

## 参考資料

### I 協議会経過と公表資料

#### I.1 協議会規約・委員名簿

シールドトンネル施工技術安全向上協議会の規約および委員は以下の通り。

第1回協議会において規約を制定し、第2回の協議会にて、協議会に副委員長を置くことを確認し、規約を改定している。

なお、委員長として今田 徹（東京都立大学 名誉教授）委員が、副委員長として小山 幸則（立命館大学総合科学技術研究機構 客員教授）委員がそれぞれ就任している。

## 「シールドトンネル施工技術安全向上協議会」規約

平成24年4月27日制定

平成24年6月29日改定

### （名称）

第1条 この協議会は、シールドトンネル施工技術安全向上協議会（以下「協議会」という。）という。

### （目的）

第2条 協議会は、シールドトンネル掘削工事現場での事故を受けて、シールドトンネルの設計・施工技術について、安全面等からの向上を図るため、技術的な検討を行うことを目的とする。

### （事業内容）

第3条 協議会においては、以下に掲げる事業を実施する。

- （1）平成24年2月岡山県倉敷市で発生したシールドトンネル事故の設計・施工方法等の状況把握
  - （2）全国のシールドトンネルの設計・施工上の安全対策の状況把握
  - （3）上記を踏まえた課題の抽出と対応策の検討
  - （4）シールドトンネルの安全対策に関わる設計・施工技術の提言
- なお、必要に応じ、現地調査を行うことがある。

### （メンバー）

第4条 協議会のメンバーは、別表のとおりとする。

### （委員長）

第5条 協議会に委員長を置く。

- 2 委員長は、事務局の推薦により委員の確認によってこれを定める。
- 3 委員長は協議会の議長となり、議事の進行に当たる。
- 4 委員長に事故があるときは、委員のうちから委員長が指名する者が、その職務を代理する。

(副委員長)

第6条 協議会に副委員長を置く

- 2 副委員長は、事務局の推薦により委員の確認によってこれを定める。
- 3 副委員長は、委員長を補佐し、委員長に事故あるときは委員長を代行する。

(事務局)

第7条 協議会の事務局は、国土交通省大臣官房技術調査課、総合政策局公共事業企画調整課及び港湾局技術企画課並びに公益社団法人土木学会及び独立行政法人土木研究所道路技術研究グループトンネルチームの共同運営とする

(協議会の招集)

第8条 協議会の招集は、委員長が必要に応じて行う。

(関係者からの意見聴取)

第9条 委員長が必要と認めるときは、関係者を呼びその意見を聞くことができる。

(議事の公開)

第10条 会議については冒頭部分のみ公開とし、審議は非公開で行う。議事要旨について、事務局は委員長の確認を得たのち会議後速やかにホームページで公開する。また、議事録について、事務局は各委員の確認を得て発言者氏名を伏せて公表することとするが、公表時期は協議会終了後一定の期間が経過した後とする。

(守秘義務)

第11条 協議会委員に対しては、国家公務員と同様に国家公務員法上の守秘義務が課せられる。

以上

(別表)

委員名簿

委員	東京都立大学 名誉教授	今田 徹
委員	立命館大学総合科学技術研究機構 客員教授	小山 幸則
委員	京都大学大学院 工学研究科 教授	三村 衛
委員	社) 日本トンネル技術協会 技術部長	鈴木 明彦
委員	社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第一部 部長	安井 成豊
委員	社) 日本建設業連合会 土木工事技術委員会 専門委員	三木 慶造
委員	独) 土木研究所 道路技術研究グループ長	真下 英人
委員	独) 港湾空港技術研究所 特別研究官	菅野 高弘

行政委員	国土交通省 大臣官房	技術調査課長
行政委員	国土交通省 大臣官房	公共事業調査室長
行政委員	国土交通省 総合政策局	公共事業企画調整課長
行政委員	国土交通省 土地・建設産業局	建設業課長
行政委員	国土交通省 水管理・国土保全局	治水課長
行政委員	国土交通省 水管理・国土保全局	下水道事業課長
行政委員	国土交通省 道路局	国道・防災課長
行政委員	国土交通省 港湾局	技術企画課長

## I.2 協議会の開催経過

シールドトンネル施工技術安全向上協議会の開催経過は以下の通り。

本協議会では、これまでに10回の協議会の開催と2回の現地調査を実施しており、また、アンケート調査や関係者へのヒアリングも合わせて実施している。

### 第1回 協議会

日 時：平成24年4月27日 10:00～12:00

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 委員、三村 衛 委員、鈴木 明彦 委員、  
安井 成豊 委員、三木 慶造 委員、真下 英人 委員、菅野 高弘 委員

<国土交通省>

大臣官房 越智技術調査課長、大臣官房 坂公共事業調査室長、  
総合政策局 安藤公共事業企画調整課長(代理)、水管理・国土保全局 森北治水課長(代理)、  
道路局 三浦国道・防災課長(代理)、港湾局 大脇技術企画課長(代理)

議事概要：

- ・協議会の規約について承認され、今田委員が委員長として承認された。
- ・日本におけるシールド工事の現状に関して、事務局より工事の実績、現行の技術基準、シールドに関する技術開発の経緯について説明が行われた。
- ・倉敷市の事故の状況について事務局から報告がなされた。
- ・当協議会の検討方針の確認について事務局から説明があり、議題について討議された。

### 現地視察

日 時：平成24年5月22日

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 委員、三村 衛 委員、鈴木 明彦 委員、  
安井 成豊 委員、三木 慶造 委員、真下 英人 委員

(欠席：菅野 高弘 委員)

<国土交通省>

大臣官房 越智技術調査課長、大臣官房 坂公共事業調査室長

議事概要：

- ・委員7名の参加により現地視察として、①現場状況(地上部)、②立坑から撤去された部材、資機材、③横坑の水中カメラ映像 の3点が確認された。
- ・今回の視察結果も参考として、今後の協議会にて具体的検討を進めることとされた。

## 第2回 協議会

日 時：平成24年6月29日 13:00～15:00

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、鈴木 明彦 委員、安井 成豊 委員、  
三木 慶造 委員、真下 英人 委員、菅野 高弘 委員

(欠席：三村 衛 委員)

<国土交通省>

大臣官房 越智技術調査課長、大臣官房 坂公共事業調査室長、  
総合政策局 安藤公共事業企画調整課長、土地・建設産業局 青木建設業課長、  
水管理・国土保全局 森北治水課長(代理)、水管理・国土保全局 塩路下水道事業課長(代理)、  
道路局 三浦国道・防災課長(代理)、港湾局 大脇技術企画課長(代理)

議事概要：

- ・副委員長に小山委員が就くことが確認された。
- ・倉敷市の事故視察結果に基づき意見交換を行った。いくつかの着目点について討議がなされ、現時点で考えられる複数の事故が起こりうるストーリー(仮説)を整理し、今後、これらの仮説について検証を行っていくこととした。
- ・シールド工法は全国で用いられている工法でもあり、倉敷市での事故の調査等の進捗にもよるが、時間がかかるようであれば、中間報告など何らかの「注意喚起」を出していく方向もあることが確認された。

第2回協議会にて審議した事故が起こりうるストーリー(仮説)

現場状況	～12:06 頃	12:06 頃	12:06～12:23 頃	12:23～12:29 頃
現場状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>112 リング B1 組立完了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>112 リング B2 組立開始</li> <li>出水発生(切羽圧低下)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>出水継続</li> <li>12:07 頃に制御回路停止(シールドジャッキの操作が不可となる)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模な出水</li> <li>立坑水没</li> </ul>
仮説 I <sub>a</sub>		<ul style="list-style-type: none"> <li>ジャッキを抜くことにより、K セグメントが切羽側に動き、隙間から漏水が発生した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏水による地山の緩みによってセグメントに作用する荷重が増大した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>K セグメントの機能が失われ(脱落)、R111、R110 が崩壊した。</li> </ul>
仮説 I <sub>b</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>111 リング付近の天端地山が部分的に崩落して 111 リングの B1 セグメント上にゆるみ荷重として作用する。</li> <li>ただし、この時点ではジャッキにより軸方向力が作用しているため、トンネル断面の安定性は確保される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ジャッキを抜くことにより、B1 セグメントのみが垂下がる変形モードとなり、テールシール(2 段)の止水性能が低下し、セグメント背面から土砂が流入した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水の流れとともに砂礫が崩壊しゆるみ荷重が拡大した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>111 リングの B1 セグメントリング間継手の破損が発生して、同セグメントの脱落が生じた。</li> </ul>
仮説 II		<ul style="list-style-type: none"> <li>裏込めが行われていない 111 リング、110 リングに損傷が生じ、漏水が発生した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏水による地山の緩みによってセグメントに作用する荷重が増大した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終的に壊滅的な破壊に至った。</li> </ul>
仮説 III <sub>a</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>テールシール内に裏込め注入材が入り込んで固着し、実質的なテールクリアランスがなくなる。</li> <li>シールドの姿勢変化により固着した裏込め注入材がセグメントにトンネル軸方向のひび割れ等を生じさせた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シールドの姿勢変化によってセグメントに無理な力が作用し、セグメントが損傷した。</li> <li>ジャッキを抜くことにより、トンネル軸方向部材として挙動していたセグメントがリング構造物として挙動し、崩壊が生じた。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>セグメントが破壊に至った。</li> </ul>
仮説 III <sub>b</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>砂礫地盤のためオーバーカットにより想定範囲以上の余掘り・緩みが生じやすいこと、裏込め注入をテールシールまで行っていないことからシールドやセグメントは変位し易い状態にあった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ジャッキ操作により余掘り範囲内でマシンが動き、セグメントをテールで押下げる(または押上げる)力が作用し、セグメント継手にズレが生じた。</li> <li>または、裏込めが行われていない 111 リング、110 リングとシールドテールが浮上り、テールから出水した。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>セグメントが破壊に至った。</li> <li>流れ込んだ土砂により 110 リング天端が破壊された。</li> </ul>
仮説 IV				<ul style="list-style-type: none"> <li>突然壊滅的な漏水が発生。</li> </ul>
仮説 V		<ul style="list-style-type: none"> <li>ジャッキが戻り、シールドが後退したことにより、テールシールが損傷し、テール部から漏水が発生した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏水による地山の緩みによってセグメントに作用する荷重が増大した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終的に壊滅的な破壊に至った。</li> </ul>

## 関係者ヒアリング

日 時：平成 24 年 7 月 12 日

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、真下 英人 委員

- ・協議会を代表して委員長以下 3 名の委員による関係者へのヒアリングを実施。

## 第 3 回 協議会

日 時：平成 24 年 7 月 23 日 10:00～12:00

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、三村 衛 委員、鈴木 明彦 委員、  
安井 成豊 委員、三木 慶造 委員、真下 英人 委員、菅野 高弘 委員

<国土交通省>

大臣官房 越智技術調査課長、大臣官房 坂公共事業調査室長、  
総合政策局 安藤公共事業企画調整課長、土地・建設産業局 青木建設業課長、  
水管理・国土保全局 森北治水課長(代理)、水管理・国土保全局 塩路下水道事業課長(代理)、  
道路局 三浦国道・防災課長(代理)、港湾局 大脇技術企画課長

議事概要：

- ・関係者からの聞き取り調査結果の報告がなされた。
- ・これまでに確認できた事象の整理を行った。
- ・シールドトンネル設計・施工中の現場への注意事項について意見交換を行った。
- ・会議終了後、会見で「シールドトンネル施工技術安全向上協議会」としての中間報告を公表した。

## 第 4 回 協議会

日 時：平成 24 年 9 月 28 日 13:30～15:30

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、三村 衛 委員、鈴木 明彦 委員、  
安井 成豊 委員、三木 慶造 委員、真下 英人 委員、菅野 高弘 委員

<国土交通省>

大臣官房 越智技術調査課長、総合政策局 安藤公共事業企画調整課長、  
土地・建設産業局 青木建設業課長(代理)、水管理・国土保全局 山田治水課長(代理)、  
水管理・国土保全局 塩路下水道事業課長(代理)、道路局 三浦国道・防災課長(代理)、  
港湾局 大脇技術企画課長

議事概要：

- ・第 3 回協議会において取りまとめられた中間報告をうけて、国交省から通知文書を発出したことが報告された。
- ・倉敷市の事故に関する検討として、セグメントの解析計算および土の挙動の分析について経過報告があり、意見交換を実施。検討を継続する。
- ・シールド工事を行う企業からの聞き取り調査について経過報告があり、意見交換を実施。再度詳しく聞き取り調査することとなった。

## 第5回 協議会

日 時：平成 25 年 1 月 31 日 10:00～12:20

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、三村 衛 委員、鈴木 明彦 委員、  
安井 成豊 委員、三木 慶造 委員、真下 英人 委員、  
(欠席：菅野 高弘 委員)

<国土交通省>

大臣官房 越智技術調査課長、総合政策局 安藤公共事業企画調整課長(代理)、  
土地・建設産業局 青木建設業課長(代理)、水管理・国土保全局 山田治水課長(代理)、  
水管理・国土保全局 塩路下水道事業課長(代理)、道路局 三浦国道・防災課長(代理)、  
港湾局 下司技術企画課長(代理)

議事概要：

- ・倉敷市の事故に関する検討として海中から引揚げられたセグメントの詳細調査結果の報告がなされた。結果に基づき破壊形態について意見交換がなされた。引続き分析が必要となった。
- ・シールド工事をを行う建設会社からのアンケート調査結果の報告がなされた。その結果から4点の問題点が抽出され、その結果に基づき注意事項の議論がなされ、とりまとめられた。会議終了後にアンケート調査結果とりまとめとその注意事項を公表することを確認した。

## 第6回 協議会

日 時：平成 25 年 8 月 23 日 15:00～17:00

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、鈴木 明彦 委員、安井 成豊 委員、  
三木 慶造 委員、真下 英人 委員、菅野 高弘 委員  
(欠席：三村 衛 委員)

<国土交通省>

大臣官房 田村技術調査課長、総合政策局 安藤公共事業企画調整課長(代理)、  
土地・建設産業局 青木建設業課長(代理)、水管理・国土保全局 増田下水道事業課長(代理)、  
道路局 茅野国道・防災課長(代理)、港湾局 下司技術企画課長(代理)

議事概要：

- ・倉敷市の事故に関する検討として、海中から引揚げられたセグメントおよび引揚げられるシールドについて、状況報告がなされた。これまで確認された事項等に基づき破壊形態を検証する解析手法について意見交換がなされた。引続き分析が必要となった。
- ・現地でのシールド引揚げを受けて、協議会として、8月29日に現地確認を行うことを確認した。

## 現地視察

日 時：平成 25 年 8 月 29 日

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 委員、安井 成豊 委員、三木 慶造 委員、  
真下 英人 委員

(欠席：三村 衛 委員、鈴木 明彦 委員、菅野 高弘 委員)

議事概要：

- ・現地視察として、①引揚げられたセグメント、②引揚げられたシールド、③海底の水中カメラ映像 の 3 点が確認された。

## 第 7 回 協議会

日 時：平成 25 年 11 月 22 日 10:00～12:00

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、三村 衛 委員、鈴木 明彦 委員、  
安井 成豊 委員、三木 慶造 委員、真下 英人 委員、菅野 高弘 委員

<国土交通省>

大臣官房 田村技術調査課長、大臣官房 鈴木公共事業調査室長、  
土地・建設産業局 建設業課委員代理、水管理・国土保全局 治水課委員代理、  
水管理・国土保全局 下水道事業課委員代理、道路局 国道・防災課委員代理、  
港湾局 技術企画課委員代理

議事概要：

- ・倉敷市の事故に関する検討として、海中から引揚げられたセグメントおよびシールドについての調査結果の報告がなされた。
- ・これまで確認された事項等に基づく理論解析の経過報告がなされ、事故発生のメカニズムの検証についての審議がなされたが、引続き、分析することとなった。

## 第 8 回 協議会

日 時：平成 25 年 12 月 20 日 10:00～12:00

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、鈴木 明彦 委員、安井 成豊 委員、  
三木 慶造 委員、真下 英人 委員、菅野 高弘 委員

(欠席：三村 衛 委員)

<国土交通省>

大臣官房 田村技術調査課長、大臣官房 鈴木公共事業調査室長、  
総合政策局 公共事業企画調整課委員代理、水管理・国土保全局 治水課委員代理、  
港湾局 技術企画課委員代理

議事概要：

- ・これまでに確認された事項等に加え、これらに基づき実施した理論解析を踏まえ、事故発生のメカニズムが審議されたが、意見のあった一部の事項については、次回回答することとなった。
- ・シールドトンネル事故の再発防止に向けて、留意事項の追加と協議会の提言について、審議に着手。これらのとりまとめの方向性や詳細事項等は、引続き審議することとなった。

## 第9回 協議会

日 時：平成 26 年 1 月 31 日 10:00～12:00

出席者：今田 徹 委員長、小山 幸則 副委員長、鈴木 明彦 委員、安井 成豊 委員、  
三木 慶造 委員、真下 英人 委員、

(欠席：三村 衛 委員、菅野 高弘 委員)

<国土交通省>

大臣官房 田村技術調査課長、総合政策局 公共事業企画調整課委員代理、  
土地・建設産業局 建設業課委員代理、水管理・国土保全局治水課委員代理、  
水管理・国土保全局 下水道事業課委員代理、道路局 国道・防災課委員代理、  
港湾局 技術企画課委員代理

議事概要：

- ・シールドトンネル事故の再発防止に向けた留意事項と協議会としての提言について議論され、とりまとめに向けて引続き審議することとなった。

### I.3 公表資料

これまでにシールドトンネル施工技術安全向上協議会より公表している資料等は、以下のとおり。(掲載は省略しますが、下記 URL よりご確認ください。)

#### 第1回 協議会

議事概要、議事次第

規約・委員名簿、個別事案に係る情報の取り扱い等について

資料-1 日本におけるシールド工事の実施状況

資料-2 シールド工事における技術基準、技術開発経緯

#### 第2回 協議会

議事概要、議事次第

規約(改定)

#### 第3回 協議会

議事概要、議事次第

中間報告

#### 第4回 協議会

議事概要、議事次第

#### 第5回 協議会

議事概要、議事次第

アンケート調査結果とりまとめ、アンケート調査結果に基づく注意事項

補足説明資料

#### 第6回 協議会

議事概要、議事次第

#### 第7回 協議会

議事概要、議事次第

#### 第8回 協議会

議事概要、議事次第

#### 第9回 協議会

議事概要、議事次第

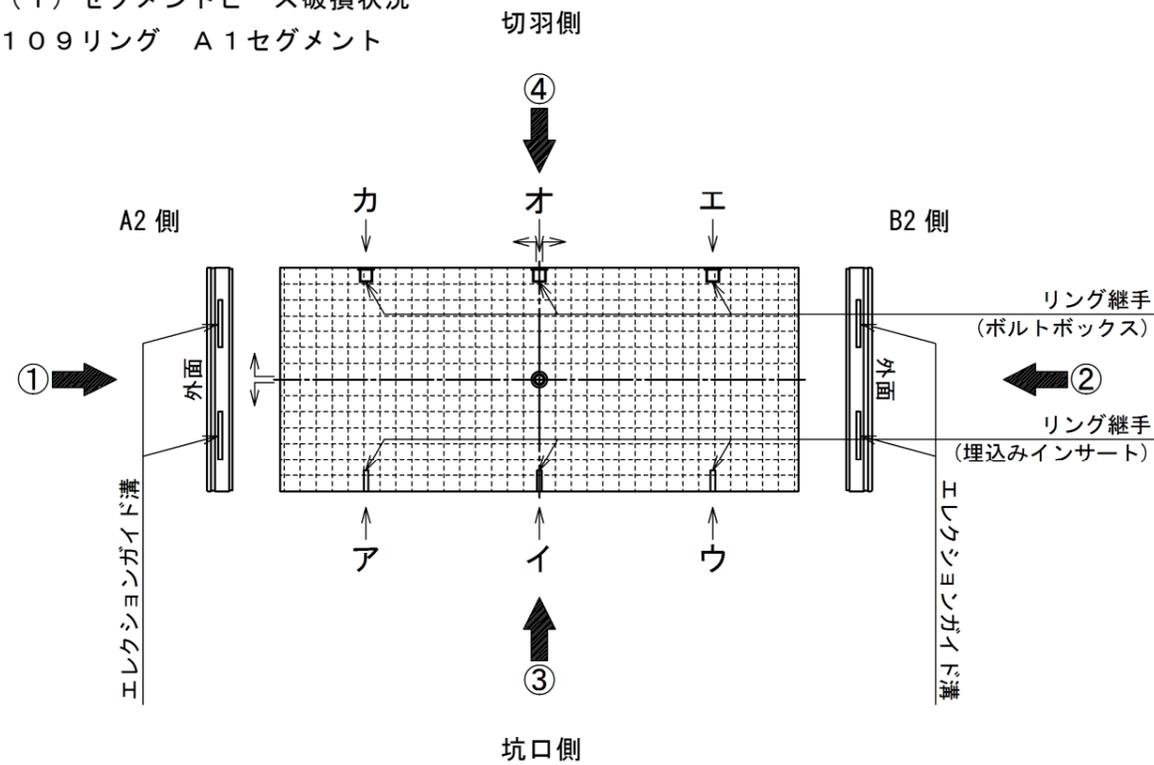
シールドトンネル施工技術安全向上協議会 ホームページ (URL)

<http://www.mlit.go.jp/tec/kanri/stnkyougikai.html>

## II 現地調査結果

### II.1 セグメントの調査結果

(1) セグメントピース破損状況  
109リング A1セグメント



①セグメント継手 (A2側)

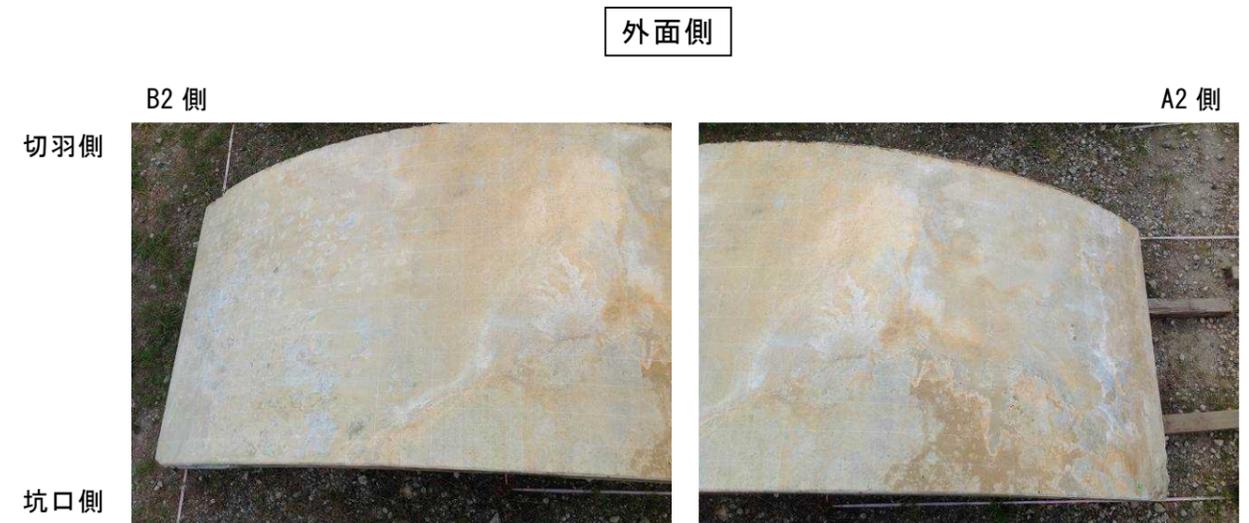
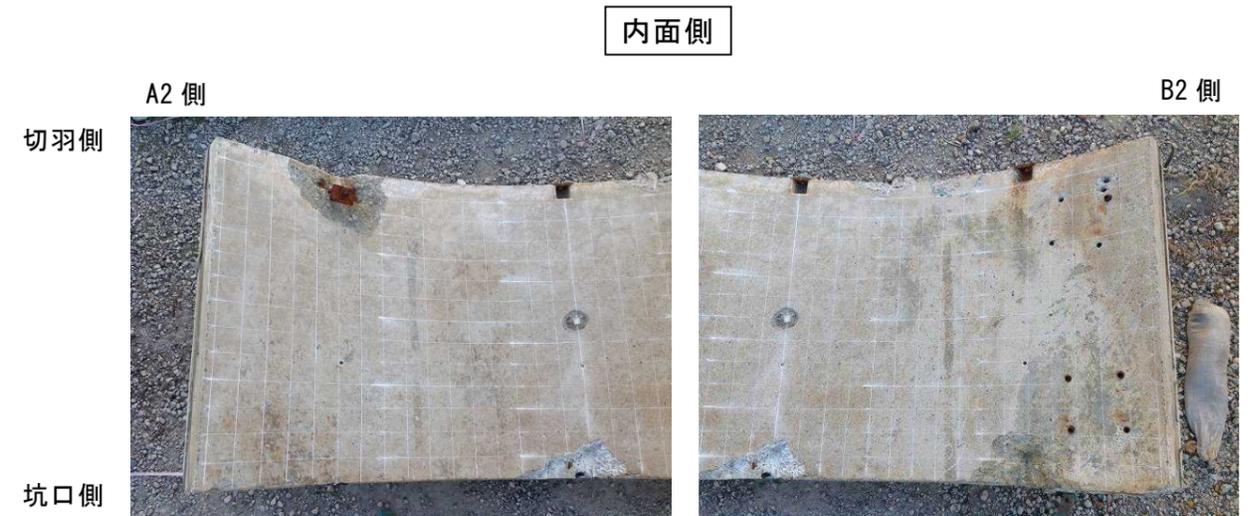
②セグメント継手 (B2側)



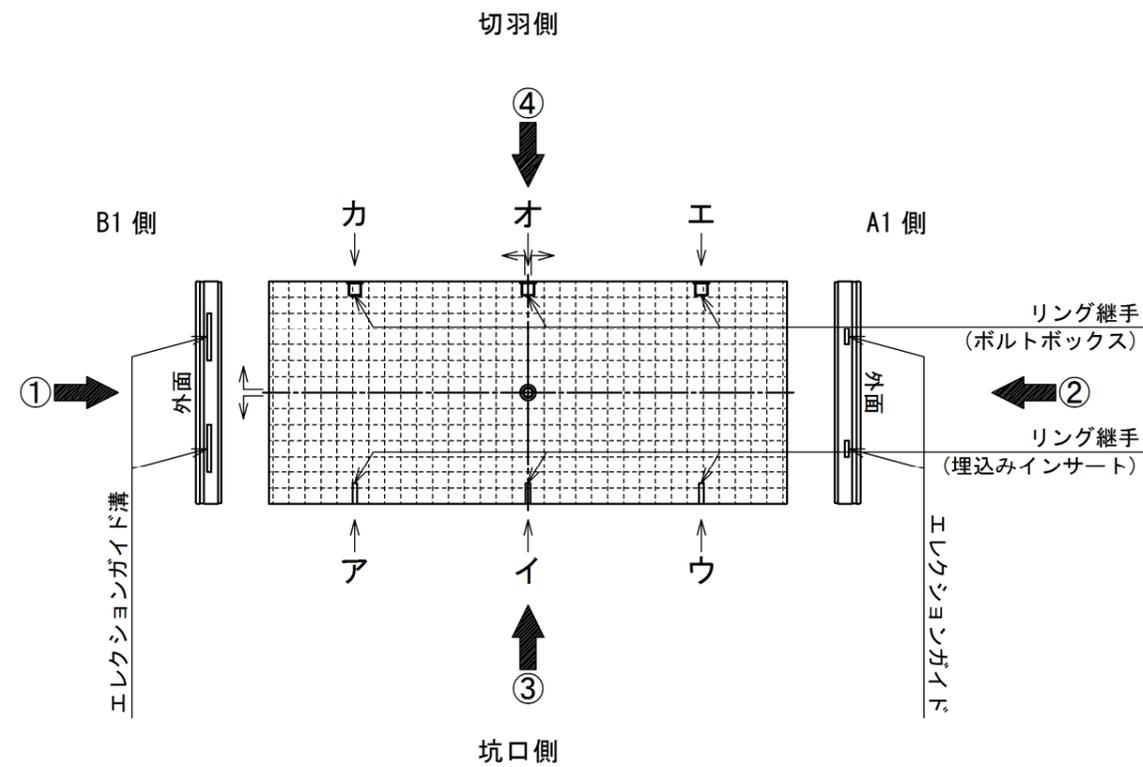
③リング継手 (坑口側：埋込みインサート)



④リング継手 (切羽側：ボルトボックス)



109リング A2セグメント



①セグメント継手 (B1側)

②セグメント継手 (A1側)



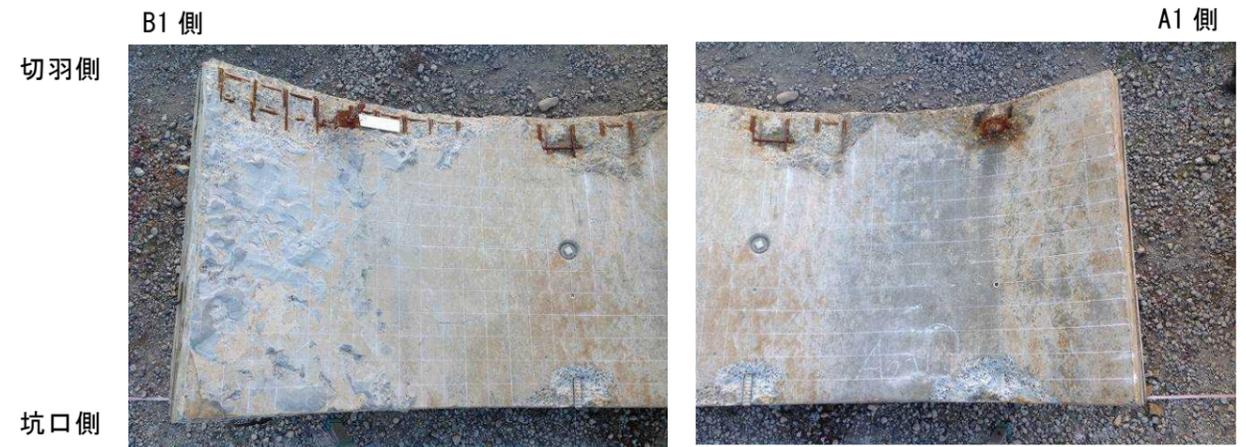
③リング継手 (坑口側：埋込みインサート)



④リング継手 (切羽側：ボルトボックス)



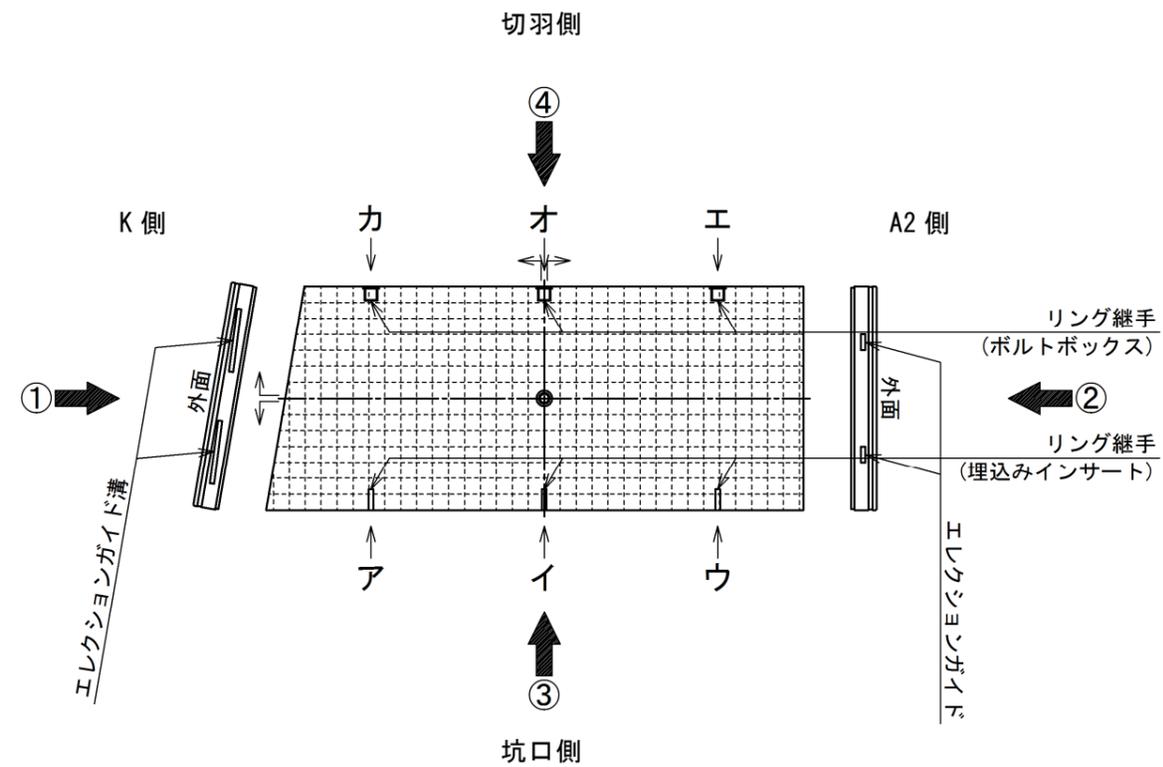
内面側



外面側



109リング B1セグメント



①セグメント継手(K側)

②セグメント継手(A2側)



③リング継手(坑口側：埋込みインサート)



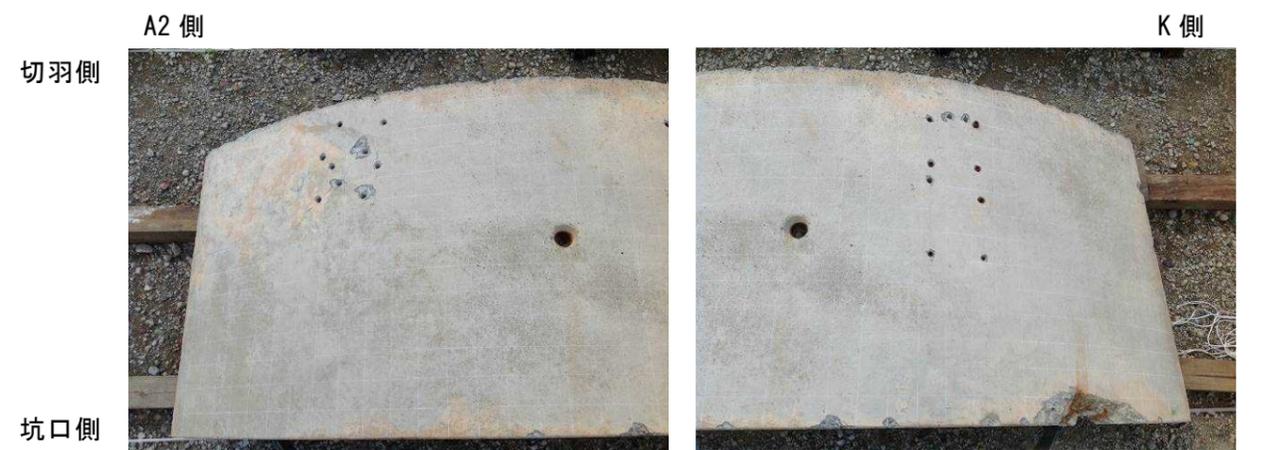
④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



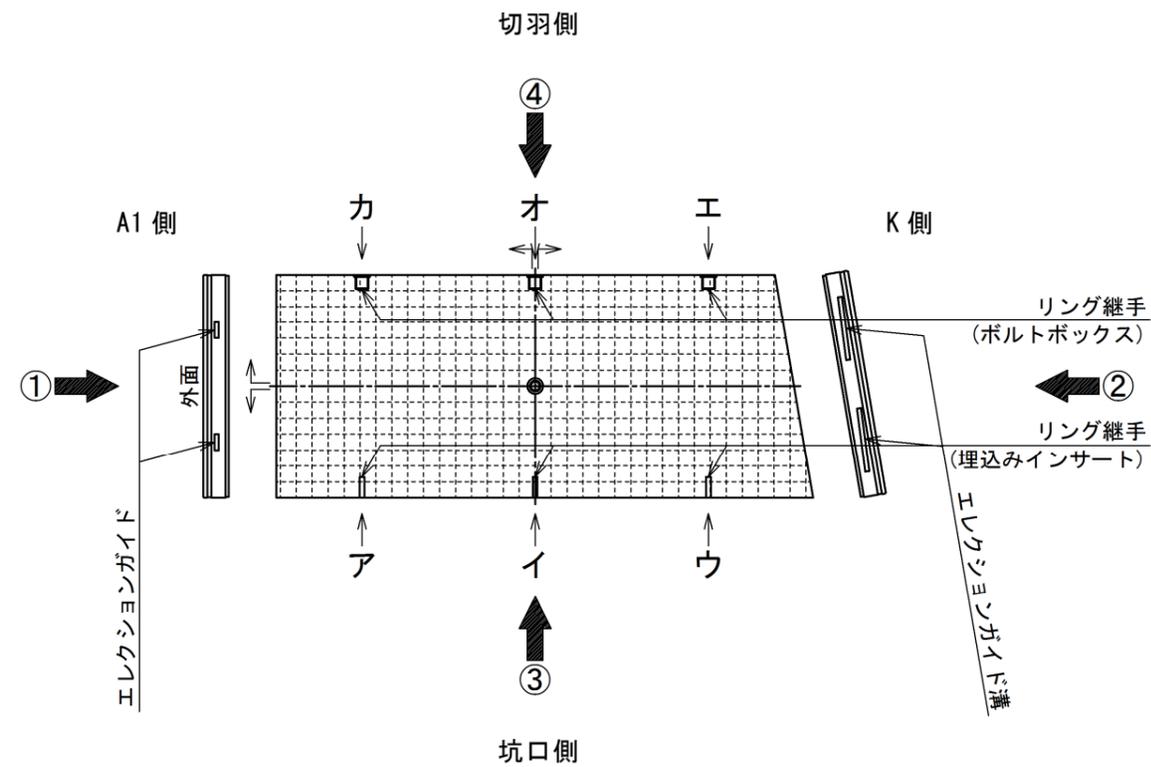
内面側



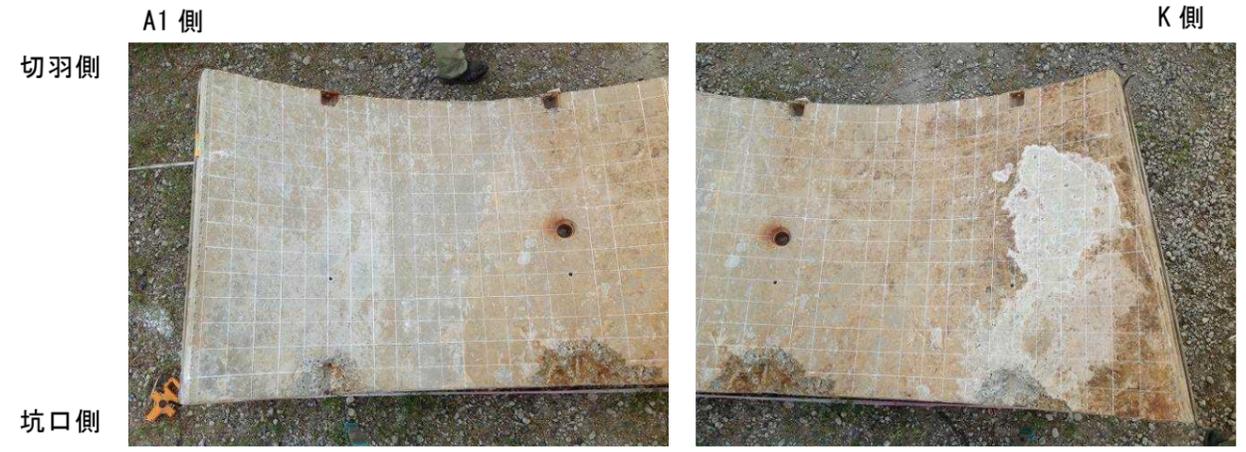
外面側



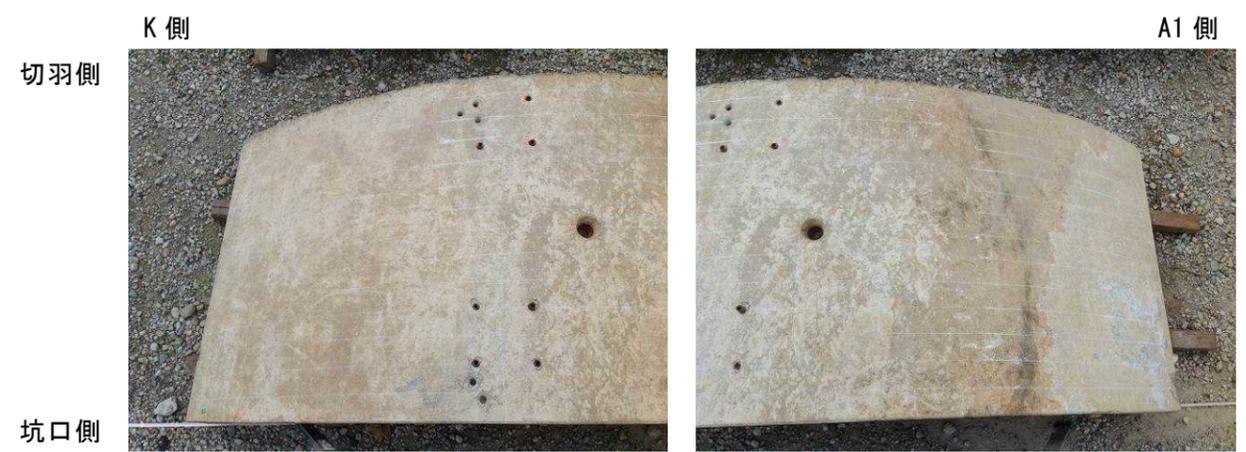
109リング B2セグメント



内面側



外面側



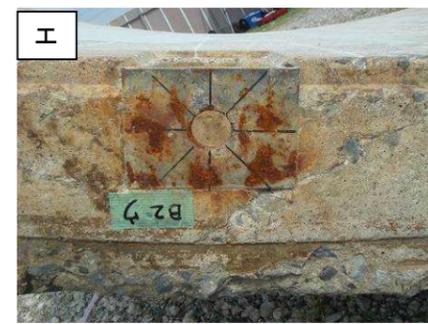
①セグメント継手(A1側)

②セグメント継手(K側)

