

土砂トンネルの力学的挙動に関する実験的研究

京都大学工学部 足立紀尚 同大学院 ○山口直宏
大阪府 土木部 湯浅泰則

1. はじめに

土かぶりの浅い土砂山にトンネルを掘削したときの、地山の挙動について、筆者らは、簡単な模型実験により解明を試み、補助工法の効果に関する検討も行っている。^{1), 2)} 本研究では、地山変位挙動のみならず、トンネルの切羽と覆工に作用する土圧も検討するため、土圧計を設置した新たな実験装置を用いて、縦断方向のトンネル掘削シミュレーション実験を行ったので、以下に報告する。

2. 実験概要

本研究で用いた実験装置を図-1に示す。地盤材料には、従来と同様、アルミ棒積層体を用いるが、それは長さ5cm、直径1.6mmおよび3mmのアルミ棒を重量比3:2で混合したものである。このアルミ棒を実験装置の左右の仕切壁間に積み上げて地山を形成する。また、あらかじめ実験装置から所定の量だけ切羽を前方に出しておき、アルミ棒を積み終えた後切羽を、後方に引き抜くことによりトンネル掘削をシミュレートする。本研究で用いた土圧計は、長さ7cm、幅2cmおよび4cm、厚さ1cmの大きさでアルミ製の板に、板ばね（厚さ1mmのステンレス製）をはさみこませ

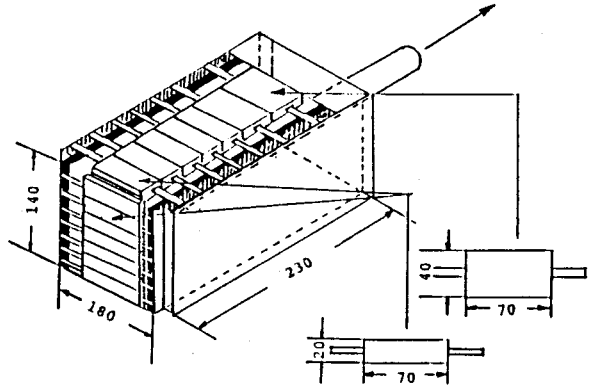


図-1 実験装置 (scale mm)

表-1 実験の種類

z	0.5D	1.0D	2.0D
$\theta = 0^\circ$	水平	水平	水平
$\theta = 10^\circ$	左上がり 右上がり	左上がり 右上がり	左上がり 右上がり
$\theta = 15^\circ$	左上がり 右上がり	左上がり 右上がり	左上がり 右上がり
$\theta = 20^\circ$	左上がり 右上がり	左上がり 右上がり	左上がり 右上がり

てあり、板ばねの両端を固定したのもである。なお、板ばねの両端に左右、裏表4枚でブリッジを組んだ曲げゲージを貼ることにより、荷重と曲げひずみの関係から作用する荷重を求める形式である。また、土圧計の間隔は、アルミ棒が落ち込まないようかなり近接させ、なおかつ互いに接触しないよう設置した。なお、実験は、土かぶり z および地表面傾斜角 θ をパラメータとして、表-1に示すとおり行った。左上がりとは、土かぶりが増加する方向にトンネル掘削が進行する場合(Aとする)を、右上がりとは、土かぶりが減少する方向にトンネル掘削が進行する場合(Bとする)を示している。

3. 実験結果と考察

実験の結果として次のようなことが言える。

1) 土かぶりおよび地表面傾斜角度によらず、切羽を引き抜いた瞬間、切羽部に作用する全土圧は急激に減少し、切羽変位量 δ が2~3mm間で極小値をとり、その大きさはほぼ同一で、 δ の変化とともに一定値を保つかあるいは徐々に上昇する傾向にある。ただし、 $z=0.5D$ の場合は、切羽引き抜き量 $\delta=4\text{mm}$ 以後で、切羽全土圧は、ほぼ同一の値をとるようになる。これは、アルミ

