

神戸大学 正 桜井春輔 学 川嶋幾夫 学 ○沖田 聡 正 芥川真一

1.はじめに 未固結地山にNATM工法によって施工される土被りの浅いトンネルにおいては、トンネルに作用する土圧が問題である。著者らは、アルミ棒の積層体を地山材料とした2次元横断面のトンネルモデルを用いて、圧力境界の条件によって掘削をシミュレートする実験を行い、その結果から、そのトンネルに作用する土圧は土被りが浅い場合(0.5D)においても、設計計算用土圧と比べてかなり小さくなることを示した¹⁾。ここでは、トンネル直上の地表面を掘削することによって土被りが浅くなるトンネルを対象として、掘削深さとトンネルに作用する土圧の関係について、モデル実験を行い検討した。

2.実験の概要 ここでは、トンネルの横断面の挙動を対象にし、2次元のモデル実験を行った。実験装置は、図-1に示すように、地山材料にはアルミ棒の積層体を用い、応力境界の条件を与えることで掘削をシミュレートする方法を採用した。図に示すようにあらかじめトンネル部分にエアバッグを設置し、その空気圧をレギュレーターを用いて土被り圧から徐々に低減することによって掘削をシミュレートし、トンネルが変形しはじめたときの圧力を測定した。これは、トンネルを支保するのに最小限必要な圧力であることから、この圧力を最小支保土圧として考えることができる。

3. 地表面をほぼ水平に保って掘削する場合 トンネル直上の地表面を掘削するケースのうち、地表面をほぼ水平に保って掘削する場合を対象に、トンネルの土被りとその最小支保土圧との関係を調べた。なお、このとき、トンネルモデルの直径は10cmのモデルを用いた。その結果を図-2に示す(実験結果はいずれも3回の実験の平均値)。図からわかるように、土被りが1D以上ある場合には、土被りが浅いケースの方が最小支保土圧が若干大きくなっているが、いずれのケースも最小支保土圧はトンネル径を基準にして0.15Dに相当する土被り圧程度とかなり小さい(以降、最小支保土圧はDを基準にあらわす)。また、トンネル直径が15cmのモデルを用いた実験においても、土被りが0.5D, 1Dの場合において、最小支保土圧がそれぞれ0.14D, 0.14D(いずれも3回実験の平均値)となった。したがって、地表面を水平に掘削するケースでは、トンネルの安定性はさほど損なわれないものと考えられる。

4. トレンチ掘削のモデル化とトレンチ掘削による影響 トンネル直上の地表面を掘削する場合、掘削の方法によっては地表面を水平に掘削するケースに比べてトンネルの安定性が損なわれることも考えられる。そのなかでも、トンネル直上にトレンチを掘削する場合が最も安定性が損なわれると理解できる。そこで、モデル実験において、図-3 a) のようにトレンチ掘削をモデル化した。ここでは、トレンチの部分では、アーチング効果が期待できないことから、その部分を地山と等しい重量をもつウオーターバッグで置き換えた。なお、このときのトンネル直径は15cmのモデルを用いた。ここで、土被りを1Dトレンチの深さを0.5Dとしたケースについてトンネルの掘削をシミュレートし、最小支保土圧について調べた。その結果、最小支保土圧が0.17D, 0.18D, 0.19D(平均0.17D)と測定できた。また、図-3 b) に示すトレンチ掘削の深さまでの地山をウオーターバッグで置き換えたモデルに対しても実験をおこなった。このケースにおいて、最小支保土圧は、0.17D, 0.19D, 0.19D(平均0.18D)と測定された。したがっ

shunsuke SAKURAI, ikuo KAWASHIMA, satoshi OKITA and shiichi AKUTAGAWA

て、これらの実験結果から、トレンチ掘削は、その深さだけ上載圧で置き換えることによってモデル化できるものと考えられる。

そこで、もともと土被りが1Dあるトンネル直上地山にトレンチ掘削するケースを対象にして、トレンチの深さだけ上載圧で置き換えるモデルを用いて最小支保土圧を調べた。その結果を図-4に示す。図からトレンチの深さが0.6Dまでは最小支保土圧が深さに線形に大きくなっていることがわかる。これは、トレンチが深くなることによって、せん断力が低下したのと考えられる。一方、トレンチが0.7Dよりも深くなると、急激に最小支保土圧が大きくなっている。このケースは、トレンチ掘削によってグラウンドアーチの構造が保てなくなったものと理解できる。この結果から、この実験においては、土かぶりが1Dあるところにトレンチ掘削を行う場合、トンネルの安定性を保つためにはトレンチ掘削されない地山の厚さが少なくとも0.4Dは必要であることがわかった。このことから、トンネル直上地山をトレンチ掘削する場合、トレンチがある深さに達するとトンネルの安定性が急激に低下するものと考えられる。

5. まとめ ここでは、トンネルの地表面を掘削する場合にトンネルに作用する土圧について、モデル実験を行い調べた。その結果、地表面をほぼ水平に掘削するケースにおいてはほとんど問題がないこと、トレンチ掘削を行うケースではトレンチがある深さに達するとトンネルの安定性が急激に低下することがわかった。

謝辞 実験において、本学大学院生大橋正明君の協力を得た。ここに感謝します。

参考文献 1) 桜井春輔・川嶋幾夫・川端康祝・皿海章雄：土被りの浅いトンネルの力学的挙動に関するモデル実験，土木学会論文集，487，pp.271～274，1994年

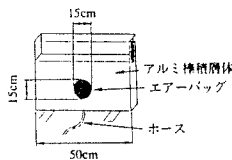


図-1 実験装置の概観

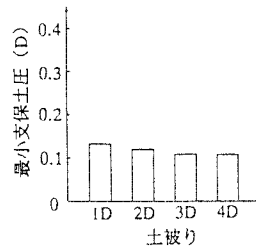
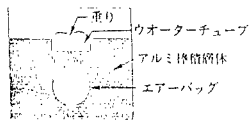
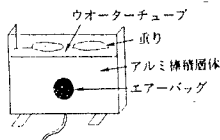


図-2 最小支保土圧～土被りの関係
(ほぼ水平に掘削する場合)



a) トレンチ掘削のモデル



b) 土被りの一部を上載圧で
置き換えたモデル

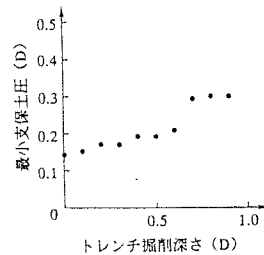


図-4 最小支保土圧とトレンチ掘削深さの関係

図-3 トレンチ掘削のモデル化