

III-485 シールド掘進機における地山崩壊検知と多方向裏込注入制御

日本鋼管株式會社 正会員 大塚利之
前田建設工業株式會社 吉田信雄 山下賢三

1. 諸 言

シールド工法による掘進で、掘進地層の変位（隆起、沈下）をいかに少なくするかは、掘進管理上のもっとも重要な点である。筆者等は、泥水シールド工法において掘進中の地山崩壊量の連続計測と、これをもとに、各リング毎の裏込量の制御を行なうことで地層への影響を最少限に押えるシステムを開発し、 $\phi 7.15\text{m}$ 泥水式シールド機による実機稼動でその有効性を確認した。

ここでは、本システムの概要と、施工管理上の成果について報告する。

2. 地山崩壊探査装置

通電電極式地山崩壊探査装置は、スキンプレートと地山の間に介在する泥水層に定電流を通電し、泥水層厚の変化と連動する電圧変化から地山の崩壊を検知する方式である。図-1に崩壊探査データの例を示す。

今回、本システムを装備したシールド機では、上部3ヶ所に測定電極を設け、それぞれが個別に、約1分間隔1リング毎の崩壊土量を算出、表示できるものである。

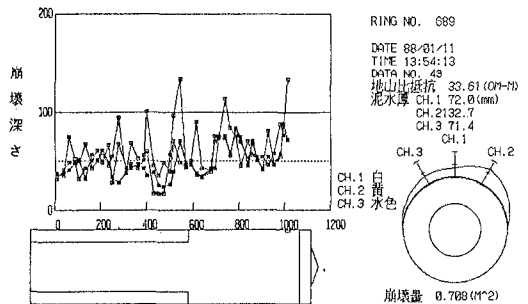


図-1 崩壊探査データ例

3. 三方向同時比例裏込注入システム

現在シールド工法における裏込注入は、上部または、下部1ヶ所からの注入方式がほとんどである。注入口が1ヶ所の場合、大径シールドになると注入口での必要吐出量が多く、また、注入圧も高圧となり裏込剤が周囲にまわりきらずセグメントに偏圧をかけて変形したり、最悪の場合は、破壊する可能性も考えられる。

これらに対処するため、多方向同時比例注入方式を開発した。

本方式は、セグメント円周を三等分した位置より、同時に注入を行うもので、図-2に示す様にA位置およびB位置の各注入を交互に繰り返して施工するものである。

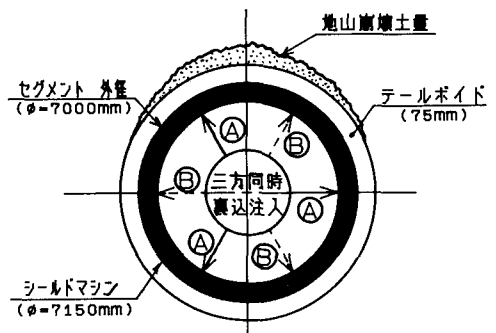


図-2 注入位置説明図

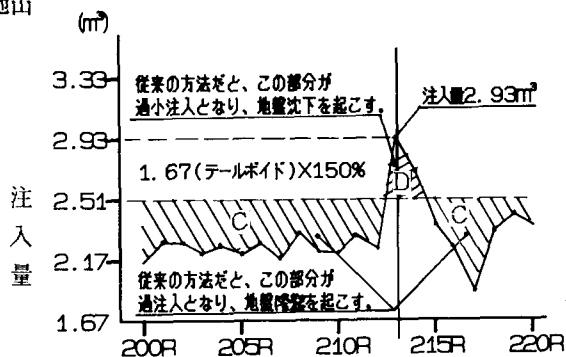
4. 崩壊土量の検知と適正裏込注入の確立

従来の裏込注入における施工管理は、経験的に一定量または注入圧による一律的な方法で行われてきた。このような方式では、どのリングに対しても、ほぼ同量の注入管理しかできないため、地山の崩壊が少ない場合は過剰注入となり、崩壊量が多いところは、過少注入となるため路面の隆起や沈下を引き起こす要因となった。これは、崩壊探査を採用した新システムのデータでいえば、図-3の斜線部で説明できる。従来の注入量を、テールボイドの150%とすると $2.51\text{m}^3/\text{リング}$ となり、これを基準に斜線部Cは過剰注入量を斜線部Dは不足注入量を示している。

