

土中発破によ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
 吉田組 正 員 〇竹内 正彦

1. まえがき

土中での発破は岩石の発破ほど多く用いられていないが、盛土の沈下促進、土層の締固めなどの特別な目的のためにはかなり意味のある問題であると考えられる。土中発破による効果としては上述の他に空洞が生成されるが、いうまでもなく、空洞は爆薬の爆発に伴う衝撃効果に基づく衝撃作用と、生成ガスの膨張に基づくガス圧の作用によって行なわれるもので、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。また、その空洞は土の性質や諸条件にも大きく左右される。本研究では流紋岩質凝灰岩の風化土を用いて、雷管による同一密度での載荷状態と無載荷状態での空洞生成について実験を行なった結果について報告する。

2. 実験方法

実験は鉄製土槽（高さ 1.0 m × 直径 1.0 m × 厚さ 0.05 m）の中に、表-1 に示すような物理的性質を有する土試料を充填し、含水比の変化による空洞容積の変化を低含水比から最適含水比付近にわたって調べた。

静的圧縮荷重（ 1.18 t/m^2 ）を一定にして、含水比を変化させることとした。載荷を24時間行ない圧縮した後除荷した。C型瞬発電気雷管1個によって土中発破を行ない空洞の生成状態を測定した。発破時における土圧の影響を調べるため、無載荷状態と載荷状態の同一含水比における空洞容積を比較した。発破位置は土層厚さの中央とし約45 cmの深さで行なった。空洞容積の測定方法は、セメントモルタルを空洞に注入する方法を用いた。

比 重 G_s	2.64
最大粒径 $D_{\max}$	9.52 mm
均等係数 U_c	1.93
最大乾燥密度 $\gamma_d \max$	1.74 g/cm ³
最適含水比 w_{opt}	17.80%

表-1 物理的性質

3. 実験結果および考察

発破時に 1.18 t/m^2 の荷重を載荷した場合と無載荷の場合の空洞容積を含水比を変化させて求めた結果を図-1 に示した。低含水比から最適含水比付近の間では、載荷の場合の空洞容積は、無載荷の場合の空洞容積より常に小さく、含水比の変化による空洞容積の変化を示す曲線は平行であるという結果が得られた。表-1 に示されるとおり、試料土の突固め試験による最適含水比は17.8%であり、空洞容積が最大となる含水比は無載荷の場合が14.4%、載荷の場合が14%となり、その空洞容積が最大となる含水比より乾燥側では実験曲線の勾配は急であり、その差は約100 ccと

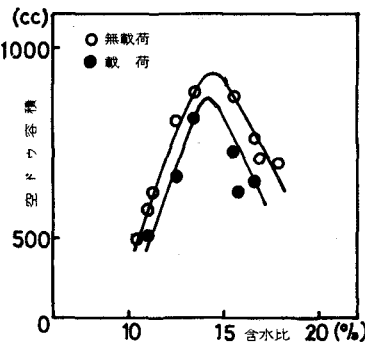


図-1

なり、湿潤側では乾燥側に比べその勾配は緩やかになり、その差は約 125cc となった。これは乾燥側では含水比の影響が顕著に現われていることを示していると考えられる。また、土圧による空洞生成の影響は空洞が最大となる含水比より乾燥側では小さく、湿潤側で大きくなってゐる。これはガス圧が湿潤側では効果的に働くことを示していると考えられる。つぎに、本研究に使用した C 型瞬発電気雷管の比容、ならびに火薬力について述べると、C 型電気雷管に含有される火薬は臭火薬として DDNP (ジアゾジニトロフェノール) 0.215 g、起爆薬として DDNP, 0.125 g、球装薬としてペントライト 0.350 g である。比容は 506.71 $\frac{1}{\text{kg}}$ となり、火薬力 f はつぎの式から求められる。

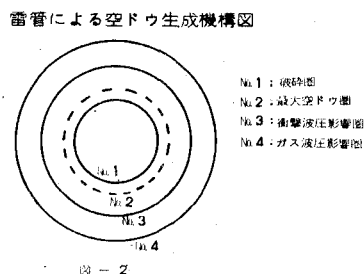
$$f = \frac{1}{273} \times P_0 \times V_0 \times T_0 \quad (1/\text{kg}) \quad \text{ここに } P_0 : 1 \text{ 気圧} = 1.034 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

V_0 : 比容
 T_0 : 爆発温度

上式を用いて算出した C 型瞬発電気雷管の火薬力は $f = 7.75 \frac{1}{\text{kg}}$ となる。生成された空洞の例を述べると、載荷状態では含水比が 13.3 % の場合、空洞容積は 831cc となり、無載荷状態では同一含水比の場合、空洞容積は 872cc となった。土中発破において空洞がガス圧だけで生成されると考えるのは、そのガス圧が空洞生成に有効に作用する割合を求めるのが難しく、また、衝撃波圧も空洞生成に影響していることから、非常に困難である。したがって全体的にエネルギーとした火薬力を用いて爆発による空洞生成に働く力を考えた方が良く考えられる。

4. 土中発破の影響区分を求める実験と考察

土中発破による爆発の影響区分を考えるために、硬質ガラス(厚さ 10mm)を用いた実験を行なった結果、その影響区分は球体として考えられ断面的に図-2 のような影響円が得られた。図-2 において No.1 (破砕圏) は主として衝撃圧によって破砕され飛散した部分であると考えられる。No.2 (空洞圏) はガス圧によって拡大される空洞部であると考えられる。実験によって生成される空洞は No.1 より大きく、No.2 より小さい。No.3 は衝撃波圧の影響する限界(衝撃波圧影響圏) No.4 はガス波圧の影響する限界(ガス波圧影響圏)であると考えられる。



5. まとめ

本研究における実験によって、土中発破による空洞生成にはガス波圧だけでなく衝撃波圧の影響も考えられ、含水比の変化によって空洞の大きさに変化があり、また、空洞の大きさが土圧の増大に比例して小さくなることも明らかになった。したがって、地下水位より上での土中発破においては爆発による効果を最大にするためにも含水比を調整することが望ましい。今後は、地下水位下での土中発破における空洞生成機構を解明していきたいと考えている。