

ECL 覆工に作用する土圧の評価解析

清水建設 技術研究所 正会員 ○荻迫栄治
清水建設 技術研究所 正会員 後藤 茂
清水建設 技術研究所 正会員 杉山博一

1. はじめに

シールド機テール部分から内型枠と地山の間に流動性の高いコンクリートを圧入する形式の ECL 工法では、シールド全周にわたってまだ固まっていないコンクリートに妻型枠を介して圧力を作用させながらシールドが進行するため、覆工に接した地盤の応力である土圧の分布はセグメントを用いた通常のシールドトンネルに比べ、相違が生じると考えられる。本研究では、このような ECL の特性を考慮し、特に ECL 覆工剛性に着目して、有限要素法による解析を実施し、覆工に作用する土圧について検討を行ったものである。

2. 解析条件

トンネル形状として、径 10 m、覆工厚さ 0.4 m のシールドを想定し、覆工剛性についてはその影響を把握するため $2.5 \times 10^6 \sim 2.5 \times 10^3 \text{ tf/m}^2$ の 4 種類に変えて検討した。土被りは 1.0 D とし、地盤は線形弾性を仮定した。解析に際しては 2 次元平面ひずみ条件を仮定し、覆工は梁要素でモデル化した。解析手順としては、初期の成層地盤における初期応力を算定した後、覆工を付加すると同時にトンネル内部の土を削除し、掘削解放力を与えることとした。

3. 解析結果

図 - 1 ～ 図 - 4 は覆工に作用する土圧すなわち覆工に隣接する土要素の水平応力、鉛直応力および両者の平均を示したものである。原地盤の土圧は当然のことながら深さに比例して大きくなる。覆工を考慮した場合、覆工の剛性が大きいとインバート部の応力が小さくなるものの、その他の部分では原地盤の応力とそれほど大きな差異は見られない。しかし、覆工の剛性が小さくなるに従って、次第に天端およびインバート部の鉛直応力は小さくなりスプリングラインの鉛直応力は大きくなる。また、覆工の剛性が小さくなるに従ってスプリングラインの水平応力は小さくなる傾向が見られる。

図 - 5 および図 - 6 は覆工近辺の変形図を示したものである。覆工の剛性が大きいと天端、スプリングラインおよびインバートいずれの部分でも鉛直上向きに変位が生じているのに対し、覆工の剛性が小さいとインバートでは上向きに、天端では下向きに変位が生じ、スプリングラインではほとんど変位が生じていない。また、スプリングライン部での水平変位はいずれの場合もほとんど生じていない。すなわち、覆工の剛性が大きい場合覆工は全体的に浮き上がるような変形モードを示すのに対し、覆工の剛性が小さい場合は覆工が内向きにひしゃげるような変形モードを示すものと考えられる。

図 - 7 は覆工に作用する曲げモーメントの分布を示したものである。いずれの場合もスプリングラインよりやや下側で最大値を示す下に凸の分布形であり、覆工の剛性が小さくなるほど曲げモーメントは小さくなっている。この傾向は覆工に作用する軸力についても同様である。

4. おわりに

ECL 覆工に作用する土圧を評価する目的で有限要素法解析を行った。その結果をまとめると以下のようである。(1) ECL 覆工に作用する土圧は覆工の剛性の違いによって大きく変化する。実際には覆工の剛性はコンクリート打設直後は小さく、硬化するにつれて大きくなり、一方掘削解放力も時間とともに増えていくので、土圧分布はある段階でバランスするものと考えられる。ただし、ECL の場合コンクリートがまだ軟らかい段階でかなりの掘削外力を受けることが想定されるため、今回の解析ケースの覆工剛性が小さい場合の結果に近い可能性も考

キーワード：シールドトンネル，ECL，土圧，有限要素法

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 Tel：03-3820-5533 Fax：03-3820-5959

