

地盤改良を必要としないシールド発進・到達工法

—立坑用スライドゲート—

佐藤 修一

スライドゲートは、アーバンリング立坑等のケーソン立坑を対象としたものであり、発進・到達用開口とそれを閉塞するゲートを有したユニット（スライドゲート）を地上でケーソン土留内に組込んで立坑を築造した後、ユニット前面にエントランスを設置し、単にゲートを引上げるだけで、安全にシールド発進・到達を行う工法である。

これまでのアーバンリング到達立坑においてこれまで2件の実績を有し、また構造的には試験の結果0.9 MPaまでの耐水圧を確認している。平成17年度の国土技術開発賞を受賞し、特に今後の大深度化に向け有効な技術として期待されている。

キーワード：立坑、土留、シールド発進、シールド到達、鏡切り、開口、地盤改良

1. はじめに

アーバンリング工法は、鋼製のセグメント（アーバンリング）を地上で組立てながら地中に圧入する立坑築造工法であり、

- ・狭い作業空間で施工できること、
- ・工期の短縮が図れること、

等、都市内施工に非常に適し、かつ深い立坑でも安定した施工が可能であるという特長を有している。

スライドゲートはこのアーバンリング立坑を主な対象として開発された全く新しい発想のシールド発進・

到達工法である。

これまでのシールド発進・到達方法としては、土留の開口背面を地盤改良して、その後土留を開口（鏡切）する方法が一般的であるが、地盤改良費用が高いうえに、施工上も安全性等に問題があった。

