

11. 災害発生に至るまでの崩壊メカニズム

11.1 崩壊メカニズム

これまでの調査結果から、災害発生に至るまでの現場状況と想定される現象、崩壊メカニズムを表 11.1、表 11.2 に示す。同表のような順序でセグメントが崩壊し、海水が横坑、立坑に流入し、災害に至ったと考えられる。

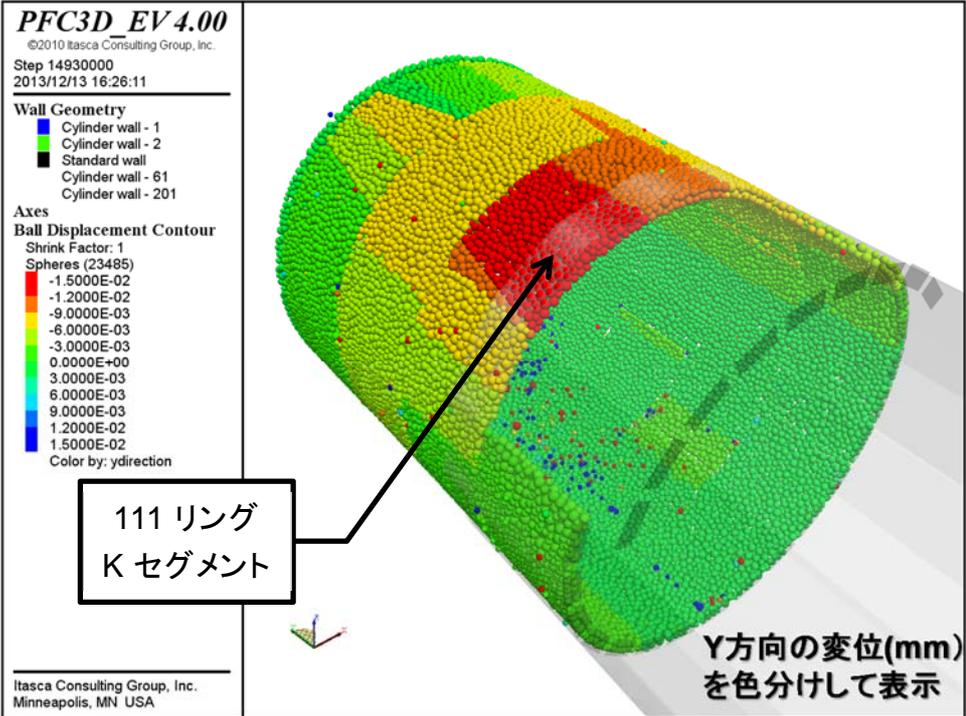
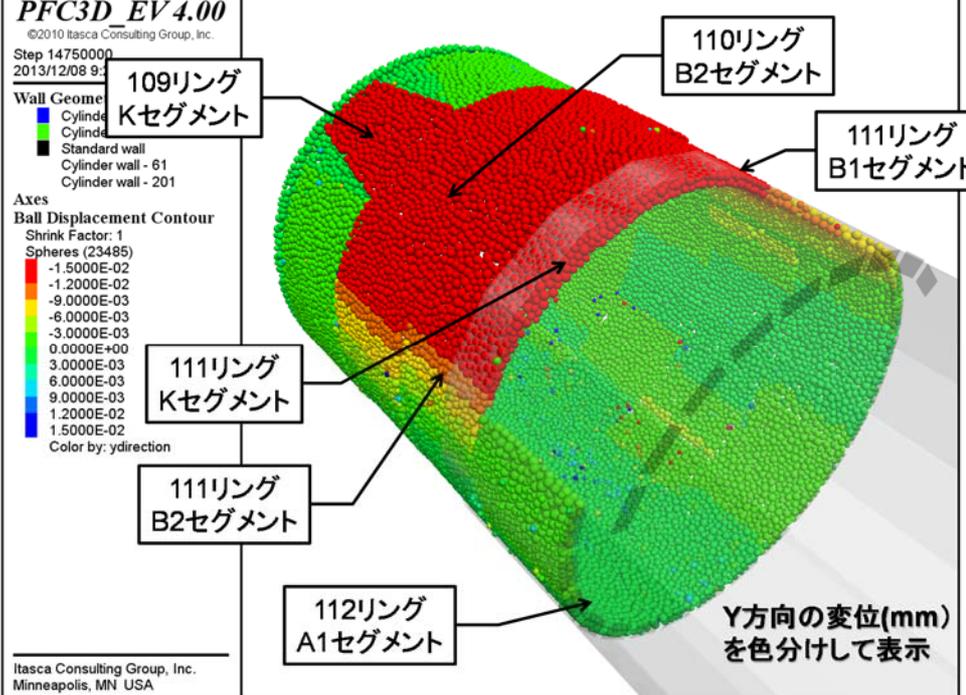
表 11.1 災害発生に至るまでの現場状況と想定される現象

