

III-18

シールドトンネルの作用荷重に関する遠心力載荷実験

建設省土木研究所

正会員 ○ 石村 利明

建設省高山国道工事事務所

正会員

真下 英人

1. まえがき

近年、都市部周辺においては、地価の高騰化のため各種施設の整備が極めて困難な状態にあり、今後、地下空間の積極的な利用が期待されている。シールドトンネル工法は、地下空間の建設技術として主要な施工法の一つであり、今後、多く採用されるとともに大口径化の傾向がある。しかし、現在のシールドトンネルの覆工構造体の設計は、中小口径に対しては慣用設計法等に基づいているものの大口径に対しては確立されたものはなく、これらに適用できる合理的、経済的かつ安全な設計手法の検討が必要である。本報は、設計に際して最も基本的な作用荷重について基礎的な資料を得ることを目的として遠心力載荷実験を行った結果を報告するものである。

2. 実験概要

実験に用いた遠心力載荷装置の性能は、有効半径2m、最大加速度200Gである。また、装置に取り付けられる試験容器の内寸は、幅50cm、高さ40cm、奥行き10cmである。

実験方法は、図-1に示すようにトンネル模型(外径91mm)を試料槽に設置し、地山試料を投入後、所定の遠心加速度のもとでトンネルカバーを引き抜くことによりトンネルカバーの厚み(1mm)に相当する量のゆるみを与え、トンネル模型に作用する土水圧をトンネル模型に組み込んだロードセルにより測定した。なお、ゆるみは過去の施工実績等を考慮してトンネル外径の約1%の1mmとした。

実験は、砂質地山を対象として豊浦産の標準砂を使用し、気乾砂、飽和砂の2条件について、土被りHとトンネル直径Dの比 H/D を変化させて行った。なお、本実験は、80Gの遠心載荷状態で実施しており実物に換算するとトンネル直径が7.28m、テールボイドが8cmに相当する。

実験は、砂質地山を対象として豊浦産の標準砂を使用し、気乾砂、飽和砂の2条件について、土被りHとトンネル直径Dの比 H/D を変化させて行った。なお、本実験は、80Gの遠心載荷状態で実施しており実物に換算するとトンネル直径が7.28m、テールボイドが8cmに相当する。

3. 実験結果および考察

3.1 気乾砂の実験結果

気乾砂の土被り比 H/D が0.5、1、2における土圧分布の測定結果を図-2に示す。土被り比の違いによる土圧分布は、0.5と1を比較するとトンネル上面に関しては、ほぼ倍の値になっている。しかし、1と2を比較するとほとんど差がないことがわかる。

トンネル頂部の土圧と土被り比の関係についての結果を図-3に示す。図には遠心力載荷時の理論土被り圧($=\gamma H$)の値も示している。 H/D が0.5、1の結果は理論土被り圧に比較してそれぞれ、若干高いものの比較的よく合っている。しかし、 H/D が2の場合は、理論土被り圧に対してかなり小さい値を示している。この結果から、 H/D が1以下の浅い土被りの場合は全土荷重が作用しているが、 H/D が2程度と土被りが深くなった場合は、地山のア

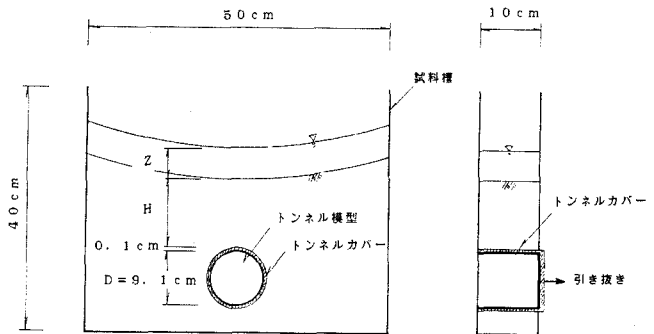


図-1 遠心力載荷模型実験の概要

アーチ効果が作用しているものと考えられる。
これは、一般に土被り比 H/D が 1～2 程度以上ある場合には、地山のアーチ効果が期待できるということとほぼ一致している。

3. 2 飽和砂の実験結果

図-4 にトンネル頂部からの水深は一定で、土被り比が変化した場合の土被り比とトンネル頂部の土水圧の関係について示す。この結果から、土被り比 H/D が 2 と深くなった場合、地山のアーチ効果により理論土被り圧に対してかなり小さい値を示している。

