

上越新幹線妙見・滝谷トンネルの復旧(新潟県中越地震)

北園 和正*1・畑生 浩司*2・笹尾 春夫*1

概 要

平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震により、上越新幹線妙見・滝谷トンネルは多大な損傷を受けた。覆工コンクリート天端部に圧縮が生じ構造上、問題がある箇所については内巻工、同様に天端部に圧縮が発生したが構造上、問題がない箇所については内面補強工を採用して復旧を行う計画となった。内巻工としては、工期・建築限界の制約より REDEEM 工法、内面補強工としては、工期の制約によりタフシート工法を採用して復旧を行った。両工法の採用により、効率的な施工が可能となり工期の短縮を実現するとともに、内巻工においては、恒久復旧を完了させることができた。本報告では、内巻工、内面補強工を中心に復旧工事の計画・施工について報告する。

キーワード：新潟県中越地震，トンネル， REDEEM，タフシート，工期短縮，恒久復旧

Restoration of the Myoken-Takitani tunnel on the Joetsu Shinkansen line (Niigata Chuetsu Earthquake)

Kazumasa KITAZONO*1 Kouji HATABU*2 Haruo SASAO*1

Abstract

The Niigata Chuetsu Earthquake on October 23, 2004 severely hit the Myoken-Takiya tunnel on the Joetsu Shinkansen line. Compressive damage occurred in the crown of the lining concrete. The following restoration process was planned: the zone in the compressively damaged portion that posed a structural problem was to be restored with lining, whereas the zone without any structural problems was to be fitted with inner surface reinforcement. The REDEEM technique was used for the lining work because of restrictions regarding the time allotted for the work and construction gauge. The TUF-Sheet technique was used for reinforcing the inner surface reinforcement because the work had to be completed quickly. The techniques selected enabled efficient work progress, shortening the time needed, and permanently restoring the lining. This paper reports the planning and execution of the restoration project, focusing on the reinforcement of the inner surface

Keywords: Niigata Chuetsu Earthquake, tunnel, REDEEM, TUF-Sheet, short work period, permanent restoration

*1 Design Group(#3), Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

*2 Manager, Design Group(#3), Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

上越新幹線妙見・滝谷トンネルの復旧(新潟県中越地震)

北園 和正*1・畑生 浩司*2・笹尾 春夫*1

1. はじめに

上越新幹線浦佐・長岡間に位置する妙見・滝谷トンネルは、平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震により、覆工コンクリート天端部の圧ざ、路盤コンクリートの隆起などの多大な損傷を受けた。著しい損傷箇所に対しては、当社の保有技術である REDEEM 工法(セメント系繊維補強材料によるコンクリート構造物の補強工法)、タフシート工法(紫外線硬化型 FRP シートによるコンクリート構造物の補強工法)を採用し復旧を行った。

本報告では、被害が著しい箇所に対して行った内巻工(REDEEM 工法)、内面補強工(タフシート工法)を中心に、復旧工事の計画・施工について報告する。

2. 妙見・滝谷トンネルの概要

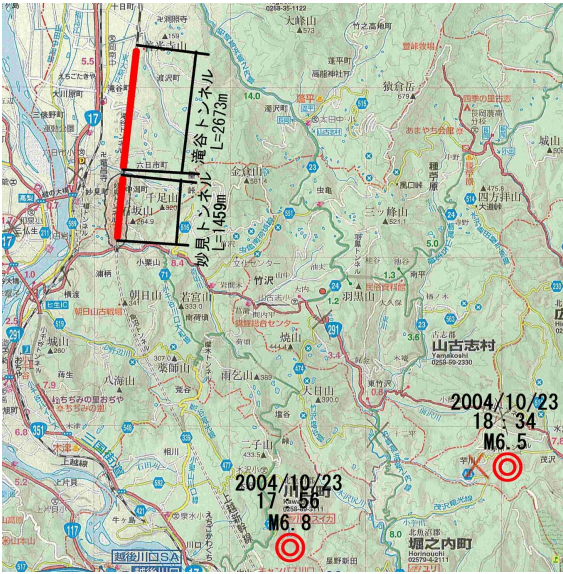
両トンネルとも、底設導坑先進上部半断面掘削方式(一部、上部半断面先進掘削方式)を用いた矢板工法で施工されたトンネルであり、竣工から約 28 年経過した時点で被災した。震源からの距離は、およそ 10km～15km である。トンネル周辺の地質状況は、牛ヶ首層(塊状泥岩)・白岩層(砂岩シルト岩互層)・魚沼層(砂礫層)で構成されており、これらはいずれも第三紀鮮新世の海成相である。

