補助チャンバーによる切羽泥水圧の安定化に関する検討

(株)奥村組　○正会員　吉川直利　　星智久　　正会員　木下茂樹　　正会員　伊東俊彦
(株)アクティオ　津島正太
長岡技術科学大学　正会員　杉本光隆

１．はじめに

大深度，長距離シールドでは，土圧式シールドに比べて泥水式シールドが有利となる場合も多い．一方で，複雑な地盤や高水圧下では切羽泥水圧の制御は難しく，安定化を図る目的で，従来の泥水圧による制御に加えてカッターチャンバーを二重として部分的に空気層を形成し，空気の圧縮性を利用して切羽水圧の変動に対応する制御方法（空気圧併用方式）が研究・実用化されている．本稿では実工事への適用を前提として，既往の研究[1)]を参考にシールド機内に配置する補助チャンバーを用い，空気圧併用方式の制御について実験を行ったので報告する．

２．泥水式シールド工法における空気圧併用方式の概要

対象とする工事は，泥水式シールド工法で施工する鉄道トンネル工事で，掘削外径 9.7m，延長 3,304m，土被り 17m～56m の施工条件である（図-1）．掘削対象の土質は，大部分が上総層群の泥岩層及び砂層の互層となっており，被圧された砂層が出現すると急激な泥水圧変動が生じる可能性がある．また，泥岩層では掘削土が土塊となって取り込んだ場合に排泥管の閉塞も懸念される．

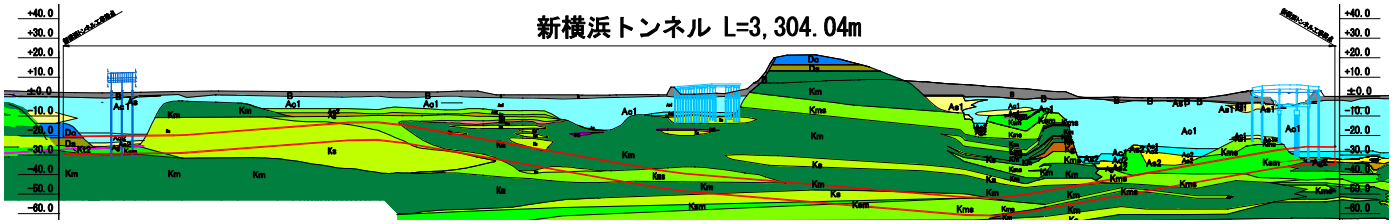

図-1　対象工事の地質縦断

このような切羽泥水圧の変動対策として，シールド機のカッターチャンバーと連結させて圧力変動を緩和する空気圧補助チャンバー（以下，エアチャンバーとする）を後続台車に搭載する計画とした（図-2）．

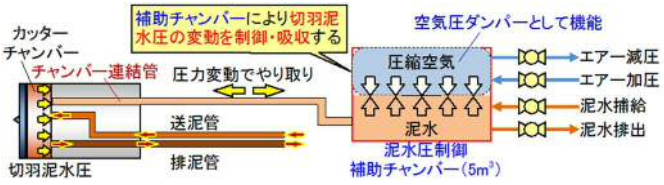

図-2 エアチャンバー概要

エアチャンバーの実機への適応については構造，チャンバー容量，設備規模および制御方法の事前確認が必要である．そのため，水・空気を蓄圧したエアチャンバーと加圧設備で空気圧の制御実験を実施した．

３．実験方法

(1) 実験装置

実験装置は①送排泥管による泥水圧の調整のみで切羽水圧を制御する従来方式と②泥水圧と空気圧を用いる空気圧併用方式の両方で実験が可能な設備とした(図-3)．実験では切羽水圧の変動に対し，従来方式と空気圧併用方式の比較と効果確認を目的としているため，泥水の代わりに清水を用いた．

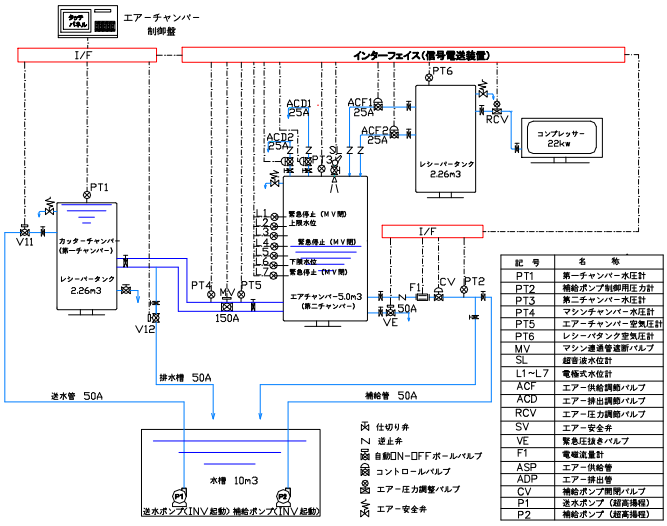

図-3 実験設備およびフロー

(2) 実験内容

対象工事の平均土被りおよび最大土被りを鑑み，従来方式と空気圧併用方式それぞれで切羽設定水圧 300kPa, 500kPa の 2 パターンの実験を行った．

キーワード：泥水式シールド，長距離，大断面，大深度，切羽泥水圧，エアチャンバー
連　絡　先：〒108-8381　東京都港区芝 5-6-1　TEL:03-3454-8111　FAX:045-541-4572

1)従来方式

切羽のカッターチャンバーを模擬した第一チャンバーに清水を満たしたうえで還流を実施し,切羽設定水圧300kPa と 500kPa を再現する．次に第一チャンバーの補助バルブを 10 秒開いて減圧させ，逸泥時の切羽水圧変動を確認する．さらに，V12 バルブを 10 秒閉めて第一チャンバー内を昇圧させ，閉塞時の切羽水圧変動を確認する．

2)空気圧併用方式

第一チャンバーを清水で満たし，第二チャンバーは設定管理水位にして還流し，従来方式と同様に逸泥・閉塞時の切羽水圧変動を確認する．

(3)データ収集項目

a)第一チャンバー水圧（従来方式）：PT1

b)第一チャンバー水圧（空気圧併用方式）：PT1

４．実験結果と考察

各試験結果のデータグラフを以下(**図-4**)に示す.

