

岡高孝 正 久良喜代彦

1. まえがき

本研究はコンクリートパイルの模型としての鋼棒を砂の中に打ち込み、その貫入状況を調査し、それを基にしてパイル打ち込みに関する Smith の解法に検討を加えようとするものである。

2. 実験方法

実験装置の概要を図1に示す。打撃棒、応力棒共にステンレス鋼棒を用い、応力棒には棒頭から10cmのところに共和ハズミゲージ K10A1 を4枚貼付した。又、棒頭から15cmのところに変位計 Emic 508A のピツクアップを取り付けた。応力棒の上に置くクッションとしてはニューライト樹脂1cm厚のものをを用いた。φ10cm×20cmのコンクリート型枠の中に最大粒径2.5mm、比重2.63の乾燥砂を5cmずつ4層にわけて突き棒でつきかためたものを地盤模型とした。比密度は0.733であった。土圧計共和 BE10KC を応力棒の下の地盤の中に設置した。応力、変位、土圧の三者の中、二つづつ組合わせてシンクロスコープ DS5015 で観測した。

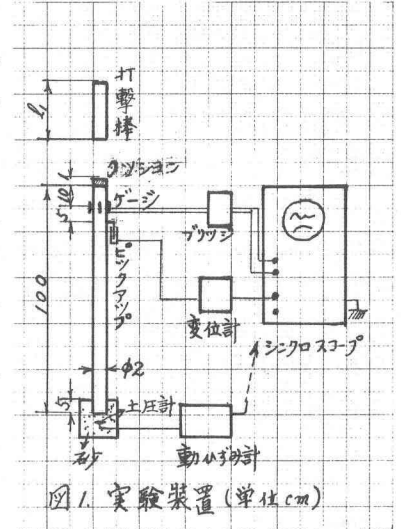


図1 実験装置(単位cm)

3. Smithの解法

A.E.L. Smith はパイル打ち込みの解析法として波動方程式 $\frac{w}{g} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \frac{\partial}{\partial z} (K \cdot \frac{\partial u}{\partial z}) = R$, (w :重量, u :変位, K :ばね定数, R :外部抵抗) を階差的手法で分解し、更に種々の変数をとり入れた解法を提案している。この中で土の挙動に関する仮定の一部を述べると、i) 地盤の抵抗と変位量との関係を図2のように仮定する。ii) 衝撃時の地盤の抵抗 R_d は次式であらわされる。

$$R_d = R_s (1 + J \cdot v) \quad (3.1)$$

ここに、 R_s : 地盤の静的抵抗、 J : 減衰係数、 v : 変位速度、

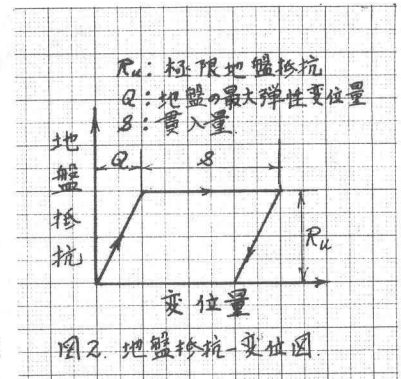


図2 地盤抵抗-変位図

4. 実験結果とその検討

(1). 変位波形 応力及び変位の波形の一例を写真1に示す。変位波形の理論解として波動変位によるものと Smith 解法によるものとを考へる。波動理論によると、応力棒のある断面に作用する応力 σ とそれに

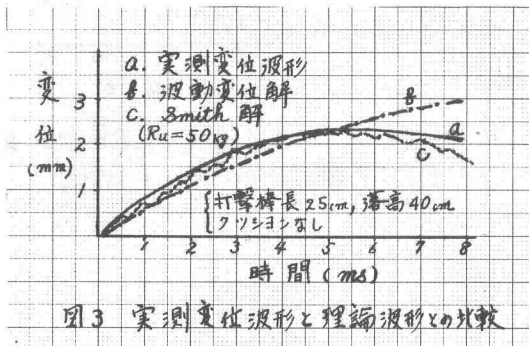


図3 実験変位波形と理論波形との比較

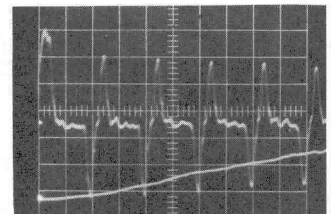


写真1. 縦目盛 上. 応力 162 kg/cm/div
下. 変位 0.833 mm/div
横目盛 200 μs/div

$l_1 = 25\text{cm}$, 落高 40cm, クッションなし。

よつて生ずる変位速度 $\dot{u}$ との間には $\dot{u} = C \cdot \rho \cdot v$ の関係がある。ここに、 C は応力波の伝播速度、 ρ は応力棒の密度である。これより、時間 t の間の波動変位は $u = \dot{u}t = \frac{1}{\rho} \cdot \dot{u}t$ となり、応力波形から計算することが出来る。実験変位波形とその理論解とを比較すると図3のようになる。波動変位の波形はその後半部で実験波形からずれて来ている。その理由は地盤抵抗は応力棒の波動変位に影響を及ぼすだけでなく、応力棒に剛体変位をもたらしからである。Smithの解法は剛体変位を考慮に入れている。

