

電電公社 正員 倉石里美  
 電電公社 正員 田中邦夫  
 電電公社 正員 中山重典

1, まえがき

高圧ジェット水の土木工事への利用が、近年、盛んになってきている。しかし、市街地の地中埋設物がふくそうする地域で、高圧ジェット水を利用する場合、地中埋設物への影響が考えられる。その影響による地中埋設物の破損が、土粒子と高圧ジェット水の相乗効果作用により、高圧ジェット水だけの破損よりも大きいことが基礎実験により判明したので、ここに報告する。

2, 実験概要

高圧ジェット水による地中埋設物影響実験の概略図は図-1の如くである。この実験槽内(1.0m x 0.8m x 0.6m)に想定地中埋設物として、硬質ビニルパイプ(直径75mm, 肉厚2.0mm)と、セメントモルタル(0.28 = 150%)の伏試体を使用した。その埋設深度は図-1の様1 0cm, 10cm, 20cm, 30cm, 40cmとし、砂質土中(最大粒径9.52mm, 60%粒径1.58, 均等係数7.9)に埋設した。硬質塩化ビニルパイプ、及びセメントモルタルの伏試体は、ジェット水の衝撃により移動しないように固定した。影響実験は高圧ジェットノズルを速度(V) = 20%accで移動させ、伏試体への影響を観測した。尚、高圧ポンプとして三連式フランジヤーポンプを使用した。その最大吐出量は90%min, 最大吐出圧は300kg/cm<sup>2</sup>である。

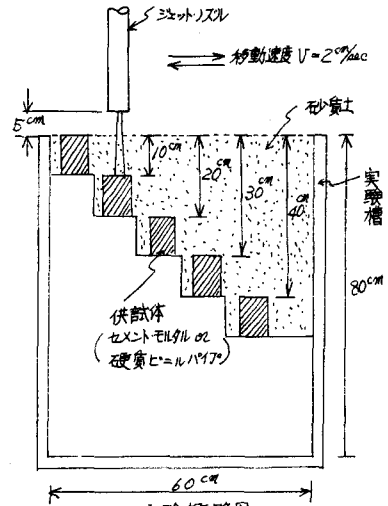


図-1 実験概略図

3 実験結果

セメントモルタルの破損は、その切削深さで、硬質ビニルパイプの破損は、パイプ表面の破損程度の大きさをもちて判定した。その結果、セメントモルタルの場合、切削深さと埋設深度との関係(図-2)では、高圧ジェット水のみでの切削(埋設深度が0cmの時)深さよりも、埋設深度が深くなるに従い、その切削深さは増加し、埋設深度が0cmの時に対して、埋設深度が10cmでは、40%増、埋設深度が20cmでは、50%~100%増の切削増が認められた。しかし、埋設深度が40cm以上になると、伏試体とノズルの離隔距離が大きくなり、噴射圧力が300kg/cm<sup>2</sup>程度では、圧力低下が著しく、その切削深さは低減する。硬質塩化ビニルパイプの場合、その破損の大きさの程度(破損度)と埋設深度との関係は図-4の如くである。破損度は、埋設深度により大きくかわり埋設深度が30cmの時最大となる。また、切削くり返し回数が増加により、その破損度は増加する。

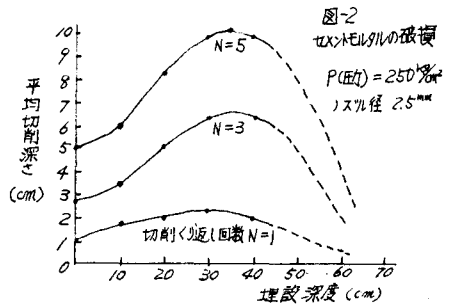


図-2 セメントモルタルの破損  
 P(圧) = 250%  
 ノズル径 25mm

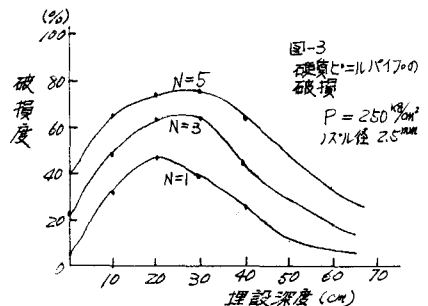


図-3 硬質ビニルパイプの破損  
 P = 250%  
 ノズル径 25mm

#### 4 実験考察

高压ジェット水を地中に噴射する場合、ジェット水の圧力(P)は、地中の深度 $l$ に従って減少する。この圧力減少度を $\Delta P/\Delta l$ とする。

