

都立大学 正員 山 本 稔
都立大学 正員 山 崎 良 一
大成建設 正員 横 内 脩 二

1. 目的

地下鉄道において、駅部およびその他諸種の関係からシールドトンネルを複線にする場合、トンネルの離間距離に肉する土質力学的研究にはいまだみるべき成果が少なく、施工に当っては経験的に、トンネルの純間隔が決められている現状である。筆者らは、シールドトンネルのモデル実験法としてすでにその基礎が確立されている光弾性実験法を使用し、並列複線シールドトンネルの相互干渉について考察した。

2. 実験

地山材料は、粒径 10mm 、単位体積重量 6.8g/cm^3 ($e=0.64$)、内部マサツ角 $\varphi=30^\circ$ の散弾である。また覆工モデルは、エポキシ樹脂(アラタイトB型、ハードナー901)を用いて製作され、その形状は、図-1に示す通りである。

並列複線シールドトンネルの相互干渉は、覆工モデルの中心間隔のみをパラメーターとして表わされるものとし、これをトンネルの外径 D に対し $1.2D, 1.3D, 1.5D, 2.0D$ に変えて実験を行った。もちろん、相互干渉は、この他に土被り厚、トンネルと地山の間の空隙などにも直接支配されると考えられるから、土被り厚は、 $1.0D$ 、

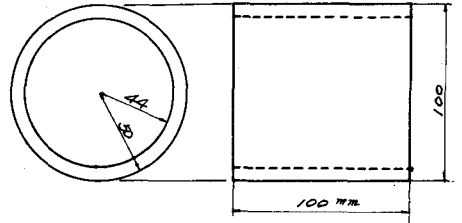


図-1 モデルの形状

空隙は、 D の0.6%の場合を設定して条件を整えた。さらに、実際に施工される状態は、次の二つの場合の中間に位置すると考え、これら二つの場合について各上述の実験を行った。場合1、先進トンネルが後進トンネルの掘削に際し剛体として挙動する場合。先進トンネルとして、後進トンネルと同じ寸法の鉄製トンネルモデルを使用し、後進トンネル覆工の応力のみを測定し、既設先進トンネルが後進トンネルに及ぼす影響を調べる。場合2、先進トンネル、後進トンネルの両者が共に掘削推進され、地山が広い範囲に壊れて乱されると考えられる場合。両者のトンネルにエポキシ製リングを使用し両者の応力を測定する。そして資料のバランスの影響をさけるために、同じ実験を4度繰返した。したがって、ここに行われたモデル実験は、 $4 \times 2 \times 4 = 32$ ケースである。応力凍結法の原理を逆に用い地山と覆工の間に、モデルの外径の約0.6%に当たる間隔が生ずるようあらかじめ覆工モデルに膨張変形を与えておき、これを図-2に示す様に散弾中の所定の位置にproject型でうめ込む。そして所定の温度サイクルをたどらしめてモデルの凍結変形を解放すると同時に、地山をゆるましめ、それによって発生した圧力による応力をモデルに凍結させる。温度サイクルの完了後、モデルは散弾中から取り出し、その中央断面を含んだスライスが光弾性実験に供される。

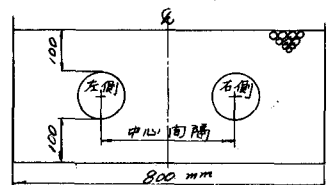


図-2 モデルうめ込み位置

3. 実験結果

凍結された応力の光弾性偏写真、及びこれより解析された覆土内縁応力の代表例を写真-1、図-3に示す。覆土に作用する土圧を、図-4に示す分布状に仮定し、これより算出された内縁応力と実験から求められた応力とを等値とせることにより覆土に作用する土圧を求めることが出来る。図-5には、かくして得られた平均鉛直土圧とトンネル相互の中心間隔との関係が例示されている。