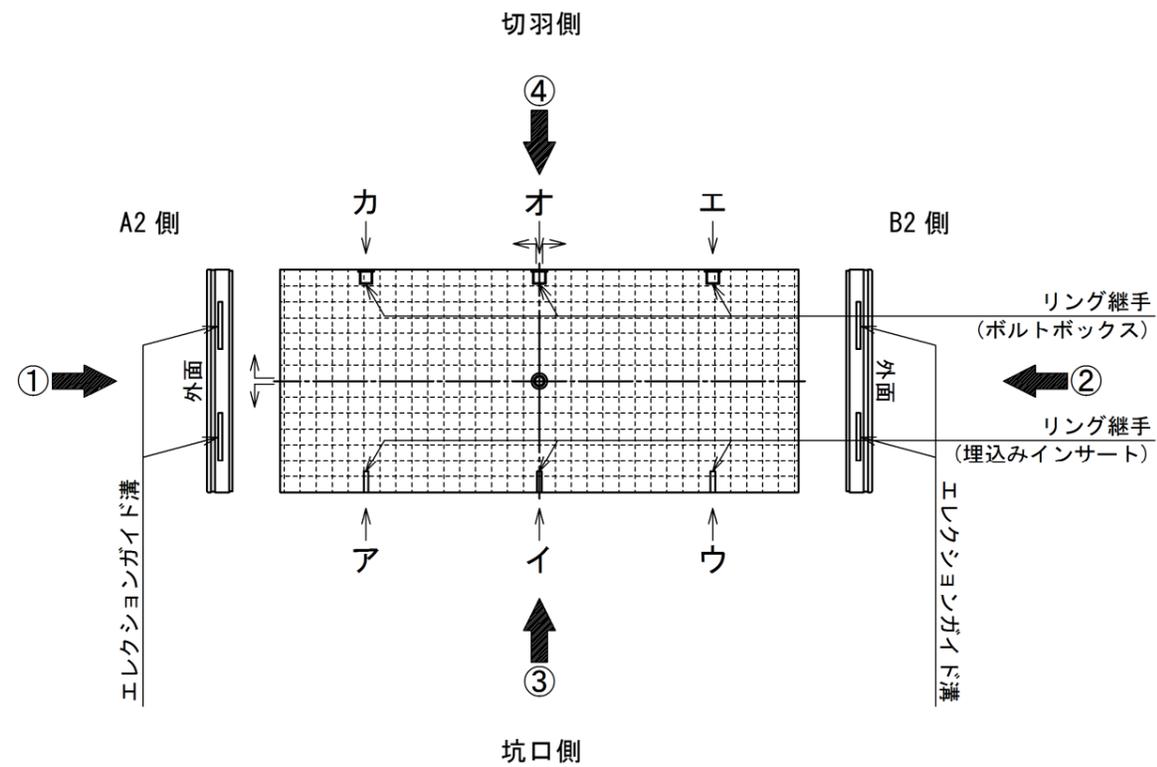


③リング継手(坑口側：埋込みインサート)

④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



110リング A1セグメント



①セグメント継手(A2側)

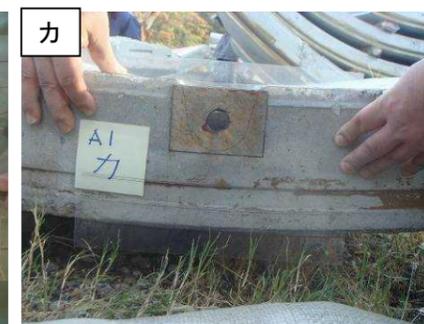
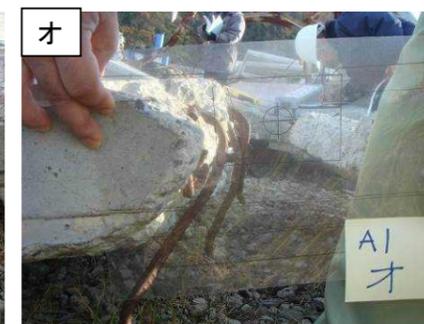
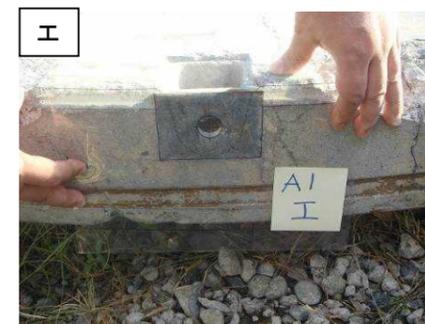
②セグメント継手(B2側)



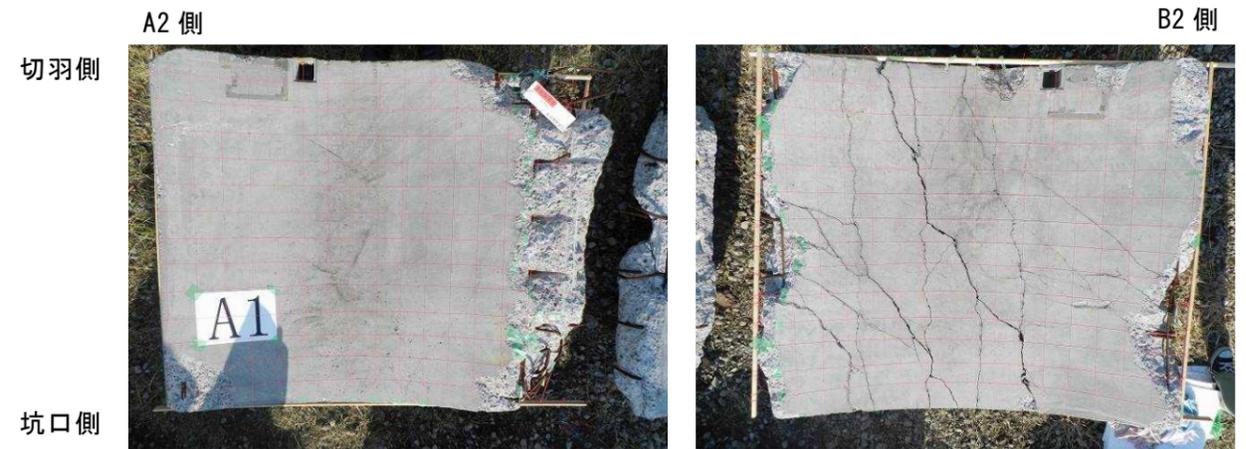
③リング継手(坑口側：埋込みインサート)



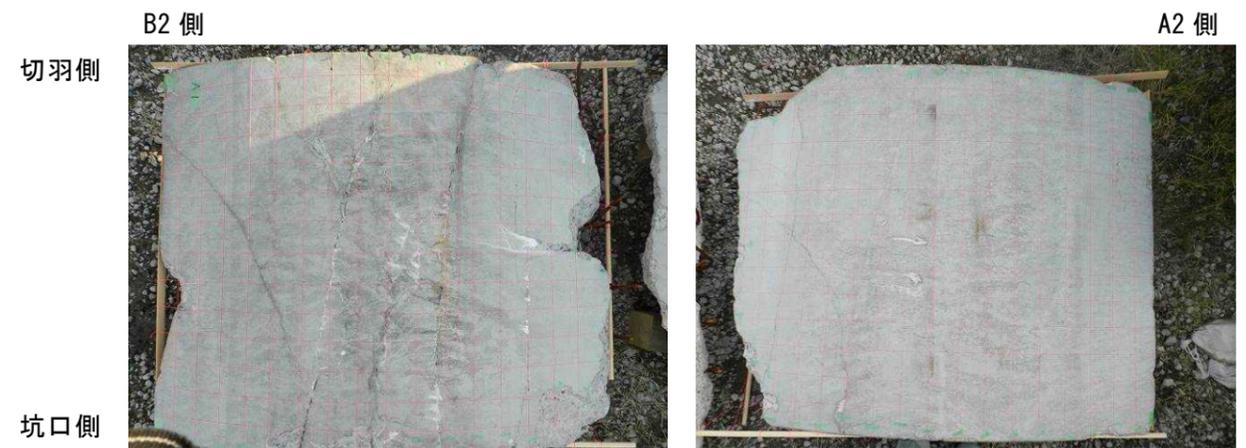
④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



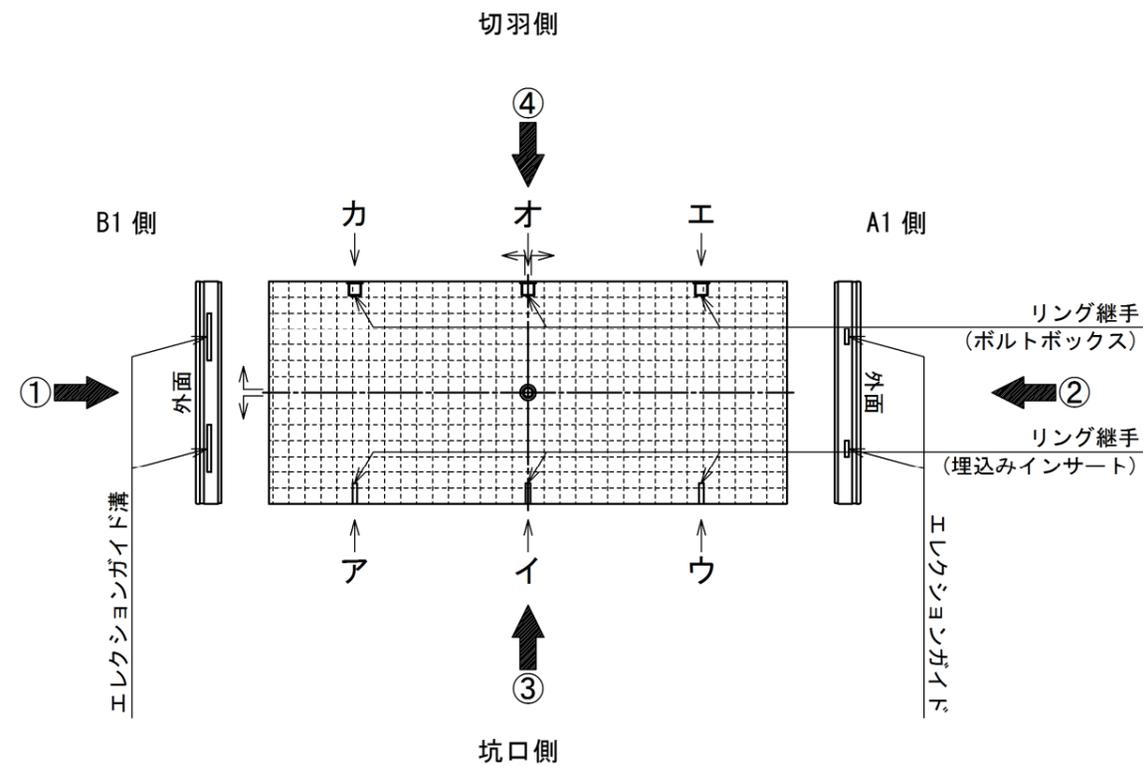
内面側



外面側



110リング A2セグメント



①セグメント継手(B1側)

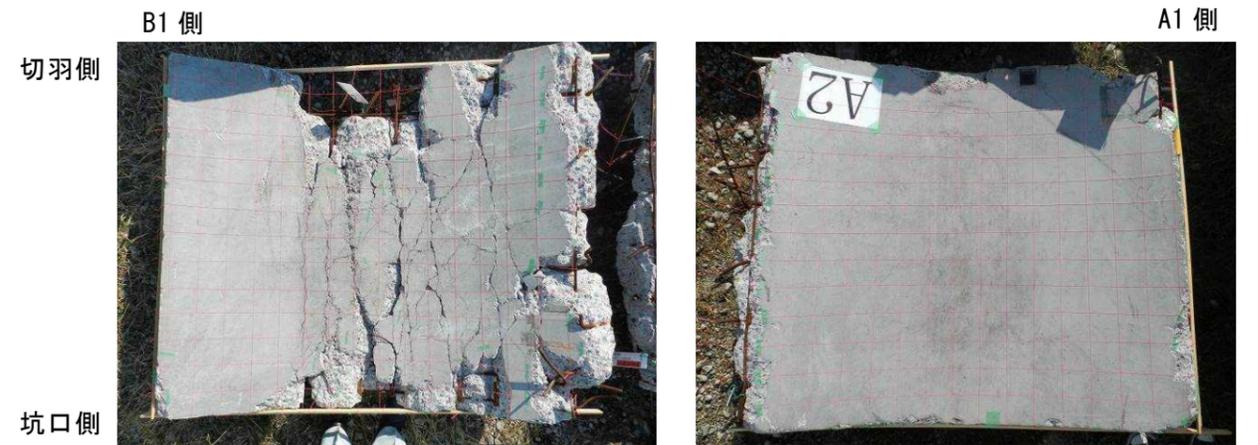
②セグメント継手(A1側)



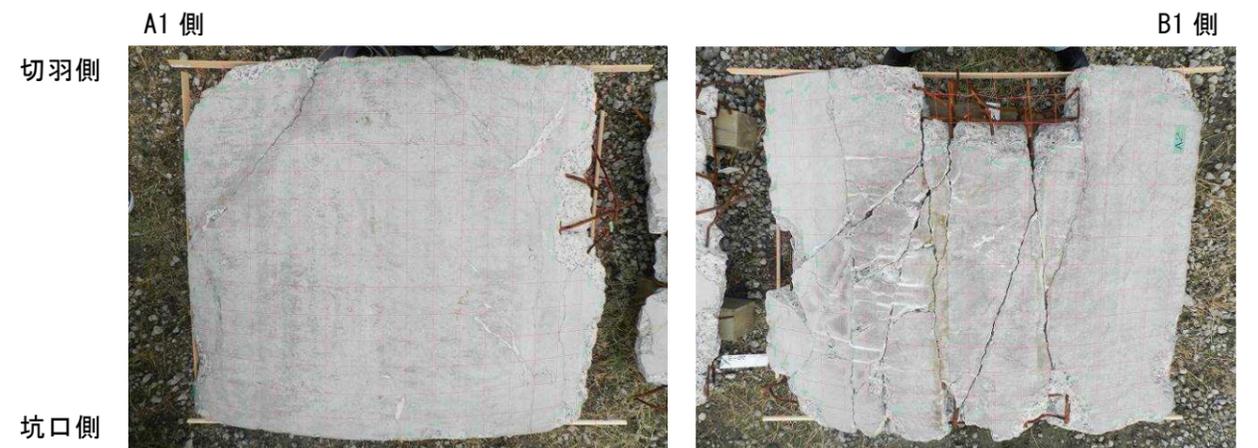
③リング継手(坑口側：埋込みインサート)



内面側

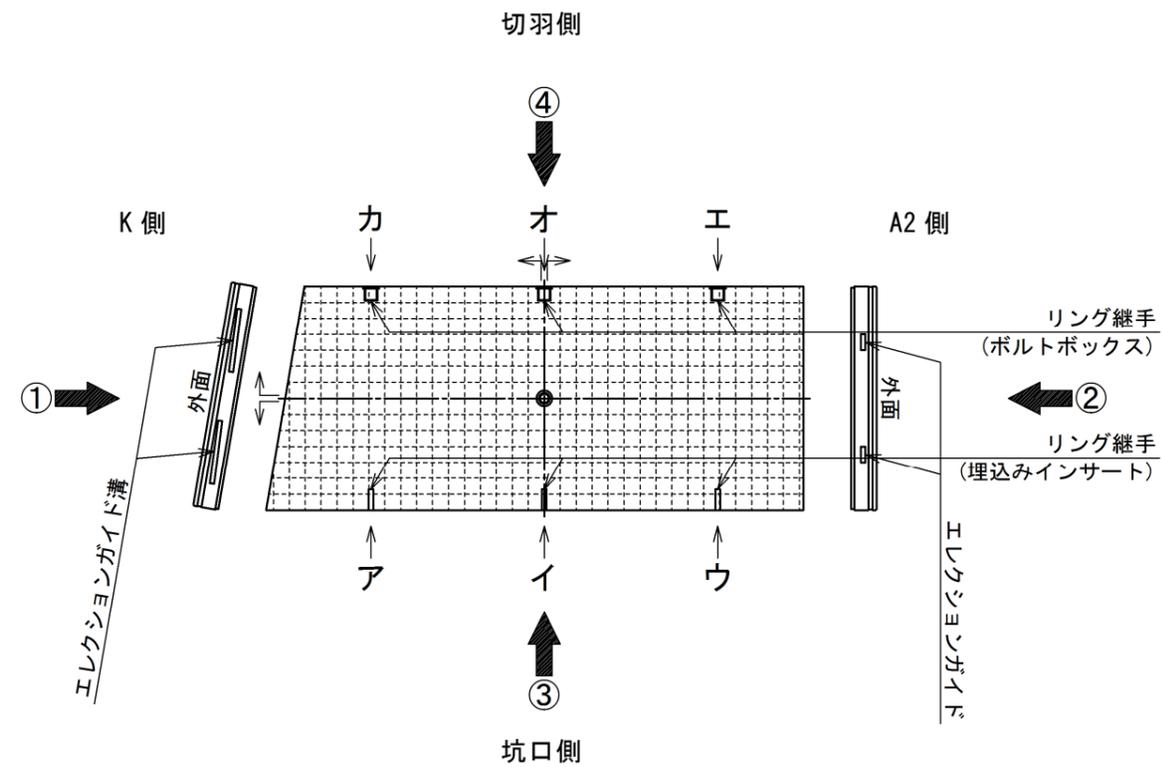


外面側



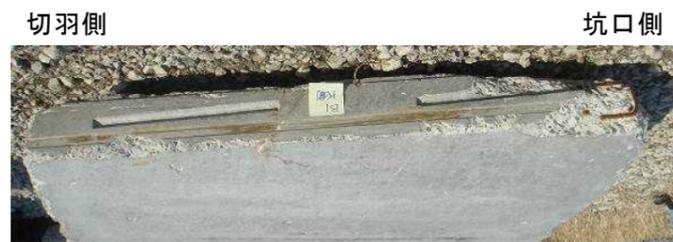
④リング継手(切羽側：ボルトボックス)

110リング B1セグメント



①セグメント継手(K側)

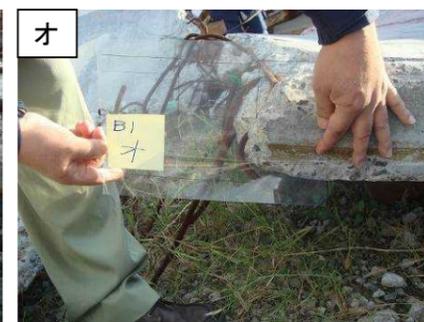
②セグメント継手(A2側)



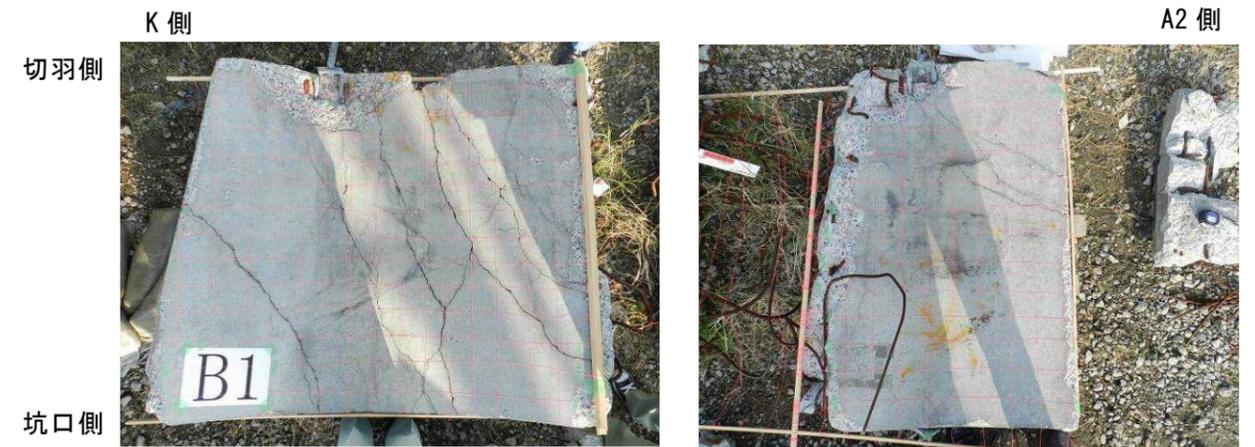
③リング継手(坑口側：埋込みインサート)



④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



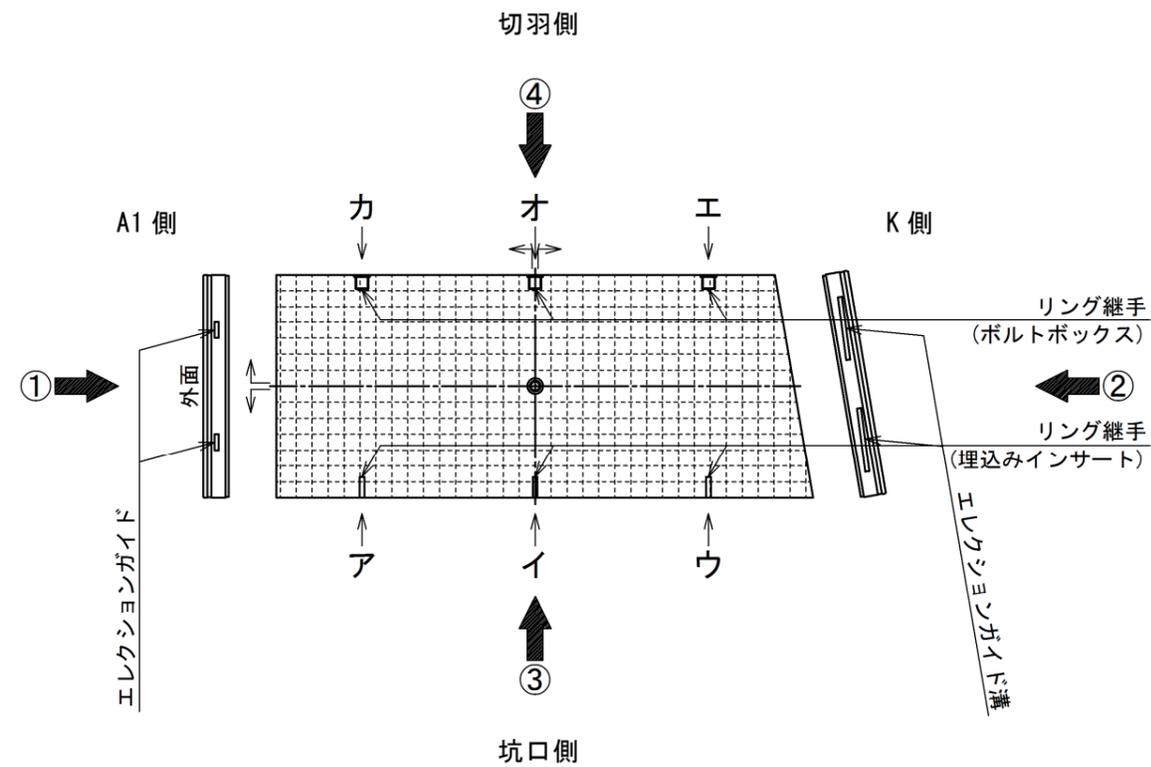
内面側



外面側



110リング B2セグメント



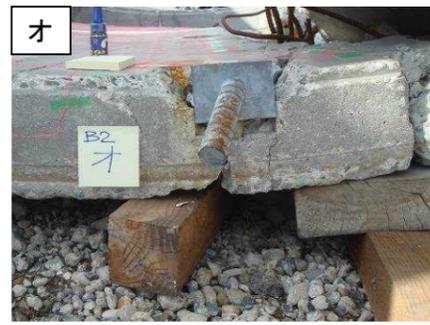
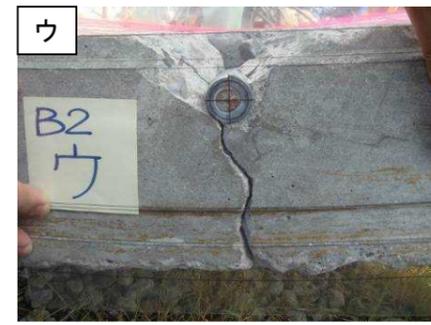
①セグメント継手(A1側)

②セグメント継手(K側)

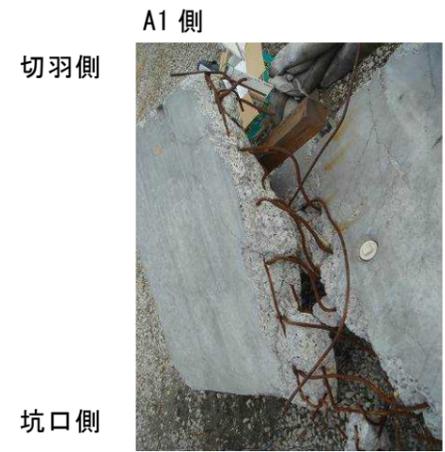


③リング継手(坑口側：埋込みインサート)

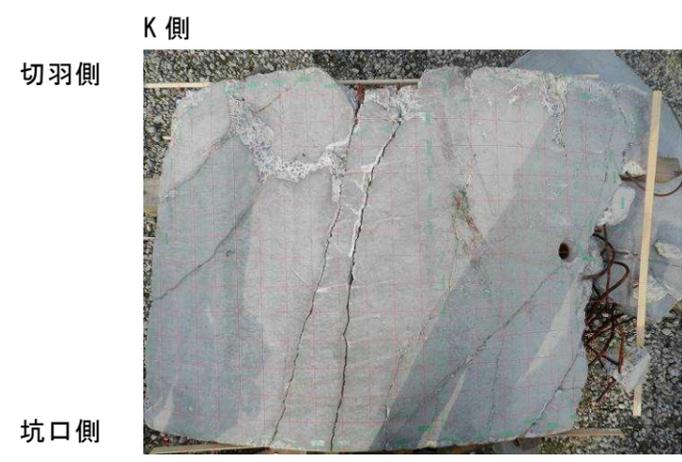
④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



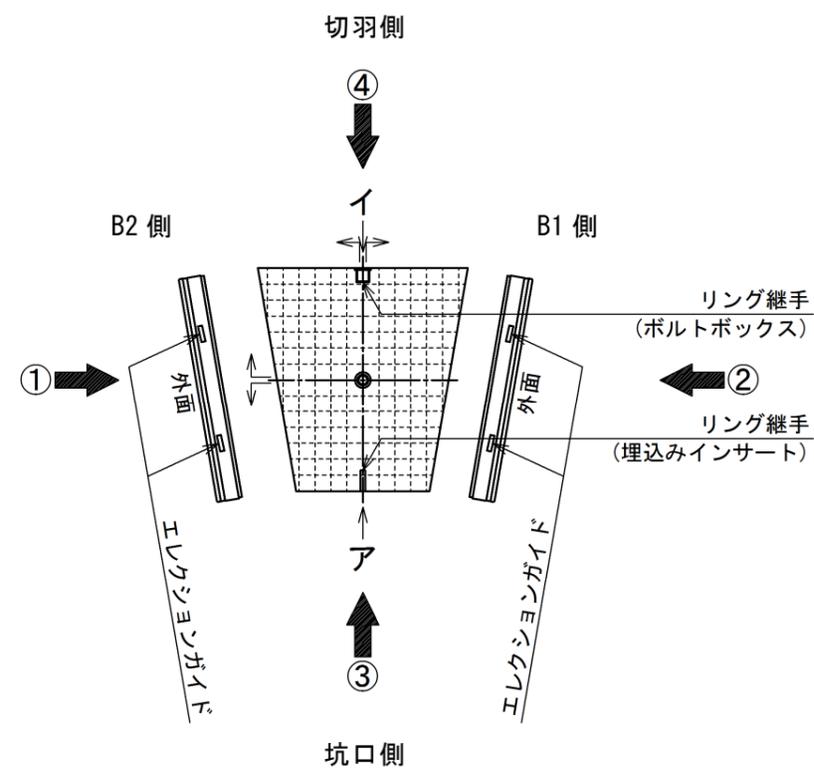
内面側



外面側



110リング Kセグメント



①セグメント継手 (B2側)



②セグメント継手 (B1側)



内面側



外面側



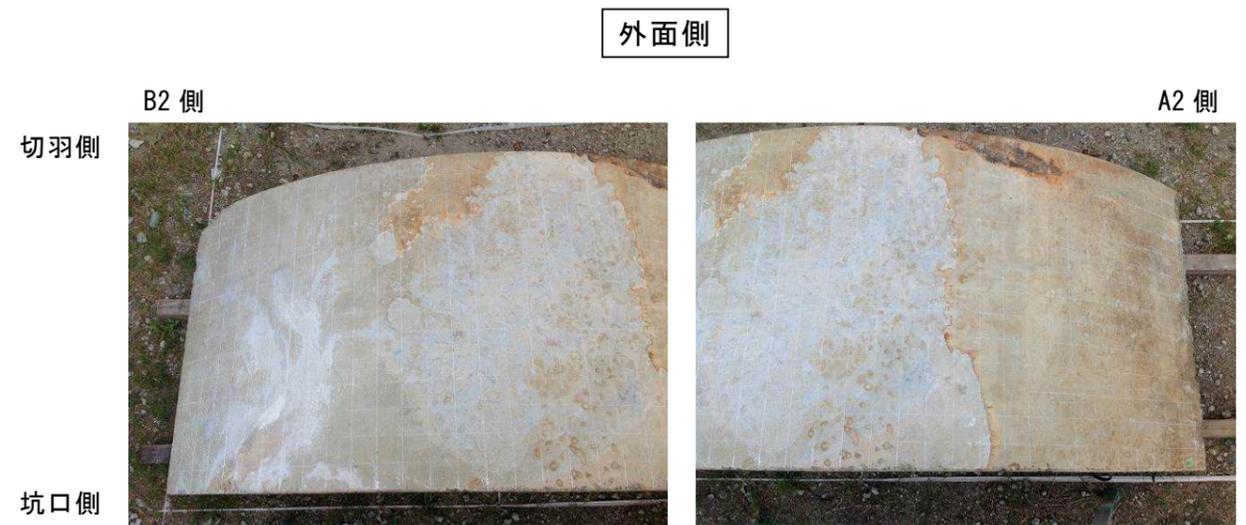
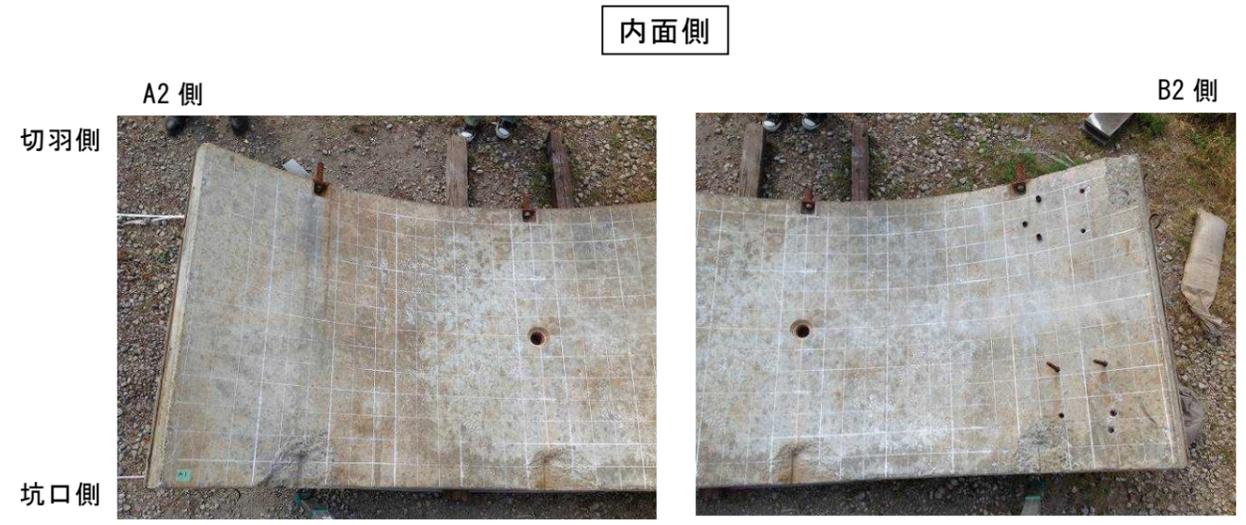
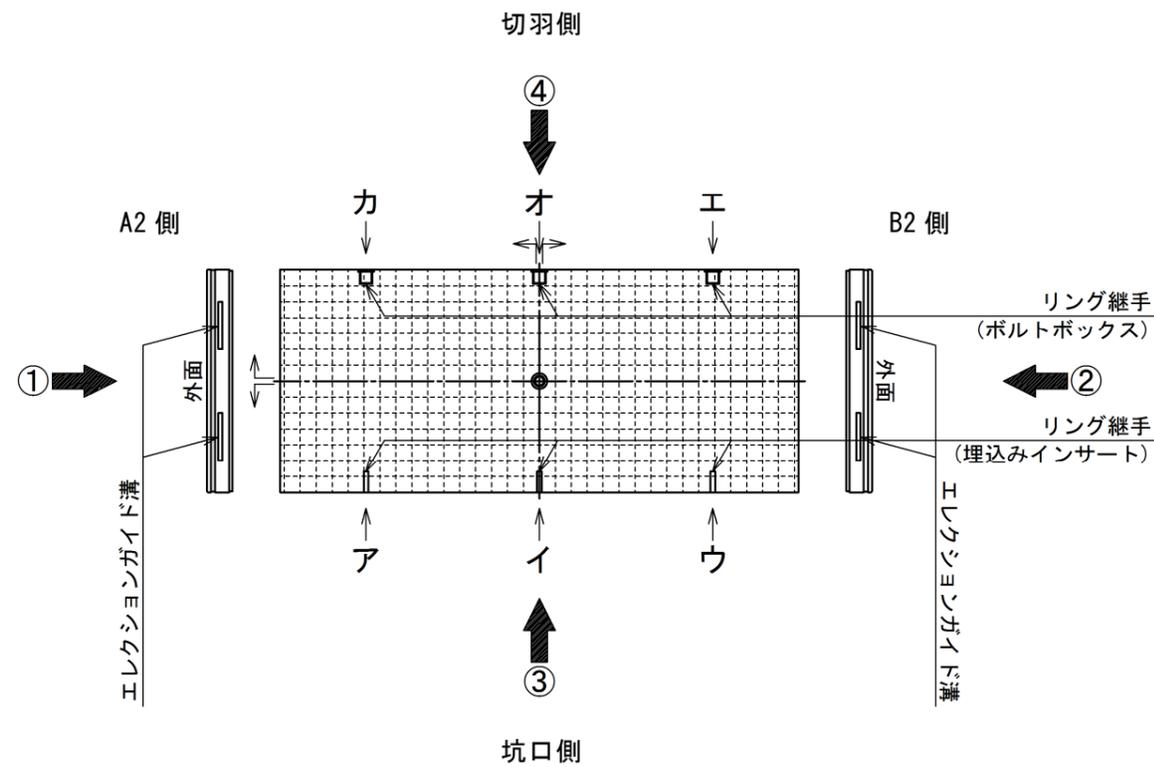
③リング継手 (坑口側 : 埋込みインサート)



④リング継手 (切羽側 : ボルトボックス)



111リング A1セグメント



①セグメント継手 (A2側)

②セグメント継手 (B2側)

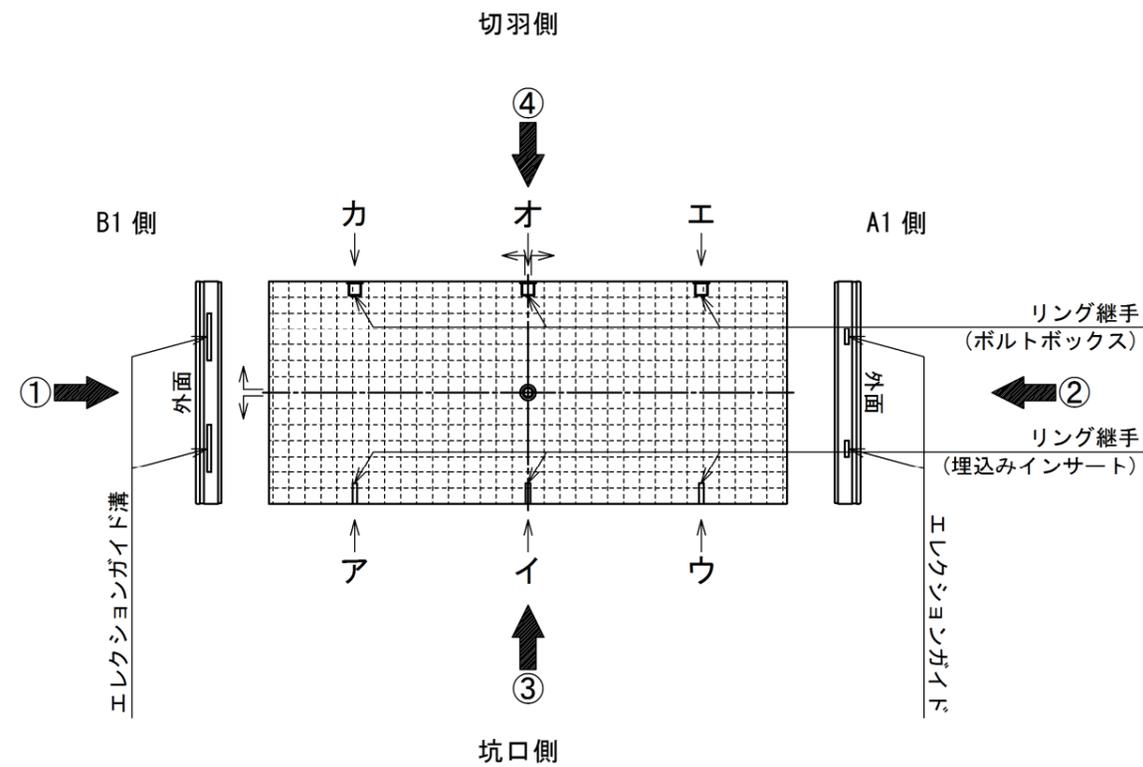


③リング継手 (坑口側：埋込みインサート)

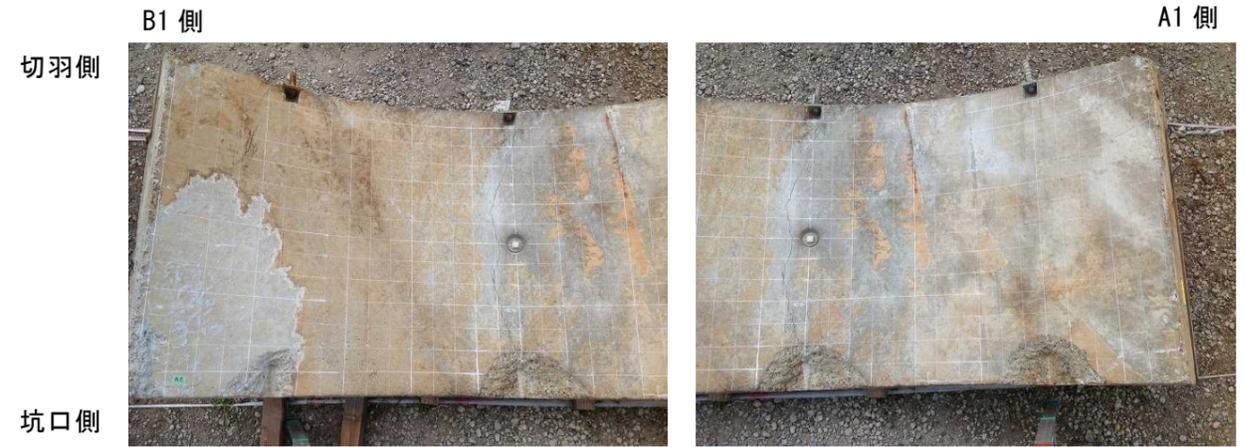
④リング継手 (切羽側：ボルトボックス)



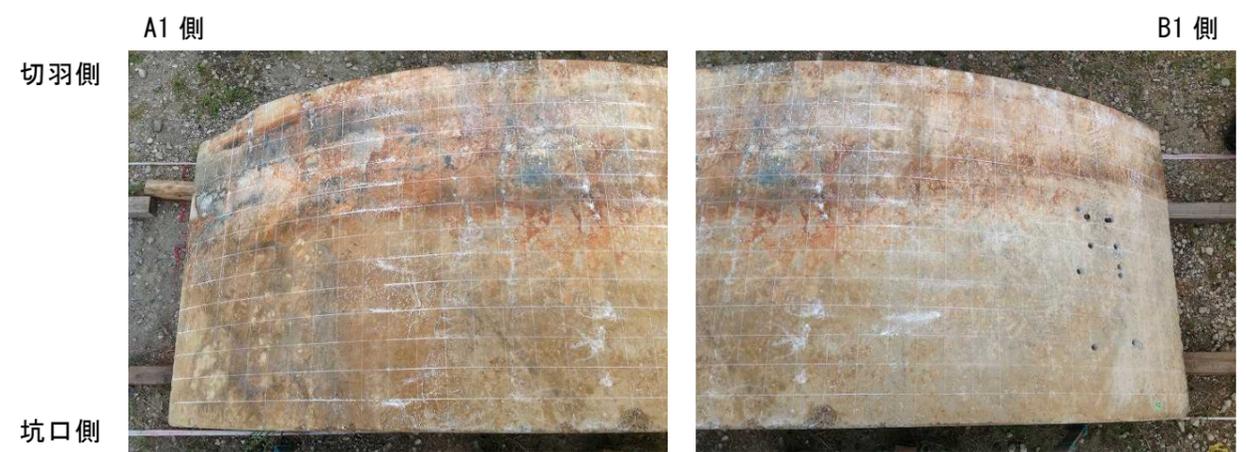
111リング A2セグメント



内面側



外面側



①セグメント継手 (B1側)



②セグメント継手 (A1側)



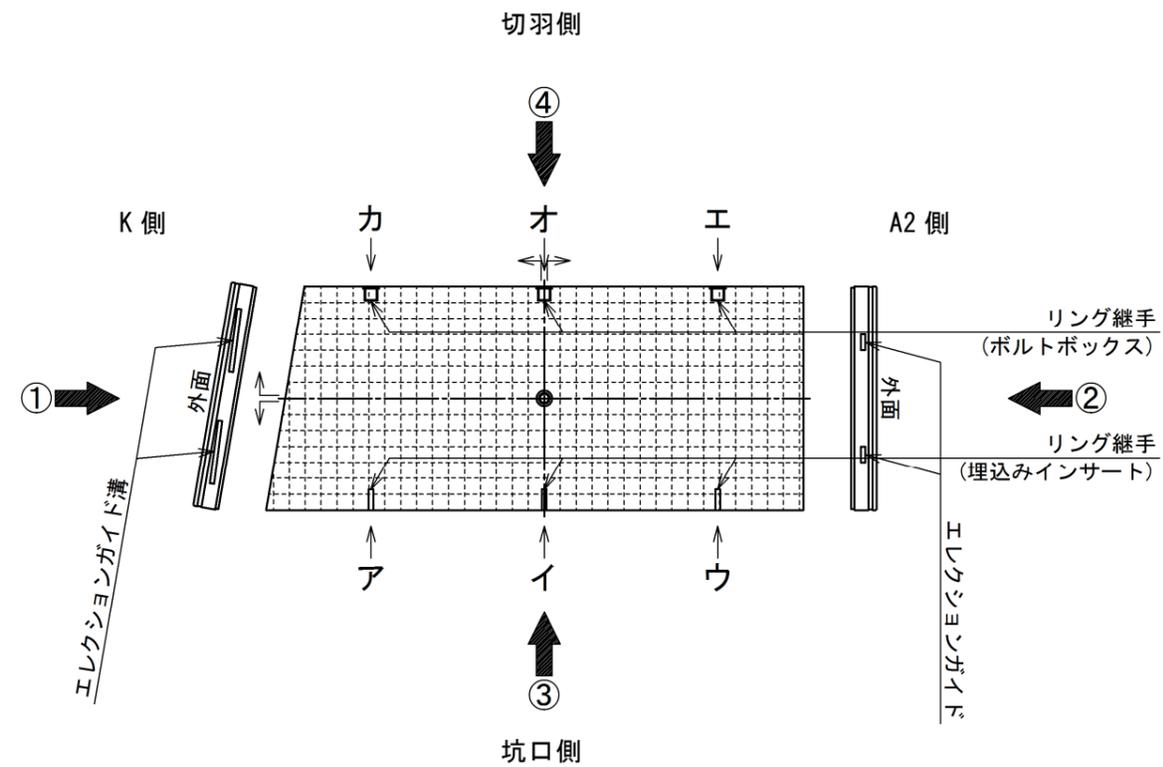
③リング継手 (坑口側：埋込みインサート)



