

中小口径シールドにおける掘進組立て同時施工について

○(株)熊谷組 正会員 木下慶人
 (株)熊谷組 遠藤建史
 (株)熊谷組 宮浦知弥

1. はじめに

本工事は、国営信濃川左岸流域土地改良事業計画の一部で農業用水路を建設するものであり、通水時期を延期することは出来ない。工程遅延を回避する対策として、掘進組立て同時施工（以下「同時掘進」という。）を採用した。以下に中小口径シールドにおける同時掘進についての施工状況およびセグメントへの影響を報告する。

2. 工事概要

工 事 名：信濃川左岸流域農業水利事業 1号幹線用水路 1号トンネル建設工事

発 注 者：北陸農政局

施 工 者：株式会社熊谷組

工事内容：シールド工（泥土圧式シールド）

掘削外径φ4050mm、仕上がり内径φ3500mm

二次覆工省略型セグメント外径φ3900mm

施工延長 L=2627,150m、土被り D=9.1m～27.8m、地下水位 GL=-6.5m～14.5m

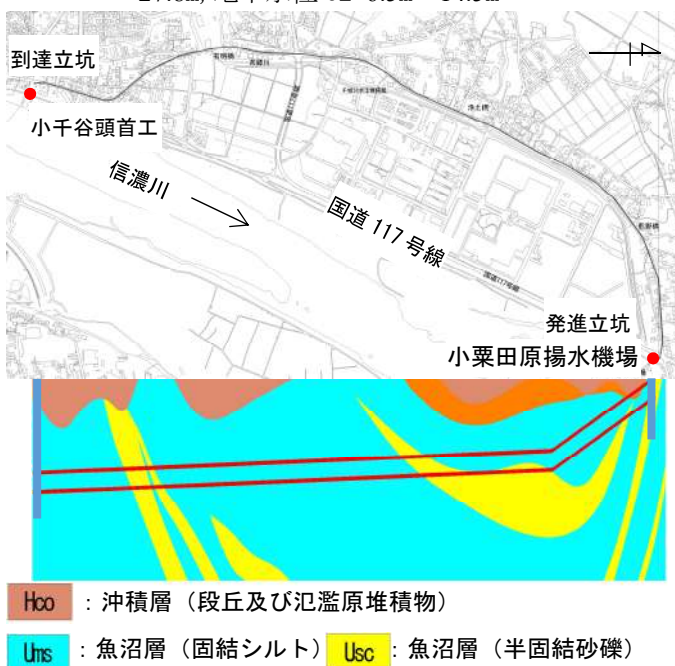


図-1 平面図・断面図

3. 同時掘進の計画

同時掘進は、掘進中にシールドジャッキの一部を縮めてセグメントを組立てるため、シールド機の方向コントロール（推力の力点）の制御が課題となる。

(1) シールド同時掘進組立の実績と現況

現在の同時掘進は、フード部の首振り機構等を併用したタイプ、ダブルジャッキ方式で掘進中にセグメントを組立てるタイプ、六角形のハニカムセグメントを用いるタイプおよびシールドジャッキの油圧回路を独立させ油圧制御を行うタイプ等が実用化されている。

これらのタイプの中で、シールドジャッキの油圧制御を行うタイプは、通常のシールド機の構造で推力の力点をコントロールすることで同時掘進を行うことが出来る点、他のタイプよりシールド機の機長を短くできる点、設計のセグメントを使用する点、経済性、施工性に優れていることからシールドジャッキの油圧制御を行うタイプを採用した。

(2) 中小口径（φ4m）への導入

シールドジャッキの油圧制御を行うタイプの同時掘進を中小口径シールドを行う場合、シールドジャッキの本数やセグメントの分割数が少なく、シールドジャッキを縮める割合が多くなるため、実績は大口径のみであった。本シールドの場合、セグメントが6分割でシールドジャッキは17本である。1ピースを組立てるために6本/17本（35.3%）縮める必要がある。また、下部ジャッキを縮めた状態でシールド掘進を行うとシールド機がノーズダウンし、姿勢制御が困難となる。

解決策として、同時掘進はセグメント3ピースを対象とし、下部2ピースは掘進を一時停止してセグメントの組立てを行うことで、シールド機の姿勢制御を行う。シールドジャッキは通常のKセグメント挿入代+200mmのロングジャッキを使用し、1リングの後半から同時掘進を開始する。また、シールドジャッキの油圧回路に関し

キーワード：泥土圧式シールド、掘進組立て同時施工、中小口径断面

連絡先：〒920-8721 石川県金沢市広岡町2丁目13番地5号MHM金沢ビル2階 (株)熊谷組北陸支店 土木部 TEL：076-208-3230

ては、8 グループに区分し圧力制御を行う計画とした。

4. 施工結果

(1) 施工実績

通常掘進と同時掘進のサイクルの比較を示す(表-1)。通常掘進は85minであり、同時掘進は71minとなり、1リングあたり14min短縮することが出来た。

表-1 掘進サイクル 単位：(分)

作業内容	掘進	ズリ鋼車入替	掘進	セグメント組立	合計
通常掘進	30	15	15	25	85
作業内容	掘進	ズリ鋼車入替 下部ピース組立	シールド掘進 セグメント組立	合計	
同時掘進組立	39	15	14	71	
		6	17		

