

三協Mirai News



2018年秋号 No. 23

三協Miraiからお届けする、技術情報ニュースです



- シリーズ「歴史」トンネル(6)
- 特集 塩化物イオン含有量
- 技術ニュース「回収骨材の使用に関する告示の改正
(国土交通省)」
- 日本のコンクリート構造物

トンネル（6）

■シールドトンネル

羽越線・折渡トンネルにつづいて、日本で2例目のシールド工法が、丹那トンネル(1918年(大正15年)着工、1934年(昭和9年)完成、シールド工法は1926年に使用：2017年夏号・No18参照)の迂回水抜坑で試みられました。しかし地盤がシールド工法に適していなかったため成功しませんでした。

日本で初めてのシールド工法の成功例とされているのが関門鉄道トンネルです。関門鉄道トンネルは山口県下関市と福岡県北九州市を結ぶ世界初の海底トンネルで、1942年(昭和17年)に下り線が、1944年(昭和19年)に上り線が開通しました。トンネル延長は上り線3,604m、下り線3,614mで、山岳工法、開削工法、ケーソン工法、圧気工法が使用されています。このうち上り線では404m、下り線では725.8mがシールド工法で施工されています。

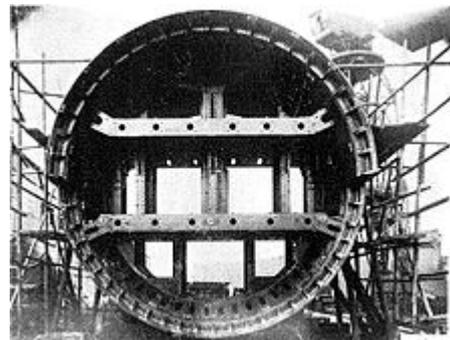
当時はアメリカ、イギリス、フランスなどにシールド工法の実績が集中しており、日本では折渡トンネル、丹那トンネルの採用実績があるだけでした。どちらも地質やその他の関係で十分な成果が得られていない状況でしたが、関門鉄道トンネルでは内径7,000mmの本格的な大断面シールドが採用されました。また、シールドの設計、製作、材料のすべてを国産で行う方針で、外国技術者の招聘も行わずに工事が開始されました。

関門鉄道トンネルでは、シールド工法と圧気工法が併用されました。門司側では、シールド掘進中に緩い貝殻混じり砂層が出現し、シールドの圧気が海底面に噴き出す重大な状

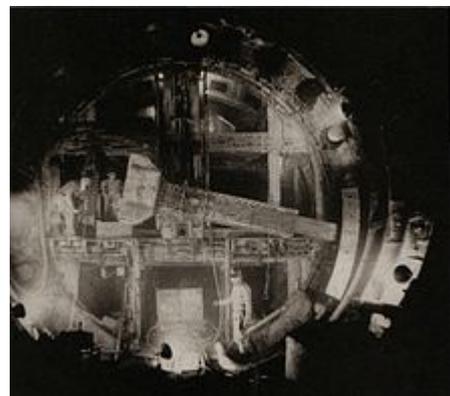
況になり工事が中断したこともありました。しかし海底に粘土や石を投入したり、貝殻層にセメントや薬液を注入し、無事シールド工事を終えることができました。



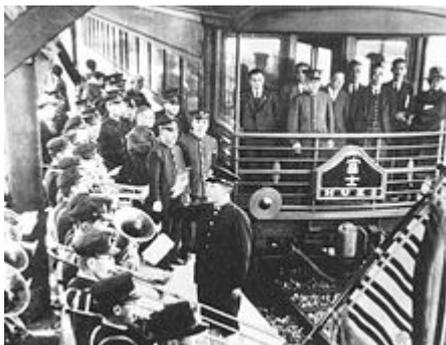
関門海峡の海底調査に用いられた潜水艇



関門鉄道トンネル用のシールドマシン



稼働中のシールドマシン、右側の扇形のもものがセグメント



旅客営業開始日の様子

[1942年（昭和17年）11月15日、門司駅]