④リング継手 (切羽側：ボルトボックス)



111リング B1セグメント



①セグメント継手(K側)

②セグメント継手(A2側)



③リング継手(坑口側：埋込みインサート)



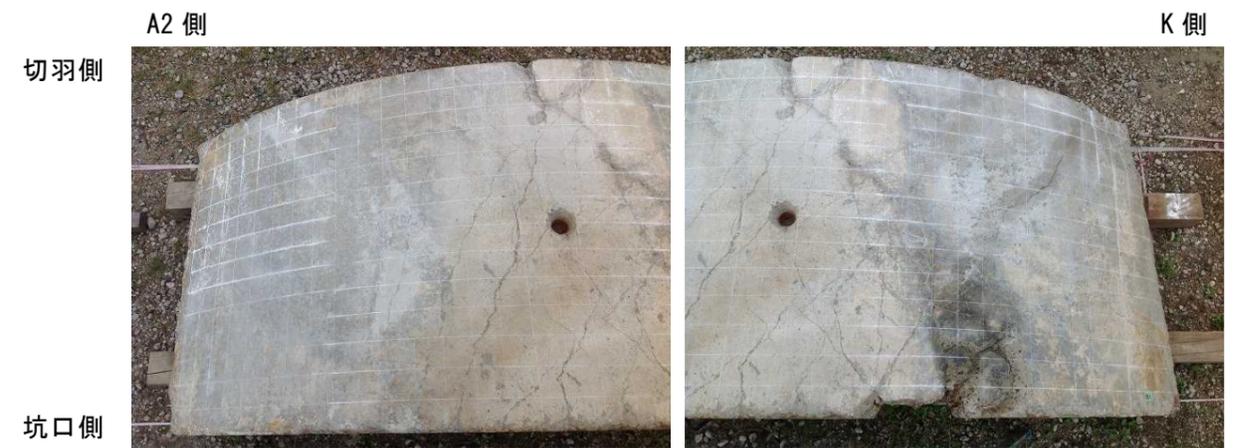
④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



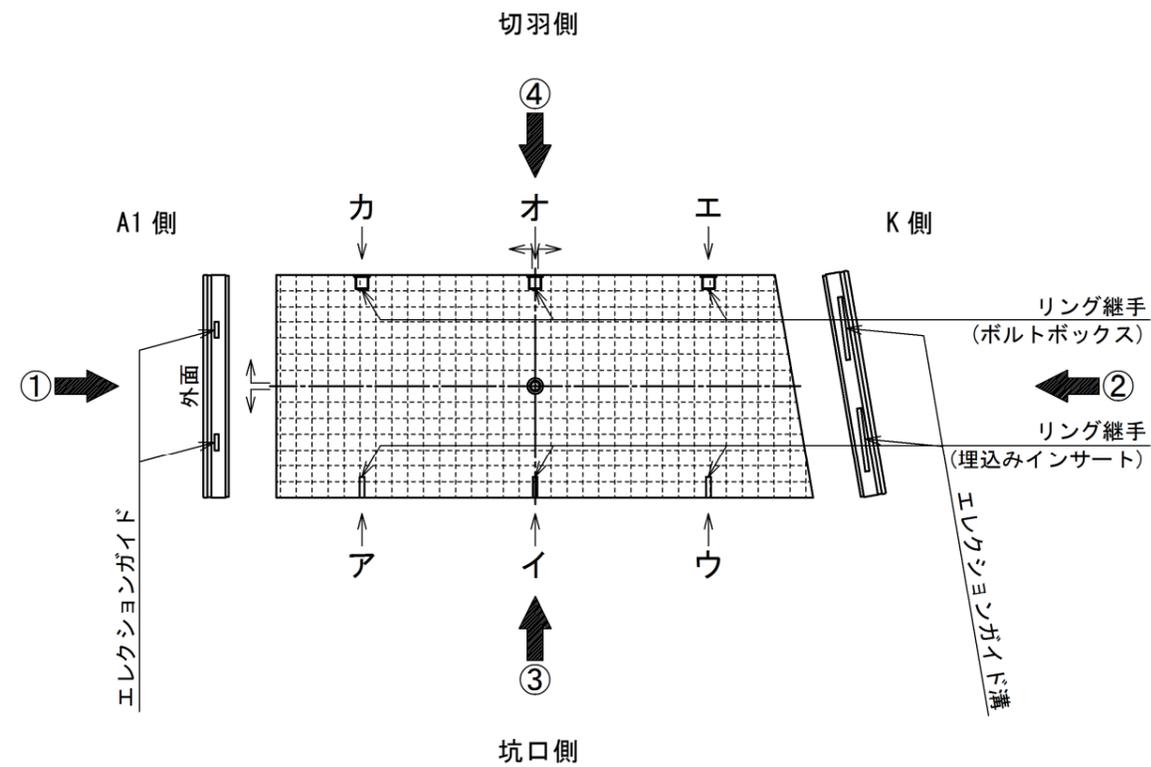
内面側



外面側



111リング B2セグメント



①セグメント継手(A1側)

②セグメント継手(K側)



③リング継手(坑口側：埋込みインサート)



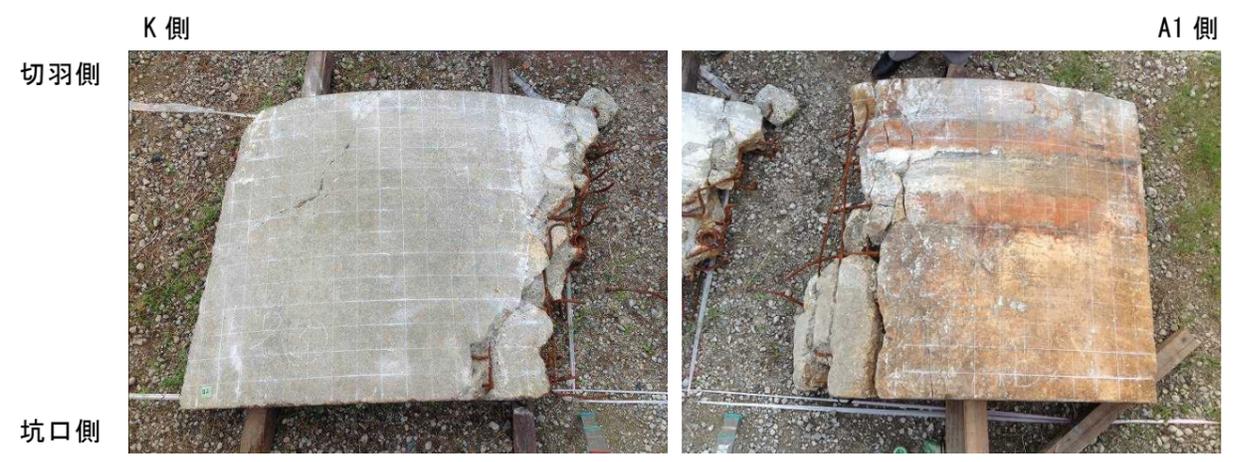
④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



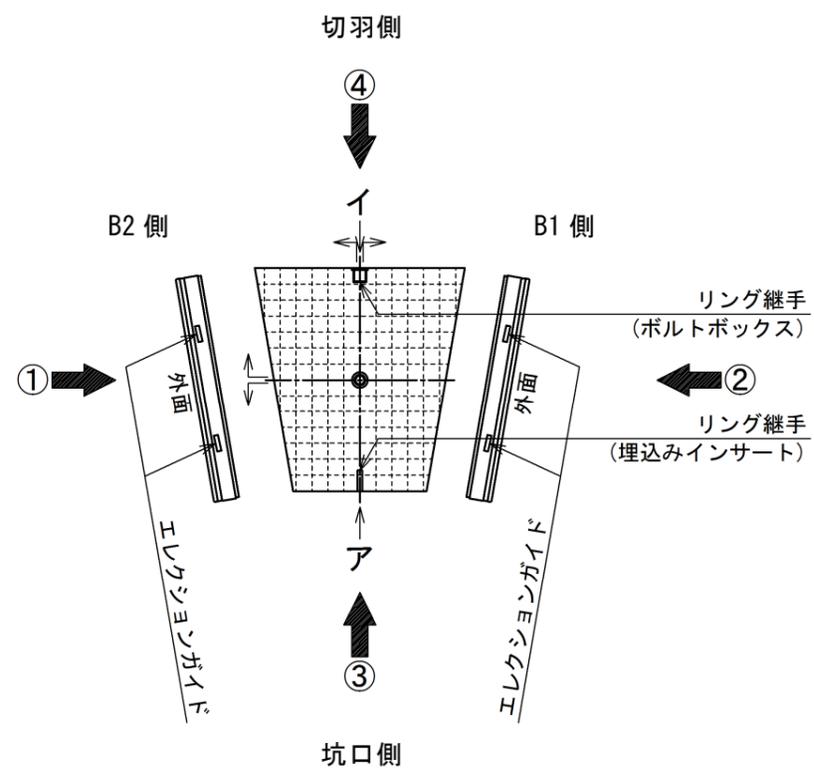
内面側



外面側



111リング Kセグメント



①セグメント継手 (B2側)



②セグメント継手 (B1側)



内面側



外面側



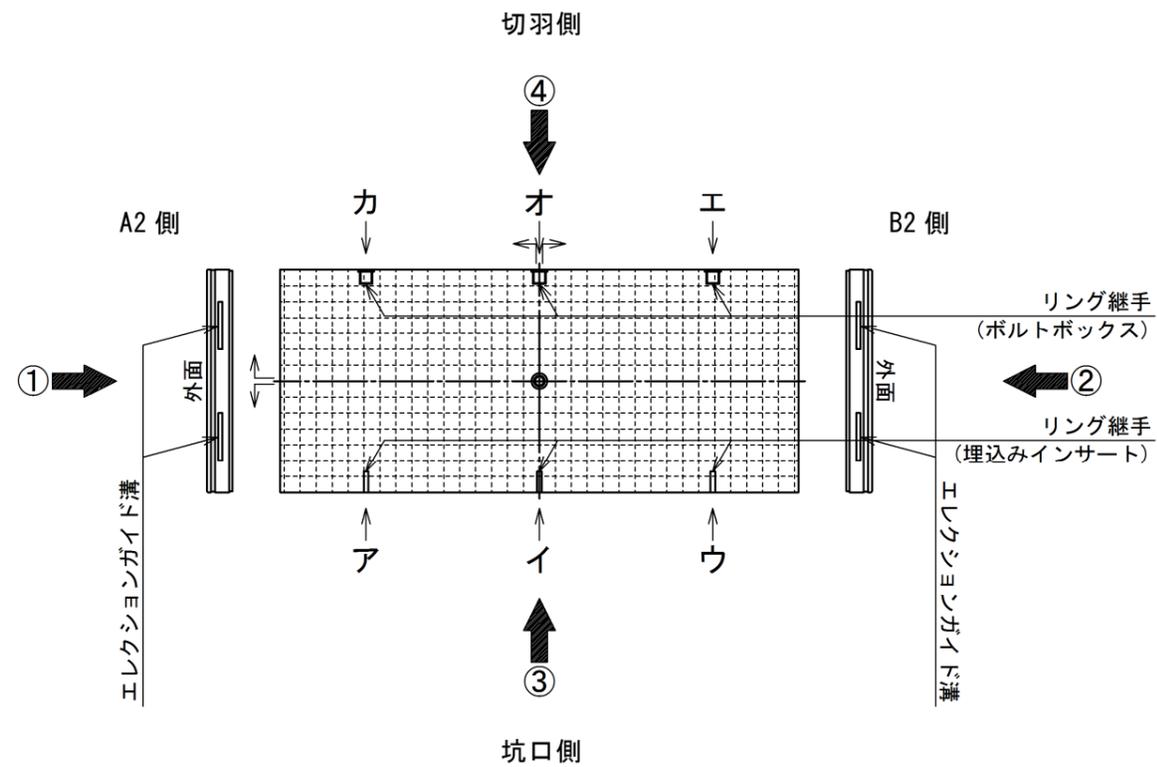
③リング継手 (坑口側：埋込みインサート)



④リング継手 (切羽側：ボルトボックス)



112リング A1セグメント



①セグメント継手(A2側)

②セグメント継手(B2側)



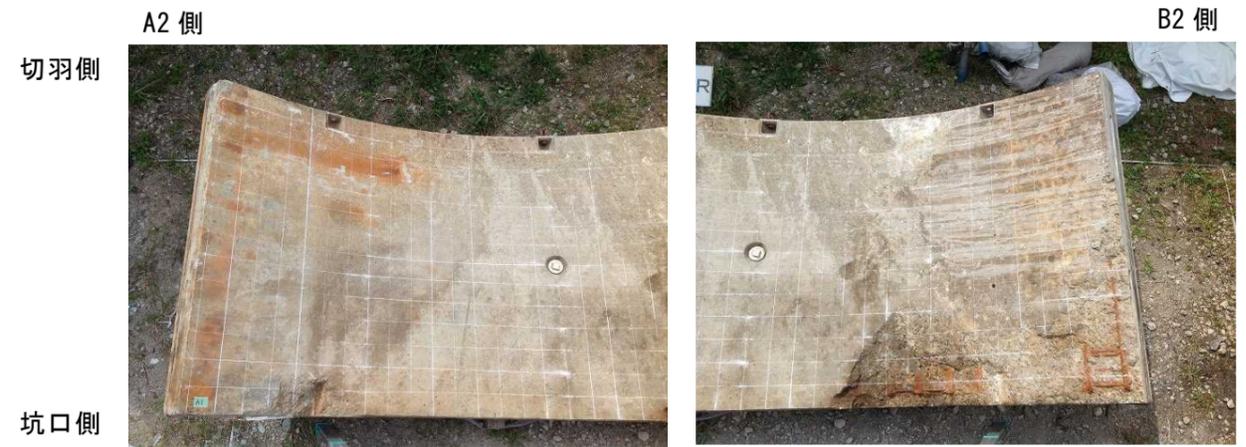
③リング継手(坑口側：埋込みインサート)



④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



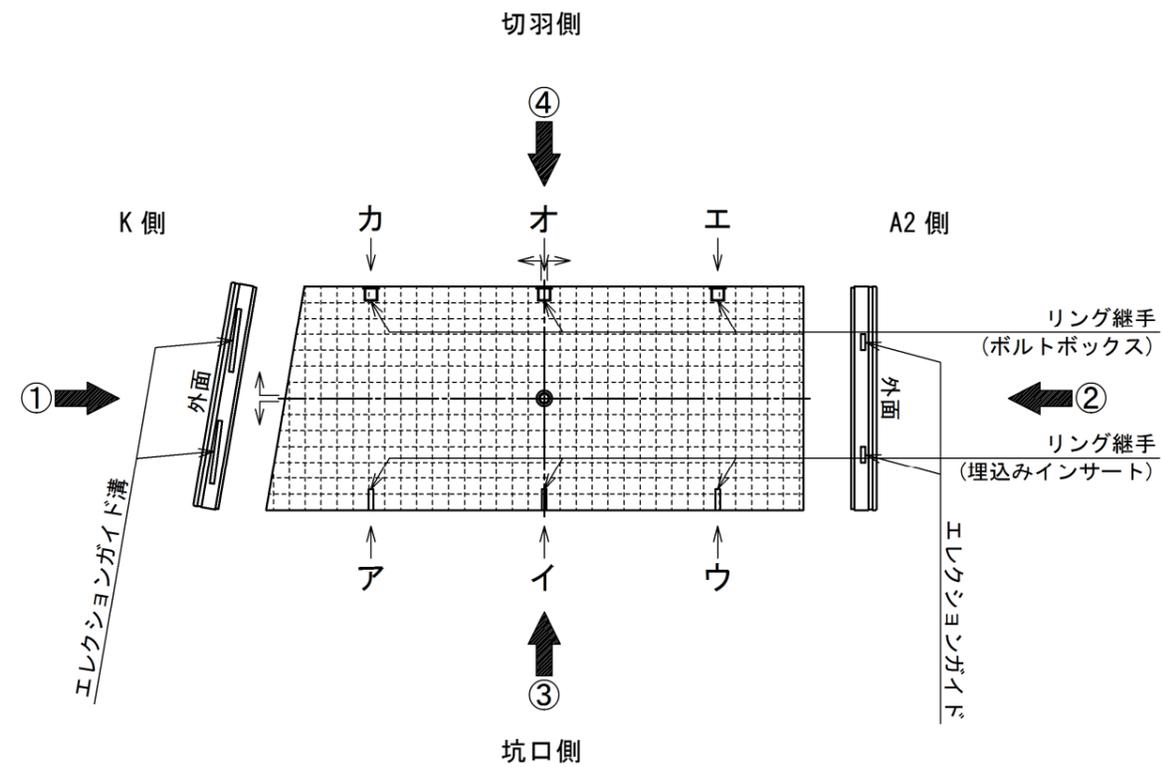
内面側



外面側



112リング B1セグメント



①セグメント継手(K側)

②セグメント継手(A2側)



③リング継手(坑口側：埋込みインサート)



④リング継手(切羽側：ボルトボックス)



内面側



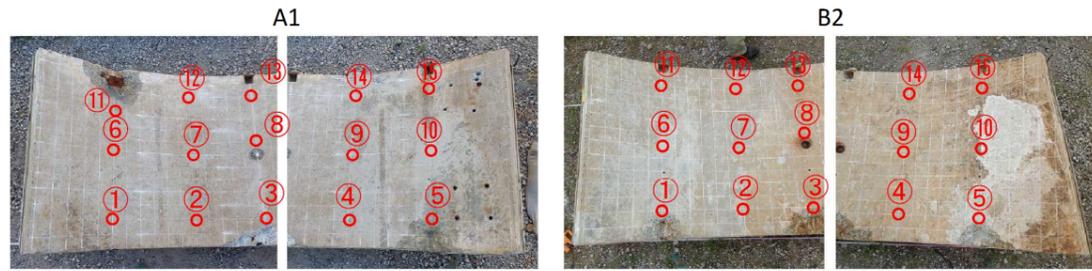
外面側



(2) セグメント内面の曲率半径の計測結果

曲率半径 109R

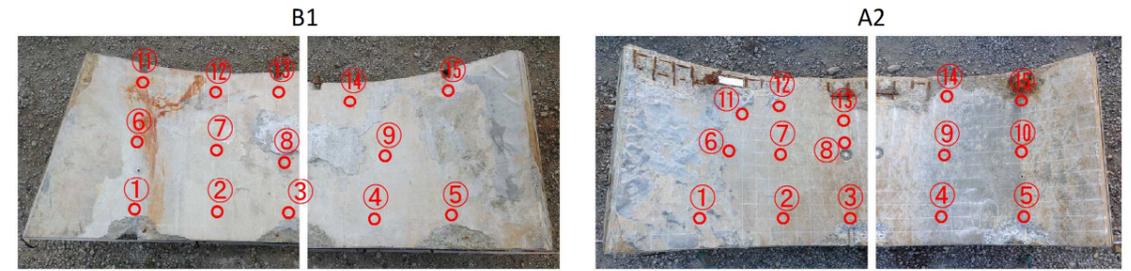
計測位置



切羽側

K

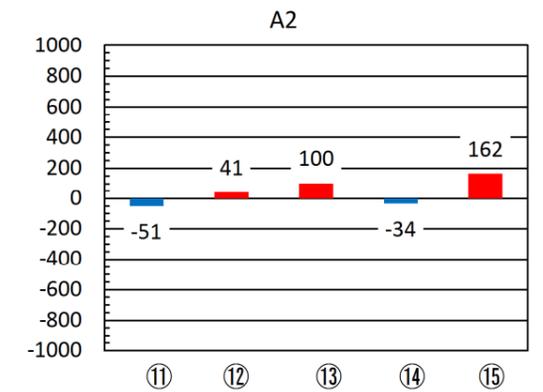
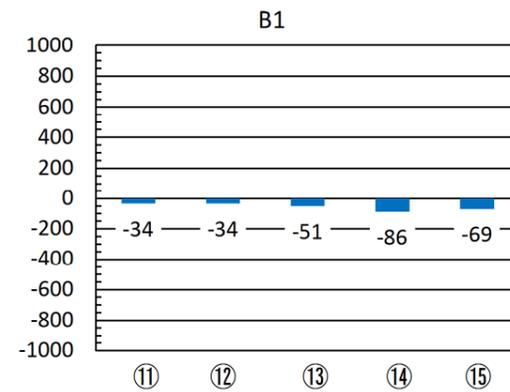
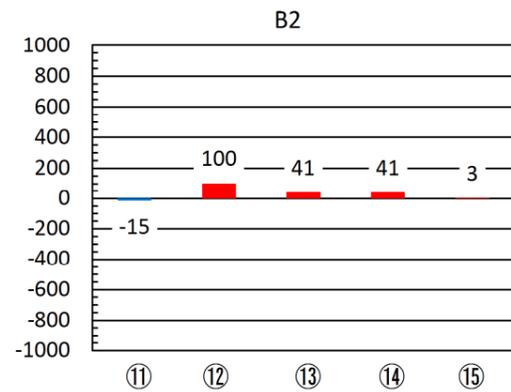
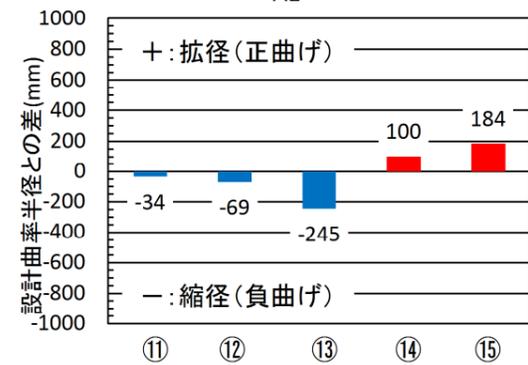
未回収



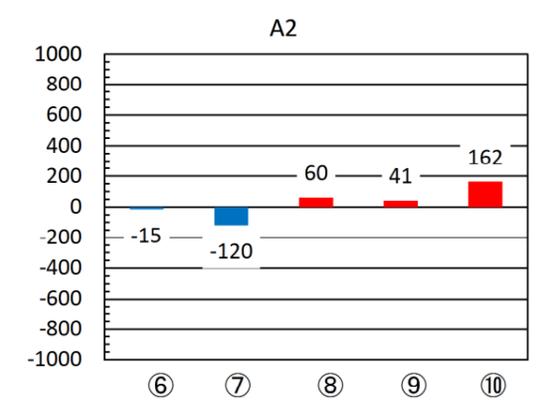
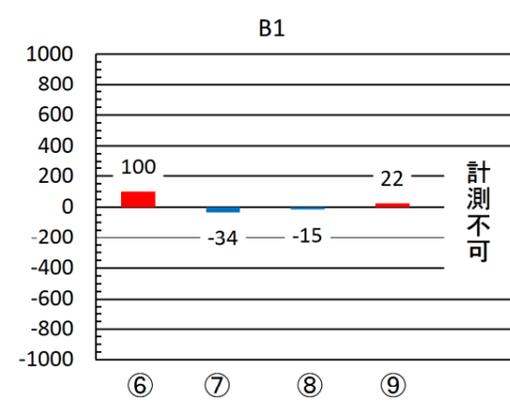
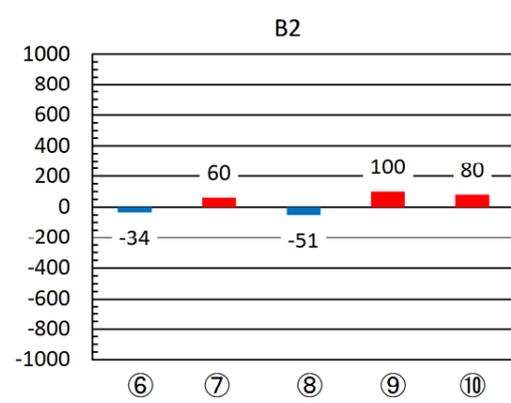
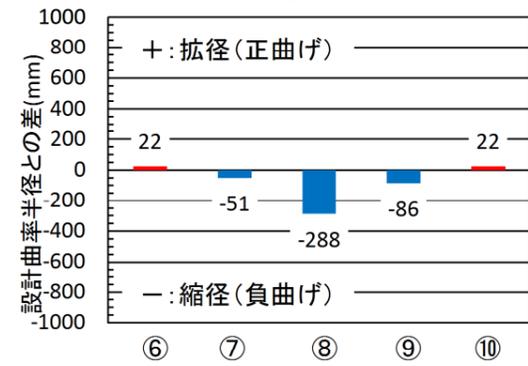
坑口側

計測結果 設計曲率半径(2250mm)との差

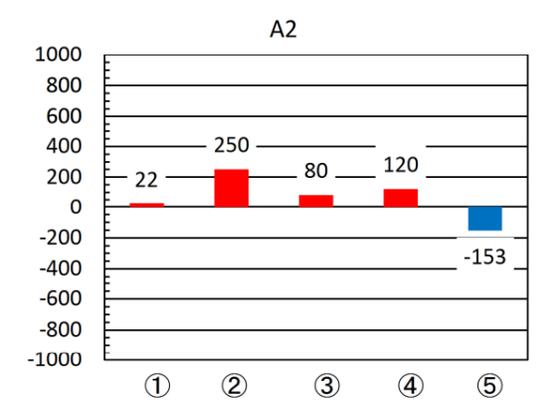
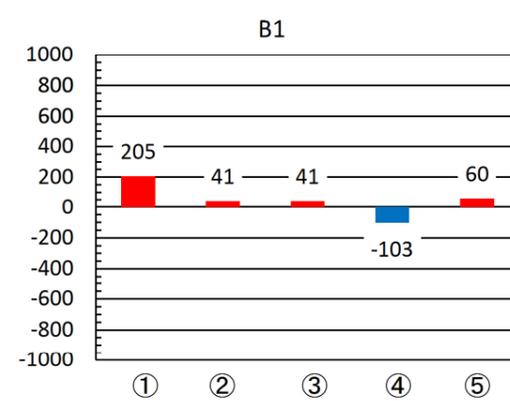
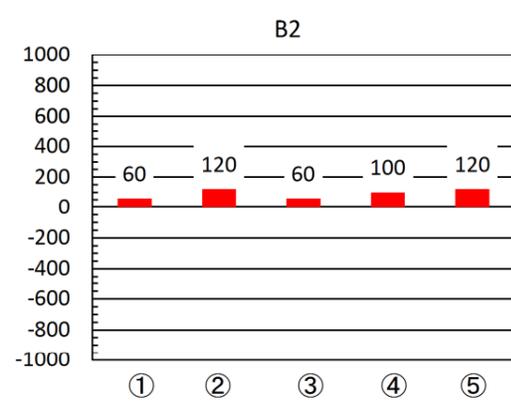
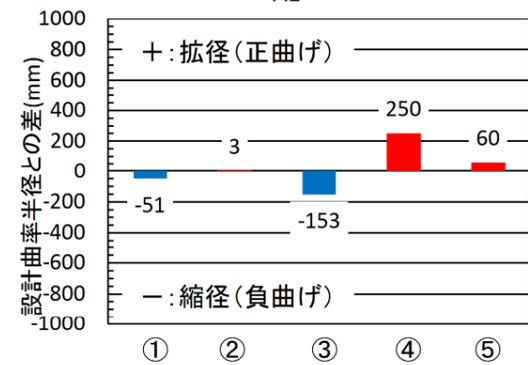
切羽側



幅中央

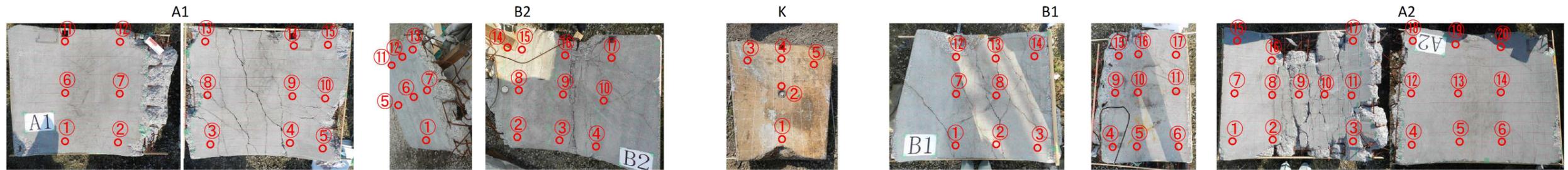


坑口側

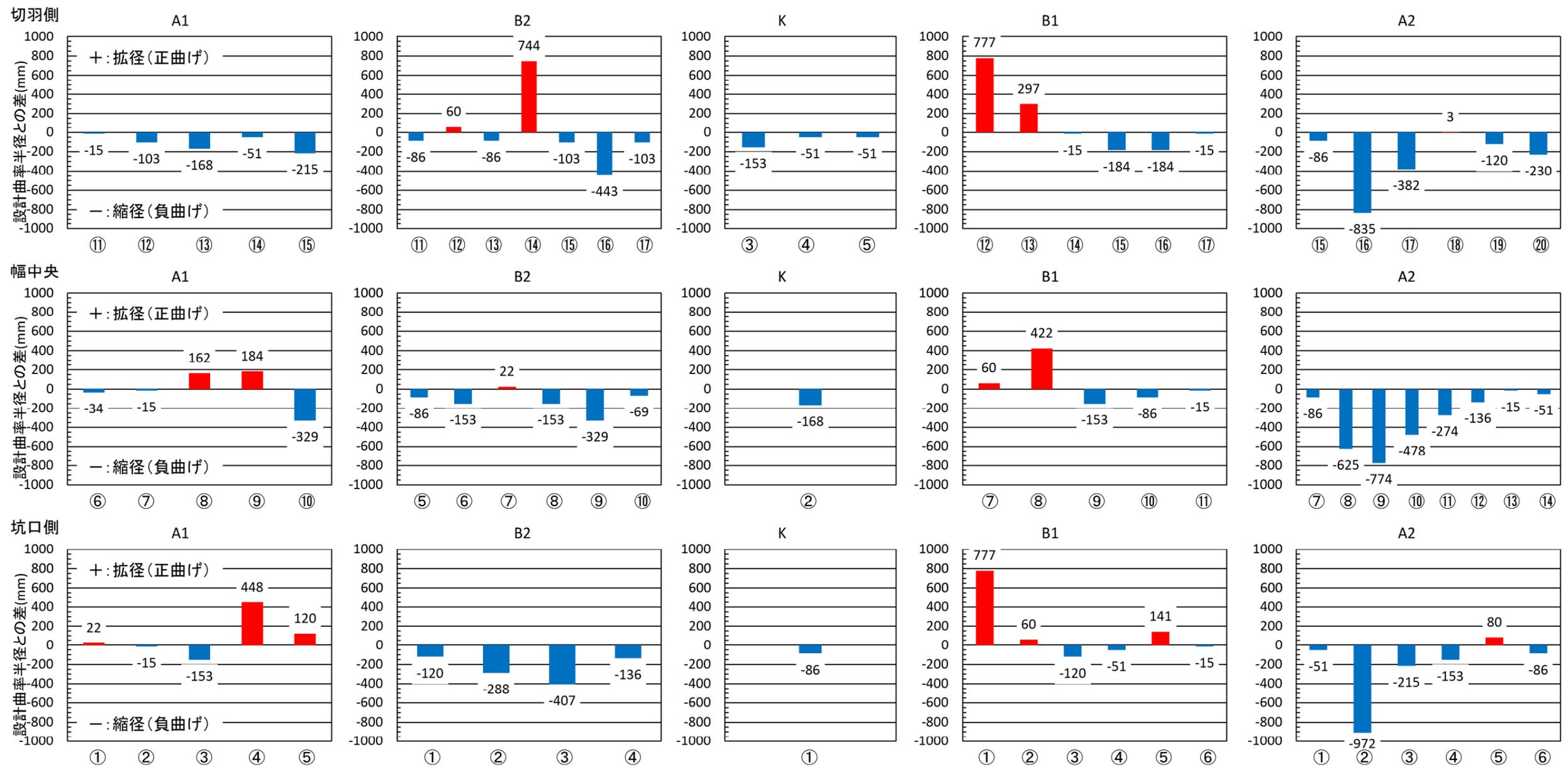


曲率半径 110R

計測位置

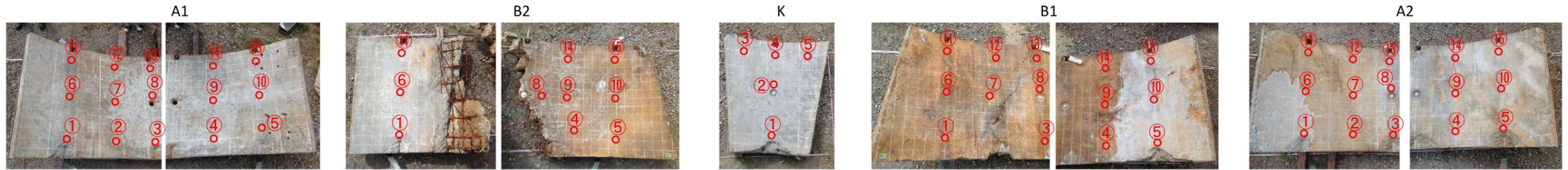


計測結果 設計曲率半径(2250mm)との差

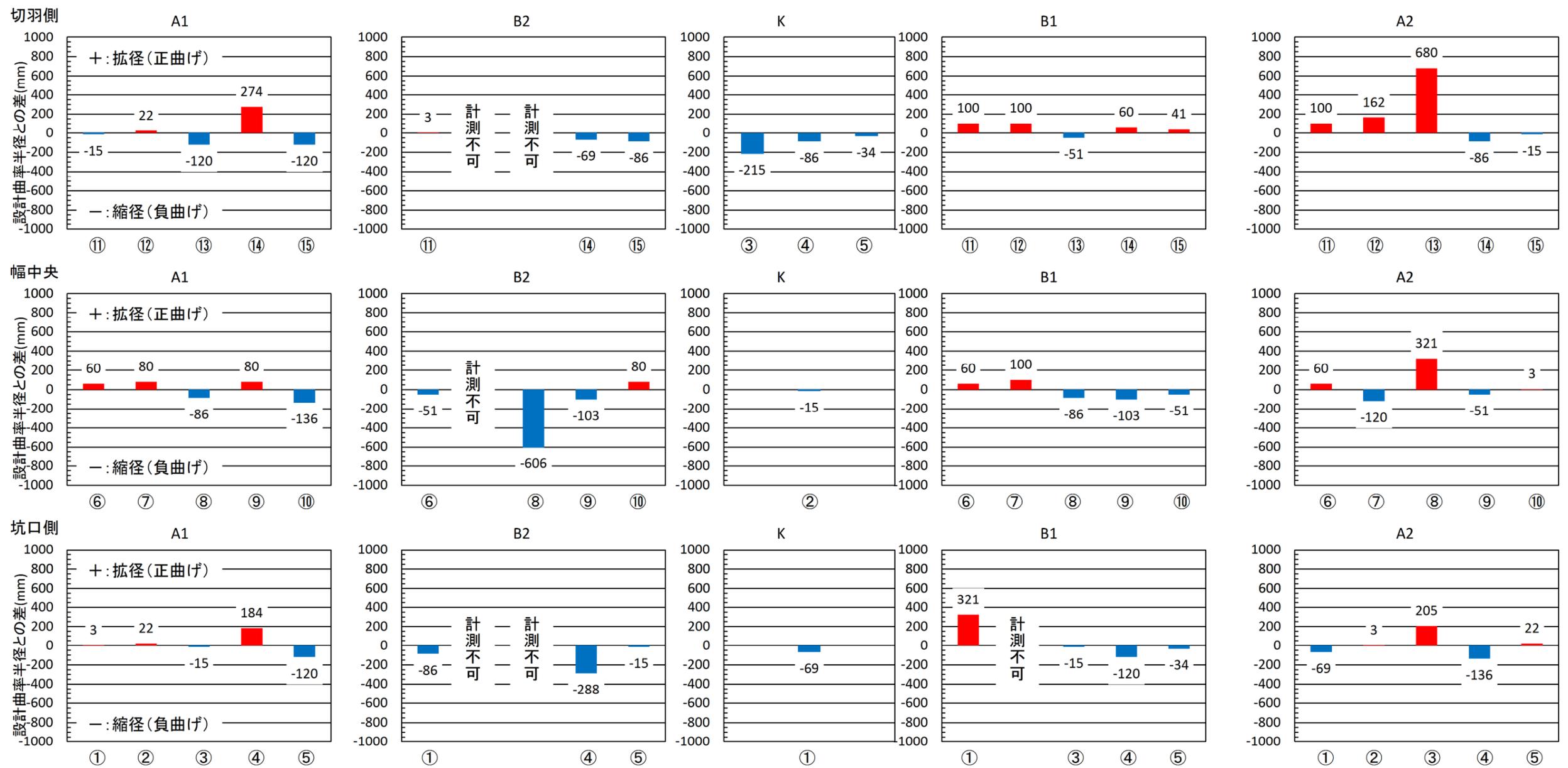


曲率半径 111R

計測位置



計測結果 設計曲率半径(2250mm)との差



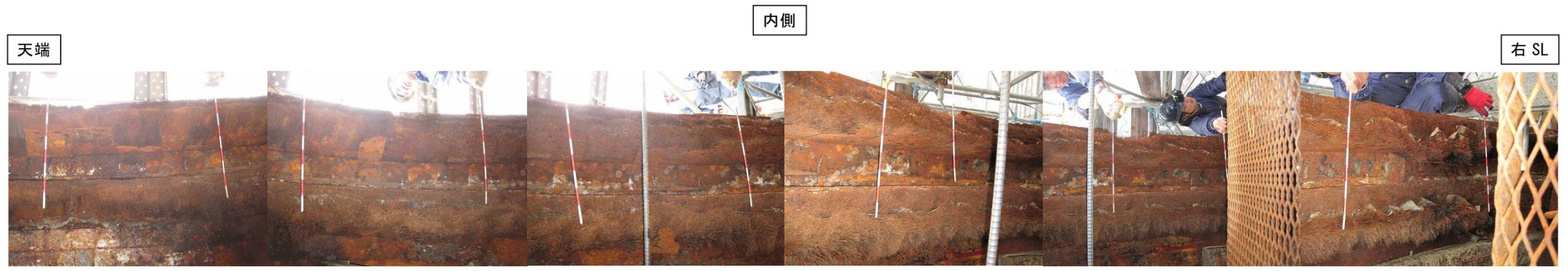
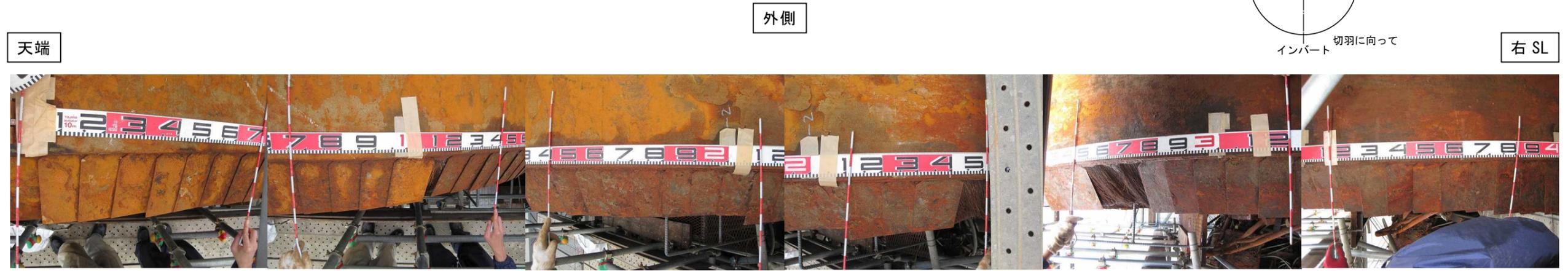
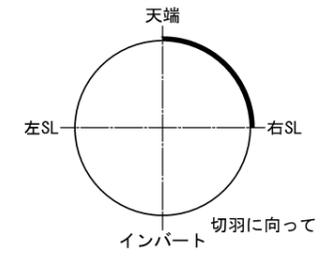
(2) 全景写真  
セグメント内面側