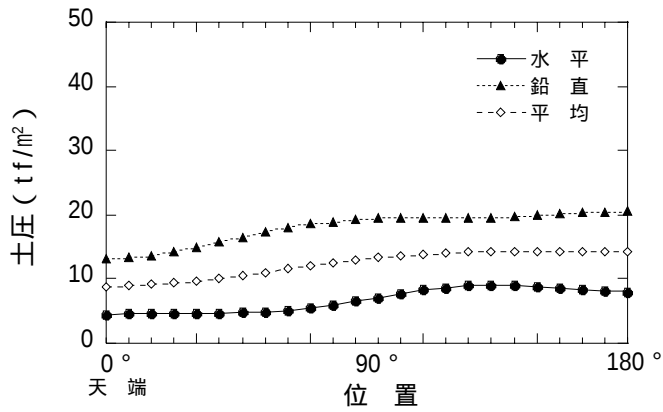


図 - 1 覆工に作用する土圧 ($E=2.5 \times 10^6 \text{tf/m}^2$)

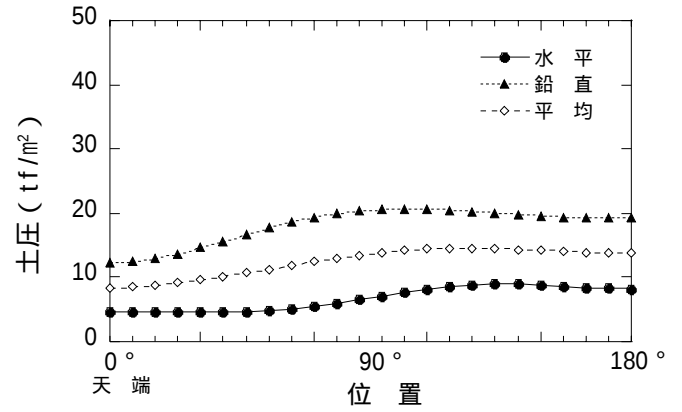


図 - 2 覆工に作用する土圧 ($E=2.5 \times 10^5 \text{tf/m}^2$)

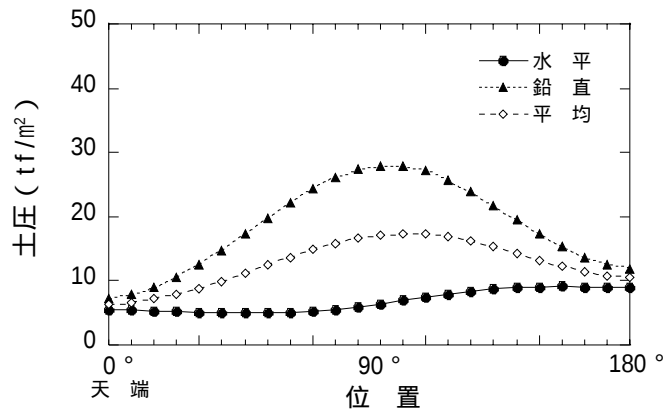


図 - 3 覆工に作用する土圧 ($E=2.5 \times 10^4 \text{tf/m}^2$)

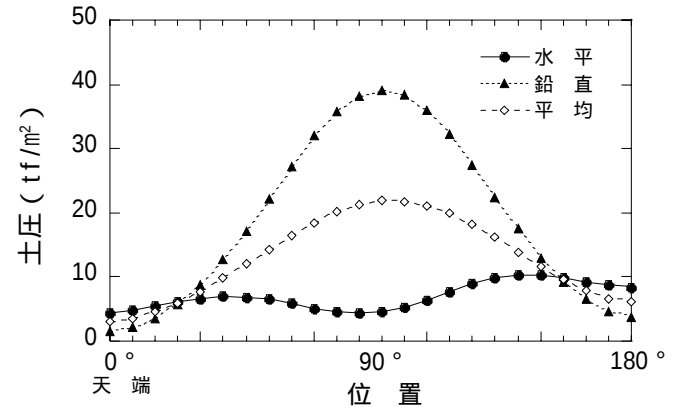


図 - 4 覆工に作用する土圧 ($E=2.5 \times 10^3 \text{tf/m}^2$)

