

ウォータージェットによる不飽和土の掘削

京都大学工学部 正 員 島 昭治郎 京都大学工学部 正 員 檜垣 義雄
 京都大学大学院 学生員 藤本 直昭 前田建設工業(株)〇正 員 小深 直樹

1. はじめに

水噴流による地盤の掘削は、既に海底ケーブル埋設の手段としては実用の域にあるが、都市機能の維持、景観の保護等の目的により、通信ケーブル、送水管等を地表面下に埋設する際の、既存埋設物への配慮等の条件を満たす施工法としても、注目され始めているものである。そこで、本報告では、水噴流による不飽和土掘削工法の実用化をはかるため、その掘削効率が、土表面より水が浸透するときの浸透速度により決定されるという考え方にに基づき(図-1参照)、その掘削機構について実験的研究を行った。ただし実験では、深草粘土($G_s = 2.687$, $D_{50} = 0.23\text{mm}$, $D_{max} = 2.50\text{mm}$, $U_c = 71.4$)を種々の状態に締め固めたものを用いた。そして、同じ試料土についての浸透速度と水噴流による掘削速度を求め、それらの対応関係について検討を行った。

2. 浸透実験

図-2に示すような装置に試料をつめ、上ぶたより圧力水を流し、湿潤面の浸透距離と時間を測定した。圧力水は、水タンクに空気圧を加えて得ており、バルブによりタンク内圧を変化させることができる。浸透速度の測定は、モールド壁面に1cmずつ印をつけ、湿潤面の到達時間を記録することにより行った。試料は、含水比 w と間隙比 e を種々変えて調整した。ただし、浸透実験における水圧は、次節で示す断片モデルによる掘削実験における噴流水の水圧に等しくした。

3. 水噴流による掘削実験

図-3に示すように、ノズルに一定の荷重を載荷(7.32 kN/m^2)して垂直方向に沈下させる落

土の表層に水が浸透する

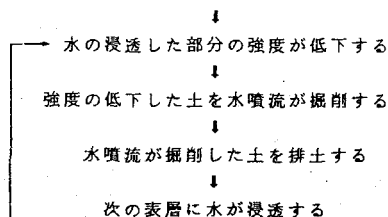


図-1 水噴流の不飽和土掘削機構

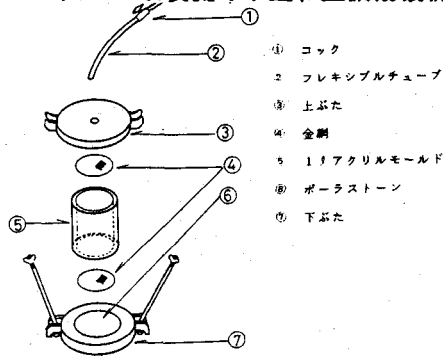


図-2 浸透実験装置

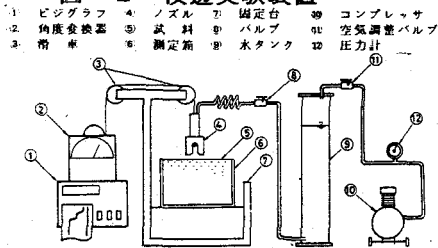


図-3 落とし込み実験装置

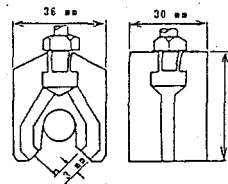


図-4 ノズル形状

Shojiro HATA, Yoshio HIGAKI, Naoaki FUJIMOTO, Naoki KOBUKA

とし込み実験を行い沈下速度を測定した。ノズル形状を図-4に示す。これは、実際に埋設機(棒状の本体に、複数のノズルを連装したもの)として想定したものの断片を縮小したものである。噴流水の流量は、バルブによりタンク内圧を変化させることにより調整した。また、試料土は、浸透実験で用いたものと同じ状態になるように調整した。

4. 実験結果と考察

浸透実験において図-5のようなモデルを考えてみた。このモデルでは空気の流れと水の流れに対して、ともにダルシーの法則が適用できるとし¹⁾、さらに空気は上部から水が浸透するに伴い、圧縮されずすみやかに排気され则认为と、浸透距離 x (m), 浸透時間 t (s) の間に以下の関係式が得られる²⁾。

$$t = D x^2 \quad (D \text{ は定数}) \quad \dots\dots(1)$$

これを実験結果により調べると、図-6に示すように x^2 と t とが比例し、上記の推論は正しい事がわかる。さらに式(1)を t で微分すると、

$$V \cdot x = x \cdot dx / dt = 1/(2D) \quad \dots\dots(2)$$

なる式を得る。ただし V は浸透速度である。ここで、落とし込み実験の断片モデルの平均沈下速度 V_1 と式②の $V \cdot x$ 即ち $1/(2D)$ との対応関係を示すと図-7のようになり、両者は比例する事がわかる。即ち、不飽和土を水噴流で掘削する場合の掘削効率、土に対する水の浸透性により決定されるという仮定は正しいと考えられる。よって水噴流による不飽和土掘削機械による掘削効率を推定する際には、この要因を押える必要があることがわかった。

5. 最後に

今後の課題としては、断片モデルの面積効果(1つのノズルがどれだけの掘削面積を分担するか)、水の浸透後の掘削機構の解明等が考えられる。

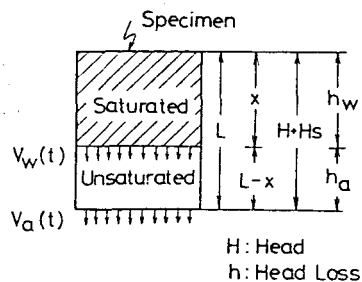


図-5 不飽和浸透の考え方

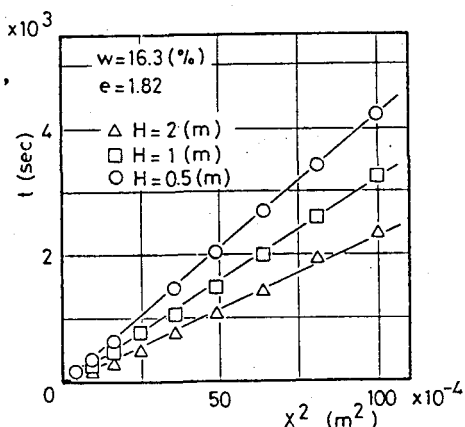


図-6 (浸透距離)²と浸透時間の関係

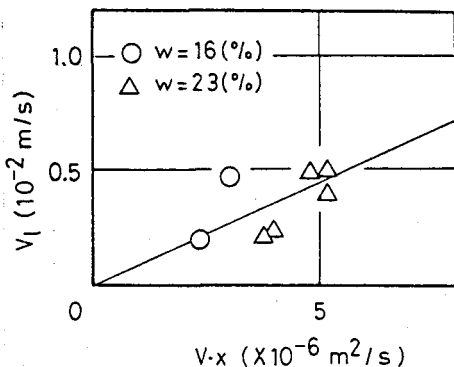


図-7 沈下速度と浸透速度、浸透距離の関係

参考文献 1) 高木、森下(1978): 土木学会論文報告集第271号 2) 小森、(1985)不飽和土の噴流水による掘削に関する基礎的研究、京都大学卒業論文