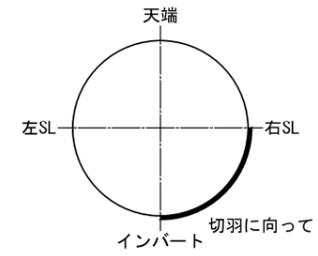
セグメント外面側



Ⅱ.2 シールドの調査結果  
 (1) テールブラシの状況  
 天端～右スプリングライン



右スプリングライン～インバート



右 SL

外側

インバート



右 SL

後方

インバート



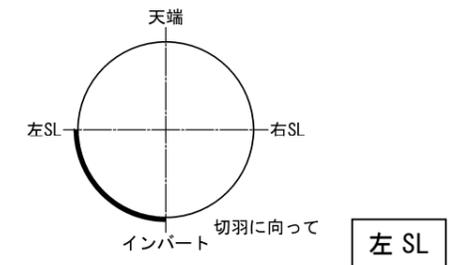
右 SL

内側

インバート



インバート～左スプリングライン



外側

インバート



後方

インバート

左 SL



内側

インバート

左 SL



角度

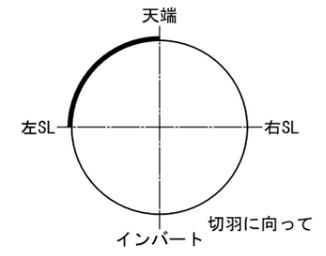
180

210

240

270

左スプリングライン～天端



左 SL

外側

天端



後方

左 SL

天端



内側

左 SL

天端



角度

270

300

330

360

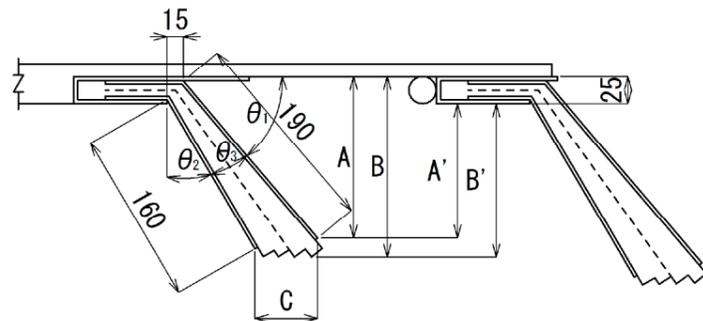
(2) テールブラシの計測結果

1段目テールブラシ計測結果

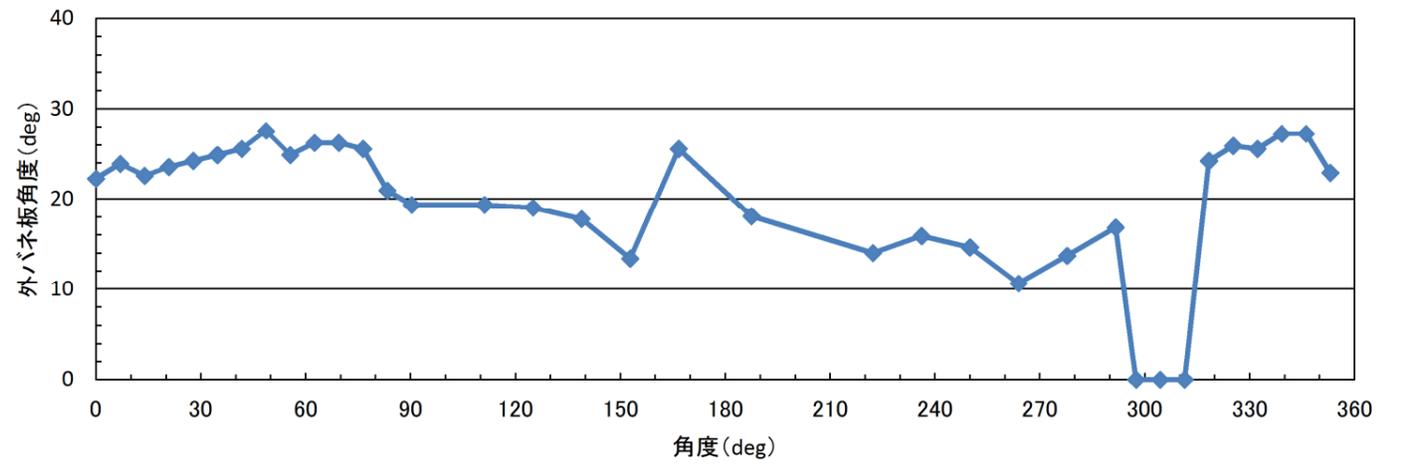
計測位置	計測値			バネ板角度		内バネ～外バネ $\theta_3$ deg
	角度 deg	A (A') mm	B (B') mm	C mm	外バネ $\theta_1$ deg	
0	72	186	116	22	28	40
7	77	194	136	24	19	47
14	73	200	163	23	10	58
21	76	196	170	24	7	60
28	78	173	195	24	-2	68
35	80	208	203	25	-6	71
42	82	191	205	26	-7	71
49	88	193	205	28	-8	70
56	80	192	245	25	-21	86
63	84	187	250	26	-24	88
69	84	195	260	26	-28	92
76	82	208	256	26	-26	90
83	68 (43)	195 (170)	285	21	-35	104
90	63 (38)	200 (175)	280	19	-32	103
111	63 (38)	195 (170)	240	19	-17	87
125	62 (37)	168 (143)	210	19	-6	76
139	58 (33)	195 (170)	210	18	-5	77
153	44 (19)	135 (110)	180	13	7	69
167	82 (57)	190 (165)	190	26	-1	66
188	59 (34)	205 (180)	175	18	7	65
222	46 (21)	155 (130)	175	14	9	67
236	52 (27)	190 (165)	200	16	-1	75
250	48 (23)	185 (160)	155	15	16	59
264	35 (10)	175 (150)	130	11	27	53
278	45 (20)	190 (165)	130	14	26	51
292	55 (30)	175 (150)	120	17	29	44
297	坑内充填材の付着により未実施			—	—	—
304	土砂の付着により未実施			—	—	—
311	土砂の付着により未実施			—	—	—
318	78	190	140	24	18	48
325	83	170	140	26	17	47
332	82	175	145	26	15	49
339	87	183	170	27	5	58
346	87	187	155	27	10	52
353	74	208	210	23	-7	74

角度は、天端を0とし、坑口側より見て時計回りで表記。  
ハッチングなしが上半、ハッチング部が下半。

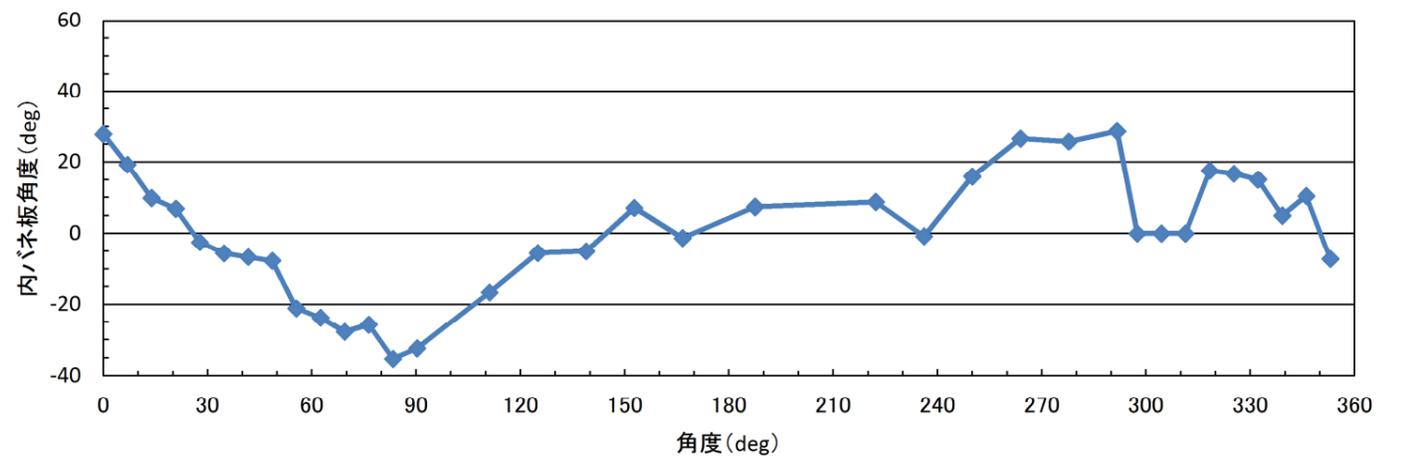
計測位置、角度算出箇所



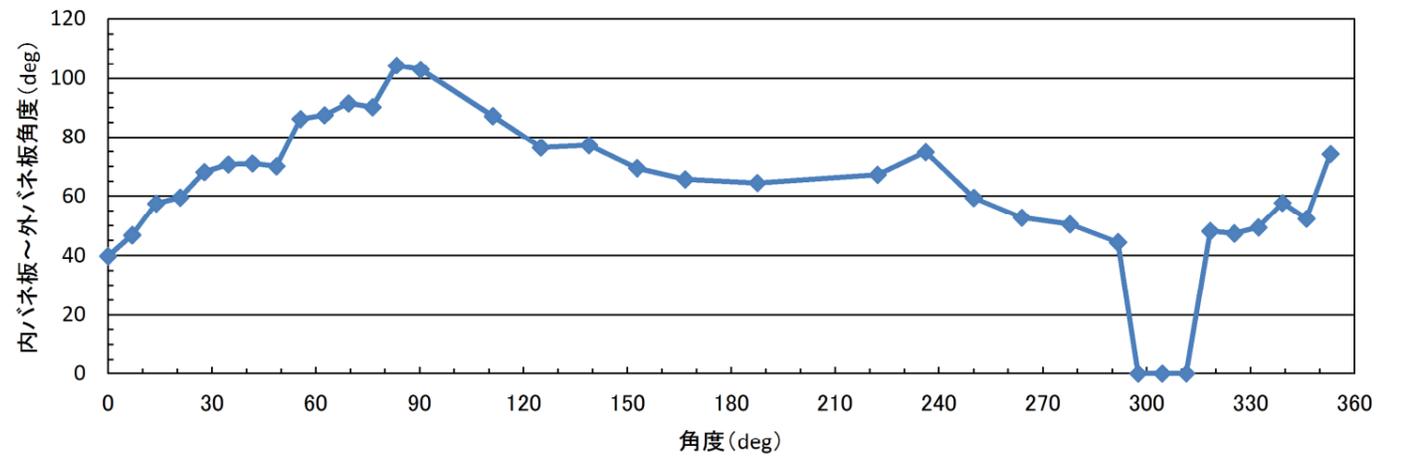
外バネ板角度  $\theta_1$



内バネ板角度  $\theta_2$



内バネ板～外バネ板角度  $\theta_3$

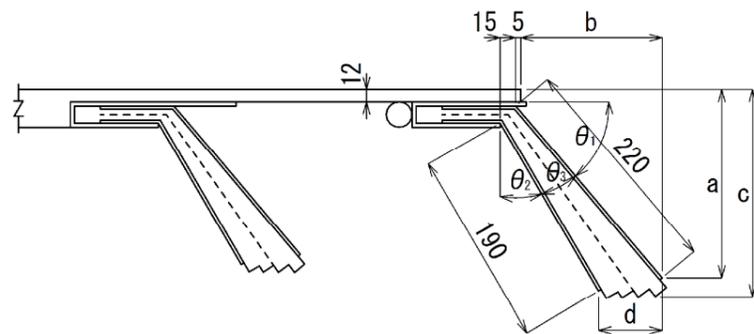


2段目テールブラシ計測結果

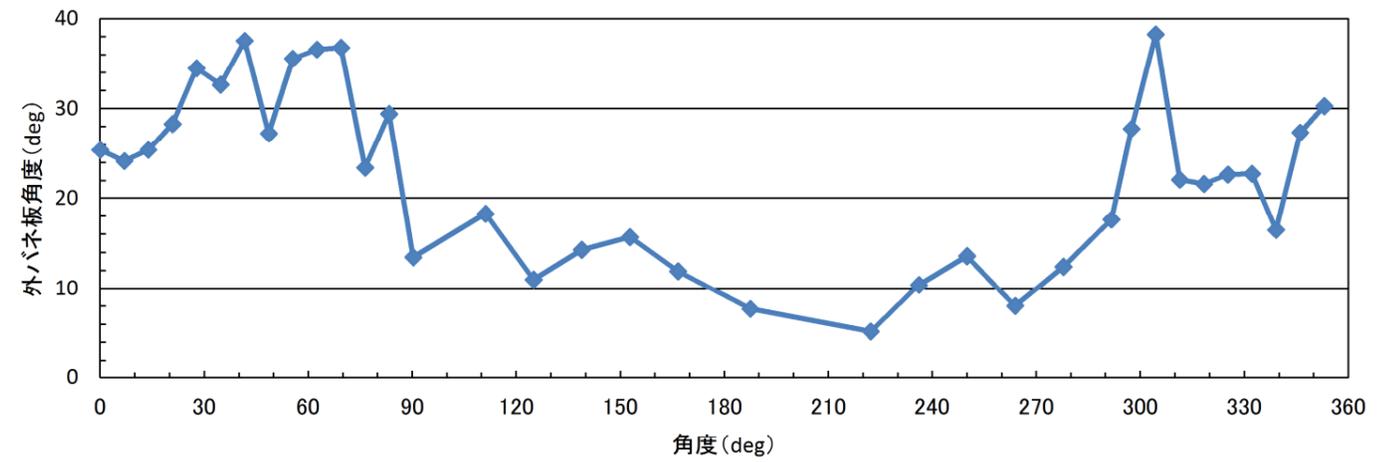
計測位置 角度 deg	計測値				バネ板角度		内バネ～外バネ $\theta_3$ deg
	a mm	b mm	c mm	d mm	外バネ $\theta_1$ deg	内バネ $\theta_2$ deg	
0	108	197	220	176	25	12	52
7	104	200	227	138	24	26	40
14	108	197	212	152	25	20	45
21	117	190	213	139	28	22	40
28	150	196	228	133	34	26	30
35	142	198	218	108	33	35	22
42	148	172	234	120	38	22	30
49	114	193	234	185	27	8	54
56	142	177	233	148	36	15	40
63	147	177	239	182	37	5	49
69	145	173	232	173	37	6	47
76	100	198	222	170	23	15	52
83	122	190	233	240	29	-9	70
90	63	208	233	330	13	-32	109
111	82	207	185	83	18	49	22
125	54	211	162	93	11	47	32
139	67	211	138	122	14	35	41
153	69	198	182	113	16	34	41
167	58	213	170	118	12	37	41
188	41	209	184	107	8	40	42
222	32	214	160	89	5	50	35
236	52	213	164	81	10	53	26
250	64	210	174	111	14	39	38
264	43	214	178	100	8	45	37
278	60	213	186	105	12	42	35
292	79	206	216	119	18	34	38
297	120	200	200	160	28	18	44
304	150	170	217	124	38	20	31
311	96	202	232	187	22	11	57
318	94	202	213	138	22	26	42
325	98	201	206	130	23	29	39
332	98	200	195	109	23	36	31
339	75	208	165	113	16	37	36
346	115	194	202	120	27	30	33
353	123	185	220	170	30	11	49

角度は、天端を0とし、坑口側より見て時計回りで表記。  
ハッチングなしが上半、ハッチング部が下半。

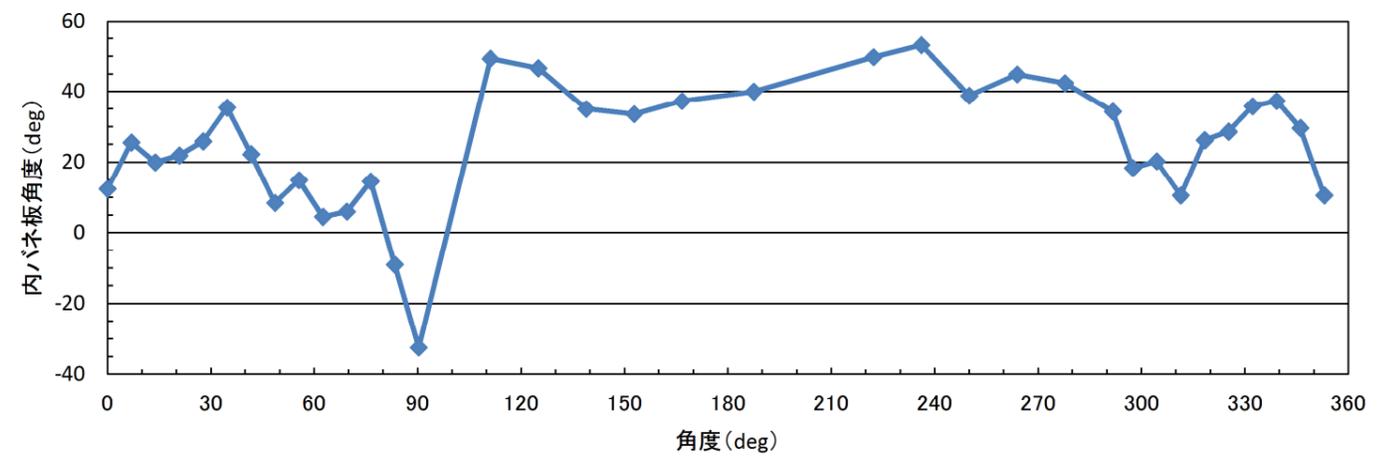
計測位置、角度算出箇所



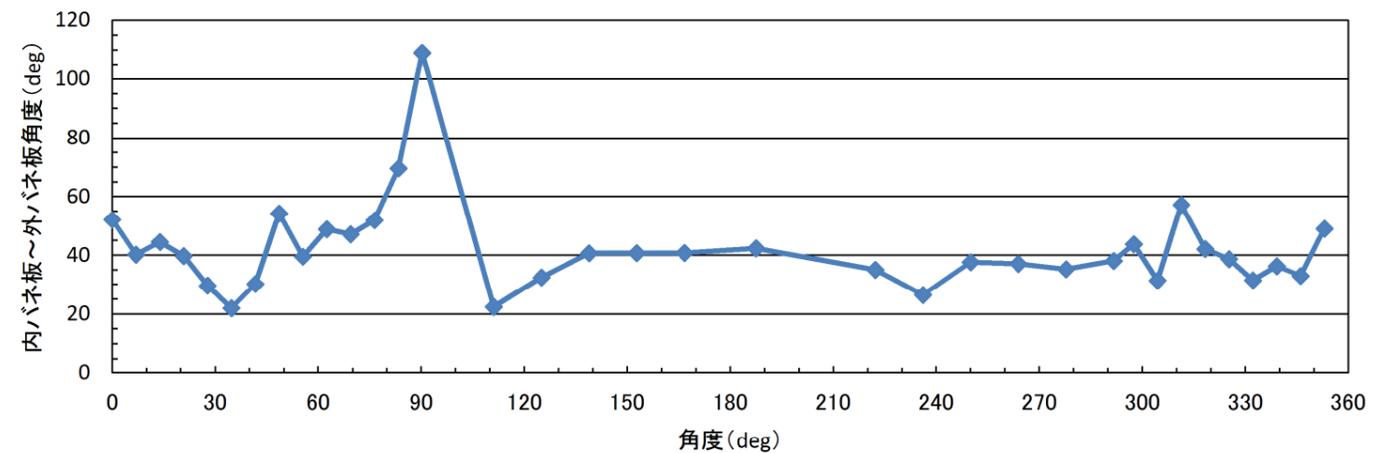
外バネ板角度  $\theta_1$



内バネ板角度  $\theta_2$



内バネ板～外バネ板角度  $\theta_3$



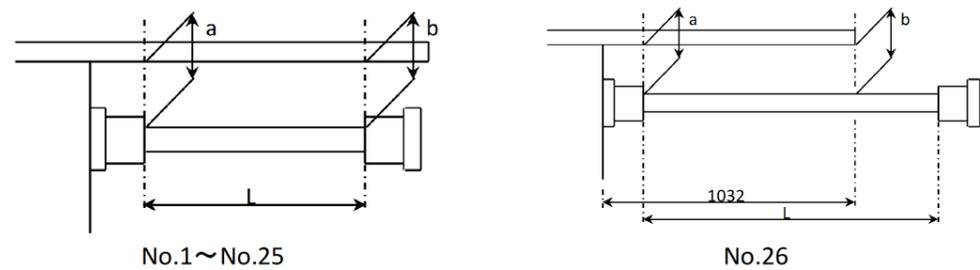
(3) シールドジャッキの計測結果

シールドジャッキ計測結果

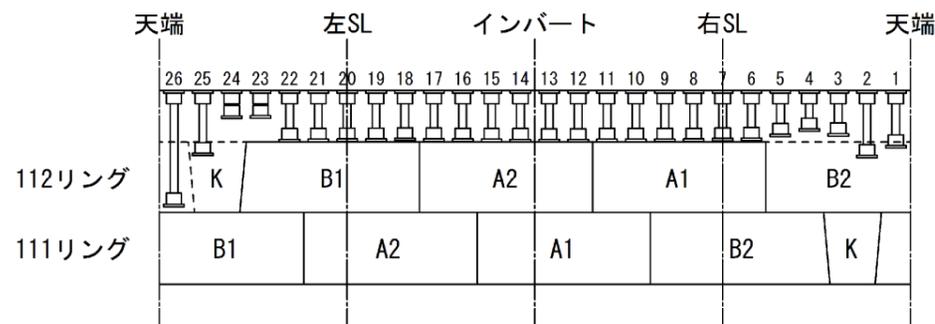
ジャッキ No.	ストローク量		スキンプレートから ジャッキまでの離れ		ジャッキの傾き	
	L mm	テルスデータ mm	a mm	b mm	b-a mm	傾き(+:内側) deg
1	615		107	108	1	0.1
2	805		108	112	4	0.3
3	380		107	111	4	0.6
4	283		110	112	2	0.4
5	390		110	110	0	0.0
6	470		107	112	5	0.6
7	476	451	110	109	-1	-0.1
8	484		107	107	0	0.0
9	485		107	108	1	0.1
10	487		106	107	1	0.1
11	487		105	105	0	0.0
12	493		106	108	2	0.2
13	495		107	108	1	0.1
14	490		108	110	2	0.2
15	488		107	107	0	0.0
16	484		104	107	3	0.4
17	477		107	106	-1	-0.1
18	472		108	114	6	0.7
19	481		107	109	2	0.2
20	483	465	107	110	3	0.4
21	487		107	107	0	0.0
22	490		108	107	-1	-0.1
23	29		109	-	-	-
24	31		108	-	-	-
25	763		108	114	6	0.5
26	1781		112	110	-2	-0.1

※テルスデータは、事故時にデータが出力されていた最終の値(12:07:13)。

計測位置



ジャッキストロークのイメージ図



(4) スクリューコンベアの変位の計測結果

(1)シールド外径計測結果(mm)

シールド外径(水平方向)	
外径① テール部坑口側	4965
外径② テール部切羽側	4964

・下げ振りにより、水平方向のシールド外径をテール部で2箇所計測

(2)スクリューコンベア計測結果(mm)

	スクリューコンベア	
	左側	右側
1回目	322	439
2回目	322	441
3回目	322	439
計測値	322	439

・計測した外径の中心より、シールドの中心線をセットし、中心線に対してスクリューの左右の距離を計測

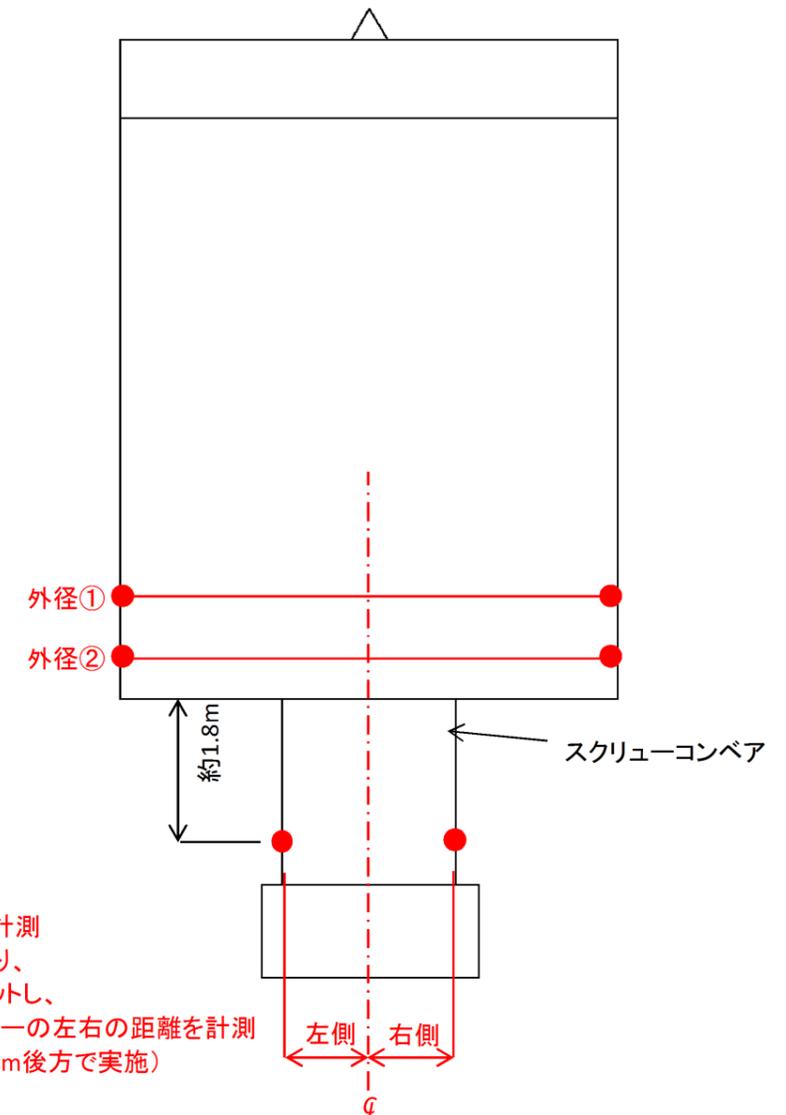
→ 58.5 mm 右側へ変形

※右側2回目の値は、計測ミスと判断。

計測概要

(1)シールド外径計測  
下げ振りにより、  
水平方向のシールド外径を  
テール部で2箇所計測

(2)スクリューコンベア計測  
計測した外径の中心より、  
シールドの中心線をセットし、  
中心線に対してスクリューの左右の距離を計測  
(テールエンドから約1.8m後方で実施)



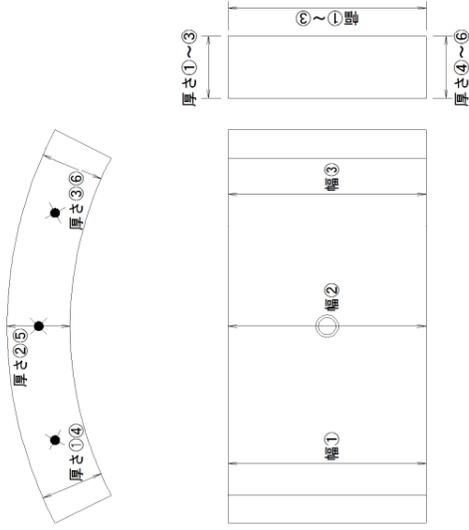
II.3 セグメント型枠の調査結果  
 (1) 型枠寸法の計測結果

型枠寸法調査表 (A1, A2型)  
 寸法測定位置

調査日 平成 24年 11月 26日

名称	設計寸法(mm)	許容差(mm)
幅	1388 (コーキング溝 6mm×2箇所を控除)	±1.0
厚さ	160	+5.0, -1.0※

※-1.0は局部的な肉厚減少の限界を示す。



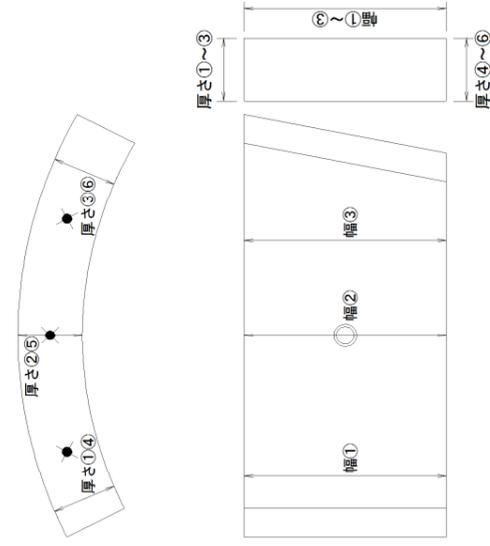
セグメント番号	寸法			備考	
	幅mm	厚さmm			
①	②	③	坑口側① 切羽側④	② ⑤	③ ⑥
A1	1388	1388	163	162	162
A2	1388	1388	162	162	162
			163	162	162

外観・寸法調査表 (B1型)  
 寸法測定位置

調査日 平成 24年 11月 26日

名称	設計寸法(mm)	許容差(mm)
幅	1388 (コーキング溝 6mm×2箇所を控除)	±1.0
厚さ	160	+5.0, -1.0※

※-1.0は局部的な肉厚減少の限界を示す。

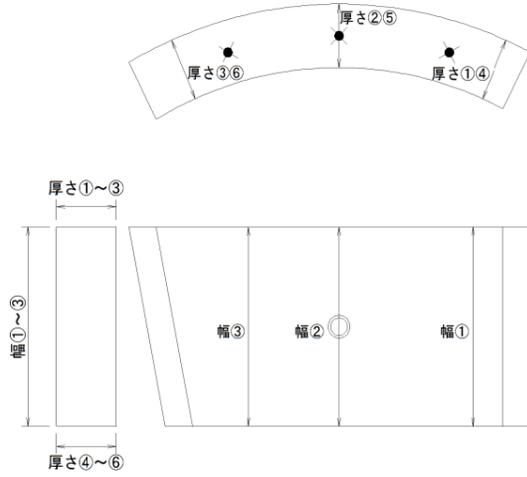


セグメント番号	寸法			備考	
	幅mm	厚さmm			
①	②	③	坑口側① 切羽側④	② ⑤	③ ⑥
B1型	1388	1389	162	162	162
			162	163	162

型枠寸法調査表 (B2型)

寸法測定位置

調査日 平成 24年 11月 26日



名称	設計寸法(mm)	許容差(mm)
幅	1388 (コーキング溝 6mm×2箇所を控除)	±1.0
厚さ	160	+5.0, -1.0※

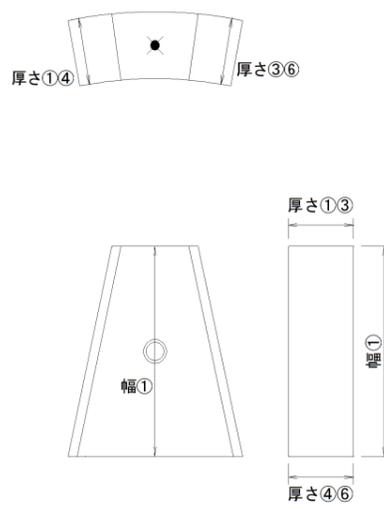
※-1.0は局所的な肉厚減少の限界を示す。

セグメント番号	寸法						備考
	幅mm			厚さmm			
	①	②	③	坑口側① 切羽側④	② ⑤	③ ⑥	
B2型	1388	1389	1388	163	162	163	
				163	163	162	

型枠寸法調査表 (K型)

寸法測定位置

調査日 平成 24年 11月 26日



名称	設計寸法(mm)	許容差(mm)
幅	1388 (コーキング溝 6mm×2箇所を控除)	±1.0
厚さ	160	+5.0, -1.0※

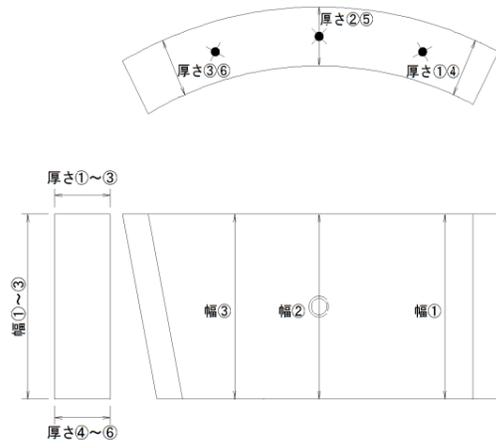
※-1.0は局所的な肉厚減少の限界を示す。

セグメント番号	寸法						備考
	幅mm			厚さmm			
	①	②	③	坑口側① 切羽側④	② ⑤	③ ⑥	
K型	1389	—		163	—		
				161	—		
		—			—		
		—			—		
		—			—		



外観・寸法調査表 (B2型)  
寸法測定位置

調査日 平成 24年 11月 日



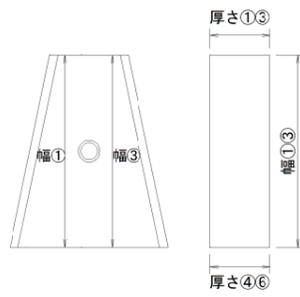
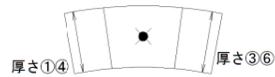
名称	設計寸法 (mm)	許容差 (mm)
幅	1400.0	±1.0
厚さ	160.0	+5.0, -1.0※

※-1.0は局所的な肉厚減少の限界を示す。

セグメント番号	寸法						備考
	幅mm			厚さmm			
	①	②	③	坑口側① 切羽側④	② ⑤	③ ⑥	
B2型	1400	1400	1400	163	163	164	
				164	163	163	

製品単体・寸法調査表 (K型)  
寸法測定位置

調査日 平成 24年11月26日



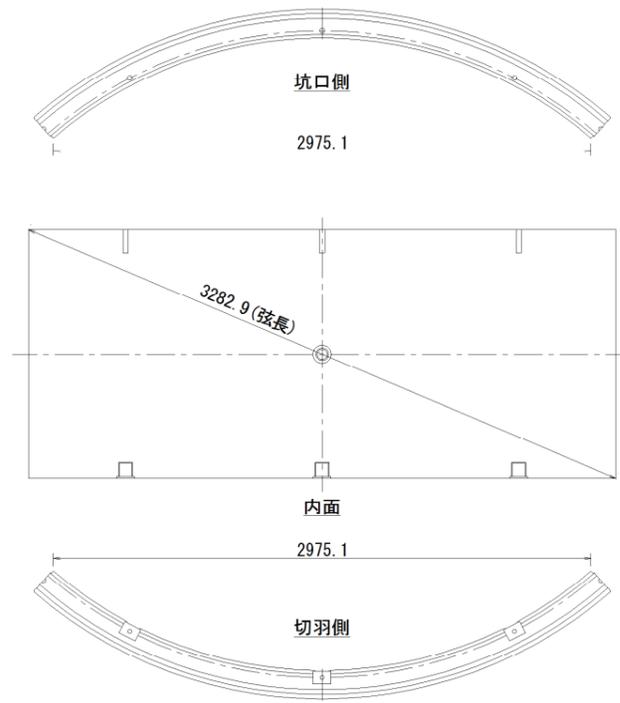
名称	設計寸法 (mm)	許容差 (mm)
幅	1400.0	±1.0
厚さ	160.0	+5.0, -1.0※

※-1.0は局所的な肉厚減少の限界を示す。

セグメント番号	寸法						備考
	幅mm			厚さmm			
	①	②	③	坑口側① 切羽側④	② ⑤	③ ⑥	
K型	1401	—	1401	161	—	162	
				163	—	163	
		—			—		
		—			—		
		—			—		

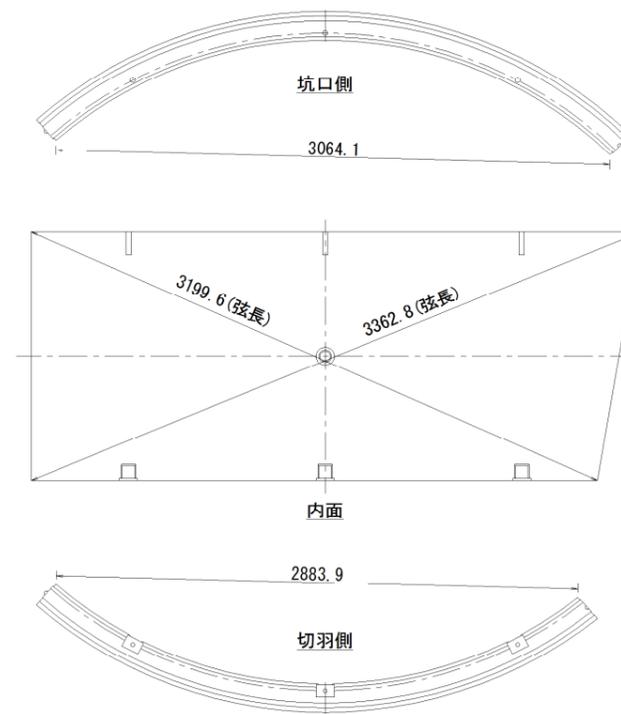
製品単体の寸法調査

A1 (A2) 型セグメント



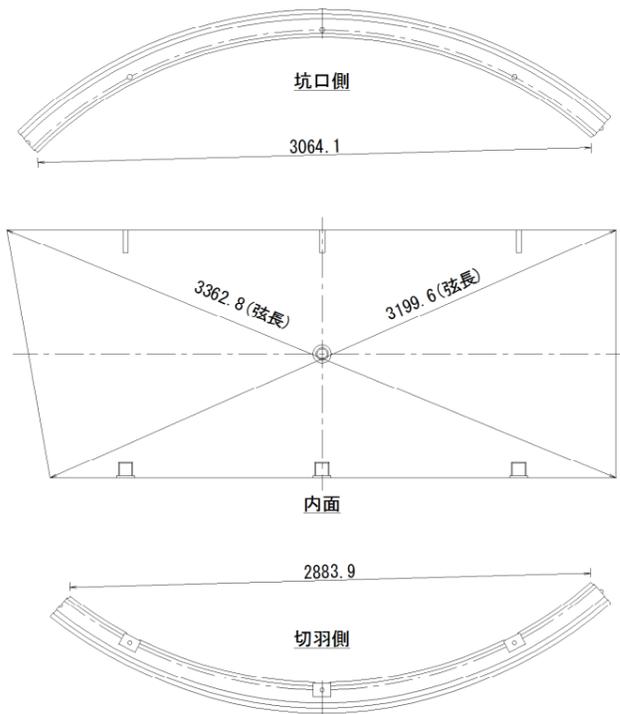
	種別	基準寸法	測定値	差
坑口側弦長	A1型	2975.1	2975	-0.1
	A2型		2975	-0.1
切羽側弦長	A1型		2975	-0.1
	A2型		2975	-0.1
対角弦長	A1型	3282.9	3280	-2.9
	A2型		3281	-1.9
	A2型		3284	1.1
	A2型		3287	4.1

B1型セグメント



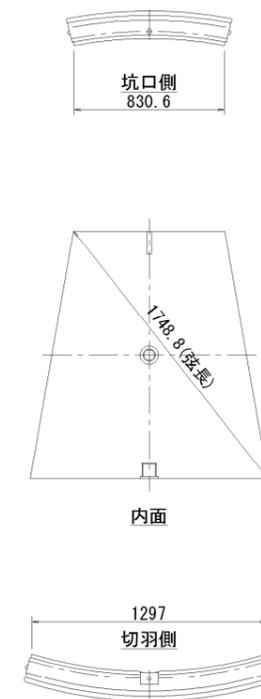
	種別	基準寸法	測定値	差
坑口側弦長	B1型	3064.1	3062	-2.1
切羽側弦長	B1型	2883.9	2882	-1.9
対角弦長	B1型	3362.8	3359	-3.8
	B1型	3199.6	3200	0.4

B2型セグメント



	種別	基準寸法	測定値	差
坑口側弦長	B2型	3064.1	3064	-0.1
切羽側弦長	B2型	2883.9	2882	-1.9
対角弦長	B2型	3362.8	3361	-1.8
	B2型	3199.6	3199	-0.6

K型セグメント



	種別	基準寸法	測定値	差
坑口側弦長	K型	830.6	833	2.4
切羽側弦長	K型	1297	1294	-3.0
対角弦長	K型	1748.8	1749	0.2
	K型		1749	0.2

※弦長（内径側）、弦長は面取りとコーキング溝控除。  
※A1と同じなのでA2は省略。

(3) 仮組寸法の計測結果

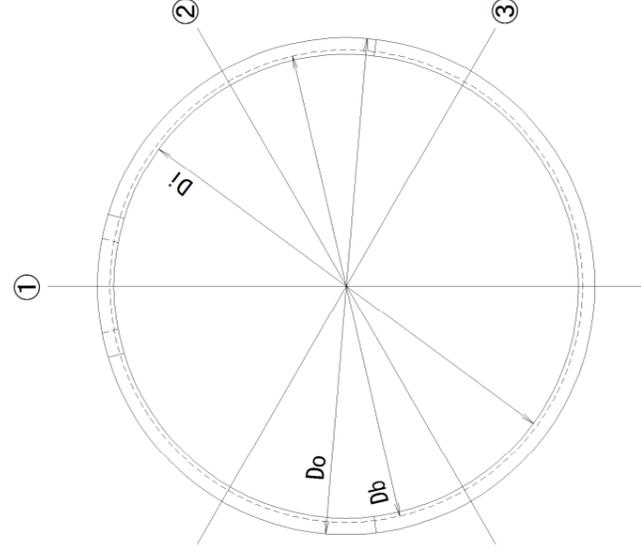
仮組寸法調査表

水平2リング組立平面図  
調査日 平成 24年 11月 26日

仮組構成

上段：標準リング

下段：標準リング



径寸法測定位置 ①～③

Do：外径

Db：ボルトピッチサークル径

Di：内径（参考値）

位置	リング間 目開き量	リング間 目違い量
0.00	0	0.7
27.69	0	0
55.38	0	1
83.08	0	2
110.77	1.0	1
138.46	0.5	-1
166.15	0	-2
193.85	0	-0.5
221.54	0	0
249.23	0	0.5
276.92	0.5	0.5
304.62	0.5	1
332.31	0	2.2

寸法測定結果

測点	位置	外径		ボルトピッチサークル径		内径（参考値）	
		設計値	測定値	差	設計値	測定値	差
①	0度	4820 許容差 ±10	4825	4583	4500 許容差 ±10	4507	7
	60度		4825	4583			1
	120度		4828	4585			6

単位(mm)

Ⅲ 施工関係者のヒアリング結果

現場関係者ヒアリング（1/6）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅰ 日常的な事象	(1) K セグメントの挿入時に問題はありませんでしたか？ 例えば、セグメントの割れ、欠け、シール材の剥離、K セグメントの抜け出し、B セグメントのたれなどです。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K セグメントの挿入自体に特に問題はなかったが、より円滑にするために本掘進開始後から滑材（ハイドロソープ）を使用した。滑材の塗布は切羽にて実施した。</li> <li>• K セグメント、B セグメントのクラックは発生した。発生時期は掘進中が主であった。</li> <li>• K セグメントの抜け出し、B セグメントのたれ、シール材の剥離はなかった。</li> </ul>	
	(2) テールシールからの漏水はありませんでしたか？ 例えば、セグメント継手を伝っての漏水、セグメント背面からの漏水などです。 (漏水があった場合) どの程度の漏水でしたか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鏡切り後、マシンテールがエントランスを超えた段階でテールから出水。クレーショックをマシン外側に注入することで対応した。以降は目立った漏水はなかった。</li> <li>• 裏込注入時にテールから裏込材が出る事がたまにあった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 裏込め材の漏出は、基本的には下半断面（4～8 時の範囲）で起きていた。</li> </ul>
	(3) 組立完了後のセグメントの継手面からの漏水はありましたか？ 以下についてご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 切羽付近のみ漏水が認められた</li> <li>• 切羽から〇〇m 程度の範囲で認められた</li> <li>• 切羽から坑口まで広範囲に認められた</li> <li>• にじむ程度の漏水</li> <li>• 滴下する、または壁面を伝わる程度の漏水</li> <li>• 流下または噴出するほどの漏水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 切羽から坑口まで各所に認められた。</li> <li>• 全てにじむ程度の漏水。</li> </ul>	
	(4) 裏込め注入の実施状況はどうでしたか？ 以下についてご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 裏込め注入の実施時期と場所</li> <li>• 発進直後から事故発生までの裏込め注入の実施状況の推移</li> <li>• 裏込め注入の注入状況（所定の量がスムーズに注入できていましたか？）</li> <li>• 主体としていた裏込め注入の管理方法（注入量優先、注入圧優先）</li> <li>• 裏込め注入の管理（注入量、注入圧など）</li> <li>• 裏込め注入の実施を3リング遅らせた理由</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 注入時期は3リングバック。</li> <li>• 注入場所は基本的にBセグメントから。リング毎に左右を入れ替えて注入する方針であった。</li> <li>• 目標とする線形と異なる方向に進む傾向がある時は、Aセグメントからも注入した。例えば上に上げたい時は下方に位置するAセグメントから注入するなど。</li> <li>• 所定の注入量を確保できていた。</li> <li>• 注入圧優先。但し、注入圧が上がって目標量注入できなかった場合、次のリングでは目標量を超えても注入するようにした。</li> <li>• 目標注入率 130%（最低でも 100%以上）、注入圧力上限：切羽圧+0.2MPa。</li> <li>• 注入時期を3リングバックとした理由は、Nリング掘進開始直後は直前に組立てたN-1リングのグラウトホールはシールドマシン機内に位置するため注入不可。N-2リングのグラウトホール位置はテールブラシ後端の真下付近に位置し、テールからの裏込噴出やテールブラシへの裏込材固結の原因となるため不可。従ってN-3リングからの注入とした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 裏込め注入量・注入圧のグラフで、注入量が100%以下で、注入圧もそれほど上昇していないリングがある。</li> <li>• 上記の理由の可能性として、テールシールから裏込め材が漏出したため、注入を止めたことが考えられる。</li> </ul>
	(5) 掘進状況はどうでしたか？ 以下についてご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 実際の掘削土の土質と予測した土質との相違の有無</li> <li>• 余掘りはどの程度行っていましたか</li> <li>• 掘進距離当たりの掘削土量と予測した土量との相違状況（特に初期掘進時に排土率が大きく異なる理由）</li> <li>• 掘進時にスクリーコンベアからの噴発等の発生の有無。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 想定した土質であった。（第一PLと同じ土質）</li> <li>• 余掘りは行っていない。</li> <li>• 初期掘進時に排土率が大きく異なっているのは、排出土砂の性状が安定せず流動化した状態であったため。</li> <li>• 掘進時のスクリーコンベアからの噴発はなかった。</li> </ul>	
	(6) その他、日常的な事象についてお気づきの点がありましたか。 例えば、施工時にトンネルからの異音、施工時のトラブルなどです。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• トンネルからの異音等の施工時のトラブルはなかった。</li> </ul>	
Ⅱ セグメント	特になし		

