

京都大学 正員 工博 岡田 清

大阪府立高専 正員 〇 久末喜代彦

京都大学 学生員 工修 児島孝之

1. まえがき 最近使用されているような長大パイの打撃応力の算定には波動方程式による方法をとらなければならぬ。A.E.L. Smith氏は波動方程式 $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = R$ を階差法的手法で分解し、さらに種々の変数を取り入れた解法を提案している。しかし現在までのところではそれらの変数の取扱いに不明な点が多い。ここではSmith氏の提案にしたがってコンクリートパイに発生する打撃応力を計算し、昨年度建設省研究補助金によって行つたパイ打ち実験の結果の一部と比較検討した結果を報告する。供試パイの概要は長さ13m、外径35cm、肉厚6cm、鉄筋量中13mm×11本、弾性係数 $3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、コンクリートの衝撃強度 364 kg/cm^2 である。

2. 計算例 上述の供試パイをハンマー重量 $W=2\text{t}$ 、落高 $H=2\text{m}$ で図5に示す実験地盤に打ち込む場合を取り扱う。図1のようにパイを5等分し $W_1=400\text{kg}$, $W_2=W_3=\dots=W_5=\frac{1.4 \times 1300}{5}=364\text{kg}$, $K_3=K_4=\dots=K_6=\frac{546 \times 350000}{260}=735000 \text{ kg/m}$, 土の塑性変位量 $Q=0.25\text{cm}$, クッションのバネ係数 $k_1=0.5$, 打撃効率 $e=0.8$, 時間間隔 $\Delta t=1/4000 \text{ sec}$, パイ先端の土の減衰係数 $J=0.005$, 周辺の土の減衰係数 $J=0.00167$ とする。クッションのバネ定数は $K_1=\frac{960 \times 600}{J_5}=1.024 \times 10^5 \text{ kg/m}$ (松板合板5cm厚3枚)とした。土の周辺抵抗は矩形分布とし、極限打撃抵抗 $R_u=\sum_{m=3}^n R_m$ 及び先端抵抗 $R_p(=R_7)$ と周辺抵抗 $R_s(=\sum_{m=3}^n R_m)$ との比 $k=\frac{R_p}{R_s}$ の値を種々に代入してSmith氏の計算プログラムにしたがって一打撃当りのパイ貫入量 D と打撃応力を計算しその結果をまとめると図2, 図3, 図4のようになる。実験では打ち込み深度12mで $D=6\text{mm}$, パイ頭応力 $\sigma_0=210 \text{ kg/cm}^2$, 応力伝達率 $\alpha=52\%$ であった。これに対して $D=6\text{mm}$, $\alpha=52\%$ をもとらう R_u の分布は $R_u=150\text{t}$, $k=1/2$ となり、 σ_0 の計算値は 296 kg/cm^2 となる。実験で行った各打撃状況について同様な計算を行いその結果をまとめると表1のようになる。パイ頭応力の計算値は実験値をかなり上まわっているが打撃エネルギーが大きくなると比較的接近してきている。

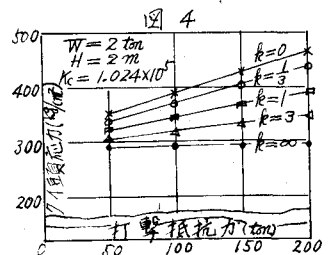
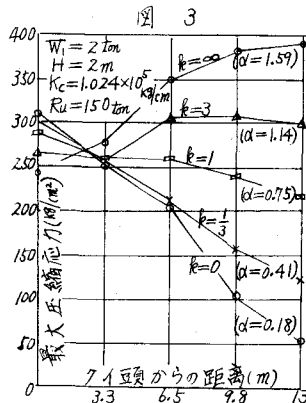
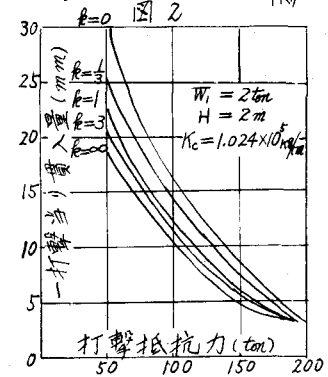
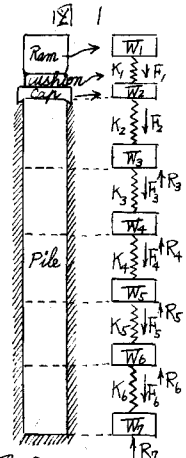


表1 (深度12m)