また、近年は土留壁に切削可能な材料を組込むことにより、鏡切を必要としない工法も使用されているが、価格が高いことや、切削に伴う種々の問題点が提起されている。

スライドゲートはこれらの問題を改善するものであり、以下にスライドゲートの構造、施工方法等について説明する。

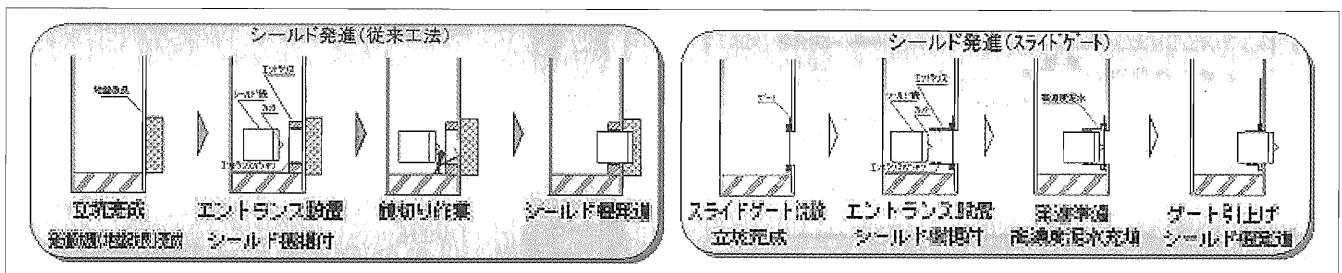


図1 シールド発進（従来工法（左）とスライドゲート（右））

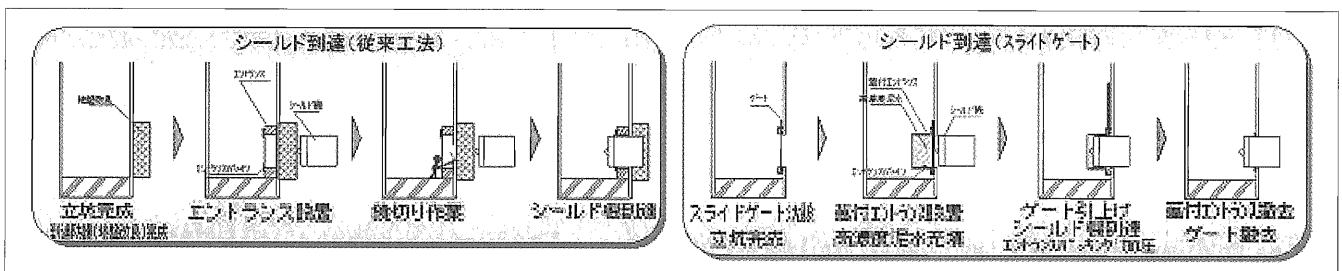


図2 シールド到達（従来工法（左）とスライドゲート（右））

2. 工法概要

スライドゲートによる発進・到達の従来工法との比較を図-1, 図-2 に示す。

スライドゲートの特長は以下のとおりである。

- ① 地盤改良が不要となることにより、工事費の低減及び環境負荷の軽減が図れる他、道路上の施工が不要となる。
- ② 工程が短縮化され工期の短縮が図れる。
- ③ 鏡切作業が不要となり、高水圧に対する施工の安全性の向上が図れる。

スライドゲートの適用条件を表-1 に示す。

表-1 適用条件

項目	適用条件	備考
開口径	5m 程度以下	開口径が 2.5m を超える場合、分割タイプ適用
深度	50m 程度まで	試験的には 0.9 MPa の耐水圧確認
路下施工	可能	分割タイプ採用

3. スライドゲート構造

(1) 全体構造

スライドゲートとは、シールド発進・到達位置に開口部を設けて、その開口部を引上げ可能な鋼板（ゲート）で閉塞したユニットを言い、

- ・ゲート背面からの漏水を防止する背面パッキン止水構造、
 - ・ゲート引上げ部スリットからの漏水を防止するゲートパッキン止水構造、
 - ・ゲート背面の土圧水圧に対抗するゲート支持構造、
 - ・開口部の欠円を補強する開口補強構造、
- より構成される。

またユニット上部の土留め部をゲート引上げ部リングといい、ゲートの引上げスペースを確保する構造と

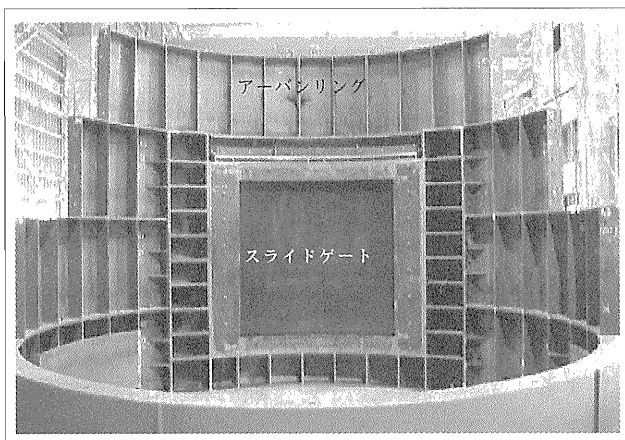


写真-1 スライドゲート仮組み状況

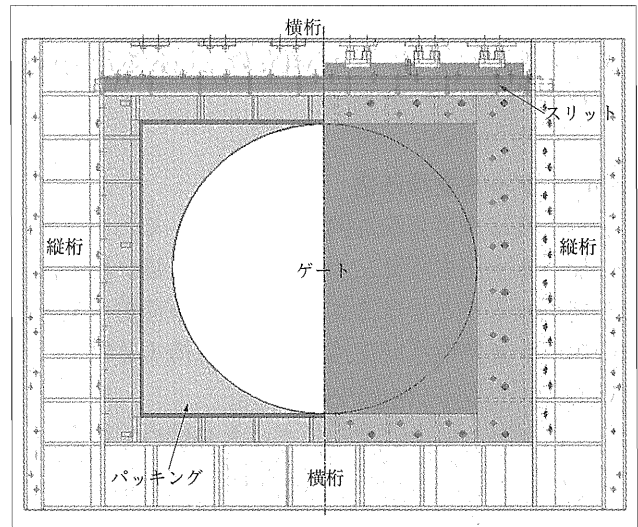


図-3 スライドゲート構造

している。

なお、シールド発進・到達にはスライドゲート前面にエントランスが設置される。

スライドゲートの仮組状況を写真-1 に、またスライドゲートの構造を図-3 に示す。

(2) 背面パッキン止水構造

背面パッキンは地山からの漏水を防止するものであり、ゲート押込みボルトを締めこんで、ゲートを背面パッキンに押付けることにより止水する。ゲート引上げはこのボルトを緩めて行ふ。モデル試験により最大 0.9 MPa の耐水圧を確認している。