次に実験から得られた主たる結論を列挙すれば、i)、場合1)に於ては、中心間隔の如何にかかわらず応力図は単設トンネルの場合と、変りなく先進トンネルが後進トンネルに及ぼす影響はなり。ii)、場合2)においては、トンネル相互の中心間隔が1.3D以下で応力状態に相互干渉が認められるが、これ以上の中心間隔では応力状態は、単設トンネルのものとほぼ同様である。iii) 平均鉛直土圧は、全実験結果を通じて単設トンネルの土圧と変らず、応力図に認められる様な干渉は顕著に現れれない。尚、i)~iii)を総合し、実際への応用としてiv) 良質砂質地山において施工される並列複線シールドトンネルは、互の中心間隔が、外径の1.5倍以上離れしければ、単設シールドトンネルと同じ土圧ならびに応力状態と考えて良いと推察される。

終りに、実験に当って助カ下された前田建設工業KK、丹野忠為氏に厚くお礼申し上げます。

参考文献 山本裕、応力凍結法を利用した地下構造物の光弾性実験(シールド工法によって砂中に構築されるトンネルを対象として)

土と基礎、14-11、12、15-1、1966

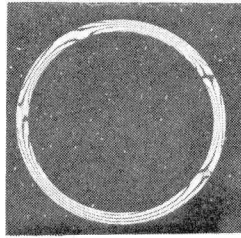
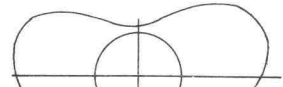


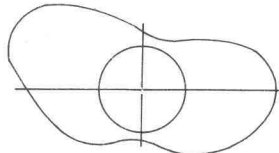
写真-1

場合2) 中心間隔 1.3D 左側

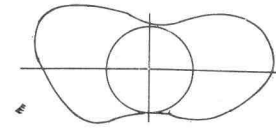
図-3 応力図



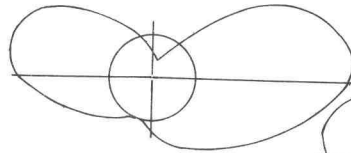
単設トンネルの場合



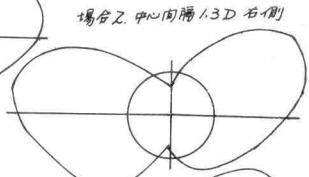
場合1. 中心間隔 1.2D



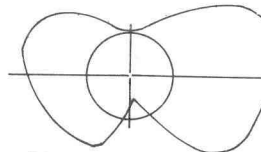
場合1. 中心間隔 1.5D



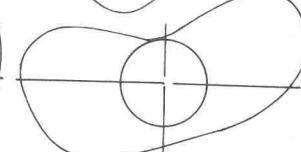
場合2. 中心間隔 1.3D 左側



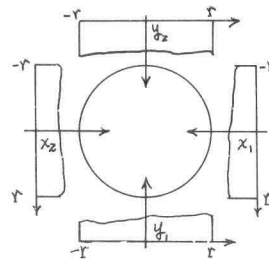
場合2. 中心間隔 1.3D 右側



場合2. 中心間隔 1.5D 左側



場合2. 中心間隔 1.5D 右側



$$\begin{aligned} y_1 &= P_0 x^2 + P_2 x^2 - \frac{1}{2} P_2 r^2 + P_2 x + P_1 \\ y_2 &= P_0 x^2 + P_2 x^2 - \frac{1}{2} P_2 r^2 + P_2 x + P_1 \\ x_1 &= P_2 y^2 + P_2 y + P_2 \\ x_2 &= P_2 y^2 + P_2 y + P_2 \\ \text{但し } P_1 &= -P_2 + P_4 + P_5 \\ P_2 &= -P_2 + P_3 + P_0 \end{aligned}$$

図-4. 仮定土圧分布図

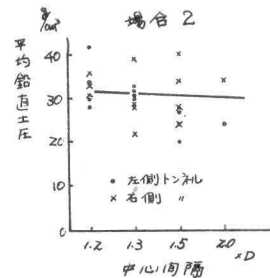
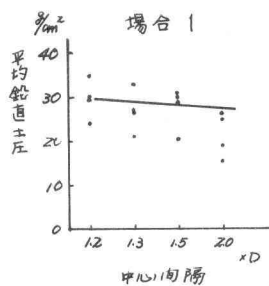


図-5 鉛直平均土圧