

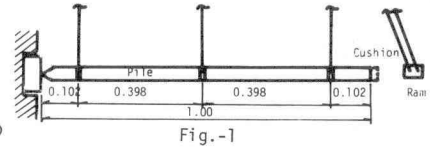
立命館大学 正員 ○ 尼崎 省二  
立命館大学 正員 明石 外世樹

1 まえがき

一般に、コンクリートくいを打撃したときにくいに作用する抵抗は、くい体の内部摩擦抵抗、地盤の周辺摩擦抵抗、先端地盤反力および貫入粘性抵抗などに分類されるが、これらの抵抗が応力波の挙動に与える影響は現在のところ十分に解明されているとは言えない。本研究は、これらの抵抗のうち、くい体の内部摩擦抵抗が種々の波形の応力波の挙動に与える影響を調べるために、長さ7m、外径30cm、内径11.5cmのプレストレストコンクリートくい(PCくい)を用いて実験したものである。

2 実験方法

実験は、PCくいをFig.-1に示すように水平に釣り下げ、同じく水平に釣り下げた重錘( $W=132.3\text{kg}$ ,  $D=25\text{cm}$ ,  $L=37.7\text{cm}$ )の単振動運動により所定の打撃速度( $V=40, 80, 120\text{cm/sec}$ )で打撃を与える方法を用いた。くい頭部にはクッション板としてホスターレンおよび木板をおき、先端はコンクリートブロックに取り付けた鉄板、ラワン板およびゴム板に接してある。なお、打撃はクッション板のない場合についても行った。



応力波は、頭部から60cmおよび360cmの2ヶ所にそれぞれ直角4方向に半導体ゲージを貼り、その位置の平均応力が得られるようにして、スビーミングクロスコープを用いて観察した。なお、PCくいの動弾性係数および対数減衰率 $\delta$ は、いずれも一次のたわみ振動方法により求め、それぞれ $559000\text{kg/cm}^2$ および $0.032$ であった。

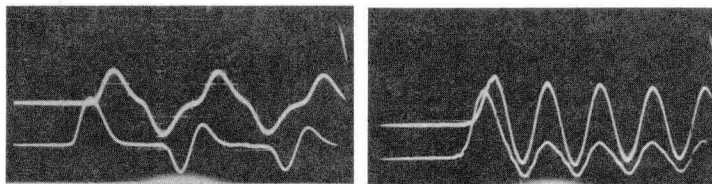
3 解析方法

一般に、コンクリートの内部摩擦を考慮したときの応力-変位関係はVoigtモデルを用いて、 $\sigma = \epsilon E + \eta \frac{d\epsilon}{dt}$  で与えられ、粘性率 $\eta$ は $\eta = B \cdot E$  で与えられることが多い。この場合、定数 $B$ は波動理論によると、対数減衰率 $\delta$ を用いて、 $B = \delta / 2\pi^2 f = \delta \cdot t / 2\pi^2$ ,  $t$ : 衝撃時間で与えられ、また材料のヒステリシス曲線を用いると、 $B = (1 - e^2) / 4\pi^2 f = (1 - e^2) \cdot t / 4\pi^2$ ,  $e$ : 回復係数で与えられる。

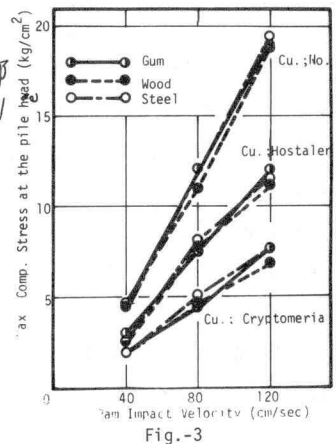
理論解析は、スミスの解法に対数減衰率および回復係数を組み入れる方法を用いたが、コンクリートくいの衝撃時間は打撃条件によって異なるので、計算においては計算から得られた衝撃時間が仮定した値に収斂するまで繰返し計算を行なった。なお、PCくいの回復係数は $e=0.95$ と仮定した。

4 実験結果および考察

Fig.-2は衝撃応力波の1例で、基線の上側を圧縮とし、上側の波形を中央部、下側の波形をくい頭部としている。頭部応力波はいずれも先端からの反射引張応力波の影響を受けていないが、中央部応力波はクッション板を用いると



Cu.:No, V=80cm/sec  
upper: at the Center, lower: at the Head  
Pile point: Wood  
Cu.:Hostalen, V=40cm/sec  
upper: at the Center, lower: at the Head  
Pile point: Steel  
Fig.-2



反射波の影響を受け、クッション材がないと影響は受けていない。

反射波の影響を受けていない頭部圧縮応力と打撃速度とは、Fig-3のように比例関係にあり、また応力波の立上り時間は応力が大きくなると短くなる傾向にある。(Fig-4)これは従来の研究結果とよく一致している。

