

JR 和南津トンネル復旧工事

Repair Works of JR Wanazu Tunnel

永田 謙一郎* 明石 健**
Kenichiro Nagata Takeshi Akashi

要 約

本工事は、平成16年10月23日に発生した新潟県中越地震により被害を受けたJR上越線和南津トンネルの復旧工事である。当該トンネルは震源である川口町に位置するため、その被害は大きく、坑内では全線L=725mにわたり崩壊、ひび割れ、はく離等、大小さまざまな変状が発生した。これらの多岐にわたる変状に対しては、対策工選定フローを明確にした上で、詳細調査に基づき復旧工事を行った。また、東京方坑口では、明り巻き坑門（スノーシェッドL=10.0m）が地震により30cm以上ずれたが、油圧ジャッキにより移設し復旧させた。工事は間近に迫っていた年末年始の輸送確保の必要性もあり、約1ヶ月間という極めて厳しい工程で実施した。本報告はこれらの工事内容および実績について報告するものである。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 概要
- §3. 地震による変状
- §4. 対策工の選定
- §5. 東京方坑門の復旧
- §6. 施工実績
- §7. まとめ

§ 1. はじめに

JR上越線和南津トンネルの復旧工事は、同じく地震で被害を受けた国道17号線と和南津トンネルの復旧工事（西松建設（株）施工）の開始から若干遅れ、トンネル坑内の被害調査から始まった。調査結果から被害状況をトンネル変状展開図としてまとめ、本社検討会を経て復旧工事の施工計画と工事工程を作成した。東日本旅客鉄道（株）への説明を行ない、大筋での了承を得たのち、11月11日から本格的な工事に着手した。

被害状況より策定した当初工程では、平成17年1月20日に軌道・電気工事へ引渡す予定であったが、東日本旅客鉄道（株）からの工程短縮依頼により、最終的には軌道・電気工事への引渡し日が12月16日となった。結果として1ヶ月の工程短縮を図ることとなり、実質1ヶ月間での復旧という厳しい工程となった。

* 関東（支）JR和南津（作）

** 土木設計部設計課

§ 2. 概 要

2-1 トンネルの概要

名 称：和南津ずい道（図-1）
延 長：725.0m（S字カーブ区間）
形 式：複線型（在来線）
施工期間：昭和39年4月10日～昭和41年4月30日



図-1 和南津トンネル位置図

2-2 工事概要

工事件名：上越線越後堀之内・越後川口間和南津 T
災害応急（中越地震）
発注者：東日本旅客鉄道株式会社 上信越工事事務所
工事場所：新潟県川口町
工 期：平成16年11月11日～平成17年1月31日
工事数量：覆工工事（対策工A） 1式
クラック補修工事（対策工B～Q） 1式
スノーシェッド移設・復旧工事 1式
付帯工事 1式

§ 3. 地震による変状

トンネルはさまざまな規模・形態の変状を受けた。その詳細な状況を把握するため、西松建設（株）ならびに専門業者による目視調査、打音検査、空洞探査（レーダー探査）、地表面踏査を行った。その結果、今回の地震による変状は以下のとおりであった。

3-1 トンネル内の変状

(1) 破壊

① 崩落

東京方坑口より 500～540m にかけて、アーチ部の覆工コンクリートが断続的に崩落した。当該箇所の覆工厚さは 50cm であるが、部分的に背面地山が露出している。崩落したコンクリートは約 30m³ である（写真-1）。

② セン断破壊

東京方坑口より 440～630m にかけてはアーチ部のせん断破壊が顕著であり、断続的な小崩落と 10mm ほどの目違いがみられた。また全線でせめ部（上下半打ち継目）のせん断破壊が観察された（写真-2）。破壊規模は、深さ 25cm、高さ 1.5m の大きなものから、深さ、高さとも数 cm の浮き程度のものまでさまざまである。①の崩落区間において、3カ所程度（延長 3～5m）の側壁のせん断破壊箇所がみられた。

③ 圧ざ

東京方坑口より 490～640m にかけてのクラウンで、圧ざが観察された。特に①の崩落区間の全線においては、最大で深さ 30cm、幅 60cm ほどの崩落を伴っていた。

