

宮崎大学 工学部 正員 瀬崎 満弘
宮崎大学 大学院 長友 信篤

1. はじめに

一般に、つり合い状態にある地中任意点の三次元応力は、その近傍を掘さくしたり、地表に載荷重が加わると多少とも変化して、新しいつり合い状態をつくり出そうとする。その時の発生応力が、その点での地山固有強度の範囲なら、この応力の再配置はスムーズに行はれて、掘さく面に微小な弾性的変形を生じるだけであろう。しかしながら、発生応力が、そこでの地山固有強度に達すると、その点に降伏が起り、その地山強度は低下する。この局部破壊をおこしたゆるみ部分の自重が、新しい荷重として作用するようだと、局部破壊の範囲が地山内部に向けて逐次的にひろがり、それに対応して掘さく面の変形を促進させ、ついに崩壊を起すと考えられている。本報告は、トネル掘進時におけるこのような応力再配分と、室内の複型トネル実験によって測定した結果の概要である。

2. 実験概要

実験装置と実験方法については、すでに既報¹⁾でくわしく述べているので、ここでは概略だけ報告する。実験装置は、図-1に示すような $300 \times 300 \times 30$ cm の鋼製枠で、中央に径 70 cm の開孔部掘さくが可能で、1方向から油圧ジャッキ（能力 300 t）で載荷できるものである。地中の応力変化を測定する計器は、圧力水を入れたゴム製チューブ（セル）を、地中のボーリング孔中にセットしておき、その体積変化を測定して、その点での地山応力の変化度合を知ろうとするものである。

試験方法は、試料土をランマーで十分つき固め、50 t で落ちつくまで加圧する。この状態を初期応力状態とし、地中に応力変化の測定のためのセルをセットする。載荷重はそのまま、中央部に径 70 cm の開孔部掘さくを行う。なお覆工する場合は、約 1 cm のモルタルで巻き、24 時間養生する。その後、10 t をさみで加圧し、地中の応力再配分状況を測定する。

3. 実験結果

ここでは、厚さ 1 cm のモルタル覆工をしたミルト工試料についての実験結果を述べる。図-2は、各測定点におけるセル応力の変化状況をプロットしたものである。また、表-1に、各測定点の位置と開孔直径の関係（ R/r ）を示す。

この実験で生じた覆工クラックは、次の経過をとった。まず、載荷重が 90 t のとき、クラウニ ④ に細い曲げクラックが発生した（図-2の ① セルに応力増加が見られる）。しかし、これはほとんど進行せず 120 t のとき、水平直径の左端 ③ 付近の覆工厚の中央よりやや下方に、底板に平行なクラックが発生した。このクラックは、長さ 30 cm 程度発達し、その線に沿って若干のモルタルのはく落が見られた。しかしながら、覆工の最終破壊は、これらのクラックとは無関係に、150 t のときに、左 45° 下の位置 ⑤ に突然、底板に垂直なせん断クラックが発生

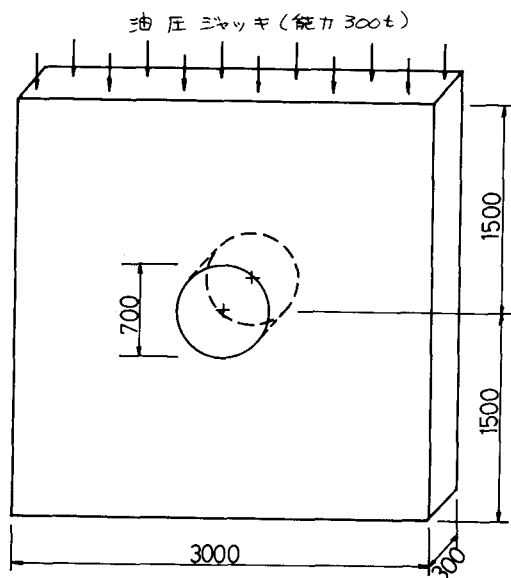


図-1 実験装置の概略図

して、覆工体は一度に、耐力を失なった。以上の経過から、図-2a各セルの動きを見ると、以下のことが言える。

表-1 応力測定点の位置と開孔直径の関係 (R/r)

