

III-234 可縮性継手をもつトンネル覆工の基礎的性状

早稲田大学 大学院 学生員 小泉 淳
住友金属工業 (株) 正員 井上 肇
早稲田大学 理工学部 正員 村上博智

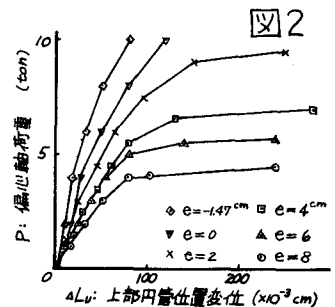
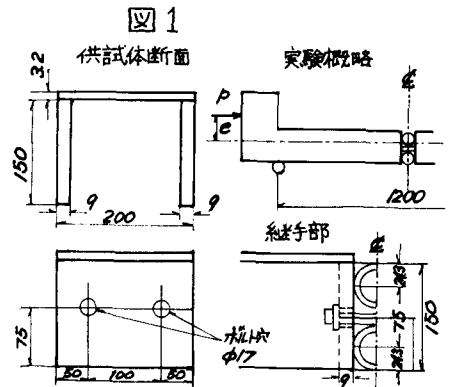
1. まえがき 才3紀層の泥岩、けつ岩、蛇紋岩等の軟岩地帯にトンネルを掘削すると、かなり大きないわゆる“膨張性地圧”に遭遇することが多い。この地圧に対処する方法として、地圧の変形をある程度許容することによって土圧を軽減しようとする可縮性覆工の考え方があり、この有効性はいくつかの施工例で立証されている。

本報告は可縮性覆工の例として継手部に鋼管を配したセグメントを考え、継手試験を行ってその力学的挙動を明らかにするとともに、このセグメントを用いたトンネル覆工の特性を数値計算から示すことを目的とした。

2. 継手部に鋼管を配したセグメントの継手試験 継手試験に用いた供試体の諸寸法および試験の概要を図1に示す。供試体に偏心軸圧縮力 ($e > 0$: 正の曲げと圧縮, $e = 0$: 純圧縮, $e < 0$: 負の曲げと圧縮) を作用させ、主桁のひずみ、供試体および継手部の水平変位量、継手部の垂直変位量、ボルトの軸ひずみ等を測定した。なお鋼管はボルトを締めつけることによって継手部に定着した。

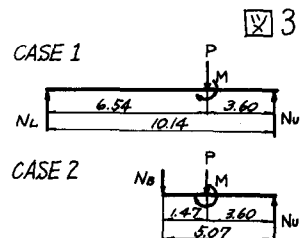
3. 試験結果と継手部のモデル化

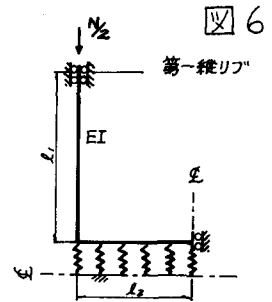
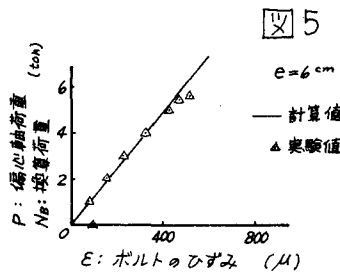
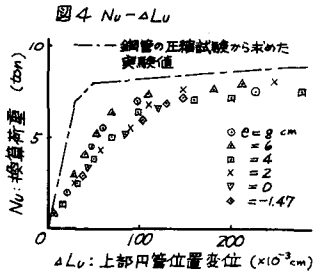
1) 力の釣合いモデル 継手部の水平変位量を上部円管位置、ボルト中心位置、下部円管位置の3ヶ所で測定した結果、継手部の力の釣合いは軸荷重の偏心量によって非常に異なることがわかった(図2)。そこで図3に示すような2つのケースに分けて力の釣合いモデルを考えた。Case 1は2つの円管がともに圧縮されボルトは荷重を受けない状態を、Case 2は上部又は下部円管のどちらか一方が圧縮されボルトが引張りを受ける状態を示している。下表は偏心量 e とそれに対応した力の釣合いモデルによって求めた円管およびボルトに作用する軸力(換算荷重)であり、表中の P は実際に作用させた偏心圧縮力を示す。図4はこのようにして求めた換算荷重と継手部の水平変位量との関係を示した一例であるが、図2と比較すると偏心量によって変わる上記2ケースの力の釣合いモデルが妥当であることがわかる。又図5は偏心圧縮力とボルトひずみの関係を示したものであるが、図中の実線はボルトがそれに対応する換算荷重を受けたときのひずみの計算値であり、この図からも力の釣合いモデルの妥当性が確認される。



