

新潟県中越地震で被災した和南津トンネルの復旧工事

Restoration Works of Wanazuru Tunnel damaged by The Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004

坂口 秀一* 河原 博**
Shuichi Sakaguchi Hiroshi Kawahara

要 約

平成 16 年 10 月 23 日（土）17 時 56 分に新潟県中越地方を震源とするマグニチュード 6.8，最大震度 7 の「新潟県中越地震」が発生した。その後も，最大震度 5 以上の大地震が短時間に連続して発生した。これらの地震により，震源である川口町に位置する国道 17 号線と和南津トンネルは，覆工コンクリートの剥落，ひび割れ，側壁の押し出し変形等の通行不能となる甚大な被害を被った。地下構造物であるトンネルは地震に強いものと言われてきたが，発生した変状は，これらの定説を覆すものであった。発生翌日より被害状況の調査を実施し，コンクリート充填や支保工建込み等の復旧方法を立案し，12 月末までの短期間で復旧工事を完了させた。

目 次

- § 1. 概要
- § 2. 被災状況
- § 3. 復旧工事施工フロー
- § 4. 応急復旧工事
- § 5. 本復旧工事
- § 6. おわりに

§ 1. 概 要

1-1 トンネル概要

名 称：和南津隧道

位 置：新潟県北魚沼郡川口町

施工時期：昭和 37 年 12 月～昭和 40 年 9 月

延 長：300m

平面・縦断線形：直線及び新潟に向かって上り 2.828%
(図-1 にトンネルと震源の位置，図-2 に断面形状をそれぞれ示す。)

1-2 地質概要

和南津トンネルは，魚野川左岸の急崖斜面に位置し，最大土被り約 40m である。トンネル周辺の地山は，第三紀鮮新世後期～第四紀更新世の和南津層砂岩が分布しており，そのマトリックスは微細均等砂が主体であり固結度は低い。過去の記録によれば，掘削時に数度の天端剥落が発生し，空洞充填等の補修を実施している。



図-1 和南津トンネルと震源の位置

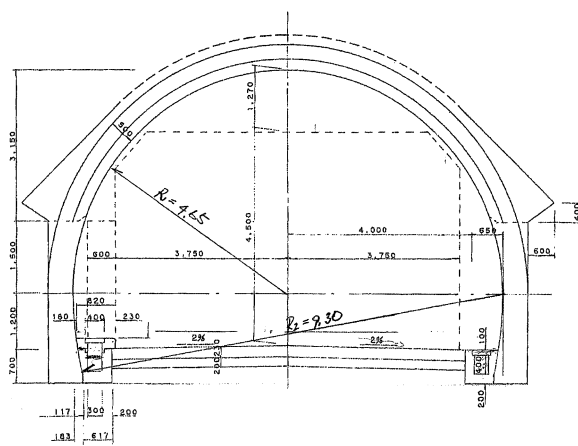


図-2 和南津トンネル断面形状

* 土木設計部設計課

** 関東（支）国道和南津（作）

§ 2. 被災状況

2-1 トンネル坑内

トンネル坑内の変状状況を図-3に示す。

(1) TD. 300m (東京側坑口) ~ TD. 120m 区間
当該区間には、下記の変状が認められた。

a. 縦断方向ひび割れ

山側、川側ともに肩部に確認されたが、過去の調査時に発生していたと思われるものも見られた。

b. 側壁のはらみ出し

山側 TD. 246m~TD. 238m, 川側 TD. 244m~TD. 202m でアーチと側壁の接続部において内空側に約 5cm の側壁のはらみ出しが見られた。

c. 側溝の変状

山側側溝は、東京側坑口から 15m 以奥の区間において道路側の壁が下端で折れ曲がった (写真-1)。川側側溝に変状は見られなかった。

(2) TD. 120m~TD. 0m (新潟側坑口) 区間

当該区間は、地震による甚大な被害を受けた。

a. 天端部覆工コンクリートの剥落

TD. 107m~TD. 90m の天端部覆工コンクリートは、横断方向幅 2~6m の範囲が剥落した (写真-2)。

b. 天端部覆工コンクリートの剥離

TD. 120m~TD. 107m および TD. 90m~TD. 30m の天端部は、横断方向幅 0.3~1m の範囲が剥離した。打音検査やひび割れの方法等からアーチの強度低下が懸念された。

