

シールド坑内への出水時における緊急止水隔壁（止水バルーン）の開発

— その1 技術概要 —

鹿島建設(株) 正会員 ○福田勝仁 永谷英基 中島拓巳 川野健一
(株)ホーシン 亀井 進 長岡隆一 甲斐 明 森 健 井餘田浩二 小澤和史 工藤慎也 市原元紀

1. はじめに

小口径のシールド工事や推進工事で、海底や河底といった高水圧が作用する地盤を掘進する場合、万が一出水事故が発生すると、坑内作業従事者は水没の危険に晒される。また、長距離シールドトンネル工事では切羽が坑口から離れていることから、出水事故で坑内が水没してしまうと出水箇所まで近づくことは容易ではなく、復旧に多大な時間と労力がかかる。出水箇所に近い場所で出水時に迅速に緊急止水隔壁を設置できれば、水没までの時間を遅らせて坑内従事者の退避時間を確保できる。また、シールド坑内への侵入水を最低限に留めることもでき、復旧も容易となる。そこで、シールド工事における出水対策として、新たな緊急止水隔壁を開発したので、本稿ではその技術概要について報告する。

2. 緊急止水隔壁の開発

(1) 鋼製の緊急止水隔壁

従来、図-1に示す鋼製隔壁を緊急止水隔壁として使用していた。鋼製隔壁は想定水圧に耐えられる構造であり、予め設定した場所に設置される。そのため、掘進に伴って設置場所を移動することは困難である。また、鋼製隔壁は設置の手間とコストが大きく、圧気する場合など特殊工事でのみ採用されてきた。

(2) バルーン方式の緊急止水隔壁

新たな緊急止水隔壁の検討を進める際に、既存技術である(株)ホーシン製の止水ボールに着目した。止水ボールの外観と適用イメージを図-2に示す。止水ボールは下水管内の清掃・浚渫や下水管の健全性調査および補修作業時など、一時的に下水管止水が必要な場合に使用される。止水ボールは、空気膨張し下水管に密着させて止水するバルーン方式である。このバルーン方式をシールド工事に適用すれば、緊急時のみシールド掘進の進捗に合わせて任意の場所に緊急止水隔壁を構築できると考え、新たな緊急止水隔壁（以下、止水バルーン）に採用した。

ここで、シールド工事における止水バルーンの適用イメージを図-3に示す。通常、切羽の後ろにはシールド掘進のための様々な設備が設置されているが、止水バルーンは可能な限り切羽に近い場所に設置しておき、シールド坑内で出水した場合、止水バルーンを迅速に膨張する。



図-1 鋼製隔壁

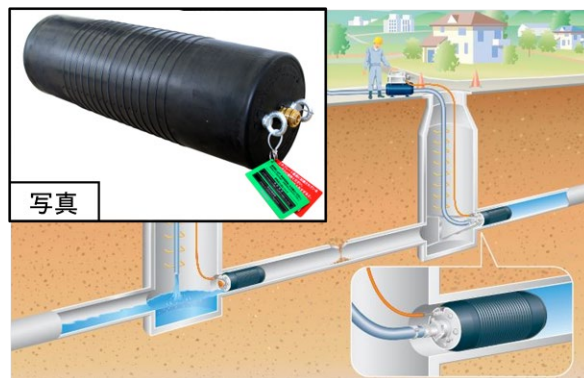


図-2 止水ボール

((株)ホーシンのホームページから引用)

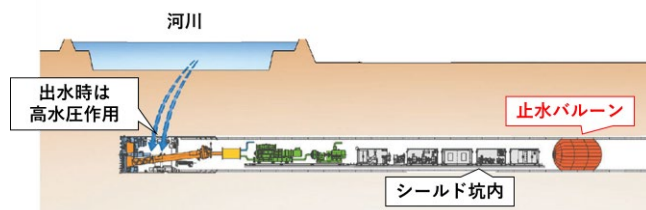


図-3 止水バルーンの適用イメージ

キーワード シールド工法、出水事故、緊急止水隔壁、バルーン方式

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8KT ビル 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL03-5544-1111

3. 止水バルーンの技術概要

(1) 止水バルーンの構造

止水バルーンの外観を図-4に示す（記載した寸法は一例で、任意の寸法で作成可能）。止水バルーンは茶筒構造とし、開口部を出水側に向けることで坑内への侵入水を開口部に取り込める機構とした。出水時に止水バルーンが坑内で膨張した場合の側面図を図-5に示す。水が開口部に侵入し、満水に至ると水压によって止水バルーンがセグメントに押し付けられることによって、止水バルーンとセグメントとの密着性が高くなり、滑動抵抗性や止水性が向上する。

(2) 止水バルーンの膨張方法

止水バルーンは空気により膨張する。空気による膨張状況を図-6に示す。止水バルーンの坑口側筒外周部に注入口があり、そこに電動ブローアなどを接続する。電動ブローアを用いた場合は約5分で膨張する。