2) 継手板および円管のモデル化 実験結果を基として継手部は有効幅 a でオー縦リブを固定端とする門型ラーメンとし、円管は弾性バネに置き換えて円管を分割して配置した。図6は継手板と円管との連成された変形機構を表わすモデルであり、このモデルに従って解析を行った結果の一例を図7に示す。

e (cm)	-1.47	0	2	4	6	8
N_L	0.500P	0.645P	0.842P	1.08P	1.48P	1.87P
N_B				-0.08P	-0.48P	-0.87P
N_R	0.500P	0.355P	0.158P			



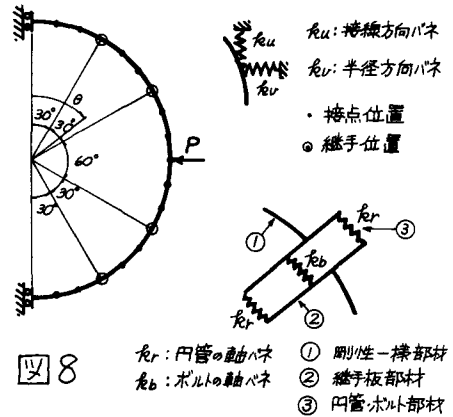


4. 可縮性継手をもつリングの解析例] 可縮性継手を有する覆工の特性を検討する目的で、3で評価された継手を用いたリングを想定し、図8に示す単純荷重を作用させリング断面力および変形を計算し、剛性一様なリングの断面力・変形と比較した。

1) 構造系・荷重系のモデル

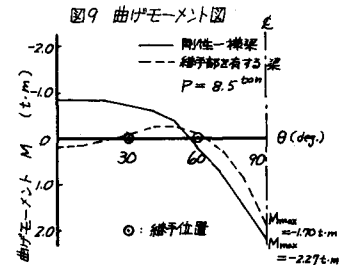
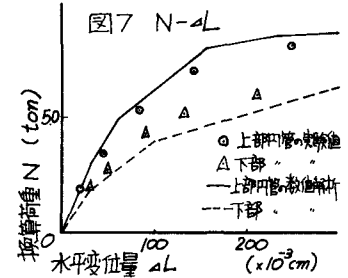
- ・リングはトンネル断面内で曲げ剛性および軸剛性一様なセグメントが、曲げモーメントおよび軸力に対する線型バネによって継がれて構成されている。
- ・リングは継手部をもつ円弧骨組部材に置換する。
- ・リングと周辺地山との連成作用は、トンネル断面の半径方向および接線方向に対して Winkler の仮定がなり立つものと考えて、弾性バネとして構造系へ組み入れる。

これらのモデル化の概要は図8に示す。図中ボルトのバネはボルトに引張りが生ずる場合のみ作動する。又継手板を含めた円管のバネ定数は、継手板の剛性が円管の剛性に比して低い場合には継手試験より求めなければならないが、継手板が剛であれば円管の圧縮試験より定めてよい。



2) 解析および解析結果 解析は上述のモデルに対してマトリックス法を用いて行った。解析結果の一例として図9に

は曲げモーメント図を、又図10には軸方向変位図を示す。軸方向変位は継手位置で大きく増加し、可縮性継手の性状がよく示されている。



5. あとがき 以上により可縮性継手を有するトンネル覆工の耐荷機構が明らかにできた。可縮性覆工の考え方は、地山の变形はある程度許すことにより覆工に作用する土圧を軽減しようとするものであり、この意味において、膨張性地山の挙動を明確に把握し、膨張性地山をどのような形で解析に取入れるかが重要な課題であろう。

なお、以上の計算は東大大型計算センター、HITAC-8700/8800 に依った。

追記: 図3および表中の N_u , N_b , N_L はそれぞれ上部円管・ボルト・下部円管に働く換算荷重を示す。