中央部の応力波が先端からの反射波の影響を受けていると、内部摩擦が応力波の挙動に与える影響が明らかにならないために、クッション材のない場合について応力波の減衰を調べると、Fig-5のようになり、応力の伝播率(応力比)は衝撃時間にはほぼ比例していると考えられる。なお、Fig-5の直線は最小自乗法を用いて求めたものである。

頭部圧縮応力をスミスの解法により推定すると、打撃効率 $E$ を1.0として、実測値の約10倍にもなる。(Table-1)これは、Fig-6に示すように、クッション材のない場合を例にとると、頭部応力波の波動エネルギーが打撃エネルギーの5~12%にすぎないことからも明らかである。波動エネルギーが打撃エネルギーに比べて小さいのは、くい径11.5cmの中空断面であり、重錘径25cmの中実断面であるために、全断面打撃でなかったためと思われる。

したがって、スミスの解法による解析では、波動エネルギーと打撃エネルギーとの比を打撃効率 $E$ として計算を行なった。計算結果の1例をTable-1およびFig-7に示す。対数減衰率あるいは回復係数を用いた解析では、打撃速度を種々変化させても、立上り時間および衝撃時間は一定値になり、実測値のように変化はない。また、頭部と中央部との圧縮応力の比も一定である。Voigtモデルを用いて推定する限り、立上り時間および衝撃時間は打撃速度を変化させても一定となるが、回復係数を用いた場合の推定値がより実測値に近い値になる。Fig-2とFig-7を比較すると、Fig-2の実測例では最大応力を中心にしてほぼ左右対称に近く、わずかに立上り時間の方が短かいが、計算例では最大応力以後長く尾を引いている。また、実測例では頭部応力波の立上り時間が中央部応力波よりも長くびっているのに、計算例では中央部の波初の方が長くなっており、応力波が伝播するにつれて立上り時間は長くなる傾向にある。

なお、本研究における理論計算は、京都大学大型計算機センターを利用したことを付記する。

参考文献

- (1) E.A.L.Smith, Pile Driving Analysis by the Wave Equation, A.S.C.E., Aug., 1960
- (2) 中川, 神戸; レオロジー, みすず書房

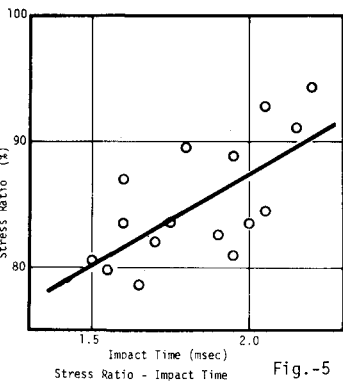


Fig-5

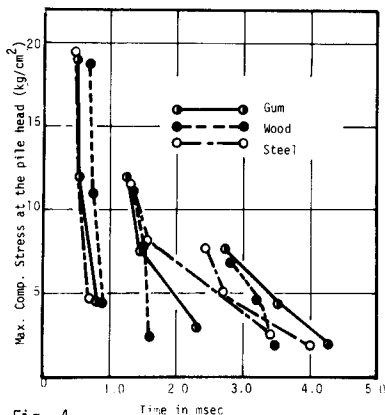


Fig-4

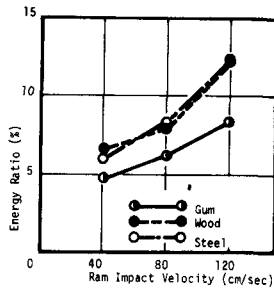


Fig-6

Table-1,  $h=0.8\text{cm}$ ,  $Cu.:No$

	Impact Efficiency	Time (msec)	Impact Time (msec)	Comp. Stress <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Stress Ratio (%)
Experimental	-	0.70	1.95	4.5	87.8
Theoretical	e	0.048	0.15	2.22	75.2
	§	0.048	0.14	2.28	77.0
	§	1.000	0.06	1.85	48.2

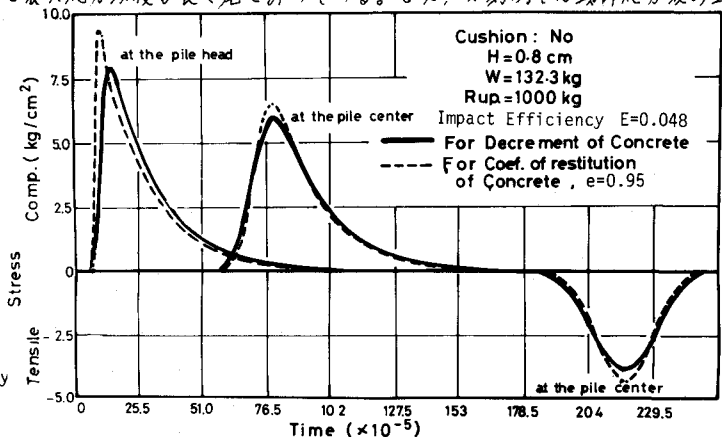


Fig-7