

III-508 シールドトンネルの地盤のせん断バネの評価

関西電力㈱ 正会員 守田 祐吉
 ㈱ 鴻池組 正会員 井筒 武輝
 ㈱ 鴻池組 正会員 ○内田 博之

はじめに

シールド外径5.4mのダクトイルセグメントを用いたシールドトンネルを約4.5kgf/cm²の水圧が作用する海底で施工した。シールドトンネル掘進時には、トンネルに導入される軸力やその残留量を測定したが、これらの測定結果を用いトンネルに沿った軸方向の地盤バネいわゆる地盤のせん断バネを算定したのでこれについて報告する。

表-1 工事の概要

シールド機	種 類	泥 水 加 圧 式
	外 形	5.55m
	機 長	6.3m
	総推力	150tf×21本=3150tf
セグメント	種 類	ダクトイルセグメント
	外 径	5.4m
	厚 さ	0.15m
	幅	1.0m
地 質	分割数	6分割
	リング数	42本
	セグメント数	24本
	土被り	40m
	土 質	洪 積 砂 礫 層
	N 値	50以上

1. 計測の概要

計測は、表-1に示すシールドトンネルにおいて実施した。計測は、トンネル直進部においてトンネル縦断方向に圧縮力が作用した場合の伝播と残留量であり、セグメントの縦リブに設置した12台のひずみ計により縦リブひずみを測定した。図-1に軸力の測定位置を示す。

2. 計測結果

(1) シールド機掘進推力によるセグメント軸力の伝播と残留

シールド機には、150tfの推力ジャッキを21本装備しており、平均推力は1800tfである。図-2は、推進時のシールド機掘進推力とセグメント軸力を示したものである。横軸には、推力が作用している地点と測定リングとの距離を示した。セグメント軸力は、実測縦リブひずみに別途に陸上で行なった軸圧縮試験結果からの有効断面剛性を乗じて求めた。これによると、測定リングに直接推力が作用すると推進反力がほとんど伝播され、また掘進を停止して次のセグメントリングを組み立てるときには泥水圧の反力

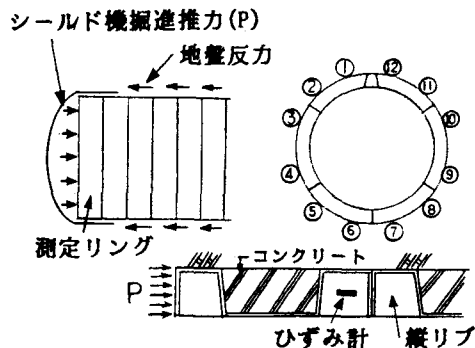


図-1 試験概要

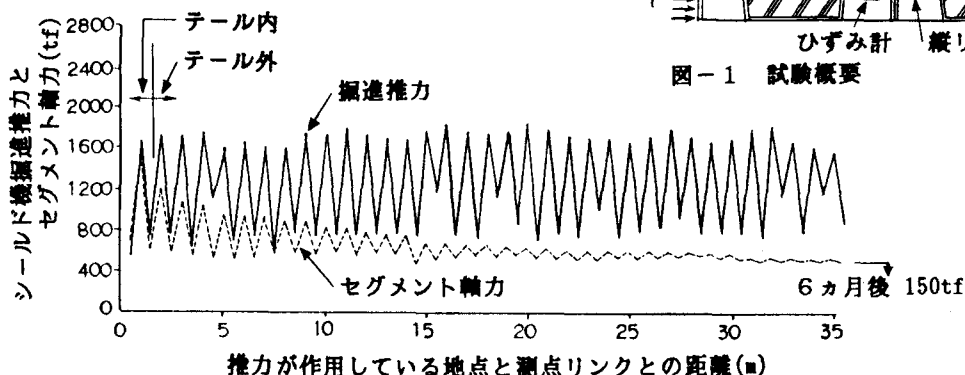


図-2 セグメント軸力の伝播と残留

（保持力；700～800tf）がほぼ伝播している。このセグメント軸力は、ジャッキが直接作用しているリングより35m程度までは減衰しながらも伝播しており、その時点で、シールド機の保持力の7割程度（約500tf）が残留している。その後、時間の経過とともに軸力は減少し、約6ヶ月間で150tf程度になった。

