

無導坑超近接トンネルの掘削時挙動

首都大学東京大学院
首都大学東京大学院
首都大学東京

学生会員
正会員
正会員

○井上 洸志
土門 剛
西村 和夫

1. 研究背景・目的

近年、都市部のトンネル掘削において、用地取得の難しさ等を背景に離隔距離を著しく小さくした超近接トンネルの施工が多くみられるようになった。超近接トンネルの構造形式は図-1 に示すように主に3つある。近年ではこのうち、施工手順が容易である無導坑方式による施工が多く採用されている。しかし、無導坑方式による掘削では2本のトンネル掘削による相互の力学的な影響を十分に考慮する必要がある。

以上の背景を踏まえ、本研究では、無導坑超近接トンネル掘削時における先行及び後行トンネル相互の作用土圧の挙動を把握する目的で、簡易な模型実験を実施した。

2. 実験方法

実験は幅 1200mm、高さ 780mm、奥行き 125mm の鋼製の実験槽に、トンネル外径 D=150mm、トンネル長 100mm のジュラルミン製模型を2個設置した。模擬地盤は、表-1 に示す物性値のアルミ棒積層体とした(図-2)。土被りは都市部の小土被りを想定し、1D (150mm) とした。トンネル掘削は、トンネル模型外周部に設置した10枚もしくは6枚重ねたテフロンシートを一枚ずつ引き抜くことにより内空変位 (3.0mm or 0.3mm) を発生させ、掘削挙動を再現した。

実験手順は、先行掘削時に先行トンネルに設置したシートのみを引き抜き、後行掘削時に後行トンネルに設置したシートのみを引き抜くことで掘削ステップの再現を行った。

実験ケースは、表-2 に示す全 8 ケースを実施した。各ケースで天端部 (0°)、左右 45° および 90° 方向の全 5 箇所の作用土圧を計測した。

3. 実験結果

図-3 に模型実験から得られた内空変位 0.3mm、離隔距離 0.3D (45mm) のケースにおける先行および後行掘削後の作用土圧分布について、初期作用土圧との比 (作用土圧比) で示す。また、図-4 に同じケースでのトンネル近接部 (先行: 右 45°, 後行: 左 45°) の内空変位 (シート引抜き) にともなう作用土圧比の推移を示す。図-3 より、先行掘削時には、先行トンネルは自身の掘削に伴い作用土圧が減少し、後行トンネルは先行トンネル掘削の影響を受けて天端部および左 45° において作用土圧が増加する。後行トンネル掘削時には、先行トンネルは後行

キーワード： トンネル、 無導坑超近接、 模型実験、 作用土圧

連絡先： 首都大学東京 住所〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL042-677-1111 (代表)

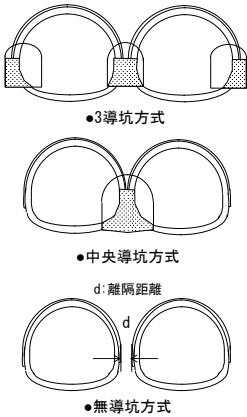


図-1 超近接トンネル構造形式

表-1 アルミ棒の物性値

材質	アルミ合金
長さ(mm)	100
径(mm)	1.6:3.0
重量比	3:2
内部摩擦角(°)	30
粘着力(N/mm ²)	0
単位体積重量(N/mm ³)	2.15×10 ⁻⁵

表-2 実験ケース

土被り(mm)	テフロンシート厚(mm)	離隔距離(mm)
1D (150)	0.3 (内空変位: 3.0mm) 使用枚数: 10枚	0.1D (15)
		0.2D (30)
		0.3D (45)
		0.5D (75)
	0.05 (内空変位: 0.3mm) 使用枚数: 6枚	0.1D (15)
		0.2D (30)
		0.3D (45)
		0.5D (75)

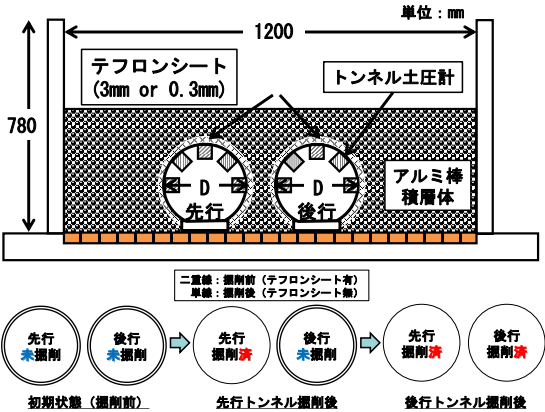


図-2 模型実験概略図

トンネル掘削による影響を受け、天端部および右 45° において作用土圧が増加し、後行トンネルは、自身の掘削により作用土圧は初期作用土圧より減少する。また、図-4 より、内空変位にともなう作用土圧の増減は両トンネルともに緩やかなものである。これは、計測した全 5 箇所において同様の結果となった。これらの傾向は、多少のばらつきはあるもの、今回実験を行ったいずれのケースでもほぼ同様であることが確認できた。