図-5 に土被り比 H/D が 1 と一定で、水深が変化した場合のトンネル頂部の土水圧と水深の関係の結果を示す。理論静水圧相当の変化があるものの土圧にはほとんど差がないことがわかる。したがって、トンネルには静水圧相当が作用しているものと考えられる。

以上より、砂質地山における気乾砂、飽和砂では土被り比 $H/D = 2$ 程度と深くなった場合、トンネル頂部に作用する土圧は地山のアーチ効果により土圧が理論土被り圧に比較して小さい値を示すことがわかった。また、トンネルには静水圧相当が作用すると考えられ、この点に関して今後確認するとともに、さらに大口径となった場合について検討する必要がある。

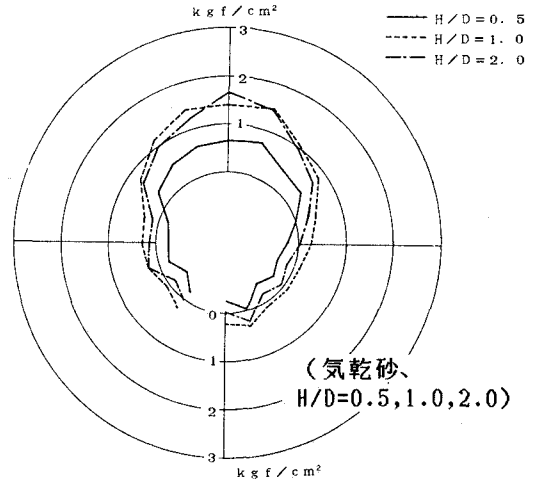


図-2 土圧分布結果

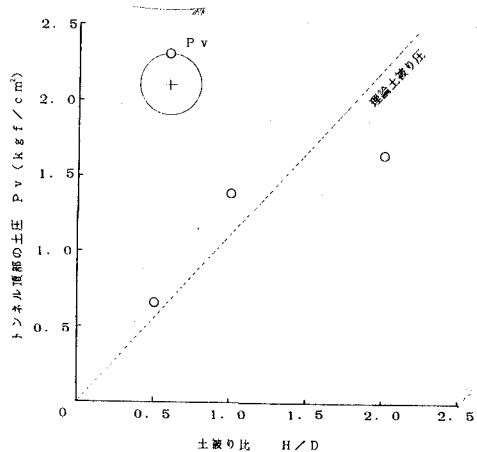


図-3 土被り比とトンネル頂部の土圧の関係（気乾砂）

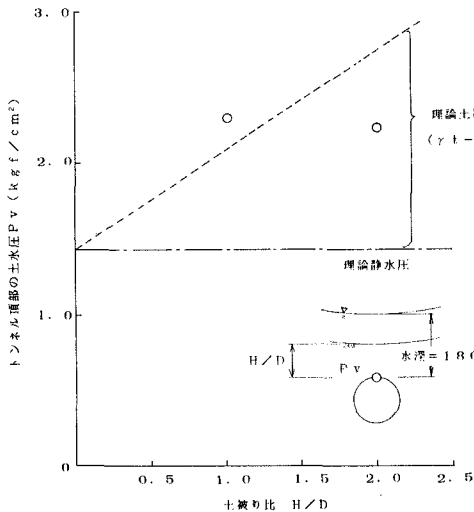


図-4 水深一定時における土被り比とトンネル頂部の土水圧の関係（飽和砂、水深=180mm一定）

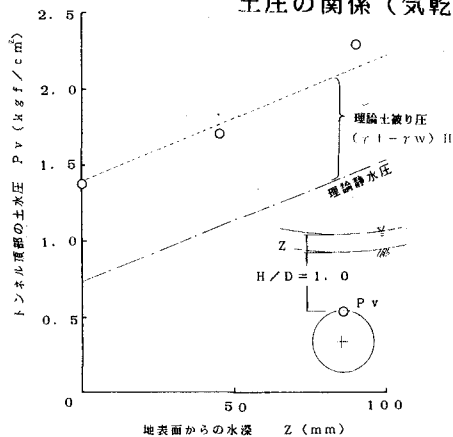


図-5 水深とトンネル頂部の土水圧の関係（飽和砂、 $H/D=1.0$ ）