今回、開発した新システムでは、テールボイドと地山崩壊量から、適正裏込量を次の関係式で求めた。

裏込注入量＝テールボイド＋崩壊土量×割増率
また本工区での土質および施工条件を下記に示す。

土質	沖積砂質シルト層
N値	0～6
含水比	60～90%
最大土被り	10.12m
施工延長	1147m

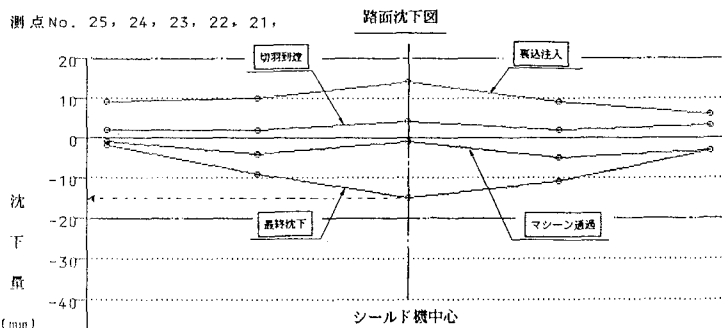


図－3

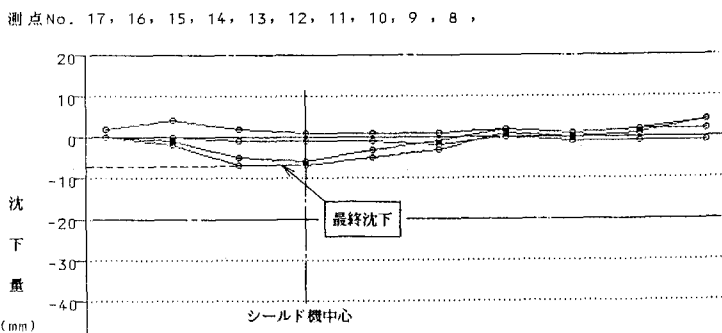
実際の施工においては、当初割増率を150%に設定して、注入を行ったが図－3に示す様な路面隆起を生じたため割増率を150%から100%の間での沈下計測体制を強化し、裏込適正量を模索したところ、115%での注入量が、適していると判明した。

以後、割増率115%での注入量では図－5に示すように最終沈下、いわゆる残留沈下も-7mm程度が下限となり、地中鉛直変位計による経時変化も最大8mmと安定した。

また三方同時注入の成果として裏込注入時、セグメントの施工線に対する動きがほとんどなく均一な注入ができたため、セグメントの径方向の変位もセグメント外径φ7000mmに対して平均9mmと小さい値であった。



図－4



図－5

5. まとめ

本システムによる裏込注入制御では前述の沈下管理の成果だけでなく、裏込量は設計量の130%に対して137.6%となり従来方式での150～170%を大きく下廻っている。適正な裏込管理をすることにより量的にも大幅な低減が計られることが判明した。

但し今回の注入量（テールボイド＋地山崩壊量×115%）が他工区でもそのまま適用できるかは定かでない。割増率の設定は土質条件に大きく左右されるため、今後の課題である。

今回のフィールドテストで適正注入量の把握が施工精度の向上と安全性に多大な効果があることが確認できた。今後さらに実績を重ね、多様な土質への適用を図ってゆく予定である。

参考文献：(1) 高橋他、トンネルと地下、19巻 4号、pp53-58

(2) 藤本他、土木学会第41回年次学術講演会、昭和61年、Ⅲ-408