両トンネルの概要を表－1 に示す。

3. 損傷状況・対策工の選定

両トンネルでは、地震の影響により覆工コンクリートの天端部に圧ざによるクラックが発生し、その被害が著しい箇所ではコンクリートの剥落が生じた。その他、路盤コンクリートの隆起、側壁部の前傾、クラックからの漏水などの被害を受けた。

各損傷に対する対策工は、「JR 東日本構造技術センタートンネルの復旧計画」を基本として JR 東日本と協議の上、その対策工および施工範囲を設定した。その結果、覆工コンクリー



図－1 トンネル位置図

表－1 トンネル概要

	延長 (m)	距離程 (大宮起点)	代表地質	掘削工法	上半巻厚 (cm)	支保工	インバート	補助工法
妙見トンネル	1459	201km533m86 ～ 202km992m86	シルト岩	上部半断面先進工法 底設導坑先進上部半断面工法	70、90	200H	有り	二段サイロット
滝谷トンネル	2673	203km027m86 ～ 205km700m86	シルト岩 砂岩 礫岩	底設導坑先進上部半断面工法	70、90	200H	有り	二段サイロット スプリング導坑 薬液注入

※日本鉄道建設公団上越新幹線工事誌(大宮・新潟間)¹⁾より抜粋

*1 エンジニアリング本部 土木技術部設計第三グループ

*2 エンジニアリング本部 土木技術部設計第三グループ 担当部長

ト天端部の圧ぎについては、構造上、問題がある箇所については内巻工(施工延長 63.45m)、圧ぎが生じているものの構造上、問題がない箇所については剥落の防止およびクラックの進展防止を目的として内面補強工(施工延長 64.00m)を施工することとした。覆工コンクリート天端部に圧ぎが発生していた箇所では、側壁部の前傾および側壁部にクラックが生じていたため、変状の進行を抑制する目的で側壁部よりロックボルトを打設した。また、内巻工施工区間については、路盤の隆起が生じていたため、一部路盤コンクリートの打ち換えを行った。表－２に損傷に対する対策工の一覧を示す。

図－２に内巻区間、図－３に内面補強区間の対策工概要図を示す。

4. 工法の選定

内巻工としては種々の工法が存在するが本工事においては、以下の条件を考慮して REDEEM 工法を採用した。

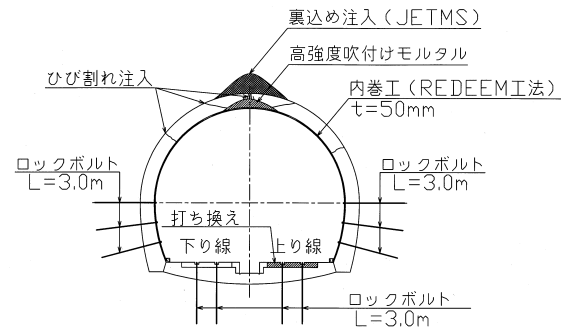
- ・補強厚が 50mm を超えないもので、建築限界を確保できること。
- ・内巻区間の施工は、全体工期のクリティカルパスとなるため工期の短いもの。

ここで、REDEEM 工法とは、PVA 繊維で補強した埋め込み型枠内にあらかじめ PVA 繊

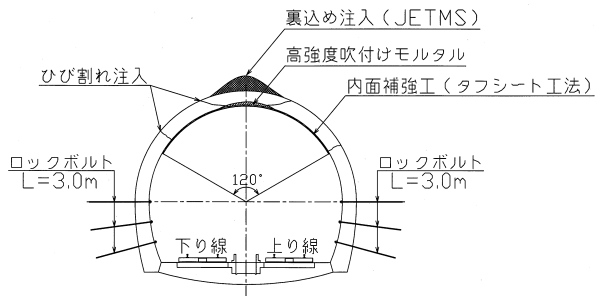
維マットを設置し、マットの隙間にモルタルを浸透・充填させ、靱性に優れたモルタル層を構

表－２ 対策工一覧

損傷状況	程度	選定対策工	備考
クラウン部圧ぎ	大規模	内巻き工	JR東との協議
	小規模	内面補強工	JR東との協議
ひび割れ	幅 1mm<W<3mm	エポキシ樹脂注入工	
	幅 3mm<W	エポキシ樹脂注入工 (Vカット+充填工併用)	
漏水箇所	アーチ部で著しい箇所	導水樋	
側壁変状		ロックボルト工	
路盤コンクリート隆起及びひび割れ		ロックボルト工 路盤コンクリート打換え	JR東との協議