(3) 側壁のはらみ出し

TD. 30m~TD. 0m は山側・川側ともにアーチと側壁の接続部において側壁が内空側に約 15cm はらみ出した。また TD. 39m~TD. 35m および TD. 20m~TD. 16m の山側側壁下部は、最大厚さ 18cm の剥落が見られた (写真-3)。

(4) 側溝の変状

川側側溝に変状は見られないが、山側側溝は TD. 60



写真-1 山側側溝の変状



写真-2 天端部覆工コンクリートの剥落



写真-3 側壁下部コンクリート剥落

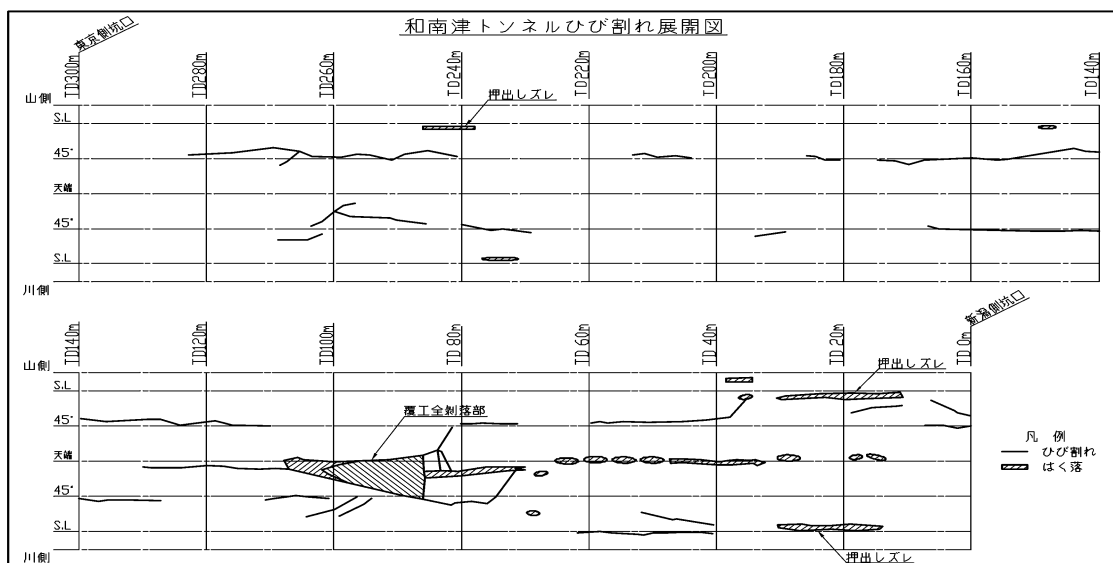


図-3 トンネル坑内変状調査結果

m~TD.5m が損傷しており，設計内空幅 30cm に対して最小幅 17cm まで縮小した。

2-2 トンネル坑外（新潟側坑門壁）

新潟側坑門壁は，打継面での目開きやズレが生じた(写真-4)。銘板川側のブロック(幅 8m，高さ 2m)は，川側へ 20cm，坑外方向へ 12cm 移動した。また，坑外のもたれ擁壁は，打継面の上段が道路側に 5~10cm 移動した。



写真-4 新潟側坑門壁変状状況

§ 3. 復旧工事施工フロー

国道 17 号線は，東京方面と新潟方面を結ぶ重要幹線道路であるため，和南津トンネルの早期復旧が求められた。復旧工事は，一車線交互通行による応急復旧工事と二車線全面開通の本復旧工事に分類された。図-4 に復旧工事施工フローを示す。