(2) ひび割れ

ほぼ全線にわたって断続的に縦断方向および横断方向の両方向のひび割れが観察された。幅は 0.1～1.0mm が主体的であるが、幅 1mm 以上のひび割れも数多く確認された。

(3) はく離

東京方坑口より 300m～長岡方坑口へかけての覆工目地部、クラック周辺部等において、はく離が観察された。厚さは 5～15cm 程度が主体的である。

(4) 漏水

アーチ、側壁を問わず、ほぼ全線にわたるひび割れ箇所でも漏水が観察された。漏水の程度は滲水～滴水程度が主体的であるが、東京方坑口より 500～530m にかけてのアーチ部の覆工コンクリート崩落箇所では集中的な漏水が観察された。

3-2 東京方明り巻き坑門の変状

東京方明り巻き坑門は、トンネル本体より山側が 45cm、川側が 37cm 縦断方向にずれるとともに、山側が 31cm、川側が 38cm 横断方向にずれた（写真-3）。



写真-1 覆工コンクリート崩落状況（東京方坑口より 525m）



写真-2 せめ部破壊状況（東京方坑口より 605m 川側）



写真-3 東京方明り巻き坑門開き状況（東京方坑口より 10m）

§ 4. 対策工の選定

今回の復旧工事においては、多岐にわたる変状に対してのスムーズな対策工選定が、工期達成のために不可欠であった。そこで、東日本旅客鉄道（株）から提示された「トンネルの復旧計画（構造技術センター）」を基本に、対策工選定フロー（図-2）を策定した。各対策工の施工方針を以下に示す。

(1) アーチの全面打ち換え

崩落区間の 4 スパン（L=48.0m）については、旧覆工コンクリートを破碎撤去し、鋼製支保工、吹付けコンクリート、ロックボルトにて支保を施工した後、スライドセントルにて覆工コンクリートを打ち換える。巻厚は 30cm とし、配合は早強コンクリート（21N/mm²）を基準とする。スパン内に部分的に巻厚 21cm 以下の箇所がある場合には、早強コンクリート（36N/mm²）を使用する。なおコンクリートには、剥落対策のため、ポリプロピレン製短繊維（クラックバスター L=12mm）を混