いま、高压ジェット水の噴射方向に生じる土中のジェット水の流束について、壁面の荒い管内での流れと考えるとNikuradseの実験式では、 $v$ を平均流速とすると、乱流の場合、 $\Delta P/\Delta l \propto v^2 \propto P$ であり、層流の場合 $\Delta P/\Delta l \propto v \propto P^{0.5}$ となる関係から、一般的に圧力の減少割合を $P^m$ に比例すると仮定すると $\Delta P/\Delta l = -\lambda P^m$ ( $\lambda$ は比例定数、 $0.5 < m < 1$ )と考えられ、 $\int P^{-m} dp = -\lambda \int dl$ から $P^{1-m}/(1-m) = -\lambda l + C$ ( $C$ は積分定数)、ここで、 $l=0$ 時、 $P=P_0$ (地表面圧力)とすると、 $P^{1-m} = P_0^{1-m} - \lambda(1-m)l$ となり $P = P_0 / (1 + \lambda(m-1)l P_0^{m-1})^{1/(1-m)}$ となる。この関数は減少関数であり、

いま、 $m \rightarrow 1$ とすると $\lim_{m \rightarrow 1} P = \lim_{m \rightarrow 1} P_0 / (1 + \lambda(m-1)l P_0^{m-1})^{1/(1-m)} = P_0 e^{-\lambda l}$ となる。次に、土中に噴射された高压ジェット水の速度( $v_w$ )、ジェット水のエネルギー( $E_w$ )は、噴射圧力に比例し、 $v_w, E_w$ も噴射点で最大であって、土砂の切削深度の増加に伴い急速に減少する(図-4)。そして、高压ジェット水の流入路およびその周辺の土粒子群は、ジェット水の中で、次第に加速される。その加速の程度は、ジェット水の速度 $v_w$ と土粒子の速度 $v_{si}$ の相対差( $v_w - v_{si}$ )の関数となる。いま、地中深度 $l_{si}$ にある土粒子が、ジェット水により加速され、地中深度 $l_m$ ( $l_m > l_{si}$ )で速度 $v_{si}$ を得る時、その土粒子の運動エネルギーは、 $E_{si} = \frac{1}{2} m_i v_{si}^2$ となる。(図-5) 次に、埋設物がある深度を $l_m$ とし、この埋設物上の土粒子群( $0 < l_{si} < l_m$ )についての運動エネルギーは、 $0 < l_{si} < l_m$ 間の土粒子の運動エネルギーの総和であるから、 $E_s = \sum_{0 < l_{si} < l_m} E_{si} = \frac{1}{2} \sum_{0 < l_{si} < l_m} m_i v_{si}^2$ と考えられる(図-6)。この場合、埋設物に作用する破壊エネルギー $E$ は、土粒子群のもつエネルギーと高压ジェット水のもつエネルギーの和で表わされ、 $E = k_s E_s + k_w E_w$ となる。ここで、 $k_s, k_w$ は、係数の一種であり $0 < k_w < k_s < 1$ である(図-7) 即ち、高压ジェット水のもつエネルギーが、土粒子群にエネルギーを与え、大なる運動エネルギーを受けた土粒子群がジェット水とともに、埋設物表面に衝突し、効果的な破壊作用を繰り返すことによるものと考察される。

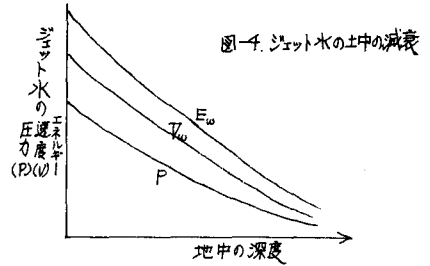


図-4. ジェット水の土中の減衰

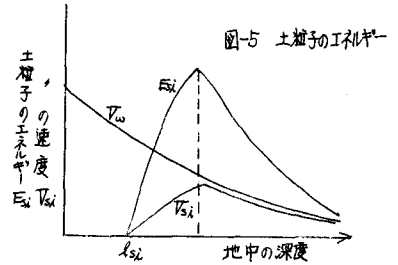


図-5 土粒子のエネルギー

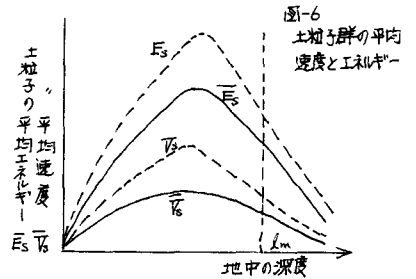


図-6 土粒子群の平均速度とエネルギー

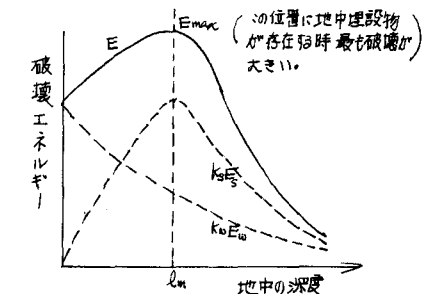


図-7 破壊エネルギー

#### 5. 結論

高压ジェット水を土中で噴射する場合、土粒子がジェット水によりエネルギーを与えられ、ジェット水よりも大きな破壊作用が生じる。ジェットノズルとの離隔距離が300mm付近に、地中埋設物が存在する時、その破壊が最も大きいことが判明した。

#### 6. あとがき

地中埋設物としてセメントモルタルと硬質ビニルパイプについて実験したが、各種材料、形状に対して、高压ジェットの諸元がどのように関係するか、考察中の各定数の定量化とともに今後実験を積重ねていきたい。