地盤改良による扁平大断面トンネルの耐震補強効果

鹿島技術研究所 永谷英基 山田岳峰 大保直人 東京工業大学大学院 井澤 淳 日下部治 東日本電信電話㈱ 重定浩之

1.はじめに

中柱を設置できない扁平特殊断面トンネルでは、常時と並びレベル 2 地震時の安定性確保が、設計上重要な検討課題となることから、著 者らは、費用効果を鑑み、非開削切り拡げ工法で扁平トンネルを構築 する際に必要となる地盤改良等の仮設構造体を有効利用した場合(図 1参照、以下、地盤改良複合トンネル)の耐震補強効果について、ア ルミトンネル模型を用いた遠心力模型実験で考察している¹⁾²⁾。しか しながら、合理的な設計では、レベル2地震時にはトンネルの終局状 態を想定した上での設計担保が必要である。そこで、本稿では、脆性 的なモルタルトンネル模型を用い、レベル2地震時の扁平トンネルの 破壊過程を再現するとともに、無対策では破壊に至るトンネルに対し 地盤改良を複合した場合の耐震補強効果について検討した。

2.実験方法

本研究では、地盤改良の有無による2ケースの実験を行っている。 トンネルモデル(CASE1)を写真-1 に、このトンネル周辺に円形の地 盤改良を施した地盤改良複合トンネルモデル(CASE2)を写真-2 に示 す。耐震補強の効果を明確に判別するために模型をモルタル製とし、 トンネル部の一軸圧縮強度が19.6N/mm²、地盤改良部はその1/10の強 度の1.96N/mm²とした。トンネル-改良体間の接触部については、別途 検討¹⁾²⁾を行っており、本実験では厚さ1mmのゴム板を設置し、トン ネル躯体と地盤改良体の付着を低減することとした。遠心振動台実験 にあたっては、鉛直水平2軸振動台³⁾及びせん断土槽を使用し、40G 場において100Hz(実規模換算2.5Hz)のSIN 波を、計6STEP 加振し た。模型地盤は豊浦乾燥砂を使用しており、相対密度は80%である。 図-2 に実験モデル断面と計測項目を示す。

3.実験結果

入力加速度、トンネル内空変位、トンネル外側縁ひずみについて、 遠心載荷開始時から累積出力した各 STEP 時系列応答比較を図-3 に示 す。トンネル中心高さにおける地盤の水平応答加速度から、本実験で は両ケース共に最大±15G 程度の水平加速度がトンネル模型に作用し たことがわかる。まず、CASE1 について、トンネル内空鉛直変位に注 目すると、STEP5 において大きな変化が生じており、トンネル躯体に 貫通クラックが発生し、トンネル挙動に大きく影響を及ぼしたと考え られる。このトンネル覆工の破壊について、STEP5 の全6箇所におけ る縁ひずみ応答について図-4 に示す。トンネル下半の隅角部 及び 仮設構造体 地中切り拡げによる トンネル接合部 地中切り拡げ時の仮設構造体(パイブルーフ,曲がり 推進,地盤改良など)を耐震補強に有効利用する。

図-1. 耐震補強概念



写真-1.モルタルトンネルモデル



写真-2.地盤改良複合トンネルモデル



キーワード:遠心模型実験,耐震,地盤改良

連絡先:〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設㈱ 技術研究所 地盤グループ TEL0424-89-7694



図-3.時系列応答比較(累積表示)

中央 において大きな変化が生じているが、トンネル上半は変 化が小さい。これは、写真-4に示す実験後の破壊状況から、ト ンネル下半ではひずみ計測位置付近においてクラックが生じて いるが、上半は計測位置の中間においてクラックが生じており、 クラック貫通後もゲージ設置付近では断面力が伝達されたため と推察される。これに対し、トンネル周辺を改良した CASE2 の 場合、土被りによる初期の鉛直変位は半分に低減され、水平変 位はほとんど無い。また、STEP2 までの比較では、加振による 水平変位も大きく抑制していることから、トンネル躯体の変形 を地盤改良部が拘束することで、耐震性能が向上したものと考 えられる。さらに、トンネル躯体外側 に生じる縁ひずみに注 目すると、全 STEP を通して特に変化は見られず、実験後の観察 の結果、トンネル覆工には全く損傷が無いことも確認された。

4.まとめ

本実験から、中柱の無い扁平矩形断面の場合、トンネル上半は ふう スラブが抜けるように破壊し、下半は隅角部及び中央で破壊が生じるが、 トンネル躯体周辺を地盤改良することによって、トンネル覆工に全く破 壊が生じないことが確認された。これは、土被りや地震力によるトンネ ル躯体の変形が地盤改良体によって拘束され、破壊に至る曲げ引張りが 抑制されたためと推察される。以上から、地盤改良などの仮設構造体を 耐震補強構造として有効利用する地盤改良複合トンネルが耐震性能向上 に役立つ可能性が示された。

参考文献:1)山田岳峰他:扁平矩形トンネルの耐震補強に関する遠心振動台実験,第59回土木学会年次学術講演会,2004.9 2)同左:矩形断面を有するトンネル構造物に対する応答変位法の適用性 3)竹村他:水平 -上下2方向遠心模型振動台の開発,第36回地盤工研究発表会,2001.6



図-4.STEP5 ひずみ応答 (CASE1)



写真-4.トンネル模型破壊状況 (CASE1)