

中部電力株式会社 正会員 西野 健三
日本シールド株式会社 正会員 加藤 教吉

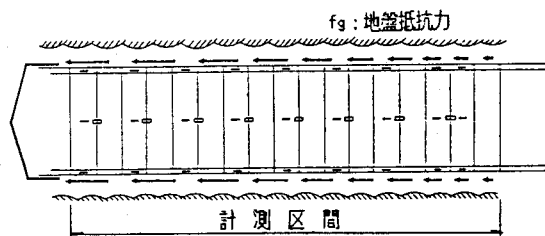
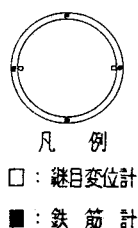
1. まえがき

シールド工法では、すでに組み立てられたセグメントを反力にしてシールド機が順次掘進する。シールド推進力は、通常数百～数千トンにも及ぶが、これも最終的には、周辺地盤により支持されている。そこで、この大きな荷重下でのセグメント応力状態および継手部の挙動、ならびに周辺地盤の抵抗力発揮状況の把握を目的として、シールド推進時の推力伝播計測を行ったので、その結果を報告する。

2. 計測の概要と結果

〔計測概要〕 本計測を行なったシールド工事では、泥水加圧式シールド機により施工し、一次覆工にはRCセグメントを使用した。

シールド推進ジャッキとしては、100t×18本であり、セグメント外径4.5m厚さ20cmである。ま



図一 計測概要図

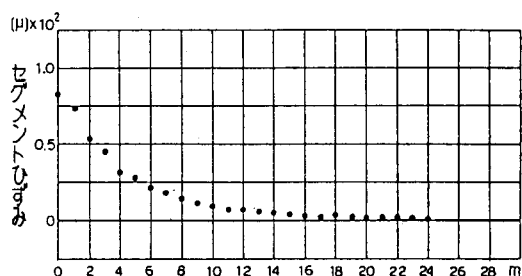
た周辺地盤の土質としては、硬質粘性土 ($N=50$) である。なお、計測位置は、文献1)の報告と同じであり、土質条件および土圧計測などの詳細を、文献1)中に示す。

計測は、図一1に示すようにトンネル縦断方向に設置した鉄筋計と継手の変位計により行なった。

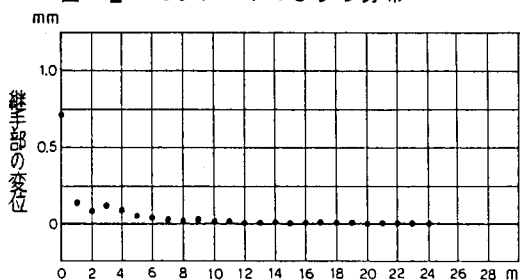
〔計測結果〕 計測結果は、シールド機が図一1中の計測区間に推力影響を及ぼした25回の推進中のデータについてまとめ、平均化して示した。この際における使用ジャッキは18本全部とし、各ジャッキはすべて同じ圧力で作用させた。

図一2は、推進時のセグメントひずみ分布を示したものである。地盤抵抗力によるシールド推力減衰状況が、はっきりと表われている。ジャッキが直接作用しているリング(0m)より約25m後部まで、推力の影響が及んでいるのがわかる。なお、ここに示した計測値とは、鉄筋計のひずみ値であるが、9ヶ所ある計測断面において、上下右左の平均化、かつ25回の平均化を行なって示したものである。また、この際の平均推力は、778tfであった。

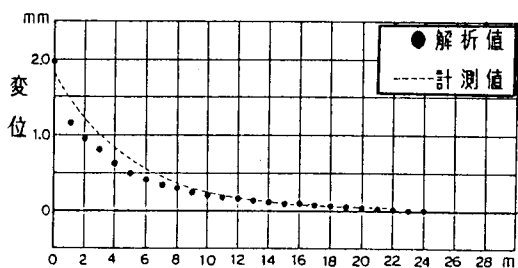
図一3は、推進時のリング継手部の変位分布を示したものである。図一2に比べ後部への影響範囲は小さい。なお、継手部の変位とは、セグメント組み立て後、現場において取り付けたΩ型ゲージにより



図一2 セグメントのひずみ分布



図一3 継手部の変位分布



図一4 トンネルと地盤の相対変位分布

測定された圧縮変位であり、セグメントひずみ同様平均化して示したものである。

【考察】 図-4は、トンネル後部25m地点を不動点として、図-2、3より求めたトンネルと地盤との相対変位分布である。最大相対変位量は、2mm程度を示し、地盤の抵抗力により指数関数的に減衰している。

