

Ⅲ-B242

中間杭を活用した盤ぶくれ対策工の掘削に伴う地盤と中間杭の挙動

飛島建設 技術研究所 正 小林 薫
 日本鉄道建設公団 関東支社 山内 登 正 古谷 聡
 飛島建設 技術研究所 正 近久 博志 正 松元 和伸
 飛島建設 北関東支店 松島 洋 正 阿部 幸雄

1. はじめに

近年、都市部では極端な都市機能の集中化、集積化が進み、土地の有効利用や高度利用を目的として、地下駐車場や地下河川など積極的な地下利用が進められている。これに伴い、掘削工事も大規模・大深度化が著しくなりつつあり、大深度掘削においては盤ぶくれに対する安定性確保が特に大きな問題となっている。

本論文は、国内で初めて中間杭を活用した盤ぶくれ対策工¹⁾を用いた開削トンネル工事において、掘削時に得られた地盤と中間杭の計測結果²⁾について検討を加えたものである。

2. 工事および計測概要

本工事は、埼玉県川口市に建設中の開削トンネル工事で、高被圧水頭下での掘削工事であり盤ぶくれが大きな問題となった。これに対して、環境、経済性や工期短縮を目的として中間杭を活用した盤ぶくれ対策工を採用した。標準的な土留め架構及び土質断面を図-1に示す。土留め壁は、SMW壁を採用し壁長約30m(芯材:H-446×199×8×12 @0.45m、長さ≒23~25m)であり、掘削深さ=19~23m(ピット部)である。計測時に用いた洪積砂質土層(Tos4層)の観測井、層別沈下計および中間杭のひずみ計の配置および記号については文献2)を参照されたい。ここでは、層別沈下計と中間杭のひずみ計の標準的な設置深度について図-1に示す。

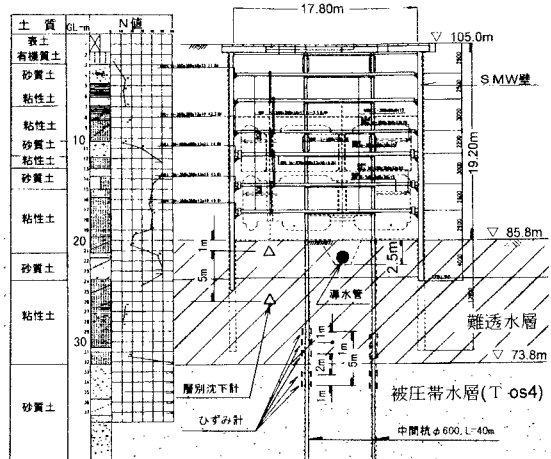


図-1 標準土質断面および土留め架構図

3. 計測結果の検討

(1) 掘削底面の変位挙動

図-2は、掘削に伴う層別沈下計の排土荷重に対する浮き上がり量の変化を示す。この図には、これまでの計測結果を基に大まかな土質毎に算出された排土荷重と浮き上がり量の関係を示す相関式³⁾の値も示している。掘削底面の浮き上がり量は、掘削の進捗とともに増加し最終床付け面に近くなるほど排土荷重に対する浮き上がり量は徐々に増加している。特に、ピット部掘削時には、No.1地点の掘削底面の浮き上がり量は急激に増加している。また、図-3には、層別沈下計の上下間の地盤の平均ひずみと排土荷重の関係を示す。地盤の平均ひずみは、7次掘削まではほとんど生じていないのに対して、図-4に示すように荷重バランスによる盤ぶくれ安全率(Fs1)<1.0になる7次掘削以降に増加しはじめ、特にピット部掘削時にはNo.1の地盤の平均ひずみは急増している。ピット部内にあるNo.1地点の地盤の平均ひずみは、難透水層(Toc3層)の一軸圧縮強さから求まる限界ひずみ(ϵ_{cr})の下限値⁴⁾に近づいており、慎重な計測管理が必要であったことを示している。以上のことから、地盤変位および地盤の平均ひずみとも排土荷重の増加

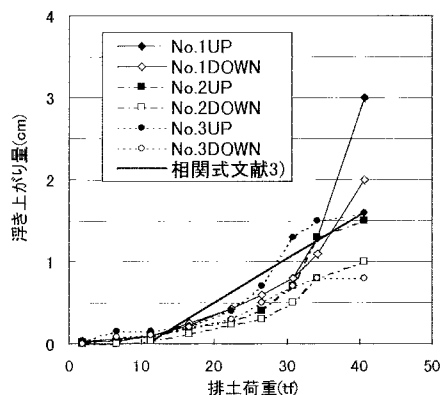
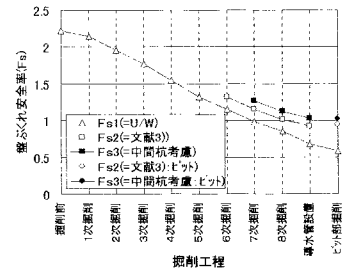
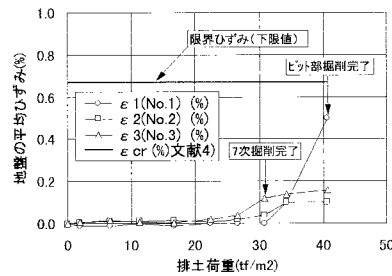


