

サイドパイルの沈下抑制効果に関する模型実験

鉄道・運輸機構 正会員 北川 隆, 後藤 光理, 磯谷 篤実
 京都大学大学院 正会員 菊本 統, 木村 亮, 岸田 潔
 鉄道 総研 正会員 ○野城 一栄

1. はじめに

低土被り未固結地山に施工されるトンネルにおいては、地山の剛性が小さいこと、また、グラウンドアーチが十分に形成されないなどの要因から、一般に地表面沈下が大きくなる傾向にある。本研究では、地表面沈下対策としてのサイドパイル¹⁾に着目し、沈下抑制効果を明らかにすることを目的として模型実験を実施した。

2. 実験方法

実験は、降下床実験装置（図1）²⁾を使用して掘削や沈下現象をシミュレートし、図2に示す模型により、沈下抑制対策としてのサイドパイルの有効性の検討を行うものである。模型は中実なアルミ製の逆T型擁壁で、実トンネルの上半～脚部の側壁部をモデル化したものである。また、模型は側壁に穴が設けられており、実験ケースにあわせてサイドパイルの設置・交換が可能となっている。サイドパイルはトンネル側壁に打設し、下半掘削あるいは次のサイクルの上半掘削によるトンネルの沈下を防止する目的で打設するものであるが、実験においては、図1に示すように模型を降下床と固定床の境界に設置し、降下床を降下させることで掘削に伴うトンネルの沈下をシミュレートする。模型地盤は乾燥した豊浦硅砂を用い、気中落下法により作成している。実験時の相対密度は90%程度である。表1に実験ケースを示す。ケース4を基本ケースとし、サイドパイルの本数、長さ、模型との結合条件、サイドパイルの圧入をパラメータとして変化させて検討を行う。計測項目は、地表面沈下、模型の変位、降下床に作用する荷重である。

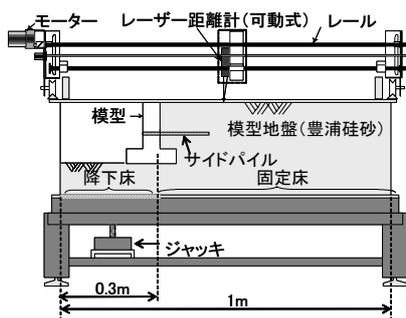


図1 降下床実験装置

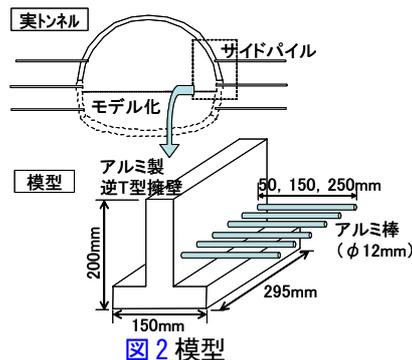


図2 模型

表1 実験ケース

	サイドパイル		結合条件	サイドパイルの圧入	備考
	本数	長さ			
1	サイドパイルなし				無対策
2	5本	150mm	フリー	なし	フリー
3		50mm			短い
4		150mm			標準
5		250mm			長い
6		11本			150mm
7	5本	150mm		あり	圧入

3. 実験結果

(1) 地表面沈下

図3に最大地表面沈下量（模型直近部の沈下量）の推移を示す。いずれのケースにおいても、降下床の降下に伴い弾性的に地表面の沈下が生じている。最大地表面沈下量からは、ケース4～7については明確な抑制効果が見られたが、ケース1～3についてはほとんど抑制効果が見られなかった。図4に地表面沈下の分布を示す。いずれのケースも模型側の沈下量が大きくなる分布を示す。地表面沈下量については、模型から離れたところではケース間で大きな差はないが、ケース4～7では模型側に近い側で沈下が抑制されており、サイドパイルの沈下抑制効果が現れていることがわかる。図5に平均地表面沈下量の推移を示す。これは地盤の地表面沈下量を水平方向に平均することで算出したもので、沈下形状の違いを考慮した全体的な沈下量を示すものである。平均地表面沈下量についても降下床の降下量にほぼ比例して弾性的に沈下していることがわかる。図より、最大地表面沈下量では効果が判明しなかったケース2でも、ケース4～7と比較すれば小さいが、沈下抑制効果を有していることが確認された。

(2) 模型の挙動

図6に模型の沈下量の推移を示す。模型の沈下量は地表面沈下量と比較してケース毎の差が少ない。これは、模型自体は降下床の降下に連動する形で沈下しているためと考えられる。

キーワード トンネル, 模型実験, 沈下抑制, サイドパイル, 地表面沈下

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL: 042-573-7266

(3) 降下床に作用する荷重

図7に降下床に作用する荷重の推移を示す。いずれのケースも降下床の降下に伴い荷重が低下しており、降下床を降下させることにより、降下床上方の地盤に作用する荷重が、地盤およびサイドパイルに作用するせん断力により側方に伝達され、降下床隣接部の地盤によって支持されるようになることがわかる。また、荷重の最終値は、ケース4～7はケース1～3の6割程度となっており、サイドパイルにより掘削による沈下が抑えられていることを示している。

(4) サイドパイルの効果

図8は、平均地表面沈下量、最大地表面沈下量について、ケース1を1として各ケースを比較したものである。最大地表面沈下量についてはデータのばらつきの影響が出やすいので平均地表面沈下量もあわせて判断すると、サイドパイル無しのケース1に比べて地表面の沈下が明確に抑制されているのはケース4～7であった。模型（トンネル側壁）との接合部をフリー（分離）としたケース2については若干の効果が見られるが、ケース4～7に比べて、沈下抑制効果が小さかった。

