

立命館大学 正員 工修 ○尼崎 省二
立命館大学 正員 工博 明石外世樹

1 まえがき

くいを打撃貫入工法で施工する場合、くいの貫入機構については不明な点が多い。本研究はPC模型くい、模型地盤を用いて重錘落下方式により貫入試験を行ない、重錘重量、落高およびクッションの変化がくいの貫入に与える影響について調べたものである。

2 波動エネルギー

くいを打撃したとき、くいには圧縮応力波が生じることは周知の通りであるが、この波動によるくいの変位 u および波動の有するエネルギー〔波動エネルギー〕 E_w はそれぞれ次式で与えられる。

$$u = \frac{\sigma C t}{E} \quad E_w = \frac{A \sigma^2 C t}{E}$$

ここに、 C :応力波伝播速度、 t :応力波立上り時間、 σ :頭部圧縮応力、 A :くい断面積、 E :くい材の弾性係数

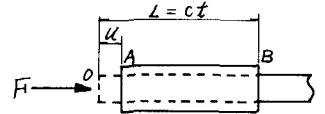


図1: 衝撃による棒端の変形

3 実験方法

実験に用いた模型地盤は、最大粒径 0.3^{mm} の微細粒砂とセメントの混合材料に重量比で8%の灯油を加えたものを、一辺 60^{cm} 、高さ 130^{cm} の本箱に深さ 110^{cm} まで投入し、表面が 5^{cm} 沈下するまで本箱側面をたたいたものである。この場合、打撃条件〔重錘重量、落高、クッション〕を一定にすると、くいの貫入量は貫入深さ $60 \sim 90^{cm}$ ではほぼ一定していた。そこで、まずクッションを一定にして落高 $H=10^{cm}$ で重錘を2, 5, 10^{kg} と順次変化させて測定し、つづいて、 $H=20, 30^{cm}$ について測定する。このようにすると、 $H=30^{cm}$ 、 $W=10^{kg}$ を除いて、いずれのクッションの場合も貫入深さが約 90^{cm} になるまでに測定を終えることができた。つぎに、供試くいを本箱の底まで貫入させて、貫入量がなくなった状態でくい頭および中央部の応力波を同時観測する。実験に用いたPC模型くいは、 $A=46.36^{cm^2}$ 、 $L_p=204.6^{cm}$ 、 $\rho=2.21 \times 10^{-3}^{kg/cm^3}$ 、 $E_p=327 \times 10^8$ のモルタル製で、応力測定は頭部から 10^{cm} 、 90^{cm} で行なった。測定方法は昨年の講演における方法¹⁾と同じである。表-1, 2はクッションおよび重錘の諸特性を示す。

4 実験結果および考察

4-1 打撃応力波について

頭部最大圧縮応力 σ_H は打撃速度にはば比例し、その立上り時間 t はいずれのクッションの場合も打撃速度が早くなるほど短くなる傾向にあり、Hirschの解法²⁾のように一定ではない。したがって、図-2に示すように、波動変位 u は打撃速度にほぼ比例しているが、Hirschの解法から求めた値に比較してその勾配はゆるやかである。また、クッション:合成ゴムを除いて、いずれのクッションも t は 0.7^{msec} 以下であるため、 σ_H は先端からの反射波には影響されておらず、貫入時と

表-1: クッションの特性

クッション	断面積 (cm^2)	厚さ (cm)	単位体積重量 $\times 10^{-3}$ (g/cm^3)	静弾性係数 (kg/cm^2)
桧	42.75	4.0	0.90	25.600
ポリエステル	44.39	4.0	0.95	10.200
合成ゴム	43.10	2.0	1.37	100

表-2: 重錘の特性

通称重量 (kg)	実重量 W (kg)	断面積 A (cm^2)	高さ (cm)	材質
2	2.03	44.16	13.65	TLミニウム
5	4.78	"	14.07	鉄
10	9.92	"	28.66	"

固定時とでほとんど変化がなくほぼ同じ値になっている。波動変位も同様である。

中央部の圧縮応力 σ_{mc} と反射引張り応力 σ_{mt} との比 σ_{mt}/σ_{mc} は σ_{mc} が大きくなると小さくなる傾向にある。すなわち σ_{mc} が大きくなる程、くい先端が変位しにくくなっており、先端地盤は波動に対してより固定端に近い挙動を示めしている。また、図-3に示めすように、中央部応力波の先端からの反射波の部分(基線の下側)は、最初の部分はみだれているが時間経過すると指数関数的に減衰している。これは、応力波がくい先に達してもくいは貫入せず、ある時間経過してから貫入することと示めすものと思われる。事実、応力波と貫入波の発生までの時間のずれを調べると $5 \sim 30^{msec}$ である。