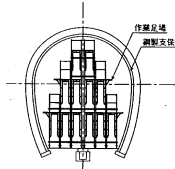
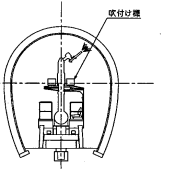
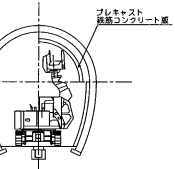
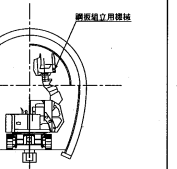
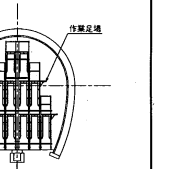


図－２ 内巻区間対策工概要図



図－３ 内面補強区間対策工概要図

表－３ 内巻工比較表

	内巻+セトル工法	吹付け工法	プレキャストコンクリート工法	鋼板補強工法	REDEEM 工法
標準断面					
施工概要	既設覆工内面に鋼製支保工建込み、支保工内面に型枠をセットし、場所打ちコンクリートを打設する。	既設覆工表面に繊維補強コンクリート (モルタル) を吹付ける。	アーチ部を 2 分割したプレキャスト鉄筋コンクリート版を内巻工として設置する。	分割した鋼板パネル (t=25mm、L=2.0m 程度) をトンネル内面に設置し、背面を裏込め注入する。	埋込み型枠内にあらかじめビニロン繊維マットを設置し、モルタルの注入を行う。
施工条件	・型枠が必要。 ・作業足場が必要。	・吹付け機が必要。 ・型枠が不要。	・コンクリート版設置機械が必要。	・鋼板設置用機械が必要。	・作業足場が必要
最小補強厚	最小補強厚 125mm。	最小補強厚 70mm	最小補強厚 175mm	最小補強厚 50mm	最小補強厚 50mm
長所・短所	×建築限界の確保が困難である。	×仕上がり面が平滑とならない。 ×建築限界の確保が困難である。	×材料の入手が困難である。 ×建築限界の確保が困難である。	×材料の入手が困難である。 ○建築限界の確保ができる。	○部材が軽量なため特別な機械を必要としない。 ○並行作業が可能で工期が短い。 ○建築限界の確保ができる。
評価	×	×	×	△	○

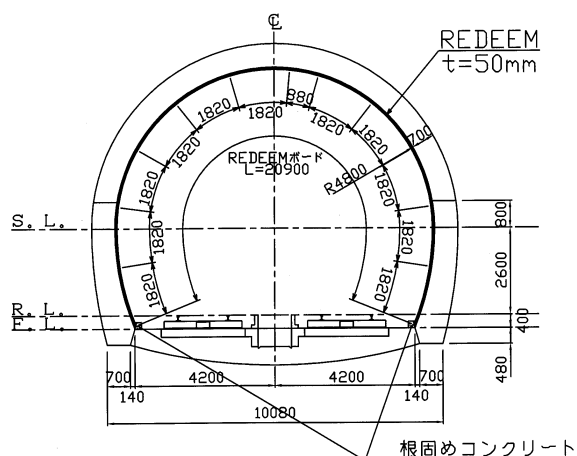


図-4 REDEEM 工標準断面図

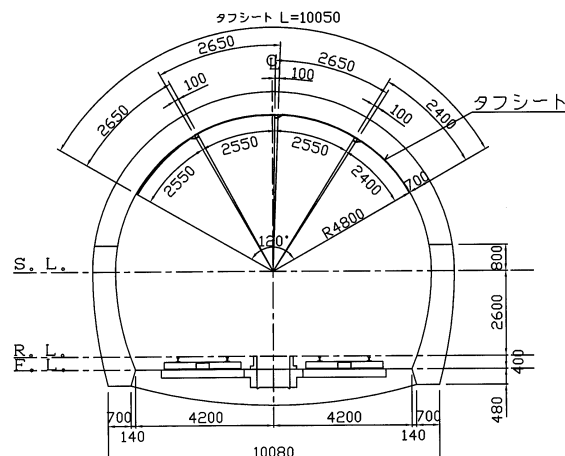


図-6 タフシート工標準断面図

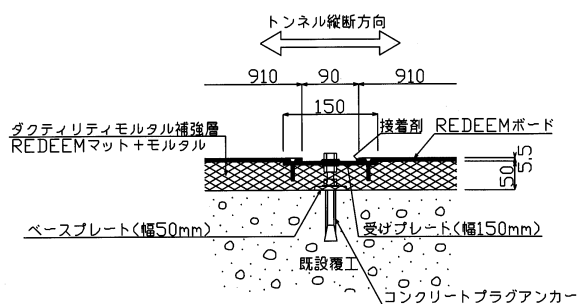


図-5 REDEEM 工詳細図

築することによってコンクリート構造物を補強する工法である²⁾。表-3に本施工における内巻工比較表を示す。

内面補強工としては、次の理由によりタフシート工法を採用した。

- ・トンネル内の施工では表層仕上げを必要としないため、他内面補強工より工期が短い。
- ・透明であるため供用後も覆工コンクリートの変状等の観察が容易である。

ここで、タフシート工法とは、既設コンクリートに紫外線硬化型 FRP シート(タフシート)を貼付け、コンクリート片等の剥落を防止するとともに、遮水性・耐薬品性に優れた防食被覆層を形成する工法である。