図-4 に背面パッキンの止水構造を示す。

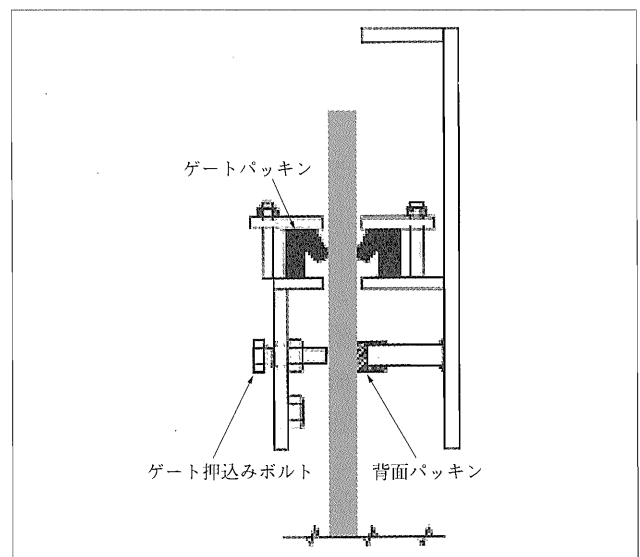


図-4 スライドゲート止水構造

(3) ゲートパッキン止水構造

ゲート引上げに伴うスリットからの漏水を防止するものであり、シールに加わる水圧を利用して漏水を防

止する逆V字型のセルフシールを採用している。

モデル試験により、1.0 MPa以上の耐水压を確認している。

(4) ゲート支持構造

ゲート板は水平方向に円弧状をしているため、ゲートに加わる土圧水压は、ゲート板左右両端に軸方向力として加わることとなることから、その荷重を左右両端のゲート支持板及び支持ボルトで支持する構造としている。

