

東京都立大学 正員 山本 稔 株式会社熊谷組 正員 田中 壬子也
 東京都交通局 技師 遠藤 浩三 東京都交通局 技師 中川 清治
 八幡製鉄KK 技師 上野 政行 〃 技師 平出 亨

1 実験目的 コンピュータシミュレーションの地山中における挙動は既に理論的に解決され、実験によるその実証もなされてくる。しかし組立られた数リングは、シールドテールを出た後しばらくの間、

図-1

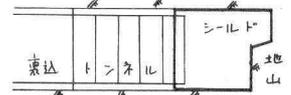
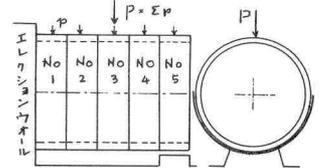


図-1のように裏込材で支持されて自立してなければならぬ。ことにコンピュータシミュレーションは、コンピュータ結合による不安定構造物であり、この時点における自立性が問題となり、リングの自立とボルト締結法の関連について、実験により検討することにした。

図-2 実験状態



2 実験状態および実験リングの諸元 裏込材注入（クリアランスの確保）は、一般に4-5リングに一度行なわれる実状から、5リングを自立させ、一端をエレクションウォールに固定し、他端はテール擬似材から10mmほど離してフリーの状態にした。地山の肌落ちによる荷重としては、上方より等分布線荷重が加えられた。写真-1に実験状態を、

表-1 リング諸元

外径	3M600	内径	3M300
自重	374kg	巾	75 cm
分割数	6ピース	有効径	20.418mm
締付けボルト		使用数	12本/1リング

を、図-2にそれを図化したものを示す。実験に使用されたセグメント、リング形成法、写真-2,3,4、リングの諸元は、表-1の通りである。実験は、リング継ぎボルトの締付け力Tを2t、4t、6tとした各場合につき、肌落荷重の総和Pを0→6tと漸次増大させながら、変形の進行状況を測定して行なわれた。

写真-1 実験状態

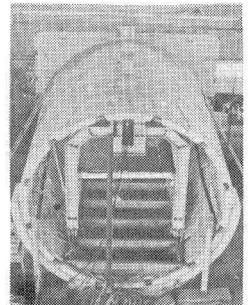


写真-2 セグメント

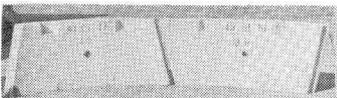


写真-3 コンピュータ結合

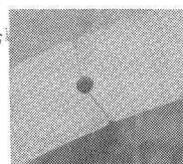
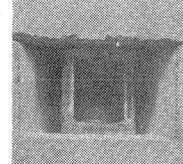


写真-4 ボルト締結法



3 実験資料とその検討 資料の全体はかなりの量であるため、ここではその一部をグラフに示すにとどめる。図-3-1, 3-2, 3-3より、ビームの自由端最下点の絶対変位は、T=2tの場合を除いて1mm足らずで、トンネルは片持梁として挙動し、ビームとしての強さは相当のものがあることがわかる。したがって、テール擬似材によるNo5リング底面の支床は考慮しなくてもよいためと思われる。ここには、図-4-1, 4-2, 4-3からわかる通り、リング直径の変化は10mmを越えるものもあり、ビームとしての剛性に比較し、リングとしての剛性にあつてはいることがわかる。実験資料全体からして、初期

図-3

ビームの絶対変位

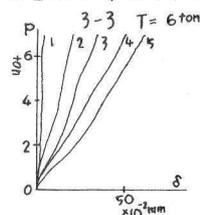
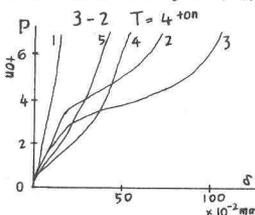
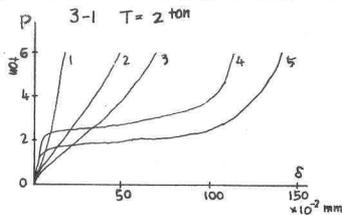
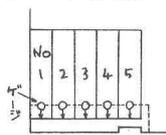
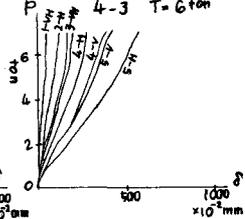
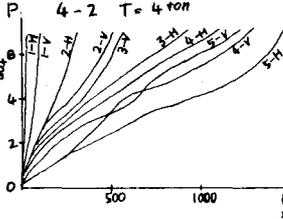
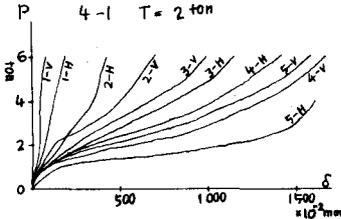
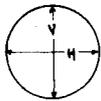
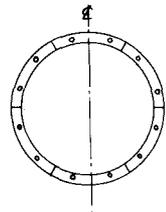