図-2 排土荷重と浮き上がり量の関係

キーワード：土留め、中間杭、盤ぶくれ、対策工、揚圧力、大深度掘削

〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬5 4 7 2 TEL 0471-98-7572 FAX 0471-98-7586

とともに徐々に増加し、荷重バランスによる安全率($Fs1$) <1.0 付近から急増し始める。特に、地盤の平均ひずみの方が顕著な急増を示す。このことは、掘削底面の盤ぶくれ挙動に関する計測管理において、地盤の浮き上がり量より地盤の平均ひずみの方が危険状態を判



断しやすいものと考えられる。 図-3 排土荷重と地盤の平均ひずみの関係 図-4 掘削時の盤ぶくれ安全率

(2) 被圧水頭の変動に伴う中間杭の軸力変化

図-5は、掘削の影響がでない時期のデータを用いて、被圧水頭の変動に伴う中間杭の軸力変化量の絶対値を示す。中間杭やひずみ計の設置深度により多少異なるが、被圧水頭の上昇時(+4.4m)には引張軸力が3~11tf程度増加し、被圧水頭の降下時(-3.7m)には引張軸力が1~6tf程度低下した。また、図-6には中間杭1本あたりの全変動荷重(被圧水頭の変動量に中間杭1本あたりの分担面積を乗じた値)に対する中間杭の荷重負担率を示す。中間杭の荷重負担率は、引張時において平均10%程度、圧縮時において平均5%程度であった。この荷重負担率の違いは、被圧水頭下降時(圧縮時)には根固めモルタル部の変動荷重の一部を負担したためであると考えられる。以上のことから、中間杭は被圧水頭の変動(上昇)に対して抵抗力を発揮しているものと考えられ、盤ぶくれ検討時に抵抗力として中間杭の周面摩擦力を考慮することが可能であるものと考えられる。

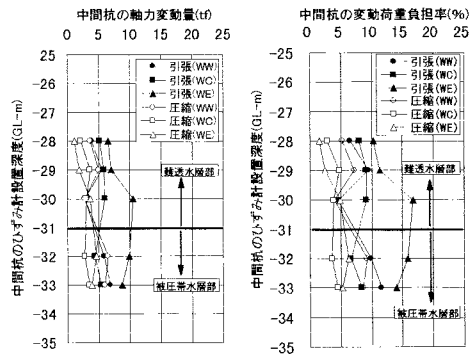


図-5 軸力変動量 図-6 変動荷重負担率

(3) 中間杭(根固めモルタル)の発生ひずみ

図-7は、代表的な掘削に伴う中間杭の表面ひずみ(WC)の経時変化を示す。各計測点とも11形鋼の表裏2箇所(A, B)で計測している。図中の囲んでいる3箇所は、同時期のある計測点の発生ひずみ量が近傍の計測点の発生ひずみ量に比較して著しく増加した点を示している。この点は、中間杭のひずみが徐々に増加し、ひずみが順次100~200 μ 程度になった時点で急増している。これは、中間杭の根固めモルタル部のひずみが、ある程度以上のレベルに達した時点で大きくひびわれが発生し、計測点付近の引張軸力を11形鋼のみで負担したためであると考えられる。一般的にコンクリートのひびわれは、ひずみが100 μ 程度で発生するものとされており、今回の結果から地中部の中間杭に作用する純引張力に対しても同様な結果が得られたものと考えられる。

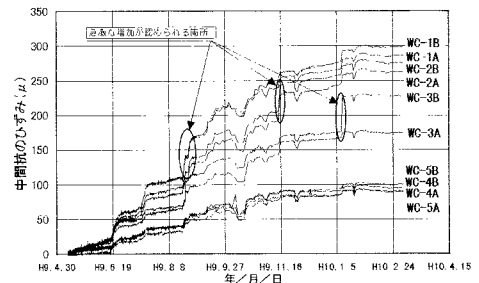


図-7 掘削に伴う中間杭の発生ひずみ

4. おわりに

高被圧水頭下での掘削工事において中間杭を活用した盤ぶくれ対策工を採用し、問題もなく無事底版コンクリートの打設を完了した。今後、大規模・大深度掘削工事がますます増加するものと考えられ、経済性や工期短縮の面からも本盤ぶくれ対策工で得られた計測結果を基にして、盤ぶくれ対策工としての中間杭の抵抗機能等を明確にし、盤ぶくれ検討時に中間杭による抵抗力を考慮できる定量的な検討方法を提案していきたいと考えている。

参考文献 1) 平泉光明、近久博志、小林薫、松島洋、阿部幸雄：高被圧水頭下での掘削に伴う盤ぶくれ対策工の設計と施工、第52回土木学会年次学術講演会、VI、PP. 368~369、1997.9 2) 山内登、古谷聡、近久博志、小林薫、松島洋、阿部幸雄：中間杭を活用した盤ぶくれ対策工の施工と計測、第53回土木学会年次学術講演会、III、1998.10(投稿中) 3) (社)日本鉄道技術協会：深い掘削土留工設計法、PP. 251~256、平成5年9月 4) 土木学会関西支部：都市NATMの設計施工マニュアル、PP. 17~19、昭和63年11月