

シールドトンネル近接施工時における周辺地盤のゆるみの存在が既設地中構造物に及ぼす影響

九州大学大学院 学○杉本 知史 フェロ 落合 英俊 正 安福 規之
九州大学大学院 正 大嶺 聖 中島 通夫 地域地盤環境研究所 正 今西 肇

1. はじめに

都市部での地下利用開発の進展に伴う地下構造物の密集化が進んでいるため、構造物を新規建設する場合、近接施工せざるを得ない状況が発生している。特に鉄道、電力・通信ケーブルといった社会基盤施設はシールドトンネルにより地下に埋設されるケースが増加しており、近接施工時はトンネル周辺に発生し得る地盤のゆるみが既設トンネルや周辺地盤に影響を及ぼすことが懸念される。これまで、既設シールドトンネルの直上を2本の双設シールドトンネルが建設されるケースを想定し、この時の既設トンネルへの影響を調べるため、アルミ棒積層体による2次元模型実験を行ってきた。本報告では、新設トンネル掘削時の既設トンネルに付加する鉛直土圧に及ぼす、既設・新設両トンネル間の水平および鉛直距離の影響について述べる。

2. 実験概要

本研究はこれまで、新設トンネル掘削時の既設トンネルおよびその周辺地盤への影響を、両トンネル間の水平方向の近接距離 H によって検討を行ってきた。今回新たに、両トンネル間の鉛直方向近接距離を考慮し、既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧に及ぼす鉛直および水平方向の近接距離と既設トンネル周辺地盤のゆるみの影響を検討するため、アルミ棒積層体を用いた2次元模型実験を行った。

今回用いた実験装置を図1に示す。実験に関する諸量については参考文献¹⁾を参照されたい。なお、トンネル模型の位置は、図1で示す既設、新設両トンネル間の水平方向近接距離 H_h 、鉛直方向近接距離 H_v をそれぞれ既設トンネル径 d により正規化した水平方向近接率 H_h/d 、鉛直方向近接率 H_v/d で表すものとする。当実験ではアルミ棒積層体作製後、降下床を降下させることにより既設トンネル周辺地盤のゆるみを再現し、さらに模型地盤内にトンネル模型設置後、上半部を降下させて新設トンネルの掘削・断面変形を再現している。

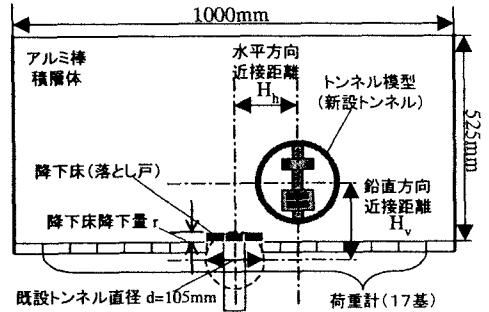


図1 模型実験装置

3. 実験結果

A)既設トンネル天端部深さの鉛直土圧変化の分布 降下床により再現している既設トンネル周辺の地盤のゆるみは、断面積の変化量にして約10%、応力解放率は実に約80%という実際の状況と比べ非常に大きい。これはトンネル掘削に伴うゆるみの影響を明確に観察するために行っている。このような極限状態にある地盤のゆるみが存在するところに、新たにトンネルが掘削され断面変形を起こした場合において、既設トンネル天端部の深さでの鉛直土圧に及ぼす変化の一例を図2に示す。横軸は降下床中央からの距離を既設トンネル径で正規化した値、縦軸は既設トンネル天端部の深さに作用する鉛直土圧を初期土被り圧で正規化した値である。降下床を降下させると◆を連ねたラインに鉛直土圧が変化し、さらにトンネル模型(新設トンネル)を模型地盤内に設置し、断面を変形させると□を連ねたラインに鉛

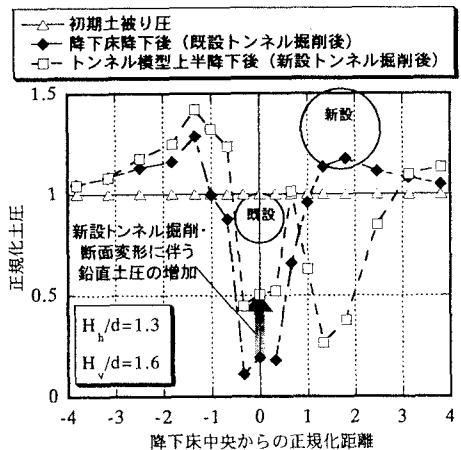


図2 新設トンネル掘削前後における既設トンネル天端部深さの鉛直土圧の変化

直土圧が変化する。降下床中央部では初期土被り圧に対し約2割まで減少したあと、新設トンネル掘削に伴い初期土被りの5割程度まで再び増加することが分かる。このような場合、既設トンネルの設計条件によっては新設トンネル掘削に伴う影響が懸念される。