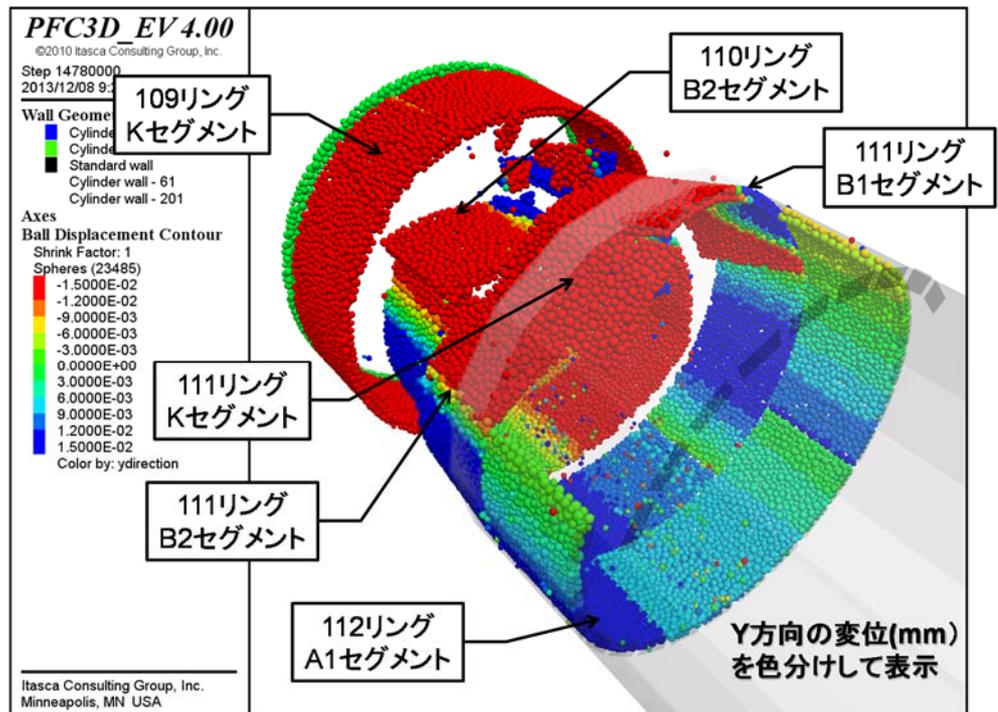
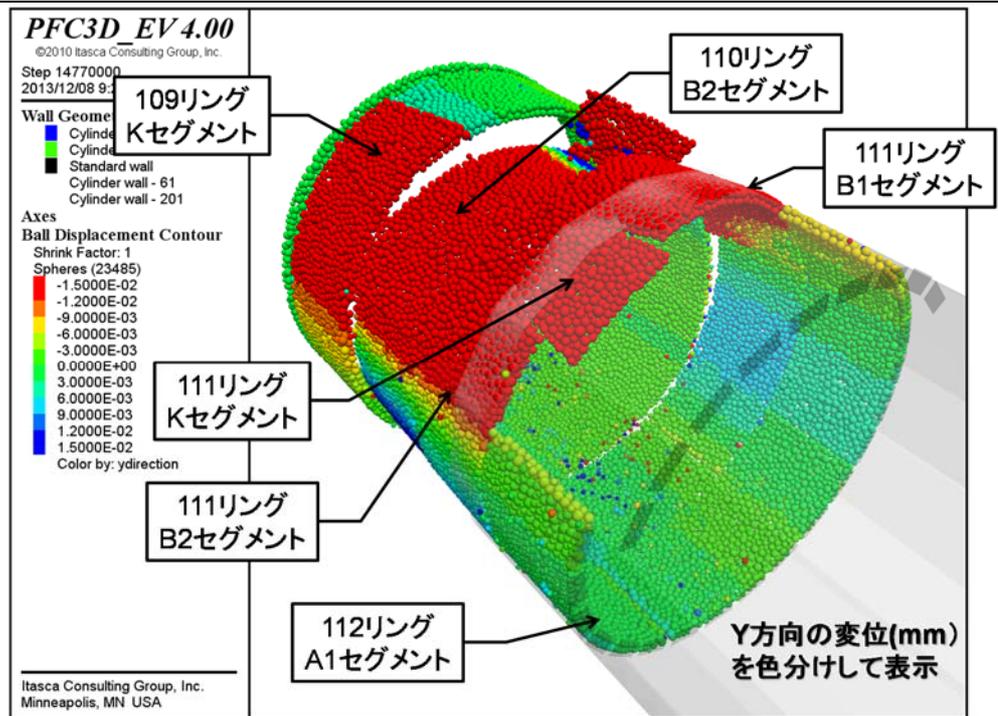
掘進管理システム、電話発信記録、証言等から確認されている現場状況		想定される現象
<p>～12：06</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 112 リングの B2 セグメントを組み立てるため、シールドジャッキを引き抜く（計 9 本を引き抜いた状態となる。）。（第 7 章 7.3.1 節参照） ・ 立坑下にいた立坑からの脱出者が、トンネル（横坑）の中から「ドン」という大きな音を聞く（正午前あたりの時間帯だと思う。）。 ・ 切羽圧の急激な低下が開始。（第 7 章 7.3.2 節参照） ・ 音の直後、立坑下の警報設備から「ピピピ」という電子音。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ジャッキを引き抜いた時、111 リングの K セグメントが切羽側に抜け出そうとし、リング継手が損傷する。 ・ 111 リングの B1、B2 セグメントのリング継手（110 リング側）の一部がせん断する。 ・ 111 リングの K、B1、B2 が坑内にわずかに垂れ下がり、出水が発生。
<p>12：06～</p> <p>12：07：13 切羽土圧計測不能。(切羽漏電)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 背中を土砂で汚したシールドオペレータが立坑まで走ってきて立坑下の電話をかけ始める。地上立坑脇の電話は鳴らず。 ・ シールドオペレータ、エレベーターで地上へ行く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出水が継続することにより、地盤の緩みを引き起こし、111 リング及び 110 リングの上部に作用する荷重が増大。

