

シールドトンネルの施工に係る 安全対策検討会

報告書

平成 28 年 6 月

厚生労働省労働基準局安全衛生部

目 次

I	開催要項	1
II	参集者名簿	2
III	検討の経緯	3
IV	岡山県倉敷市内の海底シールドトンネル水没災害の概要	4
V	シールドトンネルの施工に係る安全対策に係る提言	13
VI	参考資料	17

I 開催要項

シールドトンネルの施工に係る安全対策検討会開催要綱

1 趣旨

トンネル建設工事においては、年間 60～100 人の休業 4 日以上之死傷災害が発生しているが、そのうちシールドトンネルにおいても、少なからず発生しているところである。

こうした中、平成 24 年 2 月 7 日、岡山県で海底シールドトンネルの施工中、作業員 5 名が死亡するという重大な崩壊水没災害が発生した。

このようなことから、標記検討会を開催し、シールドトンネルの施工に係る安全対策について検討を行うことにする。

2 開催方法及び参集者

(1) 本検討会は、厚生労働省労働基準局安全衛生部長がシールドトンネルの施工について知見を有する者を参集し、構成する。

また、オブザーバーとして国土交通省からの参加を求めるものとする。

(2) 座長は、参集者がその互選により選任する。座長は、検討会の議事を整理する。

(3) 本検討会は、必要に応じ、参集者以外の者に出席を求め、意見を徴することができる。

(4) 本検討会は、非公開とする。

(5) 本検討会に係る事務は、厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課建設安全対策室が行う。

3 検討事項

(1) シールドトンネルの施工に係る具体的な安全対策

(2) その他

II 参集者名簿

シールドトンネルの施工に係る安全対策検討会参集者名簿

東京都立大学名誉教授 今田 徹 (座長)

立命館大学総合科学技術研究機構客員教授 小山 幸則

東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部土木担当部長 小西 真治

独立行政法人労働者健康安全機構
労働安全衛生総合研究所長 豊澤 康男

(オブザーバー)

国土交通省大臣官房技術調査課長補佐 堤 英彰

Ⅲ 検討の経緯

第1回 平成27年6月30日(火) 13:30～15:30

- ・ 岡山県倉敷市内の海底シールドトンネル建設工事中に発生した崩壊水没災害の概要について
- ・ 設計・計画時及び施工時の問題点について
- ・ その他

第2回 平成27年9月15日(火) 13:30～15:30

- ・ シールドトンネルの施工に係る安全対策のあり方
- ・ その他

第3回 平成28年4月25日(月) 10:00～12:00

- ・ シールドトンネルの施工に係る安全対策のあり方
- ・ その他

※第3回は、平成28年3月に本件災害についての業務上過失致死傷に係る捜査事案について、岡山地方検察庁が不起訴とすることを決定し、本件災害に係る捜査及び裁判に影響を与えるおそれがなくなったため、参集者了解のもと、公開で行った。

IV 岡山県倉敷市内の海底シールドトンネル水没災害の概要

1 災害発生日

平成24年2月7日（火） 午後0時20分頃

2 災害発生場所

岡山県倉敷市（JX日鉱日石エネルギー（株）水島製油所B工場内）

3 工事の概要

(1) 工事名 第二パイプライン防護設備建設工事

(2) 発注者 JX日鉱日石エネルギー（株）

(3) 元請 鹿島建設（株）中国支店

(4) 工期 平成22年8月～平成25年6月

(5) 工事内容

JX日鉱日石エネルギーA工場、B工場間の水島港を横断する配管施設用トンネル（横坑）を海底に構築するもの。トンネルは、B工場敷地内に構築した立坑から泥土圧シールド工法により掘削する。

トンネルについては、外径4,820mm、内径4,500mm、延長790m、上り0.77‰、最小曲率半径 $R\infty$ 、土被り5.5m～28mである。（図1参照）

セグメントはRC造で、外径4,820mm、内径4,500mm、桁高160mm、幅1,400mmである。5個のセグメントでリングを構成し、557個のリングでトンネルを構成する予定であった。

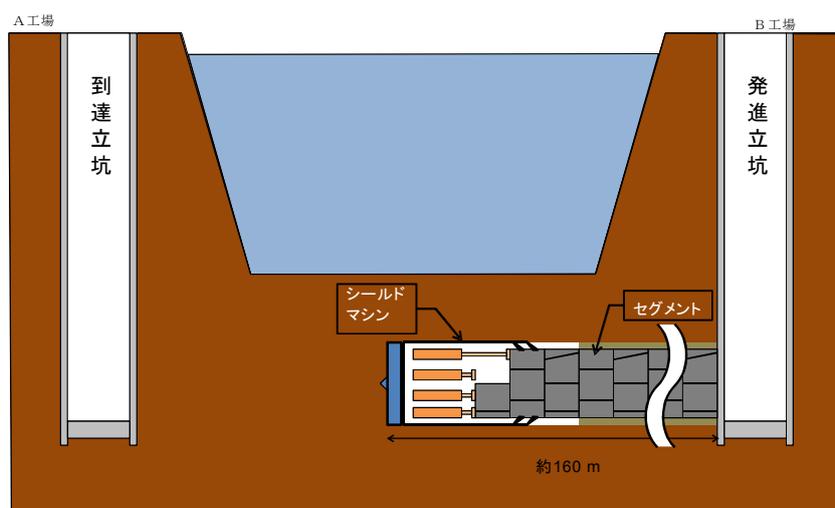


図1 工事のイメージ図

(5) その他

以下の点が本件工事の特徴として挙げられる。

- ・土被りの浅い海底下の掘進を行うこと。
- ・地質は玉石、砂れき層で、砂れきの最大粒径は 300～400mm が予想されていたこと。
- ・トンネル中心付近では、0.29MPa の水圧がかかると予想されていたこと。

4 災害発生状況

災害発生までに立坑から約 160m 掘進し、109 リングまでが組立てられていた。

当日は 110 から 114 リングの掘進及び 113 リングまでの組立てを行う予定であった。午前 7 時 20 分頃から作業を開始し、午前 11 時 45 分までに 111 リングの組立て及び 112 リングの掘進を終了した。

正午前頃、トンネル内でドーンと音がし、警報装置から電子音が鳴り始めた。この時点で出水が始まったものと思われる。

一次下請の切羽作業員 A、シールドマシンオペレーター B が切羽にいたが、B は当時地上にいた一次下請の職長 C を呼びに行き、C とともに切羽に戻った。

午後 0 時 20 分頃、トンネル内で二度大きな音がし、大規模な出水が始まった。C は立坑下に向かって「逃げろ」と叫んだが、二次下請のバッテリーロコ（蓄電池式軌道車）オペレーター D は切羽方向に向かっていった。立坑下には、他に二次下請の切羽作業員 E、一次下請の立坑下作業員 F がいた。F は階段で地上に避難したが、途中で海水に押し上げられるような形で立坑の入り口付近まで流され、地上に脱出した。

立坑付近は泥水で水浸しになり、中央管理室は床上まで浸水した。

一次下請の A、B、C、二次下請の D、E の 5 名が行方不明となり、後日遺体で発見された。

5 災害発生までの経過

- ・平成 23 年 12 月 10 日、5, 6 リングでテーパセグメントを組み、左向きに蛇行修正。
- ・12 月 20 日、24 リングでテーパセグメントを組み、右向きに蛇行修正。
- ・平成 24 年 1 月 21 日、初期掘進後の再測量により、基線より左 174mm にあることが判明。その後、53, 54 リングで最高 325mm 左に変位。
- ・1 月 24 日、32 リングで上向き蛇行修正。
- ・1 月 25 日、テールシールに裏込材が固結していることを確認。
- ・同日、39 リングで右向き蛇行修正。
- ・1 月 26 日、50 リング掘進中に 49 リング K セグメントに鉄筋が出る割れが発生。

