

中詰コンクリートの強度特性を考慮した複合構造インバートの三次元数値解析

首都大学東京大学院	学生会員	○鈴木	一輝
首都大学東京大学院	正会員	土門	剛
株式会社高速道路総合技術研究所	正会員	北村	元
社団法人施工技術総合研究所	正会員	安井	成豊
首都大学東京大学院	正会員	西村	和夫

1. 研究背景・目的

近年、高速道路トンネルにおいて、舗装版の隆起等の変状が発生し走行性の低下やトンネルの安定性に問題が生じることがある。そのような変状の対策として、インバート補強工や路盤下補強工がある。しかし、ロックボルト工等による路盤下補強工は緊急対策として行われるものであり、変状を完全に抑えることができないこともある。一方、インバート補強工は変状抑止効果が路盤下補強工に比べて高いと考えられる。しかし、トンネル内を通行止めにしてトンネル下部掘削をしなければならないため、交通量の多い高速道路では、社会的、経済的な影響が大きい。そこで、供用中トンネルの片側の交通を確保したままでのインバート施工が可能な、コンクリートとコンクリート中詰め鋼管による複合構造のインバート補強工（以下、複合構造インバート）を考案した(図1)。本研究では二次元解析によるインバート形状に関するパラメトリックスタディと三次元解析による施工過程を考慮した数値解析を実施し、最適な構造や施工手順を提案することを目的とした。このうち本報告では、三次元解析の結果の一部について報告する。

2. 研究手法

2.1 解析モデル

インバート施工の影響を考慮して照査するため、図2のように解析モデルを三次元モデルとし、トンネル全長を40m、その中央部24mにインバートを施工するものとした。地山およびインバート構成部材の物性値を表1に示す。地山は降伏基準にMohr-Coulombモデルを適用した弾完全塑性体とした。なお、応力表示は引張りを正とする。中詰コンクリート鋼管については円柱形を八角形柱で近似し、それぞれソリッド要素とシェル要素でモデル化した。

2.2 解析方法・手順

解析方法は実施工を再現するため、ステップ解析により段階施工を模擬した。解析ステップに関しては既報の報告のケース3と同一である¹⁾。

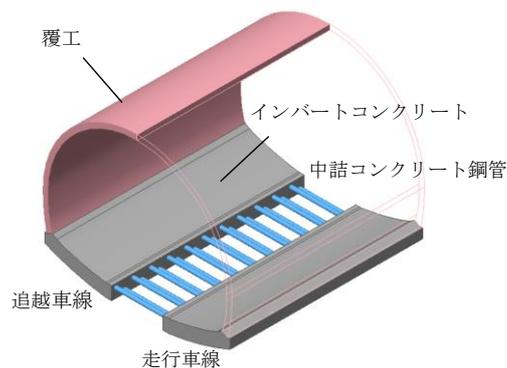


図1 複合構造インバート概略図

表1 物性値

	弾性係数 E(N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ(N/mm ³)	備考
地山	36	0.4	2.00E-05	c=0.319N/mm ² φ=25°
吹付けコンクリート	360	0.2	2.30E-05	
覆工	22,000	0.2	2.30E-05	
インバートコンクリート	22,000	0.2	2.30E-05	
中詰めコンクリート	28,000	0.2	2.30E-05	表2
鋼管	200,000	0.3	7.70E-05	

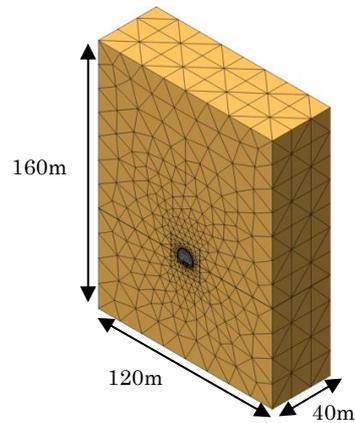


図2 解析モデル

キーワード 有限要素解析, 山岳トンネル, 盤膨れ, 対策工, インバート, Mohr-Coulomb

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL : 042-677-2785 FAX : 042-677-2772

表2 中詰めコンクリート解析ケース

	ケース1	ケース2
構成則	弾性	弾完全塑性 (解析基準: Mohr-Coulomb)
物性	E, ν, γ については 表1と同じ	粘着力 $c=2.8\text{N/mm}^2$ 内部摩擦角 $\phi=40^\circ$ 引張強度 $\sigma_t=2.7\text{N/mm}^2$

2. 2 解析ケース

本報告では中詰めコンクリートの構成則を2つのケースで解析を行った。それぞれの解析条件を表2に示す。本報告以前に実施した弾性解析では中詰めコンクリートの引張強度を超えた主応力が発生するため、実現象をとらえることができない。そこで中詰めコンクリートの引張強度と圧縮強度を考慮したバイリニアモデルを用いることで弾性との比較、検討を行った。また、本研究においてインバートコンクリートの接続部で主応力は卓越している。そこで解析結果の比較位置を図3に示す。

