

## シールドトンネルの近接施工に関する二次元模型実験

九州大学 ○学 杉本 知史 710- 落合 英俊 正 大嶺 聖  
財団法人 地域地盤環境研究所 正 今西 肇

## 1. はじめに

近年地下鉄などの地下利用開発が積極的に進められているが、一方で電気・通信関係の諸施設の地下埋設も多く、都市部の地下はかなり複雑化した状況になっている。これまでは、既存の構造物に対してさらに深いところをめざして工事が行われてきたが、最近では近接施工を行わざるを得ない場合も発生している。そのため近接施工が今後多くなると考えられるため、本研究では2つのシールドトンネルが上下に併走する場合の二次模型実験を行い、新設シールドが下部の既設シールド周辺における土圧分布や地盤内の変位などに及ぼす影響を検討した。

## 2. 二次元模型実験

(1)実験装置の概要 本研究で用いた実験装置は、図1のようなものである。装置には、変位計および荷重計が17個ずつ取り付けられ、これらによりアルミ棒積層体上面の変位、既設シールド頂部の深さでの付加土圧を計測することができる。さらに新設シールド周辺の地盤変状を観察することもできる。実験で使用したアルミニウム丸棒は、長さ5cmで直径1.5、3、5mmの3種類ものを本数比3:1:1で混合した。これらを幅100cm高さ52.5cmになるよう積層することにより模型地盤を作製した。実験で用いたトンネルの模型は、上下にスライドできるよう塩化ビニル管を半割したものの間に伸縮可能なロードセルを取り付けたもので、図2に示す。

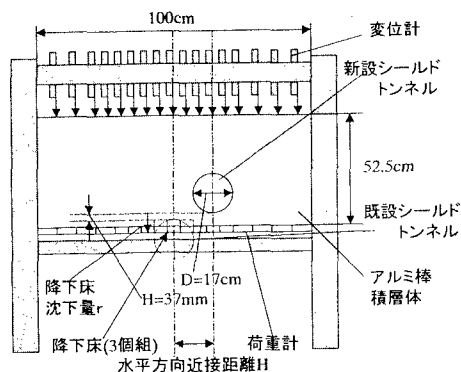


図1 実験装置の模式図

**(2)実験内容** シールド機が地盤内を掘進する場合、主に土塊の過大な取り込みやテールボイドによるゆるみの発生（地盤沈下）や、それとは逆にシールド機の過大な推力やテールボイドへの裏込め注入が原因の地盤隆起などの諸問題が考えられる。本研究において、まずはゆるみが発生する場合に絞り、①アルミ棒積層体上面の沈下量、②既設シールド頂部の深さにおける土圧の変化、③新設シールド周辺の地盤変状の3点について既設シールドを降下床、新設シールドをトンネル模型（以下トンネル）に置き換えた上で計測、観察を行った。地盤変状を調べるために積層体表面にプロットした点を実験の各段階でデジタルカメラにより撮影、記録した。また新設シールドが既設シールドに接近する個所も存在することも考えられるため、新設シールドの位置をずらすことにより再現することにした。以上により、既設シールド周辺のゆるみ発生の有無、既設シールドと新設シールドの位置関係を考慮に入れ、上下シールドの鉛直方向の近接距離は一定とした上、実験ケースは $H=0, 87.5, 140, 245\text{mm}$ においてそれぞれ $r=0, 10, 20\text{mm}$ の計12通りとした。実験の手順は、図3の通りである。

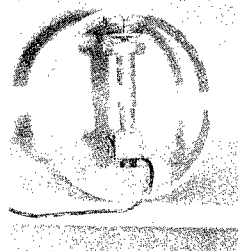


図2 トンネル模型

- (3)実験結果と考察<A.既設シールド頂部の深さにおける付加土圧と地盤内変位>  
実際の現場を想定し、ゆるみができる $r=10\text{mm}$ の2つのケースについて結果と考察を述べる。ここでいう付加土圧とは、各過程の前後の土圧増減である。また図4のコンター図は、積層体表面にプロットした点を結んで得たメッシュの各最大せん断ひずみを、初期から降下床沈下によるゆるみ発生までとそれからトンネル設置後ゆるませたところまでの2段階に分け、地盤内の変位を表したものである。トンネルが降下床の直上にある場合、降下床にかかる付加土圧はトンネル設置前からトンネル設置後上半部を沈下させた時にかけて若干ながら増加し、少し離れたところでは逆に減少した。これは、以下のように考えられる。まず、地中に構造物が無いところにシールドを掘削し、その直上にゆるみができただけの場合、その降

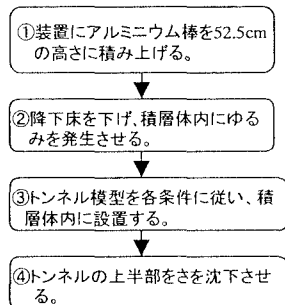


図 3 実験手順

下床（既設シールド）にかかる土圧は全土被り圧ではなく、ゆるんだ部分の土圧と考えられる。これは地中にアーチ作用が生まれることによるもの<sup>1)</sup>と考えられ、実験の結果では初期土被り圧の20%程度であった（図5参照）。次にゆるんだ部分（降下床直上）にトンネルを設置し、上半部を沈下させると降下床にかかる土圧は増加したが、これはトンネル設置によりアーチの一部が壊れた結果、ト

