

国 鉄 正 員 大 月 隆 士
日 大 講 師 正 員 ○ 仲 淳
日 本 電 子 計 算 田 中 健 一

1. 結 言.

最近都市部における公共事業の一環として、地下工事に各種のシールド工法による管渠築造工事が行なわれているが、既設の鉄道トンネルに接近して、他の公共施設が計画される場合がよくある。
一般に、既設トンネルの下部を掘削しようとするときは、充分にそのゆるみ範囲を考慮し、補助工法等を検討するが、今回は逆に既設トンネルの上部をクリアランスが浅く、直交する形で泥水シールド工法により掘削する場合に、既設のセグメントあるいは周辺地盤がどのような挙動を示すかを FEMにより弾性解析した例で示す。

表-1 FEM 導入条件

	条 件
横方向	A-lineで推進状態のとき
	〃 で停止切羽加圧のとき
	B-lineで推進状態のとき
	〃 で停止切羽加圧のとき
縦方向	鉄道セグメントの剛性考慮
	〃 剛性無視

2. 考 え 方.
(1) 想定モデル

FEMの解析モデルとしては、掘進シールドの横方向(鉄道トンネルの併列断面)と、掘進シールドの縦方向(鉄道トンネルの側断面方向)の2方向を想定し、図-1のような A-line, B-lineにシールドが到達したとき、切羽加圧力、周辺摩阻力、ジャッキ推力を考え、これらを組合わせて導入してみた。
また、縦方向の解析では、鉄道トンネルの剛性を評価して考慮したときのケースと、鉄道トンネルのセグメントの剛性を全く無視したケースで、なおかつ掘進シールドの切羽面は自由解放した場合を解析しており、この縦方向解析はひずみの影響圏を知るために行なったものである。

図-1 横方向想定モデル

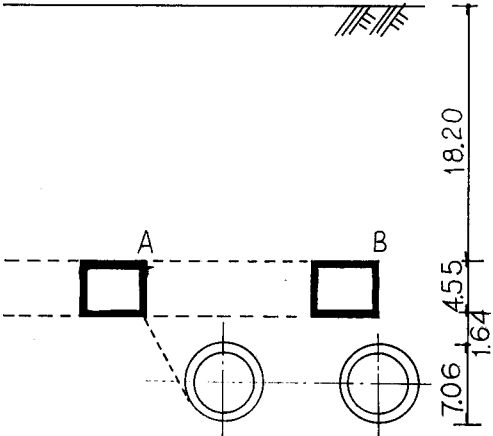


図-2 土質モデル

層	深 度 m	N	γ t/m^3	ν	E t/m^2
1	0~4.0	10	1.6	.35	800
2	4.0~7.0	50	1.9	.3	5000
3	7.0~8.0	40	1.7	.3	1500
4	8.0~22.0	50	1.9	.3	5000
5	22.0~30.0	20	1.7	.3	1500
6	30.0~45.0	50	2.0	.3	8000

(2) 鉄道トンネルの仕様・諸元

セグメント外径	7060 mm	セグメント厚	280 mm
セグメント内径	6500 mm	コンクリートのヤング係数	$3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
セグメント巾	900 mm	コンクリートのヤング係数比	6

(3) 掘進シールドの仕様・諸元

シールド外径	4700 mm	シールド自重	約 110 t
シールド機長	5200 mm	セグメント外径	4550 mm
装備推力	120 t × 18本	セグメント厚	200 mm

(4) 剛性評価

既設トンネルに直交する掘進シールドとの関係を二次元のFEMに導入するためには、構造解析上、掘進シールド機と、鉄道トンネルについて剛性の換算を行った。その換算値は表-2に示すようになった。

表-2 剛性評価換算値

	シールド機	鉄道トンネル	掘削シールド
ヤング係数 t/cm^2	1.021×10^6	2.090×10^5	3.167×10^5
ポアソン比	0.3	0.1667	0.1667
単位体重 t/cm^3	0.259	0.3	0.33

3. 解析結果

(1) 既設トンネルのひずみ

図-3 横方向ひずみ

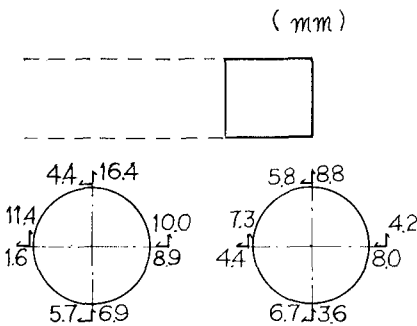
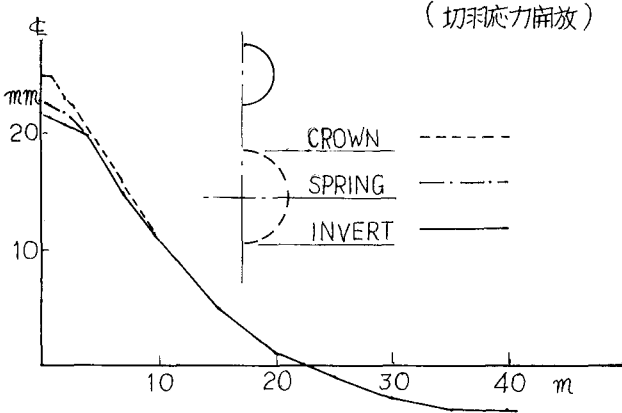


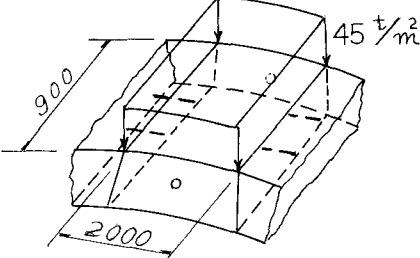
図-4 縦方向ひずみの影響範囲



(2) 既設トンネルの応力解析

FEMによって求めたセグメントの最大主応力は、 $-850 \sim 900 \text{ t/m}^2$ であって、これは設計荷重の許容応力度 200 kg/cm^2 よりも小さく、セグメント全体は安全であるといえる。しかし図-3のひずみ図から最大変位量は 16.4 mm で、図-4からこの変位量が0に収束する距離は約 25 m であることが判る。

図-5 Kセグメントにかかる荷重



また、鉄道トンネルのKセグメントに作用する外力で、継手ボルトのせん断に対する計算を行うと、FEMで求めたKセグメントが受ける荷重の方が許容せん断力よりも大きくなるので、シールドの通過推進時にのみせん断力が超過することになる。よって、仮支保工によって補強し、このような場合施工の管理に充分配慮する必要がある。御指導頂いた 国鉄構造物設計事務所 土井博己氏に厚く感謝する。