(2) 最大変位 打撃条件を変えずにいても打撃を繰返して行くと、地盤がしまつてきて最大変位は減少して行く。図4に見るように最大変位が大きくなればなる程、立上り時間は長くなる。

(3) リバウンド量 クツシヨンを応力棒の上に置く場合には置かない場合よりもリバウンド量は大きくなる。その理由は応力波の波長と関連して次のように考えられる。 $l_1 = 25\text{cm}$ でクツシヨンを置かない場合の応力波の波長は $2l_1 = 50\text{cm}$ で応力棒の長さの半分である。この場合には応力波が応力棒を往復するごとにごく小さな貫入とリバウンドを繰返しながら貫入して行き、土圧は余り高くはならない。一方、クツシヨンを置くと応力波の波長は 2m 程度になり、応力棒の先端地盤は常時応力を受け貫入は連続して進行し、その間に土圧が高くなって大きなリバウンドを誘発することになる。

(4) 土圧波形 写真2に見るように土圧波形と変位波形との間には対応がある。一方、写真3に見るように、土圧波形の中には高周波分が含まれている。これは応力棒中を伝ばしてその先端に到達した応力波の一部が地盤の中へ透過したものである。土圧波形のSmith解は図5のようになる。これを見ると上述の(3.1)式は動土圧をよく表現していると云える。

(5) 土圧量 土圧計の設置位置が応力棒先端から遠くなる程、土圧測定値は減少する。衝撃による最大土圧は土圧計設置位置が応力棒先端から 2.5cm の場合のものを1とすると、 5cm の場合のものは 0.4 程度になる。一方、静的載荷による土圧についてはこの割合は $1:0.66$ であった。さて、土圧波形の中の高周波分は「うなり」の波形を示している。この理由として地盤の中を伝ばする応力波は土圧計の表面で反射し、応力棒先端の方へ進行し、そこで又反射するということが考えられる。この場合、土圧測定値は真の土圧より若干上まわるのでないかという疑問を持っている。応力棒先端直下の土圧については今後更に検討したい。

上記の計算は九州大学大型電子計算機によった。

文献

1) E.A.L. Smith; Pile Driving Analysis by the Wave Equation, ASCE, Aug. 1960

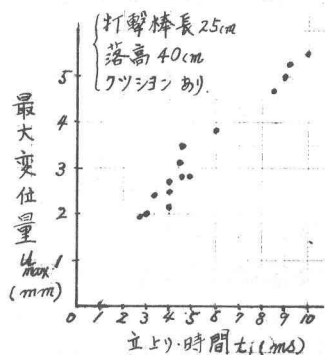


図4. 最大変位量と立上り時間との関係

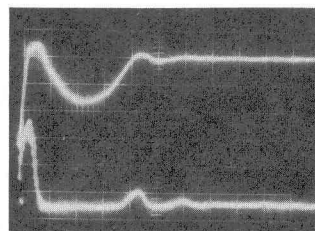


写真2. 上. 変位 0.833 mm/div
縦 下. 土圧 $0.893\text{ kg/cm}^2/\text{div}$
横 10 ms/div

$l_1 = 25\text{cm}$, 落高 40cm , クツシヨンあり
土圧計位置: 先端より 5cm

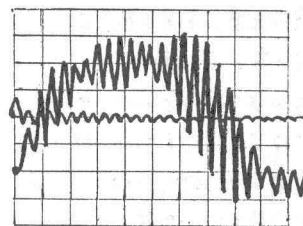


写真3. 上. 応力 $162\text{ kg/cm}^2/\text{div}$
縦 下. 土圧 $0.893\text{ kg/cm}^2/\text{div}$
横 1 ms/div

$l_1 = 25\text{cm}$, 落高 10cm , クツシヨンあり
土圧計位置: 先端より 2.5cm

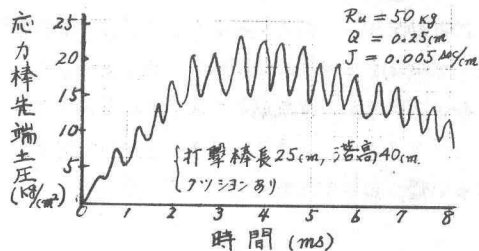


図5. Smith 解法による土圧波形