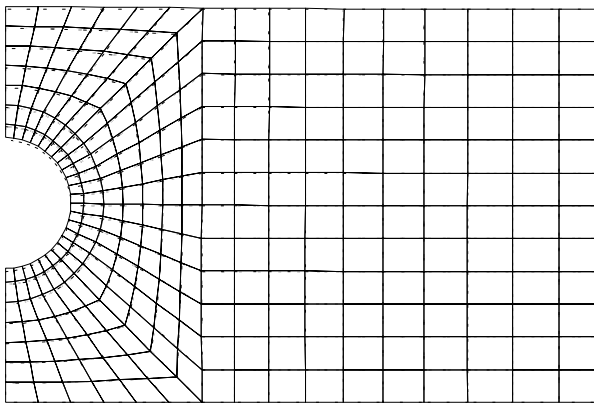


図 - 5 覆工周辺の変形図 ($E=2.5 \times 10^6 \text{tf/m}^2$)

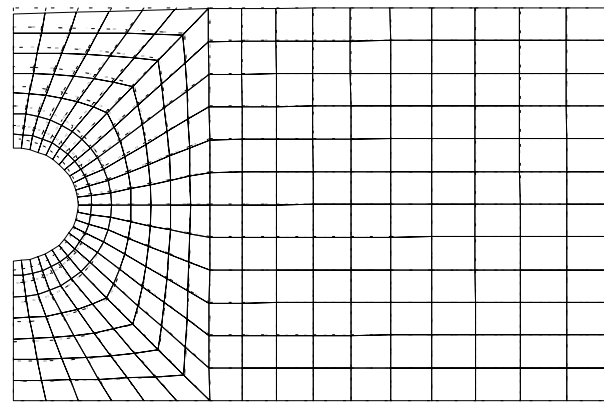


図 - 6 覆工周辺の変形図 ($E=2.5 \times 10^3 \text{tf/m}^2$)

えられる。

(2)ECL覆工に作用する断面力は覆工の剛性が小さくなるにつれて減少する。上述したようにある時点でバランスするのであろうが、ECLの場合覆工剛性が小さい場合の結果に近いのであれば、断面力が小さくなり設計上有利になる可能性も考えられる。

(3)今回の解析結果によれば、覆工の剛性が $2.5 \times 10^5 \text{tf/m}^2$ より大きくなると解析結果はほとんど変わらないことから、コンクリートの剛性が硬化後の剛性の1/10程度になるまでにどれ位の掘削外力を受けるかが、ECL覆工の設計を考える上で一つのポイントとなると考えられ、今後検討する上での課題であろう。

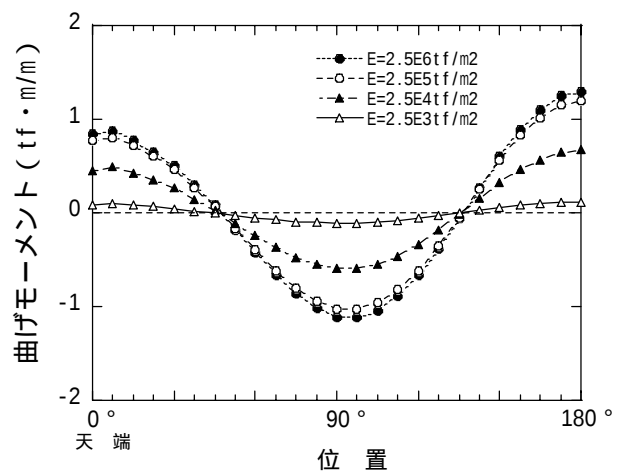


図 - 7 覆工に作用する曲げモーメント