

海底ケーブル埋設のための溝掘削における掘削機牽引抵抗について

京都大学工学部 正会員 畠 昭治郎
 京都大学工学部 正会員 檜垣 義雄
 大林組 正会員 中間 祥二

1. まえがき 海底通信ケーブルを埋設する場合、我国においてはケーブル敷設船により牽引する工法がとられている¹⁾。しかし、敷設船の牽引能力は20 tonfと低く、ケーブル埋設においては牽引抵抗の軽減が大きなウェイトを占めてくる。そこで今回は、単刃、多段刃、ウォータージェット方式による溝掘削時の牽引抵抗および掘削に必要なエネルギーの比較を行い、最適な掘削法について検討した。ただしウォータージェット掘削については本研究で行った8分の1モデルによる実験の値を用いる²⁾。他の掘削方式についてもこの寸法に合わせるものとする。またこの際埋設するケーブルは直径10 mmであり、地盤は小豆島沖よりサンプリングした砂質土である。

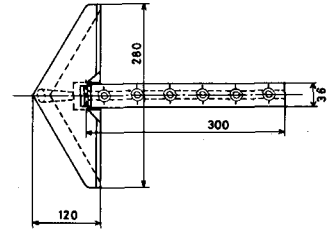


図-1. ウォータージェットモデル形状

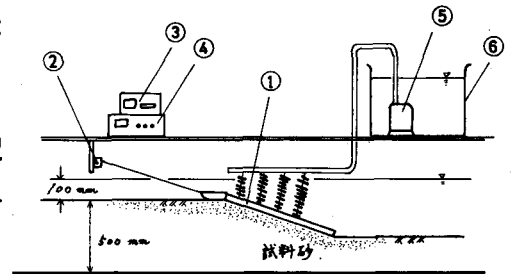


図-2. 実験装置

2. 掘削時の牽引抵抗および掘削エネルギー
 1) ウォータージェット方式 図-1 に1/8スケールのモデル形状を示す。ノズル径 $d=3\text{ mm}$ 、ノズル間ピッチ50 mmで、6連の交叉ノズルを持つ²⁾。接地圧 $\nabla A=1.74\text{ kN/m}^2$ 、流量 $Q=1.21\times 10^{-4}\times 6\text{ m}^3/\text{sec}$ 、流速 $v=8.56\text{ m/sec}$ である。実験装置を図-2に示す。用いた土槽は円形土槽に回転式の台車を乗せたもので、この台車を回転させることによりモデルを牽引させた。なお埋設深さは掘削機本体が30°傾く深さ、すなわちこのモデルの場合、0.15 mを設計埋設深度としている。実験結果を図-3, 4に示す。0.15 mの掘削を行う時、牽引速度は $V=0.075\text{ m/sec}$ 、牽引抵抗 $F=24.5\text{ N}$ である。送水システムに20%のロスがあると仮定すると、この際必要なエネルギー E は次のようになる。

- ① ウォータージェット本体
- ② ロードセル
- ③ ビジグラフ
- ④ アンプ
- ⑤ 水中ポンプ
- ⑥ 水槽

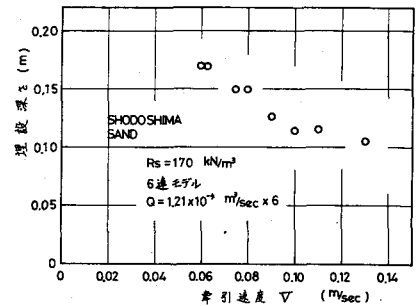


図-3. 牽引速度と埋設深さの関係

$$E = F \times V + \frac{1}{2} \cdot (P \cdot \frac{\pi}{4} d^2 v) v^2 \times 12 \times 100\%$$

