

新潟県中越沖地震における鉄道トンネルの被害と原因

JR 東日本 構造技術センター 正会員 ○小泉 秀之, 森山 智明

JR 東日本 東京工事事務所 齋藤 貴

JR 東日本 設備部 向山 路一

JR 東日本 上信越工事事務所 田口 芳範

1. はじめに

2007 年 7 月 16 日 10 時 13 分頃、新潟県上中越沖を震源とする M6.8 の地震が発生した(新潟県中越沖地震)．この地震により、住宅全壊 1319 棟、住宅半壊 5,621 棟などの被害(2007 年 12 月 28 日 14 時 00 分現在：総務省消防庁調べ)に加え、柏崎刈羽原子力発電所をはじめ、道路や鉄道構造物等にも大きな被害を生じた．

今回の地震発生を受け、信越本線 米山・柏崎間の 8 トンネルについて被害状況調査を行った(表－1)．調査の結果、比較的顕著な被害を受けたトンネルは、本震震央(北緯 37 度 33.4 分、東経 138 度 36.5 分)から約 30km 圏内の信越本線第一米山トンネル、第二米山トンネル、第三笠島トンネル(上下)の 3 トンネルであった(図－1)．

本文は、以上の 3 トンネルについての損傷状況ならびに原因の推定について述べる．なお、各トンネルの諸元、地質情報等は財産図に基づく情報を示す．

2. 被害状況

各トンネルの緒元を表－2 に示す．各トンネルの顕著な被害状況は以下のとおり．

(1) 第一米山トンネル

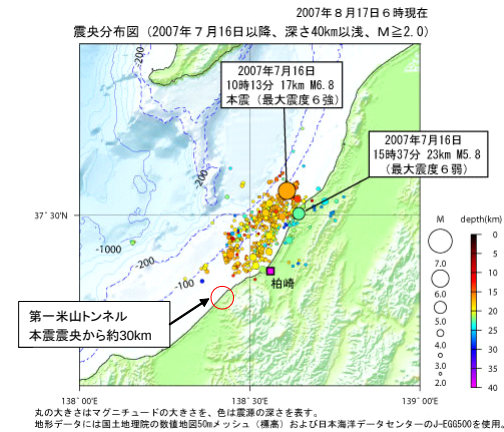
- ①[24K569m～24K686m]天端部に連続的に圧ぎが発生し、覆工コンクリートの一部(落下片:幅約 30～60cm×厚さ約 20cm 程度)が剥落した．24k600m 付近では、とくに損傷が激しく、天端部の圧ぎ、アーチ肩部での覆工コンクリートのせん断ひび割れに伴う損傷、側壁部の損傷等が発生した(写真－1)．トンネル上方では、大規模な斜面崩壊も発生していた(写真－2)．
- ②[25K316m～25K327m]軟質砂岩と破碎状安山岩の地質境界付近であり、既変状(アーチ部に複雑なひびわれ)が生じているとともに漏水箇所でもある．損傷状況は、下り線側天端部で圧ぎが発生し、覆工コンクリートの一部が剥落した．

(2) 第二米山トンネル

- ①[26K183m～26K193m]砂混り泥岩と礫岩の地質境界付近であり、両アーチ肩部に軸方向ひびわれが発生し、施工基面上からの目視では、約 5mm 程度の開口が生じた．
- ②[27K163m～27K178m]当該区間は、両側壁上部のコンクリートが損傷し、せめ部とともに剥落した．特に上り線側の側壁の損傷が大

表－1 被害状況調査トンネル一覧

(信越本線 米山・柏崎間)					
No.	トンネル名称	駅	間	線別	延長
1	第一米山トンネル	米山	笠島	上下	1263m
2	第二米山トンネル	米山	笠島	上下	1397m
3	第一笠島トンネル	笠島	青梅川	上下	382m
4	第二笠島トンネル	笠島	青梅川	上下	232m
5	第三笠島トンネル	笠島	青梅川	上	375m
				下	375m
6	青海川トンネル	青梅川	鯨波	上下	610m
7	鯨波トンネル	青梅川	鯨波	上下	140m
8	大久保トンネル	鯨波	柏崎	上下	180m



図－1 新潟県中越沖地震震央分布図 (出展：気象庁 HP に加算)