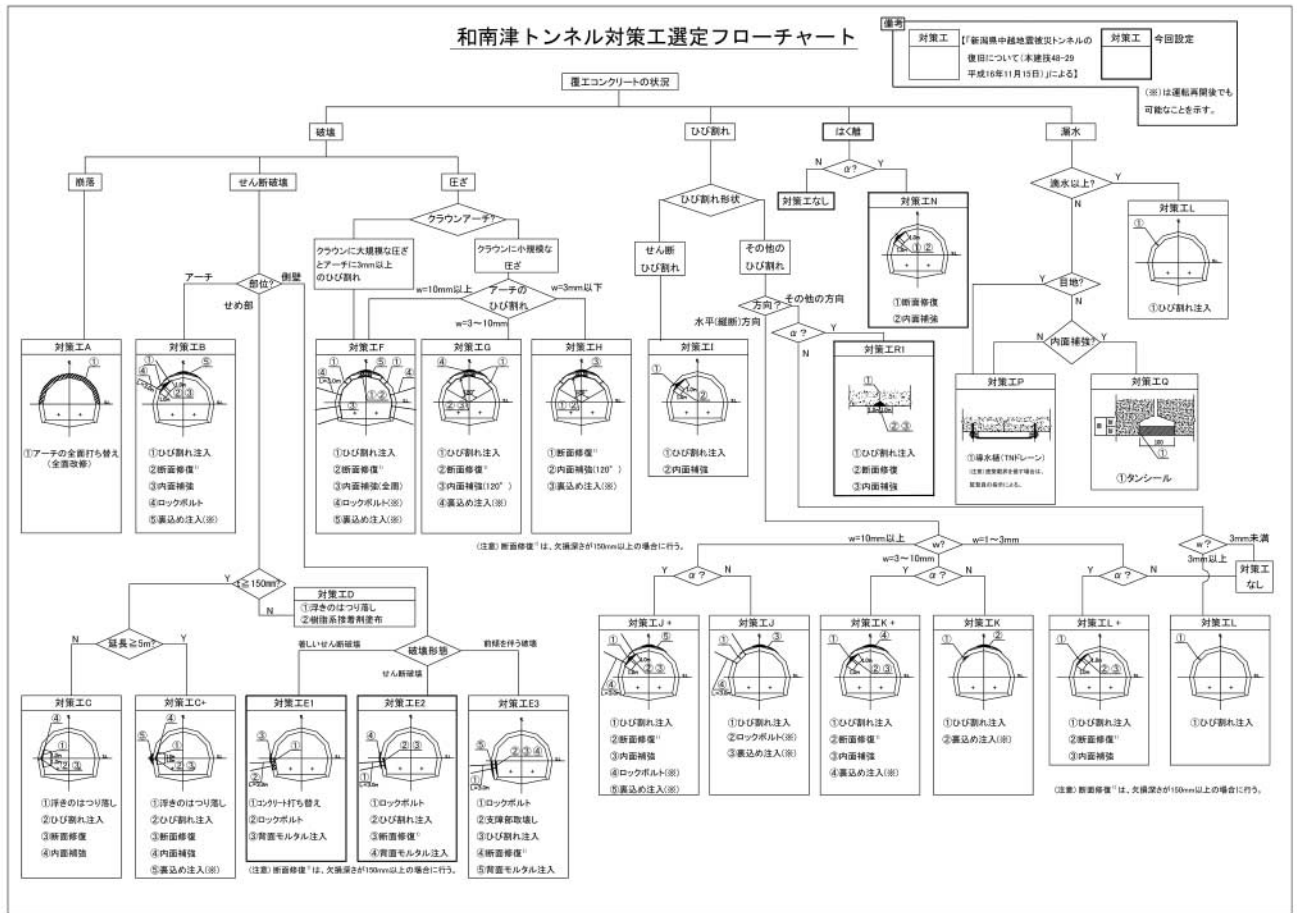


図-2 対策工選定フロー図

入する。

(2) ひび割れ注入

幅 3mm 以上のひび割れに対しては、ひび割れ注入を実施する。注入材は耐久性、早期強度に優れたエポキシ樹脂系注入材を使用する。幅 1~3mm のひび割れで漏水がある場合は止水注入を実施する。

(3) 断面修復

断面修復には、低収縮性、耐水性、早期強度、付着性に優れた充填材（ポリマーセメント系プレパックドコンクリート）を使用する。

(4) 内面補強

覆工内面補強として、アラミド繊維シートを使用する（AAA 工法）。剥落防止箇所には高耐力シート（10/10tf/m）を採用し、地震により周囲が緩むなどして更なる補強が必要な箇所（国道 17 号線との交差部など）には、より大きな耐力のシート（40/40tf/m）を採用する。なお漏水がある箇所については、内空断面を侵さないタンシール工法を併用して漏水対策を行う。また、タンシールゴムの落下を防止するために専用の樹脂系接着剤を用いる。

(5) ロックボルト

ロックボルトは自穿孔ボルト（L=3.0m）とし、定着材はプレミックスモルタルとする。全面打ち換え部は普通鋼タイプ、露出する箇所はメッキタイプを使用する。

(6) 裏込め注入

裏込め注入材は、流動性に優れ、充填性の良い可塑性注入材（JETMS）を使用する。

(7) 導水樋

多量の漏水（滴水以上）が認められる目地、ひび割れについては、導水樋（TN ドレイン）を採用する。

§ 5. 東京方坑門の復旧

地震によりずれた東京方明り巻き坑門（L=10.0m、全重量約 730t）の復旧は、当初破碎撤去と再設置で考えていた。しかし、それでは出入り口である坑門部分を長期間通行止めにしなければならず、工期遅延は必至であった。

そこで、通行止めを極力減らし短期間で安全に復旧できる方法として、坑門アーチ部分（約 390t）をワイヤーソーにて分断し、200t 油圧ジャッキ 4 台にて移動後、左右それぞれの側壁コンクリートをはつる、あるいは打足すという方法を採用した（写真-4、図-3）。なお移動は、アーチの変状（拡幅、縮小）、基礎（側壁）の沈下、倒れなどを測定しながら実施した。施工手順は次のようである。

