

Ⅱ期線トンネル掘削に伴うⅠ期線トンネルへの影響の検討

日本基礎技術(株) (正) ○濫谷行紀 復建調査設計(株) (正) 廣井和也
山口大学 (正) 中川浩二 山口大学 (正) 河原幸弘

1. はじめに

高速道路は通常、2車線のトンネルを2本、それぞれ進行方向に分けて同時あるいはⅠ、Ⅱ期線に分けて建設される。このような双設トンネルにおいて暫定2車線で供用された場合、既設トンネルに隣接して新設トンネルが建設されるという事例が増加してきている。その場合、新設トンネル工事の際に既設トンネルへの影響が懸念されるため、数値解析による地山の挙動の把握が重要である。本研究では市販の有限要素解析ソフトを用いて数値解析を行い、まず解析領域について簡単なモデルを用いて検討を行う。さらに、トンネル掘削時に既設トンネルが近接して存在する場合、既設トンネルの覆工への影響について検討を行う。

2. 数値解析上の問題点の検討

有限要素法では地山の一部をモデル化し、境界条件を設定することにより地山のモデル化を行うが、領域の取り方により応力、変位などの解析の結果は変わってくると考えられる。そこで、簡単なモデルを用いて、領域の寸法を任意に設定して数値解析を行い、最適と思われる領域について検討する。

2.1 単一トンネルの場合

図-1に示すように、ここではトンネルからモデル境界までの距離を上下左右それぞれ3Dおよび10Dの場合について比較を行う。モデルはCⅡ地山とし、土かぶり100mを想定した分布荷重を載荷する。トンネルは円形断面で解析ステップは重力解析とトンネル掘削の2ステップとし、トンネル側壁からモデル右側側面に沿って変位分布、応力分布を求める。その結果、水平方向変位の分布を図-2に示し、また、水平方向応力の分布を図-3に示す。変位について比較を行うと、ほぼ同様の傾向が見られる。また、トンネル掘削時の応力分布はトンネルから離れるに従い重力解析時の分布に近づいていき、トンネルから3D以上距離がある場合は、掘削の影響を受けていないと考えられる。以上の結果より、解析領域は3D以上あれば妥当な結果が得られるものと考えられる。

2.2 双設トンネルの場合

双設トンネルにおいて、Ⅱ期線掘削時に着目した場合の最適な解析領域について検討する。図-4に示すように、ここではトンネル側壁からモデル境界までの距離を3Dの場合と6Dの場合で比較を行う。解析ステップは重力解析、Ⅰ期線掘削、Ⅱ期線掘削の3ステップとし、Ⅱ期線トンネル側壁からモデル右側側面に沿って変位分布、応力分布を求める。その結果、水平方向変位の分布を図-5に示し、また、水平方向応力の分布を図-6に示す。その結果、両者の変位分布の傾向はほぼ同様であり、また、応力分布は、Ⅱ期線掘削時には単一トンネルの場合と同じような傾向がみられた。以上の結果より、単一トンネル同様に解析領域は3D以上であれば妥当な結果が得られるものと考えられる。領域の違いにより変位、応力にわずかな差が生じるが、それらは誤差の範囲内として考える。

