III-265　トンネル交差の影響予測解析（１）
― ３次元解析 ―

（財）鉄道総合技術研究所　正会員　朝倉俊弘
同　上　○正会員　松本吉雄
（株）構造計画研究所　伊藤和郎
近　畿　大　学　正会員　久武勝保

１．はじめに

近年国土の高度利用の傾向と相まって、既設トンネルに非常に近接して工事が行われる例が増えている。この場合、既設トンネルの健全度評価もさることながら、既設構造物への影響予測が重要な課題となる。

トンネルの交差はその影響が３次元的であることから、通常の２次元解析では表現できない。そこで、３次元的な挙動を２次元解析で近似的に表現することを目的とした研究の第一段階として、２ｍの離隔で交差が計画されているトンネルの３次元解析を行ったので、その概要を報告する。

２．解析計画

(1) 全体解析フロー

全体の解析フローは（図１）に示すように、まず３次元解析を行い既設トンネルの挙動を把握し、その後２次元解析によるパラメータスタディを行い、既設トンネルの３次元挙動を２次元解析により表現することを検討し、それによって既設トンネルの補強効果、新設トンネルの施工法による影響を考察しようとするものである。

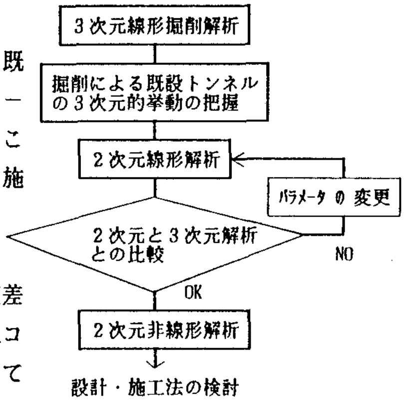

図１全体解析フロー

(2) ３次元解析モデル

解析には掘削解析が可能な汎用コード「ＡＤＩＮＡ」を用いた。交差位置関係を図２に、３次元モデルを図３に示す。既設トンネルは覆工コンクリートを含めモデル化を行い、新設の下部トンネルは素掘りとして解析を行った。

(3) 要素タイプ

はじめ覆工部分は３次元シェル要素を考えたが、覆工厚さが0.5mで、充分薄肉とは言えないことから、ソリッド要素を用いた。８節点アイソパラメトリック要素は、曲げ剛性の精度を上げるには要素分割を多くする必要があるといわれているが、解析モデル規模が大きくなることから、カンチレバーの解析によって8、12、20節点要素を比較した。この結果、12節点アイソパラメトリック要素により精度よく表現できることを確認し覆工部分だけを12節点要素とした。

(4) 解析物性値及び荷重

表１

	地　山	覆工コンクリート
変形係数 (kgf/cm²)	1.5 × 10^5	1.4 × 10^5
ポアソン比	0.25	0.20
単位体積重量 (g/cm³)	2.60	2.35
土被り	110m	

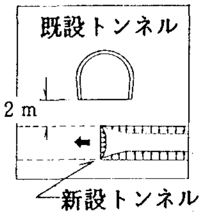

図２　交差トンネルの位置関係

(5) 解析手順

まず既設トンネルの覆工の無い状態で自重解析を行い初期応力を求め、次に既設トンネルの覆工をモデルに追加し、その後、新設トンネル側の掘削を10ステップに分けて逐次掘削解析を行った。

３．解析結果

３次元解析は多くの労力と時間を要する。このため、今回は硬岩地山を対象とした１ケースのみを行っており、一般的な考察とはならないが本解析で得られた結果の特徴について挙げる。

①覆工の変形→掘削の進行にしたがって初め右側脚部が下がり、最終的には全体が下がる結果となった。掘削の影響は、切羽が既設トンネルの４ｍ手前に到達した時点から始まり、脚部の沈下は既設トンネル中央部に切羽がきた時点でほぼ最終沈下量となる。最終沈下量は0.17㎜と小さな値となった。

②覆工の発生応力→スッテプ３以降に覆工に影響が現れる。掘削の進行により、右側脚部の変位が進み覆工が引きずられる形となり、覆工右肩に引張応力が生じその後左側壁脚部に最大応力が移っていく。発生応力の最大値はスッテプ９で22kgf/cm² である。（図４）

③地山変位→新設トンネルの天端沈下量は、最終的には既設トンネル部直下では他の区間より小さな値となった。これは、既設トンネルの掘削に伴いインバート部周辺の地山応力が緩和され掘削外力が小さくなるされことによる。（図５）

４．おわりに

直交する超近接トンネルを想定して３次元解析を行った。掘削過程毎の既設トンネルの挙動が良く表現されている。しかしながら、常にこの様な解析を行う事は時間、労力、経済性から困難であり、２次元解析により同様な検討が行える事が望ましい。筆者らはフローに示す比較検討を現在行っており、機会を得てこれらの結果についても報告したいと考えている。最後に、解析にあたっては構造計画研究所の福田昌幸氏に多大な協力を得たことを記して結びとする。

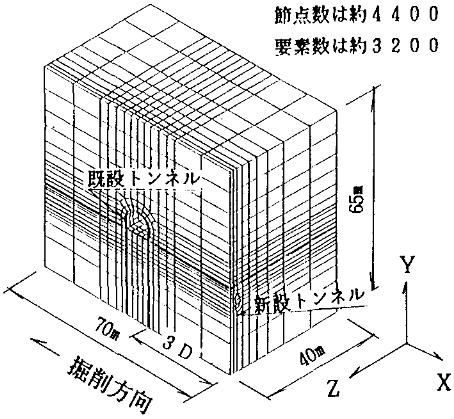

図３　３次元モデル

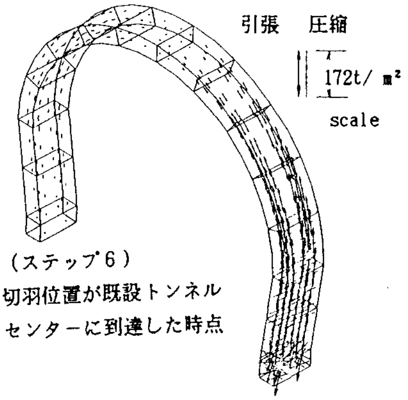

図４覆工コンクリート応力図

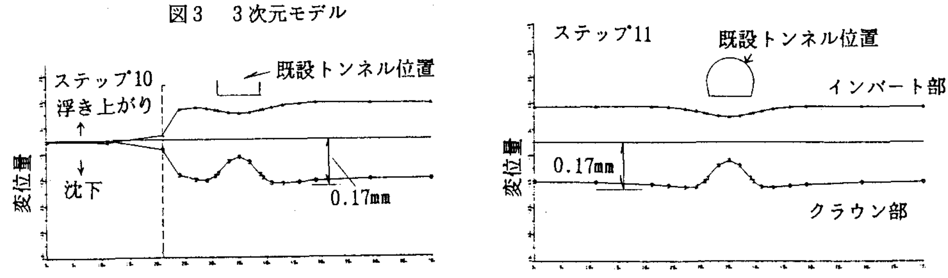

図５　新設トンネルＹ方向変位

〔参考文献〕

Lampman L.E,et.al:Use of ADINA for nonlinear three-dimensional analysis of intersecting tunnels in rock medium,Comput.Struct.,Vol.21,No.1/2,1985