

既設トンネルの覆工応力に及ぼす新トンネルの影響

大阪大学工学部 正 員 伊 藤 富 雄
 大阪大学工学部 正 員 久 武 勝 保
 大阪大学大学院 学生員 ○長 山 喜 則

① まえがき

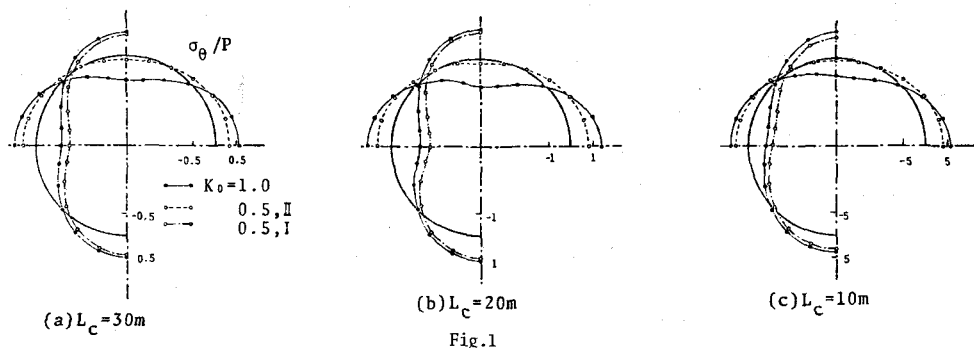
近年、トンネルに対する需要の高まりに伴って、長大トンネルの建設や既設トンネルに隣接する新トンネルの建設の機会が増加している。本研究は、既設の横坑あるいは既設トンネルに接近して新トンネルを建設する場合、両トンネルの位置関係や中心間隔及び地山の弾性定数が、既設覆工に及ぼす影響を数値解析により解明することを目的とする。

② 解析の概要

解析は、地山を等方性弾性体と仮定し、無限領域を考慮できる有限要素法と積分方程式法とを融合した解法¹⁾で行った。本坑の直径 D を8m、横坑の直径 d を $D/2$ 、横坑の覆工厚を20cm、覆工の弾性定数 E_f を $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比を0.15、地山のポアソン比を0.3と一定にして、本坑と横坑の中心間隔 L_c を10m、20m、30m、地山の弾性定数 E を $E_f/E = 0.1$ 、1、10、100の場合について解析した。また等大双設トンネルの場合には、覆工厚を40cm、 L_c を10m、12m、16mとした。1本目のトンネルの掘削は、トンネル部にある地山の初期応力を解放し、2本目のトンネルは地山の初期応力と1本目のトンネル掘削による応力との和を解放した。既設覆工に作用する応力は、新トンネルの掘削によってのみ発生する。地山の静止土圧係数 K_0 が0.5の場合について、両トンネルが水平及び鉛直に並ぶ場合について解析し、応力分布の相違を調べた。

③ 解析結果と考察

本坑の掘削による横坑の覆工応力(σ_θ)の分布を、Fig. 1 (a)(b)(c)に示す。地山の鉛直方向初期応力 P 以外の変数が全て一定であれば、 σ_θ は P と正比例するので、 P で無次元化できる。これらの図には、本坑が横坑の上を通る場合(I)及び右を通る場合(II)を $E_f/E = 100$ の場合について示してある。この図より一般にIIではアーチ部に引張応力が発生し、Iでは側壁部に引張応力の発生することが分る。また K_0 が0.5のときは、これが



1.0 のときと比べて、Ⅱでは引張応力が非常に減少するのに反して、Ⅰでは引張応力が僅かに増大することが認められる。しかし実際のかぶりの大きな地山では K_0 は 1 に近いことや、アーチ部よりも施工がはるかに容易な側壁部で引張応力が生じること、及び本坑のずりも横坑に落下させて作業を軽減できることを考えると、横坑を本坑の下に設けておく方が有利であると思われる。

次に両トンネルの中心間隔について考える。 K_0 が 1 のときに、覆工に発生する最大引張応力 (σ_{1max}) と最大圧縮応力 (σ_{3max}) を E の変化に対して示すと Fig. 2 のようになる。この引張応力を E_2/E に対して直線で近似すると、 L_c の相違に拘らず傾きが一定となるので、さらに L_c もも含めて一つの式にすると、 $|\sigma_{3max}| = 1.21 (L_c/R)^{-1.97} (E_2/E)^{0.78} P$ (1) を得る。ここに R は本坑の半径である。これと同様に等大双設トンネルでは、 $|\sigma_{3max}| = 1.88 (L_c/R)^{-1.54} (E_2/E)^{0.69} P$ (2) を得る (Fig. 3)。この両式により、任意の P 、 E をもつ地山中の双設トンネルの安全な中心間隔が求められる。次に Fig. 2 の横軸を普通目盛として、Fig. 4 のように表わし、新たに縦軸に時間を対数目盛で表わすと、対数関数のクリープ関数は直線で表わされるので、これが既知であれば任意時間後の弾性定数に相当するものが求まり、これによる覆工応力はただちに得られる。

4. 結論

本解析により次のような結論を得た。(1) 横坑を本坑の下部に設けることは、横に設ける場合に比べて不利とはならない。(2) 双設トンネルの安全な中心間隔は地山の初期応力や弾性定数によって左右される。(3) 新トンネルの掘削による既設トンネルの覆工応力の経時変化は図上で容易に推定できる。

参考文献

1) 伊藤・久武・長山：積分方程式法と有限要素法の融合解析法の地盤工学への適用、土木学会第33回年講概要、Ⅲ-206、1978年。

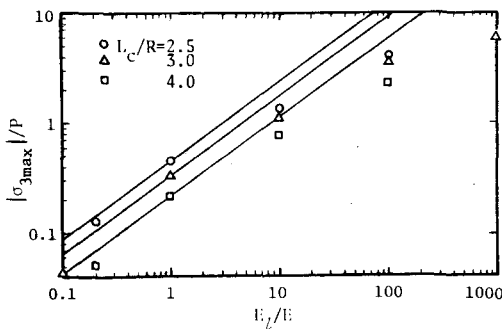


Fig. 3

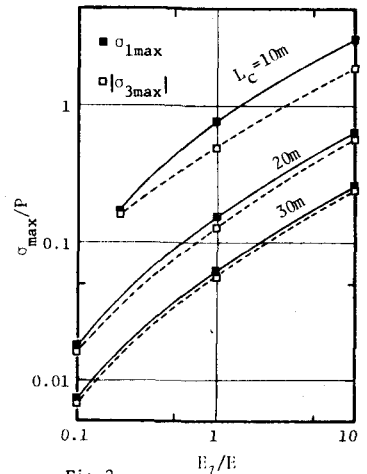


Fig. 2

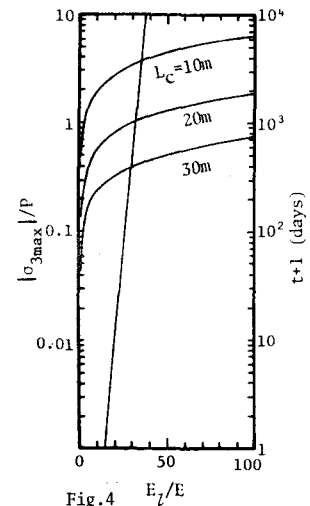


Fig. 4