これは模型とサイドパイルの間で力やモーメントの伝達がなく、サイドパイルが地表面の沈下を抑制する効果が十分に発揮されなかったためと考えられる。ケース3は短いサイドパイルを用いたもので、サイドパイルが模型の沈下の影響範囲内に設置されているため、沈下抑制効果が発揮されなかったものと考えられる。長いサイドパイルを用いたケース5については、ケース4とほぼ同程度の効果であった。これは、サイドパイルに沈下抑制効果を持たせるには一定の長さを有し、影響範囲外まで打設されてい

ればよいことを示すものである。サイドパイルの本数を増加させたケース6については、沈下量を抑制するものであるといえるが、沈下量の抑制効果は、必ずしもサイドパイルの設置本数には比例しないことがわかった。これは、今回はサイドパイルの径が、サイドパイルの設置間隔に比べて大きく、本数を増加させることにより群杭効果が生じ、1本あたりの効果が低下したものと考えられる。サイドパイルを圧入したケース7については、圧入によりパイル周辺の地盤が締められ沈下量を抑制する効果が現れたものと考えられる。

今回の実験の結果を以下にまとめる

- ・サイドパイルの設置により地表面沈下量、トンネルの変位を抑制できる。
- ・サイドパイルには一定の長さが必要である。また、その効果はサイドパイルを密に打設するほど高まる。
- ・サイドパイルをトンネルに十分に固定することや、圧入等によりと地山の付着を強めることにより効果が高まる。

今後は、トンネルの形状をモデル化した実験や数値解析により、さらに研究を深度化させていく予定である。

4. まとめ

今回の実験の結果を以下にまとめる

- ・サイドパイルの設置により地表面沈下量、トンネルの変位を抑制できる。
- ・サイドパイルには一定の長さが必要である。また、その効果はサイドパイルを密に打設するほど高まる。
- ・サイドパイルをトンネルに十分に固定することや、圧入等によりと地山の付着を強めることにより効果が高まる。

今後は、トンネルの形状をモデル化した実験や数値解析により、さらに研究を深度化させていく予定である。

参考文献

- 1) 北川他, 地山改良とサイドパイルで小土被り土砂地山を掘削, トンネルと地下, 第35巻4号, 2004.4
- 2) 足立他, 降下床実験によるトンネル掘削過程を考慮したトンネルおよび周辺地盤の力学挙動の解明, 土木学会論文集, No. 694/III-57, pp. 277-296, 2001.12

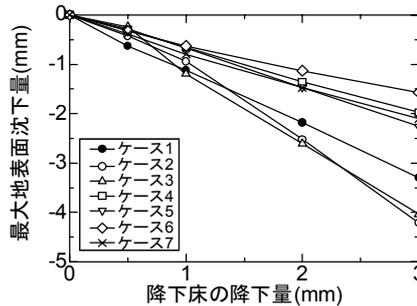


図3 最大地表面沈下量の推移

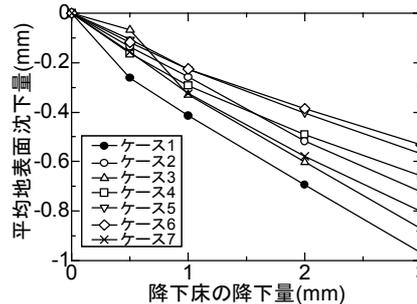


図5 平均地表面沈下量の推移

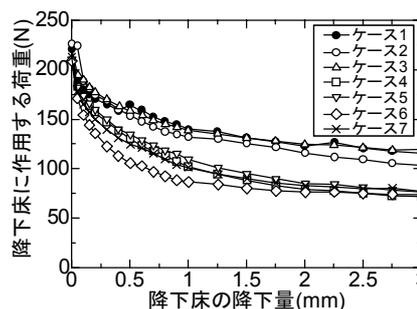


図7 降下床に作用する荷重の推移

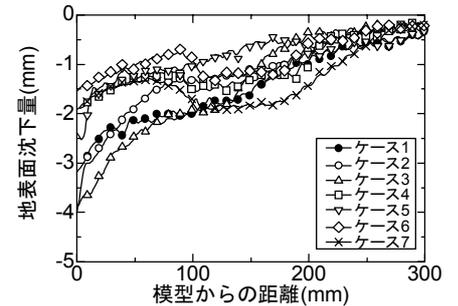


図4 地表面沈下の分布

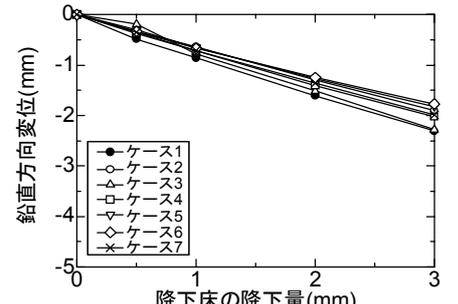


図6 模型の沈下量の推移

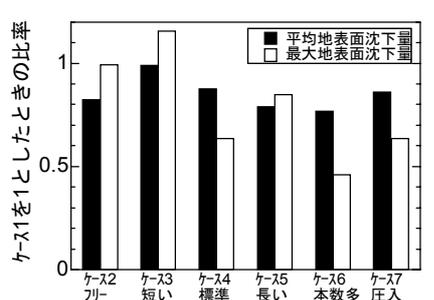


図8 対策工の効果の比較