

### Ⅲ-B8

### 平行トンネルと直交トンネル

金沢工業大学・正会員・土屋敬 金沢工業大学・学生会員・島田敦  
鉄道総合技術研究所・正会員・小島芳之

#### 1. まえがき

トンネルの近接施工の問題はまず昭和30年代に国鉄の複線化に関連し双設トンネルとして取り上げられ、理論解析手法により等質線形な地山における円形断面について最小中心距離が検討され、完全弾性体の場合で掘削幅の2倍あればよいとされた。その後FEMの発達により異質非線形な地山における任意断面の解析が可能となってきた。その後高速道路、新幹線、地下鉄建設の進展に伴い平行問題ばかりではなく、複雑な角度で交差する3次元的な問題が発生してきた。これらの問題に対し、当初は2次元FEMで代用してきたが、最近では3次元FEMを実施している例もある。しかし3次元解析では要素数が非常に多くなり、2次元解析で取り上げているような種々の設計条件を織り込むことは困難である。そこで種々の条件下で3次元解析した場合の変位や応力の2次元解析した場合との比を求めておき、2次元解析の結果にこの係数を乗じた修正結果により判定するのが現実的な方法ではないかと考える。このような関心に立ち2次元から3次元への修正係数を求める。

#### 2. 解析手法・条件

MSC/PATRAN, NASTRANにより解析する。このプログラムでは順次掘削解析は出来ないので、図-1の単設トンネル、図-2の平行トンネル、図-3の直交トンネル解析を行い、図-2と図-1の差を平行トンネルへの移行、図-3と図-1の差を直交トンネルへの移行とする。モデルの大きさは50mの立方体とし、境界条件は底面は固定、4側面は上下自由横方向拘束とする。単設トンネル $T_1$ の土被りは10m一定とし、増設トンネル $T_2$ は下方5,10,15mに設ける。これに伴い増設トンネルの底面から底面境界までの距離は15,10,5mに変化する。今回の初めての検討なので最も簡単なモデルによることとし全体を5mの正方形要素に分割し、トンネルは10m×10mの正方形断面により表す。したがって一辺には中央に1節点があるのみである。このような単純な要素分割でも要素数は1000となる。地山は単位体積重量21kN/m<sup>3</sup>、変形係数200MPa、ポアソン比0.30とする。

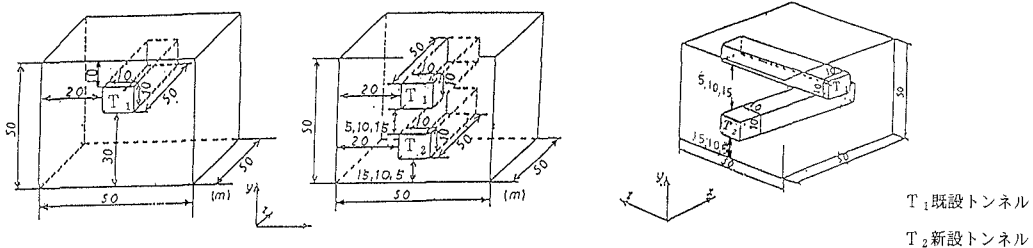


図-1 単設トンネル

図-2 平行トンネル

図-3 直交トンネル

キーワード トンネル 近接施工 数値解析

〒921-8501 石川県野々市町扇が丘7-1, Tel076-294-6712, Fax076-294-6713

〒185-8540 国分寺市光町2-8-38, Tel042-573-7266, Fax042-573-7248

### 3. 解析結果、平行トンネルから直交トンネルへの補正係数

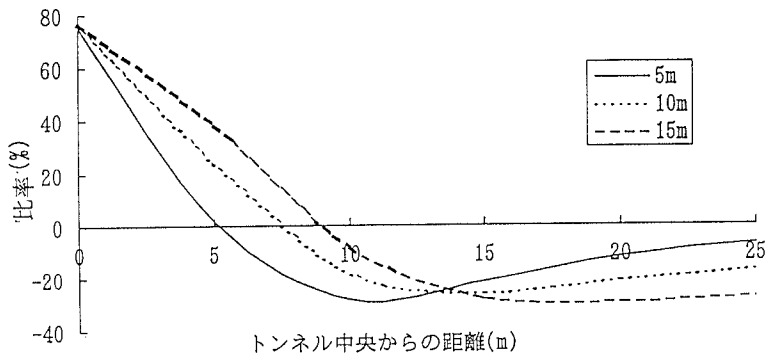
平行トンネルにおける $T_1$ 及び直交トンネルにおける $T_1$ の天端と底面間の相対変位から既設トンネルである単設トンネル $T_1$ の同位置の相対変位を差し引いたものが、増設トンネルによる変位増分であり、表一1に示す。この増分変位は、平行トンネルの場合は中心軸は平面的に重なっており一定値であるが、直交トンネルの場合は交差中心からの距離により変わる。増分変位の（+）は拡大を、（-）は縮小を示す。交差点では平行トンネル、直交トンネルとも（+）の拡大である。これは底盤の沈下量が天端の沈下量よりも大きいためである。直交トンネルの場合増分変位は中心より5～10mでゼロとなり、10m以遠でわずかに（-）となる。これはこの範囲で、天端の沈下量が底盤の沈下量よりもやや大きくなったためである。直交トンネルによる変位増分の平行トンネルに対する比率は、垂直離隔距離5,10,15mに対し74.9,76.3,76.5%となった。すなわち平行トンネルから直交トンネルへの補正係数は約75%であり、これが本報告の全体的な結論である。

表一1 平行トンネル及び直交トンネルによる既設トンネルの変位増分と両者の比率

| 上下<br>離隔<br>距離 | 平行ト<br>ンネル | 直交トンネル（中心からの距離） |      |       |      |        |       |        |       |        |       |        |       |
|----------------|------------|-----------------|------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                |            | (0 m)           |      | (5 m) |      | (10 m) |       | (15 m) |       | (20 m) |       | (25 m) |       |
|                |            | mm              | %    | mm    | %    | mm     | %     | mm     | %     | mm     | %     | mm     | %     |
| 5 m            | 12.37      | 9.26            | 74.9 | 0.17  | 1.3  | -3.51  | -28.4 | -2.66  | -21.5 | -1.49  | -12.6 | -0.89  | -7.2  |
| 10 m           | 9.35       | 7.12            | 76.3 | 2.22  | 2.4  | -1.75  | -18.7 | -2.42  | -25.8 | -1.96  | -21.0 | -1.58  | -16.9 |
| 15 m           | 7.15       | 5.47            | 76.5 | 2.72  | 38.0 | -0.63  | -8.8  | -2.01  | -28.1 | -2.12  | -29.7 | -1.98  | -27.9 |

平行トンネルによる既設トンネルの増分変位を100%とする。

図一4は直交トンネルによる増分変位を平行トンネルとの比率により示したものである。



図一4 直交トンネルによる増分変位の平行トンネルとの比率

### 4. 今後の問題点

今回は最も単純なモデルによって検討したが、今後は精度を上げる必要がある。また初期土被り、垂直離隔距離、物性値等を変化させて、修正係数を求めておくことが望ましい。斜角の場合また $T_1$ 、 $T_2$ が逆の位置の場合の検討も必要である。さらに円形断面の場合の検討、覆工をモデル化した場合の検討も加え、より実用的な修正係数に発展させたい。

参考文献：日本鉄道技術協会、“双設ずい道の離隔距離に関する研究報告書”、昭和34，35，36