<p>12 : 17</p> <p>12:19 又は 12:20</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・シールドオペレータ、休憩所に来て職長と何か話をし、2人一緒に休憩所を出て行く。 ・シールドオペレータ、職長、エレベーターで立坑下へ降りる。2人はトンネル（横坑）の中へ。 ・途中で職長がセグメントを上げるよう、立坑にいた立坑からの脱出者に指示する。 ・立坑からの脱出者は、その指示を地上の地上クレーンオペレータに伝えようと電話するがつかず。 ・立坑からの脱出者は、エレベーターに乗ろうとしていた作業員 A にその指示を伝言。そのとき作業員 A はエレクターが埋まっていることを述べる。切迫した様子ではない。 <p>・職長から、立坑から離れた場所にある現場事務所にいた事業者の機電担当者の携帯に電話が入る。10秒くらい通話。聞き取りにくく、正確には聞き取れない。職長が「ブレーカー」、「漏電」と言っているように思える。</p> <p>・事業者の機電担当者は、着信から 2、3 分後に職長へ確認の電話を入れる。電波状態は悪くなく、普通に話ができる。現場にいけばいいのかとたずねると、そうだと職長から返答。自転車で立坑に向かう。</p>	
<p>12 : 23～</p> <p>12 : 23 : 49 PC の通信接続が切れた。以後データ取得されず。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地上クレーンオペレータが、「ドーン」という大きな音、今度は「ド、ドド、ドーン」というものすごい音を聞く。土砂運搬者も「ドーン、ドーン」という大きな音を 2 回連続して聞く。 ・トンネルの中から職長が「逃げろ」と切迫した声で叫ぶ。 ・作業員 B は、逃げろという声を聞いた後、なぜかトンネルの中に走って行く。 ・立坑からの脱出者は、らせん階段で地上に駆け上がる。すぐに足元から水が押し寄せ、水に押し上げられるように立坑入口へ。 ・地上にいた地上クレーンオペレータは、立坑まで 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 111 リング、110 リングの変形が進行し、両リングが崩壊。 ・ 大出水