- ・1月27日、53, 54リングで右向き蛇行修正。
- ・1月30日、パテグリスポンプの不調によりパテグリスが注入されず、テールより裏込材噴出が多発。
- ・1月31日、70リングのKセグメントに剥離しかけのクラックが発生。
- ・2月1日、シールドマシンを左に向けるようジャッキを操作したところセグメントに数カ所割れが発生。
- ・2月2日、83リング掘進中に83リングのKセグメントに割れが発生。
- ・2月6日、105リング掘進中に104リングのKセグメントに割れが発生。
- ・2月7日、112リング掘進、111リング組立て終了後の正午前に出水。その後出水が激しくなり水没。

6 災害発生原因

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所の調査結果から、災害発生メカニズム及び災害発生原因については、以下のとおりと考えられる。

(1) 災害発生メカニズム

- ① 26リングにおいて掘進線が設計計画線から切羽に向かって左に約200mmずれていることを確認した（立坑及び横坑の測量結果より。図2参照）。

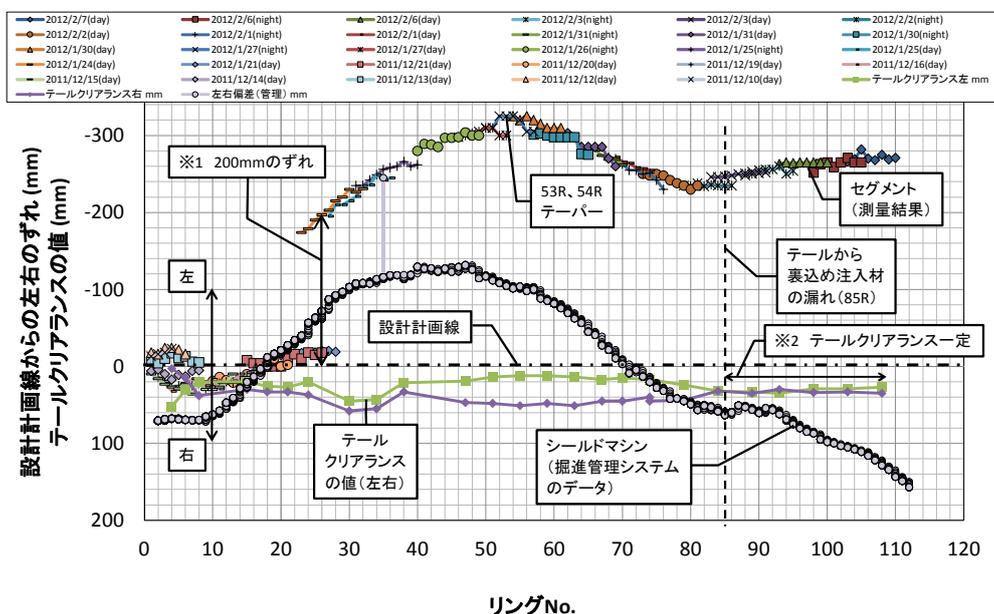


図2 トンネルの設計計画線からの左右のずれ及びテールクリアランス

- ② 85リングの掘進中又は組立て時に、裏込め注入材がシールドマシンのテール部を通過し坑内に漏れ出し、テールブラシ内で裏込め注入材が固結し始めた。そのため、85リング以降、テールクリアランスの値がほぼ一定値とな

った（掘進管理システムデータより。図2参照）。

- ③ 94 リング付近から、セグメントの線形を設計計画線に戻すため、シールドマシンを切羽に向かってさらに右方向に向けるが、セグメントは逆に左方向に向かい、シールドマシンとセグメントの方向に齟齬が発生した。そのため、裏込め注入材が固結したテールブラシとセグメントの競りが発生した（図3参照）。
- ④ 112 リングのB 2セグメントを組立てようと 111 リングのKセグメントを支持していたジャッキを引き抜いたところ、シールドマシン前方からの切羽圧によってシールドマシンがテールを下げ、セグメント上部との競りが発生した（掘進管理システムのデータから）。
- ⑤ 111 リングのKセグメントが切羽側に抜け出そうとし、リング継手が損傷し、111 リングのB 1、B 2セグメントのリング継手（110 リング側）の一部がせん断した。直後に 111 リングのK、B 1、B 2 が坑内にわずかに垂れ下がった（リング継手の分析からの推定）。
- ⑥ 坑内への出水が始まり、切羽圧が低下し始めた（掘進管理システムのデータから）。

- ⑦ 漏電により、シールドマシンの電気システムが使用不能となった（掘進管理システムのデータから）。
- ⑧ 出水が継続したことにより、地盤の緩みを引き起こし、110 リング及び 111 リングの上部に作用する荷重が増大した（推定）。