図-5は、図-2と図-4より求めた地盤抵抗力と相対変位との関係を示したものである。この内、地盤抵抗力は、図-2における分布のトンネル縦断方向ひずみ差分量にセグメントの弾性係数 $E_c = 3.7 \times 10 \text{ kgf/cm}$ （静弾性係数試験値）とトンネル断面積を乗じて求めたものである。これより、相対変位が比較的小さい範囲における地盤の剛性（地盤反力バネ係数）としては、 $1.27 \times 10^6 \text{ kgf/cm}$ （長さ1m当り）と想定され、単位面積当りでは、 9.0 kgf/cm となる。N値50程度の硬質粘性土に関する既存の資料に対しては、やや大きめの値となっている。参考までに、裏込め注入材の強度発現特性を図-7に示す。約半日で周辺地盤と同程度の強度に達している。

図-6は、図-2と図-3より求めた継手部の断面力と変位との関係を示したものである。ここでの断面力も図-5と同様に算出した。これより、継手部の変位量が比較的小さい範囲における継手の剛性（継手の圧縮バネ係数）としては、 $4.55 \times 10^7 \text{ kgf/cm}$ と想定され、セグメント本体部のトンネル縦断方向軸剛性(EA/l)の約45%となる。

3. 解析検討

シールド推力に対する地盤の拘束状況を説明するために簡単な構造解析モデルによる検討を行った（図-8参照）。トンネルはセグメント本体部を軸剛性 EA なるはり、継手部を図-6から求めた継手バネからなる並列はりバネモデルとし、地盤は図-5から求めた地盤反力バネとした。解析結果を図-4中に示す、解析値は、ほぼ実挙動を説明している。

4. まとめ

シールド推力が周辺地盤の抵抗力により、理論的には、指数関数的に低減するというメカニズムが実測によって裏づけられた。また、その際のセグメントと継手の挙動および地盤剛性についても有益な情報が得られた。これらは、現状のセグメント設計において、比較的不明りょうな点が多い施工時の検討、ならびにトンネル縦断方向の検討を行う上で貴重な技術資料となるであろう。なお、比較的軟かい地盤に対しても同様な計測を実施しており、土質条件の相異による比較検討、ならびに地盤と裏込め材に関する検討など、結果がまとまり次第報告したい。

参考文献

- 1) 西野、加藤：RCセグメントリングの現場計測とその考察、第40回土木学会年次学術講演会概要集Ⅲ（予定）

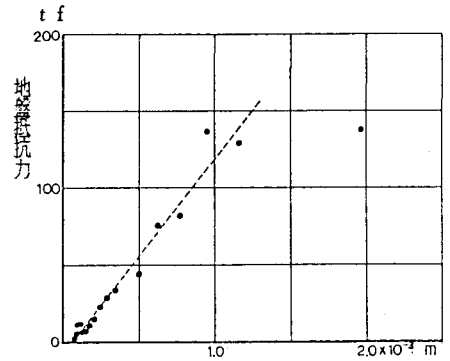


図-5 地盤抵抗力と相対変位

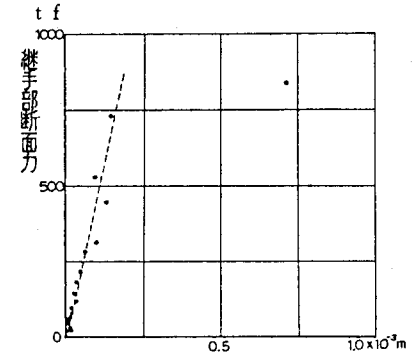


図-6 継手部の断面力と変位

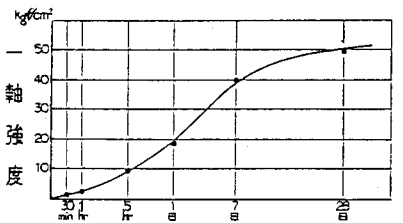


図-7 裏込め材の強度

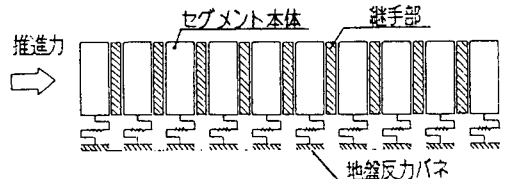


図-8 解析モデル