本施工における REDEEM 工法による内巻工の標準断面図を図-4、詳細図を図-5に、タフシート工法による内面補強工の標準断面図を図-6に示す。

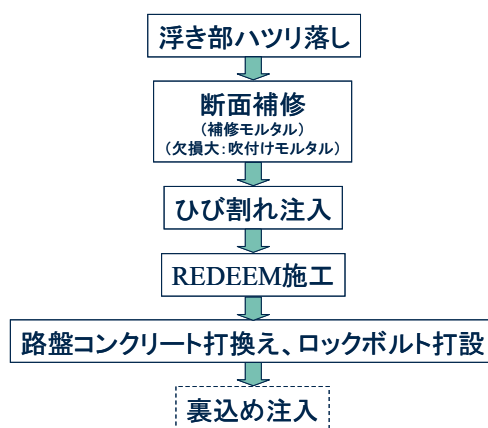


図-7 内巻区間施工フロー

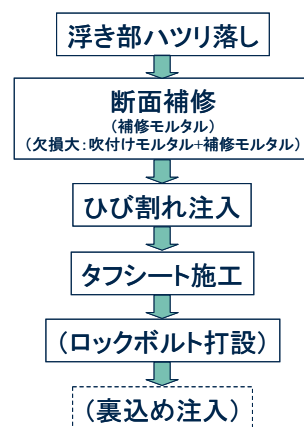


図-8 内面補強区間施工フロー

5. 施工

内巻区間および内面補強区間における施工フローを図－7および図－8に示す。内巻区間、内面補強区間ともに打音検査にてコンクリートの浮きを確認し、浮きが見られるような箇所についてはハツリ落しを行った。ハツリ落しに



写真-1 内巻区間(施工前)



写真-2 内巻区間(施工後)

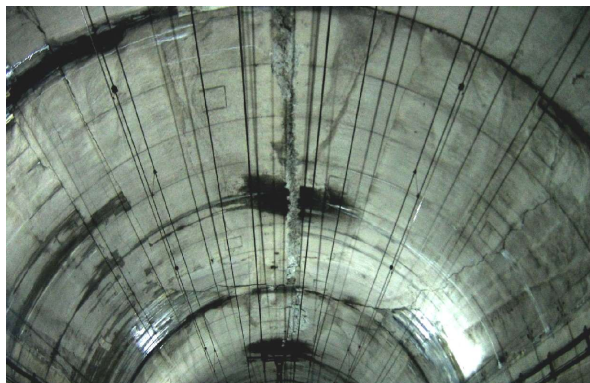


写真-3 内面補強区間(施工前)



写真-4 内面補強区間(施工後)

よって生じた断面欠損部には補修モルタルを用いて断面補修を行った。覆工コンクリート仕上がり面から 200m 程度の欠損部が大きな箇所については、吹付けモルタルにて欠損部の充填を行った。また、覆工コンクリートひび割れ箇所には、エポキシ樹脂を用いたひび割れ注工を実施した。なお、内面補強区間では、シートの密着性を向上させるために、吹付けモルタル施工後に補修モルタルによる断面修復を行った。工期が限られている内巻工については、断面補修が終了した箇所より順次施工を開始した。また、内面補強工については、区間全体の断面修復が終了した後、施工を行った。なお、内巻工、内面補強工の施工が完了した後、天端部に裏込め注入を行った。

6. 終わりに

REDEEM 工法は、既設覆工形状に合わせた特別な材料加工を出荷前にほとんど必要としない工法である。したがって、資材の調達が容易で、早期に施工を行うことができた。また、材

料が軽量であるため、組立機械や移動式型枠などの特別な機械を必要とせず、人力での作業が可能である。今回の施工箇所のように狭隘な作業空間でも施工ブロックを分割し同時施工を行うことができる。以上のことより、効率的な施工が可能となり工期短縮を実現することができた。さらに、REDEEM 工法による内巻工は恒久構造物であり、恒久復旧を短期間で完了させることができた。

また、他の内面補強工より表面仕上げ等の施工工程が少ないタフシート工法を採用したことによって効率的な施工が可能となり、工期短縮が実現できた。

参考文献

- 1) 日本鉄道建設公団：上越新幹線工事誌(大宮・新潟間)，pp.260，昭和59年3月
- 2) 松岡ほか：既設覆工コンクリートの新しい補強工法，コンクリート工学会誌 Vol.41 No.4，pp.55-60，2003.4