

かぶりの小さい土砂トンネル掘削時における周辺地山の挙動

京都大学 工学部
日本道路公団

正会員 足立 紀尚, 木村 亮
正会員 ○合田 聡

1. はじめに

近年, 都市および都市近郊の鉄道, 道路建設に当たっては, 地下方式で計画される傾向にある。しかし建設費の軽減, 利便, 地下水の処理, 非常時における安全性, 管理費の軽減などを考慮する場合, できるだけかぶりを小さくした方が有利である。これまでに筆者らは, かぶりの小さい砂質地山トンネルの力学挙動に関する, 一連の1g下の実験を行ってきた¹⁾²⁾。本研究では, まずはじめに1g下の実験において, トンネル径の違いがトンネル周辺地山の変位挙動におよぼす影響を検討し, さらに遠心力場におけるトンネル掘削シミュレーション実験を実施し, 重力場における実験結果と比較検討を行った。

2. 実験概要

本実験の地山材料には従来どおり, 長さ5cm, 直径1.6mmおよび3mmのアルミ棒を重量比3:2で混合したアルミ棒積層体 ($\gamma = 2.1 \text{ gf/cm}^3$, $\phi = 30^\circ$, $c = 0 \text{ kgf/cm}^2$) を用いた。トンネル直径Dは, 1g下における実験では6.5cmおよび13cm, 30g下における実験では6.5cmであり, 地表面は水平である。実験装置を図-1に示す。本装置はD=6.5cmの場合, モーターを回転させることによってトンネル模型内部の軸が移動し, トンネル径を半径方向に一様に収縮させることができる。遠心力载荷実験においては, 本実験装置をスイングングプラットフォーム上に載せ, 実験を実施した。D=13cmの場合は従来の実験と同じ装置を用いており, ハンドルを回すことによりトンネル径を収縮させることができる²⁾。トンネル直径の最大収縮量はD=6.5cmの場合5mm, D=13cmの場合10mmとし, 収縮量を5段階に分けて写真撮影を行い, 地山に埋め込んだ標点から地山の変位を読み取る。実験のパラメータ土かぶりZで, 各々の実験においてZ=0.5D, 1.0D, 2.0Dとした。また本実験では京都大学防災研究所の, 有効回転半径2.5mの遠心力载荷実験装置を用いた。1g下における実験を実験I, 30g下における実験を実験IIと略称する。

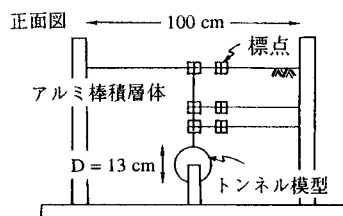
3. 実験結果および考察

以下の実験結果はすべて最大収縮量における結果である。

(1) 実験Iの結果

図-2はD=6.5cmの場合のトンネル天端沈下量 δ_c (トンネル天端直上2mmの標点の変位) で標準化した地表面沈下形状 (D=6.5cm)

a) D = 13 cm



b) D = 6.5 cm

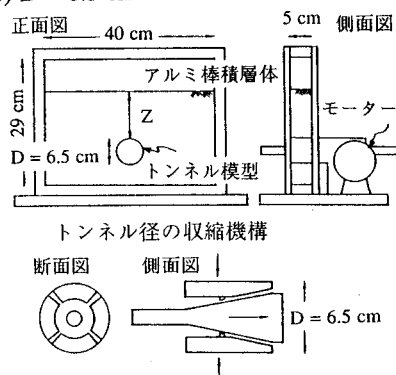


図-1 実験装置

a) D=13cm, b) D=6.5cm

標準化した水平距離 (H/D)

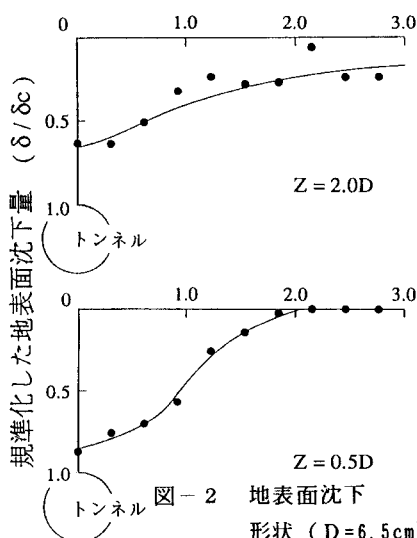


図-2 地表面沈下形状 (D=6.5cm)