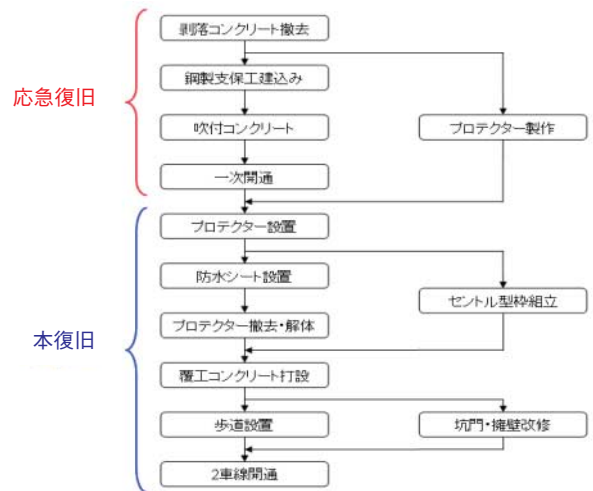


図-4 復旧工事施工フロー

§ 4. 応急復旧工事

第 1 回技術検討委員会（委員長：今田徹東京都立大学名誉教授，10 月 30 日開催）で応急復旧の工法が決定した。

(1) 手順 1：剥落区間の応急復旧

剥落部 (TD.107m~TD.90m) は，露出した支保工や背面地山が比較的健全であったため，剥落部を吹付けコンクリートで充填することとした。充填時および地山からの荷重負担を目的として，既設覆工内側に鋼製支保工 (H-200 @0.75m) を建込んだ。充填完了後，支保工表面まで吹付けコンクリートを施工した (図-5)。

(2) 手順 2：剥離区間，側壁変状区間の応急復旧

天端剥離部は，既設覆工内側に鋼製支保工 (H-200) と吹付けコンクリート (t=20cm) を施工した。支保工間隔は，剥離による損傷が激しい区間 (TD.120m~TD.107m，TD.90m~TD.67m) は 0.75m，これ以外の区間 (TD.67m~TD.30m) および長岡側坑口部の側壁変状区間 (TD.30m~TD.0m) は 1.0m とした。

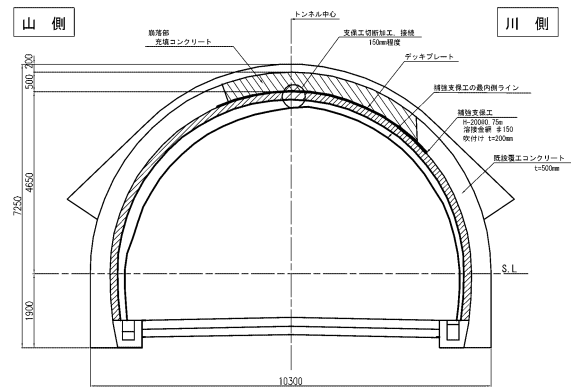


図-5 剥落部応急復旧手順図

§ 5. 本復旧工事

5-1 内空断面測定

応急復旧後，全支保工 (135 基) に対して，ノンプリズム式光波測距儀を用いた内空断面測定を行った。測定結果から，実測位置は想定した内空位置 (上半 4.65m - 0.2m = 4.45m) よりも内側であることが判明した。

5-2 覆工コンクリート巻厚の検討

覆工コンクリート打設区間 (TD.120.8m~TD.0m，全 12 スパン，1 スパン 10.5m) のうち，内空断面測定結果から最小断面となる TD.29m の測定結果を基準にして，建築限界を「車道幅員 2.75m + 路肩 0.5m，高さ 4.0m」に縮小した断面に決定した。また，TD.29m 前後の測定結

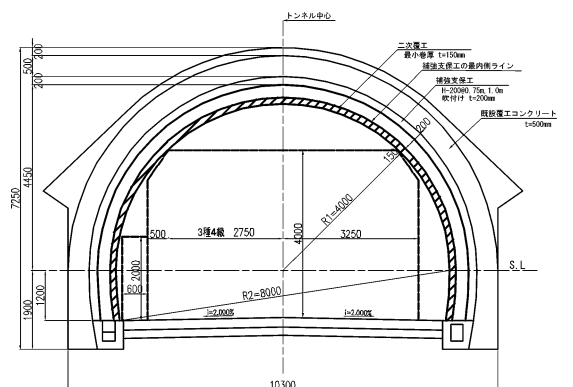


図-6 本復旧断面図

果から巻厚の確保を考慮し、覆工仕上がり中心を川側へ最大115mmシフトした。図-6に本復旧断面図を示す。

5-3 高流動コンクリートの適用

覆工の巻厚(標準30cm)が1/2(15cm)以下となる区間(2スパン、延長21m)に、コンクリートの充填性と施工性を考慮して高流動コンクリートを適用した。また、巻厚が薄いこと、高流動コンクリートは水和熱・乾燥収縮によるひび割れが懸念されること等から、ポリプロピレン繊維を混入した。表-1に高流動コンクリートの配合を示す。

5-4 プロテクター

一般通行車両を防護するために、プロテクターを21基製作した。このうち20基は、本復旧時の防護用としてTD.120m~TD.0mの120m区間に設置し、1基は新潟側坑門壁の防護用として使用した。図-7にプロテクター断面形状を示す。