なお、ゲート引上げはこのボルトを緩めて行う。

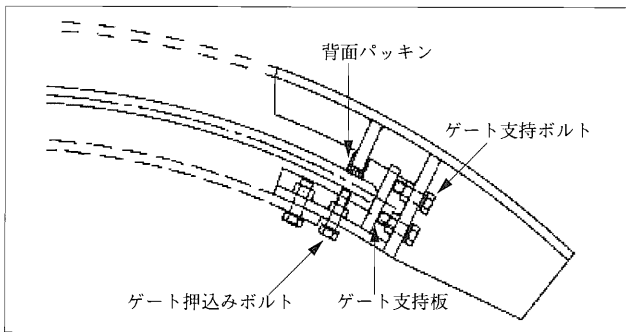


図-5 ゲート支持構造

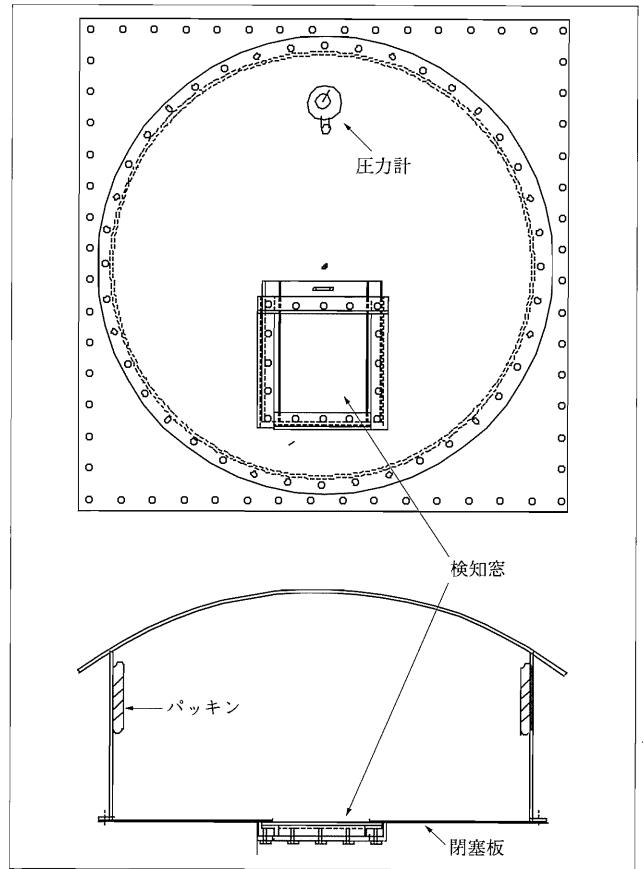


図-7 エントランス構造 (到達用)

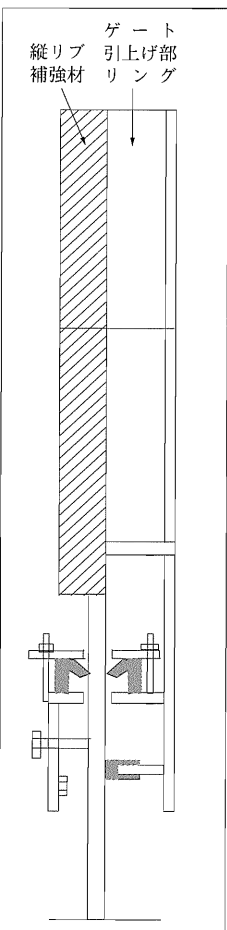


図-6 ゲート引上げ部リング

(5) 開口補強構造

円形開口の補強を行うものであり、図-5に示すように左右両端の縦桁および上段横桁、下段横桁により構成される。

(6) その他

(a) ゲート引上げ部リング (図-6)

スライドゲートの上部側のゲート引上げ部分の土留めは、ゲートの引上げ空間の確保のためアーバンリング桁高を一般部より低くする必要があり、その補強のため縦リブ補強材を設置する。なお、この補強材は最下端をゲートに密着することによりゲート板にも圧入力を伝達する構造としている。

