

研究テーマ－事前地山改良工を施した小土被りトンネルの地震時挙動

研究背景と目的

事前地山改良工は Figure 1 に示すように、トンネル天端付近まで開削し、トンネル側方を地山に対して直接セメント系の固化剤を添加し攪拌して改良した後、掘削土にセメント系の固化剤を添加したものを上から転圧し、掘削土を埋め戻した後にトンネル掘削を行う補助工法である。地山改良により、掘削時に切羽の安定性が向上し、地表面沈下が抑制される*。

一方で、地震時においては、トンネル上部の密度増加により応答が増幅することや、剛性の高い改良体と地盤の境界に応力が集中し、トンネル覆工に被害が発生することが懸念される。そこで、本研究チームでは、改良パターン別のトンネルの地震時挙動を把握することを目的として、動的遠心模型実験を実施した。ここでは実験結果の一部を示す。

研究手法

遠心模型実験とは幾何学的に $1/N$ に縮小された模型に対して N 倍の遠心力を載荷することで実物と同じ自重応力状態を得る実験手法である。粒状体である地盤は自重応力状態によって強度が変化するため、本実験手法は地盤模型実験に適している。下記に示す研究成果では、トンネル上半上部のみ改良したケース (Case-2) とトンネル下半脚部まで改良したケース (Case-3) の地震時挙動を確認した実験成果を述べる。

研究成果

Figure 2 に地盤の右向きのせん断変形が最大となった時の曲げモーメント分布を示す。また、加振前と加振後の値も併記している。図より、Case-2 では地震時にトンネル上部に大きな慣性力が作用するため、応答が大きくなる。その結果、地震時に改良体の境界部分に大きなせん断変形が生じるため、トンネル覆工への警戒が必要であると考えられる。一方、Case-3 ではトンネル周辺の地盤の剛性が増加することで、トンネルのせん断変形が抑制され、トンネル全体に発生する曲げモーメントは小さくなるため、耐震性は向上しているといえる。

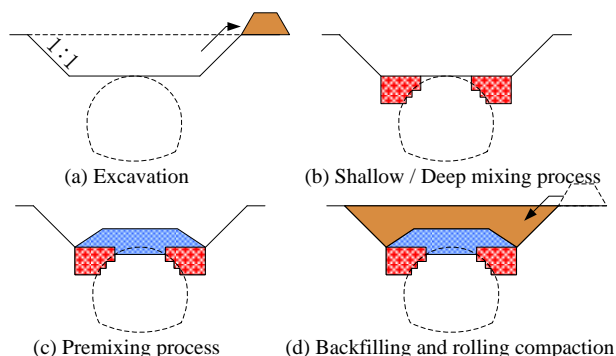


Figure 1 : Construction process of pre-ground improvement method

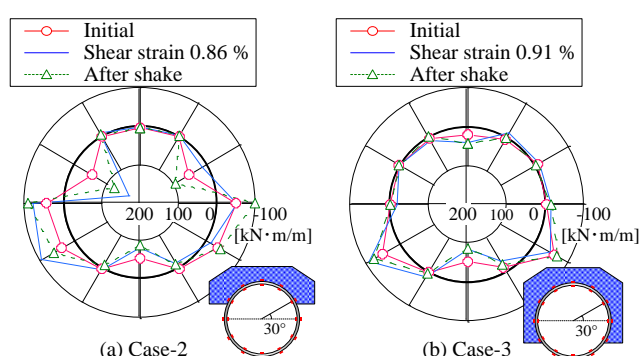


Figure 2 : Bending moment distribution

*崔 瑛, 野々村政一, 井浦智実, 岸田 潔, 木村 亮: 小土被りの土砂地山でのトンネル掘削における事前地山改良工の効果に関する解析的研究, 土木学会論文集 F1, Vol.68, No.3, pp.27-37, 2012.

Research theme – Seismic behavior of shallow overburden tunnel with pre-ground improvement

Research background and objective

Figure 1 shows the construction process of the pre-ground improvement method. First of all, the ground is excavated to the upper part of the tunnel crown. Then, cement is mixed with the natural ground around the side wall of the tunnel using the shallow or deep mixing stabilization method. Thereafter, spreading and rolling compaction of the premixed soils are performed over the tunnel crown area. Finally, backfilling and rolling compaction of the excavated soils are performed to the ground surface*.

However, the seismic behavior of the tunnel after improvement was not clearly discussed. It is thought that the difference of stiffness between soft ground and improved ground strongly affect the stability of the tunnel structure during seismic excitation.

Research method

Centrifuge model test is the experimental method to provide the prototype stress condition with the 1/N scale model by using N G centrifugal acceleration, which is suitable for geotechnical modeling because the soil's properties depends on the identical self-weight stresses giving effective confining stress. In the following result, we show the seismic behavior of the shallow tunnel with pre-ground improvement considering two ground improvement patterns; improvement on the ground around both the crown of the tunnel and the top section (Case-2), and improvement on the ground around all the cross-sections of the tunnel (Case-3).

Results & Discussion

Figure 2 shows the bending moment distribution when the right-hand shear deformation of the ground reaches maximum value. The values before and after excitation are also shown. From Figure2, it is confirmed that in Case-2, the response of the tunnel was amplified by the concentration of the weight at the upper part of the tunnel. Moreover, large cross-sectional forces were generated at the boundary between the improved and unimproved ground. On the other hand, in Case-3 shear deformation of the tunnel could be suppressed by the increment of the whole rigidity of surrounding ground.

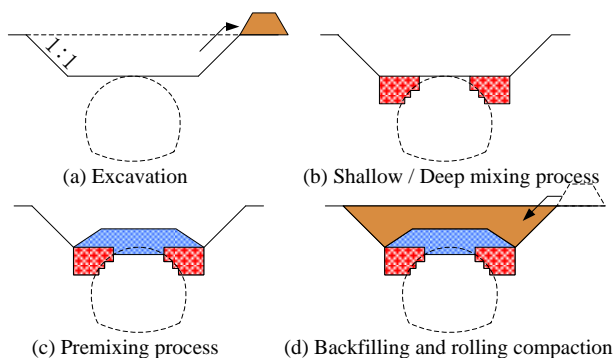


Figure 1 : Construction process of pre-ground improvement method

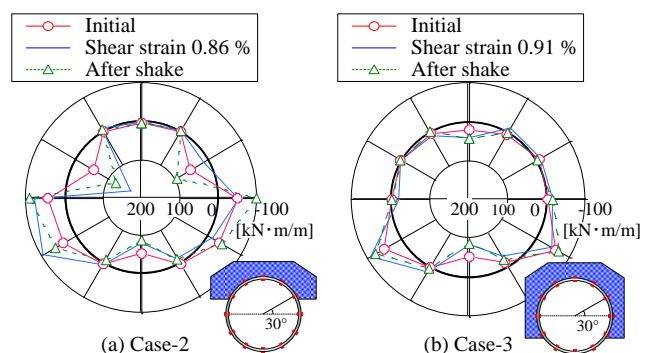


Figure 2 : Bending moment distribution

*Kishida, K., et al: Discussion on the mechanism of ground improvement method at the excavation of shallow overburden tunnel in difficult ground, *Underground Space 1*, pp.94-107, 2016.