$$= 1.84 + 33.25 = 35.29\text{ N}\cdot\text{m/sec}$$

2) 単刃掘削方式 単刃掘削における掘削の状態を図-5に示す。この際の掘削抵抗の、

水平成分 H_x は実験的に $H_x = 1.8 \cdot R_s \cdot B \cdot Z^2 \cdot 10^{-4} \sin \alpha$ と求められており、この式に1)と同様の掘削条件を代入する。ただし、ケーブル埋設に必要な刃幅 $B = 0.04 \text{ m}$ とすると $H_x = 275.4 \text{ N}$ となり

$$E = H_x \times V = 20.66 \text{ N} \cdot \text{m/sec}$$

3) 多段刃掘削方式 これは掘削抵抗の軽減を目的として畠によって考案されたもので、均質な砂質土の場合には、比掘削抵抗 R_s の値が深さに無関係に一定であるということを利用して、与えられた深さを数段階に分けて掘削するというものである。(図-6)

ただし実験により刃の段数 n は6で、相前後する2枚の刃幅の差は $2 \times \frac{Z}{n} = \frac{Z}{3}$ が有効であると仮定した。また多段刃掘削による掘削断面形状を図-7に示す。

$$H_x = 1.8 \cdot R_s \cdot (B_1 + B_2 + \dots + B_6) \cdot \left(\frac{Z}{6}\right)^2 \cdot 10^{-4} \sin \alpha$$

$$= 189.3 \text{ N}$$

$$E = H_x \times V = 14.20 \text{ N} \cdot \text{m/sec}$$

3. 比較および考察 上記の結果を表-1に示す。これによると、ウォータージェット方式の場合、噴流水に要するエネルギーがかなり大きな値となるため、掘削に要するエネルギーは不利になっている。しかし、牽引抵抗については単刃の約8.9%、多段刃の約12.9%であり、その低減が実証された。

4. あとがき、現在行われている水深200m以上の埋設、牽引抵抗の軽減および粘性土への適応などがら見て、ウォータージェット方式の利用価値は高いものであると思われる。

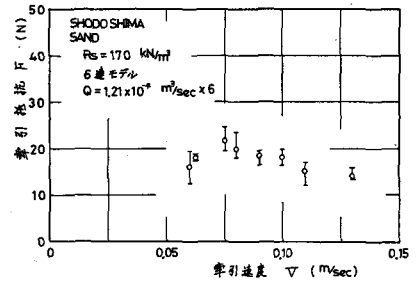


図-4. 牽引速度と牽引抵抗の関係

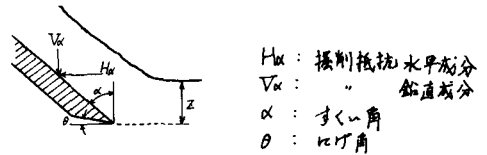


図-5. 単刃掘削の概略図

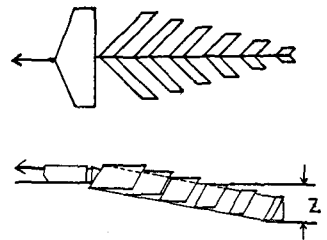


図-6. 多段刃掘削機

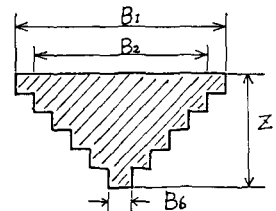


図-7. 掘削断面形状

参考文献

- 1) 野地吉蔵 “海底ケーブル埋設装置” 住友重機械技報 vol. 29 No.86 昭和56年
- 2) 石川哲夫 “砂質土に対する噴出ノズル水を用いた海底ケーブル埋設機の掘削について” 昭和57年土木学会第37回年次講演概要集Ⅲ-38
- 3) 畠昭治郎 “海底砂地盤の掘削とその応用” 土木学会論文報告集 第288号 1979年8月

表-1. 抵抗 および エネルギーの比較

	牽引抵抗 (N)	掘削エネルギー (N・m%)
ウォータージェット	24.5	35.09
単刃	275.4	20.66
多段刃	189.3	14.20