【坑門復旧工 施工手順】

- ① ワイヤーソー（3 台）による SL 部の切断



写真-4 アーチ移動完了状況

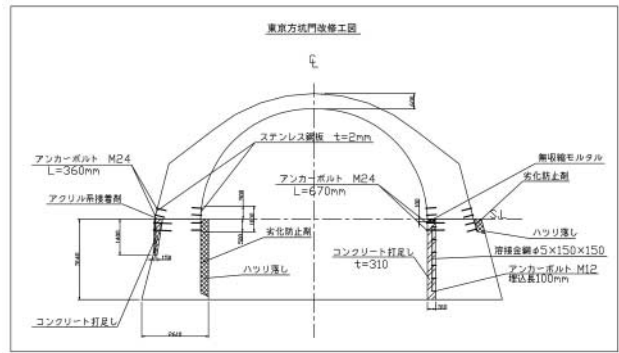


図-3 東京方坑門復旧図

工種名	実施数量	月日	12月																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
打合せ	1式																																
準備工・調査工	1式																																
進入路・坑口ヤード工	進入路 50m 坑口ヤード 400m ²																																
坑内工事用通路	敷設板 420m																																
■ 工全面改修 取壊し一次支保	取壊し 48m ³ 488m ³ 積落防止仮組立工 40基 木立支保 40基																																
■ コンクリート打設	32m ² 4回 = 48m ² 21N/m ² 2回 134m ² 38N/m ² 2回 137m ²																																
側壁コンクリート 取壊し・コンクリート	取壊し 12m ³ 18m ³ 3m ² 2回 8m ² 1回 21N/m ² 2回																																
タタキ補修 ひび割れ注入工	801.2m																																
■ タンシール工	237.8m																																
■ 漏水とい工	812.4m																																
■ アラシド補修補修	側方 10t 1244.5m ² 側方 40t 731.8m ²																																
■ 側壁補修工	側面仕上げ 12.7m ² 45kgの取付 5.6m ² 6.5kgの取付 3.4m ²																																
東京方坑口工	ワイヤーファイブ 38m ² 切取 入力27m ² 電線4.9m ² 下車 32kg-3 21N/m ² 21m ²																																
ヤード増付・置田	1式																																
軌道地(土工事)	1式																																

図-4 実績工程および数量

- ② コア抜き (4 台) によるジャッキ受け孔の作成
- ③ 山留め材 (H 300) によるアーチ部の補強
- ④ ジャッキ受け孔へのジャッキ (4 台) の設置
- ⑤ 横断方向へ約 31cm 移動
- ⑥ ジャッキの方向転換後の再設置
- ⑦ 縦断方向へ約 40cm 移動
- ⑧ 側壁コンクリート (川側) の打直し
- ⑨ 側壁コンクリート (山側) のはつり
- ⑩ 上下半接続ステンレス鋼板 (t=2mm) の取付け
- ⑪ 接続部隙間のコーキング
- ⑫ 本坑との継目外周ステンレス鋼板の取付け

§ 6. 施工実績

(1) 勤務形態

11月13日の進入路設置から12月15日までの全工程を昼夜勤にて実施した。12月16日以降は他業者との競合で昼勤のみの作業とした。

(2) 総人工数

着工から完了までの総人工数は、職員 651 人、作業員 4132 人であった。

(3) 実績工程および施工数量

主要工種の実績工程および数量を図-4 に示す。

(4) 創意工夫

今回の施工にあたり特に効果の大きかった創意工夫を以下に示す。①坑内作業通路(敷設板+太鼓落し材)の撤去作業に門型クレーンを使用した。②4台の移動足場に加え、特にひび割れが多い区間に門型固定足場(80m+40m)を設置した。③覆工コンクリートの養生効果を高めるためトンネルバルーンを使用した。④坑内の資材運搬に専用車輛2台を用いた。

§ 7. まとめ

今回復旧を実施した JR 上越線は、平成 16 年 12 月 26 日に試験運転を終え、翌 27 日に震災から約 2 ヶ月ぶりに運行を再開した。当工事は平成 17 年 1 月 31 日に請負金額が決定し、2 月 8 日に竣工届けを提出して無事完了した。これは施主の信頼を得るために、当社職員ならびに多くの協力会社職員と作業員が、数々の問題を解決しながら不眠不休で取組んだ成果である。最後に、本工事の施工に携わった本社、各支店、出張所および協力業者の皆様に関心より感謝と慰労の意を表すものである。