現場関係者ヒアリング（2/6）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅲ シールド機	<p>(1) テール部の止水状況はどうでしたか？ 以下についてご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テールシーラーとショックシーラーの性質</li> <li>・テールシーラーとショックシーラーの損耗率の違い</li> <li>・テールシーラーからテールショックシーラーに変更した理由</li> <li>・テールグリス材を変更した時期（何リング目から？）</li> <li>・テールグリス材を変更した前後における、止水状況の変化</li> <li>・給脂方法とその状況（量および頻度）</li> <li>・裏込め材とテールグリスとの相性についての意見</li> <li>・裏込め材の漏出の有無と頻度（漏出があった場合、どのような対策を行ったか）</li> </ul> <p>また、テールシール、グリスの管理はどのようにされておりましたか？</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テールシーラーはパテ状の油、クレーショックシーラーは繊維を混ぜた粘土。</li> <li>・損耗率の違いは不明。</li> <li>・変更理由は、クレーショックの効果を発進時の出水対応で使用した際に確認できたため、これに繊維を混入させたクレーショックシーラーにも効果が期待できると考えたため。</li> <li>・変更時期は 28 リングから（本掘進開始から）</li> <li>・給脂方法は空圧式ポンプによる圧送、全 8 箇所同時、頻度は基本的に 1 回/方であるが、テールからの漏水状況に応じて適宜注入した。</li> <li>・変更による裏込め材との相性については、特に変化なし。</li> <li>・テールから裏込め材が大量に出た事は無い。若干の漏出はたまにあった。何回かまでは記録が無い。その場合、初期掘進時はテールシーラー、本掘進時はクレーショックシーラーを注入することで対応した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テールグリスの給脂量は、特に取決めはなく、オペレータの感覚で行っている。</li> <li>・クレーショックシーラーに変更することで、止水状況は良くなったが、変更後においても、漏水、裏込め材の漏出は起きていた。</li> </ul>
	<p>(2) シールド機の施工データについて、以下の質問にご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測項目の選定と機器の設置方法</li> <li>・計測データを用いた施工管理方法</li> <li>・日常的な施工時（掘進時、セグメント組立時）における切羽圧のデータ変動や低下の有無</li> <li>・電気的な故障等、トラブルによる切羽圧データの変動等の有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測選定項目は掘進データ参照。</li> <li>・シールド機停止時に比べると掘進時には切羽圧が上昇する。掘進時の変動はあったが、瞬間的な変動であった。セグメント組立時の変動は無かった。</li> <li>・電気的な故障等による切羽データの 변동は無かった。</li> </ul>	
Ⅳ 施工方法	<p>(1) 出来形について、以下の質問にご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・真円度測定結果</li> <li>・蛇行量（平面・縦断の測量結果）</li> <li>・ひび割れの発生状況</li> <li>・漏水の発生状況など</li> <li>・Kセグメントの目違いの有無（目違いがあった場合、切羽側か坑口側か）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・資料参照</li> <li>・真円度はテールクリアランスの計測にて確認しており、直接計測は未実施。</li> <li>・クラック調査票参照。</li> <li>・目立った目違いは殆ど無かった。</li> </ul>	
	<p>(2) 異常事態、トラブル等について、以下の質問にご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・異常事態、トラブルの有無</li> <li>・異常事態、トラブルへの対処方法</li> <li>・異常事態、トラブルの発生原因</li> </ul>	<p>①シールドジャッキ不具合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現象：No.2 ジャッキが選択していないにも関わらず、他のジャッキに同調する。</li> <li>・対処：メーカーによる部品（電磁弁）交換を実施。</li> <li>・原因：電磁弁内部へ異物が混入し動作不良を引き起こした。</li> </ul> <p>②漏電</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現象：切羽照明が消えた。</li> <li>・対処：照明器具の交換を実施。</li> <li>・原因：器具へ清掃時洗浄水が飛散した。</li> </ul> <p>③緊急時保安設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構内電話（外線無）：設置箇所は坑内 3 箇所、地上 4 箇所</li> <li>・非常警報：設置箇所は坑内 2 箇所、地上 2 箇所</li> <li>・ガス検知器：設置箇所は、切羽と立坑下部</li> </ul>	

現場関係者ヒアリング（3／6）

項目	質問事項	回 答	備 考
	<p>(3) セグメントの組立て手順について、以下の質問にご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ジャッキ操作手順（具体的な組立順序、ジャッキの押し引きの状況等）</li> <li>ジャッキの引抜き作業とエレクトアの取付け作業を同時に実施していたか？</li> <li>セグメント組立時のジャッキ推力</li> <li>セグメント組立モードにおいて、シールドジャッキを抜いた際に、他の緊張しているジャッキの圧力低下はなかったか？</li> </ul>	<p>【例 111R の場合】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>掘進完了⇒「掘進」モードから「組立」モードへ切り替え（運転席）</li> <li>ジャッキ⑨～⑰引き ⇒A1 設置、ボルト固定⇒ジャッキ⑪～⑮押し⇒エレクトア取外し</li> <li>ジャッキ⑱～㉓引き（⑱、⑲は引いたまま）⇒A2 設置、ボルト固定⇒ジャッキ⑲～㉑押し⇒エレクトア取外し</li> <li>ジャッキ③～⑧引き（③、④は引いたまま）⇒B2 設置、ボルト固定⇒ジャッキ④～⑩押し⇒エレクトア取外し</li> <li>ジャッキ①②㉒～㉖引き（③は引いたまま）⇒B1 設置、ボルト固定⇒ジャッキ①②～⑥押し⇒エレクトア取外し</li> <li>ジャッキ②③は引いたまま⇒K 設置、ボルト固定⇒ジャッキ②③押し⇒エレクトア取外し</li> </ol> <p>※ジャッキ引きとエレクトア操作は同時に行うこともあった。</p> <p>ジャッキ推力：ジャッキ引き時は 0kN、押し時に 600kN前後に一時的に上昇する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>圧力低下は無かった。（事故後のデータ分析による）</li> </ul>	
IV 施 工 方 法	<p>(4) 9本のジャッキを抜いている最中に事故が発生しましたが、事故発生前にセグメントの組立の作業状況はどうでしたか？ 以下についてご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>事故発生前の漏水やトラブル等の発生の有無</li> <li>事故発生前に K セグメントが抜け出すような現象</li> <li>K セグメント挿入に際して問題（挿入しづらい、シール材があたるなど）等</li> <li>Kセグメント挿入時の滑材（滑材使用の有無と滑材の材質）</li> <li>その他、セグメント組立時の特筆するトラブル等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セグメント組立時に裏込め注入は実施していない。</li> <li>112 リング掘進完了までは、漏水、トラブルは無かった。</li> <li>K セグメントが抜け出すような現象は確認されていない。</li> <li>シール材への影響は無かったが、挿入しづらいリングもあった。</li> <li>滑材＝製品名：ハイドロソープ V-1、主成分：高級脂肪酸塩</li> <li>セグメント組立時に特筆するようなトラブルはなかった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>K セグメントが挿入しづらいのは、B セグメントとの端面が多少苦しくなったためである。</li> <li>上記のため、B セグメントに押当てているジャッキ（K セグメント側）を緩め、K セグメントを挿入していたこともある。</li> </ul>
	<p>(5) 裏込め注入の状況について、以下の質問にご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>裏込め注入時期と位置、注入時期の推移</li> <li>裏込め注入材のゲル化状況</li> <li>裏込め注入管理（量/注入圧）</li> <li>その他、裏込め注入状況について特筆する状況</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>注入時期は3リングバック。</li> <li>注入場所は基本的に B セグメントから。リング毎に左右を入れ替えて注入する方針であった。</li> <li>希望する線形と異なる方向に進んでいる時は、A セグメントからも注入した。例えば上に上げた時は下方に位置する A セグメントから注入するなど。</li> <li>注入量は所定量の注入できていた。</li> <li>目標注入率 130%（100%以上）、注入圧力上限切羽圧+0.2MPa。</li> <li>ゲルタイムは基準値 15 秒以内とした。</li> </ul>	
	<p>(6) シールドの線形がずれていたようですが、シールドの姿勢状況について、以下の質問ご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>シールドの姿勢の推移</li> <li>蛇行修正の管理方法（ジャッキ操作、余掘り量）</li> <li>事故直前のシールドの姿勢と、それまでと異なる点</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シールド姿勢の推移は分析図参照。立坑沈設完了後、シールドマシン設置前に実施した基線測量と初期掘進完了後に行った基線測量の差により偏差が生じた。</li> <li>蛇行修正はテーパセグメントの使用による。シールドマシンの姿勢に関する指示は、ジャッキストローク差とジャイロ値により行った。</li> <li>水平方向は基線とほぼ平行からやや左に向く傾向で偏差約 270mm、鉛直方向は基線とほぼ平行で偏差約+15mm。事故前の線形の傾向として、ジャッキストロークを左勝ちにしても左に行く傾向であったが極端な現象では無かった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>蛇行の修正は、テーパセグメントの使用を基本とし、極端な片押しは行ってない。</li> <li>到達の位置が確定（到達立坑施工後の最終測量を実施予定）していなかったため、セグメントの品質と完成後の配管線形を考慮し、急激に線形を戻さない考えであった。</li> </ul>

現場関係者ヒアリング（4／6）

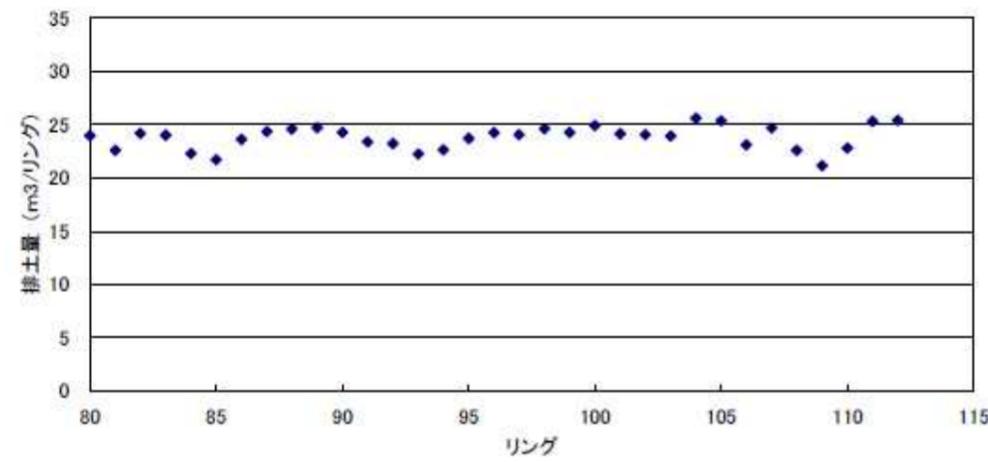
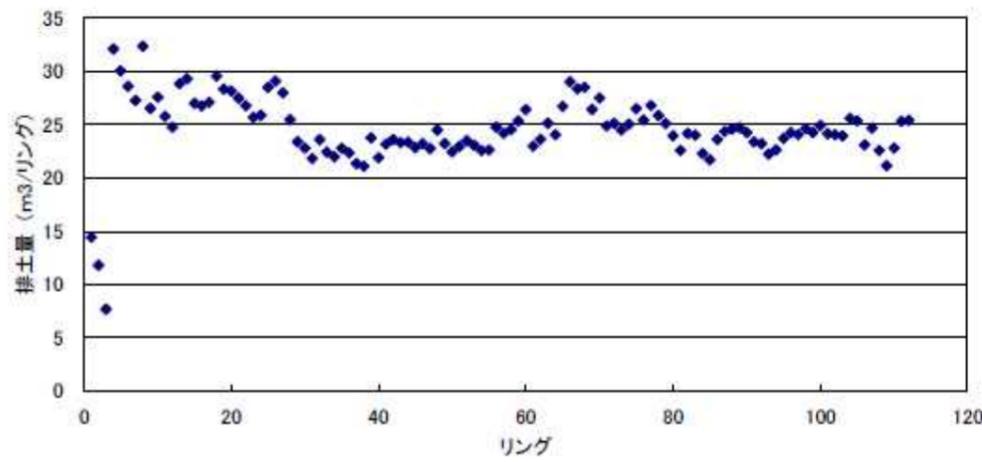
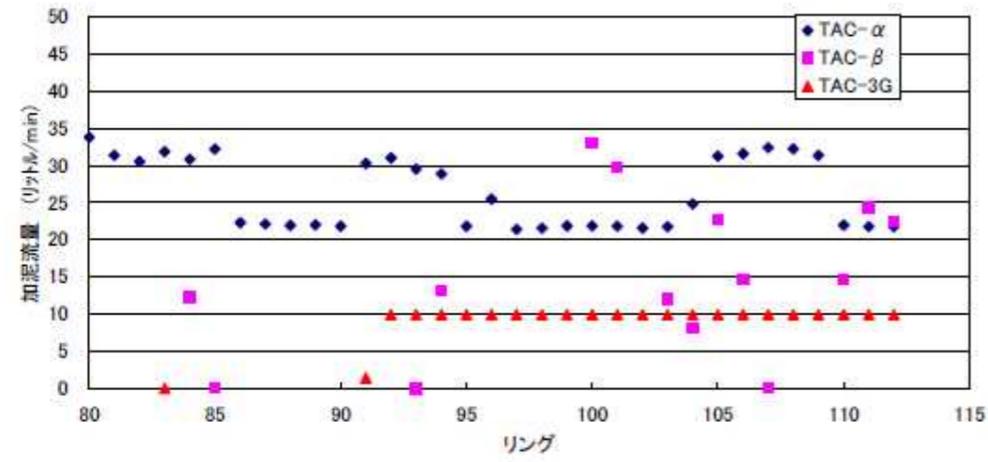
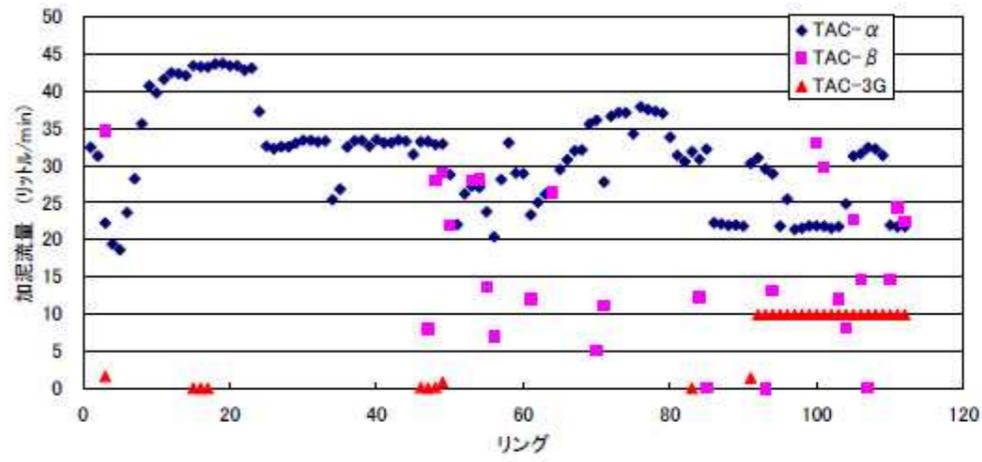
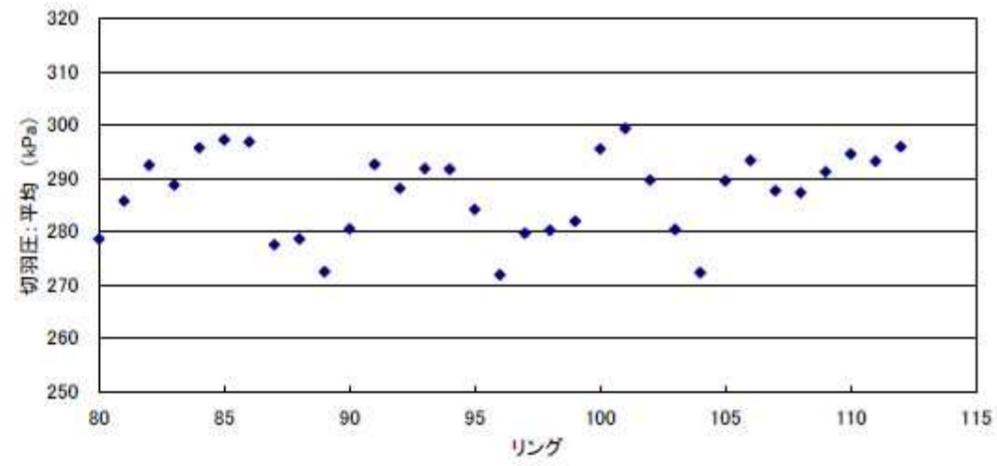
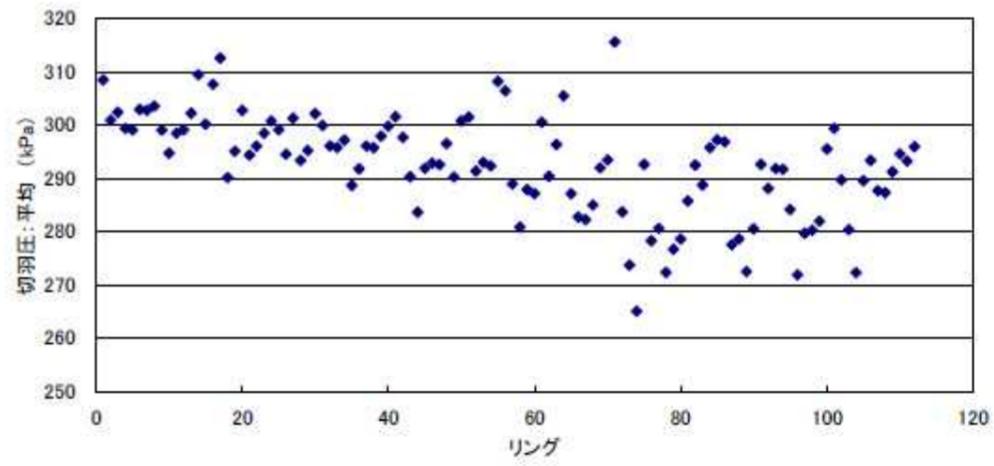
項目	質問事項	回 答	備 考
IV 施工方法	(7) テールクリアランスの状況について、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・テールクリアランスの推移</li> <li>・上下左右のテールクリアランスに偏り等の有無</li> <li>・シールドとの競り等の兆候の有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テールクリアランスの推移は分析図参照</li> <li>・事故直前に 111R組立後に計測したテールクリアランスは上下左右 30mm 程度で問題無し。</li> </ul>	
	(8) 切羽圧は、当初 270kPa 程度で保たれていたものが、徐々に低下しているようですが、切羽圧力管理の状況について、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・切羽圧力が徐々に低下したと考えられる理由</li> <li>・切羽圧力の管理基準値と、その設定値を設定した理由</li> <li>・切羽圧力の変動が生じたときの対応方法</li> <li>・切羽圧力値の潮位による変動等の有無</li> </ul> また、事故発生までの切羽圧力の管理は適正に実施されたと考えますか？（地山を緩めながら掘進していたと考えられませんか？）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今回は海底下の掘削で潮位の影響を受けるため固定はできない。満潮時の平均的な自然水圧は 290kPa 程度であるが、干満の差が多きときでは 3m 程度有り、水圧が 30kPa 程度変動する。マシン停止時の切羽土圧+20～50kPa 程度を目安に掘進した。</li> <li>・切羽圧力が変動した場合は、ジャッキスピード・スクリュウ回転数の調整により対応する。</li> <li>・圧力上昇時：ジャッキ速度下げ、スクリュウ回転上げ、ゲート開</li> <li>・圧力下降時：ジャッキ速度上げ、スクリュウ回転下げ、ゲート閉 で調整</li> <li>・切羽圧力の管理は適正に行い、取込み土量過多は全く問題なかったと考えており、地山を緩めるような事は無かった。</li> </ul>	
	(9) 施工管理基準について、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工管理基準の設定の有無</li> <li>・施工管理基準の設定方法（設計との整合）</li> </ul> また、施工管理基準の周知は徹底されていきましたか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管理一覧表参照。</li> <li>・周知されていた。</li> </ul>	
	(10) 事故当日にジャッキ圧力、カッタートルクは増加傾向にあるようですが、考えられる理由をご回答下さい。		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ジャッキ圧力、カッタートルクについて確認し、後日回答する。</li> <li>・トルク、推力のデータをチェックしたが増加傾向とは見られない。その様に見えるとなれば、地山が堅めになった可能性があったかも知れない。</li> </ul>
	(11) 掘進管理データや日報について、全リングの詳細な掘進管理データ（デジタル値）や日報等の提供は可能ですか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・提供済み。</li> </ul>	
V その他	(1) 事故の前に切羽水圧が低下していますが、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント組立時における切羽水圧の推移（変動）の事故発生前での有無</li> <li>・切羽水圧の低下と漏水との因果関係</li> <li>・切羽水圧低下について考えられる具体的な原因。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・切羽土圧掘進データ（112R掘進～112R組立データ～データ消失まで）参照</li> <li>・切羽土圧は事故直前まで、ほぼ一定（220～250kPa）であった。 但し、ジャッキの押し引きにより若干の変動はある。</li> </ul>	
	(2) トンネル坑内の縦断測量結果はどうでしたか。特に異常と考えられることはございませんか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事故直前のシールド姿勢は、鉛直方向は基線とほぼ平行で偏差約+15mm。</li> <li>・事故直前に 111R組立後に計測したテールクリアランスは上下左右 30mm 程度で問題無し。</li> </ul>	
	(3) 引揚げたセグメント等について、詳細な調査を実施していますか？実施している場合は、調査結果を整理したものはありますか。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・詳細調査実施。</li> <li>・調査結果整理したもの有り。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・引揚げられた各セグメントピースの組まれてた位置については、特定できていない。</li> </ul>

現場関係者ヒアリング（5／6）

項目	質問事項	回 答	備 考
V その他	(4) 排水ポンプの揚水量について記録したものがありますか？ また、排水ポンプの規格と稼働状況をご回答下さい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・濁水処理量集計表 参照</li> <li>・仕様：φ150mm-陽程 35m-吐出量 1.5m<sup>3</sup>/min (吐出径は50mmとし、地上までは100mmで使用)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初期で処理水量が多いのは、坑口付近での出水のトラブルによる。</li> </ul>
	(5) 事故当日の状況について、先日ご提供いただいた以上の情報はありますでしょうか。（例えば以下のような内容について） 事故が起きた時の状況として、以下の情報がありますが、それぞれについて時系列（発生時刻）でご回答下さい。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・「どん」と音がした</li> <li>・エレクターが水につかっている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左記については、事象及び時系列の詳細は分からない。</li> </ul>	
	(6) セグメントやシールドの設計の考え方（前提条件）について、設計関係者からどのように伝達されていましたか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント組立検討会を実施した際に、設計担当者から周知を受けた。</li> <li>シールド機については、シールド機仕様検討会で周知を受けた。</li> </ul>	
	(7) シールドの性能、操作方法等について、シールドメーカーからどのように伝達されていましたか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・性能：マシン取説、機械図面集、電気図面集等の書面（不明な点は直接電話で確認）</li> <li>・操作方法：直接現地指導（試運転、鏡切時立会）</li> </ul>	
VI 掘進データ	<p>1. 「リング報グラフ2」の「シールド管理システムデータ」に関する追加質問</p> <p>(1) 掘進モード途中において、掘進および裏込め作業を全て15分程度止めています。これは何を行うための時間ですか。</p> <p>(2) 107R と108R のみは、上記(1)の停止時間が約40分と異常に長くなっていますが、何か特別なことをされたのですか。</p> <p>(3) 上記(1)の停止中には、裏込め注入も積算量が変化していないことから、実施されておらず、注入圧も変化が見られないというのがほとんどのリング報データとなっています。</p> <p>しかし、107R のみは注入が停止している途中時点において急激に注入圧力の低下が確認されます。この原因は何と報告されていますか。</p>	<p>(1) ズリ函の入れ替えのための時間です。</p> <p>(2) おそらく配管の盛替え等の段取り替えを行なったのではないかと考えられます。</p> <p>(3) おそらく同じタイミングで加泥の圧力も下がっているため、配管の段取り替えを行なったためではないかと考えられます。</p>	

現場関係者ヒアリング（6／6）

項目	質問事項	回答	備考
VI 掘進データ	<p>2. 「リング報グラフ1」に関する追加質問</p> <p>(1) 「14 加泥積算」が「リング報」の「加泥積算」の項目に該当し、「15 加泥圧力」は「リング報」の中の項目には該当する値がありませんが、「加泥積算」に対応する圧力値であると考えてよいですか。また、加泥添加剤には、「TAC-<math>\alpha</math>」とその助剤となる「TAC スルー」の他に、噴発の危険がある砂層及び砂礫層の場合に有効とされ、上記のTAC-<math>\alpha</math>とは別系統で追加注入を可能とした「TAC-<math>\beta</math>」と水ガラス系塑強調整剤「TAC-3G」をクレーショックAおよびBとして使用され、上記の「加泥積算」は「TAC-<math>\alpha</math>」を指すと考えればよいですか。</p> <p>(2) 107R の「15 加泥圧力」と「13 裏込圧力」を見ると、どちらが主体となっているかどうか不明ですが、同時に圧力低下を示すグラフとなり、上記1の(3)の質問と関連します。また、同様の傾向を示すグラフは、39,43,48,51,56,59,64,77,84R において確認され、かつ、いずれもジャッキストローク(横軸の数字がストローク長と判断)にて800 mmの当りで発生しています。「15 加泥圧力」と「13 裏込圧力」が連動することはどのような状態を示すと考えればよいですか。なお、ジャッキストローク800 mmが上記1の停止時期に該当する(リング報で800 と900の測定時間の間隔のみが長くなっている)と時期に該当するかと思われます。</p>	<p>(1) 加泥圧力は加泥積算に対応する圧力と考えてよいです。 加泥積算はタックスルーです。</p> <p>(2) おそらくズリ函の入れ替えのタイミングで、配管の盛り替えをしているためと思われます。</p>	
	<p>3. 「リング報」に関する追加質問</p> <p>(1) 別紙に示すように平均値を用いた図化すると、切羽圧は多少の変動はありますが、土被りの低下に伴う変化を示し、変状が発生した前日の100R 以降は比較的安定した状態であるように思います。資料「12 事故当日施工内容」の「昼掘進指示書」の記事欄において「土被りが薄くなってきており、地山が若干変化していますので噴発する恐れがあります。土圧、推力、排土状況に特に注意して下さい」と記載されています。特に土圧の変化傾向からは、異常は見られませんが、噴発等の異常か何かの前日の夜方施工時の報告としてありませんでしたか。</p> <p>(2) 加泥添加材は、「TAC-<math>\alpha</math>」(「TAC スルー」との組合せ)を基本としているようですが、途中にて「TAC-<math>\beta</math>」を加えたり、「TAC-3G」を加えるなどの対応を実施されています。特に、93R 以降は「TAC-3G」を連続的に添加し、ときどき「TAC-<math>\beta</math>」も使用されています。これらの添加材は噴発の危険性がある場合に用い、「TAC-3G」については水ガラス系で短時間で塑性化するための添加剤と思われます。排土量の変化自体は、ほとんどないので、噴発や切羽の崩落等は生じていないように思われますが、何かそれ以前の地山と大きく性状が変化したということでしょうか。</p>	<p>(1) 前日の夜方では特に異常報告は特にありません。 ご指摘の噴発に関する注意喚起をしたのは、平均的な土圧変動ではなく、1リング掘進している間の土圧の変動が、瞬間的に大きくなる事があったためと、排出土砂が若干軟らかくなる事があったためです。</p> <p>(2) 93R以降のクレーショックBの流量が10L/minで連続して計測されていますが、積算流量は計測されておらず、流量計の故障などと思われます。 クレーショックAの流量が計測されているのは、TAC-<math>\beta</math>ではなく濁水プラントのスラリーを同じ配管を利用して注入したものです。</p>	



※ヒアリングでの質問用に協議会より提出

設計関係者ヒアリング（1／6）

項目	質問事項	回 答	備 考
I 日常的 な事象	特になし		
II セグメント	(1) セグメント継手（エレクションガイド）について、以下の質問にご回答下さい。		<ul style="list-style-type: none"> <li>エレクションガイドは、接着剤で固定するが、接触により外れることがある。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>継手（エレクションガイド）の選定理由</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回工事の地盤条件は、堅固な砂礫地盤で水圧が高く、継手に曲げ引張が発生しない軸圧縮力卓越の条件となりますので、同様の条件で多数実績のある「コンクリート突合せ継手」を採用しました。</li> <li>エレクションガイドは組立時の位置合わせの目的で設置しております。樹脂パイプタイプは最近の施工実績(4 件、大阪北共同溝（枚方・交野・寝屋川・門真工区）)で良好な結果が得られており、本工事でも採用しました。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定性について、実験等の確認の有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「コンクリート突合せ継手」は、「ほぞ付セグメント」をはじめ多数の実験により性能が確認され、実施工でも多数採用されている継手です。弊社では初適用した春日井共同溝(大泉寺工区)工事(2001 年)で性能確認実験（軸力導入継手曲げ・添接曲げ試験等）を実施しております。</li> <li>堅固な軸力卓越地盤で採用することが前提であり、また、セグメント継手角度をトンネル中心向き（起こし角ゼロ）としているため、外圧が作用する条件では十分安定する構造です。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>継手の乗り上げの可能性の有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>継手面に「ほぞ」等を設けていないため、継手の乗り上げの可能性はないと考えております。</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>エレクションガイドのせん断強度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エレクションガイドは組立時の位置合わせの目的で設置しておりますので、せん断強度は期待しておりません。</li> </ul>	

設計関係者ヒアリング（2/6）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅱ セグメント	(2) リング継手の強度について、以下の質問にご回答ください。		
	・リング継手の選定理由	・リング継手は第一パイプラインと同様に使用実績が最も多い「鋼板短ボルト方式」としました。ただし、組立時の省力化、合理化を目的として片側は埋め込みインサートタイプとしました。	
	・リング継手に対する設計外力の考え方	・セグメント継手に引張力が生じない条件下であり、基本的には剛性一様リングと同じ条件となるため、リング継手にせん断力は発生しません。ただし、はりばねモデルで解析する際にレオンハルトのコンクリート突合せ継手の理論式でセグメント継手の回転ばねを設定すると、計算上はリング継手にせん断力が作用しますので、これを外力として部材照査を行っています。 ・また、トンネルは耐震設計上の工学的基盤面以深に構築しますので、耐震上の外力は考慮していません。 ・施工時については、組立て時に1ピース重量が保持できるかの検討を実施しています。	
	・設計上の強度と安全率の考え方	・設計上の強度は、ボルトの純せん断、コンクリートのコーン破壊のうち小さい方を採用しています。ただし、継手に作用するせん断力の作用方向によってボルト純せん断、コーン破壊のどちらがクリティカルとなるかが異なるのでこれを考慮しています。設計は許容応力度法で実施していますので、許容応力度そのものに安全率が見込まれています。	
	・リング継手の諸元の決定法（過去の事例を参考にしている場合、その資料の提供は可能か）	・リング継手は、実績の多い「鋼板短ボルト式継手（片側インサート）」を採用しております。ボルト径、強度、設置位置などは「トンネル標準示方書（シールド工法編）」を参考に設定しており、特に参考にしている事例はありません。	
	・同継手構造の施工実績、および、同継手構造の性能試験結果の有無	・同継手（継手金物+インサート継手）の施工実績は、別途添付の資料をご参照ください。	・試験に用いたセグメントは、工事に用いたセグメントと同じものである。 ・試験結果では、引抜き耐力は10t程度である。
	・インサートの設置位置の設定方法（主筋の内縁側に設置した理由と強度に対する考え方）	・インサートの配置は対になる継手金物のボルトボックスによるセグメント本体の欠損をなるべく小さくするように配置し、また、「トンネル標準示方書（シールド工法編）」にてセグメント桁高の1/2~1/4の位置が標準的な配置とされていることから、現状の位置（桁高の1/4）としました。	
	(3) セグメント用シール材について、以下の質問にご回答ください。		
	・セグメント用シール材の種類と調達先	・複合型水膨張性シール材/ 調達先	
	・シール材の力学特性や反発力（膨張圧）	・シール材は、超低膨張タイプとし、シール溝を極力端部から離れた位置（溝中心で38.5mm）とし、膨張圧でセグメントが破損しないよう配慮しています。	・具体的な反発力の数値、計算書等については、改めて提出する。（シール材の計算書は警察・労基の確認受領後に提出します）
・セグメント用シール材以外のクッション材等の使用の有無（使用していた場合、どのようなものをどこに使っていたか）	・シール材以外のクッション材は使用していません。		

設計関係者ヒアリング（3／6）

項目	質問事項	回 答	備 考
Ⅱ セ グ メ ン ト	(4) K セグメントについて、以下の質問にご回答ください。		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K セグメントの安定の考え方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K セグメントは、外圧に対して安定性の高い軸方向挿入タイプとし、セグメント継手面に起こし角をつけない形状としています。継手の挿入角度は「トンネル標準示方書（シールド工法編）」では、7～22° が標準とされていますが、この範囲内で大きな挿入角度にならないように 10° 以下(9.45° )に設定しています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 他の現場で、K セグメントの抜出しの兆候が確認された事例はある。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K セグメントの挿入代の考え方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K セグメントの挿入代は B セグメント間に K セグメントを通す際のクリアランスを片側 15mm 以上確保できるように 350mm に設定しています。</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• K セグメントのセグメント継手面の摩擦係数等に対する検討の有無</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 継手面の摩擦係数は「シールド工事用標準セグメント」に示されたコンクリート系セグメントの継手面間の静止摩擦係数（<math>\mu=0.5</math>）を用いて、K セグメントの継手面に作用するせん断力に対する検討を行っています。なお、弊社の既往工事実績から摩擦係数は少なくとも 0.1～0.2 以上は確保できることを確認しており、この場合にも K セグメントの抜け出し力は抵抗力を上回りませ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K セグメントの抜出しの検討では、シール材の反発力、水圧（シールド機テールから飛び出すセグメント幅分）による円周方向軸力により B-K 間に生じる抜け出し力、リング間の軸方向の水圧（セグメント外縁からシールまで）、テール反力を考慮している。</li> <li>• 上記による抜け出し力は、セグメント継手間の摩擦係数を 0 とした場合、リング継手の引抜き耐力を上回る。</li> <li>• 滑材を使用した場合の摩擦係数については、データを持っていない。</li> </ul>	

設計関係者ヒアリング（4／6）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅱ セグメント	(5) 設計条件ついて、以下の質問にご回答ください。		
	・施工時荷重に対するセグメントの安全性の検討の有無	・ジャッキ推力、裏込め注入圧に対する検討を実施しています。	
	・肉厚が薄いことによるジャッキ反力の影響の検討の有無	・今回工事と同程度のシールド機の標準のジャッキ仕様は、1,200kN×16 本程度ですが、今回工事では、ジャッキスプレッダーの大型化によるジャッキ反力の不均一化、局所集中を防止するために小型ジャッキ（823kN）を採用しています（本数を26本とすることで総推力は確保）。したがって、セグメントの肉厚が薄いことによる特別な影響はないと考えています。 ・検討に際してはジャッキ推力作用位置の偏心量としてテールクリアランス 25mm を考慮しています。	
	・セグメント組立時の安定性の考え方	・セグメント組立時の安定性は、以下に示す通常の施工方法で施工することで特に問題ないと考えております。 ・ジャッキを抜く際は、ピースを組み立てるのに必要なジャッキのみとし、切羽圧に抵抗できなくなるような本数のジャッキを抜かない。 ・セグメントはエレクターで保持した状態でボルト締結を行い、ジャッキを張った後にエレクターを解放する。 ・ジャッキを張ったままの状態エレクターでセグメントを動かさない。	
	・浮力に対する安定照査に実施の有無	・浮力に対しては、水島航路の計画水深に 1m の浚渫誤差を考慮した海底面レベル（深浅測量でも確認）に対し、浮き上がり安全率を確保するために必要な土被り（3.5m）以上を確保できる線形としているため、トンネル全線において浮き上がりに対する安定性は確保されています。	
	・土圧の設定方法（第1パイプラインとの差）	・堅固な砂礫層内であるため、緩み土圧を設定しています。なお、テルツァーギの緩み土圧の計算においては、換算土被りは 1.0D 以下ですが、設計上は最小土圧として 2.0D の緩み土圧を使用しています。 ・第1パイプラインも同様の考え方ですが、最小土圧は「トンネル標準示方書（シールド工法編）」に記載のある 2.0D と 200kN/m <sup>2</sup> のうち大きい方を採用することとしていましたので、結果的に 200kN/m <sup>2</sup> で設計しています。	
	・セグメントの破壊形態の想定	・作用する荷重の大きさや荷重のバランス(偏圧作用)によって破壊形態は異なると思いますので一概にはご回答できませんが、鉄筋降伏による曲げ破壊と想定されます。	
	・セグメントの最小鉄筋量の設定方法	・「トンネル標準示方書（シールド工法編）」では、標準的な鉄筋量は 0.4～2.2%とされており、この範囲内で最少鉄筋量（0.5%）を設定しております。	
	・主鉄筋として D13 の採用理由	・一般的な構造鉄筋の最小径として D13 を採用しています。	
	・鉄筋のかぶりの設定の考え方	・鉄筋のかぶりは、腐食性環境の基本かぶり（50mm）にコンクリート強度による低減（0.8）、プレキャスト部材による低減（0.8）を乗じて、配力筋のかぶり 32mm 以上を確保しています。	
・鉄筋間隔の 60mm の妥当性	・コンクリートの最大骨材径を 20mm としておりますので、特に問題ないと考えております。		

設計関係者ヒアリング（5／6）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅱ セグメント	(6) 第一トンネルに比べてセグメントが薄く、セグメント継手がボルトレス構造としたのはなぜですか？	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第一トンネル設計当時は、シールド工事において二次覆工を実施することが主流であったのに対して二次覆工を省略しました。二次覆工省略実績があまりなかったことなどに配慮して同径クラスのセグメント厚さの実績より設定しました。</li> <li>• 継手に関しましてもボルト接合が主流であったため、ボルト継手を採用しておりました。</li> <li>• それに対し本工事では、二次覆工省略が一般的になり、設計・施工技術も向上した現状を踏まえて、設計計算で必要なセグメント厚さ、セグメント製造上の制約、弊社内での同径クラスでの設計・施工実績等を考慮して検討した結果、セグメント厚さは第一トンネルに比べて薄くなりました。</li> <li>• 継手に関してもボルトレス継手の施工実績が多数あり、今回の条件がボルトレス継手の採用に適合したことから「コンクリート突合せ継手」、「鋼板短ボルト式（片側インサート）継手」を採用しました。</li> </ul>	
	(7) セグメントの設計で使用した基準書類をお示し下さい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• トンネル標準示方書（シールド工法編） 土木学会</li> <li>• シールド工用標準セグメント 日本下水道協会 等</li> </ul>	

設計関係者ヒアリング（6／6）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅲ シールド機	(1) テールシールについて、以下の質問にご回答ください。 ・段数（2段）の設定根拠	・テールシール段数は掘進距離（摩耗・損傷）と水圧（止水性）を主な検討項目とし、施工実績を考慮してシールド機の仕様検討を行っています。 水島シールドは、掘進距離 790m、最大水位を 25.7m（水圧としては 0.3MPa）で検討しており、テールシール2段または3段が考えられますが、メーカーで水位 35.4mー2段のシールド機の製作実績があることから、テールシール2段を検討仕様として設定しました。	・施工実績は、N 値 15～20 以上の粘性土地盤である。
	・海底下であることの考慮の有無	・シールド機の仕様検討上では特に海底下ということでの考慮事項はありませんでしたが、施工管理上でテールシールへのグリス給脂を適切に行い、テールシールとグリスでの止水ゾーン形成がなされれば特に問題ないと考えております。	
	・セグメントのかかり代（通常より極端に小さくないか？）の設定の妥当性	・テールシールの止水性が確保され、セグメントがシールド機テール内で片側に偏った状態でもテールシールが反転しない長さのテールシール（径方向のかかり代で 70mm 程度）を装着し、掘進終了後にセグメント切羽側端面がテールシールより後方にならないような位置関係となっていれば特に問題ないと考えております。	
Ⅳ 施工方法	(1) 裏込め注入について、以下の質問にご回答下さい。 ・設計上で設定した注入時期	・通常、即時注入方式の場合、掘進リングの 2 リング後方では、掘進開始時、注入孔にテールシールがかかっていることも多く、3 リング後方程度で裏込め注入を実施するのが一般的でありますので、この付近で注入することを想定しております。	
	・裏込め注入の実施時期（3 リング後方注入）はセグメント設計に考慮されたか？	・実施時期については、構造計算上は特に考慮していません。	裏込め材が充填されていない状態での構造計算は実施していない。
Ⅴ その他	(1) セグメントの防食・防水処理について、以下の質問にご回答ください。 ・継手、本体の処理の有無 ・有りの場合の処置の方法	・本体部は腐食性環境の鉄筋かぶりを確保しています。継手部は、ボルト、ワッシャー、継手金物にガルバナイズド処理を実施しております。	
	(2) 設計時の前提条件について、施工側への伝達は、どのように行いましたか？	・「セグメント組立検討会」を開催し、当社現場社員、作業員に本工事のセグメントの特徴、セグメント組立における注意事項を周知しました。	
	(3) 海底下という施工条件について設計上配慮した点がございませうか？	・海底下であるため、鉄筋の腐食に配慮し、腐食性環境のかぶりを設定しております。また、継手に関して、防食処理を実施しております。 ・完成時の検討ケースとして、水島航路を航行する最大船舶の投錨に関する検討を実施し、安全性を確認しています。 ・トンネルの土被りは、航路の計画水深に対して 1.0mの浚渫誤差を考慮して設定しています。	