(2)地盤のせん断バネ

地盤のせん断バネは、図-2のシールド機掘進推力とセグメント軸力の関係を用いて以下の方法で算定した。

①シールドトンネルを図-3に示すように無限長の梁、地盤を弾性バネとした弾性床上のはりにモデル化すると任意点の単位作用荷重当りの軸力 N は、次式で表現できる。

$$N = P_0 e^{-\alpha x} \quad \text{---(1)}$$

P_0 ; 単位作用荷重=1.0tf

α ; $\sqrt{\frac{K}{E \cdot A}}$

K ; 地盤のせん断バネ

$E \cdot A$; 陸上での軸圧縮試験より求めた有効断面剛性

x ; 荷重作用位置からの距離

②式(1)の α を求めるため、図-2よりシールドトンネル各点で推力増分1.0tf当りの軸力 N_m を求める。図-4は、軸力 N_m と荷重作用位置からの距離 x の関係を示したものであり、この直線の傾きから $\alpha=0.1$ 程度の値が得られた。

③ $\alpha=0.1$, $E \cdot A=0.284 \times 10^7$ tfより、本地盤のせん断バネは、28400tf/m²が得られた。

一般に、地中線構造物の耐震設計で扱われている縦断方向の地盤のせん断バネはそのせん断弾性係数 (G) の1～3倍が用いられている。本シールドトンネルの位置する洪積砂礫層でのPS検層から推定した地震時の弾性波速度 ($V_s=200$ m/s)を用いて地盤のせん断バネを求めると、 $K=3G=25700$ tf/m²となり、これは現場試験より得られた値と同程度であった。一方、ボーリング孔内載荷試験や平板載荷試験より求めた変形係数から算定したせん断バネは4700～8300tf/m²とかなり小さな値であった。

おわりに

シールド機掘進推力を利用した現場計測を実施し、推進力の影響範囲や残留の程度および本シールドトンネルの位置する地盤のせん断バネの算定を行なった。推進力の残留は、シールドトンネルの沈下時や耐震設計時の応力計算には考慮されておらず、この点については注意が必要であろう。また、一般に耐震設計でせん断バネとして用いられる $K=3G$ の値は、本試験で得られたせん断バネと同程度であることから、妥当な値を示すと考えられる。

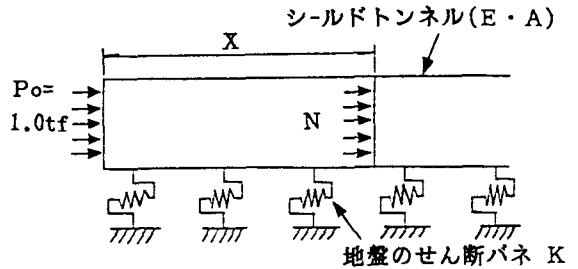


図-3 構造モデル

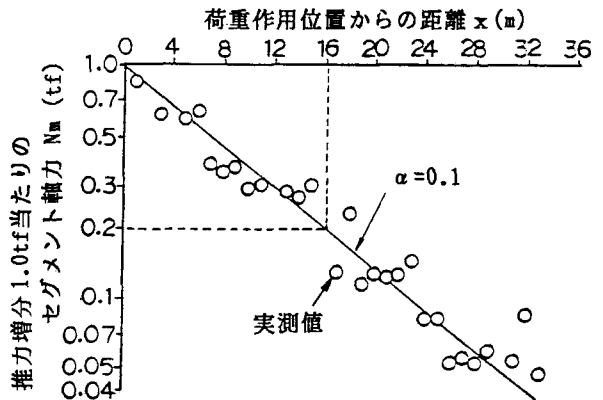


図-4 軸力 N_m と距離 x との関係