膨張後、空気を水に置換することで止水バルーンがさらに膨張して止水性が向上する。空気から水への置換状況を図-7に示す。注入口にホースを接続し注水することで、空気を水に置換する。また、注入口と同様に坑口側筒外周部には排出口があり、そこにホースと内圧制御治具を接続する。内圧制御治具はねじの締め込み具合で、内圧を任意の値に制御できる機構である。注水時はこの内圧制御治具から空気が排出され、満水になり所定の内圧に達すれば水が排出される。

(3) 止水バルーンの構成材料

筒外周部の部材には図-8に示すドロップステッチ構造を採用した。2枚のシートが一定離隔を保つように繊維でつないだ構造で、膨張時のシート間に作用する引張力を受け持ち、筒型の形状を強固に保持する構造である。この構造によって、膨張時に作用する内圧や坑内に流入してくる水の圧力に耐えることができる。また、筒外周部のシートと隔壁部の材料には補強繊維入りのPVC（ポリ塩化ビニル）を使用した。

4. おわりに

本稿では止水バルーンの技術概要について説明した。止水バルーンの性能評価のため、実規模のセグメントを用いたモックアップ実験で止水性能を実証した。次報¹⁾で、実験の詳細を報告する。

参考文献

1) 永谷ほか：シールド坑内への出水時における緊急止水隔壁（止水バルーン）の開発— その2 モックアップ実験 —、土木学会全国大会第78回年次学術講演会、2023

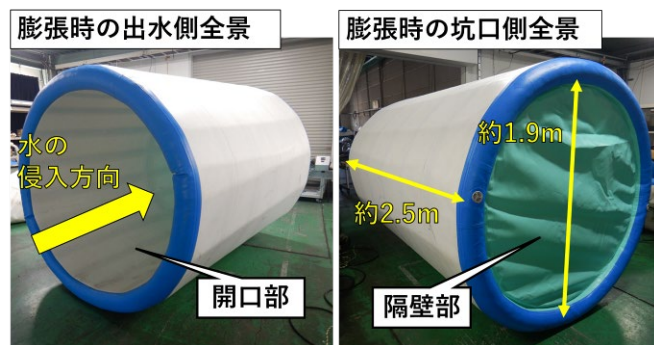


図-4 止水バルーン外観

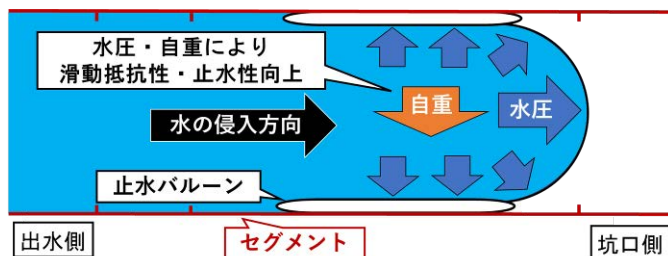


図-5 止水バルーン側面図

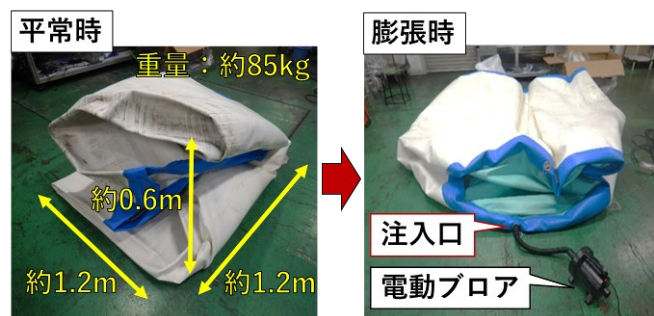


図-6 空気注入による止水バルーンの膨張状況

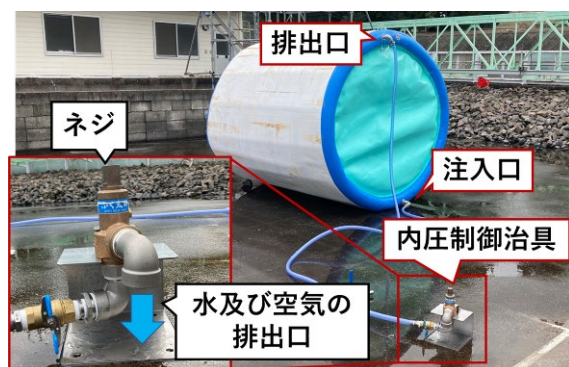


図-7 水置換による止水バルーン膨張状況

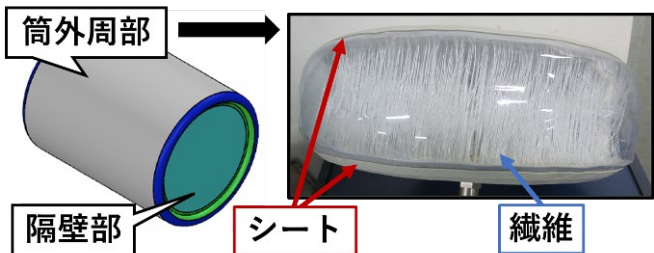


図-8 ドロップステッチ構造