

水底砂地盤の振動掘削における掘削抵抗について

京都大学工学部 正員 島 昭治郎
(K.K) 大林組 正員 納多 勝
京都大学工学部 学生員 ○ 石澤 利昭

1. はじめに

パイプライン、海底ケーブルなどの埋設方法はいろいろ考案されてゐるが水底砂地盤を掘削する場合、ケーブルの張力などの問題から牽引力に制限を受けることである。そこで島は従来から用いられてきた単刃方式に代えて掘削抵抗の小さい多刃刃方式による掘削機を開発し成功を収めた。

しかしケーブル埋設後、掘削断面が三角形となることから漁網に切断され易いという欠点がある。そこでケーブルが切断されないような断面となる振動掘削方式およびウエーダ-ジット方式の採用が考えられる。

本報告では掘削刃に振動を与えることで掘削抵抗が無振動時よりも低下することを確認し、無振動時の掘削抵抗 H_0 と振動時の掘削抵抗 H との比 H/H_0 が牽引速度、振幅、角速度によりどう変化するかについて実験を行つて調べた。さらに振動による地盤強度の低下が掘削抵抗にどのような影響を及ぼすのかについても検討を行つた。

2. 実験試料、装置および方法

1) 実験試料 小豆島で採取された海砂でその物理特性は Table.1 に示したようである。

2) 実験装置 ①回転土槽 外径 5800mm、内径 3000mm、深さ 700mm の土槽上部に回転する台車が装備されておりこの台車に振動掘削機、地盤強度低下測定装置を取りつけ速度 V で牽引する。

②振動掘削機 モーターに連結したクランクシャフトにより刃先振幅 A の振動を付与させる。刃の振動方向は水平に対して $\pi/4$ (rad) である。また刃先の角速度 ω はモーターの回転数を変えらることで $0 \sim 126$ (rad/sec) の間で変化させることとができる。掘削抵抗は水深 3cm にセトされた砂層を深さ 200mm で掘削した時の抵抗を測

Table.1 Soil Conditions

Specific Gravity	: Gs	2.57	
Coefficient of Permeability	: k	1.50×10^{-3}	(cm/sec)
Saturated Density	: γ_{sat}	1.96×10^3	(kg/m ³)
Void Ratio	: e	0.70	
Uniformity Coefficient	: U_c	1.50	
Maximum Particle-size	: D_{max}	1.20	(mm)
Mean Particle-size	: D_p	0.25	(mm)
Fineness Modulus	: F.M	2.06	
Specific Cutting Resistance	: R_s	0.10	(MN/m ³)

Table.2 Test Conditions

Width of Blade	: b	11	(mm)
Depth of cut	: z	200	(mm)
Angular Velocity	: ω	$0 \sim 126$	(rad/sec)
Blade Amplitude	: A	4, 8, 10	(mm)
Carriage Speed	: V_c	6, 8, 10	(cm/sec)

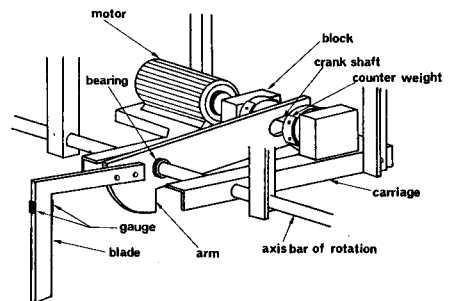


図-1 振動掘削機

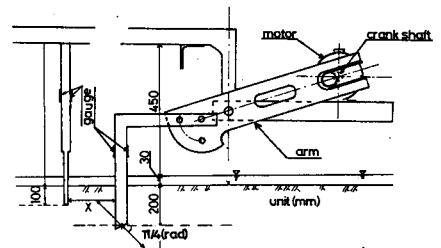


図-2 地盤強度低下測定装置と振動掘削機

定した。この時掘削抵抗に対し牽引速度、振動振幅、角速度などのような影響を受けるのを、それぞれ種々に変えて実験を行った。 (Table 2, 図-1参照)

ii) 地盤強度低下測定装置 掘削刃の前方 α cmの地点に丸棒を砂中10 cmに貫入し刃と同一地盤を同一速度で通過するように回転台車にセットする。そして無振動時の地盤強度 f_0 と振動時の地盤強度 f_v を測定し振動により地盤強度がどのように変化するかを調べた。(図-2参照)