ンネル模型にかかる新たなゆるんだ部分の土被り圧の一部が降下床に及んだものと考えられる。地盤内の変位は、変位の大きい部分がゆるみの範囲に相当し、これは予想される概形に似ているであろう。

トンネルの位置が降下床の真上から140mm水平にずれている場合付加土圧はトンネルの直下は減少したが、逆に降下床周辺の土圧は増加した。この増加は、先述のケースに比べ4倍以上であった。また地盤内の変位は、コンター図からも分かるようにゆるんでいた部分が顕著に変位していることが分かる。これらのことからゆるんだ部分に近接してシールドを掘削した場合、ゆるみが生じているような軟弱な部分には土圧が集中しやすくなり、既設シールドには余分な付加土圧がかかるものと考えられる。

<B.既設シールドにかかる相対土圧  $P/\gamma z$  と2つのシールドの水平方向離隔  $H$  との関係>図5は各段階での既設シールド直上にかかる土圧を  $P$ 、新設シールドと既設シールドの水平方向の近接距離  $H$  との関係について  $r=10\text{mm}$  のものをグラフ化したものである。ただし  $P$ 、 $H$  はそれぞれ初期土被り圧  $\gamma z$ 、既設シールド直径  $d$  で正規化した。トンネルを設置する前後で土圧は増加し、さらにトンネルが降下床からずれるにしたがい、降下床にかかる土圧の増分が大きくなった。これは前項で述べたことに起因するものと思われる。仮に新設シールドが既設シールドから無限遠に設置された場合は既設シールド周辺には影響が及ばず、トンネルの設置前後で既設シールドにかかる土圧は変化しないため、図3の破線はある  $H$  の値でピークを示しその後は実線に漸近すると考えられる。

### 3. 結論

新設シールドが既設シールドの上のゆるんだ部分を掘進する場合、既設シールドにかかる土圧は増加する。この増分は、2つのシールドの位置により変化し、新設シールドが既設シールドに対して近接するに従い大きくなる傾向がある。よって、近接施工を行う場合は既設シールドにかかる土圧に関して十分な検討が必要と思われる。

#### 【参考文献】

- 1) 大嶺、落合、安福、久原：シールドトンネルの近接施工に伴う既設地中構造物への影響、九州大学工学集報、第72巻、第6号、pp.619-626、1999

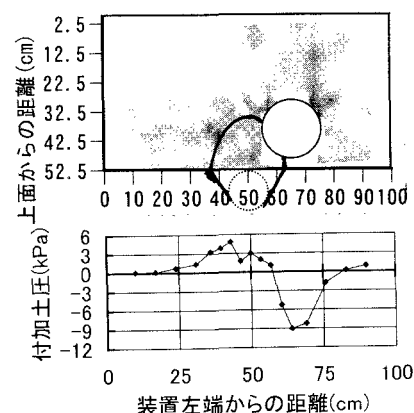
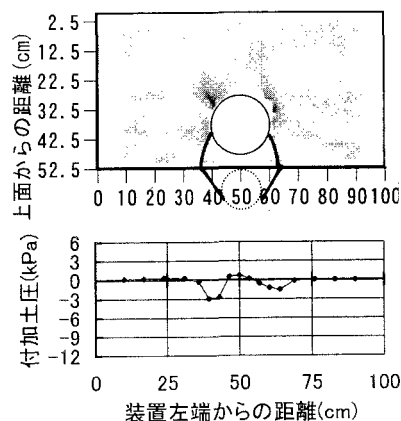
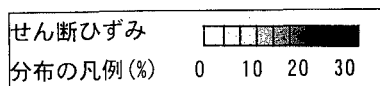
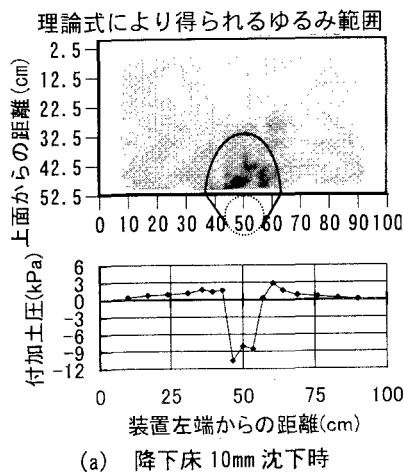


図4 各段階における地盤内せん断ひずみ分布及び付加土圧分布

◆トンネル設置前の土圧 ロトンネルゆるみ後の土圧

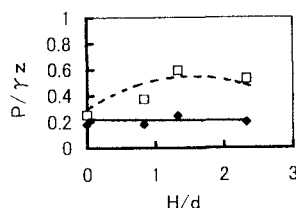


図5 既設シールド頂部の土圧と上下シールドの水平方向近接距離との関係