関門国道トンネルは山口県下関市と福岡県北九州市を結ぶ国道2号の海底トンネルです。1937年（昭和12年）に着工しましたが、1945年（昭和20年）戦争により中断され、ようやく1952年（昭和27年）に工事が再開され、着工から21年の歳月をかけて1958年（昭和33年）に開通しました。海底部の780mはトンネル断面の上3分の2程度が車道、下3分の1程度が人道の2層構造になっています。人道は歩行者、自転車、50cc以下の原動機付自転車が利用できますが、前後のアプローチ部は車道のみなので、歩行者などは迂回ルートを通るようになっています。

このトンネルには日本で初めて採用されたルーフシールド工法が使われています。ルーフシールド工法とは、天盤だけをシールドで支持する工法で、工費節約のために採用されました。



関門国道トンネル用の下関側出入口



人道の県境部

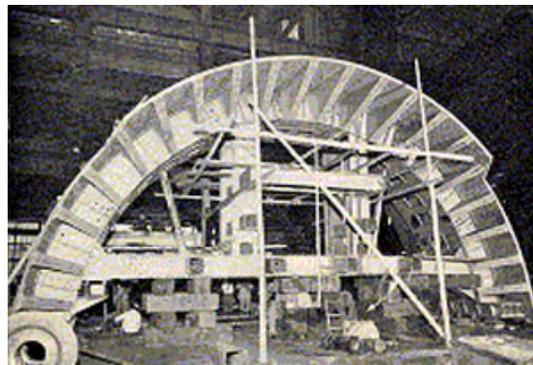


車道の県境部

日本の都市土木で初めてシールド工法が採用されたのは、地下鉄丸の内線の国会議事堂前駅～赤坂見附駅間のトンネルです。

現在、地下鉄の建設工法は、地表から必要な断面を掘り下げ、鉄筋コンクリートなどでトンネルの断面を完成させた後に埋め戻す「開削工法」と、「シールド工法」の二つに大きく分けられます。開削工法は主に駅部に、シールド工法は主に駅間部で用いられます。

地下鉄丸の内線の国会議事堂前駅～赤坂見附駅間の工区は国会議事堂の下にあたり、トンネル位置が深いため、地下鉄建設で初めてシールド工法が採用されました。このシールド工法は関門国道トンネルと同じルーフシールド工法です。着工は1950年（昭和25年）で、1959年（昭和34年）に完成しました。トンネルの延長は231mです。



ルーフシールドマシン

特集

塩化物イオン含有量

塩化物イオン含有量の測定

硬化コンクリート中の塩化物イオンには、セメント鉱物と反応して化合物として固定されたイオン（フリーデル氏塩）やセメント水和物に吸着されているイオンと、細孔溶液中に溶解しているイオンがあります。

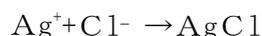
固定・吸着されている塩化物イオンと細孔溶液中に溶解している塩化物イオンの全量を、全塩化物イオン量とといいます。また細孔溶液中に溶解している塩化物イオン量を、可溶性塩化物イオン量とといいます。可溶性塩化物イオンは鋼材の腐食に直接関与する塩化物イオンです。

全塩化物イオン量の測定では、強酸でコンクリートをほぼ完全に分解して塩化物イオンを溶出させます。一方、可溶性塩化物イオン量は50℃の温水に可溶性塩化物イオンを抽出します。

塩化物イオン量を化学分析により測定する方法は、重量法、容積法、吸光光度法、電気化学的方法、イオンクロマトグラフ法等があります。これらの測定方法の代表的な手法についてご紹介します。

重量法（塩化銀沈殿法）

塩化銀沈殿法では、硫酸塩溶液中で、塩化物イオンが銀イオンと次式のように反応して生じる塩化銀（白色沈殿物）の重量を測定することによって、塩化物イオン量を算出します。