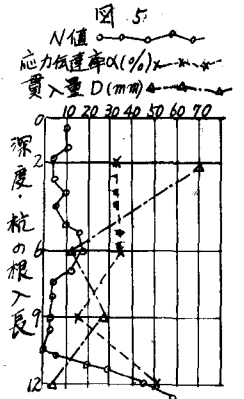
打撃条件		実測値		計算値	
W_1 (kg)	H (cm)	D (mm)	σ_H (kg/mm ²)	α (%)	σ_H (kg/mm ²)
1250	170	3	166	66	223
2200	180	7	235	58	284
2000	200	6	210	52	296
2000	300	12	265	50	352
3000	200	15	302	36	331
3000	300	23	368	32	399

** デーゼル・ハンマー

* ドロップ・ハンマー

4. 抵抗分布

上記の計算例では周辺抵抗は矩形分布としたが、その計算値は $R_0=100$ となった。 R_0 が摩擦抵抗を意味するものならばこれは大き過ぎるように思われる。実験データによっても図5に見るように応力伝達率 α はクイ先端近傍地盤の抵抗によってかなりクイ周辺の抵抗には余り影響を受けないようである。クイ先端に作用する抵抗を地盤反力と貫入粘性抵抗にわけて考えてみると、前者は応力波を反射させて結果的にクイ先端の打撃応力を増大させるに反し、後者は応力波を減衰させる。ところがこの計算法では R_0 は応力波を減衰させる機能を持たないので R_0 によってクイ先端の貫入粘性抵抗を表現することは出来ない。したがってこの計算法を貫入量が極めて小さい場合以外に使用する場合には先端貫入抵抗の表現について別の配慮が必要になる。上記の計算例では $R_0=50$ と $R_0=100$ とであったが $R_0=50$ は地盤反力を表わすとし、 $R_0=100$ の中 $6t \times 4 = 24t$ は摩擦抵抗を表わし、 $76t$ は先端貫入抵抗を表わすとして、図6の抵抗分布Bを仮定してやる。抵抗分布A, B各々の場合の計算結果を比較すると貫入量 D 、応力伝達率 α に大きな差はないことが分る。したがってこの計算法では R_0 は周辺摩擦抵抗だけでなく先端貫入抵抗をも含むとすることも可能である。なお図6のグラフCは抵抗分布Bにコンクリートの内部減衰(粘性係数 $B=0.00005$ とする)を加味した場合である。

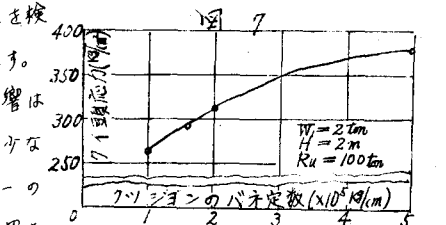
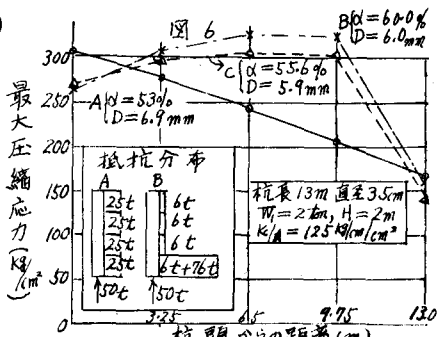


5. クリソンのバネ定数

$W=2m, H=2m, R_0=100$ の場合についてクリソンのバネ定数とクイ頭応力との関係を求めると図7のようになる。これをみるとバネ定数は打撃応力に大きな影響を与えることが分る。

6. まとめ

上記のほかにもこの計算法について検討した結果をまとめてみると、①現在までのところこの計算法では打撃応力は若干高めに算出される。しかし各方向の打撃実験の結果を検討してみても貫入量の小さくなるほどではすぐれた追従性を示す。②上記のようにクリソンのバネ定数が打撃応力に及ぼす影響は極めて大きい。それにもかかわらずこの方面の資料は極めて少ない。なおクリソンのバネ定数自身打撃応力の関数であり同一のクリソンでも打撃条件等で異なったバネ定数をもつものと思われる。この点今後検討したい。③コンクリートの内部粘性減衰は応力伝達率 α にあまり大きな影響は与えないように思われる。④この計算法で引張応力を算出すると一般に過大な結果が得られるが、内部粘性減衰を考慮に入れると相当抑制された結果を得る。⑤クイ先端及び周辺の土の減衰係数 J, J' を $J=0.005, J'=0.00167$ とすることは本文の計算例のような砂質土盤では妥当なものと思われる。なおこれらの数値の変動が打撃応力に及ぼす影響は小さい。⑥ディーゼルハンマーに対しては打撃効率をドロップハンマーの場合より小さくするべきものと思われるが、この点今後の研究にまかす。



7. 文献 E. A. L. Smith: "Pile Driving Analysis by the Wave Equation." A. S. C. E. Aug. 1960.