欠陥を有するトンネルの耐震性能の明確化と欠陥対策工の設計方法の提案

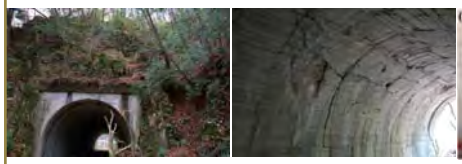
Investigation of the seismic behavior of the defective tunnel and a proposal of the improvement method

CONTENTS
- 研究の背景
- 研究の目的
- 実験の概要
- 実験結果
- まとめ

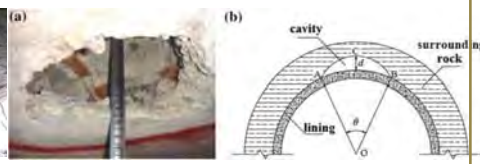
横浜国立大学 都市イノベーション研究院　崔瑛 (CUI, Ying)

1. 研究の背景

欠陥を有するトンネル

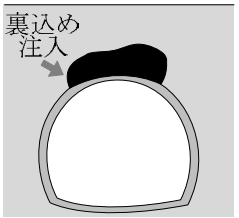


広島県Aトンネル：覆工コンクリートの経年劣化と背後岩盤（花崗岩）の風化により，変状が発生（小笠原洋、2014）



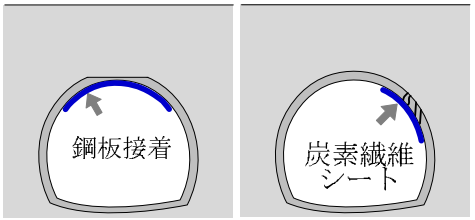
供用開始9年後に覆工に変状，空洞（中国）(Fu et, al., 2018)

