

双設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

—二次元模型実験による検討—

九州大学大学院 学○杉本 知史 藤○ 落合 英俊 正 大嶺 聖
(財)地域地盤環境研究所 正 今西 肇

1. はじめに

近年都市部において地下利用開発が積極的に進められているが、既設構造物に対し近接施工をせざるを得ない状況が発生している。都市の地下構造物のひとつにシールドトンネルが挙げられるが、近接施工という条件の中でシールド工法によるトンネル建設に関して、地盤変状のメカニズムや既設構造物に及ぼす影響など不明な点があり、これらを把握することが必要とされている。そこで本研究では、既設シールドトンネルの上部を新設シールドトンネルが掘進するという状況を想定し、アルミ棒積層体を用いた模型実験を行った。シールドトンネルの近接施工による地盤変状の観測、既設下部トンネル頂部の深さにおける土圧や模型地盤地表面の変位の計測等を行い、新設上部トンネルが既設下部トンネルにどのような影響を与えるかを実験的に検討した。

2. 実験概要

1) **実験装置** 本研究で用いた実験装置を図1に示す。模型地盤の詳細については、参考文献¹⁾を参照されたい。当装置は地表面沈下量、既設トンネル頂部の深さの鉛直土圧を計測できる。装置下部の降下床は、模型地盤作成後降下させることで既設トンネル周辺の地盤のゆるみを再現できる。模型地盤内に設置するシールド模型は図2のような構造でこれが新設トンネルに相当し、模型地盤内設置後上半を降下させることで周辺に地盤のゆるみを再現できる。2本の新設トンネルを各々先行、後行と称した。

2) **実験方法** 既設トンネルの上部を2本の新設トンネルが次第に既設トンネルに接近し、その後直上を併走するように掘削した場合、既設トンネルへの影響が懸念される。そこで本研究は、既設トンネル掘削による地盤のゆるみの存在やトンネルの位置関係の相違による、新設トンネル掘削に伴う周辺地盤や既設トンネルへの影響について実験的に検討した。実験手順は、参考文献¹⁾を参照されたい。実験条件を設定するに当たり、新設先行・既設両トンネルの水平方向中心間距離を水平方向近接距離 H_1 、新設の先行・後行両トンネル間の距離は $H_2=340\text{mm}$ とした。さらにゆるみの程度を降下床降下量 r により与えた。これら2つのパラメータを既設トンネルの直径 d によって、それぞれ近接率 H_1/d 、降下床降下率 r/d に正規化し、 $H_1/d=0, 0.248, 0.833, 1.33, 1.75, 2.29, 3.24, r/d=0, 0.095$ を組み合わせ全14Caseについて実験を行った。

3) **実験結果** A. **新設トンネル掘削に伴う既設トンネルの深さの鉛直土圧分布への影響** 図3は実験結果の一例として示した土圧変化分布図である。既設トンネル周辺にゆるみが存在していない地盤内に新設の先行トンネルが掘削されると、その直下で鉛直土圧は減少し周辺では逆に増加する傾向にある。さらに後行トンネルを掘削すると、先行トンネル掘削による影響と同様の変化をもたらす、最終的には凡例の□で示すような土圧分布となる。この実験条件では、その前後で既設トンネル周辺にかかる鉛直土圧は増加し、周辺では減少するというような土圧分布の不均一な状態が発生する。この条件に限らず、 r/d や H_1/d が変化しても程度の差はあるものの土圧分布の変化が生じる。図4は既設トンネル周辺のゆるみの有無による、新設トンネル掘削後の鉛直土圧分布の違いを示している。この場合、既設トンネル周辺にゆるみが生じているところに新設の先行トンネルを掘削すると、ゆるみが存在しない

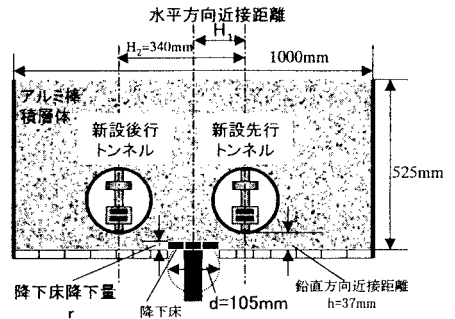


図1 実験装置模式図

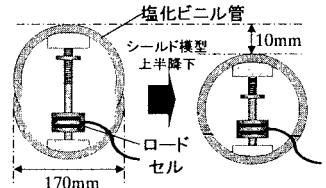


図2 シールド模型模式図

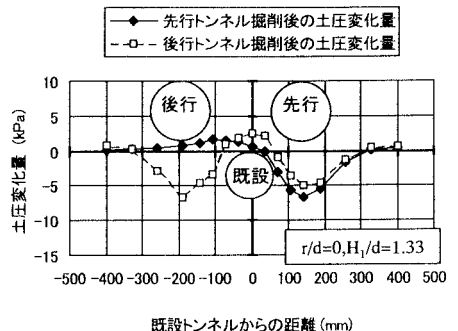


図3 既設トンネル深さの土圧変化分布

場合に比べ、既設トンネル付近の土圧増加が大きい。そこでこのような影響を定量的に比較するため、土圧変化を表すパラメータ Q を定義する。これは土圧分布曲線と軸で囲まれた部分の面積の合計に単位奥行き長さを乗じた値で、鉛直土圧合力の変化を意味する。既設トンネル周辺のゆるみが存在しない場合を Q 、存在する場合を Q' とし、 Q'/Q によってゆるみの存在による鉛直土圧への影響について検討した。図5は近接率との関係を示したものである。 $Q'/Q > 1$ となるのは、ゆるみの存在が土圧分布に大きく影響を及ぼすことを表している。これは新設両トンネルの一方がゆるみ領域を部分的に掘削したため、地盤内に形成されたアーチ効果が薄れ、ゆるみが存在しないときに比べ大きな土圧変化をもたらしたものと推測される。また $Q'/Q < 1$ となるのは、新設トンネルがゆるみ領域内を通過したため、ゆるみ領域のアーチ効果が薄れ周辺の土圧分布への影響が少なかったものと考えられる。