5-5 本復旧工事の手順

本復旧工事は、第2回技術検討委員会(11月13日開催)にて承認を得て、移動式型枠の製作工程に合わせ実施した。また、その間、第三者への工事周知期間を10日間設けた。

(1) 手順1: プロテクターの設置および準備作業

坑内に20基のプロテクターを設置し、一般車両が通行する状況下で本復旧作業を行った。TD.30m~TD.6mは根足部のみ吹付けコンクリートを施工した状態だったため、アーチ部には充填コンクリート、側壁部には吹付けコンクリートを施工し、その後、防水シートを敷設した。

(2) 手順2: 覆工コンクリート打設

移動式型枠に簡易プロテクターを装着し、一般車両が通行する状況下で覆工コンクリートを打設した。脱型後は、打設コンクリートの温度低下と表面乾燥を防止するため、延長約25mのバルーン養生を行った(写真-7)。

5-6 新潟側坑門壁の改修

新潟側坑門壁は、幅20.0m×高さ2.0mの範囲を以下に示す手順で再構築した。

①ワイヤーソーによる不安定部分の撤去

再構築範囲のコンクリートをクレーンで搬出できる重量までワイヤーソーにより小分割した。

②差し筋の配置

残置部分のコンクリートと新設コンクリートを一体化するために差し筋(D25, 1.0m間隔)を配置した。

③コンクリートの打設

周囲に型枠を設置し、無筋コンクリートを打設した。

§ 6. おわりに

トンネルの復旧工事には余震(最大震度6)が頻繁

表-1 高流動コンクリートの配合

呼び方	コンクリートの種類(による記号)	呼び強度	スランブフロー(cm)	粗骨材の最大寸法による記号	セメントの種類による記号			
	普通	—	62.5	25	N			
指定事項	軽量コンクリートの単位容積質量	—	—	空気量	—			
	コンクリートの温度	—	—	混和材料の種類	—			
	呼び強度を保證する材齢	—	—	アルカリ骨材反応抑制方法	A			
	水セメント比の上限値	60.0%	—	単位セメント量の下限値又は上限値	—			
	単位水量の上限値	—	—	塩化物含有量	0.30kg/m ² 以下			
	流動化後のスランブ増大量	—	—	細骨材率	—			
配合表(kg/m ³)								
	セメント	混和材①	混和材②	水	粗骨材①	粗骨材②	混和剤	
	532			170	568	238	858	5.32
	水セメント比	32.0%		細骨材率	50.0%	繊維混入量	0.91	

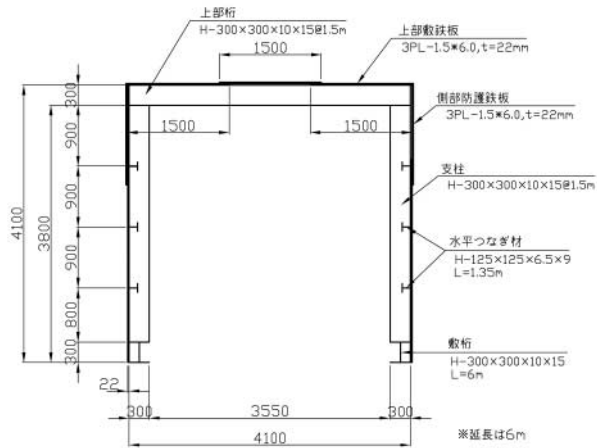


図-7 プロテクター断面形状



写真-7 バルーン養生状況

表-2 工事工程表

	平成16年10月			平成16年11月					平成16年12月						
	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
準備工															
応急復旧工事															
撤去工															
断面補修工															
鋼製支保工															
開放・貫付け															
本復旧工事															
防護工															
覆工コンクリート工															
トンネル防水工															
地下排水工															
坑門撤去工															
坑門復旧工															
新潟側補修工															
跡片付け															

にあり、その都度作業停止を強いられた。しかし、1日も早い復旧のために、昼夜体制でプロテクター製作や支保工建込み・吹付けコンクリートを施工し、本復旧工事は当初工程を1ヶ月近くも短縮し、地震発生から2ヶ月で2車線通行を可能にした(表-2参照)。このような工期短縮が可能となった要因の一つとして、被災した近隣住民が復旧工事に協力的であったことが挙げられる。

最後に、復旧工事にあたりご指導・ご尽力を頂いた和南津トンネル技術検討委員会、国土交通省北陸地方整備局の方々をはじめ、関係各位に深く感謝するものである。