表－2 トンネル緒元

トンネル名称		しゅん功	代表地質	最大土被	工 法	単複線	震央からの距離
第一米山T		1968年	軟質砂岩	約66m	導坑先進 上部半断面	複線	約30km
第二米山T		1967年	泥岩	約60m	導坑先進 上部半断面	複線	約28km
第三笠島T	上	1966年	集塊岩	約40m	導坑先進 上部半断面	単線	26.5km
	下	1897年 (1967年改築)			および全断面(一部開削)		

キーワード 地震，鉄道トンネル，被害

連 絡 先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木二丁目 2 番 2 号 TEL03-5334-1289

きかった(写真-3)。ただし、アーチ部の覆工コンクリートは健全であった。

(3) 第三笠島トンネル

①[上り線 28K930m(坑門コンクリート)] 直江津方坑口の坑門コンクリート(擁壁コンクリート)について、地震発生前の既変状(ひびわれ)部分にアングル補強を行っていた箇所であった。今回の地震により、補強材(アングル)の変形、ボルトの破断が生じ、更なるひびわれの開口を生じた(写真-4)。

②[上り線 28K930m～938m]当該区間は、坑口部の1スパン分が海側に170mmずれ(食違い)、トンネル軸方向には、2スパン目との開口幅が70mm(海側側壁部での測定結果)であったため、建築限界を支障しているおそれがあった。

③[上り線 28K938m～949m]海側側壁下部にひびわれが発生し、目視では側壁が内空側に折れ込んでいる状況であった。

④[上り線抱きコンクリートおよび擁壁コンクリート]上り線海側に設置された抱きコンクリートの上段および中段付近の打継ぎ目において、抱きコンクリートの一部がブロック状にずれ、上部の擁壁コンクリートにひびわれを生じた。

⑤[下り線 29k060m 付近]山側天端部付近に浮きおよびひびわれが確認された。施工基面上からの目視では、施工時のコールドジョイントに沿って生じたひびわれが、はく離している状況であった。

3. 被害原因の検証

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震の際、当社では、「新潟県中越地震鉄道トンネル被害原因調査等検討会(委員長:朝倉教授 京都大学大学院)」、(以下、中越地震検討会と略す)を設置し、被害原因の調査および検討等を行った。この中で、以下の3条件が重なった場合に大規模な被害が発生したものと推定している。

①距離条件: 推定震源断層より5km以内に位置していたこと。

②地質条件: 緩み範囲が大きいクラック帯の交差箇所や地山強度の低い、「地山の悪い箇所」であったこと。

③構造条件: 覆工背面に空洞が存在する等のトンネル構造に問題があったこと。

今回、顕著な被害を受けた3トンネルについて、中越地震検討会で示された地震時に大規模被害を受ける可能性のある「距離」、「地質」、「構造」の3条件に関して検証を行った。その結果、大規模被害箇所が推定震源断層から約5kmの範囲内という距離条件、大規模被害を受ける地質条件、覆工背面の空洞の存在、インバートがないこと、既変状箇所であること等から、大規模被害を受ける構造条件のいずれにも該当していることが確認された。

4. まとめ

今回の地震によるトンネル被害箇所は、地質の変化点(層境、脆弱部)、既変状箇所、坑口部等で発生している。損傷形態も覆工コンクリートの圧ぎ、アーチ肩部のせん断ひびわれ、アーチと側壁せめ部の後埋めモルタルの剥落等であり、主にトンネル天端背面空洞の存在に起因するものや逆巻工法での覆工コンクリート打設など施工方法に起因するもの、あるいは坑口部での偏圧地形に起因するもらい災害等であった。また、中越地震検討会にて示された大規模被害の発生しうる距離、地質、構造の3条件に該当していることも確認された。以上を総括すると、在来工法で施工されたトンネルにおいて、地震時の被害として一般的に生じる可能性がある範囲の被害であったものと考えられる。



写真-1 第一米山トンネル(天端)
(圧ぎ, せん断ひびわれ状況)



写真-2 第一米山トンネル
(トンネル上方斜面崩壊状況)



写真-3 第二米山トンネル 写真
(側壁上部コンクリート剥落状況)



写真-4 第三笠島トンネル
(側壁上部コンクリート剥落状況)