シールド機設計・製作関係者ヒアリング（1/3）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅰ 日常的 な事象	特になし		
Ⅱ セグメント	特になし		
Ⅲ シールド機	(1) シールド機について、以下の質問にご回答下さい。 <ul style="list-style-type: none"> <li>シールド機の総重量</li> <li>シールド機の重心位置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>総重量は、シールド機本体（作業デッキ含む）123 t</li> <li>シールド機重心位置＝スキンプレート先端から 2476mm で、スクリュウコンベヤの台座中央付近</li> </ul>	
	(2) シールドジャッキについて、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>シールドジャッキの制御システム（ジャッキの伸長モード、セグメントの組立モード、各ジャッキの圧力同調制御など）</li> <li>シールド機が坑口側へバックすることの可能性</li> <li>ジャッキの固定方法</li> <li>ジャッキ伸長時の座屈（偏心量）に対する安全性</li> <li>停電時のシールドジャッキの動作の可否</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘進モード（伸：リリーフ 34.3MPa、流量可変による速度制御）</li> <li>組立モード（伸：リリーフ 4.9MPa、縮：リリーフ 20.6MPa）</li> <li>停止（保持：リリーフ 37.3MPa）</li> <li>ジャッキ同調（全 J 同調又はストローク計 J 同調：同調圧 2.9MPa）</li> <li>作用水圧を 0.3MPa として水圧のみ作用したとすると、作用反力は 5772kN となる。 掘進時：SJ は 823kN/本（34.3MPa）であるから、ジャッキを 7 本以上使用していればバックしない 組立時：SJ は 895kN/本（37.3MPa）で保持されているから、ジャッキ 7 本以上で保持していればバックしない 故障時：装備 26 本－7 本＝19 本以上のジャッキにおいて、ジャッキ内シール又は押出し側油圧ホースが同時に破損しない限りバックしない</li> <li>SJ は後胴押し方式で、後胴に配したガーダー（t25）に溶接したジャッキベース（t40）に M24-8.8 ボルト×4 本でインロウ固定</li> <li>ジャッキ偏心量は 70mm であり、強度的にも安全率 1.5 倍以上を有している</li> <li>停電時には油圧電磁弁が中立位置（ポート閉止）にスプリングで戻り、保持状態となるため動作しない</li> </ul>	

シールド機設計・製作関係者ヒアリング（2/3）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅲ シールド機	<p>(3) シールド機の施工データについて、以下の質問にご回答ください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測項目と機器の設置方法</li> <li>・計測データの監視システム</li> <li>・切羽圧力の計測方法</li> <li>・電気的なトラブル等による切羽圧力の低下の可能性</li> <li>・計測機器の防水性に起因する（水がかかる、水没）電気的トラブルの発生の可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シールド機として装備しているのは、チャンバ内土圧（土圧計）、ピッチング・ローリング（傾斜計）、各種ストローク計、シールドジャッキ速度計、油圧計（圧力計）、カット回転計（近接 SW）、スクリュウ回転計（近接 SW）、操作 SW（ON/OFF）、リミット SW 類等で、これらセンサ類からの信号をマシン操作盤内に設置してあるシーケンサで取り込み演算して、操作パネルに表示している。</li> <li>機器は機内各部にボルト固定し、信号ケーブルを機内中継箱に引込んで中継箱内のシーケンサ子局に配線している。またセンサ用電源は同じ中継箱内にある安定化電源から供給している。油圧計は後続台車の油圧パワーユニットポンプ吐出圧（元圧）を測れる位置に設置しており、信号ケーブル及びセンサ用電源は機内のセンサ類と同様である。</li> <li>・シールド機関連のデータは、操作パネル表示以外にシーケンサのデータ通信で外部に送出しているが、外部の管理システムは<b>マシンメーカー</b> のシステムではない。</li> <li>ジャイロについても機内に設置用ブラケットと AC100V 電源を設けているが、ジャイロそのものは<b>マシンメーカー</b> の手配ではない。</li> <li>・バルクヘッドのスプリングライン付近に土圧計を2カ所設置して、計測信号を常時シーケンサに取り込んでいる。</li> <li>・電気的なトラブルとしては停電や漏電、過電流が考えられるが、漏電、過電流では制御盤内の遮断器が動作して当該回路の電源断で非常停止となり、その時点の状態で作動を停止する。（シールド機の基本運転に必要な電源 ON/OFF 状態を検出している）</li> <li>また、坑内停電などで主電源（400V）が供給されない場合は全ての電源が無くなるため、同様にその時点の状態で作動を停止する。</li> <li>いずれも油圧回路は保持状態となることから、(2)で回答したように7本以上のジャッキを使用して掘進・保持状態にあるならば、掘進中にスクリュウゲート開放状態で停電等が発生しない限りシールド機に起因する切羽圧力の低下の可能性は低い。</li> <li>・センサ類は水がかかる程度では問題ないが水没すれば電源ショートするが、中継箱内の安定化電源の保護が働くためシールド機の直接操作に関わる電気的な波及はない。</li> <li>中継箱も同様に水がかかる程度では問題ないが水没すれば制御盤内の安定化電源若又は遮断器が動作し非常停止となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土圧計について、ブリッジの電圧が低下すれば、出力も低下するが、制御電源が徐々に低下することはない。</li> <li>・そのため、計測された切羽圧の低下は、正常な計測結果である。</li> </ul>
	<p>(4) テールシールについて、以下の質問にご回答下さい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テールシール（段数、長さなど）の設計の考え方</li> <li>・テールシールが2段であることの妥当性</li> </ul> <p>また、テールグリス材をテールショックシーラに変更して施工していますが、このような施工は想定していましたか？</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テールシール段数は掘進距離による損耗と作用水圧での止水性を製作実績を加味して選定している。テールシール長さは、最後段はそれ以外よりも長くすることとし、セグメントが片側に偏った状態で70mm（実績値）以上のかかり代を確保するように設計する。</li> <li>・水島のシールド機では掘進距離790m、最大水位をセグメント頂部で25.7m（シールド機下端で30.65m）で設計しており、距離での損耗よりも作用水圧での止水が検討主体となるが、水位35.4m（セグメント頂部）でシール2段の製作実績もあり、テールシールへのグリス給脂が適切に行われれば問題ないと考えます。</li> <li>テールグリス材としてテールショックシーラというものは知らない。またテールショックシーラに変更して施工することは想定していない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初期のテールグリスの充填は、通常、固いタイプのグリスを手詰で行うが、今回の現場では、ポンプで充填するタイプのグリスを充填していた。</li> <li>・テールシールを3段にすることや、ウレコンシールを使用することは提案できたが、必要十分な装備としては妥当な範囲内である。</li> </ul>

## シールド機設計・製作関係者ヒアリング（3/3）

項目	質問事項	回答	備考
Ⅲ シールド機	(5) スクリューコンベアについて、緊急時の対応は、どのように考えて設定したのですか。	・スクリューコンベアは、塑性流動性を持たせた土砂をコンベア内に充満させて止水効果が発揮できている施工状態を前提にしているため、掘進中のゲート開放状態でもある程度の止水ができると考えて設計しており、緊急用ゲート閉止のアクムレータなどは標準装備としていない。客先から要望があればオプション装備として提供している。	
	(6) 形状保持装置をなぜ設置しなかったのですか。	・経験的にφ5m未満のシールド機で形状保持装置を設置するとセグメントの搬入空間が確保が難しくなるため、特に客先から要望がない場合には設置していない。	
	(7) シールド機の製作仕様書で、セグメントの厚さが350mmとなっているのはなぜですか？	・誤記	
	(8) シールド機の受入れ検査は、どのような手続きで行いましたか？ また、性能の確認等はどのように行いましたか？	・マシメーカー社内の自主検査の他に、客先に検査要領書を提出して工場立会検査を実施し、現地組立完了時に現地組立完成検査を行った。 工場立会検査では、工場仮組状態での各部寸法測定、機器動作確認・諸元計測（カッタ回転数ジャッキ伸長速度など）を行った。 現地組立完成検査では、工場立会検査と同様に各部寸法測定、機器動作確認・諸元計測を行うとともに、現地溶接部確認を行った。	
	(9) 本工事のシールド機の設計で特に考慮したこと等がありますか？	・特になし	
Ⅳ 法 施工方	特になし		
Ⅴ その他	(1) 停電の発生と事故発生との関係について。どのように思われますか。 例えば、停電時のシールドジャッキ等の作動機構に支障があったなどです。	・停電と事故の関係についてはわからない。 停電時にはシールド機作動停止となるので積極的に破壊する方向に動くことはないとする	
	(2) 漏電が起こる状況について、どのように思われますか。 例えば、分電盤、スイッチボックスの位置と水位の関係などです。	・シールド機の電気機器は水が降りかかる程度では漏電しないと考えている。 激しく水をかけ続けるような内部に水が浸入するような状態ならば漏電する可能性はある	・メイントランスは、管底より1.25mの位置にある。 ・機内にある電磁弁等に水が降掛れば、電磁弁電源が落ちることで、制御系に影響を与えた可能性はある。
	(3) 作業中に停電等の異常が発生した場合、シールド機の動作はどのような状況になりますか。 例えば、スクリューゲートが閉じる、ジャッキが停止するなどです。	・シールド機動作に直接関連する電気機器が漏電した場合は非常停止で全ての動作がその状態で停止する。	
	(4) シールドの性能、操作方法等について、施工側への伝達は、どのように行いましたか？	・現地で鹿島殿担当者と協力会社殿運転員に対して、運転指導（取扱説明書、図面、安全マニュアルを用いた説明と実機操作）を実施した。 施工側で不明な点は電話連絡で説明対応した。	

## セグメント製作関係者ヒアリング（1/2）

項目	質問事項	回答	備考
I 日常的 な事象	特になし		
II セグメント	(1) 製造工程・製造方法について、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートの品質管理</li> <li>・コンクリートの締固め</li> <li>・蒸気養生の有無、養生方法、管理方法</li> <li>・セグメント養生方法（水中養生など）、日数など</li> <li>・打設サイクル（1日あたりの打設回数）</li> </ul> また、製作計画書等の提供は可能でしょうか？	スランブ試験、圧縮強度試験、塩化物量試験 高周波型枠及び高周波棒型バイブレータを使用 前置き（2時間程度）終了後、本養生（4時間程度） 蒸気養生終了後、自然養生（材齢28日） 1回又は2回 製作要領書があります	
	(2) コンクリート・鉄筋について、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートの配合の考え方（水セメント比・スランブ）</li> <li>・コンクリート強度試験のばらつき など</li> <li>・セメント、骨材寸法等の材料</li> <li>・鉄筋・セメント・骨材の調達先</li> </ul>	設計強度 $F_c = 45 \text{ N/mm}^2$ 以上、水セメント比 45% 以下（JIS）、スランブ $6 \pm 1.5 \text{ cm}$ （指定）、脱型強度： $15 \text{ N/mm}^2$ 以上の条件等により配合を決定。 普通ポルトランドセメント（JIS）、骨材寸法：細骨材 5mm 以下、粗骨材 20mm 以下 鉄筋： 調達先、セメント： 調達先、細骨材： 調達先、粗骨材： 調達先	
	(3) セグメント製品検査について、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメントの検査の実施方法</li> <li>・セグメントの破壊状況</li> <li>・セグメントの耐力（実強度/計算値）など</li> </ul> また、検査報告書等の提出は可能でしょうか？	外観：目視又はノギスで実側、形状・寸法：限界ゲージ・ガバリ又はノギスで実側、水平仮組：水平盤上に2リングを千鳥組して各部の寸法、組み上り状態を検査、単体曲げ：セグメントの単体を両端可動支点とするアーチ状のはりとして、2点集中荷重方式により検査 破壊状況：設計値を全てクリア	
	(4) セグメント製造時の損傷について、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント制作時の損傷の有無</li> <li>・損傷したセグメントの使用の可否判断</li> <li>・損傷の補修方法</li> <li>・補修記録の有無</li> </ul>	製作時の損傷は無し	
	(5) 材料の加工について、以下の質問にご回答ください。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄筋の曲げ加工方法</li> <li>・鉄筋の組立方法</li> </ul>	主筋、配力筋をメッシュバー加工後、ロール（曲げ加工機）で曲げ加工を行う。 組立て用治具の上で曲げ加工した上、下メッシュバーを幅セット筋で溶接し組み立てる。	

## セグメント製作関係者ヒアリング（2/2）

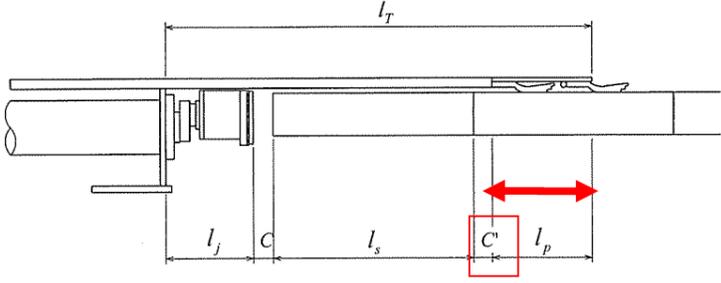
項目	質問事項	回 答	備 考
Ⅱ セグメント	(6) 型枠について、以下の質問にご回答ください。 ・組数 ・精度管理	標準型 1組（1リング）、他にテーパリング専用 1組 型枠購入時、型枠改造後等に1本製造し、寸法検査を行う。（インサイトマイクロメータ及びノギス）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エレクトロンガイドの部分には、半円形のダボを型枠に溶接で取付けている。</li> <li>・改造とは、テーパセグメント用（A、B 兼用型）で使い分けをする際に堰板を設置したものである。</li> <li>・テーパセグメント用の型枠は、A と B を兼用したものと、K セグメントは標準セグメントの製造完了後に改造したモノを用意した。</li> </ul>
Ⅲ シールド機	特になし		
Ⅳ 施工方法	特になし		
Ⅴ その他	(1) 現場から、セグメントに対してクレーム等がありましたか？	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. エレクター孔にコンクリートの付着物がある（返品）</li> <li>2. 運搬時における荷崩れ（返品）</li> </ol>	

現場関係者への追加質問

質問事項	回 答	備 考
<p>Q1. 裏込め注入に関し、以下についてご回答下さい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 管理試験のデータは提供可能ですか？</li> <li>• 目標注入率の130%は、何に対してか？(1リング分のテールポイドに対してか？ オーバーカットは含むのか？)</li> <li>• 裏込め材とクレイショックシーラーの相性（裏込め材の浸透によるクレイショックシーラーの固結等）について、試験等で確認されていますか？</li> </ul> <p>【関連するヒアリング時の質問番号：Ⅰ－（４）】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 管理試験のデータは添付資料。</li> <li>• 注入率130%はオーバーカットを含まないテールポイド量に対してです。</li> <li>• 相性については確認していません。</li> </ul>	
<p>Q2. カッタトルクについて、増加傾向とは見られないとの回答を頂きましたが、これを確認できる資料を提供いただけますでしょうか？（カッタトルクの推移をリング報からグラフ化した資料などがあれば）</p> <p>【関連するヒアリング時の質問番号：Ⅳ－（１０）】</p>	<p>• 提出済みのリング報グラフから、掘進リングと平均カッタトルクの関係をもとめましたが、増加傾向はないと判断しました。</p>	
<p>Q3. リング報について、表の方にカッタ圧力、グラフの方にカッタトルクとありますが、両者の意味をお示し下さい。</p>	<p>本機のカッタは油圧モータ駆動であるため、カッタ圧力とはカッタモータ（油圧モータ）に供給している作動油圧のことで、油圧パワーユニット(4台)の吐出が合流した吐出口での圧力(最大定格値19.1MPa)を計測した値を表記している。</p> <p>カッタトルクは、油圧モータの出力軸トルク(46.68kNm/台【19.1MPa】※1)をギヤ比(95/16)倍した、下記の計算で求めた理論値※2 を表記している。</p> <p>※1 仕様書等では46.68kNmをまるめて46.7kNmと表記している</p> <p>※2 油圧回路の圧力損失及びカッタ無負荷トルクは考慮していない</p> <p>装備トルク=46.68kNm(19.1MPa)×8台×(95/16)=2217kNm</p> <p>使用時トルク=46.68kNm×(使用カッタ圧力MPa/19.1MPa)×8台×(95/16)</p> <p>=2217kNm×(使用カッタ圧力MPa/19.1MPa)</p>	
<p>Q4. 107R、108R 掘進中の詳細な状況について、ズリの性状の変化、噴発やズリの取込み過ぎ等はありませんでしたか？</p>	<p>• ズリの性状の変化、噴発、取込み過ぎはありませんでした。</p>	
<p>Q5. 形状保持装置がない状態で、厚さが薄く、幅が広いセグメントを円形に組立てることが困難ではなかったか？</p>	<p>• 困難ではなかったです。</p>	

設計関係者への追加質問

質問事項	回答	備考																																							
<p>Q1. セグメントのシール材に関し、以下についてご回答下さい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・膨張倍率</li> <li>・硬度</li> <li>・膨張圧</li> </ul> <p>また、膨張圧でセグメントが破損しないよう配慮していますとの回答を頂きましたが、計算書の提供は可能ですか？</p> <p>【関連するヒアリング時の質問番号：Ⅱ－（3）】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シール材仕様：DSHO-03514-13 (t×W1×W2=3.5×14×13) (添付 資料⑤参照)</li> <li>・膨張倍率：水膨張性ゴム部 300% (3 倍膨張率)</li> <li>・硬度：水膨張性ゴム部_A40±5, 非膨張性ゴム部_A45±5 (JIS K 6253)</li> <li>・圧縮反力 (膨張前)：27.3N/mm (圧縮率 34.3%、目開き 0mm、1.92MPa 相当)</li> <li>・膨張圧：下表の通り。</li> </ul> <table border="1" data-bbox="1032 415 2024 598"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="3">目開き (mm)</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">シール材圧縮力 (MPa)</td> <td>膨張前</td> <td>1.92</td> <td>0.77</td> <td>0.20</td> </tr> <tr> <td>膨張後</td> <td>1.92</td> <td>0.89</td> <td>0.34</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">目違い：0mm での数値</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・シール材反発力に対するセグメント隅角部の割れ・欠け検討 添付 資料⑥通りです。</li> </ul>			目開き (mm)			0	1	2	シール材圧縮力 (MPa)	膨張前	1.92	0.77	0.20	膨張後	1.92	0.89	0.34																							
				目開き (mm)																																					
		0	1	2																																					
シール材圧縮力 (MPa)	膨張前	1.92	0.77	0.20																																					
	膨張後	1.92	0.89	0.34																																					
<p>Q2. ヒアリング時に、K セグメントが抜け出していない 12 現場の施工実績との発言がありましたが、具体的な実績データ(セグメント図面、設計条件)の提供は可能ですか？</p> <p>【関連するヒアリング時の質問番号：Ⅱ－（4）】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鹿島施工の既往シールド工事実績のうち、QBⅡセグメント（セグメント継手：コンクリート突合せ継手、リング継手：DS 継手（ピン式継手））を採用しているシールド現場（10 現場）を対象に、抜け出し力と抵抗力（摩擦係数）の関係を調査しました（下表の通り）。</li> <li>・7/12 のヒアリング時に 12 現場と申し上げましたが、1 現場はリング継手がウェッジブロックピン（締結力:大）、1 現場は P&amp;PC セグメント（継手形式は QBⅡに同じ）でしたので調査対象外としております。申し訳ありませんが、訂正させていただきます。</li> </ul> <p>【調査対象シールド現場】</p> <table border="1" data-bbox="1012 1033 2110 1663"> <thead> <tr> <th>工事名</th> <th>発注者</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td></td> <td>調査対象外（：ウェッジロックピン）</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td></td> <td>等分割</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td></td> <td>抜け出し無し</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td></td> <td>等分割</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td></td> <td>抜け出し無し</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td></td> <td>抜け出し→対策実施</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td></td> <td>予め対策実施</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td></td> <td>予め対策実施</td> </tr> <tr> <td>⑨</td> <td></td> <td>予め対策実施</td> </tr> <tr> <td>⑩</td> <td></td> <td>予め対策実施</td> </tr> <tr> <td>⑪</td> <td></td> <td>予め対策実施</td> </tr> <tr> <td>⑫</td> <td></td> <td>調査対象外（：P&amp;PC セグメント）</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査対象 10 現場のうち 2 現場は、等分割セグメントを採用しており、セグメント組立時に K セグメント切羽側が完全に解放されないため、実質的な調査対象現場は 8 現場となります。</li> <li>・これら 8 現場のうち 5 現場については、工事開始時から抜け出し対策（ゲビンデ鋼棒あるいはチェーンブロックによる K セグメントの固定）を実施しています。</li> <li>・対策を実施していない 3 現場のうち、2 現場は掘進完了まで K セグメント抜け出しの兆候・現象が全く確認されませんでした。</li> <li>・添付 資料⑦に示す通り、この 2 現場での抜け出し力と摩擦抵抗力の関係から、抜け出さないた</li> </ul>	工事名	発注者	備考	①		調査対象外（：ウェッジロックピン）	②		等分割	③		抜け出し無し	④		等分割	⑤		抜け出し無し	⑥		抜け出し→対策実施	⑦		予め対策実施	⑧		予め対策実施	⑨		予め対策実施	⑩		予め対策実施	⑪		予め対策実施	⑫		調査対象外（：P&PC セグメント）	
工事名	発注者	備考																																							
①		調査対象外（：ウェッジロックピン）																																							
②		等分割																																							
③		抜け出し無し																																							
④		等分割																																							
⑤		抜け出し無し																																							
⑥		抜け出し→対策実施																																							
⑦		予め対策実施																																							
⑧		予め対策実施																																							
⑨		予め対策実施																																							
⑩		予め対策実施																																							
⑪		予め対策実施																																							
⑫		調査対象外（：P&PC セグメント）																																							

	<p>めに計算上必要な摩擦係数としては、<math>\mu=0.17\sim 0.2</math>程度は期待できるとの結果でした。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 対策を実施した6 (=5+1)現場での抜け出し現象の有無は明確ではありませんが、これらの現場で抜け出さないために必要な摩擦係数は<math>\mu=0.17\sim 0.22</math>であり、有意な差はありません。</li> <li>• 今回の水島での検討結果も示しました。水島はDS継手ではなくボルト継手を採用していますが、逆算した必要摩擦係数は<math>\mu=0.1</math>程度であり、調査結果も踏まえてKセグメントの抜け出しに対しては基本的に問題ないとの判断でした。</li> <li>• なお、調査対象10現場のうち7現場は国土交通省殿の発注工事ですが、他の3現場は他の発注工事であり、抜け出し現象の確認されなかった2現場は、これに含まれます。</li> </ul> <p>今回の提出資料には、国土交通省殿の発注工事のみ工事諸元等、全てのデータを記載しましたが、残りの3現場に関しては、公的発表資料(報文、工事パンフ等)に記載のある諸元・仕様、それらから算定が可能な数値と必要摩擦係数の逆算値のみ記載しました。</p>	
<p>Q3. 1掘進終了後の掘進リングのセグメントにおいて、地山へ露出している長さが極端に長くなっていますが、この点について設計時にどのように考えていましたか？(かかり代が通常より極端に小さくないか?)</p> <p>テールのかかりは、「トンネル標準示方書シールド工法・同解説」では下図のC'を示していますが、ここでは、「C'+lp」としています(lpはテールシール取付け長)。</p>  <p>【関連するヒアリング時の質問番号：Ⅲ- (1)】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• セグメントの掛かり代が小さいことに関しては、設計時点で以下の通り考慮していました。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 掘進完了時のセグメントとテールシールの位置の確認</li> <li>• Kセグメントの抜け出し検討における水圧作用範囲として考慮</li> </ul> </li> </ul> <p>なお、セグメントリングの構造計算(完成時、施工時)においては、掛かり代について特に考慮した検討は実施していません。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 水島シールドと同様にセグメントのテールかかり代が小さい工事実績もあります(添付資料⑦参照のこと)。</li> </ul>	
<p>Q4. 設計側から施工側への設計時の前提条件の伝達は、「セグメント組立検討会」を開催して行ったとの回答を頂きましたが、具体的な指示内容をお示し下さい。</p> <p>【関連するヒアリング時の質問番号：Ⅴ- (2)】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 「セグメント組立検討会」は、現場作業員(シールド工)、現場職員への周知を目的としていますので、技術的な設計前提条件の伝達というよりは、セグメントの特徴、施工時の留意点の周知、情報の共有化、作業員からの意見聴取の場です。主な説明内容は以下の通りです。</li> </ul> <p>【セグメントの主な特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 薄型・幅広セグメント(セグメント厚:160mm、セグメント幅:1400mm)</li> <li>• セグメント継手:コンクリート突合せ継手、リング継手:単ボルト継手(片側インサート)</li> <li>• 同種セグメントの施工実績一覧表</li> <li>• 第1パイプライン防護設備セグメントとの諸元・仕様の比較表</li> <li>• セグメント継手、リング継手の特徴</li> </ul> <p>【施工中の留意点】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RCセグメントのハンドリングについて、薄型・幅広の大きなピースであり、セグメントの取り扱いを誤ると割れ・欠け・クラックの原因となる。セグメントの仮置き方法・搬送時にも留意する必要がある。</li> <li>• 線形確保の重要性について 全線直線で非常に緩やかな上り勾配(0.1%以下)であり、線形確保のため、テールクリアランスの確保、掘進スピード制御等に留意する必要がある。</li> <li>• リング継手の組立に関して</li> </ul>	



#### IV 三次元有限要素法によるセグメントの挙動解析

##### 1. 解析モデルの概要

図 1.1 に、解析モデルの概要図を示す。解析範囲は、事故発生時に組立てていた 112 リングから後方 30 リング (42m) とし、裏込め注入材が充填された地盤中にある部分を地盤ばねで支え、テールシール中にある部分をテールシールばねで支える。また、セグメントピースはシェル要素でモデル化するとともに、ばね要素でモデル化したセグメント継手、リング継手により隣接ピースと結合する。

トンネル、地盤、シールドの境界条件は、以下のように設定する。

- ・トンネル坑口側節点 : 鉛直ローラー
- ・トンネル切羽側節点 : 自由
- ・地盤ばねの地盤側節点 : 固定
- ・テールシールばねのシールド側節点 : 固定

セグメントに作用する外力は、以下を考慮する。

- ・裏込め注入材が充填された地盤中にある部分 : 土水圧 (土圧は設計土圧 (2D の緩み土圧) とした)
- ・裏込め注入材が充填されていない地盤中にある部分 : 水圧
- ・テールシール部 : テールシール圧 (水圧と同等とする)
- ・112 リング、111 リングの切羽側端面 : ジャッキ力

裏込め注入材は、施工関係者へのヒアリングにおいて掘進リングから 3 リング後方で注入していたことが確認されており、112R 掘進時には 109R まで裏込め注入が行われたこととなるが、この時の裏込め注入材は注入直後であるため未固結な状態と考え、基本的なモデルにおける裏込め注入材の充填範囲は 108R から坑口側とした。

表 1.1~表 1.5 に、入力値として、セグメント、セグメント継手ばね、リング継手ばね (ボルト部、コンクリート接触部)、地盤ばね、テールシールばねの物性値を、図 1.2~図 1.3 に荷重条件をそれぞれ示す。

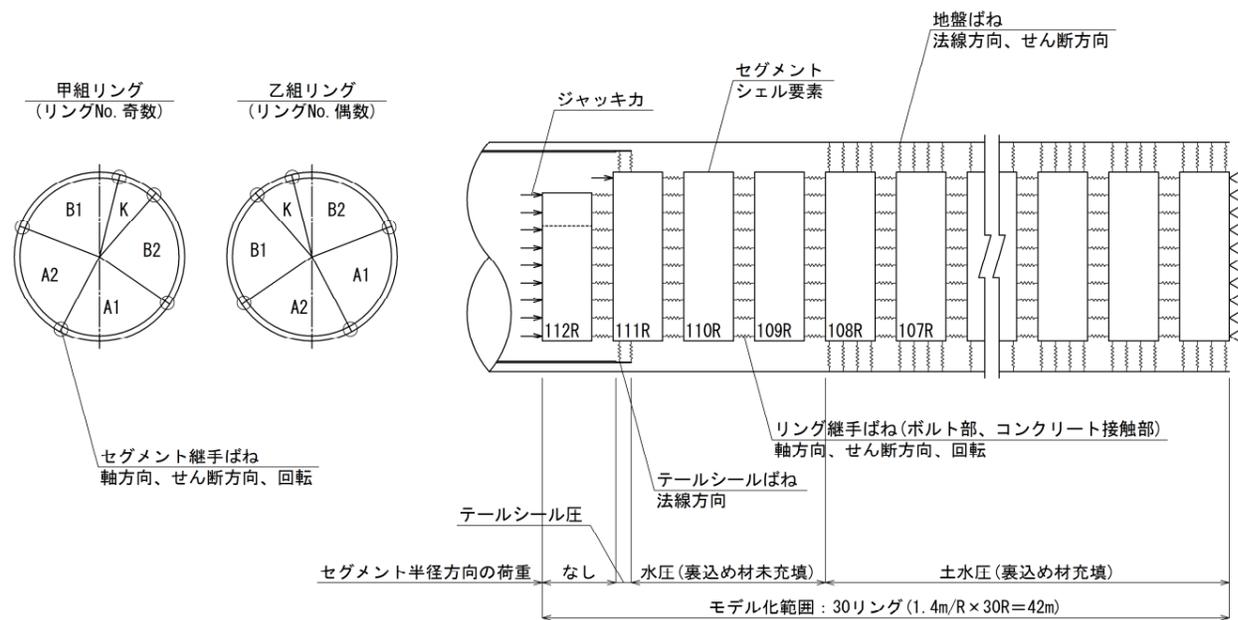


図 1.1 解析モデルの概要図

表 1.1 セグメントのモデル化

項目	モデル化	備考	
諸元	図心径	4660mm	外径 4820mm、内径 4500mm
	厚さ	160mm	
	幅	1400mm	
	分割	5 分割 (4+K)	
要素分割	軸方向	5 分割 (280mm)	
	周方向	52 分割 (282mm)	リング継手 13 箇所
コンクリートのヤング率	$3.6 \times 10^7 \text{kN/m}^2$	$f'_{ck} = 45 \text{N/mm}^2$	

表 1.2 リング継手ばね (ボルト部)

項目	ばね値	備考								
軸方向ばね		引張ばね値の算出は、別紙 1 参照								
せん断方向ばね		設計値を採用								
回転ばね	<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>荷重の偏心率</th> <th><math>k_{\theta}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>m &lt; 0.24</math></td> <td>67000</td> </tr> <tr> <td><math>0.24 &lt; m &lt; 0.34</math></td> <td>36000</td> </tr> <tr> <td><math>0.34 &lt; m</math></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	荷重の偏心率	$k_{\theta}$	$m < 0.24$	67000	$0.24 < m < 0.34$	36000	$0.34 < m$	0	セグメント継手と同等とする
荷重の偏心率	$k_{\theta}$									
$m < 0.24$	67000									
$0.24 < m < 0.34$	36000									
$0.34 < m$	0									

表 1.3 セグメント継手、および、リング間コンクリート接触部のばね

項目	ばね値	備考								
軸方向ばね	<p>引張 : <math>k=0</math> 圧縮 : <math>k=\infty</math></p>									
せん断方向ばね	<p><math>S = \mu \cdot N</math> <math>k=0</math> <math>k=\infty</math></p>									
回転ばね	<p>回転ばね (kN-m/rad/m)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>荷重の偏心率</th> <th><math>k_{\theta}</math> (kN-m/rad/m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>m &lt; 0.24</math></td> <td>67000</td> </tr> <tr> <td><math>0.24 &lt; m &lt; 0.34</math></td> <td>36000</td> </tr> <tr> <td><math>0.34 &lt; m</math></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	荷重の偏心率	$k_{\theta}$ (kN-m/rad/m)	$m < 0.24$	67000	$0.24 < m < 0.34$	36000	$0.34 < m$	0	レオンハルトの理論より
荷重の偏心率	$k_{\theta}$ (kN-m/rad/m)									
$m < 0.24$	67000									
$0.24 < m < 0.34$	36000									
$0.34 < m$	0									

表 1.4 地盤ばね

項目	ばね値	備考
法線方向ばね	40MN/m <sup>3</sup>	設計値を採用
せん断方向ばね	13MN/m <sup>3</sup>	法線方向ばね値/3

表 1.5 テールシールばね

項目	ばね値	備考
法線方向ばね	通常時	5MN/m <sup>3</sup> 既往の文献*1)より 昨年度の多リングはりばねモデルの解析と同様
	裏込め材固結時	17MN/m <sup>3</sup> 既往の文献*1)より

- ・土圧：設計土圧（最小 2D=86.76kN/m<sup>2</sup>  $\gamma' = 9.0\text{kN/m}^3$ ）
- ・水圧：Hw=26.335m (HWL=MP+3.270m)

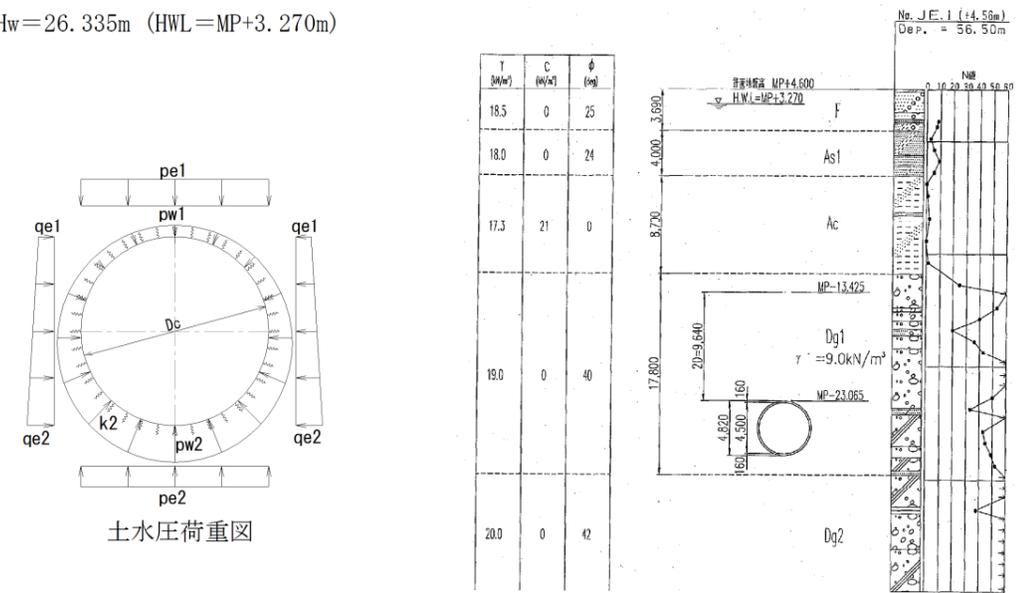
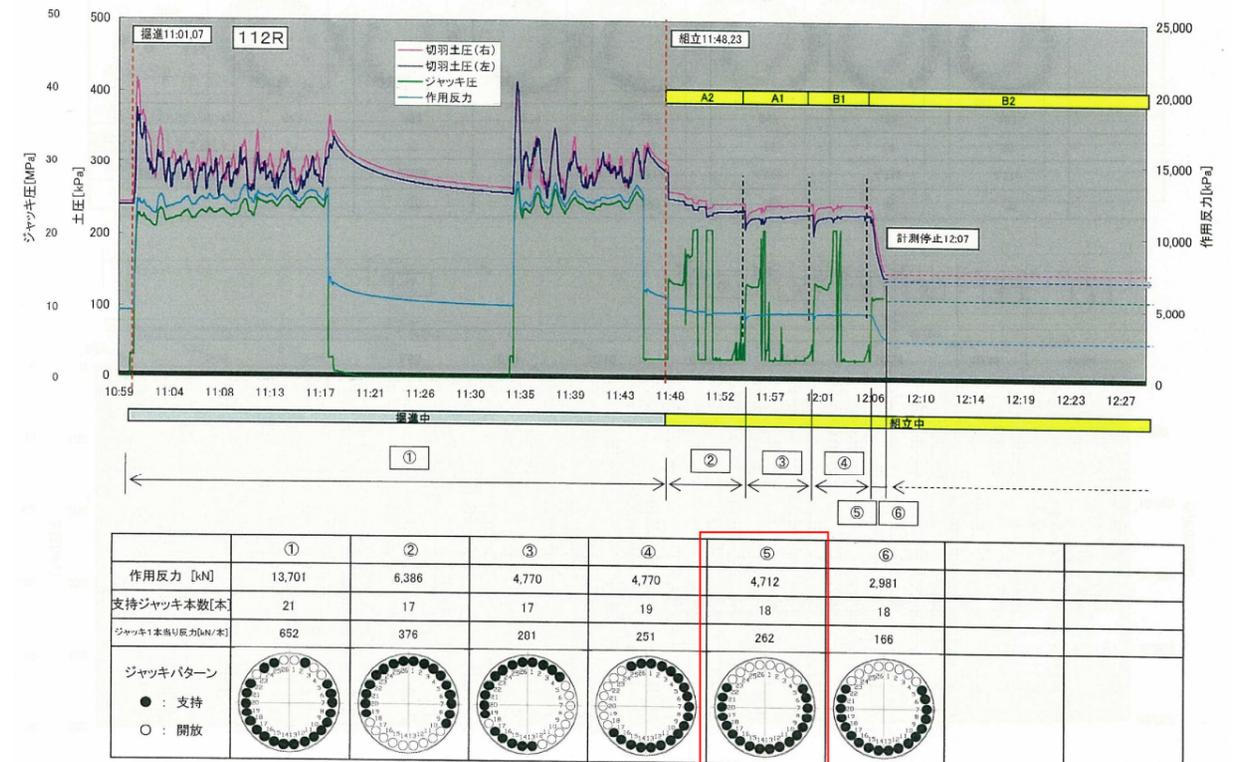
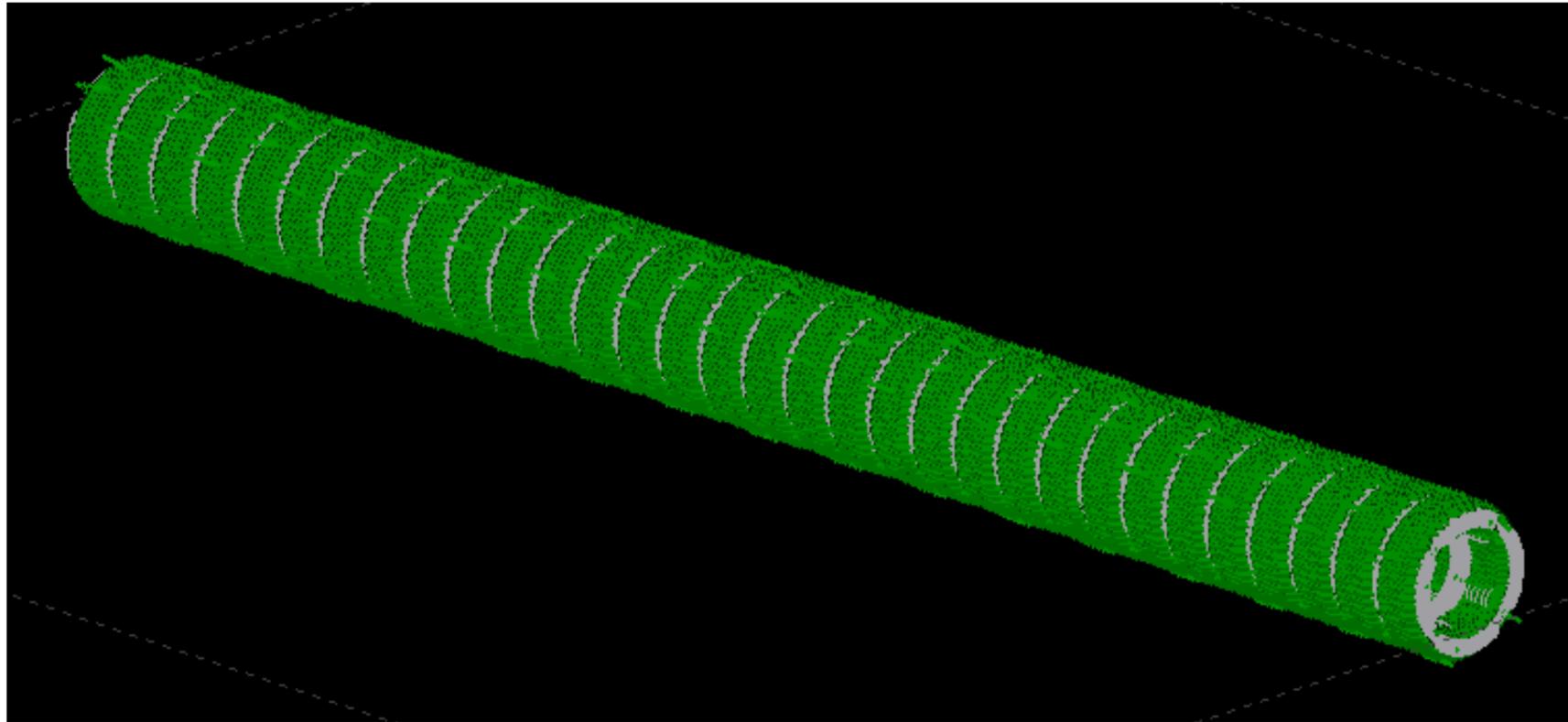


