

## 開削トンネルの維持管理データに基づく耐久性に関する設計法

牛田貴士 仁平達也 仲山貴司

開削トンネルの設計を性能照査型設計に移行すると、設計時には耐久性の検討を行うこととなります。耐久性とは、時間の経過に伴って生じる変化（たとえば鉄筋の腐食）に対する抵抗性のことです。耐久性の検討条件および結果は、対象構造物の環境条件によって異なります。そこで、地上のRC構造物の設計で用いられる「鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物」に示される塩化物イオン濃度、中性化、曲げひび割れの検討手法を、開削トンネルの設計に適用するために必要な検討を行いました。

そのうち塩化物イオンについては、感潮河川付近の開削トンネルにおいて、その検討が必要な範囲を地下密度流解

析で推定する手法を示しました。そして、その推定結果は、開削トンネルで採取された漏水に塩化物イオンが含まれる範囲と概ね一致する結果であることを確認しました。

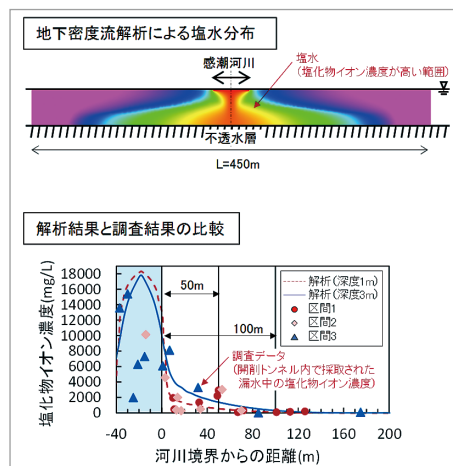


図 地下密度流解析による地盤内の塩化物イオン分布（解析結果と調査データの比較）

## 開削トンネルの温度ひび割れに関する設計法

仁平達也 田所敏弥 岡本大 藤岡慶祐

開削トンネルやボックスカルバート等では、図に示すような、セメントの水和熱に起因する温度応力によりひび割れ（以下、温度ひび割れ）が発生する事例がみられます。このひび割れは、漏水を伴う貫通するひび割れとなることが多く、供用上問題となる場合が発生する場合があります。そこで、近年ダムなどのマスコンクリートの温度ひび割れの検討に用いられている温度応力解析手法、具体的には、コンクリート硬化に伴って変化する、コンクリート引張強度と発生応力の比較により温度ひび割れの発生リスクを評価する温度応力解析手法に着目し、鉄道構造物に対する本解析法の妥当性について検討しました。そ

の結果、一般的な、開削トンネルやボックスカルバートでは、解析結果は安全側に評価すること、パラメータスタディにより、セメント種類や施工時期により温度ひび割れの発生リスクが異なることを明らかにしました。

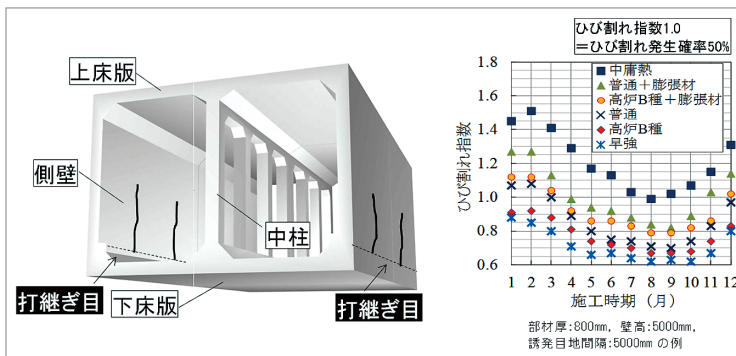


図 開削トンネルに発生する温度ひび割れの例と温度応力解析のパラメータスタディ結果

## 地下連続壁を本体利用する開削トンネルの擬似一体解析手法

中島卓哉 小林克哉 戸田和秀 小島謙一

地下連続壁を本体利用する際の開削トンネルの構造解析手法としては、一体計算法もしくは分離計算法があります。実務では、計算が容易であること、設計時点では施工工程が明確となっていないことから、一般的な条件下では分離計算法が用いられてきました。一方、施工時の影響が大きい場合などにおいては、一体計算法により設計することが望ましいとされてきましたが、手法の煩雑さなどからほとんど用いられてきませんでした。

本研究では、現実的な応力状態を表現することが可能である一体計算の簡便法（擬似一体解析）を検討し、その適用性を検証しました。その結果、擬似一体解析は施工時の残留応力を考慮できるため、分離計算法と比べると実際の

断面力分布に近い結果となること、また、施工時と完成時ともに背面側に大きな引張応力が発生する支保工配置を行う場合などは、擬似一体解析の適用が有効であることが確認できました。

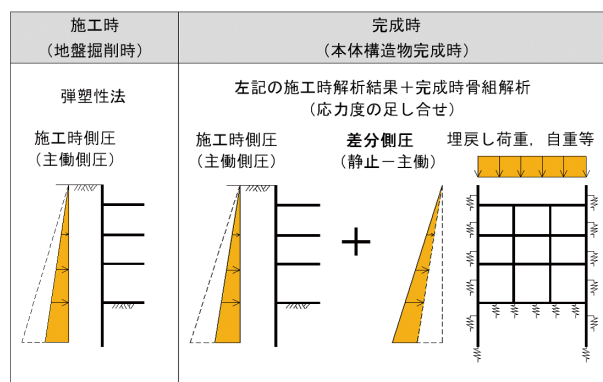


図 擬似一体解析の概念

### 特殊な設計条件における開削トンネルの構造解析手法

仲山貴司 西山和宜 小林克哉 西岡英俊

特殊な設計条件となる場合の応答値算定の精度を目的として、①大規模な開削トンネル、②盛土中に位置する開削トンネル、③特殊な形状を有する開削トンネル(U型形状)について、新たな構造解析手法を提案しました。