表-4、表-5 に内空変位 0.3mm のケースにおける先行および後行トンネル掘削終了時の近接部（先行：右 90°および右 45°，後行：左 90°および左 45°）での作用土圧比を示す。近接部 45° において先行トンネルでは、全掘削ステップ終了後に作用土圧が最大 1.34 倍となり、後行トンネルでは最大 0.72 倍に減少した。これより、無導坑超近接トンネルでは後行トンネル掘削終了後に先行トンネルの近接部 45° に著しい作用土圧の増加が生じることが分かる。また、近接部 90° においては全掘削ステップ終了時に先行トンネル後行トンネルのどちらにおいても、それぞれ 0.08 倍、0.13 倍と離隔距離 0.1D のときに最も作用土圧が減少しており、そのまま離隔距離が大きくなるにつれてその作用土圧の減少が抑えられていく傾向を確認することができた。

4. 考察

実験において、全掘削ステップ終了時に、トンネル近接部での先行トンネル天端部および右 45° 方行の作用土圧が増加した。この原因としては、後行トンネル掘削による応力再配分の影響によって先行トンネル上部付近の作用土圧が増加するためだと考えられる。

近接部 90° においては、離隔距離が小さくなるにつれて作用土圧が大きく減少していった。今回行った実験では剛性の高いトンネル模型を使用したため、模型同士の間隔が小さくなるほど内空変位を与えても近接部 90° よりも上部にアルミ棒がとどまり、近接部 90° には土圧がかかりにくくなったことが原因として考えられる。

また、先行および後行トンネルともに自身の掘削時に作用土圧が減少していた。これは、地山に内空変位を与えることにより地山自身が荷重を負担し、その分トンネル模型に作用する荷重が減少したものだと考えられる。

5. おわりに

本研究では、簡易な二次元模型実験によって無導坑超近接トンネルにおける先行および後行トンネル作用荷重についての基礎的な傾向の把握および一部分ではあるものの離隔距離による作用土圧の変化を把握することができた。

発展課題としては、数値解析を行うことによって実験の挙動を再現し、模型実験の結果を評価していく必要がある。また、本研究ではアルミ棒積層体による均一な成層地盤での実験であったが、地下構造物ある場合や成層地盤でない場合などでのトンネル作用土圧を把握する必要もあると考える。

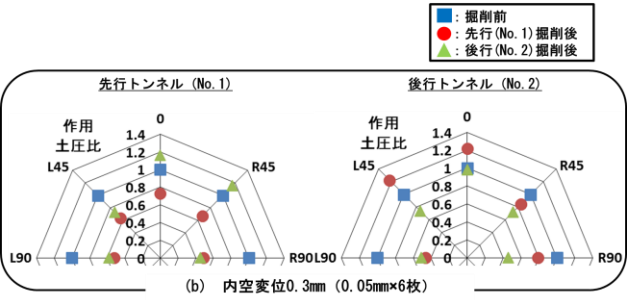


図-3 作用土圧比分布(離隔 0.3D (45mm))

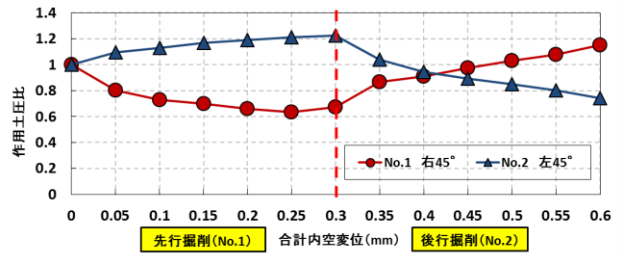


図-4 近接部作用土圧比の推移 (離隔 0.3D (45mm))

表-4 近接部 45° の作用土圧比

離隔距離 (mm)	先行トンネル(No.1)		後行トンネル(No.2)	
	先行掘削後 右45°	後行掘削後 右45°	先行掘削後 左45°	後行掘削後 左45°
0.1D (15)	0.66	1.05	1.25	0.73
0.2D (30)	0.72	1.34	1.29	0.84
0.3D (45)	0.67	1.15	1.23	0.74
0.5D (75)	0.60	0.94	1.11	0.72

表-5 近接部 90° の作用土圧比

離隔距離 (mm)	先行トンネル(No.1)		後行トンネル(No.2)	
	先行掘削後 右90°	後行掘削後 右90°	先行掘削後 左90°	後行掘削後 左90°
0.1D (15)	0.24	0.08	0.26	0.13
0.2D (30)	0.42	0.32	0.36	0.26
0.3D (45)	0.49	0.45	0.46	0.51
0.5D (75)	0.53	0.64	0.75	0.56