図 1.2 土水圧

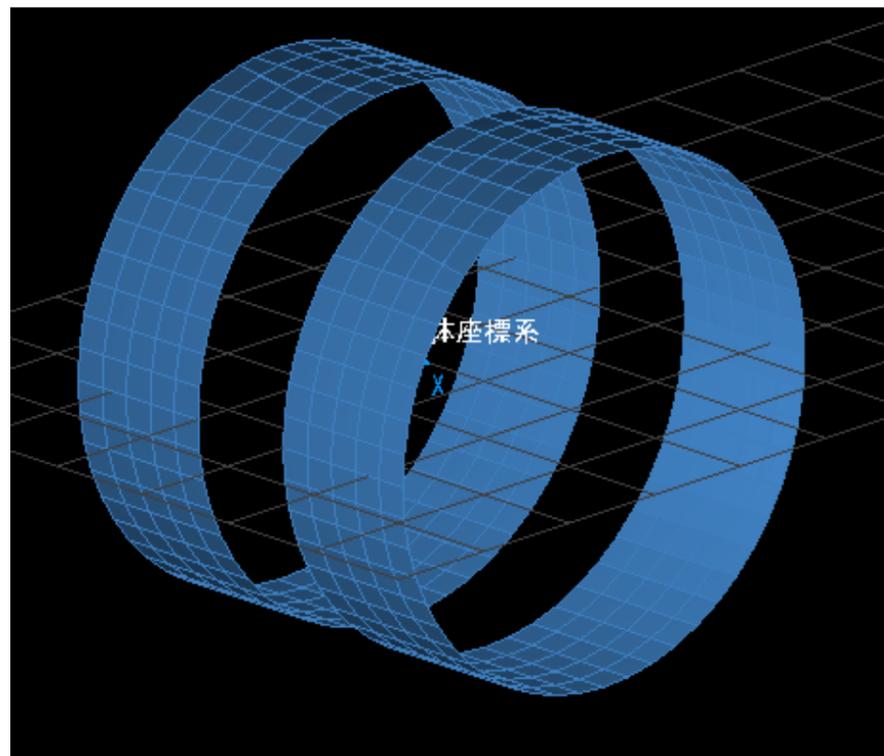


鹿島提出資料より抜粋

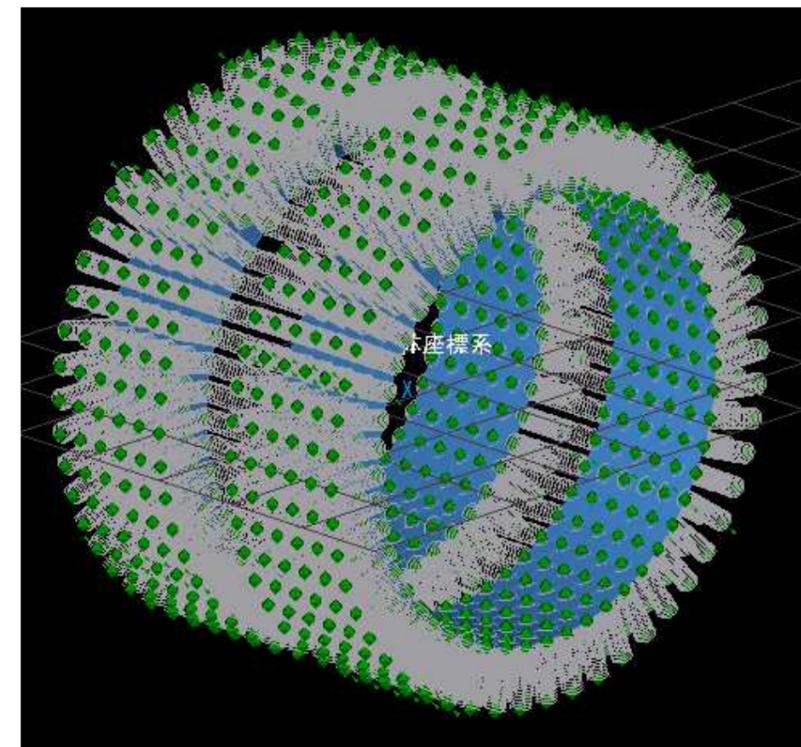
図 1.3 ジャッキパターン、ジャッキ反力



(a) モデル全体 (セグメントと地盤・継手ばね)



(b) セグメント (2リング)



(c) セグメントと地盤・継手ばね (2リング)

図 1.4 解析モデル

## 2. 解析ケース

解析は、111RのKセグメントの抜出しに着目し、111RのK-B間セグメント継手の摩擦係数、シールドとセグメントの競りによるテール部の偏圧、出水によるセグメントに作用する水圧低下、109R～111Rの裏込めの有無に関して、表2.1に示す10ケースを実施した。

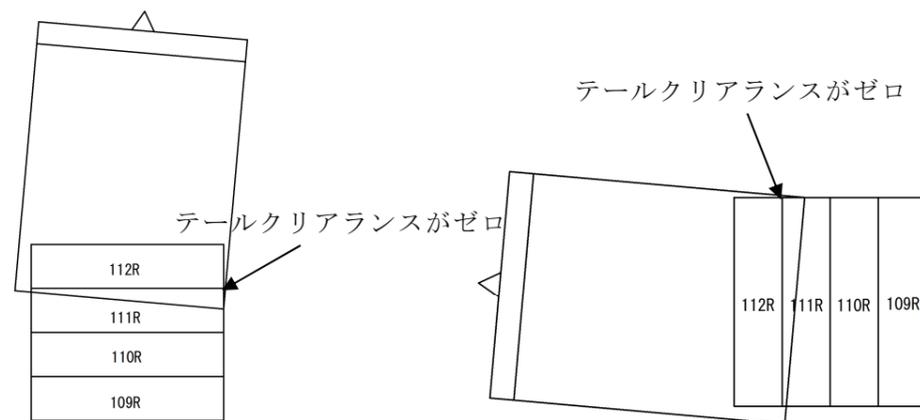
シールドとセグメントの競りによるテール部の偏圧は、右スプリングラインと天端で、テールクリアランスがゼロとなった状態を想定し、既往の文献<sup>2)</sup>から図2.2に示すように設定した。

また、出水によるセグメントへの作用水圧の低下は、浸透流解析の結果から111R、110R周りの水圧を抽出し、図2.2に示すように設定した。

なお、109R～111Rの裏込めを考慮したケースでは、裏込め注入材の硬化過程を考慮し、既往の文献<sup>3)</sup>を参考に、112R掘進時に注入された1R分については、表2.2に示す低減させた地盤ばねを設定した。

表 2.1 解析ケース一覧

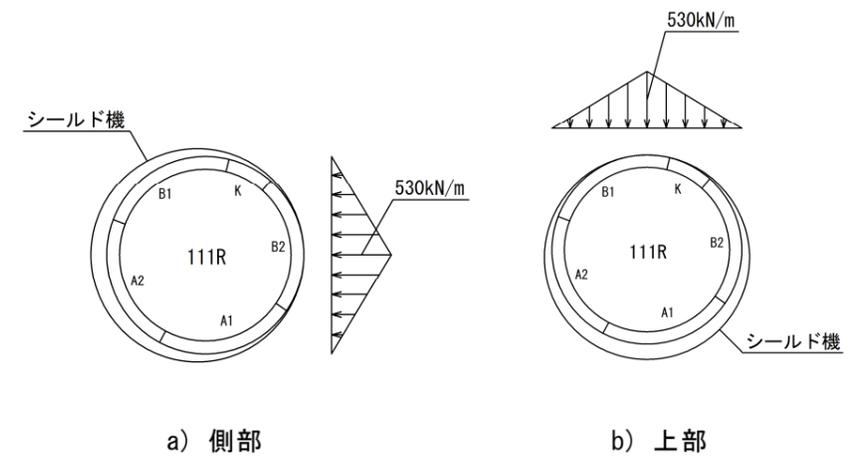
ケース	B-K間の $\mu$	テール部偏圧		出水による 水圧低下	109R-111R 裏込めの有無
		側部	上部		
Case1-1	0.5	—	—	—	無し
Case1-2	0.1	—	—	—	無し
Case2-1	0.5	○	—	—	無し
Case2-2	0.1	○	—	—	無し
Case2-3	0.1	○	—	—	有り
Case3-1	0.5	—	○	—	無し
Case3-2	0.1	—	○	—	無し
Case3-3	0.1	—	○	—	有り
Case4-1	0.5	—	—	○	無し
Case4-2	0.1	—	—	○	無し



a) 側部が競った場合

b) 上部が競った場合

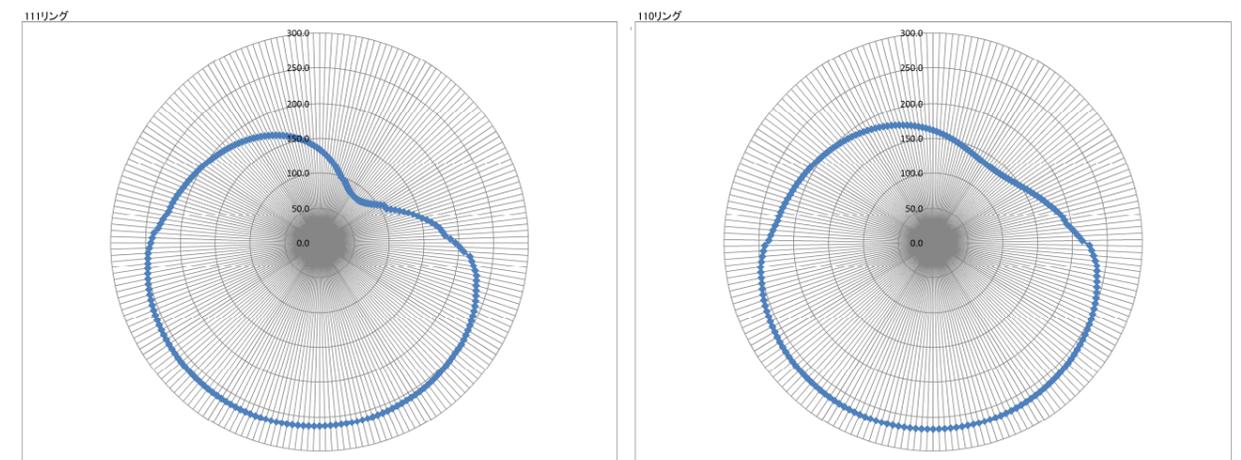
図 2.1 テール部偏圧の考え方



a) 側部

b) 上部

図 2.2 テール部偏圧



a) 111R

b) 110R

図 2.3 出水による水圧低下

表 2.2 裏込め注入材の硬化過程を考慮したばね値の設定

	時間 hh:mm:ss	経過時間 hh:mm:ss	経過時間 hour	裏込めばね kN/m <sup>3</sup>	ばね値 kN/m <sup>3</sup>
110R掘進完了	8:42:19	3:23:43	3.395	1344000	地盤ばねと同等
111R掘進完了	10:16:57	1:49:05	1.818	600000	地盤ばねと同等
112R掘進完了	11:45:59	0:20:03	0.334	18000	12000
No.2、3ジャッキ引抜き	12:06:02				

※地盤ばねと裏込め材ばねとの足し合わせは、直列ばねとして値を算出した。

※110R、111R掘進時に注入した裏込め材は、地盤ばね(40MN/m<sup>3</sup>)以上の強度となっているため、地盤ばねと同じばね値で設定した。

切羽に向って

### 3. 解析結果

#### 3. 1 断面力の分布

##### (1) トンネル円周方向の曲げモーメント

トンネル円周方向に生じる曲げモーメントの分布を表 3.1 に示す。

CASE1 および CASE4 は円周方向の曲げモーメントが比較的小さく、テールシールの偏圧を考慮した CASE2 と CASE3 は比較的大きな曲げモーメントが生じている。

CASE2 では 111R のスプリングライン付近で  $0.6\sim 0.8\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  の曲げモーメントが生じており、CASE3 では 111R のクラウン部付近で  $1.2\sim 1.4\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  の曲げモーメントが発生している。これらの位置はテールシールの偏圧を作用させた位置であり、荷重条件と発生断面力の分布は一致している。

##### (2) トンネル軸方向の曲げモーメント

トンネル軸方向に生じる曲げモーメントの分布を表 3.2 に示す。

セグメントに発生するトンネル軸方向の曲げモーメントは、比較的荷重が均一な CASE1 と CASE4 では  $-0.2\sim 0.2\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  であり円周方向に発生する曲げモーメントと同様に小さい値を示している。一方、テールシールの偏圧を作用させた CASE2 と CASE3 では  $-0.6\sim 0.6\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  であり CASE1 や CASE4 と比較すると大きな曲げモーメントが発生している。これらの曲げモーメントが発生している位置は円周方向の曲げモーメントと同様にテールシールの偏圧を作用させた位置の周辺である。

##### (3) トンネル周方向の軸力

トンネル周方向に生じる軸力の分布を表 3.3 に示す。

4つのケースに共通して 112R には大きな軸力が生じていない。とくに、切羽側には軸力がほとんど発生していないことが分かる。これは、112R には外荷重が作用していないことと一致している。

一方、111R と 110R には  $1000\text{kN}/\text{m}$  程度の軸力が発生している。これは、土水圧によって発生する軸力であると考えられる。また、CASE2 のスプリングライン付近と CASE3 のクラウン付近には  $2000\text{kN}/\text{m}$  程度の軸力が発生している箇所を確認できる。この位置は、テールシールの偏圧を作用させた位置と一致している。

##### (4) トンネル軸方向の軸力

トンネル軸方向に生じる軸力の分布を表 3.4 に示す。

4つのケースに共通して 112R の切羽側で  $1000\text{kN}/\text{m}$  程度の圧縮力と概ね  $0\text{kN}/\text{m}$  の軸力が交互に分布していることが確認できる。これは、シールドジャッキの拘束効果によるものと考えられる。一方、111R のクラウン部付近では、ジャッキが作用していないことからこのジャッキによる拘束効果の影響が見られない。

111R と 110R のクラウン部付近に注目すると、いずれのケースにおいても軸圧縮力が極端に小さくなっており、CASE2 の  $\mu=0.1$  としたケースと CASE3 では  $500\sim 1000\text{kN}/\text{m}$  程度の軸引張力が発生していることが分かる。とくに CASE3 においては 110R の K セグメント付近に引張力が発生していることが分かる。これは、111R の K セグメントが拔出すのに合わせて 111R の B1 セグメントが切羽側に移動するために 110R の K セグメントが引張られることによるものと考えられる。

#### 3. 2 セグメントの変位分布

セグメントの絶対変位の分布を表 3.5 に示す。

CASE1 と CASE4 では、セグメントの変位は十分に小さく、最大でも  $0.5\text{mm}$  に満たない。一方で、テールシールの偏圧を作用させた CASE2 と CASE3 では変位量が大きくなっており、CASE2 ではセグメントリングが縦に伸びる方向に変形していることが、CASE3 ではセグメントリングが横に伸びる方向に変形していることが分かる。これらの変形は側部に偏圧を考慮した CASE2 と頂部に偏圧を考慮した CASE3 の荷重条件と一致している。

図 3.1 に CASE2-2 の 111R の K セグメント付近の変位図を示す。

K セグメントが拔出し、その動きに引かれて B1 セグメントと 110R との間に目開きが生じていることが分かる。また、K セグメントは B2 セグメント側に寄っていると思われる、B2 セグメント側のセグメント継手には目開きを確認できないが、B1 セグメント側のセグメント継手には目開きを確認できる。

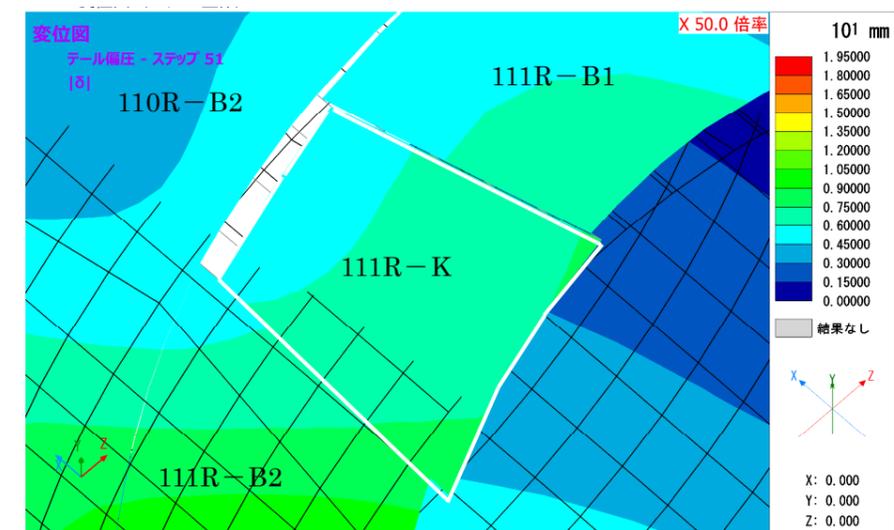


図 3.1 変位図 (CASE2-2)

図 3.2 に CASE3-2 の 111R の K セグメント付近の変位図を示す。

K セグメントが B2 セグメント側に押しつけられながら回転を起こして抜けていく変位を示している。これは、テールシールの偏圧をクラウン部に作用させているため、B1 セグメントが押下げられることによって K セグメントを押し出しているものと考えられる。

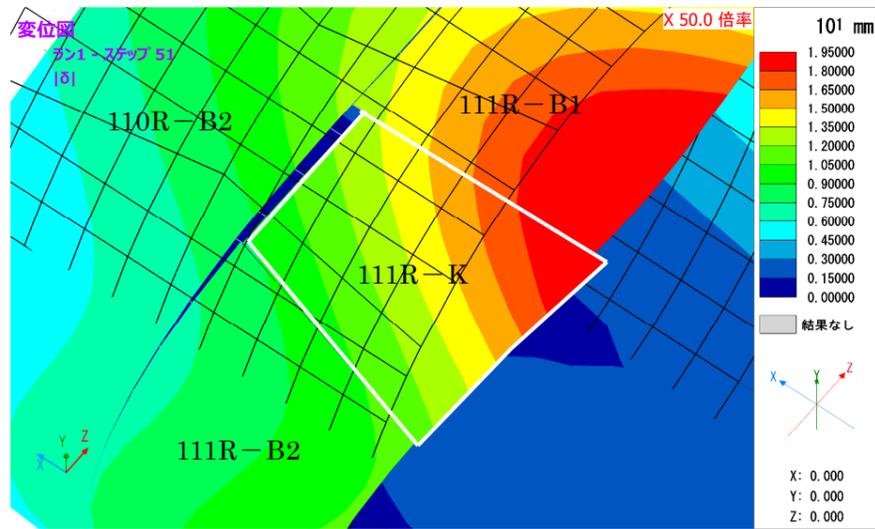


図 3.2 変位図 (CASE3-2)

### 3.3 Kセグメントの抜け出し

111RのKセグメントと110RのBセグメントとの間のリング継手の断面力とリング継手の伸び量の算定結果を表3.6に示す。

表 3.6 リング継手の発生断面力と伸び量の算定結果

解析ケース	軸力 (kN)	せん断力 (kN)			曲げモーメント (kN・m)	伸び量 (mm)
		半径方向	接線方向	合力		
CASE1-1	22.3	-1.3	-1.2	1.7	-0.1	0.02
CASE1-2	83.7	-2.4	-3.5	4.3	0.2	0.08
CASE2-1	2.0	3.4	-70.2	70.3	-1.0	0.00
CASE2-2	103.0 <sup>*1</sup>	-10.9	-19.7	22.5	-4.3	2.09
CASE2-3	103.0 <sup>*1</sup>	-12.7	-20.1	23.8	-3.4	2.15
CASE3-1	103.0 <sup>*1</sup>	-2.2	54.2	54.2	-1.3	0.18
CASE3-2	103.0 <sup>*1</sup>	-10.7	-1.1	10.8	-2.9	1.22
CASE3-3	103.0 <sup>*1</sup>	-10.6	-17.4	20.3	-5.8	2.03
CASE4-1	29.3	1.3	0.0	1.3	-1.1	0.03
CASE4-2	41.7	1.0	-1.4	1.7	-0.9	0.04

※1：リング継手に作用する引張力がボルトの降伏点を超えている。

この結果から、リング継手のボルトが降伏する可能性がある荷重状態はCASE2-2 (設計荷重+側部テールシール偏圧/ $\mu=0.1$ )、CASE2-3 (設計荷重+側部テールシール偏圧/ $\mu=0.1/109R\sim 111R$ 裏込めあり)、CASE3-1 (設計荷重+頂部テールシール偏圧/ $\mu=0.5$ )、CASE3-2 (設計荷重+頂部テールシール偏圧/ $\mu=0.1$ ) および CASE3-3 (設計荷重+頂部テールシール偏圧/ $\mu=0.1/109R\sim 111R$ 裏込めあり) である。また、CASE1-2 (設計荷重/ $\mu=0.1$ ) については短期許容応力度相当の軸力 89.5kN に近い軸力が発生し

ている。セグメント継手の摩擦係数を低減し、偏圧を作用させたケースではリング継手ボルトの引張力が降伏点を超える傾向が得られた。このとき、Kセグメント部からの湧水を考慮した水圧を作用させたCASE4は荷重強度が小さいためにリング継手ボルトは降伏点に至っていないが、 $\mu=0.5$ のケースに比べて $\mu=0.1$ のケースの軸引張力が大きくなっていることから、セグメント継手の摩擦係数が小さい場合にはリング継手に過大な引張力が作用すると考えられる。

一方、リング継手に作用するせん断力を見ると、設計荷重 (CASE1) や水圧を軽減させた荷重条件 (CASE4) では顕著な傾向が見られないが、テールシールの偏圧が作用したCASE2とCASE3では摩擦係数を $\mu=0.5$ としたケースのせん断力が卓越する傾向を示している。

リング継手に作用する曲げモーメントはいずれのケースでも小さい値を示しているが、引張力やせん断力との組合せを考慮した場合にはその影響が顕在化する可能性がある。とくに、テールシールの偏圧を考慮し、摩擦係数 $\mu=0.1$ としたケースでは曲げモーメントが比較的大きくなっており、引張力やせん断力が大きなケースと一致している。

リング継手の伸び量 (リング継手の目開き量) は、テールシールの偏圧を考慮し、摩擦係数 $\mu=0.1$ としたケースでは大きな値を示している。その絶対値は数mmの水準であるが、継手に作用する断面力の水準からリング継手が破断している可能性が高く、この条件ではKセグメントが抜出す可能性が高いと判断される。109R~111Rの裏込めの有無による違いを見ると、側部にテールシールの偏圧を作用させたCASE2では、裏込めを考慮することで、伸び量が低下する結果となっているが、頂部にテールシールの偏圧を作用させたCASE3では、裏込めを考慮することで、伸び量が増加する結果となっている。

### 参考文献

- \*1) 高橋正朗ら：シールドのテールシールがセグメントに与える影響に関する研究、土木学会論文集 F1 (トンネル工学) 特集号 Vol.66、pp.109-120、2010。
- \*2) 荻野竹敏ら：テールシールの拘束力に関する要素実験について、土木学会第64回年次学術講演会 VI-010、pp.19-20、2009。
- \*3) 小山幸則：シールド工法におけるセグメント設計法の合理化に関する研究、p.43、1999。

表 3.1 トンネル周方向の曲げモーメントの分布

	Case1 設計荷重載荷	Case2 テール部側部偏圧載荷	Case3 テール部上部偏圧載荷	Case4 出水による水圧低下	凡例
111R B-K間 $\mu = 0.5$					<p>102 kNm/m</p> <p>結果なし</p>
111R B-K間 $\mu = 0.1$					
109R~ 111R 裏込め あり					

表 3.2 トンネル軸方向の曲げモーメントの分布

	Case1 設計荷重載荷	Case2 テール部側部偏圧載荷	Case3 テール部上部偏圧載荷	Case4 出水による水圧低下	凡例
111R B-K 間 $\mu = 0.5$					<p>102 kNm/m</p> <p>結果なし</p>
111R B-K 間 $\mu = 0.1$					
109R~ 111R 裏込め あり					

表 3.3 トンネル周方向の軸力の分布

	Case1 設計荷重載荷	Case2 テール部側部偏圧載荷	Case3 テール部上部偏圧載荷	Case4 出水による水圧低下	凡例
111R B-K間 $\mu = 0.5$					<p>10<sup>3</sup> kN/m</p> <p>結果なし</p>
111R B-K間 $\mu = 0.1$					
109R~ 111R 裏込め あり				<p>110RのK</p> <p>111RのK</p>	

表 3.4 トンネル軸方向の軸力の分布

	Case1 設計荷重載荷	Case2 テール部側部偏圧載荷	Case3 テール部上部偏圧載荷	Case4 出水による水圧低下	凡例
111R B-K間 $\mu = 0.5$					<p>10<sup>3</sup> kN/m</p> <p>結果なし</p>
111R B-K間 $\mu = 0.1$					
109R~ 111R 裏込め あり				<p>110RのK</p> <p>111RのK</p>	

表 3.5 変位量の分布

	Case1 設計荷重載荷	Case2 テール部側部偏圧載荷	Case3 テール部上部偏圧載荷	Case4 出水による水圧低下	凡例
111R B-K間 $\mu = 0.5$					<p>101 mm</p> <p>結果なし</p> <p>X: 0.000 Y: 0.000 Z: 0.000</p>
111R B-K間 $\mu = 0.1$					
109R~ 111R 裏込め あり				<p>110RのK</p> <p>111RのK</p>	

## V 三次元浸透流解析による切羽圧力変化の解析

### 1. 解析条件

#### (1) 解析モデル概要

3次元地盤モデルは、縦断方向 700m、横断方向 700m の矩形、鉛直方向は GH-60m~GH+10m の範囲である。また、要素分割はシールド軸方向、および横断方向について最小距離 0.2m として詳細分割し、セグメントの変状比較的地盤データの少ない地域は、地形凹凸が再現でき、地表水の流下が再現できる程度までの分割とし、要素分割数は表 1.1 に示す通りである。

表 1.1 3次元地盤モデルの要素分割

要素数	2,545,100	要素分割最小長 シールド縦断方向 0.20m 横断方向 0.20m 鉛直方向 0.05m
節点数	1,321,344	
水理区分数	6	

#### (2) 帯水層区分と水理定数

本地盤モデルにおける帯水層区分は、既往地質概要を基に 4 区分とし、各地層に透水係数、体積含水率、比貯留係数を設定した。

表 1.2 帯水層区分と水理定数

	地質	透水係数の試験値 (cm/sec)	透水係数 (cm/sec)	飽和体積含水率 (%)	比貯留係数 (-)
1	表層(As1)	-	1.00E-03	3.00E+01	1.00E-03
2	Ac		1.00E-05	3.00E+01	3.00E-03
3	Dg1	1.00E-2~7.00E-3	1.00E-02	3.00E+01	1.00E-04
4	Dg2	1.00E-1~2.00E-2	1.00E-01	3.00E+01	1.00E-04
5	トンネルセグメント(全線)		1.00E-10	1.00E-03	1.00E-10
6	Kセグメント		1.00E-10	1.00E-03	1.00E-10
7	Kセグメント破損部		1.00E-01	3.00E+01	1.00E-04
8	シールド外周緩み範囲		1.00E-01	3.00E+01	1.00E-04
9	立坑コンクリート		1.00E-10	1.00E-03	1.00E-10

#### (3) 検討ケースと水理定数

検討ケースは、以下に示す 4 つの項目について行っている。

- ①破損個所の規模
- ②緩みゾーンの透水性
- ③Kセグメント自体の透水性
- ④地山の比貯留係数

また、各項目における水理定数等は表 1.3 に示す通りである。なお、各ケースの共通事項として、地山の透水係数については、図 1.1 に示す実験値の最大値を採用している。

表 1.3 検討ケースと水理定数

No	検討項目	ケース名	地山の透水係数(cm/s)		セグメントの破損部分		比貯留係数 (地山)	シールド周辺の 緩み範囲 透水係数 (cm/s)
			Dg1	Dg2	破損の幅 (m)	透水係数 (cm/s)		
1	破損範囲の大小	CASE-101	1.00E-02	1.00E-01	0.10	1.00E-02	1.00E-04	1.00E-01
		CASE-102			0.20			
		CASE-103			0.30			
		CASE-104			0.70			
		CASE-105			1.40			
2	緩みゾーンの透水性	CASE-193	1.00E-02	1.00E-01	0.30	1.00E-02	1.00E-04	1.00E-02
		CASE-195			1.40			
3	Kセグメントの透水性	CASE-313	1.00E-02	1.00E-01	0.30	1.00E+00	1.00E-04	1.00E-01
		CASE-323			0.30	1.00E+01		
4	地山の比貯留係数	CASE-413	1.00E-02	1.00E-01	0.30	1.00E-02	1.00E-06	1.00E-01
		CASE-423			0.30		1.00E-05	
		CASE-433			0.30		5.00E-05	

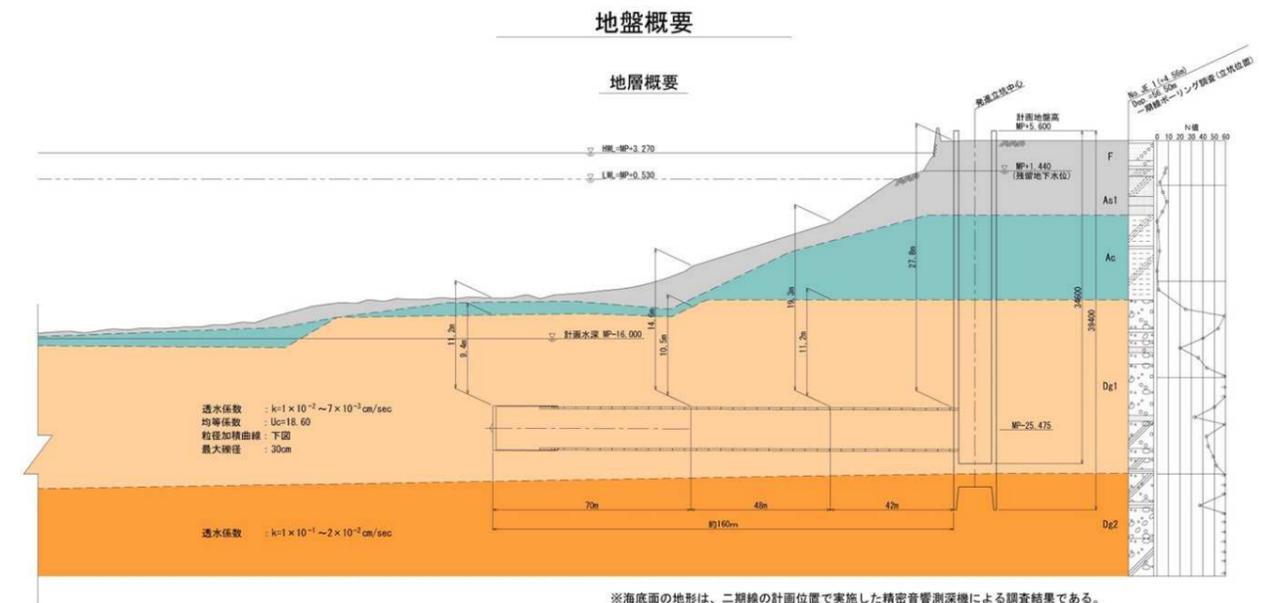


図 1.1 地質断面図

## 2. 解析結果

### (1) 破損個所の規模

破損の幅（規模）が大きいほど、センサー位置の水圧低下も大きい。また、破損の幅が大きいほど、破損部の流量は大きい（範囲が拡大されることが原因）。破損の幅の拡大は周辺への影響を増大させる傾向を示し、**センサーの実測値に近似するケースは、0.70m以上の破損規模が必要である**。ただし、この場合、間隙水圧の低減は、上に凸（実績は下に凸）である。

表 2.1 Kセグメントの破損規模（トライアル-1）

No	検討項目	ケース名	地山の透水係数 (cm/s)		セグメントの破損部分		比貯留係数 (地山)	シールド周辺の緩み範囲透水係数 (cm/s)
			Dg1	Dg2	破損の幅 (m)	透水係数 (cm/s)		
1	破損範囲の大小	CASE-101	1.00E-02	1.00E-01	0.10	1.00E-02	1.00E-04	1.00E-01
		CASE-102			0.20			
		CASE-103			0.30			
		CASE-104			0.70			
		CASE-105			1.40			

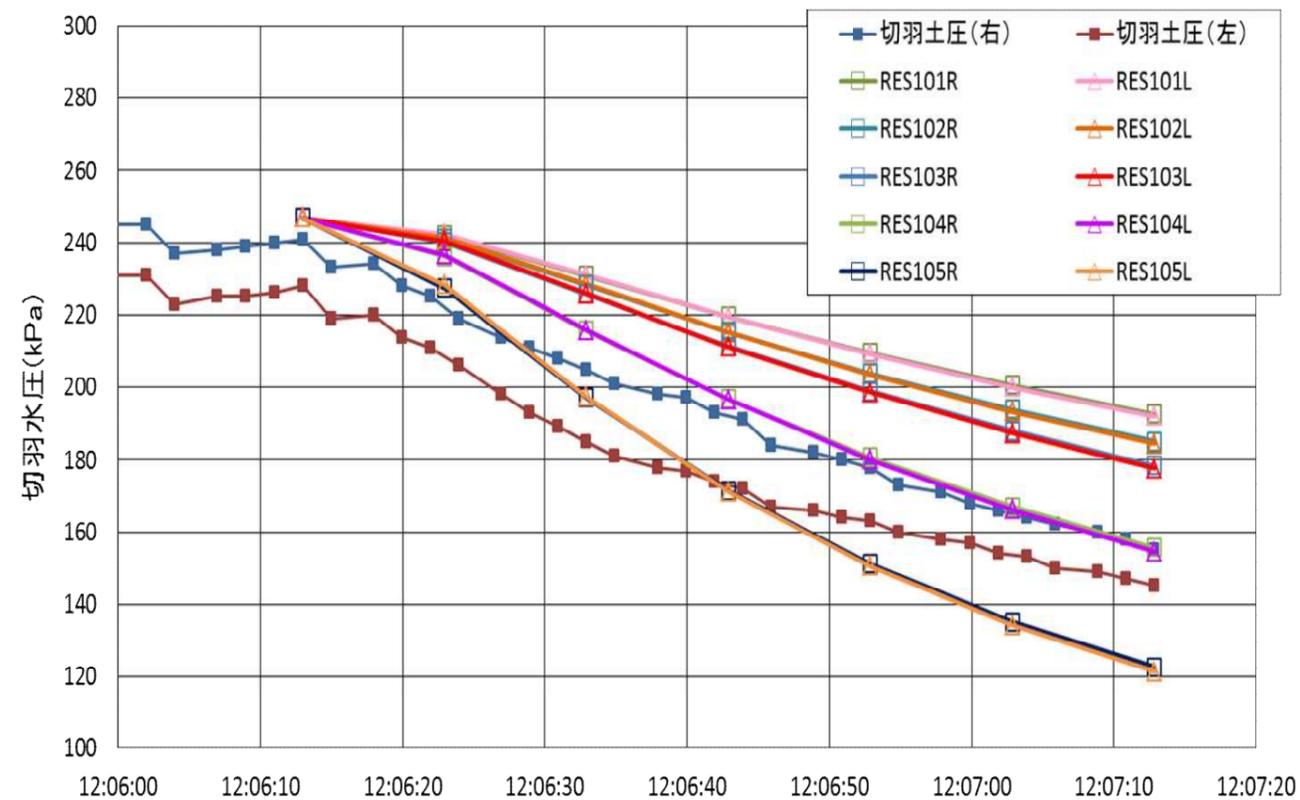


図 2.1 Kセグメント破損の幅（規模）に伴う間隙水圧の低減（トライアル-1）

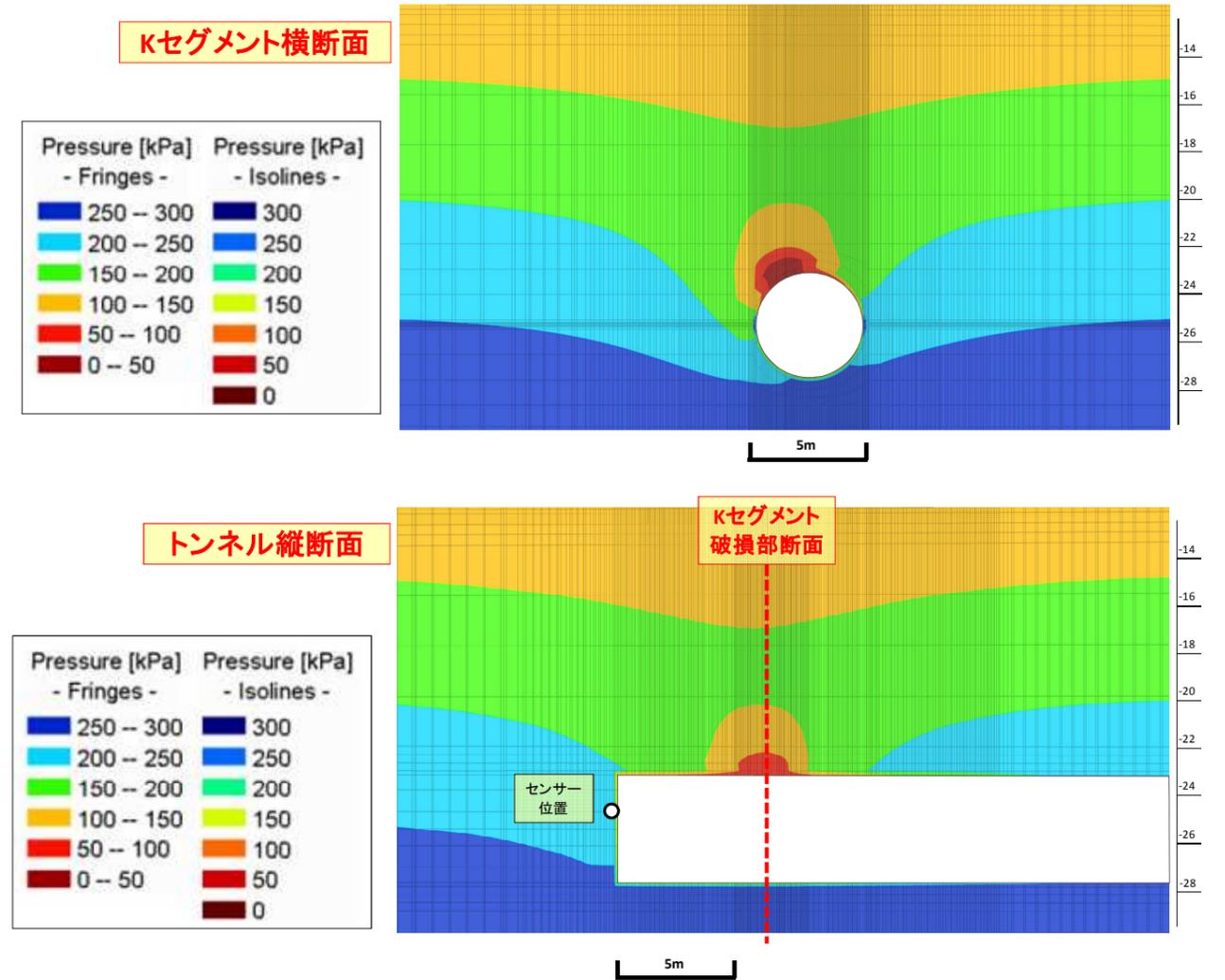


図 2.2 CASE-105（1.40mの破損規模）における間隙水圧分布（トライアル-1）

(2)緩みゾーンの透水性

シールドマシンの近傍における緩み範囲の透水性は、CASE-105 (1.0×10<sup>-1</sup>) と比べて、1 オーダー程度小さくしても、センサー位置における間隙水圧分布に関与していない。なお、緩み範囲の透水性が大きいほど、流速も大きく、流量も多量になる。緩み範囲の透水性では、センサー位置の実測値に近似できない。

表 2.2 シールドマシン近傍の緩み範囲 (トライアル-2)

No	検討項目	ケース名	地山の透水係数 (cm/s)		セグメントの破損部分		比貯留係数 (地山)	シールド周辺の緩み範囲透水係数 (cm/s)
			Dg1	Dg2	破損の幅 (m)	透水係数 (cm/s)		
2	緩みゾーンの透水性	CASE-193	1.00E-02	1.00E-01	0.30	1.00E-02	1.00E-04	1.00E-02
		CASE-195			1.40			

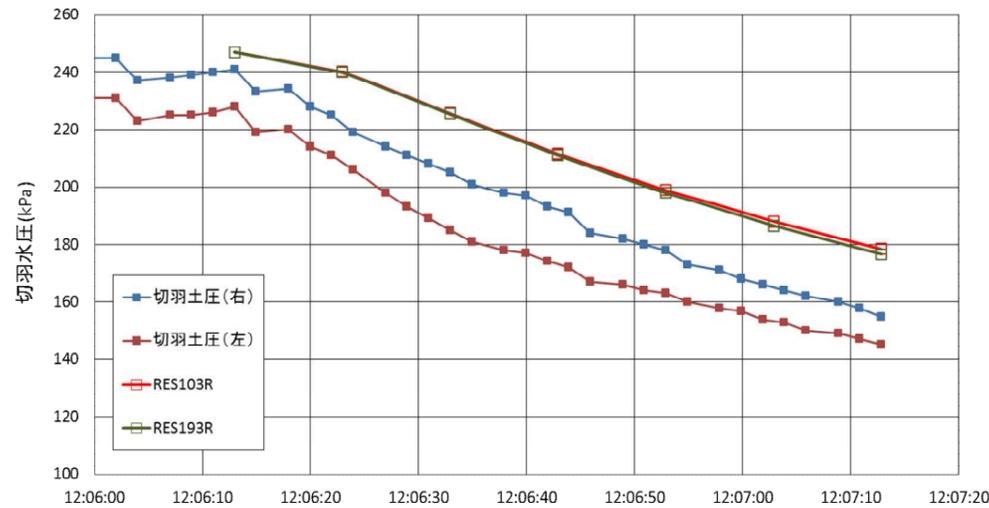


図 2.3(1) CASE-193 (破損規模 0.3m) の間隙水圧の変化

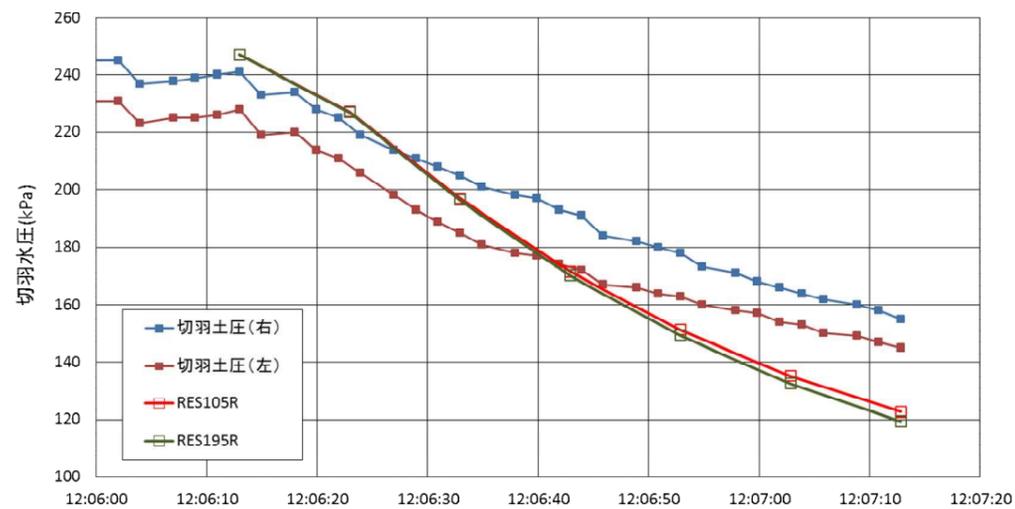
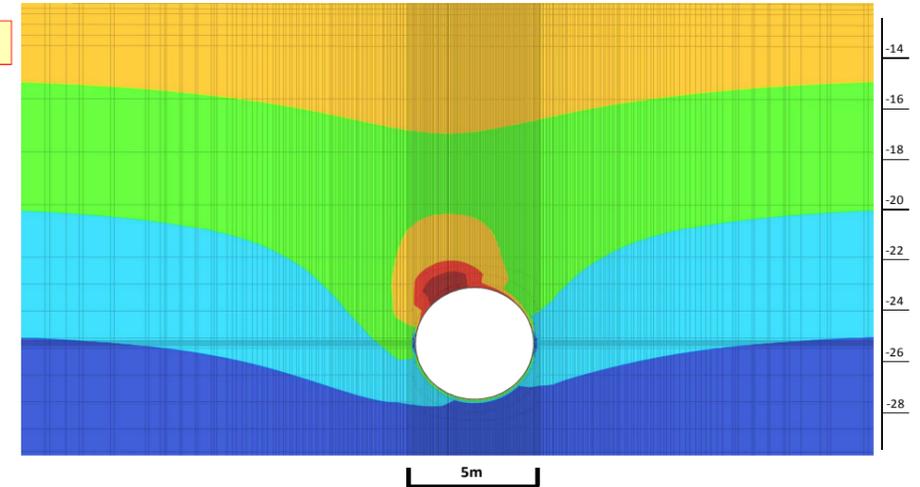
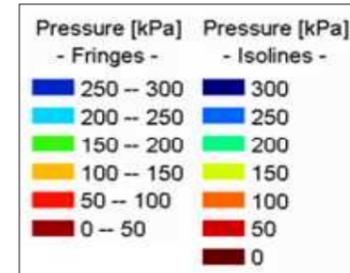