図-4
4-1 T=2 ton
4-2 T=4 ton
4-3 T=6 ton



ボルト締付け力が大きいほど、自立安定性が高いことがわかる。しかし、タビニジリング本来の目的からすれば、ボルトの所用本数をできる限り少くし、かつその強力を自立に必要な最小限のものに抑えなければならぬ。変形が許容される範囲、ボルト締付け作業の難易を考えると、初期ボルト張力 2 ton (T=2) は安全性に劣り、また 6 ton (T=6) ではリングの剛性にやや余裕があるように思われる。そこで実験資料からは、一応 4 ton (T=4) が適当であると判断した。

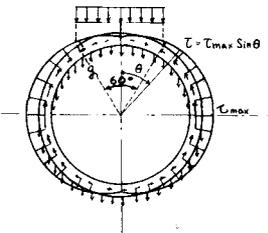
図-5 ボルト位置



4 自立の理論的検討 実験から、自立時のトンネルには、ビームおよびリングの両方の働きのことがわかった。「ビーム」としては、自重と肌落荷重による端モーメント 39.395 tm およびセ断力 21.0t に耐えるものでなければならぬ。コンクリート相互の摩擦係数を 0.5 ($\mu=0.5$)、ボルトの所用本数を 12 本、ボルト 1 本当りの締付け力を T ton とすると、滑りが

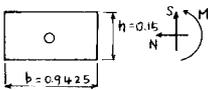
起らないためには、 $12MT \geq 21.0 \therefore T \geq 3.50^{ton}$ なければならぬ。よ

図-6 釣合状態



うて、各ボルトは、張力 4 ton とするよう締付けをしなければならぬ。曲げに關しては、コンクリートに引張を生じないことを条件として計算される抵抗モーメントが、上記の端モーメントを上回るよう、ボルト張力について検討がなされなければならぬ。T ton のボルト張力により生じたコンクリートのプレストレスが、曲げの作用により減少し、外縁ゼロとなるときの抵抗モーメントを計算すると 15.525 T となる。したがって、

図-7 接合面



$15.525 T \geq 39.395 \therefore T \geq 2.536^{ton}$ よって、各ボルトを張力 4 ton とするよう締付けをすれば、曲げに抵抗し、かつリングの一部が開くのを防ぐことができる。次に、トンネルが「リング」として作用する場合のボルト張力について検討する。各リングが一体となり、ビームとして挙動するためには、また、リングとしての形状が保持されなければならぬ。いま、1 リングについて、図-6 に示す釣合状態のもとに、そのリングの自重および肌落荷重を外力、ビームのセ断力を反力として断面

力を解くと $M = 0.2431^{tm}$ $S = 0^{ton}$ $N = 0.1891^{ton}$ となる。変形が喰止められるためには、この断面力が作用したとき、リング相互にズレを生じなければならぬ。図-7 に示すようなボルト締付け面についてズレを生じないためには、ボルトの張力は次式、 $T \geq \frac{1}{\mu\sqrt{b^2+h^2}} \max |6M \pm hN \pm bS|$ を満足しなければならぬ。この式に、 $\mu=0.5$ 、 $b=0.9425$ 、 $h=0.15$ および上記の M, N, S を代入すると $T \geq 3.112^{ton}$ となる。よって、ボルト 1 本当りの締付け力を 4 ton とすれば、リングとしての変形を阻止することが出来る。結局、5 リングを自立させ、総計 6 ton の肌落荷重を想定する場合、実験、理論の両面から、ボルト張力 4 ton が適当であると結論できる。