R/r	応力測定点
1.5	1, 3, 5, 6, 7, 8
2.0	9, 11, 13, 15
2.8	10, 14, 16, 17, 19, 21, 23
3.7	31
4.1	24

i) 覆工にクラックの発生を伴った右側のセル群は、右45°上方も右横方向も共に、それぞれ一様に、荷重と共に上昇している。

ii) これに対して、最初に曲げクラックの発生したクラウン④より上方のセル群については、①セル応力の増加は、100t時までは、 1.8 kg/cm^2 に達し、それはその直上の⑨セルにも伝わっている。この間の⑨、⑪セルは、 1.8 kg/cm^2 の応力増加ライン付近に止まっていて、最終破壊時の150tのとき、①セルと同じ 2.5 kg/cm^2 に上昇した。このことは覆工の存在で、

この部分が、耐荷力を発生して、応力の再配分を進行させて行った過程を、かなり明瞭に示している。

iii) ③部の覆工にクラックが発生した左横方向のセル群の挙動は、ここで行われた応力の再配分を、はっきりと示している。すなわち覆工の破壊でゆるんだ、孔壁から③セル付近までの小さなセル圧上昇を補う形で、その奥の⑪セル応力の上昇が顕著になっており、ここがきわだった応力集中ゾーンであることを示している。なおその奥の⑭セルは、対応する右側の⑫セルのものよりは、やや少ないが、似た形で、荷重と共に応力を上昇している。

4. おわりに

以上の実験結果より、以下の知見が得られた。

① 可動壁への載荷ジャッキ圧の増加と共に、それに近いセルは、急激なセル圧上昇を示すが、開孔周辺、とくに水平直径より上方のセルは、覆工の有

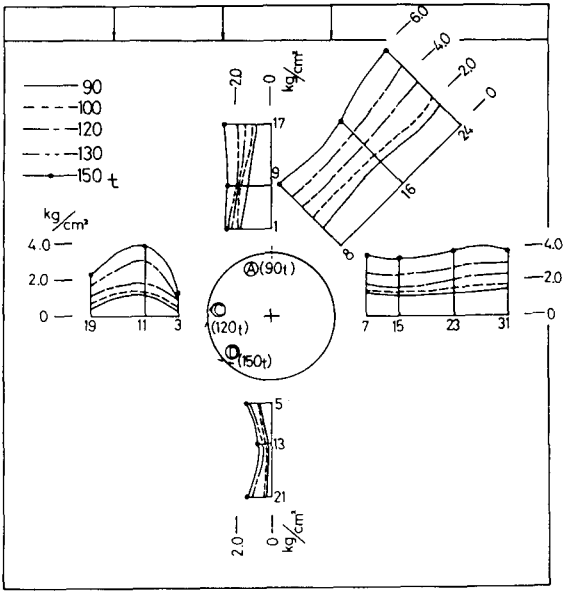


図-2 各測定点でのセル応力変化状況とクラック発生位置

無や開孔部の変状によって、種々の挙動を示し、ここで行われる地山内部の応力再配分状況を伝えている。②応力集中とそれによる局部破壊を最もよく伝えるのは、中心から $1.5R$ 以内にあるセルである。③覆工破壊が、下45°の位置で、せん断破壊の形で発生したことは、興味深い。

この結果が、NATM工法の施工管理に役立てば幸いである。今後は、覆工の有無、開孔径の違いによる同様の実験を続けたい。

5. 謝辞 この報告を行うに当たり、御指導を頂いた宮崎大学村上良次教授、中沢隆雄助教授に、謝意を表します。

参考文献 1) 村上、中沢、瀬崎：トネル掘削による周辺地山の応力変化の把握に関する室内実験、第35回年次学術講演会、1980