B. 既設トンネルにおよぼす鉛直土圧への影響 図6はCase1~14の実験結果から既設トンネル頂部の鉛直土圧について初期土被り圧 γz で正規化し、近接率 H_1/d で整理したもので(a)は $r/d=0$ 、(b)は $r/d=0.095$ の結果である。それぞれ土圧の変化は、 $\blacklozenge \rightarrow \square \rightarrow \blacktriangle$ の順に推移している。新設の先行・後行トンネル掘削後、(a)では $H_1/d=1 \sim 2$ の範囲において初期土被り圧を越える鉛直土圧が既設トンネルに負荷し、それ以外の範囲では初期土被り圧より減少するという結果が認められた。また(b)においては既設トンネルにかかる鉛直土圧が周辺にゆるみが存在するため、新設トンネル掘削前では γz の約2割である。新設トンネル掘削後、 $H_1/d=1.5 \sim 2$ の範囲で土圧変化が最大となるような傾向にあった。これは既設トンネルを挟むような形で左右対称な位置に2本の新設トンネルを掘削した状況にあたる。ゆるんだ地盤の範囲が最も多く残るような形で掘削されたために、このような挙動を示すものと考えられる。また後行トンネル掘削前後で土圧が減少するという傾向は、実験前の予測と異なった。この場合、土圧分布の重ね合わせは成り立つものではないと予測される。地盤変状等より既設トンネル周辺のゆるみの影響を今後調べる必要がある。

3. 結論

これまで単体の新設トンネル掘削に伴う影響を調べてきたが、今回は2本の新設トンネルの場合について検討を行った。その結果1本の場合と同様、既設トンネル周辺にゆるみの有無に関わらず、新設トンネルを近接率 $1.5 < H_1/d < 2$ という条件で掘削した場合、既設トンネルや周辺地盤にかかる鉛直土圧が増加する傾向にあった。既設トンネル周辺にゆるみがない場合でも、新設トンネルのどちらかがその直上を掘削すると鉛直土圧が大きく低下するなど、既設トンネルへの影響が懸念される結果が得られた。今後、地盤変状を調べると共に土圧分布との関係を調べ、トンネル周辺のゆるみによる土圧への影響についてさらに検討する必要がある。

【参考文献】1)杉本、落合、大嶺、今西：シールドトンネルの近接施工が既設地中構造物に及ぼす影響、第35回地盤工学研究発表会講演集、pp2099-2100、2000年

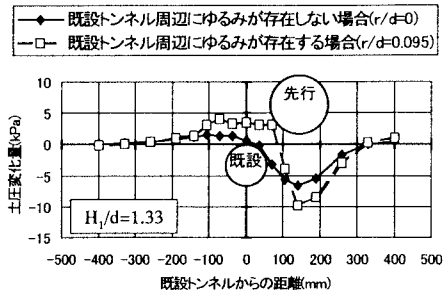


図4 既設トンネル周辺のゆるみの有無による土圧変化の違い

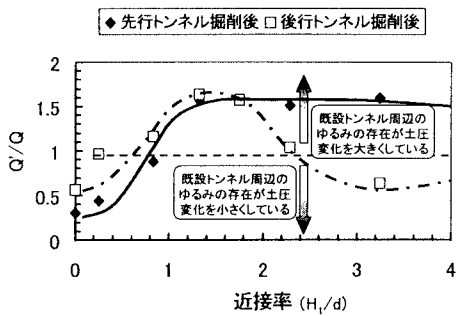


図5 新設トンネル掘削に伴う既設トンネル深さの土圧への影響

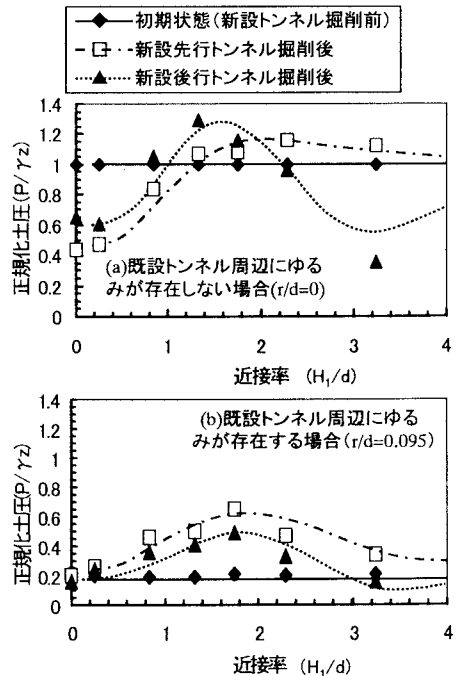


図6 新設トンネル掘削に伴う既設トンネルにかかる鉛直土圧への影響