

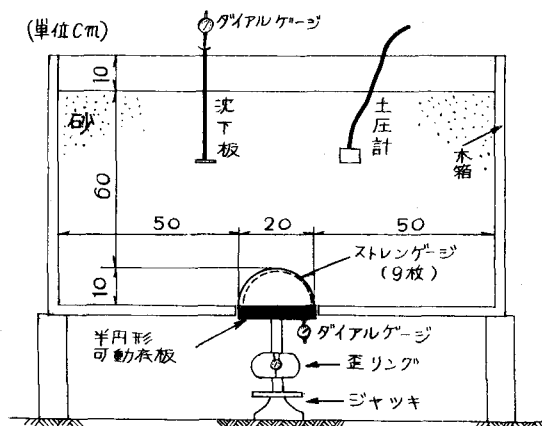
III-44 地下埋設管の変形に関する模型実験

東京大学大学院 学生員 ○湯浅 欽史
東京大学学生 学生員 足立格一郎

1. まえおき 暗キヨに作用する鉛直圧力を求める問題は、サイロの底板圧力を計算する方法を出発点として、1910年代より系統的に研究され、多くの実験的裏付けを経て M. G. Spangler によって集約された (Trans. of ASCE vol. 113 pp316~374)。我国では、これらと異った考え方による研究が1940年前後になされている。暗キヨ建設に際して、外力としての土圧をどう仮定して設計するかが大きな問題であり、他に施工方法や地表面に対する影響を決定する問題がある。一部を除いて設計方式の現状は、暗キヨ上部の土の重量をそのまま鉛直土圧とするか、もしくは若干の修正をなす程度である。

土質力学の立場から暗キヨを考えるなら、土中に与えられた相対的変位がどのような応力と変形の状態を土中に生ぜしめるか、を明らかにしなければならない。今回1960年夏より始められた室内模型実験では、底の中央部が上下に動きうる木箱に砂をつめ、可動底板の動きによって生じる砂中の圧力と変位の状態、および可動底板の動きが砂中に広がっていく様子を調べてきた。これによって間接的に Spangler の理論を検討しようと考えている。実験の種類は、可動底板の形状を変えて (A) 平板、(B) 傾斜した固定底部、(C) 正方形突出底板、(D) 半円形突出底板、の場合に分けられる。ここでは、(D) のうちとくに、半円形の管の変形を中心に述べる。土圧分布についての仮定の検討と、最大応力が生じる位置を知ることが、この部分の主な目的である。なお、本研究について御指導して下さいった東京大学最上教授に感謝の意を表する。

2. 実験の概要 実験装置の大略は図に示す如くである。木箱の寸法は、正面120cm×80cm 奥行40cmで、底の中央部に巾20cmの鉄製可動底板 (半円形部の板厚は2mmで、厚い鉄板にネジ止めされている) が設けられ、底の不動部分とはすり合せになっている。可動底板は歪リンクを介して押し上げ用ジャッキにより支えられている。可動底板の内側の円周にそって約20°間隔に9枚、中央と端部の2断面計18枚のストレングージをはり、円環の変形の fiber strain を測定する。鉛直方向の変位と圧力を知るために、砂中に沈下板 (2.5cm×10cm のセルロイド板に番線を立てたもの) と径40mmのしゅう動式土圧計を設置した。砂中では、上下左右共10cm間隔で格子状に変位と圧力の測点をとってある。砂は粒径が0.8~1.0mmにそろった気乾状態の相馬砂で、安息角約34°、単位体積重量は、ゆるづめの場合約1.56%、振動を与えて締め固めた場合約1.74%である。



砂と計器をセットしたのち、ジャッキによって可動底板を段階的に砂中に押し込み、続いて下げ戻す。各段階で、底板全圧、底板の円周方向歪、砂中の鉛直圧力と鉛直変位、を各計器からそれぞれ読みとる。最大押し上げ量は、ゆるい砂で12mm、かたい砂で6mmである。以下、ストレングージによる半円管の変形の測定値について考察する。

3. 変形状態の計算 底板を円形アーチとみなし、等分布鉛直荷重のみをうける場合について fiber strain の数値計算をした。用いた式は R.J. Roark, Formulas for Stress and Strain p.163 による。end が fix と pin の二つの場合について計算した。等分布荷重としては、歪リントからえた底板全圧を射影面積 $20\text{cm} \times 40\text{cm}$ で除したものを扱い、ヤング率は $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ とした。円周にそった歪の分布を、伸びを (+) とし、end を $\theta = 0^\circ, 180^\circ$ crown を $\theta = 90^\circ$ として下図に示す。

4. 測定結果とその考察 歪測定値の誤差は $10 \sim 20 \times 10^{-6}$ 程度と考えられ、イニシアルシフトもそれほど大きくない。底板全圧とストレングージの読みは底板の押し上げに依りて、ほぼ比例的に変化している。円周にそった歪測定値の分布を、砂がゆるづめの場合とかたづめの場合に分け、計算値と合せて図示する。4~5回の同一条件下での測定値を平均して用いてある。ストレングージは中央断面、端断面とも $0^\circ \sim 180^\circ$ にわたってはられているが、図では四分円の部分にまとめて記してある。

以上の実験から、次のことが結論される。

- i) $0^\circ \rightarrow 90^\circ$ と $180^\circ \rightarrow 90^\circ$ の分布は対称性を欠き、押し上げの際の偏心を疑わねせる。
- ii) かたづめ砂の crown を例外として、測定値が fix と pin を仮定した計算値の中間にあるのは、底板の力学的構造を示していると考えられる。
- iii) 最大応力は $\theta = 30^\circ$ の肩の付近に生じる。
- iv) 実際に設計する場合は、鉛直等分布荷重の仮定は有効であろう。
- v) 横方向への管の変形を end で拘束した状態で実験したものであり、実際の円筒では横方向の変形と横土圧が加わるが、差し引き、応力は肩の部分で楽になり、crown で増加すると推定される。
- vi) flexible pipe では変形量が破壊を支配する、と考えられるので、設計上オプティマムな flexibility が存在することを示唆している。(ただし、粘性土ではクリープを考慮しなければならないだろう。)

半円形底板の周にそった fiber-strain の分布
——計算値と測定値——