周辺地山の劣化



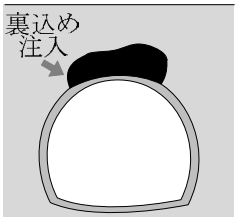
背面空洞，風化，侵食

覆工の欠陥



巻厚不足　　ひび割れ

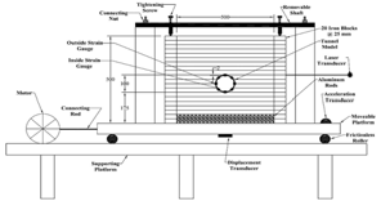
2. 研究の目的



周辺地山の劣化：
- 背面空洞，ゆるみ
- 風化による土砂化，強度の低下
- 侵食等による間隙の増加，強度低下

目的1：

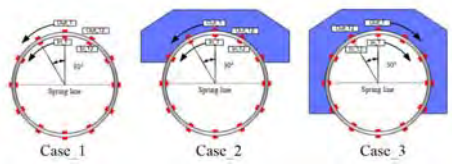
欠陥を有するトンネルの耐震性能の明確化



二次元振動台実験

目的2：

欠陥対策工の効果の解明と設計方法の提案

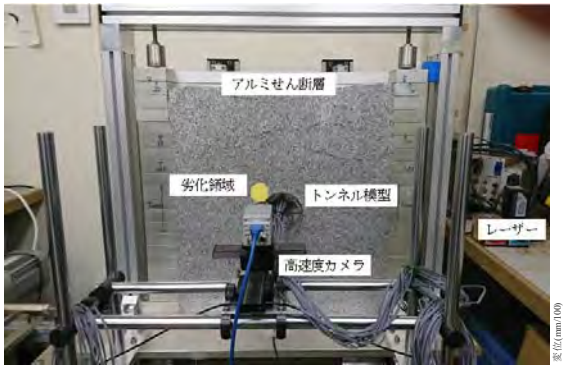


遠心模型実験

3. 模型実験の概要

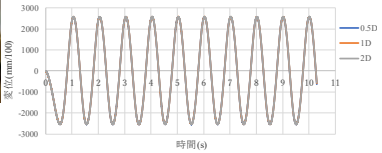
【二次元せん断アルミ槽による振動台実験】

検討項目：　劣化領域の寸法・位置，
劣化地盤の強度
震動特性



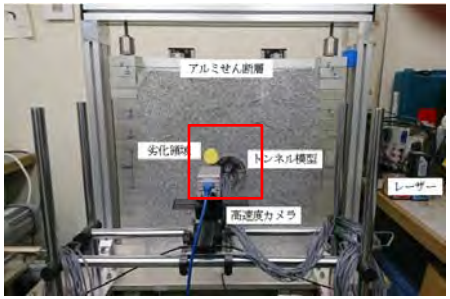
振幅：±25mm
周波数：0~2Hz，最大加速度：200 gal

トンネル模型



加速度：100 gal

3. 模型実験の概要

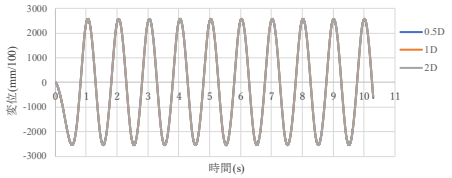


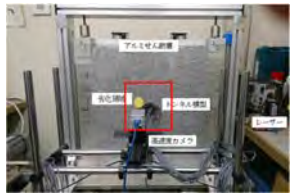
発生位置
左肩部に劣化領域

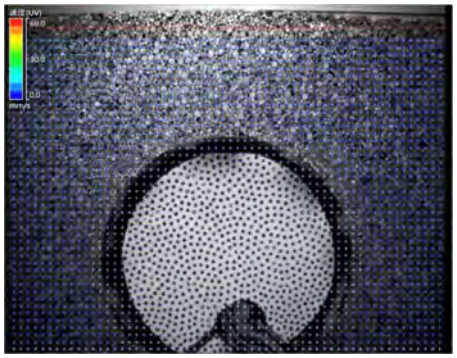
寸法・形状
三日月型の劣化領域

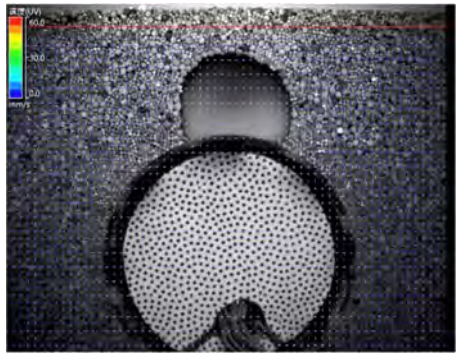
対策
薬液注入の効果（ウレタン）

4. 模型実験の結果





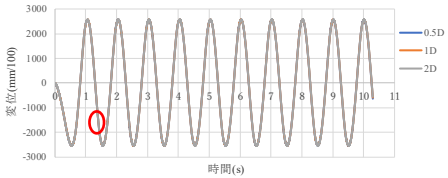


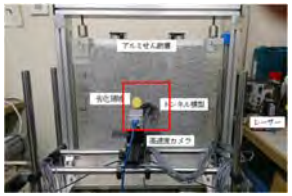


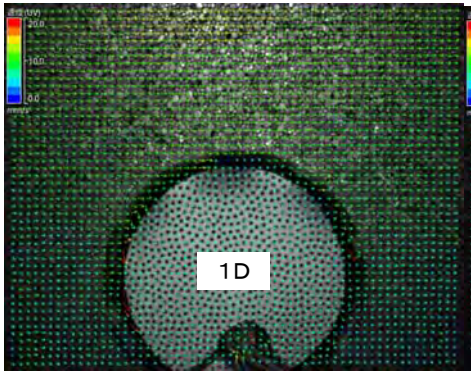
劣化地盤なし

発生位置：天端背面

4. 模型実験の結果



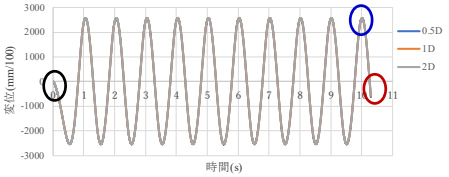




劣化地盤なし

発生位置：天端背面

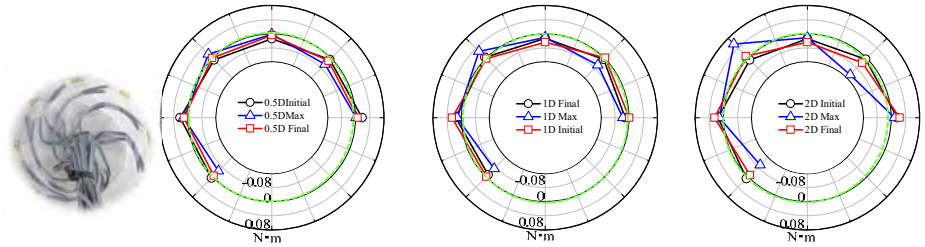
4. 模型実験の結果



○加振前
○加振後10波目の最大加速度発生時
○加振終了後

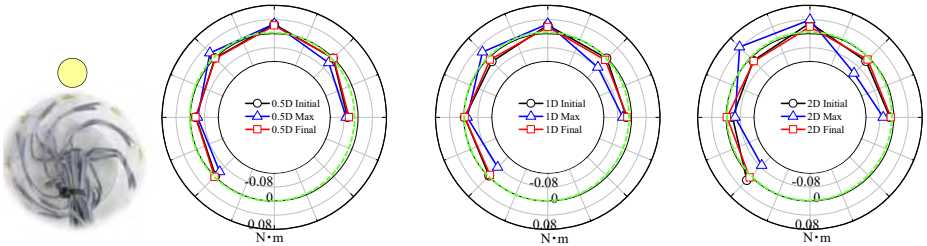
4. 模型実験の結果

○加振前　○加振終了後
○加振後10波目の最大加速度発生時



(a) 0.5D　(b) 1D　(c) 2D

