2016年熊本地震被害調査報告書講習会
東京大学武田ホール　2018.4.26

道路トンネルの被害と対策

－ 俵坂トンネルを中心に －

蒋　宇 静
長崎大学大学院
工学研究科社会環境デザイン工学

第5章　道路トンネルの被害

5.1　調査概要
5.2　道路トンネルの被災状況
5.3　俵山トンネルの被災パターンと原因考察
5.4　進められている復旧対策

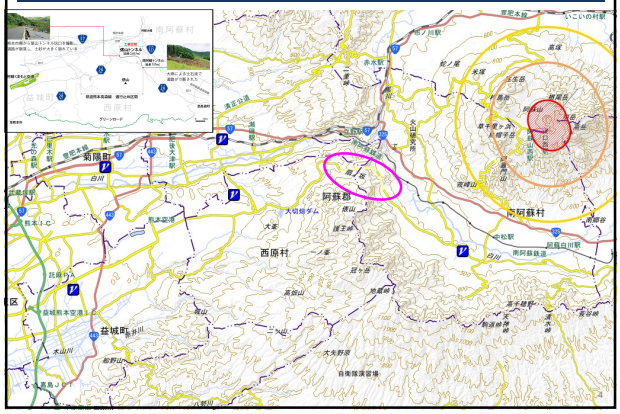
熊本・大分県内の道路トンネル

- 2016年熊本地震において，熊本・大分県内の市町村の最大震度で震度6弱以上を観測した地域では，総本数234本，総延長約84kmの道路トンネルが存在した①。もっとも被害を受けたのは，俵山トンネルと南阿蘇トンネルである。
- また，南阿蘇鉄道高森線の鉄道トンネル（犀角山，戸下）も大きな被害を受けた②

出典：
①（国研）土木研究所道路技術研究グループ　砂金・日下：2016年熊本地震による道路トンネルの被害と今後の耐震対策，トンネルと地下，2018年2月
②（公財）鉄道総合技術研究所構造物技術研究部トンネル研究室　岡野・川越・小島他：2016年熊本地震による南阿蘇鉄道のトンネル被害，トンネルと地下，2018年2月

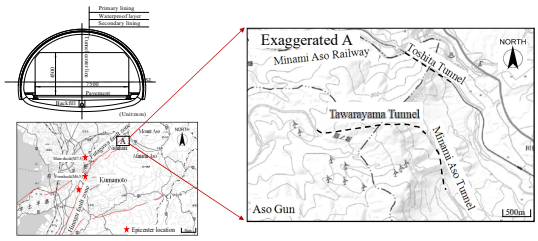
3

俵山トンネルの位置



俵山トンネルの概要

施工：起点側（熊本側，西側）鹿島・山本・大政JV
　　終点側（宮崎側，東側）三井・杉本・森JV
掘削工法：NATM（機械掘削＋発破掘削）
供用開始：2003年（供用15年）
延長：2,057m，巾：7.5m，高さ：4.5m



5

地震直後の報道

日経コンストラクション記者：「俵山トンネル崩落」、12km歩いて見た現場
2016/04/27

県道28号の車両通行止め付近に到着してからスマートフォンで調べると、俵山トンネルまでは6km以上ある。

H28熊本地震災害調査

・2016年5月15～16日
砂防学会九州支部と日本地すべり学会の合同調査
（団長：鹿児島大学 地頭薗隆教授）
調査対象（第1班）：阿蘇大橋を破壊した大規模崩壊地とその周辺

・2016年5月30日
土木学会トンネル工学委員会の調査
調査団メンバー：
長崎大学：蒋宇静（団長）、森政信吾、石田純平
長崎県技術士会：園田直志（現地ボランティア活動中）
熊本大学：松田泰浩 教授
熊本河川国道事務所：岡田清孝 工事品質管理官、光武聡 建設監督官
アジア航測：平川泰之、田中利昌
調査対象：俵山トンネルと28号線沿いの被災状況）