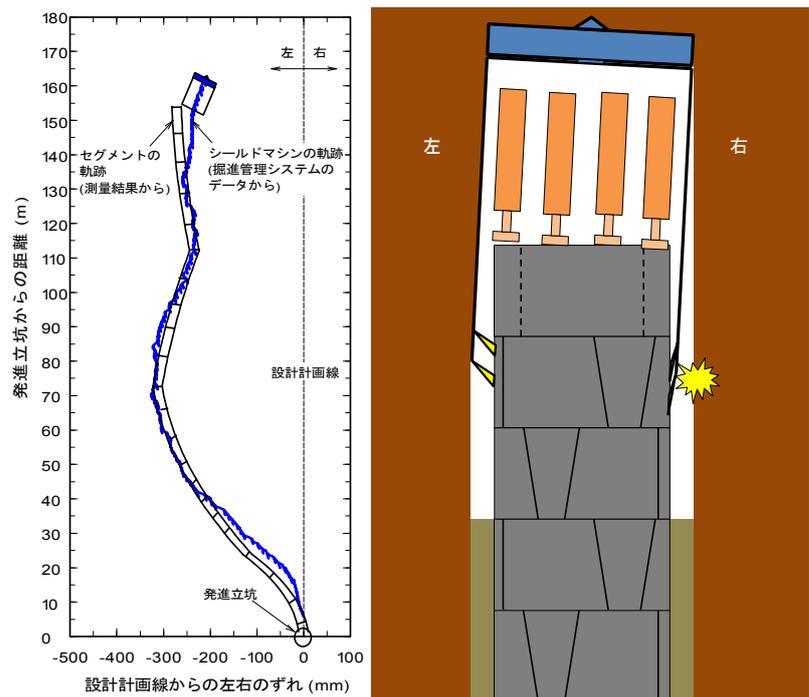


図3 横坑の設計計画線からの左右のずれとシールドマシンとセグメントとの競りのイメージ図

- ⑨ 110 リング、111 リングの変形が進行し、両リングが崩壊し、大規模出水に至った（セグメントの破損状況の調査、個別要素法によりセグメント崩壊メ

カニズムをシミュレーションした結果から。図4参照)。

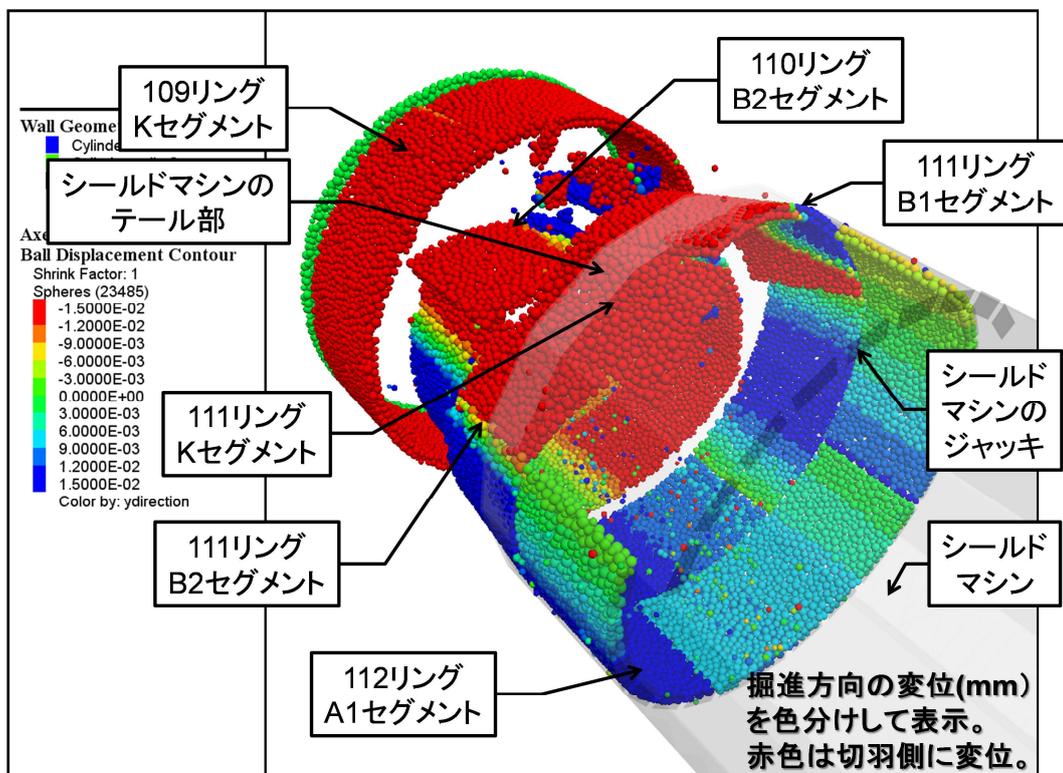
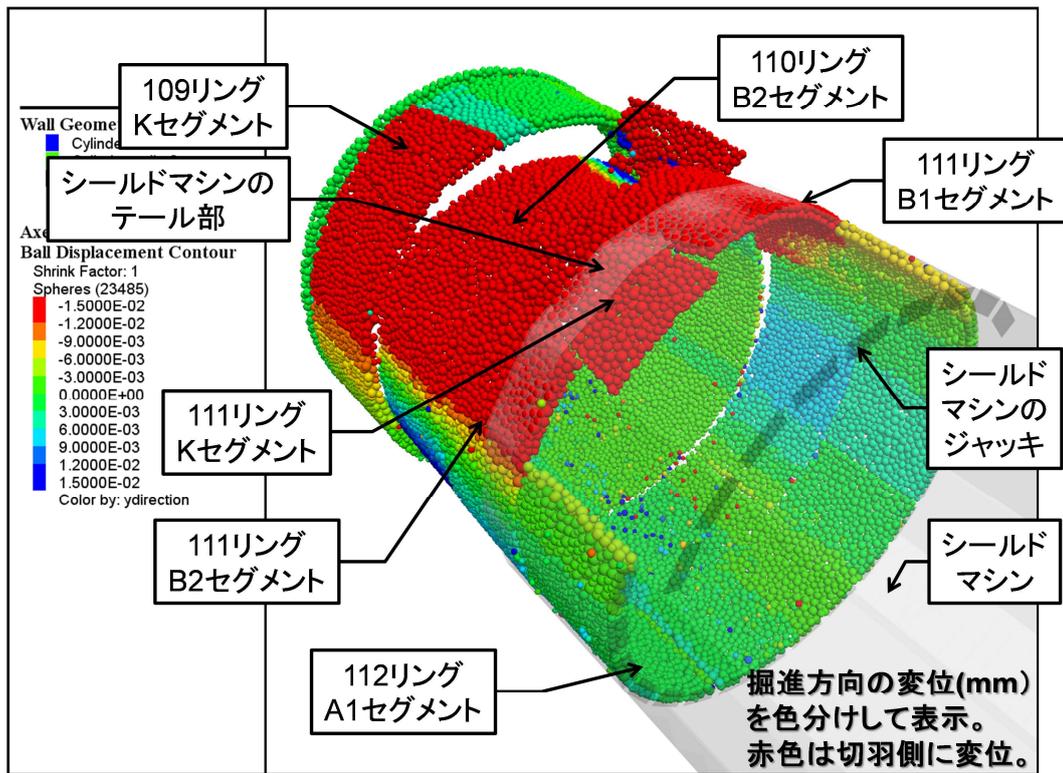


図4 個別要素法によるセグメント崩壊メカニズムのシミュレーション

以上の①から⑨により、本件災害はシールドマシンとセグメントの競りにより、セグメントに過度な力が作用して発生した 111 リングのKセグメントの抜けを契機として、110、111 リングが崩壊したことによって発生したと推定される。

(2) 災害発生原因

本件災害発生に至った要因、原因及びその背景は、設計・計画から施工までに渡る次の事項が挙げられる。

① 設計・計画時

ア シールドマシン

- a 土被りの浅い海底下のトンネル工事において、テールシールが 2 段であったこと。

施工途中にテール部から漏水があったことが報告されており、テールシールが 2 段であったことが、テール部の止水性を低下させる要因の一つとなったと考えられる。

- b シールドマシンの全長が短く、テール部が短い仕様であったこと。

このため、セグメントが幅広であったことも加わってシールドマシンのテール部に対するセグメントのかかり代が短くなるとともに、KセグメントとBセグメントのテーパ部分の角度も比較的大きくなり、本災害を誘発する要因の一つとなったと考えられる。

イ セグメント

- a セグメントの厚さが薄く、リング継手のコンクリートの被りが薄かったこと。

このため、被りが薄い方向へ力が加わった際にリング継手のボルトインサート周囲のコンクリートがはく離することにより容易に継手部が破壊した。また、ボルトインサートが主筋と主筋の間に設置されていなかったこともボルトインサートの変形、ボルトインサート周囲のコンクリート破壊等を助長したものと考えられる。

- b セグメントが弧長大、幅広であったこと。

このため、セグメント組立て時にジャッキを引き抜かなければならない本数が増え、セグメントの抜け出しや垂れ下がりが発生し、割れ、欠けの要因ともなったこと。

- c セグメント継手をボルト等による堅固な構造とせず、樹脂パイプによりガイドさせた突合せ構造としたこと。

- d セグメントの寸法が薄肉、弧長大、幅広であり、加えて、セグメント継手も樹脂パイプによりガイドさせた突合せ構造であるにもかかわらず

ず、Kセグメントの抜け出しの可能性について十分に検討していなかったこと。なお、Kセグメントの抜け出しについては、土木学会発行の『2006年制定 トンネル標準示方書 シールド工法・同解説』等の基準類（以下、「基準類」という。）に明確な規定はないが、標準的なセグメントの寸法を逸脱する場合には、『耐久性や施工時荷重への対応等についても慎重に検討する必要がある』とされている。

② シールド掘進

ア シールド掘進

- a 線形管理上の重要なデータである i) テールクリアランス、ii) 測量データ（セグメント位置）、iii) シールドマシンの位置偏差（掘進管理システムのデータ）の値が異なる傾向を示していたにもかかわらず十分な照査を行っていなかったこと。