グラフ①は設定切羽水圧 300kPa の従来方式と空気圧併用方式のそれぞれで切羽泥水の逸泥を想定した実験結果である．従来方式では第一チャンバーのバルブを 10 秒間開くと 291kPa まで減圧し，バルブを閉にして第一チャンバーの圧力が設定切羽水圧に復するまで 7 秒要した．空気圧併用方式では，減圧は 298kPa に収まり 5 秒で設定切羽水圧に復した．この結果から逸泥を想定した切羽水圧変動にエアチャンバーによる制御が追随し，水圧変動を 78%抑制できることを確認した.

グラフ②はグラフ①と同じ条件で閉塞を想定した実験結果である．従来方式では MV バルブ閉の状態で 10 秒間 V12 バルブを閉めて第一チャンバーの圧力を上げた結果，362kPa まで圧力が上昇し，設定切羽水圧に復するまで 44 秒要した． 空気圧併用方式では，圧力上昇が 318kPa で，25 秒で復した. この結果から閉塞を想定した切羽水圧変動にエアチャンバーによる制御が追随し，水圧変動を 71%抑制できることを確認した.

グラフ③は設定切羽水圧 500kPa での逸泥を想定した減圧実験の結果である．従来方式は 475kPa まで圧力が減少し,復するまで 15 秒要した．空気圧併用方式では，減圧が 497kPa で，13 秒で復した．この結果から空気圧併用方式で，水圧変動を 88%抑制できることを確認した.

グラフ④はグラフ②と同じ条件で閉塞を想定した実験結果である. 従来方式では昇圧 574kPa 復圧 21 秒，空気圧併用方式では昇圧 512kPa 復圧 15 秒となり空気圧併用方式で水圧変動を 84%抑制できることを確認した. 結果集計を**表-1** に示す.

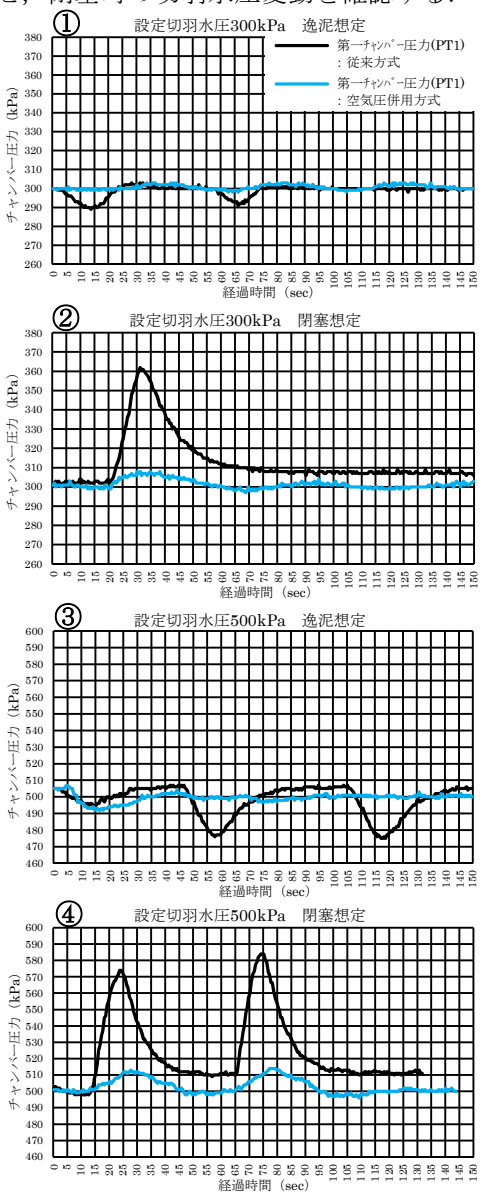

図-4 実験データグラフ

表-1 実験結果表

		従来方式		空気圧併用方式		変動圧
		圧力(kPa)	復圧時間(s)	圧力(kPa)	復圧時間(s)	抑制率
300kPa	逸泥	291	7	298	5	78%
	閉塞	362	44	318	25	71%
500kPa	逸泥	475	15	497	13	88%
	閉塞	574	21	512	15	84%

５．まとめ

実験から従来方式よりも空気圧併用方式による切羽水圧制御の方が切羽水圧変動に対して抑制効果があることを確認できた．今後は，補助チャンバーを当該工事のシールド機に実装し，より詳細なデータを収集することで空気圧併用方式による切羽泥水圧の変動に関する抑制効果を検証する所存である.

参考文献

1)大森絵美:要素実験によるミックスシールドのチャンバー圧・液面制御に関する研究, 長岡技術科学大学修士論文, 2012

2)ゴ, 大森ら:泥水式ミックスシールドのエアチャンバー制御方法に関する検討,第 68 回土木学会年講

3)E.Omori et al:Study on chamber pressure and slurry level of mixed shield by prototype test,proceeding of the World Tunnel Congress2014