

不動産建設(株)中央研究所 正員。小川 充 郎

1. まえがき

くいの振動貫入現象の解明は、従来、個々の定常振動貫入 (oscillatory motion) としての取扱いが多くなされている。これらは個々の条件における基礎的性状の解明のためのアプローチとして、極めて重要であるが実際の貫入過程との結び付きについては、必ずしも十分ではない。振動貫入の把握のおづみしは、対象の土質により土の振動抵抗特性が大きく異なることおよび、その振動抵抗により振動くいの振動性状もまた大きく影響を受けることにある。実用上は貫入能率、貫入限界、抵抗支持力強度などを予測できることが望まれる。また、個々の振動性状の理解のためにも、性状に影響を及ぼすどの貫入過程にあるかを知らることが望ましく、貫入過程 (translatory penetration) についての体系的考察が必要である。本報告では、主として振巾が比較的大きく、断面の大きい排除貫入くい (replacement pile) の低周波振動 (10 cps 前後) 貫入における、地盤動的抵抗と貫入速度・出力エネルギーの特性を貫入全過程について概略考察する。

2. 低周波振動貫入の特徴と貫入力

図-1 に、剛体くいの振動貫入のモデル図および、関連する振動諸元を示す。低周波振動貫入の特徴は、一般に $F_0/Q_0 > 1$ で、振巾が比較的大きく、したがって貫入時のくいの先端抵抗が支配的である場合が多い。先端に対する土の抵抗は、くい周囲に対するフリクション低減ほどは振動の効果も受けないとされているが、一般に抵抗が大きくなるほど弾性衝突振動が卓越し、土の弾性回復以上の振巾をもつのでくい先端での土との離脱が見られるようになり、線型振動理論が適用できなくなる。

ここで、くいの地盤への貫入力 $\dot{F}_d$ は次式で表わすものとする。

$$\dot{F}_d = (1 + \rho) \dot{F}_0 \quad \text{----- (1)}$$

衝撃発生による振巾の増大、非慣性付加載荷などの場合は $\rho \geq 0$ であり、フリクション、浮力影響を受けるとき $\rho \leq 0$ となる。 $\dot{F}_d$ のように、記号の付いた量は、時間的変化する量のピーク値を示すものとする。

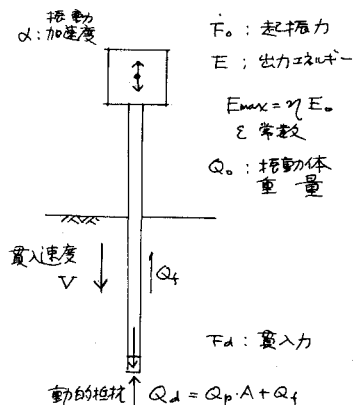
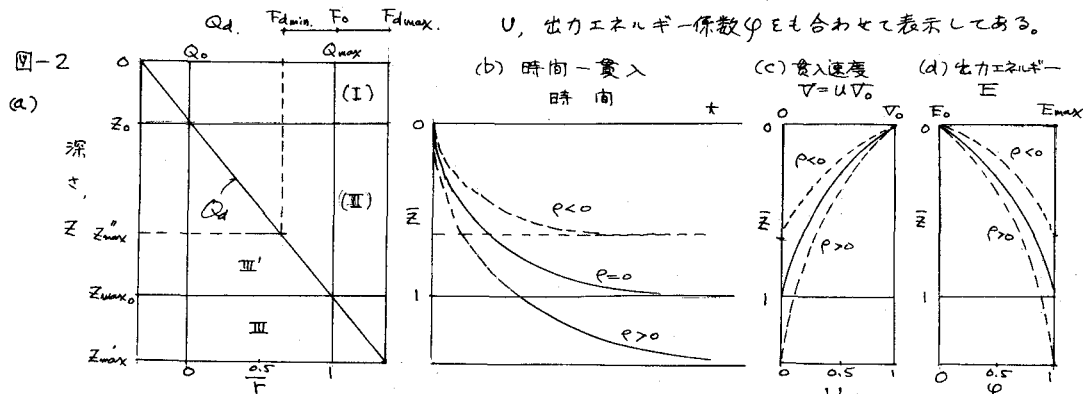


図-1

3. くいの振動貫入過程の解析

図-2 は、 $Q_p \gg Q_f$ の場合の深さ z と (a) 動的抵抗、起振力、貫入力の関係 (b) 動的抵抗に対する貫入-時間関係、(c) 沈下速度 および (d) 出力エネルギーの関係を示す。無次元深さ $\bar{z}$ 、無次元抵抗比 $\bar{F}$ 、貫入速度係数 U 、出力エネルギー係数 φ も合わせて表示してある。