テールブラシにおいて裏込め注入材等が固着したためテールクリアランスのデータはほとんど変化がなく、掘進管理システムのデータは右に向かっていたが、測量データが左に向かっていたため、設計計画線に戻そうとよりシールドマシンを切羽に向かって右に向けていた。また、シールドマシンよりもセグメントは相対的に上方にずれていたが、シールドマシンを上に向けようとしたため、結果としてシールドマシンテールブラシがセグメント上部と競ったこと。これにより、Kセグメントが抜け出すことを誘発したこと。

- b テールグリスを油圧ポンプにより手動で注入していたが、注入量及び注入圧を管理していなかったこと。
- c テールグリスに、裏込め注入材と配合が類似した止水材を用いたことで、裏込め注入材がテールシール内に入り込んできた際、止水材と裏込め注入材が固結してテールブラシ内で固化した可能性があること。

イ セグメントの組立て

- a 計測データに基づいた線形管理を適切に行っていなかった可能性があり、それに加えて、裏込め注入材がテールブラシに固着したことにより、シールドマシンのテール部とセグメントとのクリアランスが減少し、セグメントの組立精度に影響を与えたこと。

このため、85リング以降、セグメントが設計計画線よりも左方向にさらにずれており真円に組めていなかった可能性がある。セグメントの割れ、欠け、垂れ下がり等の1つの要因となった可能性も考えられる。

- b 85リング以降、セグメントとシールドマシンの位置偏差の値が異なる傾向を示していたにもかかわらず、テーパーセグメントを挿入しなかつ

たこと。

このため、組み上げられたセグメントが切羽に向かって左方向に向かったままとなり、右に向けたシールドマシンのテール部との競りが発生したこと。

なお、予め用意していたテーパーセグメントは20リングで、製造したリング全数の557に占める割合は3.6%となっており、基準類において示されている「直線区間に使用するリング数の3%程度」を上回っていた。しかし、約87m掘進時点(62リング)ですでに8リングを使用していたことから、できるだけ使用しないようにしていた可能性がある。

- c 112リングのB2セグメントを挿入するため、上部のジャッキ9本(26本中)を引き抜いたことで、シールドマシンがテール部を下げるように変位したこと。

このため、シールドマシンのテール部と組み上げられた上部のセグメントとの競りが発生したこと。これにより、Kセグメントが抜け出すことを誘発したこと。

- d Kセグメントの挿入を容易にするため、セグメントに水をかけ、また潤滑剤をシールド材に塗布していたこと。

これによりセグメント同士の摩擦力が減少し、セグメント間が樹脂パイプのガイドだけだったため、Kセグメントが抜け出したこと。これが本災害の契機となったものである。

- e セグメントの組立時又は組立後に頻繁にセグメントの割れ、欠け等が発生していたが、逐次の補修に留まり、その原因を検討・究明した上で、対応していなかったこと。

ウ 裏込め注入

3リング後方(109リング)又は4リング後方(108リング)から裏込め注入材を充填していた。そのため、1～2リング又は1～3リング後方(111～110又は111～109リング)のリングは、水圧のみが作用する状態となり、地盤反力が得られず周囲から拘束されていない不安定な状態となっていたと考えられること。

この浮力により、シールドマシンのテール部と組み上げられた上部のセグメントとの競りが発生していたと考えられること。

エ 避難訓練及び退避

- a 避難訓練を適切な時期に実施していなかったこと。
- b 出水が始まった時点で、作業員を直ちに退避させなかったこと。

③ 設計・計画時

- ア 線形管理が適切に行われていない場合等にかかる外力（基準類では検討されていない外力）に耐える余裕代がなかったこと。
- イ 設計・施工の安全性について、発注者が請負者以外の第3者のシールドトンネルの専門機関に客観的な確認を求めていなかったこと。

V シールドトンネルの施工に係る安全対策に係る提言

第1 趣旨

平成24年2月、岡山県倉敷市で施工されていた海底シールドトンネル建設工事において、崩壊水没が発生し6名が被災し、うち5名が死亡するという重大災害が発生した。厚生労働省は、本災害の重大性を踏まえ「シールドトンネルの施工に係る安全対策検討会」を設置し、専門家による検討を行ってきた。

本検討会は、シールドトンネル建設工事において講じることが望ましい具体的な安全対策について、厚生労働省への提言として取りまとめる。

第2 発注者による取組

1. 発注者は、契約書、仕様書等において、設計者、元請施工業者、専門工事業者がリスクアセスメントを行い、その結果を設計図書又は施工計画に反映させる規定を設けること。
2. 上記1.のリスクアセスメントの実施の時期は、工事計画の作成段階の他、当初の工事計画に無かった新たな作業方法・機械設備を採用する場合や、労働災害が発生した場合等とすること。
3. 発注者にシールドトンネルの専門家がない等シールドトンネル建設工事の安全について十分に知見が無い場合、受注者が示した設計・施工方法について、中立性のあるシールドトンネルの専門家等による安全性の確認を受けることが望ましいこと。

第3 設計者・施工者による取組

1. 適確なリスクアセスメントを踏まえた施工計画
 - (1) シールドトンネルを掘進する地山の地形、地層及び地質の状態が十分明らかでない場合には、掘進箇所のボーリング調査等の実施を検討し、災害につながる要因の把握に努めること。
 - (2) 調査等の結果に基づきシールド工法の計画（施工計画を含む。）を定め、また、施工状況に応じて適宜施工計画等を見直すこと。
2. シールドマシン
 - (1) シールドマシンのテールシール（シールドマシン本体の最後部に設けられるシールドマシンとセグメントとの間の止水部材）は、高圧の地下水、土砂、裏込め材がシールドマシン内に流入することを防止するため、十分な止水性が確保できる構造、段数、材質とすること。
 - (2) 地盤が良好ではない状況下で、組立時に自立性が低い構造のセグメントを採

用する場合には、小口径の場合であっても形状保持装置（シールドマシンの後部内周に取り付けた膨張体により組立直後のセグメントリングの変形を抑制する装置）等の設置について検討すること。

- (3) スクリューコンベアからの噴発防止対策を講ずること。
- (4) シールドトンネル内の電気設備のうち安全上重要なものについては、漏水等の可能性を考慮した設計とすること。

3. セグメントの設計等

- (1) セグメントは、ジャッキ操作、施工時荷重に耐える強度を持ち、かつ、脆性的な破壊を生じない設計とすること。
- (2) セグメントの形状・寸法の決定に当たっては、構造計算のほか、類似工事のセグメントの厚さと外径の比率、セグメント幅と厚さの比等の実績を勘案し、慎重に検討すること。
- (3) セグメントの分割は、組立時にジャッキを抜いた場合のシールドマシンの姿勢に与える影響を考慮し適切なものとする。
- (4) セグメント、セグメント継手及びリング継手は、地盤が良好ではない場合等に水や土砂の流入によって土圧バランスが崩れる等不測の事態が発生した場合であっても、リング構造が容易に崩れないものとする。
- (5) 鉄筋コンクリート製のセグメントのセグメント継手の構造又はリング継手の構造にインサートボルトタイプを採用する場合は、ボルトボックス及びボルトインサートが容易に抜けることのないよう、適切なかぶり及び配筋に注意すること。
- (6) Kセグメント（セグメントリングを完結するため最後に挿入するセグメント）については、条件によっては摩擦力が低下することがあることを考慮して、滑動、抜け出しの可能性を検討し、堅固な継手の採用、抜け出し防止装置の設置等の必要な対策を講ずること。
- (7) あらかじめ十分な数のテーパセグメント（曲線施工のためのテーパリングを構成するセグメント）を用意しておき、必要な時に迅速に対応できるよう管理すること。
- (8) 止水シール材（リング間、セグメント間の側壁に沿って貼付するゴム等）は適切な材料及び形状を選定し、組立時に破損又は剥離しないよう留意すること。