この方法は、容量法に比べて沈殿するまでの時間が長く



塩化銀

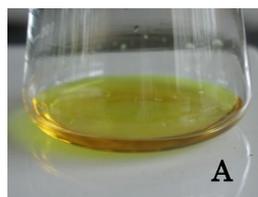
かかり（2～3時間）、塩化銀の溶解や光による塩化銀の分解による誤差が生じやすいという欠点があります。

定量下限は、生成した塩化銀の溶解度によって異なります。

容積法（モール法）

モール法では、塩化物イオンを含有した溶液に、指示薬としてクロム酸カリウムを加えます。つぎに、この溶液に硝酸銀溶液を滴下していくと、塩化物イオンは塩化銀として沈殿します。塩化物イオンが塩化銀として完全に沈殿した後、続けて滴下される余剰の硝酸銀とクロム酸が反応し、赤褐色のクロム酸銀が生じます。この呈色をもって終点とし、終点までの硝酸銀溶液の滴下量から、塩化物イオン量を算出します。

最適pHは6.8～10.5の範囲で、定量下限はCl⁻として20ppmで、微量分析には適しません。



A



B



C

- A : 滴定前
- B : 滴定中
- C : 終点后

容積法には、モール法のほかに硝酸第二水銀法があります。この方法はジフェニルカルバゾンを示指示薬として、水銀第二水銀溶液で滴定する方法です。この方法はpHが重要で、最適pHは3.1で、その時の定量下限はCl⁻

として0.4ppmとなります。この方法は工業排水の試験方法として採用されています。

吸光光度法（チオシアン酸第二水銀法）

吸光光度法は、試料溶液に光をあて、その光が通過する際の、対象となる物質による光の吸収の程度、すなわち吸光度を測定することにより、その物質の濃度を定量的に分析する方法です。

測定は、試料溶液にチオシアン酸第二水銀を加え、塩化物イオンを塩化第二水銀とします。この時遊離するチオシアン酸イオンとあらかじめ加えてある硫酸第二鉄アンモニウムの第二鉄イオンが反応して生成する赤色の錯イオンを、波長460nmでその吸光度を測定します。この吸光度をもとに、検量線から塩化物イオン量を求めます。

定量下限はCl⁻として0.1ppmとなります。この方法は工業用水の試験方法として採用されています。



吸光光度計

吸光光度法には、その他の方法としてクロム酸銀法があります。この方法はクロム酸銀を加えて波長366nmまたは405nmで吸光度を測定します。チオシアン酸第二水銀法に比べて多少感度が落ちて、定量下限はCl⁻として1ppmとなります。

電気化学的方法（電位差滴定法）

電位差滴定法は、反応そのものはモール法

と同じ、硝酸銀を用いた塩化物イオンの沈殿滴定法です。反応の当量点近傍で被測定液の特性に大きな変化が生じるのを電極電位の測定から把握する方法です。指示薬のように呈色の変化を見るのではなく、電気化学的な変化を捉えるので、微量分析にも適用することができます。指示電極は塩化物イオン電極を使用します。



電位差滴定装置

電気化学的方法には、このほかにイオン電極法、電導度滴定法、電量滴定法などがあります。

イオンクロマトグラフ法

イオンクロマトグラフ法では、塩化物イオン量に対応したイオン交換樹脂を充填した分離カラムに、塩化物イオンを含有した溶液を注入します。分離カラムによって各イオンに分離して、除去カラムで精製したものを電気伝導検出器を用いて定量します。

この方法は、複雑な前処理操作が必要なく、試料液量が0.5~1mlの少量でよく、また検量線の直線性にも優れています。そのため測定したいイオンをppmあるいはppbレベルまで迅速に分析することが可能です。



イオンクロマトグラフ

回収骨材の使用に関する告示の改正（国土交通省）

国土交通省は、回収骨材^{*1}を使用したコンクリートについて、建築基準法に基づく大臣認定を受けることなく建築物の基礎や主要構造部に使用できるよう、告示^{*2}を改正し平成30年6月14日に公布・施行しました。国土交通省が発表した改正の背景と、改正の内容をご紹介します。

