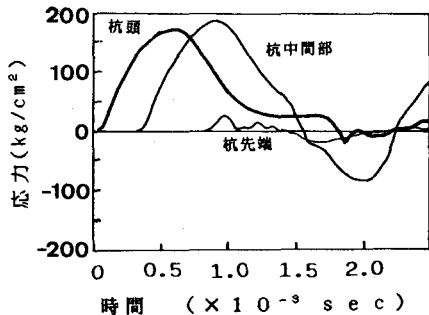


図-3 杭要素に生じる応力の経時変化

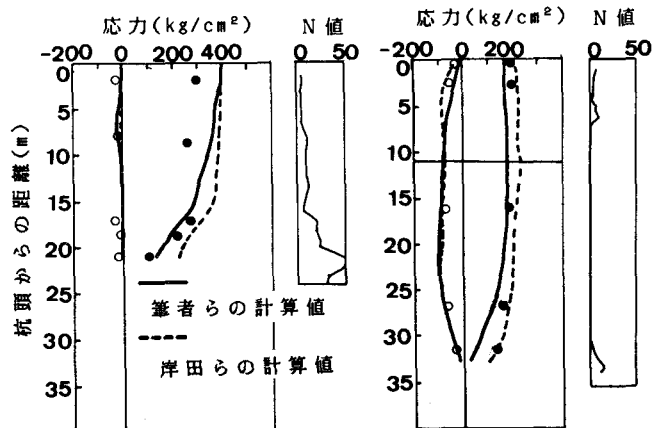


図-4 杭に生じる最大圧縮・引張応力

参考文献 1) 渡辺 明、他: 波動方程式による杭の打撃時応力解析、コンクリートジャーナル、vol.10、昭和43年 1月

2) 岸田英明、他: コンクリート杭の打込み中に発生する打撃応力、日本建築学会論文報告集、第241号、昭和51年 3月