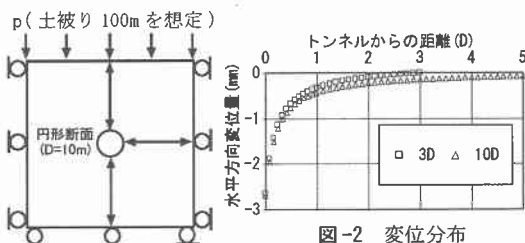


図-1 解析領域

図-2 変位分布



図-3 応力分布

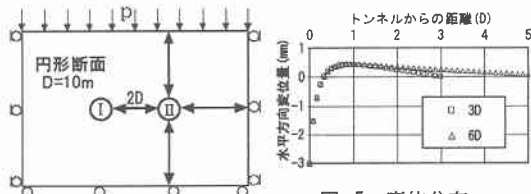


図-4 解析領域

図-5 変位分布

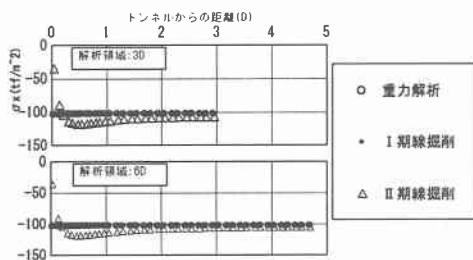


図-6 応力分布

3. II期線掘削に伴う周辺地山の挙動の把握

トンネルを掘削した場合、その周辺の地山はトンネルの方向へ変位する。そのため、その付近に既設トンネルが存在する場合、既設トンネルに何らかの影響が生じることが考えられる。そこで本解析では、双設トンネルのモデルを用いて、II期線を掘削した際に、その周辺地山およびI期線にどのような影響を及ぼすのかについて検討を行う。解析領域は上下左右3Dとし、円形断面のモデルを作成する。また、地山はCII地山とし、モデルには土かぶり100mを想定した分布荷重を载荷させ、素掘りの状態で解析を行う。解析の結果、II期線掘削時における周辺地山の挙動を図-7に、また、I期線の変形図を図-8に示す。但し、この図は変形量を拡大表示している。これらの図から、II期線掘削時に周辺の地山はII期線の方へ動いており、I期線も周辺地山の挙動に従い、II期線方向へ動いていることが分かる。また、そのときのI期線の変位は、II期線側とその反対側では大きく異なり、II期線側が大きく引っ張られる形になる。そのために、I期線の天端付近の覆工内空側には、その接線方向に対して過大な引張応力が発生することが予想される。

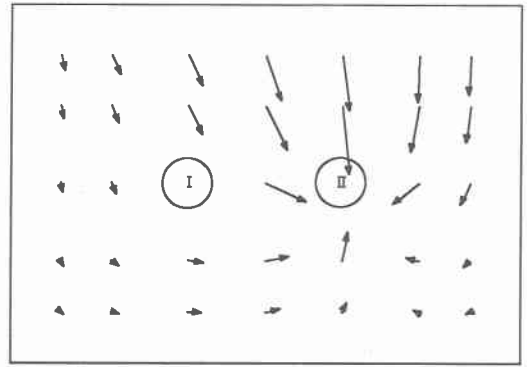


図-7 II期線掘削時の周辺地山変位分布

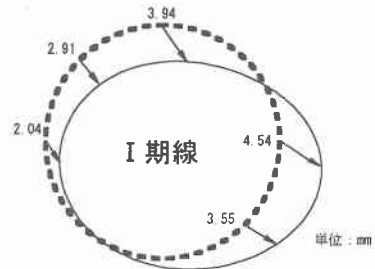


図-8 II期線掘削に伴うI期線の変形図

4. II期線掘削に伴うI期線覆工への影響の検討

前述のように、II期線を掘削した際、I期線の覆工には引張応力が発生することが予想され、そのためI期線の覆工に被害を生じないように両トンネルを隔離する必要があると考えられる。そこで本解析では、II期線掘削に伴うI期線の覆工応力の把握を行うとともに、トンネル間距離および地山物性値の違いによるII期線掘削に伴うI期線の覆工への影響について比較、検討を行う。検討ケースは地山物性値を道路公団技術資料に基づく地山等級をB, C I, C II, D I, D IIの5パターンで解析を行い、さらにトンネル間距離をそれぞれ0.5D, 1D, 2D, 3D, 4Dの5パターンで解析を行う。解析の結果、CII地山におけるトンネル間距離の違いによるII期線掘削時に発生した覆工応力の比較を表したものを図-9に示す。また、図-9に示す測点③において、地山変形係数の違いによる覆工応力の比較を行い、その結果を図-10に示す。その結果、図-9に示す測点③、④の覆工に関しては引張応力が発生しており、トンネル間距離を長くすれば覆工応力は抑えられ、地山変形係数の小さい地山においてもトンネル間距離をある程度確保すれば覆工応力は抑えられる、ということが考えられた。

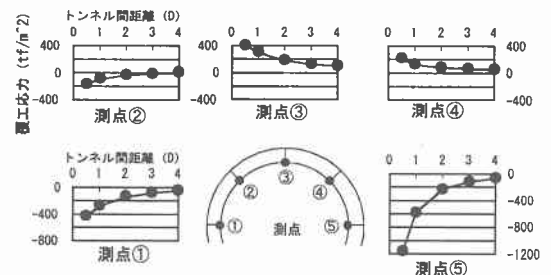


図-9 トンネル間距離と覆工応力

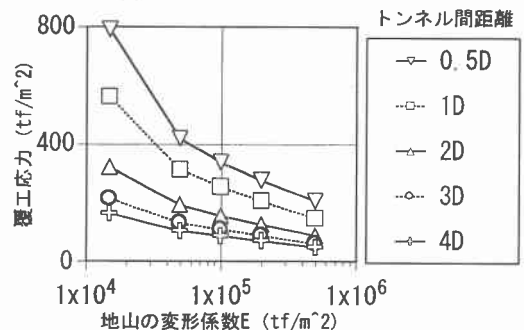


図-10 地山変形係数と覆工応力

5. おわりに

- ・ 双設トンネルの数値解析において必要な領域は、単一トンネルの場合と同様、トンネル側壁から3D以上あれば、おおむね妥当な結果が得られるものと考えられる。
- ・ 数値解析上、II期線掘削時にI期線のII期線肩部の覆工には大きな引張応力が発生する。