Toshihisa ADACHI, Makoto KIMURA and Satoshi GODA

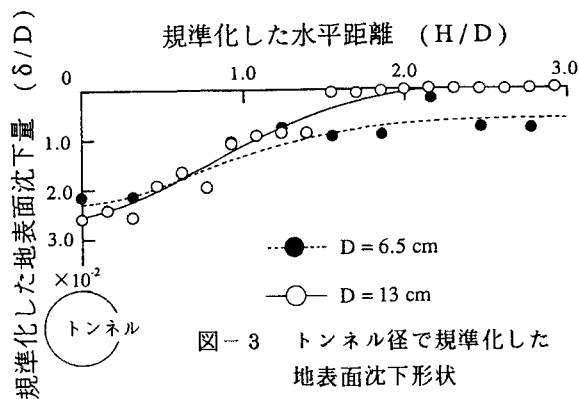


図-3 トンネル径で標準化した
地表面沈下形状

状を示している。ここで沈下量とは、鉛直変位を意味する。天端直上における δ/δ_c の値は $2.0D$ に比べて $0.5D$ では大きな値となり、沈下形状はトンネル径によらず、かぶりが大きいほど緩やかな形状となり、掘削による地表面への影響範囲は土かぶりが大きくなるに従い広がった。これは土かぶりが大きくなると、グラウンドアーチが形成されるためであると考えられる。図-3 は土かぶり Z が $2.0D$ の場合の、トンネル径で標準化した地表面沈下形状を示している。トンネル天端直上における δ/D の値には余り差はみられないが、影響範囲は $D=6.5\text{cm}$ の方が大きくなっている。

図-4 は $D=13\text{cm}$ の場合の層別沈下形状を示している。トンネル天端に近いほど沈下量は大きく、地表面に近いほど影響範囲は広がっている。また従来から指摘されているように、地山の変位する領域と変位しない領域の境界線が形成されることが確認できた。

(2) 実験 I と実験 II の比較

図-5 は土かぶりが $1.0D$ の場合の実験 I と実験 II の層別沈下形状を示している。トンネル直径はともに 6.5cm である。地表面について比較すると、実験 II の場合、沈下量がゼロとなる点が存在せず、影響範囲が実験 I に比べてかなり広くなり、天端直上における沈下量は実験 I に対し実験 II では約 2 倍の値となっている。このことから実験 I では地表面におよぼすトンネル掘削の影響は小さいが、実験 II ではトンネル掘削の影響がそのまま地表面に現れていることになる。また天端上 $0.5D$ における沈下形状でも、実験 II の方がトンネル掘削により影響が大きいことがわかる。今後は遠心力場における実験結果を集積し、さらに詳細な比較検討を行う必要がある。

* 参考文献

- 1) 足立 紀尚ほか：土木学会論文報告集，No. 358，III-3，pp. 47-52，1985
- 2) 足立 紀尚ほか：第24回土質工学研究発表会講演集，pp. 1695-1698，1989

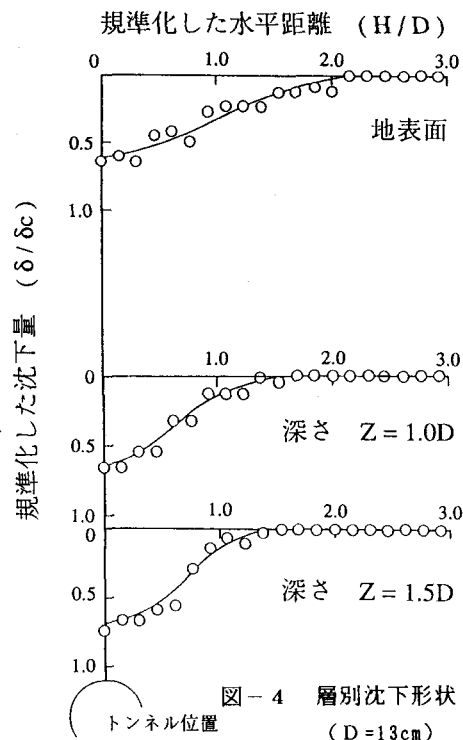


図-4 層別沈下形状
($D=13\text{cm}$)

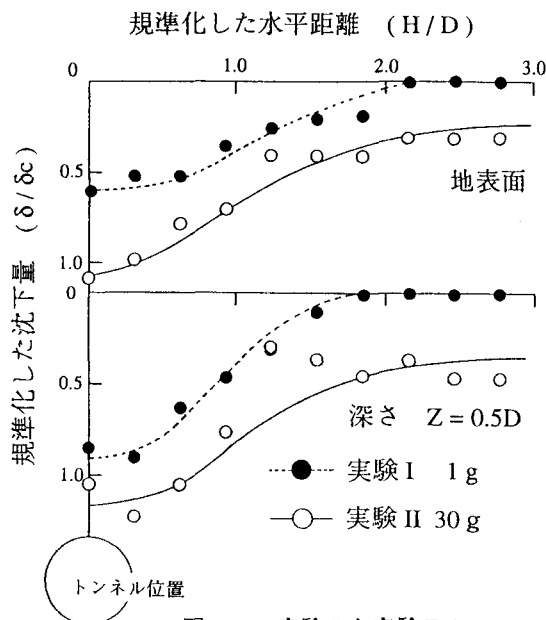


図-5 実験 I と実験 II の
層別沈下形状の比較