

Ⅲ-70 光弾性実験法による砂中構造物のモデルテストについて

— シールド工法によるトンネルを対象として

都立大学	正員	山本	総
都交通局	〃	達藤	浩三
都立大学	〃	山崎	良一
都交通局	〃	〇宮崎	恒

砂中にトンネル形式で構築される構造物に作用する土圧調査を室内実験の規模で簡単にかつ繰返して行い、その定性的な性質を把握する一手段として三次元光弾性実験法の適用が計画され、その可能性が確かめられた。

三次元光弾性材料としてのエポキシ樹脂は、二次転移域が狭く、かつこれを挟むガラス状およびゴム状弾性域では剛性が大幅に相違するばかりか(約 $\frac{1}{50}$)ゴム状弾性域における弾性は安定かつ良好であるため、このような材料で作られた構造物モデルをガラス状弾性域の上限附近で埋戻しによって砂中に埋設し、しかる後ゴム状弾性域まで温度を上昇せしめれば、モデルのヤング率の低下にともない、埋戻し時にモデルに作用していた土圧は、開放されて減少し、遂には力の釣合が保てなくなつてモデル周辺の砂が新たな釣合に到るまで移動し、埋込み時と全く異なった砂の移動による釣合状態の出現が予想される。この状態は、実際の地下構造物では、それがトンネル形式で築造され、裏込注入を行なつた後、砂の移動によって発生するある種の土圧状態に対処すると考えることができる。そしてモデル実験では、ゴム状弾性域で作用している外力による応力状態は、応力の凍結によって室温で観察できるから、その応力状態を調査することによってトンネル形式で構築される構造物に作用する土圧が逆算できることになる。これが本実験法の原理である。

しかし、実験法の妥当性を実証するためには、次に掲げた問題点が解決されなければならない。

- (1) 不明な外力の調査を目的とする場合に、外力の変化があるとして変形または施力の凍結機構は如何。
- (2) 温度変化にともなう膨張の拘束による温度応力が存在する場合に、温度応力の発生ならびにその凍結機構は如何。
- (3) 実験に供される構造物モデルに発生する温度応力は如何。

(1)の問題に答えるために、楔にその対称軸方向の引張力を加えて実験を行い、荷重変化として徐冷時のある温度において引張力の一部または全部を除去し、凍結される繰り返し数の調査を行った。図-1は、かくしてえられた実験結果で、これが、凍結に直接関係ある温度は、約 115°C ~ 124°C であり、しかもこの間で外力に多少の変化が生じてそれが凍結結に与える影響は僅かで、実験誤差として処理してさしつかえないことおよびこの温度領域以外で作用する荷重は凍結に無関係であることがわ

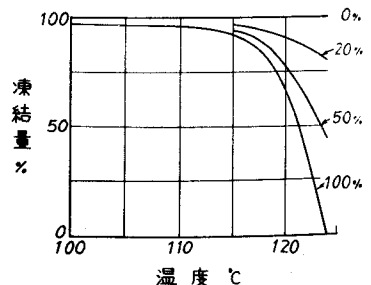


図-1

かった。この結論は構造物のモデル実験の妥当性を裏付けるものである。

(2)に関連した実験として砂中に存在する構造物の温度応力は、膨張は拘束されるが、収縮は自由である機構において生ずるので、この拘束条件を明確に満すよう鋼製の枠で拘束されたエポキシ樹脂ブロックの膨張試験が行われ、温度と温度応力による縮次数の関係が調べられた。写真-1はそのとき凍結された縮写真である。また図-2の実線は、温度応力によって発生する縮と温度との関係折線であり、破線は、膨張にたいする拘束が完全でかつゴム状弾性域の性質が保有されるとして計算した温度と縮次数との関係線である。両者の比較から、膨張の拘束力の推定法に問題はあるが、平行線をなすことは 115°C 以上では温度降下による収縮がゴム状弾性域の性質を保有しつつ行われることを意味している。またここにおける 115°C は、(1)の 115°C に対応している。かくして、実験と計算値から約 115°C までの膨張による変形は、応力凍結実験で凍結されるが、それ以上の温度における温度応力は、凍結サイクルの過程において消滅すると考えることができる。

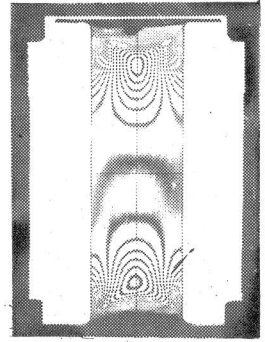


写真-1

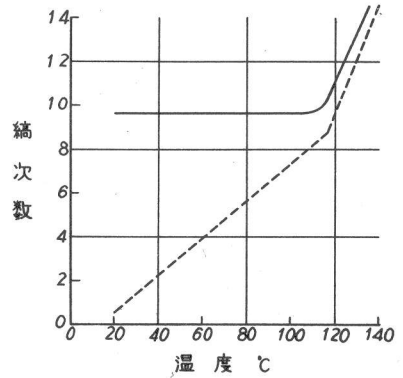


図-2

(2)の調査によって温度応力の凍結機構が明らかになったので、砂中に埋込まれた構造物モデルとしてシールド工法によるトンネルの円形覆工モデルの実験に関してその温度応力を調べるため、(3)の調査が行われた。実験は鉛製散弾中に覆工モデルから切出したリングを水平に 90°C で埋込んで行われた。図-3は、かくしてえられた関係曲線である。一方、鉛直方向の膨張拘束力は、水平方向のそれより小さいことが、別に実験で確かめられたから、覆工モデルの凍結実験における膨張拘束力は、図の値より大きくなることはないと考えられる。そこで本図をもつて覆工モデルの膨張拘束力とみなすことにした。かくして、覆工モデルにかかる外力が、ここに示した値より大きければ、これは外から散弾の移動による土圧と考えることができる。しかしこの結論は約 115°C におけるもので、 125°C においては、膨張の拘束力も変化するから、このために生ずる実験結果への影響も考えられる。しかしここでは、これを誤差として処理することにする。

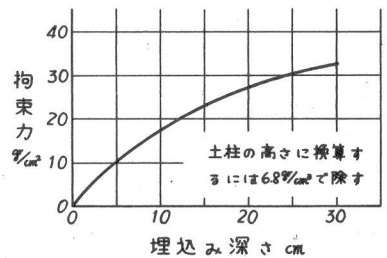


図-3

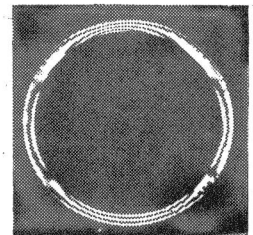


写真-2

上記の結果を尺度として写真-2に示すごとく覆工モデルの実験を行い、(1) 覆工モデルに作用する鉛直方向土圧は、その土被りがモデルの外径以上になるとあまり変化がなく、(2) 鉛直土圧は土柱の高さに換算してほぼ覆工の直径に等しい。(3) 側圧は鉛直土圧の 0.9 から 1.0 である。などの結論がえられた。ただし、実験は膨張力に等しい内圧状態でかつボイドが 0 の条件のもとに、散弾をユルました結果であることは注意を要する。