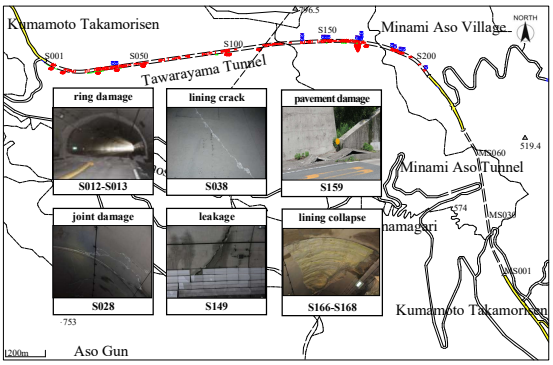
7

トンネルと断層との関係

産業技術総合研究所の活断層データベースによる

8

俵山トンネルの被災状況



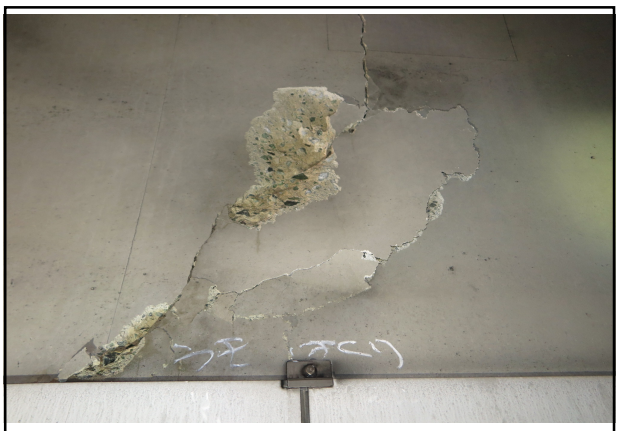
9

全周に亘るクラック

10

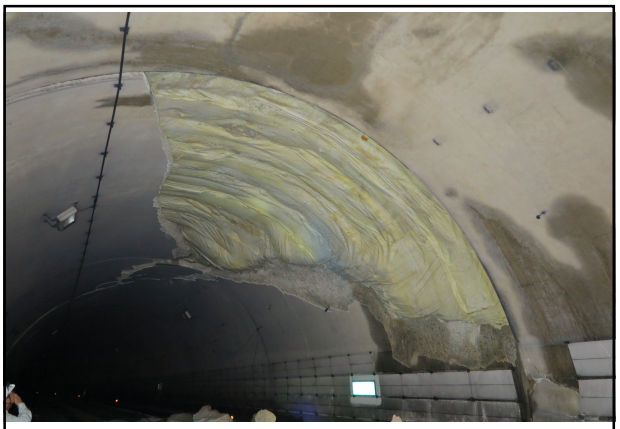
表面圧ざによる剥落

11

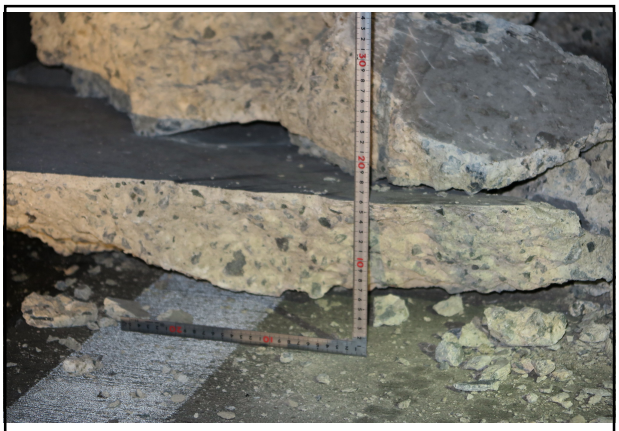


表面圧ざによる剥落

12



覆工剥落 13



覆工の表面剥落 14

側壁の剥離

15

覆工繋ぎ目のずれ

16

段差 17

圧ざ破壊 18

盤膨れ

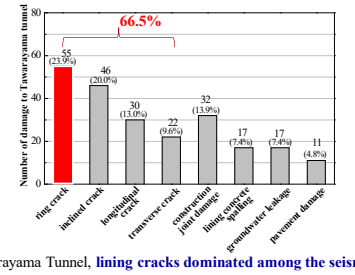
19

坑口付近の段差

20

変状の種類と割合

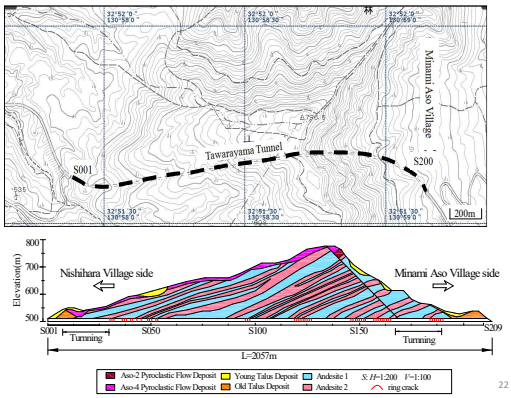
➢ Number and proportion of seismic damages to the Tawarayama Tunnel by the 2016 Kumamoto Earthquake.



In the Tawarayama Tunnel, **lining cracks dominated among the seismic damages** with estimated proportion of 66.5%, which consisted of ring crack (23.9%), transverse crack (9.6%), longitudinal crack (13.0%) and inclined crack (20.0%) .

21

トンネル変状要因

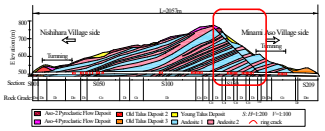


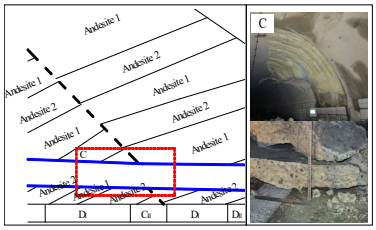
22

トンネル変状要因

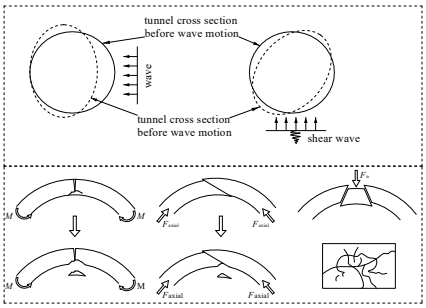
Fault zone

- Tunnels that go through fault or shear areas or into a large plastic area are more likely to show collapse.