健全なトンネルに発生する曲げモーメント



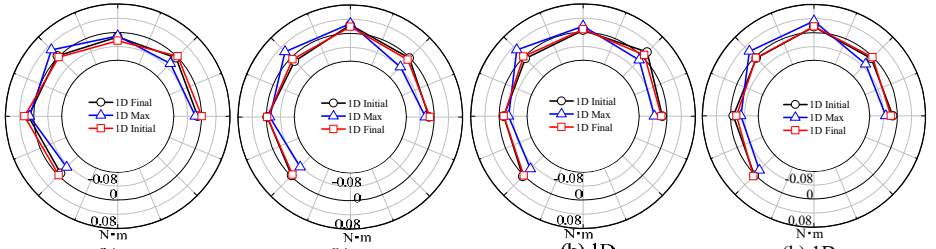
(a) 0.5D　(b) 1D　(c) 2D

天端背面に劣化領域を有する際の曲げモーメント

4. 模型実験の結果

○加振前　○加振終了後
○加振後10波目の最大加速度発生時

劣化領域の位置，寸法の影響

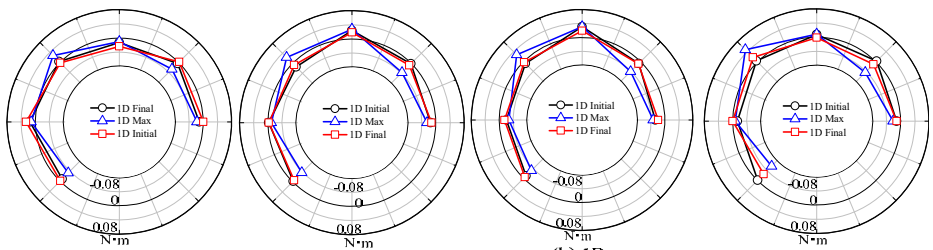


(b) 1D　(b) 1D　(b) 1D　(b) 1D

4. 模型実験の結果

○加振前　○加振終了後
○加振後10波目の最大加速度発生時

劣化度合い，対策による影響



(b) 1D　(b) 1D　(b) 1D　(b) 1D

5. まとめ

欠陥を有するトンネルの耐震性能（アルミ積層体を用いた二次元振動台を開発）

- 劣化領域が天端にある場合は，その形状や材質等に起因して曲げモーメントの大きさに差はあるが，総じて健全なトンネルは横に扁平になるように変状することに対して，劣化領域がある場合は，縦長に変状する．
- 劣化領域が中心から離れた箇所に発生した場合は，トンネル覆工に変圧が作用し，それによってトンネルの平常時・地震時の安定性も大きく影響される．

欠陥対策工の効果（二次元振動台実験，遠心模型実験）

- 剛な材料で補強した場合，トンネル周辺地盤は剛性が増大することによって周辺地盤の変状が抑制され，その結果トンネルの変状も抑制される．ただし，補強領域の寸法や位置によっては境界部分に応力が集中する可能性があり，更なる検討が必要である．

Related publications:

- Seismic Behavior of Shallow NATM Tunnels Excavated in Improved Ground, Oral paper proceedings of ITA-AITES World Tunnel Congress 2018, 2018. 4.
- Numerical study on the effect of pre-ground improvement method on control of ground subsidence occurring in shallow overburden NATM tunnels, Proceedings of the 7th China-Japan Geotechinical Symposium, 2018. 3.
- Experimental study on the effect of localized weak zones on the seismic behavior of shallow tunnels, ITA-AITES World Tunnel Congress 2019. (審査中)