

コンクリートパイルの打撃応力について

京都大学 正員 工博 岡田 清

大阪府立高専 正員 〇 久長喜代彦

京都大学 学生員 工修 吉竹孝之

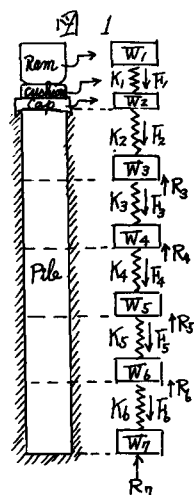
1. まえがき 最近使用されているような長大クイの打撃応力の算定には波動方程式による方法をとらねばならない。A.E.L. Smith は波動方程式 $\frac{W}{g} \cdot \frac{\partial^2 D}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} (K \cdot \frac{\partial D}{\partial x}) = -R$ を階差法的手法で分解し、さらに種々の変数をとり入れた解法を提案している。しかし、現在までのところではそれらの変数の取扱いに不明な点が多い。ここでは Smith の提案に従ってコンクリートクイに発生する打撃応力を計算し、昨年建設省研究補助金により行なつたク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。供試クイの概要は「長さ13m; 外径350mm; 肉厚60mm; 鉄筋量 $\phi 13\text{mm} \times 11$ 本; $E_c 3.5 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$; コンクリートの衝撃強度 364kg/cm^2 」である。実験結果の一部を表1に示す。

2. 計算方法

クイを図1のように個体重量をバネで連ねた形に表現する。計算はラムの衝突速度 v を与えて、最初の時間間隔 ΔT に対して下に示すプログラムにしたがって演算を実行し、かくして得られた V_m を用いて次の時間間隔に対して上と同じ演算をくりかえす。以下一回の打撃が終了するまでこれをつづける。

計算プログラム

- ① $D_m = d_m + V_m \cdot \Delta T$, ($m = 1, 2, \dots, p$)
- ② $D_m - Q < d'_m < D_m + Q$ ならば $D'_m = d'_m$, $d'_m \leq D_m - Q$ ならば $D'_m = D_m - Q$
 $d'_m \geq D_m + Q$ ならば $D'_m = D_m + Q$, ($m = 3, 4, \dots, p-1$)
- ③ $d_p > D_p - Q$ ならば $D'_p = d'_p$, $d_p \leq D_p - Q$ ならば $D'_p = D_p - Q$
- ④ $R_m = (D_m - D'_m) \cdot K_m' \cdot (1 + J' \cdot V_m)$, 但し $K_m' = \frac{R_{\text{lim}}}{Q}$, ($m = 3, 4, \dots, p-1$)
- ⑤ $R_p = (D_p - D'_p) \cdot K_p' \cdot (1 + J' \cdot V_p)$, 但し $K_p' = \frac{R_{\text{lim}}}{Q}$,
- ⑥ $C_m = D_m - D_{m-1}$, ($m = 1, 2, \dots, p-1$)
- ⑦ $C_1 \geq C_{\text{max}}$ ならば $F_1 = C_1 K_1$, $C_1 < C_{\text{max}}$ ならば $F_1 = \left(\frac{K_1}{e_1}\right) C_1 - \left(\frac{1}{e_1} - 1\right) K_1 \cdot C_{\text{max}}$
- ⑧ $F_m = C_m K_m$, ($m = 2, 3, \dots, p-1$), 但し $F_2 \geq 0$
- ⑨ $V_m = V_m + (F_{m-1} - F_m - R_m) \frac{\Delta T \cdot g}{W_m}$, 但し $V_1 = \sqrt{2gH} \cdot e$