4. テールシール用グリース

テールシール用グリース（テールブラシの中とテールシール間の隙間に充填する粘性の高いシーリング材）の選定に当たっては、使用する裏込め材との接触による固化等の変性、非定常時の溶接による火災等について十分検討すること。

5. 線形管理

- (1) 発進する前の測量を適確に行うとともに、発進直後に掘進方向を確認するため、測量を行うこと。測量は二重の確認を基本とすること。
- (2) 掘進管理システムを導入し、リアルタイムでシールドマシンの位置等に係るデータを計測すること。また、適切な頻度で更正すること。
- (3) (2)の計測結果とともに、測量、テールクリアランス測定等により得られた結果を突合し、トンネルの線形管理に適確に反映させること。この場合、得られたデータを図化する等により相互の関連性が容易に判断できるようにすることが望ましいこと。
- (4) ビデオ撮影を行う場合は、映像を一定期間保存すること。
- (5) 線形管理データは、工事終了後、必要に応じ発注者に提供すること。

6. 掘進管理

- (1) セグメントの組立て誤差を最小にし、セグメントリングが極力真円に近づくよう組立てること。
- (2) 掘進線が設計計画線から外れる鉛直方向、水平方向の偏差について上限値を含めた管理基準値を設定し、掘進中は常時モニタリングすること。
- (3) 掘進線が設計計画線から外れ、許容される偏差の上限値を超過した場合は、直ちに掘進計画を見直すこと。シールドマシンを設計計画線に戻す場合には、緩やかにこれを行うとともに、テーパセグメントを使用する等によりセグメントに無理な力を与えないようにすること。
- (4) 蛇行修正においては、組み立てられたセグメントに過大な負荷がかからないように、オーバーカット（カッターヘッドに内蔵された伸縮ビットによる余掘り）等を適切に行い、必要がある場合はテーパリングを使用すること。
- (5) 引き抜くジャッキの本数は最小限にとどめること。
- (6) 中央管理室がある場合には、掘進中、当該中央管理室に職員を常駐させること。
- (7) テールシールの止水性を保持するため、テールシール用グリースの補充を適切に行うこと。また、注入は、注入量と注入圧及び注入時期に留意して行い、その記録を残すこと。
- (8) テールクリアランス（シールドマシンの外殻であるスキンプレートの内側とセグメント外面との間の隙間）を適切に保持すること。
- (9) 裏込め材の注入は、セグメントがテール部を出た後、できるだけ早期に実施すること。また、注入圧力と注入量を継続的にモニタリングし、適切に管理すること。
- (10) 掘進管理データは、工事終了後、必要に応じ発注者に提供すること。

7. セグメントの組立

- (1) セグメントは割れ、欠け等が生じないように取り扱うこと。
- (2) ジャッキの押し出し、引き抜きの手順は、セグメントの安定性の維持に留意して定めること。特にKセグメントの挿入時のジャッキ操作について十分に留意すること。
- (3) セグメントに締結力のない継手を採用する場合には、漏水等の原因となるセグメント継手やリング継手の目開きや目違いが生じないように、セグメントリングの形状の保持のため必要な措置を講ずること。

8. 掘進状況に応じた施工計画の見直し

- (1) 施工中は掘進線の偏差、漏水、地盤からの有害・可燃性ガスの流入、施工したセグメントの状態等を継続的にモニタリングすること。
- (2) セグメントのひび割れ、継手の損傷、漏水、掘進線の蛇行等の非定常事象が断続的に発生する場合は、施工計画を見直し、必要な措置を講ずること。

9. 避難、救護の訓練

- (1) 落盤、出水、ガス爆発、火災、有害ガスの流入等の発生を想定し、掘進開始後なるべく早期に1回、その後6月以内の適切な期間ごとに1回、避難及び消火の訓練を実施すること。
- (2) 落盤、出水等による労働災害発生の急迫した危険があるときは、直ちに作業を中止し、人命確保を最優先として速やかに労働者を安全な場所まで退避させること。
- (3) 労働者の救護に必要な機械等を備え付け、救護に関する技術的事項を管理する者を選任し、救護についての訓練等を行うこと。

VI 参考資料

- 1 平成 24 年 8 月 6 日付け基安安発 0806 第 1 号「シールドトンネル施工に当たっ
ての留意事項について」
- 2 関係法令

基安安発 0806 第 1 号
平成 24 年 8 月 6 日

社団法人日本建設業連合会専務理事
一般社団法人全国建設業協会専務理事
建設業労働災害防止協会事務局長 } 殿

厚生労働省労働基準局
安全衛生部安全課長

シールドトンネル施工に当たっての留意事項について

平成 24 年 2 月 7 日（火）、岡山県倉敷市の海底トンネル建設工事現場において、異常出水が発生し、同トンネルが水没して 6 人の労働者が巻き込まれ、うち 5 人が死亡する労働災害が発生しました。

厚生労働省では、岡山労働局（以下「岡山局」という。）に直ちに災害対策本部を設置し、所轄の倉敷労働基準監督署（以下「倉敷署」という。）が調査を実施するとともに、本省の担当官及び独立行政法人労働安全衛生総合研究所（以下「安衛研」という。）の研究員を派遣して調査を実施しました。その後、岡山局、倉敷署及び安衛研で継続的に調査、データ分析、実験等を実施し、原因究明に努めているところです。今なおトンネルは水没したままであり、原因の究明には至っていませんが、これまでの調査等の結果、同種災害につながる可能性のある要因とその留意事項が次第に明らかになってきています。

この間、厚生労働省は建設業労働災害防止協会及び建設労務安全研究会に対して会員への注意喚起を要請したほか、関係者においては、社団法人日本建設業連合会が関係者に自主点検を要請し、同トンネルの施工元方事業者も自社の施工する現場の一斉点検を 2 回にわたって実施しているところです。

一方、国土交通省では本災害を受けて、シールドトンネル施工技術安全向上協議会を今年 4 月に設置し、再発防止の観点からシールドトンネルの設計施工技術について、安全面等からの技術的な検討を行っているところですが、3 回の会議を経て別添(略)のとおり中間報告を公表しました。

ついては、その内容を了知いただくとともに、同種災害を防止するために海底、河川底等の水底下を掘削するシールドトンネル工事を施工するに当たって当面留意いただきたい事項を下記のとおり取りまとめましたので、会員に注意喚起を図ってくださるよう要請します。

記

第1 調査時の留意事項

- 1 シールドトンネルを掘進する地山の地質及び地層の状態が過去の調査等では不明な場合に行う掘進箇所ボーリング調査等については、地質の状況を詳細に把握できるものとする。
- 2 調査等の結果に基づきシールド工法の計画（施工計画を含む。）を定め、また、必要に応じて見直すこと。

第2 設計・製造時の留意事項

1 シールドマシンについて

- (1) シールドマシンのテールシールは、裏込め注入材や土砂を伴う地下水のシールドマシン内への流入を防止するため、十分な止水性が確保できる構造、機構となるよう配慮すること。
- (2) スクリューコンベアからの噴発防止対策について、十分に検討すること。
- (3) 地盤が良好ではない状況下で、組立時に自立性が低いセグメントの構造等を採用する場合には、小口径の場合であっても形状保持装置の設置を検討すること。
- (4) シールドトンネル内の電気設備は、漏水等の可能性を考慮している設計とすること。

