

工発破における空洞の大きさについて

関西大学工学部 正 員 谷口敬一郎  
 関西大学工学部 正 員 井上 啓司  
 関西大学大学院 学生員 〇竹内 正彦

1. まえがき

工中の発破は岩石の発破ほど広く用いられてはいないが、特殊な目的のためにはかなり意味のある問題である。工発破による効果としては空洞の生成、締固め、沈下促進などが考えられるが、このうち、もっとも重要視されるのは空洞の大きさに関する問題である。いうまでもなく、空洞は爆薬の発生するガス圧によって生成されるので、その容積が薬量にほぼ比例することは容易に考えられるが、また、工の性質や条件に係る要因も大である。本研究では砂質ローム土を用いて、雷管による実験的研究を行なった結果について報告する。

2. 実験方法

室内実験では鉄製円筒（高さ 66cm×直径 88cm×厚さ 0.15cm）の中に、表一に示すような物理的性質を持つ工試料を充填して土層の模型とした。なお、工試料の統一分類法における名称は SM である。

比 重 $G_s$	2.64
最大粒径 $D_{max}$	4.760mm
均等係数 $C_u$	13.8
最大乾燥密度 $\mu_{max}$	1.65g/m <sup>3</sup>
最適含水比 $w_{opt}$	13.40%

表一 物理的性質

まず、湿潤密度の増加に伴う空洞容積の変化を調べるために、現場採取時の含水比（12.4%）を維持し、静的圧縮荷重を 0.6t/m<sup>2</sup>、0.8t/m<sup>2</sup>、1.0t/m<sup>2</sup>、1.2t/m<sup>2</sup>、1.6t/m<sup>2</sup>、2.0t/m<sup>2</sup> と増加させることによって湿潤密度を上昇させた。載荷重による沈下が安定する時間は 24 時間とし、沈下安定後、6号瞬発電気雷管1個によって工発破を行ない空洞を作成した。空洞容積を測定する方法として、生成された空洞にセメントモルタルを注入し、形状を固定する方法を用いた。つぎに、含水比の増加に伴う空洞容積の変化を調べるために、静的圧縮の荷重を 1.2t/m<sup>2</sup> に固定し、含水比を 4%、8%、12%、16%、20% と上昇させ、それぞれの含水比において前と同様な方法で静的圧縮、工発破を行ない空洞を作成した。空洞容積を測定するために注入したセメントモルタルが硬化した後、掘り出した球根部の体積をきき水試験法によって求め、それを工発破によって生成された空洞の容積とした。

3. 実験結果および考察

含水比を 12.4% と一定にした場合の湿潤密度と空洞容積の関係を図一に示した。また静的圧縮荷重を 1.2t/m<sup>2</sup> と一定にした場合の含水比と空洞容積の関係、ならびに乾燥密度曲線を図二に示した。図一において明らかのように土の湿潤密度が小さくなれば、工発破によって生成される空洞の容積は大きくなる。なお、6号瞬発電気雷管1個による発生ガス量は標準状態において約 1120cm<sup>3</sup> である。

図一におけるそれぞれの値を、片対数紙に図示すると図三のような直線的結果が得られる。この実験式はつぎのように示される。

$$\log V = a \sqrt{f} + b \quad \text{--- (1)}$$

すなわち、 $V = e^{a\sqrt{f}} \cdot e^b = C \cdot e^{a\sqrt{f}} \quad \text{--- (2)}$  と表わされる。

ここに、 $\rho$ : 土の湿潤密度 ( $g/cm^3$ )  
 $V$ : 工発破による空洞容積 ( $cm^3$ )  
 $a$ : 片対数紙上の傾き  
 $b$ : 片対数紙上の切片

式(2)の係数  $a, b$  を最小二乗法を用いて求めると、

$$a = -4.29 \quad b = 12.8 \quad \therefore C = 3.48 \times 10^5 \text{ となり}$$

実験式は  $V = 3.48 \times 10^5 \cdot e^{-4.29/\rho}$  となる。

この式は本実験に使用した工試料に対してのみ、また、含水比が12.4%の場合だけに適用できる。異なる条件では定数が変わるはずであるが、式(2)の基本的な関係は保たれるものと考えられる。図-2において空洞容積の最大値は最適含水比  $W_{opt} = 13.4\%$  と一致することがわかる。これは  $W_{opt}$  において工発破によって生ずるガス圧・振動・衝撃の作用がもっとも効果的であることを表わしているといえる。含水比が  $W_{opt}$  以下の場合には、間げき中の空気量が少いために、爆発によって生じたガスが土粒子の間を抜けて、空洞生成に寄与する有効ガスが低下するためと考えられる。一方、含水比が  $W_{opt}$  以上の場合は間げき中の水の量が多し、空洞生成のための土の移動に対し水が抵抗として働くためと考えられる。

#### 4. あとがき

本研究では工発破による空洞生成機構に影響する要素として湿潤密度ならびに含水比を考えたが、その他に無視できないものとして工圧がある。とくに作成される空洞が大きくなり、深くないばその影響は顕著であると考えられる。また、工発破の影響範囲を知るためにも土粒子の移動限界を求める必要があると考えられる。今後は以上に述べた問題点について実験を行ない測定値を集積して、工発破による空洞生成機構を解明するとともに、実際の応用面についても検討してみたいと考えている。

#### 5. 参考文献

- (1) 谷口・稲田: 根つきグイに関する基礎的研究, 工学会関西支部年次学術講演概要集, 昭和49年Ⅲ-38
- (2) 谷口・井上: 球根アカーに関する基礎的研究, 工学会第30回年次学術講演概要集, 昭和50年Ⅲ-110
- (3) 工業火薬協会: 工業火薬ハンドブック, 電気雷管 (P.262~P.270)
- (4) 日本産業火薬会: 産業火薬, 電気雷管 (P.75~P.81)

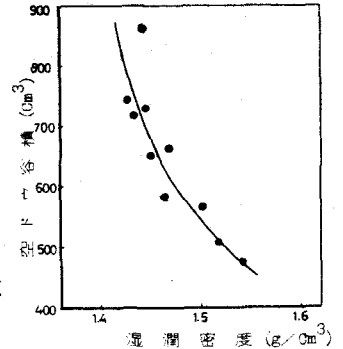


図-1

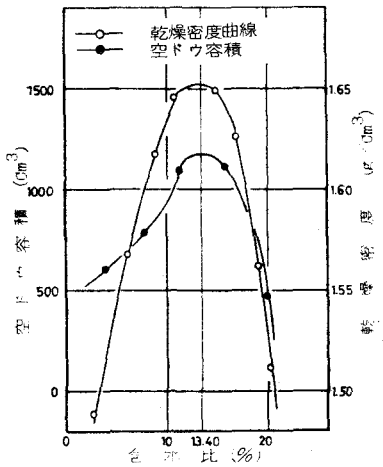


図-2

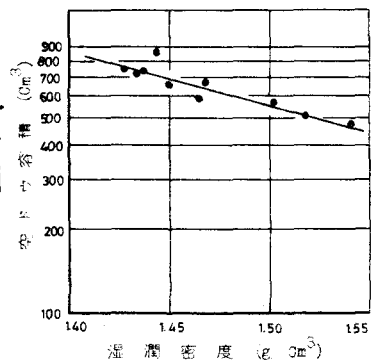


図-3