ここで C , c , バネの圧縮量 (cm) (小文字は大文字のより一つ前の時間間隔における量をあらわす, 以下これに準ずる); D , d , 変位量 (cm); D' , d' , 土の塑性変位量 (cm); F , バネの力 (kg); J , J' , クイの先端および側面の減衰係数; p , クイ先端をあらわす添字; Q , 土の最大弾性変形量 (cm); R_u , 土の極限抵抗 (kg); ΔT , 時間間隔 (秒); V , v , 速度 (cm/秒); W , 重さ (kg); K , バネ定数 (kg/cm); K' , 土のバネ定数 (kg/cm); H , 落高 (cm); e , 打撃効率; e_1 , ツジシンのハネ力係数

3. 計算例 以下に記すすべての計算を通じて $W_1 = 400 \text{kg}$, $W_2 = W_3 = \dots = W_7 = \frac{1.4 \times 1300}{5} = 364 \text{kg}$, $K_2 = K_3 = \dots = K_6 = \frac{546 \times 350000}{260} = 735000 \text{kg/cm}^2$, $Q = 0.25 \text{cm}$, $e_1 = 0.5$, $e = 0.8$, $\Delta T = \frac{1}{4000} \text{sec}$, $J = 0.005$, $J' = 0.000167$ とする。

1) $W_1 = 2 \text{ton}$, $H = 2 \text{m}$, $K_1 = \frac{260 \times 1600}{15} = 1.024 \times 10^5 \text{kg/cm}$ に対し、極限打撃抵抗 R_u を 50t , 100t ,

150t, 200t の4通りに変え、さらにその各々に対し、先端
 抵抗 R_p と周辺抵抗 R_m との比 k を $\infty, 3, 1, \frac{1}{3}, 0$ の5通
 りに変えて貫入量 δ と打撃応力を計算しその結果を図
 2, 図3, 図4 にまとめた。図2, 図3 にみるように R_u の分
 布によつて貫入量及び打撃応力に相当の差が認めら
 れる。図4 は R_u の分布が応力伝達率 α に著しい影響を
 与えることを示す。とくに $k=0$ のときかなりの引張
 応力が発生することが分る。実験結果表1の $W=2\text{ton}$,
 $H=2\text{m}$, $\delta=6\text{mm}$, $\alpha=52\%$ に対し同一の応力伝達率 α
 をもたらす R_u の計算値を求めると 152ton となりまたこ
 のとき図2と図3から打撃応力としては 296kg/cm^2 を得
 る。一方実測値は 210kg/cm^2 であった。

ii) 71打撃実験で行つた各打撃状況について i) と同様
 な計算をくりかえし、その結果を表1にまとめた。

表 1 (深さ 12m)

ハンマー重量 $W(\text{kg})$	1250	2200	2000	2000	3000	3000
落 高 $H(\text{cm})$	170	180	200	300	200	300
実 貫入量 $\delta(\text{mm})$	3	7	6	12	15	23
測 打撃頭力 (kg/cm^2)	166	235	210	265	302	368
値 応力伝達率 $\alpha(\%)$	66	58	52	50	36	32
計 打撃抵抗 $R_u(\text{ton})$	142	132	152	142	133	132
算 打撃頭力 (kg/cm^2)	223	284	296	352	331	399

** デーゼル・ハンマー , * ドロツク・ハンマー

打撃頭力の計算値は実測値をかなり上まわつてい
 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。

iii) $W=2\text{ton}$, $H=2\text{m}$ の場合にクッションのバネ定数を
 打撃頭力を求めその結果を図5にまとめた。

4. むすび $Smith$ は例題として常に $k=\infty$, つまり
 $R_u=R_p$ として計算しているが、この場合 R_u は最小となる。
 これはクイの支持力をひかえ目に見積ることになる。
 しかし打撃頭力は一般にクイ先端で最大となり変状に
 あわれない。したがつて打撃頭力の計算に $Smith$ の方法
 を用いるときは抵抗の分布を實際に近いものとせねば
 ならない。静力学的には R の分布は応力減衰率と合致
 するはずであるが波動理論の場合にはそう簡単ではな
 い。本研究においても実際の抵抗分布についてをもつ
 と探求すべきであつた。この更今後の研究にまちなう。