2 セグメントについて

- (1) セグメントは、シールドマシンの姿勢制御など線形管理上必要なジャッキ操作に耐え得る強度を持つセグメントとするよう留意すること。
- (2) セグメントは、地盤が良好ではない場合等に水や土砂の流入によって土圧バランスが崩れる等不測の事態が発生した場合にあっても、リング構造を保持できるようにセグメント継手及びリング継手を含め堅固なものとするよう検討すること。
- (3) セグメント継手及びリング継手は、施工時に予測される荷重に対して十分な強度を有するものとする。特に、鉄筋コンクリート製のセグメントのセグメント継手の構造又はリング継手の構造にインサートボルトタイプを採用する場合は、ボルトボックス及びボルトインサートが容易に抜けることのないようにすること。
- (4) セグメントの形状・寸法の決定に当たっては、構造計算のほか、類似工事のセグメントの厚さと外径の比率、セグメント幅と厚さの比等の実績を勘案し、慎重に検討すること。

第3 施工時の留意事項

1 シールドマシンの制御

- (1) 掘進管理システムを導入し、リアルタイムでデータを計測するとともに、モニタービデオ映像も併せて一定期間保存すること。また、当該データに異常があった場合には、直ちに施工を中止し、原因を究明すること。
- (2) テールクリアランスの適切な維持に留意しつつ、トンネルの線形管理を行うこと。
- (3) テールグリスの量及び圧力を適切に管理すること。
- (4) 中央管理室がある場合には、掘進中、当該中央管理室に職員を常駐させること。

2 セグメントの組立て

- (1) セグメントに締結力のない継手を採用する場合には、形状の保持に努め、特に漏水等の原因となるセグメント継手やリング継手の目開きや目違いが生じないように留意すること。
- (2) ジャッキの押し出し、引き抜きの手順をセグメントの安定性の維持に十分留意し定めた上で施工すること。また、Kセグメントの挿入時のジャッキ操作についても十分に留意すること。
- (3) セグメントの取扱いには注意し、割れ、欠け等が生じないようにすること。

3 裏込め注入

- (1) 裏込め注入は、セグメントがテール部を出た後、できるだけ早期に実施すること。
- (2) 裏込め注入は、注入圧力と注入量の双方を管理しつつ、実施すること。

4 避難訓練及び退避

- (1) 落盤、出水、ガス爆発、火災等が生じたときに備えるため、切羽までの距離が100mに達するまでの期間内に1回、その後6月以内の適切な期間ごとに1回、避難及び消火の訓練を実施すること。
- (2) 落盤、出水等による労働災害発生の急迫した危険があるときは、直ちに作業を中止し、人命確保を最優先として速やかに労働者を安全な場所まで退避させること。

関係法令

労働安全衛生規則（昭和 47 年 9 月 30 労働省令第 32 号）

第一編 通則

第二編 安全基準

第六章 掘削作業等における危険の防止

第一節 明り掘削の作業

第二節 ずい道等の建設の作業等

第一款 調査等

（調査及び記録）

第 379 条 事業者は、ずい道等の掘削の作業を行うときは、落盤、出水、ガス爆発等による労働者の危険を防止するため、あらかじめ、当該掘削に係る地山の形状、地質及び地層の状態をボーリングその他適当な方法により調査し、その結果を記録しておかなければならない。

（施工計画）

第 380 条 事業者は、ずい道等の掘削の作業を行なうときは、あらかじめ、前条の調査により知り得たところに適応する施工計画を定め、かつ、当該施工計画により作業を行わなければならない。

2 前項の施工計画は、次の事項が示されているものでなければならない。

一 掘削の方法

二 ずい道支保工の施工、覆工の施工、湧水若しくは可燃性ガスの処理、換気又は照明を行う場合にあつては、これらの方法

（観察及び記録）

第 381 条 事業者は、ずい道等の掘削の作業を行うときは、落盤、出水、ガス爆発等による労働者の危険を防止するため、毎日、掘削箇所及びその周辺の地山について、次の事項を観察し、その結果を記録しておかなければならない。

一 地質及び地層の状態

二 含水及び湧水の有無及び状態

三 可燃性ガスの有無及び状態

四 高温のガス及び蒸気の有無及び状態

2 前項第三号の事項に係る観察は、掘削箇所及びその周辺の地山を機械で覆う方法による掘削の作業を行う場合においては、測定機器を使用して行わなければならない。

(点検)

第382条 事業者は、ずい道等の建設の作業（ずい道等の掘削の作業又はこれに伴うずり、資材等の運搬、覆工のコンクリートの打設等の作業（当該ずい道等の内部又は当該ずい道等に近接する場合において行なわれるものに限る。）をいう。以下同じ。）を行なうときは、落盤又は肌落ちによる労働者の危険を防止するため、次の措置を講じなければならない。

- 一 点検者を指名して、ずい道等の内部の地山について、毎日及び中震以上の地震の後、浮石及びき裂の有無及び状態並びに含水及び湧水の状態の変化を点検させること。
- 二 点検者を指名して、発破を行なった後、当該発破を行なった箇所及びその周辺の浮石及びき裂の有無及び状態を点検させること。

(可燃性ガスの濃度の測定等)

第382条の2 事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合において、可燃性ガスが発生するおそれのあるときは、爆発又は火災を防止するため、可燃性ガスの濃度を測定する者を指名し、その者に、毎日作業を開始する前、中震以上の地震の後及び当該可燃性ガスに関し異常を認めたときに、当該可燃性ガスが発生し、又は停滞するおそれがある場所について、当該可燃性ガスの濃度を測定させ、その結果を記録させておかななければならない。

(自動警報装置の設置等)

第382条の3 事業者は、前条の測定の結果、可燃性ガスが存在して爆発又は火災が生ずるおそれのあるときは、必要な場所に、当該可燃性ガスの濃度の異常な上昇を早期には握するために必要な自動警報装置を設けなければならない。この場合において、当該自動警報装置は、その検知部の周辺において作業を行つている労働者に当該可燃性ガスの濃度の異常な上昇を速やかに知らせることのできる構造としなければならない。

2 事業者は、前項の自動警報装置については、その日の作業を開始する前に、次の事項について点検し、異常を認めたときは、直ちに補修しなければならない。

- 一 計器の異常の有無
- 二 検知部の異常の有無
- 三 警報装置の作動の状態

(施工計画の変更)

第383条 事業者は、ずい道等の掘削の作業を行う場合において、第380条第1項の施工計画が第381条第1項の規定による観察、第382条の規定による点検、第382条の2の規定による測定等により知り得た地山の状態に適応しなくなつたときは、遅滞なく、当該施工計画を当該地山の状態に適応するよう変更し、かつ、変更した施工計画によつて作業を行わなければならない。

(ずい道等の掘削等作業主任者の選任)

第383条の2 事業者は、令第6条第十号の二の作業については、ずい道等の掘削等作業主任者技能講習を修了した者のうちから、ずい道等の掘削等作業主任者を選任しなけれ

ばならない。

令第6条第十の二 ずい道等（ずい道及びたて坑以外の坑（採石法（昭和25年法律第291号）第2条に規定する岩石の採取のためのものを除く。）をいう。以下同じ。）の掘削の作業（掘削用機械を用いて行う掘削の作業のうち労働者が切羽に近接することなく行うものを除く。）又はこれに伴うずり積み、ずい道支保工（ずい道等における落盤、肌落ち等を防止するための支保工をいう。）の組立て、ロックボルトの取付け若しくはコンクリート等の吹付けの作業