3. 実験結果および考察

掘削刃の振動方向 $\pi/4$ radの時 Table 2 のように V_c , A , ω を変えて掘削抵抗を測定した。その時 H/H_0 と ω の関係は $V_c = 0.10$ (m/s) を一例としてあげると図-3 のようになる。図-3 からでも H/H_0 の特性は読みとることは可能であるが今こゝで ω の代わりに無次元量 $A\omega/V_c$ と縦軸にとるとその特性はより一層明確になる。(図-4参照) 図-3 で、 H/H_0 は ω が大きくなるほど小さくなり、 A によってその値の軌跡は異なる曲線となるが図-4 のように $A\omega/V_c$ で H/H_0 を表わすに A にはもういっしょに V_c にもほとんじ依存せず一本の曲線になる。その曲線はある $A\omega/V_c$ の値で H/H_0 は最小値をとりその後増加する。ところで $A\omega/V_c$ の大きな利点は無次元化された量であるということから実際の設計の指針となりうることである。

地盤強度低下測定実験の結果は図-5で示される。この結果より掘削抵抗の減少に地盤強度低下が大きな影響を及ぼしていることがわかる。図-5の $x=3$ cm のときの曲線と図-4の曲線の傾向はある $A\omega/V_c$ 値まで一致している。したがって水中での振動掘削では、掘削抵抗の減少は振動による地盤強度の低下に大きく依存することになる。

4. 結論

i) 振動により掘削抵抗は無振動時の掘削抵抗 H_0 より大幅に減少する。

ii) 振動時の掘削抵抗 H と H_0 との比 H/H_0 は $A\omega/V_c$ で整理でき、その関係は図-4 のようになる。

iii) 飽和砂の振動時の掘削抵抗の減少は地盤強度の低下に大きく依存する。(図-4, 5参照)

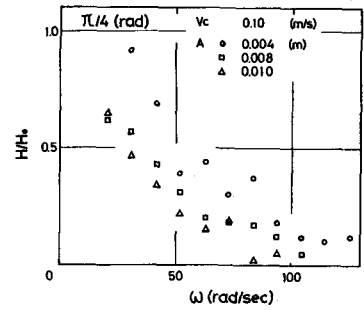


図-3 H/H_0 と ω の関係

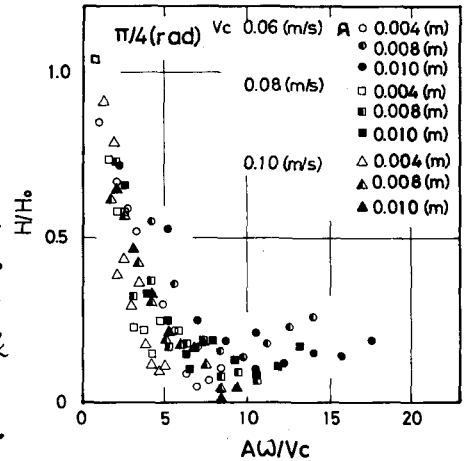


図-4 H/H_0 と $A\omega/V_c$ の関係

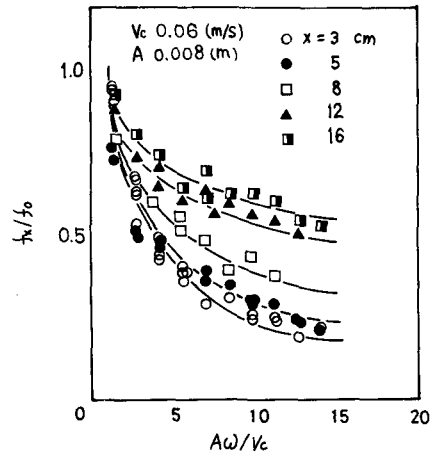


図-5 f_v/f_0 と $A\omega/V_c$ の関係