図 2.3(2) CASE-195 (破損規模 1.40m) の間隙水圧の変化

Kセグメント横断面



Kセグメント横断面

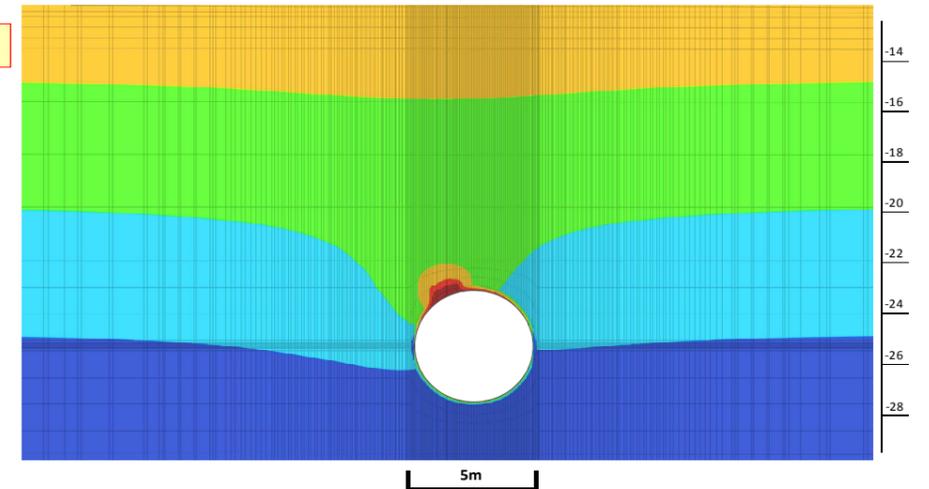
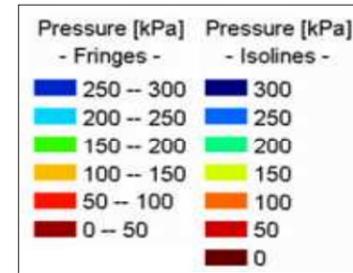


図 2.4 破損 1.40m の場合の非定常 60sec 後の間隙水圧分布 (上図: CASE-105、下図: CASE-195)

(3) Kセグメント自体の透水性

Kセグメント自体（近傍）の透水性が破壊の進展とともに大きくなる可能性もあることから、Kセグメント近傍の透水性を大きくしてみたが、透水性を大きくしても、センサー位置における間隙水圧は殆ど変化していない。ただし、Kセグメント破損部の透水性が大きいほど、流速も大きくなるが、出水量は殆ど変わらない。したがって、**Kセグメント自体の透水性を大きくしても、センサー位置の間隙水圧にはあまり影響を受けない。**

表 2.3 Kセグメント自体の透水性（トライアル-3）

No	検討項目	ケース名	地山の透水係数 (cm/s)		セグメントの破損部分		比貯留係数 (地山)	シールド周辺の緩み範囲透水係数 (cm/s)
			Dg1	Dg2	破損の幅 (m)	透水係数 (cm/s)		
3	Kセグメントの透水性	CASE-313	1.00E-02	1.00E-01	0.30	1.00E+00	1.00E-04	1.00E-01
		CASE-323				1.00E+01		

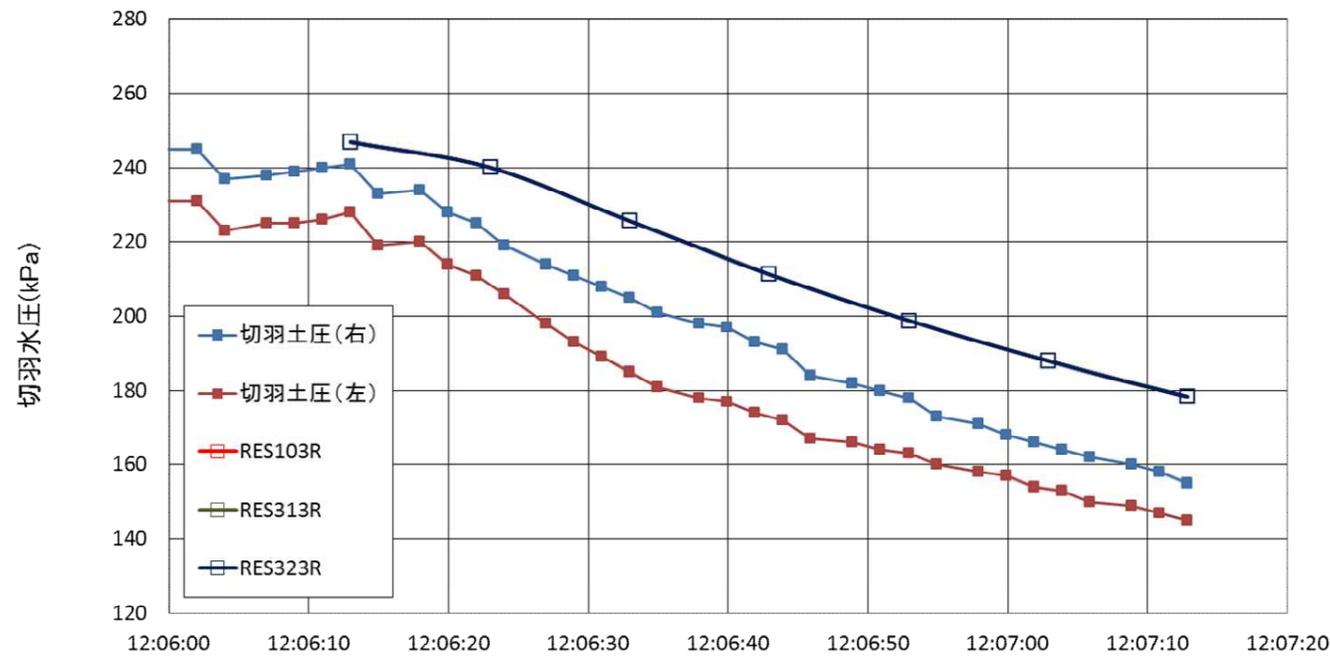
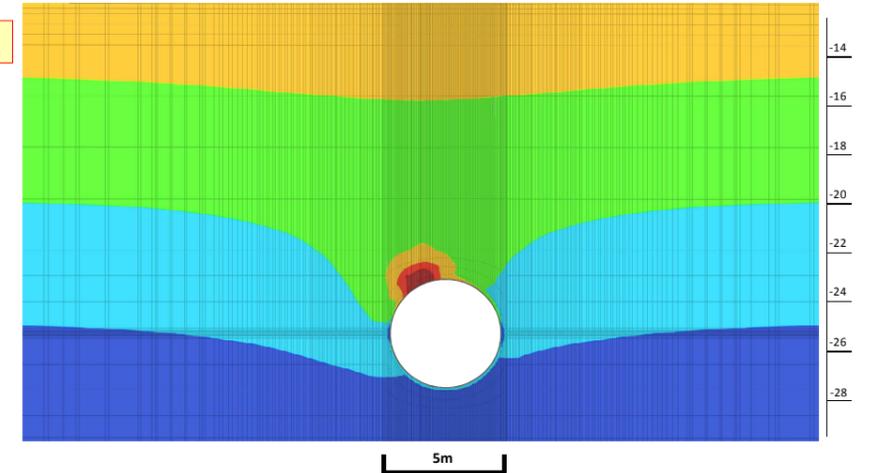
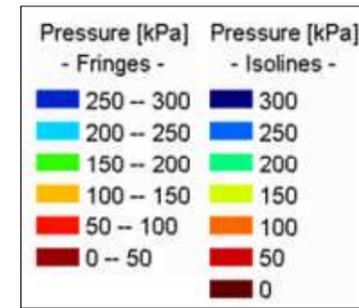
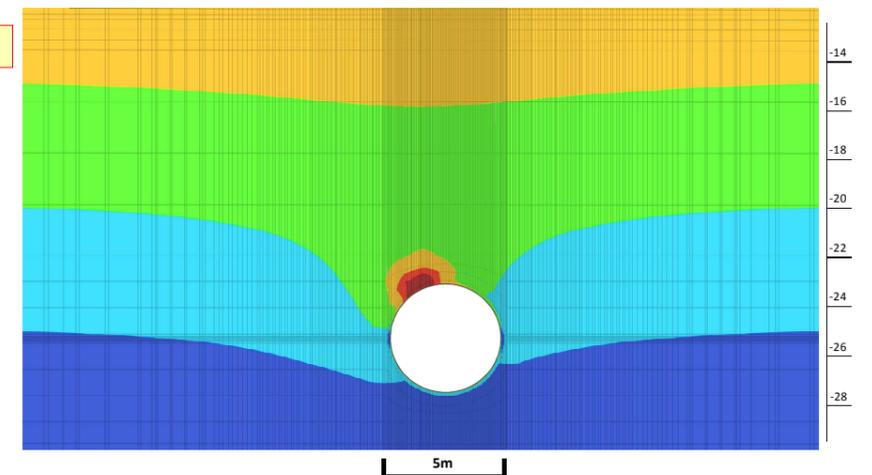
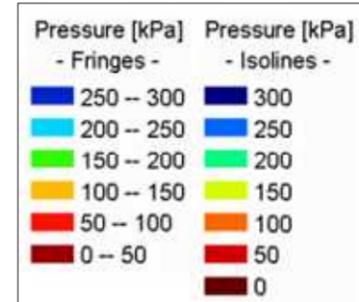


図 2.5 CASE-313~CASDE-323（破損規模 0.3m）の間隙水圧の変化

Kセグメント横断面



Kセグメント横断面



Kセグメント横断面

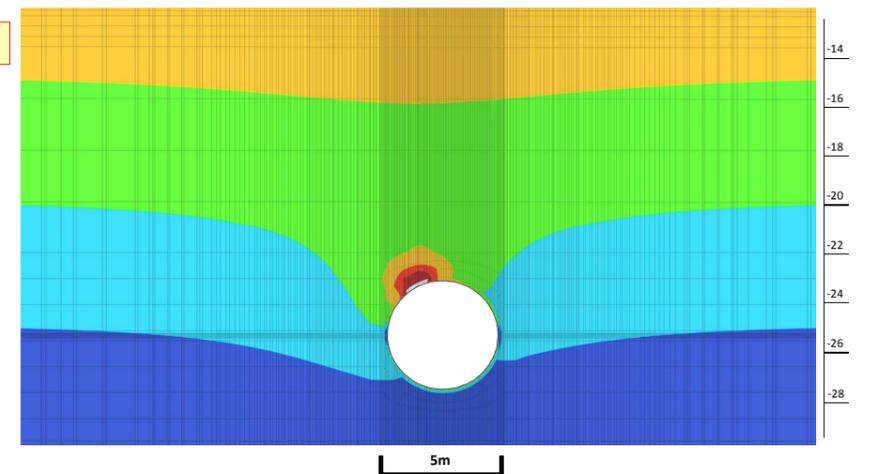
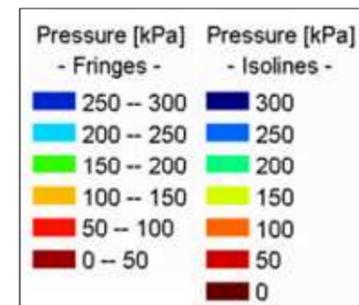


図 2.6 破損 0.30m の場合の非定常 60sec 後の間隙水圧分布  
(上図 : CASE-103、中図 : CASE-313、下図 : CASE-323)

(4)地山の比貯留係数

地山の比貯留係数は、本解析モデルの場合、鋭敏な間隙水圧変化を再現する。比貯留係数が大きいほど、センサー位置の水圧低下も大きい。また、比貯留係数が大きくても、流速は殆ど変わらないが、流量は小さくなる。したがって、比貯留係数は小さいほど急激に大きく水圧低下を示し、**センサーの実測値に近似するケースは、CASE-433 ( $S_s=5 \times 10^{-5}$ ：一般値の半分程度) と推察される。**

表 2.4 地山の比貯留係数の差異 (トライアル-4)

No	検討項目	ケース名	地山の透水係数 (cm/s)		セグメントの破損部分		比貯留係数 (地山)	シールド周辺の緩み範囲透水係数 (cm/s)
			Dg1	Dg2	破損の幅 (m)	透水係数 (cm/s)		
4	地山の比貯留係数	CASE-413	1.00E-02	1.00E-01	0.30	1.00E-02	1.00E-06	1.00E-01
		CASE-423			0.30		1.00E-05	
		CASE-433			0.30		5.00E-05	

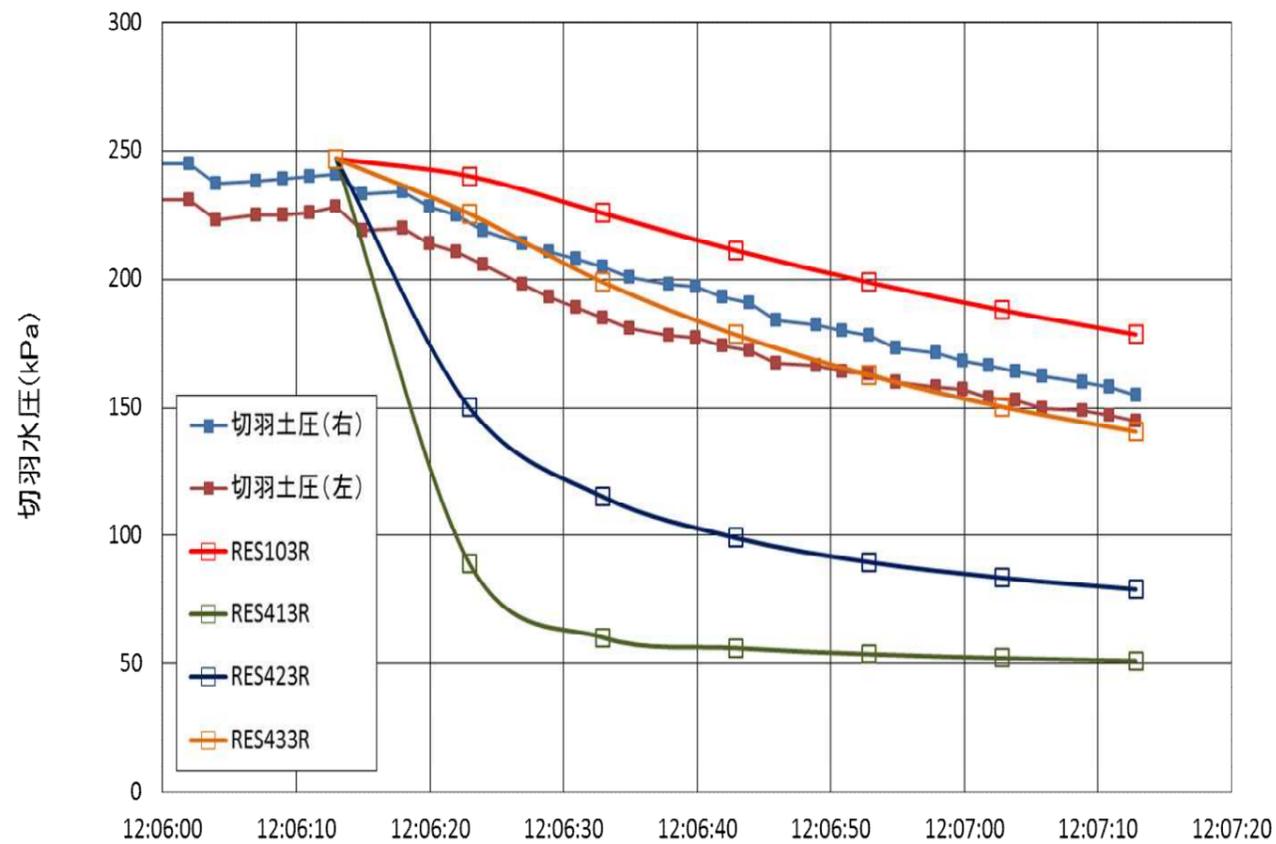
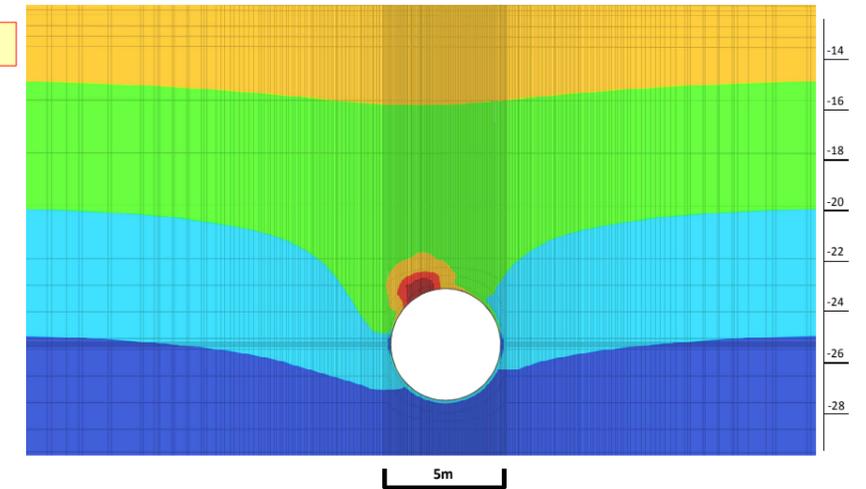
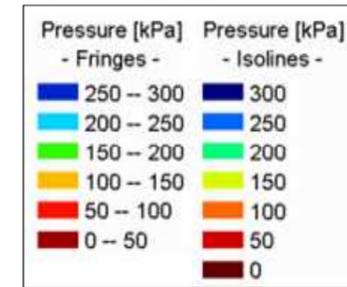
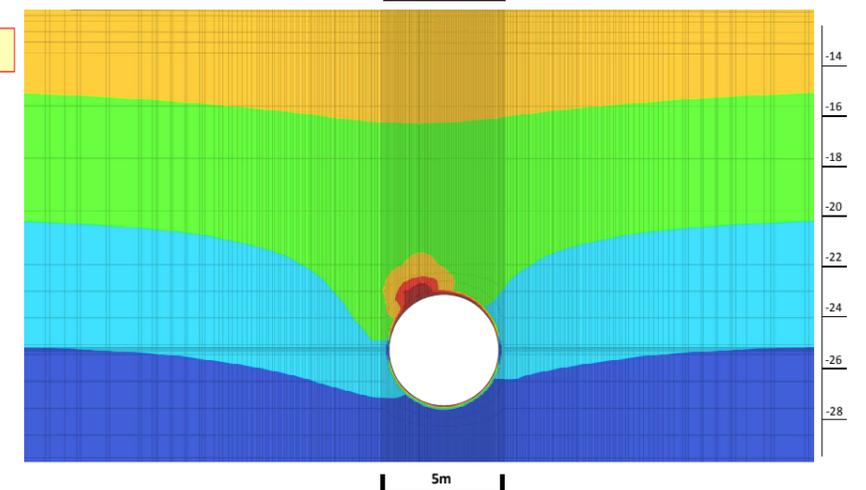
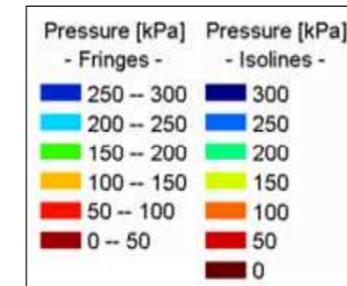


図 2.7 CASE-413~CASE-433 (破損規模 0.3m) の間隙水圧の変化

Kセグメント横断面



Kセグメント横断面



Kセグメント横断面

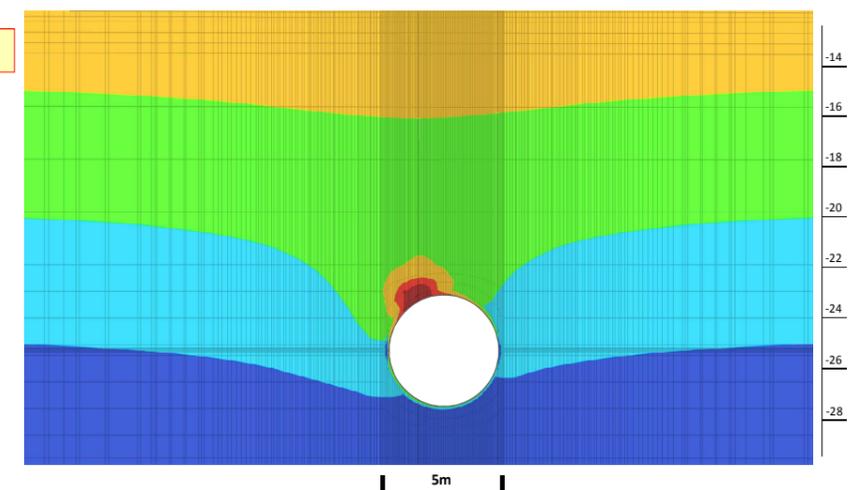
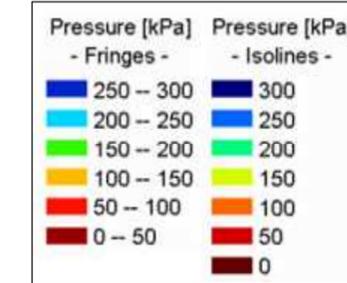


図 2.8 破損 0.30m の場合の非定常 60sec 後の間隙水圧分布 (上図：CASE-103、中図：CASE-413、下図：CASE-433)

### 3. 追加検討

パラメータ解析を実施した結果、計測された切羽圧の低下に最も近似したケースは、図 2.7 に示したセグメントの拔出し量 300mm で地山の比貯留係数を  $5.0 \times 10^{-5}$  とした CASE-433 である。ただし、図からわかるように CASE-433 の解析結果は、計測値よりも圧力が低下しているため、拔出し量を小さくすることでより近似することが考えられる。また、回収されたセグメントの調査結果から、K セグメントの初期の拔出し量は、エレクトリオンガイドとエレクトリオンガイド溝の寸法より 150mm 程度以内と考えられることから、CASE-433 をベースにセグメントの拔出し量を 100mm としたケースについて追加で検討を行った (CASE-431)。

図 3.1~図 3.3 に CASE-431 の解析結果を CASE-433 とともに示す。図から、拔出し量を 100mm としたケースで、計測された切羽圧の低下を良く表現できていること、この時の湧水量は定常状態で約  $0.9\text{m}^3/\text{min}$  であり、 $1\text{cm}^2$  あたりに換算すると  $15\text{cc}/\text{sec}$  であること、出水が発生している K セグメント付近では、急激に水圧が低下し、その後すぐに定常状態となっていることが分かる。

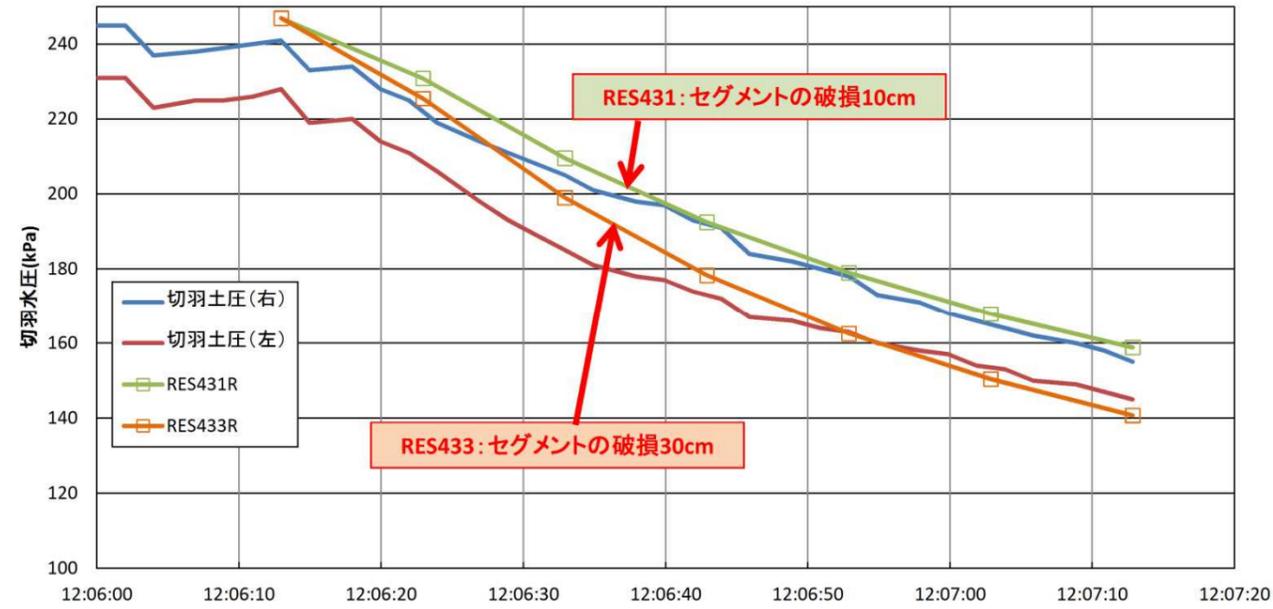


図 3.1 CASE-431、CASE-433 の間隙水圧の変化

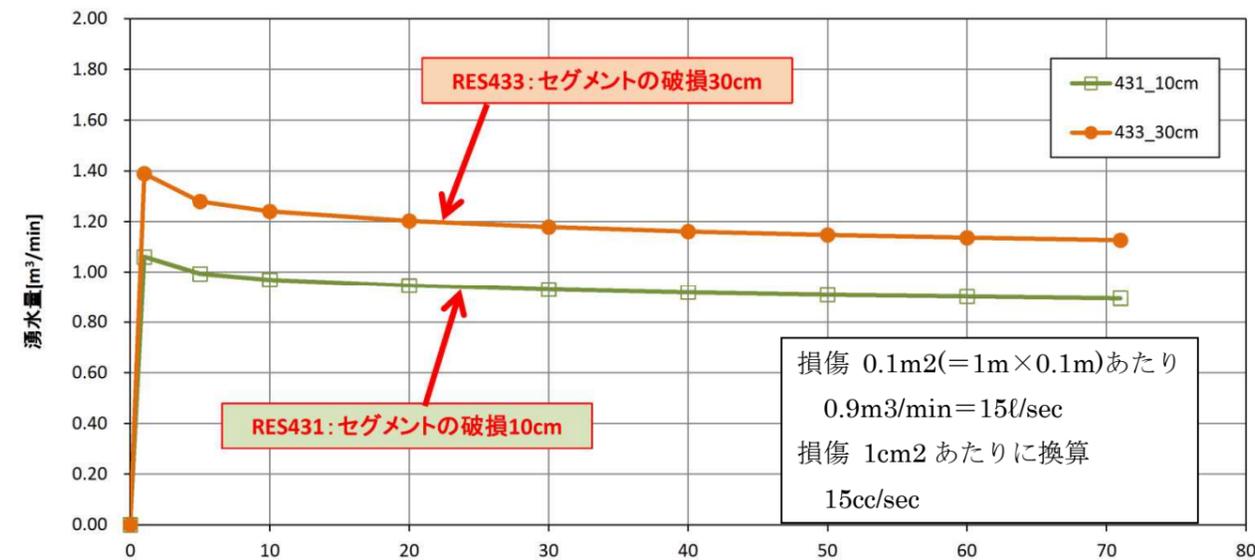
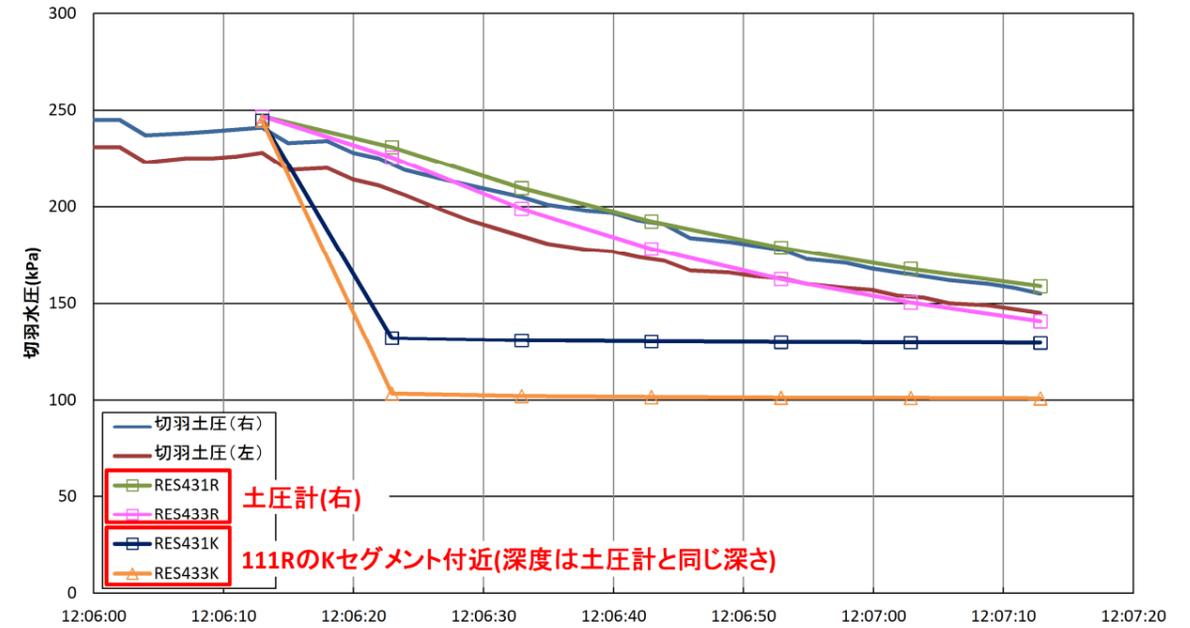


図 3.2 CASE-431、CASE-433 の湧水量

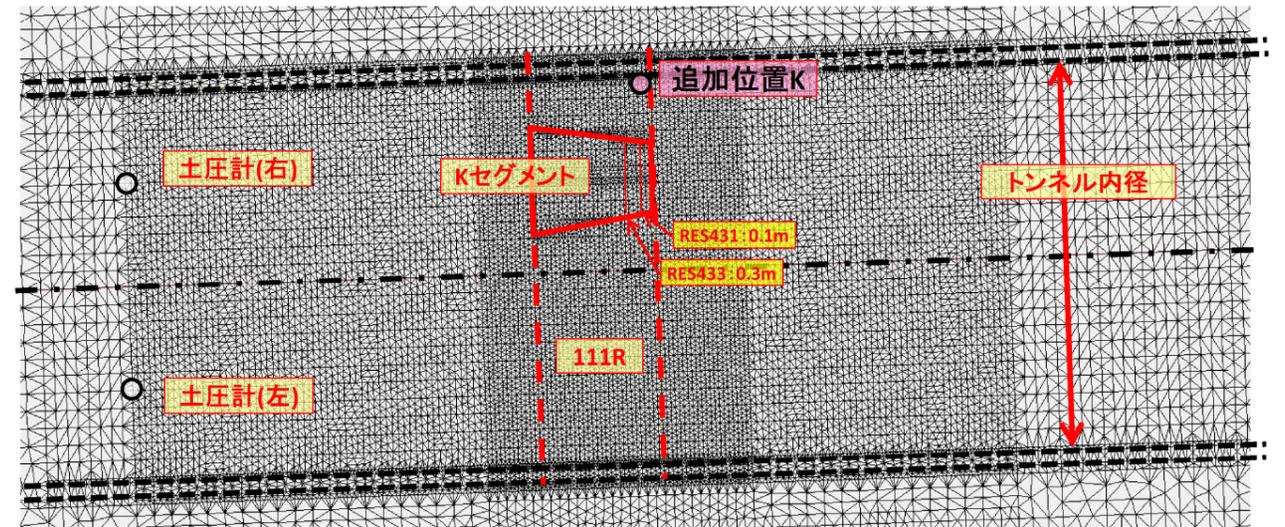


図 3.3 土圧計と K セグメント付近の間隙水圧の変化

NO	質問内容	A社	B社	C社	D社
Q1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Kセグメントの抜き出しは、どのような現場条件、施工状態で発生しているか。</li> <li>・同じトンネルの中でもどのような条件になると抜き出しが発生したか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リング継手の引張剛性が小さく、水圧が0.2MPaを超えるような場合。</li> <li>・すべて泥水式シールドで発生。</li> <li>・掘進時、組立時とも抜き出しが生じる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント継手がスライド構造であり、リング継手に引張締結力がない構造。</li> <li>・セグメント組立時にシールドジャッキを外したタイミングでKセグメントの抜き出し状態が発生する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リング継手がピン挿入型で、セグメント継手が突合せ式の場合。</li> <li>・セグメント組立中に既設Kセグメントのシールドジャッキを抜いた際に、Kセグメントが切羽側に抜出す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RC(P&amp;PC)セグメント、セグメント継手:くさび結合ワンパス継手、リング継手:挿入式ワンパス継手、地下水圧0.1MPa程度で、セグメント組立後のPC緊張後に抜き出し発生。</li> <li>・セグメント継手:突合せ継手、リング継手:ワンパス継手、地下水圧最大0.35MPa程度で、掘進中(テールブラシ通過時)に抜き出し発生。</li> </ul>
Q2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Kセグメントの抜き出し防止に関して、どのような対策を実施したか。</li> <li>・有効であった対策は何か。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・掘進時に、Kセグメントをシールドジャッキで常に押す。また、全追従方式を採用する。</li> <li>・グラウトホールを利用したKセグメント抜き出し防止金具の設置。</li> <li>・Kセグメントの挿入角度の低減。</li> <li>・リング継手の剛性・引抜き耐力のアップ、あそびの低減(ピン挿入型の場合)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント継手をボルト構造にするか、リング継手をロック構造にする。</li> <li>・仮留め部材を用いる。</li> <li>・締結力がない構造のリング継手に、摩擦力を増加させる工夫を行い、ある程度の効果を得た。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既設Kセグメントと1リング手前のセグメントリングを固定する。有効な効果が得られている。</li> <li>・その他の有効な方策としては、「等分割セグメント」が考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Kセグメント把持金物の孔を利用して前のリングの把持金物孔とPC鋼棒で結合。</li> <li>・掘進中にKセグメントのジャッキを抜かない。</li> </ul>
Q3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場で施工時のリスク増大を感じるのとはどのような場面、事象か。</li> <li>・どのような危険やヒヤリハットが発生しているか(想定されるか)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・段取り替え時に反力を撤去する際、リング継手が、軸剛性の小さいピン挿入型の場合、坑口側へ抜き出し量が増大する。</li> <li>・高水圧+過大な裏込め注入により、半径方向挿入のKセグメントが内側にずれることがある。</li> <li>・高水圧下で薄いセグメントを使用する場合、大きな施工時荷重により、事故が生じる可能性が高い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コストダウンに起因する危険やヒヤリハットの記載なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設計に起因した施工時の危険やヒヤリハットの発生はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメントが一般的のもの(類似実績工事)に比べて薄い、幅が広い場合。</li> </ul>
Q4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工時のリスクが増大する設計とは、どのような設計であると考えるか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工時のリスクを想定していない設計。</li> <li>・施工技術に依存し過ぎる設計。</li> <li>・基準類であいまいな表現を経済的に有利になるよう恣意的に判断する場合。</li> <li>・あまり着目されない弱部に配慮していない設計。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土圧に対して水圧が卓越する条件において、セグメントが薄く設計された場合。</li> <li>・過剰な幅広セグメント。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・記述なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・崩壊性の高い地盤での緩み土圧の採用等、土質条件の過大評価。</li> <li>・施工時の起こり得る条件が反映されていない設計。</li> <li>・設計者がシールド工事の事象や計算根拠を良く理解せず、計算プログラムだけに頼った設計。</li> <li>・コスト勝負の設計施工案件でのコストダウン設計。</li> </ul>
Q5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場でセグメントの「浮上り」は、どのような現場条件で発生しているか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大断面で、比較的薄いセグメントの場合、セグメントの天端でクリアランスが不足する傾向にある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京湾横断道路など土被りが小さい海底または河川下。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性や品質上、問題となるような浮上りは発生していない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東京湾横断道路などで、海底部の軟弱沖積地盤(土被り11~15m)で、テールから抜けたセグメントが1~2cm程度浮き上がる。</li> <li>・小口径泥水シールド、一般の陸地の洪積砂層、水圧0.4MPaで、テールから出たセグメントが浮上り、上部のクリアランスがほとんどなくなる。</li> </ul>
Q6	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場で、セグメントの「浮上り」現象が起きていることをどのような事象、計測結果から管理・確認しているか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テールクリアランス、掘進管理測量と出来形、内空変位+地表面の沈下測量など。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「浮上り」の管理・確認について記載なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テールクリアランス、坑内測量値等から管理・確認を行っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テールクリアランスの推移(組立後と掘進後)を計測。</li> </ul>

NO	質問内容	E社	F社	G社	H社
Q1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Kセグメントの抜き出しは、どのような現場条件、施工状態で発生しているか。</li> <li>・同じトンネルの中でもどのような条件になると抜き出しが発生したか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・以下の場合に、掘進完了後にシールドジャッキを外した際に、Kセグメントの抜き出しが発生する可能性が高くなる。</li> <li>①大深度～高水圧等の条件下で高い裏込め注入圧が必要な場合。</li> <li>②大口径、幅広セグメントで裏込め注入圧による受圧面積が大きい場合。</li> <li>③セグメントの挿入角が大きい場合。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場での事象について記述なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リング継手：挿入型ピン方式、セグメント継手：挿入型かん合方式、土被り平均34mで、Kセグメントのジャッキを抜いた状態で掘進した際に抜き出しが生じた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント組立中に1リング前のKセグメントを押さええているジャッキを抜いた時に抜き出し現象が生じる。</li> </ul>
Q2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Kセグメントの抜き出し防止に関して、どのような対策を実施したか。</li> <li>・有効であった対策は何か。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント挿入角の低減。</li> <li>・抜き出し防止治具をKセグメントの注入孔に設置。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・予防的措置として、連結治具を使用して組立後のKセグメントと前リングを緊結した事例がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・裏込め注入孔を利用してPC鋼棒によりKセグメントを連結。</li> <li>・Kセグメントのリング継手をボルト結合にする等の対策が有効と考える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レバブロック、PC鋼棒による対策。</li> <li>・マシン寸法、セグメント仕様等の変更。</li> </ul>
Q3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場で施工時のリスク増大を感じるのとはどのような場面、事象か。</li> <li>・どのような危険やヒヤリハットが発生しているか(想定されるか)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメントの薄肉化、幅広化に起因する施工時荷重によるセグメントの破損・落下などの事象</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高水圧が作用する条件下において、鋼製セグメントの主桁の変形、またはスキンプレートが大きくはらむような現象。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土被りが54mと大きいにもかかわらず、外径3800mmのセグメントの桁高が125mmと薄く、施工時荷重に対するセグメントの脆弱性が懸念された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント幅を長くし、マシン長を短くした場合、かかり代が短くなり、その結果、Kセグメントの抜き出し傾向が顕著となる。</li> <li>・幅広セグメントを採用した場合、蛇行修正時にセグメントとマシンテール部がセリを起し、セグメントにクラックや損傷を与える。</li> <li>・STセグメントで桁高を押さえた設計を行うと、曲線施工時にジャッキ偏心量が想定値より大きくなり、STセグメントの縦リブを座屈させる。</li> <li>・セグメント分割数を減らす目的で、弧長の長いセグメントや幅広セグメントでは、切羽でのセグメントの取回し時に、隅を当てて欠けてしまうリスクが高い。</li> </ul>
Q4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工時のリスクが増大する設計とは、どのような設計であると考えるか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実績に比べ、桁高が小さい場合、セグメント幅が桁高に比べ大きい場合、分割数が少ない場合</li> <li>・過密配筋、過小な配筋を行う場合。</li> <li>・かぶりが著しく大きい場合。</li> <li>・シールド材の反発力が大きい場合。</li> <li>・継手のメカニズムを理解しないで設計する場合。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・これまでの実績値を大きく逸脱したセグメント使用の場合。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネルの深度が深く水圧が高い場合で、セグメントの必要桁高や必要鉄筋量が計算上小さな値となり、施工時荷重に対する耐力が低下する場合。</li> <li>・日掘進量を増大させるために、セグメントの桁高に比べて幅を大きくする場合。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大深度、高水圧下の良質地盤中における覆工厚の薄いセグメント</li> <li>・大深度、高水圧下の幅広セグメント</li> <li>・トンネル線形とセグメント材質・幅の関係が不適切な場合</li> <li>・施工できない線形</li> </ul>
Q5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場でセグメントの「浮上り」は、どのような現場条件で発生しているか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海底横断や河川横過での中大口径(特に泥水式シールド)では浮上りが懸念される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮上りの事例なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発生していない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場の事象について記述なし</li> </ul>
Q6	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場で、セグメントの「浮上り」現象が起きていることをどのような事象、計測結果から管理・確認しているか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シールド掘進管理および測量システムによる管理。</li> <li>・一方毎に人為測量でセグメント高さの測定の実施による管理。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・坑内セグメントの水準測量により把握する方法が一般的。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮上りの管理・確認について記載なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テールクリアランス、縦断方向のセグメントのレベル測量により判断。</li> </ul>