（ずい道等の掘削等作業主任者の職務）

第383条の3 事業者は、ずい道等の掘削等作業主任者に、次の事項を行わせなければならない。

- 一 作業の方法及び労働者の配置を決定し、作業を直接指揮すること。
- 二 器具、工具、安全带等及び保護帽の機能を点検し、不良品を取り除くこと。
- 三 安全带等及び保護帽の使用状況を監視すること。

（ずい道等の覆工作業主任者の選任）

第383条の4 事業者は、令第6条第十号の三の作業については、ずい道等の覆工作業主任者技能講習を修了した者のうちから、ずい道等の覆工作業主任者を選任しなければならない。

令第6条第十の三 ずい道等の覆工（ずい道型枠支保工（ずい道等におけるアーチコンクリート及び側壁コンクリートの打設に用いる型枠並びにこれを支持するための支柱、はり、つなぎ、筋かい等の部材により構成される仮設の設備をいう。）の組立て、移動若しくは解体又は当該組立て若しくは移動に伴うコンクリートの打設をいう。）の作業

（ずい道等の覆工作業主任者の職務）

第383条の5 事業者は、ずい道等の覆工作業主任者に、次の事項を行わせなければならない。

- 一 作業の方法及び労働者の配置を決定し、作業を直接指揮すること。
- 二 器具、工具、安全带等及び保護帽の機能を点検し、不良品を取り除くこと。
- 三 安全带等及び保護帽の使用状況を監視すること。

第一款の二 落盤、地山の崩壊等による危険の防止

（落盤等による危険の防止）

第384条 事業者は、ずい道等の建設の作業を行なう場合において、落盤又は肌落ちにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるときは、ずい道支保工を設け、ロックボルトを施し、浮石を落す等当該危険を防止するための措置を講じなければならない。

（出入口附近の地山の崩壊等による危険の防止）

第385条 事業者は、ずい道等の建設の作業を行なう場合において、ずい道等の出入口

附近の地山の崩壊又は土石の落下により労働者に危険を及ぼすおそれのあるときは、土止め支保工を設け、防護網を張り、浮石を落す等当該危険を防止するための措置を講じなければならない。

(立入禁止)

第386条 事業者は、次の箇所に関係労働者以外の労働者を立ち入らせてはならない。

- 一 浮石落しが行なわれている箇所又は当該箇所の下方で、浮石が落下することにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるところ
- 二 ずい道支保工の補強作業又は補修作業が行なわれている箇所で、落盤又は肌落ちにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるところ

(視界の保持)

第387条 事業者は、ずい道等の建設の作業を行なう場合において、ずい道等の内部における視界が排気ガス、粉じん等により著しく制限される状態にあるときは、換気を行ない、水をまく等当該作業を安全に行なうため必要な視界を保持するための措置を講じなければならない。

(準用)

第388条 第364条から第367条までの規定は、ずい道等の建設の作業について準用する。

(運搬機械等の運行の経路等)

第364条 事業者は、明り掘削の作業を行うときは、あらかじめ、運搬機械、掘削機械及び積込機械（車両系建設機械及び車両系荷役運搬機械等を除く。以下この章において「運搬機械等」という。）の運行の経路並びにこれらの機械の土石の積卸し場所への出入の方法を定めて、これを関係労働者に周知させなければならない。

(誘導者の配置)

第365条 事業者は、明り掘削の作業を行なう場合において、運搬機械等が、労働者の作業箇所に後進して接近するとき、又は転落するおそれのあるときは、誘導者を配置し、その者にこれらの機械を誘導させなければならない。

2 前項の運搬機械等の運転者は、同項の誘導者が行なう誘導に従わなければならない。

(保護帽の着用)

第366条 事業者は、明り掘削の作業を行なうときは、物体の飛来又は落下による労働者の危険を防止するため、当該作業に従事する労働者に保護帽を着用させなければならない。

2 前項の作業に従事する労働者は、同項の保護帽を着用しなければならない。

(照度の保持)

第367条 事業者は、明り掘削の作業を行なう場所については、当該作業を安全に行なうため必要な照度を保持しなければならない。

第一款の三 爆発、火災等の防止

(発火具の携帯禁止等)

第389条 事業者は、第382条の2の規定による測定の結果、可燃性ガスが存在するときは、作業の性質上やむを得ない場合を除き、火気又はマッチ、ライターその他発火のおそれのある物をずい道等の内部に持ち込むことを禁止し、かつ、その旨をずい道等の出入口付近の見やすい場所に掲示しなければならない。

(自動警報装置が作動した場合の措置)

第389条の2 事業者は、第382条の3の自動警報装置が作動した場合に関係労働者が可燃性ガスによる爆発又は火災を防止するために講ずべき措置をあらかじめ定め、これを当該労働者に周知させなければならない。

(ガス抜き等の措置)

第389条の2の2 事業者は、ずい道等の掘削の作業を行う場合において、可燃性ガスが突出するおそれのあるときは、当該可燃性ガスによる爆発又は火災を防止するため、ボーリングによるガス抜きその他可燃性ガスの突出を防止するため必要な措置を講じなければならない。

(ガス溶接等の作業を行う場合の火災防止措置)

第389条の3 事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合において、当該ずい道等の内部で、可燃性ガス及び酸素を用いて金属の溶接、溶断又は加熱の作業を行うときは、火災を防止するため、次の措置を講じなければならない。

- 一 付近にあるぼろ、木くず、紙くずその他の可燃性の物を除去し、又は当該可燃性の物に不燃性の物による覆いをし、若しくは当該作業に伴う火花等の飛散を防止するための隔壁を設けること。
- 二 第二百五十七条の指揮者に、同条各号の事項のほか、次の事項を行わせること。
 - イ 作業に従事する労働者に対し、消火設備の設置場所及びその使用方法を周知させること。
 - ロ 作業の状況を監視し、異常を認めるときは、直ちに必要な措置をとること。
 - ハ 作業終了後火花等による火災が生ずるおそれのないことを確認すること。

(防火担当者)

第389条の4 事業者は、ずい道等の建設の作業を行うときは、当該ずい道等の内部の火気又はアークを使用する場所（前条の作業を行う場所を除く。）について、防火担当者を指名し、その者に、火災を防止するため、次の事項を行わせなければならない。

- 一 火気又はアークの使用の状況を監視し、異常を認めたときは、直ちに必要な措置をとること。
- 二 残火の始末の状況について確認すること。

(消火設備)

第389条の5 事業者は、ずい道等の建設の作業を行うときは、当該ずい道等の内部の火気若しくはアークを使用する場所又は配電盤、変圧器若しくはしや断器を設置する場所には、適当な箇所に、予想される火災の性状に適応する消火設備を設け、関係労働者に対し、その設置場所及び使用方法を周知させなければならない。

(たて坑の建設の作業)

第389条の6 前三条の規定は、たて坑の建設の作業について準用する。

第一款の四 退避等

(退避)

第389条の7 事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合において、落盤、出水等による労働災害発生の急迫した危険があるときは、直ちに作業を中止し、労働者を安全な場所に退避させなければならない。

第389条の8 事業者は、ずい道等の建設の作業を行う場合であつて、当該ずい道等の内部における可燃性ガスの濃度が爆発下限界の値の三十パーセント以上であることを認めたとときは、直ちに、労働者を安全な場所に退避させ、及び火気その他点火源となるおそれのあるものの使用を停止し、かつ、通風、換気等の措置を講じなければならない。

2 事業者は、前項の場合において、当該ずい道等の内部における可燃性ガスの濃度が爆発下限界の値の三十パーセント未満であることを確認するまでの間、当該ずい道等の内部に関係者以外の者が立ち入ることを禁止し、かつ、その旨を見やすい箇所に表示しなければならない。

(警報設備等)