Tosihisa ADATI, Yasunori YUASA and Naohiro YAMAGUTI

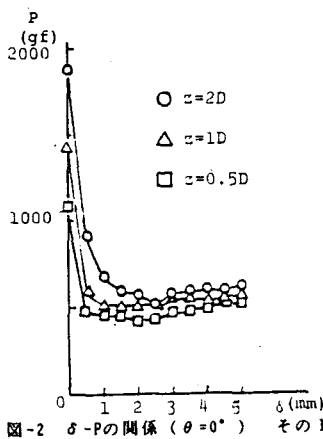


図-2 δ -Pの関係 ($\theta=0^\circ$) その1

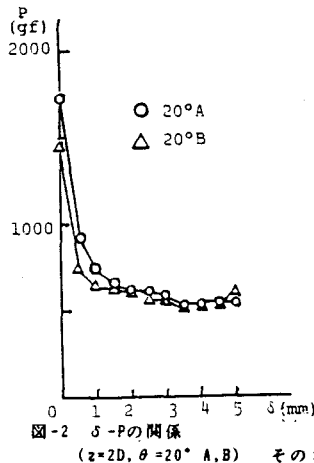


図-2 δ -Pの関係 ($z=2D, \theta=20^\circ$ A, B) その2

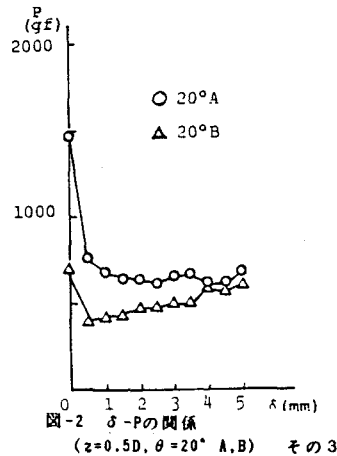


図-2 δ -Pの関係 ($z=0.5D, \theta=20^\circ$ A, B) その3

棒の最大直径は3mmであるから切羽引き抜き量 δ がそれに近い値をとると、アルミ棒の移動する空間が生じその空間にアルミ棒が落ち込もうとし再配列が完了した後、ある一定の領域のアルミ棒が切羽変位とともに移動していくためPの値が一定値を保つか、徐々に上昇する傾向を示すものと考えられる。(図-2 その1,2,3)

2)切羽を引き抜いているときは、切羽面土圧は中ぶくれ分布であったが、全切羽土圧が極小値をとる時期とほぼ一致して、切羽面最下部の土圧の上昇が顕著になり、切羽の土圧分布は三角形分布となる。これは、最下部の土圧の上昇が著しくなるときに、ゆるみ領域とアルミ棒地山間でのアーチング効果が希薄になり、その結果、土圧が切羽面下方に集中するようになるのではないかと考えられる。(図-3)

3)全切羽土圧が極小値をとるようになるまでの切羽変位量 δ と、それ以後切羽を変位させたときでは、前者の δ までは地山全範囲で顕著な変位は観測されなかったが、後者の δ を境にしてある限られた領域が切羽の変位とともに変位する傾向がある。これは、図-4よりその1とその2では、図に示されている50%の等変位線内のアルミ棒が、切羽変位量 $\delta=2\text{mm}$ 以後、切羽の動きに密接な関連をもち変位していることが明らかとなった。よってこの領域がゆるみ領域ではないかと考えられる。

4. おわりに 今後は横断方向の掘削をシミュレートした実験装置を用いた実験、粘着力のある地盤材料による同様の実験、ならびに実験結果を説明し得る解析手法の開発について研究を継続する予定である。

5. 参考文献

- 1) 上野ほか; 砂質地山トンネル掘削に伴う切羽前方の地山挙動について、第21回土質工学研究発表会、1986
- 2) 湯浅ほか; 砂質傾斜地山トンネル掘削時の補助工法の効果に関する研究、土木学会第41回年次学術講演会、1986

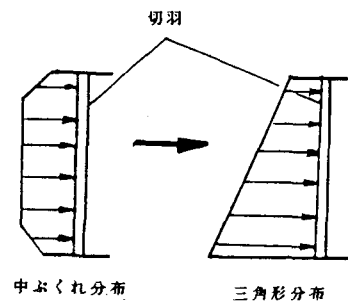


図-3 土圧分布の変化

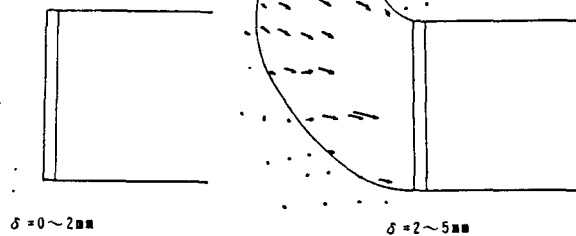


図-4 変位ベクトルおよび等変位線 ($z=1D$)