(b) エントランス構造

エントランスは図-7、図-8に示すように、円筒形の金枠及びパッキンより構成され、また到達の場合は金枠の前面に閉塞板が設置される。

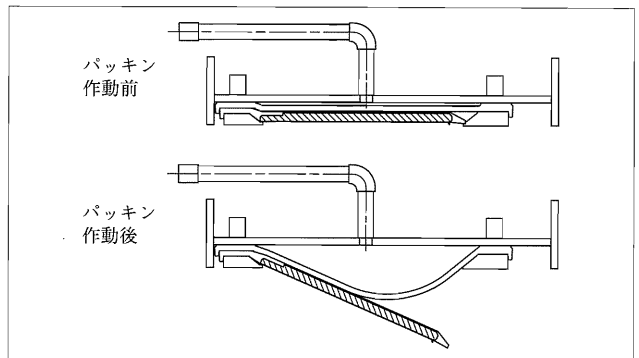


図-8 発進用パッキン例

パッキンは、シールドマシンの態様により、1段又は2段のパッキンが採用される。

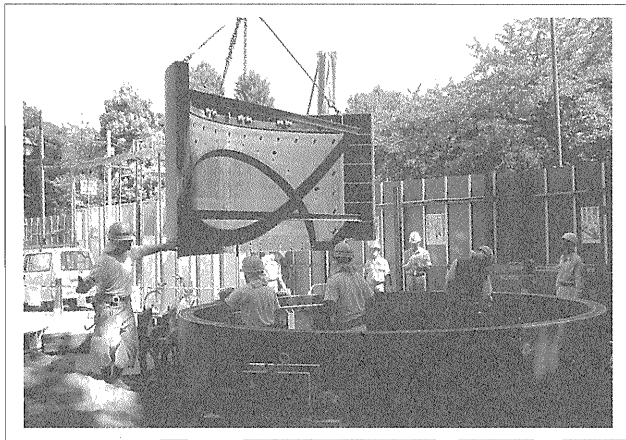
また本エントランスはボルトにより容易にスライドゲートに設置可能である。

4. 施工概要

(1) スライドゲート設置・沈設

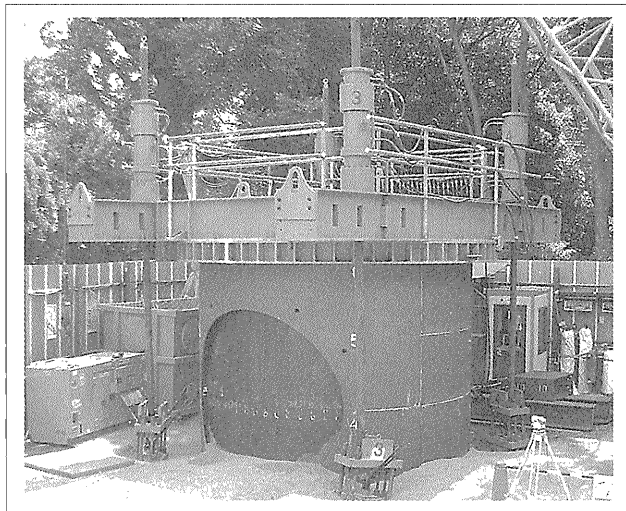
スライドゲートは地上でアーバンリングに組込んで沈設する。アーバンリングの一般的な施工法の説明は省略するが、スライドゲート(分割タイプの場合)に関する部分の施工方法は以下のとおりである。

- ① アーバンリングの所定の位置にスライドゲート下部ユニットを設置する。
- ② 下部ユニット高さ分のアーバンリングを組立て、圧入掘削する。なお、沈設しながらスライドゲート背面部の空隙に砂を充填する。
- ③ 下部ユニット接合面にシール材及び水膨張剤を貼付し、その上に上部ユニットを設置する。ゲート同士はボルトにより接合する (写真—2)。



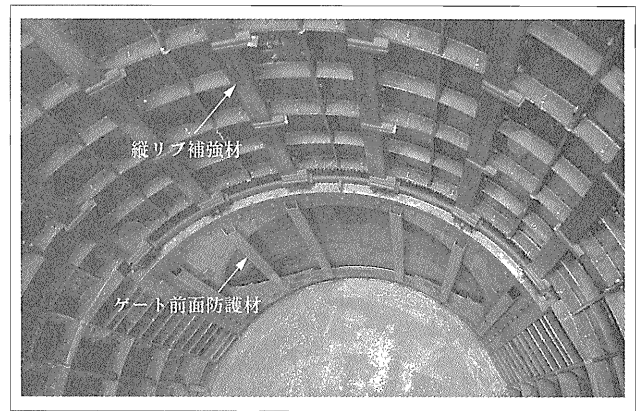
写真—2 上部ユニット設置状況

- ④ 上部ユニット高さ分のアーバンリングを組立て、圧入掘削する (写真—3)。



写真—3 上部ユニット圧入沈設状況

- ⑤ ゲート引上げ部リングを組立て、さらに縦リブ補強材を設置する。
- ⑥ 以下アーバンリングを組立て沈設し、立坑を完成する (写真—4)。
なお、施工上の留意点は以下のとおりである。
- ① アーバンリング圧入沈設装置のテンションロッドの長さは、スライドゲートの高さに応じた長さにする必要がある。



写真—4 立坑完成状況

- ② 特に到達の場合、ゲート部リング周面の裏込め注入は一般部の注入とは別系統として固結度が弱いグラウトを注入する (グラウトの塊がエントランスパッキンに悪影響を及ぼすのを防止するため)。
- ③ スライドゲート前面を掘削バケットによる損傷から防護するため、ゲート前面に溝型鋼の防護材を仮溶接する。

(2) シールド発進・到達

シールド到達の例について施工方法を説明する。

(a) 到達準備

ゲート前面防護材の撤去、作業用足場設置、基礎台設置、注入用バルブの設置等を行う。

(b) エントランス設置 (写真—5)