4-2 貫入について

頭部最大圧縮応力 σ_0 と貫入量 P との関係を見ると、図-4のようになり、 σ_0 が増加しても P はそれほど増加しないが、波動エネルギー E_w が増加すると、それにほぼ比例して P も増加している(図-5参照)。なお、合成ゴムの場合には σ_0 が 1^{msec} 以上であり σ_0 が反射波の影響を受けているため、 E_w は厳密には意味をもたない。 P - E_w 関係がクッションによって異なるのは、地盤抵抗がかならずしも一定でないことおよびクッションにより応力波形状が異なっているためと思われる。図-6は u と P との関係をプロットしたものであるが、両者の比 P/u は $5 \sim 60$ と大きく変化している。これは、 σ_0 および σ_0 は応力波の波長がくい長よりも短かいと先端抵抗には影響されず、おもに打撃条件に左右され、かつ P は u がそれほど増加しなくても E_w が増加すれば増加するからである。なお、 E_w は打撃エネルギー $[W \times H]$ が一定でも、 W と H との組合せにより異なり、 $W=10^g$ 、 $H=10^{cm}$ の方が $W=5^g$ 、 $H=20^{cm}$ よりも大きくなっている。

文献 リニ崎、明彦、竹内「模型くい打撃時の応力波と貫入に関する考察」

昭和43年度土木学会関西支部年次学術講演集

2) T. J. Haack, "Fundamental Design and Driving Consideration for Concrete Piles," Highway Research Record, 46, 147, 1966, RP 24-37

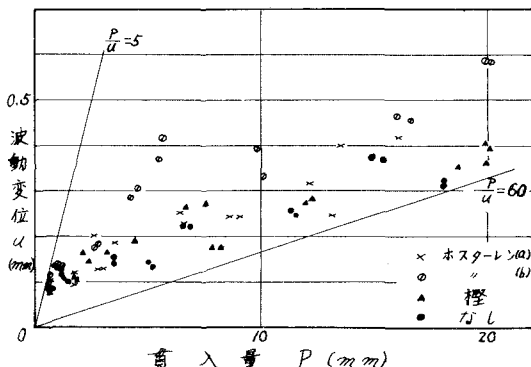


図-6: 波動変位—貫入量

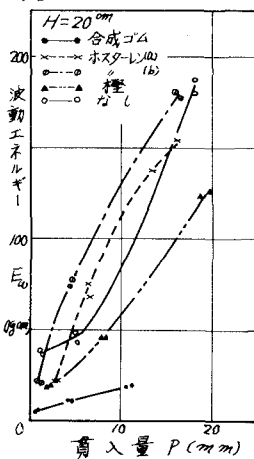


図-5: 波動エネルギー—貫入量

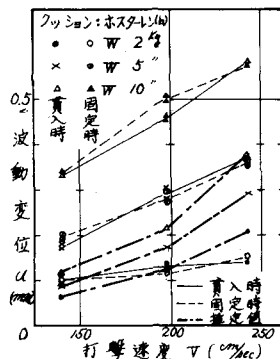
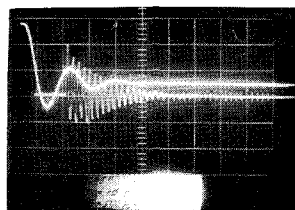


図-2: 波動変位—打撃速度



応力波 $S=5^{msec/D}$ $W=5^g$ $H=20^{cm}$
 $C=34.6^{mm/msec}$
 $C=38.2^{mm/msec}$

クッション: ホスターレン(a), $W=5^g$, $H=20^{cm}$

図-3: 中央部応力波

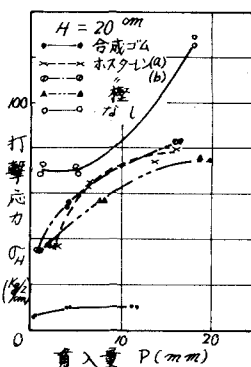


図-4: 打撃力—貫入量