

III-99 既設地下構造物に作用する土圧へのシールド掘進による影響に関する研究

早稲田大学理工学部 正員 村上傳智
鹿島建設技術研究所 正員 〇万木正弘

1 まえがき 最近大都会に於て地下の発達は著るしく、既に地下鉄、上下水道等のトンネルが数多く構築されている。この様な地下に新たにトンネルを構築する場合、隣接する既設地下構造物への影響を考慮しなければならない。本研究に於ては、既設トンネルの下にとれと直交するシールドトンネルを掘進する場合を想定し、既設トンネルへの影響について模型実験及び理論解析を行った。

2 実験方法

落し戸を持つ実験箱に乾燥砂を入れ、実験地盤を形成し、その中に落し戸と直角方向に既設トンネル模型を埋設する。既設トンネル模型としては細長い鋼製薄板を用い、新設トンネル構築による地盤の変動を落し戸の沈下によってモデル化し、(このモデル化は $\phi 150\text{mm}$ のシールド模型を用いた同種の実験の結果、妥当であることを確認した) その沈下による鋼製板への影響を、それに生ずる歪を測定することにより観測した。なお実験因子としては次の4項目である。

- i) 落し戸沈下量 d
- ii) 既設トンネル土被り厚 H_1
- iii) 落し戸-既設トンネル(測定板)間距離 H_2
- iv) 測定板厚 t

3 実験結果

i) たわみ 落し戸沈下によって生ずる測定板のたわみ量を観察すると、 d が小さいときにはたわみ量は H_2 の増加と共に減少するが、 d が大きくなると逆の傾向を示す。これは d が大きくなると図1に示す様に落し戸沈下によって直接下方へ移動する砂の領域(1次領域)が測定板上方まで発達するためと思われる。

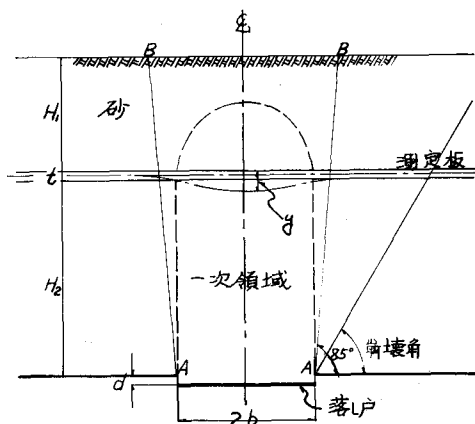


図 1

ii) 荷重 測定された曲げモーメントよりその様な曲げモーメントを起させる測定板に作用する力を算出し、測定板中央部に作用する下向きの力を荷重と考えた。その大きさと分布中に対する各実験因子の影響は次の通りである。

- a) 荷重の大きさは落し戸沈下量と共にほぼ線形に増加する。
- b) 荷重の大きさは板厚と共に増加する。すなわち荷重はその変形によって影響を受けており、測定板が剛になるほど大きな荷重を受ける。
- c) 板厚が小さければ、 H_1 の増加に従って荷重の大きさは減少する。これは H_1 の増加により砂のアーチ作用が強くなるためと思われる。

d) H_2 が大きくなると荷重の大きさは減少する。

e) 荷重分布中は H_1 , d , θ には無関係であり、 H_2 のみによって決定されるようである。つまり H_2 の増加と共に分布中は広がるが、その範囲は、落し戸端を通り水平と約 85° の角度で交わる線 AB (図1) より外へは広がらない。この角度は砂の傾斜角よりかなり大きな値である。

4 理論的荷重計算

落し戸を沈下させることによって測定板に作用する力をとり面の内外に分け、かつ変形によるカヒアーチ作用による力の4通りについて考える。計算に当っては次のことを仮定する。(i) とり面は落し戸端を通る垂直線 CC' で表わされる。(ii) とり面内に於る砂の密度変化はない。従ってとり面内の砂の移動量は落し戸沈下量に等しい。(iii) 土圧係数は砂中どこでも等しい値 K を持つ。

a) とり面内土被り重量 (図2-①)

Tenzaghi の理論よりとり面内に働く土被り重量は

$$g_1 = \frac{2b\delta}{K \tan \phi} (1 - e^{-K \tan \phi \cdot H_1/b}) \quad \text{----- (1)}$$

図 2

ここに K ; 土圧係数, b ; 落し戸半巾, H_1 ; 土被り厚, ϕ ; 内部摩擦角, δ ; 単位体積重量

b) とり面外アーチ作用荷重 (図2-②)

とり面に沿って働く剪断力の測定板上への分布を指数関数で表わされると仮定すると

$$w_1 = n\delta H_1 e^{-\frac{1}{2}n\delta H_1 x} \quad \text{----- (2)}$$

但し $S = K\delta H_1^2 \tan \phi$, n ; 集中係数

c) とり面外変形荷重 (図2-③)

砂地盤をウィングラー型地盤と仮定し、とり面上のたわみ、たわみ角を各々 y_b , θ_b とすると

$$w_2 = -R [e^{-\beta x} (\psi_3 \cos \beta x + \psi_4 \sin \beta x) + \frac{n\delta H_1}{EI\beta^2 + R} e^{-\beta x}] \quad \text{----- (3)}$$

但し $\beta = \sqrt{\frac{R}{4EI}}$, $\psi_3 = y_b - \frac{n\delta H_1}{EI\beta^2 + R}$, $\psi_4 = \frac{1}{\beta} [\theta_b + \frac{(n\delta H_1)^2}{S(EI\beta^2 + R)}] + \psi_3$

d) とり面内変形荷重 (図2-④)

とり面内の変形曲線を $y = ax^2 + C$ と仮定し、この変形と落し戸内の砂の移動との間に発達する測定板軸方向とり面に沿って働く剪断力を計算すると

$$g_2 = K\delta \tan \phi \cdot H_0^2 [1 - (ax^2 + C)/d]^2 \quad \text{---- (4)}$$

但し H_0 ; 測定板が変形しないときのとり面距離

これらの式から計算した断面諸量をとり面上内外にて一致させて未知数を求め、荷重を計算した。計算結果と実験結果を比較すると、大抵な仮定ながらよい符号を合っている。(図3参照)

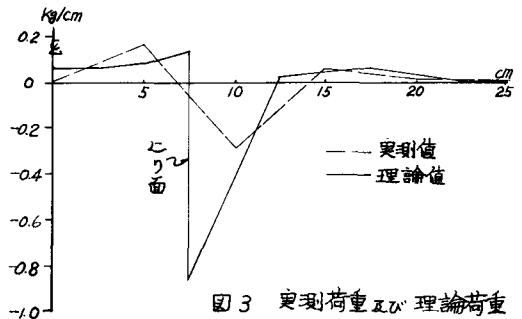


図3 実験荷重及び理論荷重