エントランスを吊り降ろし、スライドゲート前面にボルトで接合した後、配管、バルブ、ゲージ等を取付ける。

また、エントランス前面に閉塞板を設置する。



写真—5 エントランス設置状況

表-2 高濃度泥水配合例 (1 m³ 当たり)

A 液		B 液
クリーンバック助材	水	クリーンバック急硬材
170 kg	822 L	110 L

(備考) 粘性: 30,000 cP

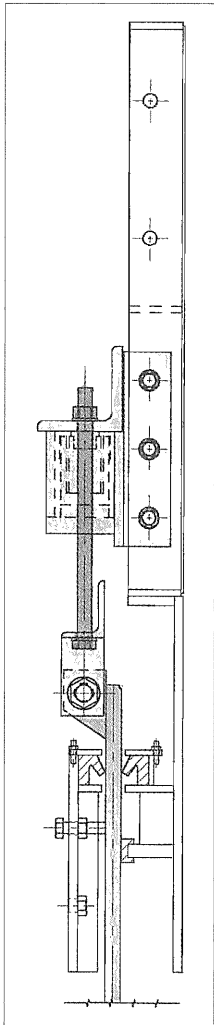


図-9 ゲート引上げ状況

(c) ゲート引上げ準備, 高濃度泥水充填

縦リブ補強材の撤去, ゲートの拔出し防止のためのゲートストップの設置, ゲート引上げ装置 (23 t ジャッキ 2 基) の設置を行う。

エントランス内に高濃度泥水 (表-2) を充填し, 地下水圧と同等になるよう加圧する。

(d) ゲート引上げ (図-9, 写真-6)

ゲート押し込みボルト, ゲート支持ボルトを緩め, ゲートをフリーの状態にした後, ゲート引上げ装置により引上げ, ある程度引上げた後負荷が軽くなったら, クレーンにて引上げる。所定の位置まで引上げたら, ゲートを固定する。

(e) マシン到達 (図-10)

マシン側から高濃度泥水を排出しながらマシンをエントランス内に誘導した後, エントランスパッキンを膨らませ, マシン外周に密着させる。

閉塞板に設置された止水検知用窓を開け, パッキンの止水状況を確認し, 漏水がないことを確かめ

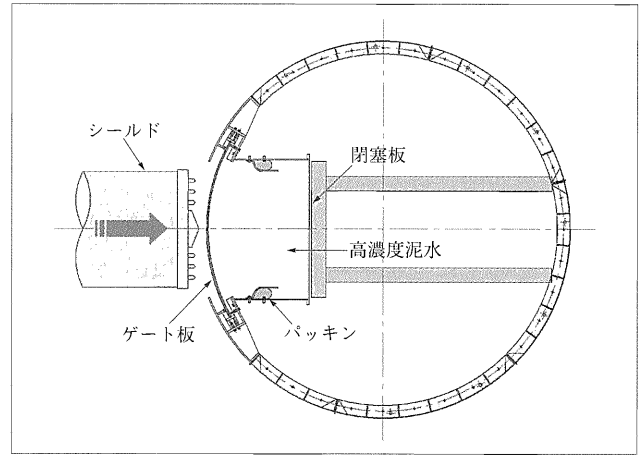


図-10 シールド到達状況

た後閉塞板を撤去する。

(f) 裏込め注入・エントランス撤去

スライドゲート前面のグラウト管から裏込め材 (表-3) を注入し, 高濃度泥水と置換する。

エントランスを撤去する場合は, マシン内側からも裏込めを注入する。さらに必要により, スライドゲート前面の注入用バルブを通じて止水注入も考慮する。

表-3 裏込め材配合例 (1 m³ 当たり)

A 液				B 液
クリーンバック 固化材	クリーンバック 助材	クリーンバック 安定剤	水	クリーンバック 急硬材
260 kg	60 L	3.0 kg	807 L	80 L

5. 耐水圧試験

スライドゲートの各パッキン及び分割ユニット接合部の耐水圧性能確認のため, モデル装置 (横 1.9 m, 縦 1.2 m) を使用して試験を行った (写真-7)。

