

III-507 海底シールドトンネルの作用外力の評価

関西電力㈱ 正会員 守田 祐吉
 ㈱ 鴻池組 正会員 小野 紘一
 ㈱ 鴻池組 正会員 ○嶋村 貞夫

はじめに

大阪港の海底下45mの高水圧下でダクトイルセグメントを用いたシールドトンネルを施工している。このダクトイルセグメントにひずみ計を設置してセグメントに発生する応力の測定を行なった。この結果からシールドトンネルに作用している土圧・水圧の大きさについて算定を試みた。本文は、その算定結果について報告するものである。

1. 作用外力の評価法

シールドトンネルに作用する外力を逆算するために図-1に示す4つのモデルを仮定した。モデル1, 2は、鉛直土水圧を等分布に、水平土水圧を台形および中央部も変化する分布にモデル化したものであり、モデル3は、水圧以上の荷重が作用してから働く鉛直地盤パネを、モデル4は放射状の地盤パネを考慮したものである。これらのモデルを用いてシールドトンネルに発生している断面力を利用し、トンネルに作用している外力を最小二乗法により逆算した。

2. 適用例

(1) 計測概要

計測を実施したシールドトンネルは、図-2に示すように海底下45m付近の洪積砂礫層内に位置している。計測は、発進立坑側の陸域のA断面2リング(36Rと37R)、B断面2リング(121Rと122R)の合計4リングで実施した。セグメントリングの円周方向ひずみ測定は図-3に示すように、セグメント中央にひずみ計を設置して行なった。なお、これらの断面では地下水位は、GL-3.3mの位置にあり、洪積砂礫層内のGL-38.9m位置(静水圧35.6tf/m²)で間げき水圧を測定した結果、35.2~36.2tf/m²であり、シールドトンネルにはほぼ静水圧が作用していると考えられる。

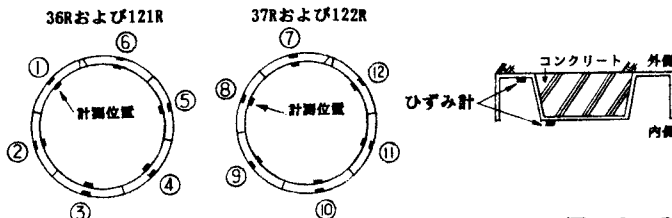


図-3 ひずみ測定位置

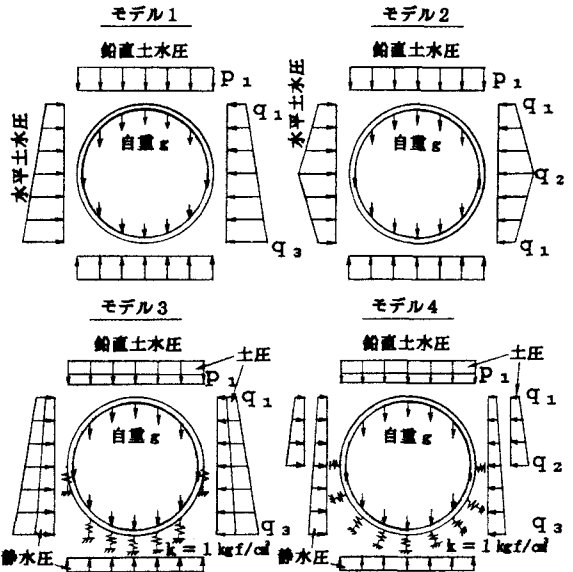


図-1 計算モデル

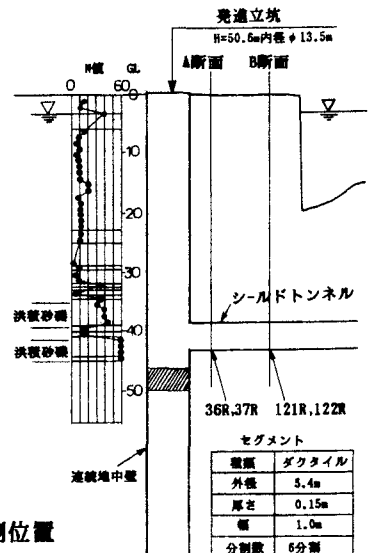


図-2 計測位置

(2) 計測結果

図-4は、テール内で計測リングを組み立てた直後を初期値とした円周方向ひずみの一例（測点⑥）を示したものである。計測リングがテール外に出た直後の水圧と裏込注入圧による一時的なひずみ増加が測定された。その後のひずみの漸増は、土圧が作用してきたためと考えられ、ジャッキが作用しているリングから50 m離れた時点ではほぼ一定となった。図-5は、一定となったひずみから求めたA、B断面の断面力を示したものである。ほぼ同様の分布を示し、上下方向からの荷重が卓越した荷重形態となっていることがわかる。