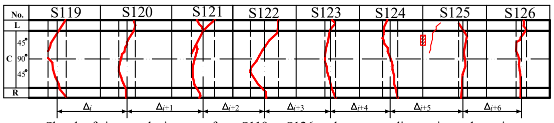
トンネル変状要因



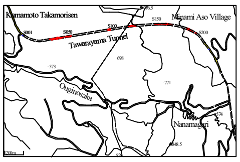
24

トンネル変状特徴

A special and interesting phenomenon was observed in the site investigation of Tawarayama Tunnel that the 55 **ring cracks distributed with a regular spacing △** in 23.4% of the Tawarayama Tunnel.

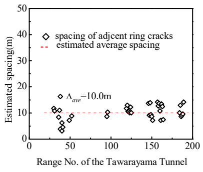


Sketch of ring cracks in range from S119 to S126 and corresponding estimated spacing



S030~S053
S095~S097
S119~S126
S146~S153
S157~S165
S184~S190

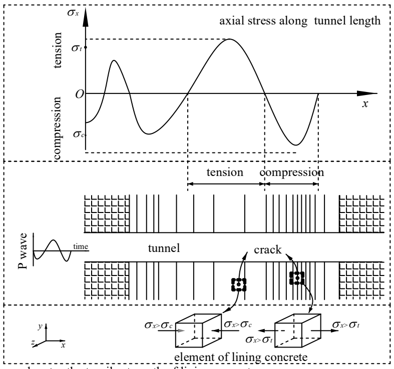
Distribution of ring cracks



Estimated spacing of continuous ring cracks

25

トンネル変状要因



σ_t denotes the tensile strength of lining concrete
σ_c denotes the compression strength of lining concrete

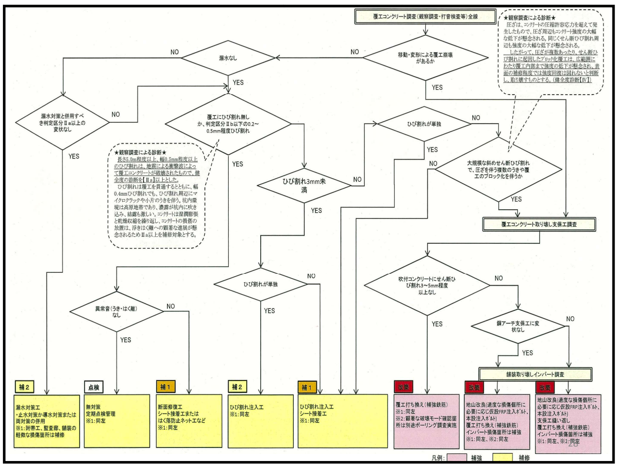
26

震災後の復旧対策

参考資料:

国交省九州地方整備局熊本河川国道事務所:
熊本地震道路復旧検討(県道熊本高森線)
ートンネル被災状況及び復旧計画, 2017.1

27



28

復旧方法

・覆工が大規模に崩落(S167)している.
・その大規模崩壊箇所は, 一次支保工も大きく毀損している.
※鋼製支保工の座屈
※吹付コンクリートへのせん断ひび割れ
※同 うき・はく離・圧ざ
・覆工が広範囲にはく離(S012)している.
・覆工がせん断ひび割れや圧縮破壊により広範囲のはく離(S028), 圧ざしている.

以上に挙げた箇所は、覆工や一次支保工の機能が著しく低下しており再構築が必要である.

・覆工や一次支保工の機能が著しく低下した箇所は再利用しない.
・覆工は取壊し, 補強鉄筋を入れて再構築する.
・鋼製支保工・吹付コンクリート・ロックボルト等の一次支保工は, インバートを含め損傷程度に応じて再構築または補修を行う.
・必要に応じて, 覆工や一次支保工の取壊しに際し地山や周辺覆工が緩んで連鎖的に壊れることが懸念される箇所は, 安全な施工のため, 補助工法として事前にFRP注入式ロックボルトを打設する.

29

熊本高森線(俵山トンネルルート)開通

2016年5月より調査・復旧工事に着手;覆工コンクリートの損傷が激しい区間については、

- インバートの破損区間については、改築(取壊・補強鉄筋覆工)
- 覆工コンクリートの表面クラックについては、炭素繊維2方向1層貼付けなど

トンネルの災害復旧が鋭意に進められて、同年12月24日に俵山トンネルルートが開通。