

VI-335

トンネル工法カルバートの設計および施工時計測結果

日本道路公団札幌建設局

林 康啓

日本国土開発札幌支店

高橋 徹

日本国土開発技術開発研究所

正 岡 千裕、杉本 雅人

1. はじめに

需要が増加しつつある高盛土中のカルバート工について、コストの低減および工期の短縮を目的とした工法の開発が望まれている。現在北海道縦貫自動車道長万部地内において、カルバート施工箇所に盛土した人工地盤中にトンネルを掘削し、発生する地中応力を周辺地山に負担させる工法として、トンネル工法カルバートが施工中である。この工法は、施工および完成時に発生する地中応力の算定と、それを支保する処理土（ここではセメント安定処理土を使用）の設定および施工中の計測管理が重要となる。ここでは当カルバートの解析による設計と、現時点で測定されている計測結果について報告するものである。

当カルバートの標準断面図を図-1、平面位置を図-2に示す。このカルバートは供用中の町道を迂回させて施工すること、および完成形状で14.7mの土被り高さを支保する機能を満足することが必要条件となっている。

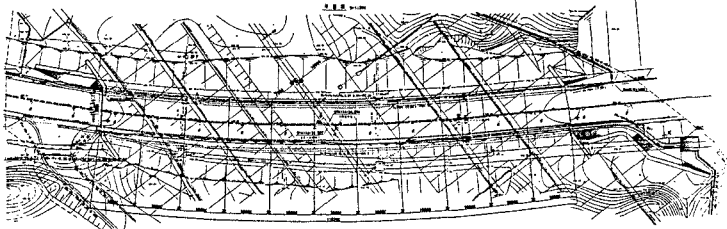


図-1 トンネル工法カルバート標準断面図

2. セメント安定処理土

当工法に用いるセメント安定処理土は、設計強度を満足し安定供給される必要がある。今回は施工地点の周辺で入手可能な盛土材を用い、セメント添加率8、10、12、14%（未処理土の乾燥重量比）に対する配合試験を実施した。盛土材の物性値を表-1に、配合試験の結果得られた各セメント添加率に対する材令と一軸圧縮強度の関係を図-3に示す。

セメント安定処理土の混合は、ベルトコンベア方式の事前混合処理工法を採用し800m³/dayを施工した。また、施工時の品質を確保するための試験施工を実施した結果、転圧はタイヤローラ、転圧回数10回とし、一層仕上がり厚さを20cmに設定した。

3. 地中応力解析および補助工の検討

セメント安定処理土の設計強度、盛土範囲および補助工法を検討するために、FEMによる地中応力解析を実施した。安定処理土の盛土範囲形状は、安定処理土幅と発生応力の検討および支持地盤のボーリング調査結果を考慮して図-1のように決定した。

表-1 盛土材料物性値

土粒子の密度 g/cm³	自然含水比 (%)	粒度(%)			最大粒径 (mm)
		礫	砂	細粒	
2.763	27.3	7.9	76.5	15.6	9.5

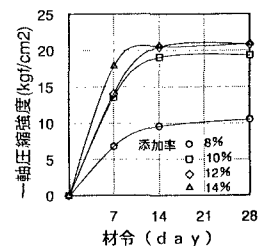


図-3 配合試験結果

①トンネル掘削時、②2次盛土完了時の2ケースについて実施した地中応力解析結果より、主応力分布を図-4に示す。

①トンネル掘削は、現道を迂回させる工程から、セメント安定処土および高速道路本線の路体を台形断面形状に盛土した段階で施工する。この時点で、天端付近に引張応力が発生するため、この部分に水平鉄筋（D22@200, L=12.0m）を配置した。このときに側壁面付近で発生する最大主応力は、S. L. 付近で 5.5kgf/cm^2 、足元付近で 9.3kgf/cm^2 である。