(3) 作用外力の評価

図-1の4つのモデルを用いて、図-5の実測断面力を表現しうる作用外力の逆算を行なった。計算に用いたシールドトンネルの曲げ剛性の有効率(η)と曲げモーメントの割増率(ζ)は、施工条件を考慮して、別途に陸上で行なったセグメントリングの断面曲げ試験結果より $\eta=57\%$ 、 $\zeta=28\%$ を採用した。また、モデル3、4の地盤反力係数は 1.0 kgf/cm^2 を用いた。表-1は、各々のモデルで逆算した作用外力を示したものである。モデル1、2の土圧は、本断面では静水圧がほぼ作用していることから、逆算した土水圧より静水圧を差し引いた値を示した。また、モデル3、4は、水圧を既知量として土圧のみを逆算している。鉛直土圧としては土被り土の水中重量(36.5 tf/m^2)の52~65%の

値が得られた。水平土圧は、モデル4では深さに伴って大きくなる土圧分布($q_1 < q_3$)となったが、モデル1、3では逆の分布形状($q_1 > q_3$)、モデル2では中央部が小さくなる($q_1 > q_2$)分布形状となった。図-6は、各々のモデルで逆算した断面力と実測値を比較したものであり、曲げモーメント分布は、どのモデルもほぼ実測値を表現しえたが、軸力分布では、モデル4が実測の最大軸力に近い値を表現することができた。

おわりに

海底下で高水圧にさらされているシールドトンネルに作用している外力の算定を行なった。①海底下の洪積砂礫層では、水圧のほとんどが作用し、鉛直土圧は、土被り土の水中重量の52~65%が作用するようである。②設計時のセグメントリングの断面力算定には、簡易なモデル1と放射状の地盤パネを考慮したモデル4が現状をよく表現できるようである。なお、逆算した土水圧は、設計値内にあり、シールドトンネルの安全性は確認されている。最後に、適切な御助言を頂いた新潟大学山本 稔教授に記して謝意を表します。

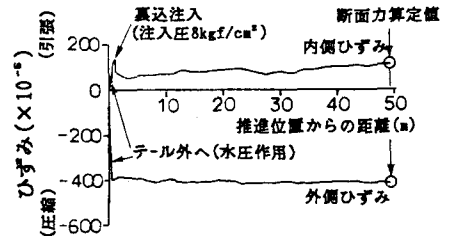


図-4 ひずみ計測結果(36Rの測点⑥)

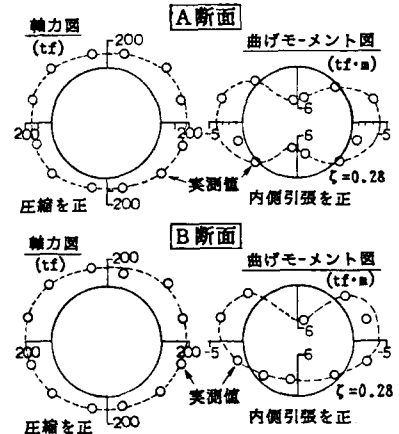


図-5 実測断面力

表-1 土水圧の逆算値

モデル	モデル1				モデル2				モデル3				モデル4			
	土水圧	土圧	土水圧	土圧	土水圧	土圧	土水圧	土圧	土水圧	土圧	土水圧	土圧	土水圧	土圧	土水圧	土圧
P_1 (tf/m ²)	55.3	19.1 (52%)	59.9	23.7 (65%)	55.2	19.0 (52%)	55.0	18.8 (52%)	60.0	23.8 (65%)	55.3	19.1 (52%)	59.9	23.7 (65%)	55.2	19.0 (52%)
q_1 (tf/m ²)	51.5	15.2 (42%) $\lambda=0.8$	51.0	15.6 (43%) $\lambda=0.66$	53.2	16.9 (46%) $\lambda=0.80$	53.7	17.4 (48%) $\lambda=0.83$	52.5	16.2 (44%) $\lambda=0.68$	51.5	15.2 (42%) $\lambda=0.8$	51.0	15.6 (43%) $\lambda=0.66$	53.2	16.9 (46%) $\lambda=0.80$
q_2 (tf/m ²)					53.3	14.4			61.6	22.7						
q_3 (tf/m ²)	55.4	13.9	64.8	23.3			49.4	7.9	66.0	24.5						

* () 内は土被り土の水中重量(36.5 tf/m^2)に対する比率

** $\lambda = q_1 / P_1$

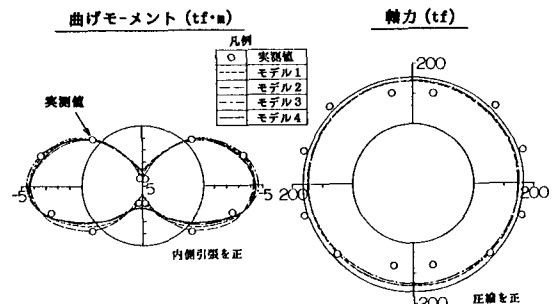


図-6 断面力の計算値(A断面)