b)既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧 図2について、既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧に注目し、その大小を示したものが図3、図4である。図3は新設トンネルの掘削位置と既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧との関係を示している。図中の(+)はその位置が掘削された新設トンネルの中心を表しており、バブルの径および数値はトンネル掘削・断面変形後の既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧を初期土被りで正規化した $P/\gamma z$ の値である。新設トンネル掘削前はゆるみ土圧が $P/\gamma z \approx 0.2$ であり、近接距離が最も小さい位置での新設トンネル掘削前後では土圧の変化がほとんどみられないことが分かる。一方で、想定されるゆるみ領域境界に近づくにつれ鉛直土圧は大きな値を示しており、最大で掘削前の約3倍の鉛直土圧が既設トンネル天端部に作用する結果が得られた。

一方、図4は既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧と水平方向近接率 H_h/d との関係を、鉛直方向近接率 H_v/d ごとに示したものである。既設トンネルに対し鉛直方向に新設トンネルが離れる(H_v/d が大きくなる)に従い、鉛直土圧のピーク値が低下するとともに、ピーク値での H_h/d の値が減少する傾向がみられる。これは新設トンネル外周と既設トンネル周辺地盤のゆるみ領域との位置が関係していることを示唆しているものと考えられる。またこれらの結果から、新設トンネルをゆるみ領域境界付近に掘削した場合、地盤の緩んだ(塑性状態の)範囲が最も多く残った状態でゆるみ領域周囲に形成されていたと考えられる地盤内のアーチ作用が崩れるため、既設トンネルに対する新設トンネルの掘削や断面変形に伴う地盤内の応力再配分の影響が大きくなるものと考えられる。

4. まとめ

今回は、新設・既設両トンネル間の水平・鉛直近接距離の違いにより、新設トンネル掘削・断面変形時の既設トンネル天端部深さの鉛直土圧に及ぶ影響について、2次元模型実験による検討を行った。その結果、既設トンネル周辺に再現した地盤のゆるみ領域境界部付近に新設トンネルを掘削した場合、既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧が相対的に大きな値を示す傾向がみられ、近接率が $H_h/d=1.75$ 、 $H_v/d=1/6$ において掘削前の約3倍の値を示した。また、鉛直方向の離隔が大きくなるに従い、鉛直土圧のピーク値が低下する傾向がみられた。今後は、FEMを用いた数値解析による実験結果の妥当性について検討する予定である。

【参考文献】1) 杉本、落合、安福、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36回地盤工学研究発表会講演集、pp1967-1968、2001年

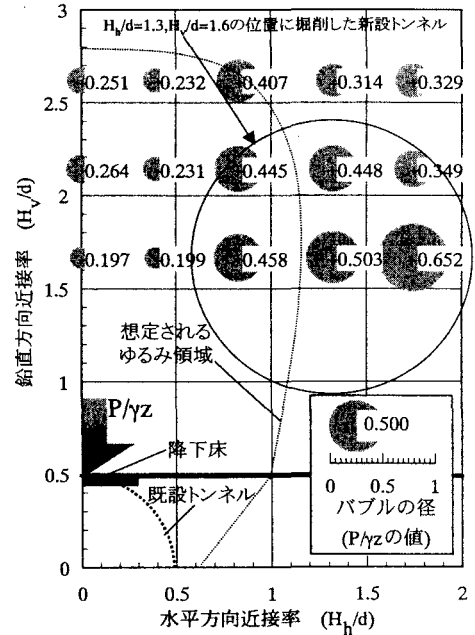


図3 既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧の新設トンネル掘削位置による比較

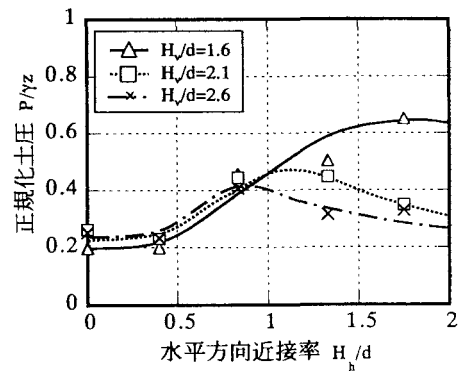


図4 既設トンネル天端部に作用する鉛直土圧の鉛直方向近接距離による比較