通常掘進では、ほぼ同圧力で掘進しているが、同時掘進では、組立てピースと反対側のシールドジャッキ圧力を低圧または0とし、セグメント組立てのために引抜いたシールドジャッキの両端のシールドジャッキ圧力を高圧にすることで力点位置を中央に保持した(図-2)。

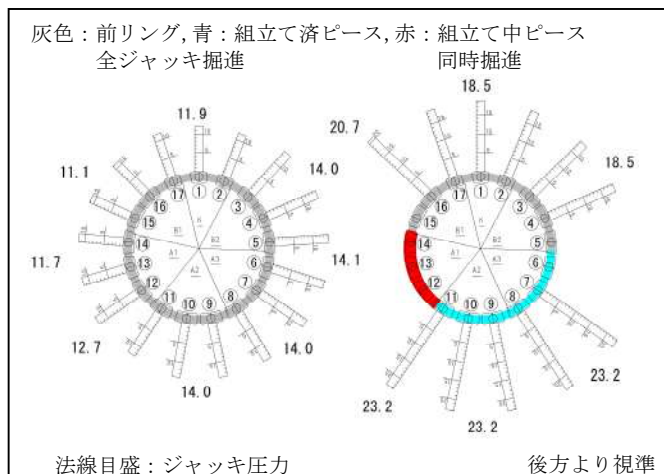


図-2 同時掘進シールドジャッキ圧力図

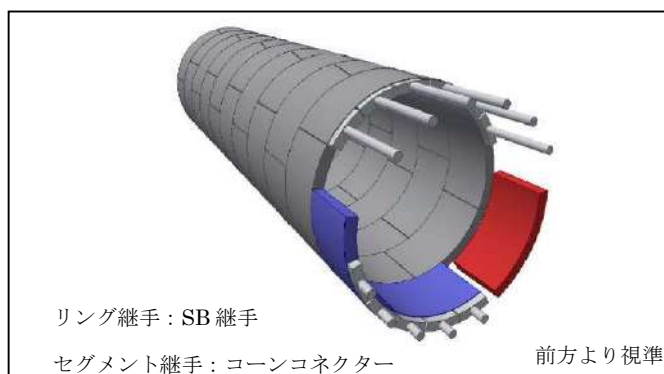


図-3 同時掘進開始時イメージ図

(2) 計測による検証

今回の同時掘進では、セグメントが円形形状になる前の下部2ピースのセグメントを反力にしてシールド掘進を行うため、セグメントに偏荷重が作用しクラック等の損傷が生じることが懸念された。そのため、下部

2ピースのひずみ、リング間・ピース間の目開きとセグメントの倒れを計測して、同時掘進によるセグメントへの影響を確認することとした。

ひずみ計測にはコンクリートひずみゲージを使用し、A2セグメントとA1(A3)セグメントに設置した。セグメントの倒れと目開きに関しては、防水型変位計を使用し、計測を行った(図-4)。計測時間は、下部2ピースの組立後から掘進完了までとした(表-2)。

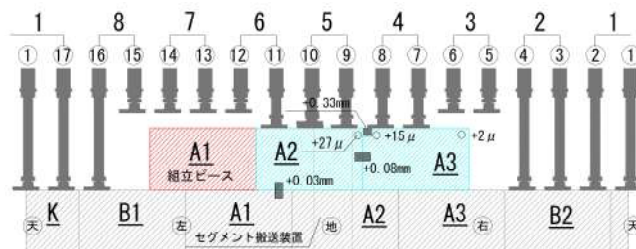


図-4 計測機器の設置位置図

表-2 各種計測結果

	セグメントの倒れ +:内側/-:外側	目開き		コンクリートひずみ		
		+:伸び/-:縮み		+:引張/-:圧縮		
		ピース間(mm)	リング間(mm)	No.1(μ)	No.2(μ)	No.3(μ)
通常掘進	+0.28	-0.33	+0.16	-8	-2	-3
同時掘進	+0.33	+0.08	+0.03	+2	+15	+28

セグメントの倒れについては、どちらも内側に倒れる結果となった。コンクリートひずみに関しては、通常掘進では圧縮力、同時掘進では引張の力が発生した。通常掘進では、セグメントの内側への倒れに伴って、押し付け合う圧縮力が発生した。同時掘進では、下部2ピースが拘束されていないため、組立時に発生した圧縮力が緩和され、見かけ上の引張力が発生した。

5. 考察および課題

同時掘進でのセグメントの挙動を計測した。2ピース組立後の掘進開始時に若干の偏荷重が発生したが、ひずみレベルはクラック発生ひずみの1/10以下であり、セグメントに損傷を及ぼさないことを確認した。

今後の課題として、坑内土砂搬出方法がズリ鋼車であり、入替によるタイムロスが発生した。同時掘進でのサイクルタイムを縮めるために、連続ベルコンまたは土砂圧送等による連続排土が望ましいと考える。

6. おわりに

本稿では、中小口径におけるシールド同時掘進の施工状況およびセグメントへの影響について紹介した。本稿が今後のシールド工事の計画・施工の一助となれば幸いである。