②2次盛土完了時は、高速道路本線計画高までの盛土が完了した状況である。図中の（）内の数値は、底版部に水平鉄筋を配置した場合の最大主応力値を示している。2ケースの解析を通して、セメント安定処理土内に発生する最大の主応力値はこのケースの側壁部足元付近で $\sigma=21.2\text{kgf/cm}^2$ となり、底版部に水平鉄筋を配置すると $\sigma=16.2\text{kgf/cm}^2$ に低減される。掘削底面中央付近に発生する引張応力に対する補助工法として水平鉄筋（D16@200, L=12.0m）を配置し、セメント安定処理土の設計強度は水平鉄筋を配置した場合の最大主応力に安定処理土の強度増加を見込んだ $\sigma_c \times 1.2=19.4\text{kgf/cm}^2$ と設定した。従って、セメント添加率は図-3に示した添加率と強度の関係から12%と決定した。

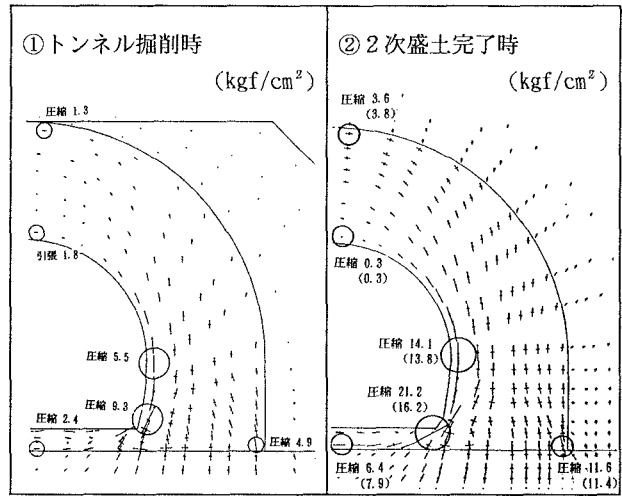


図-4 主応力分布図

4. 施工時のセメント安定処理土内応力および水平鉄筋応力変化

現在、台形形状の盛土後にトンネル掘削が完了している。図-5に示す計測器による計測結果を、トンネル切羽離れとの関係についてまとめ、図-6に示す。地中鉛直応力の計測値は、盛土高さによる土被り荷重としてT1に約 0.4kgf/cm^2 、T2, T3に約 2.8kgf/cm^2 発生し、切羽離れ-4mまでは定常的である。-4mから変化し、切羽通過後T2が 3.5kgf/cm^2 （解析値 5.5kgf/cm^2 ）に増加、T3が 2.0kgf/cm^2 に低下し掘削による応力変化を示している。

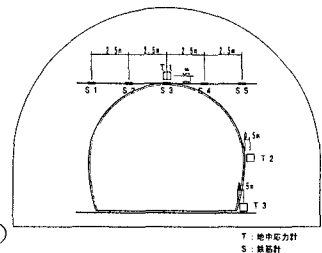
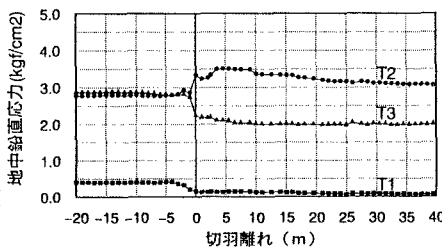
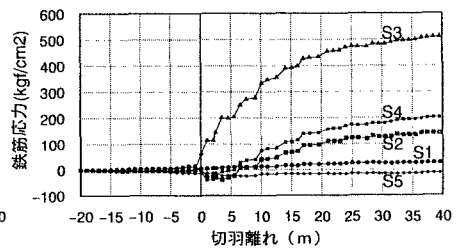


図-5 計測器配置図

鉄筋応力は、切羽通過時点で大きく変化し、中央部のS3が最大値を示しているが、 500kgf/cm^2 程度で収束傾向を示している。



(a) 地中鉛直応力



(b) 鉄筋応力

端部付近のS1、S5

は小さな応力値で安定している。

図-6 トンネル掘削時における測定結果

5. おわりに

現時点までのカルバートの挙動は、セメント安定処理土内応力、水平鉄筋応力とも解析値、許容応力度に比べて低い値として発生しているが、傾向としては解析結果と一致している。今回の施工で得られる計測結果により、当工法が成立するメカニズムを確認し、さらに合理的な設計法が追求できると考えている。