

海底トンネル周辺の応力分布について

神戸大学大学院 学生員 ○森口昌仁 学生員 山田毅
神戸大学工学部 正員 桜井春輔

1. はしがき

海底トンネルの掘削に於て、最も重要な事は、止水であり、そのために注入工法を用いるが、その適切な注入領域の大きさを決定することは、非常に困難である。本研究は、有限要素法によって海底トンネル周辺の水圧分布および応力分布を求め、注入領域の大きさの決定に必要な資料を得ようとするものである。

2. 解析手法

浸透流場は、定常状態を仮定し、全水頭を有限要素法で解析し、求めた全水頭から各節点の間隙水圧を求め、これから物体力を求める。地山は、重力場とし、湿潤単位体積重量を物体力として考え、これらの物体力を等価節点力に置換し、有限要素解析を行って有効応力を得る。なお解析は、すべて二次元平面ひずみ状態とし、8節点アイソパラメトリック要素を用いる。

3. 浸透流解析の結果および考察

図1に解析に用いた有限要素モデルを示す。浸透流解析に対する境界条件としては、海底面およびトンネル下方100m、水平方向100mに於て掘削の影響が、無視できるものとして、そこに掘削前の全水頭を与える。図2、図3は、各々注入領域のない場合およびある場合について、間隙水圧分布を求めた結果である。これらの図から明らかなように、注入領域のない場合、等圧線は、大きく乱されるが、注入領域のある場合については、等圧線は、大きく乱されることはなく、トンネルから50m程度離れるとトンネル掘削の影響は、非常に小さくなる。また両者とも、トンネル直上に間隙水圧が、ほぼ等しくなる領域が存在している。

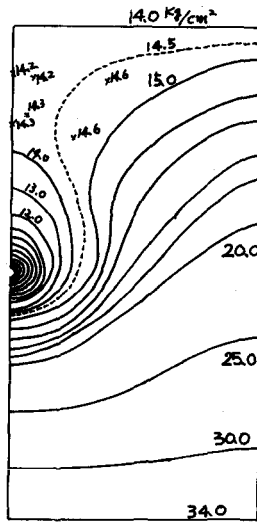
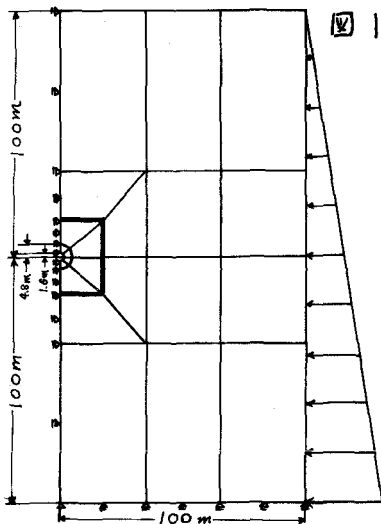


図2 間隙水圧分布(注入領域なし)

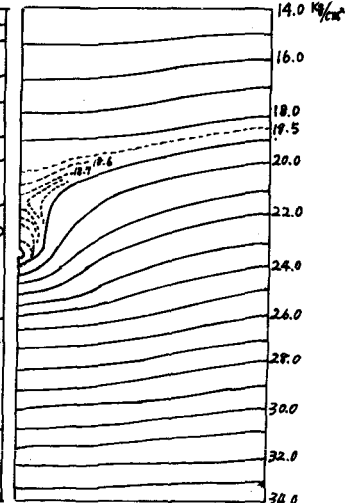


図3 (注入領域等圧)

4. 応力解析の結果および考察

(a) 注入領域がゆるまない場合

図1の要素分割により、水頭分布および応力分布を求める。拘束条件は、図1に示すように土圧係数が1になるように、横方向に分布荷重を載荷し、対称性を考慮して解析を行う。注入領域の応力についてさらに詳しく知るために、図1の太線内について細かい要素を使用し、全体を解析して得られた水頭を境界条件に、また拘束条件は、図4のように、得られた全応力をもとに、分布荷重を載荷させて、再解析する。注入領域の透水係数を地

山のそれと比較して、 $1/100$ 、 $1/10$ 、 $1/1$ とした3ケースについて解析する。また弾性係数、ポアソン比は、注入領域に対して、地山と同じものを用いる。図5は、トンネル側壁方向の σ_r 、 σ_θ の分布を求めたものである。この図から明らかなように、注入領域外周の応力については、透水係数の比が1、10、100の場合についてそれぞれ σ_θ は、33.0%、25.2%、22.5%、 σ_r は、25.4%、14.9%、11.2%となり注入領域のない場合の方が、ある場合と比べてかなり高い応力状態にあることがわかる。注入領域の存在する場合は、注入領域外周において初期地圧に近い応力を示す。またトンネル壁面に近づくにしたがって σ_θ は、3ケースともほぼ同じ値65.0%になっている。次に透水係数の比が、10と100の場合について比較すると、応力の差は、ほとんど認められない。したがって透水係数比10程度で充分止水効果は、あると考えられる。

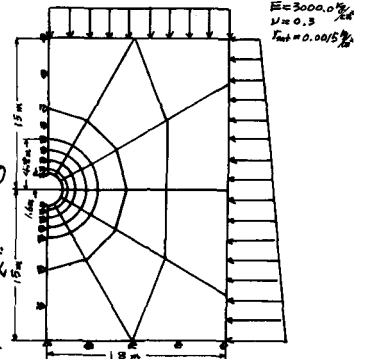


図4

(b) ゆるみ領域を考慮した場合

(a)における解析結果は、注入領域がゆるまないとした場合に対するものである。しかし現実には、トンネル周辺でゆるみ領域が発生すると考えられる。ここでは一例としてトンネル内壁から2.2mの所まで弾性係数が $1/10$ に低下したゆるみ領域を想定した。ゆるみ領域では、注入の影響がなくなり、透水係数は、地山と同じであるとした。図6に解析の結果を示す。ゆるみ領域を想定した場合、注入領域外周における σ_θ は、45.0%となり、(a)の解析結果25.4%と比較して非常に増加している。これは、注入しない場合の σ_θ と比較しても高い値である。なおゆるみ領域における応力分布をさらに詳細に検討するためには、弾塑性解析によらねばならない。これらの結果については、講演会当日発表する。

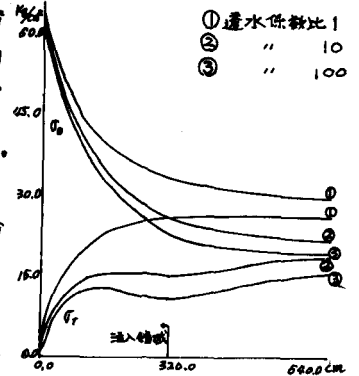


図5

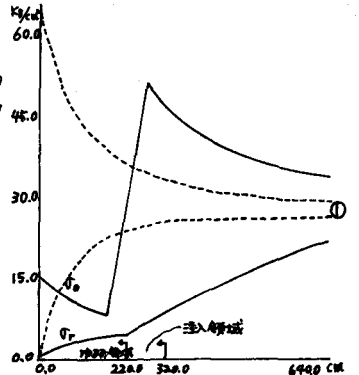


図6