トンネルく体が大規模になる場合については、地盤反力係数を変位レベルに応じて補正する方法を提案し、これを用いた試算では、トンネル幅が40mの場合であれば地盤反力係数は1.7倍程度向上することを確認しました。また、盛土中に開削トンネルが位置する場合については、耐震設計において盛土形状を考慮した地盤変位算定手法(図)を提案し、一様地盤と仮定する従来の応答変位法と比較し

たところ、試算ケースでは約75%に発生断面力を抑制できることを確認しました。U型形状となる場合については、耐震設計において地震時主働土圧と応答変位法による構造解析を行い比較し、応答変位法は安全側の評価となっていることを確認しました。

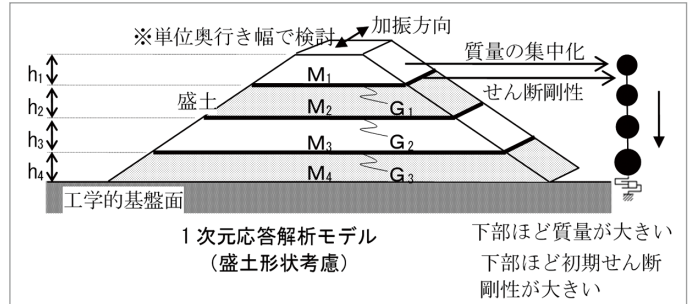


図 盛土形状を考慮した地盤変位算定手法

### 掘削土留め工の設計に用いる弾塑性法

松丸貴樹 小島謙一 島田貴文

掘削土留め工の設計においては弾塑性法による設計が多く用いられていますが、水平地盤反力係数の設定が土留め壁の変形や断面力の評価に大きく影響します。しかしながら、現行の設計においては土留め壁の種類や延長・根入れ長などの仕様によらず一律の水平地盤反力係数を用いており、土留め工の設計を適切に実施できていない可能性が考えられます。

本研究では、掘削土留め工設計に用いる水平地盤反力係数の算定手法を新たに提案し、試算により効果を検証しました。その結果、提案手法を用いることで土留め壁の変形や断

面力を現行の設計と比べて同等もしくは幾分か小さく評価できることを確認しました。また、現場で計測された土留め壁の変形と設計が整合するよう逆解析を行った上で予測解析を行う情報化施工の実施方法を提案し試算を行ったところ、以降の掘削過程を精度良く予測できることを検証しました。

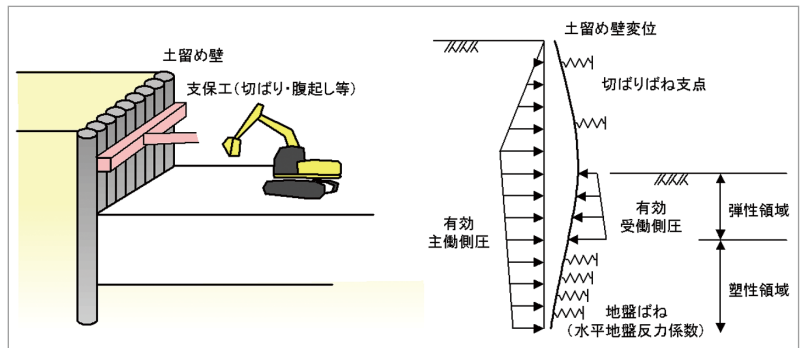


図 掘削土留め工と弾塑性法による設計

### 施工事例分析に基づく線路下カルバートの構造諸元の決定手法

仲山貴司 柳川一心 岡野法之

線路下カルバートの設計作業の効率化を目的として、鉄筋コンクリート構造の線路下カルバート(図)を対象として、施工事例の整理、分析を行い、構造寸法の決定方法の目安を提案しました。

この線路下カルバートの設計作業では、まず、設計の前提となる与条件から部材厚を仮定することから、効率的な設計を行うためには、要求性能を満足させやすい、部材厚を予め設定することが重要となります。そこで、本研究では、内空幅や内空高、土被りと各部材厚の關係に着目しました。この結果、内空幅が3m以上の場合には、上床版厚は内空幅と比例傾向があり1.0/10が最も多く0.8/10~1.1/10の範囲としている事例が9割近くを占めること、

また、側壁厚は、内空高との相関よりも上床版厚との相関が強く、上床版厚とほぼ同じ値に設定されていることが多いこと、さらに、下床版厚が上床版厚+100mmとなっている事例が多いことなどが明らかとなりました。

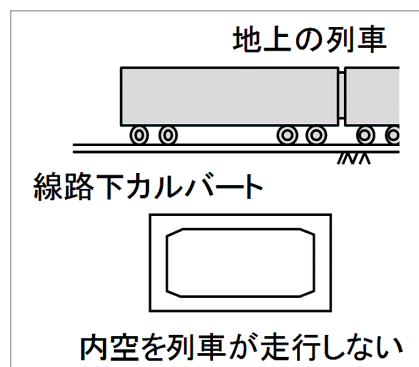


図 線路下カルバートの例