<p>12 : 25 <u>(電話発信 記録)</u></p> <p>12 : 29 : 57 PC の電源 喪失。中央 管理室の床 が浸水した と思われる。</p>	<p>走っていく。立坑の半分まで水。みるみるうちに水が上がってくる。南方向へ逃げる。土砂ピットで水に追いつかれる。休憩室まで逃げる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地上クレーンオペレータは、休憩室で土砂運搬者に事業者の人に電話するように頼む。 ・土砂運搬者が、<u>所長あて電話</u>。 <p>・土砂運搬者が、休憩所の外に出ると中央管理室の小屋の方から「ピーピー」という電子音を聞く。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事業者の機電担当者が自転車で、続くように所長が自動車です立坑に到着。 	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

表 11.2 災害発生に至るまでの崩壊メカニズム

<p>～12 : 06</p>	 <p>PFC3D EV 4.00 ©2010 Itasca Consulting Group, Inc. Step 14930000 2013/12/13 16:26:11</p> <p>Wall Geometry ■ Cylinder wall - 1 ■ Cylinder wall - 2 ■ Standard wall Cylinder wall - 61 Cylinder wall - 201</p> <p>Axes Ball Displacement Contour Shrink Factor: 1 Spheres (23485) -1.5000E-02 -1.2000E-02 -9.0000E-03 -6.0000E-03 -3.0000E-03 0.0000E+00 3.0000E-03 6.0000E-03 9.0000E-03 1.2000E-02 1.5000E-02 Color by: ydirection</p> <p>111 リング K セグメント</p> <p>Itasca Consulting Group, Inc. Minneapolis, MN USA</p> <p>Y方向の変位(mm) を色分けして表示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 111 リングの K セグメントが切羽側に抜け出そうとし、リング継手が損傷する。 ・ 111 リングの B1、B2 セグメントのリング継手 (110 リング側) の一部がせん断する。 ・ 111 リングの K、B1、B2 が坑内にわずかに垂れ下がる。
<p>12 : 06～</p>	 <p>PFC3D EV 4.00 ©2010 Itasca Consulting Group, Inc. Step 14750000 2013/12/08 9:30:00</p> <p>Wall Geome ■ Cylinder wall - 1 ■ Cylinder wall - 2 ■ Standard wall Cylinder wall - 61 Cylinder wall - 201</p> <p>Axes Ball Displacement Contour Shrink Factor: 1 Spheres (23485) -1.5000E-02 -1.2000E-02 -9.0000E-03 -6.0000E-03 -3.0000E-03 0.0000E+00 3.0000E-03 6.0000E-03 9.0000E-03 1.2000E-02 1.5000E-02 Color by: ydirection</p> <p>109リング Kセグメント</p> <p>110リング B2セグメント</p> <p>111リング B1セグメント</p> <p>111リング Kセグメント</p> <p>111リング B2セグメント</p> <p>112リング A1セグメント</p> <p>Itasca Consulting Group, Inc. Minneapolis, MN USA</p> <p>Y方向の変位(mm) を色分けして表示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 出水が継続することにより、地盤の緩みを引き起こし、111 リング及び 110 リングの上部に作用する荷重が増大。



・ 111 リング、110 リングの変形が進行し、両リングが崩壊。

11.2 本章のまとめ

災害発生に至るまでの崩壊メカニズムは以下のようである。

- ① 2012年2月7日12時6分 ジャッキを引き抜いた時、111リングのKセグメントが切羽側に抜け出そうとし、リング継手が損傷する。111リングのB1、B2セグメントのリング継手（110リング側）の一部がせん断する。111リングのK、B1、B2が坑内にわずかに垂れ下がり、出水が発生。
- ② 同日12時6分～12時23分 出水が継続することにより、地盤の緩みを引き起こし、111リング及び110リングの上部に作用する荷重が増大。その間、作業員の動きが慌ただしくなる。
- ③ 同日12時23分～12時30分 111リング、110リングの変形が進行し、両リングが崩壊、トンネル坑内、発進立坑まで水没する。