3. 解析結果

3. 1 中詰めコンクリート主応力

中詰めコンクリートの主応力を図4および図5に示す。凡例については図4のみに示す。ケース1の最大主応力は、先に施工した鋼管では正面側、後に施工したものでは背面側で高くなった。最小主応力はインバート施工の継ぎ目に近いもので卓越した。2ケースを比較すると、最大主応力は非線形性を考慮したことでケース2の方が小さい結果となった。最小主応力は2ケースに大きな差異はなかった。

3. 2 鋼管主応力

鋼管の主応力も中詰めコンクリートと同様に図6および図7に示す。最大主応力はケース2の方が大きい結果となった。これは中詰めコンクリートの主応力の減少分が鋼管の主応力の増加につながったと考えられる。最小主応力は中詰めコンクリートと同様に2ケースに大きな差異はなかった。

4. まとめ

本研究より以下のことが明らかになった。

- ① ケース2を用いることで、ケース1を用いるよりもコンクリートの実挙動を再現できたと考えられる。
- ② 中詰めコンクリートの主応力が減少することにより、鋼管の主応力の増加が見られたが、ケース2の最大主応力の最大値は 149.9N/mm^2 であった。使用する鋼管をSTK400と想定すると、降伏点が 235N/mm^2 以上、引張強度 400N/mm^2 以上である。そのため、本研究の範囲では中詰めコンクリート鋼管は強度内ということがわかった。

参考文献 1) 鈴木 一輝, 土門 剛, 北村 元, 安井 成豊, 西村 和夫: 複合構造インバートの施工過程を考慮した三次元数値解析, 土木学会トンネル工学報告集, 第23号, pp.247-253, 2013年11月

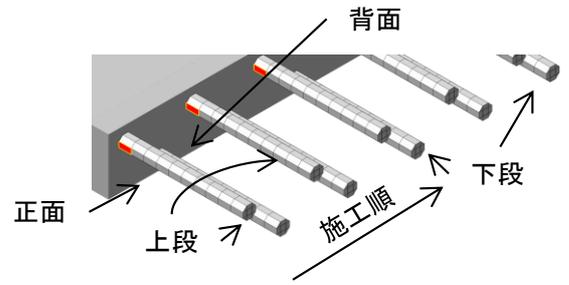


図3 インバート部の鋼管配置

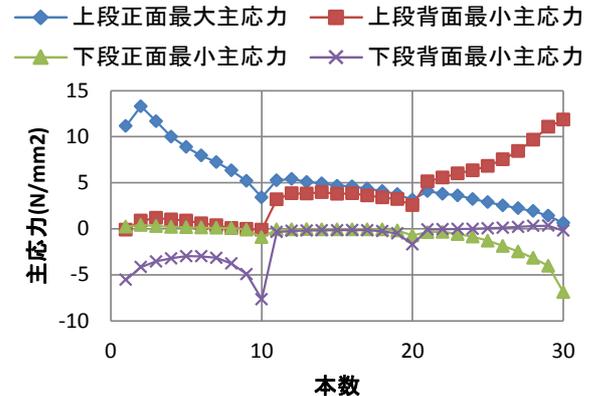


図4 ケース1 中詰めコンクリート主応力

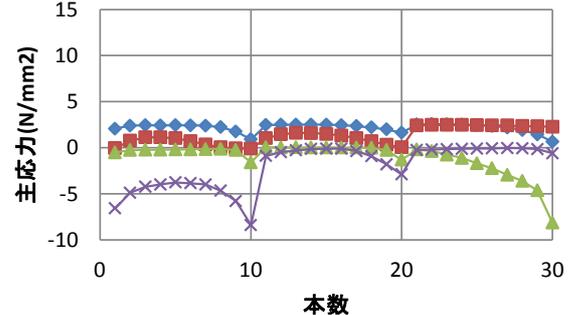


図5 ケース2 中詰めコンクリート主応力

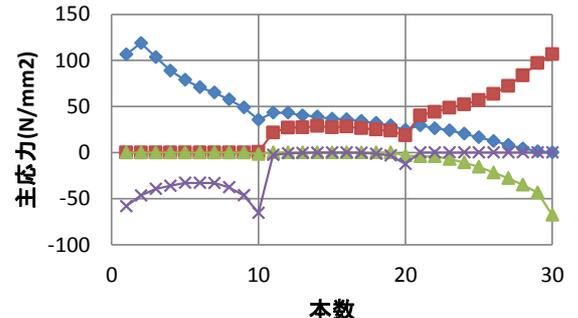


図6 ケース1 鋼管主応力

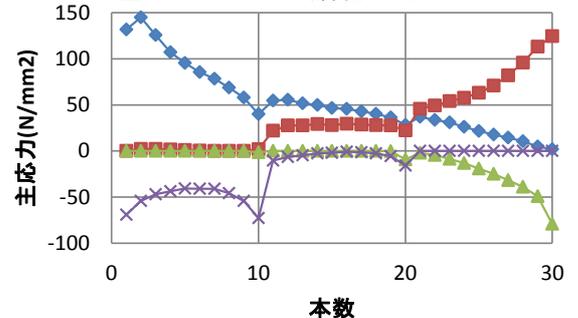


図7 ケース2 鋼管主応力