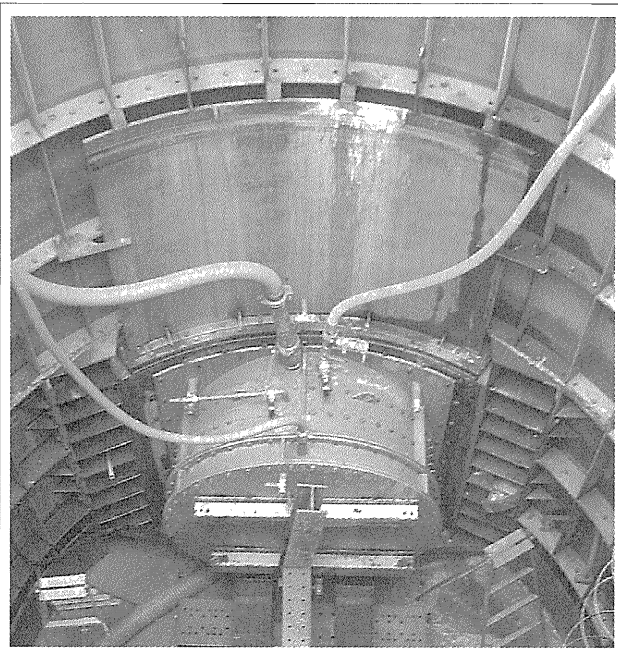


写真-6 ゲート引上げ状況

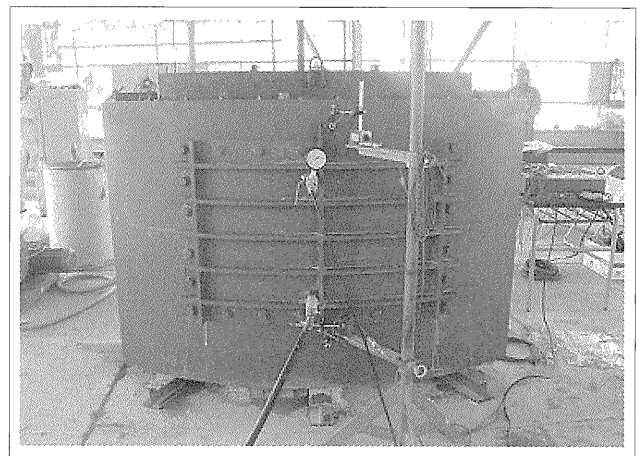


写真-7 耐水圧試験状況

(1) 背面加圧試験

スライドゲートモデル背面側の開口部を閉塞し、背面側に水圧をかけることにより、背面パッキン及びスライドゲートユニット接合部の止水性能を把握する。

(2) スリット部加圧試験

スライドゲートモデルの背面及び前面の開口部を閉塞し、ゲート前面及び背面を導通状態として水圧をかけ、スリット部ゲートパッキンの耐水圧性能を把握する。

試験結果は以下のとおりである。

- ① 背面パッキンの耐水圧は0.9 MPa である。
- ② セルフシールの耐水圧は1.0 MPa 以上である。
- ③ ゲート板接合部の耐水圧は0.9 MPa 以上である。
またユニット接合部（ゲート板接合部は除く）の耐水圧は1.0 MPa 以上である。

6. おわりに

スライドゲートは現在建設工事において求められている経済性、工期短縮、環境負荷軽減という課題を同時に満足させる非常に現代にマッチした工法であると考えており、今後各方面で活用されることを期待している。

最後に本開発の共同開発者でもある佐藤工業株式会社はじめ、ご協力いただきました皆様に深く感謝の意を表します。

JCMA

[筆者紹介]

佐藤 修一（さとう しゅういち）
JFE 建材株式会社
参与（スライドゲートプロジェクト）



建設機械用語集

- ・建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- ・建設機械関係基本用語約 2000 語（和・英）を収録。
- ・建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価 2,100 円（消費税込）：送料 600 円
会員 1,890 円（消費税込）：送料 600 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289