第389条の9 事業者は、ずい道等の建設の作業を行うときは、落盤、出水、ガス爆発、火災その他非常の場合に関係労働者にこれを速やかに知らせるため、次の各号の区分に応じ、当該各号に掲げる設備等を設け、関係労働者に対し、その設置場所を周知させなければならない。

- 一 出入口から切羽までの距離（以下この款において「切羽までの距離」という。）が百メートルに達したとき（次号に掲げる場合を除く。） サイレン、非常ベル等の警報用の設備（以下この条において「警報設備」という。）
- 二 切羽までの距離が五百メートルに達したとき 警報設備及び電話機等の通話装置（坑外と坑内の間において通話することができるものに限る。以下この条において「通話装置」という。）

2 事業者は、前項の警報設備及び通話装置については、常時、有効に作動するように保持しておかなければならない。

3 事業者は、第一項の警報設備及び通話装置に使用する電源については、当該電源に異常が生じた場合に直ちに使用することができる予備電源を備えなければならない。

(避難用器具)

第389条の10 事業者は、ずい道等の建設の作業を行うときは、落盤、出水、ガス爆発、火災その他非常の場合に労働者を避難させるため、次の各号の区分に応じ、当該各号に掲げる避難用器具を適当な箇所に備え、関係労働者に対し、その備付け場所及び使用方法を周知させなければならない。

一 可燃性ガスが存在して爆発又は火災が生ずるおそれのあるずい道等以外のずい道等にあつては、切羽までの距離が百メートルに達したとき（第三号に掲げる場合を除く。）懐中電灯等の携帯用照明器具（以下この条において「携帯用照明器具」という。）その他避難に必要な器具

二 可燃性ガスが存在して爆発又は火災が生ずるおそれのあるずい道等にあつては、切羽までの距離が百メートルに達したとき（次号に掲げる場合を除く。）一酸化炭素用自己救命器等の呼吸用保護具（以下この条において「呼吸用保護具」という。）、携帯用照明器具その他避難に必要な器具

三 切羽までの距離が五百メートルに達したとき 呼吸用保護具、携帯用照明器具その他避難に必要な器具

2 事業者は、前項の呼吸用保護具については、同時に就業する労働者（出入口付近において作業に従事する者を除く。次項において同じ。）の人数と同数以上を備え、常時有効かつ清潔に保持しなければならない。

3 事業者は、第一項の携帯用照明器具については、同時に就業する労働者の人数と同数以上を備え、常時有効に保持しなければならない。ただし、同項第一号の場合において、同時に就業する労働者が集団で避難するために必要な照明を確保する措置を講じているときは、この限りでない。

(避難等の訓練)

第389条の11 事業者は、切羽までの距離が百メートル（可燃性ガスが存在して爆発又は火災が生ずるおそれのあるずい道等以外のずい道等にあつては、五百メートル）以上となるずい道等に係るずい道等の建設の作業を行うときは、落盤、出水、ガス爆発、火災等が生じたときに備えるため、関係労働者に対し、当該ずい道等の切羽までの距離が百メートルに達するまでの期間内に一回、及びその後六月以内ごとに一回、避難及び消火の訓練（以下「避難等の訓練」という。）を行わなければならない。

2 事業者は、避難等の訓練を行つたときは、次の事項を記録し、これを三年間保存しなければならない。

- 一 実施年月日
- 二 訓練を受けた者の氏名
- 三 訓練の内容

第二款 ずい道支保工

(材料)

第390条 事業者は、ずい道支保工の材料については、著しい損傷、変形又は腐食があるものを使用してはならない。

2 事業者は、ずい道支保工に使用する木材については、あかまつ、くろまつその他じん性に富み、かつ、強度上の著しい欠点となる割れ、虫食い、節、繊維の傾斜等がないものでなければ、使用してはならない。

(ずい道支保工の構造)

第391条 事業者は、ずい道支保工の構造については、当該ずい道支保工を設ける箇所の地山に係る地質、地層、含水、湧水、き裂及び浮石の状態並びに掘削の方法に応じた堅固なものとしなければならない。

(標準図)

第392条 事業者は、ずい道支保工を組み立てるときは、あらかじめ、標準図を作成し、かつ、当該標準図により組み立てなければならない。

2 前項の標準図は、ずい道支保工の部材の配置、寸法及び材質が示されているものでなければならない。

(組立て又は変更)

第393条 事業者は、ずい道支保工を組み立て、又は変更するとき、次に定めるところによらなければならない。

- 一 主材を構成する一組の部材は、同一平面内に配置すること。
- 二 木製のずい道支保工にあつては、当該ずい道支保工の各部材の緊圧の度合が均等になるようにすること。

(ずい道支保工の危険の防止)

第394条 事業者は、ずい道支保工については、次に定めるところによらなければならない。

- 一 脚部には、その沈下を防止するため、皿板を用いる等の措置を講ずること。
- 二 鋼アーチ支保工にあつては、次に定めるところによること。
 - イ 建込み間隔は、一・五メートル以下とすること。
 - ロ 主材がアーチ作用を十分に行なうようにするため、くさびを打ち込む等の措置を講ずること。
 - ハ つなぎボルト及びつなぎばり、筋かい等を用いて主材相互を強固に連結すること。
 - ニ ずい道等の出入口の部分には、やらずを設けること。
 - ホ 鋼アーチ支保工のずい道等の縦方向の長さが短い場合その他当該鋼アーチ支保工にずい道等の縦方向の荷重がかかることによりその転倒又はねじれを生ずるおそれの

あるときは、ずい道等の出入口の部分以外の部分にもやらずを設ける等その転倒又はねじれを防止するための措置を講ずること。

ヘ 肌落ちにより労働者に危険を及ぼすおそれのあるときは、矢板、矢木、ライナープレート等を設けること。

三 木製支柱式支保工にあつては、次に定めるところによること。

イ 大引きは、変位を防止するため、鼻ばり等により地山に固定すること。

ロ 両端にはやらずを設けること。

ハ 木製支柱式支保工にずい道等の縦方向の荷重がかかることによりその転倒又はねじれを生ずるおそれのあるときは、両端以外の部分にもやらずを設ける等その転倒又はねじれを防止するための措置を講ずること。

ニ 部材の接続部はなじみよいものとし、かつ、かすがい等により固定すること。

ホ ころがしは、にない内ばり又はけたつなぎばりを含む鉛直面内に配置しないこと。

ヘ にない内ばり及びけたつなぎばりが、アーチ作用を十分に行なう状態にすること。

四 鋼アーチ支保工及び木製支柱式支保工以外のずい道支保工にあつては、ずい道等の出入口の部分には、やらずを設けること。

(部材の取りはずし)

第395条 事業者は、荷重がかかっているずい道支保工の部材を取りはずすときは、当該部材にかかっている荷重をずい道型わく支保工等に移す措置を講じた後でなければ、当該部材を取りはずしてはならない。

(点検)

第396条 事業者は、ずい道支保工を設けたときは、毎日及び中震以上の地震の後、次の事項について点検し、異常を認めるときは、直ちに補強し、又は補修しなければならない。

- 一 部材の損傷、変形、腐食、変位及び脱落の有無及び状態
- 二 部材の緊圧の度合
- 三 部材の接続部及び交さ部の状態
- 四 脚部の沈下の有無及び状態

第三款 ずい道型わく支保工

(材料)

第397条 事業者は、ずい道型わく支保工の材料については、著しい損傷、変形又は腐食があるものを使用してはならない。

(構造)

第398条 事業者は、ずい道型わく支保工の構造については、当該ずい道型わく支保工にかかる荷重、型わくの形状等に応じた堅固なものとしなければならない。