- ※1 自工場から出荷後、使用されなかった戻りコンクリートから骨材（砂や砂利等）を洗浄し回収したものであるもの
- ※2 建築物の基礎、主要構造物等に使用する建築材料並びにこれらの建築材料が適合すべき日本工業規格又は日本農林規格及び品質に関する技術的基準を定める件（平成12年建設省告示第1446号）

1. 改正の背景

建築物の基礎や主要構造部などに用いる木材、鋼材、コンクリートなどの建設材料で、国土交通大臣が告示で定める建築材料（指定建築材料）については、国土交通大臣が告示で指定するJIS（日本工業規格）等に適合するか、国土交通大臣の認定を受ける必要があります。（建築基準法第37号）

コンクリートが適合すべき品質に関する規格として、JIS A5308（レディーミクストコンクリート^{*3}）-2014が定められています。このJIS規格のうち回収骨材に関する規定については、建築材料として使用する場合における管理方法等の知見が得られていなかったことから、国土交通大臣の告示では適用を除外し、回収骨材を使用する場合には個別に国土交通大臣の認定を受ける必要がありました。

今般、国土交通省において、JIS A5308-2014に従い品質管理された回収骨材を使用したコンクリートについて、建築物に使用することに問題ないことが確認されました^{*4}。

- ※3 工場でセメント、骨材（砂や砂利等）、水などを配合して製造し、打設現場まで運搬されるコンクリート
- ※4 平成29年度建築基準整備促進事業「S26 建築材料における回収骨材の使用に関する検討」の成果概要を参照 国土交通省HP <http://www.mlit.go.jp/common/001234634.pdf>

2. 改正の内容

国土交通大臣の告示において、コンクリートが適合すべき品質に関する規格JIS A5308-2014のうち、回収骨材を使用したコンクリートを除外する規定を削除します。

これにより、回収骨材を使用したコンクリートでJISに適合したものは、個別に大臣認定を受けることなく、建築材料に使用できることとなり、リサイクルによる環境負荷の低減が図られます。

日本のコンクリート構造物

戦前期の前衛建築の最高傑作 —渡辺翁記念会館—

宇部市渡辺翁記念会館(通称:宇部市民館)は、宇部市発展の基礎を築いた宇部興産の創業者、渡辺祐策の功績を記念して建設されました。竣工は1937年(昭和12年)で、周囲の公園と共に宇部市に寄贈されました。記念会館は著名な建築家、村野藤吾の設計で、戦前期の前衛建築の最高傑作の一つに数えられています。建物は鉄筋コンクリート構造で、会館前には記念碑と6本の記念柱があります。これらは会館を寄贈した7つの企業を象徴しています。会館は良質な材料が使用されたことや、適切な維持管理が行われてきたことから、西日本で最も歴史のある音楽ホールとして今日でも国内外の演奏家によって利用されています。2005年(平成17年)に、村野の作品として初めて国の重要文化財に指定されました。



全景



文化ホール



ホワイエのマッシュルーム形柱(フラットスラブ構造)



炭鉱従事者のレリーフ

三協M i r a i 株式会社

本 社	〒105-0013	東京都港区浜松町 1-9-10 (DaiwaA 浜松町ビル) Tel. 03(3431)8266/Fax. 03(3434)5422
大阪支店	〒541-0059	大阪市中央区博労町 3-3-7(ビル博丈) Tel. 06(6252)7075/Fax. 06(6252)7076
仙台営業所	〒980-0023	仙台市青葉区北目町 2-39(東北中心ビル) Tel. 022(266)4662/Fax. 022(266)4663
福岡営業所	〒812-0013	福岡市博多区博多駅東 2-4-17(第六岡部ビル) Tel. 092(481)3265/Fax. 092(481)3266



発行 三協M i r a i 株式会社
東京都港区浜松町 1-9-10 (DaiwaA 浜松町ビル)
U R L : <http://www.sankyomirai.co.jp>