3.1 領域Ⅰ ($Q_d < Q_0$) ; この領域ではくいの振動貫入は、粘性保質中への初速 v_0 の重力落下問題として取扱える。静的には z_0 で平衡し、動的には z_0 で速度 v_0 に収束する。実用上は施工精度などのため、巻き下げを一定とする定常貫入速度となり、一種のヒズミ制御試験であるので動的抵抗と出力エネルギーは一般に比例する。

3.2 領域Ⅱ ($Q_0 < Q_d < F_d$) ; この領域では、初期条件として z_0 すなわち静的平衡抵抗 Q_0 と z_0 深さの奥で動的振動貫入するときの初期速度 v_0 、出力エネルギー E_0 の大きさが最も重要な意味をもつ。これらの値は、土質及び、くいの振動諸元(重量、偏心モーメント、角速度、くい断面積など)がきまると、その振動くいの固有のものである。 $z_0 - z_{max}$ におけるくいの振動貫入方程式は、多くの実験例より近似的に次式で表わすことができる。

$$z = z_0 + \frac{\alpha t}{1 + \beta t} \quad \text{----- (2)} \quad \text{ここに } \alpha = v_0, \beta = \frac{v_0}{z_{max} - z_0}, z_{max}$$

において、 $Q_d = F_d$ である。

無次元深さ $\bar{z} = \frac{z - z_0}{z_{max} - z_0}$, 無次元抵抗比 $\bar{F} = \frac{Q_d - Q_0}{F_d - Q_0}$, および $\bar{z} = \bar{F}$ の関係を導入するとき、沈下速度 $\bar{V} = u \bar{V}_0$ における貫入速度係数は $u = (1 - \bar{F})^2$ となり、出力エネルギー係数は $\phi = (1 - u)$ でほぼ近似できる。(詳細略)

貫入指標として $R = \frac{E}{V}$ (z_0 において $R_0 = \frac{E_0}{V_0}$) すなわち、単位速度当りの出力エネルギー(又は一定長さ貫入に要する總出力エネルギー量)をとるとき、 $\bar{F}$ と R の関係は、 $E = E_0 + E(E_{max} - E_0)\phi$, $\bar{V} = u \bar{V}_0$ を用いて

$$\bar{F} = 1 - \sqrt{\frac{1 + E(\eta - 1)}{\frac{R}{R_0} + E(\eta - 1)}} \quad \text{----- (3)} \quad \frac{R}{R_0} \gg E(\eta - 1) \text{ のときは近似的に}$$

$$\bar{F} \approx 1 - \sqrt{\frac{R_0}{R}} \quad \text{----- (4)} \quad \text{あるいは,}$$

$$Q_d = Q_0 + (F_d - Q_0)(1 - \sqrt{\frac{R_0}{R}}) \quad \text{----- (5)}$$

で表わせる。この Q_d は 静的なコーン指数 q_c ($v = 1 \text{ cm/sec}$) などとある相関も有するところが実験的に認められている。

3.3 領域Ⅲ ($Q_d > F_d$) ; 起振力より動的抵抗が大きいか場合でも、土の弾性反発が大きく作用して、 $\rho > 0$ となり、実質上 $F_d > Q_d$ となって z_{max} は増大する。ただし、ほぼ完全なインパクト領域となり、位相が不安定となる場合もあり、いわゆる振動ラッピング現象を利用することになるので、貫入率は極めて悪くなり、打止まり領域とみなせる。なお、領域ⅡにおいてもⅢの特性は徐々に含まれてくること、また $\rho < 0$ となるときは、領域Ⅲ' にとどまり、 z_{max} は減小することが知られる。

4. 簡単な貫入記録解析例

海中堆積粘土層への貫入例について
図-3に示す。

5 おまけ

以上、くいの振動貫入過程について基本的な考え方を述べたが、フリクションの影響、非慣性付加の影響、動的抵抗と土質強度、振動サウンディングや締固めに応用する場合の意味など具体的なデータにより更に追求したい。

参考文献

- 1) 小川、謝他 (1972) : クイの振動貫入について(1), 第7回土質工学研究発表会講演概要集, pp 721-724.
- 2) 小川、謝 (1973) : クイの振動貫入について, 第27回年次学術講演概要集第3部, pp 341-344.
- 3) 小川、謝、山 (1974) : クイの振動貫入と地盤強度の関係, 第9回土質工学研究発表会概要集, pp 913-916

